



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Teoria tecnica e didattica dell'attività motoria Adulto-Anziano

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

Teoria tecnica e didattica dell'attività motoria
Adulto-Anziano / C. Macchi. - STAMPA. - (2012), pp. 1-307.

Availability:

The webpage <https://hdl.handle.net/2158/776784> of the repository was last updated on

Publisher:

Master Books

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

Publisher copyright claim:

La data sopra indicata si riferisce all'ultimo aggiornamento della scheda del Repository FloRe - The above-mentioned date refers to the last update of the record in the Institutional Repository FloRe

(Article begins on next page)



La presente monografia, di esclusivo carattere didattico è dedicata agli studenti universitari dei corsi di laurea di area motoria e sportiva ed ai cultori della materia.

In essa vengono considerati gli organi, gli apparati ed i sistemi del corpo umano nei confronti dell'invecchiamento e gli effetti che su di essi esercitano i vari tipi di attività fisica.

Tra i punti cardine del testo i richiami di anatomia e fisiologia e l'impegno didattico nei confronti della prevenzione e della promozione della salute, le indicazioni e le controindicazioni all'attività fisica, gli aspetti sociali e psicologici e quelli riguardanti la qualità della vita.

Sono trattate tutte le attività fisiche e sportive utili per la salute, differenziate non solo riguardo all'apparato che necessita di maggiore attenzione, ma anche in relazione alle loro tipologie ed ai loro effetti biologici in rapporto alle più frequenti patologie dell'adulto e dell'anziano.

Il Professor Claudio Macchi, Associato in Metodi e Didattiche delle Attività Motorie, afferente al dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale della Facoltà di Medicina e Chirurgia dell'Università degli Studi di Firenze, è specialista in Gerontologia e Geriatria, Cardiologia, Igiene e Medicina Preventiva.

Ha svolto la sua opera di medico e di ricercatore in strutture di ricovero e cura a carattere scientifico, specializzate in recupero e rieducazione funzionale motoria.

È Direttore della UOF di Riabilitazione a Direzione Universitaria della Fondazione Don Carlo Gnocchi ONLUS, Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico di Firenze.

È Presidente del Corso di Laurea Magistrale in Management dello Sport e attività motorie e del Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecniche dello Sport e delle Attività Motorie Preventive e Adattate.

È referente per la qualità della Facoltà di Medicina e Chirurgia.

Claudio Macchi
Teoria Tecnica e Didattica dell'Attività Motoria

Claudio Macchi

Teoria tecnica e didattica dell'attività motoria adulto - anziano



MasterBooks

€ 29,00



MasterBooks

Claudio Macchi

**Teoria Tecnica e Didattica
dell'Attività Motoria**

Adulto - Anziano

I edizione

Claudio Macchi

TEORIA TECNICA E DIDATTICA DELL'ATTIVITÀ MOTORIA ADULTO E ANZIANO

Copyright © 2012 by Masterbooks - Firenze - 055 4386577

www.masterbooks.it - info@masterbooks.it

Tutti i diritti riservati

è vietata per legge la riproduzione in fotocopia e in qualsiasi altra forma anche digitale
senza il consenso scritto dell'editore.

ISBN 978 88 6761 011 2

 è un marchio di Nova Master s.r.l.

Presentazione

Negli ultimi anni, sia con esperienze che con studi diversi, è stato sottolineato il carattere multidimensionale e multidisciplinare dell'intervento educativo e didattico della salute attraverso le discipline che implicano l'utilizzo delle attività motorie.

Sappiamo da tempo il valore dell'attività fisica nella prevenzione e nella cura delle più importanti patologie.

Le pratiche di attività motoria nell'adulto e nell'anziano sono peraltro molto più vicine alla salute che allo sport, proprio per le caratteristiche della popolazione a cui si rivolgono. Se la geriatria e la geragogia hanno sviluppato un rapporto più articolato con l'antropologia, la sociologia, la psicologia e la pedagogia, è di fondamentale importanza trasmettere questo messaggio didattico agli istruttori di discipline motorie, specie per soggetti di questa fascia d'età.

Se pensiamo alla professione del medico, questo considera prioritaria l'assistenza; dobbiamo però ricordare come questa non possa prescindere dal rispetto verso la persona, per i suoi bisogni e per le sue difficoltà concrete e non esclude l'attenzione per gli aspetti relazionali, psicologici, affettivi e sociali dell'intervento.

E' la nozione di aiuto e di rispetto che ci permette di andare oltre, ma per evitare equivoci ideologici, mi sembra più corretto restare sul terreno della operatività e della progettazione di un intervento mirato al soddisfacimento dei reali e complessi bisogni dell'utenza presa in considerazione.

Sicuramente il significato ed il campo di riferimento dell'educazione sono oggetto di antiche discussioni che hanno messo a confronto diverse scuole ed indirizzi. Oggi tende ad affermarsi la visione transdisciplinare che connette la riflessione pedagogica con gli apporti provenienti da altre discipline. Si tratta dell'analisi e della strutturazione di situazioni volte al cambiamento della persona; si parla sempre più di intenzionalità dei processi e di intereducazione.

Il mantenimento e la riattivazione motoria come le attività risocializzanti oltre alla cura del sé e la dimensione dell'ascolto, fanno parte della dimensione didattica dell'attività motoria, senza imposizioni temporali insostenibili per l'utente.

Dobbiamo infine considerare la convenienza sociale di un programma di interventi rivolti ad individui che stanno percorrendo l'ultimo tratto del loro arco biologico. Evidenti i notevoli vantaggi, anche economici, che un programma educativo rivolto agli adulti è in grado di assicurare.

L'intervento geragogico, deve proporsi soprattutto il fine di educare l'anziano e l'adulto che si appresta a diventarlo ad una ulteriore realizzazione di sé, attraverso gli stimoli benefici e le positive ricadute sulla salute dell'attività motoria.

Il professor Claudio Macchi, già autore di numerosi testi didattici, è riuscito, in questo testo, a sintetizzare gli effetti dell'invecchiamento e dell'attività fisica sull'organismo umano, illustrando di conseguenza, attraverso numerose evidenze scientifiche, le possibilità terapeutiche e di promozione della salute, partendo, non a caso dalla qualità della vita, troppo spesso sottovalutata.

*Prof. Gian Franco Gensini
Preside della Facoltà di Medicina e Chirurgia
Università degli Studi di Firenze*

Capitolo I

Attività fisica e qualità della vita

Claudio Macchi

Introduzione

Numerose sono le difficoltà nel definire e campionare una popolazione sana di soggetti con l'aumentare dell'età, poiché la maggior parte dei sistemi dell'organismo subisce alterazioni associate a deterioramento funzionale e non è chiaro fino a che punto questo dipenda dal declino dell'attività fisica. Nell'ambito della trattazione, abbiamo osservato un certo numero di fenomeni correlati all'età, che ci portano a ricordare che:

- la statura in posizione eretta diminuisce soprattutto a causa della cifosi e della compressione dei dischi intervertebrali;
- la massa corporea aumenta durante l'età adulta;
- una perdita di massa muscolare conduce ad una diminuzione progressiva della forza e della resistenza;
- le ossa perdono minerali e matrice e sono maggiormente soggette a frattura;
- il deterioramento della superficie articolare causa artrosi limitando anche le attività quotidiane;
- la perdita di elasticità di tendini e legamenti predispone a distorsioni e lussazioni;
- la frequenza cardiaca massima si riduce;
- aumenta la gittata sistolica nello sforzo sub-massimale con riduzione della portata parallelamente alla riduzione della captazione massima di O₂;
- aumenta la pressione arteriosa (PA) sistolica;
- è frequente l'ipotensione posturale con possibilità di sincope;
- si assiste ad un irrigidimento della gabbia toracica con perdita di elasticità del tessuto polmonare, diminuzione della capacità vitale e aumento del volume residuo, anche se la capacità polmonare totale si modifica in modo non rilevante;
- durante lo sforzo espiratorio energetico può verificarsi un collasso delle vie respiratorie;

- alterazioni età dipendenti dell'apparato gastro-intestinale e renale influenzano il riequilibrio idrico durante l'esercizio fisico negli ambienti caldi;
- l'invecchiamento del cervello produce deficit di memoria recente con progressivo deficit dell'apprendimento di nuovi compiti e deficit cognitivo;
- si assiste ad un progressivo deterioramento della vista e dell'udito;
- la perdita dell'equilibrio è progressiva con tendenza a cadere con maggior facilità;
- l'invecchiamento del sistema endocrino produce una serie di importanti modificazioni metaboliche che coinvolgono la maggior parte dei sistemi deputati al movimento.

Da queste considerazioni emerge l'importanza di considerare, con l'avanzare dell'età, il mantenimento dell'autonomia, indipendentemente dai mutamenti fisiologici, come obiettivo primario da raggiungere, per un tempo più lungo possibile. L'invecchiamento non deve essere considerato come assolutamente negativo, ma come evento inevitabile in cui la percentuale di soggetti esenti da malattie o patologie invalidanti si riduce. Non esiste un'età limite in cui si può affermare che gli effetti dell'invecchiamento sono tali da identificare una soglia oltre la quale si struttura la dipendenza, anche parziale; si può solo affermare che l'età è un fattore di rischio e che nella maggior parte delle patologie la prognosi è età-correlata. Un tipico esempio è quello della malattia aterosclerotica: il suo riscontro non può essere considerato un evento normale, nemmeno in età avanzata, ma è fuori dubbio che con l'aumentare dell'età, aumenta il rischio di aterosclerosi e delle sue manifestazioni.

L'altro scopo da perseguire è la conservazione di una buona qualità di vita. La speranza di vita in sé è meno importante della speranza di vita in assenza di invalidità e di dipendenza, fondamentali indicatori di buona salute. La perdita di autonomia, oltre che da eventi biologici sfavorevoli, è spesso esasperata da problemi sociali e psicologici che minano il senso di autostima e la dignità dell'individuo. La solitudine e l'abbandono sono i principali fattori condizionanti la depressione del tono dell'umore, fenomeno in grado di incidere sulla qualità di vita in modo importante, difficilmente curabile, aggravato spesso dall'uso di terapie farmacologiche in grado di produrre effetti collaterali invalidanti senza essere efficaci sul problema. Il distacco dalla famiglia e l'istituzionalizzazione, soluzioni "senza ritorno", scelte dai parenti degli interessati, può avere effetti drammatici e far precipitare quella situazione di disagio legata alla perdita del ruolo sociale secondaria al pensionamento ed alla frustrazione che vi si associa, in mancanza di valori sostitutivi o di nuovi ruoli in grado di

produrre gratificazioni. Tutto ciò, spesso acuito dalla perdita affettiva o dalla lontananza dei figli, tende a ridurre l'iniziativa e l'attività fisica.

Il deterioramento dell'aspetto fisico, in modo particolare nel sesso femminile, favorisce l'insicurezza, creando quel distacco tra passato e presente che rappresenta una "rottura", causa di atteggiamenti melanconici e di autocommiserazione.

Acquistano particolare importanza il mantenimento dell'attività e della creatività, anche attraverso l'apprendimento di attività o di svaghi non praticati in precedenza. Data per scontata la sua importanza in campo preventivo, l'attività fisica, attraverso gli effetti propri ed il mantenimento della socialità (specialmente se strutturata in modo individuale), attraverso la produzione del senso di benessere e la riaquisizione della propria identità, è in grado di contrastare in modo significativo gli effetti delle principali patologie età correlate, la sedentarietà, l'invecchiamento fisiologico ed il condizionamento correlato alla perdita di ruoli e di interessi.

Dallo sport inteso come attività riservata ai giovani, strettamente vincolata alla performance e all'agonismo, si è diffusa la cultura che associa l'esercizio fisico regolare al mantenimento della forma fisica e della salute. La pratica dell'attività fisica può essere intesa in modi diversi nelle diverse culture, per questo è importante distinguere il concetto di attività fisica o motoria, qualsiasi movimento prodotto per azione muscolare con aumento del dispendio energetico, da quello di esercizio fisico, sequenza motoria ripetitiva e finalizzata.

Mentre nell'infanzia e nella giovinezza prevale quindi l'aspetto sportivo, nell'adulto e nell'anziano, l'obiettivo principale si sposta verso il mantenimento di una buona forma fisica (fitness), definita dall'American College of Sports Medicine (1998) come l'abilità di svolgere attività fisica a un livello da moderato a vigoroso senza affaticamento, e verso la promozione della salute. Classi di età più avanzate si avvicinano alle palestre in cui si praticano attività mirate al raggiungimento ed al mantenimento di una buona capacità fisica ed alla prevenzione primaria e secondaria di alcune patologie come l'ipertensione, l'obesità, l'artrosi. La nuova impostazione si riflette nella proliferazione, in molte città italiane, dei centri benessere, o centri wellness, dove gli spazi dedicati all'allenamento sono affiancati da spazi per il relax e la cura del corpo.

Nei paesi industrializzati si assiste infatti dall'inizio del secolo ad un progressivo aumento percentuale della popolazione anziana, legato alla riduzione delle nascite ed all'aumento della speranza di vita media (Guralnik et al, 1989). Con l'invecchiamento, anche nei soggetti perfettamente sani, si realizza una riduzione progressiva delle capacità fisiche, in particolare della performance cardiaca, della massima capacità

aerobica e della resistenza alla fatica; si riducono anche forza e potenza muscolare, resistenza ed elasticità osteo-tendinea e flessibilità (Macchi e Cecchi, 2002).

Tuttavia oggi è dimostrato che una percentuale significativa di queste alterazioni nei soggetti sani è legata alla sedentarietà. Con l'invecchiamento infatti molti soggetti riducono l'attività motoria: la sedentarietà, scelta per motivi culturali o psicologici piuttosto che per limitazioni motorie organiche, comporta un accelerato deterioramento dei diversi organi e apparati, soprattutto a carico della capacità aerobica, della massa muscolare (sarcopenia) e della massa ossea, che compromettono l'efficienza fisica aumentando il rischio di disabilità (Shephard, 1997; ACSM, 1998).

La sedentarietà è stata quindi dichiarata "un problema basilare della salute pubblica" ed equiparata ad una vera e propria malattia sociale (US General Surgeon Report, 1996). All'opposto, è oggi dimostrato ampiamente che un'attività fisica mirata è in grado di contrastare queste alterazioni e di riportare le capacità fisiche dell'anziano allenato a livelli molto più vicini a quelli dei soggetti più giovani (Shephard, 1997). Contrariamente a quanto si credeva un tempo, molti studi hanno dimostrato che il potenziale di miglioramento rispetto al livello di partenza viene conservato sia per quanto riguarda la forza muscolare che per altri aspetti, come la capacità aerobica e la flessibilità, anche iniziando l'allenamento in età avanzata (Fiatarone, 1994; Shephard, 1997). Per questo motivo anche anziani sedentari che non hanno mai fatto esercizio in tutta la loro vita dovrebbero essere incoraggiati ad iniziare un'attività fisica, e ad adottare uno stile di vita attivo, pur adottando le necessarie cautele.

E' stato ampiamente dimostrato l'effetto positivo dell'attività fisica sulla prevenzione e sul trattamento di patologie quali la cardiopatia ischemica, l'arteriopatia ostruttiva periferica, il diabete mellito, l'osteoporosi, l'artrosi e l'obesità, che presentano un'alta prevalenza in età avanzata e che costituiscono le principali cause di disabilità età associata (Shephard, 1997; Macchi e Cecchi, 2002).

La promozione della diffusione dell'attività fisica come presidio fondamentale per la salute e la salvaguardia dell'autosufficienza in età avanzata deve iniziare nell'infanzia e protrarsi lungo tutto l'arco della vita. Peraltro la salute, secondo la definizione OMS, non è soltanto l'assenza di malattia e di disabilità, ma il raggiungimento ed il mantenimento di una buona qualità della vita di cui il benessere fisico e psicologico costituiscono componenti fondamentali (Post et al., 1999). Il miglioramento della qualità della vita è spesso più importante dell'aumento della durata della vita.

Aspetti motivazionali

La promozione della salute ha successo quando l'attività fisica diviene parte di un sistema di vita. L'istruttore deve conoscere i fattori che influenzano, nei due sessi e nelle diverse età della vita, l'aderenza al programma di attività fisica. Sono indispensabili sia la motivazione che la partecipazione iniziale, come la partecipazione continuativa (adherence). Peraltro i fattori psicologici, dalla motivazione all'autostima sono riconosciuti come determinanti anche della performance a tutte le età (Schnabel, 1998).

I fattori determinanti la motivazione sono diversi nell'uomo e nella donna (Sallis et al., 1992; King, 2001; Sherwood e Jeffery, 2000) quanto per gli anziani rispetto ai giovani: secondo studi condotti nei paesi anglosassoni mediante interviste, per tutti i soggetti intervistati, uomini e donne sia adulti che anziani sono risultati importanti: sentirsi in forma; stare in salute; ottenere dei risultati; uscire di casa. Per l'uomo riveste inoltre un ruolo particolare l'aspetto ludico (divertirsi, rilassarsi), mentre per la donna prevale l'interesse estetico (migliorare l'aspetto fisico; perdere peso); negli anziani, uomini e donne, infine risulta molto importante il mantenimento della propria autonomia.

Gli ostacoli alla partecipazione, nei soggetti motivati, possono essere di tipo pratico o psicologico. Trai primi le cause più frequentemente riportate sono nell'uomo impegni lavorativi e lesioni traumatiche; nella donna il matrimonio, i figli, gli impegni lavorativi (Sallis et al., 1992); negli anziani, uomini e donne, la difficoltà di utilizzare mezzi di trasporto pubblici e di spostarsi con mezzo proprio; per questo nella predisposizione di strutture idonee a tali programmi l'accessibilità della sede e la scelta degli orari costituiscono un cardine essenziale per garantire partecipazione e aderenza al programma (Evans, 1999).

I fattori psicologici che determinano la rinuncia o portano all'interruzione di un programma di esercizio fisico sono più complessi. Per la partecipazione iniziale sono stati individuati tramite interviste a campione alcuni fattori psicologici (Marcus et al., 2000): la scarsa fiducia nelle proprie capacità, la confusione tra esercizio fisico e sport (inteso anche in senso competitivo), l'imbarazzo per il proprio aspetto fisico e la difficoltà a trovare compagnia. Queste sono le motivazioni più comunemente riferite dalla popolazione intervistata, con una forza maggiore nei soggetti più anziani (King, 2001). Infatti gli anziani sono quelli che praticano di meno l'attività fisica giustificandosi nel seguente modo: "non sono un tipo sportivo; sono troppo grasso; sono troppo

timido; non ho abbastanza energia; non ce la farei mai; non ho nessuno con cui esercitarmi”.

I soggetti motivati che iniziano un programma di attività fisica possono interromperlo, non solo per problemi pratici, ma anche e soprattutto per motivi psicologici: l'**aderenza** al programma prescelto è il problema più grave, sia per i programmi effettuati in proprio che per quelli iniziati in palestra: il 50 % delle persone che iniziano la palestra la interrompono entro 6 mesi (Robinson e Rogers, 1994). Il ruolo dell'istruttore e il tipo di relazione che questi instaura con i frequentatori della palestra, insieme naturalmente alle caratteristiche fisiche e funzionali dell'ambiente e a fattori personali sempre in gioco, rappresentano il cardine su cui ruota l'aderenza.

La **non aderenza** infatti può essere non intenzionale (per mancata comprensione o memorizzazione del soggetto) o intenzionale (decisione da parte del soggetto basata su convinzioni di natura personale riguardo alla malattia o al problema per cui si è rivolto all'operatore e per il tipo di soluzione proposta): il soggetto fa un bilancio tra i costi e i vantaggi che si aspetta e decide se iniziare o continuare a seguire il programma oppure no. Per promuovere l'aderenza durante il colloquio iniziale ed i successivi si deve agire sia sulla prima componente, e quindi offrire una informazione corretta e comprensibile (cosa non sempre facile soprattutto in soggetti con iniziale deficit cognitivo o di basso livello culturale), ma anche sulla seconda: ci deve essere uno scambio reale in cui emergano anche le priorità e le preferenze personali del soggetto che possono condizionare una scelta di non aderenza (Orleans, 2000; Rothman, 2000). La comunicazione è più fertile quando si realizzano:

1. una buona relazione;
2. informazione e scambio;
3. decisione comune sul programma.

In soggetti affetti da patologie quali l'ipertensione, l'osteoporosi o altre malattie croniche, la decisione di fare esercizio è spesso il risultato di una prescrizione o raccomandazione del medico.

Solitamente si parla di compliance quando l'esercizio viene prescritto come prevenzione o trattamento da parte del medico, ma il termine di aderenza, con la connotazione di scelta attiva da parte del soggetto (Majani, 1999) appare più appropriato. Nell'ambito di tutte le prescrizioni mediche (farmaci, terapia fisica, esercizio) la non aderenza risulta del 50%. Il rischio di non aderenza aumenta quando:

- non c'è minaccia immediata sul benessere e sulla salute;
- la patologia è asintomatica o il trattamento non incide rapidamente sui sintomi;
- la prescrizione incide sullo stile di vita;

- la prescrizione deve essere mantenuta a tempo indefinito.

Poiché la prescrizione di esercizio fisico ha tutte queste caratteristiche è ad altissimo rischio di non aderenza.

Le 5 dimensioni che definiscono la centralità del paziente nel rapporto medico paziente possono definire altrettanto bene la centralità dell'utente rispetto a chi prescrive e supervisiona l'esercizio:

- presupposti biopsicosociali;
- l'utente come persona;
- la condivisione di potenzialità e responsabilità;
- l'alleanza terapeutica;
- l'operatore come persona.

Ogni utente arriva con il proprio bagaglio di sentimenti, idee, interpretazioni, aspettative, desideri, contesto familiare, sociale, lavorativo, valori culturali e morali, affrontando il problema in modo non univoco. Per facilitare aderenza è necessario stabilire una buona relazione tra un istruttore o un allenatore e le persone che gli/le si affidano: è fondamentale, specie con gli anziani, evitare approcci paternalistici, asettici o colpevolizzanti. Le persone accettano di cambiare il loro comportamento se le proprie aspettative sui potenziali risultati vengono percepite come significativamente più favorevoli. L'esercizio fisico può diventare uno strumento per la conoscenza di se stessi e la consapevolezza presa in carico della propria salute, se si persegue non solo uno scambio di informazioni, ma anche di valori, con un dialogo continuo, un coinvolgimento responsabile di entrambe le parti ed un mantenimento dei ruoli (Crossley, 2001). Adattando i metodi della psicologia sociale di tipo cognitivo si può migliorare sia la partecipazione iniziale che l'aderenza: infatti il cambiamento comportamentale è un processo, il mantenimento è un altro processo (Rothman, 2000). Una modifica permanente del proprio stile di vita è spesso più difficile proprio negli anziani, il gruppo che avrebbe i maggiori vantaggi ad abbandonare la sedentarietà (Leveille et al., 1999). Per promuovere partecipazione e adesione degli anziani a programmi di esercizio fisico sono stati individuati alcuni punti chiave (Evans, 1999):

- a livello divulgativo, sia di tipo pubblicitario che da parte di chi prescrive o raccomanda l'esercizio devono essere utilizzati messaggi semplici, utilizzando parole chiave di facile comprensione e memorizzazione e con un adeguato impatto emotivo;
- l'approccio deve essere individualizzato, rispetto alle caratteristiche culturali, cognitive, fisiche e psicologiche dei partecipanti: sempre e comunque deve essere mantenuto un approccio informativo;

- una volta iniziate le sedute, è necessario mantenere un atteggiamento sensibile e incoraggiante: lasciare tempo prima e dopo le sedute per parlare (con l'operatore e nel gruppo);
- il tempo delle sedute e le strutture che ospitano la palestra dovrebbero essere dotate di spogliatoi ampi e comodi e di una sala comune, per sostenere l'obiettivo di promuovere la socializzazione.

Salute mentale

Per salute mentale, secondo la definizione OMS, si fa riferimento ad uno stato di benessere emotivo e psicologico nel quale l'individuo è in grado di sfruttare le sue capacità cognitive o emozionali, esercitare la propria funzione all'interno della società, rispondere alle esigenze quotidiane della vita di ogni giorno, stabilire relazioni soddisfacenti e mature con gli altri, partecipare costruttivamente ai mutamenti dell'ambiente, adattarsi alle condizioni esterne e ai conflitti interni.

Sono circa 450 milioni le persone che in tutto il mondo soffrono di disturbi neurologici, mentali e comportamentali. In Europa, la mortalità per suicidio è più elevata di quella per incidenti stradali, e il solo disturbo depressivo maggiore rende conto del 6% del carico di sofferenza e disabilità legati alle malattie (Adnkronos, 2007). L'impatto economico della morbilità psichiatrica è molto elevato, con stime conservative pari al 3-4% nell'Unione Europea. In Italia, studi recenti (Adnkronos, 2007) condotti sia a livello nazionale che locale, hanno mostrato che la prevalenza annuale dei disturbi mentali nella popolazione generale è dell'8% circa ed un recente sondaggio (ministero della salute, 2011), condotto su un campione di psichiatri italiani, ha riscontrato un aumento rispetto a dieci anni fa della frequenza con cui vari disturbi mentali giungono all'osservazione clinica. Anche in Italia, come in altri Paesi industrializzati, i disturbi mentali costituiscono una delle maggiori fonti di carico assistenziale e di costi per il Servizio Sanitario Nazionale; si presentano in tutte le classi d'età, sono associati a difficoltà nelle attività quotidiane, nel lavoro, nei rapporti interpersonali e familiari e alimentano spesso forme di indifferenza, di emarginazione e di esclusione sociale. Un simile panorama impone di disporre di strumenti di sorveglianza e di monitoraggio dell'entità del fenomeno e di diffusione di interventi terapeutici e preventivi, basati su evidenze scientifiche, atti a promuovere la salute mentale. Per distinguere la salute dalla malattia sono stati proposti molteplici criteri.

- *Criterio della normalità statistica*: il malato è colui che assume comportamenti o atteggiamenti diversi dalla maggioranza; tuttavia anche

le persone geniali o eccentriche manifestano comportamenti diversi dalla norma e, d'altra parte, alcuni disturbi mentali non creano variazioni evidenti del comportamento.

- *Criterio dell'integrazione socioculturale*: il malato è colui che non è adeguatamente integrato nella società; tuttavia, se è certamente vero che spesso chi soffre di un disturbo mentale può fare più fatica ad integrarsi, non tutti coloro che rifiutano il sistema sociale o esprimono una qualche devianza possono essere definiti "malati".

- *Criterio della sofferenza personale*: è malato mentale chi sente, soggettivamente, una qualche sofferenza; il problema è che non sempre la malattia mentale è legata ad una sofferenza consapevole: vi sono ad esempio alcuni disturbi mentali in cui il soggetto è perfettamente convinto di essere sano e rifiuta qualsiasi terapia.

- *Criterio dell'etichettamento*: è malato colui che viene definito tale da una figura professionale competente in materia; è noto, però, che non sempre le diagnosi degli specialisti concordano; inoltre, come vedremo, civiltà differenti delineano in modo difforme il confine tra salute e malattia.

- *Criterio sintomatico-descrittivo*: una persona viene definita "malata" se presenta alcuni sintomi, indicati in un manuale diagnostico come specifici di una determinata patologia; è chiaro, però, che si ripropone un nuovo problema: secondo quali criteri è stato composto il manuale di riferimento?

Da tutto ciò possiamo concludere che *non esiste un criterio univoco e definitivo che consenta di distinguere la salute dalla malattia e che tra di esse non c'è una netta differenza, ma una sostanziale continuità.*

Gli esperti del settore hanno cercato di rendere le diagnosi maggiormente standardizzate, facendo riferimento a dei criteri comuni ed uniformi. Attualmente uno dei manuali diagnostici più utilizzati è il DSM IV, ossia la quarta edizione del *Diagnosical and Statistical Manual of Mental Disorders (manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali)*, pubblicato dall'associazione psichiatrica americana, in cui vengono descritti in modo chiaro e dettagliato i sintomi delle principali patologie.

E' ormai comunemente accettata la relazione tra attività fisica e funzione mentale, in tutte le età della vita (Galper et al, 2007). La ricerca in questo campo si articola essenzialmente in due settori (Guyton Hornsby e Brynar, 2001):

1. valutazione di deterrenti o incentivanti psicologici per la partecipazione all'esercizio (motivazione) e dei fattori psicologici che influenzano la prestazione atletica;
2. conseguenze psicologiche dell'esercizio:

- a. *effetti indiretti*, tramite la riduzione di sintomi patologici, come la perdita di peso etc.;
- b. *effetti diretti* su:
 - patologie psichiatriche come ansia, depressione e deficit cognitivi;
 - promozione del benessere psicologico nei soggetti sani.

La definizione di salute mentale spazia dall'assenza di patologie psichiatriche o neurologiche, con interessamento delle funzioni cognitive, al concetto di benessere psicologico. Fox (1999) definisce il malessere mentale, come una costellazione di sintomi rappresentati da:

- disturbi del sonno
- scarsa autostima
- alterazioni del tono dell'umore

Gli studi, sviluppati soprattutto a partire dagli anni '70, sono concordi nel dimostrare un effetto dell'attività fisica sul benessere psicologico. I primi studi si sono focalizzati sulla riduzione delle emozioni negative (ansia normale e patologica, sfiducia in se stessi), mentre in un secondo tempo sono aumentate le evidenze sulla attività fisica come promotrice di sensazioni positive, come il senso di energia (Lennox, 1990; Hale, 2002; Skrinar et al., 1992). A questo proposito Thayer (1989) ha dimostrato che una passeggiata di 10 minuti è più efficace nel ridurre la tensione e a produrre una sensazione di energia rispetto a mangiare un dolce o fumare. Tuttavia non è ancora nota la correlazione dose-dipendente tra esercizio (frequenza, intensità e durata delle sedute) e aspetti emozionali: anche una sola seduta è in grado di produrre una sensazione di benessere della durata di qualche ora (Plante, 1999). I meccanismi attraverso i quali l'esercizio produce questo effetto non sono del tutto chiariti; le ipotesi più accreditate comprendono (Petruzzello, 2001):

Distrazione - L'esercizio può distrarre dalle preoccupazioni quotidiane. Gli effetti positivi dell'esercizio a livello psicologico sono stati dimostrati in alcuni studi mentre altri non hanno fornito correlazioni significative, in modo da lasciare ancora aperta la discussione.

Endorfine - Le Endorfine sono oppioidi endogeni rilasciati in circolo in risposta a varie perturbazioni, tra cui l'attività fisica: alcuni studi hanno dimostrato che esiste una correlazione tra alti livelli circolanti di queste sostanze e la sensazione di benessere che segue una seduta di esercizio; tuttavia il blocco a livello biochimico del loro effetto in vivo, ha prodotto il mantenimento della sensazione di benessere in una parte dei soggetti studiati. Il ruolo delle endorfine non è quindi ancora precisamente definito.

Termogenesi - Un esercizio abbastanza intenso da provocare un aumento di temperatura corporea, attraverso l'azione dell'ipotalamo e del talamo, è

in grado di stimolare alcune aree cerebrali che a loro volta inducono un rilassamento muscolare; l'ipotesi è che tale rilassamento, producendo una riduzione della stimolazione sensoriale, si rifletta positivamente sulla sfera psicologica.

Monoamine - Neurotrasmettitori come la norepinefrina, la dopamina e la serotonina influenzano il tono dell'umore a livello del SNC: l'attività fisica modifica i livelli intracerebrali di queste sostanze nell'animale, e studi recenti sembrano convalidare questi risultati anche nell'uomo.

Flusso ematico cerebrale - Un aumento selettivo del flusso cerebrale a livello corticale (lobo frontale, lobi parietali e temporali) e della sostanza grigia, in cui sono localizzate aree di controllo degli stati emozionali, è stato dimostrato da alcuni studi, e messo in relazione con l'aumento dell'arousal (livello di vigilanza), con la performance cognitiva e con gli stati emozionali, verosimilmente tramite una modulazione del metabolismo locale delle monoamine.

Le variazioni dei livelli di monoamine e del flusso cerebrale sono meccanismi biologici chiamati in causa anche per spiegare gli effetti positivi dell'attività fisica praticata regolarmente nel tempo; fattori psicologici e sociali rivestono un ruolo essenziale. La pratica regolare di un'attività fisica aumenta sia l'autostima (cioè la componente valutativa della concezione di sé) che l'autoefficacia (cioè la fiducia nelle proprie capacità di seguire la linea ottimale di condotta richiesta nelle diverse situazioni), e sembra promuovere un locus del controllo più interno aumentando la percezione di poter incidere positivamente sulla propria vita tramite il comportamento, a scapito della sensazione che la propria vita sia fuori dal proprio controllo e determinata esclusivamente da agenti esterni al soggetto (locus del controllo esterno). Questi effetti sono stati evidenziati sia nei giovani che negli adulti e negli anziani, in cui spesso si ha una riduzione dell'autoefficacia e un viraggio all'esterno del locus del controllo (Raglin, 1990; Weyerer e Kupfer 1994; Scully, 1998). La tipologia delle attività deve essere tuttavia ulteriormente studiata: da ricerche iniziali sia l'esercizio aerobico che quello di rinforzo muscolare si sono dimostrati efficaci nel sollevare il tono dell'umore (sintomi depressivi), mentre soltanto l'esercizio aerobico sembra efficace nel ridurre i livelli di ansia (Paluska, 2000).

Sicuramente anche gli effetti dell'esercizio sull'aspetto fisico, oltre che sull'immagine corporea, sulla forma fisica, e in alcuni casi, su sintomi patologici, hanno una ricaduta positiva sul benessere psicologico dei soggetti attivi (Plante, 1999). Soprattutto negli anziani, ma non solo in questi, è probabile che giochino un ruolo fondamentale le attenzioni ricevute durante i programmi di attività fisica e la socializzazione nelle attività di gruppo.

Per quanto invece riguarda gli effetti della attività fisica sulla **patologia psichiatrica** vera e propria (depressione maggiore, attacchi di panico, ansia patologica, schizofrenia) molti studi suggeriscono un possibile effetto positivo di alcune forme di attività fisica in associazione alla terapia farmacologica mirata, ma l'evidenza non è ancora conclusiva (Taylor et al, 1995; Shephard, 1997; Meyer e Brooks, 2000)

Attività fisica e autosufficienza

Studi assai noti hanno dimostrato che la regolare attività fisica nell'età adulta e anziana aumenta la speranza di vita, riducendo la mortalità generale (Paffembarger et al., 1986). Inoltre, come già discusso in precedenza, l'attività fisica è in grado di rallentare e modulare i processi di invecchiamento di organi e apparati, ritardando il momento in cui la capacità funzionale raggiunge la soglia critica per il mantenimento dell'autosufficienza aumentando la speranza di vita attiva, in misura proporzionalmente maggiore di quanto non aumenti la durata media della disabilità pre-morte (Erlichmann et al., 2002).

Questo aspetto è messo in risalto da numerosi studi di tipo retrospettivo e da molti trials clinici che hanno dimostrato in modo inequivocabile come programmi di esercizio fisico regolare protratti nel tempo siano in grado di produrre (Shephard, 1997):

- 1) un effetto positivo sulle capacità di svolgere autonomamente le attività della vita quotidiana in soggetti affetti da disabilità di vario grado;
- 2) il ritardo nella comparsa di disabilità in soggetti individuati come fragili, cioè ad alto rischio di disabilità incidente.

Uno degli studi più significativi, quello di Mary Fiatarone del 1994 (Fiatarone et al., 1994), ha dimostrato che allenando un gruppo di ultranoventenni ricoverati in casa di riposo, non solo si otteneva un aumento di massa e forza muscolare paragonabile a quello dei soggetti giovani, ma soprattutto che il recupero si traduceva in una maggiore velocità nel cammino ed in un minor rischio di cadute: l'importanza di questo fatto risiede nella creazione di un ponte tra allenamento e funzione (autosufficienza) motoria nel trattamento di soggetti anziani.

La letteratura sull'argomento dimostra la possibilità, (agendo anche con scarsità di risorse, prevalentemente sull'apparato muscolo-scheletrico e cardiovascolare), di contrastare su più fronti il processo che conduce dalla multipatologia alla disabilità, anche nei soggetti di età molto avanzata (Phillips, 2002). In persone anziane autosufficienti un buon livello di attività fisica può ridurre il rischio di disabilità ed incrementa selettivamente l'aspettativa di vita attiva. I meccanismi con cui ciò si

verifica sono diversi e non del tutto chiariti; il livello e la tipologia di attività fisica modulano la traiettoria con cui la forza muscolare e la massa ossea declinano con l'invecchiamento, incidendo sul raggiungimento dei livelli minimi di forza necessari per lo svolgimento autonomo delle attività di vita quotidiana. La prevenzione della disabilità inizierebbe nell'età giovane adulta con il raggiungimento di un picco elevato di massa ossea e muscolare, proseguendo con un allenamento adeguato anche in età avanzata.

Esistono svariati protocolli per la prevenzione e il trattamento di numerose patologie età associate tramite l'esercizio fisico mirato (Macchi e Cecchi, 2002). Tuttavia la condizione più diffusa nei soggetti anziani lievemente disabili è quella della presenza contemporanea di più malattie, definita come **multipatologia** o **comorbidità** (Guralnik et al., 1989) che compromette in misura variabile i principali apparati (muscolo-scheletrico, neuromotorio, cognitivo, della capacità aerobica). L'esercizio fisico costituisce un presidio fondamentale sia nella prevenzione che nella terapia di tale condizione (ACSM 1998).

Se la salute è rappresentata dal completo benessere fisico sociale e psicologico, la qualità più che la quantità della vita diventano gli obiettivi finali della promozione della salute e le scale di **qualità della vita (QoL)** diventano la misura più affidabile di ogni intervento volto a questo scopo. La QoL è stata definita come un'associazione ponderata tra condizioni funzionali e sintomi percepiti, misurabile tramite scale generiche o specifiche per patologia (Post et al., 1999). Le dimensioni esplorate da queste scale includono la condizione fisica, psicologica, emozionale, sociale, aspetti legati ai condizionamenti culturali. Per Randall L. Braddon (1999) la QoL è un equilibrio tra opportunità e richieste funzionali, dove le opportunità dipendono da situazioni oggettive (fisiche, sociali ed economiche) e le richieste, oltre la necessità di soddisfare i cosiddetti bisogni fondamentali, sono legate a dimensioni più soggettive come il sistema di valori dell'individuo e del suo ambiente sociale e culturale, l'umore e la considerazione di se stesso. Una lesione come la rottura di un legamento crociato con conseguente instabilità del ginocchio, ha effetti assolutamente diversi in un soggetto sedentario di mezza età rispetto alla stessa lesione in un calciatore professionista. Situazioni oggettive, come quella economica o abitativa familiare, richiedono interventi diversi, ma l'attività fisica può incidere profondamente sulla QoL: il mantenimento dell'autosufficienza, insieme al miglioramento del benessere psicologico, producono nei soggetti attivi rispetto ai sedentari un miglioramento medio della QoL e gli effetti dell'attività fisica su prevenzione e terapia di molte patologie incidono positivamente sulla QoL.

Di seguito sono elencate le dimensioni della QoL per cui è stata dimostrata l'efficacia di una attività fisica regolare (di intensità moderata e non competitiva), sia nel promuovere aspetti positivi che nel ridurre o prevenire aspetti negativi (in corsivo le dimensioni in cui l'effetto è stato postulato ma non dimostrato in modo soddisfacente) (Shephard, 1997; Smith et al., 1999; Di Lorenzo et al., 1999; Petruzzello, 2002).

Benessere fisico:

- forma fisica
- capacità aerobica/resistenza allo sforzo
- forza e potenza muscolare
- flessibilità
- funzione motoria: es. velocità di cammino
- autosufficienza
- regolarizzazione del ritmo sonno-veglia
- regolarizzazione dell'alvo
- prevenzione e trattamento di patologie (salute)

Benessere psicologico:

- affettività
- autostima
- autoefficacia
- soddisfazione per la vita
- *stress*
- ansia
- *depressione*
- locus del controllo
- immagine corporea
- funzione cognitiva
- *funzione sociale*

Gli effetti sul benessere fisico sono particolarmente rilevanti nella popolazione anziana, in cui i disturbi del sonno e dell'alvo (stipsi) sono frequenti e in cui spesso si riscontra anche un desiderato aumento dell'appetito. Nell'anziano che per problemi patologici non ha la possibilità di raggiungere una buona forma fisica, è comunque importante il mantenimento della funzione motoria come presupposto indispensabile per l'autosufficienza.

Gli studi inerenti la riduzione dello stress (con meccanismi biochimici e/o psicologici) ed il miglioramento dell'immagine corporea, si sono concentrati su giovani ed adulti, mentre sugli anziani l'evidenza non è conclusiva (Brown, 1992). Sia per la funzione fisica che per quella cognitiva gli effetti si evidenziano soprattutto nei soggetti molto anziani e/o patologici, che sono vicini o hanno già superato la soglia della non-autosufficienza.

Per tutto ciò che abbiamo illustrato finora, *l'attività motoria può essere uno strumento ideale per la promozione della QoL e per costituire un fondamentale presidio terapeutico nella promozione della salute intesa come "costruzione del benessere invece che contenimento del malessere"* (Majani,1996).

Bibliografia

1. ACSM Position Stand on Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Med Sci Sports Med* 30(6):992-1008, 1998.
2. Adnkronos Salute, "Depressione, Oggi Giornata Europea", Adnkronos, 11 Ottobre 2007.
3. Anthony J. Psychologic aspects of exercise. *Clin Sports Med.* 1991 Jan;10(1):171-80.
4. Braddom RL. (Ed.). *Physical medicine and rehabilitation.* 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders, 2001
5. Brown DR, Wang Y, Ward A, Ebbeling CB, Fortlage L, Puleo E, Benson H, Rippe JM. Chronic psychological effects of exercise and exercise plus cognitive strategies. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(5):765-75.
6. Brown DR. Physical activity, ageing, and psychological well-being: an overview of the research. *Can J Sport Sci.* 1992;17(3):185-93.
7. Crossley ML. *Rethinking health psychology.* Buckingham; Philadelphia: open University Press, 2000.
8. DiLorenzo TM, Bargman EP, Stucky-Ropp R, Brassington GS, Frensch PA, LaFontaine T. Long-term effects of aerobic exercise on psychological outcomes. *Prev Med.* 1999;28(1):75-85.
9. Erlichman J, Kerbey AL, James WP. Physical activity and its impact on health outcomes. Paper 1: The impact of physical activity on cardiovascular disease and all-cause mortality: an historical perspective. *Obes Rev.* 2002 Nov;3(4):257-71.
10. Evans WJ. Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(1):12-7.
11. Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME, Roberts SB, Kehayias JJ, Lipsitz LA, Evans WJ. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med.* 1994;330(25):1769-75.
12. Fox KR. The influence of physical activity on mental well-being. *Public Health Nutr.* 1999;2(3A):411-8.
13. Galper D.I., Trivedi M.H., Barlow C.E., Dunn A.L., Kampert J.B. Inverse association between physical inactivity and mental health in men and women. *Med Sci Sports Exerc.* 2006 Jan;38(1):173-8.
14. Guralnik JM, La Croix AZ, Abbot RD, Everett DF, Kovar MG. Aging in the eighties: the prevalence of comorbidity and its association with disability. Advance data from Vital and Health Statistics Series 3, No 170. Hyattsville MD: National Centre for Health Statistics, 1989.
15. Guyton Hornsby W, Brynar RW. *Clinical Exercise Psychology.* In. Brown SP (ed.). *Introduction to Exercise Science.* Lippincott, Williams and Wilkins, Baltimore 2001.
16. Hale BS, Koch KR, Raglin JS. State anxiety responses to 60 minutes of cross training. *Br J Sports Med.* 2002;36(2):105-7.

17. King AC. Interventions to promote physical activity by older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001 Oct;56 Spec No 2(2):36-46
18. Lennox SS, Bedell JR, Stone AA. The effect of exercise on normal mood. *J Psychosom Res.* 1990;34(6):629-36.
19. Leveille SG, Guralnik JM, Ferrucci L, Langlois JA. Aging successfully until death in old age: opportunities for increasing active life expectancy. *Am J Epidemiol.* 1999 Apr 1;149(7):654-64.
20. Macchi C, Cecchi F. *Attività Motoria dell'adulto e dell'anziano.* Polistampa ed. Firenze 2002.
21. Majani G. *Introduzione alla psicologia della salute.* Trento: Erickson, 1999.
22. Majani G. On quality of life. *G It Cardiol.* 1996 Jun;26:689-97.
23. Marcus BH, Nigg CR, Riebe D, Forsyth LH. Interactive communication strategies: implications for population-based physical-activity promotion. *Am J Prev Med* 2000 Aug;19(2):121-6.
24. Meyer T, Brooks A. Therapeutic impact of exercise on psychiatric diseases: guidelines for exercise testing and prescription. *Sports Med* 2000;30(4):269-79.
25. Orleans CT. Promoting the maintenance of health behavior change: recommendations for the next generation of research and practice. *Health Psychol* 2000;19:76-83.
26. Paffenbarger RS Jr, Hyde RT, Wing AL, Hsieh CC. Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N Engl J Med.* 1986;314(10):605-13.
27. Paluska SA, Schwenk TL. Physical activity and mental health: current concepts. *Sports Med* 2000;29(3):167-80.
28. Petruzzello SJ. Exercise and sports psychology. In: Brown SP (Ed.): *Introduction to exercise science.* Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2001: 310-333.
29. Phillips P. The rising cost of health care: can demand be reduced through more effective health promotion? *J Eval Clin Pract.* 2002;8(4):415-9.
30. Plante TG. Could the perception of fitness account for many of the mental and physical health benefits of exercise? *Adv Mind Body Med* 1999;15(4):291-5.
31. Post MWM, De Witte LP, Schrijvers AJP. Quality of life and the ICIDH: towards an integrated conceptual model for rehabilitation outcomes research. *Clin Rehabil* 1999;13:5-15.
32. Raglin JS. Exercise and mental health. Beneficial and detrimental effects. *Sports Med.* 1990; 9(6):323-9.
33. Robinson JI, Rogers MA. Adherence to exercise programs. *Sport Med* 1994;17:39-52.
34. Rothman AJ. Toward a theory-based analysis of behavioral maintenance. *Health Psychol.* 2000;19:64-9.
35. Sallis JF, Hovell MF, Hofstetter CR. Predictors of adoption and maintenance of vigorous physical activity in men and women. *Prev Med* 1992;21(2):237-51

36. Schnabel G. Natura e sviluppo dei principali fattori della prestazione sportiva. In: Schnabel G., Harre D., Borde A. (Eds.). *Scienza dell'allenamento*. Modena: Arcadia, 1998.
37. Scully D, Kremer J, Meade MM, Graham R, Dudgeon K. Physical exercise and psychological well being: a critical review. *Br J Sports Med* 1998;32(2):111-20.
38. Shepard R.J.: *Physical Activity, aging and health*. McGraw-Hill, New York 1997.
39. Sherwood NE, Jeffery RW. The behavioral determinants of exercise: implications for physical activity interventions. *Annu Rev Nutr* 2000;20:21-44
40. Skrinar GS, Williams NI, Bullen BA, McArthur JW, Mihok N. Changes in body consciousness relate to regularity of exercise training. *Percept Mot Skills* 1992;75:696-8.
41. Smith KW, Avis NE, Assmann SF. Distinguishing between Quality of Life and Health Status in Quality of Life Research: a meta analysis. *Quality of Life Research* 1999; 8:447-459.
42. Taylor CB, Sallis JF, Needle R. The relation of physical activity and exercise to mental health. *Public Health Rep.* 1985;100(2):195-202.
43. Thayer RE. *The biopsychology of mood and arousal*. New York: Oxford University Press, 1989.
44. U.S. Department of Health and Human Services. *Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.
45. Weyerer S, Kupfer B. Physical exercise and psychological health. *Sports Med.* 1994;17(2):108-16.
46. World Health Organization. *Official Records No 2*. Geneva: Author, 1948.
47. *The World Health Report 1999 Making A Difference*, Who, Geneva 1999, 104 - 109.

Capitolo II

Valutazione del rischio, test di screening

Claudio Macchi

Generalità

L'American College of Sports Medicine (ACSM) raccomanda test da sforzo sotto controllo medico per chiunque oltre i 50 anni voglia iniziare un programma di allenamento energetico. Un normale programma di esercizio fisico per anziani non si può definire un allenamento energetico, per cui in Italia ci si limita a richiedere un certificato medico ai soggetti che iniziano una qualsiasi attività fisica, mentre in altri paesi l'approccio è diverso. Negli USA la ACSM e in Gran Bretagna l'associazione sportiva YMCA (Young Men Christian Association) raccomandano questionari di screening di cui sono state testate la sensibilità e la specificità nell'identificare i soggetti a rischio tra gli adulti e gli anziani che decidono di intraprendere una attività fisica regolare; il questionario identifica in modo affidabile persone a rischio anche in un programma di esercizio di intensità lieve moderata: a chi risponde sì ad almeno una delle domande, formulate con una terminologia semplice e facilmente comprensibile, viene richiesta una visita medica per poter accedere ai corsi.

Un esempio di questionario utilizzato negli USA e validato su persone di età superiore ai 50 anni è il questionario di screening di M.Fiatarone (1996):

- a. ha dolori al torace a riposo e sotto sforzo?
- b. se sì: ha consultato il medico per questo?
- c. ha mai avuto un attacco cardiaco?
- d. se sì: risale all'ultimo anno?
- e. ha la pressione sanguigna alta?
- f. se non sa rispondere: la sua pressione all'ultima misurazione era più di 150/100?
- g. ha il fiato corto dopo uno sforzo molto leggero, a volte anche a riposo o a letto?
- h. ha ferite ulcerate o tagli sui piedi che sembrano non guarire?
- i. ha perso 4,5 kg o più negli ultimi 6 mesi senza allenamento e non intenzionalmente?

- j. ha dolore ai glutei o alla parte posteriore delle gambe - cosce, polpacci - mentre cammina?
- k. a riposo ha spesso battiti cardiaci rapidi e irregolari o, all'opposto, una frequenza cardiaca molto lenta?
- l. è correntemente in cura per un problema cardiaco o circolatorio (es. vasculopatia, ictus, angina, ipertensione, insufficienza cardiaca congestizia, insufficienza circolatoria alle gambe, disturbo valvolare cardiaco, trombosi o malattia polmonare)?
- m. da adulto ha mai avuto una frattura di femore, della colonna vertebrale o del bacino?
- n. è caduto più di 2 volte nello scorso anno (indipendentemente dalla causa)?
- o. soffre di diabete?

Soggetti particolarmente a rischio

Sono da considerarsi particolarmente vulnerabili soggetti con le seguenti caratteristiche:

- Anamnesi familiare positiva per cardiopatia ischemica o morte improvvisa
- Fumatori
- Dislipidemic
- Ipertesi
- Soggetti sedentari
- Obesi
- Diabetici
- Soggetti con personalità di tipo competitivo.

Soggetti con dislipidemia, diabete mellito, età > 60 anni, sesso maschile e femminile dopo la menopausa, familiarità per malattie cardiovascolari, sono sottoposti ad un rischio cardiovascolare molto elevato. L'ipertensione arteriosa conduce ad ipertrofia ventricolare sinistra, aumenta il rischio di emorragia cerebrale negli ipertesi e nei diabetici, di scompenso cardiaco congestizio, di dissecazione e/o rottura di aneurisma aortico toracico e addominale. Il rischio assoluto e relativo di eventi cardiovascolari in uomini di 55 anni passa da meno di 400 X 1000/anno per una pressione sistolica di 105 mmHg a quasi 800 X 1000/anno per valori di pressione sistolica di 195 mmHg (Alderman, 1993).

Non è consigliabile eseguire attività fisica intensa col caldo o col freddo eccessivi (il caldo aumenta il fabbisogno ematico della cute mentre il freddo provoca vasocostrizione cutanea aumentando sia il pre che il post-carico e di conseguenza il lavoro cardiaco). Tipici sforzi ad alto rischio

sono quelli isometrici indotti dallo spalare la neve non fresca, spingere l'auto in panne, tirare a riva la barca (alto numero di decessi per crisi coronariche). L'esposizione all'aria fredda e secca può inoltre causare broncospasmo nei pazienti con broncopatia cronica ostruttiva (BPCO).

In tema di altitudine e attività fisica, l'alta montagna dovrebbe predisporre alla cardiopatia ischemica per la riduzione della PO₂, ma ciò non è sufficientemente supportato da studi scientifici attendibili. Nell'attività subacquea l'anziano è maggiormente sottoposto ad aritmie e quindi ad episodi sincopali oltre che ad ipotensione durante l'emersione (specie se fa uso di ipotensivi). Lo stress psicologico può elevare la PA ed il carico di lavoro cardiaco e quindi può essere opportuno, in certe condizioni, limitare l'intensità dell'attività fisica.

Accesso all'attività fisica

In alcune regioni d'Italia le attività sportive non si distinguono più secondo il legislatore in ludico motorie, non agonistiche ed agonistiche. Le legge regionale disciplinano infatti la tutela sanitaria delle attività sportive agonistiche, non agonistiche e di quelle motorie e ricreative. Mentre per le prime 2 è necessaria l'effettuazione di visita e di eventuali accertamenti sanitari per ottenere la certificazione di idoneità, per la terza può non essere necessaria alcuna autorizzazione.

Per il rilascio della certificazione di attività sportiva agonistica e non agonistica la società o l'organizzazione sportiva è tenuta a consegnare all'interessato la richiesta di visita medica conformemente al modello predisposto dalla regione assieme al libretto sanitario secondo quanto previsto dall'articolo 6 della succitata legge. La richiesta di certificazione di attività agonistica e non agonistica deve essere presentata nelle circostanze e con la periodicità prevista dal Decreto Ministeriale (DM) 18/02/83, dal DM 28/02/83 e dal DM 04/03/93. Le certificazioni di idoneità all'attività sportiva non agonistica sono rilasciate dal medico di medicina generale o dal pediatra di libera scelta (fino ai 12 anni di età) limitatamente ai propri assistiti; le certificazioni di idoneità all'attività sportiva agonistica sono rilasciate nelle Aziende Sanitarie Locali (ASL) o in strutture private accreditate per la medicina dello sport, dal medico specializzato in medicina dello sport. In alcune regioni nella ASL la certificazione può essere rilasciata anche dai medici non in possesso della specializzazione purché abbiano prestato servizio per almeno 5 anni nel settore di medicina dello sport. Il medico che rilascia la certificazione è tenuto ad attenersi a quanto previsto dai DM 18/02/03, 28/02/83 e 04/03/93.

I certificati sono gratuiti per i soggetti dai 12 ai 18 anni, negli altri casi sono a carico degli utenti. Sotto i 12 anni la pratica sportiva può essere solamente di tipo non agonistico. La certificazione può essere di 1° (indispensabile di legge) o di 2° livello (a giudizio del medico certificatore quando ritenga opportuno un approfondimento: es. elettrocardiogramma-ECG-da sforzo al cicloergometro, ecocolordoppler cardiaco; ECG dinamico sec. Holter) a seconda dell'indispensabilità relativa a precisi tipi di sport (ad esempio l'elettroencefalogramma e la visita neurologica sono di 1° livello per il paracadutismo; la visita otorinolaringoiatrica e l'audiometria sono di 1° livello per la pratica subacquea).

Rischio ortopedico

Rischio di trauma, raccomandazioni generali

Il rischio traumatico aumenta progressivamente con livelli più alti di attività fisica; il primo provvedimento volto a ridurre il rischio sarà quello di iniziare con intensità e durata basse e progredire gradualmente, soprattutto per quanto riguarda l'intensità (Surgeon General Report, 1996).

Per ridurre il rischio di trauma e di sovraccarico cardiorespiratorio, la YMCA (Hooke, 1992) ha stilato delle raccomandazioni di carattere generale:

- esercizi rapidi e violenti sono sconsigliati sia nell'età adulta che, a maggior ragione, nell'anziano;
- il sovraccarico cardiorespiratorio e di forza deve essere graduale;
- gli esercizi con gli arti superiori (particolarmente se tenuti sopra la testa) e quelli a testa in basso possono provocare un aumento della pressione arteriosa;
- la manovra di Valsalva deve essere evitata ;
- l'estensione cervicale e la rotazione completa possono provocare sbandamenti, vertigini e perdita di equilibrio;
- le flessioni del tronco in piedi a ginocchia estese vanno evitate;
- nei soggetti non allenati, la ridotta elasticità tendinea e l'aumentata rigidità muscolare, più accentuati in relazione all'età, comportano un alto rischio di trauma: si raccomanda per questo il riscaldamento (5' di esercizio a bassa intensità) seguito da 5-10' di stretching lento;
- il defaticamento è molto importante, specie dopo attività energica: finire la sessione con una camminata lenta e ulteriore stretching (i muscoli riscaldati si allungano di più);

- il dolore costituisce un campanello d'allarme: va distinto l'indolenzimento relativo alla messa in funzione di strutture in disuso da quello che indicano un possibile sovraccarico o una lesione

Rischio di trauma, raccomandazioni specifiche

I soggetti anziani che intraprendono un'attività fisica regolare necessitano di attenzioni specifiche. Schematicamente è importante ricordare che:

- 1) deficit visivi, di equilibrio e di coordinazione aumentano il rischio di cadute e rendono più difficile seguire l'insegnante;
- 2) la ridotta resistenza meccanica dell'osso e il ridotto pannicolo adiposo (non costante) aumentano il rischio di frattura;
- 3) la perdita di elasticità muscolo-tendinea e ligamentosa predispone alle lesioni traumatiche;
- 4) l'adattamento è più lento.

La gradualità dell'intensità nelle sedute è quindi per gli anziani ancora più importante che per i giovani (Surgeon General Report, 1996); per questo ci sono alcuni accorgimenti pratici che vanno previsti quando si progetta un programma di attività fisica per anziani. A questo proposito Skelton e McLaughlin, nel 1997, hanno pubblicato importanti indicazioni che vengono riassunte di seguito:

- l'insegnante deve avere una competenza specifica;
- gli ambienti devono essere bene illuminati ed avere una buona acustica;
- il numero di partecipanti al gruppo deve essere limitato;
- la progressione del sovraccarico cardiorespiratorio e muscolare deve essere più lenta rispetto a quella adottata nell'adulto;
- è necessario fare attenzione ai cambiamenti di direzione o di passo ed eventualmente rallentare;
- assicurarsi che i partecipanti adottino sempre posizioni stabili;
- riscaldamento, seguito da stretching (statico; non doloroso) all'inizio;
- evitare il sovraccarico articolare (es. salti; slanci);
- finire la sessione con una camminata lenta e ulteriore stretching (defaticamento);
- introdurre esercizi specifici nelle attività di vita quotidiana (piegarsi, fare le scale etc.).

Mentre non è in discussione l'efficacia dei programmi di allenamento mirati per la flessibilità articolare, soprattutto nell'anziano, non è accertato se lo stretching, comunemente praticato prima e dopo ogni allenamento, riduca effettivamente il rischio di infortuni. In realtà la letteratura è

contraddittoria e studi recenti (Herbert 2002) effettuati su soggetti giovani non hanno evidenziato una netta riduzione del rischio di lesione muscolare nei soggetti che praticavano stretching prima e dopo ogni seduta di allenamento.

In realtà nell'anziano, in cui spesso esistono retrazioni miofasciali, l'effetto positivo dello stretching è verosimilmente legato ad un meccanismo indiretto che, tramite un aumento della flessibilità, assicura una maggiore efficacia della contrazione muscolare.

Controindicazioni all'Attività Fisica

Di seguito un elenco di segni, sintomi e patologie che rappresentano controindicazioni assolute all'attività fisica.

Controindicazioni generiche

- Febbre/Ipertermia: indipendentemente dalla patologia che ne determina l'insorgenza, la febbre porta all'aumento della frequenza cardiaca (FC) e del consumo di O₂; l'attivazione dei pirogeni (prevalentemente interleuchina I) attiva a sua volta il sistema immunitario e causa proteolisi muscolare. Anche un esercizio fisico protratto può condurre ad ipertermia. La perdita di liquidi e la disidratazione conseguente possono portare a grave deficit della termoregolazione; inoltre la perdita di acqua è accompagnata da una cospicua perdita di elettroliti (Costill e coll, 1975); con l'aumentare del flusso del sudore, la concentrazione di Na⁺ e di Cl⁻ aumenta, quella del K⁺ resta costante e quella di Ca²⁺ e Mg²⁺ diminuisce. L'ipertermia può essere inoltre causa di ematuria e proteinuria (Cerretelli, 2001);
- Tutte le malattie acute specie se infettive;
- Recente perdita di coscienza;
- Dolore di qualsiasi genesi e localizzazione a riposo o da sforzo;
- Dispnea e dispnea da sforzo di recente insorgenza o comunque precedentemente non presente per le medesime attività;
- Anemia con emoglobina < 9gr/100ml;
- Edemi degli arti inferiori mono o bilaterali (probabile indice di scompenso cardiaco o trombosi venose periferiche).

Controindicazioni di origine cardiologia

- FC di base (a riposo) superiore a 100 BPM anche se asintomatica;

- Cardiopatia ischemica con valori di emoglobina inferiori a 10 gr/dl;
- Angina pectoris;
- Alterazioni del ritmo cardiaco;
- Dolori toracici sotto sforzo (probabile angina pectoris) di natura non accertata: in questi casi si deve escludere la presenza di cardiopatia ischemica;
- Insufficienza cardiaca: i segni di scompenso cardiaco possono essere a riposo (edemi declivi; ortopnea, turgore delle vene giugulari) ma manifestarsi anche sotto sforzo (edema polmonare), a volte associati ad angina pectoris. Per la diagnosi di scompenso può essere utile la determinazione della frazione di eiezione (FE) cardiaca rilevata con Ecocolordoppler cardiaco;
- Pericarditi, miocarditi;
- Infarto miocardico acuto (IMA) recente;
- Edemi bilaterali degli arti inferiori (segno di probabile scompenso cardiaco);
- Ortopnea (segno di probabile scompenso cardiaco);
- Dispnea parossistica notturna (segno di probabile scompenso cardiaco);
- Cianosi (segno di probabile scompenso cardiaco);
- Turgore delle vene giugulari (segno di probabile scompenso cardiaco);
- Angioplastica coronarica con “stent” di recente inserimento (inferiore ad 1 mese);
- Stenosi aortica con gradiente Aorta/ventricolo Sinistro > 60/70 mmHg;
- Aritmie non controllate;
- Flutter atriale;
- Blocco atrio-ventricolare (A-V) di II° e III° grado anche se sporadico in soggetti non sottoposti a visita specialistica e a studio elettrofisiologico;
- Inadeguata risposta dei valori pressori e della frequenza cardiaca all'esercizio con sintomi (normalmente durante l'esercizio i valori pressori e la frequenza cardiaca aumentano; in caso contrario si possono sospettare rispettivamente una insufficienza ed una alterazione dell'attività elettrica del cuore);

Controindicazioni di origine vascolare

- Ipertensione polmonare di grado moderato/severo (con grad. AD/VD > 50 mmHg);
- Ipotensione (<90 mmHg),
- Ipotensione sintomatica;
- Ipotensione ortostatica sintomatica;

- Ipertensione arteriosa grave (pressione arteriosa rilevata in 2 o più valutazioni diurne >180/110), specie se associata a fumo,
- Tromboflebiti e trombosi venose profonde (TVP) recenti o recidivanti o associate a pregressi episodi embolici: l'attività fisica può portare al distacco di materiale trombotico (prevalentemente dal distretto venoso degli arti inferiori ilio-femoro-popliteo) causando embolia polmonare in caso di sospetto di TVP, specie se presente edema e difficoltà respiratoria da sforzo, bendare l'arto interessato e inviare il soggetto dal medico di famiglia o dallo specialista angiologo o cardiologo immediatamente;
- Embolia polmonare recente (inferiore ad 1 mese);
- Aneurisma aortico con indicazioni chirurgiche.

Controindicazioni di origine ortopedica

- Fratture ossee recenti;
- Slogature e distrazioni di qualsiasi tipo;
- Stiramenti muscolari;
- Traumi recenti ossei, tendinei e muscolari di qualsiasi tipo;
- Sintomatologia dolorosa osteo-articolare di qualsiasi tipo;
- Edemi infiammatori (con le tipiche caratteristiche della flogosi) e non infiammatori, di qualsiasi segmento corporeo.

Controindicazioni di origine respiratoria

- Presenza di fischi e sibili (asma), rantoli (edema polmonare in corso di scompenso cardiaco) presenti all'ascoltazione toracica a riposo o sotto sforzo durante la respirazione;
- Alterazioni patologiche della frequenza e della tipologia del respiro;
- Dispnea da sforzo precedentemente non presente;
- Cianosi;
- Tosse precedentemente non presente, specie se sotto sforzo (segno di broncocostrizione o di scompenso cardiaco);
- malattie infettive in atto o recenti;
- Febbre;
- Bronchiti o broncopolmoniti recenti;
- Embolie polmonari recenti;
- Edema polmonare recente ;
- BPCO scompensate;
- Emottisi;

- TBC polmonare attiva;
- Pneumotorace spontaneo recente;
- Intossicazione da ossido di carbonio recente.

Controindicazioni di origine endocrina

- Gravi alterazioni endocrine non compensate dalla terapia medica (es. ipo ed ipertiroidismo);
- Diabete non compensato.

Controindicazioni di origine neurologica e visiva

- Gravi deficit dell'equilibrio (pericolo di cadute);
- Grave deficit della vista (pericolo di cadute): in questo caso l'attività fisica è consentita con l'aiuto di una persona;
- Sindromi demenziali in fase avanzata in cui il soggetto non è in grado di comprendere ed eseguire gli esercizi;
- Grave deterioramento mentale associato a deficit dell'equilibrio;
- Epilessia non ben controllata dalla terapia farmacologica;
- Gravi instabilità, disturbi dell'equilibrio e ipotensione ortostatica;
- Perdita improvvisa di forza o di coordinazione di un arto;
- Diminuzione improvvisa od offuscamento della vista; emianopsia;
- Diplopia;
- Disturbi del linguaggio (anatria, disartria, afasia, disfasia);
- Amnesia;
- Sindrome vertiginosa oggettiva;
- Lipotimia;
- Sincope.

Di seguito un elenco di segni, sintomi e patologie che rappresentano controindicazioni relative all'attività fisica; in questi casi, a salvaguardia della salute del soggetto, nell'ottica di prevenire pericolose complicazioni, è comunque raccomandato l'ottenimento di certificazione del medico di base o del medico specialista :

1. Alterazioni ECG a riposo;
2. Aneurisma aortico senza indicazioni chirurgiche;
3. Blocco di Branca Sinistro (necessario consenso medico);
4. Extrasistolia frequente;
5. Pre-eccitazione ventricolare;
6. Fibrillazione atriale con frequenza ventricolare a riposo >100 BPM.

Nelle prime 5 situazioni determinanti sono gli accertamenti eseguiti (visite e indagini strumentali) con le relative diagnosi, le indicazioni e le controindicazioni poste dai sanitari.

7. Stress psicologico importante;
8. Ambienti troppo caldi: l'esercizio fisico attraverso una serie di adattamenti circolatori competitivi tra ipotensione ortostatica ed esigenze termoregatorie modifica l'omeostasi determinando vasodilatazione ed ipotensione fino alla sincope; il colpo di calore è invece la conseguenza di una discrepanza tra esigenze circolatorie e termoregatorie che si possono riassumere nel modo seguente (Hales, 1987):

- Aumento della temperatura corporea;
- Aumento del flusso di sudore con disidratazione, traslocazione dei fluidi nella massa muscolare, aumento del flusso ematico e del volume sanguigno nel sistema tegumentario con riduzione della pressione venosa centrale (PVC) e caduta del volume plasmatico;
- Riduzione del flusso sanguigno cutaneo conseguente alla riduzione della PVC, con riduzione della sudorazione (per la ridotta volemia e per l'aumento dell'osmolarità del plasma) e ulteriore aumento della temperatura corporea centrale;
- Incremento del flusso sanguigno muscolare con ulteriore riduzione della PVC a causa dell'aumento della temperatura centrale e della riduzione dei substrati energetici;
- Decremento ulteriore della perfusione cutanea e incremento marcato della temperatura centrale secondari all'aumento del flusso sanguigno muscolare e splanchnico (viscerale), con modificazioni eritrocitarie (sferocitosi), coagulazione intravasale, ipossia cerebrale seguita da disturbi neurologici che possono, nei casi più gravi, condurre a morte;

In ambiente caldo la gettata cardiaca aumenta fino a $3\text{l}/\text{min}^{-1}$ conseguentemente all'aumento della FC, con riduzione della gettata sistolica: questo è legato ad un aumento del flusso cutaneo a scapito del volume ematico del distretto splanchnico (fino al 20-25%); oltre una certa FC (160/180 min), nonostante la riduzione della gettata sistolica, non viene più garantita la gettata cardiaca necessaria ad assicurare l'apporto di O_2 ai tessuti, anche per un maggior contenuto di sangue nel distretto venoso degli arti inferiori che contribuisce a ridurre il volume di sangue circolante. Secondo Rowell (1974), in tale condizione, la massima potenza aerobica del soggetto si riduce in misura variabile dal 7 al 27%. La riduzione del flusso ematico a livello viscerale permette un maggior afflusso di sangue a livello muscolare, con riduzione della pressione arteriosa sistemica per esercizi superiori al 50% di VO_2max .

Per esercizi massimali e submassimali l'ipertermia determina un aumento del tono simpatico con tendenza a contrastare l'incremento del flusso muscolare (Rowell, 1983).

9. Ambienti troppo freddi. E' quanto può spesso avvenire durante l'immersione in acqua. Durante lavoro in acqua a 26°C (Cerretelli, 2001), la massima gettata cardiaca, la $VO_2\text{max}$ e la relazione Q/VO_2 (portata/consumo di O_2) non si modificano, mentre la FC si riduce di 20/30 BPM (indipendentemente dal livello metabolico del soggetto) e la gettata sistolica aumenta per compensare l'abbassamento della FC. Con il diminuire della temperatura si riduce l'apporto ematico alle masse muscolari come il $VO_2\text{max}$. Ferretti et al. (1988) hanno osservato come la perdita di calore in acqua fredda (22-32°C) sia inferiore a quella prevista dall'energia prodotta dal metabolismo (come per trasferimento di calore dagli arti al tronco) e come la quantità di calore trasferita all'acqua rimanga costante (come per una proporzionale vasodilatazione cutanea). In acqua, la perdita di calore per evaporazione viene effettuata attraverso la respirazione mentre il passaggio di calore dall'interno del corpo verso l'esterno è regolato sia dal gradiente esistente tra l'interno del corpo e la cute e tra quello esistente tra cute e ambiente. La conduzione del calore attraverso i tessuti e la perfusione dei tessuti rappresentano un momento fondamentale in questo meccanismo. Inoltre l'isolamento termico dei tessuti è direttamente proporzionale alla percentuale di grasso corporeo, ma anche alla percentuale della massa muscolare (Veicsteinas et al., 1982). La conduttività dell'acqua risulta 25 volte maggiore rispetto a quella dell'aria e la sua capacità termica è 3700 volte quella dell'aria. Sia l'attività motoria in acqua fredda che all'aria aperta durante i mesi invernali può scatenare crisi asmatiche o crisi coronariche per fenomeni di vasocostrizione riflessa. La acclimatazione del corpo al freddo è controversa. La necessità di ridurre la perdita di calore per conduzione che in genere si verifica nel nuotatore, conduce a vasocostrizione periferica, portando ad una maggior utilizzazione della gettata cardiaca a favore dei tessuti.

Consigli dell'istruttore per la salute gli utenti

Un buon istruttore deve essere in grado, utilizzando le sue conoscenze basate sulle evidenze scientifiche disponibili sull'argomento, di fornire indicazioni e prescrizioni utili per il mantenimento e la promozione della salute. Tra queste abbiamo individuato le principali raccomandazioni:

- Smettere di fumare;
- Ridurre o eliminare il sovrappeso;
- Limitare il consumo di caffè;
- Limitare il consumo di alcool al solo vino rosso (max 300 cl/die) salvo controindicazioni assolute per la presenza di comorbilità;
- Limitare il consumo di sodio (<2.4 gr/die);
- Adeguare l'introito di potassio (3.5 gr/die) con l'alimentazione (banane, albicocche, patate);
- Ridurre al minimo l'assunzione di grassi saturi;
- Iniziare ogni attività con cautela: in soggetti non allenati, all'inizio lo sforzo deve essere di bassa intensità e di breve durata con aumento progressivo e graduale;
- Effettuare sempre adeguati periodi di riscaldamento e di raffreddamento;
- Evitare esercizi contro resistenza di tipo isometrico;
- Evitare esercizi faticosi o sforzi eccessivi occasionali (es. spingere l'auto in panne, tirare a riva la barca, spalare la neve);
- Evitare le competizioni;
- Evitare l'attività fisica dopo mangiato e dopo aver assunto ipotensivi e vasodilatatori;
- Eseguire periodici esami del sangue (elettroliti, emocromo, creatininemia, urea, protidogramma, TSH, glicemia), almeno una volta all'anno, più volte in caso di anormalità o di terapie farmacologiche, a seconda dei casi.

Prevenzione dell'ipertermia

Le procedure consigliate per la prevenzione dell'ipertermia, particolarmente temibile negli anziani più fragili, comprendono:

- il raffreddamento preventivo del corpo
- l'acclimatazione
- l'allenamento.

Il **raffreddamento preventivo del corpo**, sconsigliabile nei soggetti anziani, consiste nel ridurre la temperatura corporea centrale di 0,2°C e della temperatura media cutanea di 4°C (di solito per esposizione del corpo in acqua); questo comporta un aumento del tempo di esaurimento muscolare del 12% con ritardo nell'inizio della sudorazione e del flusso ematico (Olschewsky e Bruck, 1988).

L'**acclimatazione** al calore, che risulta essere indipendente dal sesso e dall'età (Avellini et al., 1980; Pandolf et al., 1988), può essere raggiunta effettuando esercizi di intensità moderata in un ambiente caldo (25-50%

VO₂max per 2-4 ore al giorno per una settimana). Tale procedura porta ad un miglioramento dei meccanismi della dissipazione del calore con diminuzione della temperatura centrale fino ad 1.5°C e di quella cutanea legata ad un ridotto immagazzinamento del calore; aumento del tasso di sudorazione; abbassamento della soglia di vasodilatazione e di sudorazione (Lind e Bass, 1963); modificazione della distribuzione della sudorazione corporea che aumenta a carico degli arti; aumento della gettata cardiaca; espansione del volume plasmatico, legato in parte al trasferimento di proteine all'interno del torrente circolatorio e a ritenzione sodica (Senay et al., 1976).

L'allenamento migliora anch'esso la tolleranza al calore con meccanismi analoghi a quelli dell'acclimatazione come l'espansione del volume plasmatico (Convertino et al., 1991) e attraverso meccanismi che accentuano la sensibilità dei meccanismi fisiologici della sudorazione. La possibilità di un'acclimatazione del corpo al freddo è ancora controversa.

Attività fisica ed altitudine

Come è noto, la composizione dell'aria non varia con l'altitudine, mentre la pressione atmosferica si riduce con una funzione esponenziale, in modo tale da ridurre la PO₂ alveolare; la stimolazione ipossica dei chemorecettori determina un aumento della ventilazione. La pressione barometrica è influenzata anche dalla temperatura, dalla densità dell'aria, dall'umidità (che si riducono con l'aumento di quota). Oltre i 4000m sopra il livello del mare (s.l.m.) la capacità vitale si riduce, la PO₂ alveolare decresce meno rapidamente e si riduce lievemente la PCO₂ in seguito all'iperventilazione con conseguente alcalosi respiratoria. La secchezza dell'aria, assieme all'iperventilazione ipossica, possono favorire la disidratazione. E' sconsigliabile eseguire attività fisica non lieve oltre i 2000m s.l.m.. I soggetti con patologie a carico dell'apparato respiratorio (asma, broncopatie croniche ostruttive), specialmente se in terapia con farmaci broncodilatatori che possono indurre aumento della frequenza cardiaca (legata alla stimolazione diretta dei recettori β_1 cardiaci ed alla vasodilatazione legata all'azione β_2 mimetica), aritmie, ipertensione e favorire crisi anginose.

Farmaci e Attività Fisica

I **diuretici** sono tra i farmaci più usati nel trattamento dell'ipertensione. Possono avere molti effetti collaterali tra cui il più importante, ai fini

dell'attività fisica è rappresentato dall'ipotensione indotta dall'ipovolemia, dalla ridotta responsività vasale e dall'azione vasodilatatrice diretta. Questi effetti sono potenziati durante la stagione estiva o negli ambienti eccessivamente caldi. In particolare i **diuretici tiazidici** contrastano la riduzione dei livelli glicemici indotta dall'esercizio, attraverso l'aumento della glicogenolisi, una ridotta utilizzazione periferica del glucosio ed un aumento del glucagone. In considerazione di ciò si deve fare attenzione ai soggetti diabetici, specie se in trattamento insulinico.

I farmaci che contengono **reserpina** (usata in associazione nel trattamento dell'ipertensione) possono causare sonnolenza ed aggravare sindromi extrapiramidali, facilitando le cadute durante l'attività fisica. Inoltre, specialmente in ambienti caldi favoriscono l'ipotensione ortostatica e la sincope. Questo rende necessario evitare esercizi che prevedano bruschi e frequenti cambiamenti di postura.

I farmaci **calcio-antagonisti**, impiegati nella malattia ipertensiva e nelle cardiopatie, possono portare ad un aumento della frequenza cardiaca ed a cefalea (azione simpatica riflessa), limitando l'attività fisica; alcuni di essi producono, in una consistente percentuale dei casi, importanti edemi degli arti inferiori che possono indurre a diagnosi differenziali con patologie che controindicano in maniera assoluta l'esercizio fisico (scompenso cardiaco, trombosi venosa profonda), e che, in ogni caso, devono essere escluse.

I **beta-bloccanti** (impiegati nella cardiopatia ischemica, nello scompenso cardiaco e nell'ipertensione) possono produrre bradicardia, astenia (riduzione della risposta catecolaminica allo stress), vasocostrizione periferica, aumento della glicemia, broncocostrizione: tutte situazioni in grado di interferire con l'attività fisica.

I **nitroderivati** (impiegati nella cardiopatia ischemica), oltre alla cefalea, sono in grado di favorire l'ipotensione ortostatica spesso accompagnata a bradicardia, più frequentemente nell'anziano.

Le **statine**, impiegate nelle dislipidemie, possono dar luogo, specie se usate a dosaggi elevati ed in soggetti predisposti, a fenomeni rabdomiolitici, specie nei soggetti anziani, già predisposti alla sarcopenia, con effetti diretti sulle prestazioni fisiche, rappresentando una controindicazione assoluta all'esercizio. In caso di dolori muscolari sospetti durante l'attività motoria, è bene consigliare l'esecuzione di indagini ematologiche (dosaggio degli enzimi) atte ad escludere una sofferenza muscolare.

Tra i farmaci **broncodilatatori**, usati nelle sindromi asmatiche e nelle broncopatie croniche ostruttive, alcuni (derivati xantini) provocano aumento della frequenza cardiaca, ipotensione ed iperglicemia, altri

tachicardia ed ipotensione (simpaticomimetici). Nei soggetti con terapie di questo tipo, prima di impostare un programma di attività fisica, è consigliabile eseguire sempre una valutazione preliminare della funzionalità respiratoria (spirometria; saturazione di O₂ sotto sforzo) e cardiologica (compreso un ECD cardiaco per valutare le sezioni cardiache destre e le pressioni polmonari).

Alcuni **sedativi della tosse**, specie se assunti a dosi elevate, possono produrre incoordinazione motoria, sonnolenza, tremori, disturbi visivi e vertigini, episodi sincopali, depressione respiratoria, per cui è controindicata l'attività fisica, specie se intensa, durante l'assunzione di tali preparati. Anche l'uso di **anti-istaminici** controindica l'attività fisica intensa; essi producono infatti sonnolenza, astenia, riduzione dei riflessi, più raramente sindromi vertiginose (in minor misura gli anti-istaminici di ultima generazione). Gli **ipoglicemizzanti orali** favoriscono le aritmie e specie nei soggetti più anziani interferiscono con l'assorbimento dell'acido folico e della vitamina B₁₂, con possibile anemia macrocitica e ridotta tolleranza all'esercizio oltre a favorire l'acidosi lattica (inibizione della respirazione mitocondriale). L'impiego di **psicofarmaci** richiede una attenta valutazione dei soggetti, essendo gli effetti collaterali assai vari e di importanza quantitativamente variabile. Ai fini di un programma di attività fisica è bene ricordare il possibile rallentamento delle capacità psicomotorie, la riduzione dei riflessi, la riduzione dell'equilibrio, la comparsa di effetti extrapiramidali (tremore, rigidità, bradicinesia). Questi, specie nei soggetti più anziani, sono in grado di facilitare le cadute, producendo anche atassia ed episodi sincopali. Gli antidepressivi sono spesso causa di tachicardia, ipotensione posturale, movimenti involontari (lingua, faccia, arti), ipertensione.

Meritano particolare attenzione i soggetti in **terapia cortisonica**, nei quali la riduzione del bilancio azotato per aumento del catabolismo proteico, si traduce in una riduzione delle masse muscolari (fino alla miopatia cortisonica), nella comparsa di osteoporosi (facilitata anche dalla riduzione dell'assorbimento del calcio e dalla sua aumentata eliminazione) ed estrema fragilità cutanea (assottigliamento, comparsa di petecchie ed ecchimosi); gli squilibri elettrolitici sono più frequenti (riduzione della potassiemia, ritenzione di sodio ed acqua) rendendo più facile la comparsa di aritmie, specie dopo sforzo. Anche la terapia cortisonica usata nelle infiltrazioni articolari, facilita le lesioni a tale livello, per distruzione della cartilagine e degenerazione tendinea.

Bibliografia

1. Avellini B.A., Kamon E., Krajeny J.T. Physiological responses of physically fit men and women to acclimatation to humid heat. *J Appl. Physiol.* 1980, 49:254-261.
2. Convertino VA. Neuromuscular aspects in development of exercise countermeasures. *Physiologist.* 1991 Feb;34(1 Suppl):S125-8.
3. Ferretti G, Veicsteinas A, Rennie DW. Regional heat flows of resting and exercising men immersed in cool water. *J Appl Physiol.* 1988 Mar;64(3):1239-48
4. nn Hales JRS Proposed mechanism underlying heat stroke. In "Heat stress: physical exertion and environment" ed Hales and Richards, *Excerpta Medica*, Amsterdam, 1987; pp 85-102.
5. Lind A.R., Bass D.E. The optimal exposure time for the development of acclimatization to heat. *Fed. Proc.* 1963 22:704-708.
6. Olschewsky H., Bruck K. Thermoregulatory, cardiovascular and muscular factors related to exercise after precooling. *J Appl. Physiol.* 1988; 64:803-811.
7. Pandolf K.B., Cadarette B.S., Sawka M.N. thermoregulatory responses of middle aged and young men during dry-heat acclimatation. *J Appl. Physiol.* 1988; 65:65-71.
8. Rowell L.B. Human Cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiol. Rev.* 1974; 54: 75-159,.
9. Rowell L.B. Cardiovascular adjustments to thermal stress. In "Handbook of Physiology. The cardiovascular system". Shepard and Abboud ed. Bethesda MD Sez. 2, 3:967-1023, 1983.
10. Senay L.C., Mitchell D., Wyndham. Acclimatation in a hot, humid environment: body fluid adjustments. *J.Appl. Physiol.* 40:786-796, 1976.
11. Veicsteinas A., Rennie D.W. Thermal insulation and shivering threshold in Greek sponge divers. *J.Appl. Physiol. Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 1982 ; 52 :845-850.

Capitolo III

L'energia per l'esercizio fisico

Claudio Macchi

Generalità

Nelle attività fisiche di elevata/moderata intensità viene utilizzato inizialmente il glicogeno, attraverso la glicolisi anaerobia, con formazione di acido lattico. In quelle a bassa intensità intervengono esclusivamente meccanismi aerobici per ossidazione dell'idrogeno. In queste condizioni l'acido lattico eventualmente prodotto, viene rapidamente ossidato, al contrario di quanto può avvenire quando il consumo di ossigeno diviene elevato, anche per un progressivo reclutamento di fibre muscolari di tipo rapido (Cerretelli, 2001).

In attività fisiche di tipo moderato (Hass et al, 2001) il consumo di O₂ dopo alcuni minuti si stabilizza e in questa fase non c'è differenza tra soggetti allenati e non allenati (naturalmente sono diverse le potenze espresse); la differenza consta nella diversa velocità con cui viene raggiunto questo stato, superiore nei soggetti allenati.

Attività fisiche di elevata potenza e di breve durata richiedono liberazione di energia in tempi molto brevi, cosa che può essere ottenuta solamente attraverso l'utilizzo di ATP e di CP presenti a livello muscolare. L'allenamento di tipo aerobico induce modificazioni cellulari che aumentano la produzione e la rimozione di acido lattico; produce un aumento della densità capillare, del numero e della dimensione dei mitocondri e della concentrazione enzimatica; inoltre porta ad un risparmio di glicogeno, attivandosi raramente la glicolisi anaerobia.

L'energia necessaria al corpo umano per svolgere le sue funzioni è fornita dagli alimenti. I prodotti finali della digestione sono prevalentemente rappresentati da aminoacidi, glucosio, derivati dei lipidi, fruttosio e galattosio, assorbiti e metabolizzati attraverso varie vie. L'energia che si produce attraverso il catabolismo delle sostanze non viene usata direttamente dalle cellule, ma impiegata per formare composti fosfatici ricchi di energia tra i quali il più importante è rappresentato dall'adenosintrifosfato (ATP); altri composti ricchi di energia sono la fosfocreatina muscolare e i derivati fosfatici di basi puriniche e

pirimidiniche diverse dall'adenina: il guanosintrifosfato (GTP), il citidintrifosfato (CTP), l'uridintrifosfato (UTP), l'inosintrifosfato (ITP). L'adenosintrifosfatasi (ATPasi) è l'enzima che determina la trasformazione di ATP + acqua (idrolisi) in adenosindifosfato (ADP), reazione che libera 7,3 Kcal per ogni mole di ATP scissa, fornendo quindi l'energia necessaria per ogni tipo di lavoro biologico. In alcuni casi l'ATP può cedere 2 gruppi fosforici contemporaneamente, divenendo adenosinmonofosfato (AMP). La scissione di ATP può avvenire sia in presenza che in assenza di ossigeno. L'ATP è una molecola pesante e non si può accumulare nelle cellule; in un organismo di 70 chili la sua quantità totale è di circa 100 gr; per questo motivo si forma continuamente in proporzione alla sua utilizzazione. La maggior parte dell'energia necessaria per la resintesi di ATP deriva dalla scissione di carboidrati e lipidi, mentre una quota minore dal creatinfosfato (CP), in assenza di ossigeno. Il CP rappresenta una importantissima riserva energetica quando viene richiesto un brusco aumento di energia (ad esempio all'inizio del movimento); la creatinchinasi (CK) è l'enzima che catalizza la liberazione del gruppo fosforico come l'ATPasi per l'ATP, consentendo anche, in presenza di sufficiente energia, la fosforilazione dell'ADP che si ritrasforma in ATP. Le vie cataboliche ossidative concorrono a fornire l'energia per la produzione di ATP. Nei mitocondri avviene il trasferimento di elettroni dagli atomi di idrogeno rimossi da carboidrati, proteine e lipidi, i quali vengono trasferiti all'ossigeno, che accettando idrogeno forma acqua; nel passare attraverso la catena trasportatrice, gli elettroni perdono progressivamente energia, che viene utilizzata per pompare protoni da un lato all'altro della membrana, producendo un gradiente elettrochimico tra l'esterno e l'interno di quest'ultima, portando alla ritrasformazione dell'ADP in ATP. Gli accettori di elettroni sono rappresentati dalla nicotinamideadenindinucleotide (NAD) e dal flavinadenindinucleotide (FAD). Questi si trasformano in NADH e FADH₂ per l'acquisizione di idrogeni e cedono successivamente elettroni al coenzima Q (ubichinone) e ad una serie di trasportatori di natura proteica contenenti ferro detti citocromi che a loro volta li cedono all'accettore finale, l'ossigeno. Il processo è completato quando due protoni (H⁺) si uniscono ad una molecola di ossigeno per formare una molecola di acqua (l'intero processo prende il nome di catena respiratoria). Il trasferimento di elettroni da NADH e FADH₂ all'ossigeno e la sintesi di ATP prendono il nome di fosforilazione ossidativa. Una mole di NADH libera 52 Kcal e produce 3 moli di ATP corrispondenti a 21 Kcal (il 60% dell'energia viene perso come calore). Le reazioni che comprendono la catena respiratoria e la fosforilazione ossidativa prendono il nome di **metabolismo aerobico** poiché, anche se l'ossigeno non

partecipa direttamente alla sintesi dell'ATP, la sua presenza è indispensabile come accettore finale di elettroni provenienti dalla catena respiratoria (McArdle, 2009).

