



IL BLOCCO OPERATORIO

Guida ragionata alla progettazione

a cura di: Marco Geddes da Filicaia
Fabrizio Gemmi
Massimo Moglia
Maria Chiara Torricelli

IL BLOCCO OPERATORIO

Guida ragionata alla progettazione

Autori

Marco Geddes da Filicaia, medico epidemiologo esperto di sanità pubblica. È stato Direttore sanitario dell'Istituto Nazionale Tumori di Genova e dell'Ospedale centrale di Firenze (Santa Maria Nuova- Palagi). Vice presidente del Consiglio superiore di sanità per due mandati ha fatto parte del Commissione di valutazione per interventi di riqualificazione dell'assistenza sanitaria nei grandi centri urbani (art. 71 L. 448/1998) e del Nucleo di valutazione del Ministero della Sanità. Collabora a progetti di ospedali in Italia e all'estero e fa attualmente parte, in qualità di consulente, della Struttura di Alta Sorveglianza (SAS) per la realizzazione del Nuovo Santa Chiara (Cisanello)- AOU Pisana.

Fabrizio Gemmi, medico specialista in Igiene e Medicina preventiva esperto di sanità pubblica. Attualmente coordinatore dell'Osservatorio per la Qualità ed Equità presso l'Agenzia Regionale di Sanità della Toscana. È stato Direttore sanitario dell'AOU Pisana e dell'Ospedale Santa Maria dell'Annunziata (B. Ripoli, Firenze).

Presidente della Commissione Qualità e Sicurezza delle cure della Regione Toscana. Fino al 2020, presidente della Sezione Regionale Toscana della SItI (Società Italiana di Igiene, Medicina preventiva e Sanità pubblica). Collabora a progetti di ospedali in Italia e all'estero.

Massimo Moglia, Laureato nel 1991 in Architettura a Firenze dal 1998 associato e poi socio/direttore tecnico del CSPE di Firenze a fianco di Paolo Felli, Romano del Nord e Antonio Andreucci. Nel 2009 fonda il Moma Studio, per lo svolgimento di studi di fattibilità, ricerche, consulenze, sperimentazioni, progettazioni e direzioni lavori, valutazioni di congruità tecnico economica nel settore sociosanitario, progettando fra l'altro il Blocco operatorio e Diagnostica del Padiglione San Luca dell'AOU Careggi di Firenze, l'ampliamento del Blocco operatorio dell'IRCS Istituto Tumori di Milano, l'ampliamento del Nuovo Ospedale Santo Stefano di Prato. Svolge dal 2009 consulenze per Società ed Enti pubblici di progettazione integrata comprensiva di attrezzature e arredi medicali nelle aree sanitarie ad alta complessità.

Maria Chiara Torricelli, professore onorario Università di Firenze, già professore ordinario di Tecnologia dell'Architettura, membro del Centro di Ricerca Interuniversitario Sistemi e Tecnologie per le Strutture sanitarie e sociali e della formazione- TESIS-, socia del Centro Nazionale per l'Edilizia e la Tecnica Ospedaliera -CNETO-. Responsabile di ricerche, membro di Commissioni di esperti per la progettazione e riqualificazione di presidi ospedalieri. Tra le pubblicazioni: Lo spazio dei diritti. L'effettività del diritto alla salute nelle strutture ospedaliere, Edi Toscana 2013; "Tipologie edilizie e architettura degli ospedali", "La riqualificazione degli ospedali esistenti", "Tecnologie dell'edilizia ospedaliera" in Edilizia per la sanità, UTET 2005; "Edilizia Sanitaria" in Manuale di Progettazione Edilizia, Hoepli 1992.

Matteo Bo, astigiano, si è laureato in Ingegneria Meccanica specializzazione "Termotecnica" presso il Politecnico di Torino nell'anno 1979. Per diversi anni è stato professore a contratto presso i corsi di Laurea Magistrale della Prima Facoltà di Ingegneria e della Seconda Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino. Vanta oltre cinquanta pubblicazioni a carattere scientifico e divulgativo e numerose docenze in corsi di formazione specialistica. Nel maggio 2017 è stato insignito del premio internazionale Rehva Professional Award. Opera dal 1980 presso la società di ingegneria PRODIM s.r.l. di cui è Direttore Tecnico e dal 2013 presso la Società Consortile EP&S s.c.r.a.l. di cui Prodim s.r.l. è una delle consorziate.

Francesca Collini, ricercatore statistico presso l'Osservatorio Qualità ed Equità dell'Agenzia Regionale di Sanità della Toscana dal 2002. Esperta di accreditamento sociosanitario, valutazione e miglioramento della qualità dei servizi attraverso la definizione, sperimentazione e rappresentazione di indicatori ed anche come supporto a reti collaborative multidisciplinari.

Francesca Dinelli, medico specialista in Igiene e Medicina Preventiva, con esperienza di direzione medica di presidio. Per l'Azienda Toscana Nord-Ovest è stata referente del flusso SDO e ha effettuato audit Agenas sulla qualità dei dati PNE e coordinato i controlli di appropriatezza e qualità della documentazione clinica di strutture private accreditate e AOU Toscane. È stata Direttore Sanitario dell'Ospedale riabilitativo Auxilium Vitae Volterra e responsabile del Presidio Sanitario Casa Circondariale di Lucca. Attualmente lavora presso la AOU Pisana nella Struttura di Alta Sorveglianza per la realizzazione del Nuovo Santa Chiara (Cisanello).

Fabrizio Dori si laurea in Ingegneria Elettronica, indirizzo biomedico, all'Università di Firenze nel 2001. Professore a contratto di Ingegneria Clinica. Dal 2001 al 2010 collabora con l'AOU Careggi per gli aspetti legati alla sicurezza e innovazione della tecnologia e per i percorsi di gestione del Blocco Operatorio. L'attività scientifica prevalente si svolge nel campo dell'Health Technology Assessment, con oltre cento pubblicazioni a carattere scientifico e divulgativo. Dal 2010 al 2014 lavora in ESTAV, settore Tecnologie sanitarie. Dal 2014 al Settembre 2020 RSPP dell'AOU Senese, e, successivamente all'AOU Meyer di Firenze.

Giuseppe Lippi, medico, si occupa da oltre 20 anni di analisi gestionale e dei sistemi sanitari. Esperto in cost management e in analisi di HTA. Ha lavorato 32 anni come chirurgo. Ha ricoperto numerosi incarichi nella azienda sanitaria di Firenze e collabora con ISPRO ed ARS Toscana.

Insegnamenti universitari presso la Facoltà di Economia di Pavia e di Firenze e la Facoltà di Ingegneria di Siena. Autore di quattro libri su temi organizzativi e di analisi dei costi in sanità.

Luca Marzi, laureato in architettura e dottore di ricerca, dal 1999 svolge attività presso il dipartimento di architettura DiDA dell'Università degli Studi di Firenze. Fa parte del Centro interuniversitario di Ricerca TESIS, Sistemi e Tecnologie per le Strutture sanitarie, sociali e della formazione, nell'ambito del quale svolge attività di ricerca e formazione. Ha pubblicato articoli scientifici sui temi dell'architettura ospedaliera, della gestione e monitoraggio di sistemi edilizi complessi, del *design for all* e della fruibilità dell'ambiente costruito.

Silvia Pagliantini, laureata in Economia ha conseguito un master in Management per la sanità presso SDA Bocconi. Dal 2009 è docente a contratto per l'insegnamento in materia di programmazione e organizzazione aziendale presso l'Università di Pisa. Attualmente è Direttore dell'UOC Innovazione Sviluppo e Analisi dei Processi dell'Azienda Ospedaliero Universitaria Pisana ed è responsabile dell'Area della Gestione Operativa. È membro del team di esperti in Lean and Safety Management del progetto di Riorganizzazione dell'attività chirurgica per setting assistenziali e complessità di cura del Ministero della Salute.

Alessio Puppato, laureato in ingegneria gestionale presso l'Università di Pisa. Ha condotto studi sulla pianificazione e schedulazione della produzione presso il Dipartimento di Produzione dell'Università di Pisa con la quale ha pubblicato diversi articoli scientifici. Esperto in ambito di miglioramento di processo, è certificato Lean 6 Sigma Black Belt e specializzato in Lean Manufacturing presso l'Università di Padova. Attualmente è membro del team di gestione operativa dell'Azienda Ospedaliero Universitaria Pisana.

Arrigo Sergio Castelvetero, laureato in Fisica all'Università di Pisa. Pluriennale esperienza nella Saitron SpA, società di progettazione e costruzione di apparecchiature elettromedicali. Dal 1983 al 2006 Direttore della Divisione Tecnologie Medicali ed Informatica della INSO SpA, società specializzata nella costruzione di ospedali "chiavi in mano" in Italia e nel mondo con oltre 30 strutture sanitarie realizzate. Dal 2006 al 2010 Consulente della INSO SpA. Dal 2010 al 2013 Direttore Generale del Consorzio GRINT, società di ricerca nel campo delle nanotecnologie. Dal 2013 Consulente per la progettazione di strutture sanitarie ad alta tecnologia.

Editing e impaginazione: Caterina Baldocchi, Agenzia regionale di sanità della Toscana

Si ringraziano, per il contributo al dibattito e la partecipazione al seminario del 9 giugno 2019 i seguenti professionisti:

Ingegnere Luca Algostino, Direttore tecnico di AGM Consulting – Milano;

Claudia Bigazzi, Coordinatrice infermieristica comparto operatorio IV piano CTO dell'AOUC;

Ingegnere Matteo Bonciani, Ingegnere gestionale, Istituto Rizzoli, Bologna;

Ingegnere Enrico Brusoni, Business development IC & Hybrid Operatory Rooms di Siemens – Milano;

Architetto Valentina Catanzaro, Politecnica Ingegneria e Architettura Soc. Coop. Firenze;

Architetto Roberto Lapi, Studio L+ Partners srl Milano;

Ingegnere Emanuela Marcelli, Università di Bologna - Ospedale S. Orsola, Bologna;

Claudio Marnetto, Infermiere Blocco operatorio Usl Sud Est, Toscana;

Dottor Massimo Nollì, Direttore del Dipartimento delle Terapie Intensive, Anestesiologie, e Terapia del dolore AUSL di Piacenza;

Architetto Claudia Romero, socio di Politecnica Ingegneria e Architettura Soc. Coop. Firenze;

Ingegnere Luca Sartori, Project manager Sale Operatorie - Getinge Italia – Milano;

Dott.ssa Patrizia Signorini, medico anestesista, Coordinatore clinico comparto operatorio IV piano CTO dell'AOUC, Careggi, Firenze.

INDICE

Premessa	7
Sintesi.....	9
Executive summary	17

I - Evoluzione, programmazione e dimensionamento del Blocco operatorio

1. Evoluzione della sala e del Blocco operatorio	25
<i>Marco Geddes da Filicaia</i>	
1.1 L'origine della sala operatoria, 25; 1.2 Anestesia e asepsi: elementi che determinano il nuovo assetto delle sale operatorie, 26; 1.3 Il Blocco operatorio nella prima metà del Novecento, 28; 1.4 Dal secondo dopoguerra a oggi, 34.	
2. Evoluzione dei pazienti e delle attività in chirurgia	39
<i>Fabrizio Gemmi, Francesca Collini</i>	
2.1 Cosa serve sapere, 41; 2.2 La casistica dei ricoveri chirurgici, 45; 2.3 Caratteristiche dei pazienti, 49; 2.4 Tecniche mininvasive, 55; 2.5 Lo sviluppo delle reti di ospedali, 57.	
3. Elementi di programmazione	61
<i>Francesca Dinelli, Marco Geddes da Filicaia</i>	
3.1 Attività preesistente da trasferire nel nuovo Blocco operatorio, 62; 3.2 Dimensionamento delle degenze in relazione al Blocco operatorio, 63; 3.3 Attività effettuata in relazione al bacino di utenza, 65; 3.4 Trend e variazione temporale degli interventi, 66; 3.5 Appropriatelyzza di utilizzo delle sale operatorie, 67.	
4. Dimensionamento funzionale: problematiche e soluzioni	71
<i>Giuseppe Lippi</i>	
4.1 Rilevanza e sistematica del dimensionamento funzionale, 72; 4.2 Prima fase: la determinazione del volume di carico, 73; 4.3 Seconda fase: le sale operatorie non sono tutte uguali, 76; 4.4 La soluzione del problema di capacità, 79; 4.5 La sintesi finale del dimensionamento funzionale, 83; 4.6 Il problema dei costi, 87.	
5. Modelli organizzativi e monitoraggio	91
<i>Silvia Pagliantini, Alessio Puppato</i>	
5.1 Il monitoraggio delle attività nel Blocco operatorio: criteri generali, 93; 5.2 Il percorso chirurgico nel Blocco operatorio: cosa misurare, 95; 5.3 Modalità di rilevazione degli eventi, 98; 5.4 Il monitoraggio per la logistica dei beni, 99.	
6. Elementi che concorrono nell'attività del Blocco operatorio	105
<i>Marco Geddes da Filicaia, Massimo Moglia</i>	
6.1 Il Blocco operatorio nella struttura ospedaliera, 105; 6.2 Definizione di spazi e locali, 108; 6.3 Termini utilizzati per i ruoli degli operatori per tipologia e caratteristica professionale, 117.	

II - Layout e tecnologie

7. Aree funzionali e Unità spaziali del Blocco operatorio	121
<i>Massimo Moglia</i>	
7.1 La diversità e finalità degli strumenti, 122; 7.2 Dimensione della Sala operatoria, 123; 7.3 Gli spazi di deposito, 133; 7.4 Il dimensionamento del Blocco operatorio, 134; 7.5 Il rapporto tra Sala operatoria e la soluzione strutturale, 137; 7.6 Elenco degli spazi e tabelle di dimensionamento, 139.	
8. Modelli di layout e flussi	157
<i>Luca Marzi, Maria Chiara Torricelli</i>	
8.1 Criteri per la definizione del layout, 158; 8.2 Il modulo spaziale dell'area di intervento chirurgico M-AIC. Alternative ed esempi, 162; 8.3 Flussi di persone materiali e dati, 171; 8.4 I modelli di layout del BO, 176; 8.5 Esempi di progetti di Blocco operatorio, 190; 8.6 Logistica dei materiali. Spazi e tecnologie, 198.	

9.	Evoluzione delle tecniche chirurgiche e Sala operatoria ibrida.....	207
	<i>Massimo Moglia</i>	
	9.1 Definizione di Sala operatoria ibrida, 208; 9.2 Caratteristiche della Sala operatoria ibrida, 209; 9.3 Gli spazi accessori della Sala operatoria ibrida, 211; 9.4 Le tipologie di Sale operatorie ibride, 212; 9.5 La Sala operatoria ibrida nel modello funzionale del Blocco operatorio, 222.	
10.	La tecnologia nel Blocco operatorio.....	229
	<i>Arrigo Sergio Castelvetero</i>	
	10.1 La tecnologia di base: tavoli operatori, lampade scialitiche, pensili, 229; 10.2 Tecnologia avanzata, 233.	
11.	Impianti di ventilazione e condizionamento.....	241
	<i>Matteo Bo</i>	
	11.1 Il ruolo degli impianti di ventilazione e condizionamento: la safety ventilation, 241; 11.2 L'assimilazione delle sale operatorie agli ambienti a contaminazione controllata, 242; 11.3 Le norme di riferimento, 243; 11.4 Gli obiettivi degli impianti VCCC per le sale chirurgiche, 245; 11.5 L'area critica, 248; 11.6 La norma UNI 11425: 2011, 248; 11.7 Il progetto di Technical Specification del CEN/TC 156 WG 18, 255; 11.8 Guida ragionata: le condizioni di progetto, 266; 11.9 Guida ragionata: le principali implicazioni progettuali sul sistema edificio-impianti al servizio di un Blocco operatorio, 270.	
12.	Tecnologie informatiche.....	277
	<i>Fabrizio Dori</i>	
	12.1 Il concetto di sistema ed il sw come dispositivo medico, 277; 12.2 Il corretto approccio metodologico: la valutazione del rischio, 279; 12.3 Indicazioni per la progettazione, 279; 12.4 Un ambito in evoluzione: il trattamento del dato, 281; 12.5 Progettazione, acquisizione e avvio del sistema, 283.	
III - Comfort, qualità e sicurezza		
13.	Il controllo delle infezioni.....	285
	<i>Marco Geddes da Filicaia, Fabrizio Gemmi</i>	
	13.1 Layout complessivo del Blocco operatorio, 285; 13.2 Materiale sterile, 286; 13.3 Accesso al Blocco operatorio, 287; 13.4 Dall'accesso al Blocco alla Sala operatoria, 288; 13.5 Sala operatoria, 289; 13.6 Recovery room, 291; 13.7 Locali accessori, 291.	
14.	Comfort e progettazione ambientale.....	295
	<i>Maria Chiara Torricelli</i>	
	14.1 Illuminazione artificiale, 296; 14.2 Luce naturale e viste verso l'esterno, 300; 14.3 Colore, 303; 14.4 Livello di rumore ambiente e isolamento acustico, 308; 14.5 La musica in Sala operatoria, 309.	
15.	Progettazione ergonomica.....	313
	<i>Luca Marzi</i>	
	15.1 Criteri di ergonomia, 313; 15.2 Approccio ergonomico e problematiche posturali in Sala operatoria, 314; 15.3 Approccio ergonomico: aspetti dinamici di interazione tra il personale, 318; 15.4 Criteri ergonomici e attrezzature e ausili di Sala operatoria, 323; 15.5 Conclusioni, 328.	
16.	Finiture e opere di allestimento.....	333
	<i>Massimo Moglia</i>	
	16.1 Pavimentazione, 334; 16.2 Rivestimenti, 340; 16.3 L'involucro interno della Sala operatoria, 342; 16.4 Controsoffitti, 347; 16.5 Accessori dei sistemi di prefabbricazione, 348; 16.6 Illuminazione ambiente, 352.	

