

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



DIPARTIMENTO DI MEDICINA CLINICA E SPERIMENTALE

**TESI DI DOTTORATO IN
SCIENZA DELL'ALIMENTAZIONE E DELLA NUTRIZIONE
XXIII CICLO**

**VALUTAZIONE DELLE RELAZIONI FRA FORZA DI PRESA
DELLA MANO E COMPOSIZIONE CORPOREA**

Relatore

Ch.mo Prof. Luca Scalfi

Candidato

Dott. Concetta Montagnese

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

SOMMARIO

sommario.....	2
Riassunto.....	7
1. INTRODUZIONE.....	9
1.1 Sorveglianza Nutrizionale.....	9
1.2 Valutazione dello stato di nutrizione.....	10
Anamnesi.....	11
Esame obiettivo.....	11
Determinazione delle abitudini e dei consumi alimentari.....	11
Valutazione della composizione corporea.....	12
Test di laboratorio.....	13
Test di capacità funzionale.....	13
1.3 variabili dello stato di nutrizione utilizzate nella presente tesi.....	14
Metodiche per lo studio della composizione corporea.....	14
Modelli bicompartimentale e multi compartimentali.....	14
Metodi indiretti.....	15
Metodi doppiamente indiretti.....	17
1.4 Apparato Muscolare.....	21
Struttura del muscolo scheletrico.....	21
Struttura della fibra muscolare.....	23
Contrazione muscolare.....	24
1.5 Forza di presa della mano.....	27
Standardizzazione del test.....	29
Forza di presa della mano e stato di nutrizione	34

2. OBIETTIVI GENERALI DELLA TESI.....	39
3. METODI.....	40
3.1 Questionari generali.....	40
3.2 Antropometria	40
3.3 Bioimpedenziometria	46
3.4 Dinamometria della mano.....	48
3.5 Determinazione degli emilati dominante e non dominante.....	50
3.6 Statistica.....	51
4.0 INDICI DI FORZA MUSCOLARE E COMPOSIZIONE CORPOREA IN ADOLESCENTI E GIOVANI ADULTI SANI.....	58
4.1 Introduzione.....	58
4.2 Obiettivo del protocollo sperimentale.....	59
4.3 Individui e metodi.....	60
4.4 Risultati.....	62
4.5 Discussione.....	69
4.6 Conclusioni.....	75
5.0 Forza di presa della mano in pazienti malnutrite affette da DCA.....	112
5.1 Introduzione.....	112
5.2 obiettivo del protocollo sperimentale.....	114
5.3 Individui e metodi.....	114
5.4 Risultati.....	116
5.5 Discussione.....	121
5.6 Conclusioni.....	126
6.0 Forza di presa della mano in adulti obesi.....	139
6.1 Introduzione.....	139
6.2 Obiettivo.....	143
6.3 Individui e metodi.....	143

6.3 Metodi.....	144
6.4 Risultati.....	146
6.5 Discussione.....	148
6.6 Conclusioni.....	153
7 CONSIDERAZIONI FINALI.....	165
8 BIBLIOGRAFIA.....	168

RIASSUNTO

La composizione corporea è largamente riconosciuta come uno degli aspetti importanti nella valutazione dello stato di nutrizione ed è comunemente studiata nella pratica con metodiche antropometriche e analisi bioimpedenziometria (BIA). Negli ultimi anni si è accentuata nello stesso ambito l'idea di avere parametri che valutino la funzionalità corporea e nello specifico la misura della forza di presa della mano (FPM) permette di valutare la funzione muscolare, espressione della forza volontaria secondaria alla contrazione di numerosi muscoli dell'avambraccio e della mano. Sebbene la misura della FPM sia una metodica largamente citata, resta un ampio margine di ricerca sulle sue caratteristiche applicative in diverse condizioni fisiologiche e patologiche. Il lavoro di Tesi si è proposto di valutare le relazioni fra la misura della FPM e le variabili di composizione corporea combinando metodiche quali antropometria e BIA. In riferimento a tali misure si è riservata una particolare attenzione alla valutazione segmentale della composizione corporea (relativa agli arti superiori) effettuata sia con la BIA che con le misure antropometriche. Prima di tutto è stato realizzato uno studio di comparazione sistematica dei diversi standard presenti in letteratura sulla misura della FPM in individui sani. Inoltre il lavoro relativo alla Tesi è stato condotto in accordo con un progetto suddiviso in tre protocolli sperimentali in differenti condizioni sia fisiologiche che patologiche. I protocolli sperimentali si sono interessati della valutazione della FPM e della composizione corporea in 276 adolescenti e giovani adulti sani normopeso e sovrappeso di ambedue i generi, 38 pazienti sottopeso affette da disturbi del comportamento alimentare di genere femminile, 85 pazienti adulti obesi di ambedue i generi. Le principali variabili considerate, misurate per gli emilati dominante e non dominante, sono state: misura della FPM, variabili antropometriche di base (altezza, peso, indice di massa corporea), variabili antropometriche derivate per il braccio e l'avambraccio (circonferenze muscolari, aree muscolari e aree lipidiche), variabili BIA a frequenza singola o multipla sia per l'intero organismo che per gli arti superiori (impedenza, indice bioimpedenziometrico, angolo di fase e rapporti fra impedenze a diverse frequenze). Sia negli adolescenti che nei giovani adulti sani la FPM

risultava associata alle variabili antropometriche in particolare a quelle relative agli arti superiori in ambedue i generi. Inoltre strette relazioni erano presenti fra FPM e variabili BIA per l'intero organismo e più strettamente per gli arti superiori. Nel campione di adulti obesi le relazioni fra FPM e variabili antropometriche e BIA erano presenti solo negli uomini mentre tali relazioni erano deboli o assenti nelle donne. Sia nelle giovani donne controllo che nelle pazienti sottopeso malnutrite l'indice bioimpedenziometrico per l'intero organismo era maggiormente correlato alla FPM che non il peso corporeo e ancora più strette erano le relazioni relative all'arto superiore. Sulla base dell'ampia letteratura disponibile, la FPM appare come una variabile di semplice determinazione. Persiste tuttavia un problema di corretta interpretazione dei dati perché al momento non esistono dei valori normativi di riferimento che siano certi e unanimemente riconosciuti. Inoltre devono essere meglio chiarite le modalità di standardizzazione per l'esecuzione del test. Di particolare interesse e nuove rispetto alla letteratura, sono le evidenti relazioni fra FPM e variabili di composizione corporea suggerendo che l'utilizzo in combinazione di tali tecniche possa essere utile nella ricerca epidemiologica e nella sorveglianza nutrizionale. Nello specifico le variabili BIA sono maggiormente associate alla FPM che non il peso corporeo a suggerire, almeno indirettamente, che tali variabili siano reale espressione della corrispondente massa muscolare per l'intero organismo e in modo ancor più evidente per l'arto superiore. Tali conclusioni sono valide nelle prime decadi di vita, in età adulta non solo negli individui normopeso ma anche per gli individui obesi e per i soggetti affetti da malnutrizione per difetto. Infine i risultati ottenuti suggeriscono che una migliore interpretazione dei dati di FPM richiede verosimilmente una valutazione delle differenze interindividuali in composizione corporea.

1. INTRODUZIONE

1.1 SORVEGLIANZA NUTRIZIONALE

La sorveglianza, nel suo significato più ampio, è definita come un sistema coordinato di attività mirate alla raccolta sistematica e continuativa di dati e a una loro rapida analisi finalizzata ad obiettivi specifici. Nel caso della Sorveglianza Nutrizionale, essi consistono, secondo la definizione dell'OMS, nel documentare la presenza e distribuzione in una popolazione di stati morbosi associati o mediati dalla dieta, allo scopo di stabilirne le cause, di individuarne le tendenze nel tempo, nello spazio e negli strati sociali, di predirne le modifiche, di mettere a fuoco le priorità e di consentire un preciso orientamento delle misure correttive e preventive” (World Health Organization Study Group 1976; Kelly 1988).

