



Università Cattolica del Sacro Cuore  
Facoltà di Scienze della Formazione  
Milano



Fondazione Don Carlo Gnocchi ONLUS  
Polo Tecnologico  
Milano

Corso di Perfezionamento  
**Tecnologie per l'autonomia  
e l'integrazione sociale delle persone disabili**  
Anno Accademico 2011/2012

# **La valutazione del dispendio energetico nell'utilizzo di ausili in ambienti interni ed esterni in diverse patologie neuromotorie**

**CANDIDATO: Elena Prestifilippo**  
*Tipo di elaborato: sperimentale*

**Abstract.** Il lavoro è consistito nello studio dei parametri di consumo energetico di una casistica di pazienti con disabilità di diverso livello che utilizzano quotidianamente diverse tipologie di ausili per la loro autonomia motoria; i dati ricavati costituiscono un utile riferimento sia per la corretta prescrizione dei suddetti ausili, sia per l'eventuale completamento dei programmi di addestramento/allenamento a tali ausili. La differenza di dispendio energetico tra i vari gruppi è risultata statisticamente significativa per quanto riguarda l'utilizzo della carrozzina superleggera rispetto alle altre ed alla progressione con l'uso di deambulatore. L'aumento del dispendio energetico è inoltre risultato correlato in modo direttamente proporzionale sia ai metri percorsi nelle prove, sia alla fatica percepita.

**Direttore del corso:**  
**Responsabile Tecnico Scientifico:**  
**Tutor:**

**Prof. Luigi D'Alonzo**  
**Ing. Renzo Andrich**  
**Dott.ssa Elisa Robol**

## 1. Introduzione

ADL (activities of daily living) è un termine usato nella riabilitazione per descrivere attività di routine che vengono svolte nella quotidianità. Le attività possono essere suddivise in cura personale o ADL di base (BADL: basic activities of daily living) e attività domestiche e di comunità o ADL strumentali (IADL: instrumental activities of daily living). Pertanto questa definizione interessa tutte le azioni che ognuno compie durante la propria vita quotidiana, come ad esempio la spinta della carrozzina, o di qualsiasi altro ausilio, l'igiene personale, ecc.

Alcuni studi (Panigazzi, 2005; Milano, 2008; Bazzini, 2010; Ceresa, 2010) hanno cercato di quantificare quanto poteva essere lo sforzo incontrato dal paziente nelle comuni occupazioni quotidiane; i risultati hanno mostrato una ridotta capacità di sostenere l'attività fisica, soprattutto da parte dei pazienti con danno spinale. Sono stati condotti, e sono tutt'ora in corso studi analoghi su pazienti affetti da altre patologie tra le quali obesità (Pellegrini, 2012), broncopneumopatia cronica ostruttiva (Troosters, 2006), diabete (De Feo, 2005) e scompenso cardiaco cronico (Mealey, 2007).

Misurare il consumo energetico in termini di Dispendio Energetico Totale (TEE), Dispendio Energetico a Riposo (REE), Metabolismo Basale a Riposo (BMR) e Dispendio Energetico Attivo (AEE) potrebbe essere di grande utilità per evidenziare il fabbisogno calorico dei diversi pazienti nei vari momenti della giornata e potrebbe essere utile per modulare la richiesta di performance, che non dovrebbe mai essere né troppo al di sotto né eccessivamente al di sopra delle possibilità anche metaboliche del paziente.

L'analisi dei dati riguardanti l'intensità dello sforzo sostenuto dal paziente durante le ADL ha dimostrato che durante l'arco della giornata, si manifestano diverse occasioni in cui il paziente è sottoposto ad un dispendio energetico significativo, come per esempio la vestizione della parte inferiore del corpo (in particolare per indossare eventuali calze elastiche), la salita e discesa dall'autovettura, la percorrenza di pendenze, ecc. Il presente lavoro sperimentale si focalizza su un particolare momento della vita quotidiana che corrisponde a quello in cui il paziente deve spostarsi da un luogo ad un altro, utilizzando l'ausilio che gli risulta indispensabile per la propria disabilità: la carrozzina, oppure il deambulatore, oppure il bastone canadese; in particolare l'attenzione è stata rivolta ai soggetti con esiti di una lesione midollare: paraplegie e/o paraparesi.

La lesione midollare è una condizione molto grave che comporta una perdita della funzione motoria e sensitiva sotto il livello di lesione. L'ultima stima Italiana conta circa 80.000 persone colpite nel nostro paese, con 2400 casi ogni anno e un'età sotto i 30 anni nel 70% dei casi. Le cause più frequenti sono i traumi stradali e gli incidenti sul lavoro con una percentuale del 60% (Ricci, 2007). Mentre la paralisi è la conseguenza più ovvia della lesione spinale, gli individui con para o tetraplegia sono suscettibili di altre complicanze secondarie come il dolore cronico, lo stress e la diminuzione della qualità di vita percepita (Ditor, 2003).

Attualmente l'aspettativa di vita di questi pazienti è pressoché uguale a quella degli individui sani, pertanto l'obiettivo riabilitativo è stato modificato dall'estensione dell'aspettativa di vita stessa all'aumento dell'indipendenza e della qualità della vita (Hicks, 2003). A fronte di tali indicazioni, risulta rilevante il ruolo del riabilitatore nel facilitare il reinserimento sociale e, se possibile, lavorativo del paziente alla fine del progetto di stabilizzazione del complesso quadro clinico che caratterizza la lesione stessa.

Il reinserimento presuppone l'acquisizione della mobilità, intesa dall'ICF come *“muoversi cambiando la posizione del corpo [...]o trasferendosi da un posto a un altro”*, che nel caso del paziente para o tetraplegico è strettamente legata alla carrozzina. Putzke e altri hanno dimostrato che la mobilità è uno dei principali fattori che condizionano la qualità di vita a due anni dalla lesione (Putzke, 2002). Circa l'80% dei pazienti con lesione spinale legata a trauma, è dipendente dalla carrozzina per la propria mobilità per il resto della propria vita.

Per l'indipendenza diventa necessario acquisire una serie di abilità nell'uso della carrozzina in modo da superare le barriere architettoniche presenti nella vita quotidiana (Fliess-Douer, 2010).

La mobilità è inoltre strettamente legata alla possibilità di svolgere attività fisica a scopo preventivo. È stato infatti stimato che il livello di attività fisica dei pazienti mielolesi è notevolmente più basso di quello raccomandato e di quello dei controlli sani di pari età e sesso. Conseguentemente

l'obesità, legata allo scarso esercizio fisico, è una delle complicanze secondarie più comuni in tale popolazione di pazienti (Bucholz, 2004).

L'esercizio fisico ha un ruolo benefico oltre che sul metabolismo, anche sullo stress e la depressione, con conseguente miglioramento della qualità di vita (Kilkens, 2003). La carrozzina diventa quindi il mezzo necessario per accedere alle attività sociali, vocazionali e ricreative che sono *conditio sine qua non* per una vita produttiva e soddisfacente.

### ***La carrozzina: l'evoluzione***

Fin dal suo esordio nel 1932, la carrozzina pieghevole con telaio a crociera è stata il principale mezzo di mobilità per diverse persone con disfunzione degli arti inferiori. La carrozzina pieghevole nei Paesi europei è molto diffusa anche per il pregio della facilità di trasporto (Cooper, 1999).

Ovviamente la tecnologia delle carrozzine è notevolmente migliorata nelle ultime decadi, sebbene il concetto centrale della carrozzina più usata, ovvero a mancorrente, rimanga sostanzialmente simile. Il passaggio dalla carrozzina in acciaio cromato con seduta ad imbragatura del 1950 a quella odierna ha avuto luogo in diverse fasi, iniziate primariamente con l'esigenza di sviluppare carrozzine adatte allo sport (Van der Woude, 2006).

Il cambiamento nei materiali di costruzione dall'originario acciaio ad altri materiali (alluminio, titanio e fibre di carbonio) ha avuto un notevole impatto sul design, il peso, la stabilità e la durata della carrozzina (Cooper, 1995).

Attualmente il nomenclatore tariffario distingue i diversi modelli di carrozzina manuale secondo la seguente classificazione:

- Carrozzina pieghevole ad autospinta con due mani sulle ruote posteriori. A sua volta suddivisa in
  - a prevalente uso interno
  - con telaio stabilizzante
  - di transito (manovrabile dall'accompagnatore)
- Carrozzina ad autospinta con due mani sulle ruote posteriori pieghevole o a telaio rigido riducibile superleggera.
- Carrozzina pieghevole ad autospinta con due mani sulle ruote anteriori.

In relazione al peso la carrozzina manuale viene distinta in:

- superleggera, carrozzina ad alto grado di regolazione, con peso massimo in assetto di 13 Kg;
- leggera, carrozzina pieghevole con ridotto grado di regolazione, peso massimo in assetto non superiore a 16 kg
- standard, carrozzina non personalizzabile di peso superiore ai 16 kg.

Esse differiscono sia per il materiale di costruzione (alluminio soprattutto per le superleggere, acciaio per le standard) che per la tipologia di ruote (diametro e materiale di composizione), oltre che per la possibilità di regolazione dell'assetto e della personalizzazione mediante i componenti aggiuntivi.

Pur essendo la più utilizzata nel mondo occidentale, la carrozzina a doppio mancorrente rimane, a dispetto delle evoluzioni dei materiali di costruzione, quella a minor efficienza meccanica.

### ***La carrozzina: biomeccanica della propulsione.***

Si intende come efficienza meccanica il rapporto tra potenza e spesa energetica. È stato stimato che il valore della stessa non superi l'11%, valore decisamente più basso rispetto ad altre metodiche di spinta come l'Handcycle (ciclo a braccia) o rispetto al cicloergometro (rispettivamente 14% e 16%)(De Groot, 2008). La potenza espressa con la spinta risulta correlata a diversi fattori quali:

- forza di gravità lungo il piano
- resistenza al rotolamento
- attriti interni
- resistenza dell'aria
- velocità di progressione.

A sua volta risulta interessante notare che la resistenza al rotolamento dipende dai materiali costitutivi della carrozzina, dal raggio del pneumatico e dalla larghezza dell'impronta; allo stesso modo gli attriti interni dipendono dalla frizione delle ruote, dalle eventuali perdite nei meccanismi di trasmissione e dalle deformazioni del telaio (Bazzini, 2001).

