



**POLITECNICO
DI TORINO**

Dipartimento di
Architettura e Design



Corso di Laurea Magistrale in Design Sistemico *Aurelio Peccei*

A.A. 2017-2018

febbraio/marzo 2019

Tesi di Laurea

Titolo:

Fidget Chair,

seduta a scopo terapeutico per la cura dei grandi obesi

Candidate:

Julia Robin

Corso di Laurea Magistrale in DESIGN SISTEMICO

Chiara La Verghetta

Corso di Laurea Magistrale in MECHATRONIC ENGINEERING

Relatore:

prof. Fabrizio Valpreda

DAD - Dipartimento di Architettura e Design

Correlatori:

prof. Giuseppe Quaglia

DIMEAS - Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale

prof. Marcello Chiaberge

DET - Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni

RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare tutte le persone coinvolte in questa tesi che hanno reso possibile la conclusione di questo percorso.

Ringrazio Chiara La Verghetta, mia compagna di tesi e di avventura, con la quale spero di avere modo di lavorare e collaborare in futuro.

Ringrazio il mio relatore, il professor Fabrizio Valpreda, che oltre ad accompagnarmi nel percorso di tesi mi ha permesso di frequentare due tra i migliori corsi della mia esperienza accademica.

Vorrei ringraziare il professor Giuseppe Quaglia per la sua disponibilità e pazienza durante questo percorso di scoperta della disciplina meccanica, e il professor Chiaberge che insieme agli altri relatori ha reso possibile questa tesi multidisciplinare.

Ringrazio la dottoressa Simona Bo e i medici che hanno proposto il progetto e ci hanno indirizzate nella prima fase di ricerca, fornendoci dati e informazioni.

Ringrazio la mia famiglia che mi supporta ogni giorno, ed è a loro che devo tutto ciò che sono riuscita a raggiungere. Una menzione speciale va a mio padre e mia madre che mi hanno accompagnata e sopportata nei momenti più difficili del confronto con la materia ingegneristica e quella medica.

Ringrazio i miei amici che mi sono sempre vicini.

Ringrazio infine Carlo e la sua famiglia che con pazienza mi hanno aiutata nella stesura di questo elaborato e mi hanno sempre supportata con entusiasmo.

Grazie.

ABSTRACT

Il progetto di tesi descrive il percorso di analisi e realizzazione del layout per la struttura di una sedia adibita alla riabilitazione del paziente bariatrico, e risponde a una richiesta del Dipartimento di Scienze Mediche dell'Università di Torino.

Il progetto è nato dall'esigenza di introdurre l'attività fisica nell'ambito del percorso terapeutico del paziente bariatrico e viene proposto come avvio al processo di riabilitazione. Si inserisce nella prima fase di terapia, dando la possibilità di recuperare mobilità e tono muscolare attraverso lo svolgimento di esercizi semplici, da una posizione seduta.

L'analisi parte da una ricerca sulle cause e gli effetti del diffondersi dell'obesità nella società odierna, al fine di conoscere in modo più approfondito i fattori esterni e interni che agiscono sul problema e di inquadrare l'utenza di riferimento.

Si sono poi analizzate le conseguenze dell'obesità sull'individuo, indagando quelli che sono gli effetti fisici e psicologici della malattia. Questa fase è stata particolarmente importante nella definizione degli aspetti da studiare durante lo stadio di analisi sull'interazione utente-macchina.

Una terza fase ha riguardato l'analisi della sfera dei movimenti eseguibili da una posizione seduta, e un loro adattamento alle esigenze di supporto e motivazione del paziente bariatrico. I movimenti studiati sono stati tratti dagli esercizi coinvolgenti le grandi masse muscolari, e dagli esercizi caratterizzati da bassa intensità e alta frequenza di esecuzione.

Successivamente si è svolta la parte di ricer-

ca relativa ai diversi aspetti che riguardano il rapporto d'interazione tra l'utente e l'oggetto, eseguita considerando la particolarità dell'utenza e le sue esigenze specifiche. Gli aspetti analizzati sono stati in primis la biomeccanica, per lo studio del movimento e la definizione delle esigenze meccaniche della seduta; in seguito l'ergonomia, sia fisica che cognitiva, che ha permesso di fondare le basi per la definizione dell'interazione con la seduta, e per la sua definizione formale; infine l'antropometria, per l'adattamento delle misure bariatriche al progetto e la definizione dei range di regolazione. Definite le linee guida per la realizzazione formale e il dimensionamento si è passati all'analisi cinematica e alla definizione dei sistemi di attuazione. In questa fase sono stati definiti i sistemi di regolazione, già studiati nell'analisi dell'ergonomia, e il posizionamento delle coppie rotoidali per lo svolgimento degli esercizi selezionati. I sistemi di attuazione hanno richiesto una ricerca approfondita delle soluzioni esistenti nel campo della riabilitazione che propongono l'attuazione a resistenza pneumatica ideale per evitare un sovraccarico sul fisico del paziente.

La fase finale di progetto esecutivo ha visto tutte le diverse ricerche confluire nella realizzazione di una macchina, che è stata infine coperta e rappresentata nella forma di una poltrona. Quest'ultimo accorgimento deriva dall'esigenza di rendere lo strumento funzionale sia dal punto di vista fisico che psicologico, rendendo la percezione del prodotto maggiormente gradevole e accettabile a un'utenza non incline allo svolgimento di attività fisica.

INDICE

Abstract	
Ringraziamenti	
Introduzione	11
Capitolo 1 - L'obesità	
1.1. Analisi dello scenario	16
1.1.1. Inquadramento della situazione mondiale	16
1.1.2. La situazione italiana	17
1.1.3. La sorveglianza PASSI	18
1.2. Definizione di obesità	19
1.2.1. Eziologia	19
1.2.2. Classificazione e caratterizzazione	20
1.3. Aspetti socio-economici	22
1.4. Aspetti ambientali	24
1.4.1. Obesity System Map	26
Capitolo 2 - Le conseguenze	
2.1. Gli effetti fisici	30
2.1.1. Effetti sull'apparato muscolo-scheletrico	31
2.2. Gli effetti psicologici	35
2.3. La riabilitazione all'attività fisica	37
2.3.1. La percezione dello sforzo	39
2.3.2. Accorgimenti per la condizione bariatrica	39
2.4. Il design per l'obesità	41
2.4.1. Focus: la sedia bariatrica	42
Capitolo 3 - L'utenza	
3.1. Identificazione dell'utenza	46
3.1.1. La portata della patologia nella Città di Torino e in Piemonte	46
3.2. Introduzione al progetto	48
3.2.1. La richiesta del Dipartimento di Scienze Mediche	48
3.2.2. Formazione del team di lavoro	48
3.2.3. Metodologia	49
3.2.4. Processo	49
3.2.5. Specifiche preliminari di progetto	52
3.3. Definizione degli esercizi	53
3.3.1. Individuazione delle masse muscolari da coinvolgere	53

3.3.2. Definizione degli esercizi da incorporare	53
3.3.3. Analisi e confronto dei sistemi esistenti	55
Capitolo 4 - Il progetto	
4.1. La biomeccanica	61
4.1.1. Esigenze biomeccaniche date dagli esercizi scelti	61
4.1.2. La biomeccanica del corpo umano	62
4.1.3. Il controllo della postura	63
4.1.4. Il Range of Motion	64
4.2. Gli aspetti ergonomici	65
4.2.1. La posizione seduta	65
4.2.2. L'interazione con la sedia e l'ergonomia	66
4.2.3. La distribuzione della pressione	68
4.2.4. Il supporto lombare	71
4.2.5. L'adattamento alla condizione bariatrica	73
4.2.6. L'ergonomia cognitiva	73
4.3. L'antropometria	76
4.3.1. Definizione delle regolazioni	78
4.4. Le linee guida	80
4.4.1. Lo schienale	82
4.4.2. Il sedile	83
4.4.3. I braccioli	84
Capitolo 5 - Il progetto esecutivo	
5.1. Casi studio	88
5.1.1. Metodologia applicata alla scelta	88
Kineo Intelligent Load	89
Keiser	90
Hur	91
Arti Rehab	92
5.2. Analisi cinematica della sedia	93
5.2.1. Definizione dei sistemi di riferimento	93
5.2.2. Definizione della posizione nominale	95
5.2.3. Focus sul componente bracciolo	96
5.2.4. Focus sul sistema sedile-schienale	98
5.2.5. Focus sul componente di appoggio per la gamba	99
5.3. La dinamica	100
5.4. Il progetto esecutivo	104
5.5. Struttura e regolazioni	108
5.6. Sistemi di attuazione per gli esercizi	110
5.7. Gli accessori	114
5.8. I materiali	115
Capitolo 6 - Sviluppi futuri	
6.1. Successivi campi di indagine	120
6.1.1. Analisi strutturale e prototipazione	120
6.1.2. Progettare la User Interaction	121
6.1.3. Progettare la User Experience	122
6.1.4. Riflessioni sul proseguimento del progetto	122
Conclusioni	124
FONTI. Bibliografia - Sitografia - Iconografia	126

INTRODUZIONE

Lo stile di vita attuale è caratterizzato dalla disponibilità di grandi quantità di cibo e da una maggiore tendenza alla sedentarietà, sia sul lavoro che nel tempo libero.

Ciò porta a pensare di vivere in una situazione di benessere apparente che spesso non rispecchia un buon stato di salute, ma induce a un'assunzione di calorie maggiore rispetto a quelle che vengono bruciate durante le attività quotidiane, provocando conseguentemente un aumento della popolazione in sovrappeso e obesa.

L'obesità è infatti una condizione in continuo aumento nella società odierna, che comporta rischi per la salute, mentale e fisica dell'individuo, e si ripercuote direttamente sull'assistenza sanitaria.

L'inevitabile declino fisico e psicologico della persona obesa infatti espone questa categoria a una possibilità di ospedalizzazione tre volte superiore rispetto alla media della popolazione. Ciò comporta inevitabilmente una maggiore spesa sanitaria, arrivando, in Italia nel 2012, a ricoprire il 4% della spesa generale della sanità italiana, per un totale di circa 4,5 miliardi di euro¹.

La continua crescita della prevalenza del sovrappeso e dell'obesità è ora considerata una pandemia globale, poiché non rappresenta un problema di alcune zone isolate, ma una preoccupazione comune a tutte le regioni del mondo. Il carattere epidemico della malattia è da ricercarsi nell'aumento rapido del numero di individui in sovrappeso o obesi. Secondo l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità), l'obesità rappresenta oggi uno dei maggiori problemi di salute².

1 A. Nicolucci et al, *Il burden of disease dell'obesità in Italia*, Health Policy in Non-communicable disease, n.1, 2015, Roma

2 S. Bo, V. Ponzio, I. Goitre, F. Di Michieli, F. Broglio, *Alimentazione, stile di vita e malattie metaboliche*,

Il problema fonda le sue radici nell'industrializzazione del cibo, caratterizzata da una deriva della qualità degli alimenti trasformati e da una sempre maggiore disponibilità di questi ultimi, che incide direttamente sulla salute della popolazione mondiale. La situazione infatti non è sempre stata questa.

Per secoli la maggior parte della popolazione mondiale ha dovuto sopravvivere a condizioni di scarsità del cibo, malattie e ambienti ostili. Con la rivoluzione industriale si è valutato che

l'aumento della massa corporea della popolazione media avrebbe indotto dei vantaggi economici e produttivi. La creazione di una generazione fisicamente più prestante sarebbe stata utile all'ambiente industriale e militare, due tra i settori ancora oggi più influenti³.

Il peso e l'altezza medi della popolazione sono cresciuti durante il XIX secolo, per aumentare ancora, soprattutto per quanto riguarda il peso, durante il XX secolo, producendo un aumento della soglia media dell'indice di massa corporea (IMC). Soltanto negli anni '30 del '900 si comincia a considerare l'indice di massa corporea come fattore influente sull'aspettativa di vita.

Nell'anno 2000, per la prima volta nella storia, la popolazione in sovrappeso superava numericamente quella sottopeso⁴.

Nei primi anni del XX secolo, studi sugli scom-

Agricoltura, alimentazione e sostenibilità, Scienza attiva, Torino, 2015-2016

3 R.W. Fogel, D.L. Costa, *A theory of technophysio evolution, with some implications for forecasting population, health care costs, and pension costs*. Demography 1997

4 G. Gardner, B. Halweil, *Underfed and overfed: the global epidemic of malnutrition*. Washington, DC, Worldwatch Institute, 2000. (Worldwatch paper no. 150)

pensi alimentari dei bambini delle fasce più povere della società, indicarono che un supplemento di zuccheri o grassi nella dieta avrebbe contribuito ad una migliore crescita e salute, favorendo la nascita di una classe lavorativa più produttiva⁵.

Uno dei principali obiettivi diventa quindi quello di aumentare la disponibilità di fonti caloriche rendendole accessibili a tutti, puntando principalmente su grassi, zuccheri e olii vegetali.

Secondo la FAO (Food and Agriculture Organization) nel 2002 si è raggiunto un valore di 2,600 kcal pro capite che potrebbero diventare 3,000 kcal nel 2030⁶.

Negli anni '50, Lester Breslow teorizza la presenza di un legame diretto tra la prevalenza dell'obesità e l'aumentare di casi di patologie cardiache nella popolazione americana⁷.

Altra componente importante, che incide fortemente sulla diffusione dell'obesità, è la componente socio-economica. Si può infatti notare un rapporto inversamente proporzionale tra tendenza all'obesità e livello socio-economico: più

basso il livello socio-economico e di scolarizzazione, più alto il rischio di eccesso ponderale⁸.

Le soluzioni che si presentano sono molteplici, alcune affrontano il problema al fine di riportare un equilibrio, altre si presentano come una sorta di adattamento alla società che cambia.

Questa seconda tendenza rischia di normalizzare una situazione dannosa dal punto di vista sociale, sanitario e con ripercussioni anche sull'ambiente.

L'urgenza di creare e trovare soluzioni immediate per invertire la tendenza della società a ingrassare fa scaturire progetti e programmi specifici nell'ambito sanitario.

La tesi si pone come obiettivo quello di rispondere a un'esigenza posta dai medici specializzati nel trattamento dei pazienti obesi, attraverso la progettazione di uno strumento atto ad aiutare l'inizio di questa inversione di tendenza, reintroducendo gradualmente il paziente bariatrico all'attività fisica, nell'ambito del percorso di riabilitazione.

Secondo la FAO nel 2002 si è raggiunto un valore di 2.600 kcal procapite che potrebbero diventare 3.000 kcal nel 2030

5 B. Caballero, *The global epidemic of obesity: an overview*, *Epidemiol Rev* 2007
 6 FAO. *World agriculture: towards 2015/2030*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2002.
 7 L. Breslow, *Public health aspects of weight control*, *American Journal of Public Health*, 1952, 42:1116-20

8 B. Loring, A. Robertson, *Obesity and Inequities: Guidance for addressing inequities in overweight and obesity*, 2014, World Health Organization.



Figura 1: Corpulent woman from Yamai No Soshi, Scroll of Diseases and Deformities, Fukuoka Art Museum. L'obesità un tempo era un problema riguardante pochi individui solitamente appartenenti alle classi più abbienti della società.

1.1. ANALISI DELLO SCENARIO

1.1.1. Inquadramento della situazione mondiale

L'obesità, come anticipato nell'introduzione, rappresenta un problema a livello globale, con maggiore diffusione in alcune zone rispetto ad altre. Non si tratta infatti, come si può pensare, di un problema diffuso soltanto nei paesi a sviluppo avanzato, in cui, presumibilmente, vi è abbondanza di cibo, ma si diffonde anche molto nei paesi a basso o medio reddito¹, dove spesso la povertà e la disponibilità di cibo di bassa qualità e alto contenuto calorico, portano a un forte dilagare di questa patologia. In questi ultimi non è raro, soprattutto nell'ambito urbano, trovare situazioni in cui obesità e malnutrizione coesistono nella stessa comunità e addirittura nello stesso nucleo familiare, dando origine al fenomeno del doppio fardello (*double burden*)². Nel 2015 si stimava che il 19,5% della popolazione adulta fosse obesa. I dati infatti vanno da un 6% in Corea e Giappone, a un 30% in Paesi come Ungheria, Nuova Zelanda, Messico e infine Stati Uniti (Grafico 1)³.

Ormai in vari paesi sono state inserite all'interno delle agende politiche azioni per contrastare il dilagare dell'eccesso ponderale, che ovunque costituisce una delle principali cause di mortalità e morbilità.

Quella che viene definita come epidemia dell'obesità si è diffusa negli ultimi decenni in Europa coinvolgendo la maggioranza della popolazione europea, con una diffusione maggiore nei paesi dell'Europa dell'Est.

Nei paesi del Nord-Europa si è verificato un aumento che ha quasi raddoppiato la prevalenza dell'obesità negli ultimi vent'anni; in Finlandia il tasso è del 18,3% (2014), in Estonia nello

1 B. Caballero, *The global epidemic of obesity: an overview*, *Epidemiologic Reviews*, 2007, Vol.29:1-5

2 L. Gargiulo, *Epidemiologia dell'obesità in Italia e alcuni aspetti della qualità della vita*, 8° Rapporto sull'obesità in Italia dell'Istituto Auxologico Italiano, Roma, 2015

3 OECD, *Obesity Update 2017*

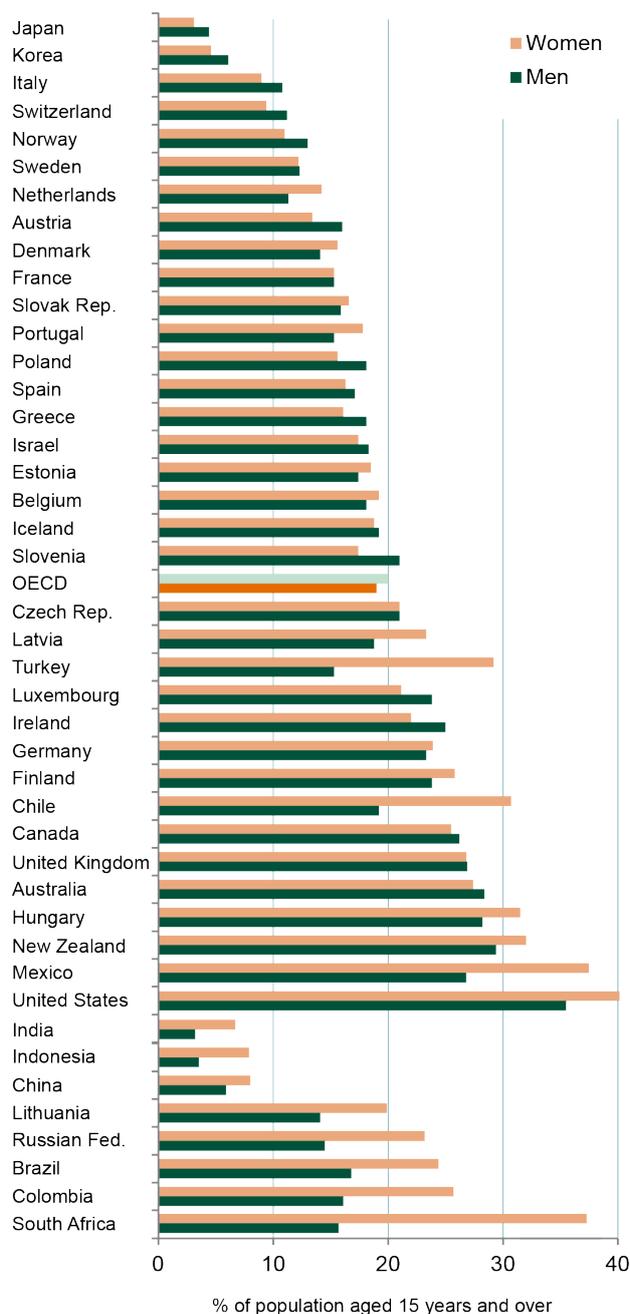


Grafico 1: Diffusione dell'Obesità nella popolazione adulta, 2015, rielaborazione dati OECD, fonte: OECD Health Statistics 2017

stesso anno è del 20,4%. Allo stesso modo paesi come Francia e Spagna, che negli anni '90 presentavano livelli al 7%, sono ora al 15% della popolazione obesa, mentre in Italia l'incremento è stato più contenuto⁴.

Il sovrappeso e l'obesità, negli Stati fondatori dell'Unione Europea, hanno causato il 9-12% dei decessi, mentre negli Stati Membri, entrati nell'UE nel 2004 e 2007, il tasso di mortalità per l'eccesso ponderale sale al 16-20%⁵.

Nel 2015 si stima che il **19.5%** della popolazione fosse obesa

po quello di contrastare il continuo aumento dell'eccesso di peso. Queste politiche sono soprattutto volte alla prevenzione e informazione, cercando di proporre stili di vita più salutari e maggiore consapevolezza al fine di responsabilizzare la popolazione.

Osservando la distribuzione dell'eccesso ponderale nel Paese è possibile notare come siano rispettate le tendenze generali per cui il problema riguardi maggiormente le persone più anziane, e sia più diffuso tra le fasce di popolazione con maggiori difficoltà economiche e tra le persone con un livello d'istruzione minore⁹ (Grafico 2).

1.1.2. La situazione italiana

La situazione italiana si presenta meno preoccupante rispetto a quella di altri paesi europei, la percentuale di prevalenza di adulti in eccesso di peso è infatti la più bassa all'interno del panorama europeo, con una percentuale del 44,9% mentre la media dell'UE è 51,6%.

Anche per quanto riguarda l'obesità, le percentuali in Italia rimangono sul 10,8%, mentre la media europea è attualmente al 15%⁶.

Nel Paese, i dati al 2016, mostrano che la popolazione adulta normopeso rappresenta il 57,8%, il 31,7% è in sovrappeso e quasi il 10,5% è obeso⁷.

All'interno della popolazione in sovrappeso e obesa (IMC ≥ 25 kg/m²) si trova una netta prevalenza maschile con un rapporto di uno su due, mentre per le donne il rapporto scende a uno su tre. Con l'età si ampliano le differenze di genere, fino ai 65 anni, per poi tendere a ridursi in terza età.

Guardando al trend di crescita di obesità e sovrappeso in Italia negli ultimi vent'anni, l'incremento del sovrappeso è stato di circa il 10% (rispetto al 1994), mentre per quanto riguarda l'obesità l'incremento è stimato intorno al 34% rispetto ai 20 anni precedenti (fonte ISTAT)⁸.

Anche in Italia, come in altri paesi europei, sono state promosse politiche che hanno come sco-

9 www.epicentro.iss.it/passi/dati/sovrappeso.asp
Dati sull'eccesso ponderale 2014-2017.

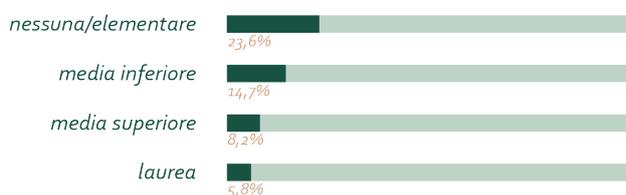
tasso di obesità per fascia d'età (Italia)



tasso di obesità secondo il sesso (Italia)



tasso di obesità per livello di istruzione (Italia)



tasso di obesità per difficoltà economiche (Italia)



Grafico 2: dati sulla situazione italiana relativi alla prevalenza di eccesso ponderale, rielaborazione dati sorveglianza PASSI (2014-2017)

4 L. Gargiulo et al, *Epidemiologia dell'obesità in Italia e alcuni aspetti della qualità della vita*, 8° Rapporto sull'obesità in Italia dell'Istituto Auxologico Italiano, Roma, 2015

5 B. Loring, A. Robertson, *Obesity and Inequities: Guidance for addressing inequities in overweight and obesity*, 2014, World Health Organization.

6 Data Base Eurostat, EHIS-European Health Interview Survey, 2014

7 Sorveglianza PASSI, 2013-2016

8 Istat, Indagine sulla salute 1994 e Aspetti della vita quotidiana 2005 e 2015.

1.1.3 La sorveglianza PASSI

PASSI (Progressi delle Aziende Sanitarie per la Salute) è uno strumento di sorveglianza interno al sistema sanitario, in vigore dal 2008. Nasce come sistema per il monitoraggio del raggiungimento degli obiettivi sanitari fissati dai Piani sanitari nazionali e regionali e per valutare le azioni del Piano Nazionale della Prevenzione. Lo scopo è quello di controllare lo stato di salute della popolazione italiana adulta (18-69 anni), verificandone gli stili di vita e i fattori di rischio comportamentali a questi connessi, che possono portare all'insorgenza di malattie croniche. I temi che vengono indagati, oltre a quello dell'eccesso ponderale, sono relativi ad aspetti inerenti la qualità della vita, viene mo-

nitorata l'insorgenza di cattive abitudini, quali il fumo o il consumo d'alcol, e promosse buone pratiche di prevenzione come l'adesione agli screening e l'adozione di misure di sicurezza per la prevenzione di incidenti stradali o sul lavoro.

Il sistema viene gestito dalle Asl, dalla rilevazione dei dati all'utilizzo dei risultati, con il supporto e l'assistenza di un coordinamento della Pubblica amministrazione centrale. I risultati sono diffusi pubblicamente sulla piattaforma web, attraverso una rappresentazione dei dati accessibile ai responsabili sanitari e al cittadino¹⁰.

10 www.epicentro.iss.it/passi/infoPassi/infoGen.asp

1.2. DEFINIZIONE DI OBESITÀ

1.2.1. Eziologia

L'obesità è una malattia cronica determinata da un anomalo ed eccessivo accumulo di tessuto adiposo dovuto ad uno squilibrio tra l'apporto e il consumo di energia, e alla predisposizione genetica¹.

Si può considerare come una condizione multifattoriale. Vi sono infatti diversi elementi e meccanismi che possono essere definiti scatenanti.

Tra questi vi sono fattori fisici della persona come fattori genetici, psicologici ed endocrino metabolici, e fattori esterni, socio-ambientali.

Tra quelli fisici si possono trovare, come già accennato, i **fattori genetici**, in particolare modo quelli che riguardano i meccanismi di regolazione del metabolismo energetico e dell'appetito. Una parte dei casi di obesità è dovuta a caratteri genetici che causano sindromi cliniche specifiche (mutazioni del gene leptina o del sistema melacortinico). Si comincia anche ad ipotizzare una connessione tra il profilo genetico e la tendenza a preferire determinati alimenti o alla predisposizione all'attività fisica².

I **fattori psicologici** riguardano invece soprattutto stress e disturbi dell'emotività che portano a forme patologiche di iperalimentazione, a disturbi del comportamento alimentare e al consumo compulsivo di cibo³.

1 S. Bo, V. Ponso, I. Goitre, F. Di Michieli, F. Broglio, *Alimentazione, stile di vita e malattie metaboliche*, Agricoltura, alimentazione e sostenibilità, Scienza attiva, Torino, 2015-2016

2 S. Jebb, *Obesity: causes and consequences*. Women's Health Med, 2004; 1(1): 38-41.

3 R.M. Puhl, C.A. Moss-Racusin, M.B. Schwartz, *Internalization of weight bias: implications for binge eating and emotional wellbeing*. 2007, Obesity; 15:19-23.

Questi disturbi possono essere incentivati dalla stigmatizzazione sociale dell'obeso che reagendo alle discriminazioni, spesso cade in depressione e peggiora il suo stato⁴.

Infine i **fattori endocrino metabolici** riguardano malattie ormonali che possono creare squilibri nell'assimilazione delle calorie assunte e nel funzionamento del metabolismo⁵.

Le cause esterne sono prevalentemente riscontrabili negli **aspetti socio-ambientali** che influiscono in modo determinante sull'insorgenza dell'obesità. Lo stile di vita sedentario della società contemporanea è sicuramente una delle cause maggiori, e sarà approfondita nei paragrafi successivi.

Il maggiore impatto che questi fattori hanno sullo sviluppo dell'obesità può essere individuato nello squilibrio che si crea tra l'assunzione energetica e il

suo consumo⁶.

Altre cause esterne possono essere individuate in **cause farmacologiche** e **traumi**, in particolare modo nei danni cerebrali. Farmaci, della classe degli antidepressivi e dei corticosteroidi, possono contribuire aumentando la sensazione di fame e riducendo il metabolismo energetico o stimolando la produzione di cellule adipose, mentre danni alla zona dell'ipotalamo possono inficiare la regolazione dell'appetito⁷.

4 L. de Wit, F. Luppino, A. van Straten, B. Pennix, F. Zitman, P. Cuijpers, *Depression and obesity: a meta-analysis of community-based studies*, 2010, Psychiatry Research, 178:230-235.

5 P. Magni, M. Ruscica, R. Verna, M.M. Corsi, *Obesità: fisiopatologia e nuove prospettive diagnostiche*, 2003, Caleidoscopio italiano, Medical Systems S.p.A., 164:11-19

6 A. Prentice, S. Jebb, *Energy intake/physical activity interactions in the homeostasis of body weight regulation*. 2004, Nutrition Reviews; 62 (suppl s2): S98-104.

7 http://www.centro-obesi.com/it/cause_dell_obesita.php

L'obesità è una condizione multifattoriale e spesso correlata ad altre patologie

Oltre ai fattori già citati, alcuni studi⁸ evidenziano il rapporto tra l'anzianità e la probabilità di sviluppare l'eccesso ponderale. Sia uomini che donne, tra i 65 e i 74 anni, presentano la patologia in modo consistentemente più frequente (il 16% degli uomini in questa fascia sono obesi mentre per le donne il tasso è del 14,8%)⁹.

L'obesità può essere definita come la patologia del benessere ed è spesso correlata a ad altre malattie, soprattutto cardiovascolari, a patologie del sistema osteo-articolare e al diabete mellito di tipo II.

1.2.2. Classificazione e caratterizzazione

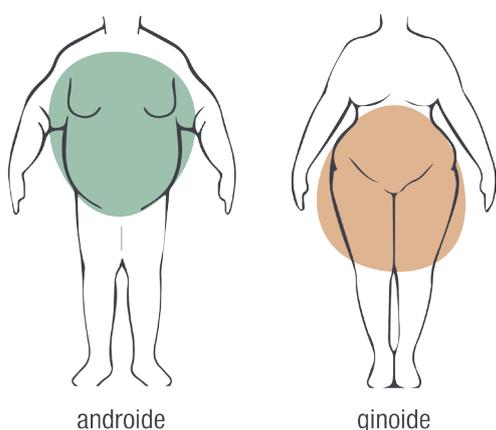
Esistono due principali metodi per classificare l'obesità che si basano su parametri diversi¹⁰:

- la **classificazione etiopatogenica** - suddivisa a sua volta in primaria, cioè non dovuta a disfunzioni endocrino-metaboliche, e secondaria, causata da disfunzioni endocrino-metaboliche;
- la **classificazione clinica** - suddivisa in dif-

8 A. Peeters, J.J. Barendregt, F. Willekens, et al. *Obesity in adulthood and its consequences for life expectancy: a life-table analysis*. *Ann Intern Med* 2003; 138: 24-32.

9 L. Gargiulo et al, *Epidemiologia dell'obesità in Italia e alcuni aspetti della qualità della vita*, 8° Rapporto sull'obesità in Italia dell'Istituto Auxologico Italiano, Roma, 2015

10 P. Magni, M. Ruscica, R. Verna, M.M. Corsi, *Obesità: fisiopatologia e nuove prospettive diagnostiche*, 2003, Caleidoscopio italiano, Medical Systems S.p.A., 164:6-8



BIOTIPO CORPOREO	UOMO	DONNA
Androide	>0.91	>0.81
Ginoide	<0.91	<0.81

Tabella 1: parametri per la definizione dei biotipi androide e ginoide

fusa, se l'adipe è presente in tutti i distretti del corpo, e distrettuale, se è presente solo in alcune zone quali addome, glutei, fianchi e torace.

Da queste distinzioni derivano le successive definizioni delle tipologie in cui può essere classificata l'obesità.

Per diagnosticare e classificare altresì la patologia ci si riferisce in particolar modo all'Indice di Massa Corporea, calcolato come il rapporto tra il peso in Kg e il quadrato dell'altezza in m²¹¹.

Quando i valori dell'IMC sono compresi tra 25 e 29,9 Kg/m², l'individuo è considerato sovrappeso; per valori superiori ai 30 Kg/m², invece, si parla di individui obesi. L'obesità è successivamente classificata su tre diversi livelli: si parla di obesità di grado I, o moderata, con valori compresi tra 30 e 34,9 Kg/m², di obesità di grado II, o severa, con valori compresi tra 35 e 39,9 Kg/m², e infine di obesità di grado III, o grave, con valori superiori ai 40 Kg/m² (Figura 2).

Altri metodi usati per quantificare l'obesità sono le misure antropometriche quali la plicometria (misura dello spessore delle pliche cutanee), le circonferenze (vita, fianchi, collo, braccio) e l'impedenziometria elettrica. Queste metodologie permettono di conoscere la distribuzione del grasso corporeo in modo più approfondito rispetto alla misurazione del peso, fornendo un'informazione importante poiché la localizzazione dell'adipe influisce sul livello di morbilità¹².

In base alla distribuzione del grasso corporeo è possibile classificare le tipologie di obesità definite dal biotipo ginoide e androide (Tabella 1). Queste biotipologie corporee sono determinate principalmente dal rapporto tra la circonferenza della vita e quella dei fianchi.

Il biotipo androide si differenzia dal ginoide per la diversa distribuzione dell'adipe che tende ad essere accumulato nella parte superiore del corpo.

Si tratta del biotipo prevalentemente maschile e il soggetto presenta una forma detta a "mela", con spalle e tronco robusti, e glutei e arti inferiori esili.

Questo biotipo tende ad uno sviluppo muscolare più importante della parte superiore del corpo e questa distribuzione del grasso rende il soggetto maggiormente predisposto a pa-

11 S. Jebb, *Obesity: causes and consequences*.

Women's Health Med, 2004; 1(1): 38-41.

12 S. Bo, V. Ponzio, I. Goitre, F. Di Michieli, F. Broglio, *Alimentazione, stile di vita e malattie metaboliche*, Agricoltura, alimentazione e sostenibilità, Scienza attiva, Torino, 2015-2016

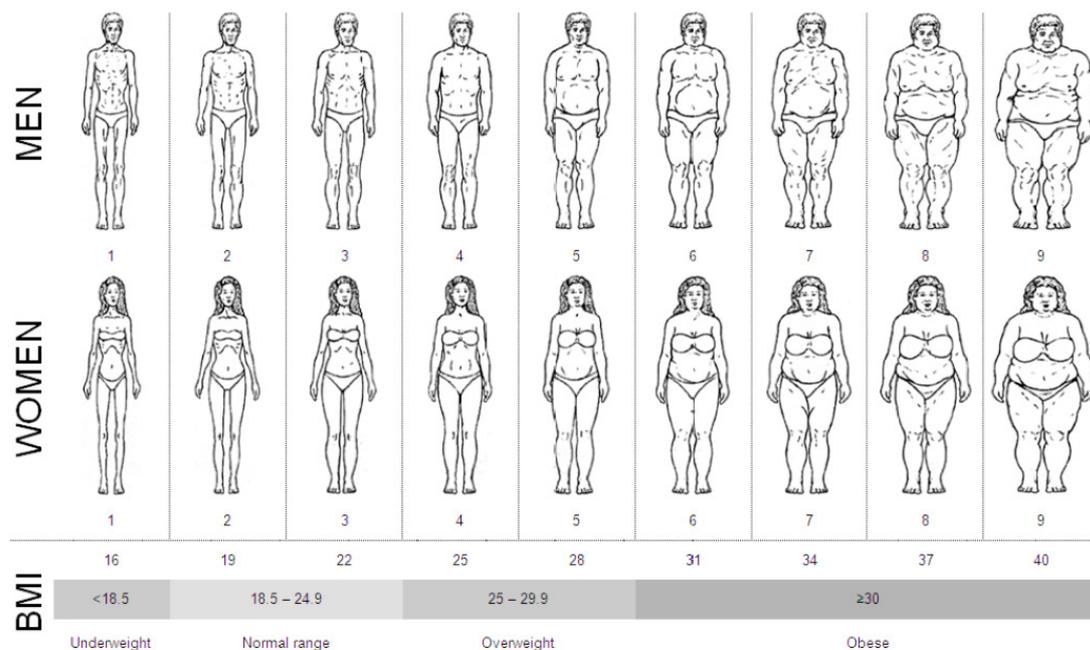


Figura 2: rappresentazione della scala data dall'indice di massa corporea (BMI), fonte: C. Patterson, S. Hilton, 2013

tologie come diabete, ipertensione e malattie cardiovascolari.

Il biotipo ginoide invece si presenta come soggetto a forma di “pera” ed è il biotipo prevalentemente femminile. Le spalle e il tronco sono stretti, mentre glutei e arti inferiori sono più sviluppati.

Il soggetto ginoide ha una più scarsa attività lipolitica e maggiore necessità di un lavoro aerobico, sembra meno incline allo sviluppo di sindromi metaboliche ma è più soggetto a problemi circolatori, specialmente agli arti inferiori¹³.

Un'altra modalità di classificazione della tipologia di obesità si basa sul numero e le dimensioni delle cellule adipose.

In questo caso si parla di obesità ipertrofico-iperplastica, quando vi è un eccesso nel numero di adipociti, e di obesità ipertrofica pura, quando vi è un aumento del volume degli adipociti. La prima si forma durante l'infanzia e l'ado-

13 D. Carli, S. Di Giacomo, *Preparazione atletica e riabilitazione. Fondamenti del movimento umano, Scienza e traumatologia dello sport*, Principi di trattamento riabilitativo, C.G. Edizioni Medico Scientifiche s.r.l., 2013, Torino

lescenza, periodi della vita in cui gli adipociti, se non sufficienti a controllare la quantità di tessuto adiposo, possono riprodursi e di conseguenza aumentare in numero. La capacità degli adipociti di moltiplicarsi si arresta intorno alla fine dell'età puberale, perciò si tratta di una forma di obesità che si sviluppa soltanto in età giovanile. Gli adipociti creati possono in seguito ridursi in volume ma non in numero, rendendo la guarigione più complessa e la patologia maggiormente recidiva. L'obesità ipertrofica pura si sviluppa invece in età adulta poiché gli adipociti, incapaci di riprodursi, reagiscono all'accumulo di tessuto adiposo aumentando il loro volume.

A causa di questa capacità limitata di aumentare in numero soltanto in età giovanile, la prevenzione dell'obesità infantile è fondamentale per ridurre il rischio di obesità in età adulta e per rendere la malattia più semplice da affrontare¹⁴.

14 www.dietology.it/index.php/area-dietologica/cause-dell-aumento-di-peso/12-area-diagnostica/58-classificazione-delle-obesita

1.3. ASPETTI SOCIO-ECONOMICI

Saranno ora analizzati più nel dettaglio quelli che sono i fattori esterni dati dalla situazione socio-economica della persona obesa e dall'ambiente in cui vive. Conoscendo meglio questi aspetti potremmo conoscere meglio anche l'utenza di riferimento che sappiamo essere estremamente variegata.

Le condizioni sociali ed economiche esercitano un'influenza particolare sullo sviluppo dell'obesità nella popolazione¹.

Spesso i pazienti obesi sono infatti persone appartenenti alle fasce più basse sia di scolarizzazione che di reddito. Questo induce un collegamento tra l'obesità e una bassa conoscenza dei principi nutritivi di cui il corpo ha realmente bisogno, ed a una scarsa possibilità di accedere ad alimenti sani e di qualità.

Le innovazioni nel campo dell'industria alimentare, sia nella produzione che nella distribuzione degli alimenti, stanno infatti sempre più portando ad un offerta e diffusione di prodotti a basso costo, ipercalorici e appetibili². Il cibo salutare, dall'altra parte, tende a essere sempre meno conveniente e quindi meno accessibile. Inoltre cambiamenti come l'urbanizzazione e la maggiore occupazione femminile, hanno portato a una riduzione dei tempi dedicati alla preparazione dei pasti, incentivando la cultura del fast food³.

Come la qualità del cibo, anche il livello di atti-

1 R.G. Wilkinson, K.E. Pickett, *Income inequality and population health: A review and explanation of the evidence*, 2006, *Social Science & Medicine*, 62:1768–1784

2 B.A. Swinburn, G. Sacks, K.D. Hall, K. McPherson, D.T. Finegood, M.L. Moodie, S.L. Gortmaker, *The global obesity pandemic-shaped by local drivers and local environments*, *Lancet* 2011, 378: 804–14

3 D.M. Cutler, E.L. Glaeser, J.M. Shapiro, *Why have Americans become more obese?*, 2003, *Journal of Economic Perspectives*; 17: 93–118.



Figura 3: tre donne su una panca, Jeni Caruana. L'obesità è maggiormente attribuibile a bassi livelli di reddito e di scolarizzazione tra le donne. Tra gli uomini questo fattore è meno influente.

vità fisica svolta dipende fortemente dal livello socio-economico, per cui per i gruppi economicamente più svantaggiati le probabilità di svolgere una vita sedentaria sono nettamente più alte. Nonostante l'attività fisica sia importante per il mantenimento di uno stile di vita salutare, la maggiore sedentarietà non è sufficiente a spiegare un aumento così importante dell'obesità nelle classi meno abbienti. La maggiore causa di questa crescita è quindi da individuarsi nell'aumento dell'apporto calorico negli alimenti più economici⁴.

Si può dunque affermare che le condizioni di obesità e sovrappeso siano più diffuse nei gruppi di popolazione con deprivazione sociale ed economica. Le persone con un basso livello economico, infatti, presentano il doppio delle probabilità di diventare obese. Ciò avviene anche perchè le opportunità di mantenere un buon stato di salute sono correlate ad un buon livello di educazione e istruzione, ad un lavoro dignitoso, al possesso di un'abitazione e alla possibilità di avere un sostegno

4 S. Bleich, D. Cutler, C. Murray, A. Adams, *Why is the developed world obese?*, 2008, *Annual Review of Public Health*, 29: 273–95.

Le persone con un basso livello economico presentano il doppio delle probabilità di diventare obese

al reddito⁵.

Nell'area dell'Unione Europea, si stima che il 26% dell'obesità negli uomini e il 50% nelle donne possa essere attribuito alle disuguaglianze nei livelli di scolarizzazione⁶. Nel grafico 3, ad esempio, è possibile notare come in Italia il numero di individui obesi e sovrappeso aumenti con l'abbassarsi del livello di istruzione raggiunto (dati ISTAT,2015).

Allo stesso modo si può descrivere un andamento simile, seppur meno evidente, relativo al reddito (vedi grafico 2, p.17). È riscontrabile infatti un rapporto inversamente proporzionale tra il tasso di obesità e il livello economico.

Le disuguaglianze sociali sono considerevolmente più marcate per quanto riguarda le donne rispetto a quanto influiscano sugli uomini. Inoltre queste sono influenti soprattutto sulla popolazione adulta, considerata nella fascia di età tra i 25 e i 64 anni.

Gli effetti delle disuguaglianze sociali sugli adulti si ripercuotono di conseguenza anche sugli individui in età evolutiva, bambini e ragazzi che vivono in famiglie con un reddito medio-alto hanno meno probabilità di sviluppare un eccesso di peso, rispetto a coloro che crescono in famiglie con un livello socio-economico

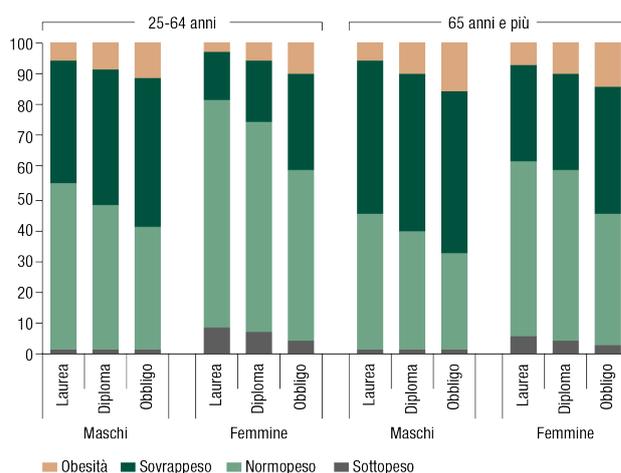


Grafico 3: Persone di 25 anni e più per IMC, titolo di studio, genere e classe di età, (2015) rielaborazione dati ISTAT, Indagine Aspetti della vita quotidiana.

co più basso⁷, mentre tra gli anziani le disuguaglianze sociali sono meno rilevanti⁸

Infine l'obesità stessa può diventare causa di impatti socio-economici negativi per il paziente che ne è affetto, che può avere necessità più frequente di congedo per malattia che porta ad una riduzione dei guadagni o alla disoccupazione⁹. L'abbassamento del reddito porta così ad un aumento delle disuguaglianze e discriminazioni, innescando così un circolo vizioso.

5 B. Loring, A. Robertson, *Obesity and Inequities: Guidance for addressing inequities in overweight and obesity*, 2014, World Health Organization.
 6 EUROTHINE. *Tackling health inequalities in Europe: an integrated approach*. EUROTHINE final report. Rotterdam: Erasmus University Medical Centre, 2007.

7 M.W. Gillman, S.L. Rifas-Shiman, K. Kleinman, E. Oken, J.W. Rich-Edwards, E.M. Taveras. *Developmental origins of childhood overweight: potential public health impact*. 2008, *Obesity* (Silver Spring); 16: 1651-56.
 8 F. Branca, H. Nikogosian, T. Lobstein, *Socio-economic inequality in obesity in Europe: issues and policy implications, The Challenge of Obesity in the WHO European Region and the Strategies for Response*, 2007, CopenhagenWHO Regional Office for Europe, pp. 152-73
 9 P. Capodaglio, G. Castelnuovo, A. Brunani, L. Vismara, V. Villa, E. M. Capodaglio, *Functional Limitations and Occupational Issues in Obesity: A Review*, 2010, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 16(4):508-523

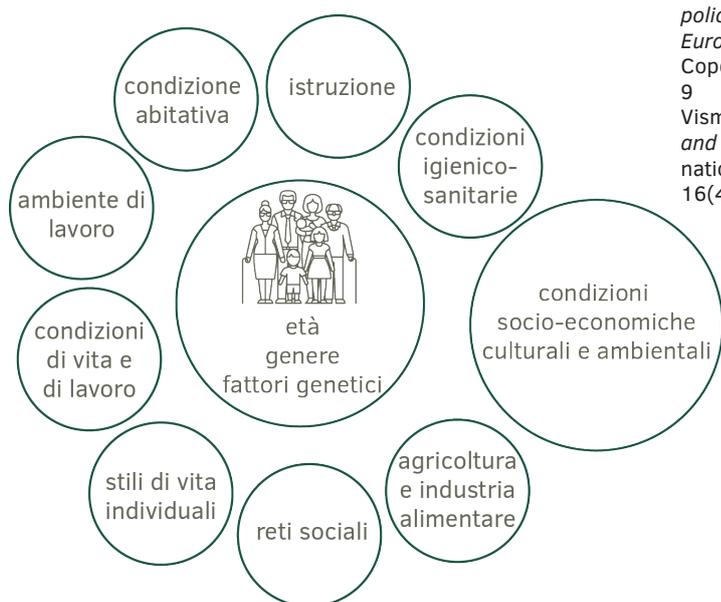


Figura 4: I principali determinanti della salute, rielaborazione da Dahlgren e Whitehead (1993). Si può notare come fattori diversi appartenenti alla sfera sociale e ambientale siano coinvolti nella determinazione del rischio di incorrere in patologie, tra le quali si colloca l'eccesso ponderale.

1.4. ASPETTI AMBIENTALI

L'ambiente in cui viviamo è detto obesogeno, ossia spinge all'obesità.

È infatti caratterizzato da un'alimentazione ricca di grassi saturi e zuccheri, da una sempre maggiore sedentarietà, dovuta allo sviluppo di lavori che richiedono un dispendio sempre minore di energia, e da un uso sempre maggiore di mezzi di trasporto privati¹.

Questo influisce sullo sviluppo e sul diffondersi dell'epidemia globale dell'obesità.

Osservare l'ambiente in cui viviamo infatti aiuta a comprendere il perché questa epidemia si sia sviluppata e diffusa proprio in questo periodo storico. In passato infatti l'eccesso ponderale esisteva, ma era considerato e raggiunto in modo molto diverso.

Lo stile di vita della maggioranza della popolazione non permetteva di accumulare più calorie di quante venissero poi bruciate durante le attività quotidiane. Oltre alla frequente scarsità di cibo, infatti, erano soprattutto le attività lavorative e di spostamento a richiedere energia e fatica, rendendo la possibilità di aumentare di peso un privilegio².

Oggi si può invece notare come questa tendenza sia stata ribaltata. La società odierna si basa infatti su un modello di attività sedentaria, dato dalla forte automazione e meccanizzazione di tutti i processi, e da una progettazione delle città e degli ambienti che prediligono e promuovono l'uso delle automobili, scoraggiando l'uso di biciclette e lo spostamento a piedi³. Il vero obiettivo dell'età contemporanea è quello

di risparmiare sempre tempo e fatica portando insieme a una serie di vantaggi anche lo svantaggio di avere perso l'equilibrio che viveva in passato.

L'idea di dover fare tutto in fretta infatti porta a muoversi con mezzi veloci e automatizzati, e alla tendenza di mangiare, in poco tempo, pasti molto energetici e ricchi di calorie⁴.

L'ambiente quindi influisce sulla predisposizione all'obesità e ciò emerge in Italia anche nelle differenze territoriali tra Nord e Sud, dalle condizioni di salute ai diversi stili di vita. L'eccesso ponderale aumenta al Sud del 40% rispetto al Nord-Ovest⁵.

Nell'Italia centrale invece un altro fattore ambientale che influisce sull'eccesso ponderale è la dimensione del comune di residenza. A parità di fattori quali età, genere e livelli di istruzione ed economico, gli abitanti dei piccoli comuni (fino a 2000 abitanti), sviluppano circa il doppio del rischio di eccesso ponderale, rispetto a chi vive nelle aree metropolitane⁶.

L'aspetto che preoccupa maggiormente nell'ultimo periodo è l'eccesso ponderale e l'obesità tra i bambini che appunto crescono in questo ambiente obesogeno. Molte delle politiche volte a contrastare il diffondersi dell'obesità si concentrano in modo specifico su questa fascia di individui. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha infatti sottolineato come l'obesità in età infantile e adolescenziale porti conseguenze sulla salute futura dell'individuo, il bambino obeso sarà incline all'insorgenza di numerose patologie in età adulta⁷.

1 B. Swinburn, G. Egger, F. Raza, *Dissecting obesogenic environments: the development and application of a framework for identifying and prioritizing environmental intervention for obesity*, 1999, *Journal of Preventive Medicine*, 29: 563-570;

2 D. Haslam, *Obesity: a medical history*, 2007, *Obesity reviews*, 8 (Suppl. 1):31-36

3 P. Vandenbroeck, J. Goossens, M. Clemens, *Foresight-Tackling Obesities:future choices-Building the Obesity System Map*, Government Office for Science, UK,2007

4 B. Caballero, *The global epidemic of obesity: an overview*, *Epidemiologic Review*, 2007, 29:1-5

5 G. Costa, C. Marinacci, A. Caiazzo, T. Spadea, *Individual and contextual determinants of inequalities in health: the Italian case*. *Int J Health Services* 2003

6 L. Gargiulo et al, *Epidemiologia dell'obesità in Italia e alcuni aspetti della qualità della vita*, 8° Rapporto sull'obesità in Italia dell'Istituto Auxologico Italiano, Roma, 2015

7 J.J. Reilly, E. Methven, Z.C. McDowell, et al., *Health consequences of obesity*. *Arch Dis Child* 2003

L'obesità è sempre più considerata come un fenomeno sociale e ambientale piuttosto che come l'effetto di una cattiva condotta personale dell'individuo, viene infatti vista come una naturale risposta umana alle influenze dell'ambiente sopra descritto⁸.

Hill et al. propone una visione per cui nel perseguimento del miglior stile di vita, si sia andati a creare un ambiente e una società che involontariamente promuovono un aumento di peso e del tasso di obesità⁹.

Un altro aspetto che emerge dall'analisi dell'ambiente nel quale il diffondersi dell'obesità ha avuto inizio è la normalizzazione del problema, protratto in modo consistente soprattutto dai mass media. La popolazione si sta in qualche modo abituando all'idea di un aumento progressivo del peso medio, distorcendo la percezione del sovrappeso e dell'obesità e portando a una minimizzazione del problema¹⁰.

L'accettazione del fatto che il peso medio della popolazione stia aumentando porta quest'ultima ad essere meno incline a riconoscere l'aumento ponderale come un problema, portando a una crescita della popolazione obesa, della morbilità e della mortalità conseguenti¹¹.

- 8 C. Patterson, S.Hilton, *Normalisation and stigmatisation of obesity in UK newspapers: a visual content analysis*, 2013, *The Open Obesity Journal*, 5:82-91
- 9 J.O. Hill, V. Catenacci, H.R. Wyatt, *Obesity: overview of an epidemic*. *The Psychiatric Clinics of North America*, 2005; 28 (1):1-23.
- 10 F. Johnson, L. Cooke, H. Croker, J. Wardle, *Changing perceptions of weight in Great Britain: comparison of two population surveys*. *BMJ*, 2008; 337: a494
- 11 S. Jebb, *Obesity: causes and consequences*.

