



Università degli Studi di Firenze

DOTTORATO DI RICERCA IN
"Scienze Fisiologiche e Nutrizionali"

CICLO XXV

COORDINATORE Prof. Poggese Corrado

*Adattamenti nel controllo dell'equilibrio in
relazione all'attività sportiva calcistica*

Settore Scientifico Disciplinare M-EDF/02

Dottorando

Dott. Cattozzo Andrea

Tutore

Prof. Galanti Giorgio

Anni 2010/2012

Adattamenti nel controllo dell'equilibrio in relazione all'attività sportiva calcistica

Introduzione: Molti studi ci indicano come la pratica sportiva modifichi il controllo dell'equilibrio (Judge 1993; Nagy 2007). Studi individuano nel controllo posturale una fattore determinante per il risultato sportivo (Era 1996; Vuillerme 2001; Paillard 2006) e per la prevenzione agli infortuni (Mc Guine Keene 2000). Scopo dello studio è indagare se ci sono differenze nel controllo posturale tra calciatori appartenenti a diverse categorie e divisi per età.

Mezzi e Metodi: sono stati valutati 291 calciatori di sesso maschile divisi in 4 gruppi: 46 "Giovanissimi" (anni 14,04 SD \pm 0,5); 79 "Allievi" (anni 15,08 SD \pm 0,41); 54 "Primavera" (anni 17,74 SD \pm 0,83); 112 "1° Squadra" (anni 25,88 SD \pm 4,43). Per lo studio è stata utilizzata una pedana a celle di carico per rilevare il CoP. Sono stati presi i valori di Area CoP e Lunghezza CoP. Ogni soggetto ha effettuato test in condizione OA (Occhi Aperti) e OC (Occhi Chiusi). *Un secondo protocollo* ha visto impegnati 46 calciatori: 23 "Giovani" (anni 16,68 SD \pm 0,81); 23 "1° Squadra LP" (anni 22,09 SD \pm 4,01); I due campioni sono stati sottoposti a valutazione ad OA, OC e In monopodalico con gamba Dominante e non Dominante al tempo (T0) e dopo nove mesi di attività agonistica (T9).

Risultati: è stato effettuato T-Test ($P < 0,05$) nel confronto OA e OC in ogni singola categoria descrivendo una differenza significativa per ogni campione. Il confronto tra categorie ad OA e OC è stato fatto con ANOVA Sono emerse differenze statisticamente significative ($P < 0,05$) esclusivamente per il valore Area CoP, saggiate anche con Post Hoc (LSD). Nel secondo protocollo è stato effettuato un ANOVA multifattoriale.

Conclusioni: C'è una differenza nel controllo dell'equilibrio tra le varie categorie.

I risultati ci conducano all'ipotesi che l'adattamento che il calciatore compie con gli anni di attività sia dovuto a modificazioni che coinvolgono il sistema visivo, somatosensoriale e le loro connessioni con gli effettori del controllo dell'equilibrio. Tali adattamenti avverrebbero in fasi alternate tra di loro.

Il secondo protocollo non ha rilevato differenze di strategia di controllo dopo nove mesi, rilevante è il dato che non c'è differenza nel controllo dell'equilibrio tra arto Dominante e Non Dominante.

Indice

Introduzione	5
• Equilibrio e sport	6
• Il controllo dell'equilibrio	10
• Meccanismi di controllo della postura eretta	12
• Le afferenze sensoriali	16
▪ <i>L'orecchio interno</i>	
▪ <i>L'occhio</i>	
▪ <i>Il piede</i>	
▪ <i>Gli endorecettori</i>	
• La biomeccanica della stazione eretta	20
Scopo della tesi	24
Mezzi e metodi	26
• Apparecchiature	26
• Metodica applicativa	29
▪ <i>Protocollo sperimentale 1</i>	
▪ <i>Protocollo sperimentale 2</i>	
• Soggetti	30
▪ <i>Protocollo sperimentale 1</i>	
▪ <i>Protocollo sperimentale 2</i>	
• Analisi dei dati	33
▪ <i>Protocollo sperimentale 1</i>	
▪ <i>Protocollo sperimentale 2</i>	
• Analisi statistica	34
▪ <i>Protocollo sperimentale 1</i>	
▪ <i>Protocollo sperimentale 2</i>	

Risultati

<i>Protocollo sperimentale 1</i>	36
----------------------------------	-----------

- **Confronto tra condizioni (OA) - (OC) nelle categorie** _____ **36**
 - Giovanissimi
 - Allievi
 - Primavera
 - 1° Squadra
- **Confronto tra categorie di giocatori in condizioni (OA)** _____ **40**
- **Confronto tra categorie di giocatori in condizioni (OC)** _____ **45**

Protocollo sperimentale 2

- **Confronto Area CoP a più variabili**
(Tempo/Condizione/Categoria) _____ **50**
- **Confronto Area CoP monopodalico a più variabili**
(Tempo/Dominanza/Categoria) _____ **54**

Discussione	58
-------------	-----------

Conclusioni	60
-------------	-----------

Bibliografia	62
--------------	-----------

Introduzione

L'attenzione dei ricercatori nell'ambito delle Scienze Motorie e Sportive è rivolta sempre più a fornire indicazioni pratiche per lo sviluppo delle metodiche di allenamento e di prevenzione degli infortuni. Alla luce di queste esigenze appare fondamentale lo studio sul controllo dell'equilibrio. Questa capacità è soggetta a modificazioni e miglioramenti nel corso della vita, infatti alcuni studi indicano che il sistema di controllo dell'equilibrio matura e si consolida intorno ai 14 anni di età e si perfeziona con l'esperienza e l'esercizio fisico. Sono molti gli studi che individuano un miglioramento in tutte le fasi della vita attraverso allenamenti specifici. Lo sport, in generale, affina i sistemi di afferenza e potenzia gli effettori del controllo posturale.

Dal punto di vista prestativo alcuni autori individuano come il controllo dell'equilibrio sia un fattore determinante per il risultato (Era et al. 1996; Vuillerme et al. 2001; Paillard et al. 2006), e per la prevenzione agli infortuni (McGuine et al. 2000). L'equilibrio risulta essere una qualità fondamentale nello sport, in particolare nei giochi di situazione, come il calcio, dove le informazioni visive sono orientate anche al controllo del gioco (avversari, palla, compagni). Bieć et al. (2010) dimostra come questi adattamenti avvengono già in giovane età con la pratica calcistica. Conoscere, quindi, gli adattamenti nel controllo dell'equilibrio in relazione all'attività calcistica può essere importante per migliorare le proposte allenanti ed avere punti di riferimento per la prevenzione ed il recupero degli infortuni.

Equilibrio e sport

Negli ultimi anni ha preso sempre più campo l'allenamento propriocettivo, rivolto, sia alla salvaguardia della salute dello sportivo, ma anche al miglioramento del livello prestativo. La propiocezione corrisponde al senso della posizione del corpo nel campo gravitazionale, della posizione reciproca e del movimento dei singoli segmenti corporei (Umiltà 1995). Agli inizi del novecento, si parla per la prima volta di propriocettività per indicare l'insieme di segnali provenienti dai propriocettori, la cui funzione principale è quella di informare, istante per istante, il sistema nervoso sui movimenti propri dell'organismo (Sherrington 1906). La propiocezione è quindi fondamentale nell'abilità di un soggetto per correggere i continui sbilanciamenti del corpo contribuendo così al controllo dell'equilibrio.

L'equilibrio è il rapporto ottimale tra l'ambiente ed il soggetto, si riferisce all'abilità di ciascuno a rimanere in posizione eretta da fermo o durante la preparazione e l'esecuzione di un movimento volontario (Sveistrup, 2001). Ciò che viene chiamato equilibrio, infatti, altro non è che un continuo adattamento della nostra muscolatura o delle articolazioni a modificazioni della postura che richiedono un'adeguata risposta motoria. Esso non è rappresentato da una situazione definitiva, ma deriva da un continuo adattamento tonico posturale coordinativo: infatti ciò che è importante non è la capacità di conservare l'equilibrio, ma di saperlo ritrovare ogni volta. L'informazione necessaria per il controllo dell'equilibrio si avvale oltre alle informazioni propriocettive anche delle entrate sensoriali del sistema vestibolare e visivo e si realizza attraverso la contrazione tonica di origine riflessa dei muscoli antigravitari. La risposta muscolare dipende anche dall'elaborazione centrale di tali segnali che permette di ricostruire coordinate spaziali e un modello interno di posizione del corpo, lo schema di riferimento.

Il controllo dell'equilibrio può essere considerato un processo suscettibile di miglioramenti come è testimoniato dalle complesse e profonde modifiche che questa abilità subisce durante le varie fasi dello sviluppo. In particolare, l'abilità di mantenere la stazione eretta non perturbata viene acquisita intorno al primo anno di vita e, attraverso un processo di miglioramento a stadi, raggiunge nell'adulto un livello di stabilizzazione che si mantiene senza significative variazioni per il resto della sua esistenza.. Lo sviluppo dei sistemi che regolano il controllo della stazione eretta avviene in età differenti, in un primo momento abbiamo la maturazione del sistema somatosensoriale, seguito dal sistema visivo e vestibolare (Hirabayashi et coll. 1995). Il più grande sviluppo di integrazione sensoriale è stata riscontrato tra i 4 e 6 anni con la risposta alle mutate condizioni sensoriali diventando simile a quello presentato dagli adulti tra i 7 e i 10 anni di età (Shumway-Cook et coll. 1985; Hay 1978, 1979; Forssberg e Nashner 1982). Mentre alcuni studi hanno suggerito che i bambini di 9 anni di età possono presentare strategie di controllo posturale simile agli adulti (Shumway-Cook et al. 1985), Altri studiosi (Woollacott 1985; Taguchi et. al. 1988; Hirabayashi, 1995; Sparto et al. 2006) hanno proposto che solo dopo i 14 anni si sviluppa lo stesso controllo visivo e vestibolare degli adulti.

La stabilizzazione dell'apprendimento posturale è quantificabile, come qualsiasi altra forma di apprendimento, attraverso la valutazione di processi quali la "retention", ovvero il mantenimento del livello di prestazione a distanza di tempo o il "transfer", ovvero la capacità di generalizzare e trasferire l'abilità acquisita ad un altro compito. Nonostante si riconosca che il controllo della stazione eretta possa andare incontro a processi di apprendimento, i dati sperimentali che ne caratterizzano le proprietà non sono abbondanti quanto lo sono invece i dati riguardanti l'apprendimento di compiti motori in cui si eseguono movimenti. In particolare, se qualche dato sperimentale è disponibile in relazione al miglioramento dell'equilibrio dinamico associato a perturbazioni, si sa ben poco

sulla possibilità di modificare in maniera consistente e duratura la posizione statica non perturbata. Tarantola e collaboratori (1997) accertarono per esempio che solo condizioni difficili, come nel caso del mantenimento della postura ad occhi chiusi e con i piedi accostati, determinavano un miglioramento della stazione eretta bipodalica, giungendo alla conclusione che la posizione standard avesse ampiezze di oscillazione talmente ridotte da non essere suscettibile di miglioramento. Analoghe conclusioni furono tratte da altri autori, utilizzando la posizione eretta su una sola gamba (Buchele e coll., 1984) o con ridotte superfici di appoggio (Kanaya e Takahashi, 1998). Altri autori hanno studiato le conseguenze della pratica sportiva sull'equilibrio (Judge e coll., 1993; Nagy e coll., 2007). Il miglioramento del controllo posturale associato all'attività fisica è stato riscontrato più frequentemente nel caso in cui i test richiedevano il mantenimento della postura in condizioni difficili anziché durante la stazione eretta tranquilla: per esempio, nella condizione ad occhi chiusi, sebbene solo nella stazione uni podalica, i ginnasti hanno dimostrato migliori prestazioni (Vuillerme e coll., 2001) rispetto a gruppi di sportivi praticanti altre attività. Alcuni studi hanno messo in evidenza come la pratica sportiva possa modificare anche il controllo dell'equilibrio posturale, portando ad una morfofunzionalità dell'atleta (Davlin 2004). Ad esempio, gli atleti allenati mostrano, nel tempo, una minor tendenza ad aumentare l'instabilità posturale rispetto ai soggetti di controllo (Schwesig et al., 2009). Inoltre l'allenamento sportivo sembra selezionare le strategie di controllo posturali più efficace probabilmente più economiche (Mesure et al., 1994). Infine, anche all'interno dello stesso tipo di pratica sportiva, la specializzazione del ruolo (calciatori attaccanti e difensori) si traduce in una differente superficie del CoP in condizioni dinamiche (Bizid e Paillard, 2006; Vuillerme, 2004). Sempre Paillard et al. (2006) indicano che il livello dello sport praticato, in questo caso il calcio, influenza la strategia di controllo posturale, infatti, i giocatori di alto livello impiegano la propiocezione e la vista

differentemente dai calciatori dilettanti. Da questi studi si evince che l'attività fisica modifica le strategie di controllo posturale.

Il controllo posturale negli sportivi, e la stabilità in generale è un fattore determinante per il risultato (Era et al 1996; Vuillerme et al. 2001; Paillard et coll. 2006), e per la prevenzione agli infortuni (Mc Guine Keene 2000). Molti studi indicano come la stabilità posturale sia migliore negli sportivi di discipline individuali, rispetto ai soggetti sedentari (Era et al. 1996; Golomer et al. 1999; Perrin et al. 2002; Paillard et al. 2006), mentre sono pochi, quelli che indagano le caratteristiche degli atleti di sport di squadra in generale, ad esclusione del calcio. Infatti nei giocatori di calcio si riscontra una migliore stabilità posturale (Matsuda et al. 2008), con un minore utilizzo del recettore visivo per il controllo dell'equilibrio posturale (Paillard et al.2006) rispetto ai soggetti sedentari.

Il controllo dell'equilibrio

L'equilibrio viene inteso come la capacità di adattare la postura, sia a riposo che in movimento, alla richiesta ambientale e agli obiettivi motori prefissati. Per postura si intende la posizione del corpo nello spazio e la relazione spaziale tra i segmenti scheletrici, il cui fine è il mantenimento dell'equilibrio. In particolare, il mantenimento dell'equilibrio in una posizione statica richiede che la proiezione del baricentro, del soggetto, sul terreno non esca dai limiti della base di appoggio: in tal caso il soggetto cadrebbe. In condizioni fisiologiche la postura eretta è regolata da un sistema di controllo che dipende essenzialmente da tre attori:

- ***il sistema sensoriale:*** i sistemi visivo, vestibolare e somatosensoriale forniscono informazioni sulla posizione del corpo nell'ambiente, sulla posizione relativa dei segmenti corporei e sulle forze che agiscono su essi. Tali canali di ingresso vengono elaborati per definire gli elementi informativi importanti per operare nello specifico contesto comportamentale in cui si trova il soggetto.
- ***Il sistema nervoso centrale (SNC):*** integra le informazioni afferenti e genera sequenze adeguate di attivazioni muscolari, in gran parte di natura riflessa, che permettono di mantenere la postura quando questa viene modificata dalle forze presenti nell'ambiente. Inoltre esso provvede a stabilizzare le parti corporee che fungono da supporto posturale durante il movimento. Ciò avviene prima e durante l'esecuzione di un atto motorio volontario. I meccanismi, con cui l'integrazione multisensoriale viene messa in atto, non sono ancora del tutto chiari e diverse ipotesi sono state avanzate (Mergner e Rosemeier, 1998; Van der Kooij, 2000; Peterka, 2002). La funzione del sistema nervoso è quella di trasferire gli impulsi afferenti di diversa origine ai nuclei motori spinale ed encefalici, dai quali originano le afferenze che controllano le attività dei muscoli preposti al mantenimento della postura. Tale

trasferimento non può avvenire in modo stereotipato, ma deve necessariamente dipendere dal preciso significato che un certo segnale sensoriale assume nello specifico contesto. Ad esempio, uno stesso segnale vestibolare può essere generato dal movimento del corpo in piani molto diversi fra loro: ciò dipende dal fatto che la testa può assumere diverse posizioni rispetto al tronco (Manzoni, 2005). Inoltre gli impulsi nervosi provenienti dai recettori sensoriali sostengono l'attività continua dei motoneuroni, necessaria per mantenere il tono posturale.