Il concetto di sorveglianza, applicato in passato alla notifica delle malattie, ad esempio di quelle infettive, è stato allargato anche alla nutrizione a partire dal 1974, quando in occasione della World Food Conference è stato introdotto per la prima volta il termine Sorveglianza Nutrizionale. Fu inizialmente concepita nell'ottica delle problematiche dei Paesi del Terzo Mondo e fu quindi diretta soprattutto al controllo delle forme primarie di malnutrizione per difetto (cioè da carenza di energia e/o nutrienti). Più recentemente è stata rivolta anche alla prevenzione dei problemi propri delle nazioni industrializzate, che derivano da carenze nutrizionali ma anche da eccessi e squilibri alimentari.

Un sistema di sorveglianza deve essere in grado di identificare e descrivere i problemi di sanità pubblica, stimare il carico di morbosità e soddisfare le esigenze di un programma di prevenzione. La sorveglianza si avvale degli strumenti forniti dall'epidemiologia per descrivere ed analizzare i rapporti tra patologie e fattori eziologici nella popolazione. Nello specifico, un piano di sorveglianza nutrizionale è guidato da ragioni pratiche, in quanto parte dall'esigenza di comprendere i problemi sanitari della popolazione correlati all'alimentazione, per intraprendere azioni correttive o preventive. Caratteristiche peculiari di un sistema di sorveglianza sono la si-

stematicità e la regolarità nel tempo delle informazioni raccolte senza comunque escludere che si utilizzino risultati ottenuti da singoli studi epidemiologici per completare la base informativa. L'elemento chiave su cui poggia l'architettura di un sistema di sorveglianza è costituito dal concetto di "indicatore", da intendersi come la scala che misura le variazioni del fenomeno. L'indicatore può essere una variabile, un insieme di variabili un rapporto tra variabili, ecc. Al concetto di indicatore si collega quello di "livello soglia per l'intervento", che corrisponde al livello superato il quale si ritiene utile intervenire; il limite è fissato in modo soggettivo in relazione alla gravità attesa del problema sanitario considerato e alla propensione o meno a favorire l'intervento.

Fra le metodiche più comunemente utilizzate nella sorveglianza nutrizionale si possono menzionare l'antropometria e la valutazione dei consumi alimentari. L'antropometria offre la possibilità di utilizzare una serie di misure più o meno complesse; è molto importante in ogni caso fissare dei limiti per l'interpretazione degli indici antropometrici e disporre di una popolazione di riferimento adeguata. La misura dei consumi alimentari permette di tracciare le abitudini alimentari della popolazione; per tale rilevazione possono essere utilizzate metodologie diverse a seconda degli obiettivi della ricerca stessa.

È comunque chiaro che antropometria e valutazione delle abitudini alimentari forniscono delle informazioni solo parziali sui rapporti di nutrienti, alimenti e dieta con lo stato di salute e benessere. Esiste dunque la necessità di identificare nuovi strumenti per la sorveglianza nutrizionale, che conservino caratteristiche di semplicità e di applicabilità, ma che esplorino anche aree concettuali diverse. In tal senso si possono riconsiderare le varie metodiche legate alla valutazione dello stato di nutrizione.

1.2 VALUTAZIONE DELLO STATO DI NUTRIZIONE

Lo stato di nutrizione definisce gli effetti dei nutrienti e degli altri componenti degli alimenti sulle funzioni, nonché l'integrità anatomica, di cellule, tessuti, organi e apparati del corpo uma-

no. La valutazione dello stato di nutrizione è una procedura strutturata (Gibson, 2005) che utilizza in combinazione i dati provenienti da: raccolta anamnestica; esame obiettivo; determinazione delle abitudini e dei consumi alimentari; valutazione della composizione corporea; test di laboratorio; test funzionali. Il metodo ideale deve possedere caratteristiche quali semplicità, modesto impiego di tempo, minima invasività e costi contenuti. Poiché nessuno fra i metodi di indagine nutrizionale comunemente utilizzati presenta caratteristiche ideali che lo rendono un riferimento assoluto, nella pratica si ricorre ad una combinazione di differenti parametri scelti sulla base degli obiettivi che si vogliono perseguire, dell'eventuale patologia e della disponibilità pratica per la raccolta di dati.

ANAMNESI

L'anamnesi clinico-nutrizionale è basata sulla comprensione delle cause e della fisiopatologia della malnutrizione per eccesso/difetto e dovrebbe focalizzarsi sui cambiamenti della dieta e del peso corporeo, sulle condizioni socioeconomiche e sui sintomi tipici di ciascuna condizione clinica. Per questo motivo l'anamnesi nutrizionale deve anche considerare le consuetudini alimentari dell'individuo e i fattori ad esse correlati: fame e sazietà, l'avversione per determinati alimenti e la loro esclusione dalla dieta, intolleranze o allergie alimentari etc.

ESAME OBIETTIVO

Un esame obiettivo attento può identificare il grado di malnutrizione. In linea generale l'esame obiettivo si concentra su massa muscolare e massa adiposa, sul tono muscolare e sulla presenza di segni di disidratazione, sub-edema e edema conclamato, sulle alterazioni della cute, delle mucose e degli annessi cutanei ecc.

DETERMINAZIONE DELLE ABITUDINI E DEI CONSUMI ALIMENTARI

La valutazione dei consumi alimentari è di solito effettuata con l'uso di inchieste alimentari. I metodi che maggiormente si adattano agli scopi della sorveglianza nutrizionale sono il diario

alimentare, il recall delle 24 ore ed il questionario di frequenza di consumo. Un grado maggiore di complessità è offerto dai metodi per registrazione quali il diario alimentare.

VALUTAZIONE DELLA COMPOSIZIONE CORPOREA

Valutare la composizione corporea significa studiare la struttura dell'organismo. La composizione del corpo umano può essere misurata a cinque livelli (Wang et al. 1992): livello atomico; livello molecolare; livello cellulare; livello tissutale; livello corporeo. A ciascuno di questi livelli corrisponde uno o più modelli di valutazione della composizione corporea e differenti metodi.

Livello atomico

Cinquanta dei 109 elementi noti sono presenti nel corpo umano e sei di essi (ossigeno, carbonio, idrogeno, azoto, calcio e fosforo) rappresentano la maggioranza del peso corporeo di un uomo di riferimento del peso di 70 kg (Wang et al. 1992). Il livello atomico ha un interesse principalmente didattico perché il suo uso è limitato a pochi centri di eccellenza in tutto il mondo.

Livello molecolare

Il livello molecolare considera il peso corporeo come la somma di acqua, proteine, lipidi e minerali (Wang et al. 1992). A rigore, il livello comprenderebbe anche il glicogeno, che tuttavia non viene considerato perché presente in quantità trascurabile. Il livello molecolare ha un grande interesse didattico ed è più utilizzato nella ricerca. I suoi compartimenti sono: acqua totale corporea, massa proteica, massa minerale, massa lipidica.

Livello tissutale

Il livello tissutale considera il peso corporeo come la somma del peso dei tessuti e degli organi corporei (Wang et al. 1992). I tre compartimenti di maggiore interesse del livello tissutale sono tessuto muscolare, tessuto adiposo e tessuto osseo che rappresentano il 69% del peso corporeo dell'uomo di riferimento. Le tecniche per immagine consentono una valutazione surrogata di al-

cuni compartimenti del modello tissutale, come il tessuto adiposo e quello muscolare (Shen et al. 2003).

Livello corporeo

Il livello corporeo considera le caratteristiche proprie dell'essere umano quali taglia corporea, proporzioni fra parti corporee e organi ecc.