Executive summary

This Guide is addressed to the Commissioner of the Surgical Block (SB) [“Blocco operatorio (BO)”], to the Medical Director of the Hospital Unit, to the Architect and to the Project Manager of the process of planning, designing and delivering an SB. It raises necessary questions to be asked in the various phases of planning, design and construction of an SB, examining possible solutions, highlighting strengths and weaknesses, and reporting some examples of implementation.

Chapter 1, *Evolution of the operating room and Surgical Block*, offers a reflection on the evolution of operating rooms, describing how this “structure” has changed and progressed over the last century, during which the room and, subsequently, the Surgical Block (SB), have acquired their identity. The reflection begins with the separation of the room from the ward in the last decades of the 18th century, and illustrates the rapid evolution of the layout, following the development of microbiological knowledge and the principles of asepsis. In the configuration of the SB, technological innovations were also relevant, first of all artificial lighting and the introduction of protective devices, such as gloves and masks. This chapter also retraces the advancements of some operating techniques, in particular orthopedic and cardiological techniques, which have changed the face of surgery over the last fifty years. The evolution of the SB is illustrated with some examples: the Budapest Surgical Clinic of the late 19th century, with the surgical amphitheater; the orthopedic room of the Ospedale Maggiore di Milano (1932); the Operating Group of the Hospital of Lille (France, 1938), with the automated transfer of the patient; and the actual Surgical Block of the l’Hôpital Mémorial France – États-Unis of Saint-Lô (France), inaugurated in 1956. This excursus is offered to the reader in the belief that the characteristics of the rooms that make up the operating complex and their arrangement, their use, the methods of setting up and organizing the work, the needs – real or presumed – including psychological and behavioral needs of the health workers (primarily surgeons), have deep roots which are essential to know.

Chapter 2, *Evolution of the patient and of surgical activities*, investigates how these two interacting “variables”, which it is necessary to know in order to properly plan and design the SB, have changed. To this end, an analysis of surgical activity in Tuscany over twelve years (2007-2018) is presented, to exemplify what needs to be investigated, highlighting the trend of ordinary acute hospital admissions, the trend of the average hospital stay and of the pre-operative one (with comparisons with national data). A more exhaustive analysis is dedicated to the transfer of surgical activity from hospitalization to day surgery and, in particular, to outpatient surgery, reporting the trend (2000-2018) in inpatient and outpatient status for cataract and carpal tunnel decompression operations. The analysis of patient characteristics aims to answer the following questions: is the type of patients, who undergo surgery, changing or is it stable over time? Are the changes attributable to demographic characteristics? Do these factors affect the functionality of the Surgical Blocks? The age of subjects undergoing surgery, the clinical complexity (estimated, for example, through the Charlson Comorbidity Index) and the residential origin of patients are the parameters to be investigated and are illustrated in this chapter with examples from the case of Tuscany.

Finally, the evolution of minimally invasive techniques is described and the example of the hospital network created in Tuscany is presented, examining the effects of this planning on three types of interventions, for which a volume/outcome ratio is expected: malignant breast cancer (threshold value per hospital = 150/year - 10%); aortocoronary bypass (threshold value per hospital = 200/year); pancreatic cancer (regional threshold value per donor facility = 30/year). Thus, the different situations that should be evaluated in order to plan the activities to be carried out in new Surgical Blocks are highlighted in the regional mapping.

These examples, represented with regional data, are valid in different contexts of the country. The knowledge of such examples is relevant, since the geographic assets of healthcare organization affect the operation of the SB of the single hospital and the planning of its construction must respond to the need to rationalize the offer and accessibility of the most expensive technological resources, and guarantee the sustainment of high technical and scientific skills.

Chapter 3, *Programming elements*, offers a guide to those planning this significant investment, in terms of structure, systems and technologies, so that they can evaluate the existing activities to be transferred- since this is the reality of the Italian context- and set a series of objectives, making them explicit, in relation to which to characterize and size the new SB.

In order to define the requirements framework, which must be expressed in the design brief, a series of issues (Questions) to be noted are listed, the reasons are explained (Rationale) and where to acquire and how to

process the information is specified (Comment). The areas examined are the following: 1. Existing activity to be transferred to the new SB; 2. Sizing of the wards in relation to the SB; 3. Activities carried out in relation to the catchment area; 4. Trend and temporal variation of interventions; 5. Appropriateness of use of operating theaters.

The chapter also presents three Boxes dedicated to:

1. A summary of the legislation on the classification of hospital facilities (Ministerial Decree No. 70/2015 – Decreto Balduzzi).
2. The list of interventions for which there is evidence of a positive association between hospital activity volumes and outcome (in-hospital or 30-day mortality).
3. The definition of the activities of day surgery, week surgery and outpatient surgery.

Chapter 4, *Functional sizing: issues and solutions*, addresses the issue of sizing, which can be defined as an analysis aimed at determining the number of operating theaters required for a hospital or for a certain user base. Functional sizing is strictly connected to the problem of fixed costs (number and set-ups of operating theaters) and variable costs for the fully operational management of operating theaters. The analysis is carried out in several stages starting from what is defined as “load volume”: the need for interventions. Pragmatically, although in the literature referred to there are “theoretical” relationships (one room for every 1,000 interventions, or number of interventions/100,000 inhabitants), the analysis proceeds by suggesting to evaluate how many interventions currently carried out are intended to be transferred. In order to exemplify the methods (and the difficulties/ discrepancies) of the calculation, the text presents a survey carried out in 11 Surgical Blocks over the course of a year, for a total of 73,897 interventions. The functional characteristics of the different types of rooms are then identified for: outpatient surgery, elective surgery, highly complex elective surgery, emergency surgery. The chapter illustrates the fundamental “operating times” with their graphic representation: the *surgical time*, the *whells time* of the intervention (length of stay of the patient inside the room), the *case time*, which also includes room cleaning and *block time* (i.e. the occupation of the room based on the hours of activity). The set of *block times* determines the annual capacity of the SB, which obviously differs from the theoretical capacity and which is exemplified in the analysis of the eleven Surgical Blocks examined. The different “capacities” are then illustrated: the absolute maximum capacity, the hours available in the year; the maximum theoretical capacity, which is the “reasonable” one of 13 hours a day x 5 days and 7 hours on Saturday, and is assumed to be 3,600 hours per year; the maximum potential production capacity, the net of working times dependent on company policies for the opening times of the rooms; the maximum installed capacity; and the maximum made available by the constraints, first of all by the availability of personnel: surgeons, anesthetists and nurses. There is therefore a need to define the function of the different rooms, with reference to scheduled and urgent activities and, specifically for scheduled activities, to activate the operating theaters at a regime close to the maximum theoretical capacity in order to optimize the unit costs and depreciation of equipment. The ratios between actual volumes and maximum capacities are measured by saturation indices; the synthetic measure of the ratios between actual volumes and expected capacities are the performance indices which, deriving from the ratio between actual and expected, monitor in a simple and immediate way how the organization and the consequent functioning of the SB is going. Based on some hypothetical choices (operating rooms open in the morning and in the afternoon, with the exception of Saturdays), for an expected daily production time of 10 hours (from 8am to 6pm), net of the *batch-time*; partial summer closures (for guaranteed staff holidays) such as to have only 46 weeks of full-time activity per year (net of midweek holidays); the minimum and maximum values of the functional sizing of the operating rooms for elective surgery and the functional sizing of the operating theaters for emergencies and, consequently, the operating theaters necessary to accommodate 73,897 interventions (the number of interventions detected in the 11 Surgical Blocks used for the example) hypothetically to be transferred. In this way, an evaluation process is described- and suggested to the reader- which should be implemented, in collaboration with relevant professionals, to size an SB.

Chapter 5, *Organizational models and monitoring*, aims to provide the reader with some of the main elements of operational management (*operation management*) to bear in mind in the design, considering that the characteristics of the logistic-organizational model of an SB can be decisive for the functionality of the entire surgical process.

It should also be borne in mind that the transfer of surgical teams to a new SB, sometimes from different realities or different facilities, represents a unique opportunity for the adoption of updated organizational and management criteria.

This chapter presents a brief summary (with bibliographical references) to the principles of *operation management* in healthcare and of *Lean Management* within hospitals. The application of these principles to the surgical process is a priority due to the high costs related to the use of considerable production factors (medical and nursing staff, equipment, devices, etc.) and for the involvement of other support services (pre-hospitalization, sterilization, intensive care and hospitalization beds, etc.).

The text then focuses on “what to measure” by presenting the work flow of the intra-operative phase marked by these main events, which can be defined as temporal events: 1. Entry into the Surgical Block; 2. Entry into the operating room; 3. Start of anesthetic induction; 4. Start of surgical procedure (incision); 5. End of surgical procedure (suture); 6. Exit from the operating room; 7. Exit from the Surgical Block. The following indicators are then presented: 1) Raw utilization rate; 2) Delay in the start of 1st intervention; 3) Over- Time; 4) Underuse; 5) Time to change room; 6) Average surgical time; 7) Average anesthetic time; 8) Average Touch Time; 9) Cancellation rate; 10) Recovery Room/PACU; 11) ICU; 12) Rate of urgent cases in elective session; 13) Value Added Time.

After a description of the events detection methods (software and touch screen monitor), with localization schemes within the sterilization center and the operating room, the monitoring parameters of the performance of the sterilization center are presented.

Chapter 6, *Elements that contribute to the activity of the Surgical Block*, evaluates to what extent the overall configuration of the hospital influences the relations and arrangement of the various services that belong to, or can be part of, the SB, with particular reference to: A&E [DEA], pediatric emergency room, maternity unit, hemodynamics and endoscopy, day surgery post-operative intensive care. In relation to the possible sizing and organization of the SB, the possible locations of related structures and services, in particular, plants (AHU), sterilization center and warehouses are also examined.

In order to share a common terminology, to make the dialogue between the various subjects involved in the planning and design of the SB effective and free from interpretative misunderstandings, a glossary of terms relating to the activities, spaces and operators is presented.

The glossary, with the terms in Italian and English, includes the definition of the spatial unit with a brief description of the activity that takes place within it and of any close functional relationships that exist between this space and other spaces that constitute an organic operational nucleus.

1. Operating room (OR): general OR, specialist OR, hybrid OR.
2. Around the operating room: preparation of the patient for surgery, preparation of staff.
3. Post-operative spaces: patient awakening (awakening room/premises, recovery room, PACU, post-surgical intensive care)
4. The operating room’s service spaces: Sterile Stock, Flash Steriliser, Store Anaesthetic- drug, Clean Utility, Store- Equipment, Bay- Mobile Equipment, Dirty Utility, Clean-Up Room, Handwashing medical equipment, Bay Washing tunnel, Cleaner’s (Housekeeping) Room, Disposal Room.
5. The interface rooms between the Surgical Block and the external areas: Change – Staff, Transfer lobby, Interview Room – Family, Bay stretcher, Bay- Dirty operating table, Bay- Clean operating table.
6. Staff spaces: Staff station, Staff Room, Meeting Room.

To these may be added other workspaces, which are less codified by regulations and guidelines and which may find a place in different areas or conditions such as:

- Pathology Laboratory;
- Bay Laboratory;
- OR Manager office;
- Office- Write-up Bay.

The type of spaces that are described and their presence in the SB is related to the size of the SB, the complexity and type of activities that are carried out there. The chapter concludes with a paragraph in which the terms (in Italian and English) used for the roles of operators, by type and professional characteristics are listed and discussed.

Chapter 7, *Functional areas and spatial units*, addresses the issue of a correct size of the SB in its various components, as a fundamental step in the planning and design activity. Among other things, this is an

indispensable premise in order to be able to estimate the cost of construction, management and maintenance, and therefore evaluate the economic feasibility of the work, as well as the type and footprint of the new hospital building or at least part of it.

The sources of reference are of two types: 1. The binding Italian regulations, on the minimum structural requirements, which aim to ensure adequate conditions in all public and private health facilities; 2. The guidelines or guiding principles, which have a different purpose from the norms in the strict sense. In general, these are not mandatory unless expressly referred to in the technical specifications and in the commissioning relations of the individual processes.

To this end, the author conducted an analysis of the various sources available in Italy, where there are limited indications on the minimum size: DPR 14/01/1997; Regulation of the Tuscany Region of 2016; Guiding principles of the Veronesi project- 2003 Plan; ISPEL guidelines, as well as of the main international sources: English NHS Guidelines 2010; FGI guidelines, US 2018; the Australian Guidelines of 2017; 2015 US Department of Veterans Affairs guidelines.

The method used the following steps:

- Identification of the requirements of the national and regional legislation (Tuscany Region) in force.
- Review of different Italian sources classified as guiding principles and recommendations.
- Review and critical analysis of international guidelines.
- Validation and integration of data based on design experiences.

An initial analysis was dedicated to the size of the operating theater based on a comparison of the minimum structural requirements in the regulations of the Italian regions with variations from 20 to 30m² for minor surgery and, on average, from 30 to 36m² for major surgery.

The optimal sizing of the room was instead determined by the author on the basis of an analytical procedure of the US guidelines with the identification of the three spatial areas: 1. Anesthesia work area; 2. Sterile field; 3. Circulation zone to which an area for mobile equipment is added on the three sides of the room. The spaces for preparation and post-intervention recovery of the patient and the storage spaces are then identified, defining, in the table, the intended use and sizing. Following this is a series of tables, the result of analysis and processing by the author, in which a detailed sizing of all the spaces/rooms that may contribute to the composition of an SB, divided by zones, is presented: entrance and reception filter area; intervention room area; recovery area; support work area; staff area; service area; technical rooms and spaces.

The first table lists the recurrence of spaces/rooms in the various Italian sources and international guidelines mentioned above and the level of cogency (optional; indispensable).

The necessary unit size is then presented for the same list of spaces/rooms. An analysis follows, with an identical listing of spaces/rooms, for the sizing of an SB with 6 rooms, 8 rooms and 12 rooms. Thanks to this analysis, a standard of necessary surface area per OR is defined in relation to the number of rooms: SB of 6 theatres = 236m²; SB of 8 theatres = 242m²; SB of 12 theatres = 242m², SB of 12 highly specialized theaters (hybrid, robotic) = 279m².

Finally, a summary of the proportional incidence of the SB areas is presented with a minimum-maximum variation range: entrance and reception filter area: 10%-21%; OR area: 35%-41%; recovery zone: 6.5%-8%; support work area: 3.5%-5%; staff area: 7%- %; service area 17%-21%; technical rooms and spaces: 3%-4.5%. To this proportional dimensioning a 35% of connective space is added: "circulation". The chapter concludes with a reflection on the relationship between the operating room and the structural solution, in which the factors that increase the flexibility of a site for a Surgical Block are highlighted: 1. Location of stairs and lifts on the perimeter of the site: 2. Minimization of the number of pillars in the area intended to house the intervention zone (comprising the operating theaters and annexes). 3. With upper technical floor: technical shafts directly above the support spaces in front of the OR; with technical level below or not immediately above: technical shafts on the perimeter of the site. 4. Minimum depth of the building equal to at least three spans. 5. Optimal structural grid 7.50m x 7.50m for basic hospitals and 8.40m x 8.40m for level II hospitals.

Chapter 8, *Layout models and flows*, aims to exemplify the translation of the planning and organizational management recommendations discussed in the previous chapters into "layout models". The "layout models", or "distribution schemes" of the spaces, synthetically represent the rules of spatial configuration (model-pattern) that determine the structure of the system and which define optimal arrangements (layout) of the

elements of the system: the spatial units, areas and zones. In order to define the layout of the SB and the spatial models of the surgical intervention area (M-AIC), a checklist of 10 questions is presented, which planners and designers of the SB should ask themselves. Consequently, a diagram and an example of the different M-AIC solutions that can be adopted, as well as the identification of their strengths and weaknesses, are presented: A. double corridor for cleanliness and dirt; B. mixed corridor and clean-sterile core; C. single mixed corridor, with possible variants.

A flows diagram follows: 1. patient; 2. surgical team and socio-health operator; 3. clean and sterile material; 4. dirty material and waste. These flows are then transferred to paths of layout models of an 8-theaters SB (one of the scenarios hypothesized in chapter 7) according to diversified distribution hypotheses, based on these fundamental characteristics:

- Double-corridor layout or racetrack square, linear distribution of the rooms with separate dirty path, shared recovery.
- Racetrack square, cluster room distribution, separate dirty path, shared recovery.
- Double-corridor layout or racetrack square, distribution of the opposing rooms facing a sterile-clean core, shared recovery.
- Double-corridor layout with rooms facing outwards, distribution of the rooms opposite each other and a mixed corridor, shared recovery.
- Racetrack square with outward facing rooms, linear distribution of the rooms on a mixed corridor, support spaces in front, shared recovery.
- Racetrack square with outward facing rooms, linear distribution of the rooms on a mixed corridor, adjacent support spaces, shared recovery.