Energia fornita dai carboidrati

I carboidrati sono i soli a fornire energia per la sintesi di ATP in assenza di ossigeno. Il glucosio è il principale glucide metabolico proveniente dalla alimentazione: amido, glicogeno, saccarosio. Durante l'attività fisica di intensità lieve-moderata fornisce il 50% dell'energia. Il catabolismo del glucosio (glicolisi) può essere anaerobio (via di Embden-Meyerhof) od aerobio (ciclo degli acidi tricarbossilici o ciclo di Krebs). Le due vie sono integrate tra loro.

La **glicolisi anaerobia** si realizza nel citoplasma indifferenziato: da una molecola di glucosio, attraverso 10 reazioni enzimatiche si giunge alla formazione di 2 molecole di acido piruvico (con possibile formazione e accumulo di acido lattico quando la rapidità di ossidazione del NADH che forma NAD -6^a reazione- non è proporzionata alla velocità delle altre reazioni glicolitiche) e 2 molecole di ATP.

Il ruolo di questa via e del probabile accumulo di acido lattico in condizioni di sforzo eccessivo sono molto discussi anche se c'è la tendenza a considerarla come una riserva di emergenza. La glicolisi anaerobia libera solamente il 5% dell'energia contenuta in una molecola di glucosio.

La **glicolisi aerobia** avviene nei mitocondri e non accetta l'acido piruvico proveniente dalla glicolisi anaerobia che deve essere trasformato dal coenzima A in acetil-coenzimaA. Questo rappresenta un importante crocevia, poiché vi confluiscono anche la demolizione di grassi e di proteine. Nella glicolisi aerobia 2 molecole di acido piruvico portano alla formazione di 30 molecole di ATP cui ne vanno sommate altre 4 per la riossidazione di 2 molecole di NADH₂ a NAD. Se a queste si sommano le 2 provenienti dalla glicolisi anaerobia abbiamo un totale di 36 molecole di ATP (qualora il glucosio derivi dal glicogeno si risparmia la prima reazione della glicolisi anaerobia con il guadagno di una ulteriore molecola di ATP).

Energia fornita dai lipidi

I lipidi costituiscono la maggior riserva energetica dell'organismo e nel corso del lavoro muscolare possono coprire fino al 70-80% del fabbisogno. Sono costituiti da trigliceridi circolanti o contenuti nelle

cellule muscolari e dagli acidi grassi liberi derivanti dai trigliceridi del tessuto adiposo. La lipasi è l'enzima che ne determina il catabolismo (trigliceride + $3\text{H}_2\text{O}$ + lipasi = glicerolo + 3 acidi grassi).

I trigliceridi, una volta usciti dalle cellule adipose, si legano alle proteine plasmatiche come acidi grassi liberi (free fatty acids o FFA) alla stregua dei trigliceridi circolanti. Soprattutto durante l'attività fisica alcune sostanze come adrenalina, noradrenalina, glucagone e ormone dell'accrescimento, attivano la lipasi, favorendo l'idrolisi dei grassi e la loro mobilizzazione dai depositi. L'attivazione della lipasi è catalizzata dall'adenosin 3',5' monofosfato ciclico (AMP ciclico). Il glicerolo entra nella glicolisi anaerobia formando piruvato che a sua volta finisce nella glicolisi aerobia generando in totale 19 molecole di ATP.

Il catabolismo degli acidi grassi avviene nei mitocondri per beta ossidazione: si producono NADH, FADH_2 e Acetil-CoA che entra nel ciclo di Krebs; inoltre si assiste all'ossidazione di H^+ nella catena respiratoria con il risultato che per un acido grasso a 18 atomi di carbonio vengono prodotte 146 molecole di ATP, 438 per ogni trigliceride, alle quali vanno aggiunte le 19 provenienti dal catabolismo del glicerolo, per un totale di 457 molecole (Garret e Kirkendall, 2000).

Energia fornite dalle proteine

In alcune situazioni (attività fisica elevata specie se ripetuta e costante), nel fegato ed a livello muscolare, gli aminoacidi vengono deaminati (privati del gruppo aminico) o transaminati (il gruppo aminico viene trasferito ad altri composti) e, privi del gruppo aminico, entrano nel ciclo di Krebs per formare ATP.

In altri casi possono dare prodotti intermedi della sintesi del glucosio trasformandosi anche in acido piruvico (gluconeogenesi).

Attivazioni metaboliche

Abbiamo visto come l'energia necessaria al movimento corporeo proviene dalla trasformazione di energia chimica in energia meccanica a livello del muscolo e che il substrato è costituito da una molecola altamente energetica, l'adenosintrifosfato (ATP), la cui scissione (idrolisi) all'interno del muscolo scheletrico libera energia che viene sfruttata per la contrazione muscolare. Tuttavia la quantità di ATP contenuta nel muscolo è molto limitata, in modo da poter sostenere soltanto poche contrazioni; per questo motivo deve essere costantemente ricostituita proporzionalmente all'utilizzazione dell'ATP.

Il consumo di ATP aumenta con l'esercizio ed il suo ripristino si realizza tramite una resintesi, che può avvenire attraverso tre vie. La prima attinge al metabolismo **aerobico** che fornisce la maggior quota di energia disponibile attraverso l'utilizzo di lipidi e carboidrati provenienti dall'alimentazione e della quota di O₂ continuamente apportata dalla circolazione arteriosa; è una via ad attivazione lenta (qualche minuto), che permette prestazioni anche di lunga durata se l'intensità soggettiva dell'esercizio rimane al di sotto di una certa soglia; quando questa viene superata (soglia anaerobica), le richieste energetiche dell'organismo aumentano e si attiva in modo massivo anche la seconda via metabolica di resintesi dell'ATP, detta **via anaerobica lattacida**, in quanto non necessita di O₂ e porta all'accumulo di acido lattico utilizzando il glicogeno contenuto a livello del muscolo. In realtà i meccanismi anaerobici si attivano più precocemente rispetto a quelli aerobici, ma hanno una riserva energetica limitata, che si esaurisce in un ristretto spazio di tempo. La terza via, più rapida, ma anche più rapidamente esauribile è quella che utilizza la fosfocreatina (PC) contenuta a livello muscolare. Questa trasformazione non necessita di O₂, per questo è detta anaerobica. La via ATP-PC è definita **via anaerobica alattacida**, in quanto non porta all'accumulo di acido lattico (Harvey, 2012).

Quando si inizia un'attività fisica o un esercizio vero e proprio, la via ATP-PC si attiva per prima (Fox e Matthews, 1974), ma si esaurisce rapidamente (pochi secondi). Contemporaneamente per ogni tipo di esercizio si attiva anche la glicolisi anaerobica (Fox et al, 1995), che produce un quantitativo limitato di acido lattico che attraversa il sarcolemma per riversarsi nel circolo sanguigno e venire riossidato a livello di altri tessuti.

Esercizi di alta intensità, con elevate richieste energetiche, ma di bassa durata, utilizzano soltanto le vie anaerobiche. Se l'esercizio invece ha una durata superiore a qualche minuto, si attivano anche i meccanismi aerobici, che diventano la fonte principale di energia pur proseguendo l'attività della via anaerobica lattacida. Continuando l'attività, la quantità di lavoro muscolare (intensità x durata) aumenta in ragione dell'intensità dell'esercizio e della sua durata nel tempo, fino a raggiungere una data soglia, che dipende direttamente dalla VO₂ max del singolo individuo, in cui l'energia prodotta dalla glicolisi aerobica non è più sufficiente e il glicogeno muscolare diventa il substrato principale tramite la glicolisi anaerobica. In questa situazione l'acido lattico viene prodotto in quantità superiore alla capacità dell'organismo di smaltirlo e quindi aumenta la sua concentrazione ematica accumulandosi a livello muscolare, acidificando l'ambiente e rallentando i processi glicolitici fino ad arrestarli (meccanismo della fatica muscolare).

Sulla base della intensità e della durata del gesto, gli esercizi e le attività sportive possono quindi essere classificate in relazione al metabolismo energetico prevalentemente coinvolto (Astrand e Rodhal, 1977; ACSM, 1991, Mitchell et al., 1994).

Si considerano quindi i seguenti gruppi di attività, sempre tenendo in considerazione il fatto che molti di essi iniziano con un tipo di attivazione metabolica che poi si modifica con il progredire dell'esercizio identificandosi in un contesto metabolico diverso da quello da cui erano partite:

- 1) **Attività prevalentemente anaboliche lattacide**, in cui il gesto dura da poche frazioni di secondo a pochi secondi. Sono le attività di potenza esplosiva, in cui rientrano **sollevamento pesi, salti, lanci, tuffi**;
- 2) **Attività prevalentemente anaerobiche lattacide**, in cui il gesto dura da pochi secondi fino a circa 5 minuti. Sono **attività di velocità nella corsa, nel ciclismo, nel nuoto** etc. Tra queste si possono considerare prevalentemente anaboliche "pure" quelle di durata tra i 20 e i 45 secondi, mentre molti Autori (Dal Monte, 1980; Mitchell et al., 1994) concordano nel definire le attività di durata tra i 45 secondi e i 5 minuti attività ad impegno aerobico-anaerobico massivo;
- 3) **Attività prevalentemente aerobiche**, in cui la durata è generalmente superiore a 5 minuti e l'intensità è sottomassimale. Sono le cosiddette attività di resistenza, come la **maratona**, il **mezzofondo**, lo **sci di fondo**, la **danza aerobica**, ma anche attività a intensità minore, come il **cammino**, il **nuoto**, la **bicicletta a velocità ridotta o moderata**. Rientrano in queste attività anche quelle denominate **cardiofitness**, incluse quelle che fanno uso di appositi macchinari come il tapis roulant, la cyclette etc.

Si considerano inoltre:

- 4) **Attività a impegno aerobico-anaerobico alternato**, in cui rientrano gli sport di squadra e di combattimento: sono attività miste, così come gli allenamenti di tipo intermittente;
- 5) **Attività di destrezza**, che possono essere caratterizzate da un impegno muscolare più o meno rilevante (pattinaggio artistico, equitazione, pilotaggio, tiro a segno etc.).

Una classificazione più specifica delle attività sportive deve anche considerare altri due parametri (Dal Monte, 1980), rappresentati da:

- 1) **percentuale delle masse muscolari corporee coinvolta**. Ad esempio, nell'esercizio aerobico, maggiore è la massa muscolare coinvolta, maggiori saranno sia il consumo energetico, sia la risposta adattiva di sviluppo di VO_2 max (movimenti con i soli arti superiori; movimenti

- con i soli arti inferiori; movimenti che coinvolgono sia gli arti superiori che gli inferiori come ad esempio la danza aerobica);
- 2) **le richieste distrettuali di forza muscolare**, che possono essere elevate, medie o non elevate.

Le attività possono anche essere classificate sulla base della **quantità di consumo energetico** che richiedono.

La stima del consumo energetico richiesto dall'attività fisica, dalle attività di vita quotidiana fino alle attività sportive più impegnative può essere effettuata utilizzando come unità di misura il MET, cioè il consumo di O₂ nell'unità di tempo legato al metabolismo basale, cioè la quantità minima di energia richiesta dall'organismo per il semplice mantenimento delle funzioni vitali.

Il MET si può esprimere in Kcal/ora o in Litri di O₂/minuto. L'equazione che consente di passare da una unità di misura all'altra è la seguente: **1L_{O2}/min=5kcal**. Negli esseri umani il valore di 1 MET corrisponde a 38-40 Kcal x m² di superficie corporea/ora, oppure 1 MET = 3,6 mL_{O2}/kg min. Il valore del metabolismo basale dipende in larga misura dalle dimensioni corporee.

Nella donna e nell'anziano il metabolismo basale è ridotto, mentre è aumentato nell'età evolutiva. Esistono tabelle in cui viene stimato il dispendio energetico in METs di diverse attività fisiche. Generalmente si definisce **leggera** un'attività che comporta un dispendio pari a 1,6-3,9 METs nell'uomo e 1,2-2,7 METs nella donna (in cui il metabolismo basale è generalmente inferiore a quello dell'uomo di circa il 10%). Aumentando i METs si passa ad attività classificate come moderate, pesanti, molto pesanti, fino ad attività **pesantissime**, il cui dispendio energetico è pari a 10 METs nell'uomo e a 7,6 METs nella donna (Mc Ardle, 2008).

Consumo massimo di O₂ o massima potenza aerobica (VO₂ max)

La VO₂ max rappresenta la massima quantità di energia che può essere fornita nell'unità di tempo; in altre parole il consumo di O₂ non aumenta più in base all'aumento delle richieste.

- La massima potenza aerobica è dipendente dai seguenti fattori:
- polmonari: ventilazione e capacità di diffusione dei gas;
 - cardiovascolari: volume ematico, gettata cardiaca e circolazione periferica;
 - ematici: trasporto dell'O₂, concentrazione dell'emoglobina;
 - metabolici: metabolismo aerobio;

- tessutali: capacità di diffusione di O₂, CO₂ e di utilizzazione di O₂.

Metodi di misurazione diretti

Si determina la ventilazione polmonare durante prova da sforzo al cicloergometro misurata in **litri O₂ x min⁻¹** oppure in **MET** (1 MET = consumo di O₂ a riposo di 3.5 ml x Kg⁻¹ x min⁻¹).

Metodi di misurazione indiretti

Test della Marcia. *Per calcolare la VO₂max dalla velocità di marcia si può applicare la seguente equazione:*

VO₂max = 6,9652 + (0,02007xM) - (0,0257xEtà) + (0,5955xSesso) - (0,224xT1) - 0,0115xHR1-4) nella quale la VO₂ max è espressa in L x min⁻¹; M corrisponde alla massa in Kg; l'età è espressa in anni; per il sesso si attribuisce 1 ai maschi e 0 alle femmine; T1 equivale al tempo impiegato dal soggetto per percorrere 1,6 km; HR1 è la FC misurata alla fine della prova.

Può essere adoperato anche il **test di Cooper** per adulti che consiste nella determinazione della distanza percorsa in 12 minuti o del tempo impiegato per percorrere 1,5 miglia (2,5 Km). Le metodiche più diffuse sono quelle che si basano sulla misurazione della FC. Nei soggetti anziani può essere utile il **CHFT** (Canadian Home Fitness Test) proposto da Shepard. Questo non richiede uno sforzo eccessivo e consiste in due esercizi sullo scalino di 3 minuti intervallati da 10 secondi di pausa con misurazione della frequenza cardiaca (FC) al termine di ognuno.

Un test molto usato è lo **Step Test** (HST o Harvard Step Test) che consiste nel far salire e scendere uno scalino alto 50 cm al ritmo di 30 volte al minuto per non oltre 5 minuti e comunque fino al limite delle capacità del soggetto; quindi viene registrata la FC tra 60 e 90 secondi dal termine della prova.

Le equazioni che consentono di risalire alla **VO₂max** (espressa in ml x Kg⁻¹ x min⁻¹) **attraverso la FC** (HR) sono :

per i maschi VO₂max = 113,33-0,42 x HR e per le femmine VO₂max = 65,81-0,1847xHr.

Si può anche stabilire un punteggio con una **tecnica rapida** attraverso la seguente formula:

HSTr = durata dell'esercizio (sec)/5.5 x FC tra 60° e 90° sec dopo il termine della prova.

La correlazione con la VO₂max è soddisfacente (r > 80%).

Punteggi uguali o superiori a 80 indicano buone condizioni fisiche; inferiori a 50 cattive condizioni fisiche.

Valutazioni dell'Attività Fisica

Il metodo scientifico che permette di misurare la quantità di energia consumata è rappresentato dalla calorimetria. Questa può essere diretta (misurando direttamente il calore emanato dall'organismo) o indiretta (misurando il consumo di O₂ attraverso l'uso di spirometri); il rapporto tra CO₂ prodotta e O₂ consumato prende il nome di quoziente respiratorio (QR), che fornisce importanti informazioni sul tipo di substrati che l'organismo sta ossidando. Si definisce **metabolismo basale** (MB) il livello minimo di dispendio energetico necessario a mantenere le funzioni vitali. Questo è assai variabile a seconda dell'età e della superficie corporea ed è leggermente più basso nel sesso femminile del 5-10% (per la maggior quantità di tessuto adiposo a parità di peso nelle femmine, metabolicamente meno attivo di quello muscolare).

Il MB può essere più accuratamente calcolato considerando la massa magra dell'organismo. Normalmente il consumo metabolico a riposo comprende il 60-70% del totale contro il 15-30% durante l'attività fisica ed il 10% derivante dall'effetto termogenico degli alimenti.

L'effetto termogenico del cibo è di notevole importanza in quanto è stato calcolato che il MB aumenta circa del 30% a riposo e fino al 60% se viene compiuta attività fisica dopo il pasto. Anche il clima influenza il metabolismo: climi molto caldi e molto freddi aumentano il MB. Normalmente il consumo calorico medio giornaliero è di circa 2500/3000 Kcal per il maschio e 2000/2200 Kcal per la femmina; dopo i 50 anni si riduce progressivamente con l'età.

Il calcolo del consumo energetico attraverso la calorimetria non permette il contemporaneo svolgimento delle usuali attività fisiche. I metodi più usati, specialmente nei pazienti anziani, sono la somministrazione di **questionari** e l'utilizzo di **apparecchi elettronici** che misurano il movimento corporeo o la frequenza cardiaca durante l'attività fisica.

Una forma di questionario molto utilizzato che correla con la calorimetria è quello del diario nel quale il soggetto registra tutte le attività svolte. Il lavoro fisico si può definire attraverso la sua **intensità**: a parità di spesa energetica una certa attività può essere compiuta in meno tempo, quindi con una potenza superiore. L'altro parametro è la **durata**. Normalmente si parla di **lavoro leggero** quando il consumo di O₂ supera di 3 volte quello basale, **lavoro pesante** se lo supera di 6/8 volte, **lavoro massimale** oltre 9 volte. Sono state proposte varie classificazioni dell'attività fisica in cui il costo energetico è abbastanza correlabile con

quello effettivo riscontrabile con metodi di valutazione diretti delle quali, adattabili anche all'età adulta e anziana, facciamo una breve sintesi:

| LEGGERA O LIEVE consumo O ₂ fino a 3 volte quello del MB; Kcal/h 200-250; MET 3-4 | MODERATA consumo O ₂ fino a 6 volte quello del MB; Kcal/h 300- 350; MET 5-6 | PESANTE O INTENSA consumo di O ₂ oltre 8 volte quello del MB; Kcal/h 400- 500; MET 7-8 |
|--|---|---|
| Cammino lento (3 Km/ora) | Cammino veloce (5-6 Km/ora) | Cammino/Corsa (8-9 km/ora) |
| Bicicletta (7-8 Km/ora) | Bicicletta (10 - 12 Km/ora) | Bicicletta (15-20 Km/ora) |
| Lavori domestici ordinari | Pulire vetri e pavimenti a fondo | Spostare mobili |
| Potatura siepi con cesoie | Potatura siepi con macchine | Sollevare / Spostare grossi pesi |
| Esercizi aerobici da seduti | Ginnastica ritmica | Nuoto |
| Stretching | Sollevare/trasporta- re piccoli pesi | Tennis |
| Pesca con la canna | Ping-Pong | Canottaggio |
| Golf | Nuoto (galleggiare, spostamenti) | Scavare, zappare |
| Tiro con l'arco | Remare lentamente | Camminare in salita |

Nel paziente anziano, grado ed entità dello sforzo, a parità di attività, sono diversi: ad esempio il medesimo sforzo che comporta in un cinquantenne un consumo di 180Kcal/h (3 MET) in un ultraottantenne può equivalere all'impiego di 420 Kcal/h (7 MET). Per la definizione della intensità dell'attività fisica sono molto usate scale di autovalutazione, la più diffusa delle quali è la **Scala di Borg** (CR10Scale), che misura l'intensità dello sforzo percepito dal soggetto, usata anche per la dispnea:

| PUNTEGGIO | PERCEZIONE DELLO SFORZO |
|------------------|--------------------------------|
| 0 | Nulla |
| 0,5 | Molto Molto Lieve |
| 1 | Molto Lieve |
| 2 | Lieve |
| 3 | Discreto |
| 4 | Piuttosto Intenso |
| 5 | Intenso |
| 6 | |
| 7 | Molto Intenso |
| 8 | |
| 9 | Quasi insopportabile |
| 10 | Insopportabile |

Bibliografia

1. ACSM: Guidelines for Exercise testing and Prescription, 4th Ed.. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991.
2. Astrand PO, Rodhal K. Textbook of Work physiology, 3rd Ed. New York: McGraw Hill, 1986.
3. Borg GA: Psychological basis of physical exertion. Med Sci Sports Exerc 1982;14:377-381.
4. Cerretelli P. Fisiologia dell'Esercizio, 182, SEU, Roma, 2001.
5. Dal Monte A. Physiological classification of sports activities and cardiovascular function. In : Venerando A, Lubich T. (eds.). Sports Cardiology. Bologna: Aulo Gaggi, 1980.
6. Fox EL, Mathews D. Interval training: Conditioning for sports and general fitness. Philadelphia: W.B. Saunders, 1974.
7. Fox EL, Bowers RW, Foss ML. Allenare, allenarsi. Roma: Il Pensiero Scientifico Editore, 1995.
8. Garret DE, Kirkendall D. Exercise and sport science. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2000.
9. Harvey R.A. Physiology. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2012
10. Hass CJ, Feigenbaum MS, Franklin BA. Prescription of resistance training for healthy populations. Sports Med 2001;31(14):953-64.
11. McArdle William D., Frank L. Katch, Victor L. Katch. Fisiologia applicata allo sport, - Katch Casa Editrice Ambrosiana, Roma 2008.
12. Mitchell JH, Haskell W, Raven PB. Classification of sports (26° Bethesda Conference Report). JACC 1994;24:864-870.

Capitolo IV

Funzione muscolare, movimento, cenni di biomeccanica

Claudio Macchi

Il movimento nell'apparato locomotore è legato all'attività muscolare, che è in grado di produrre forza, lavoro meccanico e potenza, termini che spesso vengono utilizzati in modo improprio. Per questo motivo, in teoria, qualsiasi movimento può diventare un esercizio, anche se, per valutarne gli effetti, è necessario poterlo analizzare secondo i principi della fisica e della biomeccanica, cui di seguito si fanno alcuni semplici richiami (Pirola, 1998; Wirhed, 1999; Garret e Kirkendall, 2000).

La **forza muscolare** è fondamentale per il mantenimento della postura e per il movimento. La **forza** si può definire come **un'entità che produce una spinta o una trazione su di un corpo**. Quando si realizza un movimento, **la forza è il fattore che determina una accelerazione (ms^{-2}) della massa (kg)**. Secondo la I legge di Newton, la velocità di un corpo varia in valore assoluto e/o in direzione solo quando al corpo viene applicata una forza esterna (**legge d'inerzia**). Secondo la II legge di Newton, quando su di un corpo agisce una forza, la variazione della velocità ($a = \text{accelerazione} = \text{metri sec}^{-2}$) del corpo dipende dalla sua massa (m) e dall'entità della forza applicata:

$$F = ma$$

L'unità di misura della forza è il **Newton**: $N = \text{kg ms}^{-2}$

Newton infatti ha misurato l'accelerazione **g** prodotta dalla **forza di gravità**, cioè dalla forza di attrazione che un corpo subisce verso il centro della terra, che è costante: **$g = 9,81 \text{ msec}^{-2}$** . La massa di un oggetto sottoposto alla forza di gravità è uguale al suo peso diviso per l'accelerazione di gravità $m = p/g$. 1 Newton corrisponde alla forza esercitata dalla terra su un oggetto con massa pari a 1kg. Questi concetti verranno ripresi in relazione allo studio delle forze esterne che determinano il movimento umano.

Nel caso della forza muscolare, la sua entità dipende dalla massa muscolare (in realtà dal numero di filamenti contrattili) e dalla variazione di velocità di contrazione muscolare.

Il concetto di forza muscolare introduce altri concetti fondamentali per la comprensione della fisiologia dell'esercizio: il **lavoro** e la **potenza** muscolare e il **momento di forza** o **torque**. Infatti la capacità di sviluppare potenza e di produrre lavoro sono alla base della performance motoria. Questi termini sono spesso utilizzati in modo non specifico per descrivere l'attività fisica ed in particolare quella atletica, mentre è necessario usare definizioni scientifiche, le loro reciproche relazioni e la loro applicazione nella scienza dell'esercizio e nella medicina dello sport. L'applicazione di una forza su di un oggetto non necessariamente ne produce uno spostamento. Solo quando ciò avviene la forza produce un **lavoro**. Il **lavoro (W=work) esprime il prodotto tra la forza applicata e lo spostamento (s) conseguente:**

$$W=Fs$$

L'unità di misura del lavoro è il **Joule** ($J=Nm$).

Il lavoro può essere eseguito a diverse velocità; la velocità a cui un determinato lavoro viene svolto è espressa dal concetto di **potenza**.

La **potenza (P) esprime la velocità con cui si compie un determinato lavoro meccanico**, cioè il lavoro svolto nell'unità di tempo:

$$P=W/t$$

L'unità di misura della potenza è il **Watt** ($W=Nmsec^{-1}$) che può essere descritto come il prodotto della forza applicata (N) per la velocità dello spostamento ($msec^{-1}$).

La **potenza muscolare** si genera ogni volta che dalla contrazione muscolare si produce un movimento.

La potenza di un muscolo isolato si può far derivare dalla curva forza/velocità essendo espressa dal prodotto della forza muscolare e della velocità a cui si verifica la contrazione.

Se riscriviamo la definizione di forza secondo la legge di Newton ($F=ma$), è possibile mantenere la validità dell'equazione moltiplicando entrambi i termini per la variabile tempo(t): $Ft=mat$, tuttavia l'accelerazione (**a**) è uguale a **velocità/t**, quindi:

$$Ft = mv$$

La prima parte dell'equazione viene definita **impulso**, la seconda **momento**. Se un corpo subisce una forza **F** per un tempo **t**, possiamo affermare che questo ha ricevuto un impulso: il concetto di impulso viene utilizzato per descrivere come un corpo sia influenzato da una forza e può corrispondere alla spinta che lo stesso riceve durante un esercizio o un gesto atletico. Un impulso genera un momento dipendente dalla massa e dalla velocità del corpo; ogni momento può generare un impulso: il concetto momento viene spesso impiegato per descrivere cosa accade quando avviene un impatto tra due corpi.

Se valutiamo il comportamento fisico, prendendo come **sistema di riferimento il corpo umano** e non il muscolo isolato, le considerazioni diventano più complesse. Le forze interne al sistema sono quelle attive generate dall'attività muscolare per mantenere l'equilibrio dinamico e per compiere determinati movimenti e quelle passive generate dalla distensione elastica di muscoli, tendini e legamenti. La potenza di un muscolo o di un gruppo muscolare nel vivente può essere generalmente determinata solo in maniera indiretta. Infatti il movimento umano combina spostamenti lineari ed angolari dei segmenti corporei attraverso un meccanismo di **leva**.

La leva è costituita da un segmento rigido, un fulcro e da una coppia di forze, la forza motrice P e la resistenza R.

Nel corpo umano il segmento rigido è rappresentato da un segmento corporeo, il fulcro è rappresentato dall'articolazione che permette la rotazione del segmento rigido; la forza motrice è un vettore che rappresenta la linea di azione di un muscolo inserito sul segmento rigido. La resistenza è rappresentata da un vettore di segno opposto in relazione con il peso del segmento, eventualmente connesso ad altre resistenze, con un punto di applicazione a livello del **centro di gravità (CdG)** del segmento. Il CdG o baricentro è il punto di un corpo su cui agisce la risultante delle forze di gravità che rappresenta il peso dell'intero corpo esaminato. Il CdG di un corpo umano in stazione eretta si trova all'altezza di L3-S1, anteriormente rispetto al rachide. Per questo, per impedire al corpo di cadere in avanti, i muscoli cosiddetti antigravitari esercitano un'attività costante (tonica) durante la stazione eretta. Ogni segmento corporeo ha un suo proprio CdG, e ogni spostamento dei segmenti corporei tende a spostare il CdG dell'intero corpo e a modificare le condizioni di **equilibrio**.

Tornando al concetto di leva, la distanza dal fulcro del punto di applicazione della forza è detto braccio: il prodotto del braccio per il modulo della forza applicata dà il momento di quella forza; in altre parole, applicando una forza su un corpo ad una determinata distanza (d) da un punto fisso detto fulcro, si ottiene un movimento angolare del corpo, imperniato sul fulcro stesso: il **Momento di forza - torque (M)** si calcola moltiplicando la forza (**F**) per la distanza **d** tra il punto di applicazione di F ed il fulcro:

$$M = Fd$$

Le leve si definiscono in relazione alla posizione del punto di applicazione della forza motrice e della resistenza rispetto al fulcro in: 1) leve di I tipo, in cui il fulcro è interposto tra P e R; 2) leve di II tipo, in cui R è interposta tra il fulcro e P; 3) leve di III tipo, in cui P si interpone tra il fulcro ed R. La maggior parte delle leve biologiche è di quest'ultimo tipo:

sono svantaggiose dal punto di vista della forza motrice, perché è necessario applicare una grande forza per spostare una piccola resistenza; tuttavia il fatto che la distanza tra R e il fulcro sia maggiore, comporta uno spostamento di entità relativamente grande. In questo senso le leve di III tipo sono da considerarsi assolutamente vantaggiose, in linea con la funzione principale dell'apparato locomotore che è appunto quella del movimento e non quella del sollevamento pesi. Ad esempio, quando un muscolo esprime la sua forza genera un momento M sull'articolazione coinvolta, che costituisce il fulcro del movimento. Quando M generato dal muscolo supera le resistenze al movimento R , i capi muscolari si avvicinano (contrazione **concentrica**); se avviene l'opposto i capi muscolari si allontanano (contrazione **eccentrica**); questi due tipi di contrazione costituiscono rispettivamente la fase positiva e la fase negativa di un esercizio dinamico nel sollevamento di un peso. Se $M = R$ si ha una contrazione **isometrica** in assenza di movimento: la contrazione muscolare genera una forza, ma non uno spostamento, per cui il lavoro meccanico e la potenza sono uguali a zero.

La contrazione muscolare agisce quindi sui movimenti articolari, producendo una rotazione o una cessazione della rotazione di segmenti corporei, determinando lo spostamento lineare di punti collocati lungo il braccio di leva (ad esempio la contrazione del quadricipite influenza lo spostamento lineare del piede nel calcio).

Quando il movimento è monoarticolare, lo spostamento della resistenza disegna un arco di circonferenza.

Lo **spostamento angolare** si quantifica in gradi di rotazione di una leva rispetto a una posizione di riferimento, come ad esempio i movimenti degli arti rispetto al tronco, in cui per una uguale **velocità angolare**, la velocità periferica aumenta con il raggio.

L'**angolo di lavoro del vettore della forza motrice rispetto al segmento rigido** influisce sul movimento articolare (infatti abbiamo definito la forza motrice P come un vettore che rappresenta la linea d'azione di un muscolo inserito sul segmento rigido).

Nel movimento angolare la componente tangenziale della forza corrisponde alla forza motrice poiché P rappresenta la componente del vettore che risulta perpendicolare al segmento rigido. Quindi:

$$P = F \times \text{seno di } \alpha$$

dove α è l'angolo disegnato dall'asse di contrazione muscolare rispetto alla posizione del segmento rigido (il seno di un angolo è la proiezione sull'asse Y della retta generata dall'intersezione del segmento con il cerchio unitario: il seno di α raggiunge il massimo valore quando $\alpha = 90^\circ$) e la posizione articolare di partenza, modificando questo angolo, incide sul momento di P : alla diminuzione dell'angolo di lavoro

corrisponde un incremento della resistenza: $r = l \times \text{seno di } \alpha$ (dove r è il braccio della potenza, l la distanza tra il punto di applicazione della forza e il fulcro e α l'angolo di lavoro) e quindi della forza muscolare necessaria a produrre un determinato lavoro. Per questo motivo, se il muscolo trazione il segmento secondo una direzione quasi perpendicolare al segmento rigido, la forza muscolare necessaria a sollevare un peso sarà minima (il seno di un angolo è massimo a 90° , diminuisce fino a valore 0 sia andando verso 0° che verso 180° ed è negativo tra 180° e 360°), mentre diminuendo l'angolo diminuisce il seno di alfa e aumenta r . Di conseguenza la forza muscolare necessaria a spostare un determinato peso (ad esempio in una contrazione concentrica) diminuisce con la diminuzione dell'angolo fino a 90° , è minima a 90° ed aumenta con la ulteriore diminuzione dell'angolo nel corso del movimento.

D'altra parte la capacità del muscolo di sviluppare tensione dipende dal suo grado di accorciamento secondo la ben nota relazione tensione-lunghezza: se il muscolo in partenza è stirato, la tensione che è in grado di produrre aumenta con l'accorciamento fino ad una lunghezza appena superiore a quella di riposo per poi decrescere con il progressivo accorciamento: la curva disegnata dai valori di tensione massima durante i vari gradi del movimento disegna il cosiddetto **profilo di tensione** del movimento. Il movimento di un segmento corporeo o del corpo nel suo insieme avviene in relazione alle forze interne e a quelle esterne al corpo umano. In primo luogo, il corpo è soggetto alla forza di gravità, secondo le leggi di Newton. Secondo la terza legge di Newton ogni volta che un corpo esercita una forza su di un altro (azione), nell'altro si genera una forza di intensità e direzione uguale, ma di verso opposto che contrasta la prima (reazione). La **forza normale** è quella che per la legge di azione e reazione si esercita su di un corpo che viene a contatto con il terreno, e sarà uguale e contraria al peso del corpo in kg moltiplicato per g ($9,81 \text{ msec}^{-2}$). In ambito statico, se la proiezione a terra del baricentro cade all'interno della base di appoggio, l'oggetto, che può anche essere rappresentato dal corpo umano, è stabile, altrimenti l'oggetto è instabile e la forza generata dall'attività muscolare diventa necessaria per il mantenimento della posizione statica. La forza normale aumenta in relazione alla massa del soggetto, all'attivazione dei muscoli antigravitari e all'accelerazione con cui questo impatta la superficie del terreno.

In ogni esercizio di allenamento della forza tramite il sollevamento di pesi, avviene che una o più leve articolari vengono interposte tra il peso da sollevare (resistenza) e la terra per opporsi alla forza di gravità che questa esercita sull'oggetto (peso). Nell'esempio classico del sollevamento di un peso in un esercizio monoarticolare, il peso viene spostato in modo non lineare, ma descrivendo un arco di circonferenza. Il calcolo del lavoro

meccanico deve tener conto che lo spostamento non corrisponde all'arco di circonferenza, ma allo spostamento verticale effettivo della resistenza rispetto alla superficie terrestre. Per questo il lavoro meccanico e la potenza generata in un determinato esercizio variano a seconda dell'**orientamento nello spazio della leva articolare rispetto alla forza di gravità**: il lavoro aumenta nei gradi di movimento in cui ci si avvicina ad un movimento perpendicolare alla superficie terrestre, mentre diminuisce quando aumenta o diminuisce questo valore angolare. Ciò avviene in quanto la componente verticale di uno spostamento lungo un arco di circonferenza partendo da una posizione parallela alla forza di gravità può essere descritta dalla relazione $h\alpha = r(1-\cos \alpha)$, dove α l'angolo descritto dal segmento rigido nello spostamento a partire da una posizione parallela alla forza di gravità ($\alpha = 0$): lo spostamento verticale ($h\alpha$) corrisponde al raggio (r) moltiplicato per $1-\cos \alpha$. Il coseno di un angolo è la proiezione sull'asse x della retta generata dall'intersezione del segmento con il cerchio unitario: il coseno di α raggiunge il massimo valore quando $\alpha = 0^\circ$, mentre quando $\alpha = 90^\circ$, il coseno di $\alpha = 0$; quanto più α si avvicina a 90° , tanto più il coseno diminuisce ed aumenta $h\alpha$, mentre superando i 90° il coseno di α diminuisce di nuovo come la componente verticale dello spostamento. Se l'angolo di lavoro del segmento rigido si realizza da una posizione di partenza diversa da quella parallela alla forza di gravità (chiameremo questo angolo β), lo spostamento verticale ($h\beta$) sarà $h\beta = r(1-\cos \beta)-h\alpha$, dove α sarà l'angolo descritto dalla posizione di partenza del segmento rigido rispetto alla parallela alla forza di gravità: graficamente appare evidente che il massimo del lavoro meccanico si svolge quando l'angolo di lavoro si realizza intorno a 90° . Se la velocità di movimento è costante, ne consegue che anche la potenza, data dal lavoro nell'unità di tempo, aumenta per angoli di lavoro che si avvicinano alla perpendicolare alla forza di gravità.

Quando un movimento è **poliarticolare**, lo spostamento è di tipo **lineare**, per cui risulta più semplice calcolare il lavoro meccanico e la potenza, che dipendono dalla **massa sollevata** e dal **dislivello** tra la posizione di partenza e quella di arrivo.

Oltre alla componente verticale antigravitaria, il movimento prodotto dalla forza muscolare può realizzare lo spostamento di un oggetto sul terreno o su di un'altra superficie: in questo caso la resistenza R sarà data dal peso dell'oggetto e dalla **forza di attrito** che si oppone allo scorrimento delle superfici in contatto: la forza di attrito dipende dalle caratteristiche dei materiali a contatto, dalla ruvidità delle loro superfici e dalla forza di compressione tra le due superfici (nel caso di un oggetto appoggiato a terra, questa forza corrisponde alla forza normale).

Infine sul movimento prodotto dall'attività muscolare incide anche il mezzo in cui questo si realizza (es aria o acqua) che offre una cosiddetta **resistenza viscosa** al movimento. Questa dipende dalla superficie esposta dell'oggetto, dalla sua velocità, dalla sua forma più o meno in grado di creare vortici nel moto laminare del mezzo (coefficiente di aerodinamicità) e dalle caratteristiche chimico-fisiche del mezzo stesso (coefficiente di viscosità). Il coefficiente di viscosità è maggiore per i mezzi liquidi rispetto all'aria. L'insieme di questi fattori determina il **rendimento** meccanico, cioè il rapporto tra lavoro effettuato (forza x spostamento = Joules) ed energia impiegata per quel determinato lavoro (kcal), mentre l'**economia di movimento** si valuta dal rapporto tra potenza espressa o velocità e consumo di ossigeno:

$$E=V/mL_{O_2} \text{ Kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

In tutti gli esercizi di tipo antigravitario (es. marcia, corsa) la spesa energetica è direttamente proporzionale alla massa corporea (o comunque al peso trasportato: es. peso corporeo + zaino, pesi).

In alcune situazioni di movimento ciclico, come ad esempio la corsa, i muscoli deputati alla deambulazione agiscono secondo un **ciclo di stiramento-accorciamento**: durante lo stiramento i muscoli accumulano energia elastica, che viene restituita nella contrazione-accorciamento che segue immediatamente, aumentando il rendimento.

Principi dell'allenamento applicati all'adulto e all'anziano

Un programma di attività fisica volto alla promozione ed al mantenimento della fitness deve rispettare i principi base della teoria dell'allenamento. Per questo motivo riteniamo opportuno presentare un breve e schematico richiamo alle definizioni di base di questa materia (Astrand e Rodahl, 1986; Fox et al., 1997). Lo scopo dell'allenamento è quello di produrre una serie di adattamenti che consentono il miglioramento della capacità di compiere lavoro. Per adattamento si definisce una risposta cronica all'esercizio allenante che si instaura lentamente e perdura nel tempo, almeno fino a quando persiste lo stimolo allenante.

Principio del sovraccarico

Per creare un condizionamento la sollecitazione prodotta dall'esercizio, cioè il carico dell'esercizio, deve essere maggiore di quello che l'organismo è abituato a sostenere normalmente, deve essere quindi un sovraccarico. Il carico allenante deve essere quantificato non in termini assoluti (**carico esterno**: es. peso sollevato, velocità e distanza percorse), ma in termini relativi, cioè deve essere espresso come percentuale del

carico massimale sostenibile da un determinato soggetto per un determinato tipo di esercizio o di attività (**carico interno**). Col migliorare delle capacità fisiche aumenta il carico massimo sostenibile, quindi il carico esterno produce un carico interno relativamente inferiore; perché lo stimolo allenante continui a produrre un sovraccarico, è necessaria una **progressione** del carico esterno in modo che il carico interno costituisca sempre una percentuale submassimale del massimo sostenibile; quando le capacità fisiche hanno raggiunto il livello desiderato, il carico allenante deve essere tale da garantire un **mantenimento**.

Specificità dell'allenamento

Il condizionamento è specifico per:

- sistema energetico prevalentemente sviluppato;
- gruppo muscolare;
- gesto effettuato.

Questo sta a significare che:

- esercizi che sfruttano un sistema energetico migliorano selettivamente quel sistema energetico: es. esercizi di potenza esplosiva come i salti migliorano selettivamente il sistema ATP-PC, mentre attività aerobiche migliorano selettivamente la capacità aerobica l'allenamento;
- esercizi di potenziamento che impegnano un determinato gruppo muscolare aumentano la massa, la forza e la resistenza alla fatica solo del gruppo muscolare esercitato e non di altri gruppi;
- per ottenere il miglioramento di un particolare gesto atletico o quotidiano è necessario non solo migliorare la flessibilità, la forza e la resistenza muscolare nel distretto interessato, ma anche allenarsi nella ripetizione del gesto specifico (coordinazione neuromotoria).

Reversibilità

Il disallenamento comporta una perdita dei benefici acquisiti, con velocità variabile individualmente e per i diversi parametri (VO_2 max, enzimi muscolari etc.). Nell'adulto la perdita inizia 3-7 giorni dopo la cessazione dell'attività, con ritorno ai livelli di partenza in circa 4-8 settimane; con l'avanzare dell'età la velocità di perdita aumenta.

Oltre ai sopracitati principi dell'allenamento dobbiamo considerare anche la prestazione, cioè il rendimento, il risultato dell'attività sportiva o motoria in senso lato.

Capacità motorie indispensabili per la prestazione sono la mobilità articolare, le capacità coordinative e le capacità condizionali.

Capacità condizionali (Schnebel et al, 1998).

Forza, resistenza e rapidità sono definite capacità condizionali, essendo in grado di condizionare la prestazione motoria ed in particolare quella sportiva, costituendone la componente energetica. **La forza muscolare deve essere allenata specificatamente in ogni distretto muscolare,**

tramite esercizi di contrazione muscolare contro resistenza, che possono essere isometrici o dinamici (concentrici o eccentrici); la resistenza dipende dalla capacità aerobica sia a livello dei singoli distretti muscolari che dell'intero organismo, mentre la velocità dipende sia dalla potenza muscolare che dalla rapidità delle risposte neuromotorie e deve essere allenata tramite esercizi specifici.

Per il **principio del sovraccarico**, se si vuole stabilire un programma di allenamento in soggetti di qualunque età, è fondamentale poter definire l'intensità massima dell'esercizio che può essere sostenuta (ogni individuo ha una soglia diversa), identificando l'intensità submassimale di partenza, da aumentare progressivamente allo aumento della capacità fisica. Nell'applicazione dei principi dell'allenamento alla popolazione adulta e anziana è quindi necessario introdurre anche altri parametri necessari a misurare l'intensità dell'esercizio.

L'intensità dell'esercizio aerobico dovrebbe essere calcolata come percentuale della VO_2 max misurata con un test da sforzo; l'incremento di **frequenza cardiaca** che si registra durante l'esercizio e nei test da sforzo correla linearmente con il consumo di ossigeno. Per questo la frequenza cardiaca è un modo indiretto di valutare l'utilizzazione di O_2 e quindi **l'intensità dell'esercizio aerobico**, rappresentando un indice del sovraccarico imposto all'intero organismo, in particolare al sistema cardiorespiratorio. La **MHR** (Maximum Heart Rate), cioè la massima frequenza cardiaca, si misura in BPM (battiti per minuto). La MHR si determina tramite un test da sforzo e costituisce il riferimento per definire l'intensità massima dell'esercizio. Tuttavia non sempre è possibile, pratico ed economico sottoporre i soggetti che vogliono intraprendere un programma di attività fisica ad un test da sforzo, le cui indicazioni prevedono una prescrizione medica e dipendono da caratteristiche (fattori di rischio) del soggetto e da caratteristiche (intensità e tipologia) del programma di allenamento previsto. Nella grande maggioranza degli adulti e degli anziani che iniziano un programma di attività fisica, una stima ragionevole della MHR su cui basare la tabella degli esercizi in modo tale che l'allenamento abbia una intensità submassimale è data dalla seguente formula: $MHR = 220 - \text{età in anni}$. La correlazione si è dimostrata valida indipendentemente dal sesso e dalla razza. Nel caso di attività fisiche che coinvolgano in misura prevalente il lavoro degli arti superiori, la frequenza cardiaca massima si riduce di circa 13 BPM, verosimilmente a causa della minore massa muscolare in gioco, con ridotta attivazione dei centri vasomotori; in questo caso $MHR = (220-13) - \text{età in anni}$. Generalmente nel giovane la frequenza cardiaca allenante (submassimale) è intorno al 70% MHR per 20-30', inferiore al 70% per durate maggiori (Mc Ardle et al, 1996). Tale intensità equivale alla

situazione per cui il soggetto inizia ad avvertire un certo affaticamento durante l'esercizio, per cui non è più in grado di conversare tranquillamente proseguendo l'attività con la stessa intensità (test di conversazione o talk test).

Un altro indice di intensità dell'esercizio comunemente utilizzato è la **RPE**: Rate of Perceived Exertion (l'entità dello sforzo percepita dal soggetto), misurata tramite la scala di Borg. La scala di Borg assegna un punteggio che può andare da 0 (nessuno sforzo) a 19 (sforzo insostenibile) o da 0 a 10 nella versione semplificata, all'intensità dello sforzo che il soggetto riferisce di provare mentre svolge una determinata attività. Al soggetto viene richiesto di fare un certo lavoro interrogandolo continuamente sulla fatica che percepisce. La misura è soggettiva ma presenta una stretta correlazione con l'aumento della frequenza cardiaca in risposta all'incremento di intensità dell'esercizio: un punteggio di 13-14 (6-7 nella versione 0-10) corrispondente a "piuttosto faticoso" equivale ad una intensità allenante pari al 70% della MHR nel giovane e nell'adulto e al 60% della MHR nell'anziano (Borg, 1982).

Anche per l'**allenamento della forza** è importante stabilire per ogni gruppo muscolare il carico massimale ed il carico allenante di partenza. La misura della forza muscolare è possibile con l'utilizzo di apparecchi isocinetici o con dinamometro manuale; tuttavia, anche in questo caso, si preferisce generalmente ricorrere a metodiche più semplici ma sufficientemente affidabili. L'indice generalmente utilizzato è **1RM** (1repetition maximum) ovvero il massimo peso che il soggetto è in grado di sollevare 1 sola volta. Il test prevede più prove aumentando ogni volta il peso da sollevare di 1-1,5 Kg. Ogni gruppo muscolare principale deve essere valutato separatamente. 1RM costituisce l'indice di riferimento per valutare l'**intensità dell'esercizio di allenamento della forza**.

Soprattutto nell'anziano, non è consigliabile effettuare il test con il massimo peso sollevabile, che potrebbe richiedere un eccessivo impegno cardiovascolare, mentre il movimento sotto carico comporterebbe un alto rischio di trauma. Invece di far sollevare pesi elevati fino a raggiungere 1RM, in questi soggetti è più consigliabile effettuarne una stima indiretta. Il test viene effettuato aumentando il peso fino a raggiungere un peso che può essere sollevato al massimo 7-10 volte. Un calcolo indiretto di 1RM può essere quindi effettuato tenendo conto della dimostrazione che in genere un peso che può essere sollevato 7-10 vv (denominato "+RM"= peso in kg corrispondente a 7-10 ripetizioni) rappresenta il 68% di 1RM nel soggetto non allenato. Se quindi il soggetto inizia con un peso pari a 10RM, facendo 10 ripetizioni, partirà da una intensità pari circa al 70% di 1RM. Applicando la relazione $1RM = 68\% \text{ "+RM"}$, si ottiene un'equazione con la seguente formula: $1RM = 1,554 \text{ (" +RM" - 5.181)}$, da cui si può

calcolare 1RM. Generalmente si consiglia di partire da circa 12-15 ripetizioni, sollevando il massimo peso con cui si possono eseguire; successivamente si incrementa il peso e, solo successivamente, anche il numero di ripetizioni. (Hass et al., 2001). Mantenere il carico tra 3 e 12RM generalmente procura i migliori risultati sul potenziamento muscolare (McArdle et al., 1996).

Sia nell'esercizio aerobico che nel potenziamento muscolare è possibile, all'interno della stessa seduta di allenamento, **effettuare programmi ad intensità costante** o a **intensità variabile**, i cui vantaggi e svantaggi sono ampiamente discussi: la variazione dell'intensità comporta un diverso utilizzo dei sistemi energetici, che secondo il principio della specificità verranno utilizzati e quindi potenziati diversamente a seconda dell'intensità di lavoro e delle diverse esigenze di chi si allena. Nei programmi ad intensità variabile, questa può essere crescente, decrescente, o alternata. Una modalità di allenamento che ha ricevuto molti consensi sia in campo atletico che per la promozione della fitness è quella dell'**allenamento intervallato** o *interval training* (Fox e Mathews, 1974), in cui si alterna ogni **episodio di lavoro** (che implica uno sforzo di intensità e durata variabile a seconda degli obiettivi, ma comunque più impegnativo), a **intervalli di sollievo**, che generalmente consistono in un esercizio ad intensità molto inferiore. La durata relativa dell'episodio di lavoro e dell'intervallo di sollievo si esprime con il rapporto lavoro/sollievo, che dovrebbe essere di 1/1 nel caso di episodi di lavoro poco intensi, mentre dovrebbe aumentare fino a 1/3 per episodi di lavoro molto impegnativi. Negli sforzi di alta intensità e breve sollievo rientra in gioco il sistema ATP-PC (anaerobico alattacido), che è di rapida attivazione, ma rapidamente esauribile. L'allenamento intervallato consentirebbe di utilizzare maggiormente questo sistema, le cui riserve energetiche avrebbero tempo di ricostituirsi nel periodo di sollievo per essere utilizzabili ad ogni successivo episodio di lavoro; in questo modo si riduce l'utilizzo della glicolisi anaerobica lattacida per gli sforzi di intensità elevata e l'accumulo complessivo di acido lattico durante la seduta, ritardando i fenomeni di fatica. Con l'allenamento intervallato è quindi possibile compiere più lavoro con meno fatica all'interno di ogni seduta di allenamento, con ovvii vantaggi in termini di miglioramento delle capacità fisiche. Sempre secondo il principio della specificità, a seconda della tipologia di esercizio scelta, l'adattamento sarà specifico, nel senso che l'aumento di capacità fisica riguarderà essenzialmente il sistema energetico, gli organi e i tessuti impegnati in quel tipo di esercizio. Un programma "ideale" dovrebbe quindi includere, oltre all'allenamento costante e progressivo della flessibilità, sia l'esercizio di tipo aerobico, in grado di aumentare la VO_2max e di migliorare la capacità

ossidativa muscolare, che quello di potenziamento muscolare, in grado di aumentare massa, forza e potenza muscolare. L'allenamento della forza a sua volta deve includere tutti i gruppi muscolari principali (specificità dell'allenamento per gruppo muscolare); nell'anziano dovrebbe interessare preferenzialmente i gruppi muscolari coinvolti nelle attività della vita quotidiana. Sia l'esercizio aerobico antigravitario che il potenziamento muscolare, tramite meccanismi diversi, aumentano inoltre la resistenza meccanica dell'osso. L'allenamento ad un gesto particolare (che ne migliora in modo specifico l'economia e quindi il rendimento sul piano energetico) è legato ad un apprendimento neuromotorio anch'esso specifico: questo ha maggiore importanza nella preparazione atletica e, all'estremo opposto dello spettro, nella pratica di gesti finalizzati ad attività specifiche nei soggetti anziani fragili o lievemente disabili.

Bibliografia

1. ACSM: Guidelines for Exercise testing and Prescription, 4th Ed.. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991.
2. Astrand PO, Rodhal K. Textbook of Work physiology, 3rd Ed. New York: McGraw Hill, 1986.
3. Borg GA: Psychological basis of physical exertion. Med Sci Sports Exerc 1982;14:377-381.
4. Dal Monte A. Physiological classification of sports activities and cardiovascular function. In : Venerando A, Lubich T. (eds.). Sports Cardiology. Bologna: Aulo Gaggi, 1980.
5. Fox EL, Mathews D. Interval training: Conditioning for sports and general fitness. Philadelphia: W.B. Saunders, 1974.
6. Fox EL, Bowers RW, Foss ML. Allenare, allenarsi. Roma: Il Pensiero Scientifico Editore, 1995.
7. Garret DE, Kirkendall D. Exercise and sport science. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2000.
8. Hass CJ, Feigenbaum MS, Franklin BA. Prescription of resistance training for healthy populations. Sports Med 2001;31(14):953-64.
9. McArdle W, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology – Energy, Nutrition and Human Performance, Fourth edition. Baltimore: Williams and Wilkins, 1996.
10. Mitchell JH, Haskell W, Raven PB. Classification of sports (26° Bethesda Conference Report). JACC 1994;24:864-870.
11. Pirola V. Cinesiologia - Il movimento umano applicato alla rieducazione e alle attività sportive. Milano: Edi-ermes, 1998.
12. Schnabel G. Natura e sviluppo dei principali fattori della prestazione sportiva. In: Schnabel G., Harre D., Borde A. eds. Scienza dell'allenamento. Modena: Arcadia, 1998.
13. Wirhed R. Anatomia del movimento e abilità atletica. Milano: Edi-ermes, 1999.

Capitolo V

Teoria tecnica e Didattica dell'attività motoria e sistema endocrino

Claudio Macchi

Generalità

Durante un esercizio aerobico massimale, a livello muscolare, oltre allo stress meccanico e a disturbi ipossici, il marcato aumento dei processi ossidativi può condurre ad un aumento di **radicali liberi** (Gollnick e Saltin, 1983; Massudi et al, 2012). I radicali liberi (RL) sono rappresentati da ioni o molecole caratterizzati da un elettrone non appaiato con tendenza a raggiungere maggior stabilità, acquistando o cedendo un elettrone. I RL vengono prodotti dall'organismo anche in condizioni normali da alcune reazioni enzimatiche e nella fagocitosi batterica. Il loro aumento porta alla formazione delle cosiddette specie reattive dell'ossigeno (ROS), atomi e molecole di diverso tipo, ritenuti responsabili del danno cellulare (Yu, 1994).

I RL possono danneggiare DNA (Beckman e Ames, 1997; Hooten 2012), zuccheri, lipidi e proteine (Beckman e Ames, 1998). Particolarmente vulnerabili sono gli acidi grassi poliinsaturi, che possono formare aldeidi dotate di notevole tossicità (Esterbauer, 1983).

Le strutture proteiche possono invece essere frammentate o accumularsi dopo essere divenute resistenti alle proteasi (Grune et al, 1995). Il DNA, specie quello mitocondriale, particolarmente sensibile al danno ossidativo, può subire errori di replicazione o rottura dei frammenti elicoidali (Beckman e Ames, 1998). Il danno del DNA è messo in relazione da alcuni autori con i fenomeni correlati all'invecchiamento e con i tumori (Massudi et al, 2012).

Con l'avanzare dell'età sembra che la riparazione dei danni prodotti dai RL sia meno efficace. Tra le sostanze antiossidanti si distinguono quelle enzimatiche, costituite dalla superossidodismutasi, glutatione perossidasi e dalla catalasi, da quelle non enzimatiche come l'acido urico, la vitamina E, la vitamina C e il glutatione (Evans, 2000). Non vi sono dati univoci sul fatto che l'attività fisica in genere contribuisca ad aumentare i RL ma c'è la tendenza ad accreditare sempre più questa ipotesi, anche perchè

una regolare attività fisica di grado moderato sembra portare all'aumento di sostanze antiossidanti. Non è dimostrato che l'assunzione di sostanze antiossidanti prima di esercizio fisico, specie negli anziani, possa ridurre la produzione di radicali liberi (Beckman e Ames, 1997).

Invecchiamento del sistema endocrino

Sembra che la riduzione con l'età della produzione ormonale (ad eccezione delle modificazioni indotte dalla menopausa) sia in parte attribuibile a malattie vascolari o degenerative delle vie neuroendocrine del nucleo supraottico e dell'ipotalamo.

La limitazione delle produzioni ormonali è di fondamentale importanza nell'attività fisica, specie se energica.

Gli ormoni regolano infatti:

- i volumi dei liquidi circolanti
- le prestazioni cardiovascolari negli ambienti caldi
- la mobilizzazione delle sostanze “energetiche” necessarie per la riparazione delle strutture corporee mediante sintesi di nuove proteine.

Con l'età si riduce la produzione di testosterone (Lopes et al, 2012) e sempre maggiori quantità di androgeni vengono convertite in estrogeni nel tessuto adiposo (gli androgeni aumentano la sintesi proteica nel muscolo e nell'osso, favoriscono l'immagazzinamento del glicogeno, la ritenzione dell'acqua e la riduzione del colesterolo serico).

Gli estrogeni riducono il rischio di malattie cardiovascolari e l'incidenza di osteoporosi anche se la loro somministrazione dopo la menopausa determina un lieve aumento del rischio di ammalare di cancro mammario. Pare tuttavia che un esercizio fisico costante, un adeguato apporto di calcio e di vitamina D siano altrettanto efficaci nella prevenzione dell'osteoporosi.

Per quanto riguarda gli ormoni tiroidei questi di solito non si modificano in maniera statisticamente significativa anche se la tiroide subisce con l'età modificazioni consistenti con riduzione del diametro dei follicoli e dell'altezza delle cellule epiteliali oltre che del contenuto di colloide.

La funzione globale dell'ipofisi sembra ben conservata nonostante aumenti con l'età l'incidenza di adenomi e la ghiandola vada incontro a riduzione della vascolarizzazione e fibrosi. Secondo taluni autori sarebbe la sregolazione dell'ipotalamo con conseguente alterazione della funzione ipofisaria, a rivestire un ruolo di fondamentale importanza nel fenomeno dell'invecchiamento. La secrezione di ormone della crescita si riduce, come la prolattina nelle donne dopo la menopausa.

Anche per l'ormone antidiuretico si assiste ad una riduzione con l'età. Con l'età aumentano le concentrazioni di paratormone e diminuiscono quelle della calcitonina. Risultano diminuiti anche la sintesi di acetilcolina (ACH), compensata in parte da decrementi dell'attività colinesterasica, ed il tessuto cortico-surrenale per sostituzione di cellule parenchimali con tessuto connettivo.

Invecchiamento e metabolismo glucidico

Le evidenze sull'argomento sono contrastanti. C'è concordanza sulla ridotta secrezione insulinica, sul ritardo della risposta nella sua secrezione, sulla diminuzione della sensibilità all'insulina (resistenza) da parte dei tessuti e sulla sua riduzione della velocità di eliminazione (De Fonzo, 1979; Shimokata et al, 1991; Santulli et al, 2012).

A 70 anni circa il 20% degli uomini ed il 30% delle donne presentano curve anomale di tolleranza al glucosio (Millinen et al, 1987) per lo più per ridotta tolleranza all'insulina (per diminuzione della sensibilità periferica all'insulina prevalentemente a livello post-recettoriale). La diminuzione dell'attività fisica, la riduzione della massa magra per l'immagazzinamento del glicogeno, l'aumento dell'adiposità e la dieta povera di cromo possono concorrere all'aumento della ridotta tolleranza all'insulina (Seal et al, 1984). Si assiste inoltre ad un aumento della attività nervosa simpatica, al rallentamento della clearance dell'insulina ematica ed alla riduzione della risposta delle cellule beta del pancreas agli ormoni stimolanti ed inibenti. I livelli di glucagone risultano scarsamente alterati nell'anziano.

Esercizio fisico e diabete

Normalmente l'esercizio fisico porta in un primo momento all'utilizzazione del glicogeno muscolare con rilascio di glucosio; esaurita la riserva di glicogeno, vengono impiegati il glucosio ematico (proveniente dal glicogeno epatico) e gli acidi grassi, per passare infine all'utilizzo del glucosio prodotto a livello epatico attraverso la gluconeogenesi (dall'utilizzo di aminoacidi, lattato e glicerolo). La produzione di glucosio è adeguata al fabbisogno ed alla captazione muscolare. In caso di sforzo elevato il muscolo utilizza il glucosio citoplasmatico; nello sforzo moderato prevale l'utilizzo degli acidi grassi (rilasciati dal tessuto adiposo per diminuzione dei livelli insulinici e aumento della concentrazione delle catecolamine). In caso di attività fisica intensa la produzione di energia da parte del fegato è regolata dalle

catecolamine la cui concentrazione aumenta fino a 15-20 volte. L'attività fisica aumenta la captazione di glucosio da parte del muscolo indipendentemente dall'insulina (aumento della quantità di proteine trasportatrici). L'attività fisica contrasta l'insulinoresistenza che si osserva nell'inattività e l'insulinemia risulta diminuita a parità di livelli glicemici. Nel diabetico assistiamo a numerosi adattamenti endocrini, soprattutto ad una spiccata stimolazione adrenergica con tendenza alla riduzione della insulinemia e ad incremento di catecolamine, cortisolo e glucagone. L'esercizio induce anche modificazioni di affinità insulinica nei recettori specifici del muscolo scheletrico (Ploug et al., 1984) e della quantità di glucosio e aminoacidi assunte dalla cellula (alterazioni metaboliche citoplasmatiche). Nel diabete di I° tipo non controllato, l'esercizio fisico produce un ulteriore aumento della glicemia, degli acidi grassi e dei corpi chetonici a livello plasmatico (gluconeogenesi, glicogenolisi, ridotta utilizzazione del glucosio). Quando invece è controllato da idonea terapia insulinica (Gurtwiz et al, 1994), l'esercizio fisico provoca solitamente iperinsulinemia ed ipoglicemia (aumento dell'azione insulinica a livello tissutale, accelerazione dell'assorbimento dell'insulina), cosa che può richiedere l'assunzione di carboidrati o la riduzione del dosaggio insulinico. Nel diabete di tipo II l'esercizio fisico aerobico di intensità moderata riduce i livelli glicemici (aumento del trasporto di glucosio attraverso la membrana cellulare e aumento della sensibilità all'insulina), accompagnandosi ad una riduzione della spesso associata obesità (Dale et al, 2012). Per quanto riguarda la prevenzione della malattia diabetica vi sono le seguenti evidenze (Fesken et al, 1994; Creviston e Quinn, 2001):

- gli anziani attivi hanno valori glicemici e secrezione insulinica minori con una maggiore sensibilità all'insulina rispetto ai sedentari;
- l'incidenza di diabete è superiore in chi non pratica regolare attività fisica; tipo ed entità di attività fisiche utili non sono ancora ben identificate;
- gli sport aerobici sono risultati quelli con le migliori correlazioni.

Attenzioni

Il soggetto adulto e anziano diabetico, in buon equilibrio metabolico (con adeguato dosaggio insulinico se affetto da diabete di I° tipo) non presenta controindicazioni all'attività fisica, ma prima di intraprendere qualsiasi tipo di attività, deve essere attentamente studiato da un punto di vista diagnostico per escludere le frequenti implicazioni cardiovascolari e neurologiche (Fink et al, 1985, Wheeler et al, 2012). Sono consigliati:

- ECG a riposo ed ECG da sforzo (oppure ECO-stress o scintigrafia miocardica con test al dipiridamolo);

- Studio della retina (una retinopatia proliferativa predispone alle emorragie retiniche sotto sforzo);
- ECD cardiaco e dei tronchi sovra-aortici;
- Doppler arterioso degli arti inferiori;
- Glicemia frazionata prima, durante e dopo attività fisica, all'inizio del programma (per evitare pericolose ipoglicemie), modificando eventualmente dieta e dosaggio insulinico o di ipoglicemizzanti orali (in pazienti che ne fanno uso);
- Valutazione della sensibilità (la neuropatia e quindi la riduzione della sensibilità al dolore potrebbe portare a riconoscere tardivamente lesioni cutanee);
- E' importante che il soggetto porti con sé una scorta di carboidrati (preferibilmente caramelle ad alto contenuto di fruttosio, che mantiene il livello della glicemia più costante rispetto al glucosio).

Attività fisica

L'attività fisica deve essere iniziata sempre gradualmente (ACSM, 2000), monitorando la frequenza cardiaca e la scala di Borg. Chi fa uso di insulina deve iniettarla in muscoli lontani da quelli più impegnati nell'attività fisica. Sono consigliate attività aerobiche di intensità moderata, tali da non superare il 70-75% della VO_2 max, della durata totale massima (compreso riscaldamento e raffreddamento) di 40-60 minuti, almeno 4-5 volte alla settimana (Hagberg et al, 1980). Le attività contro resistenza sono sconsigliate nei soggetti con cardiopatia ischemica o con retinopatia in fase avanzata (questi ultimi devono evitare esercizi isometrici che provocano aumento della pressione intraoculare o strumenti ed esercizi che provocano vibrazioni). In soggetti con neuropatia in fase avanzata sono da preferire esercizi da seduti, cyclette, nuoto, canottaggio (che riducono il sostenimento del peso corporeo) evitando jogging ed altri tipi di marcia (Shepard, 1998; Mc Ardle, 2008).

Richiami di anatomia e fisiologia dell'apparato endocrino

Ipofisi e ipotalamo

Le ghiandole endocrine fanno parte del tessuto epiteliale e secernono ormoni, che immettono, direttamente o indirettamente, nel circolo ematico. Si definisce ormone qualsiasi sostanza che possieda le seguenti caratteristiche: 1) origine specifica; 2) effetto a microdosi che può tuttavia

determinare grandi effetti metabolici; 3) azione su organi bersaglio dotati di cellule con recettori specifici per l'ormone; 4) interspecificità: l'ormone può avere il medesimo effetto biologico in specie anche molto diverse tra loro (questa caratteristica è di solito interamente valida per ormoni costituiti da molecole di peso modesto, mentre per quelli costituiti da grosse molecole proteiche se non sono specie specifici, l'effetto è quantitativamente diverso o nullo). La ghiandola più importante è l'**ipofisi** e gli ormoni che essa produce sono riassunti nella tabella seguente.

| Ormoni del Lobo Anteriore | Effetti |
|---|---|
| TSH: tireostimolante, tireotropina | Stimola la secrezione e la crescita tiroidea |
| ACTH: corticotropo, corticotropina | Stimola secrezione e accrescimento della corticale surrenale |
| GH o STH: somatotropo | Stimola la crescita corporea |
| FSH: follicolostimolante | Stimola accrescimento dei follicoli ovarici e spermatogenesi |
| LH o ICSH: luteinizzante | Stimola ovulazione e luteinizzazione dei follicoli ovarici; stimola la secrezione di testosterone nel maschio |
| LTH: luteotropo | Stimola la secrezione latte |
| β -lipotropina | Probabile stimolatore della secrezione di endorfine ed encefaline |
| γ -MSH | Stimola la sintesi di melanina |
| Ormoni Lobo Intermedio | |
| α e β -MSH: melanocitostimolanti | Stimolano la sintesi di melanina nei melanociti |
| γ -LPH: Lipotropina | Effetto ACTH simile |
| Ormoni Lobo Posteriore | |
| Ossitocina | Provoca la eiezione latte |
| ADH: Vasopressina | Promuove la ritenzione di acqua (ormone antidiuretico) |
| Ormoni in più Lobi * | |
| CCK: colecistochinina | Stimola la contrazione colecistica, la secrezione pancreatica e la trasmissione sinaptica nella retina |
| Gastrina | Stimola la secrezione gastrica di acido e pepsina |
| Renina | Determina la liberazione di angiotensina I |
| Angiotensina II | Determina vasocostrizione, aumento della pressione arteriosa |
| CGRP: peptide derivato dal gene Della calcitonina | Produce vasodilatazione |

* Questi ormoni sono prodotti dall'ipofisi solo in piccolissima quantità rispetto ai loro produttori originari (CCK e Gastrina vengono secrete quasi

interamente dalla mucosa gastrointestinale; la renina dal rene; l'angiotensina II si forma prevalentemente nei polmoni dalla trasformazione dell'angiotensina I; il CGRP nell'encefalo).

L'**ipotalamo** e l'ipofisi sono strettamente correlati: da connessioni nervose con il lobo posteriore e vascolari (della eminenza mediana) con il lobo anteriore (da capillare a capillare: sistema portale).

Ogni cellula neurosecretoria dell'ipotalamo può a sua volta essere stimolata da cellule nervose situate in innumerevoli distretti encefalici.

Gli ormoni dell'ipofisi posteriore (ossitocina e vasopressina) sono detti neuroormoni (immessi in circolo da cellule nervose) essendo sintetizzati nei nuclei sopraottico e paraventricolare e trasportati lungo gli assoni fino al lobo posteriore. La secrezione dell'ipofisi anteriore è, come abbiamo detto, controllata dall'ipotalamo, la cui eminenza mediana immette in circolo 7 ormoni liberanti o inibenti: l'O. liberante la corticotropina (CRH); l'O. liberante la tireotropina (TRH); l'O. liberante l'O. della crescita (GRH), l'O. inibente l'O. della crescita (GIH o somatostatina); l'O. liberante l'O. luteinizzante (LHRH) che stimola sia la secrezione di FSH che di LH; l'O. liberante la prolattina (PRH); l'O. inibente la prolattina (PIH). Il sistema nervoso avverte, attraverso gli organi di senso, le variazioni dell'ambiente interno (volemia, stimoli osmotici, Ph, temperatura) e di quello esterno (es. luce, temperatura, dolore, emozioni) modificando la velocità di secrezione delle ghiandole endocrine.

L'ipotalamo viene considerato il regolatore generale del sistema endocrino. Oltre alle funzioni ipofisarie regola la termoregolazione, il controllo neuroendocrino delle catecolamine, la sete, la fame, il sonno, la temperatura corporea, il comportamento sessuale e le reazioni di difesa.

Tiroide

La tiroide secreta la tetraiodotironina (tiroxina o FT4) e la triiodotironina (FT3) sintetizzate dalla colloidale contenuta nei follicoli della ghiandola. I due ormoni aumentano il metabolismo basale ed hanno una importante funzione nella regolazione della termogenesi; lo iodio è essenziale per la loro sintesi. La funzione della tiroide è controllata dal TSH la cui secrezione è a sua volta regolata in gran parte dalla concentrazione ematica dei suoi ormoni (feedback negativo) sull'ipofisi anteriore, in parte da meccanismi nervosi mediati dall'ipotalamo, analogamente a quanto avviene con la ghiandola surrenale e le gonadi.

La tiroide secreta anche la calcitonina (tirocalcitonina, TCT) attraverso le sue cellule parafollicolari. La TCT è un ormone che abbassa la calcemia e regola il metabolismo dell'osso. Il T3 ed il T4 aumentano il consumo di ossigeno di quasi tutti i tessuti (fanno eccezione il cervello dell'adulto, i testicoli, l'utero, le linfoghiandole, la milza e l'ipofisi anteriore).

L'aumento della secrezione di questi due ormoni aumenta il catabolismo proteico e lipidico con conseguente riduzione del peso corporeo; inoltre si assiste ad un aumento della temperatura corporea per iperproduzione di calore, che a sua volta produce vasodilatazione.

Gli effetti degli ormoni tiroidei sono riassunti nella tabella sottostante.

| |
|---|
| Aumento del consumo di O ₂ e della temperatura corporea |
| Aumento della gettata cardiaca e riduzione delle resistenze periferiche da vasodilatazione |
| Stimolazione del sistema reticolare attivatore nel SNC e del SNP |
| Aumento del n° e della affinità per i recettori β-adrenergici a livello cardiaco |
| Aumentano la tossicità delle catecolamine |
| Aumentano la velocità di assorbimento intestinale del glucosio e quindi la glicemia |
| Riducono i livelli circolanti di colesterolo (aumento d. formazione dei recettori per le LDL) |
| Sono indispensabili per il normale accrescimento e per lo sviluppo delle funzioni cerebrali |
| Sono indispensabili per il metabolismo proteico muscolare |

L'iperfunzione e l'ipofunzione della tiroide vanno sotto il nome rispettivamente di iper ed ipotiroidismo.

Per le importanti ripercussioni che questi possono provocare e le attenzioni necessarie in un programma di esercizio fisico riassumiamo le caratteristiche fondamentali di segni e sintomi delle due sindromi:

| IPERTIROIDISMO | IPOTIROIDISMO |
|---|---|
| Perdita di peso | Aumento di peso |
| Nervosismo, irritabilità | Astenia e sonnolenza |
| Tachicardia | Rallentamento psicomotorio |
| Iperfagia | Mixedema |
| Intolleranza al caldo | Intolleranza al freddo |
| Aumento della pressione differenziale | Cute secca e giallognola |
| Fine tremore delle dita | Capelli ruvidi e radi |
| Cute calda e soffice, sudorazione | Riduzione della memoria e dell'ideazione |
| Gozzo ed esoftalmo (nel morbo di Basedow) | Cretinismo (nei bambini ipotiroidei fino dalla nascita) |
| Miopatia tireotossica | |

NOTA: l'ipertiroidismo e l'ipotiroidismo non trattati costituiscono un motivo di esclusione dai programmi di attività fisica.

Ghiandole Surrenali

Contenute nella loggia renale avvolte nella capsula adiposa del rene, ognuna di essa è costituita da 2 ghiandole endocrine: la midollare, interna, secerne le catecolamine (adrenalina, nor-adrenalina e dopamina), non essenziali per la vita; la corticale, che riveste la prima, secerne ormoni steroidi (glucocorticoidi, mineralcorticoidi e ormoni sessuali); i glucocorticoidi e i mineralcorticoidi sono essenziali per la vita.

L'attività della corticale è controllata dall'ACTH ipofisario, mentre la secrezione mineralcorticoida è soggetta anche al controllo da parte di fattori circolanti come l'angiotensina II.

Ormoni della midollare

Le catecolamine, in circolo, hanno una emivita di circa 2 minuti e in gran parte vengono trasformate in acido vanilmandelico (VMA) eliminato con le urine; circa il 50% della dopamina proviene dai gangli simpatici e da altri componenti del sistema nervoso autonomo. I loro principali effetti sono riassunti nella tabella sottostante.

| ADRENALINA | NORADRENALINA | DOPAMINA |
|--|---|-----------------------------------|
| Aumento della gettata cardiaca | Riduzione della gettata cardiaca | Aumento gettata cardiaca |
| Aumento FC | Aumento FC | Aumento FC |
| Aumento delle resistenze periferiche | Diminuzione delle resistenze periferiche | Aumento inotropismo cardiaco |
| Scarso effetto sulla pressione arteriosa media | Aumento marcato della pressione arteriosa media | Vasodilatazione renale |
| Aumento della glicemia (glicogenolisi) | Aumento della glicemia (glicogenolisi) | Aumento della pressione sistolica |
| Aumento della liberazione di acidi grassi | Aumento marcato della liberazione di acidi grassi | |
| Forte stimolazione del sistema nervoso centrale | Forte stimolazione del sistema nervoso centrale | |
| Forte aumento della produzione di calore | Aumento della produzione di calore | |
| Intensa bronchiolodilatazione | Scarsa bronchiolodilatazione | |
| Regola il rapporto tra K^+ intra ed extracellulare | | |

Ormoni della corticale

Derivano dal colesterolo e sono rappresentati da: aldosterone e desossicorticosterone (mineralcorticoidi), cortisolo e corticosterone

(glucocorticoidi), deidroepiandrosterone e androstenedione (androgeni). La corticale può secernere anche piccole quantità di estrogeni. Il desossicorticosterone possiede un'attività mineralcorticoide minima (3% di quella dell'aldosterone). L'aldosterone aumenta il riassorbimento del sodio dall'urina, dal sudore, dalla saliva e dal succo gastrico, provocando ritenzione di sodio nel liquido extracellulare (LEC), mentre a livello muscolare può ridurre il sodio e aumentare il potassio; determina inoltre eliminazione di potassio con le urine. Nell'iperaldosteronismo (sindrome di Conn) si verificano ipopotassiemia, ipertensione, aumento del volume del LEC, poliuria (da lesioni renali legate alla prolungata carenza di potassio), alcalosi, ipocalcemia (secondaria ad ipopotassiemia ed alcalosi). I glucocorticoidi aumentano il catabolismo proteico (attivazione della gluconeogenesi epatica con conseguente aumento di aminoacidi a livello ematico), la glicogenosintesi e la chetogenesi epatiche, l'attività glucosio-6-fosfatasi (e con essa la glicemia, in parte secondaria anche a diminuita utilizzazione periferica del glucosio). Clinicamente l'eccesso di glucocorticoidi si identifica nella sindrome di Cushing, caratterizzata da cute e sottocute sottili, scarso sviluppo muscolare (legato al catabolismo proteico), capelli esili e ruvidi, iperglicemia (aumento del catabolismo proteico con parte degli aminoacidi liberati che vengono trasformati in glucosio e riduzione dell'utilizzazione periferica del glucosio), ipertricosi ed acne (aumento della secrezione androgenica), estremità magre con accumulo di grasso nella parete addominale, nella faccia (facies a luna piena) e nella parete superiore del dorso, strie rubre (il grasso stira la cute già fragile con lesione del sottocute formando strie di colore rosso), osteoporosi (riduzione del calcio plasmatico). L'insufficienza corticosurrenale si identifica nel morbo di Addison caratterizzato da ipotensione grave, da iperpigmentazione cutanea (solo nell'insufficienza primaria legata a distruzione della corteccia), iponatremia ed iperkaliemia.

Pancreas

Il pancreas è una ghiandola a secrezione mista. La funzione endocrina è legata alla produzione da parte delle isole di Langerhans di 4 ormoni: insulina (dalle cellule beta), glucagone (dalle cellule alfa), somatostatina (dalle cellule delta) e polipeptide pancreatico (dalle cellule F). L'insulina ed il glucagone hanno azione opposta: la prima è anabolizzante, aumenta le riserve di glucosio, acidi grassi e aminoacidi, la seconda catabolica, mobilizzando il glucosio, acidi grassi e aminoacidi dai depositi immettendoli in circolo. L'insulina riduce la concentrazione di glucosio nel sangue inibendone la produzione a livello epatico (glicogenolisi e/o gluconeogenesi) favorendo l'assunzione e la metabolizzazione del glucosio a livello muscolare e a livello del tessuto adiposo; a livello degli

adipociti l'insulina inibisce l'idrolisi dei trigliceridi immagazzinati. L'insulina stimola inoltre il metabolismo proteico, inibendo la degradazione delle proteine muscolari; la sua carenza comporta, oltre l'iperglicemia, un aumento della gluconeogenesi e dei corpi chetonici. Un eccesso di insulina provoca ipoglicemia fino al coma, un eccesso di glucagone iperglicemia. La somatostatina regola la secrezione delle cellule insulari; il polipeptide pancreatico ha una azione ancora non ben determinata. L'insulina determina l'ingresso di parte del glucosio nelle cellule ed accelera in modo selettivo l'ingresso di quella quota di glucosio che entra nelle cellule per mezzo del semplice gradiente di concentrazione diretto verso l'interno. Molti sono i fattori che influenzano la secrezione di insulina:

| Fattori stimolanti la secrezione | Fattori inibenti la secrezione |
|---|---|
| Glucosio | Somatostatina |
| Aminoacidi | Insulina |
| Glucagone | Adrenalina e noradrenalina |
| Acetilcolina | Ipotassiemia |
| Ormoni intestinali (CCK, GIP, secretina, gastrina) | Farmaci: beta bloccanti, diuretici tiazidici |
| Farmaci: beta stimolanti, teofillina. | |

La carenza dell'azione dell'insulina a livello tissutale causa diabete mellito. Si distinguono un diabete di I° tipo, di II° tipo, gravidico e da altre cause. Tale carenza può essere secondaria ad una deficienza di insulina (malattia autoimmune nel diabete di I° tipo con involuzione progressiva delle cellule beta) o a resistenza all'azione dell'insulina per ridotta risposta dei tessuti alla sua azione (riduzione o anomalie dei recettori per l'insulina, anomalie post-recettoriali). La sintomatologia è rappresentata da poliuria, polidipsia, sonnolenza. Le complicazioni sono la macroangiopatia (interessamento coronarico, dei tronchi sovra-aortici, dell'aorta addominale e delle arterie degli arti inferiori), la microangiopatia (interessamento renale e retinico) e la neuropatia.

Bibliografia

1. American College of Sports Medicine: Other clinical conditions influencing exercise prescription. In ACSM guidelines for exercise testing and prescriptions 6a Ed. Lippincott e Wilkins, Philadelphia 206-216, 2000.
2. Beckman K.B., Ames B.N.: Oxidative decay of DNA. *J Biol Chem* 272: 19633-19636, 1997.
3. Beckman K.B., Ames B.N.: The free radical Theory of aging matures. *Physiological Rev* 78: 547-581, 1998.
4. Creviston T, Quinn L. Exercise and physical activity in the treatment of type 2 diabetes. *Nurs Clin North Am.* 2001 Jun;36(2):243-71, vi.
5. Dale JR, Williams SM, Bowyer V. What is the effect of peer support on diabetes outcomes in adults? A systematic review. *Diabet Med.* 2012 Jul 18. doi: 10.1111/j.1464-5491.2012.03749.x. [Epub ahead of print]
6. De Fronzo P.A.: Glucose intolerance and aging: evidence for tissue insensitivity to insulin diabetes 28: 1095-1101, 1979.
7. Esterbauer H.: Cytotoxicity and genotoxicity of lipid oxidation products. *Am J Clin Nutr* 57(s): 779-786, 1993.
8. Evans W.J.: Vitamin E, vitamin C, and exercise. *Am J Clin Nutr* 72: 6475-6525, 2000.
9. Feskens E.G. et al.: Diet and physical activity as determinants of hyperinsulinemia: The Zutphen Elderly Study. *Am J Epidemiol* 140: 350-360, 1994.
10. Fink R.I. et al.: The metabolic clearance of insulin and the feedback inhibition of insulin secretion are altered with aging. *Diabetes* 34: 275-280, 1985.
11. Gollnick P.D., Saltin B.: Significance of skeletal muscle oxidative enzyme enhancement with endurance training. *Clin Physiol* 2: 1-6, 1983.
12. Grune T. et al.: Proteolysis in cultured liver epithelial cells during oxidative stress. Role of the multicatalytic proteinase complex, proteasome. *J Biol Chem* 270: 2344-2351, 1995.
13. Gurtwiz J.H. et al.: Risk factors for non-insulin dependent diabetes mellitus requiring treatment in the elderly. *J Am Geriat Soc* 42: 1235-1240, 1994.
14. Hagberg J.M. et al.: Faster adjustment to and recovery from submaximal exercise in the trained state. *J Appl Physiol* 48: 218-226, 1980.
15. Holloszy J.O., Coyle E.F.: Adaptations of skeletal muscle to endurance training and their metabolic consequences. *J Appl Physiol* 56: 831-838, 1984.
16. Hooten NN, Ejiogu N, Zonderman AB, Evans MK. Association of Oxidative DNA Damage and C-Reactive Protein in Women at Risk for Cardiovascular Disease. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2012 Sep 13. [Epub ahead of print].
17. Lopes RA, Neves KB, Carneiro FS, Tostes RC. Testosterone and vascular function in aging. *Front Physiol.* 2012;3:89. Epub 2012 Apr 10.

18. Massudi H, Grant R, Braidy N, Guest J, Farnsworth B, Guillemin GJ. Age-Associated Changes In Oxidative Stress and NAD(+) Metabolism In Human Tissue PLoS One. 2012;7(7):e42357. Epub 2012 Jul 27
19. McArdle W., Katch F.I., Katch V.I.: Fisiologia Applicata Allo Sport. Ce Ambrosiana, Milano, 1998.
20. Millinen P. et al. Glucose intolerance and insulin accompany immobilization. Acta Med Scand 222: 75-81, 1987.
21. Ploug T. et al.: Increased muscle glucose uptake during contraction: no need for insulin. Am J Physiol 247: 726-731, 1984.
22. Santulli G, Lombardi A, Sorriento D, Anastasio A, Del Giudice C, Formisano P, Béguinot F, Trimarco B, Miele C, Iaccarino G. Age-related impairment in insulin release: the essential role of $\beta(2)$ -adrenergic receptor. Diabetes. 2012 Mar; 61(3):692-701. Epub 2012.
23. Seals D.R. et al.: Glucose tolerance in young and older athletes and sedentary men. J Appl Physiol 56: 1521-1525, 1984.
24. Shimokata H. et al.: Age as independent determinant of glucose tolerance. Diabetes 40: 44-51, 1991.
25. Shepard R.J.: Attività Fisica, Invecchiamento e Salute. McGraw-Hill, Milano, 1998.
26. Yu R.P.: Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. Physiol Rev 74: 139-162, 1994.
27. Wheeler G, Montgomery SB, Beeson L, Bahjri K, Shulz E, Firek A, De Leon M, Cordero-Macintyre En Balance: The Effects of Spanish Diabetes Education on Physical Activity Changes and Diabetes Control. Diabetes Educ. 2012 Sep 10. [Epub ahead of print]

Capitolo VI

Teoria Tecnica e Didattica dell'Attività Motoria e Apparato cardiovascolare

Claudio Macchi

Invecchiamento dell'apparato cardiovascolare

Non è facile separare gli effetti dell'invecchiamento dalla diminuzione dell'attività fisica legata all'età. E' ormai ampiamente dimostrato come oltre il 60% dei soggetti che hanno superato i 65 anni di età presentano patologie coronariche; con l'aumentare dell'età, prevalentemente per il progressivo incremento dei valori pressori sistolici, aumentano gli spessori parietali del ventricolo sinistro e la massa ventricolare sinistra; contemporaneamente una relativa riduzione dei miociti è compensata da una ipertrofia di quelli rimanenti con un aumento fino al raddoppio della massa fibrosa mentre la riduzione dell'elasticità arteriosa è il fattore maggiormente responsabile dell'aumento della pressione arteriosa sistolica (Levi et al, 1990, Paffenbarger, 1993, Reymond et al, 2011).

La contrazione degli atri contribuisce a spingere il 30% del sangue nei ventricoli, mentre il 70% del riempimento ventricolare si compie passivamente durante la diastole. Nell'adulto e nell'anziano sano la pressione massima nel ventricolo sin è normalmente 120 mmHg, nel destro 25 mmHg; ogni ventricolo espelle durante la sistole 70-90 ml di sangue (gettata sistolica), lasciandone all'interno circa 50 ml (frazione di eiezione = 65%). In un minuto i ventricoli espellono in condizioni di riposo circa 5,5 litri di sangue ovvero 3.2 litri/min per metro quadrato di superficie corporea (indice cardiaco). Gli stimoli simpatici (adrenergici: azione cronotropa e inotropa positiva delle catecolamine) fanno contrarre con maggior forza le fibre muscolari cardiache; l'effetto opposto è dato dagli stimoli parasimpatici (colinergici del nervo vago).

Con l'invecchiamento si assiste ad una riduzione di efficacia della stimolazione adrenergica per ridotta responsività delle cellule all'ormone. L'invecchiamento è associato a una diminuzione dell'mRNA per l'alfa-miosina (isoforma veloce) con conseguente prevalenza di beta-miosina (isoforma lenta), alla riduzione dell'attività ATPasica e ad un prolungamento del potenziale di azione (Carbonin et al, 1992). L'aumento

della beta-miosina consente di produrre una tensione della parete ventricolare con un costo energetico minore. Nell'anziano sano non si osservano riduzioni significative degli indici di funzione sistolica ventricolare (gettata cardiaca, frazione di eiezione).