TEST DI LABORATORIO

Con questa denominazione complessiva si indicano le informazioni di tipo fisico, chimico e di diagnostica molecolare, nonché l'esame microscopico di fluidi corporei, tessuti, urine e feci. I test di laboratorio si suddividono in statici e funzionali: i primi descrivono le concentrazioni dei nutrienti o dei metaboliti nei liquidi biologici o nei tessuti, i secondi vanno, invece, a misurare parametri biochimici o fisiologici che sono correlati a uno o più nutrienti. Le variabili più diffusamente utilizzate, anche in combinazione con altri tipi di informazione, sono le concentrazioni ematiche di alcune proteine e la conta linfocitaria.

TEST DI CAPACITÀ FUNZIONALE

I metodi di valutazione della capacità funzionale prendono in considerazione l'efficienza dei sistemi cardiocircolatorio, respiratorio e muscolare. È possibile, ad esempio, valutare la risposta cardiaca allo sforzo, oppure la forza dei muscoli respiratori, ma si tratta di test raramente impiegati ai fini clinici. Più utilizzata nella valutazione dello stato nutrizionale è la dinamometria della mano, cioè la determinazione della forza di presa della mano effettuata con l'uso di uno strumento specifico detto dinamometro.

1.3 VARIABILI DELLO STATO DI NUTRIZIONE UTILIZZATE NELLA PRESENTE TESI

Nel corso della presente tesi sono state utilizzate varie tecniche di indagine ma una particolare attenzione è stata rivolta allo studio della composizione corporea e alla valutazione della forza muscolare; a questi due argomenti si dedicherà pertanto una maggiore attenzione.

METODICHE PER LO STUDIO DELLA COMPOSIZIONE CORPOREA

In termini applicativi, cioè di determinazione/stima della struttura dell'organismo, le metodiche per la valutazione della composizione corporea rispondono all'idea che l'organismo sia suddiviso in differenti compartimenti con specifico significato fisiologico e nutrizionale. Il modello più semplice è detto bicompartimentale e distingue fra componente lipidica e componente non lipidica o fra massa adiposa e tessuti non adiposi, mentre i modelli multicompartimentali, in genere grazie all'uso combinato di più metodiche, forniscono indicazioni più complesse, ad esempio differenziando tra fluidi cellulari ed extracellulari, o fra minerale osseo e altri tessuti appartenenti alla massa magra.

MODELLI BICOMPARTIMENTALE E MULTI COMPARTIMENTALI

Nello specifico i modelli bicompartimentali considerano il peso corporeo come la somma della massa lipidica e della massa alipidica (cioè priva di lipidi) (Wang et al. 1992). Si parla anche, sia pur con qualche minima differenza concettuale, di massa magra e massa grassa.

La massa magra è un compartimento assai eterogeneo dal punto di vista composizionale e funzionale. È composta da glicogeno, sali minerali, proteine, acqua totale ed è caratterizzata da una densità totale pari a circa 1,099-1,100 g/mL, risultante dalla densità della componente minerale, in gran parte ossea, della componente proteica e dell'acqua. La massa grassa è costituita prevalentemente da lipidi e caratterizzata da una densità di circa 0,9 g/mL; quest'area è a sua volta suddivisibile in due componenti, quella di deposito e quella essenziale. La stima della FM o del-

la FFM da un modello bicompartimentale presuppone la costanza di una delle caratteristiche della massa magra: densità (1,1 kg/L), contenuto di acqua (0,73) o contenuto di potassio (68,1 mEq/kg). Le tecniche di valutazione che si basano su tali assunzioni sono la densitometria corporea, l'idrometria e la misurazione del potassio-40.

Per quanto riguarda i modelli multicompartimentali, il più noto è il modello pentacompartimentale che considera il peso corporeo come la somma di cinque specie molecolari: l'acqua, le proteine, i lipidi, i carboidrati e i minerali (le vitamine non vengono considerate in quanto presenti in quantità trascurabile; in virtù del loro ruolo funzionale, contrapposto a quello energetico e strutturale, esse verranno considerate nell'ambito della funzionalità corporea).

METODI INDIRETTI

Le metodiche più complesse per lo studio della composizione corporea sono prevalentemente utilizzate a scopo di ricerca ma ciò non esclude un loro impiego clinico selettivo.

Idrodensitometria

Consente la stima della densità corporea espressa in kg/L come rapporto tra la massa corporea e volume dell'organismo. La massa corporea può essere facilmente valutata attraverso la misurazione di peso corporeo. La tecnica più utilizzata per la misurazione della densità corporea in vivo è la pesata idrostatica che permette di valutare il volume dell'organismo attraverso il principio di Archimede. In alternativa, più di recente, si è diffuso l'utilizzo della pletismografia ad aria.

Diluizione Isotopica

Consente la misurazione dell'acqua totale corporea utilizzando il principio dell'acqua marcata con gli isotopi dell'idrogeno, deuterio (^2H , isotopo stabile) o trizio (^3H isotopo β -emittente). Il volume corporeo è calcolato dalla concentrazione all'equilibrio di un indicatore che, dopo essere stato somministrato si distribuisca unicamente nel volume di nostro interesse e non venga eliminato o metabolizzato dall'organismo. Si misura quindi nel plasma la concentrazione dell'indi-

catore e se ne calcola la diluizione subita. La concentrazione del tracciante sarà inversamente proporzionale allo spazio di distribuzione.

Misurazione del potassio 40

L'isotopo γ -emittente potassio-40 è contenuto nel corpo umano in quantità sufficiente da poter essere misurato con appositi apparecchiature γ -counter. La FFM può essere calcolata sulla base di due assunzioni di partenza: 1) esiste un rapporto costante tra potassio totale e potassio-40 corporeo (0,000118); 2) la quantità di TBK contenuta nella FFM (FFMK) è costante (68,1 mmol/kg (0,000266 kg/kg).

DXA (dual-energy x-ray absorptiometry)

La DXA è la tecnica di riferimento per la valutazione della massa ossea. Grazie ai valori di attenuazione differenziale di raggi X a due differenti livelli di energia, la DXA è stata ed è tuttora utilizzata per la valutazione della densità minerale ossea delle vari parti dello scheletro, ed è ora utilizzata anche per lo studio del tessuto adiposo e della massa magra. Offre il vantaggio di una valutazione segmentale della composizione corporea valida soprattutto in riferimento alla massa muscolare appendicolare.

TAC (Tomografia Assiale Computerizzata)

Utilizzata per lo studio della distribuzione del grasso corporeo; indaga la composizione dei tessuti a livello dei vari segmenti corporei in modo altamente accurato. La metodica espone però il soggetto a radiazioni e presenta costi .

NMR(risonanza magnetica nucleare)

Consente una stima in vivo del glicogeno, componente labile della FFM, essendo una fonte di energia di rapido impiego. Calcolato per differenza, il glicogeno, rappresenta l'1% di BW e FFM nell'uomo di riferimento. Questa tecnica non ha ancora trovato un impiego negli studi di composizione corporea per via della labilità intrinseca di questo compartimento.

METODI DOPPIAMENTE INDIRETTI

Nella presente tesi la valutazione della composizione corporea è stata ottenuta con le metodiche di applicazione più semplice: antropometria e bioimpedenziometria.

Antropometria

Fra le tecniche utilizzate nella valutazione semplificata va subito citata l'antropometria, che significa misurazione dell'uomo. Nel caso specifico essa prevede la determinazione di grandezze che hanno significato nutrizionale quali peso, altezza, talune lunghezze segmentali, pliche adipose sottocutanee e circonferenze (per i dettagli si rimanda al capitolo Metodi) (Lohman et al. 1988).