Oltre alla scarsa efficienza meccanica, la presenza di elevati valori di forze di contatto sull'articolazione gleno-omeroale di contatto durante la propulsione, condizionano l'elevata incidenza di patologie della scapolo-omeroale nei pazienti mielolesi, sia para che tetraplegici. Uno studio di Veeger et al, ha riportato valori di forza di contatto variabili da 800 a 1400 N (100-165% del peso corporeo) in particolare concentrati sulla muscolatura della cuffia dei rotatori. La variabilità del picco di forza era significativamente correlata all'aumento delle resistenze (Veeger, 2002).

### ***La carrozzina: la prescrizione***

Si evince da ciò l'importanza del momento prescrittivo degli ausili, in particolare della carrozzina in vista del rientro al domicilio dei pazienti mielolesi, mediamente ospedalizzati per 6-8 mesi.

Secondo uno studio di Chaves, che ha indagato l'impatto di vari fattori sulla percezione della limitazione nelle attività a casa, fuori casa e durante il trasporto, la carrozzina risulta essere il principale fattore limitante, addirittura più della lesione stessa, delle barriere architettoniche ambientali e del dolore (Chaves, 2004).

È molto difficile durante la prescrizione ottimizzare tutti gli aspetti, per esempio la scelta di una carrozzina più semplice da usare in termini di propulsione non è sempre associata ad una seduta confortevole. Ciò spesso è causa di insoddisfazione del paziente, insieme alle problematiche legate al servizio di prescrizione (lentezza nelle pratiche di rilascio) e ai servizi di vendita/ riparazione (De Groot, 2011).

Da uno studio di Fitzgerald et al che hanno confrontato la resistenza nel tempo di tre diversi tipi di carrozzina (superleggera, leggera e standard), la "sopravvivenza" delle carrozzine leggera e standard non supera i 3-5 anni, cosa che le rende uno scarso investimento per l'utilizzatore. La carrozzina superleggera, pur avendo lievi criticità migliorabili, presenta una maggiore durata, rispetto alla leggera ed alla standard, sulla base di studi di laboratorio dove ne sono state studiate le caratteristiche strutturali mediante test di usura (Fitzgerald, 2001).

Secondo il nomenclatore tariffario attualmente in vigore, stabilito dal DM 332 del 27/8/1999 e modificato con il DM 321 del 31/5/2001, la prescrizione della carrozzina superleggera è indicata per adulti invalidi e minori di anni 18 non deambulanti che svolgono una intensa attività esterna.

I tempi minimi di rinnovo, ovvero quelli che un assistito deve attendere prima che possa essere fornito lo stesso ausilio, sono disciplinati dal secondo allegato del Decreto del Ministero della Sanità 27 agosto 1999, n. 332. Per la carrozzina il tempo è di 6 anni. Ovviamente ciò è spesso incompatibile con l'utilizzo costante dell'ausilio, in particolare per chi svolge un'attività fisica esterna, come dimostrato dagli studi citati. Emerge quindi chiaramente la difficoltà nel far coincidere le necessità dell'utilizzatore con gli obblighi di legge cui il prescrittore deve attenersi.

In letteratura esistono diversi studi che cercano di dimostrare l'effetto dei singoli costituenti della carrozzina sulla spesa energetica del soggetto durante la propulsione.

Per esempio è stato studiato l'effetto della pressione degli pneumatici sul dispendio energetico, misurato mediante la variazione del consumo di ossigeno e della frequenza cardiaca. L'effetto della pressione sembra essere molto limitato. Deve infatti esserci una riduzione del 50% della pressione per avere un aumento del 25% del consumo energetico (Sawatzky, 2005).

I test di tale studio erano svolti su pavimento in linoleum, che in realtà non rappresenta il terreno comunemente più utilizzato negli ambienti esterni, quindi risulta essere poco rappresentativo della reale condizione in cui il paziente si ritrova nell'ambiente extraospedaliero. È stato infatti dimostrato che la superficie ha un importante effetto sulla velocità di propulsione, sul picco di forza e sulle forze tangenziali (Cowan, 2009). Uno studio del 2007 ha valutato l'effetto delle variazioni dell'angolo di campanatura sulla percezione della fatica e sul dispendio energetico, misurato mediante la valutazione del consumo di ossigeno ( $\dot{V}O_2$ ) e della frequenza cardiaca. Tale studio non ha mostrato variazioni statisticamente significative del dispendio energetico, né della fatica percepita (Perdios, 2007).

In tale studio però esiste una scarsa omogeneità nella scelta dei soggetti. Infatti sono stati selezionati sia soggetti disabili che soggetti non disabili, a loro volta distinti in soggetti con esperienza

nella spinta e soggetti senza esperienza. Risulta quindi difficile analizzare i risultati in questa ottica, considerando che per via della lesione il metabolismo basale del soggetto risulta essere più basso di circa il 26% rispetto ai soggetti sani e non sono ancora noti gli effetti della spasticità, presente nella maggior parte degli individui con mielolesione, sul metabolismo stesso e conseguentemente sulla spesa energetica totale (Yilmaz, 2007).

Indicazioni discordanti vengono invece fornite per quanto riguarda il peso della carrozzina e il suo ruolo nella spesa energetica del soggetto. Mentre, infatti, in uno studio è indicato un miglioramento della velocità di propulsione e una riduzione della spesa energetica misurata come consumo di ossigeno ( $V_{O_2}$  ml/Kg/m) nel confronto tra carrozzina superleggera e standard (Beekman, 1999), in un secondo e più recente studio l'effetto di un peso di circa 5 kg posto sotto la carrozzina non ha mostrato nessuna variazione statisticamente significativa per quanto riguarda la spesa energetica (Sagawa, 2010).

Indicazioni più chiare vengono invece fornite dalla raccolta di dati non parametrici, come il gradimento del confort e dell'ergonomia delle varie tipologie di carrozzina, con indicazione di preferenza per la carrozzina superleggera rispetto alla leggera (Digiovine, 2000).

Se ne deduce quindi una ridotta possibilità di oggettivare e quindi supportare la scelta di una carrozzina in base alla sola letteratura corrente.

### *Scopo dello Studio*

Viste le indicazioni discordanti fornite dagli studi presenti in letteratura, abbiamo voluto indagare in modo non invasivo il dispendio energetico di diversi soggetti che eseguano spostamenti su diverse tipologie di percorsi utilizzando l'ausilio indispensabile per la loro mobilità, a causa della loro disabilità.

## **2. Materiali e metodi**

### *Casistica*

Per questo studio sono stati selezionati ed esaminati 25 pazienti<sup>1</sup>, con disabilità di diverso grado, a cui era stato prescritto, nel momento in cui si è reso necessario durante il "percorso riabilitativo", l'utilizzo di un ausilio per rendere autonomi i propri spostamenti.

È utile precisare che l'allenamento all'utilizzo dell'ausilio lungo i percorsi dedicati nell'Istituto riabilitativo sono codificati e previsti di routine nell'ambito dei "Programmi riabilitativi" dei pazienti afferenti all'Istituto. Tali programmi sono periodicamente aggiornati presso la Direzione Sanitaria e verificati dagli organismi di Controllo Qualità interni all'Istituto ed esterni, secondo la UNI EN ISO 9001:2000, da Bureau Veritas SpA (cert. n°214549). I pazienti afferenti all'Istituto ed in particolare all'U.O. di Fisiatria Occupazionale firmano un documento di consenso informato comprensivo dei programmi riabilitativi sopracitati. Tale documento consiste di 3 pagine e quello attualmente utilizzato è la versione modificata come richiesto dal Comitato Etico Centrale nella seduta del 2/5/2005.

Il periodo dello studio è durato dal gennaio 2012 al luglio 2012. I principali dati dei soggetti di questa casistica sono riassunti nella tabella 1. La casistica è formata esclusivamente da soggetti di sesso maschile, sia per la loro preponderanza fra i soggetti trattati nella palestra nel periodo della tesi, sia per ridurre i possibili fattori "confondenti".

Per i soggetti con lesione midollare (tetraparesi, paraplegia/paraparesi) si sono esclusi pazienti con anzianità di lesione maggiore di 6 mesi; per gli emiplegici si sono esclusi pazienti con anzianità di lesione maggiore di 3 mesi. Fra i principali fattori di esclusione ricordiamo la presenza di: polipatologie e/o complicanze significative, serie problematiche cardio-respiratorie, diabete scompensato, patologie muscolo-scheletriche pre-esistenti determinanti disabilità aggiuntive oltre a quella connessa alla patologia principale, deficit cognitivi.

BASTONE "CANADESE"				
Paziente	peso	altezza	età	diagnosi
A1	80	180	72	emiparesi dx
A2	60	163	52	emiparesi dx
A3	67	168	56	emiparesi sx
A4	76	176	54	emiparesi sx
A5	62	158	58	emiparesi dx
<b>MEDIA</b>	<b>69</b>	<b>169</b>	<b>58</b>	
DEAMBULATORE				
Paziente	peso	altezza	età	diagnosi
B1	80	180	72	paraparesi
B2	67	165	62	paraparesi
B3	70	163	51	paraparesi
B4	69	176	56	paraparesi
B5	75	168	54	paraparesi
<b>MEDIA</b>	<b>72</b>	<b>170</b>	<b>59</b>	
CARROZZINA STANDARD				
Paziente	peso	altezza	età	diagnosi
C1	79	173	60	tetraparesi stenosi canale cervicale
C2	70	168	47	emiplegia dx
C3	75	176	53	paraplegia da ischemia midollare
C4	76	178	52	paraplegia traumatica
C5	78	164	53	paraplegia traumatica
<b>MEDIA</b>	<b>76</b>	<b>172</b>	<b>53</b>	
CARROZZINA LEGGERA				
Paziente	peso	altezza	età	diagnosi
D1	85	165	39	paraplegia traumatica
D2	63	165	70	emiplegia sx
D3	60	165	60	tetraparesi
D4	68	159	58	paraplegia traumatica
D5	74	165	49	paraplegia traumatica
<b>MEDIA</b>	<b>70</b>	<b>164</b>	<b>55</b>	
CARROZZINA SUPERLEGGERA				
Paziente	peso	altezza	età	diagnosi
E1	85	188	26	tetraparesi trauma cervicale
E2	73	185	28	paraplegia D5-6
E3	49	163	39	tetraparesi trauma cervicale
E4	67	160	67	paraplegia da compress. midollare
E5	78	175	57	paraplegia D4-5
<b>MEDIA</b>	<b>70</b>	<b>174</b>	<b>43</b>	

Tabella 1: Caratteristiche antropometriche e diagnostiche della casistica analizzata.