For each type of SB layout listed above, the strengths and weaknesses are indicated and examples of projects are reported: new SB of the specialist surgeries of AOU Careggi Firenze (2015-2018); SB of the new hospital building of the Misericordia di Grosseto (2011-2017); SB of the S. Stefano Hospital in Prato (2010-2013); SB of the New Felettino Hospital of La Spezia, 2010 project; SB on floor 1 of the multifunctional plate of the A. Gemelli University Hospital, Rome (2004); new SB of the Policlinico San Martino Genova, operating room plan (2017-2020); SB of Delta Hospital, CHIREC Hospital Group, Auderghem region of Brussels (2017); SB of New Children's Hospital of Helsinki (2018).

The last paragraph is dedicated to the logistics of materials within the SB; an overview of the handling technologies and an evaluation of the storage spaces are offered in the examples cited above.

Chapter 9, *Evolution of surgical techniques and hybrid operating room*, after briefly recalling the most significant changes in surgical techniques, generated by variation of the interface between the surgeon and the surgical site, from the variation in the accuracy of the surgery and from the direct and indirect support of imaging to surgery, focuses on the hybrid operating room. The hybrid OR is a room that, in addition to having all the characteristics of an operating room, is equipped with high-end imaging equipment capable of producing images of high accuracy, which allow to plan/ support/control the surgical activity and the execution of minimally invasive and highly complex interventions, where, following the onset of a complication, it is possible to switch to "open" surgery. The requirements of a hybrid OR are: 1. Inclusion into an SB; 2. Size suitable for carrying out the surgical activity and for hosting the equipment; 3. Equipped with high-end imaging equipment; 4. Equipped with an operating bed, certified as such, through which it is possible to perform any type of surgery, whose movements are interfaced (reciprocity of movement and collision control) with those of the imaging equipment; 5. Equipped with VCCC System (Controlled Contamination Air Conditioning). The chapter describes the hybrid ORs with C-arm, CT scanner and RM scanner. For each technology, the typologies are indicated and the relative layouts are presented with reference to examples in Italian hospitals and other countries.

Chapter 10, *Health technologies*, offers a description of the main technologies of the SB, whose location, within the block itself, involves not only obvious structural interventions, but also a precise assessment and design of the layout taking into account the movement of the chosen equipment and its relationship with the members of the surgical team and with the patient. The basic technology is represented by the operating tables, with the two main typologies: fixed or mobile top; operating lamps and wall units. The advanced technology is described by presenting, with relative images, what is necessary in the various integrated operating theaters: robot, monoplanar angiograph, biplanar angiograph with double arch, CT for hybrid room, MRI for hybrid room.

Chapter 11, *Ventilation and air conditioning systems*, offers a detailed overview of the legislation and technologies aimed at reducing, especially in the critical area of the OR where the surgery is performed, the concentration of airborne microorganisms. To this end, the national standards, the main international standards (United States, France, Germany, Switzerland, Austria, Holland, Spain, England and Sweden) and the European project Technical Specification CEN/TC 156 WG 18 (TS), currently being prepared, are presented. To this end, the most recent draft (18 August 2020) of the TS is reported, in which the salient aspects relating to controlled contamination plants (VCCC) are discussed. The reported documentation comprises, also in tabular form, multiple reference elements for the design, construction and management of such systems, including: an analysis of the project phases, with the various steps, objectives and identification of the responsible party; the performance of the ventilation systems according to their class and parameters in different conditions (with or without activity in progress) and, in a special box, the ratios to be used for the calculation of the air flow supply are shown. A reasoned guide on the project conditions and on the building system is then developed - systems serving the SB, evaluating strengths and weaknesses with respect to the positioning of air handling units (AHUs) and offering basic diagrams of VCCC systems with “recirculation in the AHU ” and “ recirculation in the room”.

Chapter 12, *Information technology*, starts from the need to find a balance between clinical needs, data security, rigor, legal and technological solidity. The system is therefore defined as a combination of several devices interconnected by means of a functional connection; this system can have its own parts placed both inside and outside the environment used by the patient and, in the second case, they can be both in a room for medical use and in a room for different use. Also in this chapter, a checklist system is developed with the questions that must be asked in the various phases and the possible main consequences to be faced in case of non-response; these questions are aimed at risk assessment and at design, which must be carried out by a design group made up of a plurality of professionals. Finally, the problems inherent in the processing of data are highlighted, both in terms of design privacy and default privacy.

Chapter 13, *Infection control*, identifies, within the SB, the aspects connected with building and infrastructure design, layout, technological and infrastructural engineering choices, the identification of suitable materials and finishes (even the simple “precautions”) that have project relevance and affect the risk of infection. Therefore, it is not the procedures, which are duly referred to in the bibliography, that are dealt with, but rather, the design choices, which can directly or indirectly (but are not less relevant) contribute to the reduction of the bacterial or viral load, facilitating and encouraging behaviors consistent with the correct implementation of hygiene measures and procedures indicated by protocols and guidelines. After a brief evaluation of the SB layout, the text follows the path of the patient, the materials and the operators: entry to the SB; from entry to the Block to the operating room; operating room; recovery room.

In the operating room, the method of entry into the room and the elements that can reduce the level of accessibility are assessed: unified access or separate accesses; width of the door opening; opening mode; visibility of the operating room; remote monitoring of the intervention; intercom. The chapter deals with the ventilation of the ORs, whose technical and design characteristics have been extensively discussed in chapter 11, recalling the complexity of the cost-benefit evaluation, with reference to the effectiveness of the different systems, on the real reduction of the risk of infection, in the light of the most recent epidemiological studies and proposing the following scenarios: 1. Setting up operating rooms ISO 7, considering the largely prevalent characteristics of the surgical activity of the SB and the recent indications of the WHO; 2. Follow the ISPEL regulations and limit the ISO 5 set-up to operating theaters for transplants, cardiac surgery, vascular surgery, orthopedics and neurosurgery; 3. Build all the rooms to ISO 5, and adhere to UNI standards, thus increasing the flexibility of the use of the rooms; 4. Take into account the planning/design phase in which action is taken. In the preliminary phase, there is ample room for decision; in the post-contractual phase, it is essential to comply with the legislation referred to in the contract, which becomes mandatory.

Chapter 14, *Comfort and environmental design*, deals with the physical-environmental aspects that do not concern problems related to infection control and mechanical ventilation systems, but which are equally important in relation to reduction of fatigue, anxiety and stress of operators and patients. These environmental conditions affect the quality of performance, the degree of user satisfaction and, if adequate, help people develop positive reactions, ability to cope with difficult tasks or situations (*coping*), which are needed in an environment such as that of the SB. The text, after a brief review of the very limited literature on the physical-environmental aspects of the SB, offers a very rich review of images taken from the environments of Italian and, mainly, foreign hospitals, which represent best practice of this issue. To this end, the following factors are

addressed: artificial lighting (with a summary of the conditions of comfort and work safety in the operating department); natural light and views to the outside; color; ambient noise level and sound insulation; music in the operating room.

Chapter 15, *Ergonomic design*, deals with the issue of the relationships between operators and patients with furniture and equipment, in order to ensure maximum functionality, taking into account all types of risks that may arise in the performance of healthcare activities.

The chapter examines the different criticalities of postures, staff movement, congestion of spaces and physical interference in relation to different surgical activities. It subsequently offers considerations on the ergonomic criteria to be adopted (arrangement of the monitors, height of the operating table) and on the equipment and aids in the operating room (platforms, multifunctional seats, exoskeletons). The author suggests carrying out an analysis of the working conditions of the surgical staff, in order to properly design and set up the room from an ergonomic point of view; in this way, it is possible to adopt and support the operational-behavioral needs that the surgical teams naturally assume in their operation. The integration of knowledge and experiences of the various stakeholders in the design process allows a shared vision of the problem from multiple perspectives, facilitated today by participatory methodologies of hybrid simulations integrated with visual representations.

Chapter 16, *Finishes and outfitting works*, deals with the issue of the quality of interior finishes, with the awareness that this issue goes beyond the more general objective of the quality of buildings, since it has a close and direct relationship with the effectiveness of healthcare processes and, therefore, with the very essence of the hospital as a place of care.

The different solutions to adopt, additionally to matching aesthetic criteria, which have relevance in the care process, must have characteristics suitable for use and for direct and indirect contact by patients, visitors and healthcare personnel. The different finishes must also be suitable for cleaning and sanitizing procedures. Consequently, the author deals with technical flooring solutions, also in terms of accidents and asepsis, and with wall coverings and protections (bumper strips).

The chapter focuses on the operating room, for which the internal envelope plays an important role and there are numerous requirements that must be met:

1. Specific requirements of the building component, with respect to asepticity and cleanability; as a delimiter of the space, it must have requirements of effective separation from the surrounding environments and ability to react to fire. Furthermore, in relation to the use of devices, which utilize laser beams (electrosurgical units), it must have a reduced reflection of light rays at these frequencies.
2. Integration requirements with other components. This integration concerns infrastructure design and aptitude to enable the installation of equipment and furnishings without compromising the specific requirements of the building component: clock with stopwatch, diaphanoscope, large format display, workstation for consulting the hospital information system and related applications, such clinical records, RIS-PACS, materials management, reporting, etc.
3. Maintenance and reconfiguration requirements, taking into account that, in addition to inspection and maintenance, continuous innovation of intervention techniques requires implementation and reconfigurations, which the envelope must have the propensity to support.

To address the issues mentioned, the author suggests prefabrication systems for operating theaters and reports, with extensive visual material, multiple examples and details of the set-up.

Capitolo 15

Progettazione ergonomica

Luca Marzi

Nella progettazione degli spazi dei Blocchi operatori vanno affrontati i temi che riguardano i rapporti degli operatori e dei pazienti con gli arredi e le attrezzature, al fine di garantire la massima funzionalità tenendo conto di tutte le tipologie dei rischi che si possono presentare nello svolgimento delle attività sanitarie [1]. Il progetto degli spazi deve dunque risultare coerente con una impostazione di carattere ergonomico, concorrendo a garantire un ambiente “tranquillo e motivante per gli operatori ponendo attenzione al paziente e riducendo i rischi di errore a cui può essere esposto [2]”. Il tema concerne anche la “comunicazione ambientale”, ovvero quegli aspetti relativi alla relazione tra ambienti (spazi) e persone volta a realizzare un livello di comfort ambientale che va oltre le percezioni sensoriali (benessere termo-igrometrico, benessere acustico e benessere luminoso), interessando anche gli aspetti relativi all’umanizzazione degli spazi, alla loro configurazione e al loro carattere che, oltre ad essere funzionali, siano in grado di favorire il così detto benessere organizzativo del lavoro, la comunicazione, le competenze delle abilità non tecniche, le relazioni umane tra operatori e pazienti [3].

15.1 Criteri di ergonomia

Nella progettazione di una Sala operatoria è necessario un approccio ergonomico, ovvero un metodo che tende a realizzare un adattamento ottimale del sistema “uomo – attrezzatura- ambiente di lavoro” tenendo conto delle capacità e dei limiti psico-fisiologici dell’uomo⁸⁴. I molti aspetti della questione ergonomica in ambiente chirurgico sono stati affrontati in ambito medico e costituiscono tema importante nella formazione più in generale sulla qualità e la sicurezza chirurgica⁸⁵ [4]. Il controllo di tali condizioni concorre al contenimento degli ‘eventi avversi’ che interessano il paziente e alla tutela delle condizioni fisiche degli operatori. In tal senso tali argomenti afferiscono ai temi della sicurezza degli ambienti di lavoro costituendo un problema rilevante

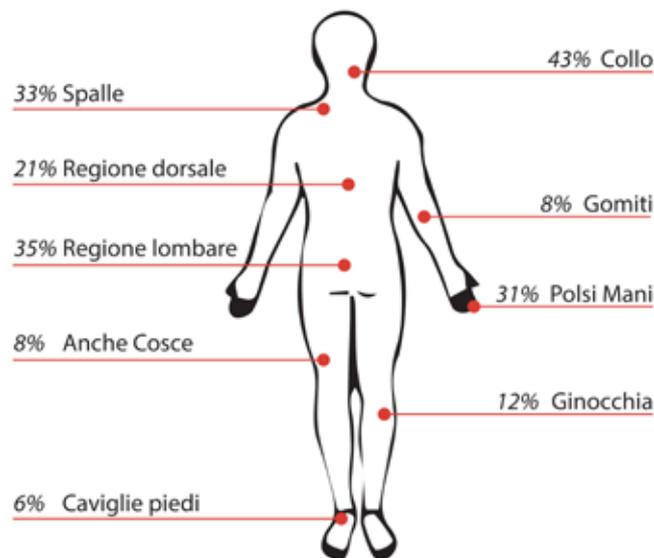
84 Altre definizioni di ergonomia: disciplina scientifica che riguarda la comprensione dell’interazione tra l’uomo ed i sistemi, ed applica principi, teorie, dati e metodi per la progettazione allo scopo di ottimizzare il benessere dell’uomo e le prestazioni complessive dei sistemi (International Ergonomics Association); l’ergonomia, o scienza del fattore umano, ha come oggetto l’attività umana in relazione alle condizioni ambientali, strumentali e organizzative in cui si svolge (SIE, Società Italiana di Ergonomia). Le tre macro dimensioni ergonomiche sono: quelle fisiche, percettivo cognitive ed organizzative (Treccani Vocabolario della Lingua Italiana).

85 Le dimensioni multidisciplinari dell’ergonomia assumono una rilevanza e un significato diverso a seconda del tipo di intervento e delle caratteristiche degli operatori in rapporto a fattori fisici, quali la postura e i movimenti corporei, fattori ambientali, quali il rumore, la illuminazione, il microclima, fattori cognitivi e percettivi, quali le informazioni visive, acustiche, le relazioni tra i video, i fattori organizzativi, quali i compiti, le procedure. Gli aspetti fisici riguardano l’anatomia, la biomeccanica, l’antropometria e la fisiologia degli operatori; gli aspetti relativi alla prossemica riguardano il layout spaziale con implicazioni sulle distanze, sulla comunicazione tra gli operatori e concorrono a definire le variabili organizzative (gestionali) relative ai tempi e ai ritmi delle attività del reparto operatorio; gli aspetti percettivi e cognitivi riguardano la capacità di percepire segnali, memorizzare ed elaborare informazioni, controllare apparecchiature e assumono sempre più importanza con l’avanzare del ruolo delle macchine e delle tecnologie in chirurgia.

nella gestione dei costi delle aziende sanitarie chiamate ad affrontare economicamente, oltre alle ricadute degli eventi avversi, i tempi di recupero degli staff medici⁸⁶.

Oggi il tema della salute degli operatori sanitari è al centro di numerosi studi e di specifici protocolli definiti sulla base degli ambiti lavorativi e delle tipologie di disagi. Un efficace metodo di analisi del rapporto tra posture occupazionali e dei disturbi muscoloscheletrici, nei diversi ambiti delle tipologie operatorie, è quello proposto dal protocollo messo a punto nell'ambito del Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ)⁸⁷ (figura 15.1).

Figura 15.1 - Parti anatomiche del corpo e percentuale di disagio delle regioni anatomiche analizzate secondo la classificazione proposta dal Nordic Musculoskeletal Questionnaire



Di seguito andremo a trattare gli aspetti ergonomici degli interventi eseguiti a stretto contatto con il paziente ovvero quelli a cielo aperto e di chirurgia microinvasiva-laparoscopica. Escludendo le tematiche relative ai teatri operatori ibridi, nei quali l'interazione uomo-macchina comporta l'utilizzo di grandi macchinari diagnostici, e quelli relativi all'utilizzo di tecniche robotiche in quanto questi necessitano di particolari e specifiche riflessioni teoriche e operative.

15.2 Approccio ergonomico e problematiche posturali in Sala operatoria

Negli interventi a 'cielo aperto', quasi esclusivamente realizzati in piedi, lo staff assume "posizioni statiche⁸⁸ del collo con una flessione in avanti del rachide con accentuazione della cifosi dorsale e relativo stato di sofferenze alle spalle, al collo e agli arti inferiori" [9]. Tali criticità riguardano principalmente gli ambiti ergonomici di tipo fisico-posturali. Le posizioni assunte dallo staff sono generalmente tese a una migliore visione dell'ambito dell'intervento e rispondono a quella naturale tensione a "vedere, sentire, manipolare" [10] che deriva dalla prossimità fisica con il paziente e da una visione diretta (tattile) dell'ambito operativo.