Bioimpedenziometria

L'impedenziometria (BIA, Bioelectrical Impedance Analysis) è stata messa a punto allo scopo di misurare numerosi aspetti della composizione corporea, incluso l'acqua totale corporea (Total Body Water, TBW), l'acqua intracellulare (Intra Cellular Water, ICW), l'acqua extracellulare (Extra Cellular Water, ECW), la massa magra, la massa cellulare metabolicamente attiva (Body Cell Mass, BCM) e il grasso corporeo (Kyle et al. 2003, Kyle et al. 2004). Più correttamente, l'impedenziometria misura alcune caratteristiche bioelettriche dell'organismo al passaggio di una debole corrente elettrica. La resistenza, o il suo opposto, la conduttanza, è una delle proprietà colligative di una soluzione: dipende dalla concentrazione salina della soluzione, dalla forza ionica dei sali, dalla mobilità degli ioni, e dalla geometria del conduttore. In condizioni controllate di queste variabili maggiori, l'impedenziometria può fornire una stima del volume della soluzione. Più specificamente, se una soluzione acquosa di note proprietà ioniche è posta in un cilindro di dimensioni uniformi, allora la resistenza della soluzione potrebbe essere data da: $R = \rho \frac{L}{A}$, dove ρ è la resistività specifica moltiplicata per unità di lunghezza su area della sezione, L è la lunghezza del cilindro e A è l'area della sezione. Questa equazione può essere riscritta in al-

tro modo: $A = \rho L/R$. Moltiplicando entrambi i termini per la lunghezza del cilindro si ottiene la seguente formula: $V = \rho L^2/R$ dove V è il volume del conduttore.

La misurazione della R può, quindi, essere correlata direttamente al volume della soluzione. Questa proprietà ha permesso l'utilizzazione della metodica BIA per la valutazione dei distretti corporei, sfruttando le caratteristiche elettriche dei tessuti al passaggio di una debole corrente alternata. Se si considera, infatti, il tessuto biologico come costituito da due distretti fluidi, extracellulari ed intracellulari, il loro comportamento elettrico è equiparabile a quello di un circuito costituito da resistenze (compartimenti extracellulari) e condensatori (compartimenti intracellulari e in particolare membrane cellulari). Il tratto resistivo esplicherà il suo effetto oppositivo in modo continuo e costante nel tempo e proporzionalmente alla quantità di elettroliti presenti. Il tratto intracellulare, ossia il condensatore, permetterà un buon passaggio di corrente da una certa frequenza di corrente in poi (> 5 kHz), determinando uno sfasamento del flusso di corrente in uscita. Tale effetto si chiama reattanza capacitiva (X_c) e lo sfasamento è anche indicato come angolo di fase (AF). L'impedenza (Z) rappresenta l'opposizione totale al passaggio di corrente essendo la somma degli effetti del tratto resistivo e capacitivo.

Come già scritto, l'equazione $V = \rho \times H^2/R$ (equazione che relaziona il volume del cilindro con il valore della resistenza) è alla base delle formule per la determinazione della TBW o della FFM. In particolare, l'equazione: $TBW = a + b \times H^2/R$ (equazione di tipo lineare, dove i coefficienti a e b sono calcolati su popolazioni specifiche) pone in relazione il volume di acqua totale corporea (TBW) e l'indice bioimpedenziometrico (indice-BI) dato dal rapporto tra altezza e resistenza.

Da un punto di vista applicativo le misure di Z o di R sono generalmente introdotte in formule predittive che possono includere anche altri predittori come età, peso, altezza ecc. e che portano alla stima dei differenti compartimenti corporei. In alternativa, i dati BIA possono essere utilizzati tal quali essenzialmente nella prospettiva che l'indice-BI sia espressione della TBW (e di

conseguenza della FFM) mentre l'AF permetterebbe una valutazione qualitativa della FFM riflettendo in qualche modo la massa delle membrane cellulari e cioè la BCM.

Esistono diversi tipi di apparecchi bioimpedenziometrici. I più utilizzati sono quelli monofrequenziali che erogano corrente alternata alla frequenza costante di 50 kHz. La bioimpedenziometria a 50 kHz consente una stima dell'acqua corporea totale poiché la corrente attraversa anche il compartimento intracellulare. Attualmente vengono utilizzati anche bioimpedenziometri che lavorano a diverse frequenze, detti multifrequenziali. Infatti, mentre a bassa frequenza il contributo resistivo è massimamente dovuto al comparto extracellulare, ad alta frequenza anche il tratto capacitivo fa sentire la sua influenza, man mano che i vari condensatori si "attivano", sfasando più o meno la corrente in uscita. Si suppone che iniettando corrente alternata a basse frequenze (1 - 5 kHz), essa non sia capace di attraversare gli spazi intracellulari e quindi sarebbe possibile solo una stima dell'acqua extracellulare; viceversa, con frequenze più alte (da 50 o 100 kHz) la corrente attraversa anche il compartimento intracellulare consentendo una stima dell'acqua corporea totale.

Un altro aspetto importante è la possibilità di effettuare misurazioni sull'intero organismo o sui segmenti, in questo modo è possibile ottenere informazioni separatamente su: organismo in toto, arti superiori e inferiori e tronco (De Lorenzo & Andreoli 2003). La disposizione degli elettrodi varia a seconda che la misurazione sia effettuata su "tutto l'organismo" o "sui segmenti". Gli elettrodi devono essere distanti almeno 5 cm, perché questa è la distanza minima che garantisce l'assenza d'interferenza elettromagnetica tra elettrodi iniettori e sensori (Deurenberg, 1994).

Un particolare problema è rappresentato dalla scelta dell'emilato su cui effettuare la registrazione. Nella pratica, l'emilato non dominante è quello di riferimento, ed i valori di Z tendono ad essere più elevati per l'emilato non dominante. I cavi di collegamento dello strumento devono essere adeguatamente schermati, posizionati in modo rettilineo e non devono venire in contatto tra loro su di una superficie conduttiva, lontani dai campi elettromagnetici.

Alcuni fattori possono influenzare l'interpretazione dei valori indicati dall'impedenziometro quali:

- la posizione del soggetto all’inizio della valutazione;
- la temperatura dell’ambiente in cui viene eseguita la BIA;
- il consumo di cibi o liquidi;
- il ciclo mestruale.

Errori di 1.0-1.5 L nella stima di TBW possono essere prodotti dalla mancata standardizzazione della postura. La postura assunta dal soggetto è fondamentale per l’interpretazione del dato BIA. Il passaggio dalla posizione eretta a quella supina è associato ad un rapido declino della Z (>3%), imputabile al movimento di liquidi dal versante interstiziale a quello vascolare. Le variazioni posturali dell’impedenza sono maggiori a frequenze di 10 kHz, dove sono ritenute espressive delle modificazioni che occorrono in seno ai liquidi extracellulari.

Il microcircolo cutaneo è in grado di dilatarsi in risposta ad un aumento della temperatura della cute. Al contrario, la diminuzione della temperatura cutanea produce vasocostrizione, con diminuzione del flusso ematico. Questo spiega perché valori più alti di Z possano essere registrati in seguito a raffreddamento della cute. In presenza di febbre, la BIA è inattendibile. Essa registrerà infatti valori artificialmente bassi d’impedenza. Inoltre la conducibilità elettrica della cute è migliorata dal pretrattamento con alcool etilico o isopropilico che allontana secrezioni e cellule desquamate dallo strato corneo.

Il soggetto va esaminato a digiuno da liquidi e solidi da almeno 2-5 ore (Kushner 1992). Il contenuto del canale alimentare può infatti interferire con la misurazione dell’impedenza. Inoltre, nella fase post-assorbitiva, il passaggio di liquidi nel torrente circolatorio può produrre valori alterati di impedenza. Pertanto, si propone un digiuno di 8 h quale procedura standard per la BIA.

Il ciclo mestruale, infine, comporta variazioni “fisiologiche” dell’impedenza bioelettrica che si presume siano poste in relazione a: modificazioni della compartimentazione di TBW, come ad esempio, la possibile espansione premenstruale di ECW; modificazioni della temperatura corporea per l’effetto termogenico del progesterone; modificazioni del comportamento alimentare, in fase premenstruale.