### **Protocollo dei Test.**

Le prove sono consistite nello spostarsi per 6 minuti consecutivi, a velocità soggettivamente confortevole e con il proprio ausilio, lungo 4 percorsi diversi fra loro:

I percorsi erano così suddivisi:

- Due interni:
  - un tragitto piano
  - un tragitto con presenza di saliscendi
- Due esterni:

- un tragitto piano
- un tragitto con presenza di saliscendi

La scelta di percorrere quattro diversi tipi di tragitti è legata al fatto che l'ambiente è inestricabilmente legato alla performance; in questo modo, è stato possibile avere una visuale più ampia di quale sia lo sforzo a cui è sottoposto il paziente nell'arco della giornata.

Per ogni tragitto venivano rilevate prima e dopo la prova frequenza cardiaca e saturazione del paziente. Prima di cominciare la rilevazione dei dati veniva spiegato e fatto vedere al paziente il tragitto che avrebbe dovuto effettuare; in seguito gli veniva riferito che il test avrebbe avuto la durata di sei minuti, e che egli doveva svolgere l'attività a velocità normale, intesa come velocità con cui era solito muoversi. Alla fine di ogni prova, veniva somministrata la Scala Borg (Borg, 1998) e si procedeva ad una chiara spiegazione della stessa.

Il tragitto pianeggiante interno corrispondeva ad un corridoio dalla lunghezza di 40 m, poco frequentato, largo e privo di ostacoli. Al termine del corridoio il paziente veniva istruito ad invertire il senso di marcia e ad effettuare il percorso in senso contrario, ripetutamente.

Il tragitto interno con presenza di saliscendi, corrispondeva ad un corridoio largo e poco frequentato dalla lunghezza di 47 m durante il quale il paziente doveva effettuare una salita con la presenza di alcune curve che sarebbe diventata poi una discesa nel momento in cui veniva invertito il senso di marcia.

Il tragitto esterno in piano corrispondeva ad un percorso dalla lunghezza di 80 m largo e poco frequentato in cui il terreno si presentava accidentato ed irregolare, pertanto più difficile da percorrere rispetto ai due precedenti.

Il tragitto esterno con saliscendi era un percorso dalla lunghezza di 135 m largo e poco frequentato con la presenza di molte curve e di alcune salite e discese di pendenza differente tra loro.

### ***Ausili utilizzati***

Gli ausili utilizzati all'interno di questo studio sono stati:

- *Bastone "canadese"*
- *Deambulatore (Otto Bock®)*
- *Carrozzina standard (Surace®)*
- *Carrozzina leggera (Quickie®)*
- *Carrozzina superleggera (Progeo®)*

Tra gli ausili per la mobilità personale, le carrozzine rappresentano sicuramente la tipologia più utilizzata e anche quella che offre la più ampia scelta in riferimento alle necessità e alle esigenze del singolo utente o di chi lo dovrà assistere. All'interno di queste classi è possibile suddividere diverse sottoclassi. Secondo la proposta della Classificazione ISO 2007, nella classe "Ausili per la mobilità personale" si trovano le sottoclassi "carrozzine manuali" e "carrozzine motorizzate". Sia le carrozzine manuali che quelle motorizzate si suddividono, a loro volta, in diverse tipologie e modelli. In questo studio è stata presa in considerazione solo la sottoclasse delle carrozzine manuali per poter effettuare i test richiesti.

- *Carrozzina standard*: non avendo particolari possibilità di personalizzazione, questa tipologia di carrozzine dovrebbe essere utilizzata nei casi in cui il paziente non debba rimanervi seduto a lungo o non debba spingersi autonomamente, in quanto l'impossibilità di adeguarla alle caratteristiche fisiche dell'utilizzatore comporterebbe un aumento del rischio di causare alcuni danni fisici, talvolta anche rilevanti, come ad esempio lo sviluppo di deformità a carico sia degli arti inferiori che del bacino e della colonna. Un'altra caratteristica negativa di questo tipo di carrozzine è il peso, non inferiore ai 16 Kg, che causa impaccio sia nella spinta che nel trasporto.
- *Carrozzina leggera*: sono carrozzine con scarsa possibilità di personalizzazione il cui peso massimo in assetto non supera i 16 Kg.
- *Carrozzina superleggera*: è una carrozzina con ampia possibilità di personalizzazione il cui peso massimo in assetto è di 13 Kg.

- *Deambulatore*: è stato utilizzato un deambulatore con quattro ruote piroettanti.
- *Bastone "canadese"*: è stato utilizzato il canadese o il bastone di cui il paziente era solito servirsi durante l'arco della giornata, di altezza adeguata.

### ***Strumenti di valutazione***

Il dispendio energetico è stato misurato mediante sistema di monitoraggio a fascia Bodymedia® Sensewear Armband (Johansen, 2010; Hill, 2010) in grado di rilevare il dispendio energetico durante le varie attività del paziente. Il dispositivo, scelto per l'affidabilità e la comodità d'impiego, presenta la capacità di misurare direttamente: la temperatura cutanea, il flusso del calore (Heat Flux) o frequenza del calore scambiato entro 2 aree (in questo caso il calore dissipato dal braccio nell'ambiente), risposta Galvanica della pelle (GSR = Galvanic Skin Response, conduttività elettrica tra due punti della pelle), temperatura della pelle, temperatura ambiente prossimale alla fascia (Near Body Temperature), movimento (accelerometro a 2 assi, 6 canali).

Il dispositivo viene posizionato sul braccio del paziente, a livello del tricipite, in modo da non disturbare il movimento. Il campionamento (impostabile dall'operatore) delle variabili fisiologiche permette l'immagazzinamento dei dati nella memoria interna trasformando lo strumento in un vero e proprio Holter metabolico.

Un algoritmo di calcolo permette di elaborare i dati raccolti e ottenere misure derivate di: spesa energetica totale (calorie bruciate), durata e quantificazione dell'attività fisica, spesa energetica in attività (active Energy expenditure), posizione del corpo (eretta o sdraiata), numero di passi (nel nostro caso inteso come movimento del braccio), durata del sonno. I dati vengono poi scaricati sul Pc per permettere una visualizzazione grafica dei valori. Il software consente di definire il valore oltre il quale l'attività viene considerata attività fisica; nel nostro caso è stato scelto 1.5 METs. È bene ricordare che un equivalente metabolico (METs) corrisponde al consumo d'ossigeno a riposo, ed è pari a 3.5 ml di ossigeno per chilo di peso corporeo per minuto (1.2 Kcal per minuto riferito ad una persona di 70 Kg).

La strumentazione SenseWear® Armband è stata validata come holter metabolico in diversi studi per la valutazione del livello di attività fisica di pazienti bronco-pneumopatici, cardiopatici, obesi e sani (King, 2004; Erdogan, 2010). Uno studio pubblicato da Jakicin ha dimostrato l'accuratezza del bracciale di misurazione durante lo svolgimento di attività fisica che risulta assolutamente sovrapponibile alla calorimetria (Jakicin, 2004).

Per poter confrontare lo sforzo percepito e quello sostenuto, è stata usata la scala di Borg a 10 item: Borg CR10.

Questa scala copre valori che vanno da 0 a 10, e corrispondono rispettivamente a: "Nulla" ed "Estremamente pesante". Tra questi due valori numerici ne sono presenti altri a ciascuno dei quali corrisponde un giudizio dello sforzo percepito.

È inoltre presente un ulteriore livello: "Massima – Insopportabile" utilizzato quando il paziente percepisce una sensazione ancora più intensa, o qualora non sia più in grado di continuare il test.

La scala è stata spiegata al paziente secondo le indicazioni fornite da Borg per la sua scala CR-10 (Borg, 1998).

## **3. Risultati**

Ciascun paziente ha effettuato i 4 percorsi con il proprio ausilio, indossando il bracciale per il rilievo del dispendio energetico.

I dati analitici, di seguito presentati, riguardano quindi:

- i metri percorsi in ciascuna prova,
- le calorie spese nel percorrere i sopraddetti metri di percorso,
- il valore delle calorie spese per percorrere 100 metri (ricavato dividendo le calorie totali per le centinaia di metri percorsi)
- la percezione dell'affaticamento a fine percorso (mediante scala CR 10 di Borg).



Nella tabella 2 sono riportati i sopradetti valori riscontrati dai pazienti che hanno utilizzato il bastone “canadese”:

<b>BASTONE “CANADESE”</b>				
PERCORSO INTERNO PIANO				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
A1	365	31	8,5	3
A2	340	29	8,5	4
A3	350	33	9,4	3
A4	345	32	9,3	3
A5	355	30	8,5	4
<b>Media</b>	<b>351</b>	<b>31</b>	<b>8,8</b>	<b>3</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>
<b>St. Err.</b>	<b>4,3</b>	<b>0,7</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>
PERCORSO INTERNO SALISCENDI				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
A1	350	33	9,4	3
A2	320	32	10,0	4
A3	350	31	8,9	3
A4	340	32	9,4	3
A5	310	29	9,4	4
<b>Media</b>	<b>334</b>	<b>31</b>	<b>9,4</b>	<b>3</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>0,4</b>	<b>1</b>
<b>St. Err.</b>	<b>8,1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>
PERCORSO ESTERNO PIANO				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
A1	288	44	15,3	8
A2	190	28	14,7	7
A3	200	30	15,0	7
A4	295	36	12,2	8
A5	195	32	16,4	7
<b>Media</b>	<b>234</b>	<b>34</b>	<b>14,7</b>	<b>7</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>53</b>	<b>6</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>
<b>St. Err.</b>	<b>23,7</b>	<b>2,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,2</b>
PERCORSO ESTERNO SALISCENDI				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
A1	330	46	13,9	6
A2	200	36	18,0	7
A3	270	35	13,0	7
A4	320	44	13,8	6
A5	220	37	16,8	7
<b>Media</b>	<b>268</b>	<b>40</b>	<b>15,1</b>	<b>7</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>58</b>	<b>5</b>	<b>2,2</b>	<b>1</b>
<b>St. Err.</b>	<b>26,0</b>	<b>2,2</b>	<b>1,0</b>	<b>0,2</b>

Tabella 2: Parametri riscontrati nei percorsi dai pazienti che hanno utilizzato il bastone canadese.