- **Gli attuatori muscolari e osteoarticolari:** eseguono i comandi motori, volontari e riflessi mettendo in atto quei movimenti compensatori e/o anticipatori che consentono di restare in equilibrio.

Questi tre attori realizzano un sistema di controllo (figura 1) con caratteristiche talvolta non lineari e con una ridondanza potenziale davvero notevole. Si intende per ridondanza la possibilità di produrre la stessa azione stabilizzatrice, utilizzando attuatori osteoarticolari e muscolari diversi. Ciò consente di adattare più facilmente i movimenti compensatori e anticipatori a situazioni patologiche e variazioni delle condizioni ambientali (Berger et al., 1992). Tale adattamento è comunque dipendente dalle proprietà plastiche del SNC (Nashner, 1976).

Schema a blocchi del sistema di controllo posturale dell'uomo

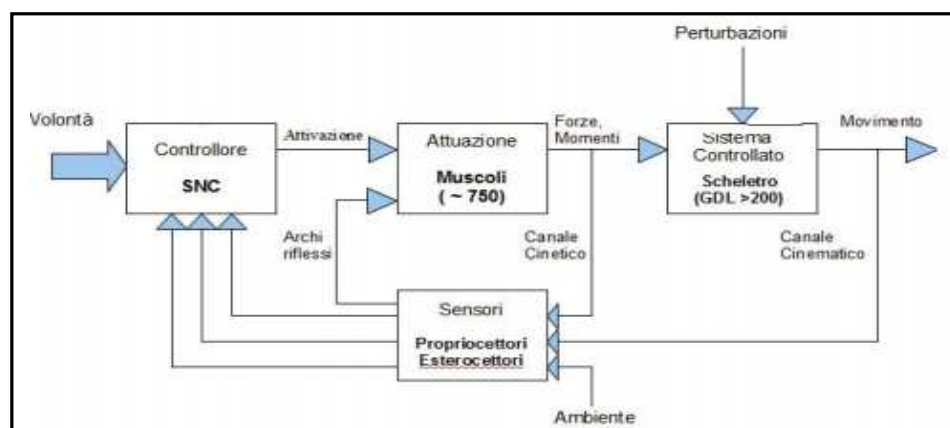


Figura 1

Meccanismi di controllo della postura eretta

La postura è definita come la posizione complessiva del corpo e degli arti l'uno rispetto agli altri, e il loro orientamento nello spazio (Massion, 1994).

Per mantenere una posizione stabile e restare eretti tenendo le varie parti del corpo allineate tra di loro, è necessario eseguire una serie di aggiustamenti posturali. Per eseguire un atto motorio occorre compiere degli aggiustamenti posturali che debbono essere integrati con il movimento volontario. Questi aggiustamenti permettono di sostenere la testa e il corpo contro la forza di gravità ed altre forze esterne; di mantenere il centro della massa corporea allineato ed equilibrato all'interno della base di appoggio al suolo e di stabilizzare le parti corporee che fungono da supporto quando altre parti sono in movimento. (Massion 1994). Principalmente è la forza di gravità ad influenzare la postura e il mantenimento dell'equilibrio posturale, che può essere definito come quella condizione in cui tutte le forze che agiscono sul corpo sono bilanciate e quindi il corpo rimane nella posizione che si intende assumere (equilibrio statico) o è in grado di eseguire il movimento che intende compiere senza perdere l'equilibrio (equilibrio dinamico). (Stack et al. 2009). Il primo requisito per poter mantenere qualunque posizione è la capacità di sviluppare una contrazione tonica della muscolatura, cioè un tono posturale. (D'Avella et al., 2008). Bisogna poi essere in grado di correggere le deviazioni dalla posizione scelta e, per svolgere una tale funzione, sono necessari sistemi sensoriali che possono segnalare tali deviazioni e generare attivazioni muscolari riflesse (riflessi posturali) in grado di ripristinare la posizione originaria. Si ritiene che questi segnali sensoriali diano origine a rappresentazioni nervose della posizione del corpo, che vengono indicate come sistemi di riferimento per la postura. (Massion, 1994). Infine, è necessario mantenere l'equilibrio generando forze agenti sul centro di massa che neutralizzino gli effetti

destabilizzanti delle forze che possono agire sul corpo (Fig. 1), nonché del movimento volontario dei suoi diversi segmenti. (Massion, 1998).

Il sistema nervoso impara a correggere le perturbazioni esterne in due modi:

- 1) Utilizza i segnali sensoriali che normalmente riceve per agire direttamente sull'arto che esegue il movimento e questo controllo istante per istante viene detto controllo a *feed-back*;
- 2) Utilizza informazioni di una o più modalità sensoriali, come la visione, l'udito o il tatto, per rilevare le perturbazioni cui sta per andare incontro il movimento e mettere in atto, prima dell'inizio del movimento, particolari strategie basate sull'esperienza pregressa. Questo meccanismo anticipatorio viene denominato controllo a *feed-forward* (Finley et al. 2009).

Nel controllo a *feed-back* i segnali provenienti dai recettori di senso vengono confrontati con un segnale di riferimento, che rappresenta la condizione che si desidera mantenere. La differenza fra questi due tipi di segnali, o *segnale di errore*, viene utilizzata per regolare l'uscita motoria. In un sistema a *feed-back* negativo o proporzionale, l'errore così calcolato produce immediatamente una variazione compensatoria a livello dell'uscita motoria. Poiché questo sistema forma un circuito chiuso, l'uscita del sistema a *feed-back* può essere modificata cambiando il segnale di riferimento stesso. Il controllo a *feed-back* è particolarmente importante per il mantenimento della posizione degli arti o del punto di applicazione delle forze che vengono applicate agli oggetti tenuti con le mani. Meccanocettori muscolari molto sensibili e afferenze cutanee provenienti dalle dita forniscono importanti segnali a *feed-back* per l'esecuzione di questo tipo di compito motorio. Se queste informazioni vengono a mancare si manifestano notevoli disturbi nella postura e nel movimento. I rapidi aggiustamenti a *feed-back* possono essere mediati solo da circuiti spinali. A differenza dei sistemi a *feed-back*, i sistemi di controllo a *feed-forward* o anticipatori agiscono prima che le perturbazioni diventino operative. Questo tipo di controllo è denominato controllo

anticipatorio e per la sua attuazione debbono agire sia segnali sensoriali che informazioni desunte dall'esperienza (Massion, 1998).

Il mantenimento dell'orientamento posturale e dell'equilibrio vengono realizzati mettendo in opera strategie posturali, che sono mirate al raggiungimento di obiettivi specifici. Un obiettivo posturale molto importante è il controllo della posizione del corpo nello spazio. Un soggetto in piedi su una piattaforma instabile tende a controllare maggiormente la posizione della testa nello spazio che diventa più stabile di quella del corpo: in questo modo viene minimizzato il movimento dell'immagine sulla retina e favorita la visione. Ciò implica che la strategia posturale scelta stabilisce una gerarchia fra i diversi obiettivi, alcuni dei quali diventano secondari e possono anche essere sacrificati (Massion 1994). Gli obiettivi posturali vengono realizzati in maniera largamente involontaria, attraverso meccanismi riflessi. La realizzazione di un obiettivo posturale richiede che il sistema nervoso centrale controlli una o più variabili posturali: si ritiene che le variabili controllate siano quelle che, nel tempo, mostrano la minore variabilità. Per controllare una qualunque variabile posturale è necessario che esistano sistemi recettoriali la cui attività possa essere correlata in modo preciso con la variabile in questione. Generalmente questa rappresentazione nervosa della variabile posturale è il frutto di un'integrazione multisensoriale. I segnali afferenti segnalano le deviazioni dall'orientamento posturale prescelto modificando l'attività muscolare in modo da ripristinare la posizione originale. In questo contesto devono essere inquadrati i classici *riflessi posturali*. Infatti, quando l'allontanamento dalla posizione prescelta minaccia l'equilibrio, gli stessi segnali sensoriali danno origine a reazioni posturali, cioè ad attivazioni fasiche e coordinate che interessano diversi muscoli e agiscono in modo da riportare il corpo stesso in vicinanza della posizione di equilibrio. Infine, quando si compie un movimento volontario, i comandi motori centrali danno origine a modificazioni dell'attività di quei muscoli che, con la loro azione, possono prevenire le conseguenze destabilizzanti del

movimento medesimo. I meccanismi che assicurano il mantenimento della stabilità posturale in condizioni naturali richiedono la partecipazione di centri corticali e sovraspinali. Le risposte posturali vengono innescate da vari tipi di afferenze sensoriali:

- 1) I propriocettori muscolari che rilevano le variazioni di lunghezza o di tensione dei muscoli della caviglia;
- 2) I recettori vestibolari che rilevano l'inclinazione del corpo sulla base del movimento del capo;
- 3) Le afferenze visive che trasmettono informazioni sul movimento del campo visivo. (Vaugoyeau et al., 2008).
- 4) Le afferenze provenienti dalle articolazioni e dalla pianta del piede. (Reschke et al., 2009).

Le afferenze sensoriali

L'Orecchio interno

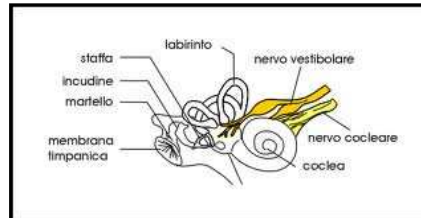


Figura 2

I recettori dell'orecchio interno sono degli accelerometri, essi informano sul movimento e sulla posizione della testa in rapporto alla verticale gravitaria. L'entrata vestibolare comprende il sistema dei canali semi-circolari ed il sistema otolitico. Il sistema semicircolare è un sistema di tre canali arciformi situati in tre piani perpendicolari fra di loro, sensibili alle accelerazioni angolari (rotazione della testa). I canali semicircolari non partecipano alla regolazione fine dell'equilibrio, poiché la loro soglia di sensibilità alle accelerazioni è superiore alle accelerazioni oscillatorie associate al ritmo posturale; per contro il sistema interviene nell'equilibrio dinamico. Il sistema otolitico è contenuto in due vescicole: il sacco e l'utricolo, sensibili alla gravità e alle accelerazioni lineari e dinamiche. Sembra che solo questi ultimi recettori partecipino alla regolazione posturale fine. Affinché le informazioni che provengono all'orecchio interno possano essere utilizzate dal S.T.P., per controllare le oscillazioni posturali, devono essere comparate alle informazioni propriocettive che permettono di conoscere la posizione della testa in rapporto al tronco e quelle del tronco in rapporto alle caviglie e soprattutto alle informazioni di pressione podalica, il solo riferimento che abbiamo rispetto alla base d'appoggio (Horak et al., 1996; Mergner e Rosemeier, 1998).

L'Occhio

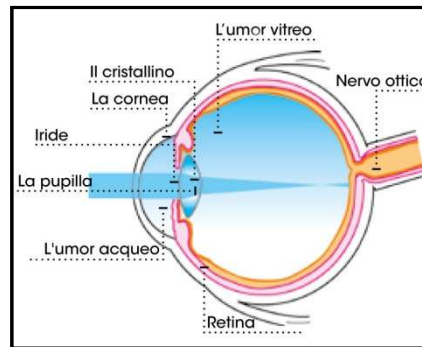


Figura 3

L'entrata visiva, proveniente dalla regione periferica della retina, permette la stabilità posturale per i movimenti antero-posteriori. Per contro, per i movimenti destra-sinistra, la visione centrale diviene preponderante (Horak et al., 1996). L'entrata visiva gioca un ruolo fondamentale quando l'ambiente visivo è vicino; se la mira visiva è distante cinque metri o più, le informazioni che vengono dai recettori visivi diventano poco importanti: in questa condizione, infatti, l'immagine retinica si muove assai poco in seguito alle oscillazioni corporee. Per fare in modo che il Sistema Tonico Posturale possa utilizzare le informazioni visive per il mantenimento dell'equilibrio, bisogna che le informazioni visive siano comparate a quelle che provengono dall'orecchio interno e dall'appoggio plantare, nonché a quelle generate dal movimento dell'occhio (la cui natura non sarà trattata in questa tesi). In effetti, senza tale integrazione, non è possibile inferire se lo scivolamento delle immagini sulla retina sia dovuto al movimento dell'occhio nell'orbita, al movimento della testa rispetto al tronco o al movimento dell'insieme della massa corporea (solo in quest'ultimo caso le informazioni visive devono produrre aggiustamenti della postura) (Horak et al. 1996; Mergner e Rosemeier, 1998).

Il Piede

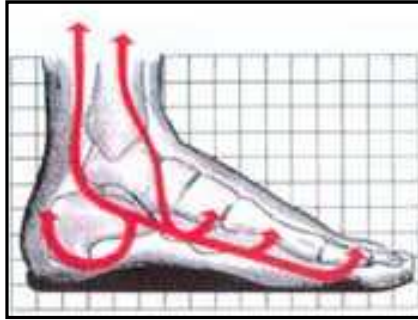


Figura 4

Il peso corporeo arriva verso il basso attraverso l'articolazione tibio-tarsica e si scarica al suolo per il 50% sull'avampiede e per il 50% sul retropiede e piú precisamente: Calcagno 3/6; 1° metatarso 2/6; 5° metatarso 1/6.

La superficie cutanea plantare permette di situare l'insieme della massa corporea in rapporto all'ambiente, misurando la pressione a livello di questa. Essa è ricca in recettori e possiede una soglia di sensibilità molto elevata (i meccanocettori plantari percepiscono pressioni anche di 0,3 gr). Le informazioni plantari sono le uniche derivanti da un recettore fisso direttamente a contatto con un ambiente immobile, rappresentato dal suolo, e sono riferibili alle oscillazioni dell'insieme della massa corporea. A livello del piede vengono generate, tuttavia, anche informazioni propriocettive muscolari e articolari.

Gli Endocettori

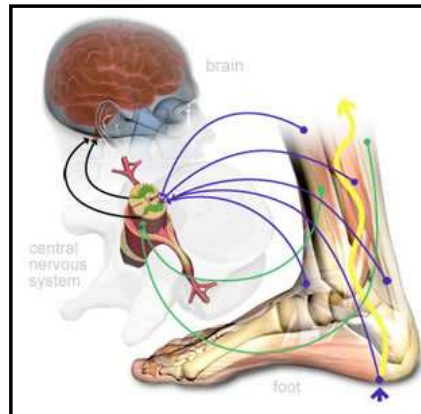


Figura 5

Con questo termine si intendono recettori che informano il Sistema Tónico Posturale di quello che succede all'interno del corpo. Permettono al sistema di riconoscere la posizione di e le forze agenti su ossa, muscoli, legamenti e organi. Essi permettono di stabilire la relazione dei recettori cefalici (orecchio interno e retina) rispetto a quelli podalici. Si dividono in due grandi categorie: recettori propriocettivi e recettori enterocettivi o viscerocettivi. Le informazioni sulla posizione dell'occhio nell'orbita (la cosiddetta entrata oculomotrice) (Ridi e Saggini, 2003) permettono di mettere in relazione le informazioni fornite dalla visione, che riguardano il movimento dell'immagine sulla retina con il reale movimento della testa nello spazio, segnalate direttamente dall'orecchio interno (Roll et al., 1989). Le informazioni propriocettive del rachide informano il sistema posturale sulla posizione delle vertebre e sulla tensione dei muscoli della colonna. Le informazioni propriocettive provenienti dalla caviglia permettono di localizzare il corpo rispetto ai piedi. Le informazioni provenienti dal rachide e dalla caviglia costituiscono un'estesa catena propriocettiva che riunisce i recettori cefalici ai recettori podalici e permette di convertire le informazioni sul movimento dell'immagine sulla retina (occhio) e della testa nello spazio (vestibolo) in informazioni sul movimento della testa rispetto alla base d'appoggio (Horak et al., 1996; Roll et al., 1989).