La normalizzazione dell'obesità ha generato una sorta di apatia nei confronti del problema

La normalizzazione dell'obesità ha generato una sorta di apatia nei confronti del problema, che ne permette la diffusione e che non ne fa riconoscere i reali rischi per la salute. Le persone obese e sovrappeso sono sempre più inclini a sottovalutare il proprio peso e quindi anche i rischi che ne conseguono¹².

Un aspetto parallelo è invece la stigmatizzazione dell'obesità che risulta in una discriminazione della persona obesa. Se da una parte la popolazione si sta abituando all'idea dell'aumento progressivo di peso, il modello di bellezza rimane quello della magrezza. Le persone sono infatti giudicate prima di tutto in base alla categoria di IMC.

Le persone affette da obesità sono spesso associate a stereotipi negativi - ingordi, pigri, incapaci di auto-controllarsi - e sono spesso considerati come un gruppo sociale definito¹³, diventando spesso vittime di discriminazione. Ciò comporta problemi psicologici, un aumento della depressione e un peggioramento del disturbo alimentare¹⁴.

-
- Women's Health Med, 2004; 1(1): 38-41.
 - 12 M.A. Burke, F.W. Heiland, C.M. Nadler, *From "overweight" to "about right": evidence of a generational shift in body weight norms*. *Obesity a Research Journal*, 2010; 18(6): 1226-34.
 - 13 .M. Puhl, C.A. Heuer. *The stigma of obesity: a review and update*. *Obesity a Research Journal*, 2009; 17(5): 941-64
 - 14 T.D. Jackson, C.M. Grilo, R.M. Masheb, *Teasing history, onset of obesity, current eating disorder psychopathology, body dissatisfaction, and psychological functioning in binge eating disorder*. *Obesity a Research Journal*, 2012; 8(6): 451-8.



Figura 5: una famiglia guarda la televisione , 1958, Evert F. Baumgardner, National Archives and Records Administration. La sedentarietà è uno dei principali fattori che hanno portato al diffondersi dell'eccesso ponderale nella società moderna.

Full Map
 Clusters
 Core Loop
 Individual Psychology
 Social Psychology
 Individual Activity
 Activity Environment
 Food Consumption
 Food Production
 Individual Physiology
 Physiology

Si può quindi concludere che non vi sia una causa scatenante a cui imputare la colpa dell'inizio del diffondersi dell'obesità, ma che si tratti di un concatenarsi di cause-effetti che caratterizzano l'ambiente e la società contemporanea. Se da un lato il modello di bellezza e benessere fanno pensare che l'ottima forma fisica e il cibo sano siano i modelli perseguiti, la realtà mostra tutta un'altra società, caratterizzata dall'abitudine alla sedentarietà e da un grande consumo di cibo ipercalorico, che si sta progressivamente abituando all'eccesso ponderale.

1.4.1. Obesity System Map

Introdotta nel 2007 dal UK Foresight Programme, l'Obesity System map rappresenta lo schema concettuale maggiormente comprensivo dei diversi fattori che hanno un'influenza sulla determinazione della condizione bariatrica, e le loro interrelazioni (Figura 6).

La mappa mostra il problema in tutta la sua complessità, dimostrando che nonostante la causa più evidente sia quella di un'assunzione scorretta di cibo, questo rappresenta solo una parte dei fattori connessi alla patologia. Vengono connessi tra loro aspetti fisiologici, comportamenti individuali e variabili ambientali che si riferiscono sia alla sfera locale che globale¹⁵.

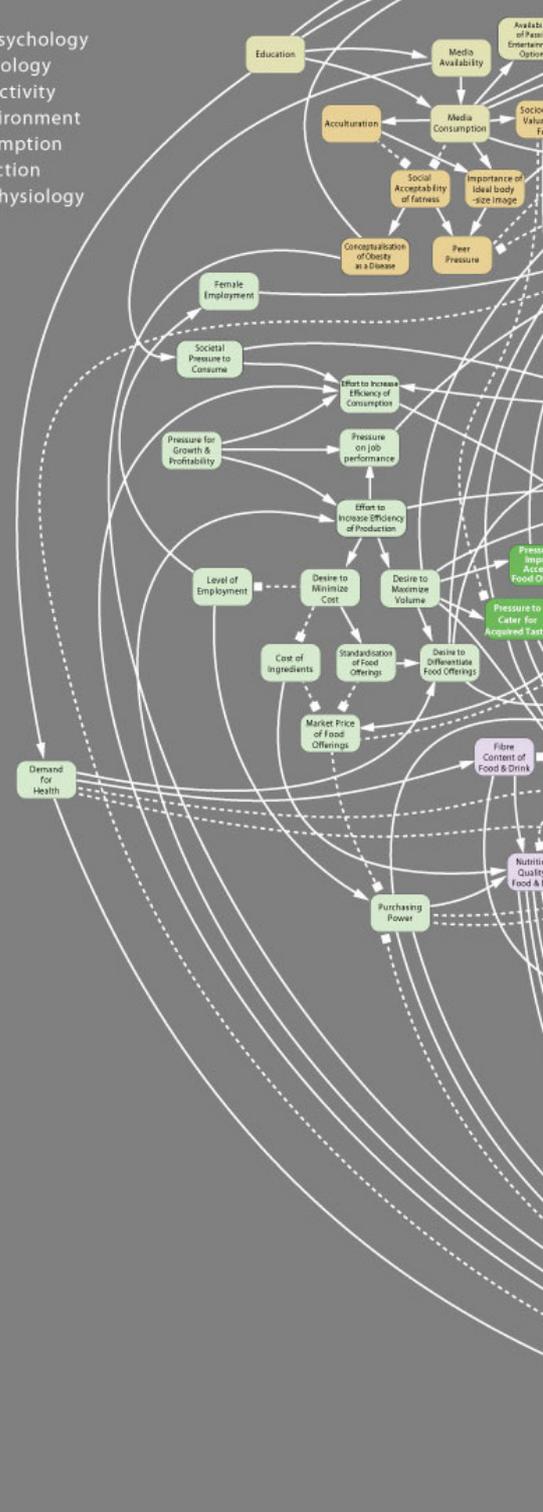
Le variabili considerate nella mappa sono 108, tra le quali alcune possono essere espresse quantitativamente, mentre altre, la cui quantificazione è più complessa, vengono piuttosto assunte come qualitative (è il caso soprattutto della sfera emotiva e psicologica). Le interconnessioni tra le variabili sono rappresentate da più di 300 linee, piene e tratteggiate in base alla positività o negatività dell'influenza. Tutte le variabili hanno una o più connessioni, alcune formano tra loro dei *feedback loop*. Al centro si può trovare quello che viene considerato il motore del sistema, cioè l'insieme di variabili che alimentano il meccanismo di assunzione e dispendio di energia¹⁶.

Gli insiemi in cui sono raggruppate le diverse categorie di variabili vanno dalla sfera psicologica, che indaga sia la psicologia individuale che quella collettiva, l'ambito del cibo, sia

15 B.A. Swinburn, G. Sacks, K.D. Hall, K. McPherson, D.T. Finegood, M.L. Moodie, S.L. Gortmaker, The global obesity pandemic: shaped by global drivers and local environments, *Lancet*, 2011, 378:804-14

16 D.T. Finegood, T.D.N. Merth, H. Rutter, *Implications of the Foresight Obesity System Map for Solutions to Childhood Obesity*, Obesity, 2010, Vol.18 supplement 1:S13-S16

La mappa mostra il problema in tutta la sua complessità e multifattorialità



nella sua fase produttiva che di consumazione; l'ambito dell'attività fisica, ancora una volta non soltanto dal punto di vista solo dell'attività svolta dall'individuo, ma considerando anche le variabili dell'ambiente che può indurre o meno allo svolgimento di attività fisica, per finire con gli aspetti fisiologici¹⁷.

La mappa può essere complessa da comprendere e leggere ma soddisfa il suo principale

17 P. Vandebroek, J. Goossens, M. Clemens, *Foresight-Talking Obesities:future choices-Building the Obesity System Map*, Government Office for Science, UK,2007

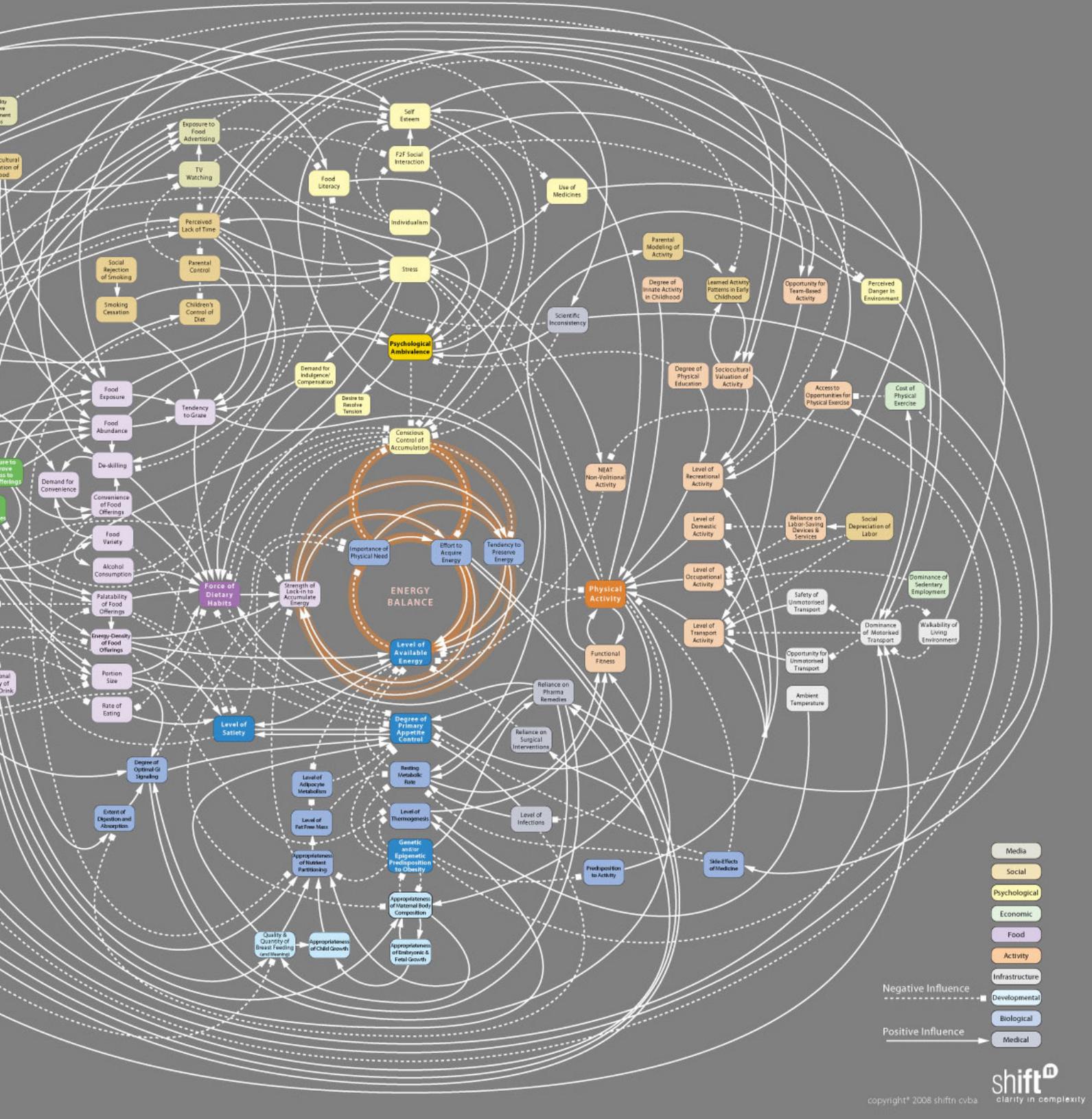


Figura 6: Obesity System Map, Uk Foresight Programme, 2007. Fonte: <http://www.shiftn.com/obesity/Full-Map.html>

obiettivo di trasmettere la portata e la complessità del problema.

Il carattere divulgativo permette di far conoscere il problema sotto un nuovo punto di vista, più completo, dando modo di stimolare discussioni tra i maggiori attori ancora più ampie, permettendo lo sviluppo di politiche integrate e più consapevoli.

Conoscere la multifattorialità del problema

rende illogiche le politiche che mirano a risolverlo attraverso la risposta a un solo fattore, e necessarie azioni più adatte a risolvere un problema complesso¹⁸.

18 S.L. Gortmaker, B.A. Swinburn, D. Levy, et al. *Changing the future of obesity: science, policy, and action*. 2011, Lancet; 378: 838–47.



2.1. GLI EFFETTI FISICI

L'obesità, oltre a essere una patologia di per sé, è associata a diverse malattie croniche come diabete, malattie cardiovascolari, malattie della tiroide e altre disfunzioni dell'organismo dovute principalmente a un suo sovraccarico.

Si parla infatti di comorbidità associate all'obesità, intendendo la coesistenza di più patologie nello stesso individuo indotte direttamente dall'obesità o dai meccanismi che hanno portato alla suddetta condizione. Tra le patologie più frequenti vi sono il diabete mellito di tipo 2¹, le patologie cardio-vascolari e diverse tipologie di tumori, in particolare tumori al pancreas, ai reni, al colon-retto, all'esofago, alla mammella e all'utero². Quella con il diabete mellito di tipo 2 è tuttavia l'associazione più stretta; è stato infatti dimostrato come vi sia una diretta relazione tra i valori di BMI, la circonferenza addominale e il rischio di sviluppare la malattia³.

Spesso si arrivano a sviluppare multicronicità o disabilità, andando verso un peggioramento della qualità della vita. Si può dunque affermare che vi sia un rapporto diretto tra l'indice di massa corporea e la qualità della vita e della salute.

Numerosi studi inoltre evidenziano l'insorgenza di disabilità in età avanzata in pazienti che sono o sono stati obesi⁴. L'associazione tra disabilità

L'obesità è una patologia spesso associata a altre malattie croniche. Si parla infatti di comorbidità.

e obesità è tuttavia stata ritenuta indipendente dalle altre comorbidità associate alla condizione bariatrica; ciò che più influenza l'insorgere di disabilità è proprio l'aumento della percentuale di massa corporea.

Nel momento in cui ci si allontana dalla condizione ideale di normopeso, infatti, lo stato fisico e psicologico peggiorano. Lo stato fisico risulta più colpito, con un peggioramento di 4,8 punti medi, rispetto ai -1,3 punti medi dello stato psicologico (ISTAT, 2014)⁵. Le donne statisticamente patiscono più degli uomini sia dal punto di vista fisico che psicologico.

Gli effetti fisici si riscontrano soprattutto in una riduzione delle capacità motorie poiché l'eccesso di peso ha una forte incidenza soprattutto sul movimento, imponendo al corpo meccaniche anormali e andando ad incidere sull'apparato muscolo-scheletrico che si adatta alla condizione. La forma del corpo è infatti fortemente condizionata dal peso che deve supportare⁶.

Le maggiori conseguenze sul movimento si hanno sulla camminata, che diventa considerevolmente più lenta, caratterizzata da passi più corti e tendenti ad allargarsi verso l'esterno; e l'equilibrio, che a causa dello spostamento del baricentro e del peso da sostenere, diventa precario, aumentando i rischi di caduta⁷.

Nello svolgimento delle attività quotidiane le forze che agiscono al livello della schiena risultano essere anche due/tre volte il peso corporeo⁸, la forza agente sulle anche è dalle due alle

1 P. Daphne, *The Incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis*. 2009, BMC Public Health, 9:88

2 World Cancer Research Fund, American Institute for Cancer Research. *Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective*. Washington DC: AICR, 2007

3 A.T. Murugan, G. Sharma, *Obesity and respiratory disease*, 2008, Chronic Respiratory Disease, 5:233-242

4 F. De Stefano, S. Zambon, L. Giacometti, G. Sergi, M.C. Corti, E. Manzato, L. Busetto, *Obesity, muscular strength, muscle composition and physical performance in an elderly population*, 2015, Journal of Nutrition, Health

and Aging, Vol.19, n7:785-91

5 Istat, *Indagine sulla salute* 2014.

6 A.L. Rodacki, N.E. Fowler, C.L. Provensi, C. Rodacki, V.H. Dezan, *Body mass as a factor in stature change*. 2005, Clinical Biomechanics (Bristol, Avon);20(8):799-805.

7 Z. Pataky, S. Armand, S. Müller-Pinget, A. Golay, L. Allet, *Effects of Obesity on Functional Capacity*, 2014, Obesity, 22:56-62

8 A. Nachemson, *The load on lumbar disks in dif-*

quattro volte il peso corporeo⁹, mentre le forze che gravano sulle ginocchia sono dalle due alle cinque volte il peso corporeo¹⁰. Si può evincere che una riduzione del peso corporeo porta conseguentemente a una esponenziale riduzione della pressione che l'apparato muscolo-scheletrico deve supportare durante le attività più banali. Ciò comporta un immediato sollievo dai dolori causati direttamente dall'eccesso ponderale e in particolar modo dalla condizione di obesità.

Altre conseguenze importanti sull'organismo sono date dalla presenza di un'eccessiva quantità di tessuto adiposo:

- il diaframma addominale viene spesso bloccato in espirazione, causando affanno e un affaticamento più rapido;
- localizzato nella zona addominale, l'individuo presenta una ridotta o mancante motilità e mobilità viscerale;
- i movimenti costali possono risultare bloccati in conseguenza al riassetto posturale dato dalla flessione in avanti del tronco e dalla compressione della gabbia toracica;
- i fluidi corporei tendono a ristagnare (stasi venosa e linfatica), causando il rischio di edema e di alterazione della circolazione sanguigna, a causa di una maggiore pressione endo-addominale verso l'alto rispetto al basso.

2.1.1. Effetti sull'apparato muscolo-scheletrico

Dolori articolari e osteoartriti sono spesso connesse con l'eccesso ponderale, concentrandosi in particolar modo sulle articolazioni delle ginocchia, delle anche, che perdono parte della loro motricità, e sulla colonna vertebrale¹¹.

La spina dorsale presenta infatti una minore flessibilità portando a una maggiore rigidità dorsale, mentre, per quanto riguarda gli arti inferiori, il carico maggiore ricade al livello delle ginocchia, riducendo la forza muscolare degli estensori e dei flessori e portando a un'incidenza maggiore dell'osteoartrite negli individui obesi¹². La riduzione della resistenza, dell'am-

ferent positions of the body. 1966, Clinical Orthopaedics and related research, 45:107-22

9 F. Pauwels, *Biomechanics of the normal and diseased hip. Theoretical foundation, technique and results of treatment: an atlas.* Berlin, Springer-Verlag, 1976

10 P.G.J. Maquet, *Biomechanics of the knee with application to the pathogenesis and the surgical treatment of osteoarthritis.* Berlin, Springer-Verlag, 1976

11 A.J. Hartz, M.E. Fischer, G. Bril, S. Kelber, D. Rupley Jr, B. Oken, A.A. Rimm, *The association of obesity with joint pain and osteoarthritis in the HANES data.* Journal of Chronic Diseases. 1986;39(4):311-9.

12 D. Singh, W. Park, M.S. Levy, *Obesity does not reduce maximum acceptable weights of lift.* Applied Ergo-

nomics, 2009;40(1):1-7.

13 P. Capodaglio, G. Castelnuovo, A. Brunani, L. Vismara, V. Villa, E. M. Capodaglio, *Functional Limitations and Occupational Issues in Obesity: A Review.* 2010, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 16(4):508-523

14 F. De Stefano, S. Zambon, L. Giacometti, G. Sergi, M.C. Corti, E. Manzato, L. Busetto, *Op. cit.*, pp. 789

15 L. Vismara, F. Menegoni, F. Zaina, M. Galli, S. Negrini, P. Capodaglio, *Effect of obesity and low back pain on spinal mobility: a cross sectional study in women.* 2010, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 7:3

piezza del movimento, della forza muscolare, della capacità di mantenere a lungo una postura fissa e della capacità respiratoria contribuiscono alla riduzione della qualità della vita del paziente obeso¹³. Un prolungato sovraccarico durante la vita e un indebolimento delle masse muscolari induce spesso il paziente obeso alla disabilità in età avanzata, che riguarda specialmente gli arti inferiori e la capacità di camminare¹⁴.

Un carico eccessivo sulla colonna vertebrale, dovuto a un alto IMC incide in modo rilevante sulla spina dorsale che è costretta ad assorbire con difficoltà carichi superiori alla norma, creando tensioni eccessive sui muscoli e altre strutture di sostegno al rachide e mettendo pressione sui tessuti molli intorno alle vertebre. Questa tensione può portare alla compromissione strutturale e a danni tissutali e lesioni nervose come ernie discali e sciatalgie. Il rischio di discopatie è maggiore fino al 79% se l'individuo è sovrappeso o obeso, quindi si è maggiormente predisposti all'insorgenza di ernie discali¹⁵.

La mancanza di un'attività fisica minima porta a scarsa flessibilità e all'indebolimento della muscolatura addominale, del rachide, del bacino e delle cosce contribuendo ad una curvatura scorretta della colonna nel tratto lombare con un'inclinazione della pelvi in avanti (Fig.7), risultando in un'iperlordosi, condizione che causa dolore cronico alla zona lombare.

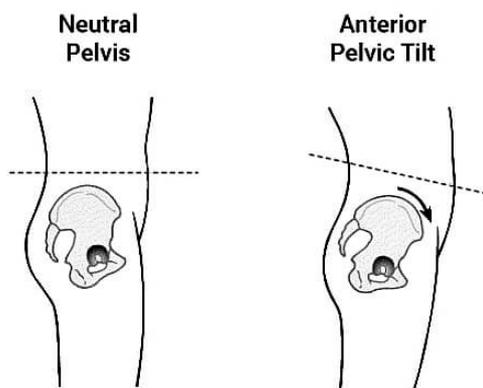


Figura 7: rotazione anteriore della pelvi- causata dallo spostamento del baricentro in avanti, porta ad assumere una postura scorretta e alla conseguente deformazione della colonna vertebrale

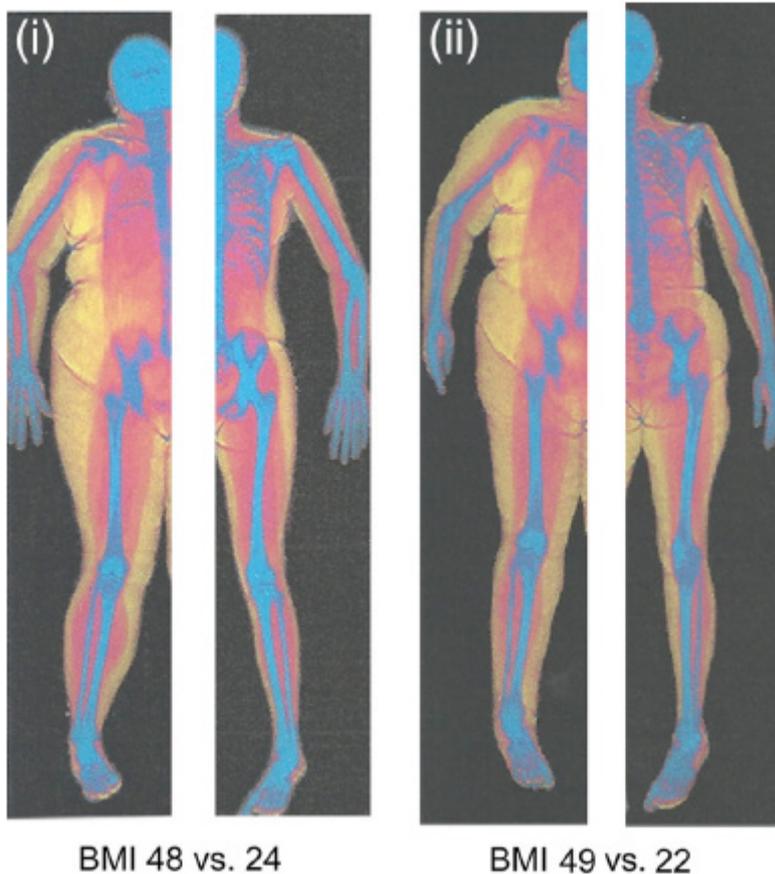


Figura 8: scansioni DEXA (Tomlinson et al, 2016), rappresentanti il confronto tra una donna giovane obesa e una donna giovane normopeso, e una donna anziana obesa e una normopeso. Legenda colori: blu per le ossa, rosso per i tessuti magri, giallo per i tessuti adiposi.

La curvatura scorretta della zona lombare porta conseguentemente ad una curvatura anomala di altre curve della colonna vertebrale come quelle cervicale e toracica¹⁶.

L'eccesso ponderale è ora inserito anche tra le cause della degenerazione dei dischi lombari, in particolar modo negli individui più giovani¹⁷. Questa degenerazione dei dischi viene spiegata grazie alla recente teoria per cui l'obesità costituisca un disturbo infiammatorio¹⁸, teoria che spiegherebbe anche il maggiore rischio di sviluppare il diabete e altre patologie croniche.

A causa dell'impatto del peso eccessivo sulle articolazioni degli arti inferiori, l'andatura del paziente obeso è caratterizzata da una ridu-

16 A.L. Rodacki, N.E. Fowler, C.L. Provensi, C. Rodacki, V.H. Dezan, *Body mass as a factor in stature change*. *Clinical Biomechanics* (Bristol, Avon). 2005;20(8):799–805.

17 M. Liuke, S. Solovieva, A. Lamminen, K. Luoma, P. Leino-Arjas, R. Luukkonen, H. Riihimäki, *Disc degeneration of the lumbar spine in relation to overweight*, *International Journal of Obesity*, 2005, 29:903-908

18 U.N. Das, *Is obesity an inflammatory condition?*, *Nutrition* 2001;17: 953–966.

zione della lunghezza e della frequenza del passo, e da maggiori fasi statiche. Inoltre il passo viene adattato in modo da ridurre il carico a livello delle ginocchia ed il dispendio metabolico dell'andatura¹⁹. Spesso a questi sintomi si associano altre deformità come il valgismo del ginocchio, la rotazione verso l'interno dell'articolazione dell'anca e i piedi piatti; inoltre i piedi si aprono verso l'esterno per aumentare la stabilità, in posizione eretta, mentre in posizione seduta la divaricazione delle gambe permette di facilitare la flessione del tronco e alleviare il carico sulla pelvi²⁰. Il carico eccessivo sul sistema muscolo-scheletrico porta l'individuo obeso ad avere in generale una minore tolleranza nel mantenere una posizione fissa.

Le donne mostrano una prevalenza dei problemi legati alle articolazioni dell'anca e del ginocchio, dovuti alla peculiare distribuzione ginoide del tessuto adiposo.

La forza muscolare risulta ridotta del 6-10% nei soggetti obesi, che sono molto più deboli degli individui normopeso²¹. La riduzione della forza muscolare deriva da una funzione ridotta dei muscoli, da un metabolismo anormale e quindi da una minore capacità ossidativa delle fibre muscolari, e un minore svolgimento di attività fisica²².

Dagli studi sull'incidenza dell'obesità sulla forza muscolare si evince che la forza assoluta risulta spesso maggiore nei pazienti obesi che in quelli non-obesi, ma che una volta che la si rapporta al peso corporeo, la forza relativa sia molto più bassa²³. L'obesità non sembra tanto

19 D. Malatesta, L. Vismara, F. Menegoni, M. Galli, M. Romei, P. Capodaglio. *Mechanical external work and recovery at preferred walking speed in obese subjects*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2009;41(2):426–434.

20 N. Teasdale, O. Hue, J. Marcotte, F. Berrigan, M. Simoneau, J. Doré. *Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men*. *International Journal of Obesity* (London). 2007;31(1):153–60.

21 P.T. Katzmarzyk, I. Janssen, C.I. Ardern, *Physical inactivity, excess adiposity and premature mortality*. *Obesity Review*. 2003; 4(4):257–90.

22 C.L. Lafortuna, N.A. Maffiuletti, F. Agosti, A. Sartorio, *Gender variations of body composition, muscle strength and power output in morbid obesity*. *International Journal of Obesity* (London). 2005;29(7):833–41.

23 N.A. Maffiuletti, S. Ratel, A. Sartorio, V. Martin, *The impact of obesity on In vivo Human Skeletal muscle*

agire in modo negativo sulla capacità intrinseca del muscolo di contrarsi, ma l'eccesso di massa grassa e l'effetto di un'alterata coordinazione motoria possono essere considerate tra le maggiori cause delle ridotte capacità motorie del paziente obeso, specialmente per quanto riguarda attività che implicano il supporto del peso corporeo e la sua mobilitazione.

L'obesità, associata alla riduzione della forza muscolare, aumenta il rischio di insorgenza di disabilità e di affaticamento precoce, inoltre si riduce la capacità dei muscoli e delle ossa di assorbire gli urti e, come già accennato, aumenta il rischio di sviluppare osteoartriti, soprattutto a livello dell'articolazione del ginocchio²⁴.

L'eccesso di massa corporea ha degli effetti negativi anche sul dispendio energetico durante il movimento e sulla risposta cardiovascolare. I soggetti obesi mostrano infatti un consumo basso di ossigeno in rapporto alla loro massa e rischiano di cambiare un esercizio aerobico in anaerobico. L'azione stessa di respirare, nel paziente bariatrico, può essere compromessa dalla pressione esercitata dal tessuto adiposo

sul diaframma, e dal conseguente malfunzionamento dei polmoni. Allo stesso modo volumi più importanti di sangue nella circolazione affaticano il cuore, il cui ventricolo sinistro va in ipertrofia compromettendone la corretta funzione e la sua conformità diastolica²⁵.

Nella parte alta del corpo le articolazioni delle spalle si adattano ai cambiamenti posturali della colonna vertebrale e all'eccesso di tessuto adiposo spostandosi verso l'alto e portando quindi ad assumere una posizione scorretta, che va ad incidere sul corretto svolgimento delle mansioni più semplici (Fig.8).

Si può quindi affermare che il corpo umano reagisce all'eccesso ponderale cambiando i suoi normali equilibri e andando a incidere sul suo corretto funzionamento. Non è soltanto il carico maggiore che grava sulle articolazioni e sull'apparato scheletrico a rallentare i movimenti o renderli impossibili, ma anche una tendenza delle articolazioni e delle ossa a modificarsi in modo da adattarsi e permettere all'individuo di trovare un nuovo equilibrio.

function, *Current Obesity Reports*, 2013; 2(3):251-260.
 24 N. Duvinéaud, L. Matton, K. Wijndaele, P. Derie-maeker, J. Lefevre, R. Philippaerts, *Relationship of obesity with physical activity, aerobic fitness and muscle strength in Flemish adults*. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2008;48(2):201-10.

25 P. Capodaglio, G. Castelnuovo, A. Brunani, L. Vismara, V. Villa, E. M. Capodaglio, *Functional Limitations and Occupational Issues in Obesity: A Review*, 2010, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 16(4):508-523

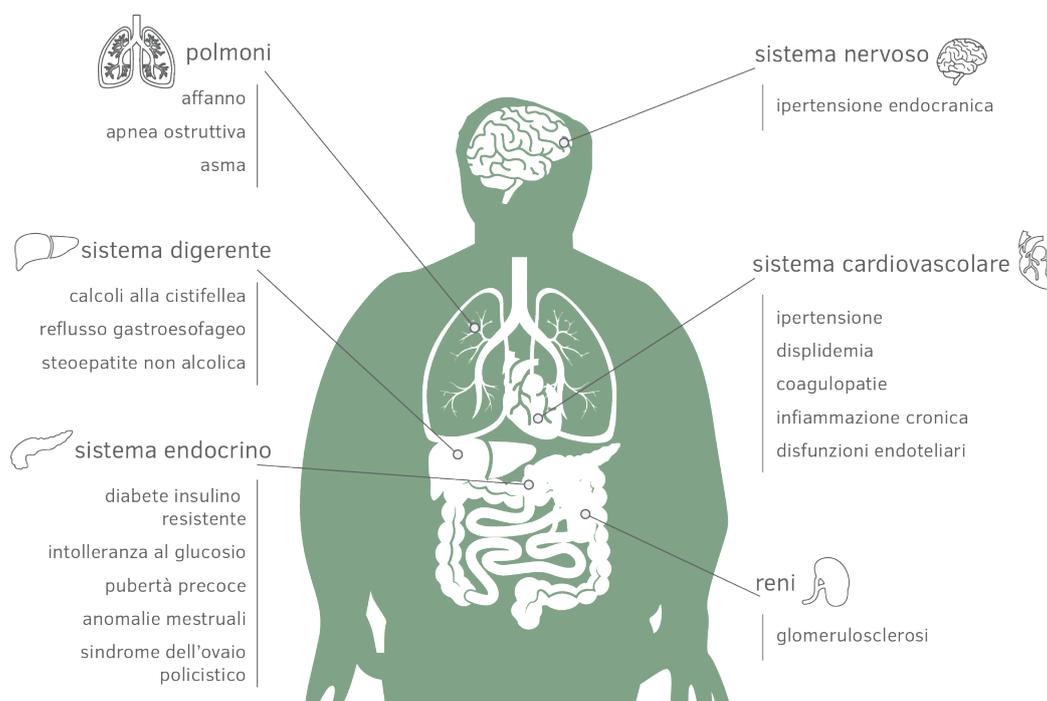


Figura 9: complicanze dell'obesità su alcuni dei principali sistemi dell'organismo. Rielaborazione da C.B. Ebbeling, D.B. Pawlak, D.S. Ludwig, *Childhood obesity: public health crisis, common sense cure*. *Lancet*, 2002, 360:473-482

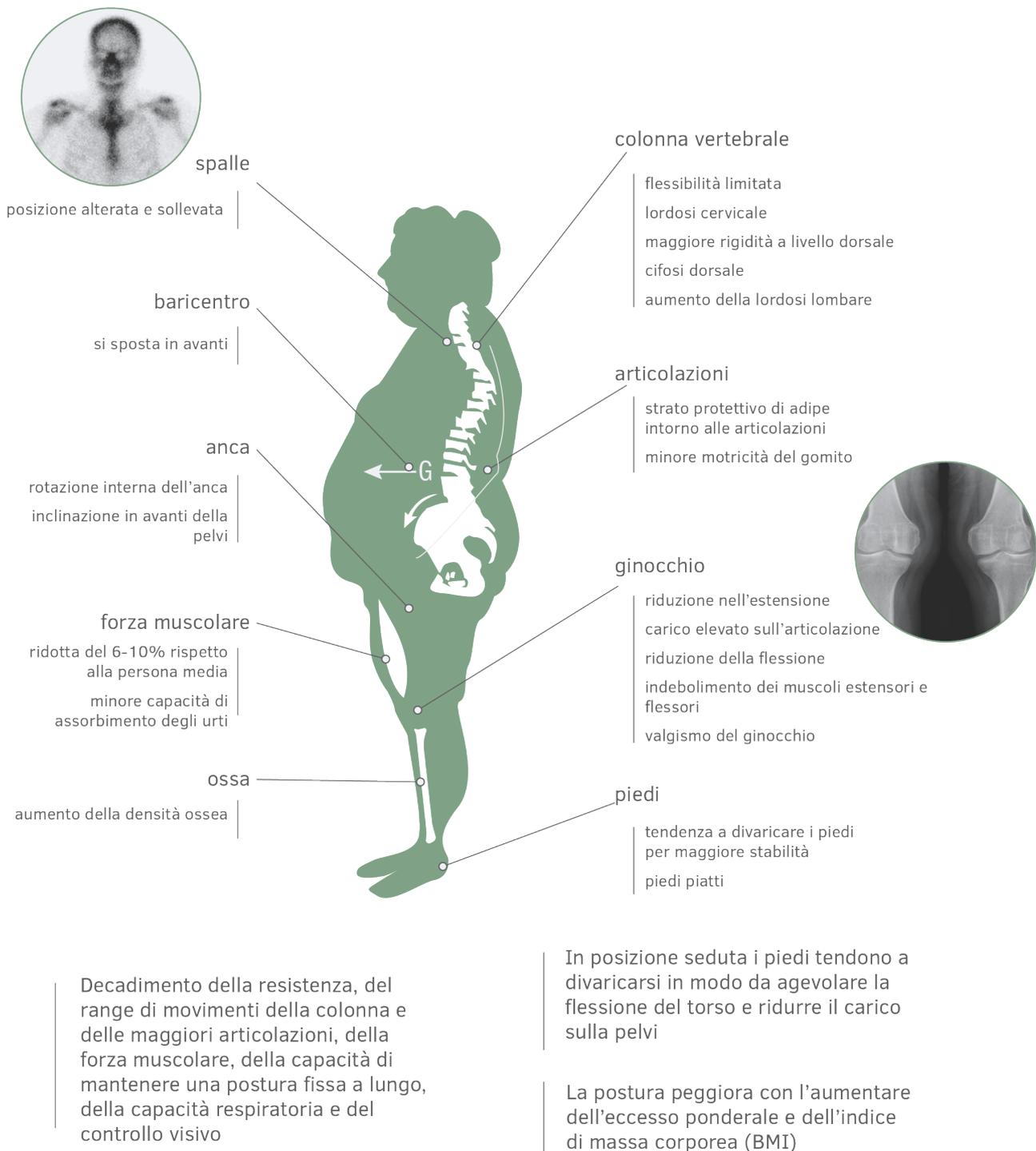


Figura 10: riepilogo degli effetti fisici sull'apparato muscolo-scheletrico della condizione bariatrica. Elaborazione propria.

2.2. GLI EFFETTI PSICOLOGICI

I danni che l'obesità arreca all'individuo non sono esclusivamente fisici, ma sono molte le conseguenze psicologiche. Una delle correlazioni, che sta emergendo da recenti studi, è quella con la depressione. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, infatti, vi sarebbe una connessione tra le patologie (OMS, 2006).

La depressione può essere considerata sia causa che effetto dell'obesità. Sia la maggiore assunzione di cibo che la riduzione dell'attività fisica possono essere considerati tra i sintomi di questa patologia ed essere causa di un aumento di peso. Allo stesso modo, l'immagine corporea negativa che ne consegue e la stigmatizzazione dell'individuo obeso possono portare ad un abbassamento dell'autostima e ad alti livelli di afflizione¹.

Tuttavia questa associazione non è stata provata, nonostante siano molti i casi di concomitanza tra le due condizioni, soprattutto tra le donne².

Dal 20 al 60% degli individui patologicamente obesi mostrano una tendenza maggiore rispetto ad altre classi di individui, nello sviluppo di condizioni quali depressione e ansia³.

Gli individui obesi sono spesso vittime della stigmatizzazione dell'obesità, che li porta a dover far fronte a diverse forme di discriminazione (sul lavoro, in luoghi pubblici) e a pregiudizi che inficiano la facilità di socializzare e

di avere una parte attiva nell'ambito lavorativo e sociale. Vengono infatti spesso considerati come persone prive di auto-controllo, pigre, non adatte al lavoro.

Nonostante il pregiudizio nei confronti delle persone in eccesso ponderale sia aumentato, è aumentata anche l'attenzione che viene posta sull'argomento. Si è creata una maggiore coscienza di quelli che sono i rischi e le conseguenze dell'obesità, sia dal punto di vista socio-economico che dal punto di vista psico-fisico e sanitario⁴.

Le critiche mosse a questa categoria di individui riguardano soprattutto il peso, e non tanto l'indice di massa corporea, indice ora principalmente considerato per la definizione del grado di obesità.

Studi, condotti principalmente negli Stati Uniti, hanno mostrato come le persone in sovrappeso e obese siano vittime di pregiudizi e commenti negativi su più fronti sociali, tra i quali si possono trovare la sfera familiare, l'assistenza sanitaria, i colleghi di lavoro e infine persone incontrate casualmente per strada⁵. Gli individui intervistati, descrivono esperienze simili in cui l'essere obeso o sovrappeso provoca commenti e trattamenti scortesi e al limite della discriminazione, soprattutto sul posto di lavoro⁶. Con l'aumento del grado di obesità aumenta anche la gravità degli stereotipi, ma l'obesità non risulta essere la condizione necessaria per indurre le

La depressione può essere considerata sia tra le cause che tra gli effetti dell'obesità

1 C.E. Ross, *Overweight and depression*. 1994, Journal of Health and Social Behaviour, 35:63-79.

2 L. de Wit, F. Luppino, A. van Straten, B. Pennix, F. Zitman, P. Cuijpers, *Depression and obesity: a meta-analysis of community-based studies*, 2010, Psychiatry Research, 178:230-235.

3 K.M. Flegal, B.I. Graubard, D.F. Williamson, M.H. Gail, *Excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity*. JAMA. 2005; 293(15):1861-7.

4 P. Capodaglio, G. Castelnuovo, A. Brunani, L. Vismara, V. Villa, E. M. Capodaglio, *Functional Limitations and Occupational Issues in Obesity: A Review*, 2010, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 16(4):508-523

5 L.A. Baur, *Changing perceptions of obesity-recollections of a paediatrician*, The art of medicine, 2011, The Lancet, Vol.378:762-763

6 R.M. Puhl, K.D. Brownell, *Confronting and coping with weight stigma: an investigation of overweight and obese adults*, Obesity, 2006, Vol.14, 10:1803-1815

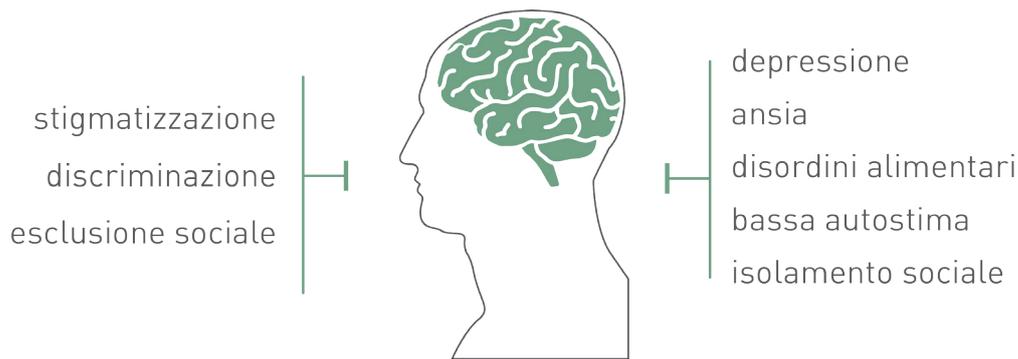


Figura 11: riepilogo degli effetti fisici della condizione bariatrica. Elaborazione propria

critiche.

Gli atteggiamenti negativi nei riguardi delle persone affette da obesità si tramutano in atteggiamenti di negazione del problema da parte dell'individuo obeso, di ricerca di approvazione e aiuto esterni e spesso in atteggiamenti auto-consolatori che prevedono la consumazione ulteriore di cibo. Questa ultima opzione risulta più frequente tra le donne⁷.

Le ripercussioni sulla psicologia riguardano soprattutto la sfera dell'autostima, che in molti casi risente dei forti giudizi negativi.

Come precedentemente accennato, i fattori di rischio che possono aumentare la vulnerabilità alla depressione tra gli individui obesi non sono stati chiaramente stabiliti. Tuttavia, è stato ipotizzato che la stigmatizzazione del peso possa essere considerata tra i fattori coinvolti, e che la derisione e il pregiudizio basati sul peso possano essere parte della relazione tra obesità e depressione.

Il recente aumento di attenzione nei confronti delle conseguenze del pregiudizio sul peso, ha portato a studi che ricercano possibili connessioni tra le esperienze di stigmatizzazione e conseguenti effetti psicologici e comportamenti più salutari. Alcuni studi tendono tuttavia a connettere gli episodi di discriminazione e scherno con comportamenti poco salutari ma consolatori e come fattori che contribuiscono ad alti livelli di angoscia⁸.

Friedman et al. (2005) sostiene che con l'aumento degli episodi di disapprovazione aumenti anche l'associazione con la depressione, su individui senza distinzioni di sesso, età o grado

7 R.M. Puhl, C.A. Moss-Racusin, M.B. Schwartz, *Internalization of weight bias: implications for binge eating and emotional wellbeing*. 2007, *Obesity*; 15:19–23.

8 R.M. Puhl, C.A. Heuer, *The stigma of obesity: a review and update*, *Obesity*, 2009, 17:941–964

di obesità e di IMC⁹.

Inoltre si è notato come persone con una storia di obesità e di discriminazione basata sull'apparenza fisica durante l'infanzia siano maggiormente affette da depressione, soprattutto tra pazienti donne affette da disturbo dell'alimentazione incontrollata (binge-eating disorder) e tra i pazienti affetti da bulimia nervosa¹⁰.

Un'altra causa comune che può avvicinare il paziente bariatrico alla depressione sono le barriere ambientali, come sedie troppo strette o attrezzature sanitarie non adatte alla cura di persone più pesanti, aggravate dal confronto verbale che spesso si tramuta in giudizio negativo¹¹.

Si può dunque concludere affermando che non vi sia ancora la certezza di un collegamento diretto dell'obesità con disturbi psicologici quali depressione e mancanza di autostima, e che il fatto di essere sovrappeso o obeso di per sé non costituisca un fattore di angoscia o stress emotivo. Ciò che invece porta ad effetti psicologici negativi è la percezione che la società odierna ha della persona sovrappeso o obesa.

9 K.E. Friedman, S.K. Reichmann, P.R. Costanzo et al. *Weight stigmatization and ideological beliefs: relation to psychological functioning in obese adults*. *Obesity Research*, 2005; 13:907–916.

10 T.D. Jackson, C.M. Grilo, R.M. Masheb, *Teasing history and eating disorder features: an age and body mass index-matched comparison of bulimia nervosa and binge-eating disorder*. *Comprehensive Psychiatry*, 2002; 43:108–113.

11 K.E. Friedman, J.A. Ashmore, K.L. Applegate, *Recent experiences of weight-based stigmatization in a weight loss surgery population: psychological and behavioral correlates*. *Obesity (Silver Spring)* 2008; 16(Suppl 2):S69–S74.

2.3. LA RIABILITAZIONE ALL'ATTIVITÀ FISICA

La riabilitazione dei pazienti bariatrici all'attività fisica deve essere un processo di cura globale che abbia per obiettivo quello di ridare al paziente fiducia in sé stesso, di ridurre le situazioni di disabilità e aiutare l'acquisizione di competenze per ripristinare le abilità fisiche¹.

Poiché l'obesità è una patologia multifattoriale, anche l'approccio alla cura e alla riabilitazione del paziente deve considerare diversi ambiti, offrendo al paziente una terapia multidisciplinare portata avanti in cooperazione con il paziente stesso.

La riabilitazione deve essere volta principalmente a un miglioramento della vita del paziente e all'acquisizione di buone pratiche che siano durature e ne cambino lo stile di vita. Sono dunque importanti un cambiamento nella dieta e un adattamento all'attività fisica giornaliera e in generale a uno stile di vita più attivo e sano.

Il carico di lavoro fisico deve essere tarato sulle possibilità e capacità del paziente, tenendo conto della possibile evoluzione in modo da garantire una buona adesione al programma di dimagrimento che duri sul lungo periodo². L'équipe medica adibita alla cura e riabilitazione del paziente obeso deve porre al centro le esigenze e gli eventuali problemi del paziente in modo da costruire la terapia rinforzandone l'efficacia e ridando fiducia in sé al paziente.

Deve essere presa in considerazione la globalità dei fattori che interagiscono nella forma-

zione della malattia come l'ambiente e il suo impatto, le convinzioni e le credenze pregresse, e infine la percezione di sé, modellata anche dalla percezione negativa degli altri³.

La riabilitazione deve quindi aiutare il paziente a recuperare sia le capacità motorie, che la fiducia in sé e la capacità di reintegrarsi nella società.

Nel trattamento dell'obesità i quattro approcci necessari sono:

- biomedico per capire la malattia e le sue complicazioni;
- un'educazione alimentare e una riabilitazione nutrizionale per prevenire comportamenti e disturbi alimentari;
- un'educazione all'attività fisica e una riabilitazione allo sforzo muscolare attraverso programmi individuali o collettivi e graduali;
- psicologico, analitico o una terapia cognitivo-comportamentale, e un'analisi degli aspetti sociali.



Figura 12: carattere multidisciplinare della cura dell'obesità. Elaborazione propria.

1 M. Souchet, *Obésité, réadaptation à l'activité physique et ergothérapie : mesure de l'impact d'une prise en soins ergothérapeutiques sur la "functional mobility" de patients obèses adultes, hospitalisés au sein d'un service de Soins de Suite et Réadaptation bariatrique*, 2016, Institut Universitaire de formation en ergothérapie, Université d'Auvergne.

2 S. Ghroubi, H. Elleuch, T. Chikh, N. Kaffel, M. Abid, M.H. Elleuch, *Physical training combined with dietary measures in the treatment of adult obesity. A comparison of two protocols*. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2009;52:394-413.

3 O. Ziegler, E. Bertin, B. Jouret, R. Calvar, F. Sanguignol, A. Avignon, et al. *Éducation thérapeutique et parcours de soins de la personne obèse*. *Obésité*, 2014, 9:302-28.



Figura 13: palestra per donne, fonte: Old Visuals/Everett Collection

Il riavvicinamento all'attività fisica e la tipologia di allenamento da prescrivere al paziente necessitano di un'accurata analisi morfologica, sia sul piano statico che dinamico in modo da permettere la rilevazione di problemi di postura e eventuali limitazioni funzionali di mobilità. Il bilancio sulla mobilità articolare e sulla forza muscolare sono più complessi da calcolare e gestire poiché il recupero dei dati attraverso gli strumenti tradizionali risulta difficoltoso a causa dello strato di tessuto adiposo⁴.

Si rende quindi necessaria una valutazione isocinetica funzionale. Questa valutazione permette anche di capire quale sia il livello basale dell'attività fisica, che costituisce la base per la programmazione dell'allenamento.

Per il paziente obeso auto-sufficiente e sedentario, si devono promuovere abitudini che rendano la vita più attiva e ricca di attività fisica, tenendo sempre conto dei possibili limiti fisici che può presentare.

L'obiettivo principale della prima fase di recupero dell'attività motoria non è quello di aumentare il volume della massa muscolare, ma piuttosto di aumentare il lavoro metabolico a riposo e preservare la massa magra durante il

4 M.A. Ghanem, N.A. Kazim, A.H. Elgazzar, *Impact of Obesity on Nuclear Medicine Imaging*, 2011, *Journal of Nuclear Medicine Technology*, Vol. 39, No. 1:40-50

processo di dimagrimento⁵.

Allenamenti che permettano di non sovraccaricare le articolazioni e allo stesso tempo di coinvolgere i grandi gruppi muscolari, sono da prediligere rispetto ad allenamenti più invasivi sul corpo come la corsa⁶.

Anche se la perdita di peso in principio non è sostanziale, il lavoro aerobico favorisce l'ossidazione dei lipidi⁷ e riduce sul lungo termine il condizionamento alimentare aiutando a regolarizzare la dieta.

L'attività fisica migliora la sfera emotiva andando ad aumentare la sensazione di benessere, il senso di autostima e sentimenti di realizzazione e auto-efficacia. Inoltre una pratica regolare permette di ridurre la comorbidità dell'obesità, quindi il rischio di incorrere in ulteriori patologie.

5 C. Álvarez, R. Ramírez Campillo, *Effects of a low intensity strength training program on overweight/obese and premenopausal/menopausal women*, 2013, *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*, Vol.15:427-436

6 V. Attalin, A.J. Romain, A. Avignon, *Physical activity prescription for obesity management in primary care: Attitudes and practices of GPs in a southern French city*. *Diabetes & Metabolism*, 2012,38:243-9

7 J. Gunstad, F. Luyster, J. Hughes, D. Waechter, J. Rosneck, R. Josephson, *The Effects of Obesity on Functional Work Capacity and Quality of Life in Phase II Cardiac Rehabilitation*, *Preventive Cardiology*, 2007,10:64-7.

2.3.1. La percezione dello sforzo

La percezione dello sforzo è soggettiva ed è formata, oltre che dallo sforzo fisico, dal senso di costrizione, di disagio e di fatica, che si provano durante l'esecuzione di un esercizio.

La percezione dello sforzo può essere calcolata attraverso la scala di Borg *Rating scale of Perceived Exertion* (RPE) (Fig. 14) e può essere utilizzata per quantificare la percezione dello sforzo in seguito a una prova fisica, nell'ambito di un programma di allenamento del paziente.

L'allenamento non deve essere estenuante ma deve costituire le basi per lo sviluppo futuro di una routine più attiva.

Tra le attività maggiormente indicate per la riabilitazione dei pazienti obesi vi è infatti la camminata, svolta tutti i giorni durante tre mesi, per 45 minuti, a una frequenza cardiaca del 60% di quella massima (FCmax). Questa, nonostante non sia un'attività vigorosa, aiuta a ricreare un tono muscolare sufficiente alla ripresa di un'attività sportiva più intensa.

Le modalità di esercizio per il paziente bariatrico dovranno quindi includere:

- la sollecitazione di un largo numero di gruppi muscolari,
- sessioni di esercizio brevi in principio e poi, a seconda della terapia concordata, di 45 minuti/un'ora per 5/7 sedute a settimana⁸,
- il sistema cardio-vascolare deve gradualmente riabituarsi a funzionare in resistenza sotto sforzo⁹.

2.3.2. Accorgimenti per la condizione bariatrica

L'organizzazione dell'allenamento per l'utente obeso deve considerare alcuni importanti fattori dovuti alla condizione, che rendano l'allenamento meno gravoso dal punto di vista fisico e psicologico e, per quanto riguarda l'attrezzatura, che lo rendano fattibile.