Questi sforzi comportano uno stress al comparto lombare causato dall'estensione del centro della parte superiore del corpo in avanti, inclinazione che si traduce in un aumento degli sforzi muscolari per bilanciare la

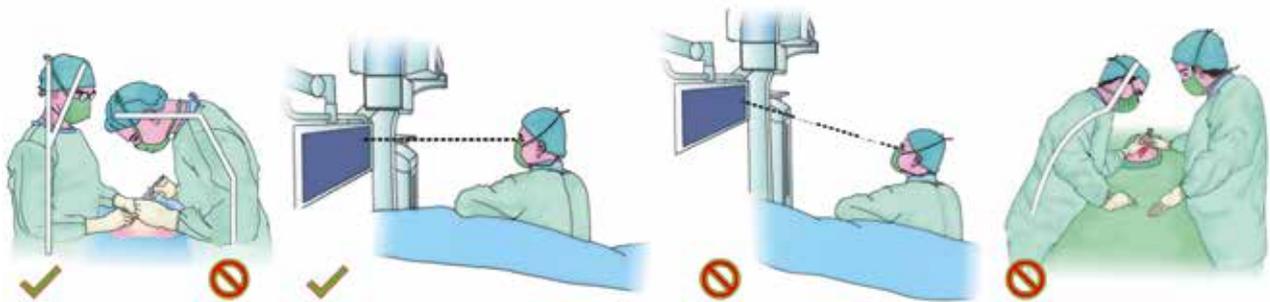
⁸⁶ Da una ricerca realizzata in Olanda sulle lesioni muscoloscheletriche e la conseguente frequenza e durata delle assenze per malattia tra i chirurghi, i ginecologi e gli urologi olandesi si evince che il 72,9% degli intervistati soffre o ha sofferto di disturbi muscoloscheletrici. I disturbi più frequentemente segnalati dagli intervistati sono stati il dolore al collo, alla schiena (inferiore) e alle spalle. Tra gli intervistati con disturbi il 26,7% ha dichiarato di aver dovuto usufruire di un congedo per malattia. [5] Analizzando i dati relativi ad una ricerca condotta dall'associazione degli infermieri statunitensi del 2011 possiamo constatare che le due principali cause di lesioni ergonomiche legate al lavoro tra i lavoratori ospedalieri nell'ambito dei comparti operatori includono: lo sforzo eccessivo e la reazione corporea spesso legata alla movimentazione dei pazienti risultano il 48% degli infortuni (compresi movimenti come sollevare e/o piegarsi). Mentre gli accadimenti relativi allo scivolamento o passo falso (inciampare e/o cadere) sono pari al 25%. [6]

⁸⁷ Il Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ), è stato elaborato nel 1987 da un Gruppo di lavoro riunito dal Nordic Council of Ministers [7], a conferma della sua validità è stato successivamente tradotto e validato dai più importanti istituti sanitari nazionali. Nel 2001 l'IRSSST canadese, con la collaborazione gruppo di lavoro originale scandinavo ne ha curato una versione più estesa ed approfondita. La sua traduzione in lingua italiana è stata pubblicata nel 2008 [8]. Il protocollo propone, attraverso un questionario auto somministrato, una metodologia di classificazione dei disagi dei diversi ambiti muscolo scheletrici dei lavoratori classificati per gravità, tempistica-ricorrenza e ricaduta occupazionale (tempi di recupero).

⁸⁸ Secondo le norme ISO UNI ISO 11226:2019 Ergonomia - Valutazione delle posture statiche di lavoro le posture considerate statiche sono quelle assunte dal soggetto con una durata superiore ai 4 secondi. Il 70% della durata delle operazioni ortopediche necessita di posture sostanzialmente statiche da parte degli staff chirurgici [7].

parte superiore del corpo e in contrazioni dei muscoli lombari. Le posizioni del collo e delle spalle, generano un affaticamento che è causa di dolori che si manifestano sia durante l'intervento che nelle sue fasi postume.

Figura 15.2 - Criticità delle posture in relazione alle attività operatorie

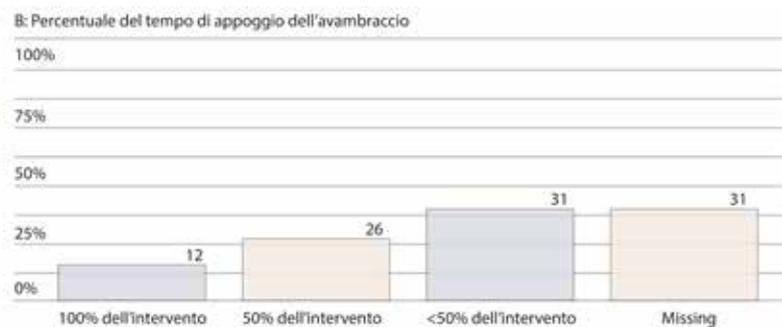


Fonte: [29]

Nella chirurgia a cielo aperto gli strumenti manuali (che rappresentano una naturale estensione della mano dell'operatore necessaria a trattare i tessuti, con funzioni di presa, taglio, dissezione, divaricazione ecc.) hanno una semplicità di uso che deriva da un consolidato processo progettuale – realizzativo. Resta però il problema del loro utilizzo improprio (impugnatura) che può causare un disagio fisico relativo alle dita, con conseguenze al gomito e al polso. Sono da segnalare le criticità relative alle spalle e ai bracci che sono conseguenza di un lavoro eseguito in maniera non sostenuta.

Tabella 15.1 - Appoggio dell'avambraccio durante gli interventi e tempo percentuale di appoggio dell'avambraccio

A: Tipologie degli appoggi	n°
Paziente	37
Appoggi Specifici	12
Lettino	4
Paziente + Lettino	6
Lettino + Appoggi Specifici	2
Paziente + Appoggi Specifici	1
Paziente + Appoggi + Lettino	2
Nessun Appoggio	34
Missing	2
TOTALI	100



Fonte: [11]

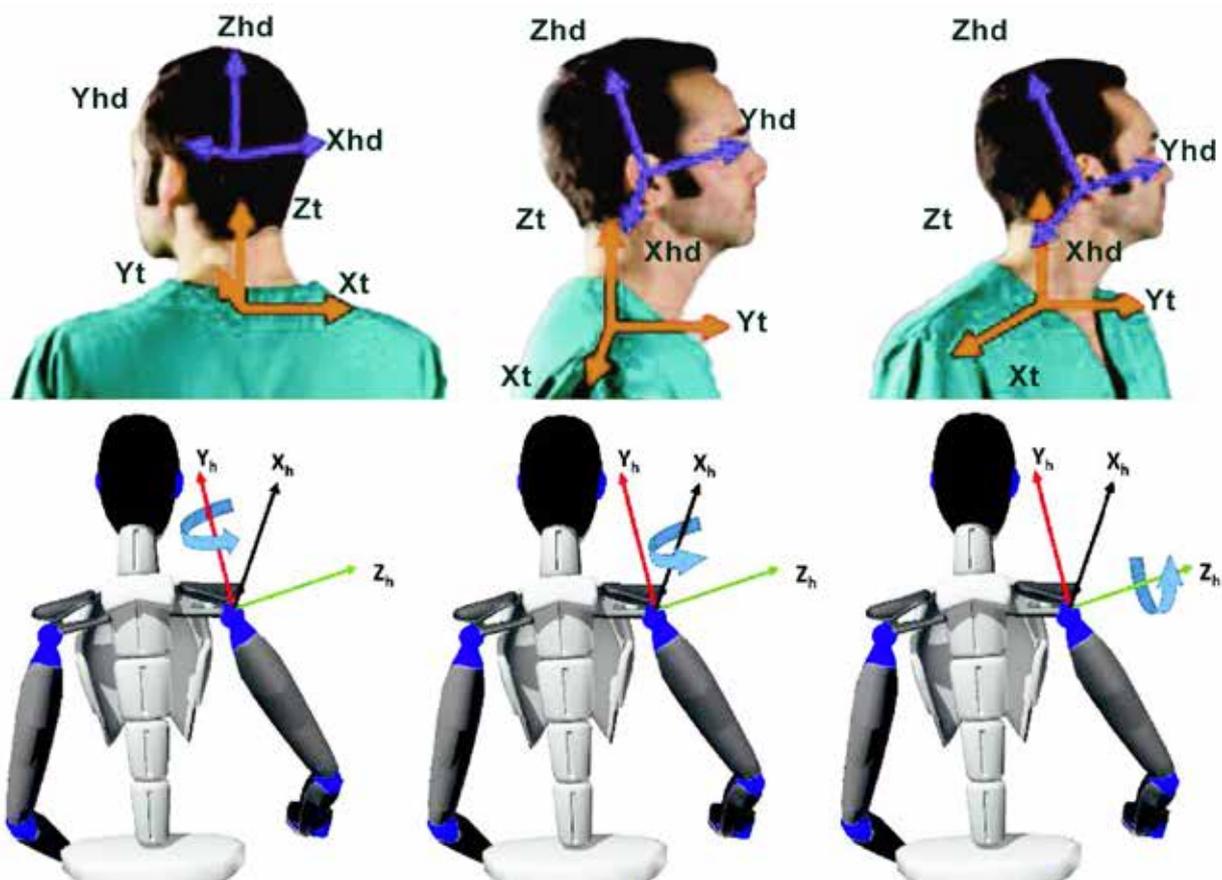
Da specifiche indagini si è evidenziato che la ricerca degli appoggi è una condizione pressoché costante nel corso delle attività chirurgiche, in particolare sono ricercati appoggi dell'avambraccio e del bacino⁸⁹ (tabella 15.1).

La chirurgia video-endoscopica ha cambiato notevolmente le procedure chirurgiche tradizionali e la movimentazione in Sala operatoria generando nuove problematiche relative alle posture ed ampliando le criticità afferenti alle tipologie sensoriali-cognitive. Se in prima istanza si pensava che l'utilizzo di sistemi di gestione dell'immagine indiretta risolvesse gran parte dei problemi relativi alle posture assunte dallo staff derivate dalla necessità di visualizzare al meglio l'ambito delle operazioni, studi recenti hanno evidenziato come anche gli operatori che agiscono con le tecniche di laparoscopia presentano problemi muscolo scheletrici principalmente afferenti al collo, alle spalle, oltre che alla schiena e alle mani⁹⁰.

⁸⁹ L'indagine condotta dall'Università di Pavia attraverso un questionario proposto a 100 chirurghi ha evidenziato come gran parte degli intervistati utilizzasse diversi metodi per trovare un sostegno dell'avambraccio nell'ambito della loro attività a conferma che tale condizione è considerata cruciale nel corso. Altre forme di sostegno riguardano l'appoggio del bacino, eseguito spesso appoggiandosi al piano operatorio con la conseguenza che si riscontrano negli staff diffuse abrasioni addominali da strofinamento [11].

⁹⁰ Secondo i risultati di una indagine epidemiologica realizzata da un gruppo di ricerca spagnolo afferente al Jesús Usón Minimally Invasive Surgery Centre e al BioErgon research group (Laboratorio de Biomecánica del Movimiento Humano y Ergonomía) definito attraverso una rielaborazione del NMQ condotto su un campione di 52 chirurghi che operano con tecniche di chirurgia laparoscopica, in un anno di attività il 58% degli intervistati ha sofferto di dolori al collo, il 37% ha sofferto di dolori alla spalla. Mentre per quanto riguarda la schiena, il 21% ha sofferto di dolori nella parte superiore e 35% nella parte inferiore, inoltre il 37% dei soggetti ha sofferto di dolori ai polsi e alle mani. Inoltre, dalla ricerca, si è evidenziata un'alta variabilità nella posizione adottata dai chirurghi durante la procedura chirurgica. I dati dimostrano come ogni operatore adotti posture desunte dalla propria esperienza senza seguire criteri ergonomici specifici [12].

Figura 15.3 - Rotazioni misurate per le verifiche delle posture del collo, della testa e delle spalle negli interventi in laparoscopia



Fonte: [12]

In questo ambito le criticità posturali sono principalmente la conseguenza della posizione del chirurgo rispetto al controllo del trinomio paziente-strumenti-apparati visuali (monitor) **figura 15.3**. Il chirurgo utilizza manualmente strumenti con lunghe estensioni che riproducono sui monitor la scena operatoria. Il controllo del monitor spesso costringe il chirurgo a prolungate posizioni statiche innaturali, che provocano rigidità della nuca e del dorso, accresciuti dagli sforzi di carattere cognitivo relativi all'interpretazione dell'immagine fornite dalle telecamere laparoscopiche.

Oggi con l'elaborazione tridimensionale e la possibilità dei settaggi dell'immagine è stato in parte ovviato il problema dell'interpretazione delle immagine⁹¹, ma resta il problema sostanziale del rapporto tra lo staff e le posizioni dei monitor e dell'interazione tra il chirurgo e gli assistenti addetti al controllo dei sistemi di riproduzione dell'immagine ai quali è demandata la gestione degli angoli di visualizzazione, dell'illuminazione e della risoluzione della riproduzione.

Inoltre la dimensione degli strumenti laparoscopici ha variato i parametri relativi all'altezza del tavolo, che necessita di una regolamentazione in grado di facilitare l'usabilità di una strumentazione con dimensioni maggiori (lunghezze) rispetto alla chirurgia tradizionale. Il problema dell'altezza del piano operatorio è accresciuta anche dalla maggiore quantità di operatori che gravitano intorno al paziente stimata in un incremento del 10% circa rispetto agli interventi tradizionali [15]. Tale incremento comporta un aumento dei quadri esigenziali relativi al rapporto stature- altezza del piano oltre che una maggiore complessità (affollamento) nel fruire delle immagini gestite dai sistemi di riproduzione. Relativamente ai problemi posturali vanno menzionate le difficoltà dell'uso degli strumenti laparoscopici che necessitano di un considerevole sforzo di utilizzo⁹², la forza esercitata sugli

⁹¹ "[...] the representation of the three-dimensional surgical field on a two-dimensional screen may reduce depth perception since retinal disparity, and therefore the resultant stereoscopic vision (i.e. integrated information from two viewpoints) providing the surgeon a strong sense of depth is missing." [13] "[...] a further perceptual problem in laparoscopy arises from scaling difficulties caused by the magnification and the severely degraded visual image of the anatomy in comparison to the experience of an open procedure." [14].

⁹² Gli strumenti utilizzati in laparoscopia (afferenti a tre macro tipologie: dissector, grasper, e scissors) se confrontati con gli strumenti per la chirurgia aperta, necessitano di una forza di uso da 4 a 6 volte maggiore [16].

anelli delle impugnature provoca indolenzimenti della mano e relative criticità ulnari con conseguenze alla funzionalità dell'avambraccio. Per concludere vanno ricordati i problemi relativi ai piedi causati dall'uso delle pedaliere di comando che causano una ripartizione non omogenea del peso del chirurgo con affaticamenti asimmetrici nelle posizioni statiche.

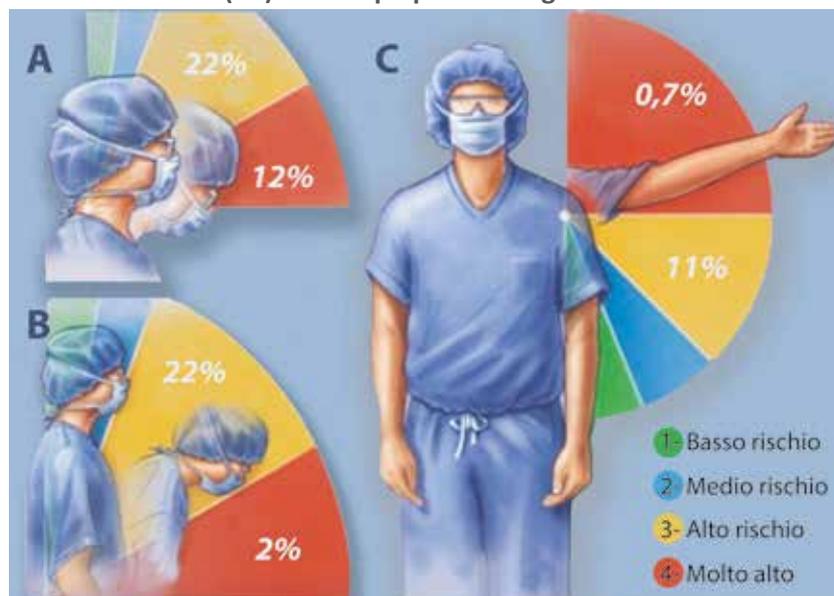
Analizzando studi comparativi, è comunque evidente che le problematiche posturali che interessano gran parte dell'apparato muscolo scheletrico dello staff sono comuni ad entrambe le tipologie operatorie⁹³, e che le differenze, se analizzate in ambiti omogenei, riguardano alcuni punti percentuali dei disagi e non la sostanza delle criticità⁹⁴. Criticità che, nella misurazione del rischio ergonomico del collo, del tronco e della spalla dei chirurghi derivano da posture prolungate considerate ad alto rischio [19] (tabella 15.2).

Tabella 15.2- Distribuzione della prevalenza dei disturbi muscoloscheletrici in diversi organi del corpo dei chirurghi classificata per tipologie d'intervento

	Chirurgia aperta n°26		Laparoscopia n°28		Microchirurgia n°27	
	n°	%	n°	%	n°	%
Collo	21	80.7	25	89.2	23	85.1
Spalla e braccio	20	76.9	23	82.1	22	81.4
Gomito e avambraccio	19	73	21	75	20	74
Mano e polso	18	69.2	19	67.8	21	77.7
Schiena	24	92.3	22	78.5	19	70.3
Tronco	17	65.3	17	60.7	18	66.6
Coscia	11	42.3	15	53.5	16	59.2
Ginocchio	10	38.4	9	32.1	11	40.7
Gambe e piedi	16	61.5	15	53.5	16	59.2

Fonte: [17]

Figura 15.4 - Misurazione del rischio ergonomico del collo, del tronco e della spalla dei chirurghi durante l'intervento. Posizioni ad alto rischio (categorie 3-4; giallo e arancione) per il collo (A), il tronco (B) e la spalla (C), con la percentuale media (SD) del tempo per le categorie 3 e 4



Fonte: [18]

⁹³ Inoltre nella pratica chirurgica molti operatori sono chiamati ad affrontare (ho hanno affrontato) entrambe le tipologie operatorie, quindi, nelle attività di rilevazione, risulta complesso distinguere la provenienza dei traumi rispetto al loro operato [5].