La biomeccanica della stazione eretta

L'uomo eretto ed immobile si comporta come un pendolo invertito che oscilla intorno all'asse delle caviglie ed è sempre proteso in avanti, la sua verticale di gravità ricade sempre in avanti rispetto all'asse delle caviglie. Questa è l'unica tattica economica che può essere condotta dal nostro sistema in quanto riduce il numero di gradi di libertà da dover controllare nella dinamica del movimento. Il controllo dell'equilibrio posturale è una funzione complessa che implica l'osservazione della proiezione verticale del centro di Massa (CoM) all'interno della base di appoggio. Il CoM, nel corpo raddrizzato, si situa in alto, un po' più avanti rispetto alla terza vertebra lombare sopra al bacino e la pianta del piede è la sola a sopportare la totalità del peso sulla sua stretta superficie. In funzione della particolare condizione l'organismo si attiva per utilizzare varie strategie di controllo della postura corporea. Il mantenimento della stazione eretta, anche in condizioni di quiete, implica continui aggiustamenti posturali dei segmenti corporei (testa, tronco e arti) rispetto alla direzione verticale. Un atteggiamento posturale non è mai mantenuto in modo definitivo. La prima causa di questi continui aggiustamenti è data dai movimenti cardiaci, respiratori e dalle contrazioni muscolari. Queste funzioni fisiologiche inducono il corpo a continue oscillazioni (Conforto et al., 2001). La stabilità posturale può essere quantificata misurando gli spostamenti del CoM, ossia gli spostamenti del corpo e/o spostamenti del centro di pressione del piede (CoP), cioè la variazione del momento intorno alla caviglia (Caron et al., 2000). Il corpo subisce continuamente modificazioni, questo fenomeno contribuisce a modificare il suo stato di riposo e gli impedisce di mantenere un equilibrio statico. Secondo Bouisset e Duchêne (1994), i disturbi derivanti dai movimenti respiratori sono deboli e, da soli, non possono essere i responsabili delle oscillazioni posturali. Da un lato, il movimenti

respiratori sono almeno parzialmente compensati da piccoli spostamenti angolari della parte inferiore del tronco e degli arti inferiori (Hodges et al., 2002). D'altra parte, De Luca et al. (1982) precisa che il sistema neuromuscolare è in grado di mantenere una tensione costante, e questo sembrerebbe essere la causa delle oscillazioni posturali in posizione eretta. Possiamo quindi dire che come ogni movimento, seppur piccolo, anche il movimento posturale avviene per l'azione di un sistema di forze e momenti: proteso ad una condizione di bilanciamento e quindi di equilibrio (instabile), ne è continuamente allontanato ad opera di perturbazioni interne (respirazione, pompa cardiaca) ed esterne (interazione con l'ambiente).

Come già accennato, sono due le variabili notevoli che descrivono gli aspetti meccanici di questo fenomeno (figura 6):

- **Il centro di massa (CoM)** è il centroide degli elementi di massa che compongono il corpo (segmenti corporei). In stazione eretta è di norma un punto del tronco all'altezza della zona lombare.
- **Il centro di pressione (CoP)** è il centroide delle pressioni applicate da ogni punto della superficie del piede in contatto con la base di appoggio. Si tratta del punto di applicazione della risultante delle forze scambiate tra piede e terreno (forza di reazione al suolo). In stazione eretta quieta si trova sotto uno dei piedi o nella superficie tra questi compresa.

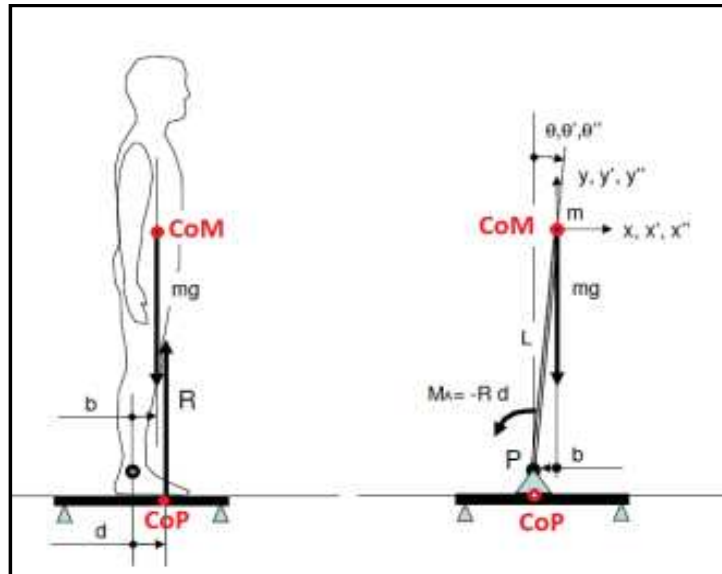


Figura 6

È importante osservare, che nel caso di postura eretta quieta la catena multi segmentata che descrive la biomeccanica del corpo può essere semplificata, in condizioni fisiologiche, in un pendolo inverso semplice incernierato alla caviglia, con un unico grado di libertà sul piano sagittale (Gage et al., 2003). In tal caso l'interpretazione del controllo della postura nel suo aspetto di stabilizzazione antigravitaria si riduce al confronto continuo tra i momenti articolari dovuti alle componenti gravitarie inerziali e di contatto, confronto in cui giocano un ruolo attivo e determinante le variabili CoM e CoP. Il CoM riflette i movimenti effettivi dei segmenti corporei, ed il CoP, riflette l'azione delle forze attive muscolari, sono variabili chiave nell'analisi del controllo posturale (Winter, 1995). Tipicamente, anche in condizioni di quiete, si può osservare una oscillazione continua del corpo, e quindi del CoM, con spostamenti lenti (minori di 1-2 Hz), e di piccola ampiezza (minori di 2 cm^2). L'osservazione del CoM consente di descrivere gli aspetti cinematici dell'oscillazione posturale. CoP e CoM coincidono tra loro solo in condizioni perfettamente statiche, cioè quando il momento delle forze muscolari all'articolazione di caviglia uguaglia quello della forza di gravita, e sono nulle quantità di moto e accelerazione del CoM. Il mantenimento della stazione

eretta per contrastare la naturale tendenza a cadere, avviene attraverso due possibili livelli d'intervento:

- 1) **“La strategia di caviglia”** Intervento sul CoP, attraverso l'attivazione dei muscoli plantarflessori e dorsiflessori di caviglia (come il gastrocnemio, il peroneo, il tibiale, il soleo) è, tipica nella postura eretta quieta ed in presenza di piccole perturbazioni.

- 2) **“La tattica dell'anca”** Intervento sul CoM, mediante spostamenti relativi dei segmenti corporei e principalmente del tronco, è la strategia d'anca, adottata in presenza di perturbazioni ampie dell'equilibrio. In quest'ultimo caso il modello biomeccanico da considerare dovrà ovviamente prevedere ulteriori gradi di libertà.

Scopo della tesi

In molte attività sportive, l'equilibrio gioca un ruolo importante per le prestazioni. Il controllo posturale può essere determinante per la migliore "performance" dell'atleta, che lo conduce al successo (Adlerston et al., 2003). Generalmente gli atleti esperti utilizzano conoscenze sensoriali specifiche nell'organizzazione posturale in relazione alle peculiarità di ogni disciplina (Perin et al., 1998, Vuillerme et al. 2001). Alcuni studi hanno messo in evidenza come la pratica sportiva possa modificare anche il controllo dell'equilibrio posturale, portando ad una morfofunzionalità dell'atleta (Davlin 2004). Ad esempio, gli atleti allenati mostrano, nel tempo, una minor tendenza ad aumentare l'instabilità posturale rispetto ai soggetti di controllo (Schwesig R. et al., 2009). Inoltre l'allenamento sportivo sembra selezionare le strategie di controllo posturali più efficace e probabilmente più economiche (Mesure et al., 1994). Infine, anche all'interno dello stesso tipo di pratica sportiva, la specializzazione del ruolo (calciatori attaccanti e difensori) si traduce in una differente superficie del CoP in condizioni dinamiche (Bizid e Paillard, 2006; Vuillerme, 2004). Sempre Paillard et al. (2006) indicano che il livello dello sport praticato, in questo caso il calcio, influenza la strategia di controllo posturale, i giocatori di alto livello impiegano la propriocezione e la vista differentemente dai calciatori dilettanti. Da questi studi si evince che l'attività fisica modifica le strategie di controllo posturale.

Il controllo posturale negli sportivi, e la stabilità in generale è un fattore determinante per il risultato (Era et al 1996; Vuillerme et al. 2001; Paillard et al. 2006), e per la prevenzione agli infortuni (Mc Guine Keene 2000).

Molti studi indicano come la stabilità posturale sia migliore negli sportivi di discipline individuali, rispetto ai soggetti che non praticano sport (Era et al. 1996; Golomer et al. 1999; Bringoux et al. 2000; Perrin et al. 2002; Paillard et al. 2006), mentre sono pochi, quelli che indagano le caratteristiche degli atleti di sport di

squadra in generale, ad esclusione del calcio. Infatti nei giocatori di calcio si riscontra una migliore stabilità posturale (Matsuda et al. 2008), con un minore utilizzo del recettore visivo per il controllo dell'equilibrio posturale (Paillard et al. 2006) rispetto ai soggetti sedentari.

Molti studi individuano come dai 14 anni di età il sistema di controllo dell'equilibrio rimane immutato (Shumway-Cook et coll. 1985; Hay 1978, 1979; Forsberg e Nashner 1982; Shumway-Cook et al. 1985; Woollacott 1985; Taguchi et. al. 1988; Hirabayashi, 1995; Sparto et al. 2006). Alcuni studi hanno osservato come l'attività fisica prolungata modifichi, attraverso aggiustamenti transitori, il controllo dell'equilibrio (Nardone et al 1997; Bove et al. 2007; Mello et al. 2009). Alla luce di queste ricerche, lo scopo della tesi è quello di verificare se la pratica del calcio conduca ad adattamenti nelle diverse categorie.

Mezzi e metodi

La ricerca è stata svolta con due differenti protocolli sperimentali. Il primo è stato costruito per confrontare il livello di stabilità della stazione eretta tra calciatori di diversa età appartenenti a società calcistiche professionistiche. Il secondo è stato realizzato per verificare se le differenze emerse si verificassero nel corso di una stagione calcistica.

Apparecchiature

In entrambi i protocolli sperimentali è stata utilizzata per l'analisi stabilometrica la pedana posturometrica e stabilometrica Lizard (figura 7), progettata per impieghi scientifici e costruita secondo le norme CEI 62.5 per apparecchi elettromedicali.

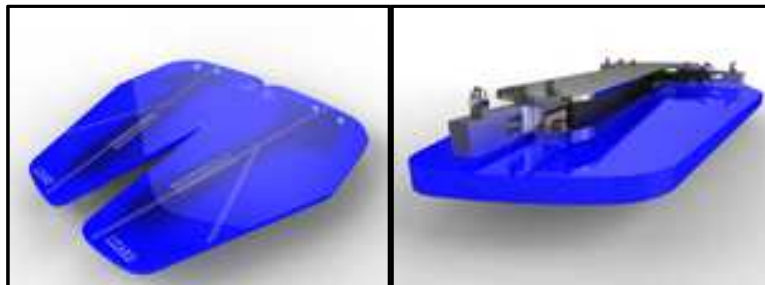


Figura 7

La pedana Lizard è composta da due piattaforme separate per l'appoggio dei due piedi. Le due pedane affiancate permettono di valutare il CoP generale. Le dimensioni di ogni pedana: larghezza cm 24 (cm 48 a pedane accostate), lunghezza cm 49, spessore (piedini esclusi) cm 3,2 per un peso totale di 4,1 Kg. Ogni piattaforma è composta da una superficie rigida in acciaio e plexiglass che poggia a terra mediante tre piedini, per la determinazione del piano, ognuno dei quali contiene una sfera d'acciaio che trasmette le forze agli estensimetri presenti

nella pedana. I rilevatori sono delle celle di carico appositamente costruite per questo strumento, le quali sono compensate in temperatura per garantire la massima stabilità dei valori rilevati e sono realizzate seguendo il principio del ponte di Weathstone, contengono una resistenza che ha la caratteristica di variare le proprie proprietà elettriche al variare della tensione. La sfera d'acciaio preme sulla cella che deformandosi determina lo stiramento dell'estensimetro. Le celle di carico ricevono una debole alimentazione elettrica tramite una stimolazione ottica che crea nella parte ricevente un segnale di tipo elettrico. Essendo nota la corrente di alimentazione, il sistema è in grado di misurare il carico applicato su ciascuna cella misurando la variazione della corrente in uscita da ciascuna di essa. Il segnale in uscita, dopo essere stato amplificato, viene elaborato dal computer che mostra i risultati del test fornendone i valori numerici e l'elaborazione grafica. La campionatura del segnale è effettuata 10 volte al secondo (10 Hz) per cui durante la registrazione standard che dura 51,2 secondi, si avranno 512 campionature per ogni test. Nella registrazione veloce, pur conservando la stessa frequenza (10 Hz) di campionatura, il test dura 10 secondi. Sulle due piattaforme sono disegnati dei triangoli e delle linee di riferimento. I due piedi vanno posti in posizione simmetrica prendendo come punti di riferimento le due linee disegnate su ciascuna piattaforma. La radice del secondo dito e linea mediana del calcagno di ciascun piede devono essere allineati con la linea verticale, mentre la perpendicolare al malleolo esterno deve cadere sulla linea obliqua. I carichi in situazioni ideali si leggono con valori perfettamente identici perché in questa posizione le distanze dei punti di reperi anatomici dalle celle di rilevamento della pedana sono proporzionali alle percentuali reali dei carichi, che sono $1/6$ per il punto esterno, $2/6$ per la parte anteriore e $3/6$ per il calcagno (Kapandij 1999). I Carichi dati al 33% sono già condizionati dalla lunghezza del piede (figura 8). Il piede, qualunque sia la misura, è posizionato in modo che il calcagno sia distante tre volte dal suo rilevatore, rispetto alle due volte della radice del secondo dito e

una volta dal quinto metatarso. Per ottenere dei risultati attendibili e confrontabili è pertanto necessario mantenere tali proporzioni guidando il corretto posizionamento dei piedi del soggetto sulle due piattaforme.

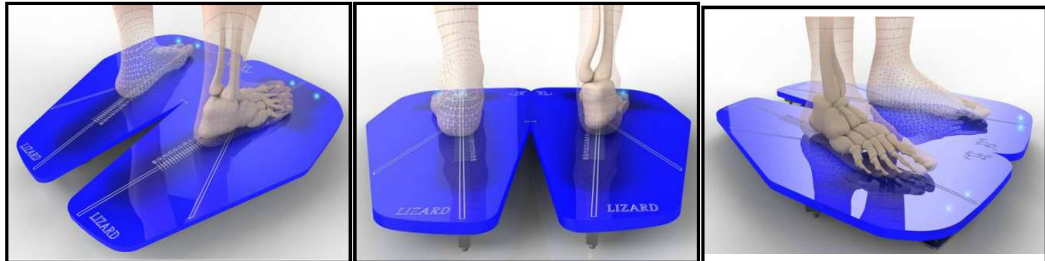


Figura 8

La pedana così concepita permette di valutare:

- **Le coordinate del centro di pressione**, cioè della posizione centrale delle forze verticali esercitate dai piedi durante la stazione eretta, sull' asse X (frontale) e quello Y (sagittale), espresse in mm.
- **La lunghezza delle oscillazioni del soggetto**, espressa in mm, che rappresenta in sostanza la distanza complessiva percorsa dal centro di pressione ed è dunque un indice dell' energia utilizzata
- **La velocità media**, e relativa velocità di destra e sinistra, degli spostamenti, espressa in mm/sec, che forniscono informazioni sull' energia spesa dal sistema e sulla loro omogeneità delle oscillazioni di destra e sinistra.
- **La superficie dell'ellisse**, espressa in mm^2 , che misura la dispersione delle oscillazioni sul piano d' appoggio.
- **Lo spettrogramma** di frequenza delle oscillazioni sul piano sagittale e frontale
- **Lo statokinesigramma**, cioè la rappresentazione al suolo delle oscillazioni riferita al centro di sostegno e/o ai valori medi di X e Y

Metodica applicativa

➤ *(Protocollo sperimentale 1)*

Ai soggetti è stato chiesto di salire sulla pedana senza scarpe, i piedi sono stati posizionati utilizzando come punti di riferimento, il tallone, il secondo metatarso e la proiezione della perpendicolare del malleolo esterno sulla superficie delle piastre, secondo le linee di riferimento disegnate sulle piastre della pedana. L'angolo di apertura è stato scelto di 20°. Per il primo protocollo sperimentale i soggetti sono stati invitati ad assumere la posizione eretta, con lo sguardo rivolto in avanti, arti superiori lungo i fianchi, arcate dentarie svincolate, per tutti e 51,2 secondi della prova (Figura 9). La distanza del soggetto alla parete è stata decisa a 2 metri. Successivamente, i soggetti sono stati invitati ad eseguire il test nelle stesse condizioni ma ad occhi chiusi. Ogni prova è stata ripetuta 3 volte e sono stati presi in considerazione la mediana dei tre valori acquisiti per ciascuna condizione.