L'individuo obeso non è di per sé incline allo svolgimento di attività fisica e potrebbe presentare difficoltà psicologiche, come forte sensazione di disagio e inadeguatezza, e limiti fisi-

8 P.A. Ades, P.D. Savage, J. Harvey-Berino, *The Treatment of Obesity in Cardiac Rehabilitation*. Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention. 2010,30:289-98.

9 C. Ciangura, P. Faucher, J.M. Oppert, *Activité physique, nutrition et obésité*. Nutrition Clinique et Métabolisme, 2014, 28:279-86.

Rating of perceived exertion (Cardiovascular Endurance).

10	This is uncomfortable and not sustainable.
9	You are almost at your absolute limit, breathing is difficult.
8	Talking is no longer possible, this isn't a pace you can maintain for long.
7	Talking is still possible, but not easy. You are sweating a lot.
6	You are slightly breathless, noticeably sweating now but still able to speak.
5	Starting to feel slightly less comfortable, sweating more but still able to speak.
4	You have started to sweat, but still feel comfortable.
3	You are still comfortable, but your breathing is a little more intense.
2	You are comfortable, moving at a pace you can maintain without difficulty.
1	No exertion, you are probably at rest.

Figura 14: scala di Borg per il calcolo dello sforzo percepito in seguito allo svolgimento di un esercizio

ci importanti come problemi e dolori articolari, difficoltà respiratorie e sensazione di fatica. Nell'organizzazione del piano di allenamento è fondamentale quindi assicurarsi che le condizioni siano favorevoli, andando ad evitare situazioni di disagio o malessere che possano compromettere la sessione e inficiare sulla volontà dell'utente di continuarle.

Questi accorgimenti possono essere brevemente riassunti nel seguente elenco¹⁰:

- la loro stanza potrebbe impedire loro di eseguire alcuni esercizi, soprattutto nel momento in cui si usano macchine che hanno uno specifico spazio in cui l'utente deve inserirsi;
- se si usano dei macchinari si deve essere coscienti del peso che la macchina può supportare;
- alcuni esercizi potrebbero creare imbarazzo dovuto all'oscillazione e movimento delle parti molli del corpo;
- non esagerare con l'intensità del lavoro fisico, l'individuo obeso potrebbe presentare problemi a livello articolare e respiratorio

10 <https://www.theptdc.com/2014/12/8-things-to-consider-when-training-obese-clients/>

- e necessita di una continua supervisione e monitoraggio medico;
- considerare le difficoltà nell'alzarsi dal pavimento, evitare esercizi che richiedano un sollevarsi e abbassarsi a terra continuo e ripetuto, gli esercizi se sono fatti a terra devono essere organizzati in circuiti per cui l'obeso non deve alzarsi ogni momento;
 - essere consapevoli dell'impatto dell'attività fisica sul corpo dell'utente, soprattutto a livello articolare (sovraccarico di ginocchia e anche) e spinale (dolori alla schiena);
 - avere a disposizione alimenti ricchi di zuccheri nel caso di scompensi glicemici, non rari in individui obesi e affetti dal diabete di tipo II;
 - continuo incoraggiamento, necessario per spronare persone che non sono di base inclini all'attività fisica, in questo caso un continuo feedback sui progressi dell'esercizio svolto verso l'obiettivo da raggiungere può rappresentare un importante fattore di successo.

A causa soprattutto dei problemi articolari che l'individuo obeso può presentare è consigliato un allenamento volto allo sviluppo della resistenza muscolare più che a quello della forza fisica, in modo da evitare un sovraccarico sull'organismo¹¹.

11 M.C. Devries, I.A. Samjoo, M.J. Hamadeh, C. McCready, S. Raha, M.J. Watt, G.R. Steinberg, M.A. Tarnopol-

Sono infatti consigliati allenamenti a circuito caratterizzati da esercizi veloci e poco complessi¹².

Recentemente alcuni allenamenti svolti in posizione seduta sono stati proposti come alternativa per individui che presentano difficoltà nello svolgere gli esercizi in modo tradizionale.

La posizione seduta permette di distribuire il peso in modo da non sovraccaricare le articolazioni di anche e ginocchia e di svolgere esercizi che coinvolgano in modo alternato i muscoli della parte superiore e inferiore del corpo.

Questa modalità di esercizio si adatta a tutte le tipologie di paziente bariatrico, senza distinzioni di età e condizioni fisiche e può essere inserita all'inizio di un percorso di recupero della mobilità, permettendo in seguito di eseguire esercizi più complessi e da una posizione eretta.

sky, *Endurance Training Modulates Intramyocellular Lipid Compartmentalization and Morphology in Skeletal Muscle of Lean and Obese Women*, 2013, *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 98(12):4852–4862

12 A. Balachandran, S.N. Krawczyk, M. Potiaumpai, J.F. Signorile, *High-speed circuit training vs hypertrophy training to improve physical function in sarcopenic obese adults: A randomized controlled trial*, 2014, *Experimental Gerontology* 60:64–71

2.4. DESIGN PER L'OBESITÀ

L'aumento della popolazione in eccesso ponderale ha portato a un adattamento della progettazione degli oggetti quotidiani, con un'attenzione maggiore agli elementi di arredo sia in ambito domestico che, e soprattutto, in ambito sanitario.

Il design bariatrico è caratterizzato da una particolare attenzione all'utente, alle sue esigenze fisiche e a quelle psicologiche.

Uno dei concetti fondamentali è infatti quello del rispetto della dignità dell'individuo obeso, che spesso si trova a dover far fronte ad episodi di discriminazione dovuti alla stigmatizzazione della malattia (vedi paragrafo 2.2).

Il progetto ideale deve quindi combinare la capacità di supportare il peso dell'utente, dimensioni appropriate e un'estetica che si fonda il più possibile con l'ambiente circostante, in modo da evitare ulteriore visibilità e situazioni di imbarazzo e frustrazione¹.

La maggior parte degli esempi di design bariatrico proviene dagli Stati Uniti, paese in cui il numero di persone in eccesso ponderale cresce di anno in anno, e si rende necessario un adattamento delle strutture sanitarie.

È infatti nell'ambito sanitario che si riscontrano i maggiori problemi di adattabilità delle strutture esistenti alla nuova situazione sociale.

Le difficoltà concernono tutte le fasi del percorso sanitario, dalla permanenza in sala d'attesa, spesso dotata soltanto di sedie standard non abbastanza larghe o rigide per accogliere il paziente bariatrico, al ricovero su letti non adatti, fino alla mobilitazione e il trattamento dei pazienti gravemente obesi, operazioni che possono diventare rischiose per gli operatori se non adeguatamente supportati².



Figura 15: Imbragatura Basic High Bariatrica, Guldman

I maggiori campi di sviluppo riguardano infatti le attrezzature, come sedie e letti, e le strutture per lo spostamento e la mobilitazione in sicurezza del paziente all'interno degli spazi sanitari (Figura 15).

Considerati gli spazi attuali, progettati secondo misure standard, non è sufficiente modificare le dimensioni dell'attrezzatura, ma è necessario ripensare l'intero procedimento di trattamento per garantire anche la sicurezza del paziente e degli operatori sanitari coinvolti. Gli spazi allo stesso modo devono poter essere adattati a nuove attrezzature e devono poter ospitare

¹ H.Kim, *Universal Design: Meeting the needs of the Bariatric Population*, Cornell University, 2009

² Ergonomics and the bariatric patient. <https://ergoweb.com/ergonomics-and-the-bariatric-patient/>

agevolmente sia il paziente che gli operatori³.

2.4.1. Focus: la sedia bariatrica

La sedia bariatrica è principalmente caratterizzata da una seduta più ampia, di solito di 70-80 cm di larghezza (generalmente la sedia standard ha una larghezza di 40-50 cm), e dalla capacità di supportare un peso maggiore di 140 kg⁴.

La capacità di peso che deve avere una sedia bariatrica, specialmente nel contesto di un centro medico, deve essere di almeno 340 kg per sostenere pesi sempre maggiori, che vanno ben al di là dei 100 kg.

Poiché si progetta per un'utenza con diverse difficoltà motorie vi sono alcuni accorgimenti che si possono incorporare nella sedia bariatrica.

Tra questi vi è la necessità di inserire un sedile piano (*shallow seat*), che permetta di non spro-

fondare nella seduta, rendendo più semplice l'azione di rialzarsi per l'utente.

I braccioli devono invece essere abbastanza rigidi da poter supportare il peso dell'utente nell'appoggiarsi e devono essere posti, possibilmente, a una distanza tale da permettere all'individuo di usufruire della seduta⁵.

Un aspetto importante è la gradevolezza della seduta che deve presentarsi come comoda sia dal punto di vista fisico che psicologico e consentire il mantenimento della dignità personale del paziente.

Questo concetto è particolarmente importante nel design bariatrico, poiché è proprio attraverso la progettazione di prodotti e servizi che si vuole agire verso un miglioramento della qualità della vita, incoraggiando l'utente a una maggiore indipendenza e facilità nei movimenti.

Attraverso la progettazione di prodotti e servizi che rispettano il paziente si vuole agire verso un miglioramento della qualità della vita

3 3 Design Considerations For Bariatric Spaces. <https://www.healthcaredesignmagazine.com/architecture/3-design-considerations-bariatric-spaces/>

4 Seating Bariatric Patients - what are the risks. <https://seatingmatters.com/bariatric-seating/>

5 The Complete Guide to Bariatric Seating. <https://www.nationalbusinessfurniture.com/blog/guide-to-bariatric-seating>



Figura 16: Serie Cache , Terrace Hunt per Zenith. La sedia bariatrica si presenta con la stessa estetica di quelle standard permettendo all'utente di non sentirsi fuori luogo o al centro dell'attenzione , evitando così diversi fattori di stress emotivo e preservando la sua dignità.

3.1. IDENTIFICAZIONE DELL'UTENZA

Dopo aver visto a grandi linee quella che è la situazione mondiale e italiana, e quelle che sono le implicazioni portate dalla condizione dell'obeso, è ora necessario concentrarsi sui futuri fruitori del progetto.

In questo caso ci si riferisce a pazienti e operatori sanitari coinvolti nell'ambito del Reparto di endocrinologia, diabetologia e metabolismo dell'Azienda Ospedaliera Universitaria (A.O.U.) - Città della Salute e della Scienza di Torino.

Si considerano sia i pazienti, che gli operatori sanitari poiché entrambe le categorie saranno direttamente coinvolte nel progetto, i primi in quanto utilizzatori finali e beneficiari delle prestazioni offerte, i secondi in quanto operatori che svolgeranno le attività necessarie a permettere al sistema di produrre i dati e i risultati attesi¹.

Gli utilizzatori finali sono dunque i pazienti bariatrici del Centro di Torino. All'interno di questa categoria di persone vi è una forte varietà dal punto di vista generazionale, di genere e culturale.

Per quanto riguarda l'età possono essere individuati due principali macrogruppi, uno di giovani, di età compresa tra i 16 e 25 anni, l'altro di adulti, di età compresa tra 50 e i 60 anni. Entrambi i sessi sono rappresentati, anche se vi si può riscontrare una maggioranza di donne (circa il 70%).

Si tratta di una porzione di popolazione particolarmente sedentaria e con una scarsa propensione all'attività fisica, però cosciente del proprio stato di salute e volenterosa di intraprendere un percorso di terapia.

Quest'ultimo aspetto non è da ritenere scontato poiché una buona percentuale di individui che presentano eccesso ponderale non è consapevole del problema e non riconosce l'obesità come una patologia.

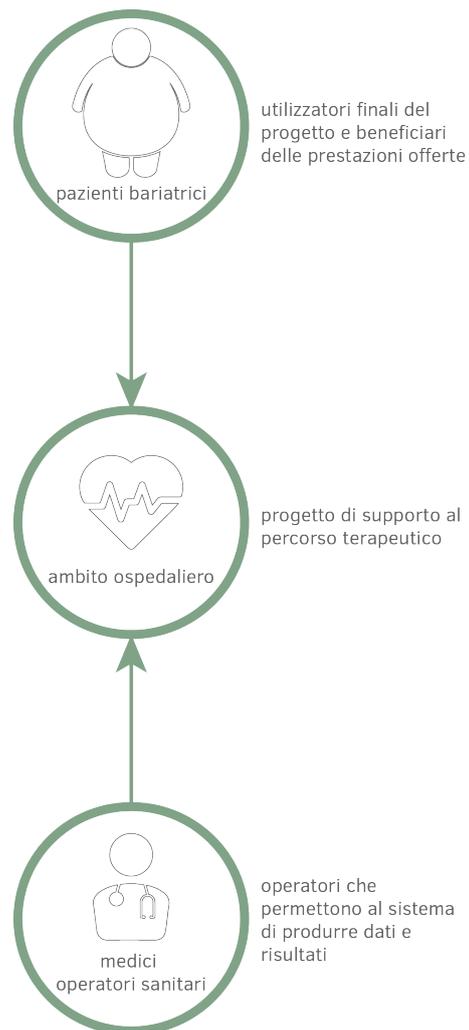


Figura 17: schema di definizione dell'utenza di riferimento. Elaborazione propria

3.1.1. La portata della patologia nella Città di Torino e in Piemonte

Nella Città di Torino la percentuale di persone adulte (di età compresa tra i 18 e i 69 anni) in sovrappeso è del 25%, mentre quella delle persone obese è del 7%, dato che non si discosta particolarmente dalla media regionale dell'8%, ma rimane nettamente al di sotto di quella nazionale del 10,5% (Grafico 4).

¹ L. Bandini-Buti, *Ergonomia e prodotto*, Pirola Sole 24 Ore, 2001

Le tendenze già descritte nel primo capitolo di questa tesi si possono ritrovare a livello cittadino: anche nell'ambito della Città di Torino si nota un aumento dell'eccesso ponderale al crescere dell'età e una maggiore prevalenza tra gli uomini; si confermano anche una maggiore tendenza all'obesità tra le classi economicamente più svantaggiate e con un livello più basso di scolarizzazione².

Un fattore che porta alla riduzione dell'eccesso ponderale è il riconoscimento del problema e la consapevolezza che questo potrebbe risultare un pericolo per la salute. La percezione che la persona ha del proprio peso è quindi un aspetto importante da considerare in quanto condiziona un eventuale cambiamento nel proprio stile di vita e spesso non coincide con il BMI effettivo.

Dai dati PASSI risulta che spesso la percezione e la consapevolezza di essere in sovrappeso non coincide con lo stato effettivo: il 43% degli adulti in sovrappeso e il 6% degli obesi non ritiene di essere in eccesso ponderale e non riconosce il problema.

In Piemonte si registra una corretta percezione del proprio peso negli obesi (89%) e nei normopeso (84%), nella popolazione sovrappeso invece solo il 50% valuta il proprio peso come troppo alto.

La percezione varia molto con una consapevolezza maggiore delle donne rispetto agli uomini³.

Lo stile di vita della popolazione piemontese è sedentario per il 30% delle persone, che non svolgono attività lavorative pesanti e non praticano alcuna attività fisica. Il 38% invece pratica attività sportiva in quantità inferiori a quanto raccomandato (30 minuti di attività moderata per almeno 5 giorni la settimana oppure attività intensa per più di 20 minuti per almeno 3 giorni) e solo il 32% delle persone ha uno stile di vita attivo⁴.

I dati raccolti dalla sorveglianza PASSI sulle abitudini insalubri della popolazione italiana hanno portato alla definizione del Piano Nazionale della Prevenzione (PNP) 2014-2018, con l'obiettivo di ridurre l'insorgenza di malattie croniche, attraverso l'adozione di stili di vita più salutari.

2 Sovrappeso e Obesità nella Città di Torino, dati 2014-2017 del sistema di sorveglianza PASSI,

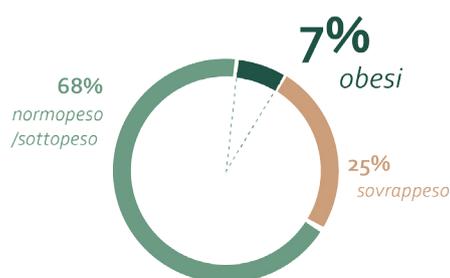
3 http://www.epicentro.iss.it/passi/pdf2016/Stato%20nutrizionale_PASSIPiemonte2012-15.pdf

4 http://www.epicentro.iss.it/passi/pdf2013/PASSI_REPORT%20PIEMONTE_2011.pdf

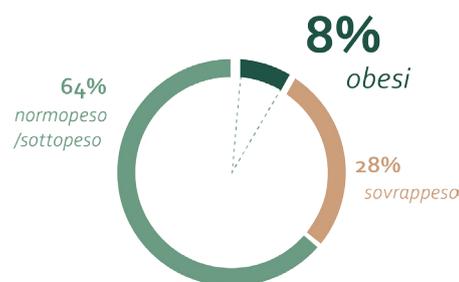
Gli operatori sanitari hanno un ruolo fondamentale nella raggiungimento dell'obiettivo poiché è proprio a questa categoria che si richiede il maggior sforzo nella comunicazione ai pazienti, finalizzata alla presa di consapevolezza di situazioni che sono o potrebbero divenire critiche, e di un cambiamento verso buone abitudini.

Questi dovrebbero infatti aumentare i consigli volti alla modifica delle abitudini dannose che portano alla morbidità, poiché si è notato che la maggior parte delle persone in eccesso ponderale che hanno cominciato a praticare attività fisica, lo hanno fatto partendo da un consiglio medico. Da questi presupposti si può partire con la presentazione del progetto che ha come obiettivo proprio quello di creare uno strumento per l'attività fisica, da inserire nell'ambito di un percorso di cura per le persone obese.

eccesso ponderale a Torino



eccesso ponderale in Piemonte



eccesso ponderale in Italia

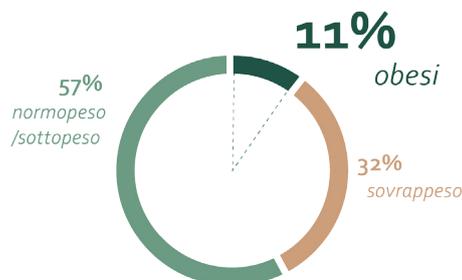


Grafico 4: Eccesso ponderale nella Città di Torino, in Piemonte e in Italia, rielaborazione dati sorveglianza PASSI (2014-2017).

3.2. INTRODUZIONE AL PROGETTO

3.2.1. La richiesta del Dipartimento di Scienze Mediche

Il progetto nasce da una richiesta del Dipartimento di Scienze Mediche dell'Università di Torino, e riguarda nello specifico la realizzazione di uno strumento per l'attività fisica, rivolto al paziente bariatrico che si avvicina alla terapia per il dimagrimento.

Il percorso di terapia in cui il progetto sarebbe inserito comprende:

- una prima visita preliminare in cui vengono definiti gli obiettivi da raggiungere e si controlla lo stato di salute del paziente;
- una fase di educazione alimentare di gruppo o individuale;
- un periodo di sei mesi in cui il paziente assume nuove abitudini più salutari (anche nel caso si dovesse in seguito sottoporre ad operazione chirurgica).

Tra queste buone abitudini sono inseriti almeno 150 minuti di esercizio fisico alla settimana.

Il progetto si inserirebbe quindi come supporto per la riabilitazione all'attività fisica nella prima fase di terapia, che è svolta in parallelo alla riabilitazione all'avvio ad un'alimentazione salutare in modo da fornire al paziente i mezzi per affrontare il semestre di recupero.

L'obiettivo è infatti quello di aiutare il paziente nella prima fase di ripresa del tono muscolare e della motricità delle articolazioni, per un successivo recupero di un'attività fisica più intensa e possibilmente l'assunzione di uno stile di vita meno sedentario.

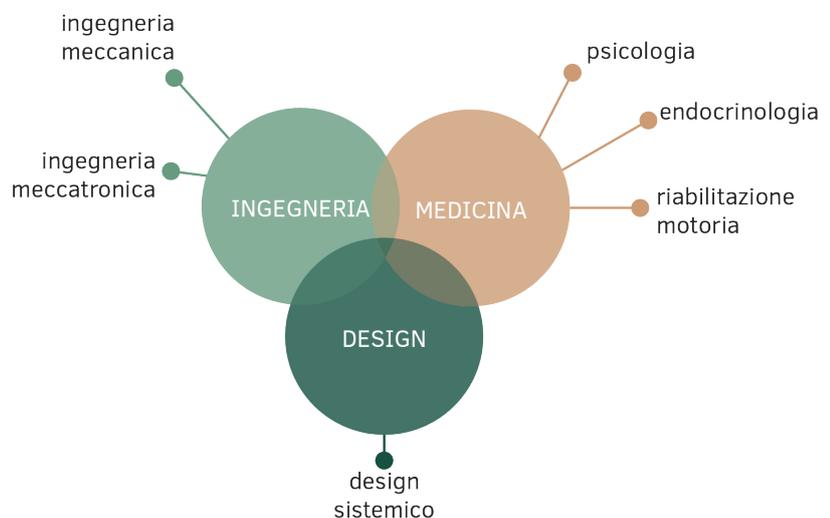
Il suo utilizzo sarebbe limitato, almeno per il primo periodo, all'ambito ospedaliero, in-

serendo brevi sedute di allenamento durante le sedute in ospedale.

3.2.2. Formazione del team di lavoro

La tesi nasce nell'ambito del centro multidisciplinare per la robotica di servizio, PIC4SeR, del Politecnico di Torino. Le figure inizialmente coinvolte riguardano soprattutto l'area dell'ingegneria, meccanica e mecatronica. Soltanto in seguito saranno aggiunte al team le figure provenienti dall'area del design, rendendo quindi il team finale multidisciplinare con designer, ingegneri e medici coinvolti.

Il progetto si presenta come sistema complesso per cui più di una figura professionale è chiamata a collaborare. Oltre agli aspetti ingegneristici riguardanti la meccanica e l'attuazione della seduta, si è resa necessaria un'analisi olistica del problema dell'obesità e delle persone affette. Questa, svolta principalmente dalla figura del designer, ha contribuito a una progettazione che ha posto al centro l'utente e le sue caratteristiche ed esigenze specifiche. Le figure dei medici infine hanno permesso di



Schema 1: schematizzazione del team di lavoro

conoscere le caratteristiche qualitative dell'utenza e di definire le esigenze mediche.

3.2.3. Metodologia

La metodologia usata per lo sviluppo del progetto di tesi mette al centro l'utente, i suoi bisogni e le sue esigenze psicologiche e fisiche da tenere in considerazione per la realizzazione di uno strumento in grado di soddisfarle.

L'approccio utilizzato è caratterizzato da una prima fase di meta-design, in cui si è svolta l'analisi dello scenario nella quale si colloca il progetto, in cui si sono indagati aspetti quali le caratteristiche dell'utenza, l'ambito terapeutico in cui si inserisce, le soluzioni esistenti e le relazioni tra i diversi aspetti che intercorrono nella realizzazione di uno strumento per lo svolgimento di attività fisica.

Durante questa fase di analisi è stato individuato il contesto di riferimento su cui si andrà a intervenire con il progetto, creando una base di nozioni che saranno di supporto alle fasi successive di progettazione.

La metodologia di ricerca si è basata su una prima fase di consultazione con i medici del Dipartimento di Scienze Mediche, coinvolti nel team di progettazione, in cui si sono approfonditi i temi riguardanti la terapia e le caratteristiche qualitative dell'utenza, i suoi aspetti psicologici, la propensione allo svolgimento di esercizio fisico e gli aspetti psicologici applicati a queste attività, generando un quadro iniziale di pre-requisiti per il progetto. Una seconda fase ha riguardato la revisione della letteratura presente sullo scenario delle caratteristiche più generali dell'utenza, andando a indagare quello che è lo scenario mondiale e italiano, quelle che sono le conseguenze dell'obesità sulla persona. Le nozioni assunte fino a questo stadio sono state fondamentali per costituire la base di conoscenze sull'utenza per la realizzazione di un progetto che mantenesse quest'ultima al suo centro e rispondesse a tutte le esigenze scaturite dalla conoscenza delle sue caratteristiche. Si deve ricordare che trattandosi della progettazione di uno strumento utilizzato nell'ambito medicale, era di fondamentale importanza approfondire tutti gli aspetti riguardanti l'utilizzatore finale.

In seguito alla definizione della configurazione dello strumento a seduta, data dalla combinazione della richiesta del team medico e dalla constatazione di una maggiore sicurezza per l'incolumità fisica del paziente, si è proseguito con una seconda fase di ricerca riguardante gli aspetti che concorrono alla realizzazione di una seduta per l'esercizio fisico. Sono stati quindi analizzati gli aspetti biomeccanici, per la realiz-

zazione dei pezzi mobili, e quelli ergonomici per la costruzione delle superfici di appoggio e lo studio dei supporti da incorporare. Un'ulteriore analisi dell'ergonomia cognitiva ha permesso di stabilire le caratteristiche che lo strumento deve presentare per essere utilizzato in modo corretto e intuitivo. Un'ultimo settore di ricerca ha riguardato l'antropometria per definire il dimensionamento dei componenti della seduta, tenendo sempre in considerazione la variabilità e la particolarità dell'utenza. Oltre all'analisi della letteratura riguardante i dati standard si sono richiesti i dati riguardanti un campione dell'utenza di riferimento, fornitoci dai medici. Questa fase di ricerca ha portato alla redazione delle linee guida su cui il progetto si è basato per poter soddisfare i risultati attesi, evitando di portare l'utente e gli operatori sanitari a commettere errori, potenzialmente dannosi. Il passo successivo alla ricerca è stato la definizione delle caratteristiche cinematiche e dinamiche della struttura, progettate in collaborazione con la parte ingegneristica del team di lavoro, fase che ha permesso la visualizzazione analitica dei componenti che sarebbero andati a comporre la struttura della seduta. Durante questa fase del progetto si sono tenuti in considerazione tutti gli aspetti analizzati precedentemente, ad eccezione di quelli psicologici che hanno avuto una maggiore rilevanza durante la realizzazione del progetto esecutivo, che costituisce l'ultima fase della progettazione nell'ambito della tesi.

3.2.4. Processo

La progettazione parte da uno studio interdisciplinare, in cui si sono indagati gli aspetti fisici e cognitivi che sono coinvolti nell'ambito della riabilitazione del paziente obeso e le diverse esigenze che ne derivano, sia dal punto di vista dello sforzo e del supporto fisico, sia dal punto di vista degli accorgimenti psicologici.

La prima fase di meta-progetto è stata definita dall'espressione della richiesta da parte dei medici di progettare uno strumento atto all'attività fisica che fosse più usabile e accettabile all'utenza costituita dai pazienti, rispetto alle macchine esistenti sul mercato. È stata dunque svolta una prima fase di inquadramento delle caratteristiche qualitative dell'utenza, indagando insieme ai medici quelle che sono le caratteristiche fisiche e psicologiche del paziente, quali possono essere le tipologie di allenamento ed esercizi sostenibili, giungendo alla redazione di un quadro di pre-requisiti che hanno dato una traccia al lavoro di ricerca e progettazione successivi. La definizione di

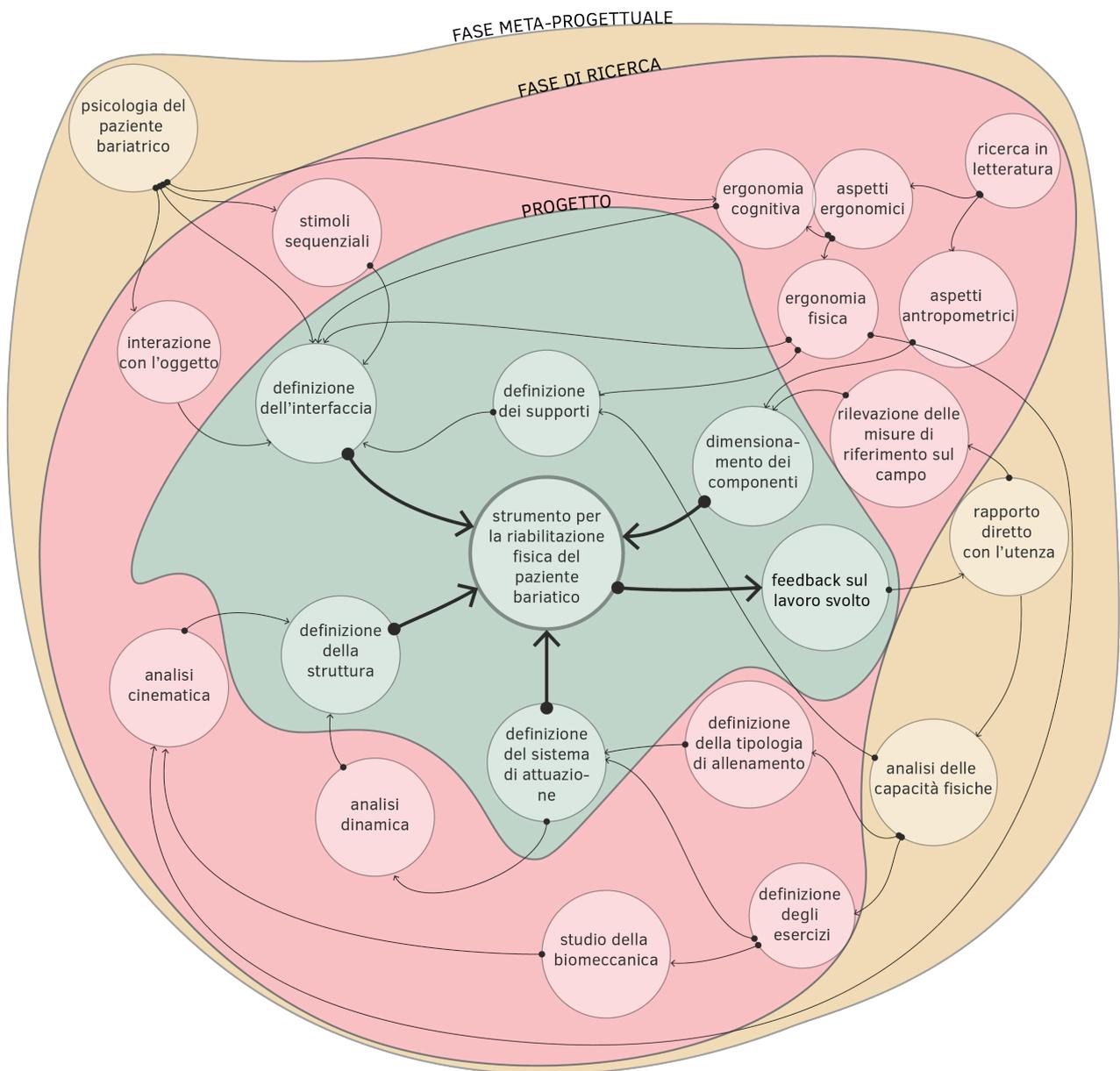
questo quadro preliminare è stata svolta grazie all'incontro e al colloquio con i medici interessati.

Individuando un allenamento svolto da una posizione seduta, si sono svolte delle ricerche in letteratura per l'approfondimento dei principali aspetti che influenzano la progettazione di una seduta e parallelamente studi su quelli che sono gli accorgimenti necessari da applicare all'allenamento di una persona obesa. Tutti gli aspetti analizzati, dall'ergonomia all'antropometria, sono stati studiati considerando l'utenza di riferimento che è rimasta al centro dell'indagine. Anche in questa fase è stato fondamentale il

contributo dei medici che hanno provveduto al calcolo di alcune misure necessarie al progetto, su un campione di 20 pazienti.

Grazie a queste nozioni si sono potute definire le linee guida di progetto, e procedere con la stesura del progetto esecutivo.

In questa fase il sistema seduta è stato analizzato dal punto di vista cinematico, dinamico e strutturale. È stata definita la struttura portante e sono stati posizionati i sistemi di attuazione, cercando di incorporare l'intero sistema all'interno del layout di una seduta. Il progetto esecutivo, ultima fase sviluppata nell'ambito del progetto di tesi, presenta il layout che rac-

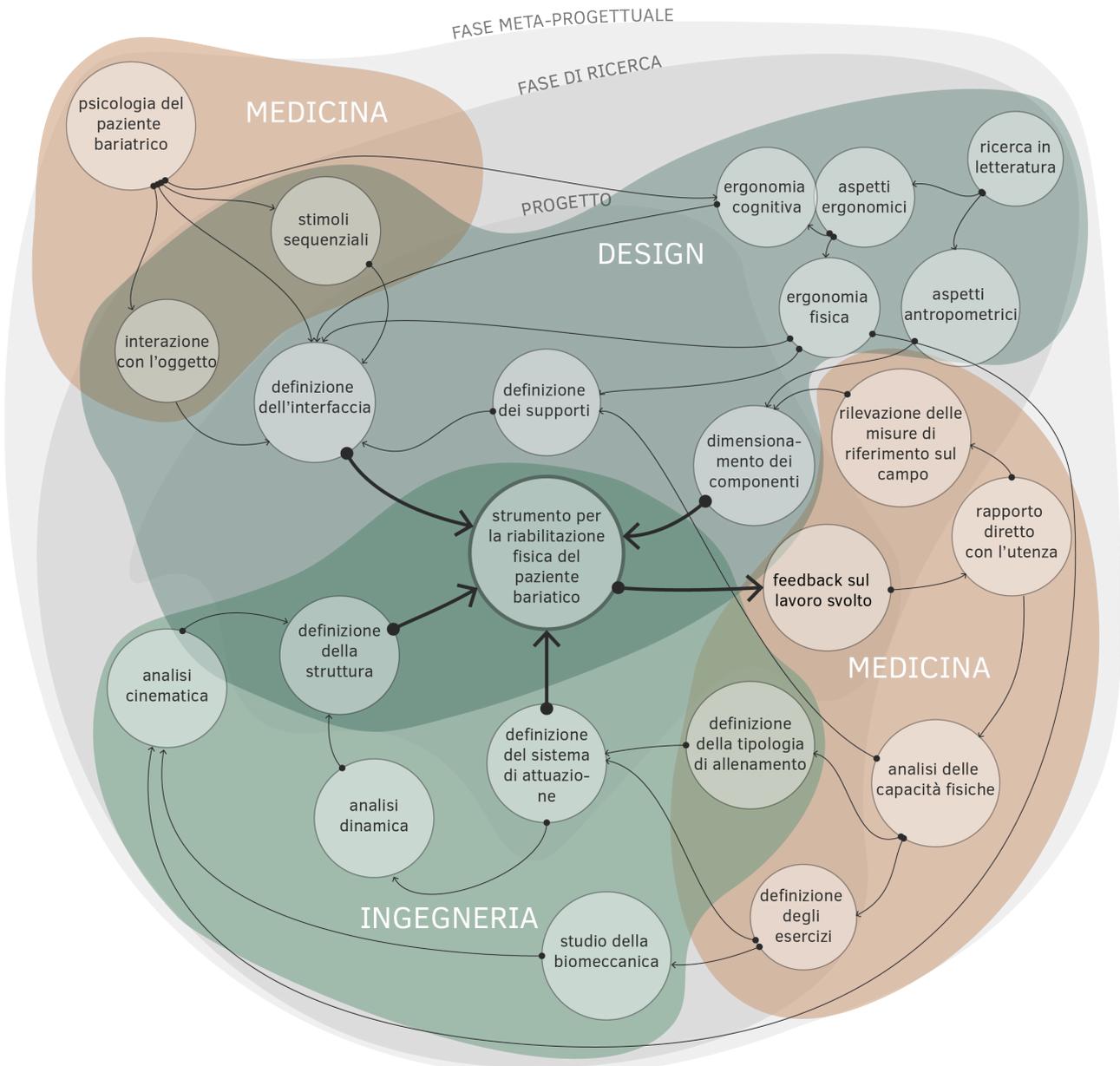


Schema 2 : rappresentazione del sistema di fattori che hanno influenzato la definizione del progetto di tesi

coglie in sé i requisiti progettuali definiti con i medici e rispetta le linee guida individuate con la ricerca. Lo strumento si presenta come macchina multifunzionale, che permette lo svolgimento di esercizi diversi, nascosta all'interno di un telaio da poltroncina, che la rende rassicurante per l'utente e intuitiva nell'uso.

La multidisciplinarietà del team di lavoro è stata fondamentale per lo svolgimento di analisi interdisciplinari per la risoluzione di un problema complesso. Nello schema 3 si può notare come i diversi campi di competenza si siano intersecati durante l'intero percorso. L'ambito medi-

co è stato il più analizzato nella prima fase di metaprogetto, che come abbiamo detto ha visto la definizione del brief e dei pre-requisiti di progetto. Le competenze ingegneristiche e del design sono entrate a far parte del sistema nella seconda fase, quella di analisi e ricerca e si sono incrociate fino alla definizione del layout della seduta. Si può notare inoltre come il design, durante la definizione di un progetto, debba comunicare necessariamente con tutte le parti, incorporando la totalità degli aspetti all'interno del risultato finale.



Schema 3: identificazione delle aree d'azione per ciascuna macro-disciplina coinvolta

3.2.5. Specifiche preliminari di progetto

Alcune richieste preliminari hanno preceduto la fase di ricerca determinando delle linee guida da seguire durante la progettazione.

Queste comprendono:

- istruzioni sulla tipologia di allenamento e movimenti da incorporare;
- la necessità di incorporare stimoli e input per una migliore usabilità
- accorgimenti di tipo stilistico e strutturale;

Gli accorgimenti di tipo formale sono necessari per rispondere all'esigenza di nascondere la macchina e rendere lo strumento più accettabile a un'utenza che spesso è estranea agli strumenti per l'attività fisica, o ne è spaventata. La macchina deve quindi essere camuffata sotto forma di poltrona o semplice sedia, e i suoi meccanismi dovranno essere visibili il meno possibile.

Inoltre per evitare l'associazione di idee con l'ambito della palestra la macchina dovrà essere più silenziosa possibile.

Il prodotto deve quindi rispondere a esigenze di comfort e presentarsi "in modo rassicurante".

I movimenti da incorporare devono essere funzionali ad una prima fase di riabilitazione. Nello specifico, dovranno essere movimenti che coinvolgano soprattutto le grandi masse muscolari, quali quadricipiti, bicipiti e tricipiti e, se possibile, il fascio addominale. Si predilige un allenamento cardio caratterizzato da movimenti a bassa intensità e alta frequenza.

Dovranno inoltre essere incorporati movimenti brevi e veloci, che inducano a un consumo calorico (movimenti come il battito veloce della mano sul bracciolo, o il tremolio della gamba).

Poichè si tratta di uno strumento per la riabilitazione di pazienti che non presentano un buono stato fisico, soprattutto a livello articolare, non è consigliabile dotare la macchina di carichi eccessivi. Il carico deve invece essere costante e permettere all'utente di svolgere il movimento a un ritmo sostenuto.

L'utente dovrà preferibilmente essere accompagnato dalla macchina nel movimento in modo da evitare sforzi gravosi sulle articolazioni e i suoi movimenti dovranno possibilmente essere liberi da vincoli fisici derivati dallo strumento.

Infine per rendere la fruizione più gradevole e motivare l'utente a un utilizzo prolungato si rende necessario incorporare una serie di stimoli e feedback. Gli stimoli devono principalmente evitare l'insorgere di noia e frustrazione, mentre i feedback permettono all'utente di conoscere i risultati dell'allenamento in modo immediato aumentando autocompiacimento e autostima.

I feedback risultano inoltre fondamentali nel monitoraggio dell'attività, utile al medico o all'operatore sanitario per il controllo dei parametri fisici di forza muscolare, battito cardiaco, ampiezza dei movimenti, ecc.

Questi aspetti da incorporare nel progetto hanno portato a una sorta di quadro di requisiti di partenza che raccoglie quelle che si sono definite le specifiche preliminari del progetto.

ASPETTO RASSICURANTE

- camuffamento della macchina sottoforma di sedia o poltrona
- meccanismi silenziosi
- comfort

RIABILITAZIONE

- movimentazione delle grandi masse muscolari
- movimenti a bassa intensità e alta frequenza
- obiettivo del consumo calorico
- movimento accompagnato ma libero
- carico costante

MOTIVAZIONE E CONTROLLO

- monitoraggio dell'attività per medico e paziente
- feedback sui traguardi raggiunti
- stimoli sequenziali per un uso prolungato

3.3. DEFINIZIONE DEGLI ESERCIZI

3.3.1. Individuazione delle masse muscolari da coinvolgere

Per l'individuazione delle masse muscolari da allenare, si è partiti dalla richiesta specifica di aiutare il paziente ad eseguire un'attività aerobica di tonificazione e potenziamento muscolare con carichi lievi e un alto numero di ripetizioni.

Questa attività deve dunque comprendere sia l'allenamento *cardio*, caratterizzato da movimenti ciclici e ripetuti e da sforzi di entità moderata con il coinvolgimento delle grandi masse muscolari, che quello di potenziamento muscolare che invece va ad agire in modo mirato su una selezione di muscoli per ciascun esercizio e ha come obiettivo ultimo quello di portare a un aumento della forza e del tono muscolare.

Come accennato le masse muscolari da coinvolgere sono le grandi masse e nello specifico bicipiti e tricipiti, per quanto riguarda gli arti superiori, quadricipiti e bicipiti femorali, per quanto riguarda quelli inferiori, il fascio addominale, pettorali e dorsali per il busto e deltoidi per il rinforzo della mobilità delle spalle.

Altri muscoli presi in considerazione nell'attività di riabilitazione sono quelli del gastrocnemio e i muscoli dell'avambraccio, adibiti all'esecuzione degli esercizi ad alta frequenza che saranno parte integrante del programma di allenamento andando a costituire la parte cardio di quest'ultimo.

3.3.2. Definizione degli esercizi da incorporare

In seguito alla definizione delle masse muscolari da considerare si è passati all'analisi delle attività realizzabili in posizione seduta.

Come accennato gli esercizi sono svolti su una

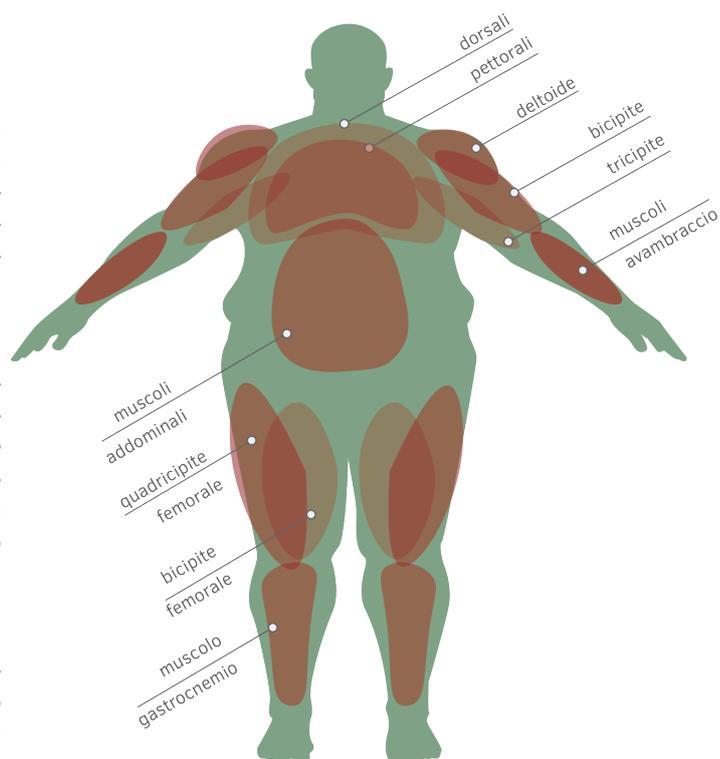


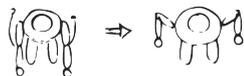
Figura 18: definizione delle principali masse muscolari da tenere in considerazione per la riabilitazione del paziente bariatrico. Elaborazione propria.

sedia per evitare di sovraccaricare le articolazioni e di svolgere esercizi non supportati che possono diventare dannosi se mal eseguiti.

Molti degli esercizi analizzati presentano movimenti liberi e svincolati dalla sedia in cui il supporto della seduta non è garantito e l'utente ha il controllo del movimento. Poiché l'utente in questione potrebbe non essere familiare con questi esercizi, potrebbe facilmente svolgerli in modo scorretto e ottenere un effetto opposto rispetto a quello atteso, perciò sono stati esclusi dal progetto.

Inoltre l'esigenza espressa dai medici di accompagnare il movimento in modo da aiutare

seated reach forward



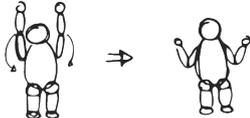
*deltoide
addominali
dorsali*

seated reach out



*deltoide
addominali
dorsali*

seated reach up



*deltoide
addominali
dorsali*

seated back extension



dorsali

seated shoulder shrugs



*deltoide
dorsali
addominali*

seated alternating bicep curls



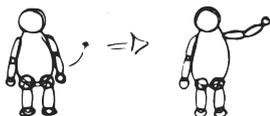
*bicipiti
dorsali
addominali*

seated alternating hammer curls



bicipiti

seated one arm lateral raise



*deltoide
dorsali*

seated front raise one arm



*deltoide
dorsali*

seated bent over lateral raise



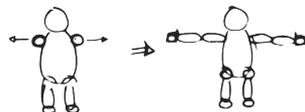
*deltoide
dorsali*

seated alternating shoulder press



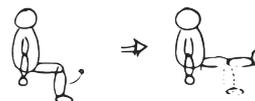
*deltoide
dorsali
tricipite*

seated chest fly



*pettorali
tricipiti
dorsali
addominali
deltoide*

leg extension



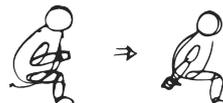
*retto femorale
dorsali
passi
addominali*

seated knee raised



*quadricipite
addominali
dorsali bassi*

seated triceps abduction



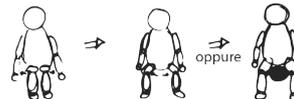
tricipite

seated slides back and forth



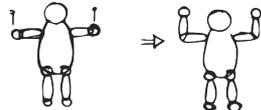
*polpaccio
quadricipite*

seated outer thigh and thigh squeeze



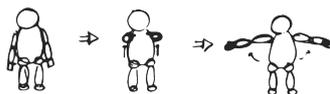
*esternoscoscia
internoscoscia*

seated upper back



*dorsali superiori
bicipite*

seated ball taps



deltoide

seated half raise



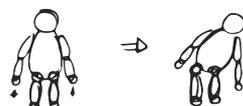
*quadricipite
polpaccio*

seated bent over rows



tricipite

seated lateral abdominal flexion



addominali laterali

Analisi dei movimenti e degli esercizi eseguibili da una posizione seduta. Si sono rappresentati una serie di esercizi che permettono di coinvolgere le grandi masse muscolari e di eseguire movimenti funzionali alla loro tonificazione senza doversi alzare dalla sedia. Per ogni esercizio si sono individuati i gruppi muscolari coinvolti e in seguito è stata fatta una selezione tra quelli che meglio si prestavano all'esecuzione da parte del paziente bariatrico. L'esigenza di permettere l'accompagnamento del movimento attraverso la macchina, ha portato a escludere tutti quegli esercizi che presentavano un'alta componente di esecuzione a corpo libero. Elaborazione propria.

nella sua esecuzione non potrebbe essere rispettata nel caso di movimenti svincolati dallo strumento.

Per la definizione finale degli esercizi si sono dunque tenuti come riferimento tre principali fattori:

- la tipologia di esercizio, che deve essere possibilmente di tipo isotonico, cioè esercizi in cui la contrazione si svolge in due fasi - concentrica ed eccentrica - e il peso rimane invariato per la durata del movimento;
- l'accompagnamento del movimento attraverso la macchina;
- il collegamento diretto dell'esercizio con un elemento della seduta per un maggior controllo posturale nell'esecuzione.

In sintesi gli esercizi eseguibili attraverso la seduta riabilitativa devono quindi essere di tipo isotonico, accompagnati e connessi agli elementi della seduta.

Questi vincoli hanno permesso di fare una selezione degli esercizi presi in esame e di tenere in considerazione soltanto quelli rivolti alla riabilitazione delle grandi masse degli arti, superiori e inferiori.

Gli esercizi scelti sono quindi:

- biceps curl
- triceps pushdown
- leg extension
- leg curl

I biceps curl concernono la flessione dei muscoli bicipiti. L'esercizio consiste infatti nella flessione del braccio, impugnando un manubrio, e nell'esecuzione del movimento in modo da giungere con l'avambraccio verticale al gomito e la mano più vicino possibile alla spalla. Lo sforzo maggiore si ha nel momento in cui si parte da una posizione di estensione completa del gomito (posizione iniziale). Il bicipite da questa posizione deve contrarsi per sollevare il manubrio verso l'alto fino alla posizione finale sopra descritta.

I triceps pushdowns rappresentano l'esercizio opposto a quello concernente i bicipiti. Si svolge estendendo il braccio attraverso la contrazione dei tricipiti, spingendo allo stesso tempo un elemento che provochi una resistenza. La posizione di partenza è quindi con il braccio flesso verso l'alto, e l'esercizio termina con la sua completa estensione verso il basso.

La seated leg extension è l'esercizio di estensione della gamba tramite il sollevamento di un

carico fissato a una leva con grosse imbottiture laterali su cui l'atleta, seduto, appoggia il collo dei piedi per spostare il carico estendendo il ginocchio ad anca fissa. L'estensione è data dalla contrazione del quadricipite femorale che risulta essere il muscolo più allenato da questo tipo di esercizio.

Il seated leg curl, come per i triceps pushdowns, è l'esercizio antagonista della leg extension, e funziona seguendo lo stesso principio. La gamba dalla posizione estesa si contrae verso il basso spingendo un carico che crea una forza resistente contro la gamba. Anche in questo caso il carico è fissato a una leva dotata di imbottiture laterali, su cui l'atleta appoggia i talloni. Lo spostamento del carico è dato dal movimento di flessione della gamba sulla coscia. Attraverso questo esercizio vengono allenati i

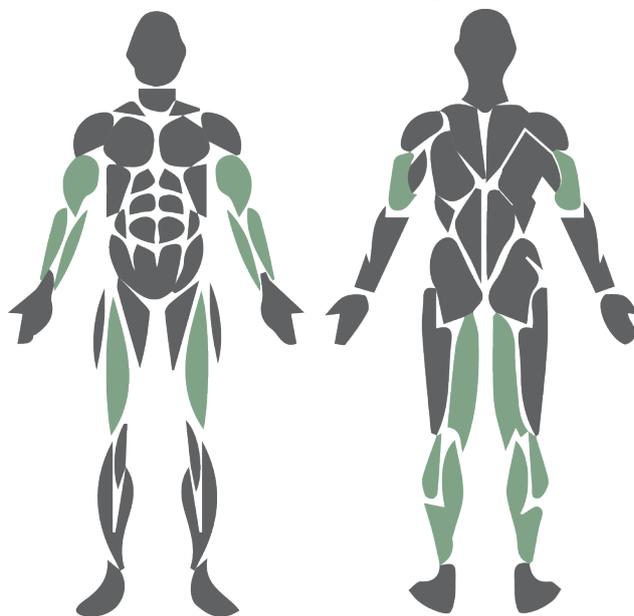


Figura 19: rappresentazione schematica dei muscoli selezionati. Elaborazione propria.

bicipiti femorali.

3.3.3. Analisi e confronto dei sistemi esistenti

In seguito alla selezione degli esercizi si sono analizzate le macchine e gli strumenti utilizzati oggi per la loro esecuzione, considerando che non vi è un unico modo di svolgere un esercizio, e non vi è un unico strumento utilizzabile. Al fine di proseguire con l'analisi dello svolgimento di esercizi da seduti si sono quindi esclusi i sistemi a cavi e a bilanceri, molto usati ma difficili da incorporare in una seduta, e si sono considerate esclusivamente le macchine configurate a seduta. Si sono quindi principalmente valutati i sistemi di attuazione, al fine di individuare il più

adatto all'applicazione su una macchina per la riabilitazione del paziente bariatrico.

I sistemi esistenti analizzati riguardano le macchine da palestra classiche, caratterizzate dalla pila di pesi, le macchine idrauliche e quelle pneumatiche.

Le classiche macchine da palestra, oggetto della prima fase di ricerca, generalmente sfruttano la forza di gravità che agisce su una pila di pesi per generare la forza resistente al movimento dell'utente. Queste macchine producono uno sforzo di tipo isotnico¹.

Visto il tipo di forza resistente applicata, una camma viene posta in modo da variare il livello di resistenza durante il movimento, affinché la resistenza percepita sia costante per la durata dell'esercizio, e non vi siano carichi gravosi sulle articolazioni. La camma, infatti, viene progettata seguendo la curva di sforzo specifica del gruppo di muscoli a cui la macchina è destinata, in modo da alleviare il carico nei punti di maggior sforzo. (Figura 20).

Le macchine idrauliche invece sono caratterizzate da un carico applicato all'esercizio che dipende direttamente dalla velocità di esecuzione del movimento: maggiore è la velocità e maggiore sarà il carico².

La resistenza è data dalla presenza di cilindri idraulici che effettuano la funzione di freno, per cui l'esercizio viene effettuato solo in modalità concentrica³.