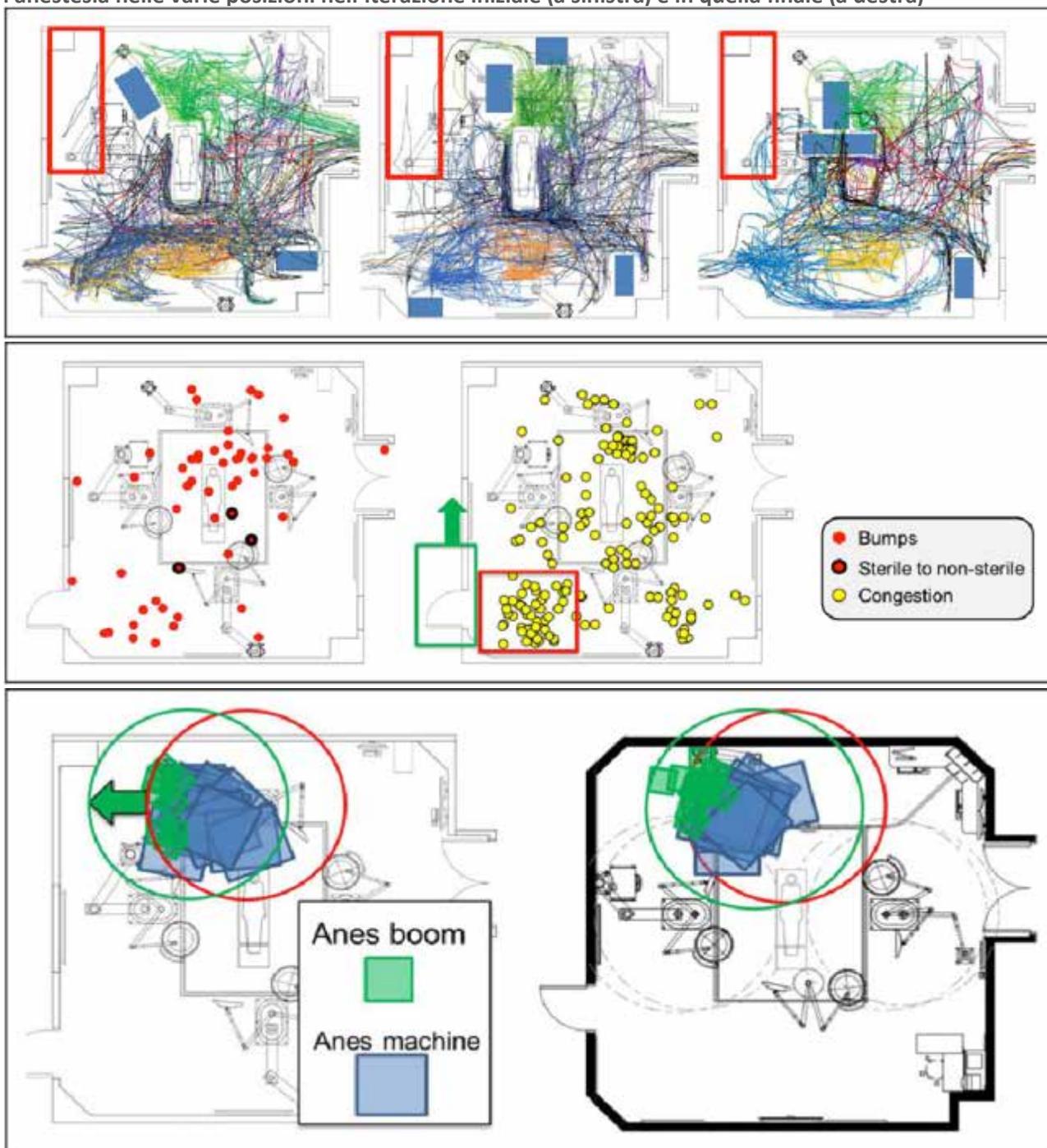
⁹⁴ Uno studio descrittivo-analitico condotto su 81 chirurghi in un ospedale di Teheran utilizzando il Nordic Questionnaire, applicato in 3 differenti tipologie di chirurgiche (aperta, laparoscopia e microchirurgia) ha rivelato che la prevalenza dei sintomi muscoloscheletrici del collo, della schiena, della spalla e il braccio è omogeneo in oltre il 75% degli intervistati per tutti i 3 ambiti chirurgici censiti. [17].

15.3 Approccio ergonomico: aspetti dinamici di interazione tra il personale

La Sala operatoria è un ambiente nel quale gli operatori agiscono assumendo posizioni statiche alternate a posture e comportamenti dinamici, è un ambiente nel quale l'equipe deve interagire in modo sincronico, coordinandosi attraverso forme di comunicazione implicite (codificate dalle conoscenze ed esperienze) ed esplicite, a seguito di precise indicazioni.

Ricerche specifiche con valenza ergonomica per la messa a punto della progettazione degli interni delle sale operatorie sono state condotte da alcuni centri di ricerca al fine di indagare il tema dell'iterazione tra i membri dello staff all'interno della Sala operatoria.

Figura 15.5 - Immagine A) Analisi dei movimenti dello staff in tre tipi differenti di attività chirurgiche, addominale totale, colecistectomia laparoscopica, tiroidectomia. Immagine B) Analisi degli urti e analisi della congestione degli spazi. Immagine C) Area degli accadimenti, interferenze fisiche, della macchina per l'anestesia nelle varie posizioni nell'iterazione iniziale (a sinistra) e in quella finale (a destra)



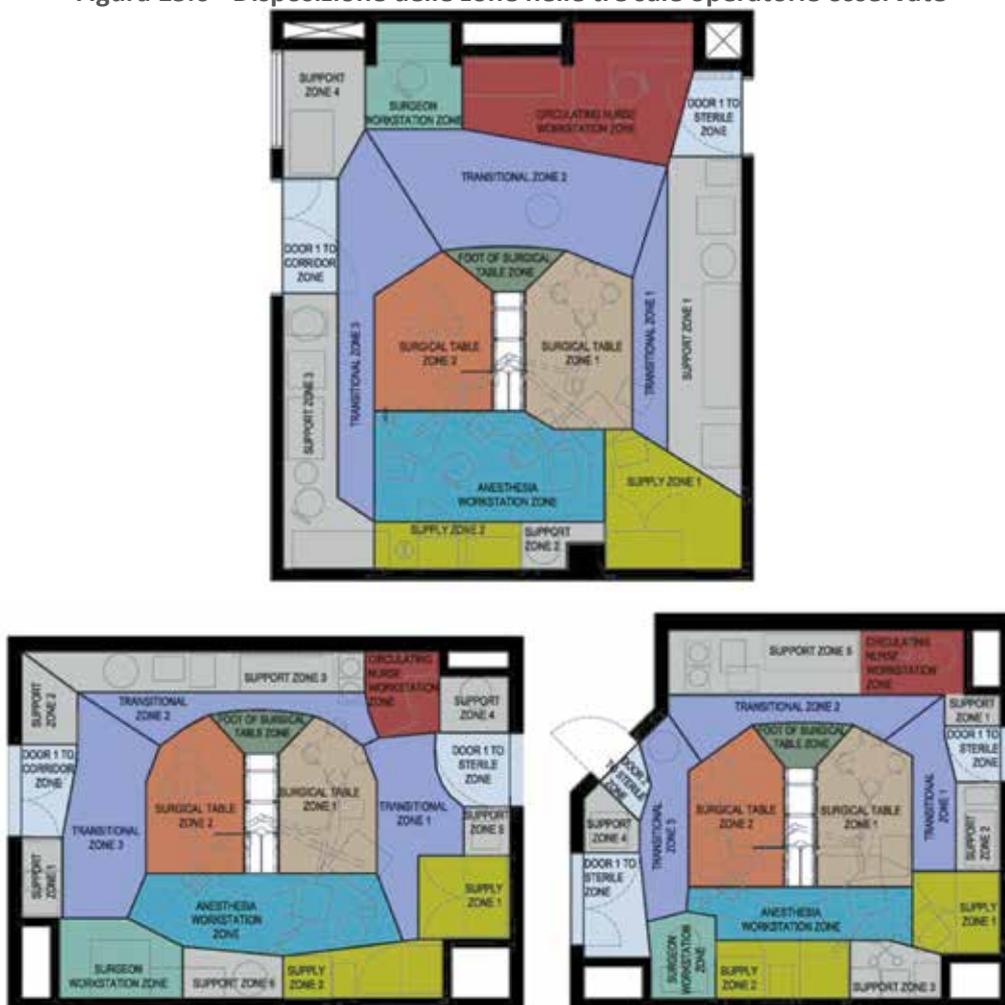
Fonte: [18]

Nel corso di una ricerca condotta in Canada per la definizione di una Universal Operating Room⁹⁵, su un modello al vero (circa 60 m²) sono state simulate diverse procedure chirurgiche seguendo un "Simulation-Based Mock-Up Evaluation Framework" al fine di verificare gli spostamenti degli operatori del team ed evidenziare alcuni aspetti quali: urti accidentali, zone di congestione ecc.

Le questioni rilevate come più significative, rispetto alla creazione di zone di congestione e urti, erano relative alla posizione della porta verso la zona destinata al materiale sterile/pulito, alla posizione della postazione infermieristica di preparazione degli strumenti chirurgici, alla posizione dell'apparecchiatura di anestesia e delle aste porta attrezzature (figura 15.5).

Una analisi simile, è stata condotta nel corso di una ricerca svolta negli USA alla School of Architecture della Clemson University (figura 15.6). La ricerca, attraverso l'analisi delle registrazioni video di una serie di operazioni e la rielaborazione dei dati con un software dedicato, ha catalogato gli 'accadimenti' (perturbazioni del flusso – infrazioni – lievi inconvenienti) di piccola entità e maggior entità, nell'ambito dell'osservazione delle procedure operatorie in tre distinti ambiti operativi, differenti per dimensione ed articolazione planimetrica.

Figura 15.6 - Disposizione delle zone nelle tre sale operatorie osservate

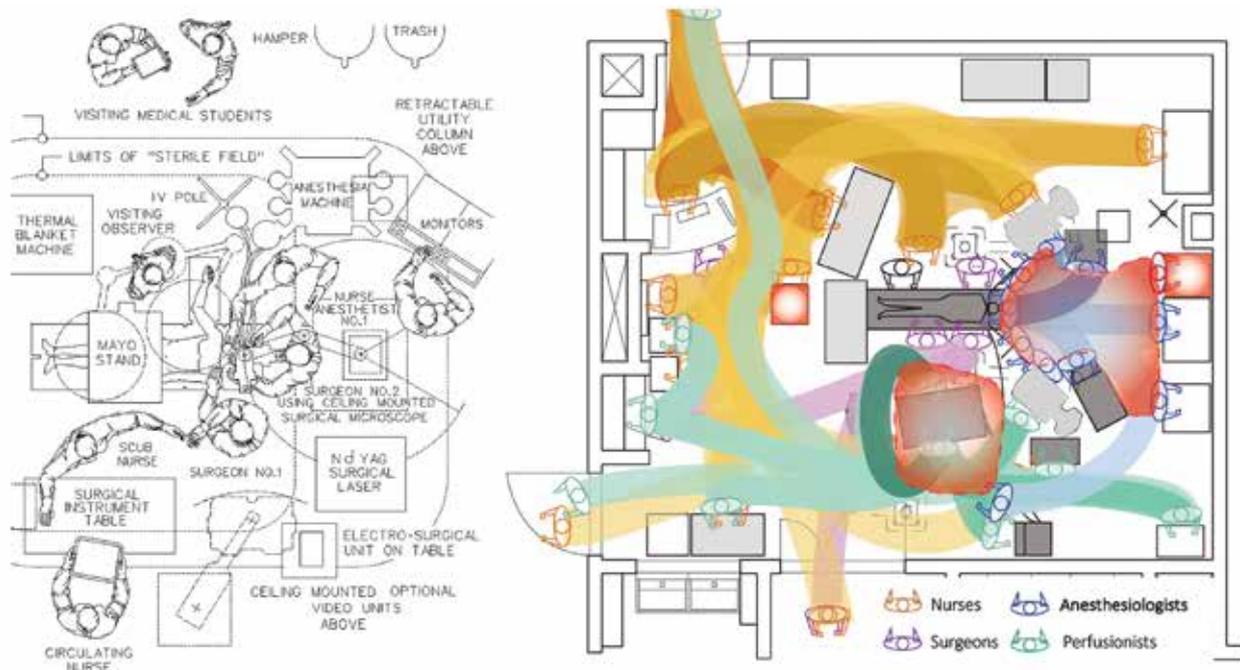


Fonte: Clemson University [19]

⁹⁵ Ricerca svolta in Canada - Health Quality Council of Alberta [18].

Le problematiche riscontrate sono state catalogate in 5 tipologie: problemi di layout, pericoli ambientali (EH), usabilità, interruzione e guasto delle apparecchiature (EF)⁹⁶. Il risultato della ricerca ha dimostrato che i piccoli accadimenti e quelli di maggior entità accadono principalmente nella *Anesthesia zone* e nelle *Transitional zone*. La zona della postazione di lavoro per l'anestesia rappresenta circa il 30% delle criticità rilevate, la maggior parte delle problematiche sono legate alla dimensione dell'area dedicata (che rappresenta solo il 10% dell'area totale delle sale osservate) in rapporto alla densità di apparecchiature presenti. Altra nota significativa rispetto al rapporto spazi-attività-attrezzature, è quella relativa all'area di lavaggio della equipe chirurgica-*Scrub*- nella quale la densità degli operatori rispetto allo spazio e alla tipologia di movimentazioni genera ridondanti criticità. La ricerca infine sottolinea come gli spazi di transizione, specie in corrispondenza degli accessi, necessitano di una disposizione ordinata nella gestione degli arredi. Disposizione che influisce direttamente sul numero di accadimenti rilevati.

Figura 15.7 - Rappresentazione dell'area centrale della sala con evidenziazione dei passaggi manuali*. Rappresentazione dei Traffic Flow Patterns**



*Fonte: VA Design Guide. Guide Plane 4.1.1997

**Fonte: American Society of Anesthesiologists. All rights reserved. 2017

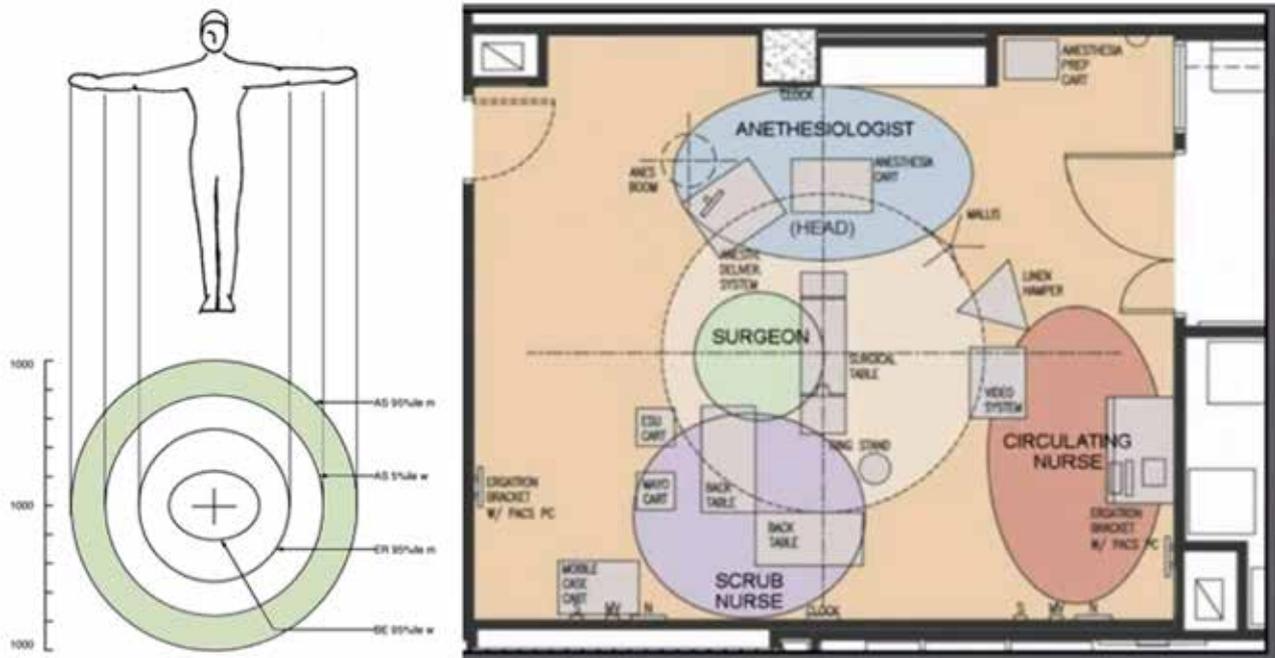
Lo schema organizzativo della Sala operatoria si sviluppa su un modello concentrico, con al centro il paziente e le aree funzionali che si articolano mano a mano che ci si allontana da esso (vedi cap.7). Gli ambiti funzionali corrispondono a specifici ambiti comportamentali. Al centro lo staff lavora a stretto contatto con il paziente con un passaggio diretto di informazioni e strumentazioni, in questo perimetro le procedure chirurgiche si succedono con movimentazioni principalmente manuali attraverso minimi spostamenti di posizione. La testa del piano operatorio è occupata dalle attività dell'anestesista, i piedi dalle attività gestite dagli infermieri di sala, mentre il resto dell'area viene attrezzato a seconda della tipologia di intervento e del numero di operatori coinvolti (**figura 15.7**).