Tessuto miocardico: il numero delle cellule tende a ridursi con ipertrofia delle rimanenti, che presentano accumulo di sostanze presenti nelle degenerazioni cellulari e tendenza alla fibrosi. A livello cellulare è lievemente aumentata la permanenza del calcio con prolungamento del meccanismo contrattile (Kajstura et al, 2012);

Apparato valvolare: le valvole presentano fenomeni degenerativi con frequenti calcificazioni prevalentemente a carico di aorta e mitrale con tendenza alla dilatazione della radice aortica (Kajstura et al, 2012) ;

Vasi coronarici: divengono più tortuosi, la loro parete tende alla rigidità e ad accumulare calcio a livello della tunica media, anche in assenza di placche aterosclerotiche stenosanti;

Sistema di conduzione: le cellule pace-maker si riducono parallelamente all'aumento di collagene, calcio e sostanze adipose;

Frequenza cardiaca (FC): la FC a riposo e in posizione seduta si modifica poco con l'invecchiamento mentre la FC e la captazione di O₂ all'inizio dell'esercizio aumentano più lentamente. Durante lo sforzo submassimale e massimale la FC risulta mediamente più bassa, probabilmente per una variazione dell'attività vagale e per una minore risposta cronotropa alle catecolamine anche per una alterazione degli specifici recettori. Anche la maggiore rigidità (ridotta compliance) della parete ventricolare e la riduzione dell'apporto di ossigeno alle cellule pace-maker contribuiscono ad una riduzione della FC; la tendenza ad accumulare calcio favorisce l'insorgenza di aritmie e di blocchi cardiaci;

Gettata cardiaca: la frazione di eiezione (FE) si riduce man mano che ci si avvicina allo sforzo massimale con riduzione della gettata. Una FE che si riduce oltre un certo limite (<50%) può nascondere difetti di perfusione miocardia. Anche l'aumento del tessuto fibroso contribuisce alla riduzione della gettata. In genere la diminuzione della portata coincide con una perdita di tessuto magro, garantendo un adeguato flusso ematico per unità di muscolo attivo (Mc Lean et al, 2011);

Pre-carico: molti anziani presentano un ridotto riempimento venoso (Mc Lean et al, 2011) con rallentamento della velocità di riempimento rapido ventricolare in grado di amplificare il calo della pressione arteriosa sistemica passando dalla posizione supina o seduta a quella eretta (diminuzione del tono venoso, stasi nelle varicosità, rallentamento del rilassamento diastolico ventricolare);

Post-carico: nell'anziano risulta aumentato (per aumento delle resistenze periferiche legato alla rigidità vascolare) con tendenza all'aumento dei

valori pressori; durante l'esercizio fisico energico si osserva un maggiore aumento della pressione arteriosa sistemica a qualunque potenza sviluppata con relativo aumento dell'impedenza all'eiezione ventricolare (maggiore distensibilità arteriosa, maggiore vasocostrizione dei vasi che afferiscono ai muscoli inattivi);

Contenuto di O₂: durante l'esercizio massimale nell'anziano i valori di differenza di O₂ artero-venoso tendono ad essere inferiori (riduzione del contenuto di O₂ arterioso, peggiore distribuzione della portata cardiaca periferica, perdita di attività dei sistemi enzimatici tissutali). In molti casi le broncopneumopatie croniche ostruttive (BPCO) causano una diminuzione della capacità di diffusione polmonare e quindi una riduzione della saturazione di O₂ arterioso. Anche l'anemia, frequente nell'anziano (a causa di atrofia gastro-intestinale, micro-emorragie interne, progressiva sostituzione del midollo rosso emopoietico con tessuto adiposo, insufficienza renale con riduzione della produzione di eritropoietina), porta alla riduzione del trasporto di O₂. Negli anziani, in modo particolare in quelli con un basso livello di forma fisica, è alterato il rapporto tra flusso sanguigno muscolare e quello viscerale/cutaneo con aumento a favore di questo ultimo distretto; inoltre si assiste ad una riduzione del flusso ematico nei muscoli inattivi (non coinvolti nell'esercizio fisico: ad esempio durante l'esecuzione di esercizi con gli arti inferiori, la resistenza vascolare in quelli superiori è maggiore) che può portare ad un aumento della pressione arteriosa nel tentativo di compensare questo deficit. L'estrazione di O₂ è ridotta nell'anziano per il maggior fabbisogno ematico della cute (aumento del grasso sottocutaneo, ridotta sudorazione). Vi sono situazioni patologiche di cui parleremo in seguito in cui il debito di O₂ muscolare è legato ad arteriopatia ostruttiva periferica; in ogni caso con l'invecchiamento il numero dei capillari tissutali tende a ridursi. Negli individui anziani la VO₂ max è inferiore rispetto ai giovani con uguale livello di allenamento;

Pressione arteriosa: nell'anziano la pressione arteriosa aumenta progressivamente con l'età (vedi trattazione specifica). Shepard considera l'ipertensione essenziale nell'anziano come un aspetto normale dell'invecchiamento, anche per la prevalenza della ipertensione sistolica isolata. Nell'anziano è anche molto frequente l'ipotensione posturale. Questa può portare all'insorgenza di vertigini, confusione, nausea, astenia, lipotimie, episodi sincopali. Un calo importante della pressione arteriosa dopo esercizio fisico può facilitare, nell'ambito di una cardiopatia ischemica, l'infarto miocardico o l'arresto cardiaco. L'ipotensione può essere secondaria a riduzione del tono venoso, a varicosità, ma soprattutto ad un aumento inadeguato di secrezione di noradrenalina nei cambiamenti di posizione e ad una alterazione del riflesso barorecettoriale, in parte

legato all'immobilizzazione dei recettori secondaria all'irrigidimento delle pareti arteriose. Questi fenomeni sono indubbiamente amplificati dalla frequente somministrazione di farmaci ipotensivi (i barorecettori o barocettori sono recettori da stiramento situati nelle pareti del cuore e dei vasi sanguigni e vengono stimolati dalla distensione delle strutture nelle quali sono situati; possiedono fibre afferenti che giungono prevalentemente al bulbo ma anche al nucleo del tratto solitario o all'area cardioinibitrice; la loro stimolazione determina vasodilatazione con venodilatazione, ipotensione arteriosa, bradicardia e riduzione della gettata cardiaca. Particolarmente importanti, anche perché facilmente stimolabili dall'esterno, sono quelli localizzati nel seno carotideo, subito al disopra della biforcazione carotidea). Come accennato in precedenza la PA sistolica tende ad aumentare con l'età, principalmente per la riduzione di elasticità delle arterie (atrofia delle lamelle elastiche, calcificazione medio-intimale). L'esercizio fisico provoca incrementi di pressione arteriosa proporzionali ai valori di pressione a riposo (Shepard, 1998).

Attività fisica e apparato cardiovascolare

In un individuo adulto o anziano sano l'attività fisica determina un aumento della gettata e della frequenza cardiaca; mentre per esercizi di intensità lieve la diminuzione dell'attività simpatica tende a ridurre la FC, per esercizi più intensi si assiste ad un aumento dell'attività simpatica con aumento della secrezione catecolaminica, della FC e della contrattilità cardiaca (Eshani et al,1991; ACSM, 1993; Coudert e Praagh, 2000). L'intervento del sistema nervoso autonomo permette anche di mantenere livelli pressori adeguati nonostante la vasodilatazione periferica indotta dall'esercizio e dal calore (Lakatta, 1993; Higashi et al, 1999; Cerretelli, 2001). Mentre in una attività aerobica di tipo isotonic, si assiste ad un aumento della gettata cardiaca e della pressione arteriosa sistolica con riduzione della diastolica per riduzione delle resistenze periferiche, nell'attività isometrica o isotonica in anaerobiosi (es. sollevamento pesi), ad un lieve aumento della gettata cardiaca si accompagna un aumento della pressione arteriosa sistolica e diastolica poiché le resistenze periferiche non si modificano. In condizioni di sforzo massimale la funzione sistolica dell'anziano è ridotta rispetto all'adulto ed allo stesso modo i valori di pressione arteriosa raggiunti, sono superiori. Numerose sono le evidenze degli effetti benefici dell'attività fisica nel contrastare la riduzione di performance cardiocircolatoria (Lakka, 1994; Hakim et al, 1999; Hambrecht et al, 1999; Donald et al, 2011). Nei soggetti sedentari infatti, si osserva una più marcata riduzione della funzione sistolica e

della gettata cardiaca, accompagnate da un aumento della frequenza cardiaca; soggetti che hanno subito un lungo allettamento per malattia, sviluppano una sindrome ipocinetica sovrapponibile a quella dell'invecchiamento (Mancini et al, 1992). In ogni caso la tolleranza allo sforzo si riduce progressivamente con l'età (Schwartz e Buchner, 1994) con comparsa di affanno e più lento ritorno della frequenza cardiaca ai valori basali, con ipotensione nei cambiamenti di postura (alzandosi da sdraiato, da seduto o da posizione china).

Un **regolare allenamento** (es. 3 sedute settimanali di attività aerobica di intensità compresa tra 60 e 80% della massima) conduce all'aumento della funzione sistolica del ventricolo sinistro solo nel sesso maschile, ma la capacità aerobica aumenta in entrambi i sessi. Anche la funzione diastolica è influenzata positivamente dall'attività fisica e numerosi studi concordano sull'aumento della capacità aerobica massima (fino al 20-30%) a seguito di un regolare esercizio aerobico che negli uomini pare essere legato ad un aumento della performance cardiaca, nelle donne ad un aumento della vascolarizzazione dei muscoli periferici ed al miglioramento della funzione degli enzimi ossidativi (Sullivan et al, 1989; Fleg et al, 1995).

Cardiopatia ischemica

La cardiopatia ischemica (CI) è legata alla riduzione o dall'arresto dell'apporto di ossigeno al miocardio per cause vascolari coronariche. Nella maggior parte dei casi la cardiopatia ischemica è legata ad aterosclerosi (ATS) coronarica; le placche aterosclerotiche possono causare stenosi, occlusioni o embolizzare dopo trombosi, emorragie intraplacca, fissurazioni; questo in seguito ad una modificazione dell'assetto metabolico delle cellule dell'endotelio vascolare tra cui l'ossidazione del colesterolo e la formazione di lipoproteine a bassa densità, con deposito di lipidi e successiva proliferazione di cellule connettivali. Le placche ateromasiche in genere non hanno rilievo clinico finché non provocano una stenosi di almeno il 70%-80% del vaso (a seconda dell'entità del lume residuo), cosa che raramente accade prima dei 40-50 anni. Clinicamente può manifestarsi con:

- Angina pectoris
- Infarto miocardico acuto (IMA)
- Arresto cardiaco
- Fibrillazione ventricolare
- Aritmie e blocchi cardiaci
- Insufficienza cardiaca.

Inoltre può essere presente ma non manifestarsi clinicamente (CI silente). Infatti, le conseguenze dell'aterosclerosi variano a seconda della

localizzazione e della loro importanza ed in alcuni casi sono alterati i meccanismi deputati alla percezione del dolore (es. a causa della neuropatia diabetica). La CI può rimanere silente per anni e rivelarsi in occasione di un ECG, ECG da sforzo, scintigrafia miocardica o ecocardiografia (semplice o ecostress; per ecostress si intende l'esecuzione di un ecocardiogramma dopo somministrazione di una sostanza che permette di evidenziare zone di miocardio con alterazioni della cinetica secondarie a cardiopatia ischemica).

L'ischemia silente è più frequente di quanto si potrebbe pensare e se è relativamente possibile slatentizzarla nel giovane e nell'adulto, nell'anziano è più difficile, soprattutto nel sesso femminile, sia per i falsi positivi (alterazioni aspecifiche all'ECG, uso di farmaci, alterazioni elettrolitiche) che per i falsi negativi (difficoltà ad eseguire prove da sforzo di adeguata intensità: in questi casi è preferibile ricorrere alla scintigrafia con dipiridamolo e/o all'ecostress). La percentuale di soggetti che presenta una prova da sforzo positiva (sottoslivellamento del tratto S-T) aumenta progressivamente con l'età. Molto spesso nell'anziano l'ischemia cardiaca rimane silente per la ridotta attività fisica, oppure (cosa assai frequente) per errore diagnostico (il dolore ischemico è spesso riferito a problemi articolari o gastrici). Non infrequentemente l'ischemia si manifesta in questi soggetti come insufficienza cardiaca congestizia, edema polmonare, sindromi neurologiche.

Alcuni studi (Ev. Based Cardiology, 2000), evidenziano che la prevalenza della CI oltre i 65 anni interessa il 20 % circa dei soggetti di sesso maschile, il 12% di sesso femminile; se a questi aggiungessimo il numero delle ischemie silenziose, avremmo una percentuale significativamente più alta; il numero dei decessi si attesta su 58% negli uomini e 26% nelle donne. La CI è responsabile di circa 1/3 di tutti i decessi negli uomini anziani e nelle donne oltre i 65 anni di età (nelle donne prima dei 65 anni l'incidenza di CI è 5-6 volte inferiore rispetto al sesso maschile).

Nei soggetti più giovani la morte cardiaca è legata prevalentemente ad arresto cardiaco o fibrillazione ventricolare; nei soggetti più anziani la morte improvvisa è meno frequente. Il 75% degli ultrasessantacinquenni sopravvive al primo IMA ma con l'età aumenta la probabilità di morte: circa il 18% muore nell'anno successivo rispetto al 12% dei pazienti fra i 65 e i 75 anni.

Fattori di Rischio

Il rischio attribuibile a ciascun fattore tende a diminuire con l'età ed i fattori di rischio sono uguali sia nell'adulto che nell'Anziano (Levy, 1990; Niccoli et al, 2012); il rischio assoluto di malattia è maggiore nell'anziano. Tra i fattori di rischio possiamo distinguere i fattori di rischio in modificabili e non modificabili.

Fattori di rischio non modificabili:

- Età
- Sesso
- Ereditarietà e familiarità
- Razza

Fattori di rischio modificabili

- Lipidi plasmatici
- Ipertensione
- Diabete mellito
- Fumo di sigaretta
- Dieta, ambiente e stile di vita
- Aumento lipoproteina a
- Aumento omocisteina
- Vita sedentaria
- Stress.

Età, Sesso, Razza, Ereditarietà

La valutazione dei singoli fattori di rischio è difficile, poiché molti sono intimamente correlati o coesistono. Infatti per quanto riguarda l'età l'80% dei soggetti che muoiono in seguito a CI ha superato i 65 anni, età in cui si associano frequentemente una ridotta tolleranza glucidica, l'ipertensione e l'iperlipemia. Nelle donne prima della menopausa la cardiopatia ischemica si manifesta eccezionalmente (effetto protettivo degli estrogeni) mentre tende ad avere una incidenza simile a quella degli uomini dopo i 65 anni; in America le donne hanno tuttavia una incidenza di coronaropatia assai maggiore rispetto a tutti gli altri paesi (Niccoli et al, 2012).

Per quanto riguarda la razza è ben noto che alcune popolazioni eschimesi non soffrono di malattia coronarica, dato prevalentemente correlato alla dieta a base di pesce ricco di acidi grassi poliinsaturi della serie omega 3, che hanno funzione protettiva; anche il popolo Masai ha una bassa incidenza di coronaropatia nonostante la dieta ricca di grassi saturi, ma questo può essere dovuto oltre che alla razza ed all'alimentazione, all'intensa attività fisica di questo popolo.

Indubbia è l'influenza dei fattori eredo-familiari; evidenze scientifiche dimostrano che figli di coronaropatici hanno una maggiore incidenza di malattia, specialmente se ne sono affetti entrambi i genitori.

Lipidi Plasmatici: gli studi sull'influenza dell'aumento del colesterolo plasmatico sono controversi per gli anziani rispetto agli adulti e studi attendibili dimostrano che il suo trattamento riduce il rischio di malattia coronarica dal 25 al 30% in 5 anni (Malenka e baron, 1988, Hall e Luepker, 2000); un aumento della lipoproteina a si associa ad un aumento della malattia aterosclerotica ma la maggior parte degli studi

sono stati compiuti in soggetti < ai 60 anni (Berg et al, 1994; Danesh et al, 2000). **Ipertensione:** questa aumenta con l'età con una prevalenza oltre i 65 anni del 50% nella donna e del 30% nell'uomo. L'ipertensione sistolica rappresenta un fattore di rischio maggiore per morbilità e mortalità rispetto alla diastolica. Nei soggetti anziani alcuni hanno dimostrato una indiscussa associazione con la CI (Langford et al, 1986; Niccoli et al, 2012).

Diabete Mellito: nel diabete mellito, che si associa ad aterosclerosi precoce, la mortalità per malattie cardiovascolari è doppia rispetto alla popolazione non diabetica ed è frequente l'ischemia silente. Gli studi di Framingham hanno dimostrato come a seconda dei livelli glicemici il rischio di IMA può aumentare fino a 2 volte e $\frac{1}{2}$ (Niccoli et al, 2012).

Fumo: rappresenta un rischio predittivo molto forte direttamente proporzionale al numero di sigarette fumate, alla profondità dell'inalazione, al contenuto di nicotina e ad altri prodotti derivanti dalla combustione del tabacco. Il fumo abbassa il livello plasmatico delle lipoproteine HDL, aumenta l'ossidazione delle LDL ed i livelli plasmatici di fibrinogeno, favorisce la disfunzione dell'endotelio vascolare, inibisce le prostacicline e favorisce la produzione di trombociti. Si calcola che ogni sigaretta accorci la vita di 7 minuti (circa 4,9 anni di vita in meno per un soggetto che fuma 20 sigarette al giorno per 50 anni; 7,3 anni in meno per uno che ne fuma 30). La probabilità di morte per cause cardiache nei fumatori è doppia rispetto ai non fumatori sia nell'adulto che nell'anziano. L'incidenza dell'IMA è 5 volte superiore nei fumatori rispetto ai non fumatori (Rosenberg et al, 1985). Nella fascia d'età dai 60 ai 70 anni, benché inferiore rispetto alle età più giovanili, le crisi coronariche sono correlabili al fumo nel 50% dei casi; la morte improvvisa è da 2 a 4 volte più frequente nei fumatori e fino a 10 volte nelle donne che assumono la pillola.

Dieta, ambiente e stile di vita: interessanti sono le osservazioni che in soggetti immigrati da paesi con bassa incidenza di CI, questa tende ad uniformarsi a quella del paese di residenza dopo alcuni anni, probabilmente in relazione a fattori ambientali, dietetici e ad abitudini di vita. Questo è particolarmente evidente nei giapponesi trasferiti in California, dove presentano tassi di mortalità sovrapponibili alla popolazione locale (Beilin, 1992; Yeo e Ramsay, 1992).

Obesità: sia nell'adulto che nell'anziano si osserva una correlazione tra obesità ed aumento della mortalità legata a coronaropatia; è discusso il ruolo dell'obesità come fattore di rischio indipendente della cardiopatia ischemica, poiché spesso si associa ad ipertensione (Reisin et al, 1978; Lavie e Messerli, 1986), iperlipemia e diabete (Tran e Weltman, 1985; Shimokata et al, 1989).

Omocisteina: l'aumento di questo metabolita della metionina è associato ad un aumento di incidenza di aterosclerosi e trombosi, anche se non sono stati chiariti i meccanismi molecolari del disordine metabolico (Bouschey et al, 1995).

Sedentarietà: gli effetti della sedentarietà sono paragonabili agli effetti dell'ipertensione, dell'ipercolesterolemia e del fumo; i lavori sedentari predispongono alla malattia coronarica con un aumento della sua incidenza.

Stress: è molto difficile identificare e definire le reali situazioni di stress, poiché questo si accompagna a situazioni sociali, lavorative e comportamentali non accettate oppure alla attività frenetica richiesta da alcuni tipi di lavoro tipica delle personalità iperattive; è spesso associato ad abitudini di vita ed alimentari non sane, al fumo, alla riduzione del sonno, all'uso di farmaci, di stimolanti, di alcool. Vi sono troppe variabili per attribuire validità agli studi scientifici, tra l'altro contrastanti, eseguiti fino ad ora e riteniamo giusto ricondursi ai singoli fattori di rischio facilmente identificabili. Una eccessiva stimolazione adrenergica può spiegare l'associazione tra eventi in grado di provocare intense reazioni emotive, IMA e morte improvvisa. Interessanti sono gli studi di Friedman che identificano nei soggetti con comportamento di tipo A (dotati di aggressività, esagerata competitività, stile di vita frenetico, sempre impegnati a raggiungere un numero illimitato di obiettivi nel più breve tempo possibile), uno sviluppo di malattia coronarica, considerato indipendente da altri fattori, da 1,5 a 4,5 volte maggiore rispetto ai soggetti con comportamento di tipo B (caratterizzati da atteggiamento più passivo e meno influenzato dall'emotività, dall'ambiente e dal lavoro). I soggetti di tipo A andrebbero incontro inoltre a maggior gravità delle lesioni coronariche ed a una più elevata incidenza di angor) anche a parità di altri fattori di rischio. Altri fattori di rischio per cardiopatia ischemica si possono considerare l'anemia grave ed alcuni disordini della funzione emostatica.

Attività Fisica nella Cardiopatia Ischemica

Durante l'attività fisica sia per l'aumento della pressione arteriosa (PA), della contrattilità e della frequenza cardiaca, i rami arteriosi coronarici devono dilatarsi per aumentare l'apporto di O₂ miocardico e nei giovani questo aumento può essere di 5-6 volte, cosa impossibile quando i vasi sono rigidi e con placche stenosanti. L'attività fisica in corso di CI può causare angina pectoris, specie se lo sforzo avviene al freddo (per la vasocostrizione e per l'incremento della pressione sistolica, più raramente

per uno spasmo coronarico riflesso legato all'inalazione di aria fredda e secca). Indubbiamente in questi casi c'è l'indicazione per la rivascolarizzazione coronarica; quando questa non è possibile (presenza di coesistenti patologie che costituiscono controindicazione assoluta) si può ricorrere alla terapia farmacologia associata a manovre palliative come alleggerimento dell'attività fisica, introduzione di pause di riposo prolungate, maschera per preriscaldare i gas inspirati durante l'esercizio all'aria aperta. Di particolare interesse è l'evidenza che durante lo sforzo fisico energico a livello della coronaria stenotica si verifica un aggravamento della stenosi, anche se i meccanismi di questo fenomeno non sono stati sufficientemente chiariti; l'attività fisica intensa può essere inoltre causa di emorragia intrapacca o embolia da placca frammentata. Nell'età adulta, sembra che circa $\frac{1}{4}$ degli episodi non fatali di IMA si verifichino durante o subito dopo un'attività fisica energica, fenomeno che si riduce durante l'età anziana. Esistono evidenze scientifiche che dimostrano una correlazione positiva tra intensità dell'esercizio e riduzione del rischio cardiovascolare (Rognmo et al, 2012); l'attività fisica previene gli eventi cardiovascolari ma non riduce la gravità di quelli in atto. Alcuni autori hanno dimostrato che si può avere una riduzione significativa del rischio cardiovascolare praticando per due ore alla settimana attività fisica con intensità pari a 6 MET (es bicicletta, nuoto, jogging). Un importante studio ha dimostrato che soggetti che camminavano per meno di 1.5 km al giorno avevano un rischio doppio di sviluppare una malattia coronaria rispetto a quelli che camminavano per più di 3 km. Discusso è il ruolo protettivo dell'attività fisica nel sesso femminile (Xue et al, 2012). Anche negli atleti il **rischio relativo** (rapporto tra la incidenza della malattia negli esposti e quella dei non esposti allo stesso fattore di rischio) è minore, specie negli sport con attività fisica vigorosa (fino al 55%). Importante è lo studio sugli ex allievi di Harvard (su 17000 casi) condotto da Paffenbarger nel 1978, il quale ha dimostrato la riduzione della mortalità dei soggetti attivi rispetto ai sedentari con attività fisica giornaliera inferiore a 4.5 Met. Altri studi hanno dimostrato l'aumento di mortalità (+290% negli uomini e + 250% nelle donne) nei più sedentari. Tutti gli studi concordano nell'attribuire ad uno stile di vita attivo una riduzione della mortalità per cardiopatia ischemica. Non è però ancora chiaro se sia più importante il peso dell'attività fisica o quello della forma fisica anche se dagli ultimi studi sembra accreditabile la prima ipotesi.

Meccanismi dell'Azione Protettiva dell'Attività Fisica

Numerosi sono i meccanismi con i quali l'attività fisica produce effetti positivi nella prevenzione della cardiopatia ischemica (Ogawa et al, 1992;

Kokkinos et al, 1999; Pagels et al, 2012; Siren et al, 2012), di seguiti i più significativi:

- Riduzione richieste e aumento dell' apporto di O₂
- Miglioramento della stabilità elettrica del cuore
- Formazione di circoli collaterali
- Riduzione dei Fattori di Rischio
- Aumento del colesterolo HDL e riduzione delle LDL e dei trigliceridi
- Aumento di attività della lipoprotein-lipasi con riduzione delle VLDL e aumento delle HDL (prevalentemente HDL2)
- Aumento dell'attività della lecitina-colesterolo acetiltransferasi con trasformazione di HDL3 in HDL2, più ricche di colesterolo libero e trigliceridi ma meno dense perchè più povere di proteine
- Riduzione della captazione epatica di HDL attraverso l'inibizione della attività della lipasi epatica; la quantità di esercizio necessario per l'aumento delle HDL è superiore nelle donne probabilmente per la maggior concentrazione di HDL
- Riduzione della concentrazione delle LDL. Vi sono alcune ipotesi: 1) perdita di peso in seguito all'attività fisica; 2) aumento del catabolismo delle VLDL per aumento di attività della proteinlipasi; 3) aumento di attività dei recettori delle LDL; 4) aumento della sintesi delle particelle che contengono l'apo-B (le apolipoproteine rappresentano il costituente proteico delle lipoproteine (l'apolipoproteina di tipo B veicola le VLDL)
- Riduzione delle LDL ossidate (fenomeno che antagonizza l'evoluzione del processo aterosclerotico)
- Riduzione dei valori di pressione arteriosa. Questo può realizzarsi per: 1) aumento della reattività del sistema nervoso simpatico; 2) perdita di peso; 3) riduzione delle catecolamine circolanti; 4) riduzione delle resistenze periferiche
- Riduzione della resistenza all'insulina, aumento dell'azione dell'insulina e aumento della tolleranza glucidica
- Riduzione della iperinsulinemia negli anziani sedentari
- Riduzione della probabilità di sviluppo di diabete nell'adulto e nell'anziano
- Riduzione dell'accumulo di grasso a livello addominale.

Attività Fisica e Angina Pectoris

Gli studi sull'argomento, confermano come l'attività fisica costante e moderata determini un miglioramento della perfusione miocardica in assenza di interventi di rivascolarizzazione coronarica. Independentemente da questo, nell'angina stabile, altri benefici sono legati a:

- riduzione della FC e della PA
- allungamento della fase diastolica
- riduzione dell'incremento di pressione legato all'esercizio per rafforzamento dei muscoli scheletrici.

Per saggiare la vulnerabilità del soggetto e per stabilire una soglia di possibile sforzo sono utili l'ECG da sforzo al cicloergometro o su tappeto ruotante, la scintigrafia miocardica e l'eco-stress.

Attività Fisica e Infarto Miocardico

Gli esiti della riabilitazione cardiologica, cui spesso viene indirizzato il paziente precedentemente colpito da infarto miocardico (IMA) oppure sottoposto ad intervento cardiocirurgico (by-pass aorto-coronarico, riparazione o sostituzione valvolare) o ad angioplastica coronarica, forniscono importanti indicazioni sullo stato del soggetto e sulle sue potenzialità anche in relazione ad eventuali comorbidità e controindicazioni all'attività fisica. Elementi questi fondamentali per l'impostazione di qualunque programma di attività fisica da svolgere.

La riabilitazione cardiologica riduce le recidive di IMA fatali del 20-30%. Negli ultrasettantenni è stato individuato un gruppo ad alto rischio di recidiva che possiede le seguenti caratteristiche:

- presenza di uno o più fattori di rischio per le malattie cardiovascolari;
- breve durata del test da sforzo;
- bassa frequenza cardiaca raggiunta durante l'esercizio;
- scintigrafia miocardica positiva;
- nei soggetti adulti e anziani con pregresso IMA l'attività fisica aerobica e controresistenza migliora la qualità di vita riducendo sia la comparsa di nuovi eventi che la mortalità.

Attività fisica e prevenzione della cardiopatia ischemica

E' evidente che l'attività fisica regolare è utile per correggere i fattori di rischio e per prevenire l'esordio di una CI clinicamente conclamata (Molmen et al, 2012), oltre che per aumentare la longevità (almeno per i soggetti fino ad 80 anni di età).

Agli altri fattori di rischio ben noti e di cui abbiamo ampiamente parlato possiamo aggiungere lo stile di vita sedentario.

Per ottenere un miglioramento del profilo lipidico è necessario un esercizio fisico corrispondente a un consumo minimo di energia equivalente ad una distanza percorsa a piedi di 18-20 Km la settimana.

L'attività fisica riduce il fabbisogno di O₂ attraverso la diminuzione della PA e della FC (aumento della potenza aerobica).

Soggetti particolarmente vulnerabili e rischi collegati a fattori ambientali

Sono da considerarsi particolarmente vulnerabili soggetti con le seguenti caratteristiche:

- Anamnesi familiare positiva per cardiopatia ischemica o morte improvvisa;
- Fumatori;
- Dislipidemicici;
- Ipertesi;
- Sedentari;
- Obesi;
- Diabetici;
- Soggetti con personalità di tipo competitivo.

Non è consigliabile eseguire attività fisica intensa col caldo o col freddo eccessivi (il caldo aumenta il fabbisogno ematico della cute mentre il freddo provoca vasocostrizione cutanea aumentando pre e post-carico e di conseguenza il lavoro cardiaco). Tipici sforzi ad alto rischio sono quelli isometrici indotti dallo spalare la neve non fresca, spingere l'auto in panne, tirare a riva la barca (alto numero di decessi per crisi coronarica). L'esposizione all'aria fredda e secca può inoltre causare broncospasmo nei pazienti con BPCO.

In tema di altitudine e attività fisica, l'alta montagna dovrebbe predisporre alla cardiopatia ischemica per la riduzione della PO_2 , ma ciò non è sufficientemente supportato da studi scientifici attendibili. Nell'attività subacquea l'anziano è maggiormente sottoposto ad aritmie e quindi ad episodi sincopali oltre che ad ipotensione durante l'emersione (specie se fa uso di ipotensivi).

Lo stress psicologico può elevare la PA ed il carico di lavoro cardiaco e quindi può essere opportuno, in certe condizioni, limitare l'intensità dell'attività fisica.

Scompenso Cardiaco

Si definisce scompenso cardiaco la condizione in cui il cuore come pompa è insufficiente e non è in grado di soddisfare le richieste metaboliche dei tessuti (definizione OMS). La incidenza e la prevalenza di questa patologia sono molto alte nella popolazione. Lo scompenso cardiaco si associa ad una significativa morbosità e mortalità e ad una cattiva qualità della vita. Si tratta di una patologia progressivamente inaggravante con al momento pochi rimedi terapeutici in grado di

rallentarne o prevenirne l'evoluzione. Evidenze recenti indicano che la disfunzione ventricolare sinistra asintomatica si verifica dall'1 al 5% della popolazione generale. Può essere assai utile, anche in previsione di un programma di attività fisica, lo screening dei soggetti ad alto rischio (pazienti con frazione di eiezione <40%, con dilatazione ventricolare sinistra, ipertesi con ipertrofia ventricolare sinistra, diabetici, fumatori, obesi).

Numerose possono essere le cause di questa patologia; prevalentemente è secondaria a cardiopatia dilatativa o valvolare ed a cardiopatia ischemica.

Circa il 40% delle donne ed il 60% degli uomini muore entro 4 anni dalla diagnosi; colpisce l'1% della popolazione ed è la causa più comune di ricovero negli ultrasessantacinquenni. Incidenza e prevalenza aumentano progressivamente con l'età. Il fatto che negli ultimi 20 anni l'incidenza dello scompenso cardiaco sia raddoppiata è verosimilmente correlato ad un aumento della sopravvivenza nella maggior parte delle cardiopatie.

Lo scompenso cardiaco può essere acuto o cronico. Lo scompenso cardiaco cronico viene comunemente classificato in 4 classi come proposto dalla New York Heart Association (NYHA) che si basa sulla relazione esistente tra i principali sintomi della patologia, tipo e quantità di sforzo necessario per provocarlo:

| CLASSE | SINTOMATOLOGIA |
|--|--|
| Classe I Nessuna limitazione | L'attività fisica ordinaria non produce alcun disturbo; in questa fase si può evidenziare la riduzione della funzione di pompa dalle indagini strumentali (es. ecodoppler) |
| Classe II Leggera limitazione dell'attività fisica | Il soggetto, asintomatico a riposo, presenta disturbi durante l'attività fisica ordinaria (dispnea, affaticamento, palpitazioni, angina pectoris) |
| Classe III Marcata limitazione dell'attività fisica | Il soggetto, asintomatico a riposo, presenta disturbi (vedi classe II) per attività fisica inferiore a quella ordinaria (anche durante il semplice cammino) |
| Classe IV Incapacità ad eseguire qualsiasi attività fisica senza sintomi | I sintomi sono presenti anche a riposo e attività fisiche minime ne producono un peggioramento |

Lo scompenso cardiaco acuto esordisce solitamente con edema polmonare; può essere preceduto o meno dagli stessi sintomi e segni che si ritrovano nello scompenso cronico.

Nello scompenso cardiaco cronico vi sono molti segni e sintomi aspecifici ma indicativi e più specifici fortemente correlati.

| SEGNI E SITOMI DELLO SCOMPENSO CARDIACO | |
|---|---|
| Segni e Sintomi Indicativi ma Aspecifici | Segni e Sintomi Più Specifici |
| Tachicardia | Tosse notturna |
| Edemi periferici | Ortopnea (respirazione condizionata dalla stazione seduta o eretta) |
| Astenia | Turgore giugulare |
| Facile affaticabilità | Cianosi (nei casi più gravi) |
| Dispnea | |

Molto spesso il primo segno riscontrabile è la presenza di edemi periferici improntabili (premendo forte sulla cute rimane impressa l'impronta delle dita), accompagnato da difficoltà a respirare stando sdraiato (quindi prevalentemente la notte), per l'aumentato ritorno venoso con conseguente ingorgo polmonare per aumento della pressione venosa centrale. L'anziano scompensato presenta importanti alterazioni dell'apparato muscolare (diminuzione della massa ed alterazioni metaboliche, rarefazione capillare) che aggravano a loro volta la sintomatologia indipendentemente dalla causa primaria. La conseguente riduzione dell'uso dell'apparato muscolare incrementa il fenomeno. Questo spiega il ritardo del recupero della funzione muscolare in seguito a trapianto cardiaco o a miglioramento della funzione di pompa secondaria alle terapie. Anche l'aumento di alcuni ormoni e i disturbi della ventilazione polmonare contribuiscono a ridurre la capacità di esercizio.

Attività Fisica e Scompenso Cardiaco

L'attività motoria di tipo aerobico con una FC pari al 70% circa della massima per almeno 5 giorni alla settimana determina in soggetti in classe NYHA II-III un miglioramento della tolleranza all'esercizio (Duscha, 1999), della funzionalità respiratoria e della capacità aerobica, con riduzione delle resistenze periferiche e del costo ventilatorio. L'esercizio migliora anche la vasodilatazione indotta dall'endotelio probabilmente per un aumento della produzione di ossido nitrico. È stato dimostrato che esercizi aerobici diversi ma con caratteristiche sovrapponibili per una durata di almeno 6 mesi producono un aumento della contrattilità miocardica e della frazione di eiezione associati ad una riduzione delle dimensioni cardiache con miglioramento della classe NYHA. Un

adeguato esercizio fisico riduce inoltre l'accumulo di lattato (con conseguente riduzione del fabbisogno ventilatorio), la secrezione di catecolamine e la pressione arteriosa; inoltre favorisce la riattivazione dei muscoli scheletrici e aumenta l'attività enzimatica dei tessuti.

Esercizi nello scompenso cardiaco

Premessa

Nei soggetti scompensati lo sforzo produce dispnea per i seguenti motivi:

- accumulo di lattato (scarsità di afflusso di sangue alla periferia)
- scarsa corrispondenza tra ventilazione e perfusione
- aumento del lavoro respiratorio.

Questo determina un deterioramento della qualità della vita cui spesso si accompagna uno stato depressivo del tono dell'umore che rende difficile l'approccio ad un programma di attività fisica.

I pazienti con bassa FE e con PA non conservata durante lo sforzo sono particolarmente vulnerabili e bisogna porre attenzione in caso di:

- ripetuti episodi di scompenso acuto
- infezioni acute
- apporto eccessivo di liquidi
- ripetuti infarti
- miocarditi.

Indicazioni e modalità di attività fisica

L'esercizio fisico è possibile dalla Ia alla IIIa classe NYHA ma con attenta supervisione nella IIa e soprattutto nella IIIa. I soggetti devono essere stabilizzati dal punto di vista clinico. L'intensità dell'attività fisica deve essere modificata quotidianamente in modo tale che il soggetto resti attivo il più possibile senza manifestare sintomi ed essere il più possibile individualizzata.

Di primaria importanza è la valutazione iniziale delle capacità del soggetto; questa può essere effettuata tramite test da sforzo o attraverso il 6' walk corridor test (vedi apparato respiratorio), con apparecchi portatili che misurano la frequenza cardiaca oppure con appositi questionari; quindi è necessario testare la tolleranza all'esercizio fisico valutando il grado di fatica percepita (scala di Borg), il tempo di recupero al termine dell'esercizio, le variazioni della pressione arteriosa e della frequenza cardiaca. Qualsiasi programma di esercizio fisico non deve essere iniziato o deve essere sospeso qualora si manifestino segni di insufficienza cardiaca. Ogni seduta deve sempre essere preceduta da una adeguata fase di

riscaldamento (almeno 8-10 minuti) preferibilmente al cicloergometro senza carico o al treadmill; successivamente sono consigliati esercizi aerobici la cui intensità può essere regolata non superando, nemmeno nei soggetti capaci di migliori prestazioni, il 70% della frequenza cardiaca massima.

Attenzioni

Le sedute devono essere interrotte nei seguenti casi:

- aumento dei valori pressori sistolici oltre 200 mmHg
- aumento dei valori pressori diastolici oltre 110 mmHg
- aumento della frequenza cardiaca oltre 140 BPM
- aritmia (se non presente come nel caso della fibrillazione atriale cronica)
- comparsa di qualsiasi sintomo correlabile alla patologia di base.

Al minimo dubbio è buona regola richiedere l'intervento del medico.

Ipertensione Arteriosa

Introduzione e classificazione

L'ipertensione non è suscettibile di definizione in termini assoluti, poiché non è possibile definire una soglia al cui livello la pressione arteriosa (PA) cessa di essere normale e divenga patologica. Inoltre la PA varia continuamente in relazione a circostanze fisiologiche. Tuttavia, secondo i parametri OMS si tende a considerare normali valori medi pressori diurni entro 140/90 e notturni entro 125/80; secondo la ASH (American Hypertension Society) i valori normali sono entro limiti più ristretti (rispettivamente 130/80 e 120/75). Poiché molti soggetti sono classificati come ipertesi sulla base di singole e sporadiche misurazioni ed essendo stata definita la "sindrome da camice bianco" come la possibilità che solamente durante la visita dal medico la pressione arteriosa sia elevata, è buona norma, prima di classificare i soggetti come ipertesi, eseguire un monitoraggio pressorio delle 24 ore oppure istruire il soggetto ad autovalutare (misurandola da solo) la propria pressione arteriosa durante i vari momenti della giornata, e quando capita (nel senso di non svegliarsi appositamente per effettuare la misurazione che potrebbe essere alterata dallo stress) anche durante la notte. Il medico dovrebbe cercare di individuare precocemente l'insorgenza dell'ipertensione arteriosa poiché è stato dimostrato che la terapia antiipertensiva precoce corregge la forma maligna, l'encefalopatia, l'insufficienza cardiaca e riduce l'incidenza di ictus. Le donne ipertese non dovrebbero assumere contraccettivi orali la

cui azione combinata aggrava la prognosi. La distribuzione del rischio cardiovascolare ha un andamento continuo, sebbene soggetta ad altre influenze. L'ipertensione arteriosa (IA) si classifica in essenziale (di origine non nota, probabilmente multifattoriale, legata a fattori genetici, alterazioni combinate del sistema renina-angiotensina-aldosterone, difetto dell'escrezione renale di sodio, del sistema nervoso autonomo; recenti studi hanno supposto che la rarefazione capillare, aumentando le resistenze periferiche, possa svolgere un ruolo importante nel suo determinismo) e secondaria (da cause renali, endocrine, cardiovascolari, neurologiche, gravidica, da stress, da iperolemia, da alcool, da eccessivo uso di liquirizia, da farmaci). L'IA è anche classificata come complicata e non complicata a seconda della presenza o della assenza di manifestazioni a carico degli organi bersaglio (cuore, rene, encefalo, retina). Alcuni autori considerano l'ipertensione essenziale dell'anziano come un aspetto dell'invecchiamento normale, cosa confortata dal frequente riscontro di ipertensione sistolica isolata. Al contrario di quanto si riteneva in passato, negli anziani i rischi cardiovascolari sono praticamente sovrapponibili sia in caso di ipertensione diastolica che sistolica isolate, con aumento del rischio se associate ad ipertrofia ventricolare sinistra.

Epidemiologia

Nello studio di Framingham (Truett, 1977; Soglie, 1971), 1/5 dei soggetti presentava una PA > 160/95, mentre quasi la metà aveva pressioni superiori a 140/90. In pratica è stato stimato che negli USA 43 milioni di cittadini sono ipertesi. Alcune indagini epidemiologiche condotte in Inghilterra hanno accertato che tra gli uomini di 40-59 anni di età il 35% ha valori di pressione arteriosa sistolica (PAS) > 140 ed il 7% > 170 mmHg.

Secondo dati ufficiali l'IA è responsabile in Italia del 6.3% della mortalità per malattie cardiovascolari con 15700 decessi nel 1990. Sicuramente il numero di morti da attribuire all'IA è superiore considerato il suo ruolo come fattore di rischio per cardiopatia ischemica ed ictus. L'IA è uno dei principali fattori di rischio (FDR) per IMA, ictus, scompenso cardiaco, disfunzione renale, arteriopatia periferica. Il rischio è associato ai valori pressori, alla presenza di manifestazioni degli organi bersaglio e ai FDR cardiovascolari. Nelle popolazioni occidentali è stato descritto il modello continuo di distribuzione della PA. In queste popolazioni la PAS aumenta fino a tarda età mentre la pressione arteriosa diastolica (PAD) tende a livellarsi o a diminuire leggermente dopo i 50

anni. Anche la prevalenza delle manifestazioni degli organi bersaglio aumenta con l'età. Negli USA la prevalenza della IA è maggiore per gli afro-americani che per i bianchi non ispanici e i messicano-americani e per le persone con un minor grado di istruzione. Esistono comunità dove l'aumento della PA con l'età è assente o lieve e di conseguenza il livello medio di PA è più basso. Queste si trovano in alcune isole del pacifico, zone dell'Africa, giungla sud-americana. Si tratta di comunità isolate, piccole, con forte coesione interna e scarsità di cibo, con poco sodio e molto potassio nella dieta. La migrazione in altre zone di solito porta all'aumento dei valori di PA (Paul, 1979; Simson et al, 1979).

Età

La PA tende ad aumentare con l'età anche nei normotesi; dopo i 60 anni l'aumento si verifica solamente per la sistolica. Questo non si verifica nelle popolazioni primitive forse per la carenza di sodio nella dieta e per la maggiore attività fisica.

Influenze genetiche

L'importanza dei fattori genetici è dimostrata dalla assimilabilità dei valori pressori tra parenti di 1° grado, tra fratelli, tra genitori e tra figli, con correlazioni statisticamente significative. Coefficienti di correlazione inferiori (di circa la metà) si osservano invece nei figli adottivi. Ora, sebbene la correlazione sia altamente significativa dal punto di vista statistico i coefficienti sono relativamente bassi, cosa che indica una influenza genetica certa, ma modesta, sostenuta da espressioni fenotipiche diverse; questo è importante ai fini terapeutici (Giner et al, 2001).

Influenze ambientali

Le influenze ambientali hanno un'importanza tutt'altro che trascurabile; queste, agendo su un genotipo suscettibile possono determinare l'espressione fenotipica che si rileva nell'ipertensione essenziale. Sono chiaramente dimostrate dagli studi sulle popolazioni migranti (Simpson et al, 1979).

Influenze sociali

Non sono facilmente dissociabili da altre influenze patogenetiche. La PA è più elevata nelle classi meno abbienti con peso corporeo più elevato e aumenta con il consumo di alcool, tabacco e con una maggiore esposizione ai rumori. Un esempio è dimostrato dalle popolazioni migrate dalle isole del Pacifico in Nuova Zelanda, che, se rimaste legate alla cultura ed alle abitudini native delle isole di provenienza, mostrano minor incremento dei valori di PA rispetto a quello rilevato nelle popolazioni maggiormente inserite nella società neo-zelandese.

Ciclo mestruale

E' stato dimostrato un incremento della PA diastolica durante la fase follicolare del ciclo mestruale (Okeahialam et al, 2008).

Influenza della temperatura ambientale e delle stagioni

I valori pressori sono costantemente più elevati nei paesi a clima freddo e nei mesi invernali. Questo è indipendente dalla pioggia. Le variazioni maggiori si hanno negli anziani. E' anche noto come l'incidenza degli eventi patologici cardiovascolari è più elevata nei periodi freddi.

Influenza dei rumori

E' stato dimostrato che un forte rumore può causare un aumento acuto di pressione arteriosa sia in soggetti sani che ipertesi, attraverso la vasocostrizione o l'aumento della gittata cardiaca. Nei soggetti con IA essenziale, la sodiemia plasmatica aumenta dopo stimolo rumoroso mentre l'adrenalina e la renina non si modificano (Zhang et al, 2012).

Stress e IA

La maggior parte degli studi epidemiologici non ha fornito risultati conclusivi, tuttavia alcuni dimostrano significativi aumenti di PA in presenza di situazioni caratterizzate da repressione dei sentimenti di rabbia e di ostilità o da difficoltà vissute nel proprio ambiente di lavoro.

Isolamento

E' stato osservato che la PA di pazienti psichiatrici istituzionalizzati da lungo tempo è più bassa della media. Altri hanno osservato che la PA in comunità di suore vissute per 20 anni in clausura non incrementa con l'età mentre nel gruppo di controllo (formato da donne laiche con valori di PA uguali a quelli delle stesse suore all'ingresso del monastero) i valori di PA aumentano con l'età.

Rapporti tra IA, apnea notturna, ipossiemia e rumore

Non è stato dimostrato che questi fattori possano contribuire alla comparsa di IA, ma vi sono molti studi che correlano con l'ipossiemia notturna. L'interazione con più fattori rende poco attendibili i risultati (Onen et al, 2012).

Alimentazione e ipertensione

E' nota l'associazione tra peso corporeo e IA indipendente da altri fattori, confermata da misurazioni intra-arteriose della PA. Bambini che acquistano peso rapidamente sono predisposti all' IA nell'età adulta mentre l'insorgenza di IA è inversamente proporzionale al peso alla nascita. I motivi per cui un aumento del peso corporeo si associa ad un aumento della PA non sono chiariti. I soggetti obesi ed allo stesso tempo ipertesi mostrano un volume plasmatico maggiore rispetto agli obesi normotesi; negli obesi ipertesi vi è inoltre un aumento dell' attività simpatica. Tuttavia non vi sono evidenze certe che l'obeso iperteso abbia un maggior rischio di complicanze cardiovascolari rispetto ad un soggetto magro della stessa età con uguali livelli pressori anche se è dimostrato l'effetto antiipertensivo della riduzione del peso corporeo (Sharma et al, 1992).

Sodio e ipertensione

Gli studi in materia sono contrastanti. Possiamo tuttavia affermare che mentre l'introito salino è scarsamente rilevante nella genesi della ipertensione essenziale, la restrizione attraverso la dieta è utile nel trattamento antiipertensivo (Simpson, 1979; Swales, 1990; Gonzales et al, 2012); è stato inoltre osservato che le comunità caratterizzate da bassi valori pressori consumano poco sodio. Alcuni autori hanno rilevato un incremento della PA legato all'eccessivo introito di bicarbonato di sodio (Lowder, 1975).

Contenuto corporeo di sodio

Il contenuto corporeo di sodio è positivamente e significativamente correlato con la PA, più nell'uomo che nella donna, specialmente negli anziani ed in quelli con ipertensione severa nei quali la restrizione salina può risultare particolarmente utile (Swales, 1990).

Potassio e ipertensione

Dalle ricerche eseguite sull'argomento, sembra che il potassio abbia un effetto anti-ipertensivo sia nella prevenzione che nella terapia dell'IA (Cappuccio et al, 1991).

Magnesio

Il solfato di magnesio per via endovenosa abbassa acutamente la PA nelle crisi ipertensive. L'ipotesi che un alto introito di magnesio si accompagni a bassi valori di PA non è però confortato da evidenze epidemiologiche (Abbasi et al, 2012).

Ipertensione e calcio

Un fattore prodotto dalle paratiroidi a debole effetto ipertensivo, verrebbe inibito dalla somministrazione di calcio. Numerosi studi hanno dimostrato un modestissimo effetto della somministrazione di calcio sulla pressione arteriosa e l'integrazione di calcio non limita l'effetto anti-ipertensivo dei calcio-antagonisti (Zoccali et al, 1986; Abbasi et al, 2012).

Ipertensione e alcool

Esiste una potente associazione anche per 30-40 gr al dì, ma l'effetto svanisce dopo pochi giorni di astinenza. L'eziologia non è nota. In alcuni alcoolisti si sviluppa una sindrome simile al Cushing (Smals, 1976; Saunders et al, 1981; Arkwright, 1982; Higashiyama et al, 2012).

Ipertensione e caffeina

Con l'assunzione di caffè si registra un leggero e transitorio incremento della PA con aumento di renina, adrenalina e nor-adrenalina plasmatici. L'effetto diminuisce e spesso scompare se il consumo diviene abituale (Casiglia et al, 1991).

Dieta vegetariana

I vegetariani presentano valori di PA più bassi rispetto a coloro che si nutrono di carne (Fraser, 2009).

Omega 3

Sembra che gli acidi grassi poliinsaturi della serie omega-3 siano in grado di ridurre il tono delle resistenze arteriolari e quindi i valori di PA; a conferma della loro efficacia in alcune popolazioni eschimesi che si nutrono di pesce contenente alte concentrazioni di omega 3, l'ipertensione è quasi assente (Cabo et al, 2012).

Fumo di sigaretta

Tra gli effetti immediati vi sono l'aumento della PA e della FC, quasi sicuramente per la presenza della nicotina; per contro numerosi studi hanno dimostrato valori di PA più bassi nei fumatori cronici rispetto ai non fumatori ma con incidenza di IA maligna maggiore nei fumatori (St George et al, 1991).

Prevenzione

Studi trasversali ed osservazionali longitudinali (Simpson, 1979, Shin et al, 2012) hanno rilevato che i seguenti fattori sono associati alla prevalenza o all'incidenza di IA: obesità, inattività fisica, stress cronico, consumo di alcool, elevata assunzione di sodio, ridotta assunzione di potassio, calcio, magnesio e certi tipi di fibre oltre l'assunzione di alcuni macronutrienti.

Quindi la **prevenzione primaria** deve essere indirizzata a indurre le persone ad uno stile di vita che elimini il più possibile i fattori di rischio (OMS):

- ridurre il consumo di sale nella dieta (<5-6 gr/die di NaCl)
- contenere il peso corporeo entro i limiti
- incremento della attività fisica
- limitare il consumo di alcool (< 26 gr/die)
- incremento di potassio nella dieta.

I risultati degli studi sugli interventi per la prevenzione dell'ipertensione dimostrano come le modificazioni dello stile di vita rappresentano una parte integrante del trattamento dell'ipertensione.

La riduzione dei valori di PA di 10 mmHg influisce su morbosità e mortalità cardiovascolare con risultati solitamente migliori rispetto a quelli ottenibili dal trattamento farmacologico.

Attività fisica e ipertensione

I risultati degli studi trasversali eseguiti non sono concordi sulla riduzione dei valori pressori in relazione all'attività fisica anche se la maggior parte di essi ne affermano l'assoluta efficacia (Paffenbarger, 1991; Levy, 1993; Moreira, 1999; Fagard, 2001), soprattutto nell'anziano;

molti studi longitudinali e le metanalisi condotte sull'argomento documentano invece una correlazione statisticamente significativa tra attività fisica e riduzione della pressione arteriosa (questa si ridurrebbe anche durante l'esercizio).

Il tipo di esercizio che correla maggiormente è quello di tipo aerobico, di intensità lieve e moderata (non oltre il 70% della capacità aerobica massima) mentre è discussa l'efficacia dell'attività contro resistenza. E' noto come la sospensione dell'attività fisica porti ad una perdita dei vantaggi ottenuti sulla riduzione dei valori pressori (Seals, 1984; Seals 1994; Seals, 1997).

La riduzione dei valori pressori con l'attività fisica sembra correlata sia alla riduzione delle resistenze periferiche che alla riduzione della volemia (la riduzione delle resistenze periferiche sembra secondaria all'aumento di sostanze vasodilatatrici probabilmente legato alla liberazione di ossido nitrico (NO) dall'endotelio e a modificazioni neuroendocrine (riduzione di catecolamine e dell'attività simpatica); la diminuzione della volemia sembra dipendere da modificazioni ormonali con riduzione dell'attività reninica e aumento del fattore natriuretico atriale (Braith, 1994; Mendes et al, 2011; Thanassoulis, 2012).

Attenzioni

I soggetti in trattamento con diuretici hanno una riduzione della volemia e quindi sono soggetti ad una riduzione della gettata cardiaca sotto sforzo; coloro che sono in trattamento con beta bloccanti vanno incontro ad una riduzione dell'aumento della frequenza cardiaca e della gettata durante l'esercizio ed a modificazioni del metabolismo (in relazione a ridotta liberazione di acidi grassi per riduzione dell'attività lipolitica e al decremento della sintesi di glucosio per inibizione della gluconeogenesi) con riduzione dei substrati energetici.

Attività Fisica Consigliata

L'attività consigliata (ACSM, 1993) è di tipo aerobico di intensità lieve-moderata (40-70% VO₂ max; tra 2 e 3 della scala di Borg per una durata di 30-60 minuti compresi riscaldamento e raffreddamento, per almeno 4 - 5 volte alla settimana).

Valutazione Iniziale Del soggetto

Come per la cardiopatia ischemica è necessario un inquadramento iniziale del soggetto in modo da stabilire il tipo ed il grado di ipertensione, le sue

eventuali complicanze e l'entità del rischio durante l'attività fisica. Questo per una idonea scelta e programmazione degli esercizi.

Sono estremamente utili un ECG ed una Ecocardiografia (per escludere una ipertrofia ventricolare sinistra). Valori pressori a riposo superiori a 110 mmHg per la minima e 180 per la massima rappresentano una controindicazione all'esercizio e necessitano di stabilizzazione farmacologica (il controllo di elevati valori di PA riduce il rischio di ictus, IMA, scompenso cardiaco congestizio ed eventi fatali; i pazienti ad alto rischio debbono essere i primi candidati alla terapia antiipertensiva).

Particolare attenzione va posta nei soggetti in trattamento farmacologico di ogni tipo, nei quali è indispensabile un monitoraggio pressorio.

Bisogna porre attenzione ai soggetti in trattamento con beta bloccanti che invalidano il parametro FC come indicatore dell'intensità dell'attività (può essere usata la scala di Borg).

Sono da evitare esercizi in cui la posizione della testa si trovi più in basso rispetto al cuore per evitare un eccessivo aumento della pressione intracranica.

Sono consigliati:

- abolizione del fumo
- riduzione del sovrappeso, dell'assunzione di grassi saturi e di colesterolo
- riduzione di sodio con la dieta (< di 2,4 gr al dì)
- riduzione del consumo di caffè
- abolizione di superalcolici
- limitazione dell'assunzione di alcool con il vino (non oltre 250-300 cc di vino rosso al giorno)
- aumento del contenuto di potassio nella dieta (3,5 gr al dì).

Arteriopatia Ostruttiva Degli Arti Inferiori

L'Arteriopatia ostruttiva (AOCP o arteriopatia ostruttiva cronica periferica) è molto diffusa e può rimanere per lungo tempo priva di manifestazioni cliniche essendo la sua progressione lenta. Può portare al prolungamento dell'invalidità ed è la causa più comune di amputazione di arto inferiore. Sono importanti la diagnosi precoce, la prevenzione e la scelta dei tempi qualora si debba intervenire chirurgicamente. La principale causa di Arteriopatia Ostruttiva è l'aterosclerosi. I fattori di rischio sono sovrapponibili a quelli descritti per la cardiopatia ischemica (vedi trattazione specifica) e sono rappresentati da ipertensione,

ipercolesterolemia, sesso maschile, fumo di sigaretta e dalla malattia diabetica. L'incidenza negli uomini è doppia rispetto alle donne. La sintomatologia tipica di questa affezione è la claudicazione intermittente (claudicatio intermittens) che consiste nella comparsa di un dolore di tipo "crampiforme" molto intenso durante la marcia: il soggetto è costretto a fermarsi fino a che questo cessa e gli consente di riprendere il cammino. Il dolore è più spesso localizzato al polpaccio, ma può interessare la caviglia, il piede, la coscia o i glutei, a seconda della localizzazione delle stenosi arteriose emodinamicamente significative.

La sintomatologia dolorosa, specie in uno stadio avanzato della malattia, tende a ridurre sempre più l'autonomia del soggetto con riduzione dell'attività fisica fino all'immobilità, con importanti ripercussioni sulla qualità della vita. I sintomi di questa affezione sono stati classificati da Fontaine (vedi tabella sottostante) e sono direttamente proporzionali al grado di ipoperfusione dei tessuti a valle dei vasi stenosati oppure al grado di sofferenza del microcircolo (tipico della malattia diabetica). Il dolore che compare durante il cammino può essere così precoce da ridurre l'autonomia di marcia a poche decine di metri.

| CLASSIFICAZIONE DI FONTAINE | |
|-----------------------------|--|
| STADIO | SINTOMI |
| I | Assenti |
| II A | Claudicatio Intermittens lieve (solitamente la distanza percorribile prima che compaia il dolore è di oltre 200 metri) |
| II B | Claudicatio Intermittens grave (distanza percorribile inferiore a 200 metri) |
| III | Dolore a riposo, specie durante le ore notturne |
| IV | Necrosi (gangrena) dei tessuti a livello distale |

Diagnosi

La diagnosi di arteriopatia ostruttiva è semplice quando è presente la claudicatio intermittens, sintomo difficilmente attribuibile ad altre patologie; quando l'arteriopatia è significativa da un punto di vista emodinamico anche a riposo, è sufficiente un semplice apparecchio doppler portatile, con il quale è possibile avere informazioni qualitative e quantitative sul flusso ematico fino ai distretti più distali esplorabili (arterie tibiali posteriori a livello malleolare e pedidie) ove si può misurare direttamente la pressione arteriosa rapportandola con quella degli arti superiori (si esegue l'Indice di Winsor che normalmente è ≥ 1). Lo studio mediante videocapillaroscopia a sonda ottica può permettere anche la visione dei capillari attraverso la cute, per esplorarne la presenza numerica, il loro stato ed il comportamento del flusso sanguigno.

Valutazione iniziale del soggetto

Il test da sforzo su treadmill è l'ideale per quantizzare in modo ripetibile l'entità dell'autonomia di marcia del soggetto. E' importante osservare lo stato della cute (colore, trofismo, presenza di peli), spesso alterato soprattutto nella malattia diabetica (in questo caso è importante evitare i traumi anche lievi, soprattutto a livello ungueale e periungueale); spesso il soggetto affetto da arteriopatia periferica presenta interessamento di altri distretti vascolari, e, prima di intraprendere un programma di attività fisica, è bene escludere la presenza di cardiopatia ischemica (ECG da sforzo al cicloergometro, ECO-stress, scintigrafia miocardica con test al dipiridamolo), che vi si associa in circa il 25% dei casi; inoltre, per avere un quadro completo dei fattori di rischio, specie nei fumatori, è bene avere informazioni sull'assetto lipidico e sul comportamento della pressione arteriosa attraverso un Holter Pressorio.

In caso di coesistenza di cardiopatia ischemica le controindicazioni all'esercizio (vedi riferimento specifico) sono da osservare addirittura con maggior rigidità, per l'aumento del rischio di IMA e di pericolose aritmie.

Attività fisica e arteriopatia ostruttiva cronica periferica

Vi sono evidenze che indicano un effetto protettivo dell'attività fisica nei confronti dell'insorgenza di AOCP che risulta però significativo solo nei soggetti fumatori. Dalla meta-analisi condotta da Gardner e Poehlman nel 1998 sugli studi effettuati nei 30 anni precedenti è dimostrabile un incremento della distanza percorribile (anche del 100%) prima della comparsa del dolore nei soggetti sottoposti a programmi di esercizio: i risultati migliori si sono osservati in corrispondenza dei programmi che comprendevano una maggiore intensità, frequenza e durata, in modo più evidente nei gruppi di pazienti più anziani (Crowther et al, 2008; Crowther et al 2009)

Numerosi studi hanno dimostrato che l'esercizio fisico può addirittura eliminare, nei primi stadi della malattia, i sintomi della claudicatio. Non sono invece univoci i risultati degli studi condotti per stabilire il tipo di esercizio più idoneo, anche se la tendenza dei riabilitatori è sempre orientata sulla marcia (anche con treadmill). Sembra che la capacità di incrementare l'esercizio fisico sia legata esclusivamente alla cessazione del fumo, anche se le terapie mediche e l'attività fisica (in modo particolare quella rappresentata dal cammino protratto fino alla comparsa del dolore o per 35-40 minuti, 3-4 volte alla settimana per almeno 6 mesi) prevengono o ritardano la comparsa di arteriopatia

ostruttiva (o delle sue manifestazioni cliniche), specialmente nei maschi fumatori di età superiore a 60 anni (Gardner, 2012). Non sono sufficientemente chiari i meccanismi attraverso i quali l'attività fisica migliora la sintomatologia di questi soggetti, anche se un'ipotesi credibile è quella che vede un maggior sviluppo di circoli collaterali, un miglioramento del metabolismo energetico attraverso un più adeguato utilizzo della carnitina e la riduzione della viscosità ematica associata ad una maggiore produzione di nitrossido (NO).

Attività fisica consigliata.

E' da preferirsi il cammino per almeno 30' 5 volte alla settimana con intensità attorno al 50-60% della VO_2 max; tra 3 e 4 della scala di Borg (ACSM, 1993).

Ancora applicati sono gli esercizi di Buerger che constano nel sollevare le gambe fino a 90° per 3 minuti 3-4 volte al giorno, per poi lasciarle penzolare dal letto per altri 3 minuti (sembra che i benefici di questo esercizio possano essere ricondotti da un lato ad un miglioramento del circolo collaterale per vasodilatazione reattiva, dall'altro al rafforzamento dei muscoli impegnati).

Consigli per gli utenti

- Riduzione, controllo o eliminazione dei fattori di rischio modificabili (fumo, diabete, dieta ricca di grassi saturi, ipertensione, eccesso ponderale);
- Indossare scarpe adatte al cammino, che non stringano (ulteriore riduzione del flusso già compromesso dalla AOCP) e non creino lesioni ai tessuti;
- Proteggere le gambe dai traumi;
- Evitare calze con elastico;
- Correggere eventuali comorbilità come la desaturazione (BPCO) e l'anemia;
- Evitare se possibile farmaci beta-bloccanti.

Attività fisica nell'amputato di arto inferiore

Purtroppo, specie se l'AOCP è associata a diabete, l'incidenza di amputazioni è tutt'altro che trascurabile, circa il 5% ogni anno sull'intera popolazione colpita. Quando è possibile il paziente viene protesizzato; la

deambulazione con la protesi richiede alti consumi di energia (fino al 200-300% in più) all'inizio della protesizzazione, con tendenza alla riduzione entro un anno (fino al 150-200 %). Questo rende comunque molto difficile l'esecuzione di esercizio fisico, che spesso è limitabile al solo cammino, già difficoltoso (Van Damme et al, 2003).

La potenza aerobica è molto ridotta e vi sono molti altri fattori che possono complicare la riabilitazione e l'attività fisica in genere:

- Difficoltà nella guarigione del moncone (soprattutto nei diabetici)
- Coesistenza di cardiopatia ischemica o BPCO
- Riduzione dell'equilibrio
- Riduzione della forza muscolare
- Sovrappeso
- Artrosi di anca o di ginocchio omo e/o controlaterali.

Attività Fisica Consigliata

Nei soggetti che hanno maggior autonomia e non presentano controindicazioni è sempre indicata la marcia, prendendo preferibilmente come parametro utile l'intensità dello sforzo percepito attraverso la scala di Borg; sono in ogni caso indicati esercizi per il rafforzamento degli arti superiori (cyclette o altro tipo di ergometro), del tronco e dell'arto superiore.

Richiami anatomici e fisiologici dell'apparato cardiocircolatorio

Il cuore

Il cuore è situato al centro del mediastino, parzialmente coperto dai polmoni, dallo sterno e dalle cartilagini costali della 3a, 4a e 5a costa; è appoggiato sul diaframma in modo tale che il suo apice costituisce la parte più anteriore dell'organo. Il cuore dell'adulto pesa circa 330 grammi nell'uomo e 280 grammi nella donna; tranne la valvola mitrale bicuspidata, le altre valvole (tricuspide, aortica e polmonare) possiedono 3 cuspidi (quelle aortica e polmonare sono chiamate per la loro tipica conformazione "semilunari"). Sia nel giovane che nell'adulto in una buona percentuale di casi (dal 10 al 30%) le valvole atrio-ventricolari non hanno una tenuta perfetta e si può parlare di insufficienza fisiologica; la arteria polmonare presenta questo tipo di insufficienza in circa il 40% dei casi (fino al 90% negli atleti); diversa è la valutazione e l'interpretazione del rigurgito aortico, più raro (8% dei casi) da considerare potenzialmente patologico

anche se di entità molto contenuta in tutte le età. Le 4 camere cardiache si contraggono (sistole) e successivamente si rilasciano (diastole); mentre la sistole atriale precede quella ventricolare, durante la diastole tutte e 4 le camere sono rilasciate. Il battito cardiaco trae la propria origine da un **sistema di conduzione** composto da: nodo seno atriale (SA); vie atriali internodali; nodo atrio-ventricolare (AV); fascio di His con le sue branche (dx e sin); sistema del purkinje. L'intero sistema è composto da cellule miocardiche striate ma a contorni indistinti, ricche di glicogeno, con maggior componente sarcoplasmatica che possiedono una attività *pace-maker*, sono cioè in grado di depolarizzarsi spontaneamente e di generare potenziali d'azione. Anche altre parti del miocardio, in condizioni anormali possono comportarsi in modo analogo. Il nodo SA scarica ad una frequenza più alta e quindi dà l'avvio, determinando, in condizioni normali, la frequenza cardiaca. Questo è situato in corrispondenza dello sbocco della vena cava superiore nell'atrio destro. Dal nodo SA lo stimolo si propaga al nodo AV, situato nella parte posteriore destra del setto interatriale attraverso 3 fasci di fibre atriali (anteriore di Bachman, mediano di Wenckebach e posteriore di Thorel). Il nodo AV si continua con il fascio di His, che in corrispondenza della sommità del setto interventricolare dà origine alla branca sin (ramo anteriore e posteriore) ed alla branca destra. Le branche ed i rami decorrono sotto l'endocardio verso la punta del cuore entrando in contatto con il sistema del purkinje che dirama fibre a tutto il miocardio ventricolare.

La **contrazione miocardica** dipende dal *precarico* o carico passivo, che determina la lunghezza iniziale delle fibre cardiache prima della contrazione (vedi legge di Starling); dal *postcarico* che è rappresentato da tutti i carichi che devono vincere le fibre miocardiche durante il loro accorciamento sistolico (impedenza aortica, resistenze arteriose e periferiche, volume telediastolico, massa e viscosità ematiche); dalla *contrattilità* o stato inotropo che rappresenta la velocità di risposta e l'entità dell'accorciamento miocardico per un dato carico istantaneo; dalla *frequenza cardiaca*. La variazione di quest'ultima, soprattutto in individui non allenati, è il modo più semplice per aumentare rapidamente la gettata cardiaca (o portata) ovvero la quantità di sangue pompata nell'unità di tempo, che, a riposo, è di circa 5.5 l/min (80 ml x 69 battiti/min); questa, rapportata alla superficie corporea è circa 3.2 l/min x m² e prende il nome di indice cardiaco, da non confondere con la gettata sistolica o gettata pulsatoria o volume-sistole che rappresenta la quantità di sangue pompata da ciascun ventricolo per ogni battito (circa 80 ml). Al di sopra di un certo valore (170-180 battiti/min per il giovane e l'adulto e 120-140 per l'anziano) la gettata sistolica può diminuire in relazione alla riduzione del tempo diastolico/min, in modo direttamente

proporzionale al riempimento ventricolare ed al flusso coronarico, che per il ventricolo sinistro avviene prevalentemente durante la fase diastolica.

L'ingresso dell'ossigeno nella cellula miocardica è facilitato dalla presenza della **mioglobina** che possiede caratteristiche di dissociazione tali da favorire la diffusione dell'ossigeno all'interno delle cellule (la mioglobina è un pigmento contenente ferro che si trova nei muscoli rossi o lenti; è simile alla emoglobina ma lega una sola molecola di O₂ anziché quattro; ha la capacità di sottrarre O₂ alla emoglobina e la sua concentrazione è massima nei muscoli specializzati per le contrazioni sostenute, potendo fornire O₂ anche quando il flusso sanguigno si arresta; inoltre facilita la diffusione dell'O₂ dal sangue ai mitocondri). A livello cardiaco l'aumento di estrazione dell'ossigeno come meccanismo di riserva è in ogni modo secondario rispetto a quello che avviene negli altri tessuti dell'organismo.

Nel corso dell'esercizio muscolare la gettata sistolica può raggiungere valori 5-6 volte superiori a quelli di riposo poiché i muscoli che traggono l'energia necessaria per la contrazione dai processi ossidativi (in presenza di adeguato apporto di ossigeno, zuccheri, grassi ed in minor misura proteine) possono aumentare il fabbisogno di ossigeno anche di 50 volte. Oltre che dal lavoro muscolare, la gettata cardiaca è aumentata sia dall'ansietà e dall'eccitamento (dal 50 al 100%) che dall'assunzione di cibo (30%), mentre è diminuita nel passaggio dalla posizione orizzontale a quella seduta o eretta (20-30%) e da consistenti incrementi della frequenza cardiaca. Il lavoro (prodotto tra pressione arteriosa generata e volume di sangue espulso) compiuto dal ventricolo sinistro per spingere il sangue nel circolo sistemico è circa 8 volte superiore a quello compiuto dal ventricolo destro per sostenere lo stesso flusso attraverso il circolo polmonare. Poiché il consumo di O₂ miocardico aumenta in proporzione alla pressione arteriosa ed alla frequenza cardiaca, è stato proposto un indice indiretto (impiegato anche nelle prove da sforzo al cicloergometro) per la valutazione del lavoro cardiaco, rappresentato dal prodotto di questi due parametri (**doppio prodotto**); prove sperimentali hanno dimostrato che questo indice correla soddisfacentemente col consumo di O₂ miocardico. Il sangue pompato nell'aorta durante la sistole dà origine ad un'onda di pressione che si propaga lungo le arterie e che è avvertita alla palpazione come "**polso**"; la velocità con la quale questa si propaga nell'aorta è, nell'adulto, di circa 4m/sec (16m/sec nelle piccole arterie); con l'avanzare dell'età, le arterie divengono più rigide e l'onda viaggia più veloce.

A riposo il sangue cede al cuore il 70-80% del suo contenuto di O₂ e il suo consumo può aumentare solo se aumenta il flusso sanguigno. Per il muscolo cardiaco l'utilizzo del metabolismo anaerobio come meccanismo di riserva è abbastanza limitato (nell'adulto sano durante esercizio fisico moderato può fornire circa il 5% dell'energia utilizzata; il 30 % nell'adulto scompensato).

L'apporto di sangue è garantito dalle **arterie coronarie**, destra e sinistra e dalle loro diramazioni, che si diffondono sulla superficie epicardica del cuore e penetrano nelle pareti ventricolari ad angolo retto. Le arterie coronarie originano dai seni situati alla radice della aorta, dietro le cuspidi della valvola; gli orifizi coronarici rimangono aperti durante l'intero ciclo cardiaco. Al pari degli altri muscoli scheletrici, il cuore, durante la contrazione comprime i suoi vasi: durante la sistole infatti la pressione nel ventricolo sinistro è un po' più alta rispetto a quella aortica, per cui le arterie che ne irrorano la parte sottoendocardica vengono occluse e il sangue vi scorre solo durante la diastole.

Questo meccanismo spiega perché il flusso coronarico si riduce nella tachicardia, che produce un accorciamento della diastole. Se l'irrorazione sanguigna non è adeguata la contrazione provoca dolore fino al ripristino della circolazione.

Il cuore è innervato da:

1) fibre simpatiche (nor-adrenergiche) che traggono origine principalmente dal quarto e quinto segmento spinale toracico e raggiungono il cuore attraverso connessioni sinaptiche nei gangli cervicali e cervico dorsali del plesso cardiaco; le fibre simpatiche si distribuiscono a tutte le regioni del cuore terminando in depressioni del sarcolemma; la loro attività determina vasodilatazione (non direttamente), aumento della frequenza cardiaca (effetto **cronotropo** positivo) e della forza di contrazione (effetto **inotropo** positivo);

2) fibre parasimpatiche (colinergiche) provenienti dai nuclei vagali del midollo allungato, che raggiungono il cuore attraverso le branche cardiache del nervo vago dirigendosi su cellule gangliari interessando prevalentemente i nodi SA e AV oltre agli atri; queste hanno un effetto vasodilatatore diretto sulle coronarie e rallentano la frequenza (effetto cronotropo negativo).

Ogni volta che il cuore si contrae, hanno luogo una serie di eventi elettrici e meccanici che prendono il nome di **ciclo cardiaco** (contrazione rapida, eiezione rapida, eiezione lenta, protodiastole, rilasciamento isovolumetrico, riempimento rapido, diastasi, sistole atriale). E' importante ricordare i dati fondamentali relativi alle dimensioni ed alla

funzione cardiaca normali in un soggetto adulto o anziano del peso di circa 70-80 chili:

| | | |
|----------------------------|---|--|
| Ventricolo Sinistro | Diametro diastolico | fino a 56 mm; |
| | Spessori parietali | fino a 11 mm |
| Ventricolo Destro | Diametro diastolico | 7-23 mm |
| Atrii | | fino a 40 mm |
| Aorta | Radice aortica a livello dei seni di valsalva | fino a 38 mm |
| | aorta ascendente | 30 mm |
| Gittata Sistolica | Quantità di sangue espulsa dal ventricolo ad ogni sistole | 80 ml. |
| Gittata o Portata Cardiaca | prodotto della gittata sistolica x la frequenza cardiaca | circa 5,5 litri/min (80 ml x 69 battiti/min) |
| Frazione di eiezione | rapporto tra il volume diastolico ed il volume sistolico del ventricolo sinistro: è l'indice usato in eocardiografia per stabilire l'efficienza della funzione di pompa del ventricolo sinistro | ≥ 55% |
| Frequenza cardiaca (FC): | battiti per minuto (BPM) | 60-70 |

Altrettanto importante è ricordare i fattori che influenzano la frequenza cardiaca, riassunti nella tabella sottostante.

| AUMENTANO LA FREQUENZA | DIMINUISCONO LA FREQUENZA |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| Adrenalina | Espirazione |
| Noradrenalina | Aumento dell'attività barocettoriale |
| Inspirazione | Paura |
| Ridotta attività barocettoriale | Episodi depressivi |
| Eccitazione | Nevralgia del trigemino |
| Stati di collera | Aumento della pressione intracranica |
| Stimoli dolorosi | |
| Attività muscolare | |
| Ipossia | |

Vasi sanguigni: arterie e vene

Le **arterie** hanno una parete costituita da tre tuniche: intima (endotelio), media (composizione elastico-muscolare variabile) e avventizia (fibre collagene, piccoli vasi sanguigni, vasi linfatici e nervi). Si distinguono in arterie di tipo elastico (aorta e suoi grossi rami, arteria polmonare) e di tipo muscolare (nelle quali la colonna sanguigna procede attivamente grazie anche alla capacità contrattile della tunica media nei distretti più lontani dal cuore). Prendono il nome di **arteriole** i vasi arteriosi con calibro inferiore a 300 μ . La transizione dalle arterie alle arteriole è strutturalmente non ben definita, essendo graduale. Prima di ramificarsi nei capillari, le arteriole presentano un certo numero di espansioni a forma di pedicelli delle cellule endoteliali che entrano in contatto con cellule muscolari (giunzioni mioendoteliali) assumendo il nome di **metarteriole** (le variazioni del lume di queste regolano l'afflusso di sangue ai capillari). Ogni metarteriola è connessa direttamente ad una venula attraverso un capillare sempre pervio, detto vaso preferenziale; nelle dita, nel palmo della mano e nei lobi dell'orecchio esistono comunicazioni dirette tra arteriole e venule che escludono i capillari. I **capillari**, le ultime e più piccole diramazioni del sistema arterioso, sono di calibro variabile (da 2 a 10 μ) e rendono possibili gli scambi tra liquidi circolanti e parenchimi; ognuno di essi è provvisto, alla sua origine, di uno sfintere di muscolatura liscia (sfintere precapillare).

L'area totale dei capillari nell'adulto è di poco inferiore a 6500m². I globuli rossi nel loro passaggio attraverso i capillari, assumono una forma a ditale o a paracadute, con la concavità rivolta verso il flusso. I capillari si congiungono alle venule, che hanno pareti lievemente più spesse e molto più distendibili. La struttura della parete capillare varia a seconda degli organi, come la loro permeabilità, minima a livello cerebrale, massima a livello intestinale e renale. A livello muscolare (muscolo scheletrico, cardiaco e liscio) le giunzioni fra le cellule endoteliali dei capillari permettono il passaggio di molecole (di diametro fino a 10 nm), trasportate anche tramite endo ed esocitosi. A livello cerebrale le giunzioni sono più strette e permettono il passaggio di molecole più piccole; a questo livello la parete dei capillari è rivestita esternamente da cellule non mesenchimali, di tipo nevrogliico (probabilmente responsabili della cosiddetta barriera emato-encefalica); a livello renale, intestinale e nelle ghiandole endocrine i capillari presentano "fenestrature" (di diametro 20-100 nm) che rendono i capillari porosi e permettono il passaggio di grosse molecole; a livello epatico, l'endotelio capillare è addirittura discontinuo e le sue cellule sono in contatto, embricate come le tegole di un tetto.

Il sistema venoso inizia dalle **venule post-capillari** (diametro 10-30 μ), che come abbiamo visto sono in continuazione diretta con i capillari, anch'esse con possibilità di effettuare scambi attraverso la parete con i tessuti circostanti; a queste fanno seguito le **venule** (diametro 30-1000 μ), le **vene** di medio calibro (1-10 mm) e quelle di grosso calibro. I vasi venosi hanno una parete più sottile di quelli arteriosi (tranne le venule post-capillari), con scarso sviluppo della componente muscolare ed elastica; le vene degli arti presentano valvole che impediscono il reflusso del sangue, formate dal ripiegamento dell'intima; le vene più piccole, quelle viscerali, del cervello e le vene di grandi dimensioni sono sprovviste di valvole).

Arterie degli arti inferiori

Dalla aorta addominale (calibro 1,3-1,8 cm a livello sottorenale) si dipartono le 2 arterie iliache comuni che a loro volta si dividono in interne ed esterne; la a. iliaca esterna si continua nella a. femorale comune che a livello inguinale si continua a sua volta nella a. femorale superficiale dando origine ad alcuni rami dei quali i più importanti sono la a. femorale profonda e la a. circonflessa. A livello del poplite la a. femorale superficiale si continua con la a. poplitea, che all'altezza dell'anello del muscolo soleo si divide nelle a.a. tibiali anteriore e posteriore; l'a. tibiale anteriore diviene distalmente la a. dorsale del piede (pedidia); la a. tibiale posteriore dà origine precocemente alla a. peroniera e decorre sulla faccia posteriore della tibia fino al tendine di Achille (si palpa in condizioni normali al di sotto del malleolo mediale) terminando in rami plantari mediali e laterali; la a. peroniera segue la fibula fino al calcagno dove dà numerosi rami anteriori, posteriori e laterali.

In caso di arteriopatia ostruttiva cronica periferica (AOCP) possono instaurarsi numerosi circoli collaterali; il punto più critico, che spesso richiede l'approccio chirurgico, è rappresentato dal tratto terminale della a. femorale superficiale e dalla arteria poplitea, anatomicamente poco predisposti alla formazione di circoli di compenso. E' utile ricordare che oltre alla innervazione noradrenergica vasocostrittrice, i muscoli scheletrici ricevono fibre colinergiche vasodilatatrici (sistema vasodilatatore simpatico). Poiché dopo il taglio dei nervi simpatici (simpatectomia o simpaticectomia) i vasi si dilatano, in alcuni casi (specie quando non è possibile ottenere una ricanalizzazione vascolare diretta od eseguire angioplastica o by-pass) il chirurgo vascolare può effettuare questo tipo di intervento.

Come abbiamo già detto aterosclerosi e diabete sono le principali cause di arteriopatia ostruttiva.

La prima colpisce prevalentemente le arterie a partire dalla biforcazione aorto-iliaca con interessamento più frequente della arteria femorale

superficiale alla sua origine ed al terzo distale; la seconda, i cui fenomeni fisiopatologici sono sovrapponibili, colpisce maggiormente le arterie più periferiche ed il microcircolo (in alcuni casi il flusso può essere normale fino ai rami più distali della a. tibiale posteriore ed alla a. pedidia ed essere presente una gangrena per la prevalenza di microvasculopatia). Dobbiamo anche ricordare la malattia di Buerger (tromboangiite obliterante), patologia rara che colpisce arterie di medio e piccolo calibro degli arti superiori o inferiori.

E' fortemente correlata col fumo di sigaretta, anche se l'eziologia non è nota e colpisce giovani maschi adulti. I fenomeni ostruttivi si accompagnano a processi flogistici che interessano anche il distretto venoso. Fenomeni occlusivi acuti delle arterie possono verificarsi in seguito a fenomeni embolici, a trombosi o a traumi esterni. Nell'80% dei casi gli emboli originano a livello cardiaco (spesso per trombi intra-atriali in soggetti con fibrillazione atriale, non scoagulati; per trombi intraventricolari dovuti ad IMA, valvulopatie, protesi valvolari; endocarditi batteriche; per distacco di placche ateromasiche ulcerate) e si localizzano generalmente alla biforcazione femorale o poplitea. Altre cause di occlusioni acute possono essere dovute a trombosi in situ (emorragia intrapacca) o ad aneurismi dissecanti dell'aorta. Gli aneurismi dell'aorta addominale, quasi esclusivamente di origine aterosclerotica, sono prevalentemente sottoreni, fusiformi, interessano prevalentemente soggetti oltre i 60 anni e sono generalmente asintomatici essendo scoperti nella maggior parte dei casi in occasione di una visita medica (pulsazione addominale in zona periombelicale, soffio vascolare) o di una ecografia addominale (per aneurisma s'intende una dilatazione dell'arteria che può accompagnarsi ad alterazioni parietali fino allo scollamento dell'intima e alla dissecazione della media tali da portare alla rottura del vaso). A livello addominale, l'aorta possiede normalmente un calibro inferiore ai 2 cm; quando questo supera i 2,5 cm sono necessari periodici monitoraggi ed oltre i 3,5 cm vi è l'indicazione all'intervento chirurgico (l'aneurisma aortico rappresenta una delle controindicazioni all'attività fisica). In presenza di ostruzione arteriosa acuta compare improvvisamente intenso dolore all'arto, distalmente all'ostruzione, cui si associano pallore, ipotermia e disturbi della sensibilità; spesso la cute del piede appare cianotica. I polsi periferici sono assenti. Il protrarsi dell'ischemia porta alla paralisi dell'arto ed alla gangrena.

Vasi linfatici

Dalle fessure dello stroma dei vari organi e dagli spazi intercellulari (interstizi) dei parenchimi, nei quali si trova la linfa proveniente dalla rete

capillare (la linfa è una sostanza contenente proteine, linfociti, fattori coagulanti e, in alcuni distretti, abbondanti quantità di lipidi), nascono i capillari linfatici, che confluiscono in vasi di calibro maggiore (collettori linfatici), dai quali originano successivamente i dotti linfatici. Nel loro percorso, a distanza variabile a seconda delle loro dimensioni e dei distretti, i vasi linfatici si interrompono nei linfonodi o gangli linfatici, confluendo poi nel sistema venoso. Il **dotto toracico** o linfatico, provvisto di valvole continenti nel suo 3° superiore, raccoglie la linfa degli arti inferiori, della porzione sottoombelicale dell'addome, dall'intestino e dalla zona lombare (attraverso la cisterna chyli da cui nasce), dalla metà sinistra della testa, dal torace e dall'arto superiore sinistro. La **vena linfatica destra** raccoglie la linfa proveniente dalla metà destra del torace, dalla metà destra della testa e dall'arto destro. Sia il dotto toracico che la vena linfatica destra sboccano nella confluenza delle vene giugulare interna e succlavia dei rispettivi lati. A volte la vena linfatica destra, non si forma come di solito dalla fusione del tronco succlavio destro con quelli giugulare e bronco-mediastinico ed i rispettivi tronchi sboccano direttamente nella giugulare interna in prossimità della succlavia. Il sistema linfatico, come quello venoso, riporta verso il cuore i rifiuti del metabolismo; l'immissione diretta della linfa nel torrente circolatorio porterebbe in molte condizioni alla compromissione dell'omeostasi e dei fenomeni vitali e quindi si spiega il sistema di "filtro" prodotto dai linfonodi ove possono essere aggrediti batteri o fermate cellule tumorali.

Circolazione nei capillari

Gli scambi a livello capillare sono essenziali per la vita. I capillari contengono il 5% della massa sanguigna: attraverso le loro pareti l'O₂ e le sostanze nutritive entrano nel liquido interstiziale, mentre la CO₂ ed i prodotti del catabolismo entrano nel torrente sanguigno. La pressione nei capillari è variabile con circa 32 mmHg nell'estremità arteriosa (ove la variazione pulsatoria è di 5 mmHg) e 15 in quella venosa (con una variazione pulsatoria nulla). Il flusso nei capillari è lento (0,07 cm/sec). In ogni punto del capillare la velocità di filtrazione dipende dall'equilibrio tra gradiente di pressione idrostatica (differenza tra la pressione idrostatica del capillare e quella del liquido interstiziale) e gradiente di pressione osmotica (differenza tra la pressione colloidosmotica del plasma o pressione oncotica, che è di circa 25 mmHg e quella del liquido interstiziale). Poiché la pressione colloidosmotica del liquido interstiziale è assai trascurabile, il gradiente è uguale alla pressione oncotica e quindi diretto verso l'interno. In ogni caso un po' di liquido passa negli spazi interstiziali dall'estremità arteriolare dei capillari dove la pressione di

filtrazione supera la pressione oncotica ed entra nei capillari all'estremità venulare, dove la pressione oncotica supera la pressione di filtrazione. Vi sono sostanze che aumentano la permeabilità capillare (sostanze liberate dal riflesso assonico, istamina, bradichinina). Di solito la quantità di liquido che abbandona i capillari supera quella che vi rientra ed i capillari linfatici riportano nel torrente sanguigno questa eccedenza (normalmente il flusso linfatico è di 2-4 litri al giorno); il flusso linfatico è permesso dalla pompa muscolare, dalla pressione negativa intratoracica durante l'inspirazione, dalla depressione a livello dello sbocco dei vasi linfatici nelle vene e dalle contrazioni ritmiche dei grandi vasi linfatici e delle arterie attigue. I fattori che influenzano la quantità di liquido negli spazi interstiziali sono :

- 1) pressione capillare
- 2) pressione del liquido interstiziale
- 3) pressione oncotica
- 4) permeabilità capillare
- 5) numero di capillari attivi
- 6) flusso linfatico
- 7) volume totale del liquido extracellulare
- 8) rapporto tra la resistenza pre e post capillare (la costrizione precapillare abbassa la pressione di filtrazione, quella postcapillare la eleva).

Per **edema** si intende l'accumulo di liquido interstiziale in quantità elevata. Il liquido tende ad accumularsi, per effetto della gravità, nelle parti inferiori del corpo. Nella stazione eretta le arteriole riescono a ridurre la pressione a livello capillare ove però si trasmette la pressione venosa attraverso le venule. Anche le contrazioni del muscolo scheletrico contribuiscono a mantenere bassa la pressione venosa. Tutto ciò spiega perché con maggior facilità l'edema si verifica stando fermi o seduti a lungo. Anche la ritenzione di sodio (che determina a sua volta ritenzione di acqua) determina un aumento di volume del liquido extracellulare (LEC) creando una predisposizione all'edema. Il LEC comprende il liquido interstiziale ed il plasma sanguigno (componente liquida del sangue, privata cioè degli elementi cellulari).