Alcuni tipi di esercizi - come ad esempio leg curl e leg extension - possono essere svolti con

1 J.A. Casler, inventor, *Electronically Controlled Force Application Mechanism for Exercise Machines*, United States Patent, 5015926, May 14, 1991

2 B.A. Garner, *Designing Strength-Proportional Hydraulic Resistance for an Elbow Flexion-Extension Exercise Machine*, 2007, *Journal of Medical Devices*, Vol. 1:3-13

3 R. Vanderploeg, inventor, *Control for hydraulic system for exercise equipment*, United States Patent, US 2006/0094572 A1, May 4, 2006



Figura 20: Macchina per Leg Extension, Technogym. I numeri evidenziati rappresentano rispettivamente 1) leva per la modifica del ROM da 110° a -20° (0° corrisponde a gamba distesa); 2) rullo sulla tibia con regolazione per ridurre la lunghezza del braccio di leva; 3) regolazione dello schienale a 95° 110° e 125° per reclutare maggiormente differenti muscoli; 4) camma; 5) forma anatomica del cuscino per il sostegno della coscia; 6) regolazione dell'intera seduta in base alla lunghezza della coscia. Elaborazione propria.

un'unica macchina.

Le macchine pneumatiche si distinguono da quelle idrauliche per la tipologia di cilindro, che in questo caso è pneumatico ad aria compressa. L'attuatore non funge solo da freno, come nel caso precedente, ma permette di svolgere uno sforzo di tipo concentrico-eccentrico. Sono infatti categorizzabili come macchine isotniche⁴. Anche in questo caso alcuni tipi di

4 Tse-Fen Ku, inventor, *Adjustable air resistance system for fitness equipment*, United States Patent, 5346452, Sept. 13, 1994



Figura 21: Esempi di macchine idraulica, pneumatica (HUR) e robotica (Kineo System)

esercizio possono essere realizzati con un unico meccanismo⁵.

Infine tra le più innovative, si collocano le macchine robotiche, in grado di riprodurre il funzionamento di diversi tipi di macchine. L'allenamento può quindi essere selezionato come isotonico (con e senza inerzia), elastico, isometrico, isocinetico, viscoso (che riproduce la resistenza percepita in acqua) e a resistenza variabile. Queste macchine utilizzano motori D.C.(Direct Current), attuatori, sensori e microprocessori per il calcolo dei parametri fisici e dei diagrammi di sforzo e per realizzazione di

feedback immediati⁶.

Da un confronto tra i pro e contro dei vari sistemi possiamo notare come il sistema pneumatico si adatti all'applicazione su una macchina per la riabilitazione (si tratta infatti del sistema più usato in questo campo), grazie alla sua capacità di permettere di eseguire uno sforzo senza gravare sulle articolazioni. Questo aspetto è particolarmente importante considerata l'utenza di riferimento che, come si è detto nel capitolo 2 di questa tesi, spesso soffre di problemi articolari.

5 The Advantages of Pneumatic Technology, <http://www.huraustralia.com.au/know-how/pneumatic-resistance/advantages-pneumatic-technology>

6 The first robotic multi-method machine. <https://www.kineosystem.com/methods/>

MACCHINE ISOTONICHE CON PESI	MACCHINE IDRAULICHE	MACCHINE PNEUMATICHE
RESISTENZA: pila di pesi - gravità	RESISTENZA: pistone idraulico	RESISTENZA: pistone pneumatico ad aria
CARATTERISTICHE	CARATTERISTICHE	CARATTERISTICHE
● sforzo concentrico-eccentrico ✓	● sforzo concentrico-concentrico ✓	● sforzo concentrico-eccentrico ✓
● camma: resistenza variabile ✓	● resistenza proporzionale alla velocità ✗	● resistenza costante ✓
● ingombro elevato ✗	● poco ingombrante ✓	● poco ingombrante ✓
● associabile all'ambito palestra ✗	● necessità di avvolgimento degli arti ✗	● arti liberi dalla macchina ✓
● range di pesi elevata ✗	● meccanismo nascondibile ✓	● meccanismo nascondibile ✓
● rumore: moderato ✗	● rumore: lieve ✓	● rumore: moderato ✗

In questa parte della tesi verrà riportato quello che è stato il percorso progettuale che ha condotto al layout finale.

Saranno descritte le linee guida del progetto, emerse dall'analisi dei vari aspetti riguardanti il rapporto tra l'utente e l'oggetto e le sue funzionalità.

L'analisi dello scenario ha portato allo sviluppo di uno strumento configurato come seduta, per la riabilitazione del paziente, che è pensata per essere interattiva e stimolare l'utente nel fare semplici movimenti ripetitivi e funzionali al recupero della mobilità e alla riattivazione delle grandi masse muscolari.

Al fine di sviluppare uno strumento funzionale sia dal punto di vista fisico che psicologico, si è analizzata non soltanto la sfera dei movimenti da eseguire ma anche tutta una serie di accorgimenti al fine di rendere la percezione della seduta maggiormente gradevole e accettabile.

L'uso di quest'ultima non è pensato per un ambito domestico ma ospedaliero e si inserisce all'interno di una terapia con una durata limitata. Si tratta quindi di una sorta di starter che permetta un avviamento del processo di recupero della massa muscolare e di riduzione di quella grassa.

Le linee guida quindi vengono suddivise per

maggiore comodità in vari settori che andranno poi a confluire in un progetto coerente nei suoi diversi aspetti. Queste categorie riguardano: l'ergonomia, la meccanica, l'antropometria e infine la percezione.

Per questo progetto è stato necessario applicare un approccio olistico poiché i numerosi studi ergonomici, svolti per la maggior parte nel campo dell'automotive e sulle sedute da ufficio, ci aiutano a capire quali siano i principali campi di indagine ma non sono completamente applicabili a tutti gli ambiti, e soprattutto, non sono applicabili a un caso particolare destinato a un'utenza precisa come quello della *seduta bariatrica*.

Se consideriamo che la seduta in questione sarà usata per l'attività fisica, l'analisi dei parametri che determinano il comfort e il discomfort, maggiormente presi in considerazione in letteratura, non sono sufficienti a disegnare un quadro completo delle caratteristiche da incorporare nel progetto. È necessaria quindi un'analisi olistica dei diversi aspetti di ergonomia, biomeccanica e cinematica che vanno a formare il progetto completo e a definire il rapporto sedia-utente.

4.1. LA BIOMECCANICA

4.1.1. Esigenze biomeccaniche date dagli esercizi scelti

La progettazione della seduta parte dall'analisi delle esigenze date dalla meccanica del corpo umano durante l'esecuzione di un esercizio fisico.

Poichè l'utente deve essere in grado di svolgere diversi esercizi per il coinvolgimento del maggior numero di muscoli possibile, il progetto deve essere in grado di adattarsi alle diverse funzioni senza incidere negativamente andando a stimolare movimenti errati che possono facilmente divenire dannosi.

A tal proposito si sono selezionate le grandi masse muscolari da allenare e in seguito si è analizzata la biomeccanica delle parti coinvolte. Questo processo ha permesso di capire quali le esigenze saranno in seguito tenute in considerazione per la definizione della meccanica e alla cinematica della seduta.

Gli esercizi selezionati riguardano soprattutto il movimento degli arti, superiori e inferiori, in particolare esercizi che stimolino le masse muscolari più importanti quali il bicipite e il tri-

cipite, per quanto riguarda gli arti superiori, il quadricipite e il bicipite femorale, per quanto riguarda quelli inferiori.

L'attenzione si è quindi focalizzata sulle articolazioni coinvolte in questi esercizi e in seguito sulla postura migliore da mantenere durante il loro svolgimento.

In un primo momento sono stati analizzati più esercizi, coinvolgenti anche l'addome e i muscoli dorsali e delle spalle. Questi sono poi stati messi accantonati per concentrarsi sugli arti, reputati più importanti nel processo di recupero della forza muscolare in vista di una riabilitazione più completa nel periodo successivo alla cura esaminata.

Gli esercizi selezionati comprendono dunque i biceps curls e triceps pushdowns, per gli arti superiori, e per gli arti inferiori gli esercizi sono quelli della leg extension e del leg curl.

A questi vengono poi aggiunti esercizi meno complessi che comprendono movimenti molto piccoli e veloci, ripetuti per un periodo di tempo prolungato, come il tremolio della gamba e la stretta ripetuta della mano su una maniglia,



Figura 22: Étienne-Jules Marey, Georges Demenÿ. *Untitled (Sprinter)*. Cronofotografia, 1893

che non vanno a sviluppare tanto i muscoli quanto a portare a una perdita di calorie.

Se per questi ultimi esercizi è sufficiente dotare la seduta di appositi elementi che presentino sensori e materiali idonei (come ad esempio una maniglia in materiale morbido), per gli esercizi più complessi è necessaria un'analisi biomeccanica per poter posizionare correttamente tutti gli elementi necessari.

Gli esercizi selezionati prevedono contrazioni muscolari di tipo isotonico. Il peso applicato all'esercizio rimane invariato per tutta la durata del movimento e la contrazione si svolge in due fasi: concentrica, durante la quale la lunghezza del muscolo decresce (contrazione) e la forza muscolare è superiore alla resistenza che si oppone allo sforzo muscolare; ed eccentrica, nella quale invece la lunghezza del muscolo cresce (estensione) e la forza muscolare è inferiore alla resistenza che si oppone allo sforzo muscolare¹.

Il controllo del movimento e la velocità sono affidati all'utente e le variabili sono date dal peso applicato, dalla velocità di esecuzione e infine dal numero di ripetizioni e serie svolte.

La tipologia di esercizio selezionata corrisponde ad un'attività di tipo aerobico che preveda allo stesso tempo un'attività di tonificazione e potenziamento muscolare e cardio.

Le principali caratteristiche dell'allenamento cardio possono essere riassunte nel seguente elenco:

- movimenti ciclici e ripetuti
- sforzi di entità moderata o lieve
- periodi di svolgimento più o meno prolungati (almeno 15')
- coinvolgimento delle grandi masse muscolari
- riduzione del tessuto adiposo

L'attività di tonificazione e potenziamento, invece, presenta le seguenti caratteristiche:

- aumento di forza e tono muscolare
- uso di peso corporeo e resistenze (elastici, pesi liberi, macchine a contrappesi e idrauliche)
- esercizi che coinvolgono gruppi muscolari mirati
- migliore postura e resistenza delle articolazioni

Le due tipologie di attività devono essere incor-

¹ D. Carli, S. Di Giacomo, G. Porcellini, *Preparazione atletica e riabilitazione. Fondamenti del movimento umano, Scienza e traumatologia dello sport, Principi di trattamento riabilitativo*, C.G. Edizioni Medico Scientifiche s.r.l., 2013, Torino

porate nella sedia, gli esercizi devono quindi essere adattati alla posizione seduta ed essere possibilmente svolti utilizzando gli elementi tipici di questo oggetto.

Lo strumento diventa quindi un supporto multifunzionale e configurabile in base all'esercizio da svolgere.

4.1.2. La biomeccanica del corpo umano

Osservando il corpo umano si può notare come l'apparato muscolo-scheletrico sia organizzato secondo un equilibrio antero-posteriore mediante un sistema di leve di primo genere, in cui il fulcro si trova al centro tra forza e resistenza. Questo non è l'unico tipo di leva che si può riscontrare, vi sono infatti anche leve di secondo genere, in cui la resistenza si trova tra il fulcro e la forza, e infine di terzo genere in cui la potenza si trova al centro tra il fulcro e la resistenza²

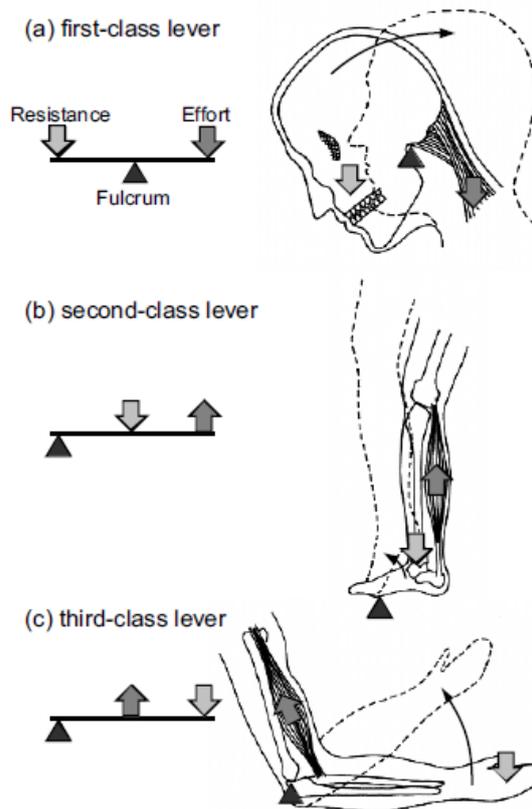


Figura 23: Le tre tipologie di leva presenti nel corpo umano. Fonte: A. Tozeren, *Human Body Dynamics-Classical mechanics and human movement*, Springer, New York, 2000

(Figura 23).

Sia a livello dell'articolazione del gomito che del ginocchio, durante la flessione e l'estensione dell'arto, siamo di fronte a una leva di terzo

² A. Tozeren, *Human Body Dynamics-Classical mechanics and human movement*, Springer, New York, 2000

genere, in cui la forza muscolare si situa tra il fulcro e la resistenza applicata.

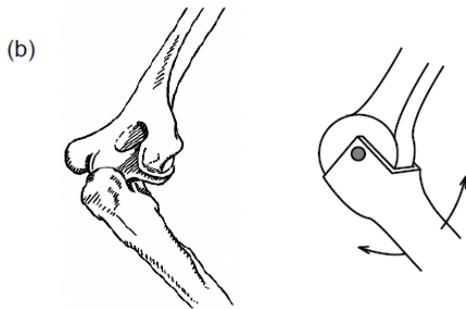


Figura 24: rappresentazione ingegneristica dell'articolazione del gomito. Fonte: A. Tozeren, *Human Body Dynamics-Classical mechanics and human movement*, Springer, New York, 2000

Attraverso l'analisi biomeccanica si è ricercato come riprodurre attraverso la macchina il movimento naturale del corpo.

Osservando i tipi di leva attuati dalle articolazioni maggiormente interessate dagli esercizi selezionati, quelle del gomito e del ginocchio, si sono definite le esigenze riguardo il posizionamento e il movimento relativo dei diversi componenti.

L'elemento più considerato è il fulcro su cui si situa il centro di istantanea rotazione. Ciò permette di capire che per far sì che il movimento non sia scorretto, e per evitare sfregamenti e differenze troppo evidenti tra l'elemento della macchina e il componente del corpo umano in movimento, è necessario posizionare il centro di istantanea rotazione in esatta corrispondenza con il centro naturale dell'articolazione coinvolta.

Il movimento per lo più rotatorio che il com-

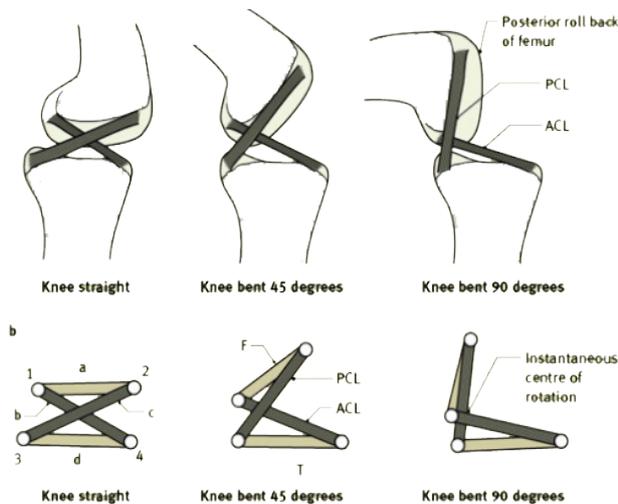


Figura 25: rappresentazione della rotazione dell'articolazione del ginocchio nel momento di flessione della gamba. Fonte: R. Shenoy, P.S. Pastides, D. Nathwani, *Biomechanics of the knee and TKR*, Orthopaedics and trauma, Vol. 27, Issue 6:364-371

ponente svolge per realizzare l'esercizio, deve quindi necessariamente partire dal fulcro dell'articolazione.

I fulcri quindi sia dei braccioli, che dell'asta relativa alle gambe devono essere posti in corrispondenza di gomito e ginocchio. Un'altra posizione causerebbe un movimento non adeguato e dannoso per l'utente.

Mentre per l'articolazione del gomito la riduzione a coppia rotoidale risulta semplice (Figura 24), per il ginocchio invece si deve tenere conto della rototraslazione che vi è tra le due distinte articolazioni, la femoro-rotulea e la femoro-tibiale, che la compongono³ (Figura 25). Risulta comunque possibile semplificare anche questa a coppia rotoidale, come viene spesso fatto nella realizzazione degli esoscheletri robotici, ma si deve considerare un lieve margine di errore che porterà a uno sfregamento tra la superficie dell'elemento, che ruota secondo il fulcro definito sulla seduta, e la gamba, che invece si muove seguendo le naturali meccaniche del ginocchio⁴.

4.1.3. Il controllo della postura

Il sistema posturale è un sistema cibernetico autoregolato. Si tratta di un insieme comprensivo di vari organi e strutture del corpo, quali occhi, piede, sistema cutaneo, muscoli, articolazioni, apparato stomatognatico (sistema occlusale e lingua) e orecchio interno. Essendo un sistema cibernetico l'insorgere di una condizione patologica in una delle sue componenti avrà ripercussioni su tutto l'apparato, l'organismo infatti cercherà di riequilibrare le posizioni viziate creando adattamenti posturali che verranno poi assunti come corretti. Il sistema inizia a funzionare con programmi di auto-adattamento che però non potranno più essere corretti autonomamente. Questi auto-adattamenti inoltre possono portare alla comparsa della sintomatologia dolorosa.

La postura detiene un ruolo fondamentale per il mantenimento della salute fisica in generale e per la preparazione sportiva. Ogni movimento, infatti, determina una reazione sul sistema corpo. Risulta quindi determinante acquisire un buon controllo posturale, che permetta di ridurre al minimo i compensi che potrebbero divenire patologici⁵.

3 R. Shenoy, P.S. Pastides, D. Nathwani, *Biomechanics of the knee and TKR*, Orthopaedics and trauma, Vol. 27, Issue 6:364-371

4 J.P. Lepoutre, *Modélisation biomécanique du mouvement : Vers un outil d'évaluation pour l'instrumentation en orthopédie*, 2007, Diplôme de Doctorat en Biomécanique, Université du Sud Toulon - Var.

5 D. Carli, S. Di Giacomo, G. Porcellini, *Preparazione atletica e riabilitazione. Fondamenti del movimento*

Le alterazioni della postura sono spesso connesse ad una limitata mobilità articolare. Il ristabilimento di un corretto portamento presuppone un aumento nella mobilità dei vari segmenti del corpo, quindi un rafforzamento dei muscoli ipotonici e l'estensione di quelli contratti⁶.

Durante uno sforzo fisico l'individuo è portato ad assumere posizioni scorrette per sostenere quello sforzo incorrendo in rischi gravi per la salute dell'organismo. Quando si altera la postura del corpo per cercare di ottenere una performance migliore, la biomeccanica corporea viene influenzata negativamente e, di conseguenza, si possono creare danni al sistema articolare.

La correzione di eventuali disfunzioni e difetti posturali e l'educazione all'utilizzo di corrette posture nella vita quotidiana e durante l'attività sportiva risultano essere fondamentali sia in un progetto di benessere che in uno prestazionale.

È con l'intento di evitare comportamenti e movimenti dannosi durante lo svolgimento degli esercizi, che si inserisce una ricerca sul controllo posturale nella progettazione di uno strumento atto alla riabilitazione all'attività fisica del paziente bariatrico.

4.1.4. Il Range of Motion

Un'altro aspetto fondamentale da tenere in considerazione è lo studio cinematico di un'articolazione, che consiste nella misurazione della quota angolare che caratterizza l'ampiezza dell'escursione del movimento, il Range of Motion (ROM).

Il ROM è un arco di movimento che include una o un insieme di articolazioni e definisce l'ampiezza dell'escursione angolare.

Una distinzione è necessaria tra quella che viene definita come mobilità, cioè l'ampiezza del movimento passivo di un'articolazione, e la motilità, che rappresenta l'ampiezza del movimento attivo. Nel primo caso ci si riferisce al calcolo del PROM (Passive Range of Motion) che viene calcolato accompagnando il movimento, quindi in assenza di contrazioni muscolari, mentre per il secondo caso si parla di AROM (Active Range of Motion) calcolando il movimento realizzato autonomamente dall'individuo⁷.

umano, Scienza e traumatologia dello sport, Principi di trattamento riabilitativo, C.G. Edizioni Medico Scientifiche s.r.l., Torino, 2013

6 D.D. Donskoj, V.M. Zatziorskij, *Biomeccanica*, Società Stampa Sportiva, Roma, 1983

7 M.R. Vallone, *Human Centered Design: sviluppo di un metodo per la valutazione oggettiva del comfort*

Dall'analisi dell'AROM è possibile eseguire una valutazione fisica, non invasiva, sulla disponibilità dell'individuo a muoversi, e il suo livello di coordinamento e di sforzo muscolare.

La posizione di partenza per la valutazione del ROM è la posizione anatomica; nel caso specifico dell'analisi fatta per la tesi, si sono analizzati gli AROM relativi alle articolazioni del gomito e del ginocchio partendo da una posizione seduta, con il livello di partenza di 0° ad arto teso.

I Range of Motion presi come riferimento per il progetto non si riferiscono all'utenza bariatrica, ma sono rilevati da quelli standard, in modo da permettere di svolgere l'analisi sui livelli massimi di motilità.

Per quanto riguarda le braccia il ROM generale copre un arco di circa 140° (Figura 26), mentre le gambe possono coprire un arco di circa 150°⁸ (Figura 27).

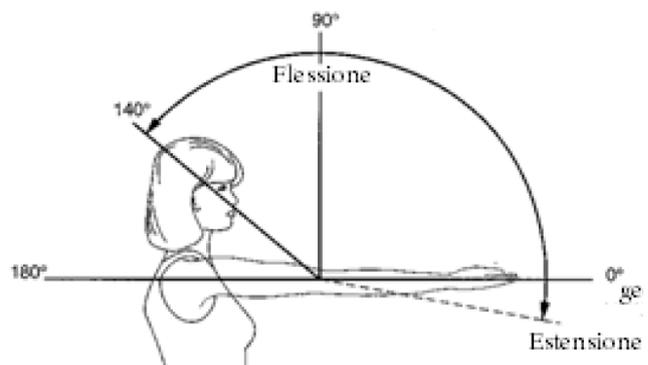


Figura 26: ROM dell'articolazione del gomito. Fonte: adattato da Luttgens e Hamilton (1997)

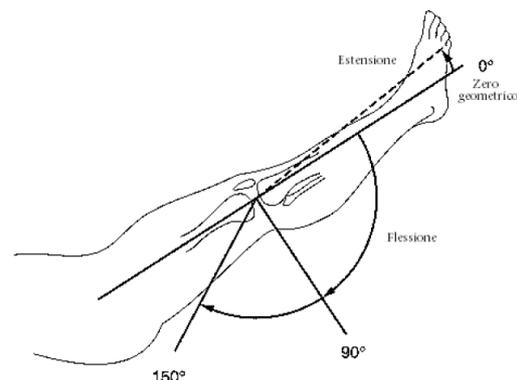


Figura 27: ROM dell'articolazione del ginocchio. Fonte: adattato da Luttgens e Hamilton (1997)

posturale degli arti inferiori. Vol.1, Tesi di dottorato, Ph.D. Course of Industrial Engineering, Università degli studi di Salerno, 2017

8 K. Luttgens, N. Hamilton, *Kinesiology: Scientific Basis of Human Motion*, 9th Ed., 1997, Madison, WI: Brown & Benchmark.

4.2. GLI ASPETTI ERGONOMICI

4.2.1. La posizione seduta

L'esigenza di creare una seduta per lo svolgimento di attività fisica nasce dalla necessità di permettere a utenti con problemi fisici dovuti all'eccesso ponderale di poter svolgere esercizi semplici senza andare a gravare sulle articolazioni e sulla colonna vertebrale, rischiando di peggiorare la situazione iniziale. Ciò comporta che siano tenuti in considerazione alcuni accorgimenti necessari al fine di non rendere la posizione seduta stessa dannosa per l'utente. Nonostante sia una posizione all'apparenza statica e innocua per la nostra salute, una posizione seduta scorretta può incidere fortemente su alcuni aspetti fisici che portano a danni anche gravi e permanenti. Molti studi infatti sono stati portati avanti sull'ergonomia delle sedute al fine di evitare danni alla postura e dolori cronici.

La posizione seduta è la meno conforme alla fisiologia. Nel passaggio dalla posizione eret-

ta a quella seduta l'angolo tra il busto e le cosce passa da 180° a 90° , di questi 90° di flessione, circa 60° avvengono nell'articolazione dell'anca mentre i restanti 30° sono raggiunti attraverso una rotazione in avanti del bacino rispetto alla posizione che ha quando è allineato alla colonna (Figura 28). Il bacino e le vertebre lombari tendono a compiere una lieve retroversione andando a diminuire la curva lordotica lombare e di conseguenza a modificare l'intera curvatura della colonna vertebrale¹.

Come risultato il braccio di leva tra il muscolo sacrospinale e la spina dorsale si accorcia e, per mantenere la forza equilibrio, la pressione sulla spina dorsale aumenta².

Per ridurre questa pressione si dovrebbe reinstaurare la curva lombare attraverso un supporto lombare posizionato sullo schienale, oppure aumentare l'angolo dell'anca fino a

1 Posizione seduta. http://www.demauroy.net/SFIMO/posizione_seduta.htm

2 G.B.J. Andersson, R. Örtengren. 1974, *Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting*. Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine, 6, 115

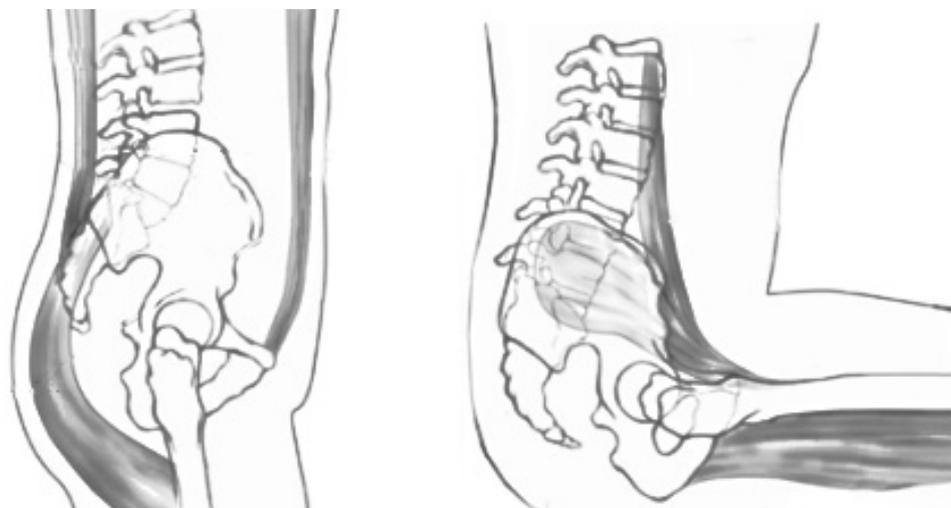


Figura 28: rotazione del bacino dalla posizione eretta a quella seduta. Fonte: <http://fkt.it/rachide-lombare/>



Figura 29: sedia di B. Akerblom e G. Ekloef per Akerblom Stolen, presentante la curva lombare di Akerblom, Svezia, 1950

110-120° aumentando l'angolo tra sedile e schienale³; è pertanto diventato comune nel design della sedia ergonomica dotare questa di schienale inclinabile che arrivi ad angoli di appunto 110-120°.

Per favorire una corretta posizione seduta è inoltre necessario sostenere il bacino in modo da riportarlo all'inclinazione che questo ha in posizione eretta o sdraiata. Ricreando questa condizione viene mantenuta la lordosi normale delle vertebre dorsali e cervicali. L'angolo

3 D.D. Michel, M.G. Helander. 1994, *Effects of Two Types of Chairs on Stature Change and Comfort for Individuals with Healthy and Herniated Discs*. *Ergonomics*, 37, 1231 -1245

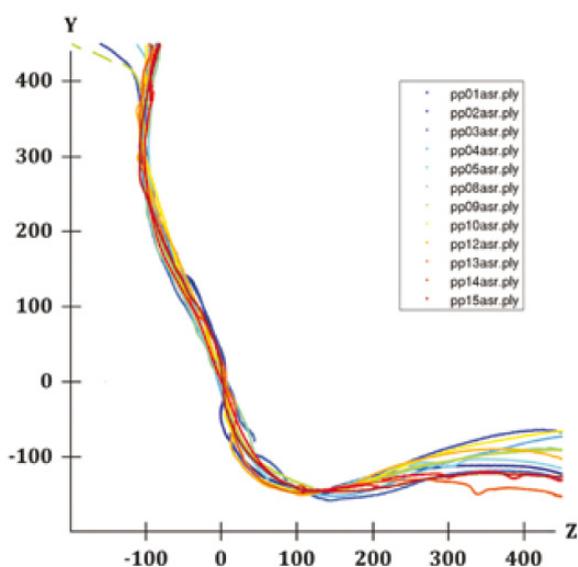


Figura 30: rappresentazione del contorno creato dalla pressione del corpo sulla seduta. Fonte: S. Hiemstra-van Mastrigt, S., 2015. *Comfortable Passenger Seats. Recommendation for Design and Research*. PhD thesis. TU Delft

dell'osso sacro è da mantenere a 30° e il bacino deve essere sostenuto in modo da impedire il suo scivolamento. Uno schienale dotato di una curvatura a livello della colonna lombare - delle terze e quarte vertebre lombari - permette di mantenere sia il corretto angolo del bacino, sia la naturale curva della colonna vertebrale. Questa curvatura dello schienale, detta di Akerblom (Figura 29), è associabile ai nuovi supporti lombari e deve essere adattata alla statura dell'utente.

4.2.2. L'interazione con la sedia e l'ergonomia

Il contatto tra il corpo e la sedia è ciò che veramente deve essere analizzato per la definizione della sua forma. A questo proposito sono stati fatti studi sia sull'ergonomia che sulla distribuzione del peso sulla seduta. Franz et al (2011)⁴ e Hiemstra-Van Mastrigt (2015)⁵ hanno condotto studi realizzando scansioni 3D del contorno che il corpo forma a contatto con la sedia (Figura 30), focalizzandosi principalmente su sedili di aerei e automobili, mentre altri studi tra cui quelli di Zenk et al (2012)⁶ descrivono la distribuzione di pressione ideale che può essere utilizzata per determinare la forma della seduta.

Akerblom insieme a Nachemson et al. hanno fornito le basi scientifiche al design ergonomico e hanno contribuito a tracciarne il percorso⁷. Akerblom nel 1948,⁸ nota per la prima volta che alterando l'angolo di flessione dell'anca, andando ad agire sulla configurazione della sedia, si aveva una conseguente compensazione data da un cambiamento del profilo della colonna lombare. Sulla base di questa osservazione propose l'applicazione di una curvatura di supporto posta in corrispondenza della zona lombare e una lieve inclinazione dello schienale per il mantenimento di una postura più corretta.

4 M.M. Franz, I. Kamp, A. Durt, Ü. Kilincsoy, H. Bubb, P. Vink, 2011. *A light weight car-seat shaped by human body contour*. *International Journal of Human Factors Model. Simul.* 2 (4),314e326.

5 S. Hiemstra-van Mastrigt, 2015. *Comfortable Passenger Seats. Recommendation for Design and Research*. PhD thesis. TU Delft

6 R. Zenk, M. Franz, H. Bubb, P. Vink, 2012. *Spine loading in automotive seating*. *Applied Ergonomics* 43 (2), 290-295

7 K. Gurr, L. Straker, P. Moore, *Cultural hazards in the transfer of ergonomics technology*, 1998, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22:397-404.

8 B. Akerblom, *Standing and sitting posture. With Special reference to the construction of chairs*, 1948, Translated by A. Synge, A. B. Nordiska Bokhandeln, Stockholm

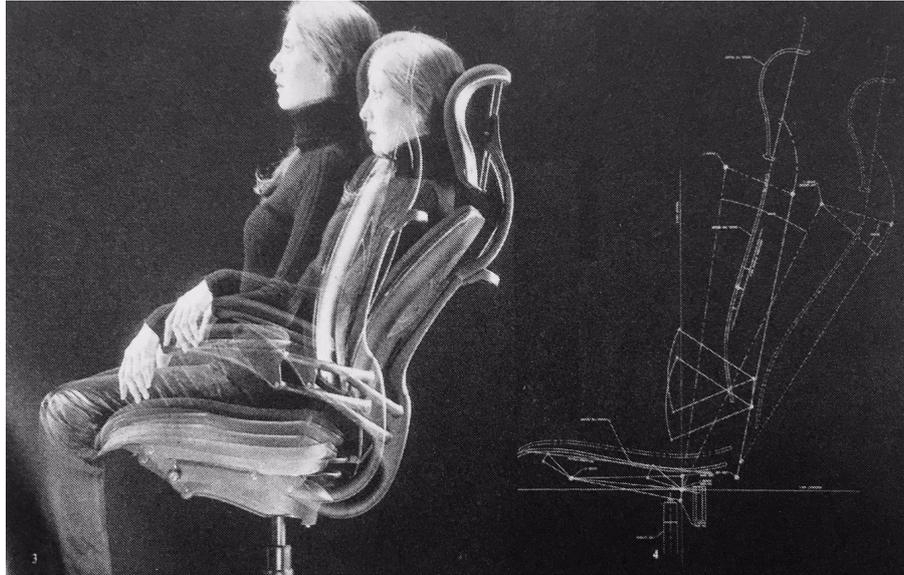


Figura 31: N. Diffrient, sedia Freedom, Stati Uniti, 2000. Fonte: A. Lupacchini, *Ergonomia e Design*, Crocci Editore, Roma, 2008. La seduta per essere ergonomica deve essere regolabile e adattarsi perfettamente al corpo dell'utente.

Le misurazioni delle pressioni intra-discalari spinali di Nachemson et al del 1964⁹, insieme ad altri studi dimostrano invece che la pressione intra-discale aumenta del 40-50% nel momento in cui si passa dalla posizione eretta a quella seduta¹⁰.

Un aspetto particolarmente importante nella definizione dell'ergonomia di una sedia è la sua possibilità di regolazione, quindi l'adattabilità della seduta a un vasto range di utenti, tutti presentanti caratteristiche fisiche diverse. Le misure della sedia ergonomica devono adattarsi a quelle dell'utente per avere un effetto positivo sulla posizione del corpo¹¹. La regolazione di sedile, schienale e braccioli è fondamentale per rimediare a problemi di postura e pressioni realizzando configurazioni di seduta diverse per esigenze antropometriche diverse.

Generalmente per comprendere come il corpo reagisca al contatto con la sedia si fa riferimento al disagio, alla scomodità, più che al comfort, poiché rispetto a quest'ultimo è maggiormente correlato a fattori fisici e non emotivi¹². Gli utenti per rilevare la scomodità di una sedia

9 A. Nachemson, J.M.M. Morris, *In vivo measurements of intradiscal pressure*, 1964, *Journal of Bone and Joint Surgery*, 46A: 1077-1092

10 R. Zemp, W.R. Taylor, S. Lorenzetti, *In Vivo Spinal Posture during Upright and Reclined Sitting in an Office Chair*, 2013, Hindawi Publishing Corporation, BioMed Research International, pp. 1-5

11 M.G. Helander, L. Zhang, *Field Studies of Comfort and Discomfort in Sitting*, 1997, *Ergonomics*, 40, 895-915.

12 M.P. de Looze, L.F.M. Kuijt-Evers, J.H. Van Dieën, *Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures*, 2003 *Ergonomics* 46, 985e997.

devono ricorrere alle informazioni sensoriali tra cui le più indicative sono la pressione discale della spina dorsale e le informazioni propriocettive relative alla postura delle articolazioni e dei relativi legamenti e muscoli.

Le persone con problemi fisici e posturali sono più soggette alla percezione della scomodità di una seduta rispetto a persone con una schiena sana. Ciò può essere correlato ad una maggiore pressione sulla zona ischiale e intra-discale, zone ricche di terminazioni nervose, che portano ad una sensazione di dolore percepita da utenti con problemi posturali¹³. La scomodità è principalmente basata su un'inadeguata applicazione della biomeccanica e dalla fatica provata dopo un lungo lasso di tempo di utilizzo. Il comfort invece si basa soprattutto sull'estetica del design e sul senso di rilassatezza che deriva dall'utilizzo. Sono quindi parametri opposti ma diversi che non possono essere valutati su una stessa scala di valori, e che concorrono in modo complementare alla buona riuscita di una seduta.

La sensazione di scomodità è associata al dolore, alla stanchezza, all'indolenzimento e all'intorpidimento e fatica dovuti all'uso prolungato della seduta. Queste sensazioni sono dovute principalmente a restrizioni fisiche date dal design, e sono mediate dalle articolazioni, dalla pressione sui tessuti molli, dalla contrazione dei tessuti e dai problemi di circolazione del sangue.

13 M.G. Helander, *Forget about ergonomics in chair design? Focus on aesthetics and comfort!*, 2003, *Ergonomics*, 46:13-14

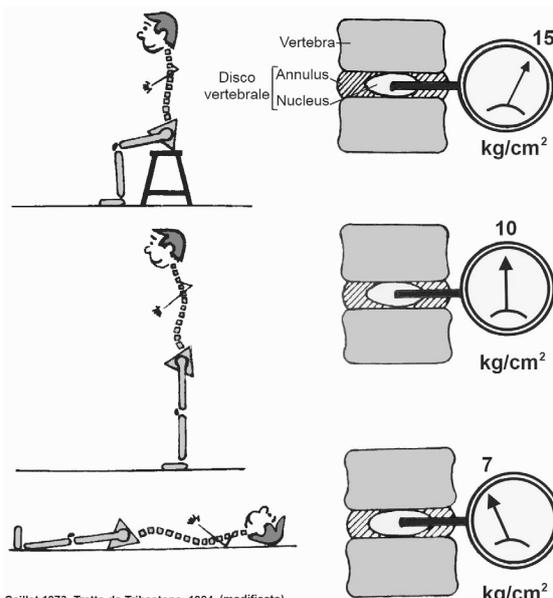
Analizzando le variazioni dell'angolo della zona pelvica e della spina dorsale in posizione seduta si può notare come una seduta ergonomica permetta una flessione più naturale delle anche e delle cosce, e allo stesso modo una flessione più naturale delle ginocchia. Il risultato più significativo si ha comunque per quanto riguarda la lordosi lombare che viene in parte corretta o evitata con sedute più ergonomiche rispetto a quelle standard che invece ne causano l'accentuazione¹⁴.

Per una posizione corretta le ginocchia e le anche devono essere flesse a 90°, i piedi devono essere piatti a contatto con il suolo o con il supporto, la testa deve guardare dritto in avanti. La pelvi deve essere spinta indietro nello spazio predisposto al di sotto del supporto lombare e la colonna dell'utente deve trovarsi a contatto con lo schienale.

Per avere in mente un quadro completo per la realizzazione di una seduta, non è sufficiente analizzare l'antropometria e il materiale con cui si realizzerà il progetto. È necessario tenere conto anche del contesto in cui questo sarà utilizzato e le attività che vi saranno svolte. Ciò è descritto in modo esaustivo nel modello concettuale proposto da Hiemstra-van Mastrigt (2015)¹⁵, nel quale il design di una seduta deve tenere conto della percezione finale dell'utente del comfort e del discomfort che a loro volta derivano dall'interazione con l'utente (antropometria), dalla seduta (proprietà dei materiali e geometria) e dal contesto di utilizzo (attività svolte). Quest'interazione è mediata da tre principali variabili: la postura da seduti, l'interfaccia e il movimento, variabili da cui dipende anche la percezione soggettiva di comodità e scomodità.

4.2.3. La distribuzione della pressione

In posizione seduta il peso del corpo è trasferito alla seduta attraverso le superfici di contatto fra il corpo dell'utente e il sedile. Durante l'azione di sedersi, i tessuti vengono tesi e in seguito caricati perpendicolarmente del peso dell'utente¹⁶. I punti di maggior contatto sono



Caillet 1973, Tratto da Tribastone, 1984 (modificato)
 Figura 32: cambiamenti nella pressione intradiscale nelle posizioni seduta, eretta e sdraiata. Fonte: Tribastone, 1984 (originale: Caillet, 1973)

in generale schiena e cosce, ma le zone in cui si accumula il maggior livello di stress sono le tuberosità ischiatiche e i tessuti molli. Il peso non è distribuito soltanto sul sedile ma vi sono altri punti di trasferimento quali il contatto dei piedi sul terreno e l'appoggio degli arti superiori sugli appositi braccioli¹⁷.

La pressione intradiscale che si registra in posizione seduta è del 35% maggiore rispetto a quella registrata in posizione eretta (Figura 32), ciò accade a causa dell'aumento del momento di forza del tronco dato dalla retroversione del bacino e della deformazione discale data dall'appiattimento della lordosi. L'utilizzo del supporto lombare e l'aumento dell'angolo di inclinazione dello schienale riducono la pressione intradiscale, poichè una maggiore componente del peso corporeo viene distribuita sullo schienale e il supporto lombare aumenta la lordosi che altrimenti si appiattirebbe in posizione seduta¹⁸.

Per prevenire l'insorgere di dolori dovuti a una cattiva postura, è necessario che le sedute siano il meno possibile asimmetriche in modo da evitare un maggiore affaticamento muscolare e garantire una maggiore uniformità della pressione esercitata sul sedile.

La pressione esercitata dal contatto del corpo

17 M. Pivotto, *Lombalgia: strategie di prevenzione nei tassisti, Tesi di Laurea in Fisioterapia*, Università degli Studi di Padova, rel. Dott. Papa Angelo, 2016
 18 M.H. Pope, L.K. Goh, L.M. Magnusson. (2002), *Spine ergonomics*, Annual Review of Biomedical Engineering, vol 4, pag 49-68.

con l'oggetto rappresenta un aspetto importante nel processo di interazione utente-oggetto ed è quindi fondamentale tenerlo in considerazione durante la creazione di una sedia, studi come quelli di Franz et al (2011) affermano che vi debba essere una relazione tra la sensibilità alla pressione di alcune zone del corpo e la progettazione delle sedute¹⁹. Fattori che influenzano la percezione dell'area del corpo a contatto con la seduta sono la forma, che l'area a contatto con il corpo presenta, e la morbidezza di quest'ultima.

I dati sulla sensibilità alla pressione sono particolarmente importanti per la definizione della tipologia di imbottitura per elementi come schienale e sedile e per la definizione della flessibilità del materiale sottostante.

Gli studi di Goossens et al (2005) ad esempio hanno mostrato come la sensibilità alla pressione nella zona ischiatica dipenda dall'area di contatto e dalla velocità con cui viene esercitata²⁰.

Si cerca di conoscere quali e se vi sono aree del corpo maggiormente sensibili, e se sia possibile alleviare la scomodità che ne deriva andando ad agire sulla curvatura, sulla flessibilità e sulla morbidezza del materiale, soprattutto di elementi come schienale e piano di seduta, che rappresentano le principali aree di appoggio.

Per quanto riguarda il sedile, le parti del corpo che vanno a contatto con la parte anteriore della seduta sono più sensibili rispetto a quelle che vanno a contatto con le zone intermedie e posteriori della sedia; in entrambe queste zone si può rilevare un grado simile di sensibilità. Osservando le scansioni di Wanga et al. (2018)²¹ (Figura 33 e 34), eseguite analizzando il contorno dato dalla pressione esercitata da utenti diversi sulla stessa seduta, si può notare come le maggiori variazioni siano a livello della parte anteriore del sedile, andando ad evidenziare la necessità di una maggiore versatilità di questa parte della seduta. Un accorgimento si rende quindi necessario nella progettazione della parte anteriore del sedile. Questo deve essere dotato della parte anteriore spiovente, o a cascata, in modo da evitare che una pressione troppo localizzata causi la compromissione

19 M.M. Franz, I. Kamp, A. Durt, Ü. Kilincsoy, H. Bubb, P. Vink. 2011. *A light weight car-seat shaped by human body contour*. Int. J. Hum. Factors Model. Simul. 2 (4), 314-326.

20 R.H.M Goossens, R. Teeuw, C.J. Snijders, 2005. *Technical note: sensitivity for pressure difference on the ischial tuberosity*. Ergonomics 48 (7), 895-902.

21 X. Wanga, M. Cardoso, G. Beurier, *Effects of seat parameters and sitters' anthropometric dimensions on seat profile and optimal compressed seat pan surface*, 2018, Applied Ergonomics 73:13-21

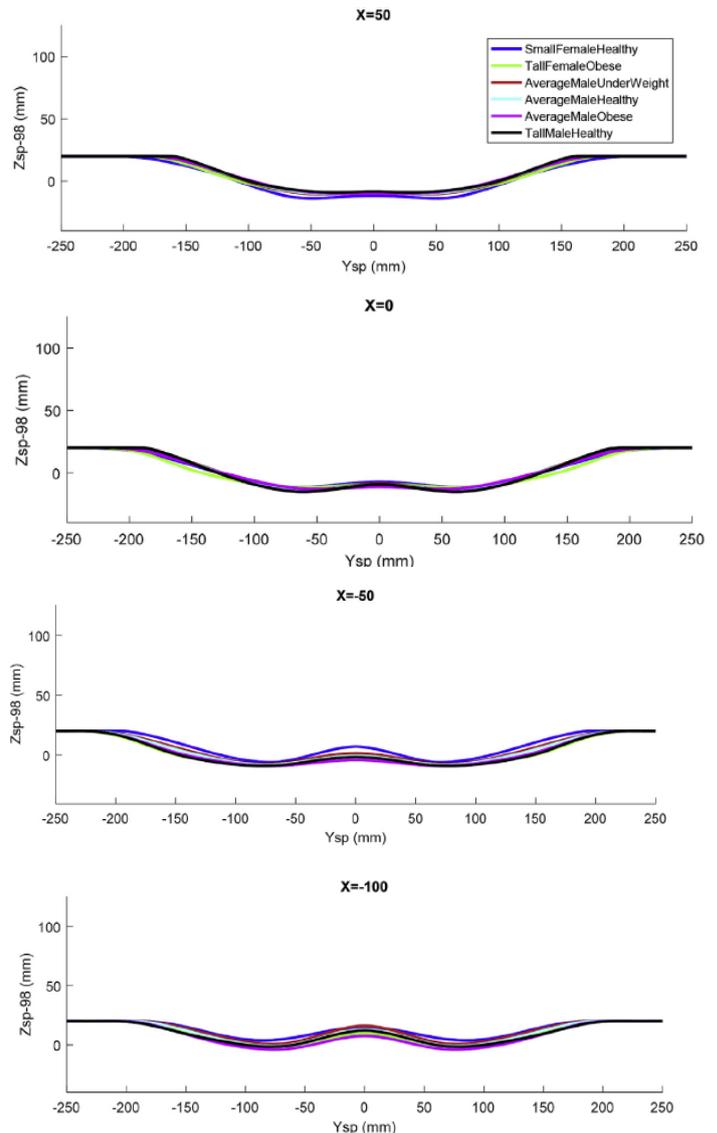


Figura 33: Profilo frontale dato dalla compressione del sedile da sei tipologie di utente diverse, mostrato su sezioni diverse. Fonte: X. Wanga, M. Cardoso, G. Beurier, *Effects of seat parameters and sitters' anthropometric dimensions on seat profile and optimal compressed seat pan surface*, Applied Ergonomics 73 (2018) 13-21

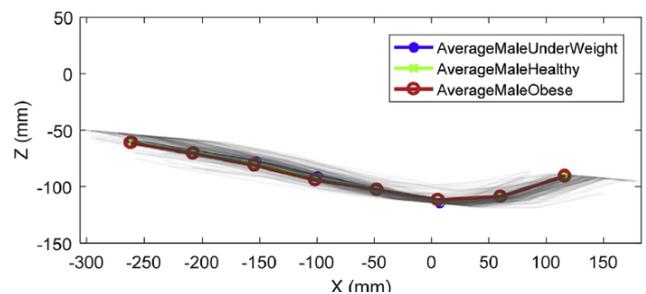


Figura 34: Profilo laterale dato dalla compressione del sedile da tre tipologie di utente diverse. Fonte: X. Wanga, M. Cardoso, G. Beurier, *Effects of seat parameters and sitters' anthropometric dimensions on seat profile and optimal compressed seat pan surface*, Applied Ergonomics 73 (2018) 13-21

della corretta circolazione sanguigna²².

La distribuzione del peso sul sedile è caratterizzata da una zona di picco con un alto livello di stress di contatto (≈ 40 kPa) se comparata al livello medio di distribuzione (meno di 10 kPa). Gli stress principali sono caratterizzati da alti livelli in zone in corrispondenza dell'area ischiatica, mentre questi livelli sono quasi irrilevanti nelle zone laterali (Figura 35). Il picco di stress viene ridotto dal 54 all'80% quando il modulo elastico del corpo formante la seduta viene cambiato da rigido a semi-morbido e morbido²³.

Sullo schienale invece la sensibilità cambia molto tra i vari punti della schiena, anche tra punti relativamente vicini tra loro²⁴. Si può comunque notare una certa simmetria tra i due lati della schiena.

Alcune differenze significative sul grado di sensibilità sono rilevabili tra i diversi sessi, con le donne che presentano un grado maggiore di sensibilità alla pressione, e quindi un minore grado di sopportazione²⁵. La correlazione invece tra IMC e sensibilità a pressione è bassa come anche quelle relative alla larghezza di spalle e all'età.

Secondo gli studi di Zenk et al (2012) la pressione esercitata sulle zone del corpo a contatto con la parte frontale del sedile, che come detto, sono maggiormente sensibili, dovrebbe essere mantenuta intorno al 6% della pressione totale esercitata sul sedile, poichè una pressione maggiore aumenterebbe la sensazione di scomodità dell'utente²⁶.

L'area di contatto intermedia e posteriore può invece sopportare pressioni maggiori. L'area ischiatica, ad esempio, supporta fino al 50-65% della pressione totale.

Per quanto riguarda la schiena, la zona all'altezza delle spalle risulta più sensibile rispetto alla zona lombare e alle zone laterali della spi-

22 M.G. Helander, *Forget about ergonomics in chair design? Focus on aesthetics and comfort!*, 2003, *Ergonomics*, 46:13-14

23 T. Brosh, M. Arca, *Modeling the body/chair interaction – an integrative experimental numeric approach*, 2000, *Clinical Biomechanics* 15:217-219

24 P. Vink, D. Lips, *Sensitivity of the human back and buttocks: The missing link in comfort seat design*, 2015, *Applied Ergonomics*, 58, pp 287-292

25 A.T. Binderup, L. Arendt-Nielsen, P. Madeleine, *Pressure pain sensitivity maps of the neck-shoulder and the low back regions in men and women*, 2010, *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11:234

26 R. Zenk, M. Franz, H. Bubb, P. Vink, 2012. *Spine loading in automotive seating*. *Appl. Ergon.* 43 (2), 290e295

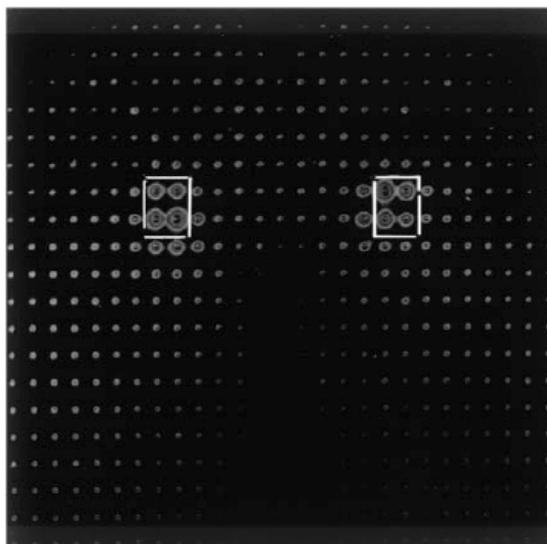


Figura 35: distribuzione della pressione corporea sulla superficie del sedile. Si può notare come la zona ischiatica (evidenziata) sia quella dove si concentra maggiormente la pressione. Fonte: T. Brosh, M. Arca, *Modeling the body/chair interaction – an integrative experimental numeric approach*, 2000, *Clinical Biomechanics* 15:217-219

na dorsale. Le zone meno sensibili si trovano invece nella zona lombare. Suddividendo la schiena in due distinti trapezi è quindi possibile osservare la distribuzione della sensibilità, individuando i punti più sensibili²⁷ (Figura 36).

Nella zona delle spalle la sensibilità varia ulteriormente soprattutto a seconda del sesso, mostrando forti differenze nella reazione di uomini e donne e mettendo in evidenza una minore soglia del dolore delle donne per quanto riguarda dolori lombari e cervicali. Si può dunque affermare che le donne siano più sensibili alla pressione in posizione seduta rispetto agli uomini.

Sia nella zona delle spalle che a livello della colonna lombare, spesso si localizza il dolore muscoloscheletrico cronico, che può influire negativamente sulla qualità della vita. Spesso dolore lombare e cervicale sono connessi tra loro²⁸. La distribuzione del dolore è pressochè simmetrica rispetto alla colonna vertebrale sia nel trapezio superiore che in quello inferiore, e non vi sono particolari differenze tra le parte sinistra e quella destra nella zona cervicale, mentre alcune differenze sono riscontrabili nella zona lombare. La parte bassa del trapezio superiore risulta essere meno sensibile rispet-

27 A. Binderup, L. Arendt-Nielsen, P. Madeleine, *Pressure pain sensitivity maps of the neck-shoulder and the low back regions in men and women*. 2010, *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11:234.