Nella tabella 3 sono riportati i sopradetti valori riscontrati dai pazienti che hanno utilizzato il deambulatore.

<b>DEAMBULATORE</b>				
PERCORSO INTERNO PIANO				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
B1	264	21	8,0	5
B2	330	28	8,5	5
B3	345	32	9,3	4
B4	250	20	8,0	5
B5	340	28	8,2	5
<b>Media</b>	<b>306</b>	<b>26</b>	<b>8,4</b>	<b>5</b>

<i>Dev.St.</i>	<b>45</b>	<b>5</b>	<b>0,5</b>	<b>0</b>
<i>St. Err.</i>	<b>20,2</b>	<b>2,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>
<b>PERCORSO INTERNO SALISCENDI</b>				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
B1	241	28	11,6	6
B2	270	37	13,7	6
B3	280	36	12,9	5
B4	250	25	10,0	6
B5	260	36	13,8	6
<i>Media</i>	<b>260</b>	<b>32</b>	<b>12,4</b>	<b>6</b>
<i>Dev.St.</i>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>1,6</b>	<b>0</b>
<i>St. Err.</i>	<b>6,9</b>	<b>2,5</b>	<b>0,7</b>	<b>0,2</b>
<b>PERCORSO ESTERNO PIANO</b>				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
B1	264	42	15,9	8
B2	220	38	17,3	6
B3	200	37	18,5	7
B4	250	46	18,4	8
B5	230	40	17,4	6
<i>Media</i>	<b>233</b>	<b>41</b>	<b>17,5</b>	<b>7</b>
<i>Dev.St.</i>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>1,0</b>	<b>1</b>
<i>St. Err.</i>	<b>11,2</b>	<b>1,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>
<b>PERCORSO ESTERNO SALISCENDI</b>				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
B1	282	46	16,3	7
B2	200	33	16,5	6
B3	260	44	16,9	7
B4	270	45	16,7	7
B5	230	35	15,2	6
<i>Media</i>	<b>248</b>	<b>41</b>	<b>16,3</b>	<b>7</b>
<i>Dev.St.</i>	<b>33</b>	<b>6</b>	<b>0,7</b>	<b>1</b>
<i>St. Err.</i>	<b>14,9</b>	<b>2,7</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>

Tabella 3: Parametri riscontrati nei percorsi dai pazienti che hanno utilizzato il deambulatore.

Nella tabella 4 sono riportati i sopradetti valori riscontrati dai pazienti che hanno utilizzato la carrozzina standard.

<b>CARROZZINA STANDARD</b>				
<b>PERCORSO INTERNO PIANO</b>				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
C1	360	35	9,7	4
C2	400	38	9,5	5
C3	460	37	8,0	5
C4	420	36	8,6	5
C5	410	39	9,5	5
<i>Media</i>	<b>410</b>	<b>37</b>	<b>9,1</b>	<b>5</b>
<i>Dev.St.</i>	<b>36</b>	<b>2</b>	<b>0,7</b>	<b>0</b>
<i>St. Err.</i>	<b>16,1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>
<b>PERCORSO INTERNO SALISCENDI</b>				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
C1	329	31	9,4	5
C2	235	40	17,0	5
C3	376	32	8,5	6
C4	240	39	16,3	5
C5	245	41	16,7	5
<i>Media</i>	<b>285</b>	<b>37</b>	<b>13,6</b>	<b>5</b>
<i>Dev.St.</i>	<b>64</b>	<b>5</b>	<b>4,2</b>	<b>0</b>
<i>St. Err.</i>	<b>28,6</b>	<b>2,1</b>	<b>1,9</b>	<b>0,2</b>

<b>PERCORSO ESTERNO PIANO</b>				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
C1	340	41	12,1	6
C2	320	44	13,8	7
C3	400	39	9,75	7
C4	340	41	12,1	7
C5	320	45	14,1	7
<b>Media</b>	<b>344</b>	<b>42</b>	<b>12,3</b>	<b>7</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>33</b>	<b>2</b>	<b>1,7</b>	<b>0</b>
<b>St. Err.</b>	<b>14,7</b>	<b>1,1</b>	<b>0,8</b>	<b>0,2</b>
<b>PERCORSO ESTERNO SALISCENDI</b>				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
C1	270	35	12,96296	6
C2	200	36	18	7
C3	250	34	13,6	7
C4	230	38	16,5	7
C5	220	36	16,4	7
<b>Media</b>	<b>234</b>	<b>36</b>	<b>15,5</b>	<b>7</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>2,1</b>	<b>0</b>
<b>St. Err.</b>	<b>12,1</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>0,2</b>

Tabella 4: Parametri riscontrati nei percorsi dai pazienti che hanno utilizzato la carrozzina standard.

Nella tabella 5 sono riportati i sopradetti valori riscontrati dai pazienti che hanno utilizzato la carrozzina leggera.

<b>CARROZZINA LEGGERA</b>				
<b>PERCORSO INTERNO PIANO</b>				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
D1	275	26	9,5	8
D2	340	29	8,5	5
D3	260	27	10,4	2
D4	320	25	7,8	5
D5	320	23	7,2	5
<b>Media</b>	<b>303</b>	<b>26</b>	<b>8,7</b>	<b>5</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>34</b>	<b>2</b>	<b>1,3</b>	<b>2</b>
<b>St. Err.</b>	<b>15,1</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>
<b>PERCORSO INTERNO SALISCENDI</b>				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
D1	195	32	16,4	7
D2	282	34	12,1	5
D3	205	32	15,6	4
D4	280	27	9,6	5
D5	265	26	9,8	5
<b>Media</b>	<b>245</b>	<b>30</b>	<b>12,7</b>	<b>5</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>42</b>	<b>3</b>	<b>3,2</b>	<b>1</b>
<b>St. Err.</b>	<b>18,8</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>0,5</b>
<b>PERCORSO ESTERNO PIANO</b>				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
D1	240	38	15,8	8
D2	240	31	12,9	7
D3	180	32	17,8	6
D4	245	28	11,4	7
D5	210	23	11,0	7
<b>Media</b>	<b>223</b>	<b>30</b>	<b>13,8</b>	<b>7</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>28</b>	<b>6</b>	<b>2,9</b>	<b>1</b>
<b>St. Err.</b>	<b>12,4</b>	<b>2,5</b>	<b>1,3</b>	<b>0,3</b>
<b>PERCORSO ESTERNO SALISCENDI</b>				

Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
D1	150	26	17,33333	8
D2	270	38	14,07407	8
D3	150	33	22	6
D4	275	31	11,3	8
D5	250	30	12,0	8
<b>Media</b>	<b>219</b>	<b>32</b>	<b>15,3</b>	<b>8</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>64</b>	<b>4</b>	<b>4,4</b>	<b>1</b>
<b>St. Err.</b>	<b>28,5</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,4</b>

Tabella 5: Parametri riscontrati nei percorsi dai pazienti che hanno utilizzato la carrozzina leggera.

Nella tabella 6 sono riportati i sopradetti valori riscontrati dai pazienti che hanno utilizzato la carrozzina superleggera.

<b>CARROZZINA SUPERLEGGERA</b>				
PERCORSO INTERNO PIANO				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
E1	528	48	9,1	5
E2	480	48	10,0	2
E3	552	35	6,3	3
E4	420	36	8,6	4
E5	410	34	8,3	5
<b>Media</b>	<b>478</b>	<b>40</b>	<b>8,5</b>	<b>4</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>63</b>	<b>7</b>	<b>1,4</b>	<b>1</b>
<b>St. Err.</b>	<b>28,3</b>	<b>3,2</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>
PERCORSO INTERNO SALISCENDI				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
E1	423	52	12,3	6
E2	395	45	11,4	2
E3	480	38	7,9	3
E4	302	33	10,9	7
E5	349	32	9,2	7
<b>Media</b>	<b>390</b>	<b>40</b>	<b>10,3</b>	<b>5</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>68</b>	<b>8</b>	<b>1,8</b>	<b>2</b>
<b>St. Err.</b>	<b>30,5</b>	<b>3,8</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>
PERCORSO ESTERNO PIANO				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
E1	552	52	9,4	6
E2	528	56	10,6	4
E3	288	37	12,8	8
E4	302	39	12,9	8
E5	480	50	10,4	7
<b>Media</b>	<b>430</b>	<b>47</b>	<b>11,2</b>	<b>7</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>126</b>	<b>8</b>	<b>1,6</b>	<b>2</b>
<b>St. Err.</b>	<b>56,4</b>	<b>3,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>
PERCORSO ESTERNO SALISCENDI				
Paziente	metri	calorie	cal./100 m.	borg
E1	486	49	10,1	10
E2	162	50	30,9	4
E3	264	26	9,8	3
E4	205	29	14,1	8
E5	290	25	8,6	8
<b>Media</b>	<b>281</b>	<b>36</b>	<b>14,7</b>	<b>7</b>
<b>Dev.St.</b>	<b>125</b>	<b>13</b>	<b>9,3</b>	<b>3</b>
<b>St. Err.</b>	<b>55,8</b>	<b>5,6</b>	<b>4,1</b>	<b>1,3</b>

Tabella 6: Parametri riscontrati nei percorsi dai pazienti che hanno utilizzato la carrozzina superleggera.

### Sintesi del dispendio energetico per ciascun ausilio nei diversi percorsi

Per poter commentare i risultati espongo ora alcuni grafici nei quali ho cercato di riassumere il dispendio energetico relativo all'utilizzo dei diversi ausili. Pertanto viene presentato in istogramma il valore medio (calcolato sui 5 pazienti di ogni gruppo) del dispendio energetico unitario (ossia le calorie spese per percorrere 100 metri), nei 4 percorsi del test: in fig. 1 utilizzando il bastone canadese, in fig. 2 utilizzando il deambulatore, in fig. 3 utilizzando la carrozzina standard, in fig. 4 utilizzando la carrozzina leggera ed in fig. 5 utilizzando la carrozzina superleggera.