Le cause di edema possono essere così distinte:

- 1) **aumento della pressione di filtrazione:** dilatazione delle arteriole o costrizione delle venule; aumento della pressione idrostatica venosa (insufficienza cardiaca; stenosi od ostruzioni venose per trombosi venose profonde o compressioni ab estrinseco; insufficienze valvolari venose; aumento del LEC; effetto della gravità);
- 2) **riduzione del gradiente di pressione osmotica attraverso la parete capillare:** riduzione delle proteine plasmatiche (inadeguata

introduzione; difettoso assorbimento; ridotta produzione; aumentata eliminazione); accumulo di sostanze osmoticamente attive nello spazio interstiziale;

- 3) **aumento della permeabilità capillare:** presenza di istamina e sostanze istaminosimili, chinine;
- 4) **alterazioni del flusso linfatico:** ostruzione o compressione ab estrinseco, interruzione chirurgica del drenaggio linfatico, patologie infiammatorie (linfangiti), filariosi.

Bibliografia

1. Abbasi IU, Salim-ul-Haque, Kausar MW, Karira KA, Zubaris NA. Correlation of divalent cations (Ca^{++} , Mg^{++}) and serum renin in patients of essential hypertension. *J Pak Med Assoc.* 2012 Feb;62(2):134-8.
2. ACSM (American College of Sports Medicine): Position stand on physical activity, physical fitness and hypertension. *Med Sci Sports Exerc* 25: 1-10, 1993.
3. Arkwright P.D. et al.: Effects of alcohol use and other aspects of life-style on blood pressure levels and prevalence of hypertension in a working population. *Circulation* 66: 60-66, 1982.
4. Beilin L.J.: Environmental and dietary aspects of primary hypertension. In *handbook of Hypertension*, vol 15: Clinical Hypertension ed Robertson, Amsterdam pg. 95-140, 1992.
5. Berg A. et al.: Physical activity and lipoprotein lipid disorders. *Sports Med* 17:6-21, 1994.
6. Bouschey C.J et al. : A quantitative assessment of plasma homocysteine as a risk factor for vascular disease. *JAMA* 274: 1049-1057, 1995.
7. Braith R.W. et al.: Moderate and high-intensity exercise lowers blood pressure in normotensive subjects 60 to 79 years of age. *Am J Cardiol* 73: 1124-1128, 1994.
8. Cabo J, Alonso R, Mata P. Omega-3 fatty acids and blood pressure. *Br J Nutr.* 2012 Jun;107 Suppl 2:S195-200. Review.
9. Cappuccio F.P., Mc Gregor G.A.: Moderate potassium supplementation in hypertension: how useful? Abstracts, 5 European Meeting on Hypertension, Milano, n°9, 1991.
10. Carbonin P.U. et al.: Fisiopatologia dell'invecchiamento cardiaco. In: Crepaldi G.: *Trattato di Gerontologia e Geriatria.* Utet, 273-281, 1992.
11. Casiglia E. Et al.: Haemodynamic effects of coffee and purified caffeine in normal volunteers: a placebo controlled clinical study. *J Human Hypertens* 6: 95-99, 1992.
12. Cerretelli P.: *Fisiologia dell'Esercizio.* SEU, Roma, 2001.
13. Coudert J.C., Praagh E.V.: Endurance exercise training in the elderly: effects on cardiovascular function. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 3:479-483, 2000.
14. Crowther RG, Spinks WL, Leicht AS, Sangla K, Quigley F, Golledge J. Effects of a long-term exercise program on lower limb mobility, physiological responses, walking performance, and physical activity levels in patients with peripheral arterial disease. *J Vasc Surg.* 2008 Feb;47(2):303-9.
15. Crowther RG, Spinks WL, Leicht AS, Sangla K, Quigley F, Golledge J. The influence of a long term exercise program on lower limb movement variability and walking performance in patients with peripheral arterial disease. *Hum Mov Sci.* 2009 Aug;28(4):494-503.

16. Danesh J. Et al: Lipoprotein (a) and coronary heart disease. Meta-analysis of prospective studies. *Circulation* 102: 1082-1085, 2000.
17. Donal E, Rozoy T, Kervio G, Schnell F, Mabou P, Carré F. Comparison of the heart function adaptation in trained and sedentary men after 50 and before 35 years of age. *Am J Cardiol.* 2011 Oct 1;108(7):1029-37.
18. Duscha B.D., Kraus W.E., Keteyian S., Sullivan M.G., Green H.G., Schachat F.H., Phippen A.M., Brawner C.A., Blank G.M., Annex B.H.: Capillary density of skeletal muscle: a contributing mechanism for exercise intolerance in class II-III heart failure independent of other peripheral alterations. *J Am Coll Cardiol* 33: 1956-1963, 1999.
19. Eshani A.A. et al.: Exercise training improves left ventricular systolic function in older men. *Circulation* 83: 96-103, 1991.
20. Evidence-Based Cardiology, vol n°1. Ed it. A cura di M. Mariani e G. Gensini. Ed. Infomedica, Pianezza (TO) 1999-2000.
21. Fagard R.H.: Exercise characteristics and the blood pressure response to dynamic physical training. *Med Sci Sports Exerc* 33, 484-492, 2001.
22. Fleg J.L. et al.: Left ventricular diastolic filling performance in older male athletes. *JAMA* 273: 1371-1375, 1995.
23. Hakim A.A. et al.: Effects of walking on coronary heart disease in elderly men: The Honolulu Heart Program. *Circulation* 100:9-13, 1999.
24. Fraser GE. Vegetarian diets: what do we know of their effects on common chronic diseases? *Am J Clin Nutr.* 2009 May;89(5):1607S-1612S. Epub 2009 Mar 25. Review. Erratum in: *Am J Clin Nutr.* 2009 Jul;90(1):248.
25. Gardner AW, Poehlman ET. Assessment of free-living daily physical activity in older claudicants: validation against the doubly labeled water technique. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1998 Jul;53(4):M275-80.
26. Gardner AW, Montgomery PS, Parker DE. Optimal exercise program length for patients with claudication. *Vasc Surg.* 2012 May;55(5):1346-54.
27. Giner V, Corella D, Chaves FJ, Pascual JM, Portolés O, Marín P, Lozano JV, Armengod ME, Redón J. Renin-angiotensin system genetic polymorphisms and essential hypertension in the Spanish population. *Med Clin (Barc).* 2001 Nov 3;117(14):525-9.
28. González SA, Forcada P, de Cavanagh EM, Inserra F, Svane JC, Obregón S, Castellaro C, Olano D, Hita A, Kotliar CV. Sodium intake is associated with parasympathetic tone and metabolic parameters in mild hypertension. *Am J Hypertens.* 2012 May;25(5):620-4. doi: 10.1038/ajh.2012.10. Epub 2012 Feb 23. PMID:22357414
29. Hall K.M., Luepker R.V.: Is hypercholesterolemia a risk factor and should it be treated in the elderly? *Am J Health Promot* 14:347-356, 2000.
30. Hambrecht R., Gielen S., Linke A., Fiehn E., Yu J., Walther C., Schoene N., Shuler G.: Effects of exercise training on left ventricular function and peripheral resistance in patients with chronic heart failure. *JAMA* 283: 3095-3101, 2000.
31. Hein H.O. et al.: Physical activity or physical fitness as a predictor of ischemic heart disease? A 17-year follow-up in the Copenhagen male study. *J Intern Med* 232:471-479, 1992.

32. Higashi Y. Et al: Daily aerobic exercise improves reactive hyperemia in patients with essential hypertension. *Hypertension* 33: 591-597, 1999.
33. Higashiyama A, Okamura T, Watanabe M, Kokubo Y, Wakabayashi I, Okayama A, Miyamoto Y. Alcohol consumption and cardiovascular disease incidence in men with and without hypertension: the Suita study. *Ypertens Res.* Aug 2012.
34. Ka Rognmo O, Moholdt T, Bakken H, Hole T, Mølsted P, Myhr NE, Grimsmo J, Wisløff U. Cardiovascular Risk of High- Versus Moderate-Intensity Aerobic Exercise in Coronary Heart Disease Patients. *Circulation.* Aug 2012.
35. Kajstura J, Rota M, Cappetta D, Ogórek B, Arranto C, Bai Y, Ferreira-Martins J, Signore S, Sanada F, Matsuda A, Kostyla J, Caballero MV, Fiorini C, D'Alessandro DA, Michler RE, Del Monte F, Hosoda T, Perrella MA, Leri A, Buchholz BA, Loscalzo J, Anversa P. Cardiomyogenesis in the Aging and Failing Human Heart. *Circulation.* Sep. 2012, 17(4-5):635-62
36. Kokkinos P.F., Fernhall B.: Physical activity and high density lipoprotein cholesterol levels: what is the relationship? *Sports Med* 28: 307-314, 1999.
37. Lakatta E.G.: Cardiovascular regulatory mechanism in advanced age. *Phys rev* 73: 413-467, 1993.
38. Lakka T. Et al.: Relation of leisure time physical activity and cardiorespiratory fitness to the risk of acute myocardial infarction in man. *New Engl J Med* 330: 1549-1554, 1994.
39. Langford H.G. et al.: All cause mortality in the hypertension detection and follow-up program : findings for the whole cohort and for persons with less severe hypertension, with and without other traits related to risk of mortality. *Prog Cardiovasc dis* 29 1 : 29-54, 1986.
40. Lavie C.J., Messerli F.H.: Cardiovascular adaptation of obesity and hypertension. *Chest* 90: 275-279, 1986.
41. Levy D et al: Stratifying the patient at risk from coronary disease: new insights from the Framingham Study. *Am Heart J.* 119:712-717, 1990.
42. Levy W.C. et al.: Endurance exercise training augments diastolic filling at rest and during exercise in healthy young and older men. *Circulation* 88: 116-126, 1993.
43. Lowder S.C, Brown R.D.: Hypertension corrected by discontinuing chronic sodium bicarbonate ingestion. *Am J Med* 58: 272-279, 1975.
44. Malenka D.J., Baron J.A.: Cholesterol and coronary heart disease. The importance of patient-specific attributable risk. *Arch Intern Med* 148: 2247-2252, 1988.
45. Mancini D.M., Walter G., Reichek N., Lenkinski R., McCullli K.K., Mullen J.L., Wilson J.R., Wilson J.R.: Contribution of skeletal muscle atrophy to exercise intolerance and altered muscle metabolism in heart failure. *Circulation* 185: 1364-1373, 1992.
46. Mendes R, Sousa N, Barata JL. Physical activity and public health: recommendations for exercise prescription. *Acta Med Port.* 2011 Nov-Dec;24(6):1025-30. Epub 2012 Feb 20.

47. McLean AS, Huang SJ, Kot M, Rajamani A, Hoyling L. Comparison of cardiac output measurements in critically ill patients: FloTrac/Vigileo vs transthoracic Doppler echocardiography. *Anaesth Intensive Care*. 2011 Jul;39(4):590-8.
48. Molmen HE, Wisloff U, Aamot IL, Stoylen A, Ingul CB. Aerobic interval training compensates age related decline in cardiac function. *Scand Cardiovasc J*. 2012 Jun;46(3):163-71. Epub 2012 Feb 20
49. Moreira D. Et al.: The effects of two aerobic training intensities on ambulatory blood pressure in hypertensive patients. Results of a randomized trial. *J Clin Epidemiol* 52: 637-642, 1999.
50. Niccoli T, Partridge L Ageing as a risk factor for disease. *Curr Biol*. 2012 Sep 11;22(17):R741-52.
51. Ogawa T. Et al.: Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation* 86: 494-503, 1992.
52. Okeahialam BN, Obindo JT, Ogbonna C. *Afr J Med Med Sci*. 2008 Dec;37(4):361-7.
53. Onen SH, Lesourd B, Ouchchane L, Lin JS, Dubray C, Gooneratne NS, Onen F. *J Am Med Dir Assoc*. Aug 2012.
54. Paffenbarger R.S. et al.: The association of changes in physical activity level and other life style characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 328: 538-545, 1993.
55. Paffenbarger R.S. et al.: Physical activity and incidence of hypertension in college alumni. *Am J Epidemiol* 117: 245-257, 1983.
56. Paffenbarger R.S. et al.: Physical activity and hypertension: an epidemiological view. *Ann Med* 23: 319-327, 1991.
57. Paul O.: Epidemiology of hypertension. In *Arterial hypertension* ed Gross and Robertson, London, Pitman Medical pg 15-24, 1979.
58. Poehlman E.T. et al.: Physiological predictors of increasing total and central adiposity in aging men and women. *Arch Intern Med* 155: 2443-2448, 1995.
59. Reisin E. Et al.: Effect of weight loss without salt restriction on the reduction of blood pressure in overweight hypertensive patients. *N Engl J Med* 298: 1-6, 1978.
60. Reymond P, Westerhof N, Stergiopulos N. Systolic hypertension mechanisms: effect of global and local proximal aorta stiffening on pulse pressure. *Ann Biomed Eng*. 2012 Mar;40(3):742-9. Rosenberg L. Et al. : The risk of myocardial infarction after quitting smoking in men under 55 years of age. *N Engl J Med* 313: 1511-1514, 1985.
61. Saunders J.B. et al.: Alcohol induced hypertension. *Lancet* 11: 653-656, 1981.
62. Seals D.R., Hagberg J.M.: The effect of exercise training on human hypertension: a review. *Med Sci Sports Exerc* 16: 207-215, 1984.
63. Seals D.R. et al.: Effect of regular aerobic exercise on elevated blood pressure in postmenopausal women. *Am J Cardiol* 80: 49-55, 1997.
64. Seals D.R. et al.: Exercise and aging: autonomic control of the circulation. *Med Sci Sport Exerc* 26: 568-576, 1994.

65. Sharma A.M. et al.: Effects of sodium saltson pressor reactivity in salt-sensitive men. *Hypertension* 19: 541-548, 1992.
66. Shephard R.J.: *Attività fisica, Invecchiamento e Salute*. McGraw-Hill, Milano, 1998.
67. Schwartz R.S., Buchner D.M.: Exercise in the elderly: physiological and functional effects. In: *Principles of geriatric Medicine and Gerontology*. Hazzard W.R. et.al. Halter Ed. 7: 91-105, 1994.
68. Shimokata H. Et al.: Studies in the distribution of body fat. Effects of age, sex and obesity. *J Gerontol* 44: 66-73, 1989.
69. Shin JH, Shin J, Kim BK, Lim YH, Park HC, Choi SI, Kim SG, Kim JH. Within-visit blood pressure variability: relevant factors in the general population. *J Hum Hypertens*. 2012 Sep 13. doi: 10.103, 2012.
70. Simpson F.O.: Salt and hypertension: a sceptical review of the evidence. *Clin Sci* 57(suppl): 463-469, 1979.
71. Simpson F.O. et al.: A community study of risk factors for high blood pressure: possibilities for prevention. *Perspectives in Cardiovasc Res* 4: 31-39, 1979.
72. Siren R, Eriksson JG, Vanhanen H. Waist circumference a good indicator of future risk for type 2 diabetes and cardiovascular disease. *BMC Public Health*. 2012 Aug 9;12(1):631.
73. Smals A.G. et al.: Alcohol-induced cushingoid syndrome. *Br Med J* 4: 1298, 1976.
74. Smith L.K.: Exercise in patients with heart failure. In Shepard R.J., Miller H.J.: *Exercise and the heart in health and disease* pg 397-412. N. York: M. Dekker, 1992.
75. St.George I.M. et al.: Smoking and blood pressure in 15 year olds in Dunedin, New Zeland. *Br Med J* 302: 89-90, 1991.
76. Sullivan M.J. et al.: exercise training in patients with chronic heart failure delays ventilatory anaerobic threshold and improves submaximal exercise performance. *Circulation* 79: 324-329, 1989.
77. Swales J.D.: Studies of salt intake in hypertension: what can epidemiology teach us? *Am J hypertens* 3: 645-649, 1990.
78. Thanassoulis G, Lyass A, Benjamin EJ, Larson MG, Vita JA, Levy D, Hamburg NM, Widlansky ME, O'Donnell CJ, Mitchell GF, Vasan RS. Relations of exercise blood pressure response to cardiovascular risk factors and vascular function in the Framingham Heart Study. *Circulation*. 2012 Jun 12;125(23):2836-43.
79. Tran V., Weltman A.: Differential effects of exercise on lipid and lipoprotein level seen with changes in body weight: a meta-analysis. *Metabolism* 254: 919-924, 1985.
80. Truett J, Sorlie P.Changes in successive measurements and the development of disease: the Framingham Study. *J Chronic Dis*. 1971 Aug;24(6):349-61.
81. Van Damme H, Baguet E, Zhang L, Creemers E, Limet R. Prevention of lower limb necrosis and amputation by femoro-crural bypass: indications, techniques and results.*Rev Med Liege*. 2003 Jun;58(6):415-28. Review. French.

82. Williams P.T.: Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 33 suppl: 622-634, 2001.
83. Xue QL, Bandeen-Roche K, Mielenz TJ, Seplaki CL, Szanton SL, Thorpe RJ, Kalyani RR, Chaves PH, Dam TT, Ornstein K, Roychoudhury A, Varadhan R, Yao W, Fried LP. Patterns of 12-Year Change in Physical Activity Levels in Community-Dwelling Older Women: Can Modest Levels of Physical Activity Help Older Women Live Longer? *Am J Epidemiol*. 2012 Aug 30. Yeo W.W., Ramsay L.E.: Dietary aspects of prevention and treatment of hypertension. *Curr Opinion Cardiol* 2: 758-73, 1992.
84. Zhang WS, Zhou H, Xiao LW, Wu L, Wang Z, He GQ, Luo XL. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. Chinese. A study on the relationship between hearing impairment and blood pressure and hypertension in workers occupationally exposed to noise. *Circulation*. 2012 Jul;30(7):517-20.
85. Zoccali C. Et al.: Long-term oral calcium supplementation in hypertension: a double-blind, randomized, cross-over study. *J Hypertens* 4 suppl. 6: 676-678, 1986.

Capitolo VII

Teoria Tecnica e Didattica dell'Attività Motoria e Apparato Locomotore

Claudio Macchi

Invecchiamento dell'apparato locomotore

Le modificazioni e le alterazioni che possiamo ritrovare nell'invecchiamento sono molteplici.

Per semplicità e maggiore chiarezza possiamo suddividerle a seconda del distretto interessato, anche in relazione alla sua composizione e funzione (Aniasson et al, 1983; Hamerman, 1994; Faulkner et al, 1995; Shepard, 1997; Sinaki, 1998; Faulkner et al, 2007; Ryall et al, 2008; Clark, 2011; Peterson et al, 2012; Iida et al, 2012; Hügler et al, 2012).

Invecchiamento muscolare

Fibra muscolare

L'invecchiamento si accompagna ad una serie di alterazioni dell'apparato muscolare a partire dalla massa fibrosa, che possiamo riassumere nel seguente modo:

- pompaggio più lento degli ioni calcio da parte del reticolo sarcoplasmatico;
- riduzione dei mitocondri;
- riduzione delle proteine contrattili, con maggior prevalenza delle isoforme lente di miosina;
- riduzione dell'area delle fibre di tipo II rispetto alle fibre di tipo I: questo viene associato più alla riduzione del diametro delle fibre di Tipo II (con una parallela riduzione delle capacità contrattili), che ad una selettiva riduzione del loro numero.

Queste modificazioni comportano una ridotta capacità metabolica della fibra muscolare, con diminuzione della sua capacità di sviluppare forza e della sua resistenza alla fatica.

Massa muscolare

La riduzione della massa muscolare inizia attorno ai 30 anni; fino ai 50 è legata principalmente ad una riduzione del diametro delle fibre (ipotrofia), successivamente diventa più marcata anche in relazione alla riduzione nel numero delle fibre (fino a circa il 3-5% ogni decade).

Per **sarcopenia** s'intende la diminuzione della massa muscolare relativa alla riduzione del numero di fibre, che avviene nel corso del processo di invecchiamento. E' fondamentale nella comparsa della disabilità motoria e conduce anche a riduzione del metabolismo basale e della capacità di termoregolazione. E' determinata principalmente dalla degenerazione dei neuroni delle corna anteriori del midollo spinale (diminuzione delle unità motorie) e dalle alterazioni endocrine età correlate (ridotta produzione di estrogeni, androgeni, ormone della crescita, insulina), che rivestono un ruolo importante nella genesi di questo fenomeno.

Anche la comorbidità, parallelamente ad una ridotta efficienza del sistema immunitario, induce uno stato infiammatorio ed uno stress ossidativo, aumentando la degradazione proteica.

L'inattività e la riduzione di introito proteico con la dieta sono fattori di perdita di massa muscolare spesso reversibili.

Forza muscolare

Secondo studi trasversali la forza isometrica raggiunge il massimo intorno ai 30 anni, resta costante fino ai 50 e poi diminuisce progressivamente. Quetelet, nel lontano 1835 evidenziò un decremento del 40% sia della forza di prensione che di quella dei muscoli del dorso dai 30 ai 65 anni. Studi successivi mostrano mediamente una perdita più lenta e più tardiva, senza decremento significativo fino ai 60 anni e con una perdita mediamente intorno al 12-15% ogni decade a partire dai 60 anni. E' possibile che la forza muscolare sia persa più rapidamente a livello degli arti inferiori rispetto ai superiori, forse per il diverso impiego nell'attività motoria. Sperimentalmente, oltre che una riduzione della massima tensione sviluppabile a livello muscolare (Tmax), si riscontra anche un aumento del tempo necessario per raggiungerla. I meccanismi di riduzione della forza muscolare che si accompagnano all'invecchiamento includono:

riduzione della massa muscolare

- riduzione del diametro di ogni singola fibra;
- riduzione del numero delle fibre (sarcopenia).

riduzione della forza per unità di CSA (Cross Sectional Area)

- sovrastima della CSA in relazione a sostituzione di tessuto muscolare con tessuto fibroso o grasso;
- maggior rigidità del muscolo a riposo;
- riduzione dell'elasticità della componente in parallelo dell'unità muscolo tendinea;
- alterazioni inerenti l'attivazione neuromotoria (reclutamento non ottimale);
- riduzione della capacità contrattile a livello delle singole fibre muscolari.

Potenza muscolare

La potenza muscolare si riduce ad una velocità maggiore di quanto spiegabile soltanto con la parallela riduzione di forza muscolare; infatti di fronte ad una perdita media di forza muscolare di circa 1,5% all'anno con l'invecchiamento, si riscontra una perdita media di potenza muscolare del 3,5% all'anno; il picco della potenza muscolare a 70 anni è mediamente inferiore del 40% rispetto al picco che si ha all'età di 30 anni.

Le cause della riduzione di potenza si correla alle perdite funzionali età correlate più strettamente rispetto alla perdita di forza muscolare. La perdita di potenza con l'età è più rapida nelle donne, dalla menopausa in poi.

Le cause comprendono:

- riduzione di forza;
- modifica in senso svantaggioso per lo sviluppo di potenza della relazione di Hill quando il carico è alto, in conseguenza della riduzione di forza;
- riduzione intrinseca della massima velocità di contrazione del muscolo (a carico 0) per riduzione selettiva del numero e/o delle dimensioni delle fibre di tipo II, con riduzione globale della miosina a catene pesanti;
- maggior sensibilità alle riduzioni di temperatura esterna, per riduzione del pannicolo adiposo e alterazioni della termogenesi, con riduzione della velocità dei processi biochimici della contrazione.

Ossa, articolazioni, tendini e invecchiamento

Ossa

Normalmente la massa ossea aumenta fino ad un picco nelle prime fasi della vita e dopo una fase di mantenimento, si riduce.

La perdita di massa ossea rappresenta la caratteristica fondamentale dell'invecchiamento fisiologico ed è modulata dai fattori endocrini e ormonali che regolano l'omeostasi del calcio.

Anche l'attività fisica e la dieta influenzano la velocità di perdita di massa ossea; nella donna la massa ossea ha un picco di perdita nella componente trabecolare dopo la menopausa: la carenza di estrogeni porterebbe alla riduzione dell'assorbimento di calcio a livello intestinale e ad una riduzione dell'attivazione enzimatica renale della vitamina D.

A questo fenomeno si riconduce anche la riduzione di secrezione di calcitonina (incremento del riassorbimento osseo), di paratormone e dei livelli plasmatici di 1,25-diidrossicolecalciferolo.

La perdita di massa ossea corticale è legata all'età in entrambi i sessi. Indipendentemente dalla velocità di perdita, la massa ossea in età avanzata è correlata al picco di massa ossea individuale (III decade), che a sua volta dipende da fattori genetici, nutrizionali, e dall'attività fisica svolta nell'epoca dell'accrescimento.

La perdita di massa ossea comporta un maggiore rischio di frattura e la ridotta elasticità ossea si associa ad un maggior rischio di distacco tendineo.

Le alterazioni ossee età associate sono schematizzate nella tabella sottostante.

| Struttura | Funzione – proprietà |
|---|--|
| Riduzione degli osteoblasti; alterazione del turnover osseo; riduzione della mineralizzazione (metab.fosfocalcico); picco di perdita nella postmenopausa (20-25% nei primi 5-6 anni) di osso trabecolare; progressiva perdita di osso corticale nella senilità; alterazioni della matrice ossea; riduzione di proteoglicani e glicoproteine; riduzione del contenuto di H ₂ O. | Perdita di elasticità; ridotta resistenza meccanica; aumento della fragilità; ridotta permeabilità alle sostanze nutritive; ridotta capacità riparativa. |

Tendini

Con l'invecchiamento si assiste ad una progressiva perdita di elasticità tendinea, legata ad alterazioni delle fibre collagene, che ne costituiscono l'elemento fondamentale, e dell'elastina, che si riduce e viene progressivamente con sostituita da pseudoelastina e cellulosa.

Si verifica anche una alterazione della sostanza fondamentale anista (SFA), con incremento della rigidità e della fragilità tendinea (con maggiore suscettibilità alla rottura) accompagnate da una perdita di

flessibilità a livello dell'unità muscolotendinea. Nella tabella seguente sono riassunte le principali alterazioni.

| Struttura | Funzione – proprietà |
|--|---|
| <p>tenoblasti: riduzione di numero; collagene: riduzione del numero di fibre; aumento dei legami crociati; elastina: frammentazione e riduzione n° di fibre; aumento dei legami crociati; comparsa di pseudoelastina e cellulosa; SFA: riduzione di proteoglicani e glicoproteine; riduzione del contenuto di H₂O.</p> | <p>meccaniche: aumento di rigidità; aumento del tempo per tornare alle dimensioni iniziali dopo estensione; riduzione del range di allungamento. biochimiche: ridotta permeabilità alle sostanze nutritive; maggiore utilizzazione del metabolismo anaerobio; ridotta capacità riparativa.</p> |

Articolazioni

Con l'invecchiamento la secrezione di liquido sinoviale si riduce; il tessuto fibroso della capsula e dei legamenti subisce alterazioni simili a quelle già descritte a carico dei tendini: riduzione del contenuto di acqua e di elastina, aumento dei legami crociati a livello del collagene, riduzione della elasticità e della estensibilità di capsula e legamenti (che si ripercuote sulla flessibilità articolare), aumento del rischio di rottura prevalentemente a carico dei legamenti a seguito di sollecitazioni anche relativamente lievi, per ridotta resistenza meccanica alla tensione.

Il processo di invecchiamento della **cartilagine** si definisce come “maturazione”, per distinguerlo dalle alterazioni degenerative tipiche dell'osteoartrosi. La riduzione del contenuto di acqua e la frammentazione delle molecole di proteoglicani (le cosiddette “molle in tensione” del tessuto cartilagineo), sono alla base della ridotta resistenza alle sollecitazioni di forza che costituisce l'alterazione fondamentale della funzione cartilaginea legata all'età.

Le caratteristiche dell'invecchiamento cartilagineo sono sintetizzate nella tabella seguente.

| Struttura | Funzioni - proprietà |
|--|--|
| <p>1. riduzione cont. H₂O 2. Riduzione dimensione molecole proteoglicani 3. Riduzione condroitinsolfato (GAG) 4. Comparsa di cheratansolfato (GAG) 5. aumento acido ialuronico 6. riduzione numero condrociti</p> | <p>Meccaniche: 1. riduzione elasticità 2. riduzione capacità ammortizzante (shock absorbance) 3. riduzione capacità lubrificante biochimiche: ridotta permeabilità alle sostanze nutritive</p> |

n cenno a parte, per l'importanza e per la peculiarità anatomica e funzionale della struttura, meritano le alterazioni del **rachide**.

Il rachide è mobile, fisiologicamente caratterizzato da tre curve sul piano sagittale (lordosi cervicale, cifosi dorsale e lordosi lombare) che costituisce l'asse del corpo umano; protegge il midollo e le radici nervose, sostiene i visceri e sorregge il capo e il cingolo scapolare; si compone di 24 vertebre libere, più 5 vertebre sacrali e 3 vertebre coccigee. Tranne che per le prime due, tra ogni vertebra libera e la contigua si trova un **disco intervertebrale** con funzione di snodo e di ammortizzatore. Quest'ultimo è costituito da un **nucleo**, centrale, di forma tondeggiante, gelatinoso, circondato dall'**anulus**, formato da lamelle concentriche di tessuto fibroso; gli scarsi elementi cellulari sono rappresentati dai condrociti. I legamenti longitudinali anteriore e posteriore e il legamento sovraspinoso sono strutture nastriformi che si estendono dall'occipite al sacro; gli altri legamenti sono discontinui, unendo ogni vertebra a quelle adiacenti; si dividono in interspinosi, intertrasversari e interlaminari (legamenti gialli). Con l'invecchiamento si assiste ad una marcata riduzione della densità ossea, più precoce nella donna in età postmenopausale, dato che le vertebre sono costituite principalmente da osso trabecolare, con conseguente alto rischio di frattura (spesso di microfratture vertebrali), con deformità ossee che possono aggravare una scoliosi pregressa, o in un dorso curvo con scompenso posturale, con conseguente maggior rischio di rachialgia e di alterazioni dell'equilibrio. A carico del nucleo si riduce il contenuto acquoso e diminuisce lo spessore. Ciò provoca un abbassamento della statura e un avvicinamento intervertebrale con maggior rischio di artrosi interapofisaria. Queste alterazioni comportano una riduzione della flessibilità del rachide che può spesso tradursi in una disabilità motoria, impedendo certi movimenti (girarsi per fare retromarcia, flettersi in avanti per mettere le scarpe etc.). Le modificazioni del rachide con l'invecchiamento sono sintetizzate nella tabella seguente.

| Struttura | Funzioni-proprietà |
|--|---|
| <p>Osso donna: picco di perdita postmenopausale; in seguito perdita senile; uomo: perdita molto ridotta rispetto alle donne (1:2,5), correlata all'età.</p> <p>Disco riduzione condrociti e proteoglicani; riduzione del contenuto acquoso del nucleo (dall' 85% al 70%); riduzione di spessore con avvicinamento intervertebrale.</p> | <p>Meccaniche aumento di fragilità ossea; ridotta capacità ammortizzante discale e maggior stress sulle fibre dell'anulus; riduzione ROM.</p> <p>Biochimiche ridotta permeabilità alle sostanze nutritive; ridotta capacità riparativa.</p> |

Flessibilità e invecchiamento

Le alterazioni con l'invecchiamento del tessuto muscolare, delle articolazioni e dei tendini comportano una riduzione della elasticità tissutale e dello scorrimento articolare, nonché una riduzione della forza muscolare e, in misura minore, della coordinazione. Ciascuno di questi fattori contribuisce alla riduzione di mobilità articolare che si osserva nell'invecchiamento fisiologico.

Con l'invecchiamento si assiste ad una importante retrazione fasciale ed a una riduzione del ROM passivo secondariamente ad alterazioni articolari e muscolari.

La riduzione della flessibilità ha effetti sull'ampiezza del gesto limitando l'autonomia in alcune funzioni della vita quotidiana.

La riduzione del ROM può compromettere anche l'efficienza della contrazione muscolare: infatti la relazione tensione lunghezza dimostra che il massimo di forza muscolare sviluppata si ottiene partendo da un muscolo disteso a lunghezza fisiologica o appena superiore; quando il ROM è ridotto, il muscolo risulta accorciato e la sua capacità di sviluppare tensione si riduce. Una perdita di flessibilità può portare ad una riduzione della capacità respiratoria.

La mobilità articolare ha una base genetica, cosa che spiega come la perdita di flessibilità ha un andamento disomogeneo nella popolazione; gli studi dimostrano una perdita media di flessibilità del 20-30% dai 30 ai 70 anni (ACSM, 1998).

Possiamo riassumere le alterazioni documentate con l'invecchiamento e le loro ripercussioni a livello funzionale:

- Riduzione della forza muscolare e della resistenza alla fatica muscolare (12-15%) ogni decade a partire dai 60 anni;
- Riduzione della massima potenza muscolare assoluta (picco a 70 anni inferiore del 40% rispetto al picco a 30 anni);
- Riduzione dell'elasticità e della resistenza tendinea e ligamentosa;
- Riduzione della flessibilità (dai 30 ai 70 anni riduzione del 20-30%);
- Riduzione della resistenza meccanica dell'osso;
- Riduzione della capacità ammortizzante della cartilagine e dei dischi intervertebrali.

Ciò comporta:

- Ridotta capacità di prestazioni atletiche;
- Aumentato rischio di trauma: fratture, distacchi e lesioni di tendini e legamenti; lesioni muscolari;
- Ridotta capacità motoria globale;

- Riduzione dell'autonomia nelle attività della vita quotidiana (avvicinamento alla soglia della non autosufficienza).

Invecchiamento dell'apparato locomotore e attività fisica

Generalità

Sono stati descritti i mutamenti strutturali e funzionali dell'apparato locomotore nel corso dell'invecchiamento fisiologico. Dobbiamo adesso valutare gli eventuali **effetti dell'attività fisica** su tale processo e le modificazioni delle prestazioni atletiche in relazione all'età ed al tipo di attività sportiva. Da un punto di vista sociologico, nell'arco della vita si può identificare una prima età adulta (nella quale avvengono la creazione di una famiglia e il consolidamento professionale), una fase centrale e una fase tardiva detta fase del nido vuoto (empty nest), nella quale, cresciuti i figli, la struttura della famiglia ritorna quella di coppia, fino ad una fase avanzata (fase del pensionamento e delle perdite affettive). Nelle diverse fasi cambiano gli interessi principali, gli impegni e la disponibilità di tempo libero, assieme alle capacità fisiche ed al livello medio di salute. Con l'età quindi si divaricano sempre di più le attività e le conseguenti prestazioni, in relazione alla genetica, alla psicologia ed allo stile di vita: anche in questo la vecchiaia è l'età della massima differenziazione. Per questo quando parliamo di attività fisica in età avanzata dobbiamo prima di tutto identificare la popolazione cui si fa riferimento:

- **popolazione anziana normale**: include malati e sani; la normalità è intesa in senso statistico;
- **popolazione anziana sana**: include soggetti sedentari e soggetti attivi;
- **atleta veterano**: rappresenta la vera normalità biologica nell'invecchiamento, ma non certamente la norma statistica; scientificamente costituisce un modello di studio in cui si scinde l'invecchiamento fisiologico irreversibile dall'invecchiamento legato allo stile di vita sedentario.

Caratteristiche e prestazioni dell'atleta veterano

Nell'atleta veterano si ritrovano molte alterazioni caratteristiche dell'invecchiamento, ma in entità attenuata ed in progressione rallentata. Infatti, negli atleti, la perdita di massa muscolare non è significativa fino ai 70 anni, dopodiché sopravviene una lenta ipotrofia. Nell'atleta veterano

il rapporto tra fibre muscolari di tipo I e fibre muscolari di tipo II A rimane simile a quello dei soggetti giovani come la capillarizzazione del tessuto muscolare. L'età conduce inevitabilmente ad una perdita di forza e di potenza, sempre più rapida nelle donne, ma questa è notevolmente più lenta nei soggetti allenati rispetto a quelli non allenati. Alcuni studi, attraverso la misurazione della forza degli arti superiori nei piegamenti a decubito prono in soggetti dai 25 ai 60 anni, evidenziano negli anziani allenati valori fino al 100% superiori rispetto agli anziani sedentari, avvicinandosi negli uomini e raggiungendo nelle donne i valori di forza registrati nei soggetti dello stesso sesso nella classe di età più giovane (25-29 anni). Anche la capacità aerobica si riduce molto più lentamente nell'atleta anziano, mentre la densità ossea e l'elasticità tendinea e ligamentosa sono meglio conservate. I soggetti che hanno praticato un'attività motoria sviluppando elevate capacità di coordinazione, mantengono tale capacità fino ad età molto avanzate, ma anche nella popolazione generale le capacità coordinative conservano maggiore integrità in età avanzata rispetto a forza e potenza muscolare. Le modificazioni delle prestazioni atletiche in relazione all'età sono state molto studiate nell'ambito delle diverse attività sportive. Esistono discipline il cui profilo consente la conservazione delle prestazioni fino a età relativamente avanzate, in relazione all'importanza dell'economia del gesto atletico rispetto alla potenza sviluppata o alla resistenza aerobica. Agli estremi abbiamo, da una parte attività di scatto e di potenza muscolare (velocità nell'atletica leggera, salto in alto, salto in lungo), in cui la massima prestazione fisica si raggiunge tra i 20 e i 28-29 anni), dall'altra, attività che richiedono prevalentemente un alto grado di precisione (come ad esempio per tiro a segno, equitazione, vela) in cui la massima prestazione fisica si può mantenere anche in età relativamente avanzate (oltre i 50-60 anni), come riscontrato nei giochi olimpici e nei campionati mondiali. Le prestazioni su prove di resistenza (es. maratona) risultano peggiorare con l'età anche in atleti bene allenati, anche se un record di 5h40' in un uomo di 86 anni e di 5h28' in una donna di 80 anni sono sempre prestazioni ottime, superiori a quelle di molti adulti, che testimoniano le potenzialità dell'apparato locomotore e del sistema cardiovascolare in età avanzata, in soggetti sia dotati che allenati (Bouvier et al, 2001).

Effetti dell'attività fisica sulla popolazione anziana

Al di là di quanto succede all'atleta che invecchia mantenendosi allenato, dobbiamo analizzare se gli anziani "normali"(sia quelli sani che quelli

affetti da una o più patologie), possono trarre qualche beneficio dall'attività fisica e quali sono i rischi inerenti sia all'invecchiamento fisiologico che alla patologia. Il primo aspetto da considerare è fino a che età è possibile iniziare ad allenarsi con profitto; è stato dimostrato che anche soggetti sedentari di 90 anni possono avere un notevole incremento di forza con un allenamento specifico di esercizi contro resistenza ad alta intensità mentre anziani sani allenati possono arrivare ad esprimere una forza volontaria massima pari o anche superiore a quella espressa da soggetti giovani non allenati. L'entità del miglioramento è proporzionata all'intensità dell'allenamento virtualmente a tutte le età (Skelton, 1996; Buchner et al, 1997; Shepard, 1997; Benvenuti et al, 2000; Holviala et al, 2012; Gahunia e Pritzker, 2012).

Effetti dell'attività fisica sul muscolo

E' noto che un allenamento regolare produce cambiamenti microscopici e macroscopici a livello della struttura e della funzione muscolare. I meccanismi sono gli stessi che si attuano a tutte le età nel corso di un allenamento specifico. Nel training della capacità di effettuare un esercizio di sollevamento pesi, la forza aumenta fino dalla 1^a settimana, poi continua ad aumentare più lentamente fino a circa 12 settimane se in criteri dell'intensità progressiva dell'allenamento sono corretti, per arrivare infine ad un mantenimento della forza acquisita. I meccanismi di tale aumento sono diversi nel tempo:

- **dalla 1^a alla 2^a settimana:** processo di apprendimento (coordinazione e motivazione);
- **dalla 2^a alla 4^a settimana:** adattamento neurale (reclutamento e sincronizzazione delle unità neuromotorie; coordinazione tra muscoli sinergici e antagonisti; attivazione SNC);
- **dalla 5^a alla 12^a settimana:** ipertrofia muscolare (aumento della massa muscolare);
- **oltre la 12^a settimana:** mantenimento.

In generale *l'aumento della massa muscolare* dipende da una ipertrofia delle miofibrille, stimulate da un allenamento specifico in misura molto maggiore rispetto ad un allenamento generico di tipo aerobico. La tipologia delle fibre sembra non modificarsi, ma si realizza un aumento delle capacità ossidative delle fibre rapide.

L'aumento della forza muscolare è spiegato in gran parte ma non completamente dall'*aumento della massa e della resistenza muscolari*: quest'ultima si può definire come la capacità muscolare di protrarre lo sforzo nel tempo prima che l'accumulo di lattati e di altri prodotti del metabolismo inibisca l'ossidazione e si manifesti la fatica muscolare.

I meccanismi sono specifici per la tipologia di esercizio adottata. L'esercizio continuo di intensità moderata (esercizio a prevalente componente aerobica) produce un aumento del volume dei mitocondri, dell'attività degli enzimi ossidativi e della capillarizzazione. Tali modificazioni sono indotte anche da un esercizio intermittente ad alta resistenza, in cui evidentemente permane una elevata attività ossidativa anche negli intervalli tra le ripetizioni.

Sia l'esercizio di velocità che quello di rinforzo producono un aumento della attività della ATPasi miofibrillare, con maggiore capacità del tessuto di trasformare energia chimica in energia meccanica; l'allenamento di resistenza (endurance) invece sembra produrre una ridotta attività ATPasica, correlabile ad una economizzazione dell'utilizzazione dell'energia prodotta. Esercizi ad alta velocità producono un aumento della rapidità con cui il calcio viene scambiato a livello del reticolo sarcoplasmatico; con l'attività fisica aumenta inoltre l'attività della pompa Na^+/K^+ . L'esercizio ad alta intensità che stimola la glicolisi anaerobia produce i massimi effetti sull'aumento degli enzimi glicolitici mentre l'aumento delle riserve energetiche muscolari, soprattutto di glicogeno, si riscontra con l'allenamento in generale, in particolare con gli esercizi di resistenza. L'attività fisica quindi agisce in primo luogo contrastando la diminuzione di massa muscolare caratteristica dell'invecchiamento, producendo una ipertrofia delle fibre muscolari e, secondo alcuni studi, un rallentamento della sarcopenia. Come illustrato, anche la progressiva assimilazione delle caratteristiche delle fibre rapide a quelle delle fibre intermedie sembra possa essere contrastato dall'allenamento. Infine, osservando le modificazioni età correlate a livello della singola fibra muscolare, è evidente come gli effetti dell'allenamento agiscano in modo speculare ai processi di invecchiamento sia sull'attività enzimatica che sugli scambi elettrolitici.

I risultati di studi clinici relativi all'allenamento finalizzato al potenziamento muscolare in soggetti anziani mostrano un incremento della **massa**, della **forza** e della **resistenza** muscolare alla fatica; inoltre, qualsiasi adattamento all'esercizio che incrementi la forza e/o la velocità del movimento ha una ripercussione positiva sulla **potenza muscolare**. La potenza esplosiva misurata in anziani ciclisti, saltatori e sedentari ha mostrato che i saltatori erano in grado di generare il 66% di potenza assoluta e il 49% di potenza rapportata alla CSA in più rispetto sia ai sedentari che ai ciclisti: sembra che solo le attività che generano un forza ed una potenza muscolare elevata garantiscano il mantenimento della potenza esplosiva in età avanzata, mentre le attività di resistenza non danno risultati apprezzabili a tale riguardo. L'incremento della potenza è specifico per i gruppi muscolari allenati. La perdita di potenza muscolare

è correlata alla progressiva incapacità di svolgere attività motorie quotidiane in età avanzata; tuttavia il recupero di potenza che si ottiene con l'esercizio non si traduce automaticamente in un miglioramento significativo nella capacità di svolgere alcuni compiti funzionali (es. salire le scale, alzarsi da un sedia, velocità di cammino): i migliori risultati si ottengono abbinando l'allenamento dei gruppi muscolari interessato ad un allenamento specifico nella pratica delle singole attività.

Effetti dell'attività fisica sulla flessibilità

Un allenamento della flessibilità si ottiene con esercizi di mobilità articolare attiva (che agiscono positivamente sul metabolismo articolare) e con esercizi di allungamento muscolofasciale (che coinvolgono più o meno consapevolmente la coordinazione intermuscolare e la regolazione del tono muscolare).

Lo stiramento agisce tramite due meccanismi: inibizione riflessa mediata dai meccanocettori e distensione viscoelastica (che producono aggiustamenti con rilassamento dei cross bridges) e adattamenti della sostanza extracellulare tendinea.

Le tecniche di stiramento dinamico includono lo **stretching balistico**, con stiramenti attivi, rapidi e ripetuti, sconsigliato, soprattutto negli anziani; lo **stiramento statico**, che può essere attivo, effettuato tramite la contrazione degli antagonisti, o passivo, tramite l'applicazione di forze esterne al segmento articolare, con un allungamento lento e progressivo per evitare il riflesso da stiramento. Può essere utilizzato, ma solo sotto la guida di persone esperte, l'**allungamento post-isometrico**, applicato in varie metodiche di stiramento. La tecnica più utilizzata è quella della **facilitazione propriocettiva neuromuscolare** (PNF), in cui il soggetto effettua una contrazione isometrica contro una resistenza esercitata dal partner; nella fase successiva il soggetto rilassa i muscoli contratti in precedenza, che vengono allungati passivamente dal partner, o attivamente tramite la contrazione degli antagonisti.

L'elasticità tendinea e ligamentosa si conservano meglio negli atleti anziani rispetto agli anziani sedentari, tuttavia la componente tendinea, capsulare e ligamentosa sembrano poco responsive ad un allenamento effettuato in età avanzata mentre la componente muscolofasciale risponde all'allenamento in modo significativo.

Effetti dell'attività fisica sull'osso

Gli atleti hanno una densità ossea mediamente superiore ai soggetti sedentari.

Per la densità ossea è di fondamentale importanza l'applicazione di forze meccaniche gravitazionali che giustificano l'efficacia dell'esercizio fisico comprendente il sostegno del peso corporeo, la scarsità degli effetti di attività come il nuoto e più genericamente di tutte le attività fisiche in acqua.

Il tasso di formazione dell'osso (B) aumenta con il carico ciclico (il cammino o la corsa producono un carico ciclico sulle articolazioni dell'arto inferiore; esercizi di contrazione concentrica e rilassamento producono un carico ciclico sul distretto articolare interessato). B è correlato sia al numero dei cicli di carico (N), sia alla forza applicata (F), espressa come frazione della forza critica (Fc) necessaria per causare una frattura, in base all'equazione:

$$B=N(F/Fc)^n$$

dove n è un esponente compreso tra 2 e 6. Questa formula testimonia come la resistenza ossea venga influenzata molto di più dall'intensità dello sforzo che dall'applicazione ripetuta di forza a bassa intensità.

Programmi di esercizio aerobico mostrano una influenza positiva sulla densità ossea nel sesso femminile (dal 4 al 6% in più a livello lombare nei primi nove mesi post-menopausa, contro l'1-3% osservato in donne sedentarie).

Nella donna a partire dai 40 anni, il collo femorale di una camminatrice abituale ha una densità ossea corrispondente a quella di una donna sedentaria di quattro anni più giovane.

Anche l'allenamento della forza tramite esercizi come il sollevamento pesi comporta una sollecitazione meccanica sull'osso (3,8% in più di densità femorale in uomini di 59 anni che precedentemente erano sedentari).

Come per la forza muscolare, il beneficio ottenuto sulla densità ossea con i programmi di attività fisica è reversibile se l'attività viene interrotta o rallentata. Paradossalmente, un eccesso di attività fisica ha effetti opposti e si assiste ad una riduzione della densità ossea, per motivi non del tutto chiariti che verranno comunque discussi successivamente affrontando il tema dell'osteoporosi.

Possiamo affermare che l'attività fisica interferisce sulle modificazioni della funzione dell'apparato locomotore legate all'invecchiamento attraverso:

- aumento di forza, resistenza e potenza muscolare;
- aumento di flessibilità;
- aumento della resistenza meccanica ossea;
- ridotto rischio di fratture e di lesioni traumatiche;
- miglioramento delle prestazioni motorie in generale.

Attività fisica e patologia dell'apparato locomotore

Attività fisica e patologia articolare

La patologia articolare (PA) include forme degenerative come l'artrosi ed infiammatorie come l'artrite reumatoide. La PA include condizioni morbose che determinano disturbi a carico dell'apparato locomotore e dei tessuti connettivi dell'organismo. Queste costituiscono un insieme di patologie con una prevalenza tra le più alte nella popolazione del nostro paese. Attualmente ne sono affetti circa 11.000.000 italiani (il 20% della popolazione) e la grande maggioranza di questi sono anziani. Negli ultrasessantacinquenni questa patologia interessa il 68% delle donne e il 55,4% degli uomini; infatti, per cause ancora ignote, le donne sono colpite più degli uomini con rapporto 1:4. La PA è al secondo posto nelle patologie croniche dopo le malattie cardiovascolari e costituisce il 25% delle cause di invalidità nell'apparato pensionistico (alti costi diretti e indiretti). A differenza dell'invecchiamento fisiologico, che pure comporta una certa perdita di flessibilità articolare (senza tuttavia interferire con le attività della vita quotidiana), le PA sono caratterizzate da dolore articolare e da limitazione del movimento tali da interferire pesantemente sull'autosufficienza e sulla qualità della vita. La triade dolore, limitazione articolare e disabilità esprime in modo esaustivo questo concetto (Chow et al, 1987; Danneskiold et al, 1987; Minoe et al, 1989; Tork e, Douglas, 1989; Ekdahl et al, 1990; Kirsteins et al, 1991; Shepard, 1997; Ettinger, 1998; Evans, 1999; Seeman, 1999; Deyle et al, 2000; Sharkey et al, 2000; Messier et al, 2000; Tierney et al, 2012; Austin et al, 2012).

Si tratta di patologie croniche, con andamento progressivo, caratterizzato da fasi di acuzie alternate a fasi di stato o di remissione, che costituiscono una delle cause più comuni di disabilità, soprattutto nelle età più avanzate. Fino a pochi anni fa si riteneva che le articolazioni affette da patologie degenerative o infiammatorie dovessero essere tenute a riposo per ridurne l'usura. Per questo motivo veniva sconsigliata qualsiasi forma di attività sportiva e, in molti casi, anche una attività fisica lieve fino alla immobilizzazione del paziente.

In realtà l'immobilizzazione comporta una maggiore riduzione della massa ossea e di quella muscolare, una più rapida perdita di forza, di flessibilità e di equilibrio. L'esercizio fisico regolare incide positivamente sul dolore, sulla flessibilità articolare e sulla disabilità. Oggi si consiglia ai soggetti con malattia in fase non acuta di praticare attività fisica; negli

stadi iniziali di malattia è possibile anche un'attività sportiva regolare, proseguendo eventualmente quella già praticata, con eventuali modifiche. Nelle fasi acute di malattia l'attività deve essere sospesa; nelle fasi di stato è indicata l'attività aerobica, applicando accorgimenti importanti per ridurre il rischio di trauma (modificare gli sport di gruppo per evitare il contatto fisico, evitare attività basate sulla velocità e sulla potenza ed effettuare sempre il riscaldamento prima di iniziare l'attività). E' utile anche l'allenamento della forza a intensità lieve-moderata, evitando i movimenti bruschi e le contrazioni eccentriche. E' fondamentale rispettare gli orari dell'attività, stabiliti tenendo conto degli effetti della malattia nelle diverse fasi della giornata, soprattutto la rigidità mattutina e la stanchezza serale.

Artrosi

L'artrosi è la più diffusa delle PA. Si tratta di una patologia articolare cronica caratterizzata da lesioni degenerative e produttive della cartilagine articolare per la cui progressione, negli ultimi anni, è stato riconosciuto all'infiammazione un ruolo affatto trascurabile. L'artrosi è la malattia più diffusa nei paesi industrializzati e, in Italia, colpisce circa il 18% della popolazione (10,5 milioni di persone) con un rapporto donna/uomo di 5:3, con una prevalenza età correlata. L'eziologia è sconosciuta; la patogenesi è di tipo multifattoriale, includendo fattori esterni all'articolazione (principalmente il carico articolare) e fattori intrinseci all'articolazione di tipo anatomico e biochimico (incluse le caratteristiche della cartilagine). L'artrosi si differenzia dal processo di invecchiamento fisiologico soprattutto perché in quest'ultimo il contenuto di acqua a livello della cartilagine diminuisce, mentre nell'artrosi aumenta; inoltre sono peculiari dell'artrosi e non dell'invecchiamento fisiologico sia l'aumento degli enzimi degradativi che dei proteoglicani a livello della cartilagine, sia l'invasione articolare da parte di cellule del midollo osseo, che producono neocartilagine e osso (osteofitosi). Nell'artrosi si distingue una forma **primaria** (in cui le articolazioni più interessate sono la colonna, l'anca, il ginocchio e le mani) ed una forma **secondaria** (quando fattori estrinseci alla cartilagine possono essere individuati come causa di patologia) in relazione ad attività lavorative o sportive che sovraccaricano un determinato distretto articolare oppure a seguito di patologia (dismorfismi, fratture). La forma secondaria è spesso unidistrettuale e si può riscontrare anche in soggetti giovani.

L'attività sportiva ad alto impatto (che prevede salti o comunque un considerevole sovraccarico articolare) può predisporre ad artrosi localizzata (microtraumi, traumi e fratture), mentre l'attività fisica

regolare a impatto basso o moderato riduce il rischio di obesità e previene l'artrosi: la mobilizzazione dell'articolazione ne favorisce infatti il trofismo. Gli esercizi di moderata intensità comportano rischio minimo di danno articolare ed hanno un effetto benefico sul dolore e sulla disabilità nel paziente artrosico.

L'artrosi è estremamente comune in età avanzata, ove può presentarsi con un ampio spettro di quadri clinici a seconda dell'interessamento prevalente a carico di una o più articolazioni e della compromissione articolare specifica; tuttavia generalmente è l'insorgenza del dolore che conduce all'osservazione del medico. Una grave artrosi dell'anca o del ginocchio, con marcata limitazione funzionale e dolore costante, spesso anche in condizione di scarico, viene oggi generalmente considerata di competenza chirurgica; nella colonna invece, il presidio terapeutico primario è rappresentato dalla rieducazione motoria, a meno che una grave artrosi, spesso associata ad una congenita riduzione dei peduncoli e alla comparsa di protrusioni discali o di ipertrofia ligamentosa porti all'instaurarsi di una stenosi del canale vertebrale con danno neurologico rilevante e progressivo. Al di là di questi casi, nella pratica quotidiana, si osserva una certa discrepanza tra il quadro clinico, particolarmente riguardo al dolore, e il quadro radiologico. Questo può essere spiegato considerando che la perdita di funzione legata all'artrosi, oltre alla riduzione del ROM legata alle modificazioni strutturali articolari, spesso si instaura quando la limitazione e il malallineamento articolare e l'aumento di tensione muscolare conseguente provocano dolore. In conseguenza a ciò, viene assunto un comportamento finalizzato ad evitare il dolore con frequente immobilizzazione, compaiono la rigidità e l'atrofia muscolare da disuso. Il dolore, di natura meccanica è legato alle sollecitazioni che l'articolazione, danneggiata e spesso in cattivo allineamento posturale, riceve in rapporto al carico e alla sua anormale redistribuzione nella stazione eretta, nel movimento e nel sollevamento o spostamento di pesi: quindi non ha una correlazione diretta con le alterazioni radiologiche articolari. L'attività fisica indicata nell'artrosi in fase di stato è costituita da esercizi aerobici a basso impatto (è preferibile iniziare in scarico); per il potenziamento muscolare si possono utilizzare bande elastiche, piccoli pesi, pulegge (con attenzione particolare in quei casi in cui si associano patologie del rachide); molto importante è la componente dell'allenamento della flessibilità, valutando con cautela la progressione dello stiramento in rapporto alle eventuali modificazioni anatomiche che limitano il ROM articolare.

Di fronte ad un dolore acuto, indipendentemente dalle alterazioni radiologiche sottostanti, non è consigliabile iniziare immediatamente una rieducazione attiva; in una prima fase si interviene sul processo

infiammatorio con farmaci e terapia fisica (ghiaccio, ultrasuoni, elettroterapia); talvolta sono necessari lo scarico o l'immobilizzazione temporanea (canadesi, corsetti, docce). Talvolta l'esercizio è possibile anche in fase acuta, specie se effettuato a carico ridotto ed in un ambiente caldo (idroterapia in vasche riscaldate) ottenendo come risultato il rilasciamento muscolare.

La rieducazione motoria segue un percorso finalizzato al recupero anche parziale della mobilità articolare, con mobilizzazioni prima passive, poi attive; per la risoluzione della contrattura muscolare vengono effettuati trattamenti fisioterapici o di medicina manuale insieme allo stiramento dei tessuti molli retratti; quindi è effettuato un riallenamento mirato al recupero della flessibilità, della coordinazione della forza e della resistenza, che può essere iniziato come primo approccio in fase subacuta o nel caso di soggetti con disturbi cronici. All'approccio specifico devono spesso essere associati, per una ottimizzazione del recupero funzionale, la rieducazione propriocettiva sensoriale, la rieducazione posturale e l'educazione ergonomica, con rivalutazione dell'ambiente, delle posture, degli stili di vita; quando necessario, si può ricorrere ad un adeguato utilizzo di ortesi (corsetto, bastone, splint etc.) e a modifiche ambientali.

Artrite reumatoide

E' una malattia infiammatoria sistemica che colpisce generalmente le prime articolazioni distali, per poi interessare quelle prossimali; sono interessate le articolazioni di polsi, mani, ginocchia piedi, caviglie, spalle, anca. Colpisce lo 0.5-2% della popolazione mondiale, con un rapporto donna/uomo di 4:1. Esistono forme che esordiscono nell'infanzia e forme ad esordio più tardivo, anche in età avanzata. Spesso si associa alla presenza nel sangue del Fattore Reumatoide (FR), che non è però sufficiente per fare diagnosi.

L'eziopatogenesi è conosciuta solo in parte: è verosimile che un antigene sconosciuto in un individuo geneticamente predisposto provochi una attivazione del sistema immunitario e una infiammazione acuta cui segue una cronicizzazione per fenomeni legati alla comparsa di una autoimmunità. Questa affezione comporta disturbi sistemici (a livello dell'intero organismo) come astenia, perdita peso e alterazioni articolari; a livello articolare le alterazioni anatomopatologiche tipiche sono rappresentate da una sinovite fino alla distruzione della cartilagine, da osteoporosi subcondrale, dalla presenza di noduli articolari e di vasculite. L'andamento della malattia presenta fasi alterne con progressiva evoluzione fino all'anchilosi (saldatura dei capi articolari).

Nelle riacutizzazioni le articolazioni sono dolenti e i movimenti risultano limitati; se la malattia non è opportunamente curata i capi articolari vengono distrutti, con tendenza alla rigidità ed alla deformazione, entrambe causa di invalidità.

Come in tutte le forme infiammatorie si possono avere alterazioni degli esami ematologici; la terapia cortisonica e la sedentarietà favoriscono l'insorgenza di osteoporosi.

Gli obiettivi della riabilitazione nei pazienti affetti da artrite reumatoide (AR) sono volti al mantenimento o al recupero della funzione, attraverso:

- la riduzione del dolore;
- la conservazione dell'ampiezza di movimento articolare;
- il mantenimento della forza muscolare;
- la riduzione della deformità articolare.

Nei pazienti anziani, l'obiettivo è quello di preservare quanto più possibile la funzione residua. Infatti la prevalenza di disabilità indotta dalla AR è proporzionale alla durata della malattia, che vede l'80% circa dei soggetti in qualche misura disabile a 10 anni dall'esordio della malattia.

L'American Rheumatoid Association riconosce **4 classi di disabilità**:

- I. capacità completa di eseguire tutte le normali attività;
- II. capacità adeguata per eseguire le attività normali nonostante un certo handicap, disagio o limitazione della mobilità;
- III. capacità limitata di eseguire le normali occupazioni o di badare a se stessi;
- IV. incapacità grave o totale.

La terapia fisica e l'esercizio mirato costituiscono un importante aspetto del trattamento del paziente artritico di ogni età e in ognuna di queste fasi. In età avanzata inoltre il rischio di effetti collaterali da farmaci aumenta e quindi aumenta la necessità di intervento non farmacologico sul dolore e sulla perdita di funzione.

In fase acuta oltre ai farmaci può essere utile un approccio simile a quello già descritto per le riacutizzazioni del dolore artrosico: riposo (sempre ridotto al minimo indispensabile), crioterapia, immobilizzazione mediante splint o docce, scarico, terapia antalgica strumentale, idroterapia. Tale approccio mira ad alleviare il dolore ed a risolvere il circolo vizioso che dalla tensione dei muscoli periartrici porta all'aumento delle pressioni intra-articolari, con aggravamento del dolore, timore del movimento ed ulteriore limitazione funzionale.

In fase di remissione si raccomanda un esercizio aerobico preferibilmente di tipo dinamico, di intensità moderata, che migliora la performance fisica e la forza dei muscoli chiave, come il quadricipite, senza incidere sulla progressione clinica e radiologica della malattia nel lungo periodo.

I pazienti in classe I possono eseguire la maggior parte delle attività sportive, escludendo le attività più pesanti come il tennis, in grado di creare un sovraccarico sulle articolazioni colpite. In classe II e III nell'ambito di un esercizio aerobico dinamico può essere utile avvalersi di un cicloergometro, ma risulta valida anche l'attività di cammino regolare. Tali attività devono essere ridotte o sospese in caso di riacutizzazione dei sintomi. Anche in classe IV è possibile l'effettuazione di esercizi individualizzati e risulta particolarmente utile l'idroterapia.

E' interessante segnalare che anche nei pazienti affetti da AR è stata dimostrata l'efficacia di un programma di Tai Chi.

Nei pazienti con deformità articolari residue che compromettono la stabilità e la funzione articolare, associate a dolore importante, è promossa l'utilizzazione di appositi ausili (ingrossa-manico, infila-calze, deambulatori, carrozzine) e, talvolta, il ricorso ad una soluzione chirurgica.

Spondilite anchilosante

È una malattia infiammatoria cronica (entesite) che colpisce soprattutto le articolazioni sacroiliache e la colonna vertebrale, con limitazione del ROM e importanti deformità rappresentate da cifosi (pazienti che "non vedono il cielo"); più raramente coinvolge l'anca e la componente costo-vertebrale può determinare compromissione della funzione respiratoria.

La prevalenza è dello 0.2% con un rapporto uomo donna inverso rispetto alla patologia reumatica (F:M = 1:9) ed insorgenza tipica attorno ai 15-35 anni. La causa non è nota anche se è riconosciuta l'importanza di una predisposizione genetica (soggetti con un particolare marker genetico, l'HLA B27, sono maggiormente a rischio).

Come in tutte le forme infiammatorie si possono riscontrare alterazioni ematologiche e la terapia cortisonica, spesso necessaria, favorisce l'insorgenza di osteoporosi.

Oltre alla terapia farmacologica è fondamentale una precoce attivazione motoria; nelle fasi quiescenti, quando non c'è ancora limitazione funzionale, sono indicate attività in scarico anche parziale, come il nuoto e la ginnastica in acqua, oppure in carico, ma a basso impatto, come il cammino. Importanti sono gli esercizi mirati di flessibilità e di postura come la pallavolo (modificata, evitando il contatto tra i giocatori) e il fondo; spesso è utile affiancare all'attività sportiva una vera e propria rieducazione posturale globale (RPG); in fase conclamata si può effettuare solo fisioterapia (RPG; lavoro antigravitario; ginnastica respiratoria; mobilizzazione), fango ed idroterapia eventualmente associate a terapia

manuale e strumentale, particolarmente indicate nelle fasi dolorose della malattia.

Rachialgia

La rachialgia (“mal di schiena”) colpisce almeno una volta nella vita dal 60 all’80% della popolazione nei paesi industrializzati. Come frequenza prevale la lombalgia, seguita dalla cervicoalgia e dalla dorsalgia, ma il dolore può irradiarsi agli arti (lombosciatalgia, cervicobrachialgia). E’ un disturbo che riconosce da una parte numerosi fattori di rischio inerenti il soggetto, come la patologia articolare, l’età con un picco nell’età adulta, il sesso femminile, la familiarità, aspetti psicologici (soprattutto nelle forme croniche) e, dall’altra, fattori di rischio estrinseci come il sovraccarico lavorativo o sportivo della colonna e le abitudini di vita (sedentarietà, posture scorrette etc.). Sono maggiormente a rischio i soggetti che presentano dismorfismi o patologie vertebrali (come ad esempio osteocondrosi, artrosi, listesi, stenosi del canale vertebrale, ernia discale); anche in assenza di evidenze radiologiche il disturbo può essere presente e condizionare in modo importante la qualità della vita. La rachialgia è il miglior esempio di discrepanza tra dolore e radiologia, per cui vale quanto esposto a proposito dell’artrosi. La rachialgia può presentarsi in forma acuta (con durata inferiore a 3 mesi), subacuta (da 3 a 6 mesi) o cronica (per oltre 6 mesi, spesso con riacutizzazioni). In fase acuta ci si avvale di terapia strumentale, massoterapia, manipolazioni, posture, esercizi antalgici, e, se occorre, di farmaci. Nella terapia della fase di stato e nella prevenzione delle recidive ha molta importanza, oltre all’ergonomia ed in certi casi alla fisioterapia, la pratica di un esercizio fisico regolare a basso impatto, come corpo libero e stretching, ginnastica dolce, ginnastica in acqua, nuoto; lo sci e ed il cavallo sono consentiti a chi è già esperto, mentre per il principiante costituiscono attività a rischio.

Attività fisica e patologia ossea

Osteoporosi

È una riduzione della massa ossea, trabecolare e corticale, diffusa o localizzata, che deriva da uno squilibrio tra il riassorbimento e la neoformazione ossea; i fattori regolatori sono sistemici (ormoni, ioni, vitamina D, farmaci) e locali (sollecitazioni meccaniche).

Nell’osteoporosi si riconosce una forma primaria (postmenopausale e senile) e secondaria (altre patologie, farmaci). Dopo la menopausa 1/3

delle donne è affetta da osteoporosi; a 70 anni la metà delle donne ha almeno una frattura dipendente da questa patologia.

I fattori di rischio noti sono l'età, il sesso femminile, la menopausa precoce e la magrezza, tutti strettamente legati alle variazioni dei livelli ormonali; anche l'attività sportiva molto intensa comporta un maggior rischio di osteoporosi, verosimilmente a causa degli stessi meccanismi. Un altro importante fattore di rischio è rappresentato dalla sedentarietà, in relazione alla mancata stimolazione dell'osso tramite la sollecitazione prodotta dal movimento e, indirettamente, alle alterazioni ormonali causate dalla sarcopenia. Anche il fumo ed il consumo di alcool costituiscono un fattore di rischio per l'osteoporosi.

L'osteoporosi diventa sintomatica soltanto quando insorge una frattura (l'osso porotico è più fragile, e un impatto anche ridotto può provocare una frattura). La rarefazione dell'osso trabecolare a livello dei corpi vertebrali ne favorisce il collasso con microfratture e deformità a cuneo o a vertebra di pesce. Le fratture vertebrali comportano riduzione della statura con aumento della cifosi; sono sintomatiche solo se insorgono acutamente, spesso in seguito ad un trauma e si associano spesso a dolori diffusi del rachide, legati verosimilmente all'impegno della muscolatura paravertebrale. L'indebolimento dell'osso lungo corticale predispone alle fratture prevalentemente legate ad un trauma; tra le fratture delle ossa lunghe, le più frequenti sono quelle del polso e quelle del femore, ad alto rischio di invalidità.

Se è vero che l'osso porotico va incontro a frattura per sollecitazioni inferiori rispetto a quelle sopportate dall'osso sano, lo stress meccanico e l'attività fisica (tensione e pressione esercitate dai muscoli sullo scheletro) promuovono l'attività degli osteoblasti e contrastano la perdita di massa ossea. A seguito della compressione e decompressione dei cristalli ossei secondaria al movimento, le superfici dei cristalli si elettrizzano producendo correnti (correnti piezoelettriche) che costituiscono un potente stimolo all'attività osteoblastica. Non tutti gli studi hanno dato risultati univoci, per il tipo di misure, di esercizio (aerobico, con pesi, sulla sedia), e per fattori di confondimento come lo stile di vita globale (fumo, alimentazione, esposizione al sole) e il picco di massa ossea di partenza nella popolazione in studio. Tuttavia è universalmente accettato che una attività che incrementi il carico meccanico sullo scheletro previene e ritarda la progressione della perdita di massa ossea anche in età avanzata. Inoltre alcuni dati suggeriscono che il miglioramento dell'equilibrio e l'aumento della massa muscolare che si verificano tramite un esercizio appropriato costituiscano ulteriori fattori di protezione riguardo al rischio di fratture patologiche a seguito di cadute. Oltre alla classica indicazione di esercizio aerobico condotto sotto carico (attività di cammino, esercizi in

estensione), recenti studi sembrano indicare che anche un potenziamento muscolare può avere una indicazione specifica, comportando addirittura un maggior impatto sulla densità ossea. E' stato dimostrato che gli effetti positivi dell'attività fisica si mantengono solo se questa si mantiene costante nel tempo: per questo il miglior programma di esercizi non è efficace nel tempo se non si associa alla rieducazione funzionale globale e ad una modifica permanente dello stile di vita del soggetto.

In caso di frattura, l'attività fisica previene le complicanze legate alla immobilizzazione. Nelle fratture vertebrali è importante fornire rapidamente un busto adeguato per permettere al paziente di evitare il riposo a letto; una volta consolidata la frattura il paziente verrà guidato nello svezzamento dal busto e negli esercizi di tonificazione muscolare e di postura che consentano il massimo recupero funzionale.

La frattura dell' estremo prossimale del femore costituisce una patologia potenzialmente devastante sul singolo individuo e di notevole importanza sociale, in relazione agli alti costi che questa comporta a carico del Sistema Sanitario Nazionale. Specialmente nel soggetto osteoporotico, la prevenzione di questa complicanza, attribuisce un ruolo determinante alla riduzione del **rischio di cadute**, mentre l'utilità di programmi di esercizio mirati è ancora molto discussa, sebbene se ne sostenga l'efficacia, purché inseriti in un programma globale, comprendente anche la valutazione delle possibili cause di ipotensione posturale, la revisione dell'uso di farmaci che influiscono sulla pressione, sulla vigilanza o sull'equilibrio e delle modificazioni ambientali. Un training specifico dell'equilibrio tramite il Tai Chi ha dimostrato un'efficacia nella prevenzione delle cadute e delle fratture nei pazienti osteoporotici.

Richiami di anatomia e fisiologia

Generalità

Le cellule muscolari sono di tre tipi: scheletriche, cardiache e lisce. I muscoli scheletrici sono formati da cellule allungate, multinucleate, dette **fibre muscolari**. Ogni fibra è avvolta da una fascia sottile di tessuto connettivo (endomisio); le fibre sono disposte in parallelo; un gruppo di circa 150 fibre costituisce un fascicolo, avvolto da una fascia più spessa (perimisio); l'insieme dei fascicoli forma il ventre muscolare, che è circondato da una fascia connettivale (epimisio), che si continua ai due capi del muscolo con i tendini, che si inseriscono sull'osso: l'insieme del ventre muscolare e dei capi tendinei forma l'**unità muscolotendinea**. Le fibre sviluppano forza nel senso della loro lunghezza; la forza esercitata

dal muscolo si trasmette all'osso attraverso i tendini. Ogni fibra è costituita da una sola cellula plurinucleata, allungata e di forma cilindrica; a loro volta le fibre muscolari sono costituite da fibrille, divisibili in singoli filamenti, formati da proteine contrattili (miosina, actina, troponina I, troponina T, troponina C, tropomiosina). La striatura trasversale dei muscoli scheletrici è dovuta alle differenze nell'indice di rifrazione osservabile al microscopio delle varie parti della fibra: queste si indicano come banda A, banda I, banda H, linea M, linea Z. L'area compresa tra le due linee Z corrisponde al **sarcomero**. Le fibrille muscolari sono circondate da strutture costituite da membrana che appaiono al microscopio elettronico come vescicole e tubuli che formano il sistema sarcotubulare composto da un sistema a T e dal reticolo sarcoplasmatico. I muscoli sono il "motore" che produce la forza che muove lo scheletro o che lo mantiene in equilibrio rispetto alla forza di gravità o a perturbazioni esterne. Per comprendere meglio le proprietà funzionali del tessuto muscolare e la loro applicazione nell'ambito dello studio della fisiologia dell'esercizio, riteniamo utile sintetizzare alcuni richiami ai concetti di base. Le **proprietà del muscolo** sono riassunte di seguito:

1. **eccitabilità**: capacità di rispondere ad uno stimolo
2. **conduttività**: capacità di propagare una corrente elettrica
3. **contrattilità**: capacità di generare forza in seguito a stimolo adeguato
4. **estensibilità**: capacità di allungarsi passivamente se sottoposto ad una forza di trazione
5. **elasticità**: capacità di tornare alla lunghezza iniziale in seguito alla rimozione della forza di trazione.

1) Eccitabilità

Le cellule muscolari possono essere eccitate chimicamente, elettricamente o meccanicamente: il muscolo stimolato al raggiungimento di una soglia elettrica risponde generando un potenziale d'azione che si propaga lungo la membrana cellulare. In vivo la depolarizzazione della membrana della fibra muscolare inizia dalla placca motrice, che rappresenta il collegamento tra il tessuto nervoso (motoneurone alfa, assone, placca) ed il muscolo.

2) Conduttività

Il potenziale d'azione si propaga lungo la fibra muscolare e dà luogo alla risposta contrattile. Un singolo potenziale d'azione provoca una breve contrazione, seguita da rilasciamento (scossa muscolare). La funzione del sistema a T consiste nella rapida trasmissione del potenziale d'azione dalla membrana a tutte le fibrille della cellula muscolare, mentre il reticolo sarcoplasmatico regola la movimentazione del calcio ed il metabolismo muscolare.

3) Contrattilità

Il potenziale d'azione si propaga lungo il sistema a T a tutte le fibrille muscolari e determina la liberazione di calcio dalle cisterne terminali (sacchi laterali del reticolo sarcoplasmatico) all'interno della fibra. Il calcio si lega alla troponina C mentre la troponina I è legata all'actina e la tropomiosina è legata alla troponina T e copre i siti leganti dell'actina per la miosina; il calcio indebolisce il legame tra troponina I e actina, la troponina ruota, permettendo uno spostamento laterale della tropomiosina, e la "scopertura" dei siti leganti dell'actina per la miosina; questo permette la scissione di ATP e la contrazione. Per ogni molecola di troponina che lega uno ione calcio, si scoprono 7 siti di legame per la miosina. Il processo mediante il quale si effettua l'accorciamento degli elementi contrattili del muscolo consiste nello scorrimento dei filamenti di actina sui filamenti di miosina con le linee Z che si avvicinano fra loro. Lo scorrimento è dovuto al rompersi ed al riformarsi dei legami (detti ponti trasversali o cross bridges) tra l'actina e la miosina (le teste di miosina si legano all'actina con un angolo di 90° causando il movimento della miosina sull'actina tramite una flessione, quindi si staccano per legarsi ad un sito successivo. Ogni ciclo accorcia il muscolo di circa 1 punto percentuale; ogni filamento spesso possiede circa 500 teste di miosina: ognuna compie circa 5 cicli al secondo durante una contrazione rapida.

La fonte di **energia** per la contrazione muscolare è fornita dall'idrolisi dell'ATP catalizzata dalla miosina (localizzata nelle teste di quest'ultima nel punto in cui entrano in contatto con l'actina). Poco dopo aver liberato il calcio il reticolo sarcoplasmatico inizia nuovamente a riaccumularlo mediante trasporto attivo (l'energia è sempre fornita dall'ATP) entro le porzioni longitudinali del reticolo da dove lo ione diffonde alle cisterne fino ad un nuovo potenziale d'azione. All'esterno del reticolo, non appena la concentrazione di calcio si abbassa sufficientemente, l'interazione tra actina e miosina cessa, permettendo il rilascio muscolare. Qualora il trasporto del calcio nel reticolo venga inibito, il rilascio non avviene, anche in assenza di nuovi potenziali d'azione: si ha così una contrazione sostenuta (contrattura).

4-5) Estensibilità ed elasticità

I muscoli in vivo sono associati ad altre strutture che formano l'**unità muscolotendinea**: la componente contrattile (proteine contrattili) è associata ad un elemento viscoelastico disposto in parallelo rispetto quest'ultima, rappresentato dal connettivo interstiziale e dal sarcolemma (anche i cross bridges possono mostrare una certa elasticità), e ad elementi viscoelastici disposti in serie, rappresentati dai capi tendinei del ventre muscolare. La distensione delle componenti in serie genera una tensione passiva che si oppone all'accorciamento muscolare.

Forza muscolare

La forza muscolare è fondamentale per il mantenimento della postura e per il movimento. La forza si può definire come un'entità che produce una spinta o una trazione su di un corpo. Durante il movimento, la forza è il fattore che determina una accelerazione (metri sec^{-2}) della massa (kg). Secondo la II^a legge di Newton, la velocità di un corpo varia in valore assoluto e/o in direzione quando al corpo viene applicata una forza esterna (F). La variazione di velocità ($a = \text{accelerazione} = \text{metri sec}^{-2}$) dipende dalla massa (m) del corpo e dall'entità della forza applicata: $F = ma$.

L'unità di misura della forza è il Newton ($N = \text{kg metri sec}^{-2}$). L'entità della forza muscolare dipende quindi da:

- massa muscolare
- variazione della velocità di contrazione muscolare.

A livello della singola fibra, il volume e il numero di mitocondri a livello del sarcoplasma, le concentrazioni e la funzionalità degli enzimi ossidativi, la presenza di riserve energetiche (glicogeno, ATP) e l'ossigenazione tissutale incidono sulla rapidità dei processi contrattili e sulla forza prodotta. Anche la composizione delle isoforme di miosina, le concentrazioni elettrolitiche di Na^+ , K^+ , e soprattutto di Ca^{++} , la rapidità dello scambio del Ca^{++} a livello del reticolo sarcoplasmatico ed il funzionamento della pompa Na^+/K^+ incidono sulla capacità di generare forza. La temperatura ed il pH locale influiscono sulla velocità dei processi enzimatici. La capacità contrattile è governata dalle relazioni tensione/lunghezza e forza/velocità ed è modulata dall'attivazione neuromuscolare. La **capacità contrattile** del muscolo permette la trasformazione dell'energia chimica proveniente dall'ATP in energia meccanica. La contrazione è legata alla relazione tra tensione sviluppata e lunghezza del muscolo e tra forza impiegata e velocità di accorciamento.

Relazione tensione-lunghezza

Quando la forza sviluppata dal muscolo e la resistenza che vi si oppone si equivalgono, il muscolo esercita forza senza allungarsi né accorciarsi (**contrazione isometrica**).

La relazione tra forza isometrica e lunghezza della fibra muscolare isolata è stata ottenuta stimolando elettricamente una fibra muscolare mantenuta bloccata a varie lunghezze. La forza massima si ottiene per una lunghezza di partenza vicina (leggermente superiore) a quella di riposo, che corrisponde alla sovrapposizione dei filamenti di actina e di miosina all'interno del sarcomero che permette la migliore interazione possibile tra i due tipi di filamenti con la massima formazione di cross-bridges. Nel muscolo intero possiamo misurare la forza isometrica. Questa viene misurata come tensione applicata ad un misuratore di forza

collegato ad uno dei capi muscolari. Il muscolo a riposo quando subisce uno stiramento si comporta elasticamente, producendo una tensione che dipende dalla distensione della sua componente viscoelastica, costituita dal connettivo interstiziale e dal sarcolemma (componente in parallelo dell'unità muscolotendinea). Se la relazione tensione-lunghezza viene studiata su di un muscolo “pre-stirato”, la tensione misurata durante la contrazione è data dalla somma della tensione attiva, sviluppata dagli elementi contrattili e la tensione passiva, sviluppata dalla distensione della componente elastica dell'unità muscolotendinea. Per questo motivo, nonostante la forza sviluppata si riduca per lunghezze superiori a quelle di riposo, la tensione misurata sul muscolo “pre-stirato” non tende a zero, ma, dopo una deflessione, torna ad aumentare, in relazione all'aumento della tensione passiva, fino ad arrivare al massimo stiramento possibile.

Relazione forza-velocità (relazione di Hill)

Il muscolo è mantenuto ad una lunghezza fissa e stimolato tramite il proprio nervo; quando raggiunge la massima tensione isometrica, viene permesso improvvisamente il suo accorciamento contro un dato carico. Minore è il carico, maggiore è la velocità di accorciamento; se il carico è maggiore della massima tensione isometrica, il muscolo si allunga (contrazione eccentrica). Oltre al numero di fibre contrattili coinvolte nella contrazione e nella generazione della forza, è importante valutare la composizione muscolare ovvero la **tipologia delle fibre** dei muscoli striati. La proporzione delle fibre muscolari striate è variabile nei diversi muscoli e nei diversi individui, come espresso nella tabella seguente.

| Tipo I | Tipo IIa | Tipo IIb |
|---|--|---|
| S (slow): lente | FR (fast-resistant): intermedie | FF (fast-fatiguable): rapide |
| Rosse: alta densità capillare | Pallido-rosse | Pallide: bassa densità capillare |
| Diametro piccolo | Diametro intermedio | Diametro elevato |
| Legame col calcio lento | Legame col calcio intermedio | Legame col calcio rapido |
| Conc. Miosin-ATPasi bassa | Conc. Miosin-ATPasi alta | Conc. MiosinATPasi alta |
| Volume mitocondriale piccolo | Volume mitocondriale intermedio | Volume mitocondri elevato |
| Metabolismo lento, ossidativo | Metabolismo rapido, glicolitico e ossidativo | Metabolismo rapido, glicolitico |
| Velocità di contrazione e rilasciamento bassa | Velocità di contrazione e rilasciamento intermedia | Velocità di contraz. e rilasciamento alta |
| Affaticabilità bassa | Affaticabilità intermedia | Affaticabilità rapida |
| Forza sviluppata bassa | Forza sviluppata intermedia | Forza sviluppata elevata |

Per le attività di potenza le fibre pallide (tipo II) sono fondamentali, mentre le fibre rosse (tipo I) sono essenziali per le attività di resistenza. Il muscolo vasto laterale di un corridore scattista presenta un'alta densità di fibre di tipo II (pallide), rispetto a quelle di tipo I; viceversa accade nello stesso muscolo di un ciclista passista. La differenza è in gran parte legata a fattori genetici mentre è molto discusso se con l'allenamento sia possibile mutare le caratteristiche delle fibre (passaggio da un tipo all'altro). Considerando un esercizio con un progressivo e continuo aumento di intensità, è stato dimostrato che per esercizi di intensità leggera vengono coinvolte le fibre lente; aumentando l'intensità dell'esercizio vengono progressivamente coinvolte le fibre intermedie e poi le rapide. La capacità di un singolo muscolo di esercitare forza dipende non tanto dalla sua **massa** in senso generale, quanto dal numero di fibre che si contraggono e quindi dalla sua **sezione trasversale fisiologica** (CSA). La CSA è indicativa del numero di fibre che si contraggono in un determinato muscolo, e quindi del numero di filamenti di actina e miosina che interagiscono; maggiore è la CSA maggiore è la capacità muscolare di sviluppare forza. Nei muscoli fusiformi, in cui le fibre sono disposte longitudinalmente rispetto all'asse centrale del muscolo, la CSA e la sezione trasversale geometrica del muscolo coincidono; nei muscoli pennati, in cui le fibre muscolari sono disposte diagonalmente rispetto all'asse centrale del muscolo, il calcolo della reale CSA dipende dall'angolo di penna, cioè dalla inclinazione delle fibre rispetto all'asse centrale del muscolo, dalla lunghezza e dallo spessore del muscolo e dalla lunghezza delle fibre muscolari (di solito inferiore rispetto a quella dei muscoli fusiformi), ed è sempre maggiore della sezione trasversale fisiologica. Infatti una stima di quante fibre compongono l'intero ventre muscolare non può essere data dalla semplice sezione trasversale in un dato punto, poiché le fibre che si inseriscono al di sopra del punto di sezione o che originano al di sotto di esse verrebbero escluse. In conclusione i muscoli fusiformi a fibre lunghe, con bassa CSA (es. sartorio) raggiungono una velocità massima di contrazione superiore ed hanno maggiore capacità di accorciamento, ma sviluppano minor forza rispetto ai muscoli a fibre corte disposte obliquamente, con elevata CSA (es. quadricipite). Infine, la capacità muscolare di produrre forza in vivo è posta sotto il controllo del Sistema Nervoso Centrale (SNC). Ogni motoneurone alfa è connesso attraverso le placche neuromuscolari ad un gruppo di fibre muscolari, più o meno numeroso a seconda che i movimenti corrispondenti siano di tipo grossolano (maggior numero di fibre) o fine (minor numero di fibre) a costituire una **unità neuromotoria**. L'unità è quindi rappresentata dal motoneurone spinale alfa e dalle fibre muscolari che esso innerva (assone e placche neuromuscolari),

rispondendo alla legge del tutto o nulla: quando il motoneurone scarica sopra una certa soglia, tutte le fibre dell'unità neuromotoria si contraggono simultaneamente e in misura sempre massimale; al di sotto di tale soglia nessuna fibra dell'unità si contrae. La **modulazione della forza muscolare** si effettua tramite due meccanismi di attivazione neuromotoria. Il primo è l'**aumento della frequenza di scarica** a livello della singola unità motoria: il potenziale di azione del motoneurone è molto più breve rispetto alla durata della contrazione muscolare; per questo, superato il periodo refrattario, è possibile che il motoneurone scarichi mentre la contrazione non è ancora terminata: ciò innesca un processo di contrazione mentre non è ancora terminato l'effetto meccanico del primo stimolo. Il risultato che ne deriva è rappresentato da un aumento della forza sviluppata dal muscolo, che cresce con l'aumento progressivo della frequenza di scarica fino ad un massimo detto **tetano**. Si ritiene che in condizioni fisiologiche l'attivazione dell'unità neuromotoria sia sempre tetanica, per cui nella modulazione della forza verrebbe chiamato in causa soprattutto l'aumento del numero di unità motorie attivate, il cui reclutamento dipende dal SNC. Ad ogni unità neuromotoria corrisponde un gruppo di fibre omogeneo per tipologia (I; IIa; IIb). I motoneuroni che scaricano ad alta frequenza e per un tempo breve sono detti **fasici** e innervano fibre rapide; i motoneuroni che mantengono una frequenza di scarica bassa ma continua sono detti **tonici** e innervano le fibre lente. Le unità neuromotorie lente presentano un basso sviluppo di forza.

Lavoro, potenza, torque

Il concetto di forza muscolare ne introduce altri, fondamentali per la comprensione della fisiologia dell'esercizio: il **lavoro**, la **potenza** muscolare e il **momento di forza** o **torque**. La capacità di sviluppare potenza e di produrre lavoro sono alla base della performance motoria. Questi termini sono spesso utilizzati in modo improprio e non specifico per descrivere l'attività fisica, in particolare quella atletica, mentre è necessario definire scientificamente le loro reciproche relazioni e la loro applicazione nella scienza dell'esercizio e nella medicina dello sport.