➤ *(Protocollo sperimentale 2)*

Il secondo protocollo prevedeva l'aggiunta dei test in monopodalico (Figura 10). Ad ogni soggetto è stato chiesto con quale piede preferiva per calciare la palla ed è stato nominato come arto "Dominante", l'altro come "Non Dominante". Le prove effettuate in successione "random" tra arto "Dominante" e "Non Dominante" prevedevano una durata di 10 secondi. Ai soggetti è stato chiesto di mantenere la posizione eretta con sguardo rivolto in avanti, arcate dentarie svincolate, mani sui fianchi e di mantenere flessa la gamba sospesa. Per ogni condizione sono state effettuate 3 prove ed è stata considerata la mediana di ogni arto. Il protocollo ha visto il re-test a distanza di nove mesi, in prossimità della fine della stagione agonistica.



Figura 9

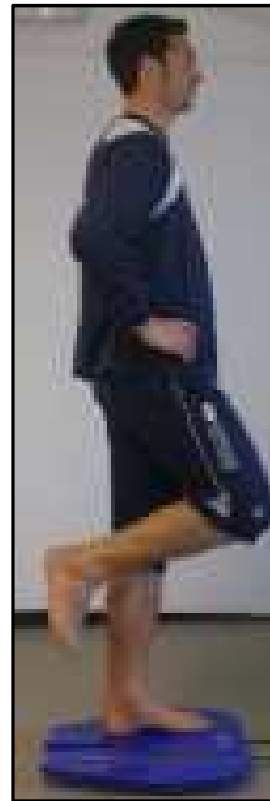


Figura 10

Soggetti

Le valutazioni sperimentali sono state precedute da un'indagine anamnestica volta ad accertare precedenti eventi patologici occorsi ai soggetti e correlati al mantenimento dell'equilibrio come pure l'uso recente di farmaci; quanto alla vista i soggetti presentavano una visione normale o corretta con lenti che indossavano durante le valutazioni. I soggetti non sono stati informati sullo scopo del lavoro, ma è stata loro richiesta una dichiarazione di assenso all'utilizzo dei dati per gli scopi sperimentali. E' stato altresì richiesto loro di evitare l'uso di alcoolici la sera precedente le sedute sperimentali come pure attività fisica intensa o allenamenti nelle ore immediatamente precedenti gli esperimenti. Tutte le prove sono state effettuate 48 ore dopo un impegno agonistico. I soggetti hanno prima effettuato una prova per adattarsi alla posizione di valutazione. Inoltre sono stati selezionati

calciatori che non presentassero problematiche che hanno costretto l'allontanamento dagli allenamenti oltre sette giorni negli ultimi due mesi.

➤ ***(Protocollo sperimentale 1)***

Per il protocollo sperimentale sono stati valutati 291 calciatori di sesso maschile divisi in 4 gruppi in funzione della categoria di appartenenza. Tutti i calciatori sono appartenenti a squadre professionistiche:

- 1) 46 Calciatori appartenenti alla categoria **“Giovanissimi”**; età media 14,04 SD \pm 0,5; altezza media cm 167,7, SD \pm 5,76; peso medio kg 68,71 SD \pm 6.16) che effettuano 308 ore di allenamento in un anno (escluse le partite ufficiali).
- 2) 79 Calciatori appartenenti alla categoria **“Allievi”**; età media 15,08 SD \pm 0,41; altezza media cm 172,9 SD \pm 4,81; peso medio kg 723 SD \pm 5.34 che effettuano 396 ore di allenamento in un anno (escluse le partite ufficiali).
- 3) 54 Calciatori appartenenti alla categoria **“Primavera”**; età media 17,74 SD \pm 0,83; altezza media cm 179,9 SD \pm 4,32; peso medio kg 73,3 SD \pm 6.18 che effettuano 440 ore di allenamento in un anno (escluse le partite ufficiali).
- 4) 112 Calciatori appartenenti alla categoria **“1° Squadra”**; età media 25,88 SD \pm 4,43; altezza media cm 182,7 SD \pm 3,92; peso medio kg 81,13 SD \pm 6.73 che effettuano 528 ore di allenamento in un anno (escluse le partite ufficiali).

➤ ***(Protocollo sperimentale 2)***

Per il protocollo sperimentale sono stati valutati 46 calciatori di sesso maschile divisi in 2 gruppi in funzione della categoria di appartenenza. La categoria “Giovani” è formata da calciatori facenti parte squadre Professionistiche di serie A (Allievi e Primavera). La categoria “1° Squadra LP”, facenti parte squadre professionistiche della categoria Lega Pro.

- 1) 23 Calciatori appartenenti alla categoria “**Giovani**”; età media 16,68 SD ± 0,81; altezza media cm 177,6 SD ± 3,75; peso medio kg 76,7 SD ± 3,48

- 2) 23 Calciatori appartenenti alla categoria “**1° Squadra LP**”; età media 22,09 SD ± 4,01; altezza media cm 181,5 SD ± 3,43; peso medio kg 80,27 SD ± 4,85

Analisi dei dati

➤ *(protocollo sperimentale 1)*

Per effettuare il confronto tra i campioni sono stati presi in esame i valori durante i 51,2 secondi prevesti dal test, dell'area del CoP espresso in mm^2 e la Lunghezza del CoP espresso in mm, nelle condizioni Occhi Aperti e Occhi Chiusi.

1. **Area del CoP:** misura la superficie totale della traiettoria del CoP assimilata ad un ellisse costruita in modo da avere il 90% di probabilità di contenere tutti i punti di una distribuzione bidimensionale.
2. **Lunghezza del CoP:** misura la lunghezza totale della traiettoria del COP come somma delle distanze fra due punti consecutivi nello spazio bidimensionale.

➤ *(protocollo sperimentale 2)*

Per effettuare il confronto tra i campioni sono stati presi in esame i valori dell'area del CoP espresso in mm^2 . Durante i 51,2 secondi prevesti dal test in bi podalico ai tempi T0 e T9, nelle condizioni Occhi Aperti e Occhi Chiusi. Il valore Area CoP durante i 51,2 secondi prevesti dal test in condizioni Occhi Aperti per arto Dominante e Non Dominante ai tempi T0 e T9.

1. **Area del CoP:** misura la superficie totale della traiettoria del CoP assimilata ad un ellisse costruita in modo da avere il 90% di probabilità di contenere tutti i punti di una distribuzione bidimensionale.

Analisi statistica

➤ *(protocollo sperimentale 1)*

Determinati i valori dei parametri stabilometrici, per ogni prova e per ogni soggetto, sono stati calcolati i valori medi per sessione e le relative deviazioni standard. Le comparazioni statistiche dei valori di "Area CoP" e "Lunghezza CoP" dei gruppi (Giovanissimi, Allievi, Primavera e 1° Squadra) per le condizioni (Occhi Aperti e Occhi Chiusi) sono state effettuate con T-Student con significatività statistica (P-value) minore di 0,05. Per compensare le eventuali deviazioni dalle assunzioni di omogeneità della varianza interindividuale è stato effettuato il test di Levene. Una volta accertati che le varianze appartenessero allo stesso gruppo sono state effettuate due analisi ANOVA ad una via per confrontare i gruppi nelle due condizioni (OA e OC). La significatività statistica è stata stabilita a valori di probabilità (P-value) inferiori a 0,05. Nei casi di comparazione multipla a coppie di campioni è stato applicato il Post hoc LSD (Least Significant Difference) di Fisher Test (P-value < 0,05). Tutte le analisi statistiche sono state effettuate con l'ausilio del programma Excel 2007 (Microsoft Corporation, USA) e Statgraphics Centurion XVI (Statpoint Technologies Inc., USA).

➤ *(protocollo sperimentale 2)*

Determinati i valori dei parametri stabilometrici, per ogni prova e per ogni soggetto, sono stati calcolati i valori medi per sessione e le relative deviazioni standard. La scelta statistica è stata di un'analisi ANOVA a più fattori, dove la variabile "Area CoP" è stata analizzata in base ai fattori "Condizioni" (Occhi Aperti e Occhi Chiusi), "Tempo" (T0 e T9) e "Categoria" (Giovani e 1° Squadra LP). La significatività statistica è stata decretata per (P-value) minore di 0,05. Nel test monopodalico sono è stata effettuata un'analisi ANOVA a più fattori, dove la

variabile “Area CoP” è stata analizzata in base ai fattori “Dominanza” (Arto dominante e Non dominante), “Tempo” (T0 e T9) e “Categoria” (Giovani e 1° Squadra LP). La significatività statistica è stata stabilita per (P-value) minore di 0,05. Tutte le analisi statistiche sono state effettuate con l’ausilio del programma Excel 2007 (Microsoft Corporation, USA) e Statgraphics Centurion XVI (Statpoint Technologies Inc., USA).

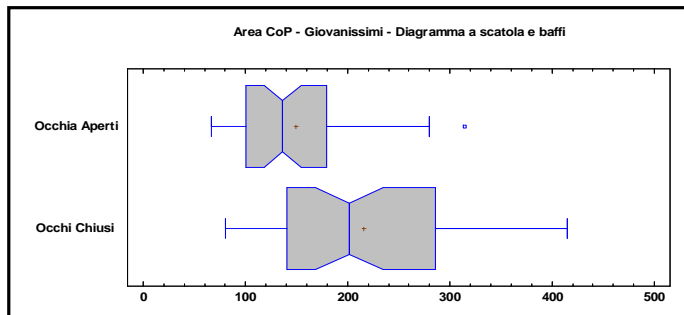
RISULTATI

➤ (protocollo sperimentale 1)

Confronto tra condizioni (Occhi Aperti) - (Occhi Chiusi) nelle categorie

Giovanissimi

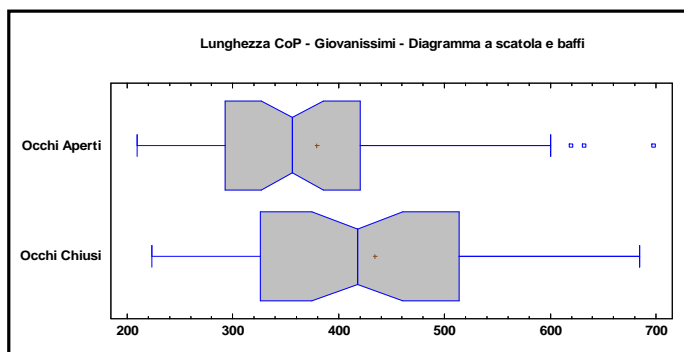
Effettuando il t-Student per la variabile Area CoP, si riscontra un P-value = 0,000096162, per il quale si rifiuta l'ipotesi nulla che le medie dei due campioni siano uguali per l'ipotesi alternativa che le vede differenti. Il grafico 1 mostra tale rapporto.



<i>Area CoP</i>		
<i>Condizione</i>	<i>OA</i>	<i>OC</i>
<i>Media</i>	149,2	215,7
<i>Dev. St.</i>	61,3	91,7

Grafico 1

Effettuando il t-Student per la variabile Lunghezza CoP, si riscontra un P-value = 0,0347745, per il quale si rifiuta l'ipotesi nulla che le medie dei due campioni siano uguali per l'ipotesi alternativa che le vede differenti. Il grafico 2 mostra tale rapporto.

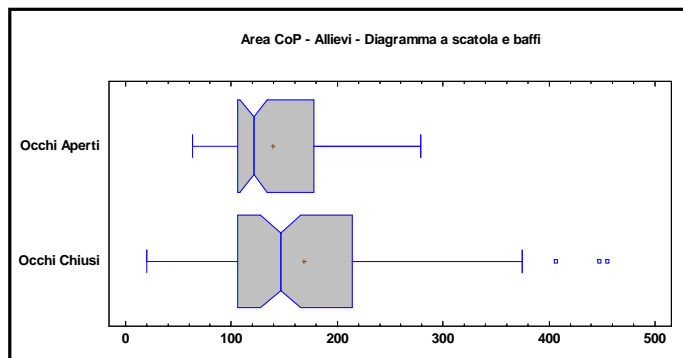


<i>Lunghezza CoP</i>		
<i>Condizione</i>	<i>OA</i>	<i>OC</i>
<i>Media</i>	378,9	434,1
<i>Dev. St.</i>	118,2	128,5

Grafico 2

Allievi

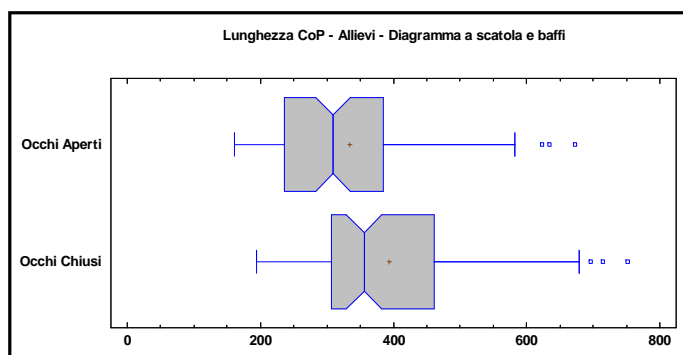
Effettuando il t-Student per la variabile Area CoP, si riscontra un P-value = 0,0186909, per il quale si rifiuta l'ipotesi nulla che le medie dei due campioni siano uguali per l'ipotesi alternativa che le vede differenti. Il grafico 3 mostra tale rapporto.



<i>Area CoP</i>		
<i>Condizione</i>	<i>OA</i>	<i>OC</i>
<i>Media</i>	139,4	168,2
<i>Dev. St.</i>	49,7	95,2

Grafico 3

Effettuando il t-Student per la variabile Lunghezza CoP, si riscontra un P-value = 0,00299086, per il quale si rifiuta l'ipotesi nulla che le medie dei due campioni siano uguali per l'ipotesi alternativa che le vede differenti. Il grafico 4 mostra tale rapporto.

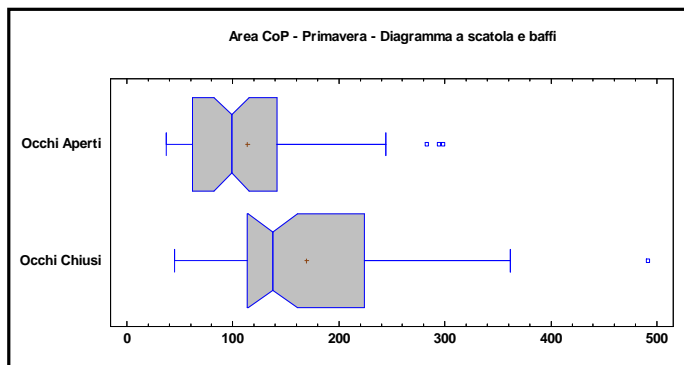


<i>Lunghezza CoP</i>		
<i>Condizione</i>	<i>OA</i>	<i>OC</i>
<i>Media</i>	334,0	392,8
<i>Dev. St.</i>	121,7	123,4

Grafico 4

Primavera

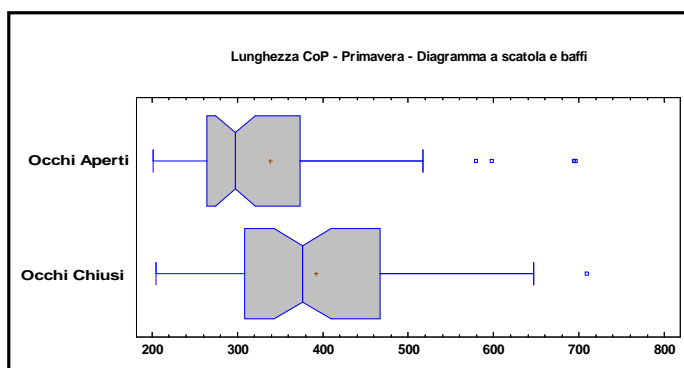
Effettuando il t-Student per la variabile Area CoP, si riscontra un P-value = 0,000581482, per il quale si rifiuta l'ipotesi nulla che le medie dei due campioni siano uguali per l'ipotesi alternativa che le vede differenti. Il grafico 5 mostra tale rapporto.