1.4 APPARATO MUSCOLARE

L'interesse particolare riconosciuto ai test funzionali è giustificato dal fatto che essi fanno riferimento alle conseguenze della malnutrizione su funzioni dell'organismo quali forza muscolare, sistema immunitario, funzione cardiaca, funzione respiratoria ecc. (Soeters et al., 2008). Nello specifico, la forza muscolare è influenzata da fattori non nutrizionali, a cominciare dall'allenamento degli specifici gruppi muscolari, ma varia anche in dipendenza della composizione corporea così come della disponibilità di energia, macronutrienti e micronutrienti. Per tale ragione la valutazione dell'efficienza muscolare rientra tra i metodi di studio della capacità funzionale e quindi dello stato di nutrizione.

La muscolatura è un tessuto contrattile deputato alla produzione di forza e al movimento. È il tessuto umano quantitativamente più importante, costituendo oltre il 40% del peso corporeo totale in un individuo normopeso. La muscolatura scheletrica, insieme a quella del muscolo cardiaco, viene definita muscolatura striata per la disposizione ordinata delle unità contrattili che all'osservazione al microscopio elettronico crea bande distinte. Invece la muscolatura degli organi interni e dei vasi non mostra un aspetto striato e si definisce muscolatura liscia.

La capacità di contrarsi è una caratteristica associata alle cellule muscolari che avviene per conversione dell'energia chimica, derivante dalla scissione dell'ATP, in energia meccanica. I muscoli generano momenti di forza sui punti di inserzione muscolari da cui dipendono movimenti degli arti e dei segmenti corporei, in relazione ai gradi di libertà ed ai vincoli meccanici relativi delle articolazioni e delle giunture.

STRUTTURA DEL MUSCOLO SCHELETRICO

Il tessuto muscolare presenta una complessa gerarchia d'organizzazione. In ogni muscolo scheletrico ci sono migliaia di cellule di forma cilindrica, dette fibre muscolari (o anche miociti o miocellule) disposte parallele le une alle altre, affusolate, multinucleate e lunghe da pochi milli-

metri, come nel caso dei muscoli oculari, a circa 100 mm nel caso dei muscoli dell'arto inferiore. Una sottile membrana detta sarcolemma circonda la fibra muscolare e include la membrana cellulare vera e propria, e la membrana basale che è di supporto, conferendo la necessaria solidità meccanica. Tra le cellule muscolari vi sono le cellule connettivali che provvedono al ricambio delle macromolecole costituenti la matrice interstiziale.

Caratteristica unica delle cellule muscolari è la presenza nel citoplasma (detto sarcoplasma) di molti nuclei, fino a 250 per millimetro di lunghezza. Analogamente alle altre cellule, nel citoplasma è presente anche un esteso reticolo endoplasmatico, detto reticolo sarcoplasmatico, che provvede al ricambio delle proteine intracellulari; infatti i miofilamenti, che sono di natura proteica, vanno incontro ad un normale processo di turnover proteico (catabolismo e sintesi).

Ogni fibra muscolare è separata dalle cellule adiacenti da un sottile strato di connettivo, detto endomisio; un gruppo di circa 150 fibre muscolari, avvolte dal perimisio, costituisce un fascicolo. Un numero variabile di fascicoli costituisce un ventre muscolare a sua volta circondato da una fascia connettivale detta epimisio che si continua agli estremi del ventre stesso nel tendine. Il tendine, costituito principalmente da fibre di collagene, si fonde sullo strato superficiale che ricopre l'osso, detto periostio, creando un aggancio estremamente solido, da cui viene trasmessa la forza esercitata dal muscolo all'osso. Le fibre muscolari possono avere un orientamento parallelo all'asse principale del muscolo (come nel bicipite branchiale) e sono dette fusiformi, oppure possono essere poste in modo obliquo rispetto all'asse e sono dette pennate. È possibile avere muscoli bipennati e muscoli multipennati (es. muscolo della spalla deltoide). Nei muscoli fusiformi la disposizione delle fibre muscolari in parallelo all'asse maggiore del muscolo stesso favorisce un'elevata velocità di accorciamento durante la contrazione generando una forza massima inferiore ma di maggior ampiezza. Nel muscolo pennato la disposizione obliqua delle fibre muscolari, che sono più corte, aumenta la sezione effettiva del muscolo e la forza generata ma con movimenti di minor ampiezza e velocità.

STRUTTURA DELLA FIBRA MUSCOLARE

Circa il 75% in peso del muscolo è rappresentato da acqua, il 20% da proteine ed il restante 5% da sali inorganici, fosfati energetici, ioni (sodio, potassio e cloro), minerali (calcio, magnesio e fosforo), enzimi vari, amminoacidi, grassi e carboidrati. La proteina più abbondante è la miosina, che rappresenta circa il 60% della componente proteica, seguita da actina e tropomiosina; in 100 g di tessuto muscolare sono inoltre presenti circa 700 mg di mioglobina.

Ogni fibra muscolare contiene un gran numero di miofibrille disposte longitudinalmente; esse sono composte dai miofilamenti, disposti in parallelo fra loro e rispetto all'asse maggiore della miofibrilla, contenenti due proteine principali, l'actina e la miosina; in una fibra muscolare ogni filamento di miosina (filamento spesso) è circondato da 6 filamenti di actina (filamenti sottili). I ponti della miosina si protendono verso l'actina con la quale si legano nel processo di contrazione. Esistono anche altre proteine con funzioni strutturali o sono coinvolte nel processo della contrazione muscolare:

- Tropomiosina (5% delle proteine totali del miofilamento): si distribuisce lungo tutta la lunghezza dell'elica dell'actina concorrendo alla variazione conformazionale dell'actina stessa e previene la formazione del legame tra actina e miosina;
- Troponina (3%) è disposta ad intervalli regolari lungo la molecola di actina e possiede un'elevata affinità per il calcio con il quale si lega inducendo l'attivazione dei ponti della miosina ed influenzando l'attività della tropomiosina;
- α -actinina (7%) mantiene la disposizione spaziale dei filamenti sottili;
- β -actinina(1%) reperibile nell'actina;
- Proteina M (1%) ha funzione di sostegno per le molecole di miosina;
- Proteine C (< 1%) mantiene la regolare disposizione spaziale dei filamenti di miosina;
- Titina, rende possibile l'allungamento delle miofibrille.

Il reticolo sarcoplasmatico delle fibre muscolari si allarga nel formare le cosiddette cisterne, contenenti ioni calcio, in prossimità di un altro sistema canalicolare, detto dei tubuli a T, costi-

tuito da invaginazioni della membrana cellulare. Ogni tubulo T è adiacente a due cisterne creando una disposizione detta triade. Le triadi e i tubuli T sono coinvolti nel processo di trasmissione dell'eccitamento a tutta la cellula muscolare e nel processo di contrazione muscolare.

CONTRAZIONE MUSCOLARE

La contrazione muscolare è il risultato di una serie di modificazioni intracellulari coordinate che portano al movimento della fibra muscolare e, di conseguenza, del muscolo stesso. Esistono diversi tipi di contrazione muscolare:

- Isotonica: per sviluppare una forza costante, il muscolo si accorcia o si allunga;
- Auxotonica: il muscolo si contrae e la forza esercitata dal muscolo che si contrae aumenta gradualmente;
- Isocinetica: il muscolo sviluppa la massima tensione accorciandosi a velocità costante;
- Isometrica: consiste in uno sviluppo di forza senza accorciamento del muscolo, quindi senza che si verifichi variazione di lunghezza del sarcomero; in questa condizione si ha una continua interazione chimica tra i miofilamenti.