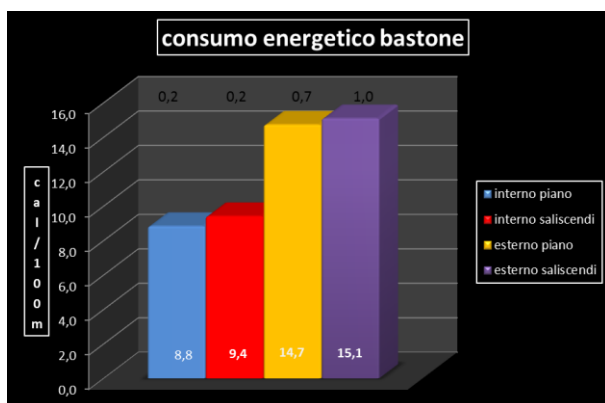


Fig. 1: Valori medi (calcolati sui 5 pazienti) del dispendio energetico unitario (calorie spese per percorrere 100 metri) utilizzando il bastone canadese, nei diversi percorsi.

[Ai piedi della colonna il suo valore; in alto, in nero, il valore dello standard error]

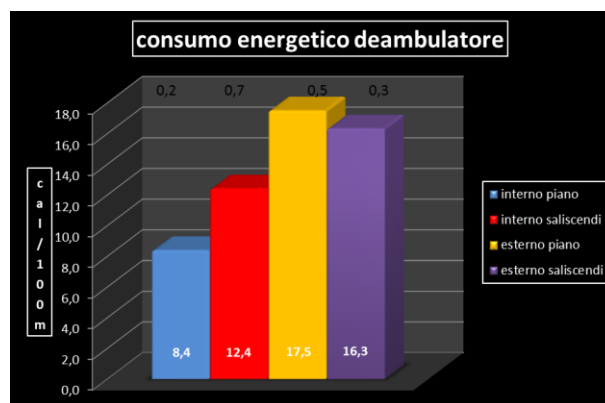


Fig. 2: Valori medi (calcolati sui 5 pazienti) del dispendio energetico unitario (calorie spese per percorrere 100 metri) utilizzando il deambulatore, nei diversi percorsi.

[Ai piedi della colonna il suo valore; in alto, in nero, il valore dello standard error]

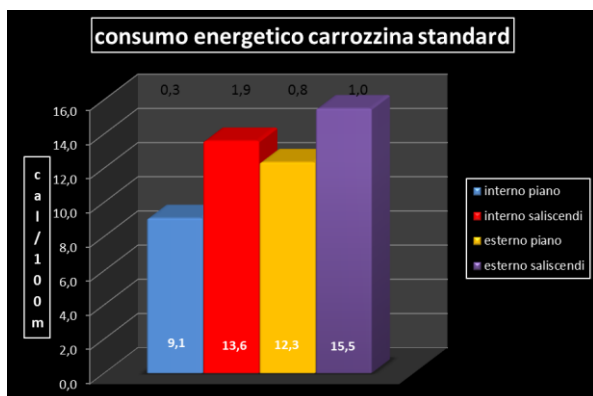


Fig. 3: Valori medi (calcolati sui 5 pazienti) del dispendio energetico unitario (calorie spese per percorrere 100 metri) utilizzando la carrozzina standard, nei diversi percorsi.

[Ai piedi della colonna il suo valore; in alto, in nero, il valore dello standard error]

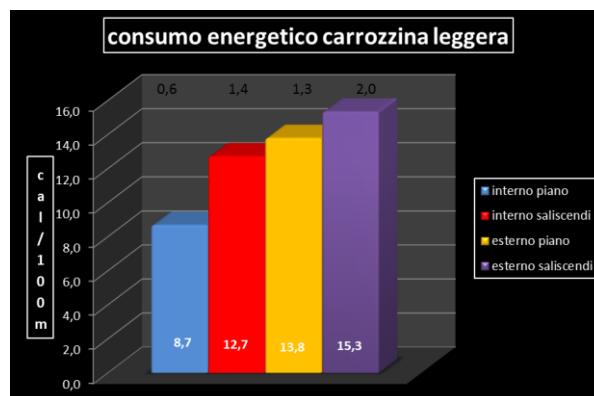


Fig. 4: Valori medi (calcolati sui 5 pazienti) del dispendio energetico unitario (calorie spese per percorrere 100 metri) utilizzando la carrozzina leggera, nei diversi percorsi.

[Ai piedi della colonna il suo valore; in alto, in nero, il valore dello standard error]

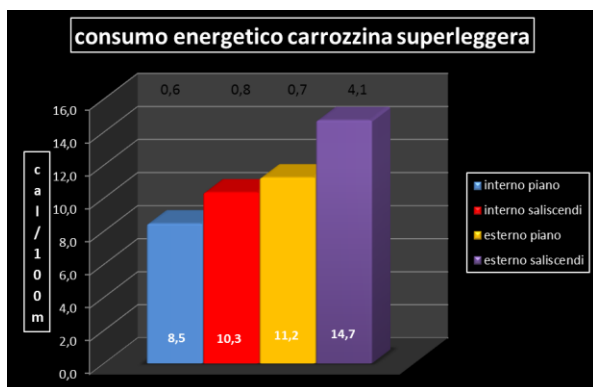


Fig. 5: Valori medi (calcolati sui 5 pazienti) del dispendio energetico unitario (calorie spese per percorrere 100 metri) utilizzando la carrozzina superleggera, nei diversi percorsi.  
[Ai piedi della colonna il suo valore; in alto, in nero, il valore dello standard error]

E' possibile presentare i risultati anche con una modalit  che illustra prioritariamente non l'ausilio utilizzato, come nei grafici precedenti, bens  i dispendi energetici unitari (calorie spese per percorrere 100 metri) espressi come valore-medio (sui 5 pazienti di ogni gruppo di ausilio) a seconda del percorso effettuato. Nelle figure 6, 7, 8 e 9 sono illustrati tali istogrammi.

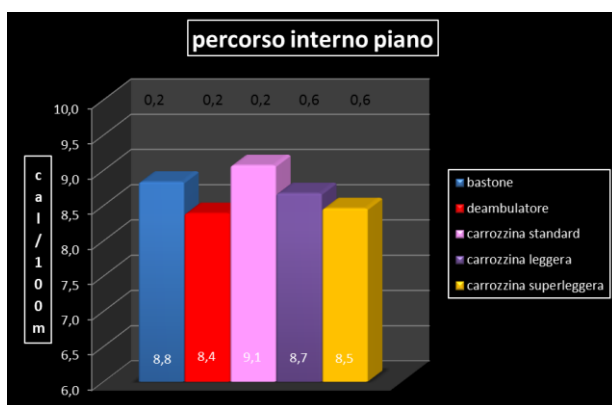


Fig. 6: dispendio energetico medio (sui 5 pazienti di ciascun ausilio) speso per percorrere il tragitto "interno piano".  
[Ai piedi della colonna il suo valore; in alto, in nero, il valore dello standard error]

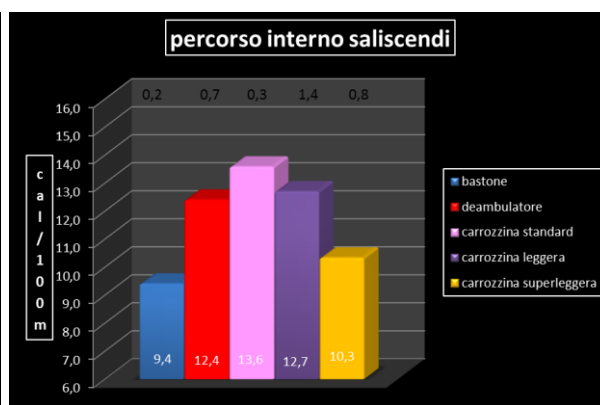


Fig. 7: dispendio energetico medio (sui 5 pazienti di ciascun ausilio) speso per percorrere il tragitto "interno saliscendi".  
[Ai piedi della colonna il suo valore; in alto, in nero, il valore dello standard error]

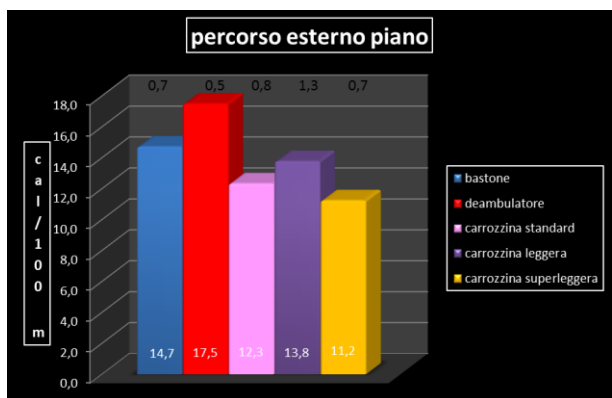


Fig. 8: dispendio energetico medio (sui 5 pazienti di ciascun ausilio) speso per percorrere il tragitto "esterno".

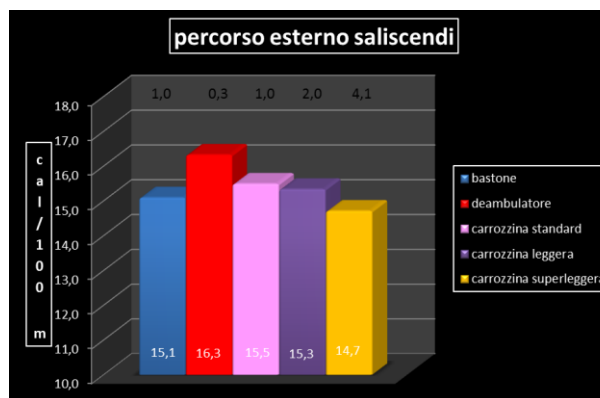


Fig. 9: dispendio energetico medio (sui 5 pazienti di ciascun ausilio) speso per percorrere il tragitto

piano”.

[Ai piedi della colonna il suo valore; in alto, in nero, il valore dello standard error]

“esterno saliscendi”.

[Ai piedi della colonna il suo valore; in alto, in nero, il valore dello standard error]

### **Consumi energetici nei diversi percorsi con i differenti ausili**

Un'ulteriore modalità sintetica di presentazione dei risultati è la seguente: ho sommato i valori ottenuti dai pazienti in ciascuno dei 4 percorsi effettuati consecutivamente, anche se con una pausa compensativa fra di loro, come se si trattasse di un percorso unico. In questo modo possiamo presentare per ciascun paziente i metri percorsi in totale, il dispendio energetico complessivo e quindi il dispendio unitario (calorie spese per percorrere 100 metri) (tabella 7).