28 T.W. Strine, J.M. Hootman, *US national prevalence and correlates of low back and neck pain among adults*. *Arthritis Rheum* 2007, 57:656-665

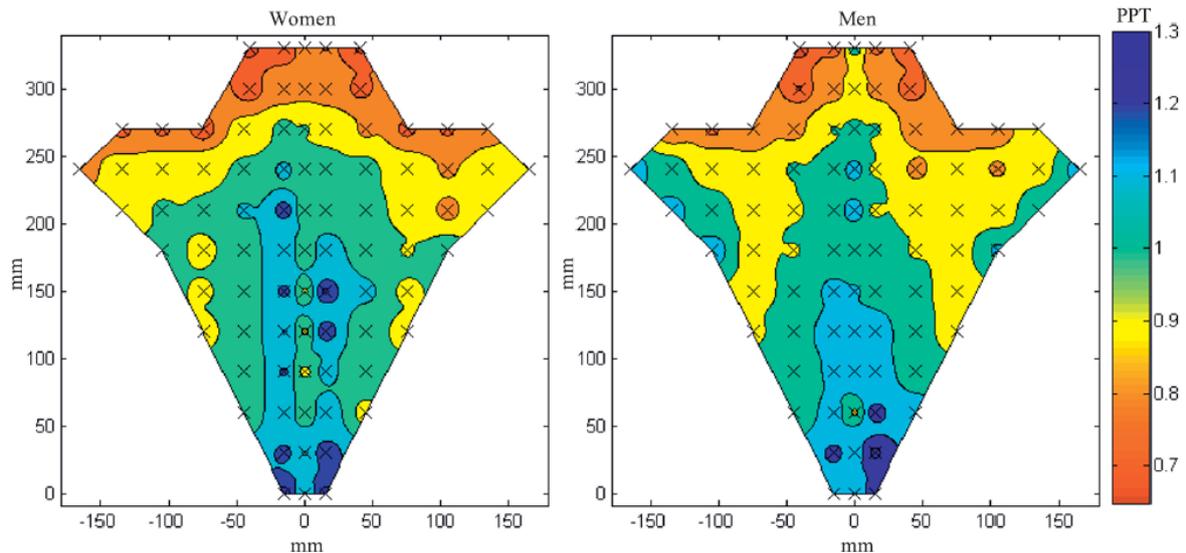


Figure 3 Normalized pressure pain threshold maps of the neck-shoulder region for women (N = 11) and men (N = 11). Note the symmetry along the spine and that the most sensitive part of the muscles is the upper region of the trapezius in both genders.

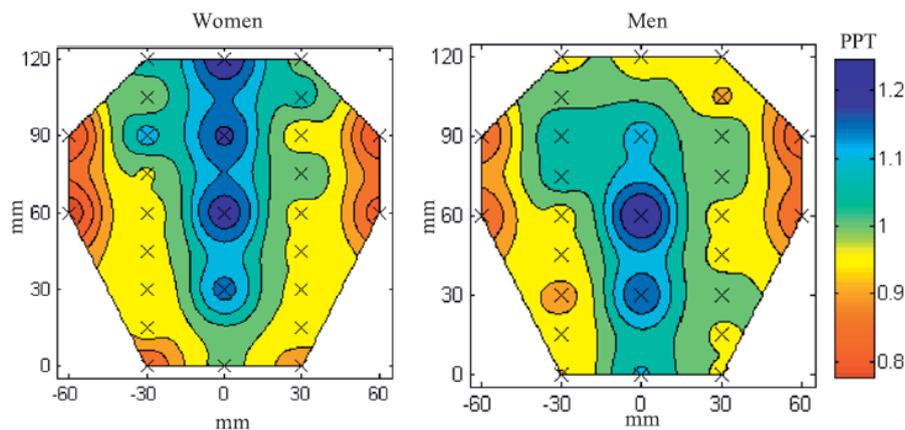


Figure 4 Normalized pressure pain threshold maps of the low back region for women (N = 11) and men (N = 11). Note the sensitivity along the spine. Also note the symmetry along the spine in both genders.

*Figura 36: distribuzione della sensibilità alla pressione nelle zone del collo e delle spalle (immagine in alto) e lombare (immagine in basso). *PPT=pressure pain threshold (soglia del dolore da pressione). Fonte: A. Binderup, L. Arendt-Nielsen, P. Madeleine, Pressure pain sensitivity maps of the neck-shoulder and the low back regions in men and women. 2010, BMC Musculoskeletal Disorders, 11:234.*

to a quella alta che invece sembra essere la più incline al dolore.

4.2.4. Il supporto lombare

Per supporto lombare si intende la porzione di seduta che ha come fine quello di vincolare la motilità articolare a livello lombare, andando a interferire sul processo di appiattimento della curva lombare data dalla retroversione del bacino.

Nasce come concetto negli anni '40 del '900, Akerblom nel 1948 raccomandava l'utilizzo di un supporto rigido da posizionare nella parte bassa dello schienale, tra la quarta e la quinta vertebra lombare²⁹. Questo deve essere con-

vesso verso la direzione anteriore della seduta e sagomato da un arco che si sovrappone al piano di seduta, e prevedere uno spazio sottostante vuoto per accogliere la pelvi³⁰.

Il supporto rappresenta il sistema più efficace per preservare l'apice della curvatura lombare anche in posizione seduta (a livello di L3)³¹, grazie a questo si ha un ridotto carico sulla zona ischiale e si contribuisce a migliorare la posizione della colonna. La lordosi lombare è mantenuta, il bacino è ruotato in avanti e l'altezza

29 B. Akerblom, *Standing and sitting posture. With Special reference to the construction of chairs*, 1948, Translated by A. Synge, A. B. Nordiska Bokhandeln, Stockholm

30 D.E. Grondin, J.J. Triano, S. Tran, D. Soave, *The effect of a lumbar support pillow on lumbar posture and comfort during a prolonged seated task*, 2013, Chiropractic and manual therapies, 21:21

31 M. Kolich, S.M. Taboun, 2002, *Combining Psychophysical Measures of Discomfort and Electromyography for the Evaluation of a New Automotive Seating Concept*, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, vol 8:4, pag 483-496

dei dischi della colonna lombare è aumentata³².

Con un supporto di 4 cm posto in corrispondenza dell'apice della curvatura lombare si arriva ad ottenere una lordosi di 30°, sufficiente a richiamare la lordosi naturale che la colonna vertebrale presenta in posizione eretta³³ ed efficace nel ridurre il rischio di perdita di lordosi lombare. Un aumento della profondità del supporto lombare porta a un significativo aumento dell'estensione delle articolazioni vertebrali della colonna lombare³⁴.

Il processo di appiattimento della lordosi porta numerose conseguenze tra cui l'aumento della pressione intradiscale, l'aumento dell'attività muscolare paravertebrale e lo stiramento delle componenti posteriori della colonna.

L'uso del supporto lombare inoltre sembra ridurre al minimo la retroversione del bacino permettendo di mantenere valori simili a quelli della posizione eretta.

È importante evidenziare l'aspetto focale del supporto che per essere efficace deve poter agire, come accennato, sul punto di apice della curva lombare (vertebre L2-L3). La varietà di utenti che utilizzano la seduta porta alla necessità di dotare quest'ultima di un supporto che sia regolabile e posizionabile in relazione all'utente di riferimento nel punto esatto che ne permetta il suo uso funzionale.

Nel caso non vi fosse alcun supporto si avrebbe un sovraccarico della muscolatura lombare, influenzando negativamente altri tratti della colonna vertebrale, in particolare il tratto cervicale, portando conseguentemente ad eventuali disturbi e dolori cervicali³⁵.

Anche l'angolo che si crea tra coscia e tronco ha un ruolo nella riduzione della curva lombare. Diminuendo quest'angolo, infatti, si incorre in una maggiore riduzione della lordosi lombare e, di conseguenza, in una maggiore pressione interdiscale.

Vi è tuttavia una conseguenza sulla curvatura della colonna toraco-lombare che in risposta

alla maggiore curvatura lordotica, viene spinta avanti e si trova a dover compensare l'allungamento dovuto alla posizione seduta curvandosi più della sua curva naturale. Poiché l'azione di sedersi è un movimento a catena chiusa, un cambiamento nella zona lombare prevede un compensamento attraverso un riassetto della catena cinetica. Le conseguenze di questo riassetto non sono ancora state studiate a sufficienza per affermare che siano dannose o no.

Si può dunque affermare che il supporto lombare porti un beneficio alla colonna lombare poiché permette di mantenere una corretta curvatura, ma allo stesso tempo costringe un aumento della curva della colonna toraco-lombare.

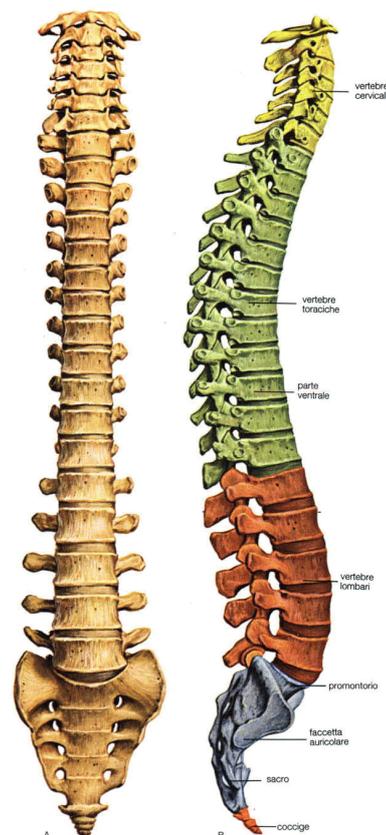


Figura 37: La colonna vertebrale, a destra si possono notare i vari settori, evidenziati con colori diversi.

32 M. Makhsous, F. Lin, R.W. Hendrix, M. Hepler, L-Q. Zhang, *Sitting with adjustable ischial and back supports: biomechanical changes*. Spine 2003, 28:1113-1122

33 D.E. De Carvalho, J.P. Callaghan, *Spine Posture and Discomfort During Prolonged Simulated Driving With Self-Selected Lumbar Support Prominence*, 2015, Human Factors, vol. 57,6:976-987.

34 D.E. Grondin, J.J. Triano, S. Tran, D. Soave, *The effect of a lumbar support pillow on lumbar posture and comfort during a prolonged seated task*, 2013, Chiropractic and manual therapies, 21:21

35 J. Pynt, J. Higgs, M. Mackey, *Seeking the optimal posture of the seated lumbar spine*, 2001, Physiotherapy Theory and Practice, 17:5-21

4.2.5. L'adattamento alla condizione bariatrica

Per quanto riguarda l'azione di sedersi, riferita al paziente bariatrico, il supporto posturale, la gestione della pressione e l'indipendenza del paziente nel sedersi e rialzarsi, sono tra i requisiti più importanti da tenere in considerazione durante la progettazione di una seduta. Si devono inoltre considerare i seguenti fattori: il peso corporeo del paziente, le proporzioni e le dimensioni fisiche, i range di movimento, la mobilità ed il trasporto. Non sono da dimenticare le esigenze dell'operatore sanitario che si occuperà del paziente.

Il supporto bariatrico si differenzia dal supporto solito poiché la maggior parte dei pazienti bariatrici presentano una zona glutea che rende difficile un corretto supporto posturale. Il tessuto adiposo in eccesso presente sull'area lombare spesso costringe i pazienti a sedersi sulla parte anteriore della seduta, portando così a una mancanza di supporto sia alle gambe che alla parte alta della schiena (Figura 38). Questa posizione può risultare dannosa e causare complicazioni posturali a lungo termine, come la torsione del bacino. Ciò può portare ad instabilità mentre si mantiene una posizione seduta e all'aumento del rischio di lesioni durante i movimenti per alzarsi e sedersi³⁶.

È quindi importante garantire uno spazio apposito che possa accogliere i tessuti in eccesso sulla zona lombare, permettendo al paziente di sedersi correttamente sulla seduta e garantendo così il corretto supporto sia della zona lombare che di quella superiore e delle gambe. Regolazioni e componenti importanti nella progettazione della seduta bariatrica:

- La profondità della seduta deve essere adatta e dare completo supporto alle gambe del paziente e in alcuni casi anche all'addome. La seduta deve permettere una buona distribuzione del peso sulla superficie di contatto, riducendo il rischio di zone sovraccaricate. Un appoggio corretto permette inoltre di evitare di sforzare i muscoli della schiena e la colonna nel tentativo di vincere la forza di gravità che porta il paziente a scivolare in avanti.
- L'appoggio per i polpacci permette al paziente di mantenere l'angolo tra gamba e coscia a 90°, mantenendo anche una distribuzione corretta del peso sui piedi. Durante il mantenimento della posizione seduta questa distribuzione permette di ri-

durre il rischio di ulcere da pressione.

- La seduta deve essere mobile e facilmente trasportabile da un operatore sanitario.
- Il paziente deve poter avere a disposizione gli strumenti di supporto e appoggio necessari per poter essere indipendente nelle azioni di sedersi e rialzarsi dalla seduta, garantendo così la sua dignità e aiutando ulteriormente l'operatore sanitario a non svolgere azioni gravose.

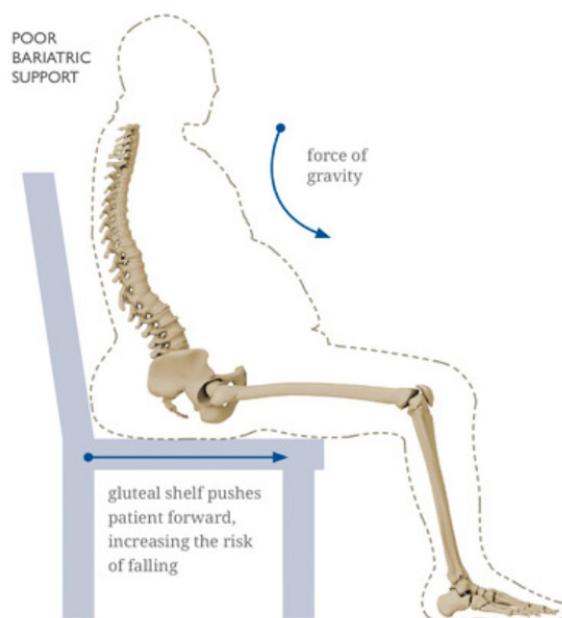


Figura 38: rischi per l'utente bariatrico in posizione seduta, su una sedia standard.

Un altro aspetto non trascurabile nella progettazione di una seduta bariatrica è il posizionamento di un supporto cervicale in modo analogo a quello lombare. Come abbiamo visto nel Cap.2, tra gli effetti fisici dell'obesità vi è infatti il rischio di sviluppare una forte lordosi cervicale che va contrastata attraverso il sostegno del collo. Lo schienale dovrà essere dunque dotato di due supporti per una corretta postura, quello cervicale e quello lombare.

4.2.6. L'ergonomia cognitiva

Ora che si sono espresse le esigenze biomeccaniche ed ergonomiche a cui la progettazione della seduta dovrà rispondere per la realizzazione di un prodotto funzionale, è doveroso fare una riflessione sulla componente umana, considerando l'utente non solo come utilizzatore passivo, ma come parte attiva nell'interazione con l'oggetto.

L'utente oltre a usare il prodotto deve essere in grado di comprenderne le sue parti e di usar-

36 <https://seatingmatters.com/bariatric-seating/>

le senza commettere errori. Poichè si tratta di uno strumento per lo svolgimento di attività fisica, questo aspetto rappresenta una parte fondamentale nella progettazione.

Si entra nel campo dell'ergonomia cognitiva, che permette di studiare il rapporto uomo-macchina in modo da migliorare l'interazione tra il sistema cognitivo umano e gli strumenti atti all'elaborazione delle informazioni. Durante questa interazione sono principalmente due i motivi che impediscono di cogliere rapidamente l'essenza di un oggetto:

- La scarsa visibilità dei suoi elementi distintivi
- La mancanza di analogie con oggetti familiari

Nel caso la comprensione non avvenga in modo semplice si rischia di incorrere in errori e in una falsa causalità tra comandi e funzioni³⁷.

Il disagio nell'utente si crea dunque dalla relazione con un oggetto che, nonostante sia percepito per un uso ordinario, non risulta semplice da utilizzare, o con sistemi che non rispecchiano il modo di percepire ed elaborare la realtà, impedendo di creare un'idea precisa degli oggetti con il quale si sta interagendo.

Quando le caratteristiche cognitive dell'utente non vengono poste al centro della progettazione si rischia di produrre un oggetto non intuitivo, che può risultare incomprensibile.

Nel caso i comandi abbiano funzioni molteplici, il feed-back non garantisce all'utente di aver raggiunto lo scopo, causando uno stato di incertezza. Inoltre, se nel momento in cui è necessario apprendere il funzionamento di un oggetto o sistema, questi sono mal progettati, l'alto grado di errore a cui si è esposti, può indurre a un sentimento di frustrazione.

Un altro caso in cui è probabile che si presentino delle difficoltà è quello in cui il numero delle azioni possibili risulta superiore al numero dei comandi, causando confusione.

Per una progettazione consapevole è quindi necessario fare riferimento a due concetti fondamentali dell'ergonomia cognitiva: il concetto di *affordance* e quello correlato di modello concettuale.

L'affordance rappresenta il complesso dei suggerimenti e le possibilità intrinseche che ha

37 A. Lupacchini, *Ergonomia e Design*, Crocci Editore, Roma, 2008

l'oggetto, e si basa principalmente sull'intuitività del prodotto/sistema.

D.A. Norman, nel libro *La caffettiera del masochista*, definisce con questo paragrafo l'intuitività di un oggetto:

«Una piastra liscia è fatta per spingere. Monopole e maniglie sono da girare. Le fessure sono fatte apposta per infilarci dentro qualcosa. Una palla è da lanciare o da far rimbalzare. Quando questi inviti sono opportunamente sfruttati, basta guardare per sapere che cosa si deve fare, senza bisogno di figure, etichette o istruzioni»³⁸.

Il prodotto o sistema deve esprimersi ed essere comprensibile, senza il bisogno di spiegazioni, ma soltanto attraverso l'applicazione dell'esperienza pregressa e dell'applicazione quindi dei modelli mentali.

Il modello concettuale è quindi il mezzo per il quale l'utente elabora l'insieme di inviti e di vincoli di utilizzo incorporati nel progetto.

Questo permette di prevedere gli effetti delle azioni, aspetto che diventa determinante durante l'uso di interfacce sconosciute o particolarmente complesse³⁹.

I modelli mentali rappresentano quindi le forme di conoscenza organizzata che mediante processi cognitivi strutturali forniscono traduzioni delle realtà, consentendo di derivare il comportamento appropriato per situazioni che non si ricordano o non si sono mai incontrate.

All'utente, nel processo di conoscenza di un artefatto, viene richiesta una competenza culturale, generale, sulle interfacce e una più specifica, su una particolare interfaccia.

I possibili percorsi di esplorazione sono dati da quattro diversi tipi di vincoli:

- fisici: riducono il numero di operazioni effettuabili;
- semantici: si fondano sulla conoscenza della situazione particolare;
- culturali: si basano su convenzioni comunemente accettate, sono quindi imposti da usanze consolidate nelle varie culture;
- logici: circoscrivono le possibilità d'uso in virtù del rapporto logico tra disposizione spaziale (o funzionale) dei componenti e le cose da questi controllate.

38 D.A. Norman, *La caffettiera del masochista- Psicopatologia degli oggetti quotidiani*, Giunti, Milano, 1990

39 E. Buiatti, *Forma Mentis - Neuroergonomia sensoriale applicata alla progettazione*, Franco Angeli s.r.l. Milano, 2014

È dunque importante sfruttare le conoscenze dell'utente, le analogie fisiche, cognitive e i modelli culturali per condurlo a una comprensione immediata del sistema o prodotto.

Per riuscirci risulta utile sfruttare il mapping naturale, cioè la correlazione naturale che esiste tra due cose, o tra causa e effetto⁴⁰.

Applicando questi concetti allo strumento che si sta andando a configurare appare logico che l'oggetto sedia debba rimanere riconoscibile nei suoi componenti base (schienale, sedile, braccioli), e che le sue funzioni debbano essere applicate e collegate a questi componenti.

Ad ogni elemento della macchina deve essere chiaramente collegato lo svolgimento di un determinato movimento eseguibile dall'utente, in modo da redere il suo uso inequivocabile e garantire un utilizzo corretto e sicuro.

L'utente, inoltre, durante il primo approccio con la seduta deve essere in grado di comprenderne la funzione riabilitativa, deve quindi essere evidente che non si tratta di una normale sedia, statica, ma piuttosto di una macchina configurata come tale.

40 A. Lupacchini, *Ergonomia e Design*, Crocci Editore, Roma, 2008

Infine dovrà essere garantita la corrispondenza delle parti mobili dello strumento e gli arti dell'utente che devono muoversi con queste. Allo stesso modo il posizionamento dei sistemi di regolazione in corrispondenza del componente da regolare permette di evitare fraintendimenti ed errori da parte dell'utilizzatore.

Un ulteriore aspetto importante nell'interazione con il prodotto è la ricezione di feedback, che aiutano l'utilizzatore sia nel percorso conoscitivo del prodotto, sia nelle fasi di utilizzo.

Un feedback chiaro e immediato, che può essere uditivo o visivo (o entrambi contemporaneamente), rende l'interazione più intuitiva e permette all'utente di comprendere in ogni momento lo stato del sistema. Segnala errori di utilizzo oppure diventa una risposta positiva all'azione che si è svolta sul sistema.

Nell'ambito del progetto, i feedback sono particolarmente importanti per il monitoraggio dei parametri dell'utente e per la sua motivazione attraverso la visualizzazione dei traguardi raggiunti (sforzo fatto, calorie bruciate, distanza percorsa, tempo, ecc.).

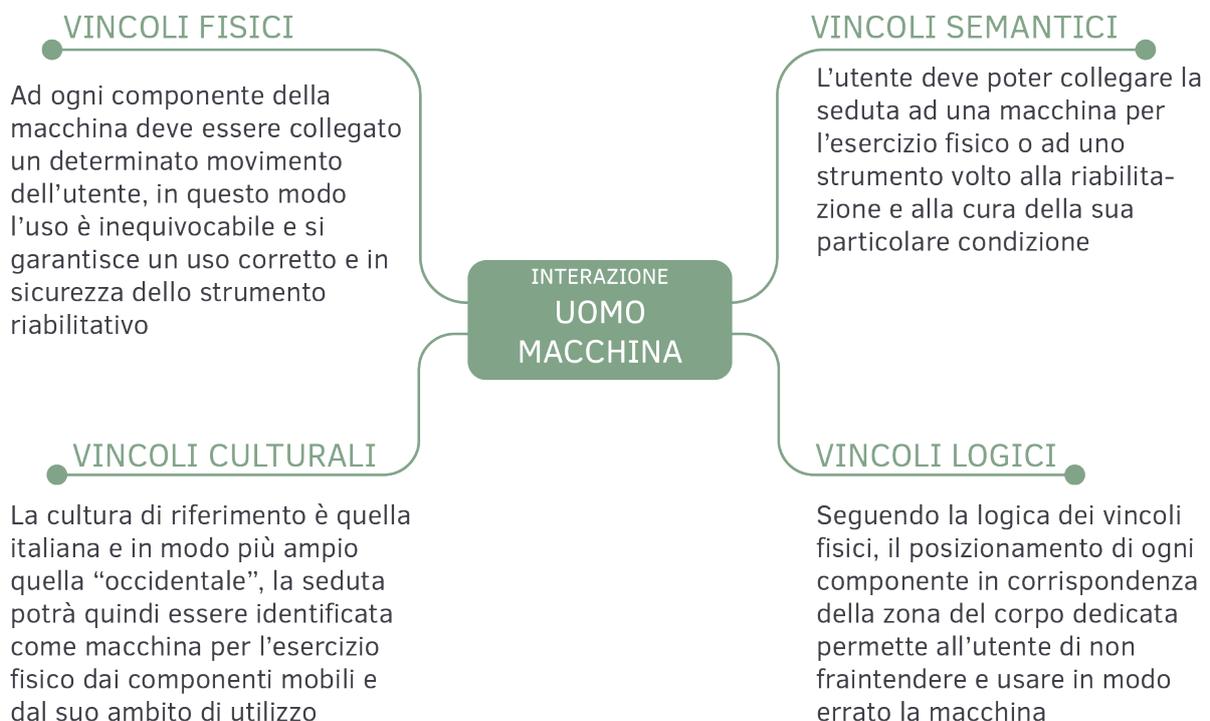


Figura 39: Considerazioni progettuali per quanto riguarda l'ergonomia cognitiva. Elaborazione propria.

4.3. L'ANTROPOMETRIA

L'antropometria è la disciplina che si occupa delle procedure di misurazione dei caratteri del corpo umano valutabili quantitativamente - statura, peso, lunghezza degli arti, ampiezza dei movimenti - e classificabili¹.

Durante la fase di progettazione i dati antropometrici rappresentano una fonte di informazione fondamentale per il dimensionamento dei componenti di un prodotto.

Ciò permette di garantirne una migliore fruibilità da parte dell'utente e di rispondere alle esigenze ergonomiche e di comfort.

Le misure antropometriche si basano su misure standard, suddivise per diverse categorie ipo-

1 A. Lupacchini, Ergonomia e Design, Crocci Editore, Roma, 2008

tetiche di individui. Ciò permette di progettare il prodotto osservando i casi limite relativi al percentile 99 (uomo) e al percentile 1 (donna)² (Figura 40).

Poichè l'utente non è mai riducibile a misure medie (uomo standard), il prodotto dovrà essere pensato per essere utilizzato da tutti gli individui compresi tra i due percentili limite sopra descritti.

I dati che vengono raccolti relativamente alle taglie, agli arti, all'escursione delle articolazioni, sono elementi importanti per stabilire le relazioni che devono sussistere tra la macchina e il soggetto. Il sistema delle articolazioni e la

2 A.R. Tilley, *Le misure dell'uomo e della donna, dati di riferimento per il progetto*, Henry Dreyfuss Associates, Milano, 1994

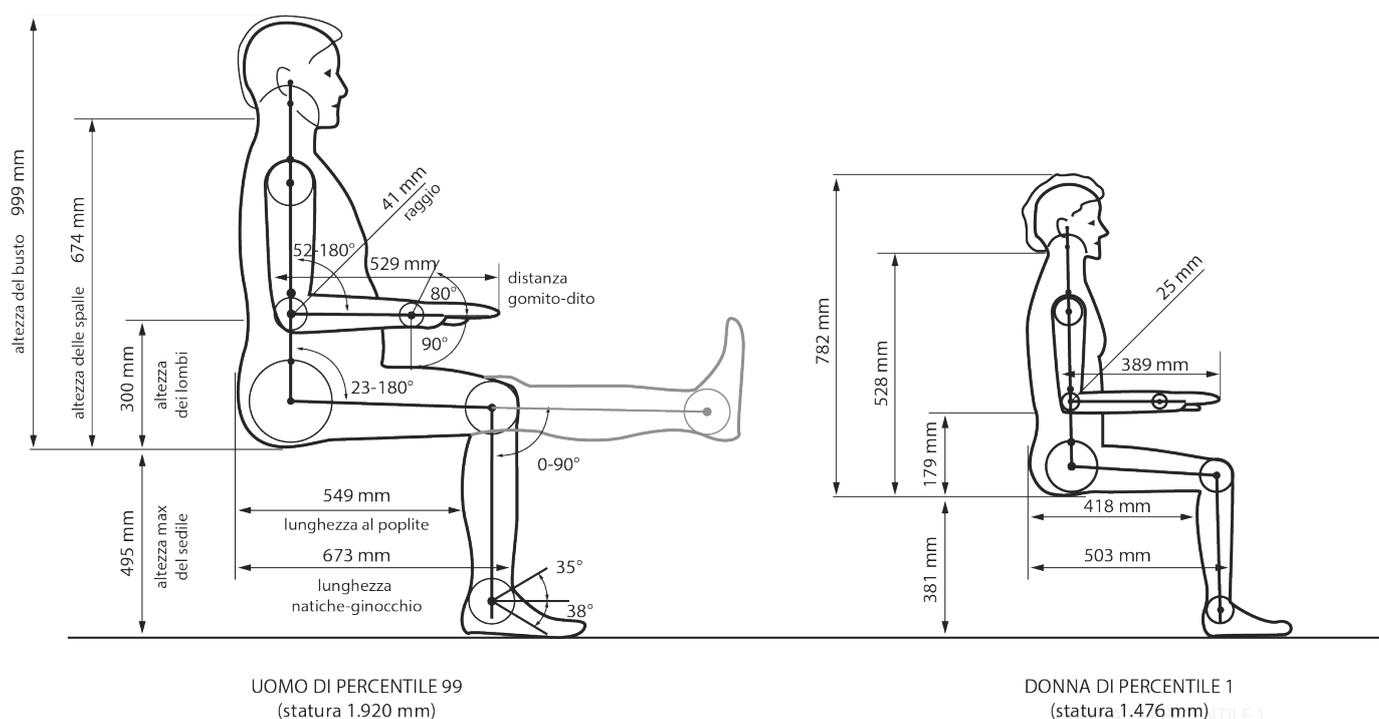


Figura 40: modelli antropometrici di riferimento. Rielaborazione da A.R. Tilley, *Le misure dell'uomo e della donna, dati di riferimento per il progetto*, Henry Dreyfuss Associates, Milano, 1994

Sesso	età	altezza (cm)	peso (kg)	BMI (kg/m ²)	dist. ginocchia int/est(cm)	dist. piedi int/est(cm)	larghezza torace(cm)	larghezza spalle(cm)	larghezza ginocchio(cm)
M	54	174	125,9	41,6	18/55	28/47	50	51	21
M	62	167,5	103	36,7	34/53	40/61	43	48	19
M	57	158	103	41,2	20/51	27/48	52	46,6	22
M	26	171	113	38,6	35/58	32/56	44	51	18
M	53	178	140	44,2	36/60	30/52	48	55	21
M	57	170	88	30	20/41	19/39	42	44	16
M	66	176	133	43	31/51	25/48	40	50	19
F	31	163	83	31,2	15/40	18/35	44	37	17
F	51	157	78,5	33,1	17/43	25/41	39	44	16
F	42	166,5	79,5	28,2	21/40	31/40	40	42	16
F	32	162	109	41,2	16/43	18/38	59	51	29
F	47	155	73,5	30,6	15/33	21/38	31	34	15
F	47	165	111,5	41	18/40	25/41	38	42	20
F	37	166	118	42,8	20/45	20/35	43,2	41	24
F	45	165	115,7	42,5	20/45	19/38	40	50	19
F	44	158	82,4	33	18/40	23/42	42	36	18
F	53	150	91,6	40,7	13/45	25/42	38	41	23
F	57	153,5	79,1	33,8	16/38	19/36	36	43	17
F	48	165	85	31,2	9/32	20/40	40	40	24
F	44	174	94	31	7/25	8/25	37	42	15

Tabella 2: misure prese da un campione di 20 pazienti (13 donne, 7 uomini), con BMI > di 30, in posizione seduta.

loro possibilità di escursione possono essere infatti accostate alle funzionalità di una macchina.

Data la particolarità dell'utenza di riferimento vi sono alcune grandezze che non sono reperibili riferendosi ai percentili a disposizione. Queste riguardano soprattutto le larghezze, che nei pazienti bariatrici variano in modo consistente, mentre lunghezze e profondità possono essere ritrovate nelle misure standardizzate.

Alcuni dati relativi all'utenza sono stati rilevati da un campione di 20 pazienti del centro di chirurgia bariatrica (13 donne e 7 uomini), con BMI > di 30 (condizione di obesità), in posizione seduta (Tabella 2).

Questi comprendono:

- la larghezza del torace,
- la larghezza delle spalle,
- la larghezza del ginocchio
- la distanza interna ed esterna tra le ginocchia
- la distanza interna ed esterna tra i piedi

Per il progetto i parametri che vengono presi in considerazione sono i massimi, per il dimensionamento dei componenti, e i minimi, per stabilire le regolazioni necessarie. Non vengono considerati i parametri medi che vengono invece compresi automaticamente nel range delle regolazioni.

4.3.1. Definizione delle regolazioni

Per far sì che la seduta possa essere adattabile a tutti gli utenti, con caratteristiche ergonomiche e antropometriche molto diverse tra loro, si rende necessario l'inserimento di una serie di regolazioni.

Queste riguardano principalmente l'ergonomia della seduta e si riferiscono in particolar modo all'altezza e alla profondità dei componenti, in modo da garantire il buon posizionamento delle zone di appoggio - sedile, schienale, braccioli, appoggio dei piedi al suolo - e un corretto mantenimento della postura, evitando posizioni dannose per la salute fisica del paziente e scongiurando il pericolo di peggiorare condizioni che spesso sono già critiche.

Le regolazioni da incorporare riguardano:

- l'altezza della seduta (38-50 cm), per garantire l'angolo di 90° tra gamba e coscia, con appoggio dei piedi al suolo;
- l'altezza dei braccioli (18-30 cm), per il mantenimento del corretto angolo del gomito, di 90°;
- la profondità del sedile (42-55 cm) importante per permettere all'utente il corretto appoggio sia della schiena che delle cosce e il mantenimento dell'angolo del ginocchio a 90°;
- la posizione dei supporti lombare e cervicale sullo schienale, per permettere allo schienale di adattarsi alla variabilità degli utenti, garantendo il supporto necessario alle zone lombare e cervicale.

Vi sono infine regolazioni necessarie allo svolgimento degli esercizi fisici e comprendono:

- la profondità del bracciolo, per garantire una presa ottimale della maniglia posta frontalmente;
- la larghezza dei braccioli, che non devono essere posti lontano dal busto per evitare che il movimento svolto durante l'esercizio risulti errato e soprattutto dannoso;
- l'altezza del cuscino posto sull'asta per lo svolgimento degli esercizi degli arti inferiori, che deve essere posto in modo da permettere un appoggio del calcagno o del polpaccio ottimali, a seconda dell'esercizio svolto;
- l'inclinazione di sedile e schienale, per permettere la giusta postura mantenendo comunque un angolo di 90° tra i due componenti (*knee tilt*)

- 1-2 ● altezza supporti schienale
- 3 ● larghezza braccioli
- 4 ● profondità bracciolo
- 5 ● altezza bracciolo
- 6 ● profondità sedile
- 7 ● inclinazione seduta
- 8 ● altezza seduta
- 9 ● altezza cuscino gamba

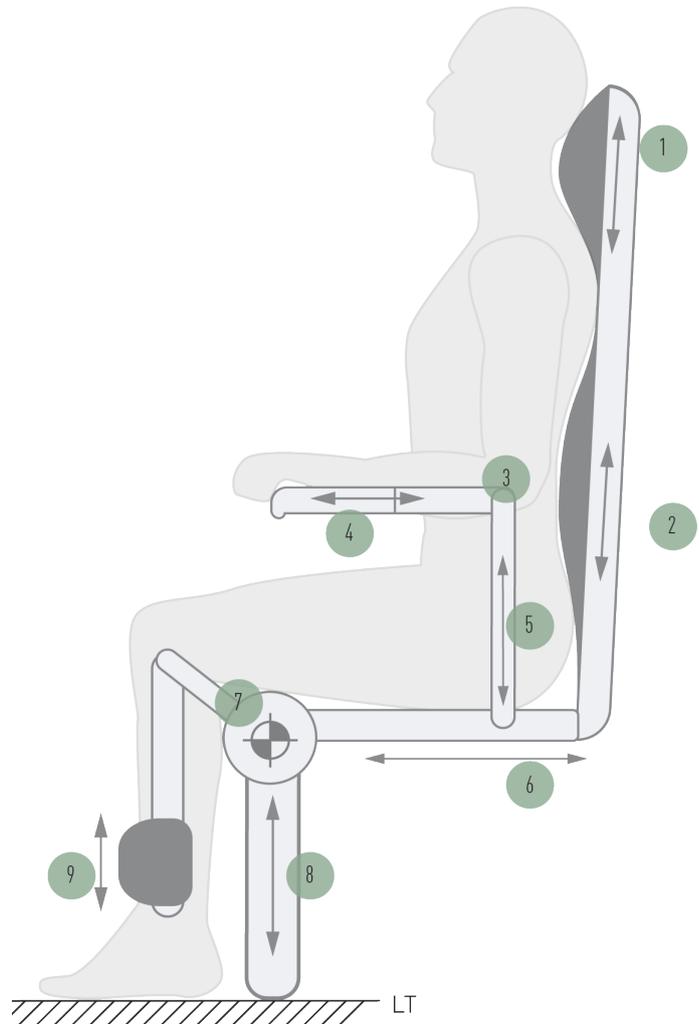
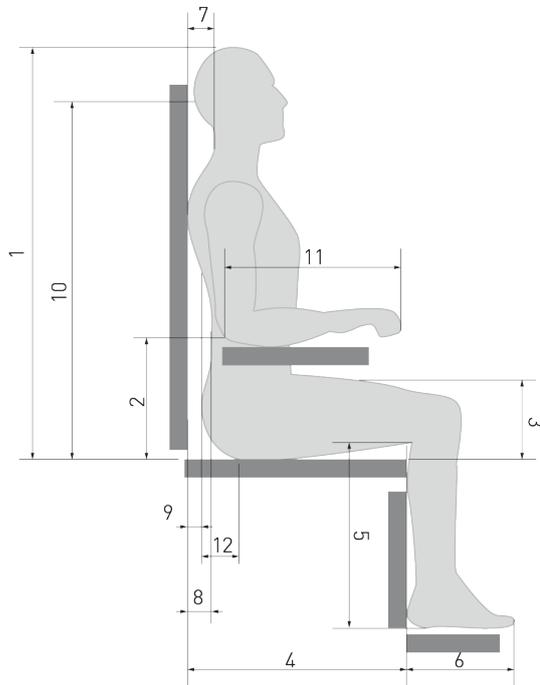
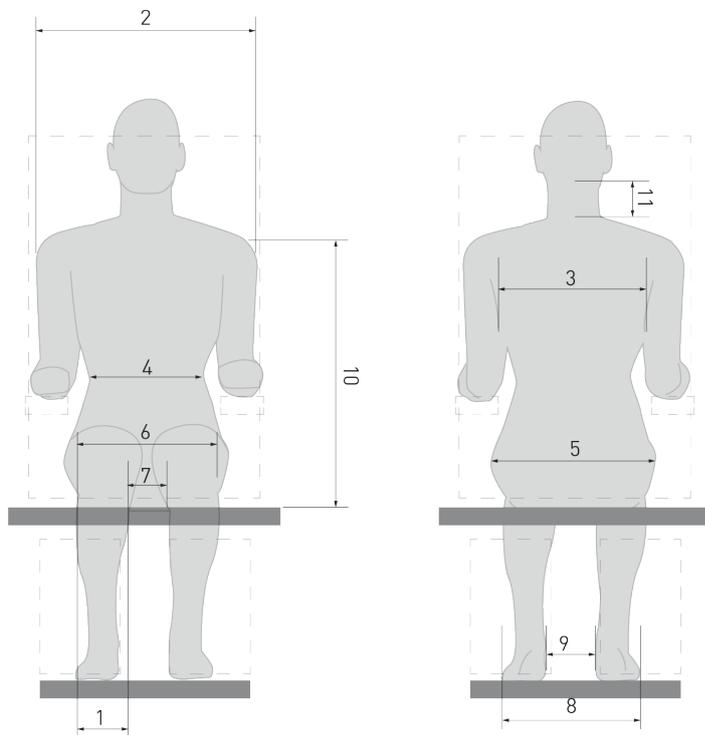


Figura 41: definizione delle regolazioni ergonomiche e funzionali



- 1- maximum sitting height = 100 cm
- 2- elbow height = 30 cm
- 3- thigh clearance = 25 cm
- 4- buttock thigh depth = 55 cm
- 5- lower leg length = 50 cm
- 6- foot depth = 29 cm
- 7- occiput depth = 11 cm
- 8- lumbar curve depth = 10 cm
- 9- thoracic curve depth = 3,5 cm
- 10- occiput height = 86 cm
- 11- arm length = 48 cm
- 12- ischial depth = 13 cm



- 1- knee width = 30 cm
- 2- shoulder width = 51 cm
- 3- chest width = 59 cm
- 4- waist width ≈ 50 cm
- 5- hip width ≈ 80 cm
- 6- external knee width = 60 cm
- 7- internal knee separation = 36 cm
- 8- external foot width = 61 cm
- 9- internal foot separation = 40 cm
- 10- shoulder height = 64 cm
- 11- occiput to C7 = 21 cm

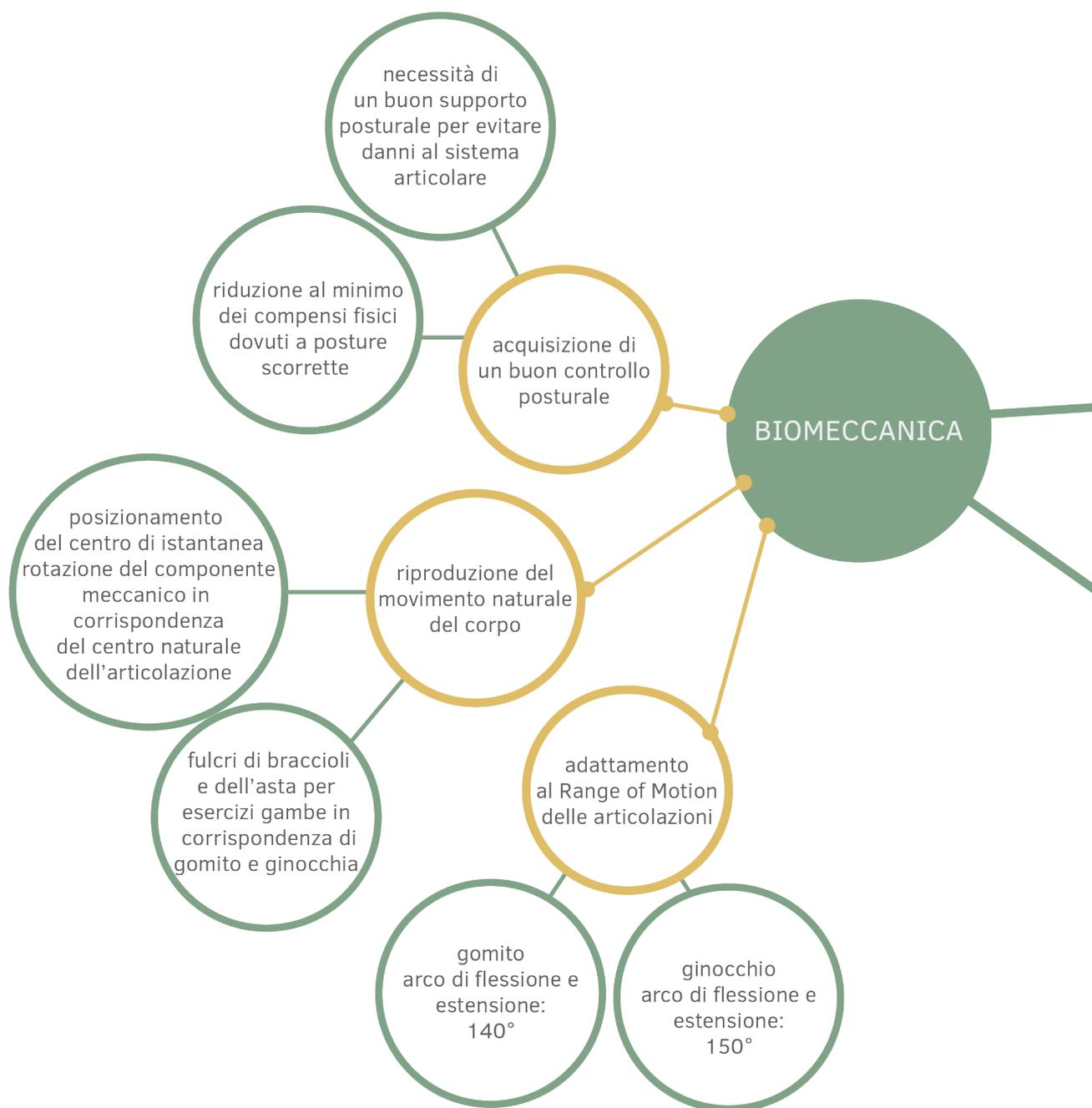
■ misure influenzate dalla presenza di tessuto adiposo (rispetto alle misure antropometriche di riferimento)

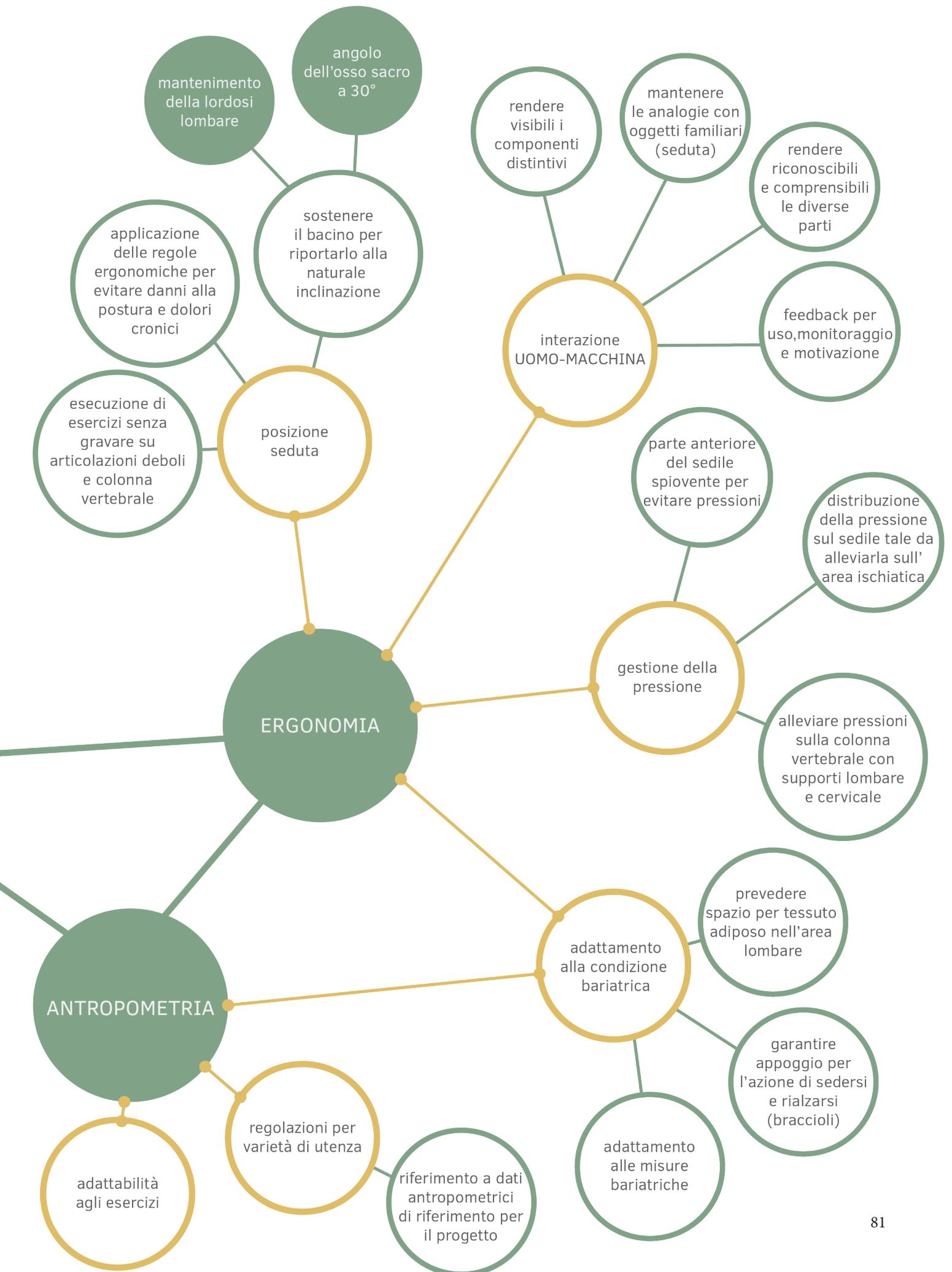
Figura 42: misure dei segmenti antropometrici

4.4. LINEE GUIDA

Giunti a conclusione di questo capitolo è necessario riepilogare gli aspetti più importanti delle varie discipline analizzate per definire quelle che saranno le linee guida del progetto. In seguito queste saranno suddivise per componente, dando la possibilità di visualizzare i

pezzi singoli prima della visione complessiva. Ogni componente infatti ricopre un ruolo diverso all'interno della struttura di questo strumento multifunzionale e deve presentare caratteristiche specifiche.





4.4.1. Lo schienale

Il componente schienale ha una funzione principale che è quella di garantire il supporto alla postura della schiena necessario al fine di evitare sforzi e posizioni scorretti e dannosi per l'utente. Per la progettazione di quest'ultimo è quindi necessario prevedere una sagomatura che segua la curva della schiena, adattandosi alla variabilità dell'utenza, dando un supporto principalmente nelle zone più critiche per il paziente bariatrico come la zona lombare e quella

cervicale (lordosi lombare, cifosi dorsale e lordosi cervicale).

Lo schienale inoltre svolge una funzione di supporto anche per lo svolgimento degli esercizi e deve essere posizionabile in modo corretto, pertanto le regolazioni in altezza e inclinazione risultano fondamentali.

Poichè sono stati scelti degli esercizi che comprendono gli arti superiori, per evitare che questi siano in qualche modo ostacolati, lo schienale deve essere poco avvolgente e abbastanza stretto da permettere la mobilità delle spalle.

Linee Guida



schienale sagomato in modo da seguire la curva naturale della schiena per garantire un maggiore controllo della postura



schienale stretto per permettere una maggiore mobilità degli arti superiori e delle spalle, larghezza massima 50cm, altezza massima basata sul modello uomo percentile 99, 70cm



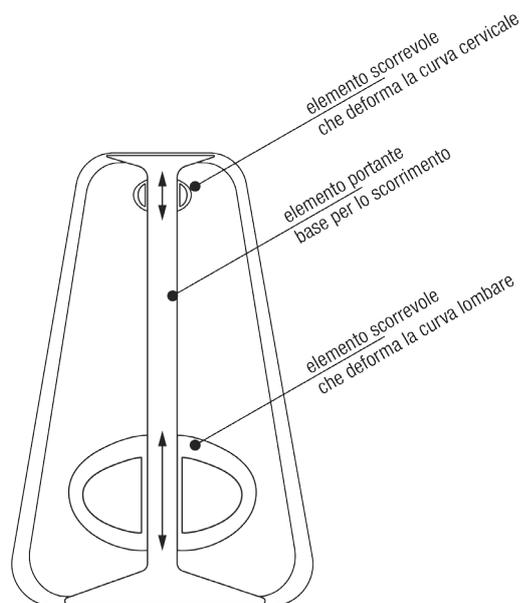
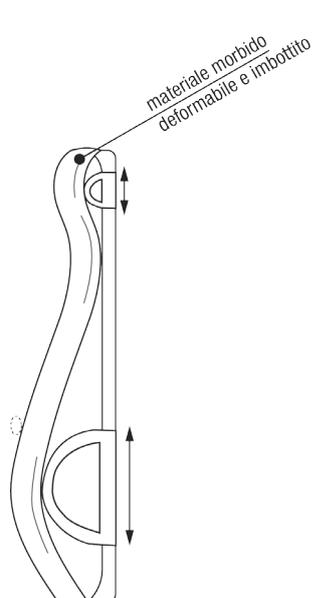
presenza di un supporto lombare regolabile, in grado di adattarsi e sostenere lordosi accentuate, regolabile in profondità e altezza della zona coperta: profondo fino a 10 cm e alto fino a 37cm



lo schienale deve essere inclinabile insieme alla seduta di almeno 10°, per adattarsi alle esigenze di postura dell'utente e a quelle dettate dall'esercizio da eseguire (in particolare gli esercizi per gli arti inferiori).



le curve dello schienale devono essere regolabili in altezza per adattarsi alla variabilità dell'utenza



Concept per struttura schienale

4.4.2. Il sedile

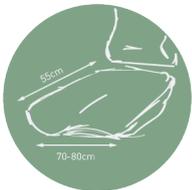
il sedile si inserisce tra i componenti di base della struttura di una seduta. La sua funzione principale è quella di accogliere l'utente e insieme allo schienale di permettergli di mantenere una posizione corretta, sia in posizione di riposo, sia durante l'esecuzione di movimenti, nel nostro caso durante l'esecuzione dei vari esercizi.

Questo componente è anche uno dei maggiori veicoli del comfort della seduta. Alcuni tra gli aspetti più rilevanti sono infatti relativi alla distribuzione della pressione data dal peso in ap-

poggio dell'utente e alla posizione che assumono la zona ischiale e le cosce. La pressione del peso distribuita in modo troppo concentrato in alcune zone, soprattutto quelle in cui le ossa sono più sporgenti verso l'esterno, come la già citata zona ischiale, può portare a sensazioni di dolore e in caso di uso prolungato della seduta a piaghe da decubito. La distribuzione deve quindi essere più possibile uniforme e possibilmente mantenuta sotto la soglia massima di 2.9 kPa (30 g/cm²) nelle aree meno sollecitate, e di 5.8 kPa (60g/cm²)¹.