La Sala operatoria è un ambiente che deve favorire la comunicazione⁹⁷ e l'interazione e quindi deve facilitare lo scambio di informazioni e i movimenti tra i membri l'equipe.

⁹⁶ I problemi di layout sono eventi in cui il personale chirurgico ha dovuto adattarsi a spazi inadeguati, visibilità impedita e inadeguato posizionamento di attrezzature e arredi in Sala operatoria. I pericoli ambientali sono eventi in cui il personale chirurgico ha interagito con l'ambiente con rischio di scivolare, cadere, inciampare, urtare oggetti o personale. I problemi di usabilità sono associati al funzionamento di computer, attrezzature, strumenti ecc. Le interruzioni sono eventi in cui il personale chirurgico è stato deviato dal suo compito a causa di chiamate telefoniche; guardare i telefoni personali; personale non essenziale nella stanza; rovesciamento o caduta di attrezzature; cambi di turno; aperture delle porte; forniture o strumenti mancanti. Infine le interruzioni EF sono eventi legati ad apparecchiature mancanti, rotte o malfunzionanti [19].

⁹⁷ L'obiettivo di favorire la comunicazione tra i membri dell'equipe, rientra tra i 16 obiettivi per la sicurezza in Sala operatoria definiti dal Manuale per la sicurezza in Sala operatoria, emanato nel novembre 2009 dal Ministero della Salute: "...Obiettivo 12: Promuovere un'efficace comunicazione in Sala operatoria. È sempre più forte l'evidenza che i fallimenti della comunicazione, quali omissioni di informazioni, errate interpretazioni, conflitti intercorrenti tra i componenti dell'equipe, sono una frequente causa di errori sanitari ed eventi avversi, che possono generare gravi danni ai pazienti, costituendo un rilevante ostacolo alla sicurezza e qualità dell'assistenza".

Figura 15.8 - Dimensione della "Body ellipse" con dimensioni dei "elbow room e arm-span". Individuazione degli ambiti operativi della sala (rielaborazione a cura dell'autore)



La comunicazione tra lo staff può essere verbale e non verbale. La comunicazione esplicita si riferisce principalmente alla richiesta di strumenti, quella non verbale è riconducibile a tre tipi: gestuale, prossemica e implicita (detta anche "dedotta")⁹⁸.

In tal senso nell'allestimento dell'area limitrofa al tavolo, così come raccomandato dalla stessa ISO 6385⁹⁹, è necessario allestire gli arredi in modo da avere tavoli, pensili, comandi e utensili a portata di mano del gruppo di operatori e contemporaneamente favorire la sincrona visibilità di tutti i componenti dello staff al fine di facilitare anche le forme di comunicazioni non verbale. In questo ambito il riferimento è alle misure ergonomiche, dinamiche (*clearance*) [21 - 22] al fine di assicurare sia la raggiungibilità delle attrezzature, con il passaggio manuale delle stesse, sia il rapporto prossemico tra l'equipe¹⁰⁰ riunita intorno al piano operatorio (figura 15.8).

Abbiamo accennato come negli spazi dedicati all'anestesista e in quelli di transito (*circulation zone*), possono avvenire quei micro accadimenti che, nella loro sommatoria concorrano agli eventi avversi e comunque sono parte degli eventi sentinella. Eventi legati sia alla diminuzione della concentrazione sia ad una interazione scorretta rispetto alle attrezzature che sempre più occupano spazi che dovrebbero essere liberi da impedimenti. La soluzione per tali criticità si può trovare sia nel dimensionamento¹⁰¹ di tali ambiti sia nella razionalizzazione del loro uso.

Relativamente all'area occupata dalle attività dell'anestesista le Facility Guidelines Institute (FGI) hanno messo a punto una revisione del proprio protocollo mettendo in rapporto tre principali fattori: il livello di invasività dell'intervento, il numero di persone in sala durante la procedura, l'attrezzatura necessaria. Da tale rapporto le

⁹⁸ I gesti sono specifiche pose di segno della mano, o movimenti della mano, espressioni del viso, o orientamenti dello sguardo che possono essere assegnati per richiedere un particolare strumento. Lo sguardo è spesso usato per indicare la direzione/posizione dello strumento. La prossemica si riferisce all'uso del corpo e dello spazio circostante per esprimere un'idea. Ad esempio, il cambiamento di allineamento del corpo è cruciale per il processo di disimpegno del chirurgo dall'atto di operare/utilizzare uno strumento specifico, nell'atto di richiedere e attendere lo strumento successivo [20].

⁹⁹ UNI EN ISO 6385:2017: Principi ergonomici nella progettazione dei sistemi di lavoro. (in vigore dal 2017).

¹⁰⁰ Le dimensioni funzionali o dimensioni dinamiche comprendono le dimensioni del corpo umano in movimento, ossia gli involucri occupati nel corso dei movimenti necessari a svolgere una determinata attività e le zone di raggiungibilità consentite dal movimento del corpo umano. L'ellisse corporea (body ellipse) descrive graficamente lo spazio occupato dalla persona. L'asse maggiore e l'asse minore descrivono la sua massima larghezza e profondità del corpo. Prendendo come riferimento il 95° percentile dell'uomo e aggiungendo al suo ingombro 25 mm dovuti al vestiario gli assi dell'ellisse sono di 63 e 38 cm. ER, elbow room: area di movimento dei gomiti, è descritta dal primo cerchio e corrisponde all'estensione orizzontale dei gomiti (diametro di 102 cm per il 99° perc. Maschile). AS, arm-span: estensione delle braccia, è descritta dal secondo cerchio che corrisponde all'estensione delle braccia della donna del 5° perc. e dal terzo cerchio che corrisponde all'estensione delle braccia dell'uomo del 95° [20].

¹⁰¹ È bene comunque ricordare che la risposta progettuale non sta nel semplice aumento delle dimensioni delle sale operatorie che determina anche l'aumento delle distanze all'interno della Sala operatoria e tra le unità funzionali, con conseguenti flussi inefficaci e lunghi percorsi per il personale [23].

FGI propongono differenti allestimenti dell'area occupata dalle attività dell'anestesista prevedendo di allargare il suo ambito fino al perimetro della stanza, occupando uno spazio di 4,5 m² a fronte di una sala di circa 37 m².

In relazione alla *circulation zone* una nota importante riguarda il posizionamento degli accessi alla sala, e di conseguenza la gestione degli ingressi e dei passaggi di personale durante l'attività chirurgica. La posizione delle porte e la loro tipologia, anche in considerazione all'articolazione degli arredi e della loro disposizione, andrebbe predisposta in modo da garantire la minor invasività rispetto sia all'area centrale occupata dai chirurghi, spesso distratti dagli ingressi del personale in sala [24], sia al movimento dello staff infermieristico in relazione agli spazi di manovra e di sosta delle attrezzature (carrelli), che spesso occupano aree di transito creando possibili interferenze.

Figura 15.9 - Esempio di differenziazione cromatica della pavimentazione definita per indicare le aree operative della sala (Sala operatoria Ospedale di Grosseto. Prog. Arch. Rossi Prodi Associati)



Le Australasian Health Facility Guidelines (AusHFG)¹⁰² propongono di utilizzare sistemi di segnaletica a terra in grado di indicare le differenti zone della Sala operatoria (figura 15.9). Il sistema può agevolare un maggior ordine nella disposizione delle attrezzature e nella gestione dei movimenti del personale. Peraltro tale metodologia è già usata nell'ambito delle sale ibride, utilizzando la pavimentazione per indicare i raggi operativi degli apparati diagnostici.

Per la Sala operatoria, ma anche per gli altri spazi del Blocco Operatorio, l'allestimento di arredi e attrezzature necessita di un approccio sistemico, codificato, in grado di identificare e catalogare ogni elemento per il suo impiego, il suo ambito operativo e le sue caratteristiche di usabilità. Alcune delle linee guida internazionali già citate in questo testo (vedi cap.7 e 8) propongono sistemi di data-sheet organizzati per spazi arredi. Le AusHFG offrono un set codificato di attrezzature correlato agli ambiti di utilizzo. La documentazione è corredata di rappresentazioni grafiche, in grado di fornire le possibili soluzioni di allestimento, suggerendo soluzioni operative per la gestione delle componenti di arredo anche attraverso l'utilizzo di simulazioni digitali. Nell'ampio data-base fornito, oltre agli elaborati grafici e agli abachi degli elementi è possibile scaricare, in formati aperti utilizzabili in ambiente BIM¹⁰³, le librerie digitali degli oggetti così da agevolare ed integrare il processo di progettazione anche attraverso sistemi di visualizzazione virtuale. Analogamente le International Health Facility Guidelines (iHFG)¹⁰⁴ presentano le soluzioni progettuali e i relativi elenchi di forniture (Room

¹⁰² Vedi www.healthfacilityguidelines.com.au

¹⁰³ Il BIM, acronimo di Building Information Modeling, è una rappresentazione digitale del processo costruttivo che facilita lo scambio e l'interoperabilità delle informazioni. Un modello BIM contiene tutte le caratteristiche fisiche e funzionali di una costruzione. Queste informazioni costituiscono una base affidabile per assumere le migliori decisioni durante l'intero ciclo di vita dell'opera, dalla sua prima concezione, alla sua gestione una volta realizzata, fin anche alla sua demolizione.

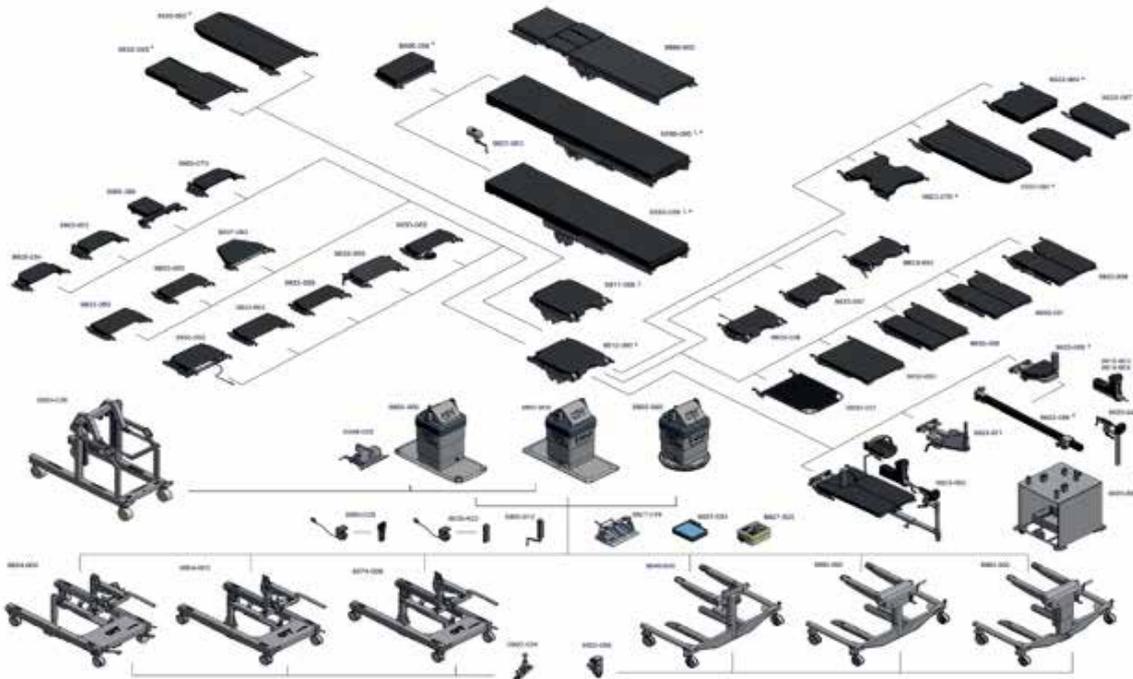
¹⁰⁴ <http://healthfacilityguidelines.com>

Layout Sheets – RLS, e Room Data Sheets- RDS), sia in forma analogica che digitale, ed in particolare hanno sviluppato un proprio software proprietario in grado di agevolare l'utente in tutte le fasi del processo decisionale, analizzando le fasi di progetto, acquisto, installazione, manutenzione ed uso dello equipment.

15.4 Criteri ergonomici e attrezzature e ausili di Sala operatoria

Abbiamo descritto come i problemi relativi all'altezza del piano operatorio siano comuni a più tipologie di intervento. Peraltro le altezze del piano, così come da norma ISO 6385, richiedono sistemi di regolamentazione in grado di agevolare lo staff a seconda delle specifiche necessità. Oggi i piani operatori, mobili e fissi, presentano la possibilità di configurazioni modulari in grado di adattare le posizioni ottimali di omeostasi relative sia alle condizioni del paziente che alle esigenze dello staff (**figura 15.10**).

Figura 15.10 - Abaco dei componenti di tavolo operatorio a composizione modulare



Fonte: repertorio tratto da cataloghi commerciali

Nei tavoli contemporanei i piani sono regolabili¹⁰⁵, attraverso telecomandi che consentano la gestione delle altezze, delle rotazioni e delle inclinazioni (concave e convesse), con set di posture che possono essere programmate e memorizzate agevolando un settaggio aprioristico del banco per i diversi utenti. Resta aperto il problema delle differenti altezze che naturalmente si presentano tra i componenti dello staff. A tal fine, nell'allestimento di un Blocco operatorio, è bene prevedere set di pedane¹⁰⁶ predisposte in base ai quadri delle possibili variazioni dei percentili in altezza (5° delle donne e 95° degli uomini).

Le pedane, realizzate con materiali in grado di sopportare le procedure di lavaggio ed igienizzazione, dovranno essere corredate da appositi sistemi di ancoraggio a terra (usualmente puntali a ventosa) o comunque realizzate con appropriati piani di appoggio e, se possibile, è bene evitare l'uso di pedane con gradini in quanto possono essere causa di inciampo o passo falso da parte sia del diretto utilizzatore sia di altri componenti dello staff.

Poiché i lavoratori che stanno in piedi preferiscono adottare un posizione eretta asimmetrica rispetto a quella simmetrica [6], il poggiapiedi può essere utilizzato anche per scaricare il peso alternativamente sulle gambe e sui piedi, così da alleggerire lo sforzo nella parte bassa della schiena. Per tali sollecitazioni, oltre l'adozione di

¹⁰⁵ Gli attuali tavoli operatori permettono escursioni dimensionali in grado di garantire posizioni ergonomiche, nelle operazioni in laparoscopia i parametri per definire l'altezza considerata ottimale del piano è misurata verificando l'altezza del gomito del chirurgo [25] (Berguer et al., 2002) e l'altezza della superficie di lavoro definita sull'ombelico del paziente, sdraiato sul tavolo operatorio opportunamente predisposto [26].

¹⁰⁶ Da notare come l'attuale variazione di altezza dei poggiapiedi disponibili non è sufficiente per le diverse altezze del corpo nel team chirurgico [27].

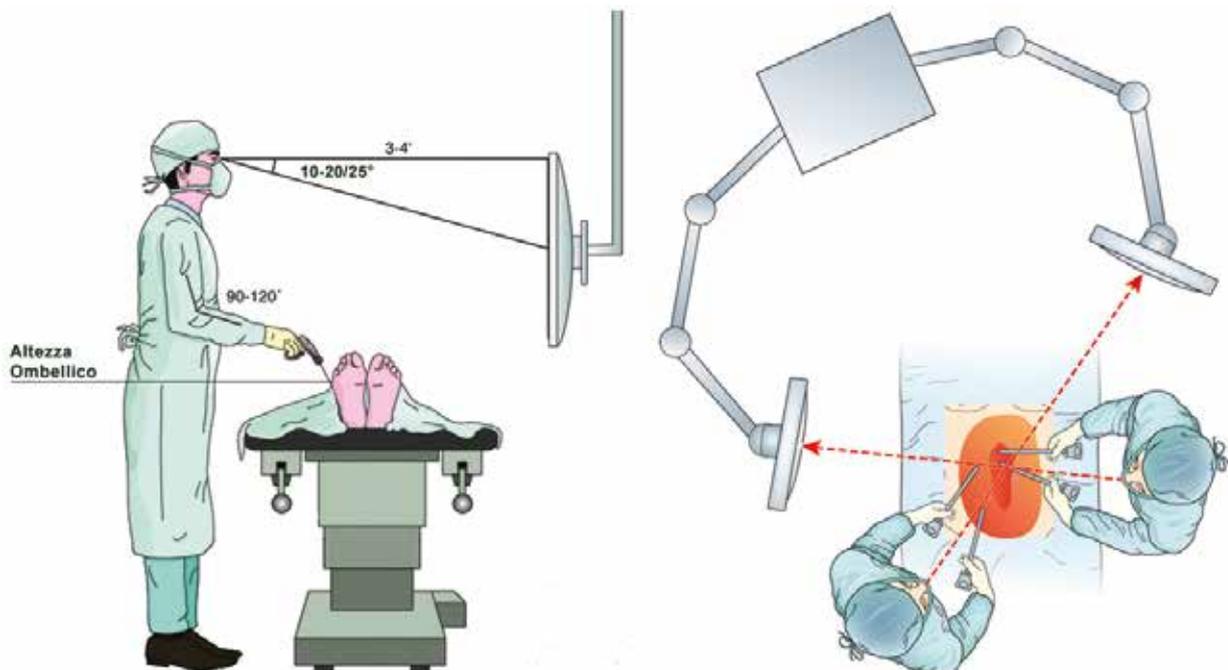
corrette calzature, si possono adottare tappetini defaticanti¹⁰⁷, che però presentano controindicazioni relative a possibili inciampi e ad interferenze con la movimentazione dei carrelli.