<i>Area CoP</i>		
<i>Condizione</i>	<i>OA</i>	<i>OC</i>
<i>Media</i>	113,6	169,3
<i>Dev. St.</i>	66,7	94,2

Grafico 5

Effettuando il t-Student per la variabile Lunghezza CoP, si riscontra un P-value = 0,0168833, per il quale si rifiuta l'ipotesi nulla che le medie dei due campioni siano uguali per l'ipotesi alternativa che le vede differenti. Il grafico 6 mostra tale rapporto.

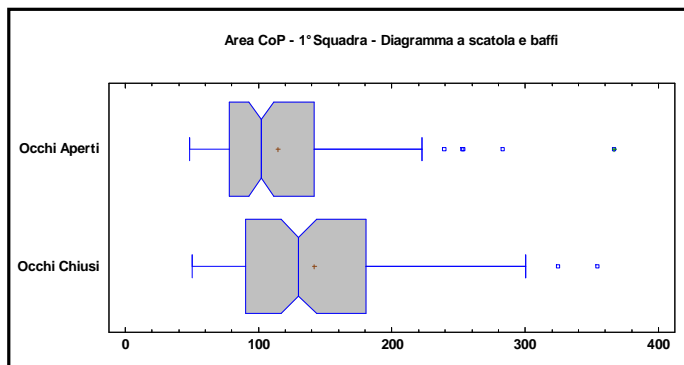


<i>Lunghezza CoP</i>		
<i>Condizione</i>	<i>OA</i>	<i>OC</i>
<i>Media</i>	338,0	391,9
<i>Dev. St.</i>	115,7	115,2

Grafico 6

1° Squadra

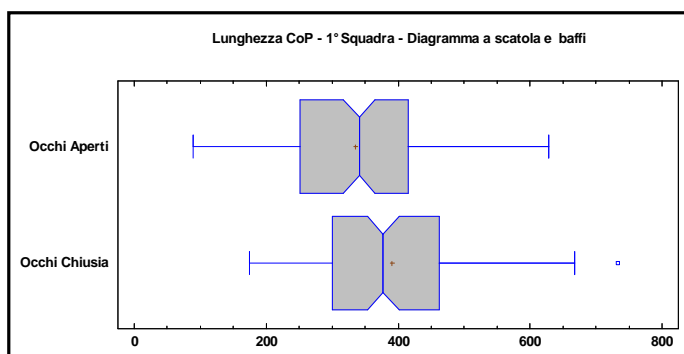
Effettuando il t-Student per la variabile Area CoP, si riscontra un P-value = 0,000715165, per il quale si rifiuta l'ipotesi nulla che le medie dei due campioni siano uguali per l'ipotesi alternativa che le vede differenti. Il grafico 7 mostra tale rapporto.



<i>Area CoP</i>		
<i>Condizione</i>	<i>OA</i>	<i>OC</i>
<i>Media</i>	114,3	137,8
<i>Dev. St.</i>	53,7	74,3

Grafico 7

Effettuando il t-Student per la variabile Lunghezza CoP, si riscontra un P-value = 0,000592069, per il quale si rifiuta l'ipotesi nulla che le medie dei due campioni siano uguali per l'ipotesi alternativa che le vede differenti. Il grafico 8 mostra tale rapporto.



<i>Lunghezza CoP</i>		
<i>Condizione</i>	<i>OA</i>	<i>OC</i>
<i>Media</i>	335,2	390,3
<i>Dev. St.</i>	116,4	120,0

Grafico 8

Confronto tra categorie di giocatori in condizioni OA (Occhi Aperti)

La tabella 1 riassume i dati raccolti dell'area del CoP in condizioni OA, mentre, la tabella 2 mostra i dati della Lunghezza del CoP in condizioni OA. Sono riprodotti la media e la Dev. St. con i valori di massimo e minimo per ogni campione.

Area CoP <i>OA (Occhi Aperti)</i>	Media	Deviazione <i>standard</i>	Minimo	Massimo	Range
Giovanissimi	149,27	61,35	66,7	314,3	247,6
Allievi	139,47	49,76	63,5	278,9	215,4
Primavera	113,63	66,72	36,9	298,0	261,1
I° Squadra	113,46	50,19	48,4	283,4	234,9
Totale	126,21	57,03	36,9	314,3	277,4

Tabella 1

Lunghezza CoP <i>OA (Occhi Aperti)</i>	Media	Deviazione <i>standard</i>	Minimo	Massimo	Range
Giovanissimi	378,93	118,29	209,4	697,8	488,3
Allievi	334,06	121,71	160,5	672,1	511,6
Primavera	338,01	115,72	200,6	695,8	495,2
I° Squadra	335,24	116,45	88,6	627,8	539,1
Totale	335,24	116,45	88,6	627,8	609,1

Tabella 2

La tabella 3 mostra il Test di Levene per la variabile Area CoP (OA), la tabella 4 per la variabile Lunghezza CoP (OA). Il test verifica l'ipotesi nulla che le deviazioni standard all'interno di ciascuna delle 4 categorie siano uguali. Poiché il P-value è maggiore 0,05 in entrambe le variabili, non c'è una differenza statisticamente significativa tra le deviazioni standard con un livello di confidenza del 95,0%. Questo implica che la variabilità dell'Area CoP (OA) e della

Lunghezza CoP (OA) è approssimativamente la stessa tra le 4 categorie di calciatori analizzati ed è possibile procedere con il test ANOVA.

Test delle varianze

<i>Area CoP - OA</i>	<i>Test</i>	<i>P-value</i>
<i>Test di Levene</i>	1,69577	0,168063

Tabella 3

Test delle varianze

<i>Lunghezza CoP - OA</i>	<i>Test</i>	<i>P-value</i>
<i>Test di Levene</i>	0,15739	0,924868

Tabella 4

La tabella 5 mostra l'analisi della varianza (ANOVA) per la variabile Area CoP (OA), la tabella 6 per la variabile Lunghezza CoP (OA). Viene saggiata l'ipotesi 0 che le medie dei gruppi siano uguali. Il rapporto F, che in questo caso è uguale a 7,09 per l' Area CoP (OA) è un rapporto fra la stima tra gruppi e la stima intra-gruppo. Poiché il P-value del test F è minore di 0,05, c'è una differenza statisticamente significativa tra le medie delle 4 variabili con un livello di confidenza del 95,0%. Per la variabile Lunghezza CoP (OA) il rapporto F è 1,76 con il P-value maggiore 0,05. Perciò non sussiste differenza statisticamente significativa tra i 4 gruppi.

Tabella ANOVA

Area CoP	<i>Somma dei</i>	<i>G.l.</i>	<i>Media dei</i>	<i>Rapporto</i>	<i>P-value</i>
<i>OA (Occhi Aperti)</i>	<i>quadrati</i>		<i>quadrati</i>	<i>F</i>	
<i>Tra i gruppi</i>	65119,0	3	21706,3	7,09	0,0001
<i>Intra-gruppo</i>	878235,	287	3060,05		
<i>Totale (Corr.)</i>	943354,	290			

Tabella 5

Tabella ANOVA

Lunghezza CoP <i>OA (Occhi Aperti)</i>	Somma dei <i>quadrati</i>	G.l.	Media dei <i>quadrati</i>	Rapporto <i>F</i>	P-value
Tra i gruppi	73667,1	3	24555,7	1,76	0,1546
Intra-gruppo	4,00039E6	287	13938,6		
Totale (Corr.)	4,07406E6	290			

Tabella 6

La tabella 7 applica una procedura di confronti multipli *post hoc* per determinare quali medie sono significativamente differenti dalle altre. Gli intervalli correntemente visualizzati si basano sulla procedura LSD (Least Significant Difference) di Fisher. La metà inferiore dell'output mostra la differenza stimata tra ciascuna coppia di medie. Un asterisco è stato posto accanto a 4 coppie per indicare che queste coppie presentano differenze statisticamente significative con un livello di confidenza del 95,0%.

Test dei range multipli

Confronti tra Categorie - Area CoP (OA)	Sig.	Differenza	+/- Limiti
Giovanissimi - Allievi		9,80051	20,1935
Giovanissimi - Primavera	*	35,6435	21,846
Giovanissimi - 1° Squadra	*	35,8139	19,0673
Allievi - Primavera	*	25,8429	19,2249
Allievi - 1° Squadra	*	26,0133	15,9972
Primavera - 1° Squadra		0,170397	18,0384

Tabella 7

* indica una differenza statisticamente significativa.

Il grafico 1 mostra le medie dei campioni insieme a un intervallo di incertezza attorno a ciascuna media per la variabile Area CoP (OA). Questi intervalli sono scalati in modo tale che se non c'è sovrapposizione significa che sussiste una differenza significativa tra le categorie. Poiché gli intervalli dei campioni "Giovanissimi" e "Allievi" non si sovrappongono a quelli di "Primavera" e "1° Squadra", allora sono significativamente differenti tra loro.

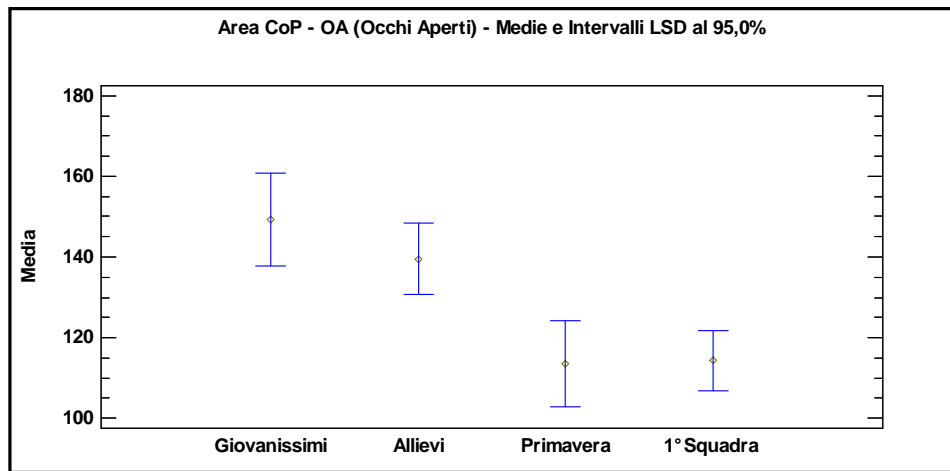


Grafico 1

Il grafico 2, simile a un diagramma di controllo, visualizza la media di ciascun campione insieme a una linea verticale tracciata fino alla media globale di tutte le osservazioni per la variabile Area CoP (OA). I limiti di decisione sono rappresentati sopra e sotto la media globale. Le medie che cadono oltre i limiti possono essere dichiarate significativamente differenti dalla media globale. Il campione “Giovanissimi” presenta un’area del CoP in condizioni (OA) significativamente più grande della media, mentre quella del campione “1° Squadra” risulta significativamente più piccola.

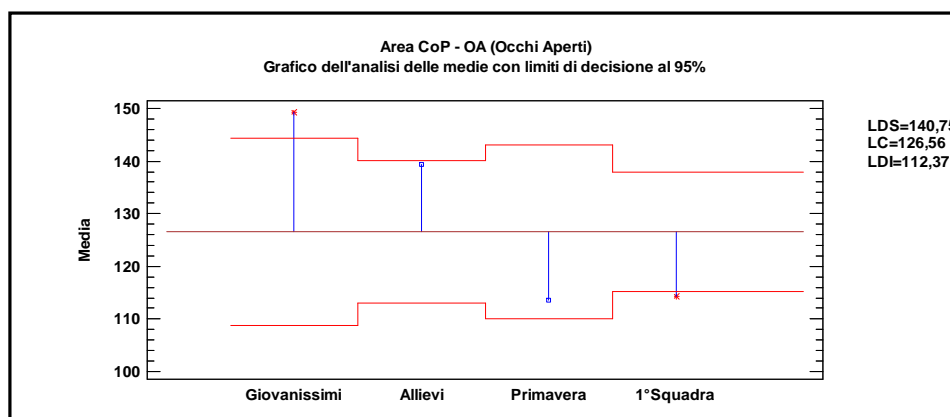


Grafico 2

Il grafico 3 mostra i diagrammi a scatola e baffi de 4 campioni per la variabile Area CoP (OA). Le scatole centrali coprono la meta centrale di ciascun campione. I baffi si estendono fino ai valori minimo e massimo di ciascun campione, esclusi

eventuali punti che sono eccessivamente distanti dalle scatole. Una linea verticale viene tracciata all'interno di ciascuna scatola in corrispondenza della mediana del campione, mentre un piccolo segno “+” indica la posizione della media del campione. Si noti come la dispersione dei valori sia molto alta e che le mediane delle categorie “Giovanissimi” e “Allievi” si scostino da quelle di “Primavera” e “1° Squadra”.

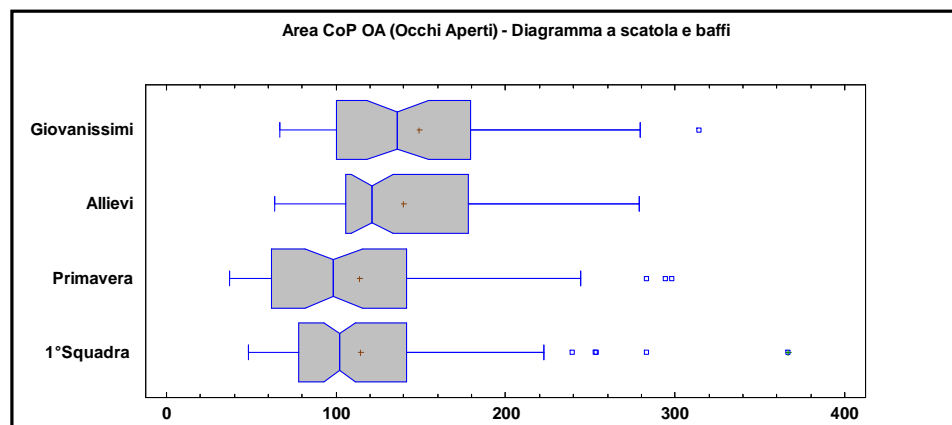


Grafico 3

Riepilogo risultati per la variabile Occhi Aperti

I test di valutazione effettuati in condizioni Occhi Aperti hanno fatto emergere una differenza statisticamente significativa tra i gruppi confrontati per la variabile Area CoP (OA), mentre tale differenza non è riscontrabile nella variabile Lunghezza CoP (OA). Una valutazione più attenta della variabile Area CoP (OA) conduce all'osservazione di una divisione tra i gruppi “Giovanissimi”, “Allievi” e “Primavera”, “1° Squadra”. Tali differenze sono ben rappresentate nel grafico 2. È opportuno aggiungere che i campioni che sono stati analizzati sono suddivisi in base alla categoria di appartenenza (età). Si riscontra come all'aumentare dell'età e della pratica calcistica il valore Area CoP (OA) tende a diminuire.

Confronto tra categorie di giocatori in condizioni OC (Occhi Chiusi)

La tabella 8 riassume i dati raccolti dell'Area del CoP in condizioni OC, i dati riportati mostrano la media e la Dev. St. con i valori di massimo e minimo per ogni campione. Si evidenzia come la categoria Giovanissimi abbia un valore medio superiore agli altri campioni. La tabella 9 raccoglie i dati riferiti alla variabile Lunghezza CoP (OC).