BASTONE			
Paziente	metri totali	calorie totali	cal/100m
A1	1333	154	11,6
A2	1050	125	11,9
A3	1170	129	11,0
A4	1300	144	11,1
A5	1080	128	11,9
<b>Media</b>	<b>1187</b>	<b>136</b>	<b>11,5</b>
<b>Dev. St.</b>	<b>127</b>	<b>12</b>	<b>0,4</b>
<b>St. Err.</b>	<b>57</b>	<b>6</b>	<b>0,2</b>
DEAMBULATORE			
Paziente	metri totali	calorie tot	cal/100m
B1	1051	137	13,0
B2	1020	136	13,3
B3	1085	149	13,7
B4	1020	136	13,3
B5	1060	139	13,1
<b>Media</b>	<b>1047</b>	<b>139</b>	<b>13,3</b>
<b>Dev. St.</b>	<b>28</b>	<b>6</b>	<b>0,3</b>
<b>St. Err.</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>0,1</b>
CARROZZINA STANDARD			
Paziente	metri tot	calorie tot	cal/100m
C1	1299	142	10,9
C2	1155	158	13,7
C3	1486	142	9,6
C4	1230	154	12,5
C5	1195	161	13,5
<b>Media</b>	<b>1273</b>	<b>151</b>	<b>12,0</b>
<b>Dev. St.</b>	<b>130</b>	<b>9</b>	<b>1,8</b>
<b>St. Err.</b>	<b>58</b>	<b>4</b>	<b>0,8</b>
CARROZZINA LEGGERA			
Paziente	metri tot	calorie tot	cal/100m
D1	860	122	14,2
D2	1132	132	11,7
D3	795	124	15,6
D4	1120	111	9,9
D5	1045	102	9,8
<b>Media</b>	<b>990</b>	<b>118</b>	<b>12,2</b>
<b>Dev. St.</b>	<b>154</b>	<b>12</b>	<b>2,6</b>
<b>St. Err.</b>	<b>69</b>	<b>5</b>	<b>1,2</b>
CARROZZINA SUPERLEGGERA			
Paziente	metri tot	calorie tot	cal/100m
E1	1989	201	10,1
E2	1565	199	12,7
E3	1584	136	8,6

E4	1229	137	11,1
E5	1529	141	9,2
<b>Media</b>	<b>1579</b>	<b>163</b>	<b>10,4</b>
<b>Dev. St.</b>	<b>271</b>	<b>34</b>	<b>1,6</b>
<b>St. Err.</b>	<b>121</b>	<b>15</b>	<b>0,7</b>

Tabella 7: Valori ottenuti sommando per ciascun paziente i dati relativi ai 4 percorsi eseguiti: percorrenze totali, spesa energetica totale ed unitaria (per 100 metri percorsi).

### **Significatività dei consumi energetici con i differenti ausili**

Per poter confrontare meglio i dispendi energetici nell'utilizzo dei diversi ausili ho confrontato fra loro i dispendi energetici unitari di ciascuno dei gruppi di pazienti (tab. 8) ed ho eseguito un'analisi statistica mediante il Test t per campioni a dati appaiati (tab. 9).

Spesa energetica: cal./100 m.					
	bastone	deambulatore	standard	leggera	superleggera
Pz.1	11,6	13,0	10,9	14,2	10,1
Pz.2	11,9	13,3	13,7	11,7	12,7
Pz.3	11,0	13,7	9,6	15,6	8,6
Pz.4	11,1	13,3	12,5	9,9	11,1
P.5	11,9	13,1	13,5	9,8	9,2

Tab. 8: Dispendi energetici unitari di ciascuno dei gruppi di pazienti.

	bastone	deambulatore	standard	leggera
superleggera	0,1732	0,0181*	0,0613	0,3082
leggera	0,5832	0,3832	0,9243	
standard	0,4562	0,2094		
deambulatore	0,0028*			

Tab. 9: Valore di 'p' relativo al confronto, per quanto riguarda la spesa energetica unitaria, fra i gruppi di pazienti che hanno utilizzato diversi ausili.

\* Presenza di significatività statistica ( $p < 0,05$ )

Probabilmente dato il ridotto numero dei casi, la significatività statistica ( $p < 0,05$ ) viene raggiunta solamente nel confronto fra coloro che utilizzano il deambulatore e coloro che usano bastone canadese o carrozzina superleggera e non viene di poco raggiunta nel confronto fra coloro che usano la standard rispetto a quelli che usano la superleggera.

Infine presento i dati –medi relativi ai metri percorsi ed al dispendio unitario, suddividendoli per tipo di ausilio utilizzato (tabella 10 e fig. 10).

Medie dei valori dei 5 pazienti, per ciascun ausilio		
	metri percorsi nelle 4 prove	calorie spese (media dei totali, in calorie per percorrere 100 metri)
bastone	1187	11,5
deambulatore	1047	13,3
standard	1273	12,0
leggera	990	12,2
superleggera	1579	10,4

Tabella 10: Dati copiati dalla tabella 7, relativi ai valori medi delle percorrenze e della spesa energetica unitaria, a seconda dell'ausilio utilizzato nel percorso.



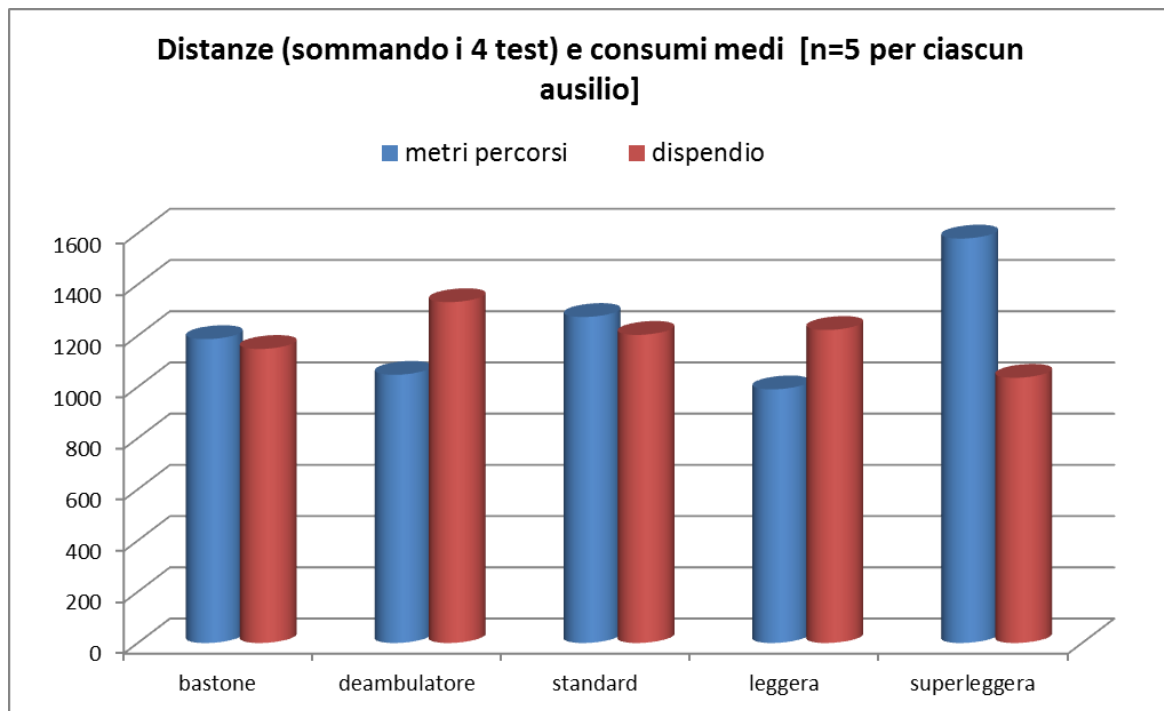


Fig. 10: Presentazione grafica dei dati della tabella 8, relativi ai valori medi delle percorrenze e della spesa energetica unitaria, a seconda dell'ausilio utilizzato (sommando i 4 percorsi effettuati da ciascun paziente).  
(Per praticità grafica il consumo energetico viene espresso in calorie per percorrere 10.000 metri.)

### Correlazioni

Ho infine cercato di studiare eventuali correlazioni presenti fra i dati rilevati, in particolare allo scopo di verificare quanto la percezione soggettiva del paziente stesso, relativamente allo sforzo che stava sopportando, riflettesse effettivamente l'impegno fisico profuso.

Ho utilizzato l'analisi statistica consentita dal *software* Excel, applicando una tendenza/regressione lineare e calcolando l'equazione ed il valore di  $R^2$  per valutarne la significatività.

In questo caso non ho fatto distinzioni nell'uso dell'ausilio, bensì ho immesso i dati ricavati da tutte le prove eseguite dai pazienti.

A seguire presento i grafici relativi alla correlazione fra la valutazione soggettiva dello sforzo esercitato (segnalata dai pazienti a fine prova mediante la CR10) con:

- i metri percorsi (fig. 11);
- il dispendio energetico totale (fig. 12);
- il dispendio energetico unitario (per 100 metri percorsi)(fig. 13).

In fig. 11 si può notare come non vi sia praticamente nessuna correlazione fra la percezione soggettiva dello sforzo e le calorie spese.

In fig. 12 e 13 si può notare come invece sia presente una significativa correlazione ( $p > 0,05$ ), fra la percezione soggettiva dello sforzo e sia le calorie spese, sia il dispendio unitario.

Infine ho cercato l'eventuale correlazione fra i metri percorsi dai pazienti in ciascuna prova e le calorie spese nella medesima prova, anche qui indipendentemente dall'ausilio utilizzato (fig. 14).

Anche in quest'ultima valutazione si può notare come sia presente una significativa correlazione ( $p < 0,05$ ), fra le due variabili sopraddette.