Il **lavoro** ($W = \text{work}$) esprime il prodotto tra la forza applicata (N) e lo spostamento (m) conseguente: $W = Nm$. La **potenza** (P) esprime la velocità con cui si compie un determinato lavoro meccanico, cioè il lavoro svolto nell'unità di tempo: P (**Watt**) = $Nmsec^{-1}$, che può quindi essere descritto anche come il prodotto della forza applicata (N) per la velocità dello spostamento ($msec^{-1}$). La **potenza muscolare** si genera ogni volta

che dalla contrazione muscolare si produce un movimento. La potenza di un muscolo isolato si può derivare dalla relazione forza/velocità in quanto è espressa dal prodotto della forza muscolare e della velocità a cui si verifica la contrazione. La potenza di un muscolo o di un gruppo muscolare nel vivente può essere generalmente determinata solo in maniera indiretta. Infatti il movimento umano combina spostamenti lineari ed angolari dei segmenti corporei. Lo spostamento angolare si quantifica in gradi di rotazione di una leva rispetto a una posizione di riferimento: i movimenti degli arti rispetto al tronco. La contrazione muscolare agisce sui movimenti articolari, producendo una rotazione o una cessazione della rotazione di segmenti corporei, che, a sua volta determina lo spostamento lineare di punti collocati lungo il braccio di leva (ad esempio la contrazione del quadricipite influenza lo spostamento lineare del piede nel calcio). Applicando una forza su di un corpo ad una determinata distanza (d) da un punto fisso detto fulcro, si ottiene un movimento angolare del corpo, imperniato sul fulcro stesso: il momento di forza o **torque** (M) si calcola moltiplicando la forza (F) per la distanza d tra il punto di applicazione di F ed il fulcro: $M = F \times d$. Quando un muscolo esprime la sua forza genera un momento M sull'articolazione coinvolta, che costituisce il fulcro del movimento. Quando M generato dal muscolo supera le resistenze al movimento (R), i capi muscolari si avvicinano (**contrazione concentrica**); se avviene l'opposto i capi muscolari si allontanano (**contrazione eccentrica**); se $M = R$ si ha una contrazione **isometrica** in assenza di movimento. Si parla di contrazione **isotonica** quando il muscolo si contrae contro una resistenza costante e di contrazione **isocinetica** quando è costante la velocità angolare della contrazione. La misura della forza e della potenza muscolari si basa sul calcolo indiretto partendo da una misura di torque durante una contrazione volontaria. Gli strumenti più utilizzati per tali misure sono il **dinamometro**, manuale o fisso, che misura il torque durante una contrazione isometrica e l'**apparecchio isocinetico** che produce una misura molto precisa della potenza e della forza muscolari (il soggetto effettua un movimento volontario a partire da una posizione fissa, la cui velocità viene controllata da una resistenza calibrata in modo tale da realizzare appunto una contrazione isocinetica, cioè a velocità costante).

Ossa, articolazioni e tendini: struttura e funzione

Le **ossa** sono gli elementi dello scheletro, che costituisce il supporto rigido della struttura corporea. L'osso costituisce un tessuto metabolicamente molto attivo in tutto l'arco della vita; la sua rigidità è legata alla componente minerale (circa 2/3), l'elasticità a quella organica

(circa 1/3); è costituito da una matrice proteica formata da collagene ricco di sali minerali e rappresenta una riserva per il calcio ed altri minerali, contribuendo, attraverso sostanze tampone (fosfati e carbonati) a mantenere l'equilibrio acido-base dell'organismo. I minerali presenti nell'osso sono principalmente sotto forma di idrossiapatiti (che hanno la capacità di formare cristalli). Da un punto di vista istologico si distinguono l'**osso compatto** (nelle ossa lunghe e nella superficie esterna delle ossa piatte), costituito da cilindri disposti attorno ad un vaso sanguigno detti osteoni o sistemi di Havers; l'**osso spugnoso** (osso trabecolare delle cavità midollari); l'**osso reticolare** (forma immatura presente anche nelle sedi di frattura). Il tessuto osseo è riccamente vascolarizzato (flusso totale 200/400 ml/min) e viene continuamente rinnovato (il calcio si rinnova nei bambini del 100% in un anno, negli adulti del 18%). Le cellule del tessuto osseo sono rappresentate da:

- 1) **osteoblasti**, secernenti collagene che forma attorno a sé una matrice che si calcifica ;
- 2) **osteociti** o cellule ossee, circondate da matrice calcificata;
- 3) **osteoclasti**, cellule plurinucleate che erodono e riassorbono osso formato.

Il metabolismo del calcio e la sua deposizione a livello osseo sono regolati in modo complesso.

La **vitamina D** riveste un ruolo assai importante, favorendo l'assorbimento del calcio. La vitamina D3 (vit.D3) o colecalciferolo viene ingerita con gli alimenti ed è anche prodotta nella cute dei mammiferi a partire dal 7-deidrocolesterolo per mezzo della luce solare. A livello del fegato la vit.D3 viene convertita in 25-idrossicolecalciferolo (calcidiolo) che a livello del rene viene ulteriormente convertito in 1,25-diidrossicolecalciferolo (calcitriolo) ad opera di un enzima, la 1 α -idrossilasi mitocondriale dei tubuli prossimali. La formazione di calcitriolo è comunque regolata da un meccanismo a feedback negativo (mediato dalla concentrazione di Ca^{++} e di PO_4^{--} plasmatici). Il calcitriolo promuove l'assorbimento di calcio a livello intestinale attraverso la formazione di proteine leganti il calcio ed il riassorbimento del calcio a livello renale, favorendo la mobilizzazione dello ione dall'osso (la mancanza di vitamina D nel bambino conduce al rachitismo, nell'adulto all'osteomalacia). L'ormone paratiroideo (**PTH** o paratormone) agisce direttamente aumentando il riassorbimento osseo (inducendo la formazione di un maggior numero di osteoclasti e inibendo la formazione di osteoblasti) e mobilizzando il calcio; porta ad aumentare il riassorbimento di calcio a livello renale (effetto compensato dall'aumento del calcio filtrato); riduce il riassorbimento a livello dei tubuli renali di fosfato, che quindi viene eliminato in maggiore quantità con le urine

(fosfaturia). Il PTH stimola anche la formazione di calcitriolo e di conseguenza l'assorbimento di calcio a livello intestinale. I livelli di PTH sono regolati da un meccanismo di feedback attraverso il livello del calcio e, in assai minor misura, del magnesio: elevate concentrazioni di calcio deprimono la secrezione con deposizione di calcio a livello osseo e viceversa. Un marcato incremento di secrezione di PTH provoca ipercalcemia, ipofosfatemia, demineralizzazione ossea, ipercalciuria, predisponendo alla calcolosi renale.

Un altro ormone importante, con effetti opposti a quelli del PTH, è la calcitonina o tireocalcitonina (TCT), secreta prevalentemente dalle cellule parafollicolari della tiroide; si trova nel sangue ed in altri tessuti (liquido cerebrospinale, ipofisi, timo, polmoni). La TCT è un polipeptide e viene prodotta quando il calcio plasmatico raggiunge determinati livelli (>9mg/dl) in quantità proporzionata ai livelli di calcemia. La secrezione di TCT è stimolata anche da altri fattori (gastrina, glucagone, CCK, secretina). La TCT abbassa il livello ematico del calcio e del fosfato inibendo il riassorbimento osseo (sembra che vi sia una inibizione della permeabilità degli osteoblasti e degli osteoclasti al calcio) e aumenta l'escrezione urinaria di calcio.

Oltre ai principali regolatori dell'omeostasi del calcio (vit.D3, PTH e TCT), ve ne sono altri il cui ruolo è tutt'altro che trascurabile. I glucocorticoidi inibiscono la replicazione cellulare e la sintesi proteica ossee inibendo la funzione degli osteoblasti; inoltre possiedono un'azione che antagonizza gli effetti della vit.D3 diminuendo la formazione e favorendo il riassorbimento dell'osso, producendo osteoporosi. L'ormone della crescita favorisce l'ipercalcemia e gli ormoni tiroidei possono provocare ipercalcemia, ipercalciuria e osteoporosi. L'insulina favorisce la formazione ossea mentre nel diabete non trattato si osserva una riduzione consistente della massa ossea. Le neoplasie (specie quelle del sangue) favoriscono l'ipercalcemia (i linfociti secernono fattori che attivano gli osteoclasti). Le ossa prendono contatto tra loro attraverso le articolazioni, che possono essere costituite da una zona di tessuto fibroso (sinfisi) o cartilagineo (sincondrosi) oppure essere discontinue (diartrosi). Nelle diartrosi i capi ossei rappresentano le superfici articolari, rivestite da un tessuto sostanzialmente avascolare, liscio ed elastico, la cartilagine articolare, che si presenta liscia ed opalescente; questa è formata da cellule, i condrociti, immersi in una matrice costituita di macromolecole, principalmente rappresentate da proteoglicani ad alta capacità idrofila e da collagene (soprattutto di tipo II) e da acqua, che costituisce circa il 70% del suo peso. Le fibre collagene sono disposte in senso tangenziale alla superficie cartilaginea negli strati più superficiali; in quelli profondi hanno una disposizione verticale mentre in quelli intermedi un andamento

convesso rispetto alla superficie. I glicosaminoglicani che entrano nella composizione dei proteoglicani, legano le molecole di acqua agendo come spugne, o “molle in tensione”, grazie al loro parziale avvolgimento su se stesse, che diminuisce in scarico, così che l'acqua imbeve gli strati più profondi del tessuto, mentre aumenta sotto carico “spremendo” e superficializzando l'acqua. Ciò incide notevolmente sulle proprietà biomeccaniche di resistenza e di elasticità del tessuto cartilagineo, che ha la funzione di protezione dei capi ossei da sollecitazioni di pressione; la compressibilità della cartilagine sana sotto carico raggiunge 1 mm. Inoltre la superficie liscia della cartilagine riduce l'attrito durante il movimento articolare.

I capi articolari sono tenuti insieme da un manicotto fibroso (capsula), rivestito internamente da una membrana epiteliale (sinovia) le cui cellule secernono il liquido sinoviale, che lubrifica le superfici articolari e nutre la cartilagine. I legamenti sono bande di tessuto fibroso che uniscono due ossa vicine; spesso sono costituiti da ispessimenti della capsula stessa. A livello microscopico presentano una struttura composta da fibroblasti e fibrociti immersi in una matrice ricca di fibre collagene e, in misura variabile, di elastina. I legamenti hanno una funzione meccanica di sostegno articolare passivo, e le loro proprietà meccaniche sono simili a quelle dei tendini.

I tendini sono strutture anatomiche interposte tra i muscoli e le ossa che trasmettono all'osso la forza sviluppata dalla contrazione muscolare e rendono possibile il movimento articolare. Il punto di unione con il muscolo viene definito giunzione miotendinea, mentre il punto di unione con l'osso è detto giunzione muscolo tendinea. Macroscopicamente i tendini sono strutture fibrose, caratterizzate da un'alta resistenza al carico meccanico. Solo alcuni tendini delle mani e dei piedi sono circondati da veri e propri canali detti guaine fibrose, la maggioranza invece è circondata da tessuto connettivo lasso che funge da manicotto elastico, detto paratenon, composto da collagene di I e di III tipo, da fibrille elastiche e da cellule sinoviali. Sotto il paratenon, il tendine è avvolto da una fascia di tessuto connettivo detta epitenon, mentre l'endotenon avvolge i fasci di fibre, i fascicoli ed ogni singola fibra tendinea. Sia i fasci che i fascicoli mostrano generalmente una spiralizzazione lungo il decorso del tendine. Contrariamente a quanto si credeva fino all'inizio del secolo, i tendini sono strutture vascolarizzate e metabolicamente attive. Microscopicamente, la fibra è costituita da cellule immature (tenoblasti) e mature (tenociti); questi producono molecole di tropocollagene solubile, che formano tra loro legami crociati costituendo molecole insolubili che si aggregano a formare fibrille collagene. Il collagene costituisce il 65-70% della massa secca del tendine, mentre l'elastina ne costituisce il 2%.

Anche l'elastina è prodotta dalle cellule tendinee, che producono anche i proteoglicani, glicosaminoglicani (GAG) ed altre piccole molecole; questi formano, insieme all'acqua, la matrice in cui le cellule sono immerse. Una delle proprietà fondamentali è rappresentata dalla resistenza meccanica alla tensione: il tendine è dotato di estensibilità, e mediamente può essere stirato fino al 4% della sua lunghezza senza essere danneggiato, grazie alla disposizione increspata delle fibrille collagene, alla presenza di fibre elastiche ed alla capacità idrofila di proteoglicani e GAG.

I tendini infine sono dotati, in misura diversa a seconda dei diversi distretti di una discreta elasticità, legata soprattutto alla presenza di elastina, che costituisce per il tendine un "deposito energetico", in cui l'energia cinetica creata dal muscolo viene accumulata sotto forma di tensione elastica e trasmessa all'osso.

Mobilità articolare e flessibilità

La **flessibilità** è un termine generico che definisce sia la mobilità di una singola articolazione o di un complesso di articolazioni, sia la capacità di effettuare compiti motori.

La **mobilità** articolare è la capacità motoria, ovvero il presupposto per raggiungere ampiezze di movimento sufficientemente elevate nell'escursione delle articolazioni durante l'esecuzione dei movimenti o nell'assunzione di determinate posizioni. La mobilità può essere distinta in attiva e passiva. La *mobilità attiva* corrisponde all'ampiezza di movimento articolare che può essere raggiunta attraverso l'attività muscolare; la *mobilità passiva* corrisponde al range di movimento che può essere raggiunto grazie all'intervento di forze esterne, come la forza di gravità (es. spaccata a terra), la forza di inerzia (che si aggiunge alla forza muscolare negli slanci), la forza muscolare di un partner o la distensione passiva di segmenti articolari ad opera di una contrazione attiva di altri distretti muscolari (es allungamento del tronco per azione degli arti superiori).

La mobilità passiva è sempre maggiore di quella attiva. Secondo Schnabel le basi della mobilità articolare sono rappresentate da:

fattori costituzionali

- condizioni delle superfici articolari
- estensibilità delle capsule e dei legamenti
- estensibilità di muscoli e tendini

massa muscolare

- masse molto elevate possono costituire un ostacolo passivo alla mobilità
- masse ridotte comportano ridotta forza muscolare

stato condizionale-energetico

- forza muscolare

coordinazione:

- coordinazione agonisti
- coordinazione antagonisti
- coordinazione sinergici

tono muscolare

attività riflessa

La **flessibilità** intesa come mobilità articolare si misura tramite il range of motion (**ROM**) attivo o passivo articolare, utilizzando strumenti semplici (metro, goniometro) o strumenti più complessi, che utilizzano markers cutanei seguiti da telecamere in grado di trasmettere le immagini in movimento ad un computer che ne calcola lo spostamento e la velocità angolare.

Bibliografia

1. Aniansson A., Sperling L., Rundgren A., Lehnberg E.: Muscle function in 75 year-old men and women. A longitudinal study. *Scand J Rehab Med* 9(Suppl.): 92-102, 1983.
2. Austin S, Qu H, Shewchuk RM. Age Bias in Physicians' Recommendations for Physical Activity: A Behavioral Model of Healthcare Utilization for Adults with Arthritis. *J Phys Act Health*. 2012 Jun 12.
3. Benvenuti E., Bandinelli S., Cecchi F., Lauretani F., Morelli N., Camici S., Corsi A., Ferrucci L.: Attività motoria nell'età giovane adulta e attività fisica in età avanzata: il ruolo della forza muscolare. *Giorn Gerontol* 48: 826, 2000.
4. Benvenuti E., Bandinelli S., Di Iorio A., Gangemi S., Camici S., Lauretani F., Cecchi F., Guralnik J.M., Ferrucci L.: Relationship between motor behaviour in young/middle age and level of physical activity in late life. Is muscle strength the causal pattern? In: Capodaglio P, Narici MV (Eds). *The ageing motor system and its adaptation to training*. Maugeri Foundation Books *Advances in rehabilitation*, Pavia, 2000.
5. Bouvier F, Saltin B, Nejat M, Jensen-Urstad M. Left ventricular function and perfusion in elderly endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2001 May;33(5):735-40.
6. Buchner D.M., Cress M.E., De Lateur B.J., Esselmann P.C., Margherita A., Prica R.: The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community living older adults. *J Gerontol* 52: M 218-224, 1997.
7. Chow R., Harrison J.E., Notarius C.: Effect of two randomised exercise programmes on bone mass in healthy postmenopausal women. *Br Med J* 1441-1444, 1987.
8. Clark BC. Age-related changes in neuromuscular function and physiology: an introduction and perspective. *Curr Aging Sci*. 2011 Dec;4(3):183. No abstract available.
9. Danneskiold-Samsoe B., Lyngberg K., Rism T., Telling M.: The effect of water exercise therapy given to patients with rheumatoid arthritis. *Scand J Rehab Med* 19: 31-57, 1987.
10. Deyle G.D., Henderson N.E., Matekel R.L., Ryder M.G., Garber M.B., Allison S.C.: Effectiveness of manual physical therapy and exercise in osteoarthritis of the knee. A randomized controlled trial. *Ann Intern Med* 132(3): 173-81, 2000.
11. Ekdahl C., Andersson S.I., Moritz U., Svensson B.: Dynamic versus static training in patients with rheumatoid arthritis. *Scand J Rheum* 19: 17-26, 1990.
12. Ettinger W.H. Jr.: Physical activity, arthritis, and disability in older people. *Clin Ger Med* 14(3): 633-640, 1998.
13. Evans W.J.: Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 31(1): 12-17, 1999.

14. Faulkner JA, Brooks SV, Zerba E. Muscle atrophy and weakness with aging: contraction-induced injury as an underlying mechanism. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1995 Nov;50 Spec No:124-9. Review.
15. Faulkner JA, Larkin LM, Claflin DR, Brooks SV. Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2007 Nov;34(11):1091-6. Review.
16. Gahunia HK, Pritzker KP. Effect of exercise on articular cartilage. *Orthop Clin North Am.* 2012 Apr;43(2):187-99
17. Hamerman D.: Aging and the musculoskeletal system. In: Hazzard WR, Bierman EL, Balass JP, Ettinger WH, Halter JB (Eds). *Hazzard's principles of Geriatric Medicine and Gerontology.* Mc Graw-Hill Company, NewYork, 935-45, 1994.
18. Holviala J, Häkkinen A, Alen M, Sallinen J, Kraemer W, Häkkinen K. Effects of prolonged and maintenance strength training on force production, walking, and balance in aging women and men. *Scand J Med Sci Sports.* 2012 Apr 29. doi: 10.1111/j.1600
19. Hügle T, Geurts J, Nüesch C, Müller-Gerbl M, Valderrabano V. Aging and osteoarthritis: an inevitable encounter? *J Aging Res.* 2012;2012:950192.
20. Kirsteins A.E.E., Dietz F., Hwang S.M.: Evaluating the safety and potential use of a weight-bearing exercise, tai chi chuan, for rheumatoid arthritis patients. *Am J Phys Med Rehab* 70:136-41, 1991.
21. Iida T, Ikeda H, Shiokawa M, Aoi S, Ishizaki F, Harada T, Ono Y. Longitudinal study on physical fitness parameters influencing bone mineral density reduction in middle-aged and elderly women: bone mineral density in the lumbar spine, femoral neck, and femur. *Hiroshima J Med Sci.* 2012 Jun;61(2):23-8.
22. Messier S.P., Royer T.D., Craven T.E., O'Toole M.L., Burns R., Ettinger W.H. Jr.: Long-term exercise and its effect on balance in older, osteoarthritic adults: results from the Fitness, Arthritis, And Senior Trial (FAST). *J Am Ger Soc* 48(2):131-8, 2000.
23. Minor M.A., Hewett J.E., Weber R.L., Andersson S.K., Kay D.R.: Efficacy of physical conditioning exercise in patients with rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *Arthr Rheum* 32:1896-405, 1989.
24. Peterson CM, Johannsen DL, Ravussin E. Skeletal muscle mitochondria and aging: a review. *J Aging Res.* 2012;2012:194821.
25. Ryall JG, Schertzer JD, Lynch GS. Cellular and molecular mechanisms underlying age-related skeletal muscle wasting and weakness. *Biogerontology.* 2008 Aug;9(4):213-28. Epub 2008 Feb 26. Review.
26. Seeman E.: Preventing osteoporosis, falls and fractures among elderly people. Getting younger and older people moving may seem sensible, but evidence is lacking. *Br Med J* 318: 1695-6, 1999.
27. Sharkey N.A., Williams N.I., Guerin J.B.: The role of exercise in the prevention and treatment of osteoporosis and osteoarthritis. *Nurs Clin N Am* 35(1): 209-21, 2000.
28. Shephard R.J.: *Aging, Physical Activity, and Health.* McGraw-Hill, New York, 1997.

29. Sinaki M.: Muscoloskeletal challenges of osteoporosis. *Aging* 10(3): 249-62, 1998.
30. Skelton D.A., McLaughlin A.W.: Training functional ability in old age. *Physiother* 82(3):159-167, 1996.
31. Tierney M, Fraser A, Kennedy N. Physical activity in rheumatoid arthritis: a systematic review. *J Phys Act Health*. 2012 sep;9(7):1036-48.
32. Tork S.C., Douglas V.: Arthritis water exercise program - a self assessment survey. *Arthr. Care Res* 2(1): 28-30, 1989.

Capitolo VIII

Teoria Tecnica e Didattica dell'Attività Motoria e Apparato Respiratorio

Claudio Macchi

Sistema Respiratorio e invecchiamento

Nonostante con l'invecchiamento si assista ad una progressiva atrofia della muscolatura scheletrica, l'uso costante dei muscoli respiratori tende a risparmiarli da questo processo.

Tuttavia si verificano una serie di modificazioni tutt'altro che trascurabili (Wahba, 1983; Horvath e Borgia, 1984; Weisfeldt et al, 1985; Johnson e Dempsey, 1991; Thurlbeck, 1991; Aoyagi e Shepard, 1992; McConnel e Davies, 1992; Taylor et al, 1992; Poulin et al, 1993; Johnson et al 1994; Down e Carrol, 1996; Grassi et al, 1997; Marazzini et al, 1997; McClaran et al, 1997; Hagberg et al, 1998; Britto et al 2009; Ruivo et al, 2009):

- aumento del diametro antero-posteriore della gabbia toracica con riduzione degli spazi intercostali per accentuazione della cifosi dorsale e degenerazione dei dischi intervertebrali e dei corpi vertebrali;
- aumento della rigidità della gabbia toracica legata ad un aumento della componente inorganica di coste, sterno, colonna; irrigidimento fino all'anchilosi delle articolazioni intorno alle quali ruotano le coste; perdita di elasticità delle coste per riduzione della massa muscolare e fibrosi dei muscoli respiratori con atrofia dei muscoli respiratori accessori;
- perdita o alterazione delle proprietà delle fibre elastiche polmonari;
- riduzione della forza e della resistenza dei muscoli respiratori in età avanzata come dimostrato dalla riduzione della pressione massima inspiratoria misurata a livello della bocca;
- aumento del lavoro necessario alla modificazione toracica (cifosi e debolezza della parete addominale specie nel sesso femminile affetto da osteoporosi);
- perdita del tessuto cartilagineo con predisposizione al collassamento durante l'espiazione forzata;

- a livello tracheo-bronchiale si assiste ad una progressiva sostituzione di tessuto elastico muscolare con tessuto fibro-connettivale anche per
- aumento delle dimensioni dei dotti alveolari e dei bronchioli respiratori a spese degli alveoli circostanti con riduzione della superficie alveolare;
- parziale progressiva distruzione degli alveoli e dei capillari polmonari (con conseguente riduzione dell'area funzionale da un massimo di circa 70m² a 20 anni di età a 50-60 m² a 80 anni con spazi alveolari ventilati ma scarsamente perfusi);
- ispessimento delle pareti vasali con riduzione di calibro e aumento di pressione;
- restringimento delle vie respiratorie minori ed aumento del diametro dei dotti alveolari terminali;
- riduzione della capacità vitale (correlata alla statura) specie nei soggetti molto anziani;
- la PaO₂ da 95 mmHg può arrivare fino a 75 a 70 anni. Poiché la PO₂ alveolare non cambia (almeno negli alveoli ben ventilati), ciò è prevalentemente da attribuire alla alterazione del rapporto ventilazione perfusione con riduzione della ventilazione alveolare e della diffusione dei gas. Lo shunt fisiologico, inferiore al 5% della gettata cardiaca a 20 anni, aumenta a 70 anni fino al 15%. La PCO₂, al contrario, non si modifica con l'invecchiamento;
- risposta all'ipossia ridotta, ma solo nell'ipercapnia;
- diminuita capacità di percepire la comparsa di broncocostrizione;
- alterazioni immunitarie con riduzione delle Iga presenti nel muco e alterazione della clearance mucociliare.

Entro i 60 anni di età la resistenza elastica del diaframma raddoppia rispetto a quella del giovane costringendo gli anziani a farne un uso sempre maggiore.

La progressiva perdita di elasticità porta all'aumento della compliance polmonare con aumento del volume residuo e riduzione del volume di riserva espiratorio (capacità funzionale residua cui va sottratto il volume residuo). L'aumento del volume residuo riflette un'espansione dello spazio alveolare. Questo comporta un ritardo nelle variazioni della composizione dei gas in risposta ad aumenti di ventilazione con conseguente rallentamento dell'aumento della pressione di O₂ alveolare durante l'esercizio fisico.

A 65 anni si ha una riduzione della capacità vitale di almeno ¼ con una maggior riduzione di ventilazione soprattutto nei segmenti polmonari basali, gli stessi nei quali si distribuisce un'ampia frazione del flusso ematico polmonare, sempre per motivi idrostatici.

L'aumento del volume toracico porta altresì ad una diminuzione dell'efficienza meccanica dei muscoli toracici.

Una certa percentuale di perdita della funzionalità respiratoria è legata a:

- fumo di sigaretta: pare che l'azione negativa del fumo sia legata alla produzione di agenti anti-ossidanti in grado di inibire l'elastasi, enzima che degrada l'elastina. E' importante ricordare come anche il fumo passivo sia in grado di provocare danni all'apparato respiratorio;
- precedenti malattie respiratorie;
- inquinamento atmosferico;
- deficit di alfa-1 antitripsina con predisposizione alle pneumopatie (genetico).

Nell'anziano gli sforzi espiratori più energici provocano un collasso delle vie respiratorie senza aumentare il flusso d'aria; quindi diminuiscono la ventilazione volontaria massima, il tasso di flusso espiratorio massimo ed il volume espiratorio massimo. Il FEV1 scende da valori di 82-85% del giovane adulto al 75-79% nell'anziano di 65 anni.

Variazione di volumi e misure statici

- Aumento volume residuo (principalmente a causa dell'espansione del volume alveolare);
- riduzione della capacità vitale (dipendente dalla differenza tra capacità totale, di solito invariata ed il volume residuo);
- Riduzione della capacità funzionale residua (CFR);
- la capacità polmonare totale (TLC = total lung capacity) rimane invece invariata.

Variazione di volumi e misure dinamici

- Riduzione della VEMS (dovuta all'aumento della rigidità della gabbia toracica ed alla riduzione delle forze elastiche di ritorno) con aumento della distensibilità del parenchima e riduzione del flusso di picco, prevalentemente secondario alla perdita di elasticità;
- riduzione del CVF (capacità vitale forzata) dall'85% nell'adulto al 75% a 65 anni;
- riduzione del rapporto VEMS/CVF;
- aumento del volume di chiusura (il volume di chiusura si ottiene mediante prova spirometrica con l'impiego di azoto; corrisponde al volume spirometrico compreso tra l'inizio della chiusura delle vie

aeree e la fine; per capacità di chiusura s'intende la capacità polmonare totale meno il volume di chiusura).

Difese Immunitarie

Per quanto riguarda i meccanismi immunitari è bene ricordare come le difese siano essenzialmente costituite dal sistema immunitario mucosale (BALT o bronchus associated lymphoid tissue) e dai macrofagi alveolari. Le tonsille faringee con il passare degli anni vanno incontro ad una progressiva involuzione e nell'anziano sono completamente assenti; questo facilita, assieme al decremento del BALT, la caduta delle difese per perdita di tessuto immunocompetente, favorendo la colonizzazione batterica.

164

Attività fisica e invecchiamento dell'apparato respiratorio

Durante lo sforzo muscolare, lo scambio gassoso tra l'aria atmosferica e le cellule muscolari dipende dalla integrità funzionale di tutti i sistemi impegnati nel trasporto dell'ossigeno (Gosselin et al, 1988; Shepard, 1997; Ofir et al, 2008; Ondrak e McMurray, 2009; Wood et al, 2010) che sono i seguenti:

- il torace e i polmoni
- la circolazione polmonare
- il cuore
- la circolazione distrettuale ed il microcircolo
- le cellule muscolari che trasformano energia chimica in lavoro meccanico
- la cute, che ha il compito di disperdere il calore prodotto dall'aumento della combustione
- il sistema di controllo della respirazione.

Rimane pertanto difficile individuare quali ed in quale misura siano i fattori maggiormente coinvolti nella ridotta capacità di prestazione muscolare cui si assiste con l'invecchiamento.

Molte evidenze sono concordi sul fatto che l'apparato respiratorio non limita le prestazioni fisiche nell'anziano sano. Tuttavia, durante l'attività fisica, si modifica la **VE** (ventilazione minuto = volume di aria respirata in un minuto = frequenza respiratoria x volume corrente), probabilmente in relazione ad un aumento di produzione di CO₂. Durante esercizio moderato o intenso si riduce il flusso espiratorio massimale e aumenta

l'impegno del diaframma. Importante è sottolineare come il costo energetico dell'esercizio aumenta con l'età fino al doppio nell'anziano.

Effetti dell'Attività Fisica nell'anziano

La maggior parte degli studi (ACSM, 1998; Aguilard et al, 1998; Hawkins e Wiswell 2003; Charansonney, 2012; Yu et al, 2012) dimostra che i soggetti fisicamente attivi hanno una funzionalità respiratoria migliore, probabilmente in relazione a fattori genetici, anche se l'allenamento aumenta la resistenza dei muscoli respiratori. Tutti gli studi trasversali dimostrano che gli anziani che compiono attività fisica hanno volumi polmonari maggiori. Poiché come abbiamo visto in precedenza, all'inizio di un programma di attività fisica i costi di O₂ e di ventilazione sono elevati, il rafforzamento dei muscoli scheletrici contribuisce alla riduzione dell'acidosi e a fronteggiare le esigenze ventilatorie; anche l'insegnamento delle tecniche respiratorie (inspirazione più veloce ed espirazione più lenta) riduce la tendenza al collasso espiratorio ed alla ventilazione dello spazio morto, aumentando l'uniformità della ventilazione.

Dopo 6 mesi di allenamento in anziani molto sedentari (1 ora al giorno) l'assunzione massima di O₂ aumenta di circa il 14%; dopo 12 mesi del 30%.

Gli studi eseguiti al cicloergometro (1h/settimana) mostrano aumenti consistenti della potenza aerobica (dal 10 al 20% dopo 18 mesi). Negli atleti che mantengono il programma di allenamento, si dimostrano scarse variazioni della potenza aerobica con l'avanzare dell'età, al contrario di quelli che l'hanno interrotto; è indubbio che una parte del vantaggio è legato al mancato aumento della massa corporea età-correlato.

La differenza nella potenza aerobica fra gli anziani attivi e quelli sedentari è paragonabile a quella di soggetti di 20-40 anni più giovani. Durante l'esercizio fisico aumenta anche la frequenza degli atti respiratori che possono diventare così rapidi da non consentire ai gas di diffondersi adeguatamente dai dotti alveolari terminali allo spazio alveolare.

L'invecchiamento comporta un aumento dello spazio morto anatomico e molto di più di quello fisiologico (chiusura delle vie respiratorie, espansione dei dotti alveolari terminali, rallentato equilibrio dei gas fra le vie respiratorie e gli spazi alveolari, scarsa corrispondenza fra ventilazione e perfusione soprattutto durante l'esercizio fisico). Il gradiente alveolo-arterioso di pressione parziale è di solito conservato negli anziani, anche per un controbilanciamento legato ad una relativa diminuzione della portata cardiaca. E' importante ricordare che:

- la sensibilità dei centri del respiro all'ossido di carbonio e alla carenza di O₂ può essere ridotta anche del 50% rispetto a quella di un giovane;
- Il costo di O₂ delle attività fisiche risulta aumentato;
- Vi è un maggior accumulo di lattato durante il lavoro sub-massimale legato ad un più lento incremento del consumo di O₂ all'inizio dell'esercizio;
- Possono verificarsi con maggior facilità: riduzione meccanica dei mantici toracici; deformazione della gabbia toracica per ipercifosi e conformazione a botte; riduzione dei volumi correnti con una frequenza respiratoria più rapida; aumento della resistenza al flusso dell'aria e della resistenza a livello tessutale; collasso espiratorio.

Dispnea

Un altro dato da considerare è la dispnea da sforzo, che limita la capacità di eseguire attività fisica. Questo dato, assai discusso, sembra essere in relazione principalmente con la mancanza di allenamento. La dispnea, nonostante sia una sensazione soggettiva di difficoltà respiratoria, spesso corrisponde ad una riduzione del volume corrente compreso fra il 33 e il 75%. In molti casi la dispnea è collegata oltre che all'astenia muscolare, alla mancanza di allenamento ad una ventilazione energetica, a debolezza della muscolatura toracica, a riduzione meccanica dei mantici toracici, ad alterazioni dell'imput sensoriale o dell'elaborazione neuronale centrale collegata ad un aumento dell'impedenza della respirazione.

Infine, nonostante ampie variabilità individuali, studi trasversali mostrano come a 65 anni la potenza aerobica è inferiore del 30-40% rispetto ai giovani in entrambi i sessi (in media il tasso di riduzione negli uomini è di 420-520 microlitri x Kg/min all'anno a partire dai 20 anni di età, nelle donne di 500-700 microlitri a partire dai 35 anni di età).

Attività fisica e patologia respiratoria

Prima di intraprendere un programma di attività fisica, dopo essersi accertati attraverso gli esami di laboratorio (in particolare il valore ematocrito, la glicemia, gli indici di funzionalità renale, il protidogramma, gli elettroliti plasmatici), la misurazione della pressione arteriosa e le indagini cardiologiche, che non vi sono controindicazioni assolute di ogni genere, è necessario acquisire dati in grado di fornire un orientamento sul tipo di patologia respiratoria e sulla sua gravità.

Importante è riconoscere (attraverso la visione dei risultati delle prove di funzionalità respiratoria) se si è di fronte ad una patologia restrittiva (fibrosi polmonari, gravi cifoscoliosi, distrofie) od ostruttiva (asma, enfisema, BPCO), che rappresentano i due gruppi di patologie in grado di alterare le funzioni dell'apparato respiratorio (Aguillard et al, 1998; Quan et al, 2007; Mancuso et al, 2009; Igelström et al, 2012;).

Patologie restrittive

Sono ridotti tutti i volumi (FEV1 e CVF) con indice di Tiffenau (FEV1/CVF) normale; il CFR è ridotto; la capacità vitale (CV) e la capacità polmonare totale (TLC) sono ridotte.

Patologie Ostruttive

Il FEV1, espresso in percentuale della capacità vitale forzata, si riduce; questo parametro permette (anche attraverso apparecchi portatili e di piccole dimensioni nei quali devono anche essere inseriti età, sesso, altezza, peso, razza) di stabilire l'entità dell'ostruzione (valori normali $\geq 80\%$).

Il PEF, il parametro più rapido e utile per i soggetti asmatici, che permette di stabilire il grado di ostruzione e la sua variabilità, si riduce (si possono usare piccoli apparecchi portatili entro i quali il soggetto deve soffiare).

La tabella sottostante mostra i valori normali dei principali indici di funzionalità respiratoria come espressi della European Respiratory Society.

Sindrome Ostruttiva

| | Normale | Lieve | Moderata | severa |
|--------------------------------|-----------|-----------------|--------------|-----------|
| FEV1 (%pv= valore predetto) | ≥ 80 | $\geq 60; < 79$ | $> 40; < 59$ | ≤ 40 |
| FEV1/VC (%) | ≥ 70 | $\geq 60; < 69$ | $> 40; < 59$ | ≤ 40 |

Sindrome Restrittiva

| | Normale | Lieve | Moderata | Moderata-severa | Severa | Molto severa |
|------------|-----------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|
| TLC (% pv) | ≥ 80 | $\geq 70; < 79$ | $> 60; < 70$ | | | |
| VC (% pv) | ≥ 70 | $\geq 70; < 79$ | $> 60; < 70$ | $\geq 50; < 60$ | $\geq 35; < 50$ | < 35 |

Per diagnosticare la presenza di enfisema in assenza di BPCO sono necessarie metodiche più complesse come il CFR, che rappresenta un indice di iperinsufflazione e che quindi risulta aumentato.

All'inizio di un programma di attività fisica è consigliabile valutare sempre:

1. la saturazione di O₂ (mediante saturimetro portatile);

2. la frequenza cardiaca (che deve essere monitorata, assieme alla saturazione, anche durante e dopo le prime sedute di esercizio);
3. la percezione dell'intensità dello sforzo mediante la scala di Borg (vedi "produzione di energia, sistema endocrino e metabolismo");
4. il 6MWT (6 minute walk corridor test): questo test consiste nel far percorrere, con andatura più sostenuta possibile, un corridoio di 25 metri (avanti e indietro) per 6 minuti; il soggetto si può fermare quando non riesce a tollerare ulteriormente lo sforzo e riprendere appena può il cammino, sempre cercando di dare il massimo; il test viene ripetuto 2 volte per l'apprendimento (deve essere appreso quale sia il modo migliore per dare il massimo). Vengono quindi valutati la distanza percorsa, la saturazione di O₂, il grado di dispnea (secondo la scala di Borg) e la FC.

Questi parametri sono utili anche per valutare gli effetti che seguono il programma di attività fisica, in modo particolare il 6MWT: si considera un buon risultato se la distanza percorsa nei 6 minuti è uguale o superiore di 50 metri rispetto alla valutazione iniziale. L'attività fisica ha, tra gli scopi primari, quello di modificare le alterazioni anatomiche reversibili rappresentate dalla rigidità e dall'incurvamento della colonna vertebrale, dalla rigidità delle articolazioni costo-vertebrali e dalle alterazioni muscolari legate all'ipocinesia; di migliorare la ventilazione e la distribuzione dei gas respiratori. Molto importante a questo proposito, è il potenziamento dei muscoli espiratori, ricercando l'economizzazione della respirazione attraverso l'utilizzo di frequenze più basse, in modo tale da evitare il più possibile l'asincronismo respiratorio, che incide fortemente sulla capacità fisica dell'anziano.

Un altro importante scopo dell'attività fisica è quello di aumentare la gettata cardiaca (portata) e di ridurre le resistenze polmonari, con miglioramento dell'utilizzazione dell'O₂. Il potenziamento diaframmatico è di fondamentale importanza, giacché l'irrigidimento della gabbia toracica consente prevalentemente l'espansione volumetrica verticale con respirazione prevalentemente diaframmatico/addominale.

La **mobilizzazione della colonna** vertebrale e la correzione della cifosi dorsale richiedono un potenziamento dei muscoli spinali (ileocostale, lunghissimo del dorso, spinale e spinale trasverso) con esercizi di flessione, estensione, rotazione ed inclinazione laterale; la **mobilizzazione costale**, tesa a correggere l'orizzontalizzazione delle coste ha lo scopo di mobilizzare parte del volume residuo e si avvale di esercizi di potenziamento a carico dei muscoli espiratori, intercostali interni, quadrato dei lombi, retti addominali, piccolo e grande obliquo, piccolo dentato postero-inferiore, trasverso dell'addome (che deve essere sincronizzato col diaframma).

Il **potenziamento diaframmatico** si avvale di esercizi di movimento degli arti sia in posizione seduta che durante la marcia:

- 1) il soggetto è seduto su uno sgabello di fronte ad uno specchio in modo da poter controllare i propri movimenti; inizialmente il torace è appoggiato sulle cosce con testa, collo e braccia rilassati; si invita quindi il soggetto ad estendere la colonna vertebrale contemporaneamente ad una inspirazione che si accompagna al “gonfiaggio dell’addome”; allorchè la colonna è completamente estesa si fanno dilatare le basi polmonari, dopodichè il soggetto alza le braccia portando le mani dietro la nuca espandendo la parte media del torace; spingendo gli arti flessi all’indietro si ottiene l’espansione degli apici; durante l’espirazione il soggetto ritorna alla posizione di partenza, rilassando addome, basi polmonari, parte media del torace ed apici;
- 2) il soggetto, in posizione seduta con le mani dietro la nuca, compie con busto, testa e braccia, dei quarti di rotazione sul bacino per ogni frazione inspiratoria ed espiratoria; partendo dalla posizione frontale, dilatando l’addome, deve eseguire una rotazione laterale destra per poi ritornare in posizione frontale, espandendo la frazione costale bassa in posizione laterale sinistra durante l’espansione costale media, nuovamente in frontale, durante l’espansione costale alta; dopo una breve pausa il soggetto deve espirare a labbra socchiuse in modo frazionato con rilassamento addominale in rotazione laterale sinistra, rilassamento costale basso e ritorno alla posizione frontale, rilassamento costale medio in rotazione laterale sinistra, rilassamento costale alto e ritorno in posizione frontale.

Attività fisica nella broncopneumopatia cronica ostruttiva

Anche se spesso coesistono e sono difficilmente distinguibili, tre sono le componenti della BPCO:

- 1) Iperreattività bronchiale con ipersecrezione e broncospasmo, associata nel 20-40% dei casi a fenomeni allergici;
- 2) Bronchite cronica: situazione nella quale il soggetto presenta tosse cronica (anche produttiva) quasi ogni giorno per almeno 3 mesi all’anno per almeno due anni consecutivi; fattori predisponenti sono il fumo di sigaretta, il clima freddo e umido e l’inquinamento atmosferico. Nel 90% dei forti fumatori è presente tosse cronica con riduzione dei volumi dinamici (FEV1). I problemi dei fumatori sono più gravi quando mostrano iperreattività alla metacolina e se presentano un fenotipo anormale

di alfa₁-antitripsina anche in eterozigoti (l'alfa₁antitripsina è un enzima che limita la distruzione proteolitica dei tessuti polmonari dovuta a fenomeni flogistici di tipo infettivo);

- 3) Enfisema: caratterizzato da un abnorme aumento del contenuto aereo a valle del bronchiolo terminale con distruzione dei setti interalveolari. Dopo i 60 anni circa la metà della popolazione ne è interessata, anche se in assenza di sintomatologia (il sesso, la predisposizione genetica, il fumo, gli inquinanti atmosferici e le infezioni respiratorie croniche, ne aumentano il rischio).

La BPCO si associa ad una compromissione dell'autonomia funzionale ed in alcuni casi della funzione cognitiva dell'individuo soprattutto nei casi in cui prevale la componente enfisematosa (maggiore severità della dispnea a parità di ostruzione). Un valido marker di disabilità è rappresentato dalla comparsa di desaturazione emoglobinica (valutabile con semplici saturimetri portatili). La dispnea è il principale fattore limitante l'autonomia (anche nelle attività della vita quotidiana o ADL) e la sensazione di benessere. I soggetti con BPCO hanno una ridotta tolleranza all'attività fisica.

Si deve porre attenzione:

1. Alla probabile ipossiemia indotta dall'esercizio fisico (con eventuali ripercussioni a livello cardiologico di tipo ischemico e/o aritmico) e poliglobulia secondaria (con aumento dell'ematocrito ed iperviscosità) misurando la saturazione di O₂ con attenzione (ed eventuale somministrazione di O₂) per valori inferiori al 90%;
2. All'acidosi lattica;
3. Alla qualità ed all'entità della areazione che deve essere idonea, evitando esercizi all'aperto in situazioni climatiche sfavorevoli (eccessivi caldo o freddo, umidità);
4. All'educazione al respiro soprattutto nelle sindromi ostruttive, nelle quali i soggetti devono imparare a respirare con la bocca;
5. Al peso corporeo: obesità e magrezza condizionano negativamente la performance respiratoria;
6. Alle abitudini alimentari: è possibile ridurre la produzione di CO₂ ed il lavoro respiratorio modificando le proporzioni tra i nutrienti.

L'attività fisica d'altronde migliora la tolleranza allo sforzo e la qualità della vita, specialmente nei pazienti anziani, ed i benefici di un'attività fisica condotta per almeno 6 mesi perdurano almeno un anno. Durante l'esercizio fisico alcuni pazienti (detti "pink puffers" o sbuffatori rosei), aumentano marcatamente la ventilazione a spese di un aumento del lavoro respiratorio con normali pressioni di O₂ e di CO₂; quando la malattia progredisce, la capacità di iperventilare diminuisce e l'attività fisica produce una drastica riduzione della PO₂ e un aumento della pressione

polmonare che può portare a insufficienza cardiaca: questi soggetti, solitamente magri e di aspetto cianotico, vengono chiamati “blue bloaters” (aringhe blu).

Attività consigliate

Le attività consigliate (Nonoyama, 2007; Gorzelniak et al, 2012) sono di tipo aerobico e di intensità proporzionata alle capacità del soggetto (con punteggio attorno a 3 della scala di Borg), sempre accompagnate da un periodo di almeno 5 minuti di riscaldamento e di raffreddamento; la durata preferibile è di 30–40 minuti al giorno; la frequenza di almeno 5 volte a settimana. Solitamente sono impiegati cyclette per gli arti superiori e inferiori, treadmill.

Richiami anatomici e fisiologici

Dobbiamo distinguere la respirazione esterna che consiste nell’assorbimento di O_2 e nell’eliminazione di CO_2 a livello polmonare, dalla respirazione interna, consistente nell’utilizzo dell’ O_2 e nella produzione di CO_2 da parte delle cellule. In condizioni di riposo, l’uomo respira circa 12-15 volte al minuto (500 ml di aria ogni volta, circa 6-8 litri/min).

L’aria si mescola col gas che si trova negli alveoli, O_2 entra nei capillari polmonari e CO_2 esce, per diffusione. Ogni minuto entrano nell’organismo 250 ml di O_2 ed escono 200 ml di CO_2 ; nell’aria espirata sono presenti anche tracce di molti altri gas. I gas si espandono fino ad occupare tutto lo spazio disponibile. La pressione esercitata da un gas in una miscela di gas (pressione parziale) equivale alla pressione totale moltiplicata per la frazione della quantità totale del gas che esso rappresenta. L’aria secca è composta da: 78% di N_2 , 20.98% di O_2 , 0.04% di CO_2 , 0.92% di altri gas come l’argon e l’elio.

La pressione barometrica a livello del mare è di 760 mmHg (= 1 atmosfera) per cui le pressioni parziali (P) nell’aria secca a livello del mare sono per l’ O_2 160 mmHg (0.21×760), per l’ N_2 e gli altri gas inerti 600 mmHg (0.79×760) e per la CO_2 0.3 mmHg (0.0004×760). La presenza di vapor acqueo nell’aria tende a ridurre le pressioni parziali; poiché l’aria inspirata quando arriva ai polmoni è satura di vapor acqueo la PH_2O a 37° è di 47 mmHg. Pertanto la composizione dell’aria che va ai polmoni (sempre a livello del mare) avrà le seguenti pressioni parziali : O_2 149 mmHg; N_2 e gas inerti 564 mmHg; CO_2 0.3 mmHg. I polmoni e la parete toracica sono strutture elastiche. La pressione nello spazio compreso tra i

polmoni e la parete toracica (pressione intrapleurica) è inferiore alla pressione atmosferica (-2.5 mmHg; -6 mmHg nell'inspirazione tranquilla); per questo motivo se si apre la parete toracica i polmoni si collassano.

Tra la trachea e gli alveoli le vie aeree si dividono 16 volte formando i bronchi, i bronchioli e i bronchioli terminali ed altre 7 volte formando i bronchioli respiratori, i dotti alveolari ed i sacchi alveolari. Tutte queste divisioni aumentano enormemente l'area traversa delle vie aeree (la circonferenza totale delle vie aeree a livello dei bronchioli terminali è circa 2000 volte quella della trachea). Gli alveoli sono circondati da capillari: è interposta una sottile struttura tra l'aria alveolare ed il sangue che l'O₂ e la CO₂ devono attraversare. Nell'uomo vi sono circa 300 milioni di alveoli, mentre l'area totale delle pareti alveolari a contatto con i capillari dei due polmoni è di circa 70 m². Gli alveoli possiedono essenzialmente 2 tipi di cellule epiteliali: quelle di I° tipo o principali e quelle di II° tipo che sono più spesse e secernono il "surfactante". La trachea ed i bronchi contengono cartilagine e scarsa muscolatura liscia; sono tappezzati da epitelio ciliato con ghiandole mucose e sierose. I bronchioli ed i bronchioli terminali non hanno epitelio ciliato né ghiandole e le loro pareti (prevalentemente di quelli terminali), non contengono cartilagine ma una maggior quota di muscolatura liscia. Le pareti dei bronchi e dei bronchioli sono innervate dal sistema nervoso autonomo (SNA). Nelle pareti dei bronchioli sono presenti recettori beta adrenergici (per i quali non esistono prove che siano innervati) la cui stimolazione provoca broncodilatazione; gli impulsi colinergici provocano al contrario broncocostrizione. È stata dimostrata la presenza di un altro tipo di innervazione, non colinergica né adrenergica che provoca broncodilatazione, mediata probabilmente dal VIP, mentre i leucotrieni provocano importante broncocostrizione. Nel tono bronchiale è presente un ritmo circadiano con massima costrizione attorno alle 6 del mattino e massima dilatazione verso le 16: questo giustifica la maggior gravità degli attacchi d'asma durante la notte e nelle prime ore del mattino. Il raffreddamento delle vie aeree provoca broncocostrizione e l'attività fisica favorisce gli attacchi d'asma poiché riduce la temperatura nelle vie aeree e la quantità d'aria inspirata per minuto (**ventilazione polmonare** o **volume respiratorio/minuto**) che è di circa 6 litri (500 ml x atto respiratorio x 12 atti). La **massima ventilazione volontaria (MVV)** rappresenta il massimo volume d'aria che può essere inspirato ed espirato in un minuto con uno sforzo volontario (circa 125-170 l/min). La quantità d'aria che entra o che esce dai polmoni ad ogni atto respiratorio viene definita dal **volume corrente (VT** o total volume). La quantità d'aria che può essere espirata oltre all'aria corrente prende il nome di **volume di riserva**

inspiratoria (VRI); quella espirata forzatamente dopo un'espiazione passiva **volume di riserva espiratoria (VRE)**. Per **volume residuo (VR)** s'intende la quantità d'aria che rimane nei polmoni dopo uno sforzo espiratorio massimale. Lo spazio occupato dai gas che non subisce scambi nella zona di conduzione delle vie aeree (che si estende dai bronchi ai bronchioli terminali) si chiama **spazio morto respiratorio**. La **capacità vitale lenta (VC o SVC)** è la massima quantità d'aria che può essere espirata dopo una inspirazione massimale che viene definita **capacità vitale forzata (VCF)** quando questa viene espulsa con la massima forza possibile (entrambe validi indici di funzionalità polmonare in grado di fornire utili informazioni anche sulla forza dei muscoli respiratori). **VR** e **SVC** sommati assieme danno la **capacità polmonare totale (TLC = total lung capacity)**. Informazioni importanti si ottengono misurando il volume espiratorio massimo al primo secondo (**VEMS**) ovvero la frazione di capacità vitale espirata forzatamente in un secondo o **capacità vitale temporizzata (FEV 1 = forced expired volume in 1 second)** che permette di diagnosticare la BPCO (broncopneumopatia cronica ostruttiva) e di stabilirne l'entità dell'ostruzione. Il rapporto tra **VEMS** o **FV1** e **VCF** esprime l'**indice di Tiffenau**. Anche il **picco di flusso espiratorio (PEF)** è un parametro molto utile e pratico nel valutare il grado e la variabilità di ostruzione delle vie aeree (utilizzato nei pazienti asmatici anche attraverso l'impiego di piccoli strumenti portatili). Più complicato (non misurabile con semplice spirometro) è il calcolo della **capacità funzionale residua (CFR)** che esprime il volume (**VR** o volume residuo) che rimane nell'apparato respiratorio dopo un'espiazione forzata (utile per la diagnosi e la quantizzazione dell'enfisema, ove è aumentato). Il 75% di aumento del volume intratoracico è dovuto al movimento del diaframma il cui spostamento varia da 1.5 cm nell'inspirazione tranquilla fino a 7 cm in quella profonda. Quando il diaframma si contrae la sua cupola tende ad appiattirsi producendone l'abbassamento, prevalentemente nelle parti laterali, mentre in corrispondenza del centro frenico (lamina fibrosa conformata "a trifoglio" che raccoglie i fasci muscolari del diaframma), aderente al pericardio, si osserva solo un lieve abbassamento. In questo modo si determina un aumento del diametro verticale del torace, mentre i fasci muscolari laterali fanno perno sul centro frenico determinando un innalzamento delle coste inferiori con aumento dei diametri sagittale e trasverso del torace. Il risultato di queste modificazioni produce un restringimento dell'addome in cui la massa intestinale viene sospinta anteriormente e lateralmente, determinando un aumento della pressione addominale. Questi spostamenti contribuiscono in massima parte alla realizzazione della fase inspiratoria del ciclo ventilatorio: ad ogni spostamento del diaframma verso il basso di un

centimetro corrisponde un aumento di volume di circa 270 ml. I muscoli respiratori sono elencati nella tabella seguente.

| Inspiratori Principali | Inspiratori Accessori | Espiratori (accessori) |
|-------------------------------|--|-------------------------------|
| Diaframma | Elevatori delle coste | Intercostali interni |
| Scaleno anteriore | Sternocleidomastoidei | Retto dell'addome |
| Scaleno medio | Grande pettorale | Obliquo esterno d. addome |
| Scaleno posteriore | Piccolo pettorale | Obliquo interno d. addome |
| Intercostali esterni | Succlavio | Dentato posteroinferiore |
| | Grande dentato anteriore | Trasverso dell'addome |
| | Piccolo dentato posterosuperiore | Quadrato dei lombi |
| | Sacrospinali: ileocostale e lunghissimo | |
| | Spinali (del dorso, del collo, della testa) | |
| | Trasverso spinale (semispinale, multifido, rotatori) | |
| | Trapezio | |
| | Grande dorsale | |
| | Romboide (grande e piccolo) | |
| | Elevatori della scapola | |

I muscoli espiratori entrano in funzione nell'inspirazione forzata e sono rappresentati principalmente dagli intercostali interni e dai muscoli della parete addominale anteriore. L'aumento di volume per unità di aumento di pressione nelle vie aeree misura la distensibilità (o compliance) polmonare e della parete toracica, il cui valore normale è di circa 0,2 l/cmH₂O. La compliance dipende dal volume e dallo stato dei polmoni (è diminuita dopo pneumectomia, nella congestione polmonare e nelle fibrosi interstiziali, è aumentata nell'enfisema). La compliance polmonare è influenzata dalla presenza di surfactante (prodotto dalle cellule di tipo II dell'epitelio alveolare), un agente tensioattivo (costituito dal fosfolipide dipalmitoilfosfatidilcolina e da altre 2 proteine) che tappezza gli alveoli e ne abbassa la tensione superficiale. In assenza di questo fattore, durante la riduzione di volume degli alveoli che avviene nell'inspirazione, questi si collassano, in obbedienza alla legge di Laplace: la tensione superficiale non contrastata, produce una forza di 20 mmHg che porterebbe alla

trasudazione di liquido dal sangue agli alveoli. E' importante ricordare che il surfactante diminuisce nei polmoni dei fumatori di sigarette. Il **lavoro del respiro** può essere calcolato in base alla curva della pressione di rilasciamento ed è stimabile, nel respiro tranquillo, in circa 0,3-0,8 Kgm/min. Durante il lavoro muscolare, questo valore tende a salire, ma nell'individuo normale l'energia spesa per il respiro rappresenta meno del 3% del totale, contrariamente a quanto avviene in alcune patologie come l'enfisema, l'asma, lo scompenso cardiaco congestizio. A causa della forza di gravità la pressione intrapleurica alle basi polmonari è di circa 5 mmHg maggiore rispetto agli apici, in modo tale che la pressione transmurale (differenza tra pressione intrapolmonare e intrapleurica) alle basi può risultare, dopo un'espiazione forzata, negativa, producendo la chiusura delle vie aeree. Questo è il motivo per cui, nella prima fase dell'inspirazione, una maggior quota di gas giunge agli apici. Durante la posizione eretta, per effetto della gravità, il flusso sanguigno apicale è inferiore a quello delle basi. Gli scambi gassosi con il sangue dei capillari si svolgono nelle porzioni terminali delle vie aeree. Il volume occupato dal gas che non partecipa agli scambi (circa 150 ml) viene definito **spazio morto (anatomico e fisiologico)**: quest'ultimo rappresenta il volume del gas che non si equilibra con il sangue): solo 350 dei 500 ml di ogni inspirazione si mescolano con l'aria degli alveoli ed allo stesso modo ad ogni espirazione i primi 150 ml provengono dallo spazio morto. Normalmente spazio morto anatomico e fisiologico coincidono, ma in alcune malattie può non avvenire scambio fra il gas contenuto in alcuni alveoli ed il sangue oppure alcuni alveoli possono essere iperventilati. A causa dello spazio morto, la quantità di aria che arriva agli alveoli (ventilazione alveolare) con un volume respiratorio di 6 l/min è di $500 - 150 = 350 \text{ ml} \times 12 \text{ atti respiratori/min}$, vale a dire 4,2 l/min. Una respirazione rapida e superficiale produce una ventilazione alveolare molto minore rispetto ad una respirazione lenta e profonda a parità di volume/min. La PO_2 dell'aria alveolare è di 100 mmHg, quella del sangue venoso in arteria polmonare di 40 mmHg; l' O_2 si scioglie nel plasma e penetra nei globuli rossi combinandosi con l'emoglobina cosicché la PO_2 del sangue arriva a 97 mmHg, anche se a livello sistemico, a causa dello shunt fisiologico, è di 95 mmHg (infatti circa il 2% del sangue non attraversa i capillari polmonari in quanto le arterie bronchiali e i rami dell'aorta toracica che irrorano il parenchima polmonare riversano parte del sangue direttamente nelle vene polmonari; in questa quota va ricompresa anche quella parte di sangue che dai vasi coronarici si riversa nel cuore sinistro). Per **capacità di diffusione** polmonare per l' O_2 s'intende la quantità di O_2 che attraversa la membrana alveolare in un minuto per una differenza di PO_2 di 1 mmHg tra aria alveolare e sangue

(normalmente è di 20-30ml/min/mmHg a riposo e durante il lavoro muscolare può superare i 65 ml/min). La capacità di diffusione è ridotta nelle fibrosi polmonari. La PCO_2 del sangue venoso è di 46 mmHg, quella dell'aria alveolare di 40: questo gradiente permette la diffusione di CO_2 dal sangue agli alveoli. A causa della maggiore capacità di diffusione polmonare per la CO_2 rispetto all' O_2 raramente si verifica una ritenzione di CO_2 , anche quando la diffusione per l' O_2 è ridotta. La PCO_2 nelle arterie sistemiche è di 40 mmHg. In arteria polmonare la pressione ha un valore medio di 15 mmHg, quella in atrio sinistro in diastole 8 mmHg, con un gradiente di 7 mmHg.

La quantità di sangue a livello polmonare è di circa 1000ml, dei quali meno di 100 a livello capillare. Un globulo rosso percorre, in condizioni di riposo, un capillare polmonare in 0,75 sec. A livello dei capillari polmonari la pressione è di circa 10 mmHg contro una pressione oncotica del sangue di 25 mmHg; il gradiente di 15 mmHg diretto verso i capillari impedisce che gli alveoli siano inondati di liquido. Se la pressione nei capillari polmonari supera i 25 mmHg si ha edema polmonare (insufficienza ventricolare sin, stenosi mitralica). In posizione sdraiata, il volume sanguigno polmonare aumenta anche di 400 ml ed allo stesso modo diminuisce alzandosi. Questo determina una riduzione della capacità vitale in posizione orizzontale, determinando l'ortopnea nell'insufficienza cardiaca. L'**attività fisica** determina un aumento della gettata cardiaca e della pressione in arteria polmonare con minima vasodilatazione accompagnata da aumento della perfusione degli apici polmonari (anche attraverso il reclutamento dei capillari ipoperfusi) e da un aumento della velocità dei globuli rossi senza riduzione della saturazione in O_2 dell'Hb con il risultato di un aumento di O_2 a livello del circolo sistemico. Da ricordare inoltre che i polmoni attivano l'angiotensina I convertendola in angiotensina II, che stimola la secrezione di aldosterone. Le cellule APUD e alcune fibre nervose polmonari contengono peptidi molto attivi da un punto di vista biologico (VIP, sostanza P, oppioidi, CCK, somatostatina).

Contenuto di O_2

Durante l'esercizio massimale, nell'anziano, i valori di differenza di O_2 artero-venoso tendono ad essere inferiori (riduzione del contenuto di O_2 arterioso, peggiore distribuzione della portata cardiaca periferica, perdita di attività dei sistemi enzimatici tissutali). In molti casi le BPCO causano una diminuzione della capacità di diffusione polmonare e quindi una riduzione della saturazione di O_2 arterioso. Anche l'anemia, che si

presenta con una certa frequenza (atrofia gastro-intestinale, micro-emorragie interne per cause non diagnosticate, progressiva sostituzione del midollo rosso emopoietico con tessuto adiposo, deficit di eritropoietina per insufficienza renale), porta alla riduzione del trasporto di O₂. Negli anziani, in modo particolare in quelli con un basso livello di forma fisica, è alterato il rapporto tra flusso sanguigno muscolare e quello viscerale/cutaneo con aumento a favore di questo'ultimo distretto; inoltre si assiste ad una riduzione del flusso ematico nei muscoli inattivi, non coinvolti nell'esercizio fisico: ad esempio durante l'esecuzione di esercizi con gli arti inferiori, la resistenza vascolare in quelli superiori è maggiore; questo spiega l'aumento della PA come tentativo di compensare questo deficit.

Estrazione di ossigeno tissutale

L'estrazione di O₂ si riduce con l'età per il maggior fabbisogno ematico della cute (aumento del grasso sottocutaneo, tasso di sudorazione inferiore). Durante l'attività fisica intensa può verificarsi un debito di ossigeno muscolare anche in relazione alla riduzione del numero dei capillari tessutali, fenomeno in parte compensato da una certa atrofia delle fibre muscolari e dalla riduzione dell'attività enzimatica. L'estrazione periferica di O₂ è limitata dal basso contenuto nel sangue che esce dai muscoli dopo la contrazione. Vi sono situazioni patologiche (vedi apparato cardiovascolare) nelle quali il debito di O₂ muscolare è legato ad arteriopatia ostruttiva cronica periferica (AOCP).

Anossia

Per anossia s'intende la mancanza di ossigeno. Il termine viene impropriamente ma diffusamente impiegato per definire situazioni di riduzione o deficienza di ossigeno (ipossia) a livello tissutale. Può essere distinta in:

1. *Ipossica*: con PO₂ arteriosa ridotta (composizione dell'aria, pressione parziale di O₂, malattie dell'apparato respiratorio). Al crescere dell'altitudine la composizione dell'aria rimane costante ma la pressione barometrica diminuisce come anche la PO₂. A 3000 m SLM la PO₂ è di circa 60 mmHg (normale: 95 mmHg);
2. *Anemica*: la PO₂ arteriosa è normale ma è ridotta la concentrazione dell'emoglobina;
3. *Ischemica*: il flusso sanguigno tissutale è troppo lento per un adeguato apporto di O₂, sebbene la PO₂ e la concentrazione di emoglobina siano normali;

4. *Stagnante*: può far seguito alla anossia ischemica o essere secondaria a stasi. L' apporto di O_2 è insufficiente nonostante sia massima la sua estrazione;
5. *Istotossica*: quando la quantità di O_2 che il sangue può cedere ai tessuti è normale, ma le cellule tessutali a causa di un agente tossico non possono utilizzare l' O_2 loro fornito.

Bibliografia

1. Aguillard RN, Riedel BW, Lichstein KL, Grieve FG, Johnson CT, Noe SL. Daytime functioning in obstructive sleep apnea patients: exercise tolerance, subjective fatigue, and sleepiness. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 1998 Dec;23(4):207-17
2. Aoyagi Y, Shepard R.J.: Aging and muscle function. *Sports Medicine* 14: 376-396, 1992.
3. ACSM (American College of Sports Medicine Position Stand). Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1998 Jun;30(6):992-1008.
4. Britto RR, Zampa CC, de Oliveira TA, Prado LF, Parreira VF. Effects of the aging process on respiratory function. *Gerontology*. 2009;55(5):505-10. Epub 2009 Aug 27
5. Charansonney O. Physical activity's and aging's opposite effects on cardiorespiratory physiology. *Ann Cardiol Angeiol (Paris)*. 2012 Aug 28.
6. Dow L., Carrol M.: The aging lung: structural and functional aspects. In *Respiratory disease in the elderly patient*. Connolly M.J. ed. Chapman Hall, London, 2-17, 1996.
7. Gorzelniak L, Dias A, Schultz K, Wittmann M, Karrasch S, Jörres RA, Horsch A. Comparison of Recording Positions of Physical Activity in Patients with Severe COPD Undergoing LTOT. *COPD*. 2012 Sep 4.
8. Gosselin L.E. et al.: Effects of age endurance training on capillary density and fiber type distribution in rat diaphragm muscle. *Med and Sci Sports Exercise* 20: S9, 1988.
9. Grassi V., Rengo F., Olivieri D.: Il punto su Aging Lung: dalla fisiologia alla clinica, vol III, Scientific Press, Firenze, pp 57-75, 1997.
10. Hagberg J.M. et al.: Pulmonary function in young and older athletes and untrained men. *J Appl Physiol* 65: 101-105, 1998.
11. Hawkins S, Wiswell R. Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training.. *Sports Med*. 2003;33(12):877-88.
12. Horvath S.M., Borgia J.F.: Cardiopulmonary gas transport and aging. *Am Rev Respir Dis* 129: 568-571, 1984.
13. Igelström H, Martin C, Emtner M, Lindberg E, Asenlöf P. Physical activity in sleep apnea and obesity-personal incentives, challenges, and facilitators for success. *Behav Sleep Med*. 2012;10(2):122-37
14. Johnson F. et al.: Impact of the aging pulmonary system on the response to exercise. *Clin Chest Med* 15: 229-246, 1994.
15. Johnson B.D., Dempsey J.A.: Demand vs capacity in the aging pulmonary system. *Exercise and Sports Sci Rev* 19: 171-210, 1991.
16. Mancuso CA, Sayles W, Robbins L, Phillips EG, Ravenell K, Duffy C, Wenderoth S, Charlson ME. Barriers and facilitators to healthy physical activity in asthma patients. *J Asthma*. 2006 Mar;43(2):137-43.

17. Marazzini L. et al.: Meccanismi di regolazione e controllo della respirazione nella vecchiaia. *Aging Lung: dalla fisiologia alla clinica*. Grassi et al ed. Scientific Press, Firenze, 1997.
18. McClaran S.R. et al.: Longitudinal effects of aging on lung function at rest and exercise in healthy active fit elderly adults. *J Appl Physiol* 78: 1957-1968, 1995.
19. McConnel A.K., Davies T.M.: A comparison of the ventilatory responses to exercise of elderly and younger humans. *J Gerontol* 47: 137-141, 1992.
20. Nonoyama ML, Brooks D, Lacasse Y, Guyatt GH, Goldstein RS. Oxygen therapy during exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007 Apr 18; (2):CD005372. Epub 2007 Apr 18
21. Ofir D, Laveneziana P, Webb KA, Lam YM, O'Donnell DE. Sex differences in the perceived intensity of breathlessness during exercise with advancing age. *J Appl Physiol*. 2008 Jun;104(6):1583-93.
22. Ondrak KS, McMurray RG. Exercise-induced breathing patterns of youth are related to age and intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2006 Sep;98(1):88-96.
23. Poulin M.J. et al.: Ventilatory sensitivity to CO₂ in hiperoxia and hipoxia in holder aged humans. *J Appl Physiol* 75: 2209-2216, 1993.
24. Quan SF, O'Connor GT, Quan JS, Redline S, Resnick HE, Shahar E, Siscovick D, Sherrill DL. Association of physical activity with sleep-disordered breathing. *Sleep Breath*. 2007 Sep;11(3):149-57.
25. Shepard R.J.: *Attività fisica, salute ed invecchiamento*. McGraw-Hill, Milano, 1997.
26. Ruivo S, Viana P, Martins C, Baeta C Effects of aging on lung function. A comparison of lung function in healthy adults and the elderly..
27. *Rev Port Pneumol*. 2009 Jul-Aug;15(4):629-53.
28. Taylor J.A. et al.: Augmented forearm vasoconstriction during dynamic exercise in healthy older men. *Circulation* 86: 1789-1799, 1992.
29. Teramoto S. et al.: A comparison of ventilation components in young and elderly men during exercise. *J Gerontol* 50: 34-39, 1995.
30. Thurlbeck W.M.: *Morphology of the aging lung*, pp 1743-1748, Raven press, New York, 1991.
31. Wahba W.M.: Influence of aging on lung function; clinical significance of changes from age twenti. *Anesth Analg* 62: 764-776, 1983.
32. Weisfeldt M.L. et al.: Alterations in circulatory function. In Andres R. et al: *Principles of geriatric medicine* pp 248-279, McGraw-Hill, New York, 1985.
33. Wood HE, Mitchell GS, Babb TG. Short-term modulation of the exercise ventilatory response in older men. *Respir Physiol Neurobiol*. 2010 Aug 31;173(1):37-46.
34. Yu R, Yau F, Ho S, Woo J. Cardiorespiratory fitness and its association with body composition and physical activity in Hong Kong Chinese women aged from 55 to 94 years. *Maturitas*. 2011 Aug;69(4):348-53.

Capitolo IX

Teoria Tecnica e Didattica dell'Attività Motoria e Sistema Nervoso

Claudio Macchi

Invecchiamento del sistema nervoso

Numerose sono le evidenze scientifiche sulle modificazioni del sistema nervoso prodotte dall'invecchiamento (Poirier e Finch, 1994; Shepard, 1998; Jaarsma et al, 2011, kohman, 2012; Srary, 2012; Demple, 2012; Svain e Rao, 2012).

Con l'invecchiamento si ha una riduzione progressiva del numero di neuroni che comporta una riduzione della secrezione di neurotrasmettitori. Se esaminiamo l'attività elettrica il ritmo alfa dell' EEG rallenta del 10-20% rispetto al soggetto giovane mentre aumenta l'attività delle onde lente delta e theta.

La riduzione della memoria è l'evento più frequente. Per quanto riguarda la memoria a lungo termine (dati già appresi ed immagazzinati che richiedono l'integrità del meccanismo di richiamo), di solito conservata, è presente una certa difficoltà al recupero delle informazioni dal "magazzino", specie per quelle che non vengono periodicamente rievocate; la memoria a breve termine (apprendimento di una nuova nozione, ad esempio il nome di una persona, che prevede l'attivazione dei meccanismi di codificazione e ripetizione) è invece progressivamente più compromessa con l'avanzare dell'età e quanto viene appreso viene immediatamente o rapidamente dimenticato.

Anche l'apprendimento è rallentato. L'anziano presenta un rallentamento psicomotorio che influisce sul tempo di reazione ad uno stimolo (tempo che intercorre tra un comando o l'inizio di uno stimolo e la azione conseguente; un esempio è fornito dallo spegnere la sveglia che suona).

Questo è particolarmente importante poichè la lentezza nell'esecuzione di alcuni movimenti può aumentare il rischio di cadute.

Molti sono i fattori che contribuiscono a ridurre le prestazioni cerebrali:

- rallentamento della sintesi dei peptidi specifici per la memoria;
- deterioramento dei sensi specializzati;
- depressione del tono dell'umore;

- somministrazione di sedativi;
- limitato livello di istruzione;
- morbo di Alzheimer ed altri disturbi cognitivi;
- cambiamento dei livelli di attività fisica abituale.

Il sonno è disturbato nella maggior parte degli anziani che spesso, affetti da depressione, presentano risveglio precoce. Questi infatti dormono per un tempo ridotto e impiegano più tempo ad addormentarsi, con sonno più leggero e frequenti risvegli. Negli uomini è frequentemente disturbato da nicturia (ipertrofia prostatica). La qualità del sonno di solito migliora con l'intensificazione di una attività fisica regolare.

Con l'invecchiamento si riduce il campo visivo (in parte anche per ptosi senile) e compare difficoltà a mettere a fuoco gli oggetti vicini (deficit di accomodazione: il punto più vicino al quale è possibile mettere a fuoco gli oggetti di piccole dimensioni aumenta da 0,1 m per il giovane adulto a 0,5 m per i cinquantenni e a 1 m per i settantenni); diminuisce l'acuità visiva e compare difficoltà a distinguere i colori. Sono presenti una certa atrofia dell'iride, alterazioni del cristallino (sensibile alle ossidazioni) e opacità dell'umor vitreo.

La riduzione dell'udito, che può essere marcata in oltre il 50 % degli ultraottantenni, può essere ricondotta a:

- perdita progressiva delle cellule nervose dei recettori dell'organo del Corti;
- diminuzione dell'elasticità della parte vibrante della coclea;
- ispessimento e perdita di elasticità del timpano;
- danneggiamento dei nuclei del tronco encefalico e della corteccia uditiva.

A proposito degli altri organi di senso, sono ridotti il numero dei recettori tattili con degenerazione delle fibre nervose relative e la sensibilità dei recettori per il caldo e per il freddo. Importante è ricordare che gli organi propriocettivi all'interno ed intorno alle articolazioni tendono a degenerare, con perdita parziale della capacità di individuare i piccoli spostamenti degli arti. Risultano diminuite la velocità di risposta ai segnali (spesso anche per l'uso di sedativi, disturbi ormonali o carenze nutrizionali), la capacità di elaborare le informazioni e di portare a termine operazioni come la codificazione, il richiamo, la comparazione e la selezione. Tutto ciò è in parte legato alla morte di neuroni e dendriti di interconnessione, a modificazioni enzimatiche, recettoriali e neuro-ormonali.

Con l'invecchiamento le cellule cerebrali accumulano lipofusina e una parte di esse muore provocando una diminuzione del 10-20% del tessuto cerebrale tra i 20 e i 90 anni di età. Sono ridotte le concentrazioni di noradrenalina (fino al 40%), di acetilcolina (quest'ultima si associa spesso

alla malattia di Alzheimer e ad alcune forme di tremore) e di GABA, che favorisce il rallentamento psico-motorio.

Il movimento dell'anziano è rallentato con base di appoggio spesso allargata, i movimenti sono “strascicati” ed incerti, sono presenti deficit di coordinazione e tremori di tipo extrapiramidale o intenzionale (per deterioramento dell'attività propriocettiva muscolare e delle funzioni cerebellari). L'equilibrio è compromesso per varie cause:

- progressiva riduzione delle cellule del tronco e del cervelletto;
- diminuzione della funzione dei propriocettori articolari e dei muscoli oculari;
- degenerazione del sacco e dell'utricolo;
- ipostenia muscolare.

E' interessante far notare come le donne presentino maggior instabilità rispetto agli uomini con aumento del rischio di cadute e deterioramento dell'efficienza meccanica del movimento; questo è stato messo in relazione al peggior rapporto tra massa muscolare corporea ed al tipo di calzature, meno adatte al sostenimento della caviglia. Con l'avanzare dell'età, diviene più difficile il controllo dei movimenti corporei, specie di quelli correttivi e aumenta l'incidenza di cadute anche per:

- riduzione dell'acuità visiva;
- andatura strascicata con ridotto sollevamento delle gambe;
- rallentamento delle reazioni;
- patologie (lesioni neurologiche, patologie articolari, ipotensione ortostatica, drop attack).

Attività fisica, sistema nervoso e invecchiamento

Vi sono dati contrastanti sull'efficacia dell'esercizio fisico nel migliorare le funzioni cerebrali anche se è stato dimostrato che l'esercizio dinamico aumenta la perfusione cerebrale (De Vries et al, 1975; Elsayed, 1980; Rogers et al, 1980; Molloy et al, 1988; Buchner et al, 1992; Babyak et al, 2000; Kramer et al, 2006; Asha, 2009; Rolland et al, 2010; Lautenschlager et al, 2012). L'ampia variabilità della situazione di partenza del soggetto e del tipo di esercizio giustificano le differenti conclusioni, spesso agli antipodi, dei maggiori autori in materia. L'esercizio è in grado di:

- modificare la secrezione o il passaggio di sostanze chimiche attraverso la barriera emato-encefalica (es. endorfine, catecolamine, dopamina, sostanze importanti per la trasmissione nervosa), il tono dell'umore e le prestazioni cerebrali nella loro globalità;
- ridurre l'ansia e la depressione;

- aumentare l'autostima;
- ottimizzare la vigilanza cerebrale;
- concentrare l'attenzione aumentando l'interesse dell'individuo per la vita quotidiana.

Per quanto riguarda il miglioramento dell'equilibrio descritto da alcuni studi sull'argomento vi sono dati contrastanti anche se è dimostrata una minor incidenza di cadute tra i soggetti che compiono attività fisica rispetto ai sedentari. A questo proposito possiamo riassumere gli effetti dell'attività fisica:

- aumento del tono venoso periferico che riduce la possibilità di ipotensione posturale;
- maggior velocità nell'esecuzione dei movimenti correttivi;
- miglioramento della sensibilità propriocettiva;
- aumento della resistenza dei segmenti ossei e della massa di tessuto magro con conseguente maggior protezione contro le forze esterne, soprattutto in caso di caduta.

Per l'essere umano il passaggio all'età adulta e da questa all'età senile comporta vari cambiamenti legati ai seguenti fattori:

- aspetto fisico;
- stato cognitivo;
- pensionamento;
- relazioni sociali;
- spazio fisico e ambiente di vita;
- prospettiva temporale.

Grande importanza hanno la perdita del ruolo sociale e familiare; per molti il pensionamento significa andare incontro ad un processo di emarginazione specialmente quando il cambiamento non è accettato; è importante fornire strumenti cognitivi, emotivi e di salute fisica che servano da stimoli per il rinnovo degli interessi ed il mantenimento dello stato di benessere.

Patologie del sistema nervoso e attività fisica

Numerose sono le patologie neurologiche in grado di influenzare le capacità motorie, spesso correlate con l'aumentare dell'età; allo stesso modo l'attività fisica è in grado di migliorare eventuali deficit anche contrastando gli effetti della riduzione dell'attività motoria (Elaski et al, 2012; Galea, 2012; Denkinger et al, 2012). Tra queste ricordiamo le principali, rappresentate da :

- Esiti di ictus;
- Tremore senile;
- Morbo di Parkinson e parkinsonismi;
- Sindrome soprabulbare (interruzione delle vie cortico-bulbari);

- Epilessia ed equivalenti epilettici;
- Deficit cognitivi (es.demenze);
- Psicosi;
- deficit uditivi e visivi (cataratta; glaucoma)

Ictus

Premessa

Data l'importanza dell'argomento, se ne ritiene utile un maggiore approfondimento, necessario alla comprensione delle numerose implicazioni e dei diversi atteggiamenti nella programmazione dell'attività fisica, spesso successiva ma non indipendente dalla attività riabilitativa che segue l'evento acuto.

Definizione – Epidemiologia

Per Ictus che significa “colpo” (in lingua anglosassone Stroke) s'intende una perdita improvvisa e persistente di una o più funzioni neurologiche di natura vascolare. Nel passato si identificava con il cosiddetto colpo apoplettico di origine emorragica. Il paziente colpito da ictus presenta secondo una definizione data dall'OMS *“segni clinici a rapido sviluppo di turbe delle funzioni cerebrali di tipo focale (o globale), della durata di oltre 24 ore o che portano a morte, senza cause apparenti se non di origine vascolare”*. La forma più comune con cui si presenta è l'emiplegia. L'importanza dell'ictus deriva dal fatto che questo rappresenta la 2^a causa di morte nel mondo e la 3^a in Italia, ove peraltro costituisce la prima causa di invalidità. In Italia nel 1990 è stato responsabile di 77000 morti, del 14% di tutti i decessi e del 31% dei decessi per malattie cardiovascolari, con circa 130000 nuovi casi all'anno. L'incidenza è maggiore negli uomini come la mortalità, in tutti i gruppi di età, con aumento esponenziale con l'aumentare di quest'ultima. Negli ultimi 20 anni in Italia i quozienti di mortalità si sono ridotti del 35% nei maschi e del 40% nelle femmine. Un fenomeno simile si è registrato in Inghilterra, Svizzera, Germania, Austria, Olanda; l'opposto invece in molti paesi dell'Est. Tuttavia, a causa dell'invecchiamento della popolazione, l'incidenza della malattia è destinata ad aumentare con conseguente aumento dei casi di invalidità. Si può distinguere un ictus minore da uno maggiore con differenti esiti neurologici ed autonomia.

Fattori sistemici di rischio

Metabolici

Lipidi. Vi sono molti studi che correlano l'ipercolesterolemia con l'ictus, altri che sconfermano questo dato: il rapporto non è ancora quindi chiaramente definito.

Diabete. È noto come questo rappresenti un fattore di rischio (FDR). Meno chiara è la relazione tra livelli glicemici ed incidenza di ictus. Sicura è la riduzione dell'incidenza se i controlli glicemici sono sistematici e non casuali.

Iperomocisteinemia. Rappresenta un nuovo FDR sia per l'aterosclerosi che per la trombosi, anche se non sono del tutto chiare le basi molecolari del disordine e mancano studi su popolazioni rappresentative, anche per l'elevato costo del test di dosaggio

Età

L'incidenza dell'ictus dopo i 55 anni aumenta ogni 10 anni del 100%; anche la mortalità per ictus aumenta con l'età.

Familiarità

E' universalmente accettata come uno dei FDR più importanti, anche se, per il momento, sono da attribuire precisi valori di incidenza e di prevalenza a informazioni ancora oggetto di studio. Un altro importante obiettivo è quello di affrontare e confrontare ricerche su geni-malattia grazie all'avvento delle nuove tecnologie SNP (single nucleotide polymorphism): questo potrà essere importantissimo anche ai fini terapeutici.

Aterosclerosi

Dei vasi cerebro-afferenti (vedi più avanti).

Ipertensione

E' noto come il trattamento dell'ipertensione prevenga l'ictus e come questa sia uno dei principali FDR. Negli ipertesi il rischio di ictus è circa 6 volte maggiore rispetto ai normotesi (fino a 10 volte nelle donne dai 60 ai 70 anni). E' da valutare il diverso impatto del trattamento con farmaci anti-ipertensivi, con meccanismi d'azione differenti, sulla prevenzione dell'Ictus a parità di effetto anti-ipertensivo.

Cardiopatie

Queste possono essere causa di ictus fino al 20% dei casi. Le patologie cardiache responsabili sono l'IMA, specialmente della parete anteriore del ventricolo sinistro complicato da trombi flottanti, le valvulopatie, lo scompenso cardiaco e le aritmie, in modo particolare la fibrillazione atriale (la fibrillazione atriale non valvolare è la più frequente alterazione cardiaca a dar luogo ad embolia cerebrale, di gran lunga più degli eventi ischemici cardiaci).

Polimorfismi genici

Sembra che l'aumentato rischio di ictus ischemico sia dovuto a mutazioni genetiche. I principali sistemi studiati sono **1)** geni dell'angiotensinogeno, dell'ACE e del recettore dell'angiotensina II. Vi sono dati sul ruolo del polimorfismo inserzione/delezione dell'ACE come FDR per l'Ictus ischemico; **2)** fattori dell'emostasi: fibrinogeno, fatt V, PAI-1, polimorfismo

P1a della glicoproteina IIb-IIIa piastrinica, polimorfismo G20210A del gene della protrombina. **3)** Metabolismo lipidico: pur essendo note le basi genetiche e molecolari delle dislipidemie sono ancora da chiarire **a.** attribuzione di valori e livelli di enzimi e peptidi ai diversi genotipi **b.** stima del rischio relativo rispetto al genotipo **c.** mappa del rischio genetico derivante dalla caratterizzazione di più genotipi o di interi sistemi **d.** fattori ambientali.

Trattamenti estro-progestinici

L'aumento del rischio di ictus ischemico in donne in età riproduttiva è molto basso ma viene incrementato dalla associazione con fumo ed ipertensione. Un discorso a parte è rappresentato dall'amplificazione massiccia da parte dei contraccettivi orali del rischio di trombosi venosa cerebrale indotta da comuni alterazioni genetiche trombofiliche (presenza del fattore V di Leiden o polimorfismo G20210A del gene della protrombina).

Fumo

E' noto che la combinazione fumo-ipertensione aumenta di 20 volte il rischio di ictus. Dopo la cessazione dal fumo è stata osservata una riduzione sostanziale dell'incidenza di ictus anche in soggetti che per anni sono stati forti fumatori.

Microalbuminuria

Rappresenta un importante fattore di rischio per ictus ischemici come per l'infarto miocardico e l'ipertrofia ventricolare sinistra. Sono necessari studi che chiariscano la presenza della microalbuminuria anche in pazienti non diabetici.

Ictus nelle varie età ed in particolari condizioni

Ictus nel neonato e nel bambino

L'incidenza riportata è di 1-2 x 100.000 x anno con il 50% di ictus di tipo ischemico. Questo può essere in rapporto ad un certo numero di malattie infettive, del collagene, cardiopatie congenite, omocistinuria, anemia falciforme, moya-moya, displasia fibromuscolare, anticorpi anti fosfolipidi, malattie mitocondriali, traumi endoteliali, alterazioni della coagulazione (mutazioni del gene Leiden del fattore V, difetti della proteina C), aumento dei livelli di lipoproteina a. Circa 1/3 dei casi è idiopatico.

Ictus giovanile

La causa più comune di Ictus è rappresentata dal cardioembolismo (circa il 30% dei casi), seguita da cause ematologiche, malattia dei piccoli vasi, vasculopatie non aterosclerotiche, rotture di aneurismi e

malformazioni artero-venose, uso di droghe, contraccettivi orali. In 1/3 dei casi non è possibile identificare una causa.

Il fumo ed il consumo di alcool e l'iper-omocisteinemia hanno un ruolo importante come FDR ed allo stesso modo i difetti delle proteine C ed S (inibitori fisiologici della coagulazione). Un ruolo rilevante del polimorfismo della protrombina G20210A e del fattore V di Leiden è dimostrato nelle trombosi venose cerebrali in donne che assumono la pillola. Da tutto ciò si desume la presenza di un numero tutt'altro che trascurabile di forme idiopatiche (di cui non si è individuata la causa).

Ictus nell'anziano

Il rischio cresce in maniera sostanziale con l'aumentare dell'età come confermato dallo studio di Framingham. Basse concentrazioni di vit B₁₂ e di folati sono correlate con un maggior rischio di ictus, che nel caso dei folati può essere correlato ad elevati livelli di omocisteina plasmatica. La resistenza alla proteina C attivata è un fattore predittivo di attacco ischemico transitorio (TIA).

In pazienti anziani senza eventi ischemici cerebrali nell'anamnesi, la probabilità di ictus aumenta parallelamente al peggioramento della funzione cognitiva, che è indipendente da altri FDR ed associato a depressione; il deterioramento cognitivo sembra rappresentare anche un fattore predittivo sfavorevole di morte per ischemia cerebrale. La fibrillazione atriale è da considerarsi un importante FDR per ictus ischemico (embolia).

Ictus Post-Operatorio

Un intervento di chirurgia generale è seguito da ictus in una certa percentuale (0,08-2,9%) dei casi. Il rischio aumenta in presenza di storia di malattia cerebro-vascolare, BPCO (broncopatia cronica ostruttiva) e AOC (arteriopatia ostruttiva cronica periferica).

Ulteriori studi sono necessari per chiarire: 1. Le categorie di soggetti a maggior rischio 2. Le procedure chirurgiche a maggior rischio 3. Le strategie profilattiche più adeguate.

Aspetti Fisiopatologici dell'Ictus nella Patologia Aterosclerotica dei Vasi Cerebro-Afferenti

L'ictus ischemico rappresenta l'80% di tutti gli ictus. La causa più frequente è l'ischemia cerebrale legata alla occlusione di una arteria per formazione di trombi su preesistenti lesioni aterosclerotiche; molti studi sono stati effettuati nella ricerca identificativa di modelli di "placca a rischio" e di correlazione tra lesioni vascolari e situazioni cliniche. Raggiunta una quasi certezza sul piano anatomico-patologico, la patogenesi può essere spesso ricondotta a quella dell'infarto miocardico acuto (IMA) e dell'angina

instabile: placca ateromasica complicata, a disposizione eccentrica, ricca di core ateromasico, con cappuccio sottile, ulcerazione e trombosi.

Negli ultimi 10 anni tuttavia gli elementi sopra descritti sono venuti a mancare. Tutto quello che conferiva alla placca il suo carattere di minacciosità è risultato essere possibile in una certa percentuale di casi ma non obbligatorio, ed identiche condizioni cliniche sono risultate essere sostenute da substrati di placca diversi. Allo stesso modo, identiche caratteristiche di placca sono risultate essere presenti in sindromi ischemiche diverse e persino in assenza di ischemia. Si è quindi aperto il grande capitolo della attivazione protrombotica e della flogosi. Questo in seguito al ritrovamento, nei pazienti con sindromi ischemiche acute, di markers di attivazione immunologica (e quindi procoagulante) e nella placca una situazione di flogosi. Oggi non vi è dubbio che la flogosi sia determinante nell'evoluzione della placca (placca biologicamente inattiva o meno attiva ed attiva). E' altresì impensabile che la placca possa generare l'incremento degli indici di flogosi sistemica.