Area CoP <i>OC (Occhi Chiusi)</i>	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo	Range
Giovanissimi	215,74	91,79	80,4	415,0	334,6
Allievi	168,20	95,23	20,1	454,8	434,6
Primavera	169,35	94,20	45,0	491,6	446,6
I° Squadra	137,85	74,30	49,1	377,2	328,1
Totale	164,24	90,45	20,1	491,6	471,5

Tabella 8

Lunghezza CoP <i>OC (Occhi Chiusi)</i>	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo	Range
Giovanissimi	434,15	128,59	223,2	684,7	461,5
Allievi	392,88	123,42	194,5	751,3	556,7
Primavera	391,95	115,25	204,4	709,0	504,6
I° Squadra	390,32	120,05	174,3	733,3	558,9
Totale	398,25	121,86	174,3	751,3	576,9

Tabella 9

La tabella 10 mostra il Test di Levene per la variabile Area CoP (OC) che verifica l'ipotesi nulla che le deviazioni standard all'interno di ciascuna delle 4 categorie siano uguali. Poiché il P-value è maggiore 0,05, non c'è una differenza statisticamente significativa tra le deviazioni standard con un livello di confidenza

del 95,0%. Questo implica che la variabilità dell'Area del CoP in condizioni OC è approssimativamente la stessa tra le 4 categorie di calciatori analizzati ed è possibile procedere con il test ANOVA. La tabella 11 mostra il Test di Levene per la variabile Lunghezza CoP (OC), Il P-Value è maggiore di 0,05, quindi è possibile di procedere con il test ANOVA.

Test delle varianze

<i>Area CoP - OC</i>	<i>Test</i>	<i>P-value</i>
<i>Test di Levene</i>	1,85416	0,137516

Tabella 10

Test delle varianze

<i>Lunghezza CoP - OC</i>	<i>Test</i>	<i>P-value</i>
<i>Test di Levene</i>	0,715672	0,54331

Tabella 11

La tabella 12 mostra l'analisi della varianza (ANOVA) per saggiare l'ipotesi 0 che le medie dei gruppi siano uguali per la variabile Area CoP (OC). Il rapporto F, che in questo caso è uguale a 8,94, è un rapporto fra la stima tra gruppi e la stima intra-gruppo. Poiché il P-value del test F è minore di 0,05, c'è una differenza statisticamente significativa tra le medie delle 4 variabili con un livello di confidenza del 95,0%. Nella tabella 13 si analizza la variabile Lunghezza CoP (OC), in questo caso il il rapporto F è uguale a 8,94 con un P-value maggiore di 0,05. Non risultano differenze statisticamente significative tra i gruppi.

Tabella ANOVA

Area CoP	<i>Somma dei</i>	<i>G.l.</i>	<i>Media dei</i>	<i>Rapporto F</i>	<i>P-value</i>
<i>OC (Occhi Chiusi)</i>	<i>quadrati</i>		<i>quadrati</i>		
<i>Tra i gruppi</i>	202708,	3	67569,5	8,94	0,0000
<i>Intra-gruppo</i>	2,1699E6	287	7560,64		
<i>Totale (Corr.)</i>	2,37261E6	290			

Tabella 12

Tabella ANOVA

Lunghezza CoP <i>OC (Occhi Chiusi)</i>	Somma dei <i>quadrati</i>	G.l.	Media dei <i>quadrati</i>	Rapporto <i>F</i>	P-value
Tra i gruppi	70740,7	3	23580,2	1,60	0,1901
Intra-gruppo	4,2363E6	287	14760,6		
Totale (Corr.)	4,30704E6	290			

Tabella 13

La tabella 14 applica una procedura di confronti multipli *post hoc* per determinare quali medie sono significativamente differenti dalle altre per la variabile Area CoP (OC). Gli intervalli correntemente visualizzati si basano sulla procedura LSD (Least Significant Difference) di Fisher. La metà inferiore dell'output mostra la differenza stimata tra ciascuna coppia di medie. Un asterisco è stato posto accanto a 5 coppie per indicare che queste coppie presentano differenze statisticamente significative con un livello di confidenza del 95,0%.

Test dei range multipli

Confronti tra Categorie - Area CoP (OC)	Sig.	Differenza	+/- Limiti
Giovanissimi - Allievi	*	47,5408	31,7414
Giovanissimi - Primavera	*	46,3899	34,339
Giovanissimi - 1° Squadra	*	77,8995	29,9712
Allievi - Primavera		-1,15093	30,2189
Allievi - 1° Squadra	*	30,3586	25,1454
Primavera - 1° Squadra	*	31,50096	28,3538

Tabella 14

* indica una differenza statisticamente significativa.

Il grafico 4 mostra le medie dei campioni insieme a un intervallo di incertezza attorno a ciascuna media per la variabile Area CoP (OC). Questi intervalli sono scalati in modo tale che se non c'è sovrapposizione significa che sussiste una differenza significativa tra le categorie. Poiché gli intervalli dei campioni "Giovanissimi" non si sovrappongono agli altri 3, allora la media dei

“Giovanissimi” è differente dalle medie delle altre categorie. Anche il campione “1° Squadra” è differente dagli altri 3.

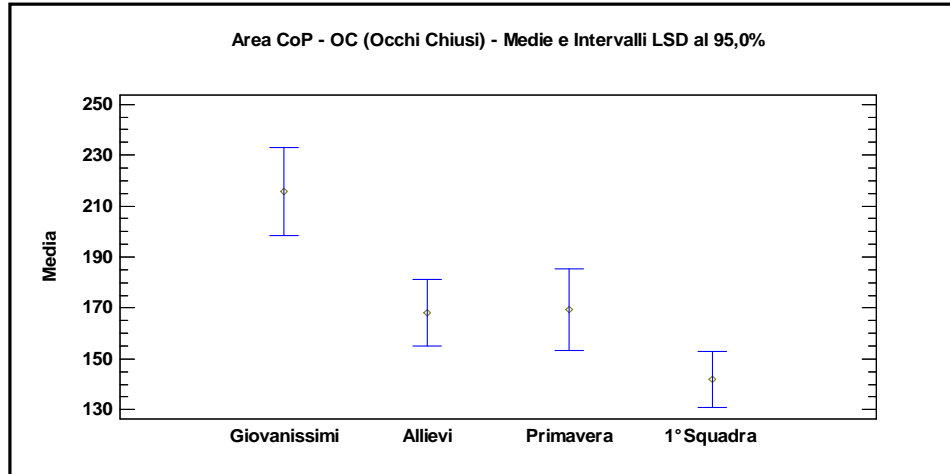


Grafico 4

Il grafico 5 evidenzia che il campione “Giovanissimi” presenta un’area del CoP in condizioni (OC) significativamente più grande della media, mentre quella del campione “1° Squadra” risulta significativamente più piccola.

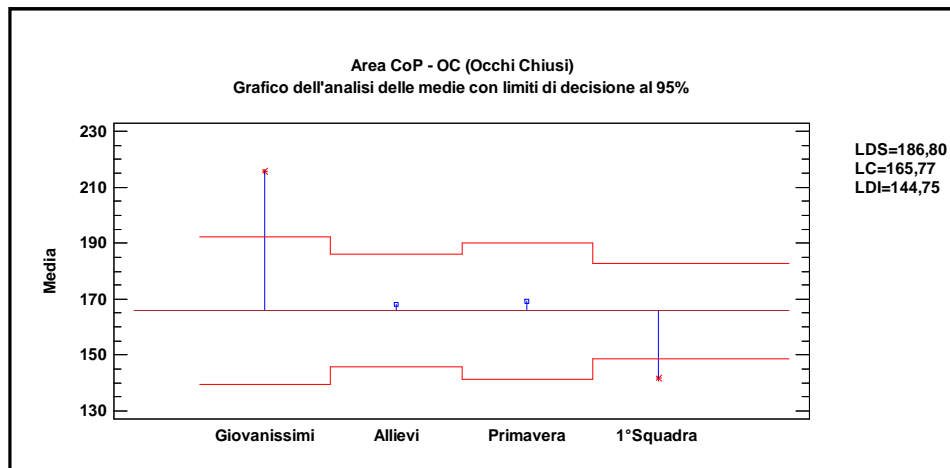


Grafico 5

Il grafico 6 mostra i diagrammi a scatola e baffi per i 4 campioni per la variabile Area CoP (OC). Si evidenzia come la la variabilità dei dati sia molto alta in tutti e 4 i campioni. La media dei calciatori “Giovanissimi” si discosta dalle altre.

D'interesse è anche la rappresentazione del Box “1° Squadra” che risulta essere più compatto e vicino a valori relativamente più bassi.

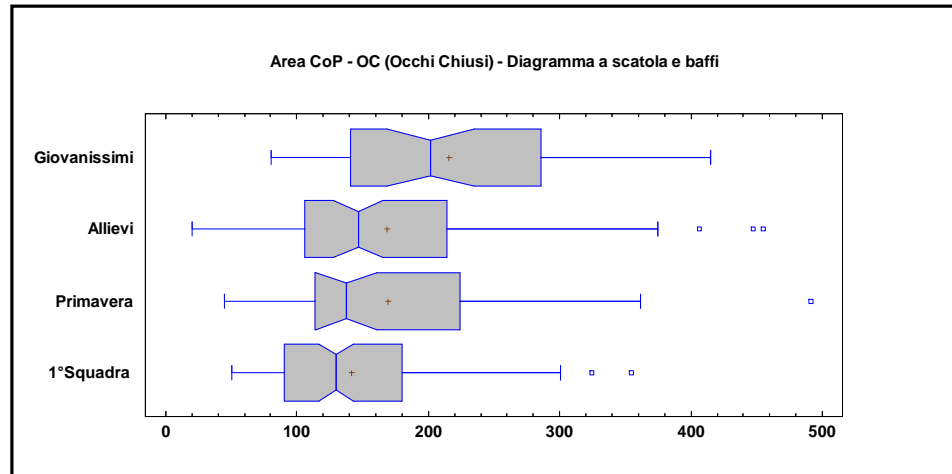


Grafico 6

Riepilogo risultati per la variabile Occhi Chiusi

I test di valutazione effettuati in condizioni Occhi Chiusi hanno fatto emergere una differenza statisticamente significativa tra i gruppi confrontati per la variabile Area CoP (OC), mentre tale differenza non è riscontrabile nella variabile Lunghezza CoP (OC).

La variabile Area CoP (OC) mostra i dati del gruppo “Giovanissimi” molto elevati se confrontati con gli altri 3. Inoltre, il gruppo “1° Squadra” si differenzia dagli altri per avere un valore medio al di sotto della media generale. Il grafico 5 mostra bene tali caratteristiche dei gruppi campione. Altro aspetto importante è il riscontro della media dei valori di Area CoP (OC) con l’aumento dell’esperienza calcistica come per la variabile Area CoP (OA), anche se in questo caso le medie dei gruppi “Allievi” e “Primavera” sono sovrapponibili.

➤ (protocollo sperimentale 2)

Confronto Area CoP a più variabili (Tempo – Condizione – Categoria)

La tabella 15 mostra la media dei valori Area CoP per ciascun livello di fattori. Le due colonne più a destra mostrano gli intervalli di confidenza al 95,0% per ciascuna delle medie.

Area CoP			<i>Limite</i>	<i>Limite</i>
<i>Livello</i>	<i>Conteggio</i>	<i>Media</i>	<i>inferiore</i>	<i>superiore</i>
MEDIA COMPLESSIVA	184	141,2		
Condizione				
OA	92	120,8	108,3	132,4
OC	92	162,7	150,9	174,1
Tempo				
T0	92	141,0	129,0	152,9
T9	92	141,4	129,2	153,6
Categoria				
1° Squadra LP	92	133,9	121,8	145,9
Giovani	92	148,5	136,5	160,6
Condizione per Tempo				
OA,T0	46	119,3	102,9	136,1
OA,T9	46	121,6	104,6	138,6
OC,T0	46	162,2	146,2	179,5
OC,T9	46	161,2	143,8	178,7
Condizione per Categoria				
OA,1° Squadra LP	46	113,5	96,4	130,5
OA,Giovani	46	127,1	110,2	144,3
OC,1° Squadra LP	46	154,6	137,2	171,4
OC,Giovani	46	169,8	152,8	186,8
Tempo per Categoria				
T0,1° Squadra LP	46	131,5	114,8	148,2
T0,Giovani	46	150,6	133,4	167,5
T9,1° Squadra LP	46	136,2	118,8	153,6
T9,Giovani	46	146,4	129,6	163,7

Tabella 15

La tabella 16, ANOVA scompone la varianza del valore Area CoP in base ai vari fattori. Poiché sono state scelte le somme dei quadrati di Tipo III, il contributo di ciascun fattore è misurato escludendo gli effetti di tutti gli altri fattori. I P-value

verificano la significatività statistica di ciascun fattore. Poiché il P-value “Condizione” è minore di 0,05, questo fattore ha un effetto statisticamente significativo su Area CoP con un livello di confidenza del 95,0%.

<i>Sorgente</i>	<i>Somma dei quadrati</i>	<i>G.L.</i>	<i>Media dei quadrati</i>	<i>Rapporto F</i>	<i>P-value</i>
EFFETTI PRINCIPALI					
<i>A:Condizione</i>	79795,9	1	79795,9	23,28	0,0000
<i>B:Tempo</i>	9,29461	1	9,29461	0,00	0,9585
<i>C:Categoria</i>	9900,18	1	9900,18	2,89	0,0910
INTERAZIONI					
<i>AB</i>	191,0	1	191,0	0,06	0,8136
<i>AC</i>	30,7437	1	30,7437	0,01	0,9246
<i>BC</i>	830,204	1	830,204	0,24	0,6232
<i>ABC</i>	198,748	1	198,748	0,06	0,8100
RESIDUO	603173,	176	3427,12		
TOTALE (CORRETTO)	694054,	183			

Tabella 16

La tabella 17 applica una procedura di confronti multipli per determinare quali medie sono significativamente differenti dalle altre. È presente una differenza statisticamente significativa con un livello di confidenza del 95,0% tra la condizione OA e OC. Il metodo correntemente utilizzato per discriminare le medie è la procedura LSD (Least Significant Difference) di Fisher.

Metodo: LSD al 95,0%

<i>Condizione</i>	<i>Conteggio</i>	<i>Media dei Min. Quad.</i>	<i>Sigma dei Min. Quad.</i>	<i>Gruppi omogenei</i>
OA	92	120,398	6,10339	X
OC	92	162,087	6,115	X

<i>Contrasto</i>	<i>Sig.</i>	<i>Differenza</i>	<i>+/- Limiti</i>
OA - OC	*	-41,6893	17,0508

Tabella 17 * indica una differenza statisticamente significativa.

Il grafico 7 mostra i dati calcolati con la procedura statistica ANOVA per fattori ripetuti. Si evidenziano i tre fattori con i rispettivi P-value. È evidente come solo la condizione OA – OC presenta una differenza statisticamente significativa.

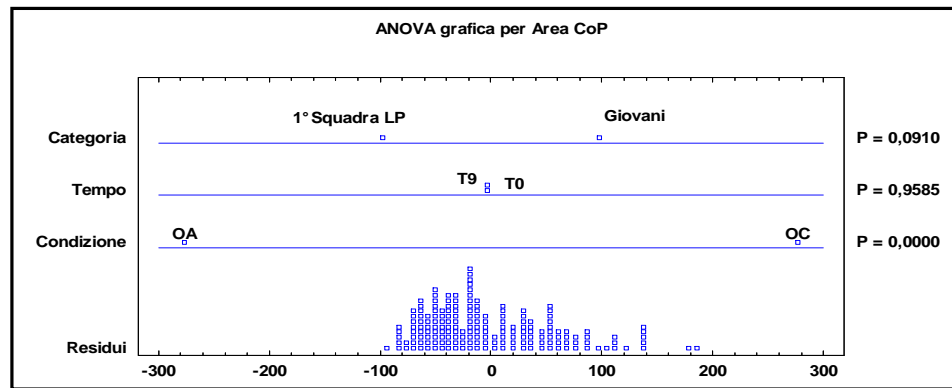


Grafico 7

Il grafico 8 chiarisce come i calciatori in condizioni OA e OC non modificano il valore Area CoP dopo 9 mesi di attività.