¹ K. Kamijo, H. Tsujimura, H. Obara, M. Katsumata, *Evaluation of Seating Comfort*, SAE Technical Paper 820761, 1982

Linee Guida



piano di seduta: larghezza determinata da misure standard per pazienti bariatrici (70-80cm) profondità basata sulla lunghezza al poplite del modello uomo percentile 99 (55cm).



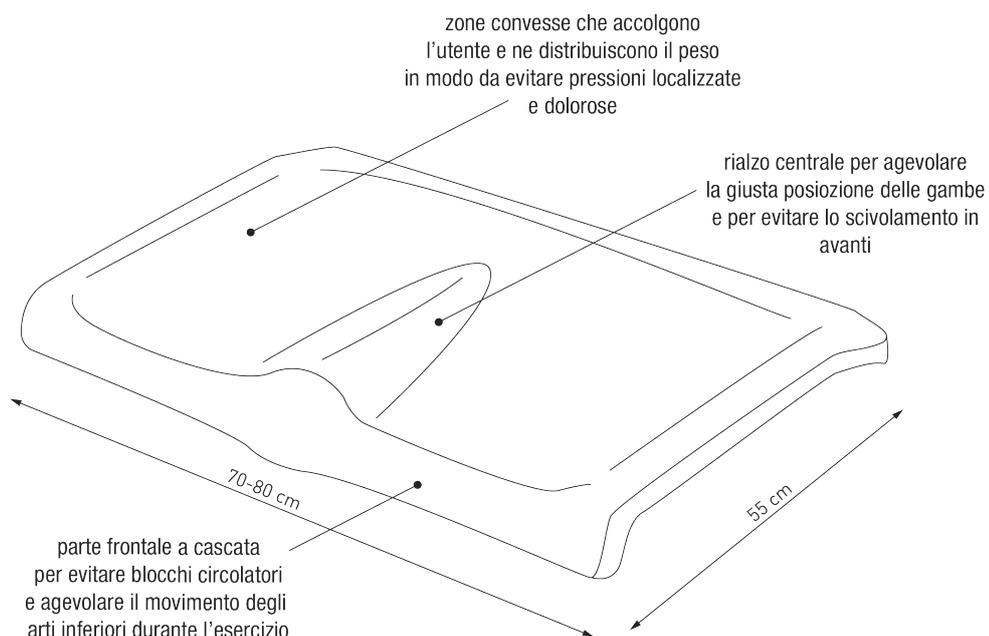
piano di seduta sagomato per evitare pressioni dannose e dolorose nella parte inferiore della schiena e nella zona ischiale, la parte anteriore a cascata per evitare problemi circolatori al livello delle gambe



range di regolazione piano di seduta: regolazione della profondità da 55 a 42 cm (misure uomo percentile 99-donna percentile 1)



seduta inclinabile, insieme allo schienale (almeno 10°), per adattarsi alle esigenze di postura dell'utente e a quelle dettate dall'esercizio da eseguire (in particolare gli esercizi per gli arti inferiori).



Concept sedile

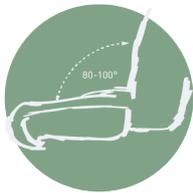
4.4.3. I braccioli

I braccioli sono il terzo componente caratteristico dell'oggetto sedia. Fungono principalmente da elemento di supporto per le azioni di alzarsi e sedersi, particolarmente importanti per l'utenza di riferimento. Nel caso specifico del progetto però, sono usati per lo svolgimento degli esercizi degli arti superiori. Il loro utilizzo per l'esecuzione degli esercizi deve risultare intuitivo per evitare di incorrere in errori e movimenti scorretti.

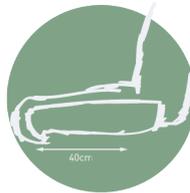
La forma del bracciolo è studiata per accogliere l'avambraccio dell'utente in modo ergonomico. Una maniglia viene posta frontalmente in modo da invitare l'utente ad impugnarla, portandolo a posizionare correttamente il braccio per lo svolgimento dell'esercizio selezionato.

Poiché gli esercizi sono due la maniglia presenta due configurazioni e prese diverse, in questo modo la presa è intuitiva e il movimento che ne consegue è facilmente individuabile dall'utente, evitando errori nell'utilizzo.

Linee Guida



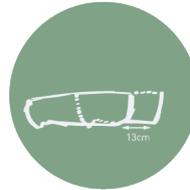
regolazione dell'altezza del bracciolo per adattarsi alla posizione naturale delle spalle dell'utente, mantenendo l'angolo del gomito tra gli 80-100°



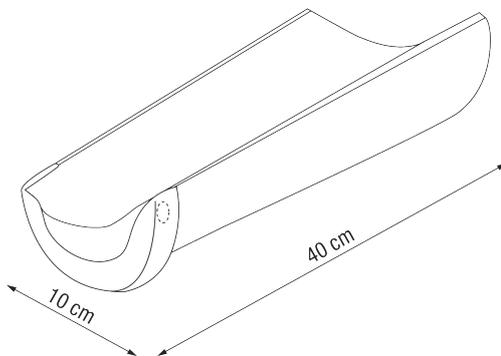
lunghezza del bracciolo basata su modello donna percentile 1 (40cm), larghezza (scelta arbitrariamente per mancanza di dati antropometrici) di 10cm.



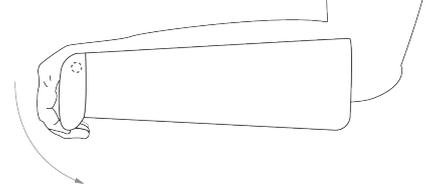
braccioli sagomati per accogliere l'avambraccio e garantire un appoggio ergonomico.



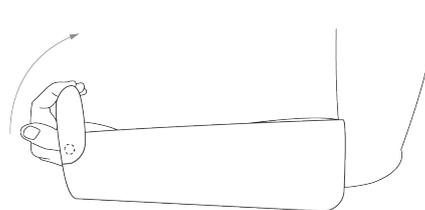
regolazione della profondità del bracciolo (range 10 cm), per adattarsi alla posizione naturale delle spalle dell'utente, mantenendo l'angolo del gomito tra gli 80-100°



configurazione chiusa
parte integrante del bracciolo
triceps pushdowns



configurazione aperta
biceps curls
movimento ripetitivo - stretta sulla maniglia



Concept per braccioli, con focus sulla maniglia e le sue configurazioni aperta e chiusa.

5.1. CASI STUDIO

5.1.1. Metodologia applicata alla scelta

I casi studio sono stati scelti nell'ambito delle macchine per l'esercizio fisico e per la riabilitazione. Si tratta di macchine a cui sono stati applicati sistemi di attuazione innovativi che vanno a migliorare o supportare le dinamiche dell'esercizio fisico.

Si sono dunque scelti alcuni parametri per circoscrivere la ricerca.

Questi sono principalmente relativi alla possibilità di svolgere esercizi fisici e riabilitativi, all'uso della tecnologia per il monitoraggio dei progressi e dei parametri fisici, all'applicazione di sistemi di attuazione innovativi, coinvolti specialmente nella riduzione del carico di sforzo sulle articolazioni.

Sono quindi stati selezionati quattro casi studio tra i quali troviamo macchine multifunzionali, che ci permettono di analizzare la struttura e la disposizione dei diversi accessori per lo svolgimento di più esercizi; e macchine che sfruttano diverse tipologie di resistenze a seconda del risultato atteso, andando oltre il consueto uso dell'attrezzo a pesi.

Ogni caso studio verrà analizzato attraverso l'uso dei seguenti criteri:

- l'uso per il fitness
- l'uso a scopo riabilitativo
- la resistenza regolabile
- presenza di biofeedback immediato
- multifunzionalità
- sistemi di attuazione alternativi



fitness



riabilitazione



resistenza
variabile



biofeedback
immediato



multifunzionalità



sistemi di
attuazione
alternativi

KINEO - Intelligent Load

TIPOLOGIA: macchina per il fitness e la riabilitazione

DESIGNER: /

PRODUZIONE: Globus Corporation

PAESE: Italia

ANNO: 2016

fonti:

www.kineosystem.com

www.sporttechie.com

Kineo intelligent load è una macchina robotica che permette all'utente di svolgere allenamenti fisici e di riabilitazione grazie alla versatilità che presenta nella definizione della resistenza allo sforzo. Attraverso la sua funzione di carico variabile, la macchina permette di eseguire diversi tipi di allenamenti usando il medesimo attrezzo, rendendo quindi la stessa macchina adattabile sia a esigenze di potenziamento che di riabilitazione.

La struttura a totem permette di modificare la configurazione della macchina, permettendo di eseguire esercizi diversi che necessitano di tipologie di attuazione diverse (es. leg extensione ed esercizi con cavi).

La macchina è interamente controllata da un motore e dotata di sensori che permettono di monitorare in tempo reale le prestazioni dell'utente fornendo un feedback immediatamente fruibile su uno schermo.

Per quanto riguarda l'attuazione, la possibilità di applicare un carico variabile e soprattutto diverse tipologie di carico, permette di eseguire anche tipologie di allenamenti diversi come isotonico, isocinetico e isometrico.

Per le attività di riabilitazione, ad esempio, la macchina permette di allenarsi applicando al posto dei pesi tradizionali, una resistenza viscosa che simula la resistenza percepita in acqua, andando a evitare un sovraccarico di muscoli e articolazioni.

La macchina Kineo risponde a tutti i criteri selezionati per la scelta dei casi studio, proponendosi tra gli esempi più validi e innovativi di macchina per l'allenamento funzionale.



Figura 43: Macchina Leg Pro - Kineo Rehab Range

KEISER AIR250

TIPOLOGIA: macchine per il fitness

DESIGNER: Dennis Keiser

PRODUZIONE: Keiser Corporation

PAESE: California (US)

ANNO: 2014

fonti: www.keiser.com

www.keisereurope.com (brochure 2014/15)

Le macchine Keiser si distinguono dal resto del panorama delle macchine da palestra per il loro peculiare sistema di attuazione e resistenza a pistoni pneumatici ad aria compressa.

Questo tipo di attuazione permette di eseguire movimenti veloci a differenza delle macchine con pesi, che a causa dello sforzo gravoso sulle articolazioni e i muscoli costringono a movimenti più lenti e controllati.

La macchina Keiser dà quindi la possibilità all'atleta di allenarsi aggiungendo all'applicazione della forza, la velocità del movimento, aumentando così il livello di potenza muscolare.

Il pistone pneumatico infatti oppone maggiore resistenza se maggiore è la forza applicata.

La versatilità di questo sistema, data dalla regolabilità della pressione e quindi della potenza



applicabile, ha permesso di immaginare campi di applicazione diversi dalla preparazione atletica, come quello dell'allenamento in terza età, che però non sono stati trasformati in veri e propri programmi di riabilitazione.

Anche il monitoraggio e il feedback non sono del tutto sviluppati, ma si limitano a fornire dati quali il numero di ripetizioni e il livello di resistenza con il quale si sta lavorando.

Vi sono alcuni strumenti aggiuntivi (eChip) che permettono di monitorare i valori corporei ed eseguire test fisici.

L'utilizzo dell'attuazione pneumatica al posto di quella tradizionale a pesi rappresenta la vera innovazione di queste macchine che rendono l'allenamento meno dannoso per muscoli e articolazioni e consentono di svolgere un allenamento più funzionale e di potenziamento.



Figura 44: macchina Keiser Air250, Military Press Fitness Machine

HUR - For Lifelong Strength

TIPOLOGIA: macchine per la riabilitazione

DESIGNER: /

PRODUZIONE: Hur

PAESE: Finlandia

ANNO: /

fonti: www.hur.fi

http://sd7.staattinen.fi/sites/www.hur.fi/files/brochures/English/rehab_eng.pdf

Le macchine finlandesi della HUR sono dotate di un sistema di attuazione che replica più possibile la trasmissione naturale del moto (*Natural Transmission TM*). Questo sistema si presta all'applicazione riabilitativa poiché si adatta al movimento naturale del muscolo, a prescindere dalla velocità di esecuzione dell'esercizio. Grazie a questo adattamento le articolazioni non vengono sovraccaricate durante i picchi di sforzo.

Il sistema è realizzato attraverso l'applicazione di pistoni pneumatici e la resistenza è regolabile.

Il sistema di monitoraggio di queste macchine è molto avanzato e permette di possedere una tessera (*HUR SmartCard*) su cui vengono

salvati dati personali, allenamenti e progressi, in modo da poter iniziare ogni allenamento pre-impostato dal fisioterapista o dall'operatore che segue la riabilitazione del paziente, inviando le informazioni direttamente alla macchina. Anche le impostazioni di regolazione della seduta e della resistenza applicata sono registrate e automaticamente impostate attraverso l'uso della tessera.

Questo sistema può essere ritenuto efficace sia per l'utente, che è facilitato nello svolgimento dell'attività e sempre informato sui progressi e sul proprio stato di salute; sia per l'operatore, agevolato nella lettura dei dati e nel monitoraggio del percorso di guarigione del paziente.

Le macchine HUR permettono di eseguire esercizi eccentrici e concentrici sulla stessa macchina, ma non possono essere definite come macchine multifunzionali. Ogni specifico esercizio ha infatti una macchina definita.

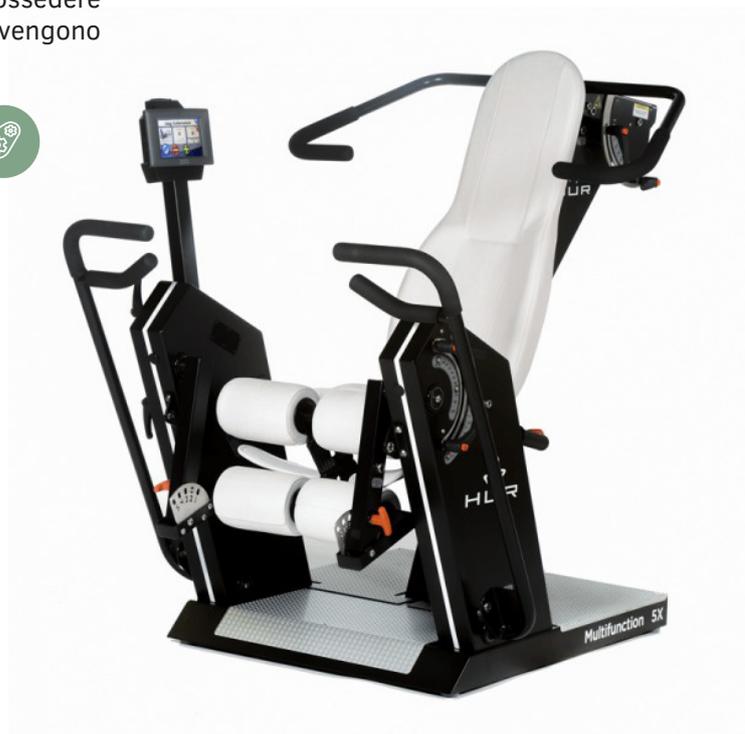


Figura 45: Macchina Hur Leg Extension / Curl Rehab 5530

ARTI REHAB

TIPOLOGIA: macchine per la riabilitazione

DESIGNER: /

PRODUZIONE: Chinesport

PAESE: Italia

ANNO: 2013

fonti: www.ortopediasanitaria.it

www.chinesport.it

La sedia polivalente per la riabilitazione degli arti inferiori e superiori prodotta dalla Chinesport è sicuramente il caso studio meno tecnologico. Non è infatti incorporato nessun sistema di monitoraggio e non vi è la presenza di regolazioni e comandi eseguibili da display. La sedia si presenta come attrezzo composto da pochi elementi ma estremamente versatile poiché permette di riabilitare sia gli arti superiori che quelli inferiori semplicemente cambiando

la posizione sulla sedia e utilizzando in modo diverso il braccio oscillante.

L'entità dello sforzo è regolabile con l'applicazione dei tradizionali carichi, l'escursione del movimento e il punto di applicazione sono regolabili singolarmente.

Lo schienale rappresenta l'elemento mobile che rende la seduta multifunzionale. Posizionato orizzontalmente permette di eseguire gli esercizi per gli arti inferiori in posizione prona.

Questo caso studio è quello che meno si avvicina alle esigenze di progetto ma risulta comunque interessante notare come con pochi elementi il prodotto riesca a rispondere alle esigenze date dal caso.



Figura 46: Sedia Arti Rehab in due configurazioni d'uso

5.2. ANALISI CINEMATICA DELLA SEDIA

5.2.1. Definizione dei sistemi di riferimento

In seguito alla definizione delle linee guida riguardanti l'ergonomia e l'antropometria, e all'individuazione del corretto posizionamento di gomito e ginocchio, fondamentale per l'esecuzione corretta degli esercizi, si può ora procedere con la definizione di schemi funzionali che prendono in considerazione le analisi precedenti, al fine di delineare il layout preliminare della seduta.

In base all'analisi cinematica della seduta e i suoi componenti, verranno definite le esigenze strutturali e meccaniche del progetto.

Per prima cosa vengono resi noti gli elementi fondamentali della sedia individuati in:

- sedile
- schienale
- braccioli
- elementi di appoggio per le gambe

e viene definita la nomenclatura che verrà poi utilizzata negli schemi per riferirsi ai vari componenti:

- S - seat
 - B - backrest
 - A - armrest
 - L - support for legs
 - E - elbow reference
 - K - knee reference
 - W - wrist
 - C - chair
 - Ch - chassis
-
- G - global

La seduta viene rappresentata in modo da rendere visibili i suoi elementi mobili e regolabili. I braccioli e gli elementi di appoggio per le gambe sono definiti come elementi mobili funzionali all'esecuzione degli esercizi e all'interazione utente-sedia, mentre gli altri elementi mobili rappresentano le regolazioni necessarie al corretto posizionamento dell'utente sullo strumento.

Come prima operazione dell'analisi cinematica viene definito il sistema di riferimento globale G. Il sistema di riferimento globale è scelto in modo tale da trovarsi sempre dietro lo schienale e fisso al suolo. In base a questo viene definita la posizione esatta dei sistemi di riferimento locali in tutte le posizioni della sedia.

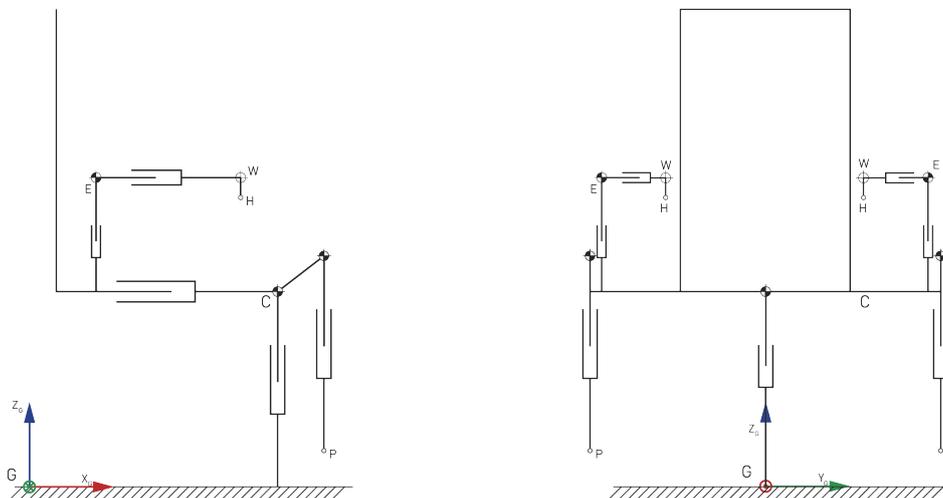
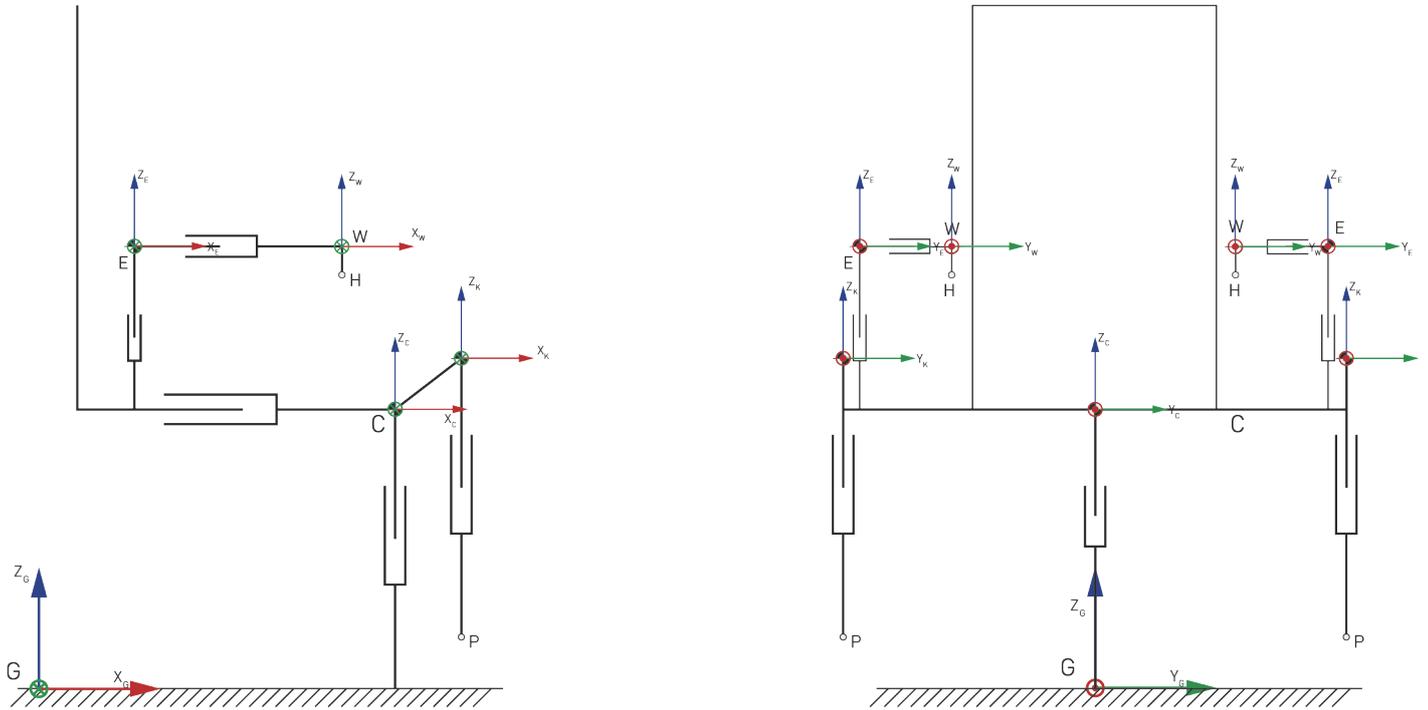


Figura 47: definizione del sistema di riferimento globale (G)

Vengono quindi definiti i sistemi di riferimento relativi ai principali componenti mobili in relazione al sistema di riferimento globale. Questi saranno presi in considerazione nella fase di

definizione delle posizioni massime e minime dei suddetti componenti, per poi procedere alla definizione delle coordinate rispetto al sistema di riferimento globale.



G = Global	S = seat B = backrest A = armrest	L = support for legs E = elbow reference K = knee reference	W = wrist C = chair Ch = chassis
------------	---	---	--

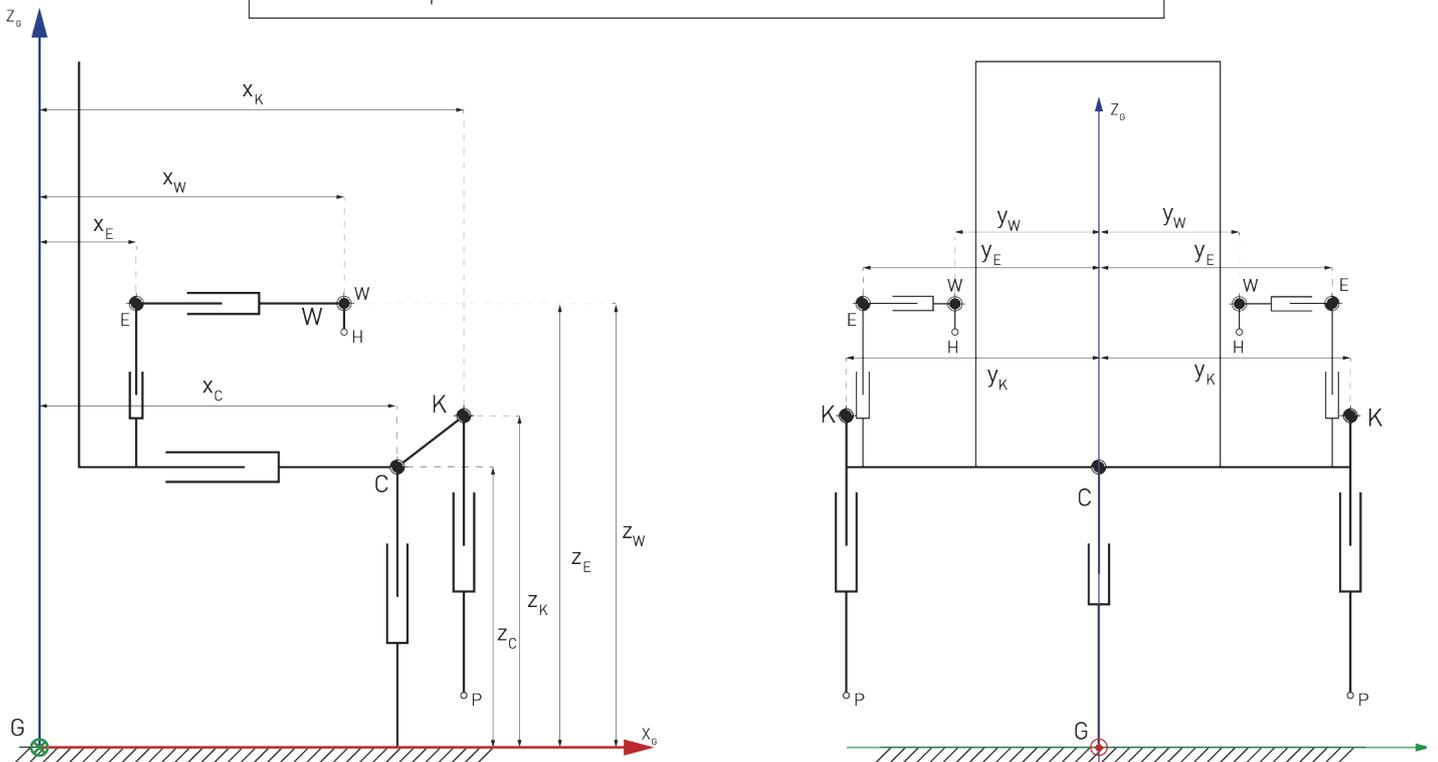


Figura 48: definizione dei sistemi di riferimento relativi ai componenti mobili e delle coordinate corrispondenti, in relazione al sistema di riferimento globale

5.2.2. Definizione della posizione nominale

La posizione nominale della seduta viene definita basandosi sulla postura che l'utente deve mantenere a riposo in posizione seduta (Figura 49).

La postura di riferimento prevede i seguenti aspetti:

- le piante dei piedi devono poggiare al suolo per una distribuzione del peso al suolo;
- i piedi devono formare un angolo di 90° con la gamba;
- la gamba deve essere mantenuta in posizione verticale;
- la coscia e la gamba formano un angolo di $90-95^\circ$;
- il tronco è mantenuto in posizione verticale;
- il braccio forma un angolo di 90° con l'avambraccio.

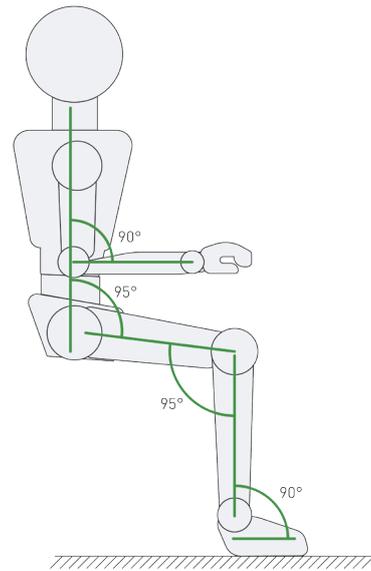


Figura 49: rappresentazione della postura di riferimento in posizione seduta

La seduta configurata in modo che i suoi componenti permettano questa posizione viene considerata in posizione nominale. Da questa posizione vengono calcolate le variabili (spostamenti, rotazioni, inclinazioni e regolazioni) dei componenti mobili.

Tutte le regolazioni, che verranno esplicitate nei prossimi focus, faranno riferimento alla posizione nominale per la definizione della posizione iniziale del componente mobile.

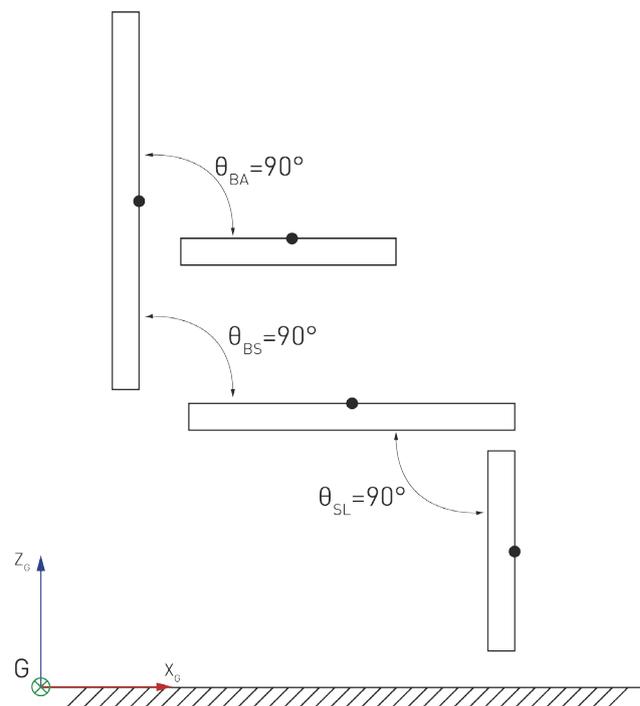


Figura 50: configurazione della sedia con elementi mobili in posizione nominale

5.2.3. Focus sul componente bracciolo

L'analisi dei componenti parte dal bracciolo, elemento fondamentale per lo svolgimento degli esercizi per gli arti superiori, poichè attraverso il suo movimento lo sforzo viene trasmesso dall'utente all'attuatore. Per il bracciolo vengono rappresentati gli schemi funzionali per le viste laterale e frontale (Figure 51 e 52).

I parametri l e d sono coppie prismatiche di regolazione, in particolare l rappresenta la regolazione in altezza del bracciolo che deve posizionarsi in modo da permettere di mantenere l'angolo del gomito a 90° (a riposo, quest'angolo infatti cambia nel momento in cui si svolgono gli esercizi), mentre d rappresenta la regolazione in profondità, funzionale alla corretta presa o impugnatura della maniglia posta sul fronte del bracciolo. Un'ulteriore regolazione, sempre data da una coppia prismatica di regolazione determina la posizione in larghezza del bracciolo (r), che varia in base alla larghezza del torace dell'utente.

La distanza d_{EW} rappresenta la profondità del bracciolo e va da un valore minimo di 35 cm a uno massimo di 53 cm, che corrispondono rispettivamente alla lunghezza dell'avambraccio dei percentili tenuti in considerazione per il dimensionamento del progetto. Il range di regolazione è quindi di 12 cm. Questo segmento sarà costituito dalla struttura portante del bracciolo, che collega il sistema di attuazione al braccio, e dal cuscino, a cui l'utente si appoggia per svolgere l'esercizio.

La distanza l_{EW} definisce la regolazione in altezza del bracciolo. Si tratta della distanza che vi è dal telaio, che può essere identificato nel

sedile, fino all'altezza del gomito dell'utente. Questa può variare da un minimo di 18 cm a un massimo di 30 cm.

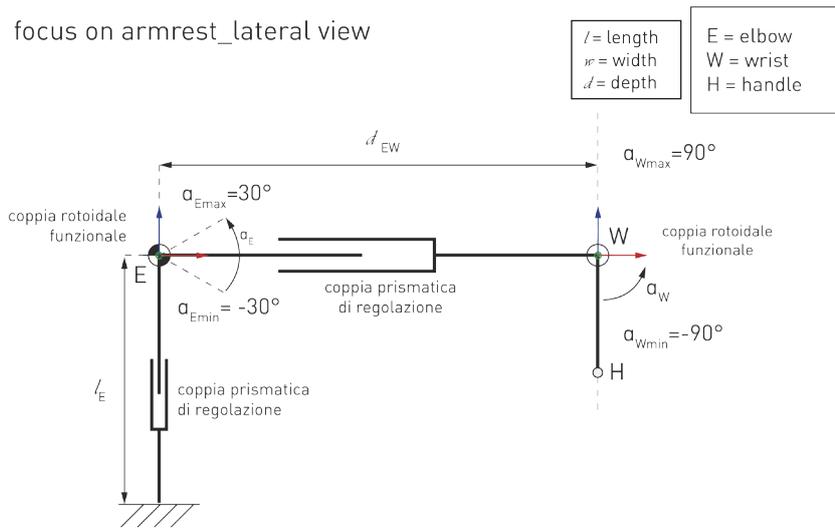
Infine il segmento WH rappresenta la maniglia posta nella parte frontale del bracciolo.

Nei punti E e W si rappresentano due coppie rotoidali funzionali, una fissa al telaio, quella in E, atta allo svolgimento dell'esercizio, l'altra mobile che segue il bracciolo, ed è destinata all'impugnatura e presa del componente.

Il range di rotazione in E viene calcolato tenendo in considerazione l'ingombro del sedile. Questo non corrisponde infatti al Range of Motion massimo consigliabile per l'esercizio, ma a un ROM funzionale allo svolgimento di quest'ultimo con l'esecuzione di movimenti brevi e rapidi. Il range è dunque definito tra i 30° e i -30° (considerando gli 0° in corrispondenza della posizione a riposo, quindi parallelo al suolo). Per quanto riguarda la maniglia invece (coppia rotoidale in W) il range of motion permette una rotazione di 180° (da -90° a 90°). Questa rotazione permette di posizionare la maniglia in modo ottimale per lo svolgimento degli esercizi: -90° per svolgere l'esercizio per i tricipiti, in cui il componente viene spinto verso il basso; $+90^\circ$ per svolgere l'esercizio per i bicipiti e alzare il bracciolo.

Nello schema rappresentante la vista frontale (Figura 52) si nota il parametro r_{EW} che definisce la regolazione del bracciolo in larghezza. Il range di regolazione va dai 3 ai 10 cm (per lato). Questa regolazione è utile al corretto posizionamento del gomito e del braccio che devono trovarsi il più vicino possibile al busto per garantire un corretto svolgimento degli esercizi.

focus on armrest_lateral view



$$d_{EWmin} = 35 \text{ cm}$$

$$d_{EWmax} = 53 \text{ cm}$$

$$l_{Emin} = 18 \text{ cm}$$

$$l_{Emax} = 30 \text{ cm}$$

$$\alpha_{Ei} = 0 = 0^\circ$$

$$\alpha_{Emax} = \frac{1}{6} \pi = 30^\circ$$

$$\alpha_{Emin} = -\frac{1}{6} \pi = -30^\circ$$

$$\alpha_{Wi} = -\frac{\pi}{2} = -90^\circ$$

$$\alpha_{Wmax} = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$$

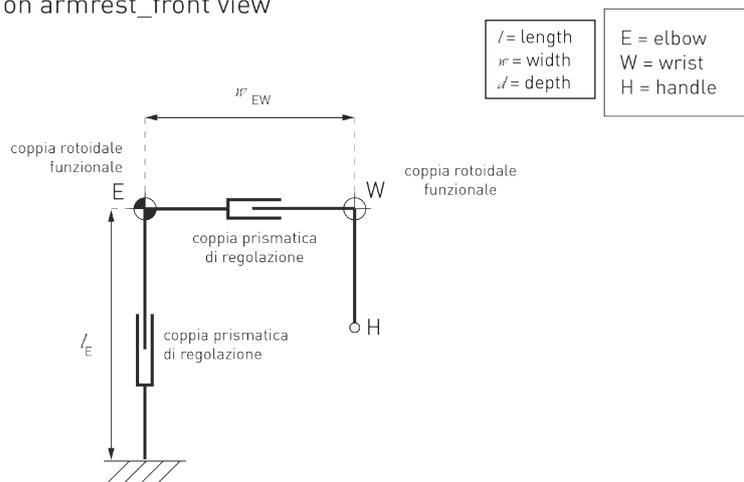
$$\alpha_{Wmin} = -\frac{\pi}{2} = -90^\circ$$

$$d_{EW} \rightarrow d_{EWmin} \leq d_{EW} \leq d_{EWmax} \quad \alpha_{Emin} \leq \alpha_E \leq \alpha_{Emax} \quad \text{d.o.f.} = 4$$

$$l_E \rightarrow l_{Emin} \leq l_E \leq l_{Emax} \quad \alpha_{Wmin} \leq \alpha_W \leq \alpha_{Wmax}$$

Figura 51: schema funzionale vista laterale dell'elemento bracciolo

focus on armrest_front view



$$w_{EWmin} = 3 \text{ cm}$$

$$w_{EWmax} = 10 \text{ cm}$$

$$l_{Emin} = 18 \text{ cm}$$

$$l_{Emax} = 30 \text{ cm}$$

$$w_{EW} \rightarrow w_{EWmin} \leq w_{EW} \leq w_{EWmax} \quad \text{d.o.f.} = 4$$

$$l_E \rightarrow l_{Emin} \leq l_E \leq l_{Emax}$$

Figura 52: schema funzionale vista frontale dell'elemento bracciolo

5.2.4. Focus sul sistema sedile-schienale

Nello schema funzionale (Figura 53) si rappresentano con l_{CH} e d_S le coppie prismatiche di regolazione relative rispettivamente all'altezza e alla profondità della seduta.

La distanza l_{CH} rappresenta l'altezza della seduta che va da un valore minimo di 42 cm a un massimo di 60 cm.

Il valore massimo va oltre quello dato dal riferimento uomo percentile 99 (che sarebbe di 50 cm) per rispondere all'esigenza data dallo svolgimento degli esercizi per gli arti inferiori, di mantenere i piedi sollevati dal suolo.

La distanza d_S si riferisce alla profondità della seduta, importante per garantire una superficie di appoggio del bacino e delle cosce adeguata al supporto del peso corporeo e per mantenere il ginocchio in corrispondenza del giunto di rotazione della macchina. La regolazione deve andare da un minimo di 41 cm a un massimo di 54 cm. Si deve anche ricordare che il paziente bariatrico potrebbe aver bisogno di un piano di seduta maggiore rispetto alla sua altezza

a causa del tessuto adiposo localizzato nella zona lombare. Questo causa uno spostamento del paziente in avanti, rendendo la seduta inadatta al supporto delle gambe e difficoltoso il mantenimento della posizione.

La coppia rotoidale di regolazione posta in C, rappresenta la possibilità di inclinare l'intero sistema schienale-sedile di 10° , questa permette di modificare la posizione del paziente sollevandolo dal suolo e agevolandone l'esecuzione degli esercizi per gli arti inferiori. L'inclinazione è posizionata in C per rispondere all'esigenza di mantenere il centro di istantanea rotazione del ginocchio in corrispondenza del punto K, poiché il meccanismo di attuazione segue il sedile. Con un'inclinazione del tipo *knee tilt* è possibile ottenere questo risultato.

Le distanze l_{BC} e l_{BL} rappresentano i supporti cervicale e lombare che scorrono sul telaio dello schienale, adattandosi così alla curva della colonna dell'utente. Entrambi i supporti presentano un range di regolazione di 12 cm. Questi garantiscono un supporto posturale durante l'esecuzione dello sforzo fisico.

focus on backrest/seat

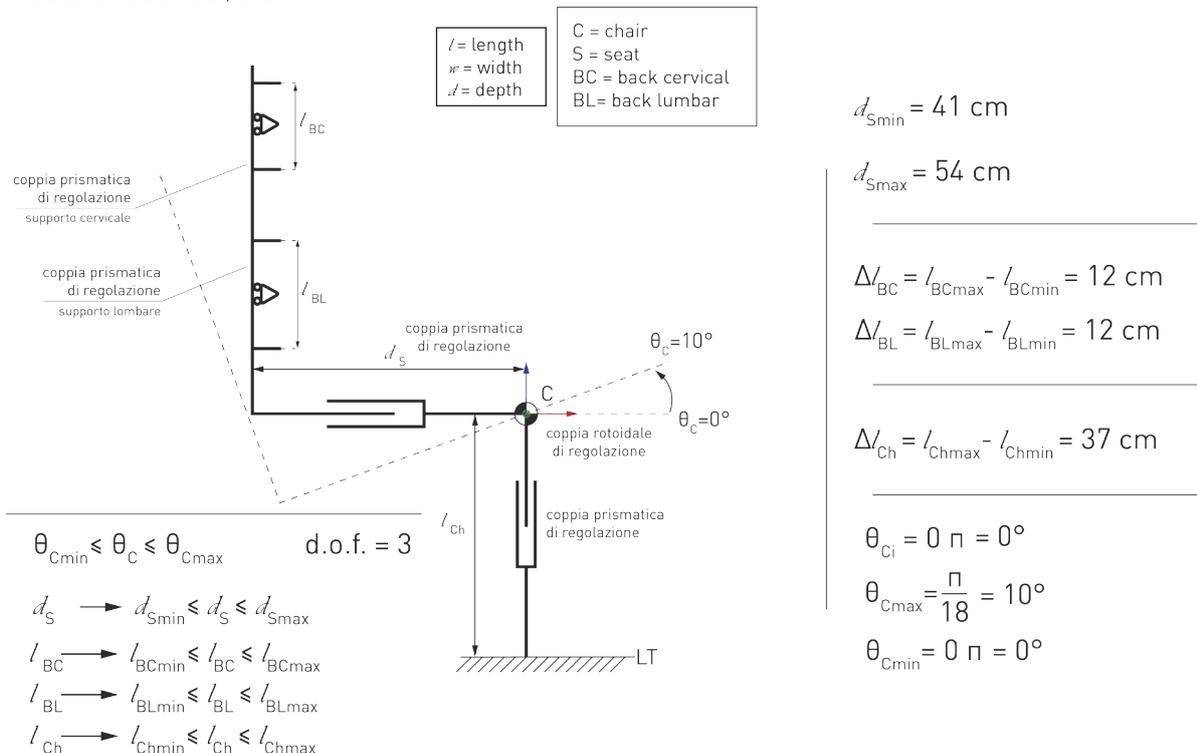


Figura 53: schema funzionale sistema schienale-sedile

5.2.5. Focus sul componente di appoggio per la gamba

Il componente di appoggio per la gamba è principalmente composto da un'asta e da un elemento di appoggio mobile (il cuscino). La possibilità di regolare l'altezza del cuscino sull'asta è data dalla coppia prismatica di regolazione rappresentata nello schema funzionale (Figura 54) come la distanza l_{KP} , che può variare da un valore minimo di 28 cm a uno massimo di 39 cm (si considera l'altezza del cuscino rispetto al suolo).

Gli esercizi vengono svolti sfruttando la rotazione dell'asta, che viene collegata diretta-

mente al sistema di attuazione. La rotazione ha come origine il punto K che viene posto in corrispondenza del centro di istantanea rotazione del ginocchio dell'utente. Il Range of Motion definito per questo elemento è funzionale allo svolgimento degli esercizi, nonostante sia improbabile l'esecuzione dell'arco completo da parte del paziente bariatrico. Il ROM è quindi definito dagli 0° della posizione chiusa, perpendicolare al suolo, e i 110° , della massima apertura. Il movimento della gamba copre al massimo un arco di 90° , a questi vengono aggiunti 20° che dovrà coprire l'asta nel caso la gamba sia appoggiata sulla superficie posteriore del cuscino.

focus on leg support

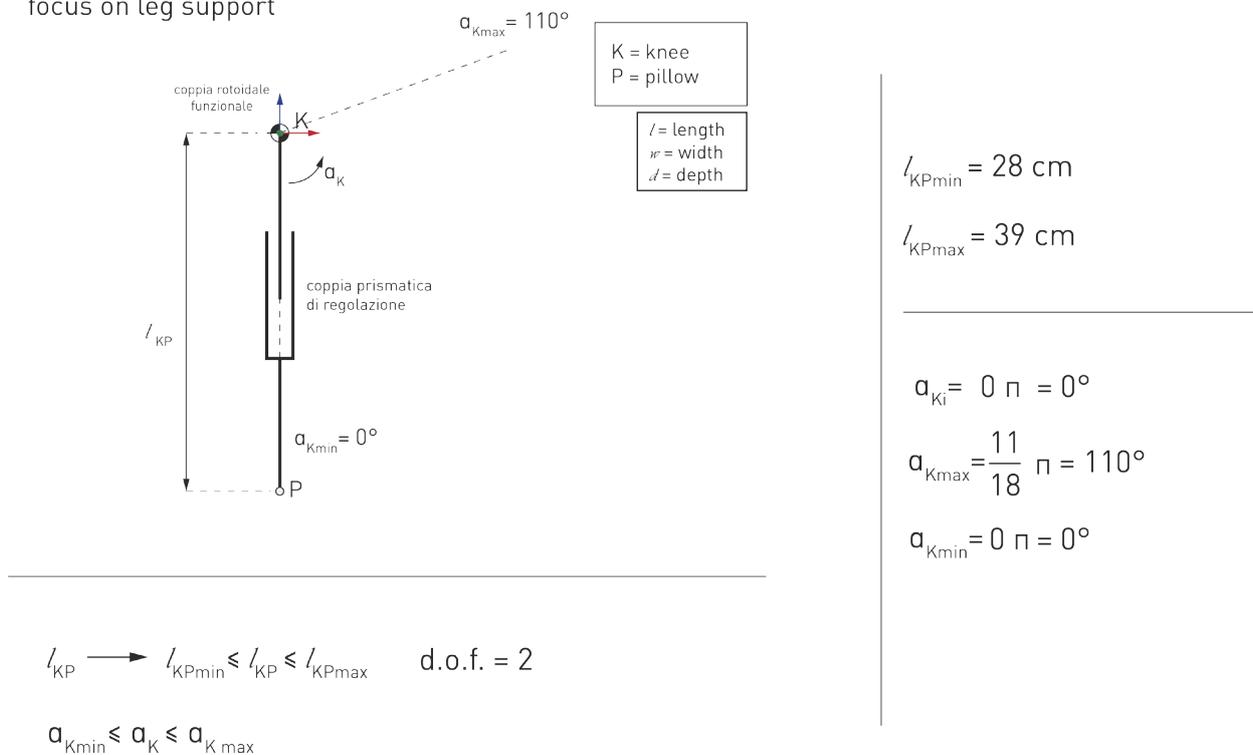


Figura 54: schema funzionale del componente di appoggio per la gamba

5.3. LA DINAMICA

Si passa ora allo studio dello scambio di forze paziente-macchina.

Con uno studio dinamico si vogliono ottenere le forze resistenti al movimento degli arti dell'utente. Il sistema di attuazione scelto è quello pneumatico ad aria compressa, esplicitata precedentemente nella tesi (vedi Cap.3). Questo sistema di attuazione è stato scelto per la possibilità che offre di svolgere un esercizio fisico senza andare a sovraccaricare le articolazioni. Si tratta infatti di un sistema adatto a programmi di riabilitazione poiché il movimento risulta più naturale rispetto a quello che si potrebbe ottenere con il sistema a pesi classico.

Viene definita la geometria per analizzare la direzione delle forze del sistema. La configurazione degli elementi deriva da uno studio preliminare sul posizionamento dei componenti su un eventuale telaio della seduta. Data la necessità di trasformare un movimento angolare in uno lineare, il cilindro viene vincolato con due snodi alle sue estremità. La sua posizione e l'orientamento sono determinati dal tentativo di ridurre le oscillazioni al fine di ottenere un movimento più lineare possibile e garantire un migliore funzionamento del pistone.

Nello schema funzionale in Figura 55 viene ri-

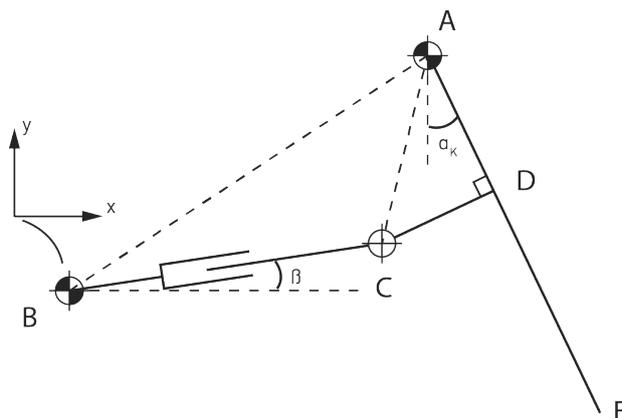


Figura 55: schema funzionale del meccanismo per gli esercizi degli arti inferiori

portato il meccanismo relativo agli esercizi per gli arti inferiori, il cui sistema di riferimento è posizionato in B, con l'orientamento come in figura. Il segmento BC rappresenta la lunghezza variabile del cilindro pneumatico, il segmento AE l'asta che trasmette il movimento dell'utente e il DC il braccio che collega l'asta all'attuatore.

Si vuole esplicitare i termini incogniti in funzione di α . Per questo motivo viene ricavato AC in funzione di questo parametro. Avendo noto il triangolo ADC (Figura 56) si ricavano le proiezioni di AC sull'asse delle x e y in funzione di α : si nota quindi che AC sull'asse delle x è uguale

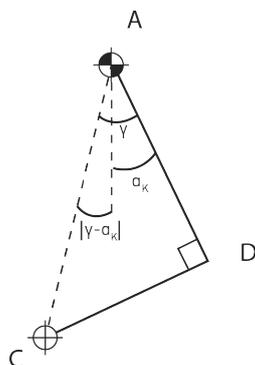
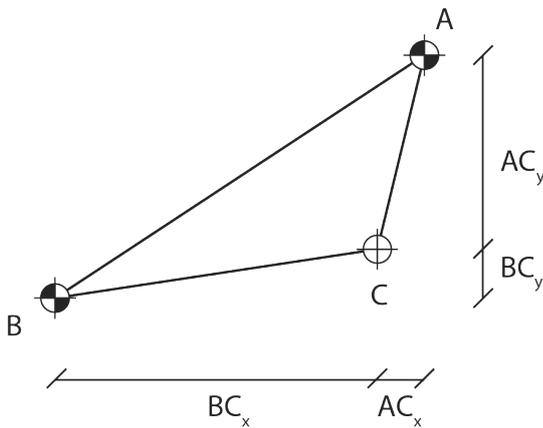


Figura 56: schema da cui si ricavano le proiezioni di AC sugli assi x,y in funzione dell'angolo α .

$$AC = \sqrt{AD^2 + DC^2}$$

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{AD}{AC}\right)$$



$$\begin{aligned} BC_x &= BC \cos \beta \\ BC_y &= BC \sin \beta \end{aligned}$$

$$\begin{cases} AB_x = BC_x + AC_x \\ AB_y = BC_y + AC_y \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} BC_x = AB_x - AC_x \\ BC_y = AB_y - AC_y \end{cases}$$

$$\begin{cases} BC \cos \beta = AB_x - AC_x \\ BC \sin \beta = AB_y - AC_y \end{cases} \quad \beta = \arctg \left(\frac{AB_y - AC_y}{AB_x - AC_x} \right)$$

Figura 57: schema da cui si ricava β in funzione dell'angolo α .

a $|AC \sin(\gamma - \alpha)|$ e sull'asse delle y è $|AC \cos(\gamma - \alpha)|$.

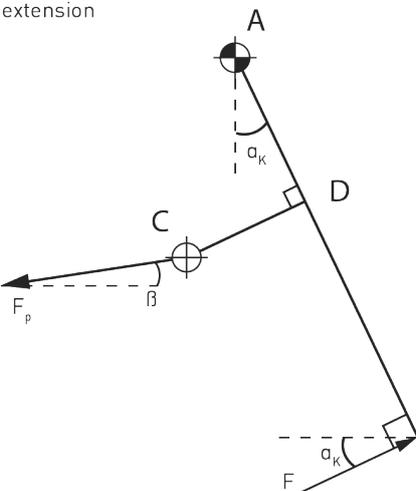
Si può ora ottenere l'angolo β in funzione di α . A tale fine si considerano le equazioni vettoriali del poligono ABC (Figura 57).

Nel diagramma di corpo libero, rappresentante l'asta di appoggio della gamba (Figura 58), si può osservare che le forze che agiscono sono la forza F , cioè la forza applicata dal paziente, che per ipotesi (semplificazione) è considerata costante (sforzo isotonico) e perpendicolare all'asta AE; e la forza resistente F_p esercitata

dall'attuatore. Tutti gli attriti, le masse e le inerzie non vengono considerati poiché il sistema deve essere tale da garantire al paziente uno sforzo minimo nel momento in cui sceglie di effettuare l'esercizio a "corpo libero", cioè in assenza di forze resistenti. Il peso dell'asta e del cuscino, nel momento in cui non si vuole applicare una resistenza deve infatti essere minimo.