Numerose sono le segnalazioni di associazione e identificazione di genomi, o di parte di essi, di agenti infettivi quali Enterovirus, Citomegalovirus (HCMV), Herpes virus (HSV), Chlamydia pneumoniae (CP), virus dell'epatite C (HCV), Helicobacter pylori (HP). In particolare anticorpi (atc) anti CP sono significativamente associati all'insorgenza di TIA ed ictus. Gli agenti infettivi possono scatenare la flogosi nella placca oppure possono modulare: a) la trasformazione fenotipica delle cellule muscolari lisce; b) l'attivazione immunologica delle stesse. Stabilita la presenza di agenti infettivi è necessario identificare i mezzi per capire il meccanismo da essi svolto nella progressione della malattia aterosclerotica ed è opportuno dare la priorità alla CP, essendo stata identificata in cellule monocito-macrofagiche.

Vari studi hanno dimostrato un'alta prevalenza di atc anti-fosfolipidi in pazienti con ictus ischemico e numerose ricerche associano leucociti e mediatori dell'infiammazione all'ictus ischemico. I primi svolgono un ruolo determinante nel fenomeno del "no-reflow" (mancata ripresa dello scorrimento a livello capillare) e il loro grado di accumulo è direttamente proporzionale all'estensione dell'infarto cerebrale.

Più rare (nell'adulto e nell'anziano) sono le forme secondarie ad emorragia, più frequenti negli ipertesi.

Prevenzione

La prevenzione si basa innanzitutto sul controllo dei fattori di rischio (FDR) modificabili, rappresentati da: ipertensione, fumo, diabete mellito

ed iperlipemia. Per quanto riguarda l'ipertensione (i cui aspetti sono approfonditi nel capitolo dell'apparato cardiovascolare), dato il ruolo determinante come causa di ictus, l'esercizio fisico svolge un ruolo importante nella prevenzione primaria. Inoltre è necessario controllare la correlazione tra presenza di aterosclerosi cerebrale e coronarica e le loro espressioni cliniche (attacchi ischemici transitori, angina pectoris). Tutto ciò è particolarmente importante quando esiste una tendenza familiare, specie prima dei 45 anni, ai fenomeni ischemici. Anche la fibrillazione atriale non valvolare deve essere opportunamente considerata. Si devono tenere in considerazione la malattia vascolare dei piccoli vasi, le anomalie della coagulazione e l'iperomocisteinemia, responsabile di aterosclerosi precoce e di aumento della trombogenesi. Le famiglie con storie di ictus precoce e di malattia cardiaca hanno comunemente FDR predisponenti che possono essere identificati e trattati; infatti, nonostante molte predisposizioni siano genetiche, l'ambiente ne determina il peso. Anche il tipo di ictus deve essere diagnosticato con certezza per approntare le opportune misure terapeutiche attraverso TAC (tomografia assiale computerizzata) o RNM (risonanza magnetica nucleare). L'Ictus aterotrombotico legato a patologia delle grandi arterie, quello cardioembolico e quello lacunare sono le tre varietà comuni di ictus ischemico, difficilmente distinguibili clinicamente. Nelle patologie embolizzanti come nella FA cronica il doppler transcranico permette di identificare il passaggio di emboli asintomatici registrando segnali specifici; il colordoppler studia i tronchi sovra-aortici con una certa precisione; l'angio RNM ci dà informazioni anche sul distretto vascolare intracranico e su eventuali circoli collaterali; l'ecografia trans-esofagea ci ha dimostrato come il 14% degli eventi ischemici cerebrali derivino da ateromi dell'arco aortico. Premesso che anche il calibro vascolare può essere considerato un FDR per l'aterosclerosi come descritto da Macchi e collaboratori e quindi per l'insorgenza di ictus, si è sempre attribuito un ruolo determinante, più in passato rispetto al presente, alla patologia carotidea, per la quale è necessario fare una serie di considerazioni. In primo luogo una gran parte di ictus ischemici secondari ad infarto cerebrale sono indipendenti dalla patologia ateromasi della carotide extracranica (sia per occlusione che per embolizzazione da essa determinate). Il concetto di placca a rischio è sempre più evanescente, tranne che per quelle lesioni che presentano sicura componente flogistica, denominate "attive" e che giustificano repentine evoluzioni con tendenza alle occlusioni. Gli studi NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) ed ECST (European Carotid Surgery Trial) sono concordi nell'attribuire minor rischio di ictus nei pazienti con stenosi carotidea sintomatica sottoposti a TEA (tromoendoarteriectomia) e che il

grado di stenosi è direttamente proporzionale al rischio di ictus. La probabilità di ictus è anche proporzionale al numero di FDR presenti e di gran lunga più frequente nei pazienti sintomatici. Per quanto riguarda la TEA in pazienti asintomatici numerosi studi non ne dimostrano l'efficacia.

Di fondamentale importanza nella prevenzione dell'ictus ischemico è l'impiego dell'ecocolordoppler che è in grado di determinare non solo la percentuale di stenosi ma anche il lume residuo del vaso. Infatti poiché il calibro della carotide interna (CI) varia enormemente nel suo primo centimetro (dove si rilevano le maggiori percentuali di stenosi) da circa 3 a 6 mm è chiaro che una stenosi del 70% in una carotide interna di 6 mm di diametro con un lume residuo ampio ha tutt'altra valenza di una pari stenosi in una carotide interna di 3 mm, in cui il lume residuo è talmente esiguo da produrre deficit emodinamico ed incremento patologico delle velocità ematiche. Lo studio del lume residuo è particolarmente utile per stabilire quando inviare il paziente al chirurgo per una eventuale TEA. In quest'ottica è importante avere informazioni sulla possibilità di circoli collaterali a livello intracranico, sia attraverso il poligono di Willis che attraverso le anastomosi tra la CI e la carotide esterna (CE) omolaterali.

E' importante ricordare come i poligoni del Willis sono "normali" cioè come normalmente descritti nei testi classici di anatomia in meno del 50% dei casi, fenomeno che spiega, assieme allo sviluppo dei circoli collaterali tra la CI e la CE attraverso l'arteria oftalmica, sintomatologia diversa (o assente) a fronte del medesimo tipo di occlusione. Importante è anche ricordare che una buona percentuale di soggetti normali presenta kinking (ingincchiamento) della CI anche se questa condizione porta raramente ad una patologia.

Infine l'importanza e la varietà dei circoli collaterali è dimostrata dalla possibilità che anche arterie di piccole dimensioni come le arterie tiroidee superiori possano essere insolitamente in grado di "riabitare" le arterie carotidi controlaterali in seguito ad occlusione della carotide comune. Per la prevenzione farmacologica è dimostrato che la somministrazione di aspirina si associa ad una riduzione del rischio relativo (RR) di ictus e di morte vascolare nei soggetti colpiti da TIA o da ictus di origine non cardiaca. Una metanalisi condotta in soggetti con fibrillazione atriale non valvolare ha dimostrato la riduzione del RR di ictus l'efficacia degli anticoagulanti orali rispetto a placebo (riduzione del 64%) ed all'aspirina (riduzione del 48%). Anche gli acidi grassi poliinsaturi della serie omega 3 si sono dimostrati efficaci nel ridurre lo spessore degli ateromi soft a livello carotideo e quindi possono essere considerati assai utili nella prevenzione dell'ictus.

Attività fisica e prevenzione dell'Ictus

Vi sono evidenze che dimostrano come l'attività fisica riduca il rischio di ictus in modo statisticamente significativo in maniera direttamente proporzionale alla sua frequenza ed alla sua durata nel tempo. Sulla base di questi presupposti, a seconda degli studi eseguiti, la probabilità di ictus risulta ridotta dal 20 al 50%. Non vi sono invece dati univoci sulla correlazione tra attività fisica e riduzione della mortalità dovuta ad ictus. Indubbiamente una parte dei vantaggi dell'esercizio fisico deriva non solo dal controllo dell'ipertensione e dell'iperlipemia ma anche dalla riduzione (aggregabilità piastrinica, fibrinogeno) o dall'aumento (colesterolo HDL, sensibilità all'insulina e tolleranza al glucosio) di altri fattori coinvolti nell'aterogenesi.

Attività fisica nel soggetto colpito da ictus

Nella fase immediatamente successiva all'insorgenza di ictus, specie quando gli esiti neurologici sono importanti (emiplegia, deficit della sensibilità e dell'equilibrio, anosognosia ovvero perdita della consapevolezza dei danni subiti, deficit cognitivo, instabilità emotiva) il soggetto viene di solito sottoposto a trattamento riabilitativo (fisiokinesiterapia, idrokinesiterapia, eventuale logoterapia o terapia del linguaggio); spesso, l'insorgenza di complicazioni costringe il soggetto ad una immobilità prolungata che aggrava i deficit preesistenti attraverso l'atrofia muscolare da non uso o provoca lesioni permanenti (es. lesioni del nervo sciatico, popliteo esterno o tibiale anteriore in seguito a degenza in rianimazione). E' particolarmente importante l'attenzione a preservare le funzioni fino dalla fase acuta, cercando di evitare quelle complicazioni che possono impedire in futuro anche il semplice cammino. La lesione distrugge un certo numero di cellule cerebrali ed anche se il cervello è organizzato per aree in grado di controllare certe attività, è necessario utilizzare le capacità del SNC di creare compensi che permettano di riacquisire alcune delle funzioni perdute. Questo può essere ottenuto attraverso una serie di stimolazioni che si avvalgono di tecniche precise, anche se molti modelli di recupero sono empirici, essendo a noi ancora sconosciuto il funzionamento di certi meccanismi del SNC. Tuttavia, lo studio della neurofisiologia ci fornisce molte conoscenze che costituiscono una base culturale per comprendere l'efficacia della riabilitazione e dell'attività motoria in questo campo. Nella seconda fase è importante continuare l'attività fisica per preservare o migliorare le funzioni; alcune evidenze scientifiche hanno dimostrato che le recidive di

ictus si riducono nei soggetti che continuano e intensificano l'attività fisica. La deambulazione può essere facilitata da ausili, particolarmente utili nell'indebolimento della dorsiflessione e dell'extrarotazione della caviglia, poiché l'asimmetria del movimento aumenta il costo energetico e la frequente residua spasticità produce movimenti a scatti, con aumento del fabbisogno di O₂ che può raddoppiare. Un allenamento di tipo aerobico, almeno 3 volte alla settimana, migliora la capacità aerobica, la forza e l'equilibrio, mentre esercizi aerobici e contro resistenza sono in grado di migliorare la capacità di salire le scale del 37% (Wannamethee e Shaper, 1992; Potempa et al, 1995; Shinton e Sagar, 2000; Gjellesvik, 2012; Galea, 2012; Roos et al, 2012; Van Swearingen, 2012).

L'importanza della famiglia

La famiglia ha un grosso ruolo; basta pensare che oltre la gravità della lesione anche il numero dei figli correla con la malattia. Una famiglia eccessivamente protettiva è negativa e il sostegno deve essere dato ad un livello appena inferiore a quello delle capacità dell'individuo, cosicché rimanga lo stimolo a fare da solo. Una famiglia in disaccordo finisce per trasmettere al soggetto le proprie ansie e insicurezze. Non si deve mai dare l'impressione che il soggetto (inserito nella famiglia) rappresenti un peso, dando segni di aggressività per il tempo che si deve dedicargli, rischiando che questo atteggiamento incida negativamente sul recupero. Spesso (e questo si verifica soprattutto quando la persona colpita abita con uno dei diversi figli) le cose vengono viste in modo distorto da chi non coabita con il soggetto, che è portato, per ignoranza ed inesperienza, da un lato a minimizzare le fatiche necessarie all'assistenza, dall'altro a criticare l'operato dei familiari che lo assistono, soprattutto se non si raggiunge il recupero sperato. Si tende a non considerare che la terapia è utile ma con effetti spesso limitati, e che la possibilità di recupero dipende in gran parte dalla gravità della lesione. Molto frequentemente i parenti non riescono a capire questo concetto che è in parte comprensibile per la componente affettiva, ma c'è la tendenza a pretendere che tutti i soggetti colpiti da ictus possano migliorare, raggiungendo risultati sovrapponibili nell'autonomia.

Sindromi extrapiramidali e attività fisica

Per sindromi extrapiramidali si intendono essenzialmente il Morbo di Parkinson, caratterizzato essenzialmente da ipocinesia/bradicinesia (riduzione/rallentamento dei movimenti), tremore e rigidità ed i

parkinsonismi, nei quali la rigidità è minore ed il tremore è assente o molto lieve. (Numerose sono le evidenze degli effetti benefici dell'attività fisica in questa patologia (Liu e Lao, 2012; Li et al, 2012).

Il Morbo di Parkinson è la malattia più comune a carico del sistema extrapiramidale (prevalenza circa 100 casi per 100.000 e incidenza 20 casi per 100.000 ogni anno) ed è secondario ad una degenerazione del sistema nigro-striatale (substanza nigra, putamen e lobo caudato) che si serve di due neurotrasmettitori, la dopamina e l'acetilcolina. Questo sistema è connesso al globo pallido ed al talamo, i quali hanno influenze dirette sulle attività motorie che originano dalla corteccia.

L'ipocinesia insorge lentamente assieme a movimenti involontari, prevalentemente a livello degli arti, del tronco e della muscolatura facciale, il tremore è un tremore a riposo con una frequenza di 3-5 cicli al secondo, assente o ridotto durante un'azione; la rigidità è prevalente a carico degli arti, tronco e muscolatura facciale, interessa in maggior misura i muscoli flessori determinando la tipica postura distonica in flessione del soggetto. Spesso è associato a demenza (50-60% dei casi).

Il parkinsoniano è un soggetto da seguire con molta attenzione per i rischi connessi all'attività motoria. Infatti spesso incorre in episodi sincopali e di ipotensione ortostatica; la tipologia del movimento con difficoltà a prendere l'avvio e ad alzare i piedi lo rende facile all'inciampo; la rigidità, la flessione del tronco ed i movimenti involontari contribuiscono a ridurre l'equilibrio (già compromesso dalla malattia e dalla postura del capo) e quindi a rendere più facili le cadute.

I soggetti in terapia con levo-dopa (sostanza che attraversa la barriera emato-encefalica e che viene trasformata in dopamina) possono inoltre presentare i seguenti effetti collaterali che aggravano i rischi dell'attività fisica:

- fenomeni cosiddetti "on-off" caratterizzati da brusche oscillazioni della motilità che si possono verificare anche più volte nello stesso giorno;
- movimenti involontari;
- episodi sincopali;
- ipotensione ortostatica;
- aritmie cardiache;
- vomito e disturbi associati;
- psicosi, allucinazioni, deliri, confusione mentale.

Attività fisica e disturbi cognitivi

È difficile stabilire con certezza gli effetti dell'esercizio fisico sulle performances mentali. Infatti le ricerche in questo settore sono molto eterogenee, sia per le casistiche con livello di forma fisica, età e stato di

salute differenti, sia per la diversità delle funzioni cognitive studiate e per i diversi metodi di valutazione di queste ultime (MMSE o Mini Mental State Examination; WAIS o Wechsler Adult Intelligence Scale, CST o Color Slide Test).

Numerose evidenze tuttavia confermano l'utilità dell'esercizio fisico (Clarkson e Hartley, 1989; Rogers et al, 1990; Chodzko, 1991; Yaffe et al, 2001; Winchester et al, 2012), prevalentemente aerobico, spesso anche di intensità molto lieve e di durata variabile (da pochi mesi a molti anni).

Sono stati documentati:

- minor rischio di sviluppare deficit cognitivi;
- miglioramento della memoria operativa e delle capacità visuo-spaziali;
- maggior abilità a risolvere problemi nuovi e maggior rapidità di risposta agli stimoli;
- miglioramento dell'attenzione;
- miglioramento dell'orientamento spazio-temporale;
- miglioramento della capacità di calcolo e della memoria a breve termine;
- miglioramento del linguaggio e della prassia costruttiva.

Per spiegare questi effetti sono state formulate varie teorie, basate principalmente sul ruolo ricoperto dal documentato incremento del flusso ematico cerebrale e confermate da evidenze che dimostrano come il flusso ematico cerebrale, l'efficienza ed il trasporto dell'ossigeno sono ridotti nei soggetti sedentari; del resto sono noti gli effetti di riduzione dei neurotrasmettitori cerebrali durante l'ipossia. L'aumento di apporto ematico comporta anche un aumento dell'apporto glucidico, fondamentale per il metabolismo cerebrale.

Ansia, sintomi depressivi e attività fisica

L'ansia e la depressione spesso si accompagnano. Più che una depressione clinica nell'anziano sono frequenti i sintomi depressivi che interessano fino al 40% di questa popolazione e possono limitare enormemente anche le semplici attività della vita quotidiana (Babyak et al, 2000; ACSM, 2000; Chan et al, 2012).

La passività e la ricerca di dipendenza sono spesso legate a perdite affettive, al pensionamento ed alla riduzione della stima di sé, all'allontanamento dei figli. Le malattie, la riduzione della vista e dell'udito rappresentano altri fattori sfavorevoli, soprattutto perché l'individuo tende a concentrarsi enormemente sul proprio stato fisico,

rendendosi sgradevole ai propri familiari ed amici favorendo sia l'isolamento fisico che quello affettivo.

Si instaura spesso un circolo vizioso da cui il soggetto non riesce ad uscire poiché è sempre al centro dei propri disturbi e delle proprie paure.

L'ansia e la depressione spesso conducono, attraverso l'immobilità e l'abuso di farmaci, di fumo ed alcool ad un peggioramento delle condizioni fisiche. In particolare l'uso di antidepressivi può portare allo sviluppo di sindromi parkinsoniane.

Le sindromi depressive si accompagnano per una serie di fattori, ad un peggioramento delle funzioni cognitive. In questo campo l'attività fisica ricopre un ruolo assai importante e la difficoltà maggiore sta spesso nel convincere chi è oppresso da tali disturbi psicologici ad iniziare un programma di attività motoria.

Infatti nell'attività di tipo aerobico (in alcuni studi anche contro resistenza) sono stati documentati i seguenti effetti:

- sensazione di benessere fisico;
- miglioramento del tono dell'umore;
- miglioramento dello stato ansioso;
- aumento del controllo delle emozioni;
- miglioramento dell'autistima;
- mantenimento dei benefici ottenuti anche per molti mesi dopo la sospensione dell'attività fisica.

Gli effetti benefici dell'attività motoria sono in parte di tipo psicologico. La semplice distrazione e la socializzazione tendono a ridurre lo stato ansioso e i sintomi depressivi.

E' noto come l'esercizio influisca sulla secrezione di catecolamine, serotonina, dopamina ed endorfine. Queste ultime spiegherebbero, secondo alcuni autori, la sensazione di benessere. Alcuni autori sostengono che gli effetti benefici dell'attività fisica siano legati all'aumento di temperatura in corso di attività fisica riduca la tensione muscolare e modifichi la secrezione di monoamine cerebrali.

Valutazione iniziale del soggetto

In campo neurologico è buona norma, prima di procedere all'attivazione di un programma di attività fisica, eseguire una valutazione del soggetto, che consente non solo di ottimizzare il programma ma anche di valutare in seguito, periodicamente, a scadenze programmate e utilizzando scale di valutazione validate, gli eventuali benefici ad esso connessi. Altro aspetto tutt'altro che trascurabile è quello di individuare eventuali controindicazioni all'attività fisica che potrebbero mettere a rischio la salute e l'incolumità del soggetto, soprattutto se non

immediatamente identificate, in modo da poter individuare meccanismi preventivi e prendere le dovute precauzioni (gravi deficit dell'equilibrio e della vista con pericolo di cadute; sindromi demenziali in fase avanzata in cui il soggetto non è in grado di comprendere ed eseguire gli esercizi; epilessia non ben controllata dalla terapia farmacologica; ipotensione ortostatica; emianopsia; diplopia; sindromi vertiginose).

Vi sono numerose scale di valutazione. Ci limiteremo a descrivere le più usate, utili e semplici da eseguire, sia per le attività della vita quotidiana che per le capacità cognitive:

1. Scala Di Valutazione Delle Attività Della Vita Quotidiana introdotta da Mahoney e Barthel nel 1965, tradotta e semplificata;
2. Scala di Valutazione delle Attività Basilari della Vita Quotidiana (Activities of Daily Living o ADL) introdotta da Katz nel 1963, tradotta e semplificata;
3. Scala di Valutazione Delle Attività Strumentali della Vita Quotidiana (Instrumental Activities of Daily Living o IADL) introdotta da Lawton e Brody nel 1969 tradotta e semplificata;
4. Mini Mental State Examination (modificato), il test più semplice e più usato per valutare un eventuale deficit cognitivo;
5. Valutazione Del Grado di Autosufficienza (Short Portable Mental Status Questionnaire, Pfeiffer 1975)
6. Clock Drawing Test (CDT), Sunderland, 1989.

1) Scala Di Valutazione Delle Attività Della Vita Quotidiana introdotta da Mahoney e Barthel nel 1965, tradotta e semplificata:

| ATTIVITA' | Punteggio Dipendente | Punteggio Saltuariamente dipendente; necessita di aiuto | Punteggio Autonomo |
|---|-----------------------------|--|---------------------------|
| Mangiare | 0 | 5 | 10 |
| Vestirsi | 0 | 5 | 10 |
| Lavarsi faccia, denti, farsi la barba, pettinarsi | 0 | 0 | 5 |
| Fare il bagno | 0 | 0 | 5 |
| Continenza per Feci | 0 | 5 | 10 |
| Continenza per Urine | 0 | 5 | 10 |
| Spostarsi dalla sedia al letto e viceversa | 0 | 10 | 15 |
| Usare i servizi igienici, pulirsi, rivestirsi | 0 | 5 | 10 |
| Camminare in piano | 0 | 10 | 15 |
| Salire e scendere le scale | 0 | 5 | 10 |
| Totale Punt | | | |

2) Scala di Valutazione delle Attività Basilari della Vita Quotidiana (Activities of Daily Living o ADL) introdotta da Katz nel 1963, tradotta e semplificata:

| SIG. | ETA | DATA | |
|--|-----|------|--------------|
| ATTIVITA' | | | Punti |
| FARE IL BAGNO | | | |
| <i>Da solo</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Richiede aiuto per la pulizia di una sola parte del corpo</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Richiede aiuto per la pulizia di più parti del corpo</i> | | | <i>0</i> |
| VESTIRSI | | | |
| <i>Da solo</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Richiede aiuto per allacciare le scarpe</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Richiede aiuto per più funzioni</i> | | | <i>0</i> |
| SERVIZI IGIENICI | | | |
| <i>Da solo</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Aiuto per andare in bagno, uso vaso da notte o pappagallo, pulirsi, rivestirsi</i> | | | <i>0</i> |
| <i>Non è in grado di raggiungere il bagno nemmeno con aiuto</i> | | | <i>0</i> |
| SPOSTAMENTI | | | |
| <i>Da solo (anche con ausili: bastone, canadesi, deambulatore)</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Richiede aiuto</i> | | | <i>0</i> |
| <i>Allettato</i> | | | <i>0</i> |
| CONTINENZA | | | |
| <i>Normale</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Incontinenza Occasionale</i> | | | <i>0</i> |
| <i>Incontinente, richiede aiuto per controllare feci ed urine, portatore di catetere</i> | | | <i>0</i> |
| ALIMENTAZIONE | | | |
| <i>Si alimenta da solo</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Richiede aiuto per tagliare la carne o per manovre difficili</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Richiede aiuto per portare il cibo alla bocca, nutrizione artificiale</i> | | | <i>0</i> |
| Punteggio totale | | | |

- 3) *Scala di Valutazione Delle Attività Strumentali della Vita Quotidiana (Instrumental Activities of Daily Living o IADL), introdotta da Lawton e Brody nel 1969:*

| SIG. | ETA' | DATA | |
|--|-------------|-------------|--------------|
| ATTIVITA' | | | Punti |
| USARE IL TELEFONO | | | |
| <i>Da solo</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Compone solo i numeri ben conosciuti</i> | | | <i>1</i> |
| <i>E' capace solo di rispondere</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Non è capace</i> | | | <i>0</i> |
| FARE LA SPESA | | | |
| <i>Da solo</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Solo per alcune cose</i> | | | <i>0</i> |
| <i>Richiede aiuto</i> | | | <i>0</i> |
| <i>Non è capace</i> | | | <i>0</i> |
| CUCINARE | | | |
| <i>Da solo</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Con aiuto per la fornitura dei cibi</i> | | | <i>0</i> |
| <i>Riesce solo alcune volte, riesce solo a riscaldare i cibi</i> | | | <i>0</i> |
| <i>Completamente dipendente</i> | | | <i>0</i> |
| AVER CURA DELLA CASA | | | |
| <i>Autonomo; può richiedere aiuto per lavori pesanti o particolari</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Autonomo per i lavori leggeri (lavare i piatti, rifare il letto)</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Autonomo per lavori leggeri ma non riesce a curare la pulizia</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Richiede aiuto per tutte le attività</i> | | | <i>0</i> |
| <i>Totalmente dipendente</i> | | | <i>0</i> |
| FARE IL BUCATO | | | |
| <i>Autonomo</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Lava solo piccoli indumenti</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Completamente dipendente</i> | | | <i>0</i> |
| SPOSTAMENTI ALL'ESTERNO | | | |
| <i>Autonomo</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Usa il taxi, non è capace ad usare l'auto o mezzi pubblici</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Usa mezzi pubblici solo se accompagnato</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Richiede aiuto, assistenza e accompagnamento</i> | | | <i>0</i> |
| <i>Non può viaggiare</i> | | | <i>0</i> |
| ASSUNZIONE FARMACI | | | |
| <i>Autonomo</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Assume farmaci solo se già preparati e separati</i> | | | <i>0</i> |
| <i>Non è capace</i> | | | <i>0</i> |
| MANEGGIARE E FARE USO DEL DENARO | | | |
| <i>Autonomo</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Richiede aiuto per operazioni complesse (fare assegni, operazioni bancarie)</i> | | | <i>1</i> |
| <i>Non è capace</i> | | | <i>0</i> |
| Totale punti | | | |

- 4) Per valutare un eventuale deficit cognitivo il test più semplice e più usato è il Mini Mental State Examination modificato:

| DOMANDE | Punti Attribuibili | Punti |
|---|--|--------------|
| Orientamento | | |
| In che anno siamo? | 1 punto | |
| In che stagione siamo? | 1 punto | |
| In che mese siamo? | 1 punto | |
| Data odierna | 1 punto | |
| Giorno della settimana | 1 punto | |
| In che nazione siamo? | 1 punto | |
| In che regione siamo? | 1 punto | |
| In quale città o paese ci troviamo? | 1 punto | |
| In che luogo siamo? | 1 punto | |
| A che piano siamo? | 1 punto | |
| Registrazione | | |
| Nominare 3 oggetti e farli ripetere | 0-3 punti: 1 per ogni oggetto | |
| Attenzione e Calcolo | | |
| Far ripetere a ritroso MONDO | 1 per ogni lettera (es ODOMN: 3 punti) | |
| Richiamo | | |
| Chiedere la ripetizione dei 3 oggetti | 0-3 punti: 1 per ogni oggetto ricordato | |
| Test del Linguaggio | | |
| Chiedere il nome di 2 oggetti noti | 0-2 punti: 1 per ogni oggetto riconosciuto | |
| Far ripetere: tigre contro tigre | 1 punto | |
| Prenda un foglio con la mano destra, lo pieghi in due e lo metta sul pavimento, | 1 per ognuna delle 3 attività (es. lo prende con la mano sin. e lo mette in terra: 2 punti) | |
| Far leggere ed eseguire quanto scritto: es. CHIUDA GLI OCCHI | 1 punto | |
| Far scrivere una frase (deve contenere Almeno un soggetto ed un verbo) | 1 punto | |
| Far copiare un disegno geometrico: es. due pentagoni intersecati | 1 punto | |
| Totale Punti | | |

Il punteggio normale è da 24 a 30, salvo correzioni per età e scolarità come espresso di seguito:

| Intervallo d'età | 65-69 | 70-74 | 75-79 | 80-84 | 85-89 |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Anni di scolarizzazione | | | | | |
| 0-4 | + 0,4 | + 0,7 | + 1,0 | + 1,5 | + 2,2 |
| 5-7 | - 1,1 | - 0,7 | - 0,3 | + 0,4 | + 1,4 |
| 8-12 | - 2,0 | - 1,6 | - 1,0 | - 0,3 | + 0,8 |
| 13-17 | - 2,8 | - 2,3 | - 1,7 | - 0,9 | + 0,3 |

Il coefficiente va aggiunto o sottratto al punteggio grezzo del MMSE per ottenere il punteggio aggiustato.

| Punteggio Corretto | Totale Punti |
|---------------------------|---------------------|
| | |

5) *Valutazione Del Grado di Autosufficienza (Short Portable Mental Status Questionnaire, Pfeiffer 1975)*

| Sig. | Età | Data | |
|---------------------|---|--------------------------|---------------------------|
| | Domande | Risposte corrette | Risposte sbagliate |
| 1 | Data odierna (giorno, mese, anno) | | |
| 2 | Giorno della settimana | | |
| 3 | Nome del posto | | |
| 4 | Numero del telefono | | |
| 5 | Età | | |
| 6 | Data di nascita | | |
| 7 | Nome del Presidente della Repubblica | | |
| 8 | Nome del precedente presidente della Repubblica | | |
| 9 | Cognome della madre da ragazza | | |
| 10 | Sottrarre 3 da 20 e da ogni numero fino in fondo | | |
| Totale Punti | | | |

| Valutazione | |
|-----------------------|---|
| 0-2 errori | <i>Normale</i> |
| 3-4 errori | <i>Deficit cognitivo lieve</i> |
| 5-7 errori | <i>Deficit cognitivo moderato</i> |
| 8 o più errori | <i>Deficit cognitivo severo</i> |
| NOTA | Sottrarre 1 errore se il soggetto ha frequentato le scuole elementari aggiungere 1 errore se il soggetto ha frequentato scuole oltre le medie superiori |

Un altro test validato di uso comune universalmente adottato per valutare la funzione cognitiva è rappresentato dal test dell'orologio (CDT= clock drawing test) che consiste nel disegnare il quadrante dell'orologio, mettere le lancette in modo che segnino una certa ora. Normalmente il soggetto deve essere in grado di disegnare il quadrante dell'orologio, inserire le 12 ore e posizionare le lancette nel modo corretto. Vi sono diversi tipi di test dell'orologio. I più usati sono quello di Am e collaboratori (Scoring criteria for clock drawing test) del 1998 e quello di Sunderland e collaboratori del 1989. Di seguito riportiamo il CDT di Sunderland e coll.

6) *Test dell' Orologio (Clock Drawing Test, Sunderland T. et al., 1989):*

TEST DELL'OROLOGIO
(Clock drawing test - **Sunderland T.** et al, 1989)

202

SPAZIO RISERVATO AL DISEGNO DELL'OROLOGIO

ATTRIBUZIONE DEL PUNTEGGIO

La raffigurazione dell'orologio con il cerchio e i numeri è generalmente intatta (10-6)

| | punti |
|---|-------|
| Lancette nella posizione corretta | 10 |
| Lievi errori nel posizionamento delle lancette | 9 |
| Errori moderati nel posizionamento delle lancette sulle ore e sui minuti | 8 |
| Posizionamento non appropriato delle lancette | 7 |
| Uso inappropriato delle lancette (es. il soggetto indica l'ora secondo un orologio digitale o cerchiando i numeri di riferimento, nonostante la ripetizione delle istruzioni) | 6 |

La raffigurazione dell'orologio con il cerchio e i numeri non è intatta (5-1)

| | |
|---|---|
| Disposizione dei numeri in un solo settore dell'orologio o inversione dell'ordine dei numeri. | |
| Le lancette possono essere presenti. | 5 |
| Ulteriore distorsione della sequenza dei numeri; l'integrità dell'orologio non è conservata. I numeri possono essere disposti al di fuori del cerchio | 4 |
| Il cerchio e i numeri non sono adeguatamente collegati nel disegno. | |
| Le lancette non sono presenti. | 3 |
| Il disegno rivela la comprensione delle istruzioni ma è presente solo una vaga raffigurazione dell'orologio. | 2 |
| Tentativo non valutabile o rifiuto nell'esecuzione del disegno. | 1 |

Consigli

E' bene che gli anziani abbiano, almeno all'inizio di un programma di attività motoria, un punto di appoggio davanti a sé per potersi sostenere in caso di insicurezza o perdita di equilibrio; è necessario escludere i voli e gli atterraggi e non si deve mai forzare il soggetto a compiere movimenti che non gradisce o di cui ha paura. Inoltre:

- L'allenamento deve avvenire creando o aumentando il numero degli stimoli che raggiungono il cervello partendo dai recettori periferici;
- E' necessario favorire l'apprendimento o il riapprendimento dei movimenti complessi e coordinati scindendoli in movimenti o esercizi semplici e complicandoli gradualmente. I riflessi coinvolti nel mantenimento dell'equilibrio vanno evocati in maniera continuativa, associandoli anche ad esercizi che migliorano la destrezza;
- Sono da evitare attività motorie che favoriscono l'instabilità o le rotazioni veloci, i movimenti veloci del capo o i bruschi cambiamenti di postura;
- Chi usa gli occhiali dovrà indossarli anche durante l'attività fisica;
- E' bene cercare di unire l'attività motoria ad una stimolazione sensoriale aggiuntiva con vari ed alternati gradi di velocità, abituando il soggetto ad adeguarsi a situazioni diverse;
- Si deve stimolare la sensibilità cutanea toccando oggetti o parti del corpo anche con l'aiuto di oggetti indeformabili o manipolabili, di varia forma e superficie;
- E' necessario parlare lentamente ed in modo comprensibile evitando i toni troppo alti.

Per quanto riguarda le **stimolazioni psico-motorie**, l'obiettivo è quello di stimolare il cervello attraverso il potenziamento delle percezioni sensoriali attraverso:

- presa o ripresa di coscienza del corpo;
- stimolazioni delle sensibilità;
- attività mimiche;
- localizzazione, direzione, ampiezza degli spostamenti (spazialità);
- durata, velocità, successione, simultaneità delle azioni (temporalità);
- controllo della lateralizzazione;
- controllo dell'equilibrio;
- stimolazione mnesica e di concentrazione;
- destrezza e velocità di reazione (o prontezza);
- capacità di rilassamento;
- coordinazione visuo-motoria.

Richiami di anatomia e fisiologia

La cellula nervosa

La cellula nervosa ha la particolare capacità di ricevere e trasmettere stimoli con grande rapidità; grazie alle sue caratteristiche morfologiche che permettono rapidissimi cambiamenti di potenziale elettrico tra l'interno e l'esterno della membrana plasmatica. I prolungamenti di cui è dotata le consentono di avere rapporti diretti con la periferia sia per le afferenze (cellule afferenti, per la ricezione degli stimoli) che per le efferenze (cellule efferenti, per l'invio degli stimoli). In entrambi i casi, lo stimolo, prima elettrico e poi chimico, viene portato direttamente dalla cellula nervosa alla cellula bersaglio, che può anche essere costituita da un'altra cellula nervosa. In genere tra questi due tipi di cellule si interpongono una o più cellule di collegamento come quelle degli emisferi cerebrali e del cervelletto. Le cellule nervose sono chiamate neuroni (afferenti, efferenti, interneuroni). Il **neurone** è costituito da un corpo (**pirenoforo**) con dei prolungamenti distinti in **dendriti** (che portano lo stimolo verso il pirenoforo) e neurite od **assone** (che porta lo stimolo dal pirenoforo verso la periferia). I dendriti o prolungamenti protoplasmatici, hanno un aspetto arborescente con una superficie dotata di piccoli rilievi (**spine dendritiche**). L'assone si origina dal citoplasma e solitamente è avvolto dalla **guaina mielinica** (a causa del suo componente, la mielina) che possiede una funzione isolante. La cellula nervosa produce sostanze chiamate **neurotrasmettitori**, trasportate alle estremità dell'assone, che presenta espansioni bottoniformi in corrispondenza della sua terminazione e raccolte nelle cosiddette "vescicole sinaptiche". Per **sinapsi** si intendono aree di contatto specializzate tra due neuroni o tra un neurone ed un organo effettore. Nel neurone, come nelle altre cellule, esiste una differenza di potenziale tra l'interno e l'esterno della membrana plasmatica, legata alla ineguale distribuzione di ioni (principalmente Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{++}) che possono attraversarla solamente per mezzo di proteine cosiddette "a canale con chiusura" che ne regolano la permeabilità. Particolarmente importanti sono i "canali regolati dal voltaggio" per il Na^+ che permettono la propagazione del segnale elettrico (**potenziale d'azione**) lungo gli assoni e quelli con "chiusura a legante" che sono in grado di trasformare, a livello delle sinapsi, segnali chimici in segnali elettrici. La diversa distribuzione di ioni ai due lati della membrana plasmatica è mantenuta prevalentemente dalla "**pompa sodio-Potassio**", che con dispendio di energia, produce una differenza di potenziale con all'interno circa -60 mV a riposo (**potenziale di riposo**) con prevalenza di

K^+ all'interno e Na^+ all'esterno (con proporzione di circa 1:10). Quando uno stimolo di intensità sufficiente è in grado di produrre una variazione della permeabilità agli ioni, il potenziale di riposo diviene positivo (+30 mV) e si genera il potenziale d'azione con una rapidissima depolarizzazione cui segue la ripolarizzazione della membrana.

Suddivisione del sistema nervoso

Il sistema nervoso è suddiviso in Sistema Nervoso Centrale (SNC) e Sistema Nervoso Periferico (SNP). Il primo comprende l'encefalo (suddiviso in telencefalo, diencefalo, mesencefalo, cervelletto, ponte e midollo allungato) ed il midollo spinale; il SNP è costituito dai nervi spinali e dal sistema nervoso autonomo (orto e parasimpatico).

Sistema nervoso centrale: encefalo.

Telencefalo: comprende i due emisferi cerebrali la cui superficie è costituita dalla corteccia (lobi frontale, temporale, parietale e occipitale) e contiene il corpo striato.

Diencefalo: posto al di sotto del telencefalo contiene il talamo e l'ipotalamo. Nel *talamo* confluiscono le vie afferenti al cervello, comprese quelle della sostanza reticolare (vi sono nuclei specifici per la sensibilità e vie afferenti per la corteccia deputate al loro riconoscimento). L'*ipotalamo* controlla la secrezione ipofisaria e contiene i centri termoregolatore, della fame e della sete. Parti della corteccia, del talamo e dell'ipotalamo formano il sistema limbico, che regola le emozioni ed il comportamento.

Mesencefalo, Ponte e Midollo allungato: rappresentano centri di comunicazione tra midollo spinale e strutture superiori; contengono nuclei del centro respiratorio, vasomotorio, della deglutizione e la sostanza reticolare medio pontina che regola le afferenze e le efferenze.

Cervelletto: connesso con le aree motorie della corteccia cerebrale, invia e riceve connessioni a/dal midollo per mezzo del quale arrivano anche le afferenze provenienti dai fusi neuromuscolari. Il cervelletto è indispensabile per la coordinazione del movimento e dell'equilibrio.

Sistema nervoso centrale: midollo spinale

Il midollo spinale si trova racchiuso nel canale vertebrale ed è costituito da una parte centrale di colore grigio che contiene i corpi delle cellule nervose e da una parte periferica che contiene fibre dirette verso il SNC (afferenti) o verso la periferia (efferenti). Dal midollo si staccano le **radici**

anteriori o ventrali o motorie che contengono fibre dirette ai muscoli (efferenti) che nascono dai motoneuroni alfa delle corna anteriori della sostanza grigia e le **radici posteriori** o dorsali o sensitive, che contengono le afferenze, caratterizzate da un rigonfiamento che prende il nome di ganglio (questo contiene le cellule dette a T a causa della loro forma: un loro prolungamento riceve la sensibilità dai recettori periferici e l'altro invia afferenze al midollo e al SNC).

Le vie afferenti o sensitive sono costituite da 3 neuroni: il primo nei gangli delle radici posteriori, il secondo nel talamo ed il terzo nella corteccia, deputato al riconoscimento della sensibilità. I recettori periferici della sensibilità funzionano come trasduttori capaci di trasformare varie forme di energia (chimica, meccanica, termica, luminosa) in fenomeni elettrochimici e sono costituiti da cellule specializzate per dolore, tatto, vista, udito, gusto, olfatto, senso di posizione dei vari segmenti corporei nello spazio, pressione arteriosa, composizione chimica del sangue, pressione osmotica del liquido extracellulare.

Le vie efferenti o motorie sono divise in **piramidali** ed **extrapiramidali**. Il *sistema piramidale* origina dall' area motoria della corteccia parietale (area motoria primaria), ove sono rappresentati tutti i gruppi muscolari e controlla l'emilato corporeo controlaterale; determina il movimento volontario ed una sua lesione produce una paralisi; tutte le fibre motrici della corteccia (**1° motoneurone**) si arrestano sui motoneuroni spinali alfa (**2° motoneurone**) da cui partono vie efferenti che attraverso i nervi spinali giungono fino alla **placca neuromuscolare**.

Il *sistema extrapiramidale* origina dalla corteccia anteriormente al sistema piramidale e controlla il tono muscolare, specialmente dei muscoli antigravitari; tra questo ed i motoneuroni alfa del midollo vi sono numerosi interneuroni; alterazioni di questo sistema producono rigidità, tremore e bradicinesia quali si osservano nel morbo di Parkinson.

Sistema nervoso periferico

Il sistema nervoso periferico (SNP) è costituito da 33 paia di nervi spinali (8 cervicali, 12 toracici, 5 lombari, 5 sacrali, 3 coccigei dei quali 2 di solito fuoriescono dallo speco vertebrale) e da 12 paia di nervi cranici (olfattivo, ottico, oculomotore, trocleare, trigemino, abducente, facciale, vestibolococleare o stato-acustico, glossofaringeo, vago, accessorio, ipoglosso). I nervi spinali possono contenere sia assoni afferenti che efferenti che si dividono poi a livello delle radici spinali; da ogni segmento del midollo fuoriescono 2 radici ventrali e 2 dorsali, queste ultime provviste ciascuna di un ganglio; le radici ventrali e dorsali dello stesso lato si uniscono all'interno del canale vertebrale prima di uscire dal

forame intervertebrale al cui esterno emerge il nervo misto; mentre i nervi toracici proseguono per conto loro in modo isolato, gli altri formano plessi (cervicale, brachiale, lombare, sacrale, coccigeo) da cui nascono rami collaterali o terminali. Le fibre efferenti motrici che provengono dai motoneuroni spinali hanno terminazioni a livello muscolare (somatiche), in organi volontari o nel sistema nervoso autonomo (SNA) detto neurovegetativo, indipendente dalla volontà e che innerva la muscolatura liscia, le ghiandole ed il cuore. Mentre le fibre efferenti motrici sono sempre eccitatorie, quelle del SNA possono essere anche inibitorie. Il SNA che è sotto il controllo di centri encefalici e midollari, si divide in ortosimpatico ed in parasimpatico. Il primo si ritrova a livello toracico-lombare e innerva la muscolatura liscia di tutti i vasi, cuore, visceri addominali e ghiandole sudoripare, il secondo, presente solo a livello craniale e sacrale, innerva visceri toracici e addominali.

Unità neuromotoria

Nel midollo vi sono oltre 400.000 motoneuroni alfa; ognuno di essi invia fibre motrici che possono distribuirsi ad una singola fibra muscolare (muscoli estrinseci dell'occhio) oppure suddividersi in più rami fino a distribuirsi a 2-3000 fibre muscolari (grandi muscoli degli arti). In ogni caso ogni fibra muscolare viene innervata da un solo motoneurone spinale. Per unità neuromotoria si intende il motoneurone spinale assieme alle fibre muscolari che innerva. Il motoneurone spinale è costituito da un corpo, un assone e da dendriti. Gli assoni si dirigono verso i muscoli che devono innervare, sono ricoperti dalla guaina mielinica costituita prevalentemente da lipidi (questa è formata dalle cellule di Schwann e possiede una funzione isolante), sopra la quale è disposto il neurilemma (sottile membrana). L'assone perde la guaina mielinica in vicinanza del muscolo espandendosi in numerosi bottoni o piedi terminali contenenti vescicole di acetilcolina (ACH), che rappresenta il mediatore chimico delle giunzioni neuro-muscolari. Tra i bottoni terminali e il muscolo si crea uno spazio (fessura sinaptica) per la formazione da parte della membrana muscolare (sarcolemma) di pieghe a palizzata (pettine) che creano delle depressioni o invaginazioni post-sinaptiche. L'arrivo di un impulso alla terminazione del motoneurone libera ACH che aumenta la permeabilità della membrana sottostante favorendo l'ingresso di Na^+ all'interno della cellula, producendo una depolarizzazione locale (potenziale di placca) che se è di intensità sufficiente depolarizza anche la regione adiacente alla membrana cellulare generando potenziali d'azione ai due lati della placca motrice. Questi vengono condotti successivamente lungo la fibra muscolare in opposte direzioni (legge del "tutto o nulla":

quando il motoneurone scarica sopra una certa soglia, tutte le fibre muscolari di sua pertinenza si contraggono simultaneamente e sempre in misura massimale; al di sotto di tale soglia nessuna fibra si contrae). Circa 5ms dopo la sua liberazione l'ACH viene degradata da un enzima, la colinesterasi, situata sui bordi delle pieghe post-sinaptiche, disattivando la sua azione permettendo il rilasciamento muscolare. In corso di esercizio intenso, l'aumento di forza massima si può spiegare con la riduzione di stimoli inibitori e con l'aumento della superficie sinaptica.

Bibliografia

1. American College of Sports Medicine: Other clinical conditions influencing exercise prescription. In ACSM guidelines for exercise testing and prescriptions, 6a ed. Lippincott e Wilkins, Philadelphia 206-216, 2000.
2. Asha Devi S. Aging brain: prevention of oxidative stress by vitamin E and exercise. *ScientificWorldJournal*. 2009 May 22;9:366-72.
3. Babyak M. Et al.: Exercise treatment for major depression: maintenance of therapeutic benefit at 10 months. *Psychosomatic Medicine* 62: 633-638, 2000.
4. Bennet J et al.: The effect of a program of physical exercise on depression in older adults. *Physical Educator* 39: 39: 21-24, 1982.
5. Buchner DM, Beresford SA, Larson EB, LaCroix AZ, Wagner EH. Effects of physical activity on health status in older adults. II. Intervention studies. *Annu Rev Public Health*. 1992;13:469-88.
6. Chan W, Immink MA, Hillier S. Yoga and exercise for symptoms of depression and anxiety in people with poststroke disability: a randomized, controlled pilot trial. *Altern Ther Health Med*. 2012 May-Jun;18(3):34-43
7. Chodzko-Zajko W.J.: Physical fitness, cognitive performance, and aging. *Med Sci Sports Exerc* 3: 868-872, 1991.
8. Clarkson-Smith L., Hartley A.A.: Relationships between physical exercise and cognitive performance in aging. *Psychol Aging* 4: 183-189, 1989.
9. Demple B, Rao KS, Bohr VA. Indo-US workshop on base excision DNA repair, brain function and aging. *Mech Ageing Dev*. 2012 Apr;133(4).
10. Denkinger MD, Lukas A, Herbolzheimer F, Peter R, Nikolaus T. Physical activity and other health-related factors predict health care utilisation in older adults: the ActiFE Ulm study. *Z Gerontol Geriatr*. 2012 Jun;45(4):290-7.
11. DeVries H.A.: Physiology of exercise and aging. In: *Aging*, Ed Woodruff D.S. and Birren J.E., New York, 257-276, 1975.
12. Elavsky S, Gonzales JU, Proctor DN, Williams N, Henderson VW. Effects of physical activity on vasomotor symptoms: examination using objective and subjective measures. *Menopause*. 2012 Jun 25.
13. Elsayed M. Et al.: Intellectual differences of adult man related to age and physical fitness before and after exercise program. *J Gerontol* 35: 383-387, 1980.
14. Galea MP. Physical modalities in the treatment of neurological dysfunction. *Clin Neurol Neurosurg*. 2012 Jun;114(5):483-8. Epub 2012 Jan 31. Review
16. Gjellesvik TI, Brurok B, Hoff J, Tørhaug T, Helgerud J. Effect of high aerobic intensity interval treadmill walking in people with chronic stroke: a pilot study with one year follow-up. *Top Stroke Rehabil*. 2012 Jul-Aug;19(4):353-60.
17. Jaarsma D, van der Pluijm I, de Waard MC, Haasdijk ED, Brandt R, Vermeij M, Rijksen Y, Maas A, van Steeg H, Hoeijmakers JH, van der Horst GT. Age-related neuronal degeneration: complementary roles of nucleotide excision

- repair and transcription-coupled repair in preventing neuropathology. *PLoS Genet.* 2011 Dec;7(12):e1002405.
18. Kohman RA. Aging microglia: relevance to cognition and neural plasticity. *Methods Mol Biol.* 2012;934:193-218.
 19. Kramer AF, Erickson KI, Colcombe SJ. Exercise, cognition, and the aging brain. *J Appl Physiol.* 2006 Oct;101(4):1237-42.
 20. Lautenschlager NT, Cox K, Cyarto EV. The influence of exercise on brain aging and dementia. *Biochim Biophys Acta.* 2012 Mar;1822(3):474-81.
 21. Li F, Harmer P, Fitzgerald K, Eckstrom E, Stock R, Galver J, Maddalozzo G, Batya SS. Tai chi and postural stability in patients with Parkinson's disease. *N Engl J Med.* 2012 Feb 9;366(6):511-9.
 22. Liu T, Lao L. Tai chi for patients with Parkinson's disease. *N Engl J Med.* 2012 May 3;366(18):1737; author reply 1738.
 23. Molloy D.W. et al.: Acute effects of exercise on neuropsychological function in elderly subjects. *J Am Geriatr Soc* 36: 29-33, 1988.
 24. Poirier J., Finch C.: Neurochemistry of the aging human brain. In Hazzard W.R. et al.: *Principles of Geriatric Medicine and Gerontology* 3ed, pp1005-1012, New York, McGraw Hill, 1994.
 25. Potempa K. et al.: Physiological outcomes of aerobic exercise training in hemiparetic stroke patients. *Stroke* 26: 101-105, 1995.
 26. Rogers R.L. et al.: After reaching retirement age physical activity sustains cerebral perfusion and cognition. *J Am Geriatr Soc* 38: 123-128, 1990.
 27. Rolland Y, Abellan van Kan G, Vellas B. Healthy brain aging: role of exercise and physical activity. *Clin Geriatr Med.* 2010 Feb;26(1):75-87.
 28. Roos MA, Rudolph KS, Reisman DS. The structure of walking activity in people after stroke compared with older adults without disability: a cross-sectional study. *Phys Ther.* 2012 Sep;92(9):1141-7.
 29. Shepard R.J.: *Attività Fisica, Invecchiamento e Salute.* McGraw-Hill, Milano, 1998.
 30. Shinton R., Sagar G.: Lifelong exercise and stroke. *Brit Med J* 2000, 303: 89-92.
 31. Swain U, Rao KS. Age-dependent decline of DNA base excision repair activity in rat cortical neurons. *Mech Ageing Dev.* 2012 Apr;133(4):186-94.
 32. VanSwearingen JM, Perera S, Brach JS, Wert D, Studenski SA. Impact of exercise to improve gait efficiency on activity and participation in older adults with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Phys Ther.* 2011 Dec;91(12):1740-51.
 33. Wannamethee G., Shaper A.G.: Physical activity and stroke in British middle aged men. *Brit Med J* 304: 597-601, 1992.
 34. Winchester J, Dick MB, Gillen D, Reed B, Miller B, Tinklenberg J, Mungas D, Chui H, Galasko D, Hewett L, Cotman CW. Walking stabilizes cognitive functioning in Alzheimer's disease (AD) across one year. *Arch Gerontol Geriatr.* 2012 Sep 5.
 35. Yaffe K., et al.: A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women. *Arch Intern Med* 161: 1703-1708, 2001.

Capitolo X

Attività fisica nell'adulto

Claudio Macchi

Generalità

Nell'adulto l'attività fisica può essere praticata sia in ambito lavorativo che nel tempo libero, e non è semplice quantificarla in termini di impegno (Shuler et al., 2001; Ferrucci, 2002).

L'**attività fisica dell'attività lavorativa** è collegata ai lavori principali svolti nel corso della vita (inclusi quelli domestici), all'impegno fisico richiesto (che può andare da nessun impegno ad un impegno fisico molto pesante), ed alla durata in anni dell'attività stessa.

Le **attività motorie ludico/ricreative** comprendono varie forme di attività fisica, praticate in maniera regolare in qualche periodo della vita, con impegno fisico medio, frequenza e durata di varia entità. Da attività non impegnative a bassa intensità (come camminare, ballare, pescare o cacciare, fare la spesa senza macchina), si passa ad attività di intensità moderata (correre, camminare in salita, nuotare, fare ginnastica, zappare nell'orto, andare in bicicletta in salita). In ogni caso, la pratica regolare di un esercizio fisico intenso riguarda una minoranza di soggetti.

Stabilito che l'attività fisica produce adattamenti con effetti sulla **fitness** e sulla **salute**, la qualità e la quantità di attività fisica raccomandata possono variare a seconda dei seguenti obiettivi:

- promozione della salute;
- promozione della fitness;
- preparazione e pratica sportiva non agonistica;
- preparazione e pratica sportiva agonistica.

Nel 1996 sono state pubblicate le raccomandazioni su Attività Fisica e Salute del **Surgeon General Report** (Medicina Generale degli Stati Uniti) in cui si sostiene:

1. **Le persone di tutte le età traggono beneficio dall'attività fisica;**
2. **Vantaggi significativi per la salute si possono ottenere con una quantità moderata di attività fisica (paragonabile a 30' di**

cammino rapido) tutti i giorni o la maggior parte dei giorni della settimana;

3. Vantaggi ulteriori si possono ottenere con quantità (durata, frequenza, intensità) maggiori di attività fisica.

Gli adulti che praticano regolarmente una attività fisica nel tempo libero generalmente valutano molto l'aspetto ricreativo, che ha comunque una ricaduta sulla salute in termini di benessere psicologico. L'aspetto ludico ricreativo è molto importante, mentre l'agonismo riguarda, oltre una certa età, pochi soggetti. Tra gli scopi spesso perseguiti, soprattutto nei soggetti meno giovani, sono lo sviluppo ed il mantenimento della fitness, la prevenzione primaria e secondaria di patologie (principalmente cardiovascolari e reumatiche), la promozione della salute ed il controllo del peso corporeo (anche per motivi estetici). *Un programma di allenamento per un soggetto adulto alla ricerca del miglioramento della fitness deve rispettare sia il principio del sovraccarico (per cui sarà necessario stabilire l'intensità massimale e submassimale dell'esercizio aumentandola progressivamente), che quello della specificità (per cui a seconda della tipologia di esercizio scelta, l'adattamento sarà specifico), con aumento di capacità fisica attraverso il sistema energetico utilizzato in quel tipo di esercizio. Un programma completo dovrebbe includere, oltre all'allenamento costante e progressivo della flessibilità, sia l'esercizio di tipo aerobico (che aumenta la VO_2 max e migliora la capacità ossidativa muscolare), che quello di rinforzo muscolare (che aumenta massa, forza e potenza muscolare). L'allenamento della forza a sua volta deve includere tutti i gruppi muscolari principali.* Non è facile stabilire una tabella di allenamento che tenga conto da un lato delle esigenze, delle disponibilità e delle capacità individuali e dall'altro della necessità che l'esercizio sia effettivamente allenante e quindi in grado di produrre i benefici richiesti. L'American College of Sports Medicine (ACSM) ha pubblicato nel 1998 un Position Stand, ovvero un pronunciamento collettivo dei maggiori esperti (soprattutto statunitensi) di Scienza dell' Esercizio, con riferimento alla principale letteratura mondiale sull'argomento, intitolato **“La quantità e qualità di esercizio raccomandate per sviluppare e mantenere la fitness (forma fisica) cardiorespiratoria e muscolare e la flessibilità negli adulti sani” (ACSM, 1998a)**. Questo articolo, sebbene i concetti espressi siano stati più volte criticati e in parte rivisti alla luce della letteratura successiva, costituisce un fondamentale punto di riferimento per stabilire programmi di esercizio per lo sviluppo ed il mantenimento della fitness in soggetti adulti sani che abbiano delle solide basi scientifiche. Il razionale scientifico stabilisce in primo luogo il concetto di **exercise dose**

continuum (continuità nella “dose” di esercizio). Stabilito che l’attività fisica produce adattamenti con effetti sulla **fitness** e sulla **salute**, entro i limiti raccomandati, programmi implicanti livelli di intensità frequenza e/o durata maggiore forniscono benefici maggiori. Tuttavia esistono vantaggi significativi anche nel passare da una sedentarietà assoluta a livelli anche minimi di attività fisica e un’attività fisica non sufficiente a promuovere la fitness può comunque avere vantaggi per la **salute**. E’ importante ricordare che la letteratura sull’argomento include generalmente studi con durata non superiore ad un anno; è quindi possibile che programmi di attività fisica risultati insufficienti a produrre effetti misurabili possano invece essere efficaci se protratti per un tempo maggiore. Infine gli autori ricordano che l’interpretazione degli studi è complessa, per mancanza di omogeneità nei livelli di partenza (sappiamo infatti che da livelli più bassi di partenza si ottengono migliori risultati), e per mancanza di adeguata illustrazione e di omogeneità riguardo alla durata dell’allenamento. Anche la specificità dell’allenamento e le misure di verifica dei risultati possono essere fonte di errore. Dopo queste premesse, si procede alle raccomandazioni per un programma di fitness, che deve prevedere una componente di allenamento aerobico, una componente di allenamento della forza ed una componente di allenamento della flessibilità di cui si fa una sintesi di seguito.

Esercizio aerobico

Le raccomandazioni si basano su studi della durata di 6-12 mesi in cui soggetti adulti sani sono stati sottoposti a diversi programmi di attività aerobica. L’aumento di $VO_2\max$ è direttamente correlato a **frequenza**, **intensità** e **durata** dell’allenamento, oltre che a caratteristiche genetiche individuali.

La classificazione dell’**intensità** dell’esercizio aerobico si basa sulla frequenza cardiaca che induce, rispetto alla MHR, oppure sulla RPE. Può esprimersi in METs (multipli equivalenti della spesa energetica sostenuta dal metabolismo basale), calcolabili sulla base di tabelle (McArdle, 1997). Rispetto alle raccomandazioni precedenti (ACSM, 1991) si possono ottenere benefici anche a partire da una **intensità** di allenamento pari al 55% della MHR, equivalente quindi al 40% VO_2 max, iniziando con un carico minore; *ovviamente all'interno del range di intensità allenante, i valori più bassi saranno efficaci e raccomandati in soggetti sedentari o comunque con scarsa forma fisica, mentre soggetti già allenati e in forma dovrebbero raggiungere valori che si collocano nella fase più alta dello spettro.*

Anche se l'intensità raccomandata è compresa tra 55 e 90%MHR, in realtà molti Autori sconsigliano di superare 80-85%MHR, soprattutto nei soggetti poco allenati, negli anziani e in genere nei soggetti con stile di vita a rischio (fumatori, cattiva alimentazione) (Howley e Don Franks, 1997). Il **volume totale** di allenamento (kcal) per ogni seduta è dato dal prodotto dell'intensità per la durata della seduta: anche se la relazione non è completamente chiarita, è possibile pensare che si possa modulare l'attività iniziale in soggetti non allenati riducendo l'intensità e aumentando la **durata** (che in un programma di intensità raccomandata dovrebbe essere compresa tra 20 e 60').

L'aumento di VO_2 max aumenta con l'aumento della **frequenza** delle sedute fino a raggiungere un plateau al di sopra di 3 sedute a settimana.

Riguardo alla **modalità** di allenamento, qualsiasi attività aerobica che coinvolga grandi masse muscolari, ritmica e mantenuta nel tempo, produce i benefici del condizionamento aerobico (cammino, corsa, ciclismo, fondo, nuoto, corpo libero, danza aerobica).

Gli effetti dell'allenamento aerobico condotto secondo le raccomandazioni ACSM sono i seguenti:

- Aumento della VO_2 max del 10-15% (inizia dalle prime settimane);
- aumento della soglia dei lattati (correlata a RPE, endurance = resistenza muscolare alla fatica) del 10-20%;
- aumento dell'azione ipoglicemizzante dell'insulina;
- miglioramento della capacità ossidativa muscolare ;
- stimolazione dell'ossidazione dei grassi;
- promozione della fitness cardiovascolare e controllo del peso corporeo (associato alla dieta).

L'esercizio aerobico è raccomandato per diabete, ipertensione, obesità, osteoporosi (esercizio antigravitario), artrosi (esercizio in scarico).

Riguardo al mantenimento degli effetti, una perdita significativa dei benefici cardiorespiratori è evidente già dopo due settimane dalla sospensione dell'attività, quasi completa a 10 settimane con un ritorno ai livelli di partenza al massimo in 8 mesi.

Allenamento della forza

Gli effetti sono specifici, rimanendo confinati al distretto corporeo allenato: un programma di fitness globale deve includere esercizi diversi che interessino i principali gruppi muscolari; nell'adulto è importante tonificare gli addominali, che sono spesso rilasciati e che forniscono un contenimento ai visceri. La forza e la resistenza muscolare aumentano con l'allenamento che segue il principio del sovraccarico progressivo: il

volume totale di lavoro per ogni gruppo muscolare dipende dall'entità del **carico**, dal numero di **ripetizioni** e dal numero di **serie** per seduta.

Il **carico** iniziale non può essere inferiore a 30%1RM e deve progressivamente aumentare; generalmente non è consigliato superare 80% 1RM per il rischio di lesioni osteoarticolari. Anche in questo caso, come per l'esercizio aerobico, *all'interno del range di intensità allenante, i valori più bassi saranno efficaci e raccomandati in soggetti sedentari o comunque con scarsa forma fisica, mentre soggetti già allenati e in forma dovrebbero raggiungere valori collocati nella fase più alta dello spettro.*

L'aumento di forza è stimolato dall'aumento del carico, quello di resistenza dall'aumento delle ripetizioni.

Il numero di **ripetizioni** consigliato è di 8-12; per un allenamento della potenza si consigliano 6-8 ripetizioni con carico ad alta %1RM.

Per ogni seduta viene raccomandata almeno una serie (raddoppiando le serie il beneficio è molto ridotto rispetto al prolungarsi della seduta) per ogni grande **gruppo muscolare**, cioè l'insieme dei muscoli che concorrono a determinare un movimento specifico in una articolazione specifica (es. flessori del gomito). E' anche possibile abbinare i gruppi muscolari con esercizi che ne impegnano insieme più di uno, ad esempio: braccia-dorsali; spalle-glutei; pettorali-cosce; addominali-gambe. La **durata** complessiva di una seduta così impostata deve essere di almeno 20'-25', mentre la **frequenza** ottimale varia a seconda del gruppo muscolare da 1 a 3 volte a settimana. Si raccomanda un minimo di 2 volte/settimana per tutti i gruppi muscolari, con almeno 48 ore di riposo tra le sedute.

Riguardo alla **modalità** per un programma di fitness sono raccomandati esercizi **dinamici**, svolti in modo **ritmico** e a **velocità** da lenta a moderata, per tutto il ROM articolare, con particolare attenzione durante la contrazione eccentrica, in cui è più alto il rischio di traumatismi.

Gli effetti dell'allenamento della forza condotto secondo le raccomandazioni ACSM sono i seguenti:

- aumento della massa e della forza muscolare (mediamente 25-30% in 6 mesi - in soggetti molto debilitati anche >100%);
- aumento della resistenza del muscolo alla fatica (endurance);
- aumento della potenza muscolare, maggiormente se l'allenamento è ad alta intensità;
- aumento della resistenza meccanica dell'osso;
- aumento della VO₂max (in misura minima rispetto all'allenamento aerobico);
- miglioramento della tolleranza al glucosio (in misura ridotta rispetto all'allenamento aerobico).

L'allenamento della forza muscolare è raccomandato in una serie di affezioni importanti come ad esempio nella sarcopenia (cioè la perdita di massa muscolare che si realizza con l'invecchiamento), nell'osteoporosi, nell'artrosi; si è dimostrata anche una sua utilità nella malattia diabetica.

Dalla sospensione dell'allenamento, il **mantenimento** degli effetti è breve: c'è una perdita iniziale entro 1-2 settimane, che si completa nel giro di pochi mesi.

Allenamento della flessibilità

La flessibilità aumenta tramite diversi tipi di esercizio:

- esercizi di mobilizzazione articolare **attiva** per tutto il Range of Motion (ROM) inclusa la riserva articolare; tali esercizi devono essere lenti e progressivi;
- **PNF** (Proprioceptive Muscular Facilitation). Con questa terminologia si identifica una metodica in cui si alternano contrazioni isometriche a stiramenti secondo una direzione di movimento predeterminata; è molto efficace, ma richiede un operatore esperto che assista il soggetto nell'esercizio. Una metodica detta **PNF modificata** può essere eseguita anche da soli o con un partner: prevede esercizi di contrazione-rilasciamento o di stiramento assistito (**6''contrazione, 30''stiramento assistito**);
- **stretching statico**, facile da farsi ed efficace.

Nello stretching le raccomandazioni ACSM prevedono una **modalità** lenta, una **durata** di 10''-30'', arrivando fino a provocare un **leggero disagio** (non dolore!).

Il massimo guadagno in ROM si ottiene con **4 ripetizioni**, poi si verifica un plateau. Devono essere stirati ogni volta tutti i maggiori gruppi muscolo-tendinei (catena posteriore e anteriore arti inferiori, cingolo scapolare); la **frequenza** minima è di 2-3 sedute alla settimana.

Gli effetti dello stretching secondo le raccomandazioni ACSM comprendono:

- miglioramento del ROM articolare e la funzione;
- miglioramento della performance muscolare;
- prevenzione delle lesioni muscolo scheletriche di tipo traumatico.

Sulla reale efficacia dello stretching prima di una seduta nel migliorare la performance le opinioni sono tuttora controverse (Herbert et al, 2002), mentre non è in discussione l'effetto positivo a lungo termine dello stretching regolarmente effettuato per quanto riguarda la flessibilità e le sue ricadute sull'attività motoria.

Raccomandazioni ACSM

Legenda: AA=allenamento aerobico; AF = allenamento della forza; MA = allenamento della mobilità articolare/flessibilità.

Frequenza- Numero di sessioni a settimana; le indicazioni sono diverse a seconda dei componenti di fitness che vengono allenati.

AA: 3-5 sessioni a settimana;

AF: 2 sessioni a settimana;

MA: tutti i giorni, minimo 2-3 sessioni a settimana.

Intensità - Lavoro del sistema cardio-respiratorio o del muscolo.

AA: 55-90% MHR (= 40-85%VO₂ max);

AF: 1 serie di 8-12 ripetizioni di 8-10 diversi gruppi muscolari, iniziando con carico 30% 1RM, fino a 80% 1RM;

MA: approccio graduale, sotto la soglia del dolore, 4 ripetizioni per ognuno dei maggiori gruppi muscolari.

Tempo - Durata di ogni seduta.

AA: 20-60' a seduta oppure al giorno (allenamento intermittente di almeno 10' per volta);

AF: 20-60' a seduta;

MA: si parte da 5' fino a 15' a seduta; 10-30'' ogni stiramento.

Progressione - Aumento progressivo del carico e dell'impegno tecnico negli esercizi.

Aggiustamenti

La risposta all'allenamento e quindi la velocità di progressione deve essere individualizzata.

Mantenimento

Se l'intensità dell'allenamento viene mantenuta e il numero o la durata delle sessioni ridotti fino a 2/3, la VO₂ max si mantiene almeno per 15 settimane e la forza per almeno 12 settimane.

Reversibilità

Inizia entro 2 settimane; si completa nell'arco di 10 settimane-8 mesi. Chi ha svolto attività fisica per molti anni sembra mantenere qualche beneficio anche più a lungo.

Composizione e peso corporei

Il controllo del peso corporeo è uno dei principali motivi per cui un adulto, soprattutto di sesso femminile, inizia una attività fisica. La spesa annua per perdere peso (centri di dimagrimento, farmaci, integratori, libri)

è enorme; l'utilizzo improprio di farmaci che riducono l'appetito o l'assorbimento di cibo o che aumentano il metabolismo basale è pericoloso.

Per introdurre questo capitolo è utile rivedere alcune definizioni. (McArdle et al., 1996).

Body Mass Index (indice di massa corporea, BMI): è dato dal peso \times (altezza in cm)⁻².

La **massa corporea** (BM) è definita dalla formula: BM = massa grassa (grasso primario + grasso di deposito) + massa magra.

La **massa fat free** (FFM) si definisce come: FFM = massa magra + grasso primario (SNC; visceri = 4-7% BM).

La **massa fat** (FM) corrisponde al grasso di deposito.

Secondo le indicazioni dell'**ACSM**, per influire su BM e FM è necessaria una spesa energetica di 250-300 kcal per seduta, con una frequenza di 3 sedute a settimana. Alternativamente, sono consigliate sedute con una spesa energetica di 200 kcal 4 volte alla settimana.

Nell'ambito della tipologia di esercizio, è consigliata qualunque modalità di **esercizio aerobico** piuttosto intenso per una durata di 30-35', oppure sedute più lunghe a intensità moderata. La marcia da sola è poco efficace, ma se ne può incrementare la spesa energetica marciando con pesi alle caviglie o ai polsi oppure marciando più a lungo (es. per 60').

L'**allenamento della forza** che produce una spesa energetica equivalente incrementa la FFM più di quanto non diminuisca la FM; per l'**aumento di massa muscolare** richiesto in alcune preparazioni atletiche è necessario associare AF con dieta ipercalorica: l'aggiunta di 700-1000 kcal/die è sufficiente alla sintesi di 0.5-1 kg FFM /settimana.

Affrontare il sovrappeso generalmente richiede la modifica di altre abitudini di vita, in particolare della dieta, oltre che la pratica regolare di un'attività fisica, e questo deve sempre essere ricordato agli utenti, per non creare false aspettative. Il trattamento dell'**obesità** (BMI>30) costituisce un problema complesso e richiede un controllo medico.

Per la perdita di peso è necessario creare un **deficit energetico** (è prudente non eccedere oltre le **500-1000 kcal/die**) che si può produrre isolatamente aumentando il dispendio con un programma di **attività fisica** oppure riducendo l'introito con un **regime dietetico** o ancora associando questi due approcci.

L'attività fisica regolare sposta la **soglia di sazietà** a livello ipotalamico, riducendo l'appetito. L'attività fisica inoltre aumenta il metabolismo basale, il catabolismo lipidico e la sintesi proteica. Tuttavia è molto difficile perdere peso soltanto attraverso l'**attività fisica**.

Secondo l'**ACSM**, l'allenamento raccomandato (*AA, 250-300 kcal. 3 sessioni/settimana, oppure 200 kcal 4 sessioni/settimana*) riduce BM e

FM, mantenendo FFM uguale o aumentandola lievemente. (ACSM, 1998a). La **perdita di tessuto adiposo “localizzata” mediante l’attivazione dei gruppi muscolari corrispondenti alle zone bersaglio non si è mai dimostrata efficace.**

Gli obesi devono iniziare molto gradatamente, anche con intensità inferiori a quelle raccomandate o con allenamento intermittente, ma regolare. In questi soggetti sarà sufficiente in una prima fase suggerire piccole passeggiate poiché il lavoro antigravitario, direttamente proporzionale al peso corporeo, ha già per gli obesi un impegno superiore rispetto ai soggetti magri e in normopeso. La **restrizione calorica** con la **dieta** è efficace ma deve essere più rigida se non associata all’attività fisica. L’iniziale perdita di peso nei primi giorni della dieta dipende dalla perdita di acqua e dalla deplezione delle scorte di glicogeno; il catabolismo dei grassi inizia dopo qualche giorno di regime dietetico e aumenta percentualmente con il passare del tempo: per questo è importante mantenere il regime nel tempo.

Poiché quanto più una dieta è rigida quanto più induce fame e stress psicologico, è prassi comune raccomandare di associare i due approcci. Inoltre la riduzione di BM con la sola dieta comporta anche una riduzione di FFM per l’induzione del catabolismo proteico, contrastato da un’attività fisica regolare.

L’attività fisica contrasta anche altri effetti negativi della dieta isolata, quali l’aumento della soglia di sazietà, della attività lipoproteinlipasica e la riduzione del metabolismo basale.

Nella dieta marcatamente ipocalorica associata a AA, diminuisce BM, FM e FFM; tuttavia FFM diminuisce meno rispetto alla sola dieta.

In conclusione, l’**associazione** dei due approcci consente regimi di dieta e di esercizio più tollerabili nel tempo e potenzia notevolmente il processo di calo ponderale. Questo si ottiene riducendo il volume cellulare degli adipociti, piuttosto che il loro numero complessivo. Infatti è il primo parametro che si modifica con il bilancio energetico, mentre il secondo (numero) sembra aumentare solo nell’obesità grave (McArdle et al., 1996). Per cause non del tutto chiarite, ma in relazione alla diversa distribuzione del grasso nei due sessi, l’uomo tende a mobilitare il grasso addominale; la donna ha una deposizione di grasso maggiore a livello dei glutei e delle natiche, che viene metabolizzato più difficilmente.

Attività fisica nella donna

Tra uomini e donne esistono differenze morfologiche e fisiologiche rilevanti ai fini della fitness e della performance; tuttavia le differenze di

performance atletica nei due sessi sono dovute in gran parte alla differenza di dimensioni e di composizione corporea.

I dati attuali dimostrano che:

- le donne hanno BM e FFM minori, FM maggiore ed una ridotta densità ossea rispetto agli uomini;
- le donne hanno una ridotta capacità dei tre sistemi energetici;
- la differenza in VO₂ max corretta per FFM risulta quasi annullata;
- l'incremento di VO₂ max con AA è uguale nei 2 sessi;
- l'incremento di VO₂ max con AA non risente del ciclo mestruale;
- la forza assoluta è i 2/3 di quella degli uomini; la potenza è ancora più ridotta rispetto a quella espressa dai maschi di pari età
- l'incremento della forza muscolare con AF è uguale all'uomo, tuttavia l'ipertrofia muscolare è minore (questa dipende dal testosterone).

Riguardo al rischio di lesioni, le donne sono più soggette a quelle muscoloscheletriche nelle attività ad alto impatto coinvolgenti gli arti inferiori, per la ridotta massa muscolare e l'accentuato angolo Q a livello del ginocchio. L'angolo Q costituito dall'asse del femore rispetto a quello della tibia, fisiologicamente presenta un valgismo di pochi gradi: aumentando il valgismo, aumentano le sollecitazioni sulla rotula e sul legamento collaterale mediale e quindi il rischio di lesioni a tale livello. Inoltre negli sport di contatto esiste un rischio di lesioni al seno.

La relazione tra attività fisica, ciclo mestruale e funzioni riproduttive è stata intensamente studiata. L'esercizio moderato non influenza il ciclo mestruale, mentre l'influenza del ciclo sulle prestazioni atletiche in allenamento e in gara è soggettiva.

L'allenamento e l'attività agonistica intensi possono invece influenzare la funzione riproduttiva, per alterazioni psicologiche e metaboliche che agiscono sull'asse ipotalamo-ipofisario, portando a:

- ritardo del menarca;
- irregolarità del ciclo, spesso oligomenorrea;
- anovulazione con amenorrea, e quindi infertilità transitoria.

L'amenorrea si associa ad un alto rischio di osteoporosi. I disturbi del ciclo *sembrano* comunque recedere se si interrompe l'attività atletica.

Nelle donne in menopausa è generalmente indicata l'attività fisica per la prevenzione dell'osteoporosi.

Per quanto riguarda l'**attività fisica in gravidanza** la risposta all'allenamento durante la gravidanza non cambia in modo significativo, sebbene aumenti la massa corporea e si riduca progressivamente la mobilità generale; in gravidanza aumenta molto il consumo di ossigeno per tutte le attività antigravitarie, mentre aumenta molto meno per quelle che non comportano questo tipo di lavoro: nuoto, ciclismo in piano o

cyclette; nel lavoro submassimale aumentano la frequenza cardiaca e la risposta ventilatoria (McArdle 1996); è importante anche evitare di svolgere esercizi a temperatura ambientale elevata, in quanto la ridotta capacità di dispersione termica potrebbe produrre una ipertermia fetale.

L'American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG, 1994) raccomanda a tutte le donne sane in gravidanza non complicata una attività fisica regolare di tipo aerobico con intensità da lieve a moderata (facendo attenzione ad evitare traumi, alle alterazioni pressorie e al bilancio energetico, che varia in relazione alle necessità del feto). In gravidanza inoltre si realizza uno spostamento in avanti del baricentro corporeo, con iperlordosi lombare e maggior rischio di lombalgia. Le Linee Guida dell'ACOG raccomandano un'attività regolare almeno 3 volte alla settimana, preferibilmente di tipo aerobico, o comunque di intensità da lieve a moderata, per una durata di circa 30'-40' a seduta: infatti questo tipo di attività è sufficiente al mantenimento della fitness e non sembra incidere negativamente sul feto (non si modifica il battito fetale durante l'attività; non conseguenze negative documentate a lungo termine sull'accrescimento fetale); per valutare l'intensità dell'esercizio la scala di Borg sembra più affidabile della %MHR, dato che la relazione tra frequenza cardiaca e VO_2 max può variare in gravidanza.

Sono indubbiamente da evitare gli esercizi in posizione supina dopo il primo trimestre (rischio di furto splancnico) ed il rischio di trauma o di perdita di equilibrio. Una attività altamente raccomandata è il nuoto a intensità da lieve a moderata (allenamento aerobico), che aiuta a mantenere una buona forma fisica utile anche per il parto, e può ridurre l'eventuale stasi venosa a livello degli arti inferiori e la lombalgia (Fortichiari, 1998).

Le controindicazioni sono rappresentate dall'anamnesi positiva per diabete di I tipo, aborti spontanei, oppure travaglio pre-terminale in una gravidanza precedente, fumo, alcool, oppure dalla presenza di ipertensione in gravidanza, dalla rottura pretermine delle membrane o perdite ematiche, una insufficienza del collo dell'utero e un ritardo della crescita intra-uterina.

Nelle fasi avanzate di gravidanza si può accentuare la normale risposta ipoglicemica all'esercizio, con rischio di ipoglicemia del feto per un lavoro di tipo submassimale; inoltre l'aumento di massa corporea può costituire un sovraccarico eccessivo e compromettere l'efficienza biomeccanica di ogni lavoro di tipo antigravitarario.

Le atlete tendono ad avere meno complicazioni legate alla gravidanza e al parto (migliore fitness, maggiore forza addominale), e la maternità generalmente non limita la prestazione atletica successiva.

Dopo un parto fisiologico, l'attività fisica può essere ripresa dopo 6-8 settimane, senza che questo abbia effetti sulla lattazione.

Promozione della fitness nell'anziano

La prescrizione di un programma di attività fisica nell'anziano deve considerare l'influenza dei seguenti fattori (Evans, 1999):

- la risposta dell'organismo anziano all'esercizio ed all'allenamento;
- la "legge dell'inversione dei livelli di attività" per cui l'attività fisica individuale diminuisce con l'aumentare dell'età, mentre il costo energetico di una determinata attività è progressivamente maggiore;
- le convinzioni e gli atteggiamenti riguardo alla salute degli anziani;
- l'influenza di fattori medici, personali, occupazionali e fisici.

Nell'anziano inoltre è fondamentale lavorare su due elementi che possono spesso essere compromessi con l'invecchiamento e che aggravano il rischio di traumi e di cadute: l'equilibrio e la coordinazione neuromotoria, che ne rappresenta uno dei determinanti (General Surgeon Report, 1996).

L'equilibrio è una funzione complessa che coinvolge il vestibolo, la vista, la sensibilità estero e propriocettiva, la forza, la flessibilità e la coordinazione neuromotoria. Quest'ultima è essenziale per l'economia del movimento; i movimenti che coinvolgono diversi segmenti motori in opposizione o in cui un segmento corporeo oltrepassa la linea mediana sono più difficili, soprattutto nell'anziano (Leslie, 1990). Il training dell'equilibrio è presente in molte discipline orientali, come lo yoga e il tai chi e deve far parte di ogni programma di allenamento dell'anziano.

Per gli anziani sani che abbiano come obiettivo il raggiungimento ed il mantenimento della fitness esponiamo le raccomandazioni dell'ACSM per le caratteristiche ottimali di un programma di esercizio volto al raggiungimento ed al mantenimento della **fitness** per adulti sani (ACSM 1998a) con alcuni aggiustamenti (ACSM 1998):

- gli anziani sedentari dovrebbero iniziare con piccole sedute di attività ad intensità moderata (5-10 minuti) ed aumentarne gradatamente la durata;
- l'intensità massima non dovrebbe generalmente mai raggiungere quella massimale, neanche in soggetti allenati;
- devono essere evitati i salti, gli esercizi ad alto impatto e quelli molto rapidi;
- per la mobilità articolare si raccomanda di iniziare con stretching di 3-8'' fino a 15-60'' per ogni movimento; si parte da 5' fino a 15' a seduta;
- l'aumento progressivo del carico e dell'impegno tecnico negli esercizi deve essere più graduale: gli adattamenti fisiologici nell'anziano sono infatti mediamente più lenti che nell'adulto;

- nell'anziano è fondamentale ricordare che la risposta all'allenamento e quindi la velocità di progressione deve essere individualizzata;
- la reversibilità è più rapida nell'anziano, infatti inizia entro pochi giorni per completarsi in 3-8 settimane.

Nella prima parte abbiamo evidenziato come le indicazioni per l'allenamento prevalente della capacità aerobica rispetto a quello mirato al rinforzo muscolare hanno effetti ed indicazioni solo parzialmente sovrapponibili. Schematicamente ricordiamo gli effetti documentati e le indicazioni più comuni per i due tipi di allenamento.

1) Nell'esercizio aerobico, rispetto ai soggetti più giovani aumenta la $VO_2\max$ e l'azione dell'insulina, mentre migliora la capacità ossidativa muscolare; non aumenta la potenza cardiaca massima e non c'è attenuazione della risposta all'esercizio. E' un esercizio raccomandato per la prevenzione e la terapia di diabete, ipertensione, obesità, osteoporosi, artrosi.

2) L'allenamento della forza aumenta massa, forza e potenza muscolare, ma anche la resistenza meccanica dell'osso e la $VO_2\max$ (in misura minore rispetto all'esercizio aerobico); inoltre migliora la tolleranza al glucosio; deve interessare preferenzialmente i gruppi muscolari coinvolti nelle attività della vita quotidiana, soprattutto quelli degli arti inferiori; è raccomandato nella sarcopenia (perdita di massa muscolare che si realizza con l'invecchiamento) e per la prevenzione e il trattamento della osteoporosi.

3) La mobilità articolare deve essere allenata per contrastare gli effetti dell'invecchiamento e della sedentarietà sulla perdita di flessibilità. La mobilità attiva viene allenata con esercizi mirati alle articolazioni principali, seguendo i principi già illustrati nel riscaldamento. Lo stretching deve essere statico; inizialmente si ricercano la stabilità e le modalità con cui stirare i diversi gruppi muscolari; la durata parte da 5" per pochi gruppi muscolari e deve essere aumentata progressivamente, sempre sotto la soglia del dolore e coinvolgendo gradatamente altri gruppi muscolari.

Le attività consigliate cambiano a seconda del livello funzionale, dello stato di salute e della forma fisica, anche in funzione della motivazione, delle caratteristiche psicologiche e delle possibilità pratiche (spostamenti, disponibilità economiche) dei soggetti, nonché della loro storia precedente (Spence et al., 2002). Il principio fondamentale resta il fatto che la pratica di **un'attività fisica sarà mantenuta nel tempo solo se risulterà in qualche modo piacevole e gratificante** (Young e Dinan, 1994).

Oltre ai classici programmi di esercizi di gruppo ("ginnastica per anziani"), è possibile effettuare in palestra programmi di circuit training o programmi a tempo di musica; anche il ballo è un'attività fisica utile e

spesso gradita sia dai soggetti più anziani che dagli adulti. Anche attività aerobiche a basso impatto, da svolgersi in piscina (nuoto, ginnastica in acqua) o all'aperto (marcia, ciclismo, in alcuni casi corsa) rientrano nella gamma di attività che possono spesso essere proposte e praticate in sicurezza, con documentati effetti positivi sulla forma fisica e sulla salute degli anziani.

Promozione della salute nell'anziano

Soggetti sedentari che iniziano un'attività fisica devono essere instradati tenendo conto della loro situazione fisica, economica e sociale, del loro stato di salute, della loro capacità fisica, ma anche dei loro personali obiettivi e delle priorità relative, delle loro precedenti esperienze e delle preferenze personali riguardo al tipo di attività ed alla modalità di esercitarsi. Generalmente, maggiori sono i rischi (cardiopatía, disturbi dell'equilibrio, disturbi del visus e dell'udito etc.), più è indicata un'**attività sotto supervisione**. Mentre quindi per adulti e anziani sani la scelta tra un lavoro individuale o di gruppo, all'aperto, in piscina o in palestra, dipende sostanzialmente dalle preferenze e dalle disponibilità (di tempo, di spesa, di spostamento) dei singoli, nei soggetti affetti da una o più patologie, come spesso accade in età avanzata, l'attività supervisionata è senz'altro più sicura, almeno per la fase iniziale. Tuttavia i programmi specifici supervisionati non sono sempre facilmente fruibili, e la gran parte degli adulti e degli anziani che svolgono attività fisica si esercitano senza supervisione. In questi casi è particolarmente importante accertarsi che il soggetto abbia ben compreso gli obiettivi e le modalità del programma, sia in grado di valutare autonomamente la propria intensità di lavoro, riconoscere i campanelli d'allarme e di stabilire correttamente tempi e modi di un'eventuale progressione. Chi svolge **attività fisica non supervisionata**, soprattutto se è affetto da una o più patologie, deve essere incoraggiato a tenere un diario dell'attività effettuata, che registri intensità e durata di ogni seduta (Howley e Franks, 1997) e deve essere valutato a scadenze periodiche, inizialmente brevi (settimane) e successivamente più distanziate. Nel caso l'attività fisica risulti da una prescrizione relativa ad una patologia (es. diabete mellito, ipertensione, ipercolesterolemia, obesità) un attento monitoraggio dei parametri alterati permetterà di verificare l'appropriatezza della prescrizione e l'efficacia del programma.

La popolazione anziana comprende non solo soggetti sani, ma anche persone affette da una o più patologie non disabilitanti o da patologie che producono una disabilità che può essere lieve, moderata o grave. E' molto frequente in geriatria trovarsi di fronte a soggetti in cui la perdita di funzione è legata a più fattori. Da una parte abbiamo patologie

cardiovascolari, respiratorie e metaboliche che possono controindicare alcune tipologie di esercizio; dall'altra osserviamo patologie dell'apparato muscolo-scheletrico, come artrosi, osteoporosi, deformazione del piede, che spesso si sommano a produrre una disabilità motoria complessa; infine dobbiamo ricordare le perdite di massa muscolare legate a cause non intrinseche all'apparato muscolo-scheletrico, ma a patologie neurologiche croniche (Parkinsonismi, encefalopatie sottocorticali).

Molti soggetti affetti da multipatologia presentano quadri di questo tipo tuttavia ciò non significa che l'esercizio fisico per l'anziano debba essere necessariamente medicalizzato e identificato con la riabilitazione. Infatti, come illustrato in varie pubblicazioni (Jette et al., 1996; Shephard, 1997; Macchi e Cecchi, 2002), sono stati studiati nell'ultimo decennio piani di esercizio efficaci in soggetti anziani affetti da multipatologia, relativamente esenti da rischi di tipo cardiovascolare e che possono, una volta valutato il paziente, venire svolti in palestre sul territorio o addirittura a domicilio con supervisione di personale non sanitario.

Non è sempre possibile in questi programmi raggiungere intensità e volume totale di lavoro tali da produrre gli adattamenti necessari per il raggiungimento ed il mantenimento della fitness secondo le raccomandazioni ACSM, tuttavia secondo il principio dell'*exercise dose continuum* queste attività sono raccomandati ed utili per la salute, in quanto agiscono sulla prevenzione ed il trattamento di molte patologie, sulla socializzazione e su molti altri aspetti della qualità della vita (ACSM, 1998).