Gli arredi e le attrezzature possono trovare posizione a pavimento e soffitto. In generale la configurazione degli arredi e delle attrezzature deve essere studiata in rapporto alla 'usabilità'¹⁰⁸ e alla facilità con cui gli operatori possono svolgere i loro compiti. Le luci, i monitor, gli *arm systems*, le consolle ecc. sono accessibili ad altezza di "presa della mano" attraverso l'utilizzo di bracci mobili a soffitto (*Ceiling Supply Units*), che permettono di posizionare comodamente le apparecchiature vicino all'area centrale della sala, liberando così lo spazio a pavimento attorno al tavolo operatorio.

Da uno studio eseguito confrontando 10 ambiti allestiti per interventi operatori a cielo aperto e 10 con metodologie laparoscopiche è stato rilevato lo spazio della Sala operatoria occupato da mobili, attrezzature e persone: pari al 36% per la chirurgia tradizionale e al 41% per la laparoscopia. Il numero medio di pezzi di attrezzature presenti in Sala operatoria è aumentato da 6 per le procedure aperte a 13 per le procedure laparoscopiche [15].

Come accennato negli interventi di carattere laparoscopico le criticità afferenti agli aspetti sensoriali e cognitivi sono rilevanti. La gestione del processo diagnostico-operatorio attraverso l'interfaccia dell'immagine (non diretta) implica che i chirurghi devono operare guidati dalle immagini piuttosto che dalla realtà (percezione indiretta) è evidente che in questo scenario la qualità dell'immagine, frutto di una articolata catena¹⁰⁹ di apparati analogici e digitali, è un punto cardine per l'operatività dello staff. Eludendo la trattazione tecnologica degli apparati endoscopici, frutto di un costante aggiornamento con un incremento della loro performance, nell'allestimento della Sala operatoria è importante il posizionamento delle attrezzature rispetto all'organizzazione dello staff. Quando la colonna video-endoscopica è posta al di fuori dell'angolo ideale di visualizzazione (compreso in un intervallo inferiore alla linea degli occhi tra i 10° ed i 20°/25°¹¹⁰) si possono creare situazioni di non comfort rappresentate dalla rigidità della nuca e del dorso dell'operatore (**figura 15.11**).

Figura 15.11 - Altezze corrette del monitor in chirurgia laparoscopica



Fonte: [29] Inoltre se la distanza tra l'operatore e la colonna è eccessiva e/o disallineata si creano problemi

107 I tappetini, realizzati in gomma o il vinile, sono raccomandati nelle loro linee guida sia dall'OSHA (Occupational Safety and Health Administration) che dalla analoga associazione Canadese CCOHS (Canadian center for occupational health and safety), che inoltre dà raccomandazioni specifiche sulle tipologie delle calzature, con tacco tra 1 e 2,5 cm, in grado di permettere la libertà di movimento della punta del piede fornendo anche un supporto all'arcata dello stesso.

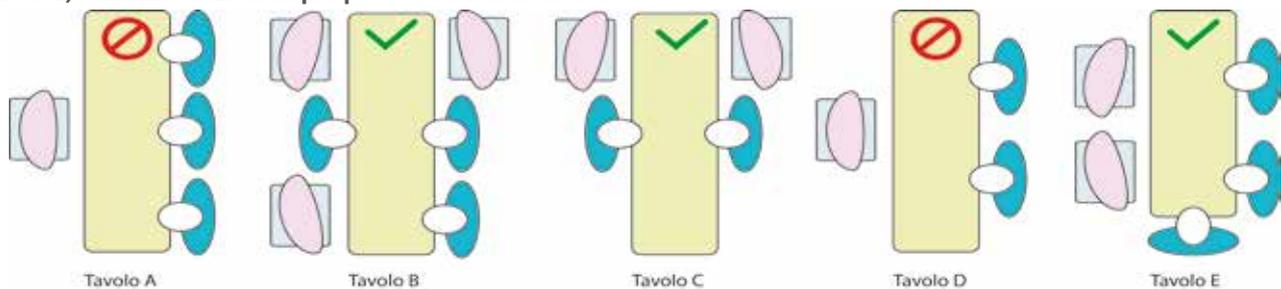
108 Secondo le Norme ISO 9241/11 l'usabilità rappresenta la "condizione con la quale un prodotto può essere utilizzato da specifici utilizzatori per raggiungere specifici obiettivi con efficacia, efficienza e soddisfazione in uno specifico contesto d'uso".

109 L'immagine durante la laparoscopia, visualizzata sul monitor è un prodotto della cosiddetta "catena di immagini" composta da sorgente luminosa, cavo ottico, laparoscopia, videocamera, processore di immagine (scheda grafica), cavo di connessione, monitor. Oggi i parametri indispensabili per ottenere immagini di alta qualità, e di elevato significato diagnostico possono essere riassunti in: 1) l'uso di un CAP, 2) la disponibilità di risoluzione FULL HD, 3) la tecnologia Dual Focus, 4) la tecnologia NBI, 5) la funzione Pre-Freeze, oltre che da una corretta manutenzione (igienizzazione) degli apparati endoscopici.

110 Il range proposto da Albayrak fa riferimento ad un angolo tra i 10° e 25° [28], quello proposto da Ronstrom fa riferimento ad un angolo tra i 10° e 20° [29].

di interpretazione dell'immagine anche dovuta a possibili riflessi o fenomeni di abbagliamento. Oggi tale problematica è in parte risolta sia dagli apparecchi endoscopici che gestiscono digitalmente le variabili che concorrono nella rappresentazione delle immagini¹¹¹ sia dall'utilizzo di sistemi monitor ad alta risoluzione con schermi anti riflesso, sostanzialmente privi di cornici che creavano parziali zone d'ombra, restituendo immagini facilmente fruibili ed interpretabili. Resta fondamentale il corretto posizionamento della torre endoscopica rispetto alla posizione del chirurgo e la possibilità di visualizzare le immagini da parte di più componenti dello staff possibilmente garantendo la visibilità diretta tra i vari componenti dell'equipe (**figura 15.12**).

Figura 15.12 - Disposizioni corrette del monitor in chirurgia laparoscopica, le soluzioni ottimali risultano la B-C-E, schemi funzionali proposti da Montinari

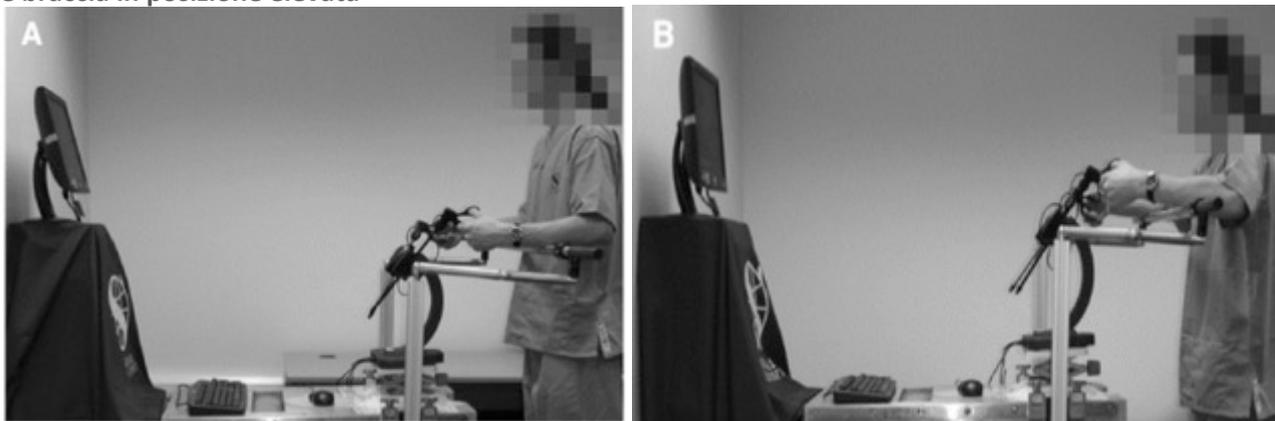


Fonte: [10]

Anche per queste problematiche le contemporanee colonne endoscopiche presentano soluzioni settabili in altezza con *plug* integrabili alle *Ceiling Supply Units* in grado di supportare più monitor, e quindi di allargare il campo dei fruitori dell'immagine.

Sulla scorta delle principali analisi delle criticità posturali dello staff sanitario sono stati predisposti ausili afferenti alla tipologia di sistemi di appoggi muscolo scheletrici. Un esempio sono i sostegni per gli avambracci utilizzabili principalmente in laparoscopia, in grado di ridurre l'affaticamento degli arti superiori e della colonna vertebrale aumentando la precisione delle manipolazioni laparoscopiche e chirurgiche¹¹² (**figura 15.13**).

Figura 15.13 - Esempio di utilizzo di appoggi per avambracci: (A) con le braccia in posizione ideale; (B) con le braccia in posizione elevata



Fonte: [31]

Sempre in relazione ai sistemi di sostegno statico sono state progettate e prodotte tipologie differenti di sedute. Quelle più semplici sono riconducibili a sgabelli e panchetti con sedili anatomici regolabili sia nell'altezza che nella inclinazione dell'appoggio. Altri integrano la seduta con sistemi di appoggi degli avambracci prevedendo la movimentazione della sedia anche con supporti su ruota, che nelle versioni più sofisticate sono meccanizzate e prevedono l'integrazione con i comandi a pedale. Alcune di queste sedute sono multifunzionali, lavorando in maniera integrata con banchi operatori e sono utilizzate per specifici interventi di microchirurgia come

¹¹¹ Le tre componenti principali che descrivono la qualità dell'immagine sono la risoluzione, la luminosità e la qualità cromatica [30].

¹¹² In uno studio effettuato nel 2006 da un gruppo di ricercatori statunitensi, è stato verificato che tali ausili consentono all'operatore un miglior controllo dei movimenti delle mani e degli strumenti laparoscopici, grazie anche alla riduzione dei tremori fisiologici. Con il risultato di prevenire e/o ritardare la comparsa del senso di fatica nei muscoli delle braccia, delle spalle, del rachide cervicale e dorsale in particolare durante l'esecuzione di lunghe procedure operatorie. Peraltro la ricerca ha evidenziato come tali supporti non influenzano negativamente il tempo di esecuzione dei singoli interventi [31].

quelli per l'oftalmologia, la neurochirurgia. Inoltre sono stati progettati sistemi di appoggi multifunzionali che prevedono la possibilità di utilizzare il medesimo apparato con approcci differenti, utilizzando una posizione di seduta canonica (appoggio posteriore), o utilizzando appoggi frontali (scaricando il peso sulla parte frontale del bacino) al fine di ridurre anche gli appoggi impropri che del ventre dei chirurghi sul tavolo operatorio (**figura 15.14**).

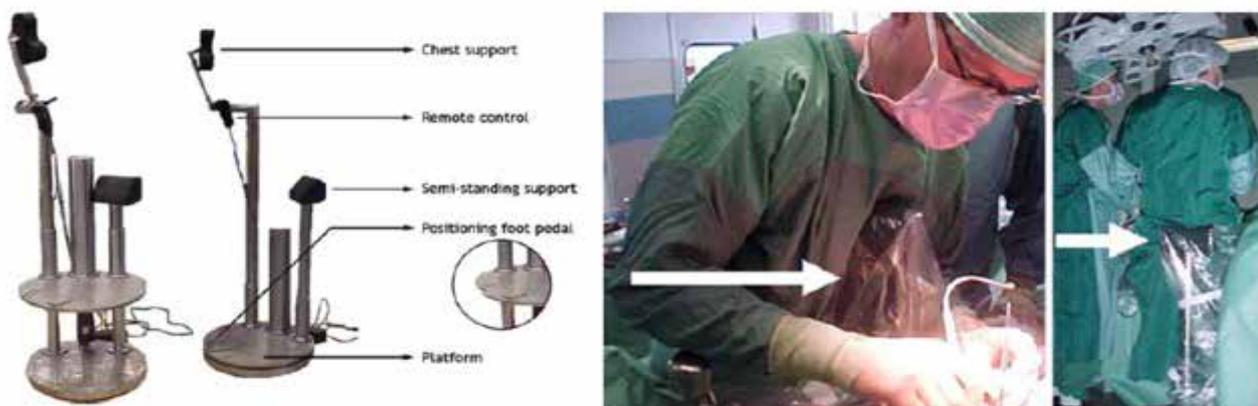
Figura 15.14 - Tipologie di sedute multifunzionali



Fonte: repertorio tratto da cataloghi commerciali

Nelle fasi operatorie le sedute sono comunque poco impiegate dai chirurghi¹¹³. Le motivazioni si possono rintracciare sia nel necessario dinamismo dell'attività chirurgica, sia nelle problematiche relative all'ingombro e l'occupazione degli spazi da parte dei supporti, possibili cause di interferenze tra i componenti dell'equipe e le attrezzature che gravitano intorno al tavolo.

Figura 15.15 -Il prototipo ergonomic body support for surgeons



Fonte: [33]

Altri supporti sono stati progettati al fine di definire soluzioni multi funzionali. Esemplicativo è il prototipo messo a punto da un gruppo di ricerca multidisciplinare olandese, formato da industrial designer, medici chirurghi e biomedici, che ha ideato un prototipo, denominato '*ergonomic body support for surgeons*', progettato al fine di ridurre le più comuni condizioni di affaticamento, supportando il chirurgo nella sua postura naturale e fornendo un set di soluzioni che tendano a risolvere gran parte delle criticità analizzate¹¹⁴ (**figura 15.15**).

113 In uno studio comparato è stato riscontrato che solo il 5% dei chirurghi utilizza sedute nel corso delle proprie attività [32]. Altri studi, seppur in maniera meno ridondante confermano questi dati: Il 76% dei chirurghi lavora prevalentemente in piedi, il 19% seduti, il 5% alterna le 2 posture. (fonte: AUSL Rieti – analisi dei comportamenti relative alle posture incongrue al tavolo operatorio 2009).

114 Il prodotto è stato progettato secondo i seguenti principali criteri: favorire il sostegno del corpo del chirurgo in una postura di lavoro naturale, definire un prodotto adatto all'uso sia durante le procedure aperte sia durante quelle minimamente invasive, realizzare un oggetto compatto a causa del limitato spazio disponibile intorno al tavolo operatorio, realizzare una piattaforma regolabile in altezza per risolvere i problemi legati alla non ottimale altezza di lavoro, ospitare agevolmente lo spazio sufficiente per il posizionamento dei pedali per l'elettrochirurgia, essere trasportabile facilmente e quindi garantirne la mobilità tramite supporti su ruote [33].

Figura 15.16 - Esempi di supporti indossabili



Fonte: repertorio tratto da cataloghi commerciali

Un nuovo ambito di sviluppo di ausili riguarda la realizzazione di supporti indossabili in grado di aumentare le performance muscolo-scheletriche del chirurgo. Oggi sul mercato sono presenti prodotti studiati per supportare le gambe, la schiena supportando lo stress muscolo scheletrico del chirurgo specie se impegnato in lunghi interventi in posizione eretta (**figura 15.16**).

Infine uno degli scenari probabili della chirurgia futura è il ricorso agli esoscheletri integrati con le strumentazioni chirurgiche che riguardano principalmente il supporto dinamico alle braccia e alle mani, con il potenziamento dei fattori percettivi attraverso l'integrazione con i sistemi di visualizzazione digitale e lo sviluppo dei sensori tattili (**figura 15.16**).

Già oggi, tali ausili, hanno raggiunto un accettabile livello di usabilità, ne sono testimonianza studi specifici e test, eseguiti dai chirurghi su prototipi, dai quali si evince un diffuso consenso all'utilizzo di queste tecnologie e la considerazione che, per essere utilizzati in tutte le loro potenzialità, necessitano di un nuovo approccio metodologico-operativo. Approccio che riguarda le capacità di comando dell'operatore, la sicurezza nella loro adozione e le metodologie relative alla loro manutenzione¹¹⁵. I principali punti di forza di queste soluzioni consistono nel potenziamento degli apparati motori, con riduzione dello stress posturale di carattere statico/dinamico, e la loro integrazione con gli strumenti chirurgici e i sistemi di visualizzazione digitali (*Head Mounted Display*). I punti di debolezza riguardano la libertà di movimento, i vincoli rispetto agli agganci alle reti impiantistiche, e la possibilità degli esoscheletri di accogliere, attraverso le componenti meccaniche ed analogiche, le micro-movimentazioni che il chirurgo assume per il corretto posizionamento ed orientamento degli strumenti [35].