F_p , grazie ai calcoli precedenti, è ottenuta in funzione di α , al fine di calcolare la curva di forza del pistone affinché il paziente applichi una forza F costante per α che va da 0° a 110° .

leg extension



$$\begin{aligned} \parallel F_x &= F \cos \alpha \\ \parallel F_y &= F \sin \alpha \end{aligned} \quad \begin{aligned} \parallel F_{px} &= F_p \cos \beta \\ \parallel F_{py} &= F_p \sin \beta \end{aligned}$$

$$\text{A) } F_x \cdot AE \cos \alpha + F_y \cdot AE \sin \alpha - F_{px} \cdot AC_y - F_{py} \cdot AC_x = 0$$

$$\Rightarrow F_x \cdot AE - F_p \cos \beta \cdot AC_y - F_p \sin \beta \cdot AC_x = 0$$

$$\Rightarrow F_p = \frac{F \cdot AE}{AC_y \cos \beta + AC_x \sin \beta}$$

Figura 58: diagramma di corpo libero dell'asta di appoggio per la gamba, durante l'esercizio leg extension

Per quanto riguarda il leg curl (Figura 59) viene considerata una forza F_l , rappresentante il peso esercitato sulla superficie d'appoggio dall'arto del paziente. Questa forza, solitamente trascurabile, viene considerata principalmente per due motivi: la mole e il peso considerevole dell'arto dell'utente ed il sistema di attuazione scelto.

Nel caso questo non venisse considerato, il sistema che durante l'esercizio deve tornare verso l'alto, non riuscirebbe a vincere il peso

della gamba, e tenderebbe a scendere. L'attuatore deve quindi essere tarato per resistere a questa forza. Il funzionamento è analogo a quello descritto nello schema relativo alla leg extension, con la differenza che il movimento e di conseguenza l'azione delle forze, è invertito.

La forza F_p non è altro che la differenza di pressione tra una camera e l'altra del cilindro pneumatico, come mostrato nel diagramma di corpo libero dello stelo in figura 60.

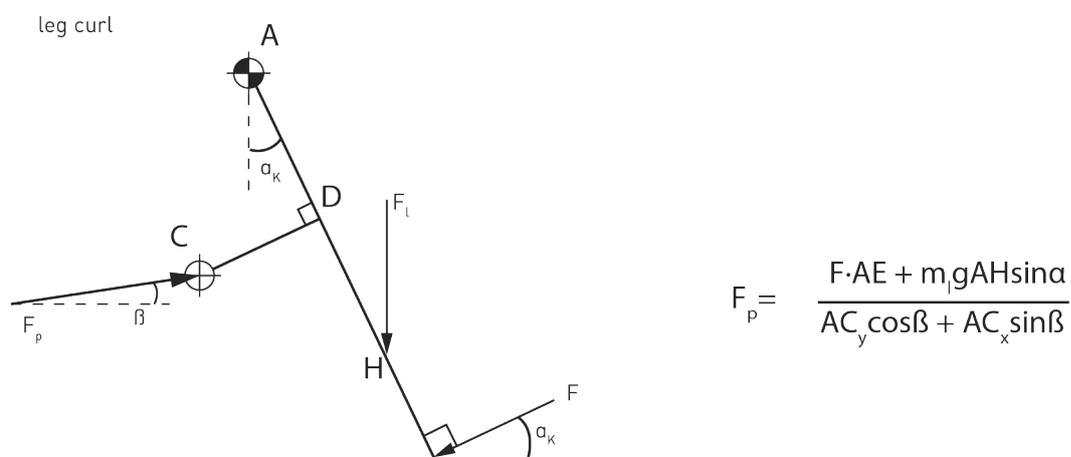


Figura 59: diagramma di corpo libero dell'asta di appoggio per la gamba, durante l'esercizio leg curl

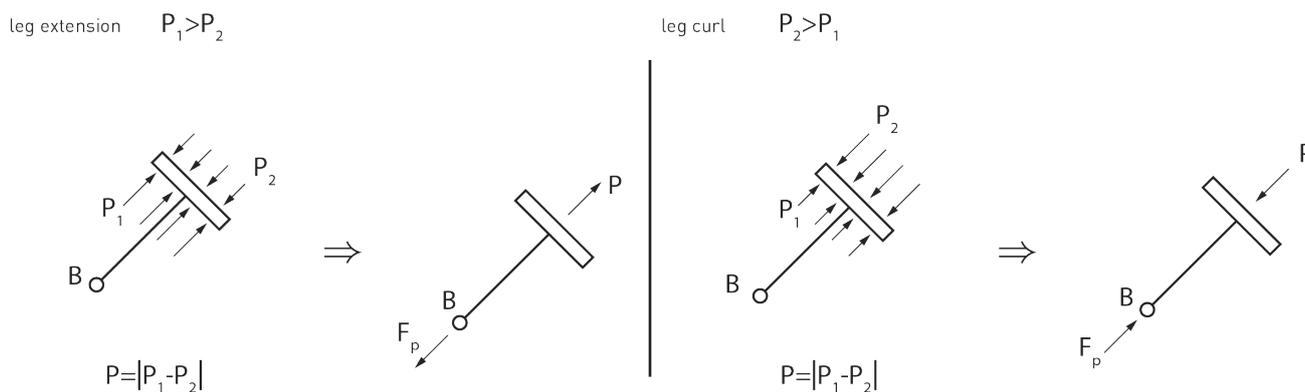


Figura 60: diagrammi di corpo libero dello stelo del cilindro pneumatico analizzati nelle due opzioni possibili.

È stata eseguita un'analisi analogica sul meccanismo adibito agli esercizi degli arti superiori. Nello schema funzionale (Figura 61) il segmento CD rappresenta il braccio, nel punto A la coppia rotoidale rappresenta quello che nell'analisi cinematica era il centro di istantanea rotazione del gomito (E), infine CB rappresenta la lunghezza variabile del cilindro pneumatico. Il sistema di riferimento è orientato come in figura e centrato nel punto B.

Osservando i diagrammi di corpo libero per il meccanismo del braccio possiamo notare le stesse dinamiche descritte per il meccanismo precedente. Le forze agenti sono la forza F , esercitata dalla spinta dell'utente sul componente braccio; e la forza F_p , forza resistente, esercitata dal pistone. Come nel caso precedente, per l'esercizio dei tricipiti, viene considerata la forza data dal peso dell'arto del paziente (F_a), che deve essere vinta dalla forza F_p (Figura 62).

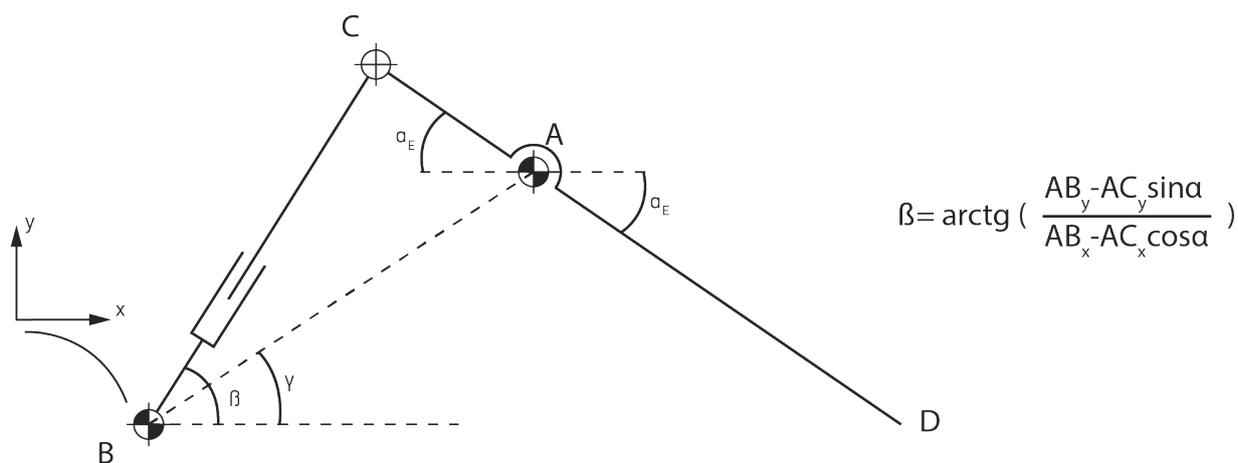


Figura 61: schema funzionale del meccanismo per gli esercizi degli arti superiori

triceps pushdowns

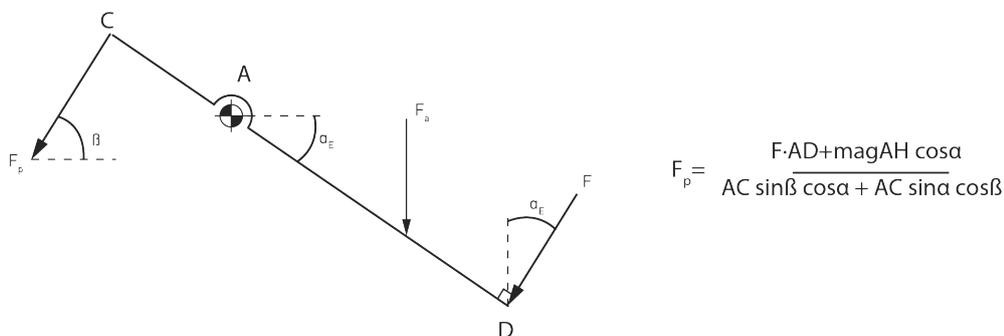


Figura 62: diagramma di corpo libero del braccio, durante l'esercizio triceps pushdown

biceps curl

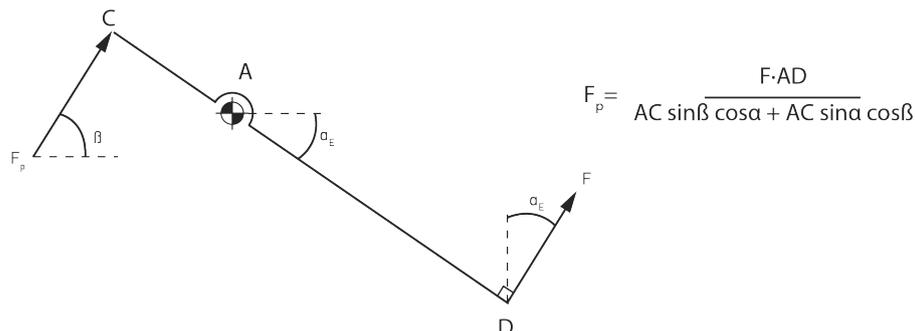


Figura 63: diagramma di corpo libero del braccio, durante l'esercizio biceps curl

5.4. IL PROGETTO ESECUTIVO

Il layout della seduta si presenta come una poltroncina dotata di elementi mobili per l'esercizio fisico. Tutti i meccanismi e i sistemi di attuazione sono nascosti alla vista per una resa maggiormente rassicurante e una sensazione di maggiore sicurezza. L'obiettivo è quello di camuffare la macchina per evitare associazioni con l'ambiente della palestra.

Per un maggior comfort l'intelaiatura è stata quasi completamente ricoperta da un sottile strato di imbottitura, in modo da coprire eventuali spigoli o sporgenze pericolose del telaio in acciaio.

Le superfici di appoggio, sedile, schienale, cuscini dei braccioli e cuscini di appoggio per le gambe, sono progettati per supportare l'utente durante lo svolgimento degli esercizi. Le superfici per l'appoggio degli arti sono inoltre state modellate in modo ergonomico per rendere chiari i punti di appoggio ed aiutare l'utilizzatore nella fase conoscitiva del sistema a capirne le diverse configurazioni e i diversi usi.

Gli aspetti ergonomici sono stati rispettati nella forma del sedile, progettato con la parte frontale a cascata, nello schienale, dotato dei supporti necessari a mantenere la giusta curva della colonna vertebrale, e nelle superfici di supporto di braccia e gambe dotate di una forma convessa che accoglie l'arto in modo intuitivo avvolgendolo.

La seduta presenta tre principali configurazioni: quella totalmente chiusa, adatta allo svolgimento degli esercizi per gli arti superiori per un'utenza vicina al percentile antropometrico di riferimento donna 1; quella aperta, che permette lo svolgimento delle stesse attività, adattandosi però a utenze di diverse misure; infine quella aperta inclinata, che permette lo svolgimento degli esercizi per gli arti in-

feriori, per tutti i tipi di utenza.

Due accorgimenti sono stati inseriti nella progettazione della struttura della seduta, entrambi si riferiscono alla sua mobilitazione.

Il primo riguarda la profondità massima della seduta in configurazione chiusa, che è stata mantenuta a valori minori di 90cm, per permetterne il passaggio attraverso le porte che in ambito ospedaliero sono progettate con un'ampiezza minima di 95cm¹. Non potendo mantenere in questi limiti la larghezza della seduta (solo la larghezza del sedile è di 80cm) si è limitata la sua profondità.

Il secondo accorgimento riguarda il trasporto della seduta e concerne la previsione di fori con un'altezza di 8cm e una larghezza di 20 cm alla base della seduta per permettere l'inserimento di un transpallet e permetterne una facile mobilitazione.

¹ P. Buxton (edited by), *The Metric Handbook. Planning and Design Data*, Fifth Edition, Routledge, NY, 2015

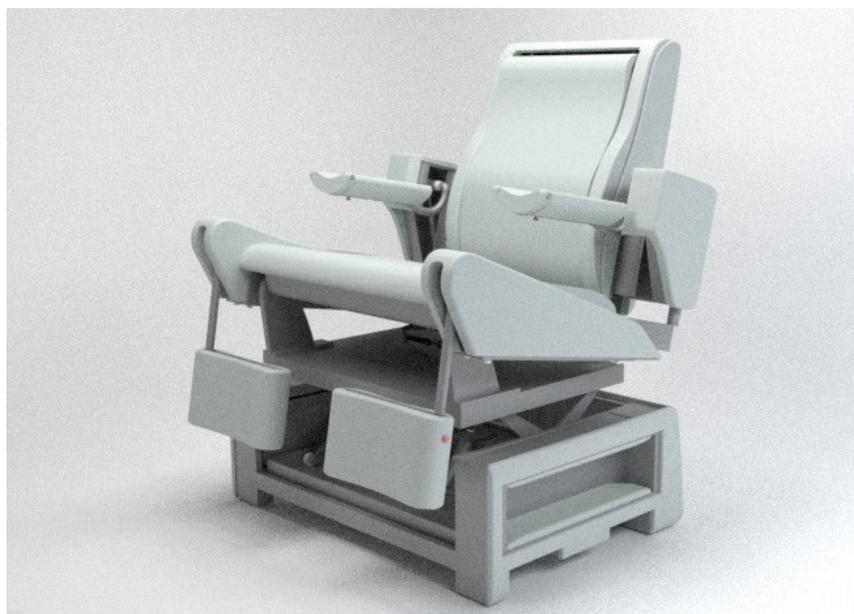
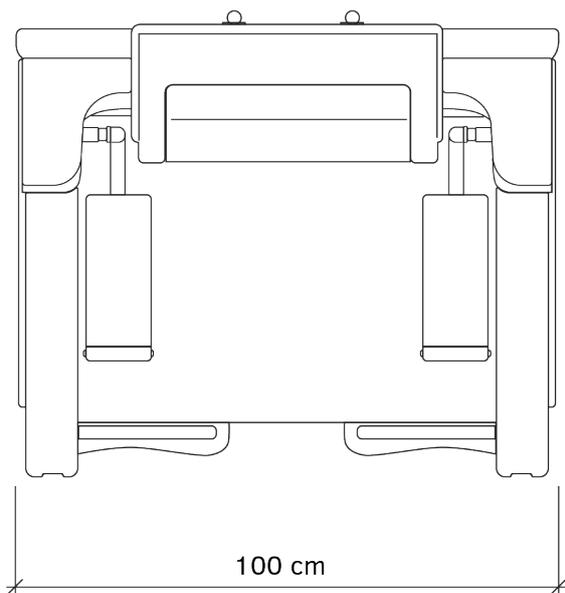
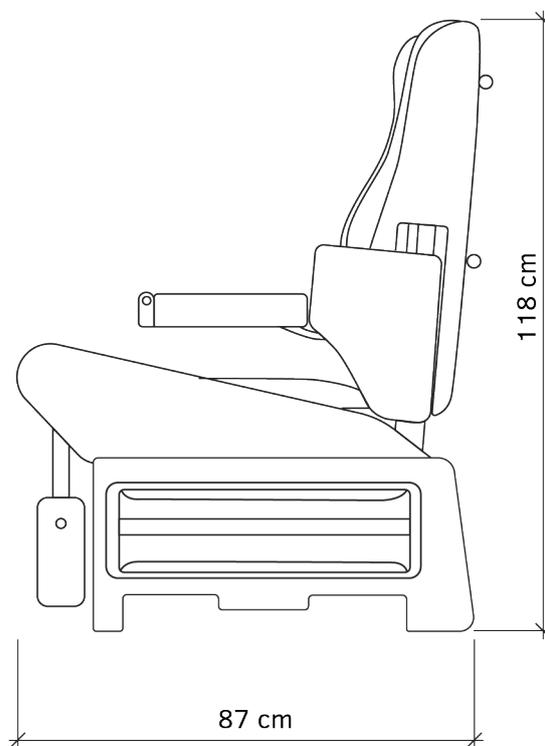
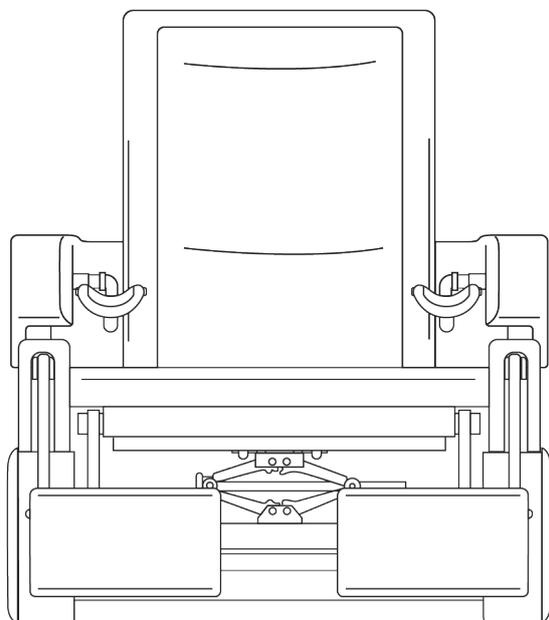
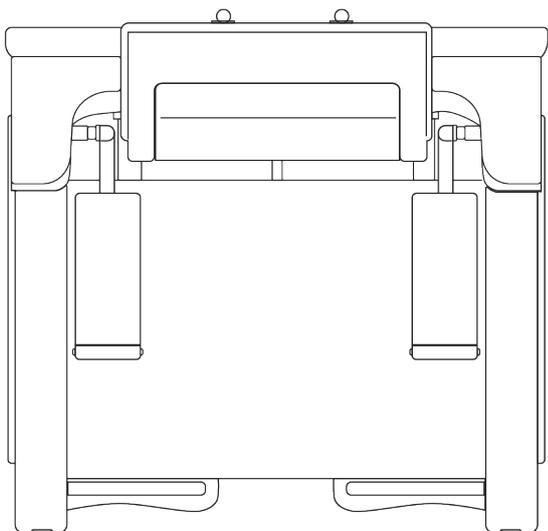
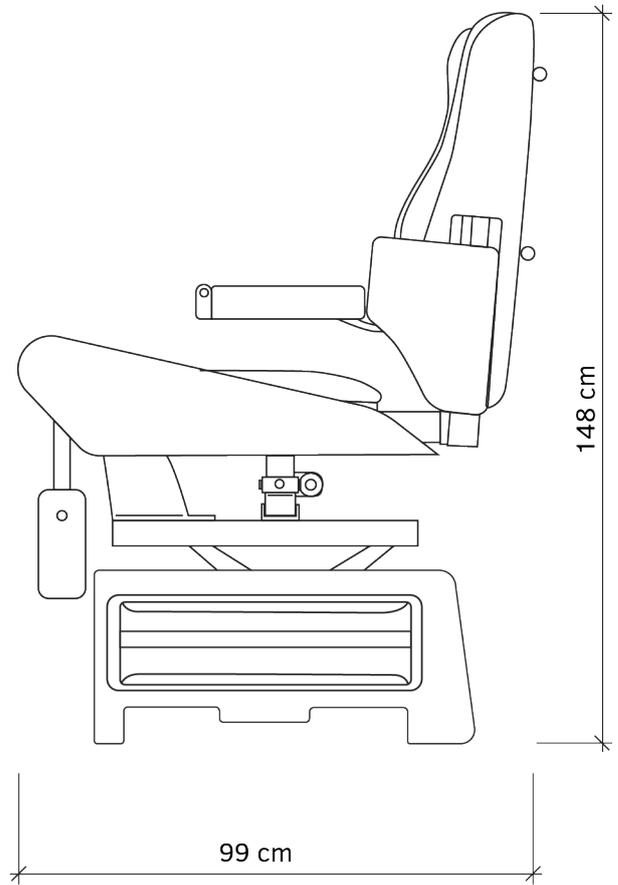
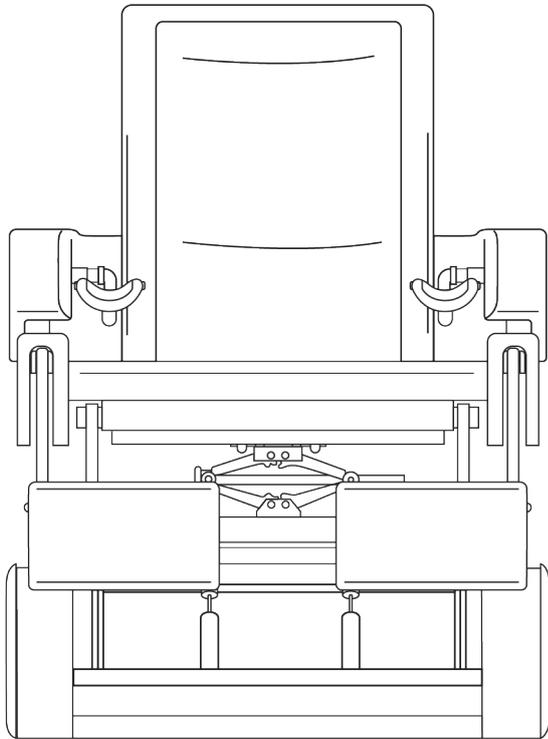


Figura 64: rappresentazione tridimensionale della seduta in configurazione inclinata

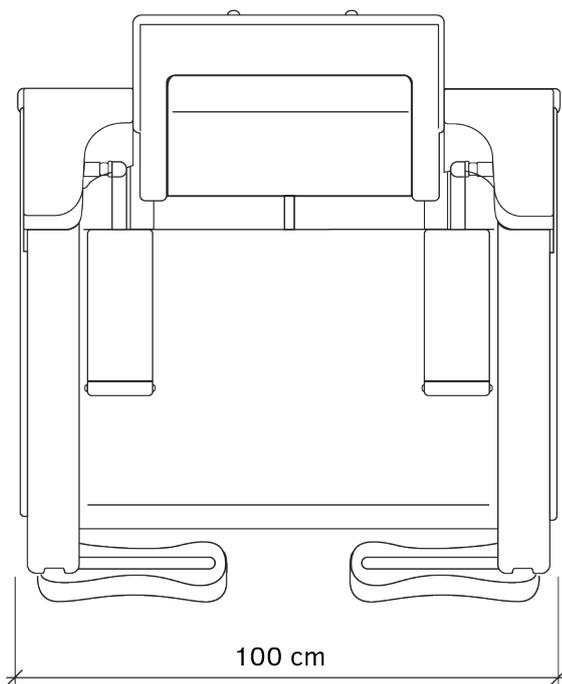
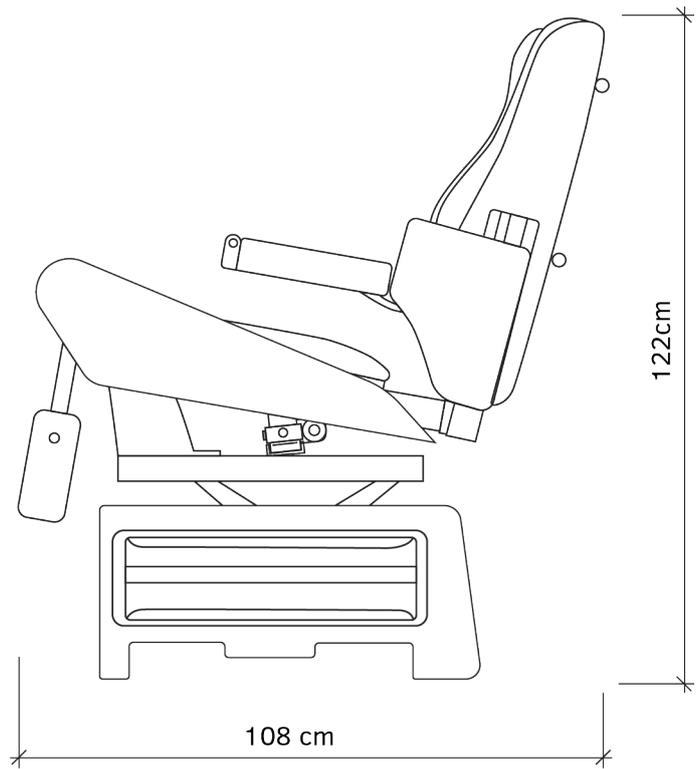
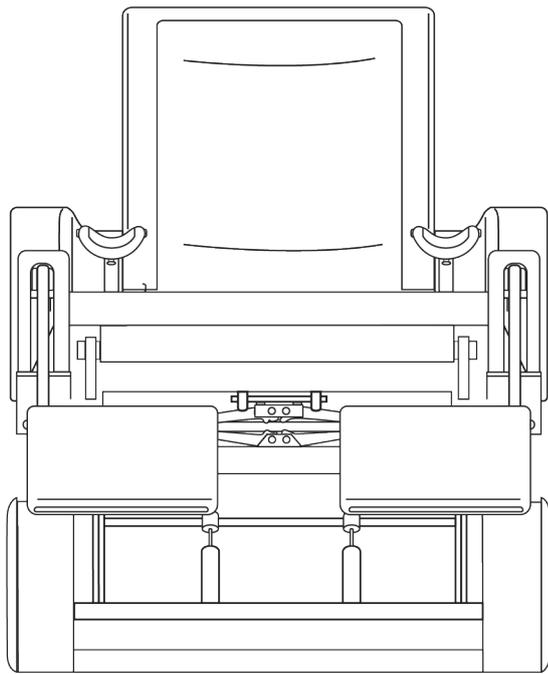
Progetto - viste sedia chiusa



Progetto - viste sedia aperta



Progetto - viste sedia inclinata



5.5. STRUTTURA E REGOLAZIONI

Svolta l'analisi cinematica del sistema, e vista la dinamica dei meccanismi di attuazione, si può procedere con la definizione della struttura portante.

Questa non vuole essere una struttura definitiva poiché manca di un'analisi strutturale che la convalidi. Si propone come modello di prova, che fornisca una linea guida per la realizzazione di quest'oggetto complesso, tenendo in considerazione l'insieme delle regolazioni e dei movimenti necessari alla funzionalità della seduta.

Partendo dall'analisi cinematica si è ipotizzato un doppio telaio: il primo, fisso al suolo, a cui la struttura si appoggia in configurazione chiusa; il secondo mobile, costituito dal meccanismo per la regolazione in altezza e da quello per l'inclinazione della seduta.

I meccanismi per la realizzazione di queste regolazioni sono stati selezionati tra quelli esistenti usando un criterio di adattabilità al carico applicato, un carico considerevole se si considera che il peso medio dell'utenza è di 180 Kg.

Per quanto riguarda la regolazione in altezza è stato posto un tavolo elevatore all'interno del telaio fisso, della larghezza della seduta, in modo da fornire una base solida alla macchina. Il tavolo elevatore, oltre a essere solido e capace di sostenere carichi considerevoli, rende anche la regolazione in altezza versatile e adattabile alla variabilità antropometrica dell'utenza.

La seduta viene alzata ulteriormente per permettere l'inclinazione *knee tilt* del sistema schienale-sedile. Quest'ultima è realizzata grazie all'incernieramento del sistema sulla parte frontale con l'applicazione di un asse di rota-

zione, e dall'inserimento di un cric a pantografo elettrico, articolato alla struttura del sedile e al tavolo elevatore, che ne permette l'inclinazione. La regolazione della profondità della seduta è svolta attraverso lo scorrimento del telaio dello schienale sul sedile. Questo è realizzato inserendo un sistema di tubi che scorrono sotto il sedile mossi da un attuatore lineare elettrico posto al centro e vincolato al sedile stesso.

Lo stesso principio viene applicato alla regolazione in altezza dei braccioli, che deve necessariamente avvenire con lo spostamento dell'intero meccanismo di attuazione per gli esercizi per gli arti superiori. Anche in questo caso l'intero sistema si sposta scorrendo sui tubi formanti il telaio dello schienale, grazie all'azione di un attuatore lineare elettrico.

Tutte le regolazioni concernenti un motore sono poco accessibili sia dall'utente che dall'operatore sanitario e devono pertanto essere monitorate da remoto attraverso l'uso di pulsanti o di un'interfaccia.

Le regolazioni riguardanti l'altezza dei supporti per le gambe, la profondità dei braccioli e la posizione dei supporti cervicale e lombare, sono gestite tramite l'applicazione di pin di blocco a molla che mantengono la posizione scelta ancorandosi ai tubi di scorrimento. In questo caso la regolazione può avvenire manualmente da parte del paziente o dell'operatore sanitario, permettendo di regolare al meglio i supporti basandosi anche sulla percezione del paziente.

Un'ultima regolazione riguardante la posizione dei braccioli in larghezza, viene risolta attraverso l'applicazione di un sistema a scorrimento telescopico tra i tubi che ne costituiscono la struttura portante. Anche in questo caso la regolazione è manuale.

Considerazioni progettuali - meccanismi scelti

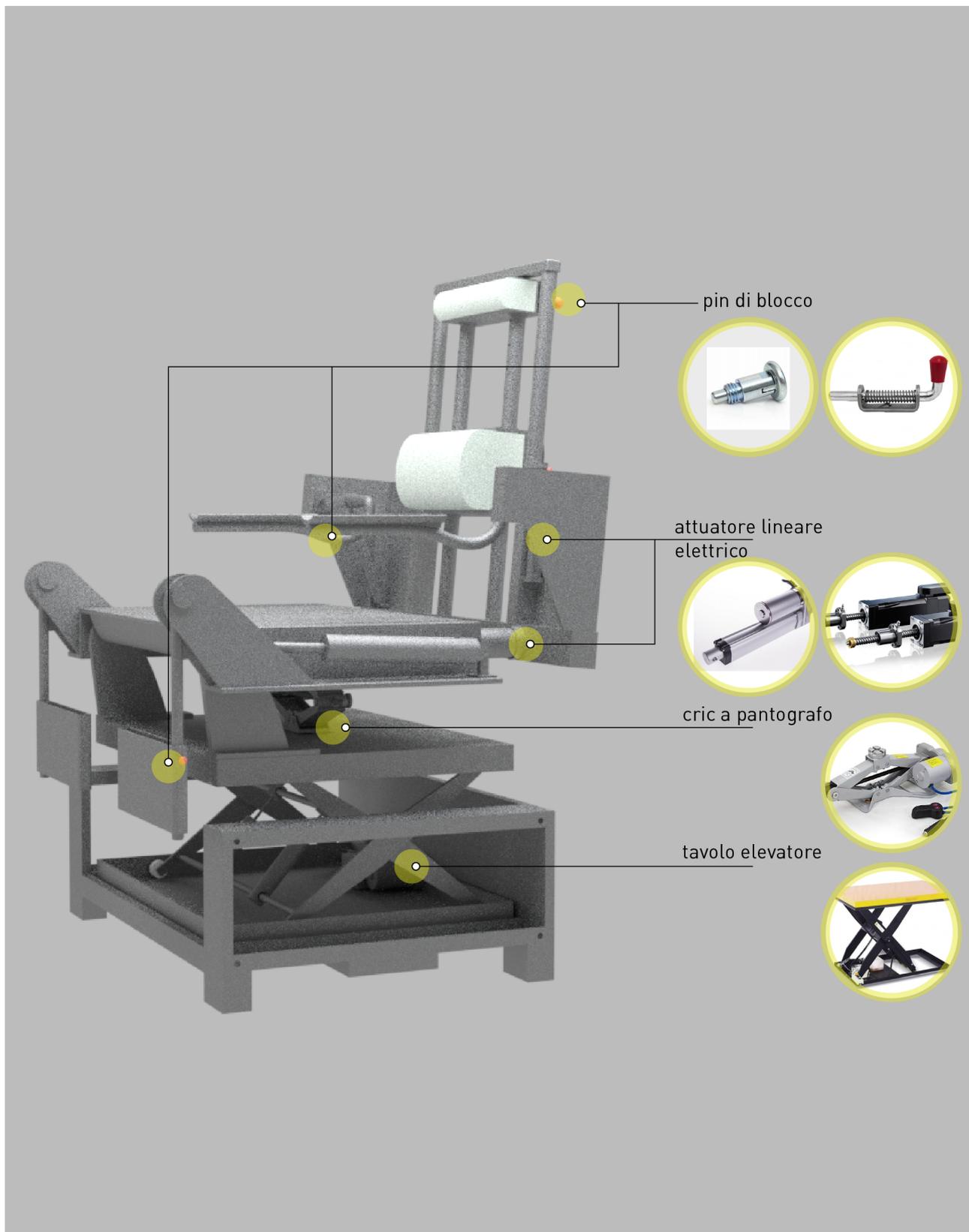


Figura 65: rappresentazione tridimensionale della struttura portante e dei principali meccanismi di regolazione e blocco selezionati

5.6. SISTEMI DI ATTUAZIONE PER GLI ESERCIZI

Il metodo di attuazione selezionato, come accennato precedentemente, è quello pneumatico ad aria compressa, particolarmente adatto all'applicazione per la riabilitazione.

I cilindri pneumatici sono posti in diretta corrispondenza con l'elemento di trasmissione del moto, dall'arto dell'utente al cilindro.

Nel caso degli esercizi per gli arti superiori il cilindro è collegato all'asta del bracciolo ed entrambi sono vincolati a un perno posto in corrispondenza del centro di istantanea rotazione dell'articolazione del gomito.

Nel caso degli arti inferiori vale lo stesso principio: il pistone è articolato all'asta che trasmette il moto dell'utente e questa è vincolata a un perno posto in corrispondenza del centro di istantanea rotazione del ginocchio.

Poiché la forza delle gambe risulta essere nettamente superiore a quella delle braccia il pistone adibito agli esercizi di leg curl e leg ex-

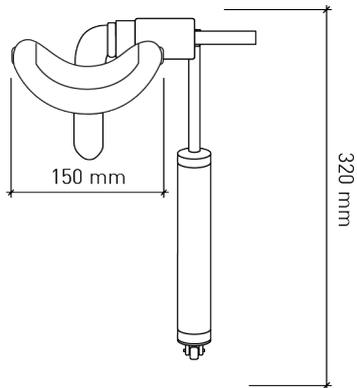
tension sarà di dimensioni maggiori.

Il range di forze applicabile agli esercizi può variare da una resistenza nulla, che permetta di eseguire l'esercizio come fosse svolto a corpo libero, a un carico massimo di 20 Kg, in modo da non andare a sovraccaricare le articolazioni in questa prima fase di recupero della mobilità.

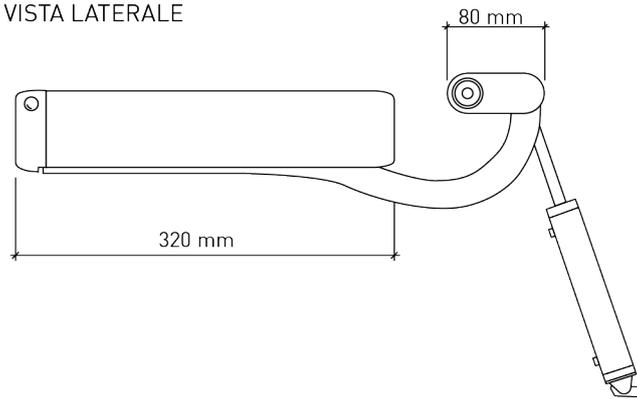
Per quanto riguarda invece gli esercizi per gli arti superiori, il cilindro presenta dimensioni minori e il range di forze applicabile va da un minimo vicino allo 0 a un carico massimo di 10Kg.

I movimenti previsti per lo svolgimento degli esercizi sono intuitivi e semplici da apprendere. Poiché si tratta della prima fase di recupero i sistemi di attuazione sono posti sui due lati della seduta per rendere possibile lo svolgimento dell'esercizio ad arti alterni, in modo da permetterne oltretutto un'esecuzione più rapida, rendendo l'allenamento aerobico.

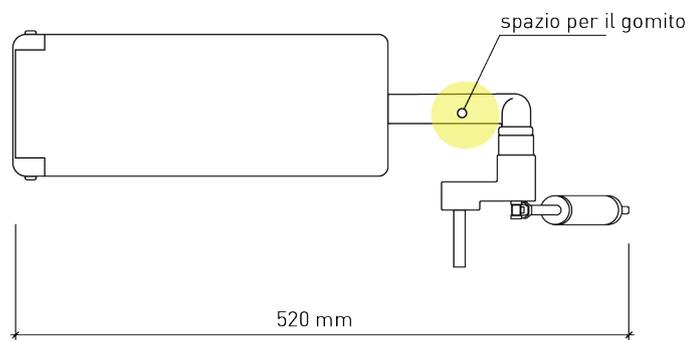
VISTA FRONTALE



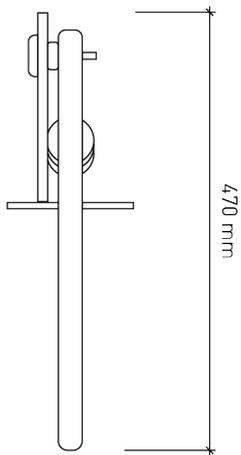
VISTA LATERALE



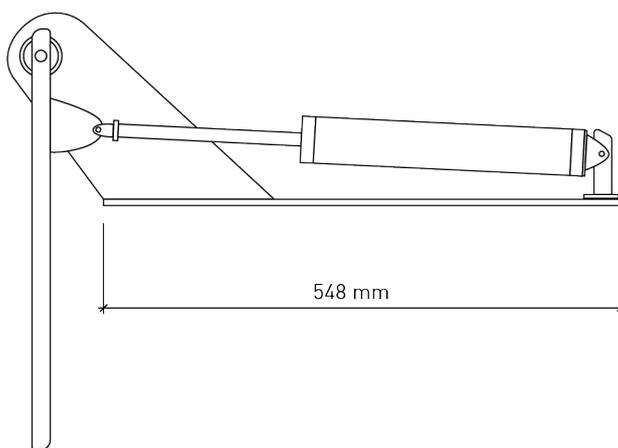
VISTA SUPERIORE



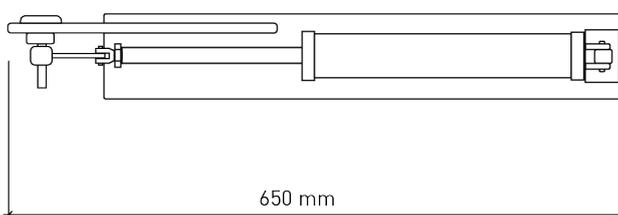
VISTA FRONTALE



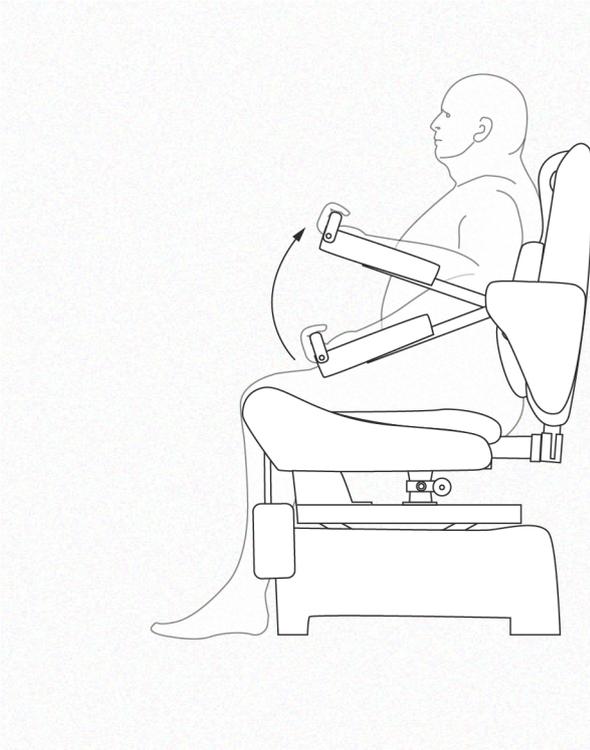
VISTA LATERALE



VISTA SUPERIORE



ESERCIZIO BICEPS CURL



piedi a contatto con il suolo

mantenimento della postura corretta con angolo delle anche a 5°, e angolo delle ginocchia a 90°

sforzo dal basso verso l'alto

il bracciolo viene tirato verso l'alto, impugnando la maniglia con i palmi verso l'alto

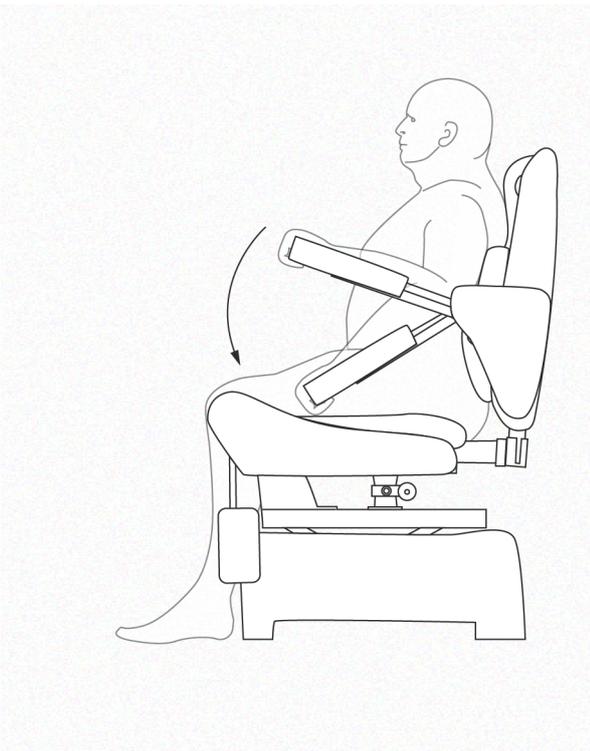
range of motion di 30°

non rispecchia il range of motion totale eseguibile per questo esercizio ma viene limitato a 30° a causa degli ingombri del sedile e della necessità di eseguire l'esercizio rapidamente

movimento a arti alternati

il movimento può essere svolto un arto alla volta per ridurre il carico di lavoro

ESERCIZIO TRICEPS PUSHDOWNS



piedi a contatto con il suolo

mantenimento della postura corretta con angolo delle anche a 5°, e angolo delle ginocchia a 90°

sforzo dall'alto verso il basso

il bracciolo, con la maniglia chiusa, viene spinto verso il basso

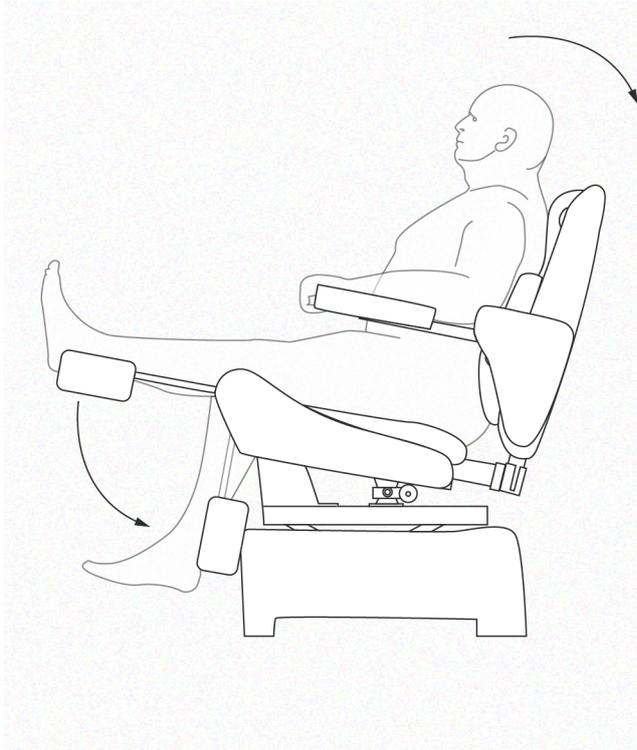
range of motion di 40°

non rispecchia il range of motion totale eseguibile per questo esercizio ma viene limitato a 40° a causa degli ingombri del sedile e della necessità di eseguire l'esercizio rapidamente

movimento a arti alternati

il movimento può essere svolto un arto alla volta per ridurre il carico di lavoro

ESERCIZIO LEG CURL



inclinazione di 10°

minore sforzo da parte dell'utente durante lo svolgimento dell'esercizio

altezza seduta a 70 cm da terra

il contatto dei piedi con il suolo è evitato in modo da garantire la mobilità degli arti inferiori

sforzo dall'alto verso il basso

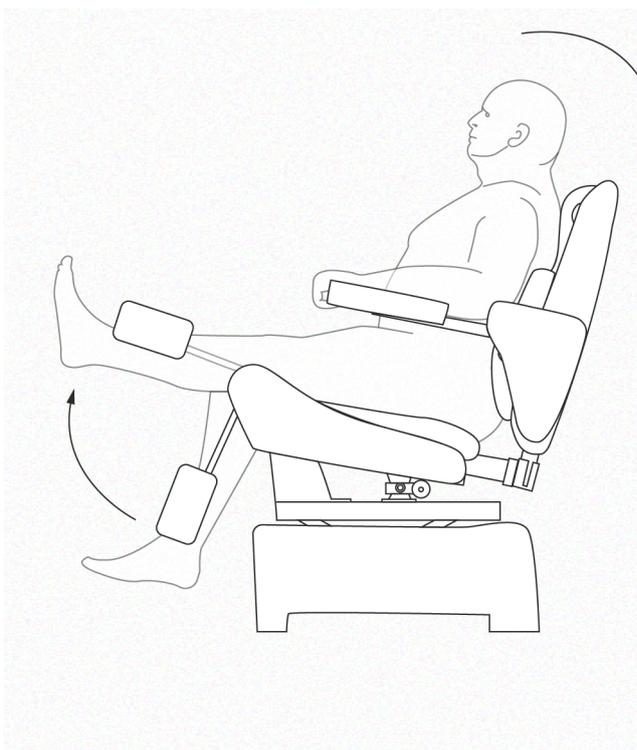
il cuscino funge da base d'appoggio per vincere la resistenza del pistone verso il basso

range of motion di 90°

movimento a gambe alternate

il movimento può essere svolto un arto alla volta per ridurre il carico di lavoro

ESERCIZIO LEG EXTENSION



inclinazione di 10°

minore sforzo da parte dell'utente durante lo svolgimento dell'esercizio

altezza seduta a 70 cm da terra

il contatto dei piedi con il suolo è evitato in modo da garantire la mobilità degli arti inferiori

sforzo dal basso verso l'alto

il cuscino viene spinto verso l'alto per vincere la resistenza del pistone

range of motion di 90°

movimento a gambe alternate

il movimento può essere svolto un arto alla volta per ridurre il carico di lavoro

5.7. GLI ACCESSORI

Nel sistema vengono aggiunti alcuni elementi accessori con funzioni diverse.

Uno di questi è il tappeto da porre sul pavimento in posizione frontale rispetto alla sedia, che ha il compito di monitorare gli esercizi veloci e ripetitivi a corpo libero, menzionati precedentemente nel Cap.3. Questo dovrà essere dotato di sensori atti alla misurazione della frequenza del movimento della gamba, trasformandolo in potenziale consumo di calorie.

Il secondo componente aggiuntivo è un display, particolarmente utile nelle fasi di selezione dell'esercizio e di fruizione del feedback da parte sia dell'utente che dell'operatore sanitario. La presenza di uno schermo può inoltre rivelarsi utile per la gestione di tutte quelle regolazioni che non risultano facilmente accessibili e che devono quindi essere manovrate in remoto. Queste regolazioni si ricordano esse-

re quelle dell'altezza della seduta, altezza dei braccioli, profondità del sedile e inclinazione.

Lo schermo è pensato per essere posto in diverse posizioni in base alla situazione. Il braccio meccanico che lo regge permette di poterlo posizionare di fronte all'utente, oppure in disparte rimanendo sempre accessibile. Questo è ancorato alla seduta tramite un sistema a morsetto vincolato a una barra, posizionata su entrambi i lati della seduta in una sorta di nicchia, che permette di ancorare eventuali tasche porta-oggetti o accessori, come il display sopradescritto, alla seduta.

Un ultimo accessorio da includere è un ulteriore supporto per la zona cervicale, un cuscino strutturato che permetta di tenere in posizione e supportare il collo dei pazienti che presentano i maggiori problemi di postura e sono più a rischio durante lo svolgimento degli esercizi.



Figura 66: Componenti accessori della seduta, evidenziati in rosso

5.8. I MATERIALI

Al fine di identificare i materiali più consoni alla realizzazione del progetto sono state prese in considerazione le esigenze date dall'ambito di utilizzo, dall'uso per l'esercizio fisico e dall'utenza di riferimento.

L'ambito ospedaliero determina l'uso di materiali:

- antibatterici, anallergici
- resistenti a composti chimici,
- facilmente lavabili,
- ignifughi
- resistenti ai lavaggi

L'uso per esercizio fisico invece implica l'uso di materiali:

- resistenti a usura
- idrorepellenti
- resistenti ad attrito

Per quanto riguarda l'utenza di riferimento i materiali devono infine presentare proprietà di:

- resistenza a deformazione permanente
- adattabilità alle forme del corpo e ritorno
- supporto del peso corporeo
- resistenza ad alti carichi
- flessibilità

Tutti i materiali dovrebbero infine fare riferimento all'ecocompatibilità e a una facile separazione e smaltimento dei diversi componenti.

Sono principalmente tre le tipologie di materiale da incorporare nel progetto: la prima riguarda la struttura portante, la seconda i materiali adibiti all'imbottitura dei componenti di appoggio e supporto, la terza il rivestimento dell'intero sistema.

Per quanto riguarda la struttura portante il materiale selezionato come più consono alle esigenze sopra esposte risulta essere l'acciaio per

la sua grande deformabilità e durezza, e la sua buona resistenza alla rottura a trazione e allo snervamento¹.

Per l'imbottitura dei supporti principali (evidenziati in rosso in Figura 67) possono esse-



Figura 67: Principali superfici di appoggio e supporto, evidenziate in rosso

re ipotizzate due soluzioni: la prima riguarda l'utilizzo di un solo materiale schiumato, con una densità tale da reggere carichi gravi senza deformarsi eccessivamente, mentre la seconda vede l'applicazione dell'accoppiamento di due materiali.

Nel primo caso si possono considerare materiali come la schiuma GrandSoleil, il Watersoia o il Waterlily², schiume caratterizzate da un'alta resistenza ai carichi, una buona capacità assorbitiva, elastica e traspirante, e buone proprietà antibatteriche.

La seconda opzione accoppia un primo strato di materiale memory foam o simili con un secondo strato denso di schiuma che stabilizza l'utente.

¹ Proprietà degli acciai. <https://www.totalmateriam.com/page.aspx?ID=proprietaaacciai&LN=IT>

² Waterlily™ Viscoelastic. <http://www.orsafom.it/index.php/en/products/waterlily-viscoelastic>

Il primo strato ha la funzione di assorbire e accogliere il corpo dell'utente alleviando le pressioni, specialmente nella zona ischiale.

Il rivestimento deve essere adatto all'esecuzione di esercizi.

Poiché non si tratta di un oggetto per uso domestico ma di uno strumento posto in un luogo pubblico, e di conseguenza usato da più di un utente, deve essere facilmente lavabile e resistente all'usura. I tessuti polimerici quali la simil-pelle o i tessuti in PVC ben si prestano al progetto. È infatti necessario utilizzare materiali non assorbenti e facilmente igienizzabili. La morbidezza di questa tipologia di tessuto ne permette l'uso su poltrone e strumenti da palestra, garantendo una buona tenuta ad attrito e una buona resistenza a carichi importanti.

Essendo materiali potenzialmente scivoli, è necessario uno studio approfondito della sagomatura dell'imbottitura interna, soprattutto del sedile, per evitare che l'utente scivoli durante

l'esecuzione dell'esercizio e questo provochi movimenti dannosi per il mantenimento dell'equilibrio.

L'uso di un materiale morbido per la realizzazione della maniglia è ancora necessario. Questa deve essere facile da impugnare e abbastanza morbida da essere usata come antistress durante lo svolgimento degli esercizi ad alta frequenza con gli arti superiori.

Per quanto riguarda la colorazione della seduta, finché sarà posta in un ambiente prettamente ospedaliero, si può immaginare una tonalità di azzurro, colore che richiama, secondo la psicologia dei colori, sensazioni di serenità, sicurezza e soprattutto guarigione. Molte tra le poltrone per la riabilitazione usano colori come azzurro e bianco (un esempio, la poltrona per riabilitazione Kineo, citata tra i casi studio).