Nella realtà contrazioni pure sono raramente riscontrabili in vivo, in quanto i nostri muscoli utilizzano combinazioni di queste forme di contrazione. L'accorciamento di un muscolo può anche essere definito contrazione concentrica nel caso in cui il muscolo si accorcia contraendosi e fa ruotare l'articolazione. Ciò avviene nel bicipite del braccio durante il sollevamento di un manubrio effettuando un movimento dalla posizione di estensione a quella di flessione. Quando, invece, la forza applicata ai capi muscolari è maggiore della forza esercitata dal muscolo, allora la lunghezza del sarcomero aumenta con conseguente allungamento del muscolo e si parla di contrazione eccentrica.

Il tono muscolare rappresenta uno stato di lieve e persistente contrazione dei muscoli non volontaria ma riflessa, presente indipendentemente dai movimenti. Il tono muscolare non è dello stesso

so grado in tutti i muscoli: esso ad esempio è maggiore nei muscoli estensori, dai quali dipende il mantenimento della stazione eretta e dell'equilibrio del corpo nello spazio.

Quando un muscolo solleva un carico di un valore determinato si produce lavoro muscolare. Esso viene misurato come il prodotto dell'accorciamento del muscolo per la forza. La potenza muscolare è invece data dal prodotto della forza muscolare per la velocità di accorciamento (detto anche lavoro per unità di tempo). La velocità accorciamento è definita come la velocità alla quale i muscoli si contraggono quando sottoposti ad un lavoro. La velocità di accorciamento massima di un muscolo che dipende dalla velocità massima dello scivolamento dei filamenti di actina e miosina, si riduce aumentando il carico. I muscoli lunghi si contraggono molto più velocemente dei muscoli corti, in quanto sommano gli accorciamenti di molti sarcomeri. Il fenomeno meccanico della contrazione e del rilasciamento muscolare sono spiegati dalla teoria dello scivolamento dei filamenti. Secondo tale teoria le variazioni di lunghezza di un muscolo dipendono dallo scivolamento dei filamenti spessi rispetto ai sottili con un accorciamento del sarcomero, senza che i filamenti varino effettivamente la propria lunghezza. L'energia necessaria alla variazione conformazionale della miosina è fornita dalla scissione dell'ATP.

L'accorciamento del sarcomero si realizza per lo scivolamento dell'actina sulla miosina (in altri termini, i filamenti di actina si insinuano tra le molecole di miosina). Nel rilasciamento, invece, i filamenti sottili si sfilano da quelli spessi riducendo il grado di sovrapposizione. Durante la contrazione ogni testa di miosina si lega con il vicino filamento di actina e va incontro a successivi episodi di aggancio e sgancio in modo indipendente dagli altri filamenti, contribuendo così ad un piccolo spostamento longitudinale nello scivolamento dei miofilamenti, secondo un processo ciclico. La sequenza degli eventi inizia con l'attivazione del nervo motore che corrisponde ad un ordine motorio impartito dalla corteccia cerebrale. Di seguito si hanno una serie di eventi qui brevemente descritti:

- all'estremità del nervo motore si ha la liberazione del mediatore chimico acetilcolina dalle vescicole presinaptiche in cui è contenuto. Essa, una volta presente nello spazio sinaptico, si lega ai recettori postsinaptici della membrana della cellula muscolare;

- l'acetilcolina fa variare la permeabilità dei canali di membrana agli ioni sodio, che passano dal liquido extracellulare a quello intracellulare, e agli ioni potassio, che seguono la strada inversa. Come conseguenza il potenziale di membrana dal valore di riposo di circa -90mV, tende ad un valore meno negativo e arrivato intorno ai -40 mV dà origine al potenziale d'azione che si propaga alle cellule adiacenti al terminale sinaptico del nervo motore;
- il potenziale d'azione si propaga sulla superficie cellulare e raggiunge, tramite il sistema dei tubuli T, la zona delle triadi dove causa la liberazione degli ioni calcio;
- il calcio passa dalle cisterne nel citoplasma, si lega al complesso troponina-tropomiosina: la troponina subisce una variazione conformazionale che comporta uno spostamento della tropomiosina più in profondità all'interno della struttura dell'actina; di conseguenza si scoprono e si rendono liberi i punti di attacco dell'actina per i ponti della miosina rimuovendo l'inibizione al legame tra actina e miosina-ATP;
- si crea l'aggancio actina-miosina-ATP mentre l'actina attiva l'enzima miosina-ATPasi presente sulla testa della miosina. L'ATP viene scisso fornendo l'energia necessaria alla variazione di conformazione strutturale dei ponti della miosina che si staccano dall'actina. La reazione di dissociazione che avviene è la seguente: actomiosina + ATP → Actina + Miosina-ATP;
- la miosina si estende ed esercita una forza tale da generare lo scorrimento dei miofilamenti, con un effetto meccanico di scivolamento tra actina e miosina;
- i ponti nella miosina compiono questo movimento più volte di seguito, sempre in una nuova posizione lungo il filamento di actina. Ne consegue uno scivolamento dei filamenti di actina rispetto ai filamenti di miosina. La realizzazione di questo fenomeno in migliaia di sarcomeri si trasforma in movimento macroscopico con trasmissione della forza fino ai tendini ed allo scheletro;

- in seguito il ciclo può ricominciare dal legame del calcio con il complesso troponina-tropomiosina finché la concentrazione di calcio rimane sufficientemente elevata da rimuovere l'inibizione esercitata dal complesso troponina-tropomiosina;
- quando termina la stimolazione nervosa, quindi la liberazione di acetilcolina, il calcio ritorna nelle cisterne e si restaura l'inibizione del complesso troponina-tropomiosina sull'aggancio actina-miosina. La condizione di sgancio si mantiene finché è disponibile ATP nel citoplasma. Quindi da un lato si impedisce il legame actina-miosina, dall'altro viene inibita l'attività della miosina-ATPasi.

1.5 FORZA DI PRESA DELLA MANO

La valutazione globale della forza muscolare nel singolo individuo è molto complessa. Nella pratica si cerca di scegliere test che siano sufficientemente accurati ma anche semplici, potendo quindi essere utilizzati sia in prevenzione che in diagnosi e terapia: in genere si fa riferimento ai muscoli dell'arto superiore o dell'arto inferiore o ancora ai muscoli respiratori. Al momento, la misura della forza di presa della mano (FPM) è l'opzione utilizzata con maggiore frequenza.

La dinamometria della mano misura la FPM ed è considerata un test di fitness neuromuscolare, espressione della forza di contrazione di una serie di muscoli dell'avambraccio e della mano e strettamente correlata alla forza esercitata da altri gruppi muscolari (Wind et al., 2010). In tal senso la FPM rientra tra i metodi di valutazione della capacità funzionale del sistema muscolare e quindi dello stato di nutrizione. La misura della FPM può essere utilizzata con obiettivi diversi: nella valutazione dei deficit motori, in riabilitazione, nella medicina dello sport, nella pratica sportiva ecc.

La forza di presa della mano (in inglese handgrip strength), così come intesa in nutrizione applicata, è indice della forza di contrazione (prevalentemente isometrica) esercitata dai muscoli dell'avambraccio e della mano responsabili dell'estensione dell'avambraccio, della flessione dei

metatarsi e delle falangi, della flessione delle dita e dell'adduzione del pollice. I muscoli dell'avambraccio coinvolti sono:

- il gruppo che agisce sul complesso articolare del gomito: i muscoli brachio-radiale, supinatore, pronatore rotondo e pronatore quadrato, favoriscono l'estensione dell'avambraccio, determinando i movimenti di supinazione e di pronazione;
- il gruppo dei sei muscoli flessori della mano e delle dita che partono tutti dall'epitroclea e comprendono: il muscolo flessore radiale del carpo, il palmare lungo e il flessore ulnare del carpo che flettono la mano, un muscolo intermedio (il flessore superficiale delle dita) e due flessori profondi delle dita (il flessore profondo delle dita ed il flessore lungo del pollice);
- il gruppo dei muscoli estensori che sono organizzati in muscoli superficiali (inseriti sull'epicondilo laterale, l'estensore radiale lungo e quello breve del carpo, l'estensore delle dita e del mignolo e l'estensore ulnare del carpo) e profondi (l'abdottoe lungo del pollice e l'estensore breve e lungo del pollice. Tutti insieme lavorano per il movimento di supinazione del pollice e di estensione dell'indice.