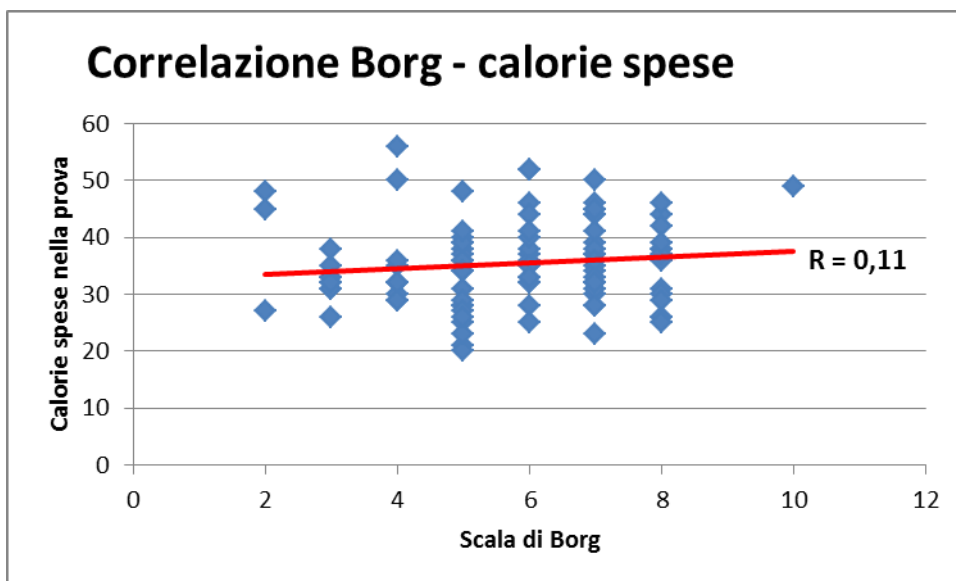


Fig. 11: Correlazione fra la valutazione soggettiva dello sforzo esercitato in ogni prova e le calorie spese, in ciascuna prova, da ciascun paziente.

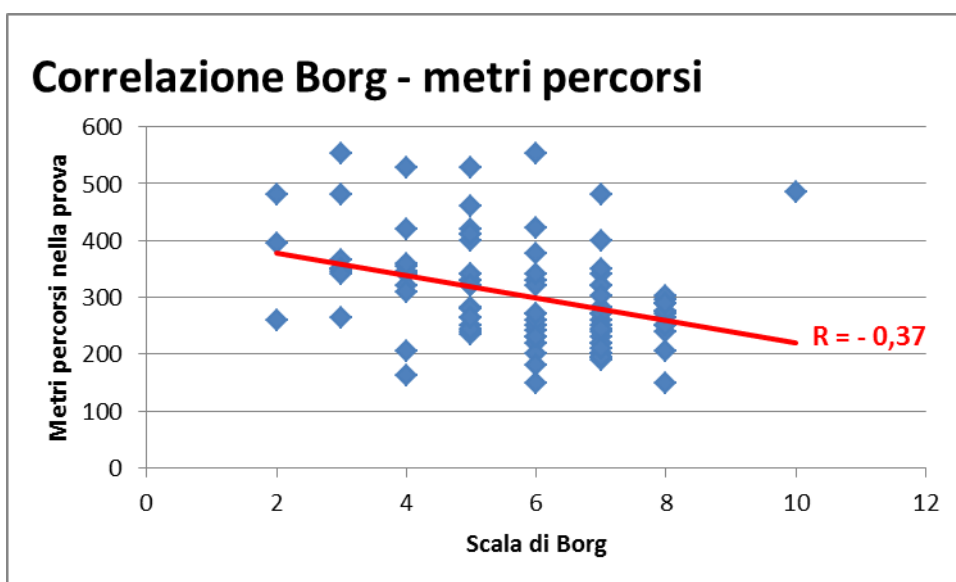


Fig. 12: Correlazione fra la valutazione soggettiva dello sforzo esercitato in ogni prova e i metri percorsi, in ciascuna prova, da ciascun paziente.

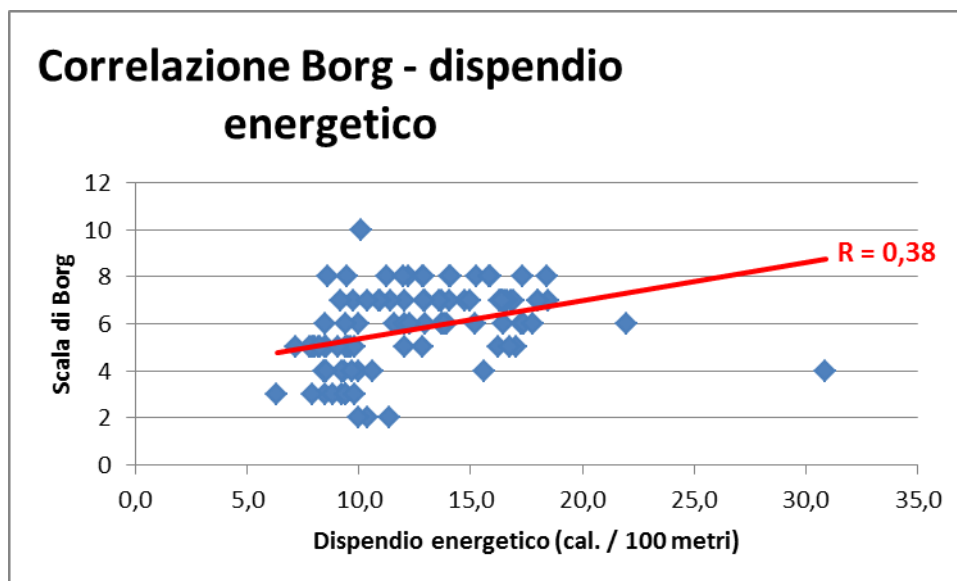


Fig. 13: Correlazione fra la valutazione soggettiva dello sforzo esercitato in ogni prova e il dispendio energetico unitario (per 100 metri percorsi), in ciascuna prova, di ciascun paziente.

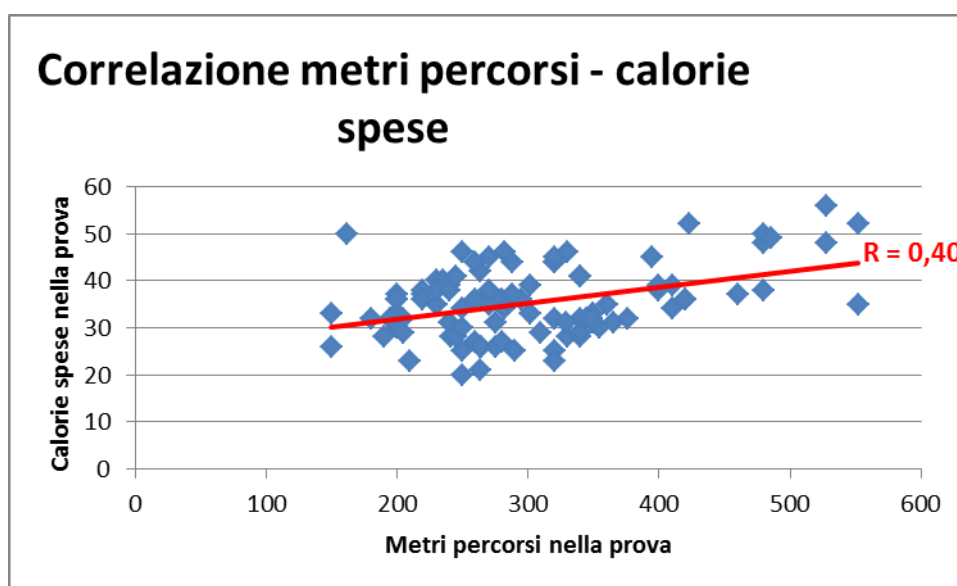


Fig. 14: Correlazione fra i metri percorsi dai pazienti in ciascuna prova e le calorie spese nella medesima prova, indipendentemente dall'ausilio utilizzato.

#### 4. Discussione

Obiettivo principale di questo studio è stato valutare il dispendio energetico di soggetti disabili durante i loro spostamenti quotidiani, valutando eventuali differenze presenti in base alle categorie di ausilio utilizzato.

È pur vero che la casistica di ogni gruppo comprendeva solo 5 pazienti, tuttavia nella gran parte dei casi i valori della deviazione standard e dello standard error ci consentono di esprimere valutazioni pienamente accettabili e sicuramente significative, seppur bisognose di ulteriori conferme sperimentali.

In tab. 2 e fig. 1 è possibile notare come nel caso di utilizzo di bastone canadese sia stata riscontrata una nettissima differenza nei dispendi energetici non tanto in relazione alla pendenza del percorso, come ci aspettavamo, bensì al fatto che la percorrenza fosse all'interno od all'esterno dell'edificio e ciò non è facilmente spiegabile.

In tab. 3 e fig. 2 notiamo come nel caso di utilizzo di deambulatore i risultati sono stati congruenti con quanto atteso (ossia un incremento di spesa energetica progressivo dal percorso interno piano all'esterno saliscendi), tranne nel caso del percorso esterno piano, che ha fatto registrare valori di spesa energetica piuttosto elevati.

Anche in tab. 4-5-6 e relative fig. 3-4-5 notiamo come nel caso dell'utilizzo di tutti e 3 i tipi di carrozzina i risultati sono stati del tutto in linea con quanto atteso, ossia un progressivo incremento di spesa energetica progressivo dal percorso interno piano all'esterno saliscendi.

L'aumento del dispendio energetico è risultato correlato in modo direttamente proporzionale sia ai metri percorsi nelle prove, sia alla fatica percepita.

Probabilmente a causa della ristrettezza del campione la differenza di dispendio energetico tra i vari gruppi è risultata statisticamente significativa solo per quanto riguarda l'utilizzo del deambulatore, che ha richiesto una spesa elevata sia rispetto al bastone sia rispetto alla carrozzina superleggera.

È inoltre interessante sottolineare il fatto che la carrozzina leggera, nonostante venga indicata e prescritta come una valida alternativa alla superleggera nei pazienti che non svolgono intensa attività fisica esterna, ha riportato dei valori decisamente più elevati di dispendio energetico medio.

Questi risultati ci sembrano rilevanti in quanto sottolineano la fondamentale importanza sia di una corretta ed appropriata scelta e prescrizione dell'ausilio più idoneo, sia delle attività di terapia occupazionale e dell'esercizio fisico nei pazienti disabili e mielolesi in particolare per arrivare ad usufruire pienamente ed in sicurezza degli ausili necessari agli spostamenti quotidiani.

## 5. Conclusioni

In questo studio è risultata rilevante la differenza tra le varie tipologie di ausili utilizzabili per gli spostamenti quotidiani di soggetti con disabilità motorie.

La carrozzina superleggera risulta, dai nostri dati, la migliore sia in termini di dispendio energetico che in termini di minor affaticamento percepito.

La ristrettezza del campione non ci permette di fornire indicazioni definitive per quanto riguarda il dato in esame, ma fornisce una base per l'approfondimento di tale argomento in modo da indirizzare al meglio la prescrizione di un ausilio o di una carrozzina che permetta al paziente la maggiore mobilità possibile.