Le raccomandazioni su Attività Fisica e Salute del già citato Surgeon General Report, stabilivano che le persone di tutte le età traggono beneficio dall'attività fisica e che vantaggi significativi per la salute si possono ottenere con una quantità moderata di attività fisica equivalente ad una spesa calorica di 150 Kcal al giorno o di 1000 Kcal a settimana, paragonabile a 30' di cammino rapido, di ballo, di Aquagym o a circa 20' di nuoto sostenuto, ma anche a 45' spingendo la propria carrozzina in piano, se effettuata tutti i giorni o la maggior parte dei giorni della settimana. Tali raccomandazioni contengono anche una sezione specifica per l'anziano, in cui si afferma che *"gli anziani possono trarre beneficio da una quantità moderata di attività fisica moderata preferibilmente su base quotidiana, effettuata sotto forma di un'attività più leggera condotta per una durata di tempo maggiore, o di un'attività più impegnativa (come camminare velocemente o fare le scale) svolta per un lasso di tempo inferiore"*; si stabilisce inoltre che quantità maggiori di attività fisica per intensità, frequenza e/o durata potrebbero dare ulteriori benefici, ma comportano anche maggior rischio di lesioni, per cui ogni eventuale incremento dovrebbe essere molto *graduale*. Si raccomanda peraltro ad un

anziano sedentario che voglia intraprendere un programma di attività fisica di rivolgersi preventivamente al medico di fiducia e di iniziare l'attività concordata partendo da 5-10 minuti di attività quotidiana ed aumentando progressivamente la durata dell'attività; infine si raccomanda di associare sempre all'attività aerobica una componente di allenamento della forza .

In realtà secondo il principio dell'*exercise dose continuum* ribadito dall'ACSM, lo svolgimento anche di un minimo di attività fisica è migliore per la salute rispetto ad una sedentarietà assoluta, per questo le raccomandazioni del 1996 sono lievemente mutate: oggi si sostiene che **almeno 30' di attività leggera, anche suddivisi nell'arco della giornata, per la maggior parte delle giornate della settimana, sono sufficienti a produrre vantaggi significativi per la salute.** Queste affermazioni sono importanti in quanto l'obiettivo raccomandato è raggiungibile anche da parte di soggetti malati e già disabili. Anche nell'anziano già affetto da disabilità, quantitativi ridotti di attività fisica sono utili e raccomandati per la promozione della salute, se le attività sono appropriate al livello funzionale e effettuate in sicurezza; a questo proposito sicuramente **l'esercizio supervisionato** è generalmente da raccomandarsi rispetto alle attività non supervisionate; qualora organizzare la partecipazione continuativa dell'anziano disabile a queste classi di esercizio diventi poco agibile, sarà possibile, nel caso di familiari o di altri caregivers (es. badanti) disponibili, istruire queste persone a supervisionare l'anziano durante lo svolgimento degli esercizi appresi in classe al domicilio, provvedendo alla sicurezza e, in certa misura, valutandone anche il corretto svolgimento. Un protocollo di trattamento di gruppo definito come riattivazione motoria è stato sviluppato e praticato con successo anche nel Centro di provenienza degli Autori. Tale programma (Debolini e Funaioli, 1995) specifico per il paziente geriatrico affetto da patologia muscolo-scheletrica cronica ed iniziale disabilità motoria, che risponde ai requisiti della letteratura per un programma di esercizio fisico per l'anziano (Young e Dinien, 1994) comprende suggerimenti di ergonomia, esercizi di flessibilità, di rinforzo muscolare (particolarmente per gli arti inferiori), di equilibrio e di coordinazione, che il soggetto apprende con la supervisione del terapeuta e prosegue al proprio domicilio.

Varie associazioni sportive effettuano programmi di attività fisica in RSA o in Centri diurni lavorando con soggetti di disabilità anche importante. Tali programmi risultano efficaci per prevenire la disabilità e promuovere il mantenimento o il miglioramento del livello funzionale (Skelton e McLaughlin, 1996). Questo non mette in discussione la necessità di una riabilitazione effettuata da personale specializzato, che comprenda un trattamento passivo e attivo per i gravi disabili, come i

post-acute (frattura, intervento chirurgico) e i gravi cronici. Per anziani con disabilità lieve-moderata diventa spesso difficile stabilire chi possa essere con sicurezza indirizzato verso programmi di esercizio domiciliare o ad attività supervisionate sul territorio (che uniscono ai vantaggi specifici quelli relativi alla socializzazione ed al miglioramento dell'immagine di sé), e chi invece necessita di un approccio più prettamente riabilitativo/sanitario. Tra i molti fattori da considerare vi sono la presenza di gravi patologie associate (cardiovascolari o respiratorie) che impongono una supervisione anche nello svolgimento di esercizi di impegno minimo e calibrato; anche quei casi in cui c'è un dolore acuto, indipendentemente dalla gravità della patologia sottostante, sia di tipo meccanico che infiammatorio, si richiede riposo e terapia fisica, manuale o farmacologica mirata, prima di iniziare un programma di esercizio. **Salvo queste controindicazioni, si può sostenere che per tutte le persone anziane, seguite da operatori con una preparazione specifica, la pratica di un'attività fisica regolare mirata è utile e auspicabile.**

Bibliografia

1. ACSM. Position Stand on Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(6): 992-1008.
2. ACSM Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998a;30:975-991.
3. ACSM. Guidelines for Exercise testing and Prescription, 4th Ed.. Philadelphia: Lea & Fabinger, 1991.
4. American College of Obstetricians and Gynecologists: Technical Bulletin. Exercise during pregnancy and the post-partum period. Washington DC: ACOG, 1994.
5. Astrand PO, Rodahl K. Textbook of Work physiology, 3rd Ed. New York: McGraw Hill, 1986.
6. Borg GA. Psychological basis of physical exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377-381.
7. Cecchi F, Ceppatelli S, Pini ME, Corradini ML, Benvenuti E, Corigliano A, Debolini PL. Riabilitazione ed esercizio fisico nell'anziano affetto da patologia muscolo-scheletrica. *Europa Medicophysica*, 2001; 37: 190-192.
8. Debolini PL, Funaioli A. Il trattamento della lombalgia: la scuola italiana. In: Negrini S. ed. La cinesiterapia nel trattamento delle lombalgie - metodi a confronto. Vol 2. Vigevano: Gruppo di studio delle scoliosi e della patologia vertebrale, 155-29, 1995.
9. Evans WJ. Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(1):12-7.
10. Ferrucci L. InCHIANTI. Invecchiare nel Chianti. Pisa: Pacini Editore SpA, 2002.
11. Jette AM, Harris BA, Sleeper L, Lachman ME, Heislein D, Giorgetti M, Levenson C. A home-based exercise program for non-disabled older adults. *J Am Ger Soc* 1996; 44:644-9.
12. Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *BMJ* 2002; 325:468-75.
13. Howley ET, Don Franks B. Health Fitness Instructor's Handbook (Third Ed.). Human Kinetics, Champaign IL 1997.
14. Leslie, D. Mature stuff: Physical activity for the older adult Reston VA: Council on Aging & Adult Development of the Association for Research, Administration, Professional Councils & Societies and the American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance, 1990.
15. McArdle W, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology – Energy, Nutrition and Human Performance, Fourth edition. Baltimore: Williams and Wilkins, 1996.
16. Macchi C, Cecchi F. Attività Motoria dell'adulto e dell'anziano. Firenze: Polistampa, 2002.

17. Mitchell JH, Haskell W, Raven PB. Classification of sports (26° Bethesda Conference Report). *JACC* 1994;24:864.
18. Shephard RJ. *Aging, Physical Activity, and Health*. New York: McGraw-Hill, 1997.
19. Schnabel G. Natura e sviluppo dei principali fattori della prestazione sportiva. In: Schnabel G., Harre D., Borde A. (Eds.). *Scienza dell'allenamento*. Arcadia: Modena, 1998.
20. Schuler PB, Richardson MT, Ochoa P, Wang MQ. Accuracy and repeatability of the Yale physical activity survey in assessing physical activity of older adults. *Percept Mot Skills* 2001;93(1):163-77.
21. Skelton DA, McLaughlin AW. Training functional ability in old age. *Physiother* 1996;82(3):159-167.
22. Spence JC, Plotnikoff RC, Mummery WK. The awareness and use of Canada's Physical Activity Guide to Healthy Active Living. *Can J Public Health* 2002;93(5):394-6.
23. U.S. Department of Health and Human Services. *Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.
24. Young A, Dinen S. Fitness for older people. *Br Med J* 1994;309:331-4.

Capitolo XI

Marcia, corsa, ciclismo

Claudio Macchi

Generalità

La gamma delle attività fisiche che possono essere condotte all'aperto non si esaurisce nella marcia, nella corsa e nel ciclismo, tuttavia queste attività sono sicuramente le più praticate nella popolazione di tutte le età e, se svolte secondo modalità definite, sono in grado di fornire un contributo molto efficace alla fitness e alla salute della popolazione adulta e anziana.

La scelta dell'attività fisica dipende sia da fattori soggettivi che oggettivi. L'attività all'aperto presenta i vantaggi e gli svantaggi dell'esposizione alle variazioni di clima e di temperatura ambientale e se è vero che molte persone non amano esercitarsi in ambienti chiusi e preferiscono l'aria aperta, dobbiamo ricordare che, soprattutto negli anziani, l'attività in clima molto caldo favorisce il colpo di calore mentre l'attività in clima freddo in soggetti predisposti, attraverso la vasocostrizione cutanea, può provocare un aumento pressorio e possibili crisi coronariche; queste, combinate allo sforzo fisico, possono aumentare il rischio di infarto. Le attività in quota (3000-4000 m) si svolgono in condizioni di relativa carenza di ossigeno e possono essere controindicate in alcune tipologie di soggetti (es. cardiopatici, broncopneumopatici).

Sebbene sia possibile allenarsi all'aperto in gruppo sotto la sorveglianza di un istruttore, la gran parte degli adulti e degli anziani che svolgono attività fisica all'aperto si esercita senza supervisione (Howley e Franks, 1997). Nel caso di un lavoro individuale, può essere vantaggiosa la riduzione della spesa e lo svincolamento da orari predefiniti; tuttavia, soprattutto nei soggetti affetti da una o più patologie, l'attività supervisionata, almeno nelle sedute iniziali, offre maggiori garanzie per la sicurezza. Peraltro, anche nei principianti sani, la supervisione è comunque utile nelle fasi iniziali per assicurare il corretto svolgimento dell'allenamento.

Nel caso frequente di principianti che intraprendono un **programma non supervisionato**, è particolarmente importante che il soggetto abbia ben compreso gli obiettivi e le modalità del programma e sia in grado di valutare autonomamente gli aspetti principali dell'allenamento, il concetto

di intensità del lavoro svolto rientra nel range di intensità desiderato (scala di Borg, 1982; automisurazione delle pulsazioni o uso di cardiofrequenzimetro). Anche i parametri di frequenza e durata dell'esercizio devono essere ben definiti. E' buona norma in soggetti non allenati iniziare con intensità minori delle submassimali, con progressione graduale, aumentando prima la durata delle sedute e successivamente l'intensità. Il range di intensità allenante suggerito dall'American College of Sports Medicine per il raggiungimento della fitness (ACSM, 1998) negli adulti e anziani sani è 55-90%MHR o 40-85%VO₂max per l'esercizio aerobico e 40-80%1RM per l'allenamento della forza. Se le capacità fisiche e le condizioni di salute del soggetto lo consentono, l'intensità raccomandata per l'attività fisica dovrebbe rientrare in questo range; *valori più bassi saranno efficaci e raccomandati in soggetti sedentari o comunque con scarsa forma fisica, mentre a soggetti già allenati e in forma è consentito raggiungere valori di frequenza cardiaca collocati nella fase più alta dello spettro*. Il programma deve aumentare di intensità quando lo stesso esercizio non comporta più la stessa fatica o, nel caso di un esercizio aerobico, non è più sufficiente ad innalzare la frequenza cardiaca a valori allenanti. E' comunque fondamentale che queste persone imparino a riconoscere i "campanelli di allarme" che impongono di ridurre l'intensità dell'esercizio o di interromperlo (Vedi Capitolo II). Per ridurre il rischio di lesioni traumatiche è necessario sottolineare l'importanza del riscaldamento e del defaticamento, che devono sempre includere uno stretching dei gruppi muscolari principali, in particolare di quelli utilizzati nell'allenamento (es. muscolature degli arti inferiori per la corsa etc.); il soggetto deve conoscere in dettaglio le corrette modalità di esecuzione di queste componenti del programma, da effettuarsi regolarmente ad ogni seduta in quanto parte integrante del training. Infine, per chi cammina, corre o va in bicicletta su strada, è importante ricordare alcune regole base per la sicurezza:

- stare sul lato della strada che consente di vedere le auto in arrivo;
- evitare i walkman che impediscono di sentire eventuali rumori di motori o sirene;
- indossare indumenti traspiranti e coprirsi a strati nel caso di bassa temperatura;
- indossare un cappello sia nei giorni freddi che in quelli molto assolati;
- oculata scelta delle calzature, di cui si discuterà in seguito (Howley e Franks, 1997).

Chi svolge attività fisica non supervisionata, soprattutto se è affetto da una o più patologie, dovrebbe tenere un diario dell'attività svolta, con intensità e durata di ogni seduta; essere rivalutato regolarmente da chi ha prescritto l'esercizio, controllando l'aderenza al programma e verificando il

raggiungimento degli obiettivi in termini di fitness e/o di salute (come ad esempio il controllo della glicemia nel diabete mellito, la riduzione dei valori di pressione arteriosa nell'ipertensione, la riduzione del peso corporeo nell'obesità).

Cammino, marcia e corsa

Cammino-Marcia

Per molte persone il **cammino** è l'unica forma di attività fisica; con l'invecchiamento, la comparsa di alterazioni del cammino e di difficoltà nella deambulazione segnano spesso l'inizio di un processo di disabilità progressiva, mentre il mantenimento della capacità di deambulazione autonoma è fondamentale per l'autosufficienza e per la salute. Il cammino costituisce il cardine di molti programmi di fitness e di promozione della salute a tutte le età della vita.

La locomozione potrebbe essere definita come la traslazione del centro di massa (il punto di un corpo su cui agisce la risultante delle forze di gravità ovvero il peso dell'intero corpo esaminato) con la minima spesa energetica (Garret e Kirkendall, 2000). Il cammino è un esercizio generalmente di tipo aerobico che impegna selettivamente gli arti inferiori: se rapido richiede anche un livello base di equilibrio, coordinazione e forza muscolare. Come in tutte le attività fisiche di tipo antigravitario, la spesa energetica del cammino è direttamente proporzionale al peso corporeo (o comunque al peso trasportato: es. zaino, pesi).

Tuttavia nel calcolo del lavoro meccanico (forza x spostamento) il lavoro antigravitario netto è zero (il centro di massa si innalza e si abbassa ciclicamente ad ogni passo), mentre il lavoro si valuta sulla forza propulsiva x la componente orizzontale del movimento (spostamento avanti/indietro/laterale del centro di massa); camminando in salita invece il lavoro antigravitario si calcola come forza peso x dislivello; in discesa il costo energetico diminuisce, aumentando nuovamente nelle pendenze elevate per la contrazione eccentrica dei muscoli che frenano lo sbilanciamento del corpo in avanti (Wanta et al. 1993).

Il rendimento del cammino è limitato dalle resistenze esterne ed interne (dei segmenti corporei) al movimento, e si aggira intorno al 20-30%. Studi classici (Boje, 1944) confermati successivamente, hanno dimostrato che, mentre per velocità di cammino tra 3 e 5 km/h, il costo energetico del cammino è correlato alla **velocità**, in modo lineare, per velocità di cammino superiori a 5Km/h l'aumento del costo energetico non è più

lineare e il rendimento meccanico diminuisce. E' quindi possibile calcolare il dispendio energetico (Kcal/min) del cammino in relazione alla velocità di movimento e alla massa corporea secondo una tabella, affidabile per velocità dai 3 ai 6 Km/h (Passmore e Durvin, 1955).

Il costo energetico inoltre dipende dalla natura del terreno: il costo energetico del cammino su terreno duro è simile a quello su ergometro trasportatore; il cammino su terreno cedevole ha un costo energetico maggiore. I fattori di correzione medi sono 1.8 per il cammino sulla sabbia e 1.6 per il cammino su neve: in pratica, camminare sulla sabbia ha un costo energetico quasi doppio rispetto a camminare su terreno duro, mentre camminare sulla neve ha un costo energetico leggermente inferiore al cammino sulla sabbia, ma è comunque 1.6 volte più faticoso rispetto al cammino sul terreno duro (Mc Ardle et al, 1996). Anche la morbidezza della soletta della scarpa riduce il costo energetico (Nigg e Anton, 1995); scarpe più leggere riducono il costo energetico di circa 1% ogni 100 grammi nella corsa (Jones et al, 1984); eventuali pesi alle caviglie o agli arti superiori aumentano il costo energetico del cammino: i pesi fissati agli arti superiori comportano tuttavia un aumento minore del costo energetico del cammino, circa 1/6 rispetto allo stesso peso fissato alle caviglie.

E' quindi importante che chi segue un programma regolare di cammino, marcia o corsa ponga particolare attenzione alla scelta delle calzature: solette morbide e scarpe leggere riducono il costo energetico; tuttavia sembra che le scarpette molto leggere utilizzate in atletica comportino un maggior rischio di infortuni (McArdle et al, 1996) per la minore stabilità del piede. Nei programmi di fitness l'obiettivo principale non è la prestazione atletica, ma la comodità e la sicurezza: le calzature devono essere flessibili e non troppo pesanti, con una soletta in grado di assorbire parte dell'impatto sul terreno ed un tacco imbottito che elevi il retropiede rispetto all'avampiede; il piede deve calzare bene, soprattutto il tallone, in modo da essere stabilizzato rispetto agli spostamenti laterali.

Anche la resistenza esterna opposta al movimento dall'aria (R) incide sul costo energetico. Questa dipende da:

- 1) caratteristiche dell'aria (viscosità, temperatura, quota etc) (K);
- 2) proiezione frontale della superficie corporea ($S \times \text{sen } \alpha$);
- 3) la velocità del corpo in movimento (v);
- 4) la velocità dell'aria, che a seconda della direzione, può favorire od opporsi alla propulsione del corpo (v^1)

$$R=K \times S \times \text{sen } \alpha \times (v-v^1)^2$$

La densità dell'aria è bassa e la resistenza all'aria diventa un fattore significativo per il consumo energetico soltanto in condizioni di vento (favorevole o contrario) e ad alte velocità di propulsione corporea. Ad alta quota l'aria è meno densa e la sua resistenza è minore.

La **marcia** intesa in senso sportivo è l'espressione atletica della comune deambulazione; la sua tecnica è regolata da norme precise che definiscono la marcia *una progressione di passi eseguiti in modo che l'atleta mantenga il contatto con il terreno*. Per aumentare la velocità l'aumento in frequenza dei passi offre un contributo maggiore che non l'aumento in lunghezza del passo, limitata dall'impossibilità di una fase di volo (distacco dal terreno di entrambi i piedi contemporaneamente). A velocità elevate (8-9 Km/h ed oltre), l'aumento del costo energetico della marcia non è più lineare, ma cresce più rapidamente con riduzione del rendimento meccanico della marcia; ciò avviene perché in questo caso l'aumento di lunghezza del passo necessario impegna molti gruppi muscolari, non prevedendo la marcia una fase di volo, invece presente nella corsa. Il passaggio da marcia a corsa, utilizzando la fase di volo, consentirebbe un aumento ulteriore della lunghezza del passo con aumento lineare del costo energetico. Per questo motivo, oltre 8-9 Km/ora "conviene" correre, nel senso che si ha una minore spesa energetica rispetto alla marcia (Mc Ardle et al., 1996).

Il **cammino** è indicato come attività fisica utile per la promozione della salute in tutte le persone, ad eccezione dei soggetti che hanno patologie ortopediche che possono essere aggravate dall'impatto del cammino sulle articolazioni portanti (artrosi in fase infiammatoria; deformità del piede) o in persone in cui la deambulazione è compromessa (non solo per patologie ortopediche ma anche neurologiche); in quest'ultimo gruppo di soggetti l'attività di cammino è comunque indicata, ma deve essere valutata caso per caso e spesso svolta sotto supervisione. Il cammino è l'attività di scelta nei soggetti sedentari con scarsa forma fisica che decidono di avvicinarsi ad uno stile di vita attivo; è un'attività aerobica antigravitaria a basso impatto, particolarmente raccomandata nell'obesità, nell'osteoporosi, nella patologia cardiovascolare e respiratoria, nel diabete mellito, nelle donne in gravidanza.

Un programma di cammino per persone sedentarie dovrebbe iniziare a velocità molto bassa con aumento progressivo (riscaldamento) fino a raggiungere una velocità che non deve affaticare; nelle sedute successive si deve poter camminare a passo spedito; inizialmente si devono coprire distanze brevi (anche poche centinaia di metri sono sufficienti, soprattutto in persone obese o molto anziane), successivamente si può aumentare la distanza percorsa a passo spedito (aumentando la durata complessiva dell'esercizio piuttosto che la velocità). Secondo alcuni Autori, solo quando il soggetto è in grado di percorrere 5-6 Km a passo spedito può iniziare un allenamento tale da raggiungere la frequenza cardiaca di lavoro raccomandata dall'ACSM per il condizionamento aerobico, corrispondente a 55-90%MHR (Howley e Franks, 1997; ACSM, 1998)

con partenza dai valori più bassi di nei soggetti poco allenati o con scarso livello di forma fisica. Per raggiungere la frequenza di lavoro in sincronia con il miglioramento della forma fisica, è necessario aumentare la velocità di cammino e/o la sua durata complessiva oppure passare ad un programma più impegnativo (es. jogging, aerobica etc.).

Corsa

La **corsa** come la marcia è un esercizio fisico che impegna selettivamente gli arti inferiori nella propulsione corporea, ma a differenza della marcia in essa è prevista una fase di volo (distacco di entrambi i piedi da terra); ciò comporta un costo energetico leggermente superiore nel cammino alle basse velocità, mentre per velocità elevate (>8-9 Km/h) il costo energetico relativo della corsa è minore di quello della marcia. D'altra parte questa caratteristica della corsa implica un maggior impatto di questa attività rispetto al cammino sulle articolazioni portanti (ad ogni impatto dell'arto con il terreno). *Per questo motivo in soggetti obesi ed in persone anziane, che possono molto facilmente presentare una patologia artrosica anche minima degli arti inferiori o della colonna oltre a problemi di appoggio legati ad alterazioni organiche o funzionali del piede, l'opportunità di praticare questa attività deve essere attentamente valutata.*

I fattori che determinano il costo energetico della corsa sono sostanzialmente simili a quelli del cammino e della marcia, con alcuni aspetti specifici. Nella corsa aumentando la velocità (m/min), il consumo di O₂ (ml/kg/min) aumenta in modo lineare, almeno fino a velocità intorno a 14 km/h (Falls e Humphrey, 1976) quindi; almeno entro questi limiti, **il costo energetico della corsa percorrendo una determinata distanza è indipendente dalla velocità di percorrenza e cambia soltanto in relazione al peso corporeo.** Ovviamente, correndo un dato tempo, se aumenta la distanza percorsa (e quindi la velocità) aumenta anche il consumo energetico.

La velocità si può aumentare aumentando lunghezza e/o frequenza del passo. E' stato dimostrato che nella corsa, a differenza di quanto avviene nella marcia, l'aumento in frequenza interviene solo a velocità molto elevate (≥ 23 Km/h), mentre a velocità inferiori aumenta soltanto la lunghezza del passo. Studi condotti su soggetti allenati e non allenati sembrano indicare che la lunghezza ottimale del passo nella corsa sia quella spontanea (McArdle et al., 1996).

La resistenza dell'aria incide mediamente di più che non nel cammino, in relazione alla velocità propulsiva che nella corsa è mediamente maggiore.

La resistenza dell'aria diventa significativa in condizioni di elevata velocità di corsa e in condizioni di vento, che può essere contrario o a favore rispetto al corridore; nel vincere la resistenza dell'aria il corpo del corridore determina una differenza di pressione fronte-cauda, creando una riduzione della pressione dell'aria nello spazio immediatamente posteriore al proprio corpo: ciò determina il cosiddetto **effetto scia**, per cui correndo dietro ad un'altra persona ci si inserisce nella depressione creata dal suo corpo per vincere la resistenza dell'aria e si diminuisce il costo energetico (es. correndo a 6m/sec, correre a 1 metro da un altro implica una riduzione del costo energetico del 7%).

Il potenziamento selettivo di un sistema energetico nella corsa dipende dal tipo di allenamento (Fox et al.1995):

- **jogging**: si differenzia dalla corsa non tanto per una velocità ridotta (parametro oggettivo generale) quanto per l'impegno energetico ridotto, da lieve a moderato (parametro individuale, varia a seconda della VO_2 max di base e dello stato di allenamento del soggetto). E' un allenamento aerobico, molto utilizzato per i programmi di fitness, e per la prevenzione ed il trattamento di alcune patologie (ipertensione, diabete).
- **corsa lenta continua**: è molto simile al jogging, ma è utilizzata anche dagli atleti che si allenano per discipline di resistenza (es. fondo) e si caratterizza per le lunghe distanze generalmente percorse, mantenendo valori di frequenza cardiaca intorno a 80-90% MHR. Nella preparazione ad una gara, la distanza percorsa nell'allenamento dovrebbe essere da 2 a 5 volte quella di gara.
- **corsa continua veloce**: aumentando la velocità si riduce in proporzione la distanza percorribile prima che insorga la fatica. La frequenza cardiaca deve essere intorno a 85-95% MHR; è utile per l'allenamento al fondo e non si utilizza di solito nei programmi di fitness.
- **sprint** o scatto: corsa alla velocità massima per distanze brevi (sono necessari almeno 55 metri per accelerare fino a raggiungere la velocità massima); è utilizzato dagli scattisti per potenziare la velocità e la potenza muscolare; non è generalmente indicato nei programmi per la salute e per la fitness.
- **allenamento intervallato**: alternanza codificata di episodi di lavoro ed episodi di sollievo entrambi di durata prestabilita. Per un programma di *allenamento intervallato per la fitness* si alterneranno episodi di jogging o corsa a velocità prefissata a episodi di cammino; nell'allenamento atletico il lavoro è più impegnativo e il sollievo consiste in una corsa più lenta, come avviene nella modalità di

allenamento detta *interval sprinting* (sprint di 45 metri, alternati a 55 metri di jogging per una distanza complessiva di 4,8 km) o in quella detta *hollow sprints* (sprint alternati a jogging e cammino).

- **fartlek**: alternanza di corsa veloce e lenta su terreno naturale; questa disciplina rappresenta il precursore storico dell'allenamento intervallato, da cui si differenzia in quanto l'alternanza di periodi di corsa veloce o lenta è a discrezione dell'atleta.

A seconda della velocità e della durata dell'esercizio, la corsa può essere inquadrata tra le attività aerobiche (jogging, corsa continua), tra le attività anaerobiche (sprint, velocità), o tra le attività miste (fartlek; interval sprinting; hollow sprint).

La corsa è indicata come attività fisica utile per la fitness nelle persone sane di tutte le età; tuttavia, la frequente presenza di artrosi degli arti inferiori e del tronco e di problemi sempre di tipo ortopedico del piede, con l'aumentare dell'età la sua prescrizione negli anziani è limitata. La corsa, con l'intensità e la durata indicati, si è dimostrata efficace per la promozione della salute in soggetti affetti da numerose patologie (ipertensione, diabete) e nei soggetti in sovrappeso; come il cammino, è controindicata nelle patologie ortopediche aggravate dal sovraccarico (deformità del piede o del ginocchio); inoltre la corsa richiede livelli base di forza muscolare, coordinazione ed equilibrio superiori a quanto richiesto per il cammino, comporta un impatto maggiore sulle articolazioni portanti e presenta un maggior rischio di traumi. Per questo motivo l'indicazione a correre nei soggetti obesi o nei pazienti osteoporotici deve essere valutata con cautela, come nelle donne in gravidanza; questo tipo di attività non è generalmente raccomandato nei soggetti artrosici.

Per i programmi di fitness si raccomanda generalmente un allenamento aerobico di jogging continuo o di tipo intervallato; per un programma completo è importante aggiungere a questo tipo di attività un potenziamento muscolare che coinvolga anche gli arti superiori. I principianti, specie se sedentari in scarsa forma fisica che vogliano intraprendere un programma di corsa dovrebbero sempre iniziare con un'attività di cammino: solo quando saranno in grado di percorrere almeno 5-6 Km di cammino a passo spedito potranno iniziare l'attività di corsa (Howley e Franks, 1997).

Sia per i principianti che per le persone allenate è fondamentale includere in ogni seduta di allenamento le fasi di riscaldamento, defaticamento e stretching prima e dopo la corsa, in particolare degli arti inferiori; ciò riduce il rischio di lesioni e sembra migliorare la performance (ACSM, 1998). La frequenza raccomandata è quella di 3 volte alla settimana. Per i principianti molti Autori concordano nel

raccomandare un allenamento di tipo intervallato (Fox e Mathews, 1974; Howley e Franks, 1997), che consente di compiere un lavoro maggiore ritardando la comparsa dei fenomeni di fatica. Un programma di jogging per principianti prevede generalmente un inizio con distanze brevi (anche poche centinaia di metri), eventualmente alternando episodi di jogging a episodi di cammino, aumentando progressivamente nell'arco delle sedute la distanza percorsa, controllando che la FC rientri nel range raccomandato dall'ACSM (55-90%MHR); i principianti dovrebbero rimanere nei valori più bassi di questo range, le persone allenate in quelli più alti. I soggetti saranno in grado di percorrere distanze sempre maggiori e, per mantenere la frequenza cardiaca a valori allenanti, sarà necessario aumentare progressivamente la velocità. Una volta raggiunta la capacità di fare jogging continuativamente per 5-6 km a intensità tale da mantenere valori allenanti di frequenza cardiaca, è possibile proseguire regolarmente questa attività 3-5 volte alla settimana come mantenimento, oppure proseguire con programmi specifici, in cui, pur non prefissandosi obiettivi agonistici, vengono stabiliti obiettivi progressivi di velocità e di distanza (Howley e Franks, 1997).

Ciclismo

Un sempre maggior numero di persone di tutte le età utilizzano la bicicletta per spostarsi e per svolgere un'attività fisica all'aperto piacevole e varia. Nelle città, soprattutto nei centri storici, si cerca di incentivare l'uso della bicicletta come mezzo di trasporto alternativo all'automobile o al ciclomotore, per una riduzione dell'inquinamento atmosferico, mediante la definizione di piste ciclabili e di appositi parcheggi. In Italia nel '98 sono state contate circa 5000 società ciclistiche, 13000 atleti agonisti (prevalentemente maschi), circa 50000 amatoriali (De Regibus, 1998).

Il lavoro in bicicletta va calcolato come quello di due macchine che lavorano insieme: la bicicletta e il ciclista, la cui efficienza meccanica deve essere valutata sia separatamente che complessivamente; per questo il rendimento meccanico del ciclismo è alto, mediamente intorno al 40%, circa il triplo rispetto alla corsa e otto volte quello del nuoto. Ciò comporta una bassa spesa energetica per distanza percorsa: si tratta di un modo di spostarsi estremamente efficace (lunghe distanze coperte a basso costo); per ottenere un dispendio calorico significativo (ad esempio in un programma di riduzione del peso corporeo) è necessario percorrere distanze molto maggiori rispetto al nuoto o alla corsa. La resistenza dell'aria incide mediamente di più che non nel cammino o nella corsa, in

relazione alla velocità propulsiva che nel ciclismo mediamente è maggiore, soprattutto in condizioni di vento, che può essere contrario o a favore rispetto al corridore; è molto importante l'aerodinamicità della bicicletta; inoltre a velocità elevata assume una certa rilevanza anche la frizione tra la superficie corporea e l'aria (anche per questo i ciclisti si radono o indossano tute aderenti).

Il ciclismo è un esercizio prevalentemente aerobico che impegna selettivamente gli arti inferiori; tuttavia nelle gare di velocità assume notevole rilevanza (20% e oltre della spesa energetica) anche il metabolismo anaerobico. Fattori determinanti il lavoro sono rappresentati da:

- Forza e potenza muscolare degli arti inferiori (proporzionali alla sezione trasversale del muscolo e al braccio di leva nella spinta sul pedale)
- Agilità (economia e rendimento del gesto atletico)
- Capacità aerobica
- Resistenza muscolare alla fatica
- Rapporto lunghezza tronco/arti: il ciclista normalmente è longilineo, solo il velocista puro può essere brevilineo
- Rapporto lunghezza coscia/gamba:
 - coscia = leva di spinta che lavora essenzialmente in forza;
 - gamba = leva di rotazione che lavora essenzialmente in velocità.

L'attività agonistica può essere su pista, su strada, campestre. Il lavoro ciclistico può quindi essere in velocità, sul passo, in salita (scalatore); per ognuno di questi varia l'importanza dei fattori di forza, agilità e resistenza.

I muscoli coinvolti nella pedalata (fase di spinta/fase di trazione) sono elencati di seguito (Garret e Kirkendall, 2000):

1. Retto femorale
2. Vasto mediale e laterale
3. Sartorio
4. Tensore fascia lata
5. Bicipite femorale
6. Gracile
7. Tibiale anteriore
8. Soleo
9. Gastrocnemio.

Nei soggetti che praticano regolarmente il ciclismo a qualsiasi livello è importante valutare alcuni parametri: in particolare la posizione del piede sul pedale (appoggio metatarsale), l'avanzamento e l'altezza della sella che vanno regolati in modo opportuno per evitare sovraccarichi del ginocchio e della caviglia (De Regibus, 1998):

- la **posizione del piede sul pedale** deve essere a livello del metatarso: se invece la prima testa metatarsale è troppo avanzata, questo riduce la mobilità articolare della caviglia durante la pedalata, con ripercussioni a livello del tendine di Achille, del tendine rotuleo e del quadricipite.
- L'**altezza della sella** deve essere regolata in modo che al termine della fase di spinta l'arto inferiore non sia completamente esteso, ma leggermente flesso, con un angolo coscia-gamba di 25°-30°; infatti un angolo inferiore (arto inferiore completamente esteso) porterebbe ad una sollecitazione eccessiva del ginocchio in estensione e sarebbe svantaggioso dal punto di vista meccanico; viceversa un angolo maggiore comporterebbe un lavoro condotto con maggior pressione femoro-rotulea e ipersollecitazione del tendine rotuleo.
- L'**arretramento della sella** deve essere tale per cui quando il soggetto è seduto e il piede è appoggiato correttamente sul pedale, con la pedivella orizzontale, la verticale tracciata dalla faccia anteriore e posteriore della rotula (assi ginocchio-pedivella) cadono rispettivamente avanti e dietro il fulcro del pedale ma comunque entro l'area di appoggio del piede sul pedale; se la rotula oltrepassa questo asse, o è troppo arretrata, il ginocchio si troverà a lavorare in condizioni meccanicamente svantaggiose e a maggior rischio di lesioni.

Il ginocchio è l'articolazione più sollecitata nel ciclismo, a maggior rischio di lesioni da sovraccarico; nel caso di paramorfismi del ginocchio in varo o in valgo può talvolta essere utile considerare una correzione dell'appoggio del piede per ridurre la sollecitazione asimmetrica del compartimento mediale e laterale (Reston e Johnson, 1995). Per quanto riguarda il rachide esiste tra gli Autori una controversia sul rischio di lombalgia nei ciclisti; sicuramente negli atleti si riscontra un maggior rischio di cervicoalgia per la posizione del collo in iperestensione. E' fondamentale valutare anche la **conformazione** e la **durezza della sella**, per la prevenzione della compressione del nervo pudendo sulla tuberosità ischiatica; anche gli indumenti (traspiranti, anallergici) sono importanti per ridurre la compressione ischiatica e il rischio di piaghe da sella; infine la posizione del polso sul manubrio deve evitare l'iperestensione per prevenire la compressione e l'irritazione delle strutture nervose, soprattutto a livello del canale dell'ulnare (Ciocci et al., 1999).

Andare in bicicletta o pedalare sul cicloergometro è un'attività utile per la fitness e per la salute, anche in soggetti che non possono correre o camminare come accade nelle patologie del piede oppure nelle donne in gravidanza: in questi casi è preferibile il lavoro al cicloergometro rispetto alla bicicletta che può rappresentare un rischio di traumi. Inoltre, con il

soggetto seduto sul sellino, le articolazioni portanti e la colonna lombare si trovano in scarico parziale, per cui possono lavorare con un ridotto rischio di sovraccarico. Andare in bicicletta è consigliato nelle artrosi iniziali di anca e di ginocchio e come allenamento aerobico nell'ipertensione, nella cardiopatia ischemica, nel diabete; può essere utile come esercizio per perdere peso, soprattutto in chi ha difficoltà nel cammino o nel nuoto. Non è particolarmente consigliato nelle rachialgie ed è sconsigliato nei deficit di equilibrio e visuouditivi; il ciclismo su terreni sconnessi e in salita è sconsigliato in chi non abbia un'ottima salute e forma fisica.

Un programma di ciclismo per la fitness nei principianti prevede l'uso di una bicicletta normale. Ogni seduta deve essere accompagnata da riscaldamento, defaticamento e stretching (arti inferiori e superiori, rachide). Rispetto al cicloergometro (di cui si discuterà parlando del cardiofitness nel capitolo XIV), andare in bicicletta rappresenta un impegno meno prevedibile, riguardo al tipo di terreno, alla pendenza e alle condizioni atmosferiche; tuttavia mediamente si può affermare che il costo energetico del ciclismo a parità di distanza percorsa è mediamente 1/3-1/4 di quello della corsa, per cui per effettuare una spesa energetica equivalente un soggetto dovrà percorrere in bicicletta una distanza di 3-4 volte superiore a quella percorsa di corsa. Generalmente si inizia con frequenza trisettimanale; per le prime sedute è utile pedalare almeno 1500-3000 metri e solo in una fase successiva la stessa distanza dovrebbe essere coperta ad una velocità tale da produrre un aumento di frequenza cardiaca ai valori allenanti con partenza dai valori più bassi del range. (Howley e Franks, 1997). Nelle sedute successive devono essere aumentati progressivamente la distanza percorsa, i valori di frequenza cardiaca allenante, e la frequenza settimanale delle sedute; una distanza di circa 15-20 km percorsi in 35-40', 3-5 volte alla settimana può rappresentare un lavoro di mantenimento per la fitness o costituire la base per programmi più impegnativi.

Bibliografia

1. ACSM Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:975-991.
2. ACSM. Position Stand on Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30: 992-1008.
3. Boje O. Energy production, pulmonary ventilation and length of steps in well trained runners working on a treadmill. *Acta Physiol Scand* 1944;7:362-378.
4. Borg GA: Psychological basis of physical exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377-381.
5. Ciocci A, Dal Monte A, Perpignano G. *Reumatologia e sport*. Società Editrice Universo, Roma, 1999.
6. De Regibus G. *Il Ciclismo. Storia, Fisiologia e Traumatologia*. Bolzano: MADDAUS Natura e Scienza, 1998.
7. Falls HB, Humphrey LD. Energy cost of running and walking in young adult men and women. *Med Sci Sports Exerc* 1976;8:9.
8. Garret DE, Kirkendall D. *Exercise and Sport Science*. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2000.
9. Howley ET, Don Franks B. *Health Fitness Instructor's Handbook (Third Ed.)*. Champaign IL: Human Kinetics, 1997.
10. Jones BH et al Energy cost of walking and running in boots and shoes. *Ergonomics* 1984;27:895.
11. McArdle W, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology– Energy, Nutrition and Human Performance*, Fourth edition. Baltimore: Williams and Wilkins 1996.
12. Nigg BM Anton A. Energy aspects for elastic and viscous shoe soles and playing surfaces. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:92-7.
13. Passmore J., Durvin JVGA. Human Energy Expenditure. *Physiol Rev* 1955;35:801-821.
14. Renston P, Johnson RJ. Overuse in injuries in sports. *Sports Med* 1995;2:316-333.
15. U.S. Department of Health and Human Services. *Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.
16. Wanta DM Nagle FJ, Webb P et al. Metabolic Response to graded downhill walking. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:159-162.

Capitolo XII

Attività in acqua

Claudio Macchi

Generalità

L'acqua intesa come liquido amniotico è il nostro primo ambiente di vita. In acqua, lentezza e armoniosità di movimenti favoriscono una sensazione di calma e assorbimento in sé stessi. L'attività in acqua si realizza attraverso il movimento di segmenti corporei attraverso la propulsione nel mezzo liquido. Per valutare il lavoro in acqua è necessario conoscere gli effetti idrostatico ed idrodinamico (Mc Ardle, 1996).

Secondo il principio di Archimede, un corpo immerso in un liquido riceve una spinta dal basso verso l'alto uguale al peso del volume di liquido spostato (effetto idrostatico); la spinta di Archimede (FA) è quindi uguale al peso specifico del liquido (d) moltiplicato per il volume di liquido spostato (V), che a sua volta coincide con il volume del corpo immerso:

$$FA = dV$$

a seconda del peso specifico dell'oggetto e del liquido e della proporzione di massa immersa il corpo galleggerà o andrà a fondo. Ad esempio, il corpo umano è composto sostanzialmente di muscoli, ossa e grasso: il grasso ha un peso specifico inferiore all'acqua e quindi galleggia, mentre i muscoli e le ossa affondano: soggetti con maggior percentuale di grasso corporeo galleggiano meglio. Le donne, avendo mediamente una maggior proporzione di grasso corporeo sono avvantaggiate rispetto ai maschi per il galleggiamento, come gli obesi rispetto ai soggetti magri.

Lavorando in acqua, il carico imposto dal peso corporeo sulle articolazioni portanti (**Pa** = peso apparente) è tanto più ridotto quanto più il corpo è immerso, perché maggiore è l'immersione, maggiore è il volume di liquido spostato e quindi la spinta di Archimede: **Pa = P-FA**.

Questo effetto è particolarmente utile in riabilitazione, quando si deve esercitare una articolazione a carico parziale, oppure lavorando con soggetti obesi, in cui il lavoro a secco, direttamente proporzionale alla massa corporea, può essere rapidamente troppo gravoso oppure il carico del peso corporeo durante l'esercizio può aumentare il rischio di lesioni alle articolazioni portanti.

Quando un corpo immerso in acqua si muove o viene spinto, deve vincere una resistenza detta **drag**. Il **drag idraulico (R)** è la resistenza viscosa offerta dal fluido all'avanzamento (effetto idrodinamico), che dipende principalmente da:

- caratteristiche del fluido (principalmente viscosità e temperatura) = **K**;
- proiezione frontale del corpo che avanza (fronte di avanzamento), che dipende dalla superficie della sezione trasversale del corpo immerso e dall'angolo alfa tra l'asse maggiore del corpo e la superficie dell'acqua (**S x sen α**): un corpo umano che avanza galleggiando avrà quindi un fronte di avanzamento e quindi una resistenza minore (sen alfa più piccolo) rispetto allo stesso corpo se è maggiormente immerso in acqua e quindi disposto in senso obliquo piuttosto che orizzontale;
- velocità dello spostamento (**v**), eventuale velocità del liquido (**v'**), che riduce la resistenza se il liquido si muove nella stessa direzione del corpo, mentre la aumenta se si muove in senso contrario

$$R = K \times S \times \text{sen } \alpha \times (v-v')^2$$

A velocità di movimento elevate, anche altri fattori incidono significativamente sulla resistenza allo spostamento di un corpo in acqua:

- **fronte d'onda** generato nello spostamento e **vortici** che si formano dietro il corpo, tanto maggiori quanto maggiore è la velocità;
- **attrito acqua-superficie del corpo**: quanto più la superficie del corpo che si sposta è liscia e regolare, tanto ridotte saranno le forze di attrito che si oppongono al movimento;
- **drag lungo la superficie del corpo che avanza legato alla scomposizione del moto laminare** del liquido, tanto minore quanto migliore è l'aerodinamicità del corpo che avanza.

A differenza di un oggetto o di un corpo che venga spinto o trascinato passivamente mentre si trova in acqua, **un corpo che si sposta attivamente deve generare una forza propulsiva attraverso il movimento** (cammino, nuoto) sufficiente a vincere la resistenza del fluido all'avanzamento: tale movimento comporta un dispendio energetico direttamente correlato all'entità della resistenza R e che produce calore. D'altra parte i movimenti necessari per la propulsione possono a loro volta generare ulteriore resistenza (drag), in quanto agiscono sia sul drag idraulico (S, alfa), sul fronte d'onda generato e sulla scomposizione del moto laminare. Anche nel nuoto vale quanto menzionato per la corsa riguardo all'effetto scia, per cui il costo energetico per vincere la resistenza dell'acqua si riduce notevolmente accodandosi ad un'altra persona. Il corpo umano immerso in acqua attiva i meccanismi della termoregolazione per mantenere costante la temperatura corporea intorno

ai 37°. La temperatura ottimale per l'attività in acqua è 28-30°; al di sotto di tali valori parte dell'energia viene spesa per la termoregolazione (brivido). La dispersione termica è più rapida negli individui magri, mentre il pannicolo adiposo ha una funzione isolante. Persone con maggior percentuale di grasso corporeo sono quindi avvantaggiate in acqua in quanto il grasso, oltre a favorire il galleggiamento, funge da isolante per la termoregolazione.

La **piscina** consente di effettuare un allenamento in acqua indipendentemente dalla collocazione geografica e, se coperta, in tutte le stagioni dell'anno. Si tratta di impianti costosi sia nella costruzione che nella manutenzione. L'acqua è disinfettata tramite il cloro ed è mantenuta ad una temperatura costante superiore ai 24°. Le piscine possono essere di diversa lunghezza, anche se la vasca regolamentare da competizione è lunga 50 metri; per il nuoto le vasche sono generalmente suddivise in corsie, in cui per convenzione si tiene la destra. In piscina è possibile effettuare una serie di attività sportive, nuoto, pallanuoto, nuoto sincronizzato, nuoto subacqueo, ginnastica in acqua, con o senza attrezzi. I vantaggi dell'attività in acqua sono principalmente legati all'effetto idrostatico (con riduzione del peso apparente, scarico delle articolazioni portanti, ridotto rischio di trauma), e all'effetto idrodinamico (che permette di svolgere i movimenti in qualsiasi direzione contro una resistenza legata al drag), effettuando un lavoro che può facilmente impegnare anche gruppi muscolari diversi da quelli antigravitari. Gli svantaggi, oltre al costo degli impianti, sono i possibili danni del cloro a mucose, cute e annessi ed il rischio di infezioni cutanee, che può essere ridotto da uno scrupoloso controllo degli impianti e dalla rigida applicazione di norme igieniche anche da parte dei fruitori degli stessi (uso di ciabatte fino al bordo vasca; doccia prima di ogni immersione). In questo capitolo faremo alcuni richiami relativi alle due attività più diffuse e importanti per la salute e per la fitness nell'adulto e nell'anziano: il nuoto e la ginnastica in acqua.

Nuoto

Il nuoto rappresenta una delle pratiche sportive meno soggette a controindicazioni ed è possibile iniziare a nuotare dai primi anni di vita. Questo tipo di attività si rivela utile alla fitness e alla salute fino alle età più avanzate (ACSM, 1991). Le prime gare di nuoto di cui si ha notizia si sono svolte a Venezia nel 1315; la costituzione della FINA (Federation International de Natation Amateur), che ancor oggi sovrintende alle competizioni acquatiche in tutto il mondo, è avvenuta a Londra nel 1908 (Fortichiari, 1998).

Nuotare richiede energia per il galleggiamento e per la propulsione in avanti tramite il movimento degli arti; nei diversi stili cambia l'impegno muscolare e articolare degli arti superiori, inferiori e della colonna.

La resistenza all'avanzamento del corpo che nuota in acqua dipende da:

- **drag idraulico**, legato alla differenza di pressione (fronte-cauda) e dipendente come abbiamo visto da: caratteristiche del fluido e sezione frontale del nuotatore che si riduce quanto più il corpo è parallelo alla superficie dell'acqua e quanto meno è immerso (buon galleggiamento = maggiore aerodinamicità); altri fattori, che incidono soprattutto quando si raggiunge una certa velocità (McArdle, 1996):
- **fronte d'onda** generato nella propulsione e **vortici** creatisi dietro il corpo, tanto maggiori quanto maggiore è la velocità;
- **attrito pelle-acqua**: i professionisti si radono e usano una muta speciale;
- **drag lungo la superficie del nuotatore legato alla scomposizione del moto laminare** del liquido, tanto minore quanto migliore è l'aerodinamicità del movimento.

La corretta esecuzione dello stile e la qualità del gesto, che riducono il drag idraulico e quello lungo la superficie del nuotatore, possono incidere in maniera significativa sull'economia del movimento (riducendo la spesa energetica necessaria a raggiungere una determinata velocità) e sul rendimento meccanico (lavoro meccanico/energia spesa) (Garret e Kirkendall, 2000). Dato che il drag dell'acqua è molto elevato, il costo energetico del nuoto a pari velocità è circa 4 volte superiore a quello della corsa ed il rendimento del nuoto è molto basso (5-9,5%), e ciò lo rende uno sport indicato per chi vuole perdere peso. La donna, che possiede mediamente una maggior percentuale di grasso corporeo ed una taglia più piccola rispetto all'uomo, ha un miglior galleggiamento ed un drag ridotto, per cui il costo energetico del nuoto nella donna è mediamente ridotto del 30% rispetto all'uomo (McArdle et al., 1996).

Nel nuoto il lavoro antigravitario è ridotto ed i muscoli antigravitari non vengono stimolati come accade negli sport a terra; per questo motivo tale attività non è l'esercizio di scelta nell'osteoporosi (ad eccezione di soggetti molto compromessi, in cui è più importante muoversi a rischio ridotto di trauma piuttosto che agire stimolando l'incremento della densità minerale ossea). La mancanza di stimolazione della muscolatura antigravitaria, contrariamente a quanto si credeva un tempo, rende il nuoto non indicato per correggere i difetti di postura dei soggetti in accrescimento, in particolare dei bambini affetti da scoliosi, per cui invece si raccomanda un'attività sportiva "con i piedi per terra". Tuttavia nelle scoliosi lievi del bambino e dell'adulto la pratica del nuoto non incide né positivamente né negativamente sulla deformità e sui difetti di postura

associati, mentre dati recenti sembrano suggerire che nella scoliosi grave, la componente rotatoria della bracciata possa peggiorare la scoliosi, mobilizzandola.

Il nuoto è raccomandato, per il ridotto impatto articolare, negli obesi e nei soggetti con patologie ortopediche che compromettono il cammino e/o la corsa; è un'attività che condotta a intensità da bassa a moderata produce un allenamento aerobico utile nell'ipertensione che nel diabete; nei soggetti affetti da patologie cardiovascolari e respiratorie le indicazioni o le eventuali controindicazioni devono essere valutate dal medico caso per caso. Si rivela spesso utile nelle rachialgie, evitando lo stile del delfino e, secondo molti, anche della rana, che possono produrre un eccessivo sovraccarico sulla regione lombare e cervicale. L'assenza di rischio di trauma legata a cadute, di importante aumento di temperatura corporea e lo scarico del peso corporeo, lo rende infine uno degli sport raccomandati in gravidanza.

E' possibile imparare a nuotare anche da adulti o da anziani; le lezioni in questi casi possono essere individuali o a piccoli gruppi. Nell'anziano, superati i primi scogli fisici e psicologici, l'attività in acqua si rivela particolarmente vantaggiosa e gradita, in quanto molti movimenti difficili a secco vengono facilitati dallo scarico. L'esperienza con gli anziani di alcuni Autori raccomanda di lavorare con non più di 10/13 persone, inizialmente in piscine in cui si tocca e possibilmente basse (70/80 cm) con una temperatura dai 30° ai 33° (poiché i meccanismi della termoregolazione nell'anziano sono spesso compromessi e le prime attività che si svolgono in piscina (galleggiamento, scivolamento, respirazione) non producono un sufficiente riscaldamento corporeo.

Le vasche per bambini sono spesso le più adatte a un corso di acquaticità per anziani (Imeroni,1983) e la progressione degli esercizi deve essere graduale e individualizzata. Soggetti obesi ed anziani possono avere notevoli difficoltà psicologiche a mostrarsi in costume, anche in classi omogenee. Nell'anziano il primo contatto con l'acqua è spesso facilitato da esercizi preliminari a terra, soprattutto di respirazione e di rilassamento; la fase di ambientamento in acqua può essere particolarmente difficoltosa ed è molto importante che l'operatore sia dentro la vasca insieme ai partecipanti; a questo segue l'insegnamento delle regole del galleggiamento e dello scivolamento in acqua, che richiedono l'acquisizione della capacità di rilassamento prima di passare ad esercizi per i 4 arti e di respirazione da effettuarsi al bordo vasca. Successivamente segue la didattica della propulsione; per questa si possono utilizzare inizialmente esercizi che mimano a secco alcuni gesti specifici come la bracciata e, in acqua, la tavoletta (con appoggio degli arti superiori per effettuare una propulsione degli arti inferiori senza

impegno per gli arti superiori e per la respirazione), fino ad arrivare al nuoto alternato ed alla nuotata completa con il coordinamento di arti superiori, inferiori e della respirazione.

Molti adulti e anziani che sanno già nuotare e desiderano svolgere in piscina un'attività fisica utile per la fitness e per la salute, scelgono di effettuare il **nuoto libero**. In molte piscine è possibile impostare il programma di allenamento insieme all'istruttore che può supervisionarne il corretto svolgimento.

Nel **nuoto non supervisionato**, valgono le raccomandazioni già richiamate nel capitolo sulle attività all'aperto: è importante che il soggetto sia in grado di valutare autonomamente la propria intensità di lavoro (% della massima frequenza cardiaca-MHR), riconoscere i campanelli d'allarme e di stabilire correttamente tempi e modi di un'eventuale progressione.

Chi svolge l'attività su prescrizione medica per la presenza di una o più patologie (es. diabete mellito, ipertensione, ipercolesterolemia, obesità) deve effettuare un attento monitoraggio dei parametri alterati per valutare l'efficacia del programma svolto. In tutti i soggetti si raccomanda di tenere un diario dell'attività effettuata, che registri intensità (frequenza cardiaca) caratteristiche (numero di vasche, stili) e durata di ogni seduta (Howley e Franks, 1997).

Le componenti di una seduta di nuoto includono:

1) Riscaldamento a secco:

- esercizio aerobico a bassa intensità: corsa sul posto o sul bordo vasca; salti (da evitarsi negli anziani); esercizi a corpo libero di mobilità attiva del rachide e degli arti superiori e inferiori (negli anziani devono essere evitati slanci e movimenti bruschi); soprattutto nei principianti o in soggetti che necessitino di migliorare il proprio stile, può essere utile eseguire a secco i movimenti dei vari stili;
- potenziamento: prevalente a terra (addominali e paravertebrali); muscolatura del cingolo scapolare;
- stretching di tutti i principali gruppi muscolari;

2) Nuoto:

A seconda della velocità impiegata il nuoto può rappresentare una attività anaerobica (gare di velocità) in cui la potenza muscolare, o un'attività in larga misura aerobica (nuoto di resistenza, **nuoto libero o supervisionato in un programma di fitness**), sono di primaria importanza (Mitchell, 1994).

I diversi stili hanno un costo energetico ed un impegno muscolare ed articolare diverso. Nel delfino e nella rana ci sono marcate variazioni di velocità nella bracciata e il costo energetico è circa doppio rispetto al dorso ed allo stile libero (Toussaint, 1988). Indipendentemente dallo stile

adottato, nel nuoto la maggior parte dell'energia propulsiva deriva dall'attività degli arti superiori: nello stile libero, nel dorso e nel delfino viene molto impegnato il cingolo scapolare, per cui è fondamentale prevenire lesioni da sovraccarico con adeguato stretching e potenziamento di questa muscolatura (Ciocci et al,1999), mentre nella rana viene particolarmente sollecitata l'articolazione del ginocchio con possibili lesioni da sovraccarico a tale livello.

La valutazione dell'intensità di ogni seduta può essere valutata in modo attendibile con la scala di Borg (Borg, 1982) oppure misurando la frequenza cardiaca durante l'allenamento; a questo proposito è necessario ricordare che in acqua la MHR raggiungibile è di circa 18 battiti inferiore rispetto a quella raggiungibile con un test da sforzo effettuato con un ergometro a nastro. In assenza di un test da sforzo, se ad esempio si vuole lavorare entro i parametri raccomandati dall'ACSM per la promozione della fitness, cioè tra il 55% e il 90% della MHR stimata, sarà necessario modificare il calcolo di $MHR = 220 - \text{età in anni}$ a **MHR in acqua = (220-18) - età in anni = 202 - età in anni.**(Howley e Franks, 1997).

Nei soggetti poco allenati è necessario monitorare la frequenza cardiaca al termine di ogni vasca, lasciando quindi un periodo di recupero; se la frequenza è eccessiva, è possibile ridurre la velocità del nuoto o aumentare i tempi di recupero, mentre è sempre sconsigliato interrompere l'attraversamento a nuoto della vasca per fermarsi al bordo o per camminare. La progressione consiste nell'aumento della velocità e del numero di vasche oltre che nel miglioramento del gesto atletico, con miglior rendimento (maggiore quota dell'energia spesa ad ogni bracciata che viene impiegata per vincere il drag) in ognuno dei quattro stili, se non esistono controindicazioni; nuotando con una tavoletta tra le gambe o con a gambe legate si esercitano principalmente gli arti superiori, mentre nuotando con le mani o le braccia appoggiate alla tavoletta si esercitano selettivamente gli arti inferiori: il costo energetico a pari velocità è maggiore per il nuoto che si avvale soltanto degli arti superiori.

Aquagym

A partire dagli anni Ottanta si è diffusa, in molte piscine dei paesi europei, la pratica della ginnastica in acqua, detta Aquagym o Gymnuoto (Kasam, 1992).

Rispetto al nuoto, questo tipo di ginnastica non richiede l'apprendimento di una competenza motoria specifica e anche soggetti adulti e anziani che non sanno nuotare possono praticarla, soprattutto se viene effettuata in acqua bassa o in acqua che permetta di toccare terra mantenendo testa e

spalle emerse oppure in acqua alta utilizzando dei galleggianti; chi pratica la ginnastica in acqua deve conoscere almeno le regole base del galleggiamento e della respirazione. Un'altra caratteristica che differenzia la ginnastica in acqua dal nuoto è il fatto che si tratta di un'attività di gruppo, con una componente di promozione della socializzazione che manca al nuoto libero ed è ridotta nelle lezioni di nuoto in gruppo. Spesso questa attività viene svolta a tempo di musica, per cui la melodia e il ritmo creano una sensazione piacevole e divertente, che promuove e sostiene lo sforzo.

Gli esercizi di mobilità attiva svolti in acqua sfruttano l'effetto idrostatico, per cui il peso apparente viene ridotto, con scarico parziale delle articolazioni portanti: ciò è particolarmente utile nelle persone obese ed in soggetti con patologie articolari in cui si debba ridurre l'impatto di determinati esercizi su di esse. Per mezzo dell'effetto idrodinamico il movimento dei segmenti corporei immersi in acqua, come del resto la stessa propulsione corporea tramite il cammino, incontra una resistenza; questa è maggiore nel mezzo acquatico rispetto alla resistenza dell'aria incontrata negli stessi movimenti condotti a secco; **il lavoro contro resistenza e quindi il potenziamento, avvengono in tutte le direzioni di movimento** e non soltanto in senso antigravitario come a secco (Howley e Franks, 1997): tale effetto è molto utile per il potenziamento muscolare armonioso (assai sfruttato in riabilitazione).

Come la danza aerobica, la ginnastica in acqua a tempo di musica migliora coordinazione e tempi di reazione; inoltre, essendo un'attività variata, riduce l'affaticamento muscolare localizzato ed è ben tollerata nei soggetti poco allenati; anch'essa richiede un livello minimo di coordinazione, può essere effettuata anche da soggetti con problemi di equilibrio o ad alto rischio di lesione connesso a cadute (gravi osteoporotici; donne in gravidanza). Come la danza aerobica, non attira gli uomini; inoltre appena ottenuto un livello minimo di forma fisica necessita dell'introduzione di una componente di allenamento della forza. Per questo recentemente si è diffusa la pratica della **ginnastica in acqua con attrezzi** che permette di inserire accanto alla componente aerobica una componente di potenziamento muscolare, con vantaggi sia per la fitness che per l'estetica.

Le componenti di una seduta di Aquagym efficace per la promozione della fitness includono:

1) Riscaldamento:

- esercizio aerobico a bassa intensità: corsa sul posto o sul bordo vasca; salti (da evitarsi negli anziani); esercizi a corpo libero di mobilità attiva del rachide, degli arti superiori e inferiori (negli anziani devono essere evitati slanci e movimenti bruschi);

- potenziamento: prevalente a terra, con lavoro degli addominali e dei paravertebrali;
 - stretching di tutti i principali gruppi muscolari;
- 2) Componente aerobica:
generalmente si svolge a tempo di musica; possono essere utilizzate scarpette antiscivolo se si tocca, mentre se il lavoro si svolge in acqua alta, il giubbotto antigravitario consente di galleggiare mantenendo la posizione verticale; è possibile effettuare anche esercizi sullo step, riducendo i rischi specifici di questa attività a secco (sovraccarico delle articolazioni portanti, rischio di distorsioni e di cadute);
- 3) Componente con pesi:
anche questa generalmente si svolge a tempo di musica. Per aumentare la resistenza ed effettuare un potenziamento muscolare si possono utilizzare galleggianti (da legare alle caviglie o ai polsi, utili ad incrementare la spinta verso l'alto dei distretti corporei specifici, che deve essere contrastata dall'impegno muscolare), oppure guanti palmati e racchette da piede, che aumentando la superficie frontale del corpo immerso in movimento aumentano il drag idraulico e quindi la forza necessaria a produrre il movimento del distretto corporeo interessato.
- 4) Defaticamento:
- esercizio aerobico a bassa intensità
- stretching di tutti i principali gruppi muscolari.

Bibliografia

1. McArdle W, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology – Energy, Nutrition and Human Performance, Fourth edition. Baltimore: Williams and Wilkins 1996.
2. Fortichiari V. Nuotare tutti subito e bene. Milano: Tea, 1998.
3. Borg GA: Psychological basis of physical exertion. Med Sci Sports Exerc 1982;14:377-381.
4. Kasam V. Aquagym. Milano: Mondadori, 1992.
5. Mitchell JH, Haskell W, Raven PB. Classification of sports (26° Bethesda Conference Report). JACC 1994;24:864-870.
6. ACSM: Guidelines for Exercise testing and Prescription, 4th Ed.. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991.
7. Garret DE, Kirkendall D. Exercise and Sport Science. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins 2000.
8. Imeroni A. Acquaticità: l'anziano in piscina. In: Bellerio O, Fabris F, Ferrario E, Guglielmino A. Imeroni A, Troletti G. L'anziano, il corpo, il movimento. Roma: La Nuova Italia Scientifica 1983.
9. Ciocci A, Dal Monte A, Perpignano G. Reumatologia e Sport. Roma: Società Editrice Universo, 1999.
10. Toussaint HM, Hollander AP. Energetics of competitive swimming: implications for training programs. Sports Med 1994;18:384-392.
11. Howley ET, Don Franks B. Health Fitness Instructor's Handbook (Third Ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, 1997.

Capitolo XIII

Musica ed attività fisica

Claudio Macchi

Generalità

La musica può semplicemente accompagnare come piacevole sottofondo vari tipi di attività, tra cui l'esercizio fisico.

Gli effetti psicologici della musica nel suscitare sensazioni ed emozioni sono infatti molto utilizzati non solo nel campo dell'esercizio fisico e della fitness, ma anche in riabilitazione, ad esempio in pazienti affetti da dolore cronico o da disturbi psichiatrici o cognitivi (musicoterapia).

Nell'ambito dell'esercizio fisico, la musica e il ritmo creano in molte persone una sensazione piacevole e divertente che promuove e sostiene lo sforzo.

Nel ballo o nell'esercizio con la musica condotto in palestra, all'aperto o altrove (centri sociali, sale condominiali, centri Anziani) la musica accompagna l'attività e generalmente il suo ritmo determina la cadenza dei movimenti (attività a tempo di musica).

Spesso l'ascolto di una musica nota, ad esempio di canzoni, può minimizzare la sensazione di fatica e, all'interno di un gruppo bene assortito, promuovere la socializzazione.

L'esercizio a tempo di musica ha rappresentato negli Stati Uniti la più popolare forma di allenamento in gruppo sino dagli anni 20.

Allenarsi a tempo di musica migliora la capacità aerobica e impegna l'equilibrio, la coordinazione ed i tempi di reazione, agendo inoltre anche sulla postura e sulla presa di coscienza corporea; è un tipo di allenamento vario, in cui si riduce l'affaticamento muscolare settoriale tramite un'alternanza nell'impegno dei diversi gruppi muscolari.

Esistono indubbiamente anche alcuni svantaggi, alcuni rappresentati dal fatto che muoversi a tempo di musica richiede un livello base di coordinazione e di equilibrio, e muoversi troppo rapidamente può costituire un rischio di cadute o di traumi, soprattutto negli anziani; inoltre alcuni esercizi o passi di danza possono comportare un impatto eccessivo sulle articolazioni portanti o richiedere una flessibilità che alcuni anziani

non possiedono, sollecitando compensi che possono creare sovraccarico nei distretti articolari, rischiando di comprometterne la stabilità.

Aerobica

L'esercizio a tempo di musica, già diffuso negli Stati Uniti fino dagli anni 20, è stato aggiornato e rilanciato con il termine di **danza aerobica**, o semplicemente di "**Aerobica**" a partire dagli anni '60 come attività inizialmente rivolta alle donne per ottenere un aspetto fisico slanciato e armonioso attraverso la combinazione tra danza moderna, ginnastica e cultura pop, per essere successivamente modificata e diversificata come attività per la fitness (Ryan,1997). Oltre a migliorare la capacità aerobica, questo tipo di esercizio migliora l'equilibrio, la coordinazione ed i tempi di reazione, utilizzando la musica e il ritmo per sostenere lo sforzo e promuovere la motivazione in un'atmosfera di gioco e di divertimento.

I passi sono derivati dalle coreografie di danza; le prime tradizionali classi di aerobica prevedevano generalmente un lavoro a intensità elevata ed esercizi ad alto impatto, mentre dagli anni '70 si sono create una serie di attività di danza aerobica diversificate, in modo da poter rispondere ai diversi gusti e ai diversi livelli di forma fisica dei partecipanti, come ad esempio classi di calistenica, funk, aerobica con pesi, step-aerobica. Gli effetti di questo tipo di attività sono di sviluppare principalmente la capacità aerobica. Per la promozione della fitness, il training aerobico deve essere preceduto e seguito da esercizi di flessibilità (stretching), da riscaldamento e defaticamento, e integrato con una componente di allenamento della forza.

Uno dei vantaggi specifici di questo tipo di attività è la possibilità dell'istruttore di graduare la difficoltà di uno o più esercizi, anche all'interno di una stessa classe, attraverso una serie di interventi (Darby et al, 1995). Infatti è possibile modificare:

- impatto dell'esercizio (es. marciare oppure correre; fare saltelli o saltare più in alto possibile; sollevare gli arti rispetto a slanciarli);
- cadenza (velocità del ritmo del movimento); può essere scelta una musica dal ritmo più o meno serrato; nell'ambito della stessa classe, alcune persone possono muoversi con una cadenza che rispecchia le battute del ritmo, altre possono alternare un passo a un esercizio meno impegnativo (come battere il piede a terra) o ad una pausa;
- range di movimento articolare (pieno o parziale): nei kicks (calcetti) ad esempio, alcuni soggetti potranno eseguire una flessione-estensione completa del ginocchio, mentre altri potranno estendere il ginocchio

parzialmente, riducendo sia l'impatto articolare che il rischio di instabilità e di caduta;

- masse muscolari coinvolte: è possibile coinvolgere contemporaneamente o separatamente arti superiori, arti inferiori, tronco;
- coordinazione: ad alcuni soggetti potrà essere richiesto di effettuare contemporaneamente esercizi per gli arti ed eventualmente anche per il tronco, mentre altri eserciteranno separatamente 1 o 2 distretti alla volta, a seconda del livello individuale di coordinazione e di equilibrio;
- tipo di contrazione muscolare (concentrica/eccentrica, isometrica); le contrazioni isometriche sono più sicure in termini di stabilità; la contrazione eccentrica è quella che sollecita maggiormente il distretto muscolare e che espone a maggior rischio di lesioni;
- pesi alle mani e/o alle caviglie: possono essere utilizzati a seconda della forza muscolare e della stabilità per il potenziamento muscolare: nella stessa classe alcune persone possono farne uso ed altre no, e nell'ambito di chi ne fa uso, il peso potrà essere variabile.

Le classi di aerobica, come per l'allenamento a circuito ed il corpo libero (vedi Capitolo VIII), prevedono una varietà di esercizi che impegnano i diversi gruppi muscolari in modo alternato, riducendo l'affaticamento muscolare localizzato; si deduce facilmente che il costo energetico di una classe di aerobica sarà estremamente variabile a seconda della tipologia di esercizi utilizzata, del ritmo adottato e di altre variabili, di cui la più importante, trattandosi di esercizi antigravitari è rappresentata dal peso corporeo: un'ora di aerobica ad alto impatto può avere un costo energetico intorno alle 7 Kcal x Kg di peso corporeo (400 Kcal per 60 Kg circa), mentre un'ora a basso impatto può andare intorno alle 5,5 Kcal x Kg di peso corporeo (circa 330 kcal per una persona di 60 kg) (Garret e Kirkendall, 2000).

L'esercizio aerobico è indicato nei soggetti adulti sani che vogliono raggiungere e mantenere la fitness, a patto di introdurre una componente di allenamento della forza. E' un'attività piacevole e divertente, più per le donne che per gli uomini, che spesso non ne sono attratti. E' utile per perdere peso, nell'ipertensione e nel diabete. Utilizzando gli accorgimenti suddetti per graduare la difficoltà degli esercizi e modificarne l'impatto la danza aerobica, in particolare quella a basso impatto, si è dimostrata efficace e sicura in persone anziane di ambo i sessi, obesi, donne in gravidanza (Cotton e Goldstein, 1997). Negli obesi è importante ridurre l'impatto degli esercizi sulle articolazioni portanti e considerare che l'alto peso corporeo aumenta il costo energetico; nelle donne in gravidanza devono essere evitati esercizi che mettano a rischio la stabilità, possibile

origine di traumi e di cadute mentre l'intensità deve essere da lieve a moderata, poiché un aumento eccessivo della temperatura corporea può causare ipertermia fetale; questo deve essere prevenuto anche attraverso il controllo della temperatura ambientale. Inoltre per la sicurezza è importante contenere l'entusiasmo, soprattutto negli anziani, facendo attenzione ai salti, ai movimenti ed ai cambiamenti di posizione troppo rapidi. La danza aerobica è controindicata se la forma fisica è scarsa o se sono presenti deficit di coordinazione, di equilibrio e/o visuouditivi; generalmente è controindicata anche nell'artrosi delle articolazioni portanti.

Le componenti e modalità del programma prevedono:

- 1) **Riscaldamento** (incluso stretching): devono essere riscaldati e stirati tutti i gruppi muscolari principali, attraverso esercizi di mobilità attiva ed esercizi aerobici a bassa intensità, aumentando progressivamente la frequenza cardiaca fino ai valori allenanti;
- 2) **Componente aerobica** - esercizi aerobici a tempo di musica, con un ritmo che generalmente va dalle 120 alle 160 battute al minuto a seconda del livello dei partecipanti (Howley e Don Franks, 1997); gli esercizi sono variabili, deve essere rispettata l'alternanza dei gruppi muscolari per ottenere un riposo relativo e, per quanto possibile, è necessario personalizzare il lavoro graduandone la difficoltà all'interno di una stessa classe; possono essere utilizzati lo step oppure pesi in mano o fissati alle caviglie;
- 3) **Raffreddamento** - (incluso stretching): deve interessare in particolar modo i gruppi muscolari impegnati nell'esercizio.

E' indispensabile per un programma globale di fitness, includere una componente di potenziamento muscolare con esercizi in piedi ed a terra; generalmente questa fase viene inserita dopo la componente di lavoro aerobico, preceduta da una breve pausa di defaticamento in cui si rallenta progressivamente la frequenza cardiaca fino a raggiungere quella di riposo; segue comunque il raffreddamento finale come già descritto (Cotton e Goldstein, 1977).

Le classi generalmente vanno da 10 a 60 partecipanti; lavorando con gruppi di persone eterogenee come abilità è importante differenziare la difficoltà degli esercizi. La scelta della musica può essere fatta in collaborazione con i partecipanti; il ritmo della musica dovrebbe essere variabile nelle diverse fasi, più lento nella fase finale di stretching e defaticamento: esistono cassette pre-mixate di aerobica, con ritmo variabile da 130 a 160 battute/min. E' possibile organizzare la sequenza degli esercizi in modo da allenare specifici gruppi muscolari (esempio GAG: aerobica con impegno selettivo di Glutei-Addominali-Gambe). La progressione può essere individualizzata e di gruppo, aumentando

l'intensità di lavoro attraverso la durata delle sedute (in cui comunque la fase di training aerobico vero e proprio può durare dai 20' nei principianti fino a un massimo di 50-60' nelle classi più avanzate), il ritmo della musica, l'impegno progressivo di più gruppi muscolari, la difficoltà degli esercizi per quanto riguarda la mobilità e la coordinazione.

Una possibile variante del programma di aerobica prevede l'uso dello step (*Step-aerobica*). Gli step sono dei gradini dai quali si sale o si scende ritmicamente. Si tratta di un esercizio aerobico che impegna selettivamente gli arti inferiori; se rapido richiede un livello base di equilibrio e di coordinazione. Faremo un accenno agli step mobili nell'ambito del *Cardiofitness* (Capitolo VIII). Gli step immobili sono costituiti da un gradino (alto 10-30 cm), si utilizzano in corpo libero e aerobica ed anche in alcune classi di Aquagym. Generalmente l'attività con lo step si svolge a tempo di musica. Nell'esercizio con lo step esiste una componente antigravitaria (sollevamento del corpo) ed una componente orizzontale (spostamento avanti /indietro/laterale del centro di massa). L'impegno energetico dipende dal peso corporeo, dall'altezza del gradino, dalla frequenza di salita e dall'entità dello spostamento orizzontale. Cambiando il ritmo della musica e l'altezza del gradino è possibile graduare l'impegno energetico e di coordinazione/equilibrio dell'esercizio, la cui applicazione rimane comunque discussa negli anziani per il rischio di cadute e di lesioni a livello delle articolazioni portanti, soprattutto per eventuali distorsioni dei legamenti del ginocchio.

Ballo

Più che una semplice sequenza di movimenti (passi) secondo uno schema ritmico, il ballo rappresenta una forma complessa ed elevata di espressione corporea. La danza è una attività globale, effettuata a tempo di musica, che può essere svolta individualmente insieme ad altri. Forme di danza collettiva si ritrovano fin dalle origini umane, come espressione di sentimenti religiosi, di feste comunitarie, momenti sociali di rilievo. Ballare, sia in coppia che in gruppo promuove la motivazione, favorisce la socializzazione (sia per il contatto fisico che per l'atmosfera stimolante e piacevole che induce questo tipo di attività). Le difficoltà tecniche, l'impegno muscolare e articolare ed il costo energetico sono estremamente variabili nei diversi tipi di danza, mentre l'elemento in comune con altre forme di esercizio a tempo di musica è rappresentato dal supporto che la musica ed il ritmo offrono nel sostenere lo sforzo fisico connesso al movimento. Trattandosi sempre di esercizio antigravitario, è utile

ricordare che il costo energetico è direttamente proporzionale alla massa corporea.

Sia la danza classica che la danza moderna sono attività fisiche di elevato impegno tecnico ed energetico, che richiedono una combinazione di forza, potenza, flessibilità, capacità aerobica e coordinazione neuromuscolare. Il rischio di lesioni è legato al decondizionamento, al riscaldamento inadeguato, e/o ad uno sbilanciamento muscolotendineo; intraprendere questo tipo di attività da adulti è consigliabile solo per soggetti in ottima forma fisica e allenati.

Nella **danza latinoamericana** (mambo, rumba, merengue etc.) l'impegno tecnico ed il costo energetico variano a seconda delle capacità e delle abilità dei partecipanti; una classe per principianti generalmente prevede passi facili dal punto di vista tecnico, con scarso rischio di lesioni e un costo energetico simile a quello di una classe di aerobica a basso impatto, di cui questo tipo di attività mantiene sostanzialmente le stesse indicazioni e controindicazioni. Forme particolari di danza sempre di derivazione latinoamericana, come la Capoeira brasiliana, rappresentano sostanzialmente un combattimento virtuale espresso in forma di danza, con costo energetico e controindicazioni simili ad una classe di aerobica ad alto impatto.

Il **ballo liscio** è un'attività che richiama i giovani ma soprattutto gli anziani. La musica risveglia ricordi e suscita emozioni. Per gli anziani il ballo rappresenta uno dei pochi passatempi accettati della loro giovinezza, attraverso il quale si promuovevano la socializzazione ed il corteggiamento. Per molte persone di tutte le età il ballo in coppia e le danze in gruppo contengono schemi di movimento già noti perché appresi in giovane età, quindi familiari e piacevoli anche per gli uomini. (Jackson e Burton, 1989). Il ballo liscio, svolto regolarmente 2 o 3 volte a settimana, può incidere positivamente sulla capacità aerobica, sulla flessibilità, sull'equilibrio e sulla coordinazione. Sebbene sia difficile quantificarne l'intensità, che varia a seconda della cadenza del movimento e dell'impegno dei passi, la spesa energetica media per ballerini non professionisti è generalmente bassa, circa la metà di quella calcolata per una classe di aerobica a basso impatto (per consumare le stesse calorie di un'ora di aerobica a basso impatto in palestra è necessario ballare per due ore!). Il ballo liscio è quindi indicato anche nei soggetti anziani poco allenati e con scarsa forma fisica, evitando i movimenti bruschi e i passi acrobatici. Nei corsi supervisionati da un istruttore, a seconda del gruppo con cui si lavora, può essere utile ridurre il ritmo e scoraggiare i movimenti articolari attivi a pieno range.

Infine un'altra forma di ballo, che può essere indicato anche nei molto anziani e, con opportune varianti, anche nei disabili, è rappresentato dalle

danze popolari. Si tratta di musiche e danze conosciute e riconosciute, che possono venire apprezzate anche da soggetti con deficit di memoria. Generalmente viene consigliato di iniziare con l'ascolto e l'apprendimento del ritmo, prima di procedere con la danza vera e propria (Bellerio et al., 1983). Negli anziani affetti da patologie (cardiovascolari, neurologiche, ortopediche) è necessario evitare le coreografie complesse e/o rallentare l'andamento della musica; nei soggetti più compromessi è opportuno sostituire movimenti impegnativi o complessi (ad esempio passi al posto di balzi), oppure proporre battute ritmiche di mani o piedi al posto di movimenti rapidi. Nei pazienti disabili si può utilizzare una forma di danza popolare adattata e modificata, ad esempio trasformando una danza in piedi in una da seduti in cerchio, in cui si tiene il ritmo battendo i piedi e/o muovendo gli arti superiori o solo le mani, che vengono utilizzate per entrare in contatto con le persone sedute ai propri fianchi. Si tratta di un'attività fisica a impegno ridotto, sicuramente insufficiente a produrre modificazioni rilevanti dal punto di vista della fitness, ma comunque positiva per la salute e per l'impatto psicologico (ACSM, 1998).

Bibliografia

1. ACSM. Position Stand on Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(6): 992-1008.
2. Bellerio O, Fabris F, Ferrario E, Guglielmino A, Imeroni A, Troletti G. *L'anziano, il corpo, il movimento*. Roma: La Nuova Italia Scientifica, 1983.
3. Cotton RT, Goldstein RL, eds. *Aerobics instructor's manual: the resource for group fitness instructors*. San Diego, CA: American Council on Exercise, 1997.
4. Darby LA, Browder KD, Reeves BD. The effects of cadence, impact and step on physiological responses to aerobic dance exercise. *Res Q Exerc Sport* 1995;66:231-238.
5. Garret DE, Kirkendall D. *Exercise and Sport Science*. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins 2000.
6. Howley ET, Don Franks B. *Health Fitness Instructor's Handbook (Third Ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1997.
7. Jackson EL, Burton TL. *Understanding Leisure and Recreation*. State College, PA: Venture publishing 1989.
8. Ryan AJ. Early history of dance medicine. *Dance Med Sci* 1997;1:30-72.

Capitolo XIV

Attività fisica in palestra

Claudio Macchi

Introduzione

Nella maggior parte dei paesi europei come in Italia, le palestre e i centri fitness si sono moltiplicati e negli ultimi 50 anni abbiamo assistito ad una loro crescita di tipo esponenziale. Nel 2000, in Italia sono state stimate 9000 palestre contro le 3800 del 1990, per un giro di affari di 3000 miliardi di lire. Il successo delle palestre è legato, almeno in parte, all'esigenza che molte persone hanno di combattere la vita sedentaria e lo stress tipici dei contesti urbani. A Firenze nel 2000 sono state calcolate 12,72 palestre/100.000 abitanti. Gli iscritti erano rappresentati per 3/4 da donne e per 1/4 da uomini. Un dato comune in letteratura è che metà degli iscritti smette di frequentare entro 3-6 mesi (Sassatelli, 2000; Robinson e Rogers, 1994).

Dal concetto tradizionale di palestra, dedicata principalmente a giovani sportivi di diverse discipline, molte strutture si sono orientate verso il "Centro fitness", che propone attività integrate, piacevoli, finalizzate alla forma fisica nelle diverse età della vita.

Sia le palestre che i centri fitness sono caratterizzati da elementi in comune il principale dei quali è rappresentato dalla possibilità di concentrarsi solo sul fare esercizio. L'attività in palestra si può infatti definire un processo di apprendimento che si svolge in un ambiente particolare secondo specifiche regole di comportamento (Sassatelli 2000). L'attività è sia di tipo consequenziale, cioè con obiettivi a lungo termine, che immediatamente significativa, procurando una intensa percezione del proprio corpo e, in molti casi, una liberazione dalle pressioni esterne e dalla tensione. La frequenza in palestra è più spesso di tipo individuale, mentre le attività svolte possono essere sia individuali che di gruppo. In ogni caso, le persone che mantengono una partecipazione costante spesso rispondono ad una logica motivazionale autoagonistica, in competizione positiva con se stesse piuttosto che con gli altri partecipanti. Mentre negli anziani è preponderante l'aspetto della socializzazione, nei giovani l'obiettivo principale è quello di esercitare una influenza positiva su se stessi e sul proprio corpo attraverso la pratica costante di un esercizio i cui benefici

sono percepibili sia nell'immediato che nel corso del tempo: aumento delle capacità fisiche, della forza e della resistenza alla fatica, dimagrimento e miglioramento estetico (quello che Sassatelli definisce il "governo positivo di un corpo plastico").

Le risorse che determinano il successo o l'insuccesso di una palestra o di un centro, oltre alla scelta di una sede ben collocata e facilmente raggiungibile sono rappresentati da:

- **spazi:** ampiezza, aereazione, luminosità;
- **attrezzature:** varietà e numero dei singoli apparecchi;
- **attività:** varietà, distribuzione nelle fasce orarie, gradi di difficoltà, aggiornamento;
- **istruttori:** numero, preparazione scientifica e tecnica, capacità di comunicazione e coinvolgimento.

Per qualsiasi tipo di attività in palestra, è importante che ad ogni nuovo iscritto, specie se principiante, venga proposto un colloquio iniziale con l'istruttore, per definirne le motivazioni, stabilire insieme obiettivi realistici e concordare un appropriato programma di attività. E' indispensabile una valutazione preliminare della forma fisica, della capacità aerobica e della forza muscolare per indirizzare il soggetto all'attività individuale o di gruppo più indicata e per stabilire un carico adeguato. E' importante, sia all'inizio che nel corso del tempo, cercare di insistere sulla frequenza regolare di almeno 2-3 sedute a settimana e sulla necessità del mantenimento nel tempo dell'allenamento, evitando atteggiamenti troppo rigidi che potrebbero scoraggiare o infastidire alcuni partecipanti. L'obiettivo, molto difficile da raggiungere, è quello di ottenere nei partecipanti una modifica permanente dello *stile di vita*.

Il programma impostato deve essere mirato sugli obiettivi; sarà più facile per il soggetto aderirvi se questo è vario, combinato con periodi di riposo, ma soprattutto piacevole e divertente: in questo può essere utile inserire attività a tempo di musica, curando l'ambiente per renderlo gradevole e accogliente, proponendo attività e iniziative che possano promuovere la socializzazione per la quota di partecipanti interessata a questo aspetto (danza, feste in palestra etc).

La programmazione dell'attività per anziani richiede una riflessione mirata e alcune competenze specifiche. Riguardo agli aspetti organizzativi generali, Evans raccomanda di collegarsi quando possibile con enti governativi locali o statali. (Evans WJ, 1999). E' opportuno cercare di contattare Associazioni, Università, Ospedali e Medici locali, utilizzare infrastrutture già sviluppate (palestre comunali, circoli, sale condominiali, RSA). Le caratteristiche che rendono una **sede** vantaggiosa sono l'accessibilità, rappresentata dalla presenza di una fermata autobus vicina, di un possibile parcheggio e dalla vicinanza al centro abitato. Anche i locali

devono essere al piano terra o accessibili tramite ascensori. Lavorando con gli anziani, che possono essere affetti da urgenza minzionale e rallentati nei movimenti e nella deambulazione, è importante che i servizi igienici siano rapidamente raggiungibili dalla palestra. Trattandosi di una popolazione generalmente a maggior rischio, è fondamentale anche che la palestra sia dotata di telefono e di un kit di pronto soccorso.

Lavorare in palestra con soggetti anziani presuppone una preparazione mirata riguardo alle caratteristiche dell'invecchiamento fisiologico e patologico, alla tipologia delle attività indicate in questa fascia di età ed alla conoscenza di aspetti psicologici e relazionali specifici. È fondamentale ricordarsi che la vecchiaia è l'età della massima differenziazione, per cui ogni soggetto è diverso dagli altri sia per gli aspetti genetici che per quelli legati alla sua esperienza di vita; per questo è importante non generalizzare. “Nella programmazione di attività motorie per persone anziane, molti insegnanti restano perplessi di fronte a individui a rischio e spesso estremamente eterogenei per età cronologica (dai 55 agli 80 anni ed oltre), biologica, cultura, abitudini acquisite, lavoro svolto, atteggiamenti individuali rinunciatari” (Cremonini et al, 1991). In ogni tipo di programma è fondamentale graduare l'intensità del carico iniziale e monitorare con cautela le risposte adattative per stabilire la progressione con carichi sempre maggiori sul sistema cardiorespiratorio e muscolare.

Sia negli adulti che negli anziani può essere utile una verifica periodica degli obiettivi e l'aspetto forse più importante consiste nella capacità dell'istruttore di instaurare un rapporto di fiducia e di collaborazione col singolo e con i gruppi che gli sono affidati.

Allenamento aerobico e cardiofitness

Il termine *cardiofitness* può considerarsi sinonimo di allenamento aerobico, anche se in palestra si utilizza generalmente per una particolare forma di allenamento che prevede l'uso di macchinari; dovrebbe più propriamente essere definito *cardiofitness con apparecchiature*. In palestra è possibile effettuare un allenamento aerobico con la corsa e con esercizi a corpo libero, oppure utilizzando macchinari studiati per sollecitare i diversi gruppi muscolari, che possono includere o meno un lavoro di tipo antigravitario.

Il cardiofitness è quindi un allenamento aerobico, mirato ad un aumento di $VO_2\max$ la cui entità dipende dalla **frequenza**, **intensità** e **durata** dell'allenamento, oltre che da caratteristiche genetiche individuali. L'**intensità** dell'esercizio aerobico si valuta misurando l'incremento di frequenza cardiaca in relazione alla MHR (frequenza cardiaca massima)

del soggetto, calcolata con la formula $220 - \text{età}$ in anni o misurata con un test da sforzo; un altro metodo affidabile è rappresentato dalla scala di Borg (RPE-Borg, 1982). Secondo le raccomandazioni ACSM (1998) un training a frequenza cardiaca pari a 55% MHR è sufficiente a produrre un adattamento. Il **volume totale** di allenamento (kcal) per ogni seduta è dato dal prodotto dell'intensità per la **durata** della seduta, che dovrebbe rientrare tra 20' e 60'. L'incremento di $VO_2\text{max}$ è proporzionale all'aumento della **frequenza** delle sedute fino a raggiungere un plateau al di sopra di 3 sed/sett: la frequenza minima raccomandata sarà quindi di 2-3 volte a settimana.

Una seduta di *cardiofitness* deve comunque includere i componenti classici di ogni allenamento:

- 1) **Riscaldamento;**
- 2) **Componente aerobica;**
- 3) **Defaticamento;**
- 4) **Esercizi per la flessibilità** (generalmente inseriti all'interno del riscaldamento e nel defaticamento).