15.5 Conclusioni

Risulta evidente che dall'analisi delle condizioni di lavoro dello staff chirurgico è possibile iniziare ad affrontare in chiave ergonomica il tema dell'allestimento della Sala operatoria. L'integrazione delle conoscenze e delle esperienze dei diversi stakeholder nei processi di progettazione consente una visione condivisa del problema da molteplici prospettive [36]. Ma è altrettanto vero che le metodologie tradizionali di progettazione collaborativa sono difficilmente applicabili ad ambiti complessi come gli spazi sanitari e, a maggior ragione, per le sale operatorie.

A supporto di queste metodologie partecipate le *simulazioni ibride* integrate con rappresentazioni visive¹¹⁶ si sono dimostrate efficaci per il coinvolgimento degli stakeholder clinici e quindi per analizzare, adottare supportare, le esigenze operativo-comportamentali che le equipe chirurgiche assumono *naturalmente*¹¹⁷ nel

¹¹⁵ Si veda lo studio effettuato da un gruppo di ricerca della University West Lafayette dell'Indiana, (USA), il cui obiettivo è stato quello di identificare le potenziali esigenze e le barriere legate all'utilizzo degli esoscheletri in ambito chirurgico [34].

¹¹⁶ Le Simulazioni Ibride consentano di combinare due o più paradigmi di simulazione diversi, al fine di trarre modelli che tengano conto di più metodi applicati. In particolare, la Discrete-Event Simulation (DES), la System Dynamics (SD) e la Agent-Based Simulation (ABS) sono tecniche molto rilevanti in questo ambito che consentono una analisi statistica dei fattori analizzati relazionate ad un modello visivo dell'ambito applicativo [37]. Una ricerca particolarmente significativa di queste metodologie è quella realizzata dall'Innovation Center Computer Assisted Surgery (ICCAS) della Leipzig University nell'ambito della Simulazione del flusso di lavoro dello staff chirurgico per la progettazione e la valutazione dell'allestimento di una Sala operatoria di chirurgia ortopedica.

¹¹⁷ La ricerca svolta dall'Jesús Usón Minimally Invasive Surgery Centre ha evidenziato che la ridondanza motoria, dovuta ai numerosi gradi di libertà dell'apparato locomotore umano dà ai chirurghi la possibilità di adottare un numero considerato infinito di posture. Di conseguenza la ridondanza di questo grado di libertà (che è maggiore negli interventi a cielo aperto, minore in quelli laparoscopici e ancora più restrittivo in quelli robotici) deve necessariamente essere agevolata nel processo di progettazione della sala al fine di incrementare le risorse e le capacità degli operatori.

loro operare. Oggi l'interoperabilità¹¹⁸ dei software utilizzati per il design e la possibilità di uso della realtà virtuale permettono un processo di verifica e validazione del progetto in grado di dare risposte a gran parte dello scenario esigenziale di riferimento. In questa chiave, attraverso le simulazioni digitali, più o meno immersive, è possibile confrontare le configurazioni della Sala operatoria e valutare, con l'integrazione delle analisi statistiche, il loro impatto sui processi chirurgici e l'efficienza complessiva delle procedure. Gli scenari virtuali si sono dimostrati utili anche per valutare l'usabilità delle attrezzature che può essere misurata attraverso attività di training simulato¹¹⁹. Attività utili al fine di correggere le possibili contraddizioni ergonomiche e utili per istruire il corpo sanitario all'utilizzo dei nuovi ambienti, analizzandone le potenzialità e accompagnandoli, attraverso una formazione ergonomica, in comportamenti più corretti in grado di tutelare le loro condizioni di salute¹²⁰.

Nei Surgical ergonomics education programme (SEE) gli interventi proposti per alleviare le condizioni di stress posturale vanno dalla pianificazione delle micro-pause¹²¹ durante l'iter operatorio, corredate da specifiche attività defaticatorie, all'insegnamento delle corrette posture e del corretto utilizzo delle strumentazioni. Studi specifici hanno evidenziato come, ad oggi, questo "ambito organizzativo" sia sottostimato e poco impiegato, sebbene studi specifici abbiano evidenziato che una volta appreso il corretto comportamento posturale diventi routine per tutta la carriera del chirurgo [41,42]. Peraltro è auspicabile che tali procedure siano integrate con le indicazioni delle normative internazionali ISO afferenti ai medesimi abiti disciplinari¹²². Procedure in grado di definire comportamenti che concorrono al superamento della concezione della Sala operatoria come 'ambiente fisico' concependola invece come 'sistema integrato'. Sistema nel quale concorrono tutte le componenti dimensionali, tecnologiche ed operative, affrontando gli aspetti progettuali anche per la salute degli operatori, fondamentale per accrescere l'efficacia del sistema e quindi la salute dei pazienti.

Bibliografia

1. Linee guida sugli standard di sicurezza e di igiene del lavoro nel reparto operatorio. A cura dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro. Versione dicembre 2009.
2. Di Denia P, Caminati A, Martini C, Marzola L. I rischi in Sala operatoria, in Risk Management, Carocci Faber, 2007.
3. La sicurezza in Sala operatoria: inquadramento Aut. Prof. Paolo Innocenti.
4. Cenni P. Applicare l'ergonomia. Milano, Franco Angeli Editore, 2003.
5. Commissione Verifica e Controllo Qualità Società Italiana di Chirurgia (a cura di), Sicurezza in Sala operatoria. Dalle abilità non tecniche all'accreditamento del chirurgo, 2012 Iannieri Edizioni.
6. Janki S, Mulder EEAP, IJzermans JNM, Tran TCK. Ergonomics in the operating room. Surg Endosc. 2017 Jun;31(6):2457-2466. doi: 10.1007/s00464-016-5247-5. Epub 2016 Oct 17. PMID: 27752811; PMCID: PMC5443844.
7. Alaqeel M, Tanzer M. Improving ergonomics in the operating room for orthopaedic surgeons in order to reduce work-related musculoskeletal injuries. Ann Med Surg (Lond). 2020 Jun 23;56:133-138. doi: 10.1016/j.amsu.2020.06.020. PMID: 32637088; PMCID: PMC7327029.
8. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Appl Ergon 1987; 18: 233-237.
9. Traduzione in lingua italiana e validazione del questionario standardizzato Nordic IRSST per la rilevazione

118 In ambito informatico l'interoperabilità è la capacità di un sistema o di un prodotto informatico di cooperare e di scambiare informazioni o servizi con altri sistemi o prodotti in maniera più o meno completa e priva di errori, con affidabilità e con ottimizzazione delle risorse.

119 La simulazione è una tecnica per sostituire o amplificare esperienze reali con esperienze guidate che evocano o replicano aspetti sostanziali del mondo reale in modo completamente interattivo [38]

120 Da un questionario inviato a 1292 chirurghi centrato sul rispetto di raccomandazioni ergonomiche in chirurgia mini-invasiva si evince che l'89% degli intervistati non è a conoscenza delle linee guida di ergonomia in ambito operatorio, pur se il 100% degli intervistati ritiene che l'ergonomia in Sala operatoria abbia un ruolo rilevante [39].

121 I micro-brech sono proposti, da i diversi autori, con tempi e modalità differenti in base alla tipologia e alle durate degli interventi. Tutti gli studi hanno dimostrato che le micro pause sono benefiche per i chirurghi (riduzione del disagio muscolare, miglioramento della concentrazione mentale e del benessere generale). Ma è altrettanto evidente come tali procedure trovano ancora resistenze da parte dello stesso corpo medico sottoposto a stretti vincoli di tempo [40].

122 ISO/TS 20646-1 Ergonomic procedures for the improvement of local muscular workloads

di disturbi muscoloscheletrici. A cura di F. Gobba, R. Gherzi, S. Martinelli, A. Richeldi, P. Clerici, P. Grazioli. *Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia*, July 2007.

10. *Ergonomia e ospedale*. A cura di Adriana Baglioni, Riccardo Tartaglia 2002. Ed. Sole 24ore.
11. Montinari M. *Ergonomia e fattore umano: concetti base ad uso del chirurgo*. In Commissione Verifica e Controllo Qualità Società Italiana di Chirurgia (a cura di), *Sicurezza in Sala operatoria. Dalle abilità non tecniche all'accreditamento del chirurgo*, 2012 Ianieri Edizioni.
12. *Postura e affaticamento dei chirurghi in Sala operatoria*. Di E. Dalla Toffola, A. Rodigari, G. Di Natali, S. Ferrari, B. Mazzacane. *G Ital Med Lav Erg* 2009; 31:4, 414-418. PI-ME, Pavia 2009.
13. *Advanced Ergonomics in Laparoscopic Surgery*. A cura di K. Gianikellis, A. Skiadopoulos, R. Gutiérrez Horrillo, M. Rodal, JA. Sánchez-Margallo, F.M. Sánchez-Margallo. In *Advanced Ergonomics in Laparoscopic Surgery*. Ed. 2019.
14. Shah, J, Buckley, D, Frisby, J, & Darzi, A. Depth cue reliance in surgeons and medical students. *Surgical Endoscopy*, 2003; 17(9), 1472-1474.
15. Gallagher, AG, & Smith, CD. Human-Factors Lessons Learned from the Minimally Invasive Surgery Revolution. *Seminars in Laparoscopic Surgery*, 2003; 10(3), 127-139.
16. Alarcon, A, & Berguer, R. A comparison of operating room crowding between open and laparoscopic operations. *Surgical Endoscopy*, 1996; 10, 916-919.
17. Berguer R. *Surgery and Ergonomics*. *Arch Surg*. 1999;134(9):1011-1016. doi:10.1001/archsurg.134.9.1011
18. *Ergonomic risk factors and musculoskeletal symptoms. In surgeons with three types of surgery: Open, laparoscopic, and microsurgery*. A cura di M. Aghilinejad, A.A. Ehsani, A. Talebi, J. Koohpayehzadeh, N. Dehghan. Published: 2016 su MJIRI.
19. *Simulation-Based Mock-Up Evaluation of a Universal Operating Room*. Di: J. Shultz, D. Borkenhagen, E. Rose, B. Gribbons, H. Rusak-Gillrie, S. Fleck, A. Muniak, J. Filer. In *HERD: Health Environments Research & Design Journal*. Volume: 13 issue: 1, pages: 68-80.
20. *Minor flow disruptions, traffic-related factors and their effect on major flow disruptions in the operating room*. Di Joseph A, et al. *BMJ Qual Saf* 2019;28:276-283.
21. *Operation room tool handling and miscommunication scenarios: An object-process methodology conceptual model*. Di J.P. Wachsa, B. Frenkelb, D. Doric. In *Artificial Intelligence in Medicine*. Ed. Elsevier 2014.
22. *Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*. 1995. Stephen Pheasant Ed. Taylor Francis. 1995.
23. *Ergonomia e progetto*. Di F. Tosi. Ed. Franco Angeli. 2005.
24. Laufman H. What's wrong with our operating rooms? *Am J Surg*. Sep. 1971;122(3):332-43.
25. *Measuring intra-operative interference from distraction and interruption observed in the operating theatre*. Di A. N. Healey, N. Sevdalis & C. A. Vincent. In *Ergonomics* Vol. 49, Nos. 5-6, 15 April-15 May 2006, 589-604. Ed. Taylor & Francis.
26. Berguer, R, Smith, WD, & Davis, S. (2002). An ergonomic study of the optimum operating table height for laparoscopic surgery. *Surgical Endoscopy*, 16, 416-421.
27. Van Veelen, MA, Jakimowicz, JJ, Goossens, RHM, Meijer, DW, & Bussmann, JBJ. (2002). Evaluation of the usability of two types of image display systems, during laparoscopy. *Surgical Endoscopy*, 16, 674-678.
28. Gerbrands, A, Albayrak, A, & Kazemier, G. 2004. Ergonomic evaluation of the work area of the scrub nurse. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technology*, 13, 142-146.
29. Albayrak A, Kazemier G, Meijer DW, Bonjer HJ. 2004. Current state of ergonomics of operating rooms of Dutch hospitals in the endoscopic era. *Minimal Invasive Therapy & Allied Technologies*. 133; 156-160.
30. *Surgical Ergonomics*. Di C. Ronstrom, S. Hallbeck, B. Lowndes. In *Surgeons as Educators* pp 387-417. Ed. Springer 2017.
31. Hanna, GB, & Cuschieri, A. (2001). Image Display Technology and Image Processing. *World Journal of Surgery*, 25, 1419-1427.
32. *Can Armrests Improve Comfort and Task Performance in Laparoscopic Surgery?* Di R. Galleano, F. Carter, S. Brown, T. Frank, A. Cuschieri. In *Annals of Surgery*. 2006; 243: 329-333.

33. Disorders Among Physicians, Surgeons and Dentists: A Comparative Study. Di T. Rambabu, K. Suneetha. In *Annals of Medical and Health Sciences Research*. 2004.
34. A newly designed ergonomic body support for surgeons. Di A. Albayrak, M. A. van Veelen, J. F. Prins, C. J. Sniijders, H. de Ridder, G. Kazemier. In *Surgical Endoscopy* 2007 21: 1835–1840. Ed Springer Science. Business Media, LLC 2007.
35. Supporting Surgical Teams, Identifying Needs and Barriers for Exoskeleton Implementation in the Operating Room. A cura di J.S.Cha, S. Monfared, D. Stefanidis, Pubblicato in *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 2019.
36. Tool Position Control of an Upper Limb Exoskeleton for Robot-Assisted Surgery. Di M. Hessinger, R. M"uller, R. Werthsch"utzky, P.P. Pott . Pubblicato negli atti del 9 IFAC Symposium on Biological and Medical Systems BMS 2015.
37. Kotiadis K, Tako AA, Vasilakis C. A participative and facilitative conceptual modelling framework for discrete event simulation studies in healthcare. *J Oper Res Soc*. Feb. 2014;65(2):197–213.
38. Towards a guide to domain-specific hybrid simulation. Di A. Djanatliev. *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference*.
39. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Health Care*. 2004 Oct;13 Suppl 1:i2-10.
40. Wauben LS, Van Veelen MA, Gossot D, Goossens RH. Application of ergonomics guidelines during minimally invasive surgery: a questionnaire survey of 284 surgeons. In *Surg Endosc* 2006; 20: 1268-74
41. Interventions to improve ergonomics in the operating theatre: A systematic review of ergonomics training and intra-operative microbreaks. Di: K. Koshya, H. Syedb, A. Luckiewicz, D. Alsoofc, G. Koshyd, L. Harrye. In *Annals of Medicine and Surgery*. Volume 55, July 2020, Pages 135-142. Ed. Elsevier.
42. Linden, A. R., Susan Hallbeck, M., Morrow, M., Becca Gas, M., Olson, H., & Lowndes, B. R. (2019). Ergonomic Education and Training for Surgical Assistant Trainees. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 63(1), 688–692.
43. The Current State of Surgical Ergonomics Education. In *U.S. Surgical Training*. Epstein S.; Tran B.; Capone A.; Ruan, Q.; Fukudome E.; Ricci, J.; ed altri. In *Annals of Surgery*: April 2019- Volume 269.

Altri Riferimenti Bibliografici

- Haptic Augmentation of Surgical Operation Using a Passive Hand Exoskeleton. Di J. Nishida, K.Nakai, A. Matsushita. In *Haptic Interaction* pp 237-243. (LNEE, volume 277). 2014.
- Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, Satava RM (2002) Virtual reality training improves operating room performance. *Ann Surg* 236:458.
- Eyal R, Tendick F (2001) Spatial ability and learning the use of an angled laparoscope in a virtual environment. *Stud Health Technol Inform* 81:146–152.
- Simulation-based design and traffic flow improvements in the operating room. Di Amin Khoshkenar, Kevin Taaffe, Dee San. 2017 Winter Simulation Conference (WSC).
- Mustafee, N., Katsaliaki, K., & Taylor, S. J. E. (2010). Profiling Literature in Healthcare Simulation. *SIMULATION*, 86(8–9), 543–558.
- The Impact of the Alexander Technique on Improving Posture and Surgical Ergonomics During Minimally Invasive Surgery: Pilot Study. Di Pramod P., Ed Alt. In *THE JOURNAL OF UROLOGY*. Vol. 186, 1658-1662, October 2011.
- Kaplan, Kenneth. "Virtual Environment for Surgical Room of the Future." (1995).
- Berguer R. *Surgery and Ergonomics*. *Arch Surg*. 1999;134(9):1011–1016. doi:10.1001/archsurg.134.9.1011.
- Lee SR, Shim S, Yu T, Jeong K, Chung HW (2017) Sources of pain in laparoendoscopic gynecological surgeons: An analysis of ergonomic factors and proposal of an aid to improve comfort. *PLoS ONE* 12(9): e0184400. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184400>.
- Acevedo 2004 Ulrich 2007 Rose E. Seavey Aorn 2010.
- Measuring Ergonomic Risk in Operating Surgeons by Using Wearable Technology. Di Andrew J. Meltzer, M.S. Hallbeck, M. Morrow, e al. In *JAMA Surg*. 2020;155(5):444-446.



www.ars.toscana.it