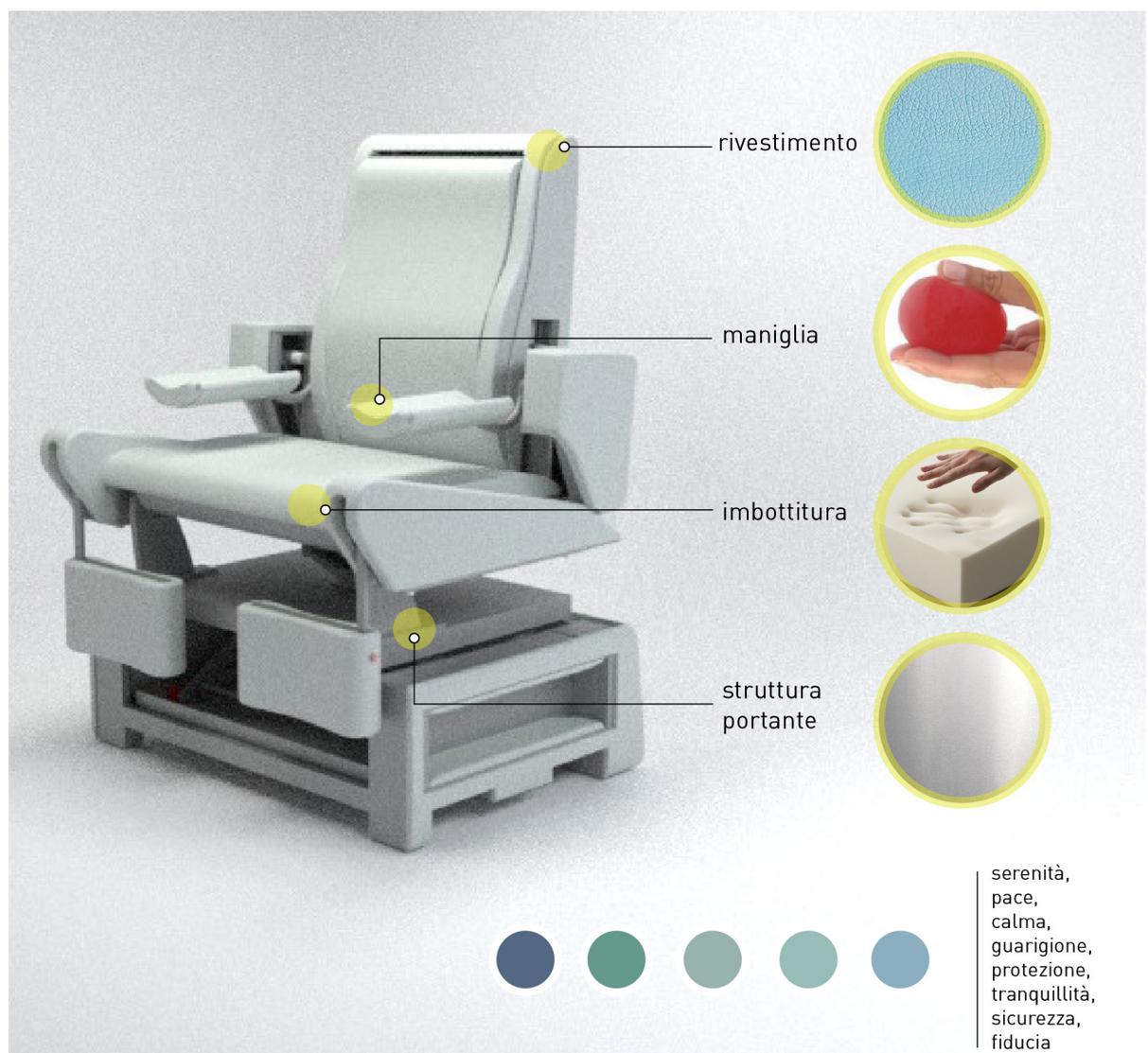


Figura 68: riepilogo delle tipologie di materiali da incorporare nel progetto

6.1. SUCCESSIVI CAMPI DI INDAGINE

Gli sviluppi futuri che possono derivare dal progetto proposto sono definiti in base alle tappe da compiere per la realizzazione del prodotto finale, partendo dal layout nato da questa prima fase di ricerca.

Come accennato precedentemente, il risultato di questa tesi rappresenta una traccia da tenere in considerazione per una più approfondita progettazione del prodotto.

Vi sono infatti ancora alcuni aspetti fondamentali da indagare, tra i quali si possono individuare principalmente tre macro temi: il primo riguarda l'analisi strutturale del modello proposto, necessaria al fine di risolvere e migliorare aspetti tecnici e strutturali del sistema.

Il secondo ambito di ricerca riguarda l'interazione tra utente e macchina per cui devono infatti essere indagati tutti quei meccanismi psicologici e motivazionali attivati dalla possibilità di ricevere un feedback, quindi indagare le relative tecnologie per la realizzazione del monitoraggio dell'utente.

Il terzo e ultimo ambito di analisi, importante per la realizzazione di questo progetto, riguarda la progettazione dell'esperienza d'uso dell'utente. L'uso di uno strumento per lo svolgimento di attività fisica e in generale per l'esecuzione di movimenti ripetitivi, deve essere incentivato da stimoli diversi al fine di rendere il suo uso gradevole ed efficace.

Un'ulteriore fase di ricerca, successiva a un primo periodo di sperimentazione del prodotto nell'ambito della terapia di riabilitazione in ospedale, potrebbe essere quella atta all'ampliamento degli orizzonti d'uso del progetto. Altri ambiti potrebbero infatti essere quello domestico per una riabilitazione quotidiana, oppure quello della ricerca scientifica per il monitoraggio delle capacità fisiche e degli effetti dell'obesità sul paziente bariatrico.

6.1.1. L'analisi strutturale e la prototipazione

La prima fase di analisi da svolgere sul progetto proposto è un'analisi strutturale che ne validi solidità e sicurezza.

I meccanismi ipotizzati sono stati scelti principalmente per la loro rigidità e resistenza a carichi importanti, basandosi sulla tipologia di utenza a cui il progetto è rivolto.

Si deve tuttavia ricordare che l'utente non rappresenta un carico statico sulla seduta, ma dinamico, poiché svolge esercizi fisici.

Uno degli obiettivi di questa fase di analisi potrebbe riguardare una semplificazione del telaio e l'ottimizzazione dei meccanismi incorporati nel sistema insieme a un'eventuale automatizzazione delle regolazioni, al fine di limitare la quantità di azioni svolte dall'utente.

Altro aspetto da studiare riguarda lo studio del sistema di attuazione per gli esercizi. I cilindri pneumatici devono essere correttamente dimensionati - camera e stelo - al fine di renderli funzionali al tipo di sforzo a cui si vuole sottoporre il paziente e tarati in base al range di forze ritenuto più adatto.

È fondamentale infine procedere con una fase di prototipazione e di verifica dei sistemi proposti e successivamente con l'eventuale sostituzione dei meccanismi risultati inadatti. Il progetto andrebbe dunque rivisto e riconfigurato con i dovuti accorgimenti, andando eventualmente a rimodellare le forme di copertura, ora progettate ad hoc per la struttura ipotizzata.

Considerata la destinazione medica di questo progetto tutti questi passaggi di verifica sono fondamentali per la creazione di un sistema che non dia risultati opposti a quelli attesi, causando movimenti scorretti o dannosi per il paziente.

6.1.2. Progettare la User Interaction

La progettazione delle fasi di interazione con la macchina è un altro aspetto fondamentale che necessita di uno studio e di un inserimento futuro all'interno del sistema.

L'utente deve essere guidato nell'interazione dal momento in cui si siede e avvia l'allenamento, al momento in cui lo conclude e constata i propri risultati.

Il monitoraggio dei parametri fisici del paziente rappresenta un elemento particolarmente importante nella definizione del rapporto con l'attività fisica ed è quindi quasi necessario il suo inserimento su una macchina per l'esercizio fisico.

Nella progettazione di un prodotto medicale, assume ancora più importanza, poiché permette a paziente e operatore sanitario di ottenere un feedback sui progressi e, allo stesso tempo di vigilare su eventuali problemi di salute.

Il biofeedback, dato dalla fase di monitoraggio, si inserisce nella sfera della motivazione del paziente, spingendolo ad utilizzare più volentieri il sistema. Questo è infatti un procedimento attraverso il quale l'utente impara a riappropriarsi della capacità di controllare e soprattutto di poter influenzare le proprie risposte fisiologiche attraverso una maggiore propriocezione¹. Ciò cambia il modo in cui viene visto l'allenamento; non più solo come un dovere ma piuttosto come un'opportunità di migliorare i risultati precedenti.

Il biofeedback è infatti stato studiato nell'ambito della preparazione atletica per individuare le condizioni psicofisiologiche associate al miglioramento della prestazione sportiva. Se si considera l'utenza di riferimento si può comprendere quanto sia importante incentivare e motivare il paziente al riutilizzo dello strumento ed eventualmente spingerlo a un continuo miglioramento delle prestazioni, al fine di agevolare il processo di

¹ L'applicazione del biofeedback nella psicofisiologia dello sport e nell'allenamento. Tratto da <https://www.my-personaltrainer.it/biofeedback-sport.html> <https://www.my-personaltrainer.it/biofeedback-sport.html>

dimagrimento e quindi di guarigione.

Per l'operatore sanitario, i feedback risultano fondamentali per il monitoraggio dei parametri fisici del paziente, per valutare l'adeguatezza di un certo tipo di sforzo sul paziente. Per il rilevamento del biofeedback è necessario l'utilizzo di tecnologie specifiche che permettano la conversione di parametri fisiologici interni in segnali esterni (feedback visivi o uditivi) che ne consentano una lettura e comprensione intuitiva. La comprensione delle proprie condizioni fisiche deve essere immediata per essere efficace.

I principali parametri biologici da tenere in considerazione per generare un biofeedback sono la tensione muscolare, la temperatura cutanea, le attività delle onde cerebrali, la risposta psicogalvanica, la pressione sanguigna, e infine la frequenza cardiaca.

Ciò che viene registrato è la differenza di frequenza, di ampiezza e di intensità dell'attività elettrica associata a un processo fisiologico. Questa viene rilevata attraverso l'uso di elettrodi posizionati sulla superficie della pelle e i segnali vengono in seguito resi fruibili grazie alla loro trasformazione in grafici o suoni.

Lo sviluppo di un sistema di sensori ed elettrodi incorporati nella seduta potrebbe permettere di misurare i parametri fisici del paziente evitando l'applicazione degli elettrodi sulla cute e di rendere la lettura del feedback immediata durante l'esecuzione degli esercizi.

Al fine di realizzare un sistema di monitoraggio efficace è necessario quindi uno sviluppo della sensoristica e dell'elaborazione dei dati.



Figura 69: Walker View della Tecnobody, attraverso lo schermo l'utente può osservare in tempo reale tutta una serie di informazioni relative al movimento che sta svolgendo.



Figura 70: L'exergame applicato alla riabilitazione di pazienti affetti da Parkinson.

6.1.3. Progettare la User Experience

Il biofeedback non può bastare alla motivazione del paziente sul lungo termine. Un nuovo campo da sviluppare nel progetto è quello dell'inserimento di stimoli esterni che aiutino il paziente nella fruizione della seduta e ne motivino un uso costante e prolungato.

In questo ambito si collocano sistemi collaudati nel campo della riabilitazione come gli exergames (dall'unione delle parole *exercise* e *games*), l'*edutainment*, il *serious gaming* e l'*active gaming*. Quello dell'abbinamento del videogioco allo svolgimento di attività motorie, nonostante sia un concetto diventato noto recentemente, viene in realtà studiato e applicato dagli anni '80².

Questa applicazione della realtà virtuale e del gioco allo svolgimento di attività fisica ha un forte impatto sulla motivazione dell'utente poiché si basa sul principio della *Mirror Therapy*, una tipologia di terapia che spinge sulla motivazione data dalla convinzione dell'utente di possedere capacità inattese³. Il fatto di poter controllare, attraverso un avatar digitale, i propri movimenti, permette di applicare lo stesso principio di motivazione scatenato dai biofeedback, e soprattutto di vigilare sul loro corretto svolgimento.

I giochi pensati per questo tipo di attività sono per lo più semplici e intuitivi, accessibili non solo ai nativi digitali ma a tutte le generazio-

2 J. Sween, S. Flynn Wallington, V. Sheppard, T. Taylor, A.A. Llanos, L.L. Adams-Campbell, *The Role of Exergaming in Improving Physical Activity: A Review*, 2014, *Journal of Physical Activity and Health*, 11(4):864-70

3 M. Piovano, *The design of exergaming systems for Autonomous rehabilitation*, 2014, Tesi di dottorato in Information Engineering, Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano.

ni. Sono infatti stati portati avanti studi che ne testano l'efficacia sulla popolazione anziana, rilevando buoni risultati nel miglioramento della mobilità⁴. Questi giochi sfruttano il meccanismo psicologico di autocompiacimento e il senso di realizzazione che deriva dall'adempimento di un compito o dall'ottenimento di un premio.

Un altro aspetto importante che ha portato al successo degli exergames è la loro capacità di distrarre l'utente dall'attività fisica che sta svolgendo per concentrarsi sul gioco. Ciò porta a una maggiore durata dell'allenamento poiché non subentrano noia e frustrazione e viene soprattutto percepita meno fatica.

Quest'ultimo aspetto è particolarmente importante nella progettazione di un programma di allenamento per il paziente obeso, solitamente estraneo e ostile allo svolgimento di attività fisica.

6.1.4. Riflessioni sul proseguimento del progetto

Il progetto come accennato non è concluso, molte sono le caratteristiche da definire, dalla User Interface alla User Experience appena descritte, alla programmazione dell'intero sistema di monitoraggio ed elaborazione dei dati e ancora alla definizione dei range di forza da incorporare nella macchina.

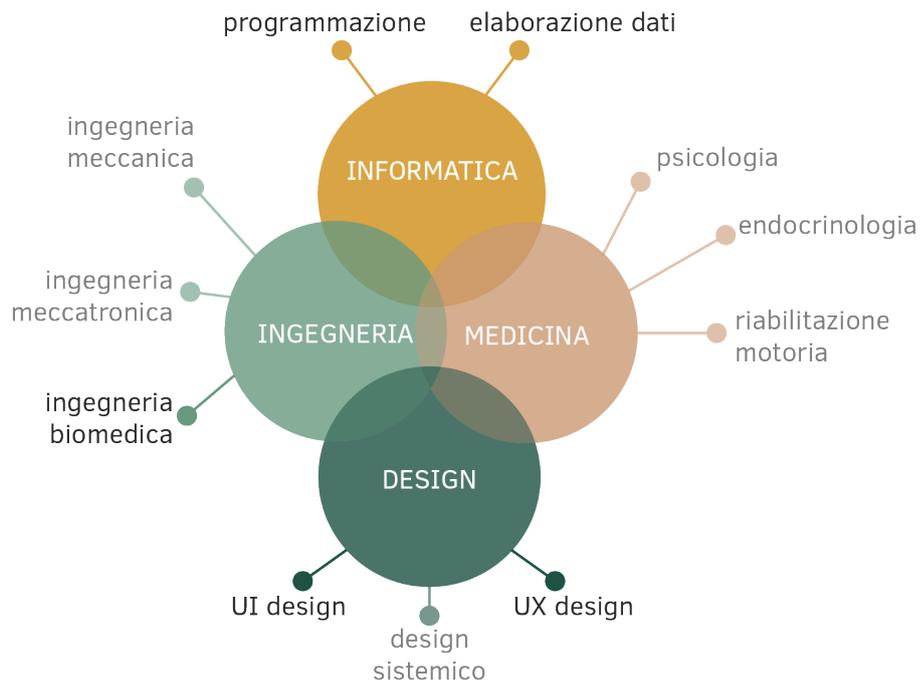
I modi con cui è possibile continuare questo percorso sono molteplici, ma è necessario ampliare il team di lavoro aggiungendo ulteriori discipline in modo da ottenere un quadro

4 A.A.A. Timmermans, R.P.J. Geers, J.A. Franck, P. Dobbelsteijn, A.I.F. Spooren, H. Kingma, H.A.M. Seelen, *T-TOAT: A method of task-oriented arm training for stroke patients suitable for implementation of exercises in rehabilitation technology*, 2009, IEEE 11th International Conference on Rehabilitation Robotics, Kyoto International Conference Center, Japan.

completo e da giungere alla realizzazione del progetto finale. Poiché si tratta di uno strumento da utilizzare nell'ambito medico è di fondamentale importanza approfondire tutti i suoi aspetti interpellando professionisti con competenze affermate o studenti e tesisti nelle discipline coinvolte. Durante il percorso si è notata la mancanza di referenti per discipline che hanno una certa importanza nello sviluppo del progetto. L'interdisciplinarietà è infatti stata fondamentale per creare le basi di parten-

za durante questo percorso, e sarà altrettanto fondamentale nella sua continuazione e nella definizione della sua forma finale.

La proposta di tesi incentrate sui punti di sviluppo futuro, o una borsa di ricerca per la realizzazione di un prototipo e la continuazione del progetto possono essere due modi per giungere alla realizzazione dello strumento per la riabilitazione del paziente bariatrico, giungendo così a una proposta concreta per contrastare il dilagare dell'obesità.



Schema 4: schematizzazione del team di lavoro con alcune discipline che se aggiunte permetterebbero uno sviluppo completo del progetto.

Questa tesi ha cercato di rispondere alla necessità dei medici coinvolti nella riabilitazione dei pazienti bariatrici di inserire l'attività fisica all'interno del percorso terapeutico, con la progettazione di una macchina per l'esercizio fisico configurata a seduta.

A tal fine è stata condotta un'analisi olistica delle tematiche che si intrecciano nella definizione delle caratteristiche di una seduta, della condizione di obesità e dei suoi effetti sulla salute. La ricerca è dunque partita dal riconoscimento della patologia e dei principali fattori biologici ed esterni che ne influenzano il dilagarsi, per poi passare all'analisi di quelle che sono le conseguenze dell'obesità sull'individuo e degli accorgimenti necessari all'adattamento dell'allenamento fisico al paziente bariatrico.

Le nozioni sullo scenario generale insieme ai pre-requisiti di progetto forniti dai medici, hanno contribuito alla realizzazione della base su cui si è fondata la selezione degli esercizi da incorporare nel progetto. Questa ha portato alla definizione di esercizi molto semplici che non necessitano di una conoscenza pregressa dello sport o dell'ambito della palestra. Data l'utenza di riferimento relativamente estranea all'attività fisica, e fisicamente affetta da lievi o gravi disabilità, vi era infatti l'esigenza di dotare la seduta di esercizi intuitivi e poco gravosi.

Scelti gli esercizi e avendo in mente le necessità dell'utenza si è passati a un'indagine dei maggiori campi di sviluppo per la realizzazione di sedute e macchine per l'esercizio fisico. I principali settori di ricerca sono stati la biomeccanica, l'ergonomia, fisica e cognitiva, e l'antropometria. Sono state definite le linee guida concernenti i principali componenti della seduta in base a queste tre discipline, fondando così le prime considerazioni progettuali.

Le ricerche sulla biomeccanica del corpo umano hanno permesso di comprendere come si sarebbero mossi individuo e macchina insieme. Hanno mostrato come sia necessario conoscere alcune nozioni di base per evitare errori nella progettazione che possono portare a uno svolgimento errato dell'esercizio, risultando in un potenziale danno fisico per l'utente.

Grazie agli studi riguardanti questa disciplina si sono definiti i Range of Motion ed il posizionamento corretto dei centri di istantanea rotazione corrispondenti alle articolazioni di gomito e ginocchia.

Lo studio dell'ergonomia ha invece portato alla definizione delle regolazioni necessarie alla corretta adattabilità della seduta all'utente e

a un'analisi della distribuzione della pressione sulla seduta. Quest'ultima si è rivelata un aspetto particolarmente importante in un progetto rivolto a un'utenza bariatrica; ha infatti portato alla definizione di una serie di supporti per una migliore ripartizione del carico.

Non meno importante è stata l'analisi per il mantenimento di una corretta postura durante lo svolgimento di esercizi fisici. Piccoli movimenti e sforzi fatti per contrastare uno sforzo maggiore, che spesso sembrano innocui, si sono invece rivelati potenziali cause di danni alla postura, alla muscolature e alle articolazioni.

L'antropometria è stata infine fondamentale per la definizione delle misure di riferimento del progetto, e per l'integrazione delle misure specifiche dell'utenza, raccolte da un campione di pazienti del Reparto di endocrinologia, diabetologia e metabolismo dell'A.O.U. - Città della Salute e della Scienza di Torino.

Il progetto della seduta viene quindi affrontato in seguito alla definizione degli aspetti sopra citati, procedendo con un'analisi cinematica e dinamica della sua struttura, e infine con la rappresentazione di un layout che incorpora l'insieme di tutti gli studi svolti.

Questo si presenta come uno strumento per lo svolgimento dell'attività fisica, configurato in forma di una poltroncina, risultando così più rassicurante e confortevole rispetto a una classica macchina da palestra.

Si può concludere affermando che il percorso ha richiesto una ricerca multidisciplinare, portando la tesi a un'indagine articolata che rispecchia bene la complessità del problema dell'obesità.

Questa stessa natura multifattoriale del problema ha portato allo sviluppo di un progetto di tesi che presenta molteplici campi di sviluppo futuro.

Il progetto proposto vuole infatti essere il punto di partenza per la realizzazione di un progetto efficace per la cura dei pazienti bariatrici, e uno tra tanti futuri tentativi di realizzare progetti che vadano a contrastare il dilagare dell'obesità.

BIBLIOGRAFIA

INTRODUZIONE

Bo S., V. Ponzio, I. Goitre, F. Di Michieli, F. Broglio, *Alimentazione, stile di vita e malattie metaboliche, Agricoltura, alimentazione e sostenibilità*, Scienza attiva, Torino, 2015-16.

Breslow L., *Public health aspects of weight control*, American Journal of Public Health, 1952, 42:1116-20.

Caballero B., *The global epidemic of obesity: an overview*, Epidemiologic Reviews, Vol.29:1-5, 2007.

FAO. *World agriculture: towards 2015/2030*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2002.

Fogel R.W., D.L. Costa, *A theory of technophysio evolution, with some implications for forecasting population, health care costs, and pension costs*. Demography 1997.

Gardner G., B. Halweil, *Underfed and overfed: the global epidemic of malnutrition*. Washington, DC, Worldwatch Institute, 2000. (Worldwatch paper no. 150).

Loring B., A. Robertson, *Obesity and Inequities: Guidance for addressing inequities in overweight and obesity*, 2014, World Health Organization.

Nicolucci A., P. Sbraccia, R. Guerra, G. Scalerà, P. Pisanti, R. Lauro, M. Carruba, R. Vettor, G. Medea, G. Fatati, S. Leotta, G. Marchesini, K. Vaccaro, R. Crialesi, C. de Waure, V. Atella, F. Spandonaro, S. Frontoni, F. Dotta, M.C. Rossi, A. Poscia, F. Di Nardo, A.M. Ferriero, W. Ricciaridi, *Il burden of disease dell'obesità in Italia*, Health Policy in Non-communicable disease, n.1, 2015, Roma.

CAPITOLO 1

Bleich S., D. Cutler, C. Murray, A. Adams, *Why is*

the developed world obese?, 2008, Annual Review of Public Health, 29: 273-95.

Bo S., V. Ponzio, I. Goitre, F. Di Michieli, F. Broglio, *Alimentazione, stile di vita e malattie metaboliche, Agricoltura, alimentazione e sostenibilità*, Scienza attiva, Torino, 2015-16.

Branca F., H. Nikogosian, T. Lobstein, *Socioeconomic inequality in obesity in Europe: issues and policy implications*, The Challenge of Obesity in the WHO European Region and the Strategies for Response, 2007, CopenhagenWHO Regional Office for Europe, pp. 152-73

Burke M.A., F.W. Heiland, C.M. Nadler, *From "overweight" to "about right": evidence of a generational shift in body weight norms*. Obesity a Research Journal, 2010; 18(6): 1226-34.

Caballero B., *The global epidemic of obesity: an overview*, Epidemiologic Review, 2007, 29:1-5.

Capodaglio P., G. Castelnuovo, A. Brunani, L. Vismara, V. Villa, E. M. Capodaglio, *Functional Limitations and Occupational Issues in Obesity: A Review*, 2010, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 16(4):508-523

Carli D., S. Di Giacomo, *Preparazione atletica e riabilitazione. Fondamenti del movimento umano*, Scienza e traumatologia dello sport, Principi di trattamento riabilitativo, C.G. Edizioni Medico Scientifiche s.r.l., 2013, Torino

Costa G., C. Marinacci, A. Caiazza, T. Spadea, *Individual and contextual determinants of inequalities in health: the Italian case*. Int J Health Services 2003

Cutler D.M., E.L. Glaeser, J.M. Shapiro, *Why have Americans become more obese?*, 2003, Journal of Economic Perspectives; 17: 93-118.

Eurostat, Data Base Eurostat, *EHIS-European Health Interview Survey*, 2014.

EUROTHINE. *Tackling health inequalities in Europe: an integrated approach*. EUROTHINE final report. Rotterdam: Erasmus University Medical Centre, 2007.

Finegood D.T., T.D.N. Merth, H. Rutter, *Implications of the Foresight Obesity System Map for Solutions to Childhood Obesity*, Obesity, 2010, Vol.18 supplement 1:S13-S16

Gargiulo L., E. Bologna, L. Iannucci, *Epidemio-*

logia dell'obesità in Italia e alcuni aspetti della qualità della vita, 8° Rapporto sull'obesità in Italia dell'Istituto Auxologico Italiano, Roma, 2015.

Gillman M.W., S.L. Rifas-Shiman, K. Kleinman, E. Oken, J.W. Rich-Edwards, E.M. Taveras. *Developmental origins of childhood overweight: potential public health impact*. 2008, *Obesity* (Silver Spring); 16: 1651–56.

Gortmaker S.L., B.A. Swinburn, D. Levy, et al. *Changing the future of obesity: science, policy, and action*. 2011, *Lancet*; 378: 838–47.

Haslam D., *Obesity: a medical history*, 2007, *Obesity reviews*, 8 (Suppl. 1):31–36

Hill J.O., V. Catenacci, H.R. Wyatt, *Obesity: overview of an epidemic*. *The Psychiatric Clinics of North America*, 2005; 28 (1):1-23.

Istat, *Indagine sulla salute 1994 e Aspetti della vita quotidiana 2005 e 2015*.

Jackson T.D., C.M. Grilo, R.M. Masheb, *Teasing history, onset of obesity, current eating disorder psychopathology, body dissatisfaction, and psychological functioning in binge eating disorder*. *Obesity a Research Journal*, 2012; 8(6): 451-8.

Jebb S., *Obesity: causes and consequences*. *Women's Health Med*, 2004; 1(1): 38-41.

Johnson F., L. Cooke, H. Croker, J. Wardle, *Changing perceptions of weight in Great Britain: comparison of two population surveys*. *BMJ*, 2008; 337: a494.

Loring B., A. Robertson, *Obesity and Inequities: Guidance for addressing inequities in overweight and obesity*, 2014, World Health Organization.

Magni P., M. Ruscica, R. Verna, M.M. Corsi, *Obesità: fisiopatologia e nuove prospettive diagnostiche*, 2003, *Caleidoscopio italiano*, Medical Systems S.p.A., 164:11-19

OECD, *Obesity Update*, 2017.

Patterson C., S.Hilton, *Normalisation and stigmatisation of obesity in UK newspapers: a visual content analysis*, 2013, *The Open Obesity Journal*, 5:82-91.

Peeters A., J.J. Barendregt, F. Willekens, et al. *Obesity in adulthood and its consequences for*

life expectancy: a life-table analysis. *Ann Intern Med* 2003;

Prentice A., S. Jebb, *Energy intake/physical activity interactions in the homeostasis of body weight regulation*. 2004, *Nutrition Reviews*; 62 (suppl s2): S98–104.

Puhl R.M., C.A. Heuer. *The stigma of obesity: a review and update*. *Obesity a Research Journal*, 2009; 17(5): 941-64.

Puhl R.M., C.A. Moss-Racusin, M.B. Schwartz, *Internalization of weight bias: implications for binge eating and emotional wellbeing*. 2007, *Obesity*; 15:19–23.

Reilly J.J., E. Methven, Z.C. McDowell, et al., *Health consequences of obesity*. *Arch Dis Child* 2003

Swinburn B., G. Egger, F. Raza, *Dissecting obesogenic environments: the development and application of a framework for identifying and prioritizing environmental intervention for obesity*, 1999, *Journal of Preventive Medicine*, 29: 563-570;

Swinburn B., G. Sacks, K.D. Hall, K. McPherson, D.T. Finegood, M.L. Moodie, S.L. Gortmaker, *The global obesity pandemic-shaped by local drivers and local environments*, *Lancet* 2011, 378: 804–14

Vandenbroeck P., J. Goossens, M. Clemens, *Foresight-Tackling Obesities:future choices-Building the Obesity System Map*, Government Office for Science, UK,2007

Wilkinson R.G., K.E. Pickett, *Income inequality and population health: A review and explanation of the evidence*, 2006, *Social Science & Medicine*, 62:1768–1784

de Wit L., F. Luppino, A. van Straten, B. Pennix, F. Zitman, P. Cuijpers, *Depression and obesity : a meta-analysis of community-based studies*, 2010, *Psychiatry Research*, 178:230-235.

CAPITOLO 2

Ades P.A., P.D. Savage, J. Harvey-Berino, *The Treatment of Obesity in Cardiac Rehabilitation*. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. 2010,30:289-98.

Álvarez C., R. Ramírez Campillo, *Effects of a low intensity strength training program on overwei-*

ght/obese and premenopausal/menopausal women, 2013, Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance, Vol.15:427-436

Attalin V., A.J. Romain, A. Avignon, *Physical activity prescription for obesity management in primary care: Attitudes and practices of GPs in a southern French city*. Diabetes & Metabolism, 2012,38:243-9

Balachandran A., S.N. Krawczyk, M. Potiaumpai, J.F. Signorile, *High-speed circuit training vs hypertrophy training to improve physical function in sarcopenic obese adults: A randomized controlled trial*, 2014, Experimental Gerontology 60:64-71

Baur L.A., *Changing perceptions of obesity-recollections of a paediatrician*, The art of medicine, 2011, The Lancet, Vol.378:762-763

Capodaglio P., G. Castelnuovo, A. Brunani, L. Vismara, V. Villa, E. M. Capodaglio, *Functional Limitations and Occupational Issues in Obesity: A Review*, 2010, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 16(4):508-523

Ciangura C., P. Faucher, J.M. Oppert, *Activité physique, nutrition et obésité*. Nutrition Clinique et Métabolisme, 2014, 28:279-86.

Daphne P., *The Incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis*.2009, BMC Public Health, 9:88

Das U.N., *Is obesity an inflammatory condition?*, Nutrition 2001;17: 953-966.

De Stefano F., S. Zambon, L. Giacometti, G. Sergi, M.C. Corti, E. Manzato, L. Busetto, *Obesity, muscular strength, muscle composition and physical performance in an elderly population*, 2015, Journal of Nutrition, Health and Aging, Vol.19, n7:785-91

Devries M.C., I.A. Samjoo, M.J. Hamadeh, C. Mc-Cready, S. Raha, M.J. Watt, G.R. Steinberg, M.A. Tarnopolsky, *Endurance Training Modulates Intramyocellular Lipid Compartmentalization and Morphology in Skeletal Muscle of Lean and Obese Women*, 2013, Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 98(12):4852-4862

Duvigneaud N., L. Matton, K. Wijndaele, P. Derriemaeker, J. Lefevre, R. Philippaerts, *Relation-*

ship of obesity with physical activity, aerobic fitness and muscle strength in Flemish adults. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2008;48(2):201-10.

Flegal K.M., B.I. Graubard, D.F. Williamson, M.H. Gail, *Excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity*. JAMA. 2005; 293(15):1861-7.

Friedman K.E., J.A. Ashmore, K.L. Applegate, *Recent experiences of weight-based stigmatization in a weight loss surgery population: psychological and behavioral correlates*. Obesity (Silver Spring) 2008;16(Suppl 2):S69-S74.

Friedman K.E., S.K. Reichmann, P.R. Costanzo et al. *Weight stigmatization and ideological beliefs: relation to psychological functioning in obese adults*. Obesity Research, 2005;13:907-916.

Ghanem M.A., N.A. Kazim, A.H. Elgazzar, *Impact of Obesity on Nuclear Medicine Imaging*, 2011, Journal of Nuclear Medicine Technology ,Vol. 39, No. 1:40-50

Ghroubi S., H. Elleuch, T. Chikh, N. Kaffel, M. Abid, M.H. Elleuch, *Physical training combined with dietary measures in the treatment of adult obesity. A comparison of two protocols*. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 2009;52:394-413.

Gunstad J., F. Luyster, J. Hughes, D. Waechter, J. Rosneck, R. Josephson, *The Effects of Obesity on Functional Work Capacity and Quality of Life in Phase II Cardiac Rehabilitation*, Preventive Cardiology, 2007,10:64-7.

Hartz A.J., M.E. Fischer, G. Bril, S. Kelber, D. Rupley Jr, B. Oken, A.A. Rimm, *The association of obesity with joint pain and osteoarthritis in the HANES data*. Journal of Chronic Diseases. 1986;39(4):311-9.

Istat, *Indagine sulla salute* 2014.

Jackson T.D., C.M. Grilo, R.M. Masheb, *Teasing history and eating disorder features: an age and body mass index-matched comparison of bulimia nervosa and binge-eating disorder*. Comprehensive Psychiatry, 2002;43:108-113.

Katzmarzyk P.T., I. Janssen, C.I. Ardern, *Physical inactivity, excess adiposity and premature mortality*. Obesity Review. 2003; 4(4):257-90.

Kim H., *Universal Design: Meeting the needs of*

the Bariatric Population, Cornell University, 2009

Lafortuna C.L., N.A. Maffiuletti, F. Agosti, A. Sartorio, *Gender variations of body composition, muscle strength and power output in morbid obesity*. International Journal of Obesity (London). 2005;29(7):833–41.

Liuke M., S. Solovieva, A. Lamminen, K. Luoma, P. Leino-Arjas, R. Luukkonen, H. Riihimäki, *Disc degeneration of the lumbar spine in relation to overweight*, International Journal of Obesity, 2005, 29:903-908

Maffiuletti N.A., S. Ratel, A. Sartorio, V. Martin, *The impact of obesity on In vivo Human Skeletal muscle function*, Current Obesity Reports, 2013; 2(3):251-260.

Malatesta D., L. Vismara, F. Menegoni, M. Galli, M. Romei, P. Capodaglio. *Mechanical external work and recovery at preferred walking speed in obese subjects*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2009;41(2):426–434.

Maquet P.G.J., *Biomechanics of the knee with application to the pathogenesis and the surgical treatment of osteoarthritis*, Berlin, Springer-Verlag, 1976

Murugan A.T., G. Sharma, *Obesity and respiratory disease*, 2008, Chronic Respiratory Disease, 5:233-242

Nachemson A., *The load on lumbar disks in different positions of the body*. 1966, Clinical Orthopaedics and related research, 45:107-22

Pataky Z., S. Armand, S. Müller-Pinget, A. Gollay, L. Allet, *Effects of Obesity on Functional Capacity*, 2014, Obesity, 22:56–62

Pauwels F., *Biomechanics of the normal and diseased hip. Theoretical foundation, technique and results of treatment: an atlas*. Berlin, Springer-Verlag, 1976

Puhl R.M., K.D. Brownell, *Confronting and coping with weight stigma: an investigation of overweight and obese adults*, Obesity, 2006, Vol.14, 10:1803-1815

Puhl R.M., C.A. Heuer, *The stigma of obesity: a review and update*, Obesity, 2009,17:941–964

Puhl R.M., C.A. Moss-Racusin, M.B. Schwartz, *Internalization of weight bias: implications for binge eating and emotional wellbeing*. 2007,

Obesity; 15:19–23.

Rodacki A.L., N.E. Fowler, C.L. Provensi, C. Rodacki, V.H. Dezan, *Body mass as a factor in stature change*. 2005, Clinical Biomechanics (Bristol, Avon);20(8):799–805.

Ross C.E., *Overweight and depression*. 1994, Journal of Health and Social Behaviour, 35:63–79.

Singh D., W. Park, M.S. Levy, *Obesity does not reduce maximum acceptable weights of lift*. Applied Ergonomics, 2009;40(1):1–7.

Souchet M., *Obésité, réadaptation à l'activité physique et ergothérapie : mesure de l'impact d'une prise en soins ergothérapeutiques sur la "functional mobility" de patients obèses adultes, hospitalisés au sein d'un service de Soins de Suite et Réadaptation bariatrique*, 2016, Institut Universitaire de formation en ergothérapie, Université d'Auvergne.

Teasdale N., O. Hue, J. Marcotte, F. Berrigan, M. Simoneau, J. Doré. *Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men*. International Journal of Obesity (London). 2007;31(1):153–60.

Vismara L., F. Menegoni, F. Zaina, M. Galli, S. Negrini, P. Capodaglio, *Effect of obesity and low back pain on spinal mobility: a cross sectional study in women*, 2010, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 7:3

de Wit L., F. Luppino, A. van Straten, B. Pennix, F. Zitman, P. Cuijpers, *Depression and obesity : a meta-analysis of community-based studies*, 2010, Psychiatry Research, 178:230-235.

World Cancer Research Fund, American Institute for Cancer Research. *Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective*. Washington DC: AICR, 2007

Ziegler O., E. Bertin, B. Jouret, R. Calvar, F. Sanguinol, A. Avignon, et al., *Éducation thérapeutique et parcours de soins de la personne obèse*. Obésité, 2014, 9:302-28.

CAPITOLO 3

Bandini-Buti L., *Ergonomia e prodotto*, Pirola Sole 24 Ore, 2001

Casler J.A., inventor, *Electronically Controlled Force Application Mechanism for Exercise Ma-*

chines, United States Patent, 5015926, May 14, 1991

Garner B.A., *Designing Strength-Proportional Hydraulic Resistance for an Elbow Flexion-Extension Exercise Machine*, 2007, Journal of Medical Devices, Vol.1:3-13

Sovrappeso e Obesità nella Città di Torino, dati 2014-2017 del sistema di sorveglianza PASSI.

Tse-Fen Ku, inventor, *Adjustable air resistance system for fitness equipment*, United States Patent, 5346452, Sept. 13, 1994

Vanderploeg R., inventor, *Control for hydraulic system for exercise equipment*, United States Patent, US 2006/0094572 A1, May 4, 2006

CAPITOLO 4

Akerblom B., *Standing and sitting posture. With Special reference to the construction of chairs*, 1948, Translated by A. Synge, A. B. Nordiska Bokhandeln, Stockholm

Andersson G.B.J., R. Örtengren. 1974, *Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting*. Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine, 6, 115

Binderup A.T., L. Arendt-Nielsen, P. Madeleine, *Pressure pain sensitivity maps of the neck-shoulder and the low back regions in men and women*, 2010, BMC Musculoskeletal Disorders, 11:234

Brosh T., M. Arca, *Modeling the body/chair interaction – an integrative experimental numeric approach*, 2000, Clinical Biomechanics 15:217-219

Buiatti E., *Forma Mentis - Neuroergonomia sensoriale applicata alla progettazione*, Franco Angeli s.r.l. Milano, 2014

Carli D., S. Di Giacomo, G. Porcellini, *Preparazione atletica e riabilitazione. Fondamenti del movimento umano, Scienza e traumatologia dello sport, Principi di trattamento riabilitativo*, C.G. Edizioni Medico Scientifiche s.r.l., 2013, Torino

De Carvalho D.E., J.P. Callaghan, *Spine Posture and Discomfort During Prolonged Simulated Driving With Self-Selected Lumbar Support Prominence*, 2015, Human Factors, vol. 57,6:976-987.

Chaleat-Valayer E., C. Samuel, E. Berthonnaud, *What is the impact of an ergonomic seat on the spine? A kinematic study with tridimensional motion analysis in healthy subjects*, 2017, Annals of Physical Rehabilitation Medicine

Donskoj D.D., V.M. Zatziorskij, *Biomeccanica*, Società Stampa Sportiva, Roma, 1983

Franz M.M., I. Kamp, A. Durt, Ü. Kilincsoy, H. Bubb, P. Vink, 2011. *A light weight car-seat shaped by human body contour*. International Journal of Human Factors Model. Simul. 2 (4),314e326.

Goossens R.H.M., R. Teeuw, C.J. Snijders, 2005. *Technical note: sensitivity for pressure difference on the ischial tuberosity*. Ergonomics 48 (7), 895-902.

Grondin D.E., J.J. Triano, S. Tran, D. Soave, *The effect of a lumbar support pillow on lumbar posture and comfort during a prolonged seated task*, 2013, Chiropractic and manual therapies, 21:21

Gurr K., L. Straker, P. Moore, *Cultural hazards in the transfer of ergonomics technology*, 1998, International Journal of Industrial Ergonomics, 22:397-404.

Helander M.G., *Forget about ergonomics in chair design? Focus on aesthetics and comfort!*, 2003, Ergonomics, 46:13-14

Helander M.G., L. Zhang, *Field Studies of Comfort and Discomfort in Sitting*, 1997, Ergonomics, 40, 895-915.

Hiemstra-van Mastrigt S., 2015. *Comfortable Passenger Seats. Recommendation for Design and Research*. PhD thesis. TU Delft

Kamijo K., H. Tsujimura, H. Obara, M. Katsumata, *Evaluation of Seating Comfort*, SAE Technical Paper 820761, 1982

Kolich M., S.M. Taboun, 2002, *Combining Psychophysical Measures of Discomfort and Electromyography for the Evaluation of a New Automotive Seating Concept*, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, vol 8:4, pag 483-496

Lepoutre J.P., *Modélisation biomécanique du mouvement : Vers un outil d'évaluation pour l'instrumentation en orthopédie*, 2007, Diplôme de Doctorat en Biomécanique, Université du Sud Toulon - Var.

de Looze M.P., L.F.M. Kuijt-Evers, J.H. Van Dieën, *Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures*, 2003 *Ergonomics* 46, 985e997.

Lupacchini A., *Ergonomia e Design*, Crocci Editore, Roma, 2008

Luttgens K., N. Hamilton, *Kinesiology: Scientific Basis of Human Motion*, 9th Ed., 1997, Madison, WI: Brown & Benchmark.

Makhsous M., F. Lin, R.W. Hendrix, M. Hepler, L-Q. Zhang, *Sitting with adjustable ischial and back supports: biomechanical changes*. *Spine* 2003, 28:1113–1122

Michel D.D., M.G. Helander. 1994, *Effects of Two Types of Chairs on Stature Change and Comfort for Individuals with Healthy and Herniated Discs*. *Ergonomics*, 37, 1231–1245

Nachemson A., J.M.M. Morris, *In vivo measurements of intradiscal pressure*, 1964, *Journal of Bone and Joint Surgery*, 46A: 1077–1092

Norman D.A., *La caffettiera del masochista-Psicopatologia degli oggetti quotidiani*, Giunti, Milano, 1990

Pivotto M., *Lombalgia: strategie di prevenzione nei tassisti*, Tesi di Laurea in Fisioterapia, Università degli Studi di Padova, rel. Dott. Papa Angelo, 2016

Pope M.H., L.K. Goh, L.M. Magnusson. (2002), *Spine ergonomics*, Annual Review of Biomedical Engineering, vol 4, pag 49–68.

Pynt J., J. Higgs, M. Mackey, *Seeking the optimal posture of the seated lumbar spine*, 2001, *Physiotherapy Theory and Practice*, 17:5–21

Shenoy R., P.S. Pastides, D. Nathwani, *Biomechanics of the knee and TKR*, Orthopaedics and trauma, Vol. 27, Issue 6:364–371

Strine T.W., J.M. Hootman, *US national prevalence and correlates of low back and neck pain among adults*. *Arthritis Rheum* 2007, 57:656–665

Tilley A.R., *Le misure dell'uomo e della donna, dati di riferimento per il progetto*, Henry Dreyfuss Associates, Milano, 1994

Tozeren A., *Human Body Dynamics-Classical mechanics and human movement*, Springer,

New York, 2000

Vallone M.R., *Human Centered Design: sviluppo di un metodo per la valutazione oggettiva del comfort posturale degli arti inferiori*. Vol. 1, Tesi di dottorato, Ph.D. Course of Industrial Engineering, Università degli studi di Salerno, 2017

Vink P., D. Lips, *Sensitivity of the human back and buttocks: The missing link in comfort seat design*, 2015, *Applied Ergonomics*, 58, pp 287–292

Wanga X., M. Cardoso, G. Beurier, *Effects of seat parameters and sitters' anthropometric dimensions on seat profile and optimal compressed seat pan surface*, 2018, *Applied Ergonomics* 73:13–21

Zemp R., W.R. Taylor, S. Lorenzetti, *In Vivo Spinal Posture during Upright and Reclined Sitting in an Office Chair*, 2013, Hindawi Publishing Corporation, BioMed Research International, pp. 1–5

Zenk R., M. Franz, H. Bubb, P. Vink, 2012. *Spine loading in automotive seating*. *Applied Ergonomics* 43 (2), 290–295.

CAPITOLO 5

Buxton P. (edited by), *The Metric Handbook. Planning and Design Data*, Fifth Edition, Routledge, NY, 2015

Piovano M., *The design of exergaming systems for Autonomous rehabilitation*, 2014, Tesi di dottorato in Information Engineering, Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano.

Sween J., S. Flynn Wallington, V. Sheppard, T. Taylor, A.A. Llanos, L.L. Adams-Campbell, *The Role of Exergaming in Improving Physical Activity: A Review*, 2014, *Journal of Physical Activity and Health*, 11(4):864–70.

Timmermans A.A.A., R.P.J. Geers, J.A. Franck, P. Dobbelsteijn, A.I.F. Spooren, H. Kingma, H.A.M. Seelen, T-TOAT: *A method of task-oriented arm training for stroke patients suitable for implementation of exercises in rehabilitation technology*, 2009, IEEE 11th International Conference on Rehabilitation Robotics, Kyoto International Conference Center, Japan.

SITOGRAFIA

CAPITOLO 1

www.epicentro.iss.it/passi/dati/sovrappeso.asp Dati sull'eccesso ponderale 2014-2017.

Sorveglianza PASSI, 2013-2016, Epicentro, portale dell'epidemiologia per la sanità pubblica. -www.epicentro.iss.it/passi/infoPassi/info-Gen.asp

http://www.centro-obesi.com/it/cause_dell_obesita.php

www.dietology.it/index.php/area-dietologica/cause-dell-aumento-di-peso/12-area-diagnostica/58-classificazione-delle-obesita

<http://www.shiftn.com/obesity/Full-Map.html>

CAPITOLO 2

<https://www.theptdc.com/2014/12/8-things-to-consider-when-training-obese-clients/>

Ergonomics and the bariatric patient. <https://ergoweb.com/ergonomics-and-the-bariatric-patient/>

3 Design Considerations For Bariatric Spaces. <https://www.healthcaredesignmagazine.com/architecture/3-design-considerations-bariatric-spaces/>

Seating Bariatric Patients - what are the risks. <https://seatingmatters.com/bariatric-seating/>

The Complete Guide to Bariatric Seating. <https://www.nationalbusinessfurniture.com/blog/guide-to-bariatric-seating>

CAPITOLO 3

http://www.epicentro.iss.it/passi/pdf2016/Stato%20nutrizionale_PASSIPiemonte2012-15.pdf

http://www.epicentro.iss.it/passi/pdf2013/PASSI_REPORT%20PIEMONTE_2011.pdf

The Advantages of Pneumatic Technology, <http://www.huraustralia.com.au/know-how/pneumatic-resistance/advantages-pneumatic-technology>

The first robotic multi-method machine. <https://www.kineosystem.com/methods/>

CAPITOLO 4

Posizione seduta. http://www.demauroy.net/SFIMO/posizione_seduta.htm

<https://seatingmatters.com/bariatric-seating/>

CAPITOLO 5

www.kineosystem.com

www.sporttechie.com

www.keiser.com

www.keisereurope.com (brochure 2014/15)

www.hur.fi

http://sd7.staattinen.fi/sites/www.hur.fi/files/brochures/English/rehab_eng.pdf

www.ortopediasanitaria.it

www.chinesport.it

CAPITOLO 6

L'applicazione del biofeedback nella psicofisiologia dello sport e nell'allenamento. Tratto da <https://www.my-personaltrainer.it/biofeedback-sport.html> <https://www.my-personaltrainer.it/biofeedback-sport.html>

ICONOGRAFIA

INTRODUZIONE

Figura 1: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yamai_no_soshi_\(Fukuoka_Art_Museum\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yamai_no_soshi_(Fukuoka_Art_Museum).jpg)

CAPITOLO 1

Figura 2: C. Patterson, S. Hilton, *Normalisation and Stigmatisation of Obesity in UK Newspapers: a Visual Content Analysis*, The Open Obesity Journal, 2013, 5:82-91

Figura 3: <http://b-c-ing-u.com/2015/04/26/sketching-and-drawing/>

Figura 4: rielaborazione da Loring B., A. Robertson, *Obesity and Inequities: Guidance for addressing inequities in overweight and obesity*, 2014, World Health Organization.

Figura 5: Evert F. Baumgardner, National Archives and Records Administration, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Family_watching_television_1958.jpg

Figura 6: <http://www.shiftn.com/obesity/Full-Map.html>

CAPITOLO 2

Figura 7: <https://maeheardbio.wordpress.com/2019/01/30/anterior-pelvic-tilt/>

Figura 8: D. J. Tomlinson, R. M. Erskine, C. I. Morse, K. Winwood, G. Onambélé-Pearson, *The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age*, Biogerontology, 2016, Vol. 17, Issue 3, pp 467-483

Figura 9: Rielaborazione da C.B. Ebbeling, D.B. Pawlak, D.S. Ludwig, *Childhood obesity: public health crisis, common sense cure*. Lancet, 2002, 360:473-482

Figura 13: <https://www.shutterstock.com/it/g/>

[everett?page=5§ion=1&search_source=base_gallery&language=it](http://www.shutterstock.com/it/g/everett?page=5§ion=1&search_source=base_gallery&language=it)

Figura 14: Rating scale of Perceived Exertion (RPE) <https://www.nuffieldhealth.com/>

Figura 15: <https://www.guldmann.com/it/prodotti/imbragature>

Figura 16: <https://www.zenithinteriors.com/au/product/cache-bariatric>

CAPITOLO 3

Figura 20: <https://www.technogym.com/it/leg-extension-selection-med.html>

Figura 21: <http://www.trainingequipmentdirect.com/product/quantum-fitness-quick-circuit-hydraulic-seated-leg-curlleg-extension/>
<http://www.hur.fi/en/product/3530-hi5-3530-hi5-leg-extension-curl>
<https://www.kineosystem.com>

CAPITOLO 4:

Figura 22: Étienne-Jules Marey, Georges Demény. Untitled (Sprinter). Cronofotografia, 1893

Figura 23: A. Tozeren, *Human Body Dynamics-Classical mechanics and human movement*, Springer, New York, 2000.

Figura 24: A. Tozeren, *Human Body Dynamics-Classical mechanics and human movement*, Springer, New York, 2000.

Figura 25: R. Shenoy, P.S. Pastides, D. Nathwani, *Biomechanics of the knee and TKR*, Orthopaedics and trauma, Vol. 27, Issue 6:364-371

Figura 26: Luttgens e Hamilton (1997)

Figura 27: Luttgens e Hamilton (1997)

Figura 28: rotazione bacino: <http://fkt.it/rachide-lombare/>

Figura 29: sedia Aklerblom : <https://www.pamono.it/sedia-di-bengt-akerblom-gunnar-ekloef-per-akerblom-stolen-svezia-anni-50>

CAPITOLO 6

Figura 30: S. Hiemstra-van Mastrigt, S., 2015. Comfortable Passenger Seats. Recommendation for Design and Research. PhD thesis. TU Delft

Figura 31: A. Lupacchini, *Ergonomia e Design*, Crocci Editore, Roma, 2008

Figura 32: Tribalstone, 1984 (originale: Caillet, 1973)

Figura 33: X. Wanga, M. Cardoso, G. Beurier, *Effects of seat parameters and sitters' anthropometric dimensions on seat profile and optimal compressed seat pan surface*, Applied Ergonomics 73 (2018) 13–21

Figura 34: X. Wanga, M. Cardoso, G. Beurier, *Effects of seat parameters and sitters' anthropometric dimensions on seat profile and optimal compressed seat pan surface*, Applied Ergonomics 73 (2018) 13–21

Figura 35: Fonte: T. Brosh, M. Arca, *Modeling the body/chair interaction – an integrative experimental numeric approach*, 2000, Clinical Biomechanics 15:217-219

Figura 36: A. Binderup, L. Arendt-Nielsen, P. Madeleine, *Pressure pain sensitivity maps of the neck-shoulder and the low back regions in men and women*. 2010, BMC Musculoskeletal Disorders, 11:234.

Figura 37: <https://www.fitnessesport.it/wp-content/uploads/2015/04/Rosacolonna.gif>

Figura 38: <https://seatingmatters.com/bariatric-seating/>

Figura 40: A.R. Tilley, *Le misure dell'uomo e della donna, dati di riferimento per il progetto*, Henry Dreyfuss Associates, Milano, 1994

CAPITOLO 5

Figura 43: www.kineosystem.com

Figura 44: www.keisereurope.com (brochure 2014/15)

Figura 45: www.hur.fi

Figura 46: www.chinesport.it

Figura 69: <https://www.tecnobody.com/it>

Figura 70: extension.iastate.edu