Se l'obiettivo del soggetto è quello di ottenere una buona forma fisica globale, al cardiofitness deve essere aggiunta una componente di allenamento della forza muscolare.

L'intensità dell'esercizio può salire gradatamente fino a raggiungere quella desiderata (in questo caso la progressione iniziale coincide con il riscaldamento), oppure l'intensità desiderata può coincidere con quella di inizio; con alcuni apparecchi è anche possibile programmare una intensità variabile, in crescendo o in decrescendo, oppure alternata. I macchinari possono essere dotati di un cardiofrequenzimetro (applicato al torace mediante una cintura) che consente di registrare la frequenza cardiaca ed effettuare una stima del carico interno in tempo reale; altri macchinari producono una stima generica del carico interno sostenuto e quindi della spesa energetica inserendo alcuni parametri (età, peso, altezza, sesso).

Le macchine per il Cardiofitness si possono classificare sulla base di alcuni parametri (Roi, 1997):

- gruppi muscolari coinvolti;
- presenza o meno di lavoro antigravitario;
- presenza del ciclo di stiramento-accorciamento;
- componente di esercizio isometrico.

Nelle macchine in cui non è presente lavoro antigravitario (es. cicloergometro, remoergometro per gli arti superiori) il dispendio energetico è relativamente indipendente dal peso corporeo. Il carico esterno si stabilisce predeterminando la resistenza meccanica al movimento nel caso di cicloergometro o remoergometro o la velocità di scorrimento nel caso del nastro trasportatore, di cui talvolta è possibile regolare anche

l'inclinazione (lavoro in piano, in salita o in discesa). Il dispendio energetico nel lavoro su nastro trasportatore sarà quindi legato alla velocità, alla tipologia di esercizio (marcia o corsa), al peso del soggetto in relazione alla componente antigravitaria dello spostamento ciclico del baricentro, e all'eventuale inclinazione del piano su cui scorre il nastro, che può aumentare o ridurre la componente antigravitaria, come già illustrato per la marcia e per la corsa outdoor (Mc Ardle et al., 1996).

Il cicloergometro non comporta lavoro antigravitario, per cui l'impegno energetico dipende dalla resistenza meccanica alla pedalata e dalla velocità della pedalata stessa. La cyclette è particolarmente utile in soggetti con scarso livello di fitness che iniziano un programma di allenamento; modificando l'inclinazione della pedalata e l'altezza della sella, si modifica la sollecitazione articolare sull'anca e sul ginocchio. Alcuni cicloergometri possono avere uno schienale che permette di scaricare la colonna lombare e, se inclinabile, di far lavorare anche le ginocchia ad angoli diversi. Nello spinning si utilizza una particolare cyclette variando la resistenza e la velocità, coinvolgendo anche gli arti superiori; l'intensità è spesso oltre la soglia, con impegno muscolare rilevante, per cui sarebbe più appropriato parlare di allenamento di potenza ad alto dispendio energetico, da riservare a soggetti sani e allenati in ottima forma.

Altre apparecchiature comprendono gli step mobili, gradini dai quali si sale o si scende ritmicamente, effettuando un esercizio aerobico che impegna selettivamente gli arti inferiori. Negli step mobili la resistenza è regolabile; la componente antigravitaria del lavoro, legata al peso corporeo e al dislivello tra i gradini può essere minore se si utilizza il corrimano come appoggio e se lo spostamento dei 2 gradini su cui posano i piedi è correlato in modo tale che la spinta su di un gradino sollevi il controlaterale. Dove invece lo spostamento di un gradino è indipendente rispetto all'altro l'impegno cardiovascolare e muscolare aumenta.

L'ultima generazione di apparecchi per il cardiofitness comprende anche attrezzi "galleggianti", come lo step indipendente senza appoggi e il simulatore: questi obbligano ad una spinta alternata con gli arti che deve essere simmetrica, altrimenti il galleggiamento cessa: questi attrezzi sono particolarmente indicati quando si voglia ridurre l'impatto articolare; inoltre la necessità di dare una spinta simmetrica può portare al recupero di una spinta ridotta in soggetti con precedenti microtraumi.

Esistono anche apparecchi che coinvolgono contemporaneamente arti superiori ed inferiori, come il vogatore e il climber, altri che impiegano gli arti superiori. Nel lavoro degli arti superiori, i muscoli antigravitari possono o meno essere coinvolti con una funzione statica, in relazione alla posizione del soggetto (in piedi o seduto, con il tronco libero o appoggiato su di uno schienale).

Il calcolo della frequenza cardiaca allenante deve tenere conto che la MHR è generalmente inferiore per questo tipo di esercizi ($MHR=(220-13)\cdot\text{età}$) (vedi capitolo III), in quanto la ridotta massa muscolare impiegata non produce un aumento di gittata e di frequenza pari a quello prodotto dagli esercizi per tutti i gruppi muscolari o per gli arti inferiori; in pratica, conviene utilizzare il 50% del carico esterno (potenza meccanica) applicato per gli arti inferiori (Roi, 1997).

Nella progressione del carico in relazione agli adattamenti prodotti dall'allenamento aerobico, si possono aumentare a seconda dei casi la resistenza meccanica, il dislivello (per la componente di lavoro antigravitario), la velocità e la durata dell'esercizio. La resistenza generalmente è regolabile, ed è possibile programmare una seduta a intensità costante, crescente e poi decrescente o alternata.

Aumentando la durata dell'esercizio su di una stessa macchina aumenta il rischio di patologie da sovraccarico, mentre tale rischio si riduce alternando macchine diverse, che consentono la sollecitazione dei diversi gruppi muscolari e distretti corporei, come nell'allenamento a circuito di cui verrà discusso oltre.

Allenamento della forza e Body Building

L'allenamento della forza e della potenza muscolare si svolge mediante esercizi in cui il singolo muscolo o i diversi gruppi muscolari si contraggono contro una resistenza che può essere rappresentata nei diversi casi dal peso di un distretto corporeo da sollevare, dal sollevamento di un peso o dalla resistenza opposta da un macchinario.

In ogni esercizio di allenamento della forza tramite il sollevamento di pesi, avviene che una o più leve articolari vengono interposte tra il peso da sollevare (resistenza) e la Terra per opporsi alla forza di gravità che questa esercita sull'oggetto (peso).

Il Body Building si distingue dall'Allenamento della Forza in quanto attraverso di esso si ricerca un aumento della massa muscolare in modo da rispondere ad un criterio prevalentemente estetico, allenando preferenzialmente i muscoli superficiali (integrando l'allenamento con una dieta iperproteica). Per avere un effetto positivo sulla fitness il Body Building dovrebbe essere associato ad un allenamento aerobico.

A livello sportivo le prime competizioni di sollevamento pesi di cui si ha notizia risalgono al 2040 a.C. in Egitto; dal 1914 è stata riconosciuta la Federazione Internazionale di Sollevamento Pesì: gli attributi fisici degli atleti sono simili a quelli dei lottatori e dei lanciatori, con un rapporto

peso/altezza più basso rispetto alla media degli atleti e potenza muscolare mediamente superiore (Garrett e Kirkendall, 2000).

L'allenamento della forza ai fini sia della salute che della fitness, sia del body building che delle competizioni di sollevamento pesi si effettua in ogni caso tramite il sollevamento di pesi (o segmenti corporei) contro gravità o contro resistenza fornita da macchinari. L'analisi biomeccanica di un esercizio è fondamentale per comprenderne finalità e rischi. Nel sollevamento pesi si interpongono tra l'oggetto e la terra una o più leve articolari per sollevare l'oggetto opponendosi alla forza di gravità. E' necessario identificare il punto di contatto tra il peso e il corpo umano e tra il corpo umano e la terra, perché a tale livello si sviluppano le forze di azione e reazione. Infatti le componenti dell'apparato locomotore (ad esempio la colonna lombare negli esercizi di sollevamento pesi in piedi) interposte tra l'oggetto e la terra subiscono la forza di reazione dell'oggetto, e devono essere preparate a sostenerle senza che si realizzino lesioni tissutali acute o da sovraccarico. Per questo è fondamentale il livellamento atletico, ovvero il potenziamento armonico dei vari distretti muscolari in modo da eliminare le zone di minor resistenza.

Nell'esempio classico del sollevamento di un peso in un esercizio monoarticolare (ad esempio attraverso una flessione del gomito), la resistenza posta all'estremo della leva articolare descrive un arco di circonferenza durante l'accorciamento muscolare. Nel calcolare la forza necessaria a spostare un certo peso bisogna ricordare che il braccio della forza nelle leve biologiche varia col variare dell'**angolo di lavoro del vettore della forza rispetto al segmento osseo**:

$$r = l \times \text{seno di } \alpha$$

dove **r** è il braccio della potenza, **l** la distanza tra il punto di applicazione della forza e il fulcro ed **α** l'angolo di lavoro, descritto dalla direzione di accorciamento del muscolo rispetto al segmento rigido. La forza utile al movimento rotatorio è quindi solo quella tangenziale, come espresso dalla relazione matematica:

$$F = m \times g \times \text{seno di } \alpha$$

α è massima quando l'angolo di lavoro è 90°, mentre si riduce aumentando o diminuendo tale valore. Ad esempio, a parità di altre condizioni (in particolare dell'orientamento nello spazio della leva articolare in relazione alla gravità), il sollevamento dello stesso peso per un range parziale di movimento articolare richiederà minore sforzo se i gradi di movimento avvengono in un range in cui la direzione di accorciamento del muscolo è pressoché perpendicolare rispetto al segmento rigido, mentre se il muscolo si accorcia in una direzione obliqua al segmento rigido lavora in condizioni svantaggiose e la forza richiesta per lo spostamento diventa maggiore.

Il lavoro e la potenza dipendono inoltre dalla **posizione reale rispetto alla forza di gravità** dei segmenti in gioco. Negli spostamenti lineari che avvengono negli esercizi poliarticolari, il lavoro corrisponde al peso sollevato \times il dislivello tra la posizione di partenza e quella di arrivo; nel caso invece di esercizi monoarticolari, che comportano lo spostamento del peso lungo un arco di circonferenza, il calcolo del lavoro meccanico deve tenere conto che lo spostamento non corrisponde all'arco di circonferenza, ma allo spostamento verticale effettivo della resistenza rispetto alla superficie terrestre: il lavoro e la potenza aumentano nei gradi di movimento in cui ci si avvicina ad un movimento perpendicolare alla superficie terrestre, mentre diminuiscono quando si aumenta o si diminuisce questo valore angolare (vedi Capitolo III).

Un altro aspetto importante per calcolare la forza necessaria ad effettuare un determinato sollevamento è la **lunghezza di partenza del muscolo** rispetto alla sua lunghezza di riposo, in quanto, in rapporto alla ben nota relazione tensione-lunghezza, il muscolo che inizia la contrazione partendo dalla sua lunghezza di riposo sarà in grado di sviluppare la massima tensione, mentre se all'inizio della contrazione il muscolo è accorciato o allungato rispetto alla lunghezza di riposo la tensione massima sviluppata sarà inferiore come il massimo peso che riuscirà a sollevare, ferme restando le altre condizioni.

Negli esercizi poliarticolari il percorso del peso è lineare e corrisponde alla risultante della composizione degli archi di circonferenza delle articolazioni coinvolte: l'esempio classico è lo squat (accosciata e successivo sollevamento con estensione degli arti inferiori, che si può effettuare con o senza il sollevamento di un bilanciere), un esercizio che si ritrova nelle competizioni di sollevamento pesi, ma che è utile anche nei soggetti adulti e anziani per potenziare la muscolatura di anca, ginocchio, caviglia, importanti per correre e saltare. Il lavoro meccanico svolto dipende dal peso sollevato (peso corporeo + bilanciere) e dal dislivello tra la posizione di partenza e quella di arrivo; d'altra parte nella valutazione di questi esercizi deve essere considerata anche l'entità delle forze di azione e reazione che agiscono sui diversi distretti articolari. Nell'esecuzione dello squat è fondamentale evitare l'inarcamento della colonna lombare nella fase di sollevamento, per un aumento della sollecitazione meccanica a tale livello, con rischi di lesioni (fino a provocare la fuoriuscita di un'ernia del disco): alcuni autori per questo esercizio, raccomandano l'uso di una cintura lombare, come per quelli che impegnano il tronco e possono produrre un sovraccarico della colonna lombare. Nella prescrizione di un esercizio, soprattutto in un soggetto adulto-anziano è buona norma effettuare prima un **bilancio articolare** dei segmenti in gioco; proseguendo con l'esempio dello squat, perché sia possibile mantenere l'equilibrio senza

inarcare la colonna lombare nella fase di sollevamento, è necessaria una valida dorsiflessione della caviglia, per cui nell'accosciata la gamba si inclina in avanti ed il baricentro può essere mantenuto entro la base di appoggio senza flettere il tronco sulle anche; se questa non è possibile, l'esercizio può essere effettuato comunque in sicurezza se si introduce un rialzo (cuneo) sotto i talloni del soggetto che compensi la ridotta dorsiflessione della caviglia; inoltre lo squat genera forze compressive a livello femoro-tibiale e femoro-rotuleo, che sono massime nei massimi gradi di flessione; anche le forze di traslazione anteriore e posteriore che mettono sotto stress rispettivamente il legamento crociato anteriore (LCA) e posteriore (LCP) sono più elevate ai massimi gradi di flessione: per questo gli squat con flessione del ginocchio con range da 0° a 50° sono più sicuri, soprattutto nei soggetti anziani o non allenati.

In palestra esistono numerosi tipi di macchinari per allenare i diversi distretti muscolari. La resistenza è regolabile, ed è possibile programmare una seduta ad intensità costante, crescente/decrescente o alternata. Per favorire il lavoro anche muscoli che in posizione eretta o seduta non si contraggono in senso antigravitario, si utilizza una modificazione della posizione di partenza con esercizi a terra o su di una panca che può essere o meno inclinata, oppure ci si avvale dell'uso di macchine semplici che sono in grado di modificare la direzione e il verso della forza di gravità (Lanzani, 1995). La carrucola è una macchina semplice che consente di modificare la direzione ed il verso della forza di gravità facendo lavorare anche i muscoli che normalmente contraendosi non sollevano ma spingono verso il basso; se la carrucola è mobile il lavoro effettivo è dimezzato rispetto a un pari spostamento di un pari peso con carrucola fissa.

Altre variabili da considerare sono:

- velocità di esecuzione dell'esercizio;
- percentuale di carico;
- numero delle serie e delle ripetizioni;
- periodismo tra esercizi e tempi di recupero.

Aumentare la velocità di esecuzione di un esercizio mantenendo costante la resistenza aumenta la potenza impiegata e il rischio di lesioni traumatiche; generalmente si modifica gradatamente la percentuale di carico, aumentando la velocità parallelamente alla riduzione della resistenza e viceversa. L'aumento della forza e della massa avvengono in sequenza; la forza aumenta nel tempo con meccanismi diversi (Mc.Ardle et al., 1996):

- 1-2 settimane: processo di apprendimento (coordinazione; motivazione);
- 3-4 settimane: adattamento neurale (reclutamento e sincronizzazione delle Unità Motorie; coordinazione tra muscoli sinergici e antagonisti; attivazione del SNC);

- 5-12 settimane: ipertrofia muscolare;
- oltre 12 settimane: mantenimento.

Per produrre l'ipertrofia è necessario un carico allenante pari ad almeno 55% 1RM.

Le componenti di una seduta di **Body Building** sono:

1) Riscaldamento, che include:

- Stretching;
- Riscaldamento generale (esercizio aerobico di intensità lieve, tipo corsa lenta, tapis roulant, cyclette);
- Riscaldamento specifico del distretto da allenare: 25 ripetizioni a carico minimo o 2 serie della durata di 30-40" l'una;

2) Potenziamento, con diverse modalità di allenamento (Lanzani, 1995); le più diffuse sono le seguenti:

- schema piramidale: progressione di intensità dal 70% 1RM con aumento ad ogni serie successiva e corrispondente diminuzione del numero di ripetizioni;
- schema piramidale inverso: riduzione progressiva dell'intensità del carico, con corrispondente aumento del numero di ripetizioni ad ogni serie;
- schema con massima intensità nella serie centrale:

è possibile effettuare un allenamento frazionato dei distretti muscolari nell'arco di un microciclo settimanale solo se la frequenza delle sedute corrisponde a 5-6 volte/settimana; per la definizione è importante inserire allenamento aerobico per la perdita selettiva di massa grassa che mette in rilievo le masse muscolari superficiali.

3) Defaticamento: 1 serie finale di 1-2 minuti di intensità minima.

Generalmente si consiglia di aggiungere una componente di allenamento aerobico, che si può realizzare intensificando progressivamente il riscaldamento generale.

Corpo libero per l'adulto e per l'anziano

Nell'ambito delle attività di gruppo raccomandate negli adulti e negli anziani il primo posto è rappresentato dall'attività di gruppo generalmente definita come **corpo libero**. Si tratta di una ginnastica globale, che coinvolge tutti gruppi muscolari principali, e che nella sua accezione originaria non prevede l'uso di attrezzi; gli esercizi possono essere effettuati in piedi, da seduti e a terra. Ogni seduta comprende gli elementi necessari per la promozione della fitness:

- **Riscaldamento**;
- **Componente aerobica**;
- **Componente di forza**;

- **Mobilità articolare;**
- **Defaticamento.**

Uno dei problemi che si riscontra lavorando in gruppo è la scarsa omogeneità della forma fisica e quindi delle capacità dei partecipanti; tale problema si accentua lavorando con gli anziani, in cui l'età cronologica non è un riferimento valido per la stima delle condizioni fisiche. L'approccio migliore è quello di effettuare un colloquio ed una rapida valutazione delle capacità fisiche di ogni persona che si iscrive in palestra, indirizzando il soggetto verso la tipologia di attività per lui ottimali, identificandone obiettivi e disponibilità oraria. Per questo è importante caratterizzare l'offerta della palestra in modo da indirizzare per quanto possibile tipologie relativamente omogenee di soggetti ad un determinato gruppo; una modalità possibile si basa sulla selezione delle fasce orarie nella programmazione di attività differenziate (es. la pausa pranzo verosimilmente include persone attive in età lavorativa, così come la fascia di attività serale), oppure caratterizzare l'attività mediante una denominazione specifica (ad esempio "ginnastica dolce" o "ginnastica per la terza età") che individui un obiettivo verosimilmente comune ad una specifica tipologia di persone, pur conservando la stessa struttura della seduta.

La componente aerobica si inserisce nel riscaldamento, insieme ad esercizi di mobilità attiva e passiva, fino a raggiungere una intensità di "abbastanza faticoso" che è soggettiva e che viene mantenuta per tutta la fase di allenamento. Le attività aerobiche possono comprendere corsa, l'uso dello step (come meglio illustrato in seguito), esercizi che coinvolgono contemporaneamente gli arti superiori ed inferiori.

Gli esercizi ad alto impatto, che prevedono una fase di volo come i salti, comportano un elevato dispendio energetico e sono utili nei programmi di controllo del peso corporeo e per potenziare selettivamente gli arti inferiori; essi comportano tuttavia un sovraccarico ed una ipersollecitazione della colonna e delle articolazioni portanti, direttamente proporzionali al dislivello ed al peso corporeo: per questo motivo devono essere riservati a soggetti giovani-adulti, escludendo gli obesi e i soggetti che hanno patologie articolari o che soffrono di rachialgia. E' bene ricordare che la corsa e i salti laterali hanno un impatto ridotto rispetto ai salti sul posto, in quanto parte del momento della forza è impiegato per lo spostamento in avanti o in laterale e la forza che si ripercuote dal suolo sulle articolazioni portanti e sulla colonna risulta minore.

L'allenamento della forza si effettua generalmente tramite esercizi che vanno dal semplice sollevamento di un segmento corporeo isolato, ai più impegnativi, che prevedono l'uso di cavagliere, polsiere, o manubri: questi oggetti devono essere disponibili con una gamma di pesi diversi, in modo

da variare il carico esterno a seconda delle capacità dei soggetti, e da poter effettuare una progressione di intensità nel tempo. Tutti i gruppi muscolari dovrebbero essere allenati anche se in alcuni programmi, come il GAG, il cui nome sta per Glutei, Addominali e Gambe, per motivi estetici vengono privilegiati alcuni distretti muscolari importanti. Un allenamento mirato tonifica e potenzia quei determinati muscoli, ma non sarà mai in grado di produrre una perdita di tessuto adiposo localizzata (McArdle et al., 1996). Il defaticamento ricalca le modalità del riscaldamento, con una progressiva diminuzione dell'intensità del lavoro aerobico e l'inserimento di esercizi attivi e di stretching. Gli esercizi a terra, utilizzati per la tonificazione degli addominali e il risveglio dei paravertebrali, vengono generalmente effettuati al termine della sessione, seguiti da ulteriore stretching a terra.

La progressione dell'intensità deve essere necessariamente variata da soggetto a soggetto (data la difficoltà di ottenere un gruppo omogeneo) con struttura flessibile dei gruppi in palestra, che generalmente per motivi organizzativi (necessità di garantire la continua affluenza), non prevedono un inizio e una fine per i corsi, ma sono aperti. Il lavoro dell'istruttore in questo campo è molto delicato dovendo garantire una progressione costante dell'intensità del lavoro con i necessari adattamenti, mantenendo unito il gruppo, ma calibrando individualmente le attività in modo da ridurre frustrazioni o rischi connessi al sovraccarico.

Per mantenere l'adesione al programma è importante che il corpo libero sia piacevole e divertente; per questo può essere utile effettuare gli esercizi a tempo di musica o usare la musica come sottofondo, variando il più possibile il programma. È utile inserire verifiche periodiche degli obiettivi raggiunti. La capacità dell'istruttore di motivare e seguire ogni singolo partecipante mantenendo in sintonia il gruppo e modulando il livello medio sulle capacità dei partecipanti è comunque la chiave per il successo di questi programmi.

Corpo libero per l'anziano

L'esperienza dell'attività motoria con anziani si è sviluppata parallelamente nei paesi anglosassoni ed in quelli mediterranei, tra cui l'Italia è stata tra i precursori, grazie all'impegno e all'entusiasmo delle Associazioni, delle Università, dell' I.S.E.F. e delle iniziative in campo geriatrico (Skelton e Mc Laughlin, 1996; Leslie, 1990, Antonini et al, 1994). A partire dagli anni '80 anche in Italia si sono diffuse esperienze di **Corpo libero per l'anziano** (la cosiddetta ginnastica per anziani), con programmi sviluppati spesso in collaborazione con associazioni sportive (Bellerio et al 1983; Cremonini et al. 1991, Antonini et al., 1994).

Parallelemente anche l'American Council on Exercise (Jones e Clark, 1998) codificava l'insegnamento di attività per la fitness nell'anziano e la Y.M.C.A. inglese, l'associazione che forma gli insegnanti di educazione fisica e gli istruttori delle palestre, istituiva un corso per terapisti della riabilitazione finalizzato allo studio dell'esercizio fisico nell'anziano (Hooke e Zollner, 1992). Nella promozione dell'attività, è importante pubblicizzare il programma anche come momento di socializzazione. È noto che la tendenza generale delle adesioni è prevalente nelle donne: è necessario usare delle strategie per aumentare l'adesione degli uomini, offrendo attività come il Circuit Training, di cui discuteremo in seguito, il ballo liscio, oppure incentivandone l'iscrizione mediante promozioni speciali. L'attività vera e propria deve essere programmata offrendo grande variabilità nei gradi funzionali; infatti è probabile che aderiscano individui molto forti e individui molto deboli: devono essere previsti almeno due gruppi, suddivisi sulla base dell'età biologica e non di quella cronologica al momento dell'iscrizione. Questa deve essere valutata tramite una serie di domande mirate a stabilire il livello funzionale e le capacità motorie del soggetto anche attraverso valutazioni strutturate per mezzo di scale di livello funzionale e di semplici test di forza e di equilibrio. In Residenze Sanitarie Assistite (RSA) o in centri diurni è necessario lavorare in piccoli gruppi, previa valutazione del livello funzionale e cognitivo e degli eventuali deficit visivi o uditivi.

Gli scopi di un programma di corpo libero per anziani variano a seconda delle capacità dei partecipanti: questi possono includere aspetti relativi alla fitness, alla salute, all'autonomia nella vita quotidiana, alla socializzazione e all'autostima (Shephard, 1997; Skelton e McLaughlin, 1997), con sviluppo e mantenimento di:

- efficienza cardiorespiratoria ;
- composizione corporea ottimale;
- flessibilità;
- forza muscolare e resistenza allo sforzo;
- equilibrio e coordinazione;
- funzioni fisiologiche (evacuazione; sonno; appetito);
- socializzazione;
- miglioramento di tono dell'umore, autostima, ansia;
- prevenzione primaria e secondaria di patologie croniche prevalentemente età associate;
- riduzione del declino nell'autonomia nella vita quotidiana;
- miglioramento della salute, fitness, qualità della vita.

Oltre ad una valutazione oggettiva delle capacità fisiche e degli obiettivi realistici, è fondamentale non dimenticare la componente soggettiva della motivazione, delle preferenze e delle aspettative dei partecipanti; all'inizio

del corso i partecipanti dovrebbero discutere con l'insegnante le loro aspettative e le loro preoccupazioni a riguardo (Hooke and Zollner 1992). La comunicazione va ricercata anche in soggetti con deficit visuo-uditivi o cognitivi, anche se richiede maggiore impegno.

Nella pianificazione e nell'insegnamento di esercizi per l'anziano, è importante che il programma mantenga alcune caratteristiche (ACSM, 1998, Skelton e McLaughlin, 1997):

- Regolarità;
- Intensità progressiva (carico progressivamente maggiore sul sistema cardiorespiratorio e muscolare);
- Miratezza;
- Variabilità;
- Inclusione di esercizi che comportino la sollecitazione meccanica costituita dal sostegno del peso corporeo;
- Inclusione di esercizi correlati con le Attività della vita quotidiana (ADL);
- Alternanza con periodi di riposo;
- Mantenimento nel tempo;
- Piacevolezza;
- Coemprendere esercizi facilmente memorizzabili ed effettuabili anche al domicilio;
- Sicurezza.

Lavorare in sicurezza è la condizione più importante di ogni programma in particolare per gli anziani malati, fragili o già francamente disabili, in cui aumentano sia i possibili benefici ottenibili dall'attività fisica che i rischi ad essa connessi.

Alla sicurezza contribuiscono la **valutazione medica preliminare** e la **valutazione funzionale iniziale** (strutturata o meno), che preveda da parte dell'istruttore la conoscenza di eventuali patologie pregresse o in corso, della terapia medica eventualmente effettuata; importante è l'attenzione alla funzione cardiorespiratoria a riposo e durante esercizio, tramite la misurazione nelle prime sedute della frequenza cardiaca e respiratoria e, ad esempio tramite l'effettuazione di test semplici come il talk test (vedi capitolo II); deve essere anche valutata la sensazione soggettiva di fatica, tramite segni fisici (come il colore del volto e la sudorazione) e tramite la scala di Borg (valutazione semiquantitativa). L'equilibrio può essere valutato tramite test semplici, come il tandem e il semitandem (in cui si contano i secondi in cui il soggetto può stare rispettivamente a piedi uniti e con il retropiede accostato all'avampiede controlaterale senza perdere l'equilibrio). Durante la prima valutazione deve essere osservato anche il cammino (base di appoggio, schema del passo, eventuale zoppia di fuga), sia in piano che in salita, nei mutamenti di direzione e nel fare le scale.

Per ridurre il rischio di traumi e di lesioni è molto importante anche la sicurezza dell'ambiente, che deve essere bene illuminato e dotato di pavimenti antiscivolo; tappetini ed eventuali attrezzi devono sempre essere riposti dopo ogni seduta. Anche le posizioni degli esercizi devono essere stabili valutando sempre la necessità di ricorrere ad appoggi; infatti deficit visivi, di equilibrio e di coordinazione aumentano il rischio di cadute; i deficit visivi ed uditivi rendono più difficile seguire l'insegnante. Nella scelta degli esercizi è importante ricordare che la ridotta resistenza meccanica dell'osso e il ridotto pannicolo adiposo (non costante) aumentano il rischio di frattura e che la perdita di elasticità muscolo-tendinea e ligamentosa predispongono alle lesioni traumatiche. Queste considerazioni influenzano la scelta degli esercizi: ad esempio i salti e gli esercizi ad alto impatto che richiedono un buon controllo dell'equilibrio (movimenti bruschi, appoggio monopodalico) sono generalmente sconsigliati; l'estensione cervicale e la rotazione completa possono provocare sbandamenti, vertigini e perdita di equilibrio; le flessioni del tronco in piedi a ginocchia estese vanno evitate perché possono produrre una sollecitazione eccessiva della colonna lombare.

Negli anziani fragili, ad alto rischio di disabilità o lievemente disabili, è molto utile introdurre esercizi specifici nelle attività di vita quotidiana, come piegarsi a raccogliere un oggetto o fare le scale (Skelton e McLaughlin, 1997). E' da evitare l'iperventilazione (causa spesso di lipotimia e sincope). La difficoltà deve essere individualizzata; in particolare dovrebbe essere posta molta attenzione alle posizioni e ai loro mutamenti, per il rischio di ipotensione ortostatica dal clinostatismo alla posizione seduta o in piedi, e per il rischio di perdita di equilibrio e di caduta; la manovra di Valsalva deve essere evitata o usata con cautela a scopo diagnostico (in soggetti con funzione cardiaca compromessa all'inizio della manovra si verifica una brusca salita della pressione arteriosa con successiva brusca caduta alla fine, senza risalita, al contrario di quanto avviene nel soggetto sano, poiché l'aumento della pressione intratoracica comprime le vene e riduce il ritorno venoso e la gettata cardiaca); inoltre tale manovra stimolando i barocettori riduce il battito cardiaco favorendo lipotimie e sincopi. E' necessario controllare la risposta attraverso la frequenza cardiaca e respiratoria all'esercizio, il colorito e la sudorazione cutanea: possono costituire dei campanelli di allarme per un sovraccarico cardiorespiratorio.

Il dolore costituisce un altro motivo di allarme: le sue caratteristiche qualitative e quantitative (intensità, durata) nonché la modalità della sua insorgenza aiutano a distinguere l'indolenzimento relativo alla messa in funzione di strutture in disuso da quello che indica un possibile sovraccarico o una lesione.

La struttura del programma di corpo libero è la stessa per gli adulti e per gli anziani:

- 1) Riscaldamento;
- 2) Componente aerobica;
- 3) Componente di forza e resistenza;
- 4) Mobilità articolare;
- 5) Defaticamento.

Tuttavia per ciascuna di queste componenti è importante ricordare alcuni accorgimenti specifici quando si lavora con soggetti anziani, in cui l'adattamento è più lento:

1) Riscaldamento (Hooke e Zollner, 1992): la sua struttura prevede una durata di circa 12'-15', iniziando con esercizi ginnici a intensità bassa e progressiva per l'aumento dei battiti (*pulse raising*); nell'adulto questi esercizi devono essere:

- Facili da apprendere e da memorizzare;
- presentare una coreografia sicura (ridurre il rischio di urtarsi reciprocamente o di sbagliare direzione);
- Iniziare lentamente e progredire;
- Con movimenti blandi e ritmici, a ritmo più lento;
- Senza rapidi cambiamenti.

Quindi deve essere integrata al *pulse raising* la componente di allenamento della mobilità, per cui è importante (Skelton e McLaughlin, 1997; Hooke e Zollner, 1992):

- Assicurare una base di appoggio stabile;
- Isolare le articolazioni;
- Effettuare movimenti lenti e controllati;
- Effettuare i movimenti entro il ROM completo naturale ma senza forzare;
- Mirare alle piccole articolazioni (es. polsi, dita);
- Evitare di sovraccaricare una articolazione (serie brevi) con aumento progressivo delle ripetizioni;
- Evitare il carico eccessivo su di un arto inferiore;
- Lasciare tempo nei cambiamenti di direzione.

2) Componente aerobica (ACSM, 1998; ACSM, 1998a; Hooke e Zollner, 1992; Bellero et al., 1983): le raccomandazioni ACSM per il condizionamento aerobico nell'ambito dello sviluppo e mantenimento della fitness prevedono una intensità di esercizio tale da raggiungere il 55-70% MHR, con una frequenza di 3 sedute alla settimana di durata intorno ai 45' a seduta (ACSM 1998a); nell'anziano non è sempre possibile raggiungere questi livelli di intensità e durata di lavoro se non molto gradualmente, mantenendosi ai livelli bassi di %MHR (intorno al 50-60%) e facendo

attenzione alla comparsa dei segni di fatica o di dolori tali da costituire un campanello d'allarme (vedi Capitolo II).

Per tutti i livelli di intensità è comunque necessario:

- dopo il riscaldamento muoversi più velocemente ma mai molto velocemente;
- effettuare con lentezza le variazioni (di passo, di direzione);
- includere esercizi ad impatto basso-medio, come i salti laterali atterrando sui 2 piedi (lo spostamento laterale crea un momento che aiuta a dissipare l'impatto articolare) o la corsa leggera offrendo sempre una alternativa per i partecipanti meno in forma o con problemi ortopedici;
- variare lo stress meccanico;
- effettuare con la massima cautela esercizi con arti superiori in elevazione, utili per le ADL, ma in grado di produrre alterazioni pressorie richiedendo un incremento del lavoro cardiaco per irrorare segmenti corporei posti al di sopra della testa; questi devono sempre essere alternati con esercizi ad arti superiori abbassati.

3) Componente di allenamento della forza: in ogni programma per la fitness devono essere inseriti alcuni esercizi per l'allenamento della forza; le raccomandazioni A.C.S.M. per la fitness prevedono una frequenza minima di 2 volte a settimana, con almeno 48 ore di riposo tra le sedute e una durata minima di 20-25' a seduta. Si dovrebbe iniziare con almeno una serie per grande gruppo muscolare di 8-10 ripetizioni, con un carico variabile da 30 a 80% 1RM; in pratica un peso tale da produrre affaticamento se sollevato per una serie di 8 ripetizioni corrisponde ad una intensità piuttosto elevata. Nell'anziano si consiglia di effettuare questa prova e di ricavare 1RM da un'equazione (vedi Capitolo III); è importante, soprattutto in soggetti poco allenati, mantenersi ai livelli bassi di carico allenante (30-40%1RM). Gli esercizi isometrici comportano un aumento della pressione arteriosa sistolica e diastolica e, soprattutto se sono ad alto carico e se coinvolgono grandi masse muscolari, possono presentare una quota di rischio cardiaco (vedi Capitolo II); pertanto si consiglia di effettuare preferibilmente esercizi dinamici. La velocità di movimento deve essere da lenta a moderata, soprattutto durante la contrazione eccentrica in cui è massimo il sovraccarico muscolo-articolare. Importante è evitare di trattenere il respiro durante lo sforzo (rischio di ipoaflusso venoso al cuore legato all'aumento della pressione intratoracica).

Nell'invecchiamento spesso la perdita di massa e forza muscolare interessa in particolar modo gli arti inferiori, con importanti ripercussioni sull'autonomia funzionale, per cui un potenziamento selettivo di questa muscolatura deve far parte di ogni programma di attività fisica per anziani (Shephard, 1996; Skelton e McLaughlin, 1997).

Per quanto riguarda il potenziamento dei muscoli addominali, inizialmente il lavoro di questi muscoli dovrebbe essere statico, utilizzando una posizione in piedi o da seduti.

Gli esercizi di allenamento della forza possono essere effettuati tramite macchine che forniscono la resistenza mediante l'uso di aria compressa. Queste sono molto costose, ma utili per il posizionamento corretto e per la stabilità del soggetto. Alternativamente, si possono utilizzare piccoli pesi e cavigliere/polsiere appesantite con sabbia o piombo, fissate agli arti mediante velcro: sono strumenti poco costosi, vantaggiosi per l'utilizzo in strutture non deputate solo ad uso di palestra (locali condominiali-RSA).

*Negli anziani poco allenati o in scarsa forma fisica si preferisce iniziare con esercizi in cui la resistenza è rappresentata dal semplice **sollevamento di segmenti corporei isolati**.*

4) Mobilità articolare: la mobilità attiva deve seguire i principi già illustrati nel riscaldamento; lo stretching deve essere statico: inizialmente il lavoro consisterà nella ricerca della stabilità e nell'insegnamento delle modalità con cui stirare i diversi gruppi muscolari; la durata iniziale è di 5'' per pochi gruppi muscolari e aumenta progressivamente, con stiramenti che si mantengono sempre sotto la soglia del dolore, coinvolgendo gradatamente tutti i gruppi muscolari principali.

5) Defaticamento: nell'anziano deve avere una durata superiore a quella dell'adulto: almeno 12-15' per il riassorbimento dell'acido lattico; prevede la riduzione di battiti (pulse lowering), che comporta una graduale riduzione dell'intensità dell'esercizio con conseguente riduzione della frequenza cardiaca e della temperatura corporea. Il pulse lowering deve essere integrato con la mobilità articolare attiva e passiva secondo i principi già illustrati. Lo stretching può essere integrato con il rilassamento.

L'istruttore deve spostarsi nella palestra in modo da poter essere visto e udito nel miglior modo possibile; è utile lasciare tempo prima e dopo la lezione per commenti, spiegazioni e suggerimenti. La comunicazione verbale e non verbale deve essere promossa all'interno del gruppo anche con soggetti con deficit visuo-uditivi o cognitivi; la socializzazione, nell'anziano più che nel giovane è uno degli scopi fondamentali del programma e l'istruttore (che in questo caso è forse più corretto definire insegnante) deve spiegare gli esercizi e i loro scopi, a livello di organo e di funzione globale, utilizzando una terminologia semplice ma non banale. L'esercizio deve essere non solo illustrato, ma anche eseguito dandone una dimostrazione pratica. E' utile fare spesso richiami all'ergonomia nelle attività della vita quotidiana. Nell'anziano, un aspetto delicato è rappresentato dalla presa di coscienza del proprio corpo, con difficoltà di origine culturale, ma anche legata al rifiuto del proprio decadimento fisico ed estetico. Il recupero di una confidenza con il corpo e la valorizzazione di

aspetti corporei in età avanzata sono tra gli obiettivi principali del corso: sono indicati in questo caso esercizi propriocettivi, rilassamento, uso dello specchio e, nel rispetto del pudore e del timore del ridicolo, il contatto (attività a coppie, in cerchio etc.).

Un problema specifico del lavoro con gli anziani, è rappresentato dalla possibilità di trovare nello stesso gruppo soggetti che non hanno mai praticato attività fisica ed ex sportivi, che richiedono un approccio differenziato. Mentre gli ex sportivi da un lato possono avere più facilità a sottoporsi ad una disciplina, dall'altro possono avere più difficoltà a liberarsi da condizionamenti precedenti, come ad esempio l'abitudine allo stretching balistico (tramite movimenti attivi rapidi e ripetitivi) che si insegnava qualche decennio fa e che oggi sappiamo essere dannoso in generale e nell'anziano in particolare; inoltre negli ex atleti è più probabile che si inneschi un meccanismo competitivo con se stessi e con gli altri, che espone a maggior rischio di trauma o di sovraccarico cardiorespiratorio e che può scoraggiare i soggetti con maggiori difficoltà.

Shephard (1986) valuta molto l'importanza degli aspetti relazionali, le cui dinamiche talvolta possono interferire con il programma: spesso nel gruppo di anziani è stato evidenziato come si possa creare una figura leader, ed è importante che questa figura (spesso un ex atleta o un soggetto dotato di una forte personalità) sia un anziano piuttosto che uno dei partecipanti più giovani e che l'istruttore riesca a stabilire una collaborazione con questa figura, piuttosto che entrarvi in competizione.

L'istruttore deve quindi essere capace di creare un'atmosfera di impegno, ma gioiosa e confidenziale, calibrando individualmente le attività in modo da ridurre mortificazioni e frustrazioni; l'aspetto ludico è molto importante, mentre la competizione sportiva deve essere disincentivata: gli obiettivi devono sempre essere focalizzati sulla salute e, quando possibile sulla fitness, mai sulla performance. Durante il programma nell'adulto, e in misura maggiore nell'anziano, sono molto utili valutazioni periodiche, così da evidenziare oggettivamente i risultati ottenuti e promuovere la motivazione e l'aderenza.

Allenamento a circuito, circuit training

Si definisce come **circuito** o **percorso** un'attività che prevede una serie di esercizi con diversa finalità da eseguire in successione: ad ogni tappa del circuito corrisponde generalmente un esercizio. L'allenamento a circuito può svolgersi in palestra, utilizzando ad esempio come tappe (**stazioni**) spazi dotati di tappetini, spalliere, panche e macchinari per il cardiofitness e per l'allenamento della forza, ma anche all'aperto, utilizzando le diverse

caratteristiche naturali del terreno, nella propria abitazione oppure in Casa di riposo, organizzando un percorso che prevede attività diverse (salire dei gradini, raccogliere o impilare oggetti) all'interno della sala comune (Fox et al. 1995; Cremonini et al. 1991).

E' un metodo di organizzare gli esercizi che consente di personalizzare l'attività individuale (circuit training propriamente detto) e di gruppo (circuit class); è una modalità di allenamento versatile, che include la componente aerobica, di allenamento della forza e di mobilità. In questo senso il circuito può richiamarsi ad una modalità di allenamento intervallato di tipo informale (vedi Capitolo III), in cui l'alternanza di attività diverse dal punto di vista dell'impegno muscolare e del sistema energetico utilizzato comporta un riposo relativo nel passaggio dall'una all'altra mantenendo temperatura corporea e movimento dinamico in equilibrio contribuendo alla dissipazione dell'acido lattico.

Un ulteriore vantaggio del circuito lavorando in gruppo è rappresentato dal fatto che l'impegno è dosabile: l'intensità, il numero e la difficoltà degli esercizi aumentano progressivamente e ogni partecipante può seguire una progressione variabile e individualizzata.

Il circuito in palestra può comprendere esclusivamente attività aerobiche o di cardiofitness (utilizzando macchinari che impegnino distretti muscolari diversi), esclusivamente attività di potenziamento muscolare (con pesi e macchinari e diverso impegno muscolare), oppure alternare le varie attività. Circuiti meno impegnativi, utili per la mobilità generale e per la promozione della salute, possono prevedere semplici esercizi di sollevamento di segmenti corporei isolati, di cammino evitando ostacoli, o di destrezza manuale.

Le componenti di un allenamento a circuito sono:

- 1) **Riscaldamento;**
- 2) **Circuito:** per la promozione della fitness deve includere componente aerobica e di allenamento della forza con esercizi alternati;
- 3) **Defaticamento;**

A questo generalmente segue:

- 4) **Lavoro a terra** (addominali e paravertebrali);
- 5) **Ulteriore stretching a terra.**

Le particolari caratteristiche di versatilità e dosabilità del circuito lo rendono un metodo di organizzazione degli esercizi molto indicato nei gruppi di anziani (circuit class), spesso molto disomogenei per capacità fisiche e livello funzionale. Infatti il circuito consente di lavorare in gruppo, promuovendo la socializzazione, ma rendendo possibile la personalizzazione dell'attività. Ciò permette una maggiore flessibilità nella selezione dei gruppi, con numerosi vantaggi dal punto di vista organizzativo: ad esempio è possibile iniziare un gruppo anche quando i

partecipanti sono disomogenei, ma il loro numero non è sufficiente per organizzare due gruppi; oppure è possibile far lavorare insieme due coniugi che lo desiderano, ma il cui livello di capacità fisica è diverso.

Nell'anziano è particolarmente indicato lo sfruttamento della versatilità del lavoro: alternare componente aerobica, di allenamento della forza e di mobilità comporta un riposo relativo nel passaggio dall'una all'altra, il quale permette di effettuare globalmente un lavoro maggiore anche nelle persone meno in forma. Il movimento dinamico tra una stazione e l'altra aiuta a dissipare acido lattico, evitando o riducendo le pause di inattività durante le quali diminuisce la temperatura corporea e, soprattutto nell'anziano, aumenta il rischio di lesioni. Nei gruppi disomogenei è fondamentale saper dosare intensità e difficoltà degli esercizi, anche se ogni soggetto può facilmente verificare le proprie capacità, difficoltà e il miglioramento nel tempo. E' possibile inserire nel circuito esercizi specifici per le ADL (es. salire le scale, alzarsi da una sedia) e illustrare tramite l'esercizio alcuni principi di ergonomia (es. come sollevare o spostare un peso).

Questo tipo di attività è generalmente gradito anche ai partecipanti anziani, poichè incoraggia interazione e socializzazione; tuttavia sono utili alcune raccomandazioni (Hooke e Zollner, 1992):

- è importante iniziare con un numero contenuto di stazioni, numerate e ben contrassegnate (grandi cartelli con il numero) disposte in cerchio o a rettangolo; progressivamente il numero di stazioni può aumentare; la direzione del circuito deve essere chiara;
- pre-testare il circuito con tutti i partecipanti in modo che tutti possano effettuare il livello base: è fondamentale insistere sul posizionamento, per garantire la stabilità e la corretta esecuzione dell'esercizio;
- iniziare con almeno 2 esercizi per stazione; progressivamente il numero di esercizi può aumentare;
- è utile stabilire un rapporto di almeno 1:2 di tempo attività:riposo;
- opportunità che ciascuno abbia i propri pesi da utilizzare per tutto il circuito; è possibile che trovando i pesi utilizzati dal partecipante precedente o il macchinario tarato su un peso più alto, nel soggetto si inneschi il desiderio di provare a forzarsi eccessivamente per un meccanismo competitivo;
- ciascuno deve essere incoraggiato a procedere al proprio ritmo, con alternative per gli esercizi più impegnativi ad ogni stazione: enfasi su un approccio di qualità e non di quantità.

Bibliografia

1. ACSM Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30 (6):975-991.
2. ACSM. Position Stand on Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998a;30(6): 992-1008.
3. Antonini FM, Blandino S, Cecchi F, Ferrucci L, Figura F, Gulineli M, Jacomelli M, Magnolfi S, Pautasso S, Rossi B, Urbinati G, Vitone N, Pulejo C. *Corpo, Movimento, Salute. La Terza Età.* Roma: Istituto Della Enciclopedia Italiana, 1994.
4. Bellerio O, Fabris F, Ferrario E, Guglielmino A, Imeroni A, Troletti G. *L'anziano, il corpo, il movimento.* Roma: La Nuova Italia Scientifica, 1983.
5. Borg GA: Psychological basis of physical exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377-381.
6. Cremonini G, Cavazzuti F, Testoni Becia M. *Anziani invecchiamento e attività motoria.* Milano: Casa Editrice Ambrosiana, 1991.
7. Evans WJ. Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(1):12-7.
8. Fox EL, Bowers RW, Foss ML. *Allenare, allenarsi.* Roma: Il Pensiero Scientifico Editore, 1995.
9. Hooke A., Zollner M. *Active older adults in the YMCA: A resource manual.* Champaign, IL: Human Kinetics 1992.
10. Howley ET, Don Franks B. *Health Fitness Instructor's Handbook (Third Ed.).* Champaign IL: Human Kinetics, 1997.
11. Jones, J. and Clark, J. National standards for preparing senior fitness instructors. *Journal of Aging and Physical Activity*, 1998;6(3):207-221.
12. Lanzani A. *Fitness e body building.* Milano: Alea Edizioni, 1995.
13. Leslie, D. *Mature stuff: Physical activity for the older adult.* Reston, VA: Council on Aging & Adult Development of the Association for Research, Administration, Professional Councils & Societies and the American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance, 1990.
14. McArdle W, Katch FI, Katch VL. *Exercise physiology – Energy, Nutrition and Human Performance, Fourth edition.* Baltimore: Williams and Wilkins, 1996.
15. Roi G.S. *Manuale di Cardiofitness.* Milano: Alea Edizioni, 1997.
16. Shepard R.J.: *Physical Activity, aging and health.* New York: McGraw-Hill, 1997.
17. Skelton DA, McLaughlin AW. Training functional ability in old age. *Physiother* 1996;82(3):159-67.

Appendice

Valori Normali Dei Principali Esami Ematochimici Nell'Adulto

| ESAME | UNITÀ DI MISURA | VALORI NORMALI |
|----------------------------|-------------------|------------------------|
| Glicemia | mg/dl | 60 -110 |
| Urea (Azotemia) | mg/dl | 20-40 |
| Creatininemia | mg/dl | < 1,2 (M) <1 (F) |
| Colesterolo totale | mg/dl | 130-220 |
| Colesterolo HDL | mg/dl | > 35 (U) > 40 (D) |
| Trigliceridi | mg/dl | 35-170 |
| Transaminasi AST (GOT) | U.I./L | < 37 (M) < 31 (F) |
| Transaminasi ALT (GPT) | U.L./L | < 40 (M) < 31 (F) |
| Gamma GT | U.I./L | < 47 (M) < 30 (F) |
| Sideremia | mcg/dl | 50 -160 (M) 40-150 (F) |
| Fosfatasi alcalina | U.I./L | 60 -270* |
| Bilirubinemia totale | mg/dl | 1 |
| Bilirubinemia diretta | mg/dl | 0.40 |
| Globuli Rossi (RBC) | x mm ³ | 4.000.000-5.000.000 |
| Globuli Bianchi (WBC) | x mm ³ | 4.000-8.000 |
| Emoglobina (HB) | gr/dl | 12-14 |
| Volume globulare (MCV) | μ ³ | 80- 96 |
| Piastrine (PLT) | x mm ³ | 150.000- 400.000 |
| Proteine totali | gr/dl | 6-8 |
| Attività Protrombinica | % | 80 -110 % |
| Fibrinogeno | mg/dl | 200-400 |
| CK(creatinchinasi) | U.I./L. | 20 -160* |
| CK MB | U.I./L. | < 6% di CK totale |
| LDH (lattico deidrogenasi) | U.I./L. | 190-450* |
| Potassio | mEq/L | 3.5-5.5 |
| Cloro | mEq/L | 95-105 |
| Sodio | mEq/L | 135-145 |
| Calcio | mEq/L mg% | 4.5-5.4 9-11 |
| Uricemia | mg/dl | 2.5-6 |
| TSH | U.I./L | 0.35-4.94 * |
| FT3 | pg/ml | 1.70-3.70 * |
| FT4 | pmol/L | 9-19 * |
| VES 1a ora | mm | 2-10 fino a 30 > 65 aa |

* I valori possono variare a seconda delle metodiche usate.

Equivalenze tra misure

| Lunghezze | | | |
|---|--------------------------------------|-------------------------|------------|
| 1 chilometro | 0,62 miglia | | |
| 1 miglio | 5280 piedi | 1,61 chilometri | |
| 1 metro | 39,37 pollici | | |
| 1 pollice | 1/12 di piede | 2,54 cm | |
| Volumi | | | |
| 1 litro | 1,06 quarti USA | | |
| 1 quarto USA | 32 once liquide | ¼ di gallone USA | 0,95 litri |
| 1 millilitro | 0,03 once liquide | | |
| 1 oncia liquida | 29,57 millilitri | | |
| 1 gallone USA | 0,83 galloni imperiali inglesi | | |
| Pesi | | | |
| 1 chilogrammo | 2,20 libbre comuni | 2,68 libbre di farmacia | |
| 1 libbra | 16 once | 453,60 grammi | |
| 1 grano | 65 milligrammi | | |
| Energia | | | |
| 1 chilogrammetro | 7,25 piedi-libbra | | |
| 1 piede-libbra | 0,14 chilogrammetri | | |
| Temperatura | | | |
| Conversione gradi centigradi in Fahrenheit | moltiplicare per 9/5 e aggiungere 32 | | |
| Conversione da gradi Fahrenheit in centigradi | sottrarre 32 e moltiplicare per 5/9 | | |

Nomenclatura dei valori

Unità fondamentali

| Quantità | Nome | Simbolo |
|----------------------|-------------|----------------|
| Lunghezza | metro | M |
| Massa | chilogrammo | kg |
| Tempo | secondo | S |
| Corrente elettrica | ampère | A |
| Temperatura | Kelvin | K |
| Intensità luminosa | candela | cd |
| Quantità di sostanza | mole | mol |

Unità Derivate

| Quantità | Nome dell'unità | Simbolo dell'unità |
|-------------------|-------------------|--|
| Area | Metro quadrato | m ² |
| Clearance | Litro/secondo | l/s |
| Concentr. massa | Chilogrammo/litro | kg/l |
| Sostanza | Mole/litro | mol/l |
| Densità | Chilogrammo/litro | kg/l |
| Energia | Joule | J= kg ² / s ² |
| Forza | Newton | N= kg m/s ² |
| Frequenza | Hertz | Hz = 1 ciclo/s |
| Potenziale elett. | Volt | V =kg m ² /s ³ A |
| Pressione | Pascal | Pa = kg/m s ² |
| Temperatura | Gradi Celsius | °C = °K -273,15 |
| Volume | Metro cubo | m ³ |
| Volume | Litro | l = dm ³ |

287

Prefissi standard

| Prefisso | Simbolo | Grandezza |
|----------|---------|-------------------|
| esa | E | 10 ¹⁸ |
| penta | P | 10 ¹⁵ |
| tera | T | 10 ¹² |
| giga | G | 10 ⁹ |
| mega | M | 10 ⁶ |
| chilo | k | 10 ³ |
| etto | h | 10 ² |
| deca | da | 10 ¹ |
| deci | d | 10 ⁻¹ |
| centi | c | 10 ⁻² |
| milli | m | 10 ⁻³ |
| micro | μ | 10 ⁻⁶ |
| nano | n | 10 ⁻⁹ |
| pico | p | 10 ⁻¹² |
| femto | f | 10 ⁻¹⁵ |
| atto | a | 10 ⁻¹⁸ |

Glossario

ACE. Angiotensin converting enzyme o enzima di conversione dell'angiotensina.

Acetilcolina. Estere della colina. Mediatore chimico della trasmissione dell'impulso nervoso a livello della giunzione neuro-muscolare e del sistema nervoso autonomo parasimpatico. Rafforza le contrazioni del tubo digerente, provoca broncocostrizione, vasodilatazione arteriosa e capillare, bradicardia.

Acidosi. Condizione caratterizzata dallo aumento degli ioni H^+ (diminuzione del PH).

Acido folico o acido pteroilglutammico. Vitamina del complesso B che serve come trasportatore delle unità monocarboniose in molte reazioni metaboliche.

Acinesia. Mancanza di movimento.

Acroasfissia. Cianosi con anestesia dolorosa delle estremità.

Acrocianosi. Cianosi delle estremità, più raramente anche delle orecchie, del naso e degli zigomi.

Acromelalgia. Dolore parossistico, spesso notturno, delle estremità degli arti, frequente nelle arteriopatie ostruttive.

Acroparestesia. Sindrome caratterizzata da intorpidimento, formicolii, parestesie notturne, dolori parossistici, prevalente- mente a carico dell'arto superiore.

Actina. Proteina contrattile presente in tutti i muscoli striati.

Actomiosina. Complesso formato dalla combinazione tra actina e miosina.

Adrenalina. Ormone secreto dalla midollare surrenale e dai gangli simpatici. Provoca tachicardia, vasodilatazione, ipotensione, broncodilatazione, midriasi, sudorazione, iperglicemia.

Afasia. Difetto o perdita della capacità di esprimersi con la parola e con la scrittura, che si accompagna a deficit di comprensione.

Alcalosi. Condizione caratterizzata da una diminuzione della concentrazione di ioni H^+ (aumento del PH).

Aldosterone. Ormone della corteccia surrenale. Determina riassorbimento di sodio ed eliminazione di potassio, con conseguente aumento del LEC ed ipertensione.

Amaurosi. Cecità.

Amaurosi fugax. Perdita temporanea della vista solitamente da uno dei due occhi.

Amiloidosi. Tipo di degenerazione cellulare con accumulo di sostanza amiloide in vari organi.

Anemia. Riduzione della quantità di emoglobina nel sangue.

Anemia falciforme o falcemia. A. emolitica ereditaria su base genetica legata ad alterazione dell'emoglobina.

Aneurisma. Dilatazione della parete arteriosa accompagnata da alterazione dei costituenti elastici e muscolari.

Aneurisma dissecante. Aneurisma in cui si è prodotta una lacerazione dell'intima arteriosa con scollamento della tunica media.

Angectasia. Termine generico indicante dilatazione di un vaso.

Angina pectoris. Sindrome caratterizzata da violente crisi dolorose generalmente retro-sternali legate a cardiopatia ischemica.

Angiografia. Radiografia di un vaso dopo iniezione di una sostanza radiopaca in genere iodata.

Angioma. Proliferazione congenita di vasi neo-formati.

Angiotensina. Decapeptide trasformato dall'angiotensinogeno, per opera della renina, in angiotensina II, potente vasocostrittore.

Angiotensinogeno. Globulina plasmatica di origine epatica che libera angiotensina I, dopo azione della renina.

Anossia. Mancanza di ossigeno.

Aplasia. Mancato sviluppo di un organo o di un tessuto o dei loro prodotti cellulari.

Aprassia. Incapacità di eseguire movimenti consueti e di fare uso corretto degli oggetti.

APUD. Amine precursor uptake and decarbossilation (Captazione e decarbossilazione dei precursori aminici). Per sistema APUD s'intende un'insieme di cellule, sparse in tutto il corpo, che sintetizzano peptidi con funzioni ormonali e di neurotrasmissione.

Aritmia. Assenza di ritmo cardiaco. Può essere sinusale (in cui gli impulsi nascono normalmente dal nodo seno-atriale) e legata alla respirazione.

Arteriotomia. Incisione di un'arteria.

Arterite. Infiammazione di una arteria. Tipica la arterite temporale di Horton.

Asfigmia. Scomparsa del polso.

Asistolia. Assenza della sistole cardiaca.

Asma cardiaco. Termine improprio usato per attribuire a cause cardiache la sintomatologia respiratoria.

Asma bronchiale. Condizione caratterizzata da attacchi di dispnea parossistica (crisi) prevalentemente espiratoria con fischi e sibili provocati

dalla contrazione bronchiale. Oltre allo spasmo sono presenti edema ed ipersecrezione bronchiale.

B.A.V. Blocco cardiaco atrioventricolare. Può essere di I°, II° e III° grado.

BBDX. Blocco di branca destra. Interruzione totale, permanente o intermittente della conduzione nel tronco della branca destra del fascio di His prima della divisione nelle due emibranche.

BBSN. Blocco di branca sinistra. Interruzione totale, permanente o intermittente della conduzione nel tronco della branca sinistra del fascio di His prima della divisione nelle due emibranche.

Beri-beri. Malattia caratterizzata dalla carenza di vitamina b¹ o tiamina.

Beta-adrenergico (recettore). Recettore sensibile all'adrenalina. Si dividono in beta 1 (lipolitici e cardiostimolanti) e beta 2 (bronco e vasodilatatori).

Beta-Bloccante. Sostanza che inibisce gli effetti delle catecolamine sui recettori beta-adrenergici. Provoca principalmente bradicardia e riduzione dei valori pressori.

Bigeminismo. Presenza di un battito prematuro (extrasistole) ventricolare o sopraventricolare, dopo ogni complesso del ritmo di base.

Bradycardia. Rallentamento dei battiti cardiaci sotto 50 BPM.

By-Pass. Tecnica chirurgica consistente nel creare una connessione tra il segmento a monte ed a valle di un'arteria ostruita.

CCK. Colecistochinina. Ormone polipeptidico a 33 aminoacidi, secreto dalla mucosa del tratto superiore dell'intestino e dell'ipotalamo; stimola la contrazione della colecisti e la secrezione degli enzimi pancreatici. E' sinonimo della pancreozimina.

Capillaroscopia. Esame microscopico dei capillari sanguigni sul soggetto vivente.

Cardiomegalia. Aumento delle dimensioni cardiache.

Cardiomiopatia. Malattia del muscolo cardiaco, spesso di origine primitiva (causa non nota). Le cardiomiopatie si distinguono in dilatative, ipertrofiche ostruttive, restrittive, obliterative.

Cataratta. Patologia oculare caratterizzata dalla opacizzazione della lente o cristallino.

Cateterismo. Introduzione di un catetere in un vaso o in una cavità cardiaca a scopo diagnostico o terapeutico.

CEC. Circolazione extracorporea.

Cianosi. Colorazione bluastra della cute e delle mucose che compare quando il tasso di emoglobina ridotta nel sangue è uguale o superiore a 5 gr/dl.

Clono. Contrazione e rilasciamento di un muscolo alternati in rapida successione.

Colinergico (recettore). Molecola con funzione posta sulla superficie cellulare che lega il neurotrasmettitore acetilcolina mediando la sua azione sulle cellule post-giuzionali.

Collasso. Collabimento delle pareti di un organo.

Collasso o Shock. Condizione ad eziologia varia caratterizzata da inadeguatezza dell'apparato cardio- vascolare a garantire un'adeguato apporto di sangue ai tessuti e l'eliminazione delle scorie. E' caratterizzato da riduzione della portata cardiaca, tachicardia, grave ipotensione e riduzione della diuresi.

Congestione. Accumulo di sangue in un organo a causa della dilatazione del lume dei suoi vasi sanguigni.

Contrattura. Contrazione sostenuta per mancanza di rilasciamento in assenza di potenziali d'azione (inibizione del trasporto del calcio).

Contrazione isometrica. Contrazione a lunghezza costante (senza una apprezzabile diminuzione di lunghezza del muscolo)

Contrazione isotonica. Contrazione a tensione costante (contrazione contro un carico costante con accorciamento del muscolo).

Core. Parte centrale di qualcosa.

Cronotropo. Ciò che concerne la frequenza di un ritmo.

Cuore polmonare (acuto o cronico). Insufficienza del ventricolo destro legata a condizioni patologiche polmonari (es. embolia, ipertensione polmonare, BPCO).

Diffusione. Processo secondo il quale un gas o una sostanza in soluzione, si espande a causa del movimento delle particelle, fino ad occupare tutto lo spazio a sua disposizione.

Digitale. Estratto di digitalis lanata usato nello scompenso cardiaco. Normalmente riduce la frequenza cardiaca ma in caso di sovradosaggio può indurre molteplici tipi di aritmie.

Diplopia o ambliopia. Visione doppia.

Disartria. Imperfetta articolazione del linguaggio dovuta a disturbi del controllo muscolare deputato alla sua produzione.

Discinesia. Alterazione del movimento.

Disfasia. Alterazione del linguaggio con mancanza di coordinazione e incapacità a disporre le parole nel giusto ordine.

Doppler. Apparecchiatura ad ultrasuoni per la determinazione della velocità sanguigna.

Dromotropo. Dicesi di ciò che interessa la conduzione intracardiaca dello stimolo eccitatorio.

Drop attack. Sindrome caratterizzata da caduta a terra per stenosi dell'arteria vertebrale.

E.A.S. Emiblocco anteriore sinistro (blocco della conduzione della emibranca antero-superiore del fascio di His).

E.C.G. Elettrocardiogramma o registrazione degli eventi elettrici del cuore.

Ecocardiogramma. Ecografia cardiaca. Permette di registrare gli echi provocati da sonde ad ultrasuoni per lo studio delle dimensioni e dei movimenti delle strutture cardiache.

Ecodoppler (cardiaco o vascolare). Ecografia cardiaca o vascolare che permette anche lo studio delle velocità del sangue (quantità, qualità e direzione).

Ecocolor Doppler (cardiaco o vascolare). Ecografia cardiaca o vascolare che permette lo studio delle velocità del sangue (quantità, qualità e direzione) e la visualizzazione a colori del flusso sanguigno.

Elastina. Scleroproteina gialla, costituente essenziale del tessuto connettivo elastico giallo. Fragile se disidratata, elastica e flessibile quando è umida.

Embolo. Particella libera nel torrente circolatorio di varia natura (materiale trombotico, gassoso, lipidico, neoplastico, settico, micotico) non miscibile col sangue; può portare all'ostruzione vasale.

Emianopsia. Cecità di metà campo visivo mono o bilaterale.

Endocardite. Infiammazione dell' endocardio.

Endorfine. Neuropeptidi che possiedono potenti azioni analgesiche.

Enfisema. Accumulo patologico di aria in tessuti od organi.

Eparina. Anticoagulante fisiologico ad azione prevalentemente antitrombinica. In terapia si usano eparine calciche o a basso peso molecolare (EBPM) soprattutto per la prevenzione dell'embolia (traumi, immobilità che predispongono alla trombosi venosa).

Eritropoietina. Ormone glicoproteico secreto dal rene dell'adulto e dal fegato nella vita fetale; stimola le cellule staminali del midollo a produrre globuli rossi.

Extrasistole o battito prematuro. Contrazione cardiaca prematura di origine ectopica, sopraventricolare o ventricolare.

Fattore reumatoide (FR). Con questo termine si indicano anticorpi diretti contro determinanti antigenici della porzione Fc delle IgG; si ritrova nell'80% delle artriti reumatoidi (nel 20% delle forme giovanili).

Fibrillazione atriale (FA). Attivazioni fibrillari delle fibre muscolari degli atri che determinano contrazioni rapide (300-500/min) in modo irregolare e disorganizzato da non essere in grado di produrre la sistole. Poiché non esiste più un ritmo sinusale e il nodo A-V scarica in modo irregolare, i ventricoli si contraggono con una frequenza irregolare (assenza di ritmo) solitamente più elevata della norma. Di solito è legata a dilatazione atriale. Quest'ultima favorisce la formazione di trombi a livello atriale con possibili manifestazioni emboliche.

Fibrillazione ventricolare. Il meccanismo di attivazione fibrillare è sovrapponibile a quello della FA. Mentre nella FA, nonostante l'asistolia atriale, il sangue scende per gravità e per depressione dall'atrio al ventricolo, nella FV, l'asistolia è incompatibile con la vita.

Fibrinogeno. Fattore I della coagulazione; si trasforma in fibrina per aggiunta di trombina.

Fibrosi. Produzione di tessuto fibroso; degenerazione fibrosa.

Filariosi. Malattia prevalentemente diffusa nei paesi tropicali, trasmessa da alcuni tipi di zanzare che ospitano le larve. Il verme adulto può invadere il sistema linfatico producendo ostruzioni.

Flaccidità muscolare. Conseguenza alla lesione del nervo motore in cui il muscolo non offre resistenza alla trazione.

Flebite. Infiammazione di una vena.

Folato. Forma anionica dell'acido folico.

Fosfolipide (fosfatide). Composto contenente una o due molecole di acido grasso, una molecola di alcool e un azoto a carattere basico.

Flutter atriale. Attività atriale ectopica solitamente regolare a frequenza elevata (250-350/min). Di solito la contrazione ventricolare ha una frequenza regolare poichè si associa un blocco atrio-ventricolare.

Furto della succlavia. Si verifica quando una sub-occlusione o l'occlusione dell'arteria succlavia prima dell'origine della arteria vertebrale determina una inversione di flusso a carico della arteria vertebrale con "furto cerebrale" per garantire l'apporto ematico all'arto superiore omolaterale. In questi casi l'attività muscolare intensa dell'arto superiore può aggravare la condizione di "furto" e produrre una sintomatologia cerebrale da ipoafflusso.

Gangrena o cancrena. Necrosi di tessuto legata ad arresto dell'apporto sanguigno, di solito localizzata alle estremità (es. in corso di AOCP).

Glaucoma. Aumento della pressione endoculare.

Holter (sistema). Registrazione continua, per 24 ore dell'elettrocardiogramma (Holter ECG) o della pressione arteriosa (Holter pressorio).

Kinking. Ingincocchiamento di un vaso (frequente nella arteria carotide interna).

Idiopatico. Di origine non conosciuta o auto-originantesi.

Incidenza. Dicesi di eventi che si generano ex novo (es. malattie) in un determinato periodo di tempo.

Infarto. Necrosi cellulare a carico di un organo per cause vascolari.

Inotropo. Dicesi di tutto quanto concerne la contrattilità della fibra miocardica.

Insufficienza cardiaca. Sindrome clinica caratterizzata dall'impossibilità da parte del cuore di garantire il fabbisogno di ossigeno ai tessuti.

Insufficienza valvolare. Situazione caratterizzata dalla incontinenza di una valvola (es. cardiaca o venosa) che determina rigurgito.

Impedenza aortica. Resistenza opposta al flusso aortico.

Iperplasia. Aumento del numero delle cellule di un organo.

Ipertrofia. Ingrandimento di un organo o di una sua parte legato ad un aumento della misura delle sue cellule.

Ipocinesia. Riduzione del movimento.

Ipoplasia. Incompleto sviluppo o sotto-sviluppo di un organo o tessuto.

Ipotensione ortostatica. Riduzione della pressione arteriosa nel passaggio dalla posizione sdraiata o seduta a quella eretta di almeno 40 mmHg per la sistolica e 30 mmHg per la diastolica.

Ischemia. Situazione di sofferenza cellulare legata alla riduzione dell'apporto di ossigeno per cause vascolari.

Laplace (legge di). In un oggetto cavo distensibile la pressione distendente è uguale, ad equilibrio raggiunto, alla tensione della parete divisa per i 2 principali raggi di curvatura dell'oggetto.

Leucemia. Proliferazione neoplastica maligna del tessuto leucopoietico (deputato alla produzione dei globuli bianchi o leucociti).

Leucocitosi. Aumento dei leucociti presenti nel sangue.

Leucopenia. Riduzione dei leucociti presenti nel sangue.

Leucotrieni. Si formano dall'acido arachidonico e sono formati da una catena lineare di acidi carbossilici a 20 atomi di carbonio con una o due molecole di O² che sostituiscono 2 o più legami coniugati. Agiscono come regolatori delle reazioni allergiche e infiammatorie.

Linfedema. Edema legato alla ostruzione, interruzione o compressione dei vasi linfatici.

Linfoma. Proliferazione neoplastica maligna del tessuto linfoide. I linfomi si possono distinguere in l. di tipo Hodgkin e non Hodgkin.

Linfosarcoma. Linfoma diffuso.

Lipofuscina. Pigmento lipidico granulare risultato di degenerazione cellulare da ossidazione e polimerizzazione dei lipidi di membrana

Lipotimia o svenimento. Situazione caratterizzata da obnubilamento del sensorio accompagnata da disturbi neurovegetativi (sudorazione algida, nausea), riduzione della pressione arteriosa, tachicardia, difficoltà respiratoria.

Malattia o morbo. Qualsiasi alterazione o interruzione della normale struttura o funzione di un organo, di un sistema o di una parte di essi che si manifesta con un caratteristico gruppo di segni e sintomi.

Metacolina. Agonista colinergico che possiede una durata d'azione maggiore rispetto alla acetilcolina. Ha azione vasodilatatrice e parasimpaticomimetica.

Metanalisi. Tecnica statistica quantitativa che permette di combinare i dati di più studi condotti su di uno stesso argomento generando un unico dato conclusivo per rispondere ad uno specifico quesito clinico.

Micosi. Affezione parassitaria causata da funghi.

Midriasi o corectasia. Dilatazione della pupilla.

Miocardite. Infiammazione del miocardio.

Miopatia. Generico. Malattia muscolare.

Miosi o cormiosi. Contrazione della pupilla.

Miosina. Proteina contrattile presente nel muscolo striato.

Miosite. Infiammazione di un muscolo volontario.

Miotonia. Aumentata irritabilità e contrattilità muscolare con ridotta capacità di rilassamento; spasmo tonico del muscolo.

Mole o grammomolecola. Peso molecolare di una sostanza espressa in grammi.

Moya-moya. Patologia vascolare di eziologia non nota che colpisce le arterie cerebrali con sviluppo di circoli collaterali e insorgenza di infarti multipli.

Natriuretico (fattore). Agente che provoca eliminazione di sodio con le urine.

Necrosi. Morte cellulare; distruzione tessu- tale.

Nevrosi. Disturbo mentale in cui la percezione della realtà è intatta.

Omocisteina. **Prodotto di trasmetilazione della metionina; prodotto intermedio nella sintesi della cisteina.**

Omocistinuria. **Accumulo di omocisteina nel plasma e nell'urina secondario ad aminoacidopatia trasmessa come carattere autosomico recessivo.**

Onda P dell'ECG. Corrisponde alla depolarizzazione (contrazione) striale.

Onda T dell'ECG. Parte del complesso ventricolare che corrisponde alla ripolarizzazione dei ventricoli.

Oppioidi. Peptidi naturali come ad esempio le encefaline, che esercitano effetti simili a quelli degli oppiacei interagendo con recettori specifici presenti sulle membrane cellulari.

Osmolalità. Numero di osmoli per kg di solvente.

Osmolarità. Numero di osmoli per litro di soluzione.

Osmosi. Fenomeno corrispondente alla diffusione di molecole di solvente verso una regione a maggior concentrazione di soluto al quale la membrana è impermeabile.

Osteite. Infiammazione ossea.

Ortopnea. Difficoltà respiratoria tranne che in posizione eretta.

Osteocondrite. Infiammazione dell'osso e della cartilagine.

Osteoma. Tumore costituito da tessuto osseo.

Osteomielite. Infiammazione osteomidollare causata da germi piogeni (germi produttori di pus).

Osteopenia. Riduzione della massa ossea. **Osteoporosi.** Riduzione della massa ossea in percentuale maggiore rispetto alla osteopenia (con deviazione standard > 2.5 rispetto ai valori normali).

Osteosarcoma. Neoplasia maligna dello osso.

pH. Il pH di una soluzione è il logaritmo in base 10, del reciproco della concentrazione degli H^+ , cioè il logaritmo negativo della concentrazione idrogenionica. Il pH dell'acqua, a 25°C, dove sono presenti H^+ e OH^- in eguale quantità, è 7. A partire da questo valore, per ogni diminuzione di pH di una unità, si ha un aumento di 10 volte della concentrazione di H^+ , mentre per ogni aumento di pH di una unità, si ha una diminuzione di 10 volte della concentrazione di H^+ .

Pericardite. Infiammazione del pericardio.

Polso. Sollevamento percepito dalle dita che palpano un'arteria superficiale legato al passaggio dell'onda ematica.

Pneumectomia. Asportazione (o escissione) chirurgica polmonare.

Pre-eccitazione ventricolare. Disturbo della conduzione intracardiaca caratterizzato dalla attivazione precoce dei ventricoli legata alla presenza di fasci di fibre nodali supplementari.

Prevalenza periodale. Definisce gli eventi (es. malattie) presenti nella popolazione nell'arco di un determinato periodo di tempo.

Prevalenza puntuale. Definisce gli eventi (es. malattie) presenti in un certo istante e riferiti ad una definita popolazione.

Prinzmetal (angina variante di). Angina pectoris con manifestazioni e caratteristiche particolari; si può ritrovare anche in pazienti con coronarie indenni.

Prolasso mitralico. Valvola mitralica (uno o entrambi i lembi) che prolassa nell'atrio in sistole. Può essere accompagnata da rigurgito valvolare. Può essere causa di aritmie; si deve fare profilassi antibiotica in corso di manovre chirurgiche o di malattie batteriche.

Prostaciline. Derivati intermedi nella via dell'acido arachidonico, sono potenti vasodilatatori ed inibitori selettivi della aggregazione piastrinica.

Psicosi. Disturbo mentale caratterizzato da delirio, allucinazioni, alterazioni del linguaggio e del comportamento di cui il soggetto non prende consapevolezza.

QRS (complesso). Corrisponde alla depolarizzazione (contrazione) del setto interventricolare e dei due ventricoli.

Raynaud. (malattia, sindrome, fenomeno). Ischemia seguita da cianosi ed asfissia locale con perdita di sensibilità.

Resistenza vascolare. Forza che si oppone allo scorrimento del flusso ematico nei vasi. Si misura in $\text{dine} \times \text{sec} \times \text{cm}^{-5}$. Influisce sul post-carico

Rigidità. Aumento del tono muscolare dei muscoli agonisti ed antagonisti con resistenza al movimento passivo.

Rischio assoluto. Corrisponde alla incidenza di una malattia negli esposti ad un certo fattore di rischio.

Rischio attribuibile. Differenza tra la frequenza di incidenza di una malattia tra gli individui esposti ad un fattore di rischio ed i non esposti.

Rischio relativo. Rapporto tra la frequenza dell'incidenza di una malattia tra individui esposti ad un particolare fattore di rischio e la frequenza dell'incidenza nei non esposti.

Sarcoma. Neoplasia maligna che deriva da strutture di origine connettivale.

Scompenso cardiaco congestizio. Condizione legata prevalentemente al deficit di pompa ventricolare. E' caratterizzata da dispnea, stasi venosa ed edema (polmonare e degli arti inferiori).

Secretina. Ormone peptidico secreto dal duodeno e dal digiuno. Stimola il pancreas a liberare bicarbonato ed acqua che nel duodeno modificano il pH.

Segno. Evidenza che indica la presenza di qualcosa. Il segno, al contrario del sintomo (che è manifestato dal paziente) è riscontrabile dall'osservatore oggettiva mente.

Sensibilità. E' data dalla proporzione di malati che risultano positivi ad un test (veri positivi); quelli che risultano negativi sono falsi negativi.

Shunt. Passaggio o anastomosi tra due canali naturali, specie tra vasi sanguigni.

Sincope. Perdita transitoria del tono posturale e della coscienza.

Sindrome. Complesso di segni e sintomi coesistenti.

Somatostatina. Peptide elaborato prevalentemente dall'ipotalamo e dalle cellule delta del pancreas. Inibisce la liberazione dell'ormone della crescita, della tireotropina e della corticotropina da parte dell'ipofisi, dell'insulina e del glucagone, della gastrina, della renina e della secretina.

SNA. Sistema nervoso autonomo.

Sostanza P. Peptide di 11 amonoacidi presente nelle cellule nervose ed in cellule endocrine dell'intestino; aumenta le contrazioni della muscolatura liscia gastrointestinale e causa vasodilatazione; ad esso viene attribuita una possibile funzione di mediatore del dolore (trasmissione degli impulsi dolorosi).

Spasmo. Contrazione involontaria, improvvisa e violenta di un muscolo o di un gruppo di muscoli.

Spasticità. Aumento del tono (ipertono) dei muscoli agonisti con accentuazione dei riflessi tendinei.

Specificità. E' data dalla proporzione di sani che risultano negativi ad un test (veri negativi); i sani che risultano positivi sono falsi positivi.

Starling (legge di). L'energia della contrazione cardiaca è proporzionale alla lunghezza iniziale delle fibre miocardiche (il grado del precarico) in diretto rapporto al volume telediastolico.

Stenosi valvolare. Situazione caratterizzata dalla stenosi di una valvola cardiaca che riduce l'efflusso del sangue.

Tamponamento cardiaco. Compressione cardiaca legata a versamento pericardico con caduta della portata cardiaca per ostacolo al riempimento ventricolare.

T.E.A. Tromboendoarteriectomia. Tecnica chirurgica usata spesso nelle stenosi dell'arteria carotide interna.

Tensione arteriosa. Resistenza della parete arteriosa alla pressione del sangue.

Tetania. Iperexcitabilità neuromuscolare legata ad una diminuzione della concentrazione di calcio ionizzato extracellulare. Può essere secondaria ad iperventilazione.

Tetano. Contrazione muscolare sostenuta senza periodi di rilasciamento per la presenza di stimoli rapidamente ripetuti di attivazione del meccanismo contrattile sempre prima che si verifichi il rilasciamento.

Trigeminismo. Ripetizione regolare di un battito prematuro (extrasistole) dopo due complessi del ritmo di base.

Tono muscolare. Resistenza offerta da un muscolo allo stiramento.

Tromboflebite. Infiammazione di una vena associata a trombosi di uno o più segmenti.

Trombossano (Tx). Prodotto intermedio del metabolismo dell'acido arachidonico. Il Tx A₂ è un potente vasocostrittore e induttore dell'aggregazione piastrinica.

Valore predittivo negativo. Esprime la probabilità che la persona con test negativo ha di essere ammalata. E' tanto più elevato quanto maggiore è la specificità del test.

Valore predittivo positivo. Esprime la probabilità che la persona con test positivo ha di essere ammalata. E' tanto più elevato quanto maggiore è la sensibilità del test.

Valsalva (manovra di). Espirazione forzata a glottide chiusa.

Vertigine. Illusione di un movimento. Può essere oggettiva (spazio circostante che gira attorno al soggetto) o soggettiva (soggetto che gira attorno allo spazio circostante).

VIP. Vasoactive intestinal polypeptide: peptide intestinale vasoattivo.

Volemia. Massa ematica totale nel torrente circolatorio.

Indice

| | |
|---------------------|---|
| Presentazione | 3 |
|---------------------|---|

Capitolo I

| | |
|---|----|
| Attività fisica e qualità della vita | 5 |
| Introduzione | 5 |
| Aspetti motivazionali | 9 |
| Salute mentale | 12 |
| Attività fisica e autossufficienza | 16 |

Capitolo II

| | |
|---|----|
| Valutazione del rischio, test di screening | 23 |
| Generalità | 23 |
| Soggetti particolarmente a rischio | 24 |
| Accesso all'attività fisica | 25 |
| Rischio ortopedico | 26 |
| Rischio di trauma, raccomandazioni generali | 26 |
| Rischio di trauma, raccomandazioni specifiche | 27 |
| Controindicazioni all'attività fisica | 28 |
| Consigli dell'istruttore per la salute degli utenti | 33 |
| Prevenzione dell'ipertermia | 34 |
| Attività fisica ed altitudine | 35 |
| Farmaci e attività fisica | 35 |

Capitolo III

| | |
|--|----|
| L'energia per l'esercizio fisico | 39 |
| Generalità | 39 |
| Energia fornita dai carboidrati | 39 |
| Energia fornita dai lipidi | 41 |
| Energia fornita dalle proteine | 42 |
| Attivazioni metaboliche | 42 |
| Consumo massimo di O ₂ o massima potenza aerobica (VO ₂ max) | 45 |
| Metodi di misurazione diretti | 46 |
| Metodi di misurazione indiretti | 46 |
| Valutazioni dell'attività fisica | 47 |

Capitolo IV

| | |
|--|----|
| Funzione muscolare, movimento, cenni di biomeccanica | 51 |
| Principi dell'allenamento applicati all'adulto e all'anziano | 57 |

Capitolo V

| | |
|---|----|
| Teoria tecnica e didattica dell'attività motoria e sistema endocrino | 65 |
| Generalità..... | 65 |
| Invecchiamento del sistema endocrino..... | 66 |
| Invecchiamento e metabolismo glicidico..... | 67 |
| Esercizio fisico e diabete..... | 67 |
| Attenzioni..... | 68 |
| Attività fisica..... | 69 |
| Richiami di anatomia e fisiologia dell'apparato endocrino..... | 69 |
| Ipotisi e ipotalamo..... | 69 |
| Tiroide..... | 71 |
| Ghiandole surrenali..... | 73 |
| Pancreas..... | 74 |

Capitolo VI

| | |
|---|-----|
| Teoria tecnica e didattica dell'attività motoria e apparato cardiovascolare | 79 |
| Invecchiamento dell'apparato cardiovascolare..... | 79 |
| Attività fisica e apparato cardiovascolare..... | 82 |
| Cardiopatìa ischemica..... | 83 |
| Attività fisica nella cardiopatìa ischemica..... | 87 |
| Soggetti particolarmente vulnerabili e rischi collegati a fattori ambientali..... | 91 |
| Scompenso cardiaco..... | 91 |
| Attività fisica e scompenso cardiaco..... | 93 |
| Esercizi nello scompenso cardiaco..... | 94 |
| Ipertensione arteriosa..... | 95 |
| Prevenzione..... | 100 |
| Attività fisica e ipertensione..... | 100 |
| Attenzioni..... | 101 |
| Attività fisica consigliata..... | 101 |
| Valutazione iniziale del soggetto..... | 101 |
| Arteriopatìa ostruttiva degli arti inferiori..... | 102 |
| Valutazione iniziale del soggetto..... | 104 |
| Attività fisica e arteriopatìa ostruttiva cronica periferica..... | 104 |
| Attività fisica consigliata..... | 105 |
| Consigli per gli utenti..... | 105 |
| Attività fisica nell'amputato di arto inferiore..... | 106 |
| Attività fisica consigliata..... | 106 |
| Richiami anatomici e fisiologici dell'apparato cardiocircolatorio..... | 106 |

Capitolo VII

| | |
|---|-----|
| Teoria tecnica e didattica dell'attività motoria e apparato locomotore | 123 |
| Invecchiamento dell'apparato locomotore..... | 123 |
| Invecchiamento muscolare..... | 123 |
| Ossa, articolazioni, tendini e invecchiamento..... | 125 |
| Flessibilità e invecchiamento..... | 129 |

| | |
|---|-----|
| Invecchiamento dell'apparato locomotore e attività fisica | 130 |
| Caratteristiche e prestazioni dell'atleta veterano | 130 |
| Effetti dell'attività fisica sulla popolazione anziana | 131 |
| Effetti dell'attività fisica sul muscolo | 132 |
| Effetti dell'attività fisica sulla flessibilità | 134 |
| Effetti dell'attività fisica sull'osso | 134 |
| Attività fisica e patologia dell'apparato locomotore | 136 |
| Attività fisica e patologia articolare | 136 |
| Attività fisica e patologia ossea | 142 |
| Richiami di anatomia e fisiologia | 144 |

Capitolo VIII

| | |
|---|-----|
| Teoria tecnica e didattica dell'attività motoria e apparato respiratorio | 161 |
| Sistema respiratorio e invecchiamento | 161 |
| Variazioni di volumi e misure statici | 163 |
| Variazione di volumi e misure dinamiche | 163 |
| Difese immunitarie | 164 |
| Attività fisica e invecchiamento dell'apparato respiratorio | 164 |
| Effetti dell'attività fisica nell'anziano | 165 |
| Dispnea | 166 |
| Attività fisica e patologia respiratoria | 166 |
| Attività consigliate | 171 |
| Richiami anatomici e fisiologici | 171 |
| Contenuto di O ₂ | 176 |
| Estrazione di ossigeno tissutale | 177 |
| Anossia | 177 |

Capitolo IX

| | |
|--|-----|
| Teoria tecnica e didattica dell'attività motoria e sistema nervoso | 181 |
| Invecchiamento del sistema nervoso | 181 |
| Attività fisica, sistema nervoso e invecchiamento | 183 |
| Patologie del sistema nervoso e attività fisica | 184 |
| Ictus nelle varie età ed in particolari condizioni | 187 |
| Aspetti Fisiopatologici dell'Ictus nella Patologia Aterosclerotica dei Vasi Cerebro-Afferenti | 188 |
| Attività fisica e prevenzione dell'ictus | 192 |
| Attività fisica nel soggetto colpito da ictus | 192 |
| L'importanza della famiglia | 193 |
| Sindromi extrapiramidali e attività fisica | 193 |
| Attività fisica e disturbi cognitivi | 194 |
| Ansia, sintomi depressivi e attività fisica | 195 |
| Valutazione iniziale del soggetto | 196 |
| Richiami di anatomia e fisiologia | 204 |

Capitolo X

| | |
|---|-----|
| Attività fisica nell'adulto | 211 |
| Generalità | 211 |
| Esercizio aerobico | 213 |
| Allenamento della forza | 214 |
| Allenamento della flessibilità | 216 |
| Raccomandazioni ACSM | 217 |
| Attività fisica nella donna | 219 |
| Promozione della fitness nell'anziano | 222 |
| Promozione della salute nell'anziano | 224 |

Capitolo XI

| | |
|--------------------------------------|-----|
| Marcia, corsa, ciclismo | 231 |
| Generalità | 231 |
| Cammino, marcia | 233 |
| Corsa | 236 |
| Ciclismo | 239 |

Capitolo XII

| | |
|--------------------------------|-----|
| Attività in acqua | 245 |
| Generalità | 245 |
| Nuoto | 247 |
| Acquagym | 251 |

Capitolo XIII

| | |
|-------------------------|-----|
| Generalità | 255 |
| Aerobica | 256 |
| Ballo | 259 |

Capitolo XIV

| | |
|---|-----|
| Attività fisica in palestra | 263 |
| Allenamento aerobico e cardiofitness | 265 |
| Allenamento della forza e body building | 268 |
| Corpo libero per l'adulto e per l'anziano | 272 |
| Corpo libero per l'anziano | 274 |
| Allenamento a circuito, circuit training | 281 |

Appendice

| | |
|---|-----|
| Valori normali dei principali esami ematochimici nell'adulto | 285 |
| Equivalenze tra misure | 286 |
| Nomenclatura dei valori | 286 |
| Unità fondamentali | 286 |
| Unità derivate | 287 |
| Prefissi standard | 287 |

| | |
|------------------------|-----|
| Glossario | 289 |
|------------------------|-----|

FINITO DI STAMPARE
DALLA TIPOGRAFIA ABC
SESTO FIORENTINO (FI)
NEL MESE DI OTTOBRE 2012