In tale ottica la metodologia utilizzata si è rivelata valida e lo strumento utile e maneggevole per la rilevazione del dispendio energetico; in particolare risulta essere facilmente utilizzabile anche per monitorare eventualmente il dispendio energetico in ambiente extraospedaliero e con diverse tipologie di ausili.

Infine, in accordo con i dati presenti in letteratura (Zoeller, 2005; Bougenit, 2003; Dallmeijer, 2010), si evidenzia altresì l'importanza di un allenamento mirato al recupero della forza e al training della propulsione corretta in carrozzina con programmi il più possibile personalizzati.

## 6. Bibliografia

- Alyssa D. Mealey, John M. Jakicic, FACSM, Lisa M. Mealey, Kelli K. Davis, Michael D. McDermott. *Validation of the SenseWear Pro Armband™ to Estimate Energy Expenditure during a Simulation of Daily Activity*. Abstract presented at the Annual Meeting of the ACSM 2007, New Orleans, LA. USA
- Bazzini G. *Carrozzina: cinematica e dinamica della spinta*. Ortho 2000-Edi-Erme Ed.; 2001, 6: 23-30.
- Bazzini G. *Dall'esercizio fisico alla terapia occupazionale*. Atti Corso: L'esercizio fisico nella Prevenzione e nella Riabilitazione Cardiovascolare. Pavia FSM, 14.5.2010.

- Beekman E, Miller-Porter L, Schoneberger M. *Energy cost of propulsion in standard and ultralight wheelchairs in people with spinal cord injuries*. Physical therapy 1999 Vol. 79 (2):146-158.
- Yilmaz B, Yasar E, Goktepe G, Alaca R, Yazicioglu K, Dal U, Mohur H. *Basal Metabolic Rate and Autonomic Nervous System Dysfunction in Men With Spinal Cord Injury*. Obesity Vol. 15 No. 11 November 2007 2683-2687.
- Borg G. *Administration of the Borg scales. Chapter 7. Borg's perceived exertion and pain scales*. 1998.
- Bougenit MP, Tordi N., Betik AC, Martin X., Le Foll D, Paratte B., Lonsdorffer J. and Rouillon JD. *Effects of a wheelchair ergometer training programme on spinal cord-injured person*. Spinal cord (2003) 41: 451-456.
- Buchholz AC and Pencharz P. *Energy expenditure in chronic spinal cord injury*. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolism Care 2004, 7: 635-639.
- Ceresa M, Opasich C, Maestri A, Gualco A, Mazza A, Longoni F, Quaccini C, Bazzini G, Cobelli F. *Counseling sulla ripresa delle attività domestiche quotidiane nelle pazienti anziane dopo un evento acuto cardiaco*. Atti Congresso ANMCO 2010.
- Chaves ES, Michael MS, L. Boninger, Rosemarie Cooper, Shirley G. Fitzgerald, David B. Gray, , Rory A. Cooper. *Assessing the Influence of Wheelchair Technology on Perception of Participation in Spinal Cord Injury*. Arch Phys Med Rehabil 2004;85(11):1854-8.
- Christine A. Pellegrini, Steven D. Verba, Amy D. Otto, Diane L. Helsel, Kelliann K. Davis and John M. Jakicic. *The Comparison of a Technology-Based System and an In-Person Behavioral Weight Loss Intervention*. Obesity. 2012 Feb;20(2):356-63.
- Cooper R. *Rehabilitation engineering: applied to mobility and manipulation*. Bristol: Institute of Physics Publishing; 1995.
- Cooper RA, DiGiovine CP, Andrew Rentschler, Brad M. Lawrence, Michael L. Boninger. *Fatigue-Life of Two Manual Wheelchair Cross-Brace Designs*. Arch Phys Med Rehabil 1999;80:1078-81.
- Cowan RE, Nash MS, J L. Collinger, A.M. Koontz. *Impact of surface type, wheelchair weight and axle position on wheelchair propulsion by novice older adults*. Arch Phys Med Rehab 2009 (90):1076-1083.
- De Feo P, Di Loreto C. Review : *Evaluation of the Sensewear Pro Armband to assess Energy Expenditure during exercise*. Diabetes in movement-Italy. N. 5 (4), June 2005.
- De Groot S, Bongers-Janssen J, Bloemen –Vrencken and LHV van der Woude. *Is Manual wheelchair satisfaction related to active lifestyle and participation in people with a spinal cord injury?* Spinal cord 2011 apr 49(4):560-565.
- De Groot S, De Bruin M, Noomen SP, Van der Woude LH. *Mechanical efficiency and propulsion technique after 7 weeks of low intensity wheelchair training*. Clinical Biomechanics 2008 (23) 434-441.
- Digiovine M, Cooper RA, M.L.Boninger, BM Lawrence, D.P.VanSickle, A. Rentschler. *User assessment of manual wheelchair ride comfort and ergonomics*. Arch Phys Med Rehabil 2000 ;vol 81 (4) pag 490-494.
- Ditor DS, Latimer AE, KA Martin Ginis, KP Arbour, N MC Cartney and AL Hicks. *Maintenance of exercise participation in individuals with spinal cord injury: effects on quality of life, stress and pain*. Spinal cord 2003 (41) 446-450.
- Erdogan A, Cetin C, Hilmi Karatosun and Metin Lütfi Baydar. *Accuracy of the Polar S810iTM heart rate monitor and the Sensewear Pro Armband TM to estimate energy expenditure of indoor rowing exercise in overweight and obese individuals*. Journal of Sports Science and Medicine 2010; 9, 508-516.
- Fitzgerald SG, Cooper R, M. Boninger, A. Rentschler. *Comparison of fatigue life for 3 types of manual wheelchairs*. Arch Phys Med Rehab 2001 vol 82 1484-1488.
- Fliess-Douer O, Vanlandewijck YC, Galia Lubel Manor and Lucas HV Van Der Woude. *A systematic review of wheelchair skills tests for manual wheelchair users with a spinal cord injury: towards a standardized outcome measure*. Clin Rehabil 2010 24: 867 -886.
- Hicks AL, Martin KA, DS Ditor, AE Latimer, C. Craven, J Bugaresti, and N Mccartney. *Long term exercise training program in persons with spinal cord injury: effects on strenght, arm ergometry performance and psychological well-being*. Spinal cord (2003) 41, 34-43.
- Hill K, Dolmage TE, Woon L, Goldstein R, Brooks D. *Measurement properties of the SenseWear armband in adults with chronic obstructive pulmonary disease*. Thorax 2010;65(6):486-491.
- Jakicin JM, Marcus M, Gallagher KL, Randall C, Thomas E, Goss FL, Robertson RJ. *Evaluation of the Sense wear pro armband to assess energy expenditure during exercise*. Med Sci Sports Exerc. 2004; 36:897-904.
- Johansen DL, Calabro MA, Jeanne Stewart, Warren Franke, Jennifer C. Rood, and Gregory J Welk. *Accuracy of armband monitors for measuring daily energy expenditure in healthy adults*. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2010;42(11):2134-40.
- Kilkens OJ, Post MW, Arnet J Dallmeijer, Henk AM Seelen, Lucas HV van der Woude. *Wheelchair skills tests: a systematic review*. Clinical rehabilit 2003 17: 418-430.

- Kingl GA, Torres N, Charlie Potter, Toby J. Brooks and Kareb J. Coleman. *Comparison of activity monitors to estimate energy cost of treadmill exercise*. Med Sci Sports Exerc. 2004;36(7):1244-51.
- Milano E, Lauro M, Nobile A, Filipello V, Macchia ML, Actis MV. *Studio pilota: valutazione del consume energetico nella persona con lesion midollare*. Eur Med Phys 2008; 44 (Suppl. 1, N. 3): 1-3.
- Panigazzi M. *Analisi dell'impegno energetico richiesto per lo svolgimento di attività di terapia occupazionale in soggetti con disabilità in fase riabilitativa*. Premio SIMFER 2004.
- Perdios M, Sawatzky AT, Bonita J, William SA. *Effects of camber on wheeling efficiency in the experienced and inexperienced wheelchair user*. Journal of Rehabilitation Research & Development 2007,44 (3); 459-466.
- Putzke JD, Richards JS, Hicken BL. *Predictors of life satisfaction: a spinal cord injury cohort study*. Arch Phys Med Rehabil 2002;83:555e61.
- Ricci A. *Modellistica e controllo LQ per la riabilitazione motoria mediante stimolazione FES nell'esercizio di "arm-free standing"*. Tesi di Laurea in Ingegneria dell'Automazione. Università degli Studi del Sannio, anno acc. 2006-2007.
- Sagawa Jr Y, Watelain E, Xavier Lepoutre F, Thevenon A. *Effects of wheelchair mass on the physiologic responses, perception of exertion, and performance during various simulated daily tasks*. Arch phys Med Rehabilitation 2010; vol 91 (8); 1248-1254.
- Sawatzky BJ, Miller WC, I. Denidon. *Measuring energy expenditure using heart rate to assess the effects on wheelchair tyre pressure*. Clinical Rehabilitation 2005,19;182-187.
- Troosters T, Langer D, Didier Saey, Rik Gosselink, Marc Decramer. *Assessment of physical activity using a multisensor armband*. Poster presented at the 2006 European Respiratory Society Meeting, Munich.
- Valent L, Dallmeijer A., Houdijk H., Slootman H.J.M Janssen T.W., Van Der Woude L.H. *Effects of hand cycle training on wheelchair capacity during clinical rehabilitation in person with a spinal cord injury*. Disability and Rehabilitation 2010;32(26):2191-2200.
- Van der Woude LH, De Groot S, Thomas W.J. Janssen. *Manual wheelchairs: Research and innovation in rehabilitation, sports, daily life and health*. Medical Engineering & Physics 28 (2006) 905–915.
- Veeger HEJ, Rozendal L.A., Helm FCT. *Quasi-static analysis of muscle forces in the shoulder mechanism during wheelchair propulsion*. Clinical Biomechanics 17 (2002) 211-218.
- Zoeller R, Riechman SE, Dabayeb IM, Goss FL, Robertson J, Jacobs P. *Relation Between muscular strenght and cardiorespiratory fitness in people with thoracic level paraplegia*. Arch Phys Med Rehabil 2005 Vol 86(7):1441-6.

The study was based on evaluating energy expenditure parameters of people with different disabilities, daily using different aids for mobility. Data gathered can be useful both for an appropriate prescription of the cited aids, and for a better training to use them.