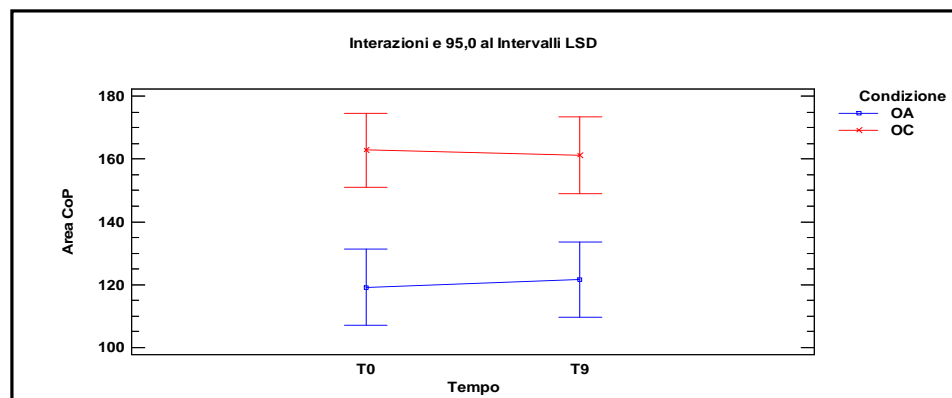


Grafico 8

Il grafico 9 mostra come i calciatori “Giovani” e “1° Squadra LP” modifichino i loro valori di Area CoP nell’arco dei 9 mesi di attività. Non si riscontrano differenze statisticamente significative.

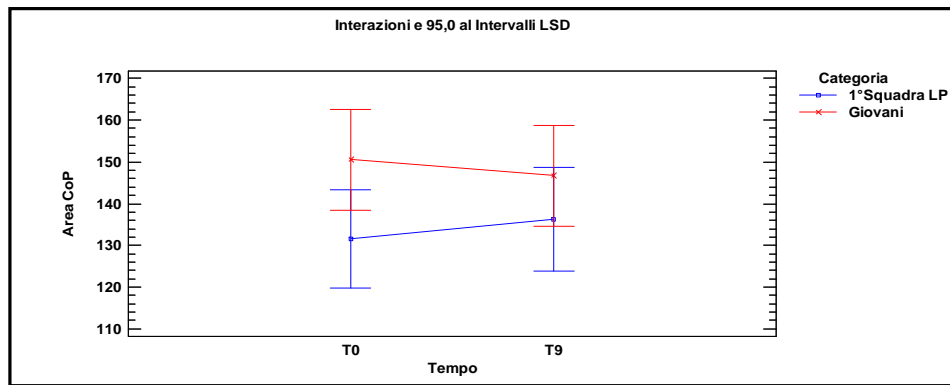


Grafico 9

Riepilogo per il confronto Area CoP a più variabili

(Tempo – Condizione – Categoria)

Il confronto ANOVA a più variabili ha messo in luce le differenze esistenti tra la condizione Occhi Aperti (OA) e la condizione Occhi Chiusi (OC). I dati statistici mostrano come nell'arco di una stagione agonistica non ci sia stata nessuna differenza del valore Area CoP in entrambi i campioni studiati "Giovani" e "1° Squadra". Sia nella condizione (OA) che in quella (OC).

Confronto Area CoP monopodalico a più variabili (Tempo – Dominanza – Categoria)

La tabella 15 mostra la media dei valori Area CoP per ciascun livello di fattori. Le due colonne più a destra mostrano gli intervalli di confidenza al 95,0% per ciascuna delle medie.

Area CoP			<i>Limite</i>	<i>Limite</i>
<i>Livello</i>	<i>Conteggio</i>	<i>Media</i>	<i>inferiore</i>	<i>superiore</i>
MEDIA COMPLESSIVA	184	147,8		
<i>Tempo</i>				
T0	92	149,9	136,4	163,3
T9	92	145,7	132,2	159,1
<i>Dominanza</i>				
Dominante	92	147,0	133,5	160,4
Non Dominante	92	148,6	135,1	162,0
<i>Categoria</i>				
1° Squadra LP	92	124,4	111,2	137,7
Giovani	92	171,1	157,5	184,7
<i>Tempo per Dominanza</i>				
T0,Dominante	46	148,5	129,5	167,5
T0,Non Dominante	46	151,2	132,2	170,2
T9,Dominante	46	145,4	126,4	164,4
T9,Non Dominante	46	145,9	126,9	164,9
<i>Tempo per Categoria</i>				
T0,1° Squadra LP	46	123,5	104,7	142,3
T0,Giovani	46	176,2	157,0	195,4
T9,1° Squadra LP	46	125,4	106,6	144,2
T9,Giovani	46	165,9	146,7	185,1
<i>Dominanza per Categoria</i>				
Dominante,1° Squadra LP	46	124,5	105,8	143,3
Dominante,Giovani	46	169,4	150,2	188,6
Non Dominante,1° Squadra LP	46	124,3	105,6	143,1
Non Dominante,Giovani	46	172,8	153,6	192,0

Tabella 18

La tabella 19, ANOVA scompone la varianza del valore Area CoP in base ai vari fattori. Poiché sono state scelte le somme dei quadrati di Tipo III, il contributo di ciascun fattore è misurato escludendo gli effetti di tutti gli altri fattori. I P-value

verificano la significatività statistica di ciascun fattore. Poiché il P-value “Categoria” è minore di 0,05, questo fattore ha un effetto statisticamente significativo su Area CoP con un livello di confidenza del 95,0%.

<i>Sorgente</i>	<i>Somma dei quadrati</i>	<i>G.L.</i>	<i>Media dei quadrati</i>	<i>Rapporto F</i>	<i>P-value</i>
EFFETTI PRINCIPALI					
A:Tempo	797,797	1	797,797	0,19	0,6622
B:Dominanza	112,379	1	112,379	0,03	0,8697
C:Categoria	97841,2	1	97841,2	23,50	0,0000
INTERAZIONI					
AB	59,2034	1	59,2034	0,01	0,9052
AC	1663,78	1	1663,78	0,40	0,5282
BC	142,617	1	142,617	0,03	0,8534
ABC	380,395	1	380,395	0,09	0,7628
RESIDUO	716261,	176	4164,31		
TOTALE (CORRETTO)	817196,	183			

Tabella 19

La tabella 20 applica una procedura di confronti multipli per determinare quali medie sono significativamente differenti dalle altre. È presente una differenza statisticamente significativa con un livello di confidenza del 95,0% tra la condizione giocatori “1° Squadra LP” e “Giovani” e OC. Il metodo correntemente utilizzato per discriminare le medie è la procedura LSD (Least Significant Difference) di Fisher.

Metodo: LSD al 95,0%

<i>Condizione</i>	<i>Conteggio</i>	<i>Media dei Min. Quad.</i>	<i>Sigma dei Min. Quad.</i>	<i>Gruppi omogenei</i>
1° Squadra LP	92	124,493	6,72787	X
Giovani	92	171,133	6,87908	X

<i>Contrasto</i>	<i>Sig.</i>	<i>Differenza</i>	<i>+/- Limiti</i>
1° Squadra LP Giovani	*	-46,6404	18,9928

Tabella 17 * indica una differenza statisticamente significativa.

Il grafico 10 mostra i dati calcolati con la procedura statistica ANOVA per fattori ripetuti. Si evidenziano i tre fattori con i rispettivi P-value. È evidente come solo la condizione Categoria presenta una differenza statisticamente significativa.

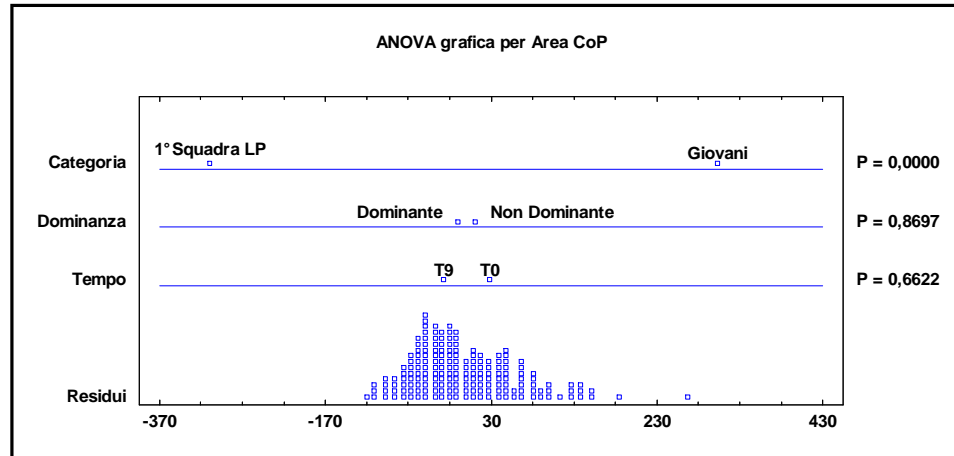


Grafico 10

Il grafico 10 mostra l'Area CoP tra le due categorie "1° Squadra LP" e "Giovani" in funzione del Tempo "T0" e "T9". Nonostante non si riscontrino differenze nel tempo è evidente come i calciatori più esperti abbiano il valore Area CoP più piccolo rispetto all'altro campione di dati.

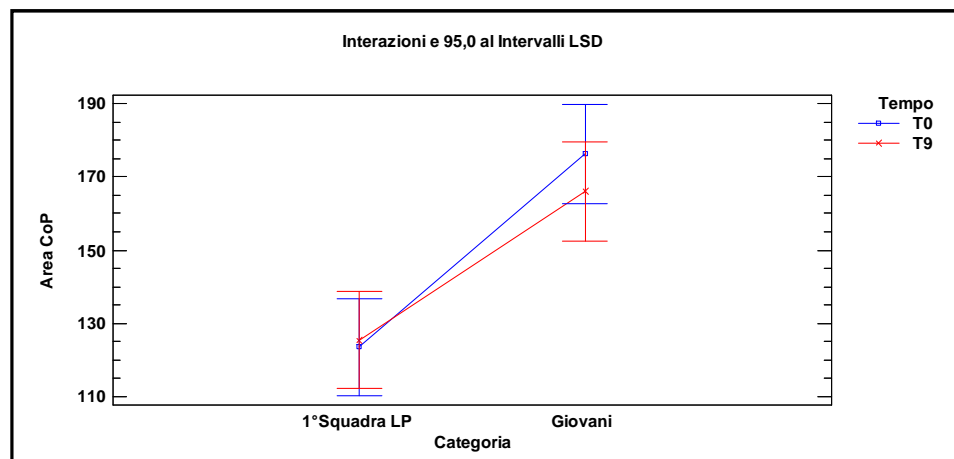


Grafico 11

Il grafico 12 mostra i dati di dominanza in rapporto alle categorie. È evidente come non ci siano differenze fra il valore area CoP arto “Dominante” e “Non Dominante”.

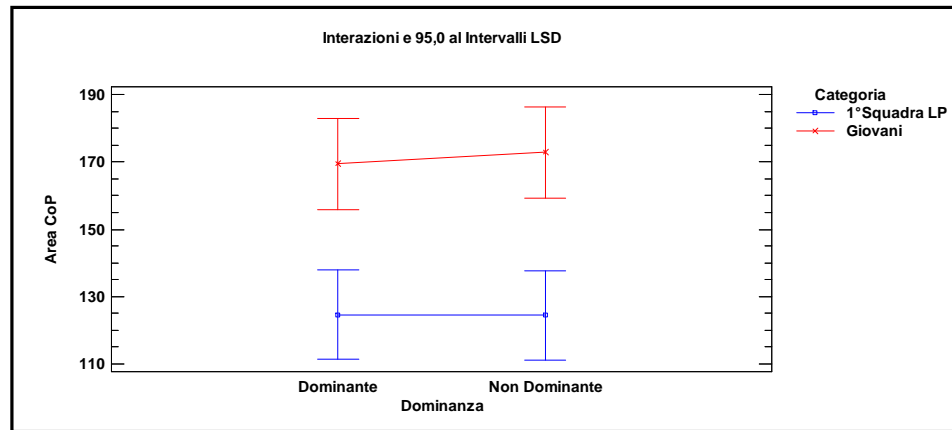


Grafico 12

***Riepilogo per il confronto Area CoP monopodalico a più variabili
(Tempo – Dominanza – Categoria)***

Il confronto ANOVA a più variabili ha mostrato come in tutti i calciatori non ci sia una differenza del valore Area CoP tra arto “Dominante” e “Non Dominante”. Inoltre non sussiste differenza, in entrambi i gruppi esaminati, tra i test effettuati al tempo “T0” e “T9”. L’elaborazione statistica mette in risalto come l’Area CoP dei calciatori “Giovani” sia statisticamente minore dei calciatori “1° Squadra LP”.

Discussione

I calciatori presentano una stabilità influenzata dalla visione, infatti, tutte le categorie analizzate hanno una differenza statisticamente significativa ($P\text{-value} < 0,05$) dei valori Area CoP e Lunghezza CoP tra le condizioni Occhi Aperti e Occhi Chiusi. I risultati nel confronto fra le categorie ci mostrano come non ci siano differenze nel valore Lunghezza CoP nelle due condizioni analizzate. Questo dato indica come durante le prove, i soggetti appartenenti alle varie categorie abbiano pressoché lo stesso dispendio energetico, in quanto il CoP attua per tutte le categorie lo stesso percorso in millimetri. Se analizziamo la variabile Area CoP ci accorgiamo che la media dei valori diminuisce con l'aumentare dell'età, e quindi, con l'aumento degli anni di esperienza alla pratica calcistica. Un'analisi più attenta (post hoc - LSD di Fisher) nelle due condizioni porta ad ipotizzare che ci siano degli adattamenti a fasi. Se consideriamo la categoria "Giovanissimi" come inizio degli adattamenti al controllo dell'equilibrio e la categoria "1° Squadra" come culmine del processo di adattamento, possiamo supporre che in una prima fase avvenga un miglioramento della componente cinestetica e propriocettiva. Infatti, riscontriamo una differenza statisticamente significativa ($P\text{-value} < 0,05$) nella condizione "Occhi Chiusi", ma non nella condizione "Occhi Aperti". Una seconda fase di adattamento potrebbe avvenire tra la categoria "Allievi" e "Primavera". Il confronto tra questi due campioni mostra come sussistano differenze statisticamente significative ($P\text{-value} < 0,05$) esclusivamente nella condizione "Occhi Aperti". Una terza fase di adattamento al controllo dell'equilibrio potrebbe essere indotta da un'ulteriore affinamento dei sistemi somatosensoriali e propriocettivi, in quanto è presente una differenza statisticamente significativa ($P\text{-value} < 0,05$) solo nella condizione "Occhi Chiusi" tra le categorie "Primavera" e "1° Squadra".

Analizzando i dati del secondo protocollo sperimentale ci accorgiamo immediatamente che non sussistono differenze statisticamente significative tra le due categorie “Giovani” e “1° Squadra LP” in condizioni “Occhi Aperti” e “Occhi Chiusi”. Tale dato potrebbe sembrare in conflitto con i risultati del protocollo sperimentale 1, ma se verificiamo la provenienza dei gruppi campione ci accorgiamo che provengono da due categorie di appartenenza (Allievi e Primavera). Inoltre i soggetti del campione “1° Squadra LP” provengono esclusivamente da squadre di Lega Pro, dove solitamente giocano in alta percentuale calciatori che hanno appena terminato la categoria Primavera. Alla luce di questo è interessante vedere come durante la stagione calcistica entrambi i gruppi in esame non modificano il valore Area CoP sia in condizioni “Occhi Aperti” che in condizioni “Occhi Chiusi”. Se analizziamo i dati provenienti dai test in monopodalico ci rendiamo facilmente conto come non ci sia nessuna differenza nel controllo dell'equilibrio tra arto “Dominante” e “Non dominante”. D'interesse è il confronto tra i campioni analizzati, dove i calciatori “1° Squadra LP” presentano un controllo più stabile rispetto ai “Giovani” ($P\text{-value} < 0,05$). Il secondo protocollo sperimentale suggerisce che nei giovani ci sia una difficoltà maggiore a mantenere l'equilibrio su di un arto solo, al tempo stesso ci fa supporre come il miglioramento del controllo dell'equilibrio non avvenga nei nove mesi di attività calcistica, ma che sia necessario più tempo per affinare le afferenze e la loro integrazione.