Per quanto riguarda i muscoli della mano, durante la presa, le dita si piegano e la mano tende a chiudersi per la contrazione dei muscoli flessori lunghi, superficiali e profondi delle dita, i quali flettono la seconda e la terza falange, mentre i muscoli lombricali e gli interossei flettono la prima falange. Il pollice si flette per l'azione del muscolo flessore lungo del pollice.

Nella presa a piena mano i muscoli flessori delle dita agiscono nel mantenere l'oggetto e il pollice semiflesso completa la chiusura. Il muscolo adduttore del pollice è l'artefice della presa, per cui il pollice viene spinto contro il margine laterale del dito indice piegato ad uncino.

Un certo numero di studi in letteratura ha anche dimostrato come essa sia strettamente correlata alla forza esercitata da altri gruppi muscolari (Wind et al., 2010). La misura della FPM fa inoltre parte di batterie multitest per la valutazione dell'efficienza (fitness) neuromuscolare (Española-Romero et al., 2010). La misura della FPM può essere utilizzata con obiettivi diversi: nella valutazione dei deficit motori, in riabilitazione, nella medicina dello sport, nella pratica sportiva ecc.

Nel nostro caso interessa l'idea che esista una relazione fra FPM e stato di nutrizione così come fra FPM e composizione corporea, ed è pure utile cercare di comprendere meglio come la misura della FPM possa essere operativamente integrata nella valutazione dello stato di nutrizione.

STANDARDIZZAZIONE DEL TEST

L'utilità della misura della FPM dipende in primo luogo dalla sua attendibilità, a sua volta influenzata dalle condizioni e dalle modalità con cui è effettuato il test. Di seguito sono fornite alcune note esemplificative ricordando fin da ora che non esistono linee guida universalmente riconosciute nel merito:

- posizione dell'arto superiore e del corpo;
- numero di misure;
- valore medio o valore massimo;
- uno o entrambi gli emilati;
- strumentazione.

Posizione dell'arto superiore e del corpo

Diversi fattori possono influire sulla misura della FPM a cominciare dalle dimensioni della mano e dall'ampiezza e dal tipo di impugnatura del dinamometro. Considerata con particolare attenzione è la posizione del corpo e soprattutto dell'arto superiore: per alcuni autori la FPM è significativamente influenzata dal grado di flessione del gomito mentre altri assecondano l'idea che tali differenze siano marginali (España-Romero et al., 2010). Resta pure da definire come comportarsi nel caso di pazienti allettati. Tra le possibilità si ricordano comunque: a) individuo in piedi con gomito completamente disteso; b) individuo in piedi con il gomito flesso di 90°; c) individuo seduto, con le spalle abdotte, il gomito flesso di 90°; d) individuo seduto, avambraccio in posizione neutrale e il polso flesso tra 0 e 30°; e) individuo seduto con le spalle abdotte, il gomito flesso di 90° e appoggiato ad un supporto; f) individuo supino, gomito flesso di 90°, polso in posizione neutrale.

Numero di misure

Nella maggioranza degli studi disponibili in letteratura la misura della FPM è ripetuta per due o tre volte con un intervallo che varia da uno a tre minuti. Di fatto la gran parte degli articoli che hanno proposto valori di riferimento per la FPM utilizza tre misure ripetute (Mathiowetz et al., 1985; Bassey et al., 1993; Hanten et al., 1999; Bear-Lehman et al., 2003; Corish et al., 2003; Hornby et al., 2004; Budziareck et al., 2008; Gunther et al., 2008; Schlüssel et al., 2008; Werle et al., 2009; Angdt et al., 2010) con l'eccezione di Anawke et al. (2007) con cinque misure, di Brennan et al. (2004) con due misure e di Massy-Westropp et al. (2004) con una sola misura. Per fornire una qualche idea di quanto presente in letteratura, sono stati selezionati in modo randomizzato 30 articoli pubblicati su riviste internazionali nel 2009-2010 che interessano la misura della FPM in relazione allo stato di nutrizione: in 19 casi le misure erano in triplicato e in altri 9 in duplicato.

Valore medio o valore massimo

Nell'elaborazione-interpretazione dei dati gli articoli sui valori di riferimento per la FPM considerano i valori massimi o i valori medi delle misure ripetute; Luna-Heredia et al. (2005) indicano sia il valore massimo che quello medio con una differenza fra i due che raggiunge i 2-3 kg. Nel campione della letteratura già citato, in 18/30 articoli era considerato il valore massimo e in 9 il valore medio per l'emilato d'interesse. In rari casi è utilizzato il valore più alto (massimo o medio) dei due emilati.

Uno o entrambi gli emilati

La FPM è in media maggiore per l'emilato dominante (Bohannon, 2003). Sotto l'aspetto pratico, comunque, in una discreta percentuale di destrimani la FPM può essere più elevata per l'arto superiore sinistro e in una discreta percentuale di mancini per l'arto superiore destro (Bohannon, 2003). Gli studi che si sono interessati dei valori di riferimento della FPM presentano i risultati per entrambi gli arti superiori ed è questa una procedura consigliabile perché fornisce una

sorta di immediato controllo sull'attendibilità dei dati. I valori sono espressi facendo riferimento agli emilati come destro e sinistro (Mathiowetz et al., 1985; Bassey et al. 1993; Bear-Lehman et al., 2003; Brennan et al., 2004; Massy-Westropp et al., 2004; Schlusser et al., 2008; Gunther et al., 2008) o come dominante e non dominante (Luna-Heredia et al. 2005; Budziareck et al., 2008; Hornby et al., 2004; Werle et al. 2009). Corish et al. (2003) considerano il solo emilato non dominante e Angst et al. (2010) il solo emilato dominante mentre Hanten et al. (1999) descrivono i valori sia come dominante/non dominante che come destro/sinistro. Se si considerano i 30 articoli della letteratura già menzionati, emerge la tendenza a misurare la FPM su entrambi gli emilati (15 lavori), mentre 6 fanno riferimento al solo emilato dominante e 5 al solo emilato destro.

Strumentazione

Il test per la forza di presa della mano è semplice ed economico e richiede l'uso di un dinamometro specifico. La struttura di questo strumento è piuttosto semplice: è dotato di una scala graduata che indica il valore della forza impressa che è determinato grazie alla presenza di una resistenza a molla o idraulica. Il concetto che sta alla base del principio di funzionamento dell'apparecchio, nonché di molti altri strumenti costituiti da molle, è la legge di Hooke, secondo la quale l'allungamento subito da una molla (x) è direttamente proporzionale alla forza applicata e alla costante di proporzionalità (k), detta costante elastica, che dipende dalla molla ($F = k * x$).

I modelli a disposizione sono molti: ad esempio in letteratura sono citati i dinamometri Jamar, Lafayette, Takei, ecc. Il modello più diffuso è il dinamometro idraulico Jamar, utilizzato ad esempio da numerosi lavori sui valori di riferimento per la FPM condotti sia nelle fasce di età più giovane che negli adulti e in età geriatrica (Mathiowetz et al., 1985 e 1986; Hanten et al., 1999; Bear-Lehman et al., 2003; Brennan et al., 2004; Massy-Westropp et al., 2004; Luna-Heredia et al., 2005; Bohannon et al., 2007; Schlusser et al., 2008; Budziareck et al., 2008; Werle et al., 2008). Fra gli altri strumenti ha trovato una buona diffusione negli ultimi anni il dinamometro digitale Takei (Corish et al., 2003; Espana-Romero et al., 2010), dotato di un'impugnatura

regolabile che può essere adattata alla diversa ampiezza della mano e forse più adatto per tale motivo alle misurazioni in bambini e adolescenti (España-Romero et al., 2010).