Conclusioni

Il calcio è uno sport di situazione che richiede nel corso dei 90 minuti di gioco, dove si percorrono mediamente 10 Km. ad una intensità media vicina alla soglia anaerobica (80-90% della frequenza cardiaca massima) (Stolen et coll. 2005; Bangsbo 2007). In questo contesto di resistenza, sono numerosi i momenti di attività ad impegno esplosivo. Infatti sono molteplici le azioni in cui il calciatore deve opporsi con contrasti per mantenere equilibrio e possesso della palla, o dove deve effettuare sprint, cambi di direzione, salti e calci alla palla (Stolen et coll. 2005). Il calciatore per far fronte alle richieste sport specifiche deve necessariamente adattarsi e divenire una struttura morfofunzionale (Davlin 2004). L'impegno di gara, così descritto, prevede la continua necessità di disporre il proprio corpo per ritrovare, nel più breve tempo possibile, l'equilibrio a fronte della situazione di gioco che si modifica rapidamente. In questo contesto acquista importanza la capacità di discriminazione, e quindi dell'analizzatore visivo che convoglia più dell'80% delle informazioni esterne (Tamorri 1999). Il ruolo della visione fornisce informazioni relative alla proprio azione, alle modifiche situazionali e alle relazioni spazio-temporali fra sé e l'ambiente (compagni, avversari, attrezzi). L'atleta deve costantemente effettuare un monitoraggio visivo, più o meno consapevole, degli spostamenti e delle azioni degli avversari. Tali informazioni costituiscono la base di previsioni anticipatorie per avviare azioni e scelte tattiche appropriate. Il calciatore necessita di essere meno dipendente dall'analizzatore visivo nel controllo dell'equilibrio, per far fronte alle richieste del gioco (Paillard et coll. 2006). Il calciatore deve così potenziare l'analizzatore cinestesico, che riceve stimolazioni dalla muscolatura, dai tendini e dalle articolazioni del corpo attraverso l'intervento di recettori specifici. L'analizzatore cinestesico fornisce informazioni, e promuove risposte più rapide di quello visivo. Gli allenamenti fisici tendono sempre più ad indurre adattamenti

per migliorare la performance calcistica ma anche a prevenire gli infortuni. Negli ultimi anni sono aumentate le proposte di esercitazioni di forza funzionale e propriocettive (Sannicandro 2009). La proposta allenante è sempre più indirizzata all'abbandono di esercitazioni che hanno come obiettivo l'esclusivo aumento delle capacità condizionale (macchinari isotonici); l'interesse si è spostato verso esercizi che stimolino la componente muscolare abbinata ad un controllo neuromuscolare. I risultati di questa tesi, suggeriscono di approfondire questa tematica. I calciatori presentano un controllo dell'equilibrio differente dalla popolazione normale già in giovane età (Bièc et al. 2010), i nostri dati indicano che nell'attività giovanile sia importante allenare gli analizzatori e gli effettori del controllo dell'equilibrio. Future ricerche potrebbero indagare se in età giovanile sia più proficuo allenare nella stessa misura, ed attenzione, tutte le componenti che regolano il controllo dell'equilibrio. Oppure, sia più efficace proporre esercitazioni sul miglioramento delle singole componenti che controllano la stabilità, in funzione dell'età e della categoria in cui sono proposte.

Bibliografia

- Adlerton, A.K., Moritz, U. “*Forceplate and accelerometer measures for evaluating the effects of muscle fatigue on postural control during one legged stance*”. *Physiother. Res. Int.* 8, 187–199, 2003.
- Asseman F, Caron O, Cre´mieux J. “*Is there a transfer of postural ability from specific to unspecific postures in elite gymnasts?*” *Neurosci Lett.*;358:83–86. 2004
- Bangsbo J, Iaiia FM, Krstrup P. “*Metabolic response and fatigue in soccer*” *Int J Sports Physiol Perform.* ;2:111–27, 2007
- Berger W., Discher M., Trippel M., Ibrahim I.K., Dietz W., “*Developmental aspects of stance regulation, compensation and adaptation*”, *Experimental Brain Research* 90,1992.
- Bieć E, Kuczyński M, “*Postural control in 13-year-old soccer players*”, *Eur J Appl Physiol.* 2010
- Bizid, R., Paillard T. “*Les activités posturales de footballeurs de niveau national*” *differènt-alle entre les attaquants et les défenseurs?*, *Science & Sports*, 2006.
- Bizid, R., Jully, J.L., Gonzalez, G., Franc, ois, Y., Dupui, P., Paillard, T., “*Effects of fatigue induced by neuromuscular electrical stimulation on postural control*”. *J.Sci. Med. Sport* 12, 60–66, 2009.
- Bizid, R., Margnes, E., Franc, ois, Y., Gonzalez, G., Jully, J.L., Dupui, P., Paillard, T., “*Effects of knee and ankle muscle fatigue on postural control in the unipedal stance*”. *Eur. J. Appl. Physiol.* 106, 375 – 380, 2009

- Bouisset, S., Duchene, J.L., *“Is body balance more perturbed by respiration in sitting than in standing posture?”* NeuroReport 5, 957–960, 1994.
- Bove, M., Faelli, E., Tacchino, A., Lofrano, F., Cogo, C.E., Ruggeri, P., *“Postural control after a strenuous treadmill exercise”*. Neurosci. Lett. 418, 276–281, 2007.
- Bringoux L, Marin V, Nougier V, Barraud PA, Raphel C. *“Effects of gymnastics expertise on the perception of body orientation in the pitch dimension”*. J Vestib Res.;10:251–258, 2000.
- Büchele W, Knaup H, Brandt T. – *“The course of training effects on balancing on one foot”*. Acta Oto-laryngologica Supplementum 406, 140-2., 1984
- Caron, O., Gelat, T., Rougier, P., Blanchi, J.P., *“A comparative analysis of the centre of gravity and centre of pressure trajectory path lengths in standing posture: an estimation of active stiffness”*. J. Appl. Biomech. 16, 234–247. 2000
- Collins J.J., De Luca C.J., *“Open-loop and closed-loop control of posture: a randomwalk analysis of center-of-pressure trajectories”*, Exp Brain Res., 1993
- Conforto, S., Schmid, M., Camomilla, V., D’Alessio, T., Cappozzo, A., *“Hemodynamics as a possible internal mechanical disturbance to balance”*. Gait Posture 14, 28–35, 2001.
- D’Avella A, Fernandez L, Portone A, Lacquaniti F. *“Modulation of phasic and tonic muscle synergies with reaching direction and speed”*. Journal of Neurophysiology; 2008.
- Davlin CD. *“Dynamic balance in high level athletes”*. Percept Mot Skills.;98(3 pt 2):1171–1176. 2004.

- De Luca, C.J., LeFever, R.S., McCue, M.P., Xenakis, A.P., “*Control scheme governing concurrently active human motor units during voluntary contractions*”. J. Physiol. 329, 129–142. 1982.
- Era P, Konttinen N, Mehto P, Saarela P, Lyytinen H. “*Postural stability and skilled performance: a study on top-level and naive rifle shooters*”. J Biomech.;29:301–306. 1996.
- Finley JM, Dhaher YY, Perreault EJ. “*Regulation of feed-forward and feedback strategies at the human ankle during balance control. Conference proceedings*”; IEEE Eng Med Biol Soc.7265-8, 2009.
- Forssberg H, Nashner LM. “*Ontogenetic development of postural control in man: adaptation to altered support and visual conditions during stance*”. J Neurosci 2: 545–552. 1982.
- Foudriat BA, Di Fabio RP, Anderson JH. “*Sensory organization of balance responses in children 3-6 years of age: a normative study with diagnostic implications*”. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology ;27(3):255–27, 1993.
- Gage W.H., Winter D.A., Frank J.S., Adkin A.L., “*Kinematic and kinetic validità of the inverted pendulum model in quiet standing*”, Gait and Posture, 2003.
- Golomer E, Dupui P, Bessou P. “*Spectral frequency analysis of dynamic balance in healthy and injured athletes*”. Arch Int Physiol Biochim Biophys; 102:225–229, 1994
- Golomer E, Cremieux J, Dupui P, Isableu B, Ohlmann T. “*Visual contribution to self-induced body sway frequencies and visual perception of male professional dancers*”. Neurosci Lett.;267:189–192, 1999.
- Golomer E, Dupui P. “*Spectral analysis of adult dancers’ sways: sex and interaction vision-proprioception*”. Int J Neurosci.;105:15–26. 2000.

- Hay L “*Accuracy of children on an open-loop pointing task*”. *Percept Motor Skills* 47: 1079–1082., 1978
- Hay L. “*Spatial-temporal analysis of movements in children: motor programs versus feedback in the development of reaching*”. *Motor Behav* 11: 189–200. 1979.
- Harkins, K.M., Mattacola, C.G., Uhl, T.L., Malone, T.R., McCrory, J.L. “*Effects of 2 ankle fatigue models on the duration of postural stability dysfunction*”. *J. Athl.Train.* 40, 191–196. 2005.
- Hirabayashi S, Iwasaki Y. “*Developmental perspective of sensory organisation on postural control*”. *Brain and Dev* 17: 111–113. 1995.
- Hodges, P.W., Gurfinkel, V.S., Brumagne, S., Cordo, P.C., “*Coexistence of stability and mobility in postural control: evidence from postural compensation for respiration*”. *Exp. Brain Res.* 144, 293–302. 2002.
- Horak F.B., and Macpherson J.M., “*Postural orientation and equilibrium*” *Handbook of Physiology*, 1996.
- Judge J, Lindsey C, Underwood M, Winsemius D “*Balance improvements in older women: effects of exercise training*”. *Physical Therapy* 73, 254-262., 1993.
- Kanaya K, Takahashi M “ *Long-term rail stance in healthy young adult women*”. *European Archives of Oto-rhino-laryngology* 255, 229-34. 1998.
- Manzoni D., “*The cerebellum may implement the appropriate coupling of sensory inputs and motor responses: evidence from vestibular physiology*”, *Cerebellum*, 2005.
- Massion, J., “*Postural control system*”. *Curr. Opin. Neurobiol.* 4, 877–887. 1994.
- Massion J., Fabre J.C., Mouchnino L., Obadia A., “*Body orientation and regulation of the center of gravity during movement under water*”, *J Vestib Res.*, 1995.

- Massion J. “*Postural control systems in developmental perspective*”. *Neurosci Biobehav Rev.*;22:465–472. 1998.
- Mergner T., Rosemeier T., “*Interaction of vestibular, somatosensory and visual signals for postural control and motion perception under terrestrial and microgravity conditions – a conceptual model*”, *Brain Research Reviews* 28, 1998.
- Mesure S., Bonnet M., Crémieux J., *L'entraînement sportif peut-il influencer le contrôle posturale statique*, *Science et Motricité* n.21, 1994.
- McGuine TA., Greene JJ, Best T., Levenson G., “*Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players*”, *Clin J Sport Med*, 10 (4):239-244, 2000.
- Mello R.G.T., Oliveira L.F., and Nadal J. “*Effects of Maximal Oxygen Uptake Test and Prolonged Cycle Ergometer Exercise on Sway Density plot of postural control*” 31° Annual International Conference of the IEEE EMBS, Minneapolis, Minnesota USA, 2009
- Morioka S. “*Changes in the ability to stand on one leg in children from babyhood to school age*.*Rigakuryohogaku*”. ;28:325–328. 2001.
- Nagy E, Toth K., Janositz G., Kovacs G., Feher-Kiss A., Angyan L, “*Postural control in athletes participating in an ironman triathlon*”, *Eur J Appl Physiol*. 2004
- Nagy E, Feher-Kiss A, Barnai M, Domjan-Preszner A, Angyan L, Horvath G– “*Postural control in elderly subjects participating in balance training*”. *European Journal of Applied Physiology* 100, 97-104. 2007.
- Nardone A., Tarantola J., Giordano A., Schieppati A. “*Fatigue effects on body balance*” *Elettroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1997
- Nardone A., Tarantola J., Galante M., Schieppati M. “*Time Course of Stabilometric Changes After a Strnuos Treadmill Exercise*” *Physical Medicine Rhabilitation*, 1998.

- Nashner L.M., “*Strategies for organization of human posture. Adapting reflexes controlling the human posture*”, Exp. Brain. Res. 26, 1976
- Nashner LM. “*Fixed patterns of rapid postural responses among leg muscles during stance*”. Exp Brain Res. 1977;30:13–24.
- Nolan L, Grigorenko A, Thorstensson A “*Balance control: sex and age differences in 9- to 16-year-olds*”. Dev Med Child Neurol 47:449–454, 2005
- Paillard T, Costes-Salon MC, Lafont C, Dupui P. Are there differences in postural regulation according to the level of competition in judoists? *Br J Sports Med.*;36:304–305., 2002.
- Paillard T, Noé F. “*Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer*”. Scand J Med Sci Sports; 16: 345–348., 2006.
- Perrin P, Schneider D, Deviterne D, Perrot C, Constantinescu L. “*Training improves the adaptation to changing visual conditions in maintaining human posture control in a test of sinusoidal oscillation of the support*”. Neurosci Lett.;245:155–158., 1998.
- Perrin P, Deviterne D, Hugel F, Perrot C. “*Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control*”. *Gait Posture.*;15:187–194., 2002.
- Peterka RJ. “*Sensorimotor integration in human postural control*” . *J Neurophysiol*;88:1097–1118. . 2002.
- Reschke MF, Bloomberg JJ, Paloski WH, Mulavara AP, Feiveson AH, Harm DL. “*Postural reflexes, balance control, and functional mobility with long-duration head-down bed rest*”. Aviation, Space, and Environmental Medicine; 80(5 Suppl):A45-54, 2009.
- Ridi R., Saggini R., “*Equilibrio corporeo*”, edizioni Martina, Bologna, 2003.

- Roll J.P., Vedel J.P., Roll R., “*Eye, head and skeletal muscle spinale feedback in the elaboration of body references,*” Prog Brai Res., 1989.
- Schwesig R, Kluttig A, Leuchte S, Becker S, Schmidt H, Esperer HD “The impact of different sports on posture regulation Sportverletz Sportschaden“. Sep;23(3):148-54, 2009.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. “*The growth of stability: postural control from a developmental perspective*”. Journal of Motor Behavior. ;17(2):131–147. 1985.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. “*Motor Control: Theory and Practical Applications*”. Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
- . Sparto PJ, Redfern MS, Jasko JG, Casselbrant ML, Mandel EM, “*Furman JM. The influence of dynamic visual cues for postural control in children aged 7-12 years*”. Experimental Brain Research.;168(4):505–516. 2006.
- .Stack B, Sims A. “*The relationship between posture and equilibrium and the auriculotemporal nerve in patients with disturbed gait and balance*”. Cranio: the journal of craniomandibular practice; 27(4):248-60, 2009.
- Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. “*Physiology of soccer: an update*”. Sports Med.;35:501–36. 2005.
- Sveistrup H., “*Posture and balance in sport rehabilitation*”, in 5° congresso internazionale: ortopedia, biomeccanica e riabilitazione sportiva, Assisi 7-9 dicembre: 99-101, Perugia 2001
- Taguchi K, Tada C. “*Change of body sway with group of children*”. In: Amblard B, et al., editors. Posture and Gait: Development Adaptation and Modulation. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier;. pp. 59–65., 1988.
- Tarantola J, Nardone A, Tacchini E, Schieppati M “*Human stance stability improbe with the repetition of the task: effect of foot position and visual condition*”. Euroscience Letters 228, 75-8., 1997.
- Umiltà C. “*Manuale di neuroscienze*”, il mulino, 1995

- Van der Kooij H., “*Human balance control in standing and walking*”, PhD Thesis, Universiteit Twente, 2000.
- Vaugoyeau M, Viel S, Amblard B, Azulay JP, Assaiante C.
“*Proprioceptive contribution of postural control as assessed from very slow oscillations of the support in healthy humans*”. *Gait & Posture*; 27(2): 294-302, 2008.
- Vuillerme N, Danion F, Marin L, et al. “*The effect of expertise in gymnastics on postural control*”. *Neurosci Lett.* 303:83–86., 2001;
- Vuillerme N, Teasdale N, Nougier V. “*The effect of expertise in gymnastics on proprioceptive sensory integration in human subjects*”. *Neurosci Lett.*;311:73–76., 2001.
- Winter, D.A., Patla, A.E., Prince, F., Ishac, M., Gielo-Perczak, K.,
“*Stiffness control of balance in quiet standing*”. *J. Neurophysiol.* 80, 1211–1221., 1998.