Diversamente dagli altri dinamometri il Takei è dotato di un display digitale che presenta la misura della forza massima esercitata dal flessore con una cifra decimale e di un'impugnatura regolabile che può essere adattata a diverse misure di ampiezza della mano (da 3,5 a 7,0 cm), fornendo una misura più affidabile soprattutto nelle fasce di età più giovani (Ruiz et al., 2006 e 2010). I principali vantaggi dei dinamometri quali Jamar e Takei sono il costo ridotto e la praticità di utilizzo, mentre il limite è rappresentato dalla possibilità di valutare unicamente la forza isometrica. Da un punto di vista pratico resta il problema di come controllare l'accuratezza dell'apparecchio poiché dopo la taratura in fabbrica non sono indicate modalità standard per ulteriori verifiche nel merito. La riproducibilità delle misure di FPM è comunque considerata buona ma resta influenzata dalla precisione dello strumento, dalle procedure utilizzate e dalla variabilità biologica. Essa andrebbe valutata nelle specifiche condizioni d'interesse. Ad esempio, Massey-Westropp et al. (2004) hanno paragonato il dinamometro elettronico Grippit al dinamometro idraulico Jamar in 12 soggetti sani e 10 in pazienti affetti da artrite reumatoide: il dinamometro Grippit risultava più riproducibile del dinamometro Jamar nei soggetti sani, mentre mostrava una più elevata variabilità nei soggetti affetti da artrite. Bohannon e Schaubert (2005) hanno osservato una buona riproducibilità del dinamometro Jamar in un gruppo di 21 adulti di età superiore ai 65 anni su misure effettuate a distanza di 12 settimane. Conclusioni simili sono quelle raggiunte per il dinamometro Takei in adolescenti di entrambi i generi e d'età compresa fra i 12 e 16 anni Ortega et al. (2008). Esistono anche articoli che forniscono informazioni più dettagliate nel merito ma difficilmente interpretabili in termini pratici: è il caso del lavoro di Svensson et al. (2008) che hanno evidenziato come il dinamometro Grippit risultasse più riproducibile nei bambini di 6 e 14 anni rispetto ai bambini di 10 anni.

Sulla comparazione fra i tipi di dinamometro, altro punto di indubbio interesse operativo, sono vari i motivi per cui è difficile arrivare a conclusioni definitive; fra l'altro sono molti gli strumenti da prendere in considerazione e il confronto potrebbe essere influenzato sia da fattori fi-

siologici quali età e genere che dalla presenza di malattie ecc. In genere gli altri strumenti sono stati paragonati al dinamometro Jamar (il più diffuso). Ad esempio, Mathiowetz (2002) ha osservato in individui sani una buona concordanza con il dinamometro Rolyan. Conclusioni positive sono state anche raggiunte per altri tipi di dinamometro (Guerra e Amaral, 2009). Ma non sempre questa è la situazione. Di recente, Guerra e Amaral (2009) hanno evidenziato in individui anziani come tre diversi tipi di dinamometri fornissero risultati del tutto discordanti rispetto allo Jamar. Ancora, Espana-Romero et al. (2010) hanno di recente messo a confronto in un campione di adolescenti due differenti dinamometri (Takei 5101 e DynEx) con il dinamometro Jamar: il dinamometro Takei risultava più affidabile per misurare la FPM forse perché permetteva di regolare meglio l'ampiezza dell'impugnatura. Si può infine ricordare che esistono lavori condotti in condizioni patologiche. Ad esempio, Trutschnigg et al. (2008) hanno paragonato il dinamometro Biodex al dinamometro Jamar in un campione di pazienti neoplastici osservando una peggiore riproducibilità per il primo di questi due strumenti.

Valori normativi di riferimento

La disponibilità di valori di riferimento permette una più immediata interpretazione dei dati raccolti perché indica se un dato di FPM debba essere considerato, e in quale misura, anomalo. Numerosi lavori in letteratura hanno proposto tabelle normative per la FPM relative a entrambi i generi e alle differenti fasce d'età (Mathiowetz et al., 1985 e 1986; Balogun et al., 1991; Bassey et al., 1993; Desrosiers et al., 1995; Hanten et al., 1999; Bear-Lehman et al., 2003; Corish et al., 2003; Brennan et al. 2004; Massy-Westropp et al., 2004; Luna-Heredia et al., 2005; Bohannon et al., 2006; Bohannon et al., 2007; Anawke et al. 2007; Schlüssel et al, 2008; Budziareck et al., 2008; Werle et al. 2009; Angdt et al, 2010). In gran parte dei casi è stato utilizzato il dinamometro Jamar; in alcuni lavori si fa riferimento al valore massimo di misure ripetute e in altri al valore medio, in genere considerando entrambi gli emilati (vedi sopra). Nell'insieme si tratta di lavori disomogenei nella metodologia e talora anche nella presentazione dei dati, che per tale ragione risultano difficilmente comparabili. Come mostrato nelle Tabelle 1.1 e 1.2, di fatto resta

una certa discrepanza fra i valori delle diverse tabelle normative. Un'ulteriore nota è dovuta circa l'identificazione di un valore soglia di anormalità: si è proposto di utilizzare la media meno due deviazioni standard o l'85% del valore medio (per età e genere) ma di fatto non c'è accordo nel merito e i criteri utilizzati restano al momento variabili e lasciati alla scelta del singolo ricercatore.

FORZA DI PRESA DELLA MANO E STATO DI NUTRIZIONE

Fatto fermo che la FPM è influenzata da fattori sia nutrizionali che non nutrizionali, si farà qui riferimento ad alcuni aspetti che sono più strettamente associati alla misura della FPM come metodica funzionale per la valutazione dello stato di nutrizione e che sono particolarmente significativi per il nutrizionista. Un primo punto da considerare sono le alterazioni della FPM nella malnutrizione per difetto e le sue relazioni con le altre variabili dello stato di nutrizione, mentre un secondo aspetto particolarmente rilevante è l'utilizzo della FPM come parametro predittivo di morbosità e mortalità.

Alterazioni della FPM negli individui malnutriti

Alterazioni della FPM sono state descritte in molte patologie in relazione più o meno stretta con lo stato di nutrizione. Per quanto interessa le patologie epatiche, per cominciare, la prevalenza di malnutrizione è risultata più elevata utilizzando la FPM rispetto ai classici metodi di screening nutrizionale quali SGA e PNI (Álvares-da-Silva et al., 2005). La FPM sembrava inoltre in grado di identificare i pazienti malnutriti già nei primi stadi, diversamente dall'SGA utile in fasi più avanzate della malattia. Un più recente lavoro (Ferreira et al., 2010) ha confermato l'elevata frequenza con cui nei pazienti cirrotici si osserva una alterazione della FPM rispetto ad anomalie di altre variabili dello stato di nutrizione. Si è pure dimostrato come la FPM sia particolarmente ridotta in presenza di una diminuzione della massa proteica dell'organismo (Peng et al., 2007). Relativamente frequente è anche la misura della FPM nelle patologie renali. In pazienti affetti da insufficienza renale cronica la FPM è associata con altre variabili dello stato di

nutrizione quali massa magra, albumina sierica ed SGA (Wang et al., 2001; Qureshi et al., 1998). La FPM risulta anche negativamente correlata alla presenza di uno stato infiammatorio (Axelsson et al., 2004) , a una condizione di iperidratazione (Cheng et al., 2005) al grado di autonomia nelle comuni attività giornaliere (Brodin et al., 2001) e alle alterazioni della parete vascolare (Gu et al., 2008). In termini ancor più direttamente operativi Yurdalan et al. (2007) hanno utilizzato la misura della FPM nella valutazione complessiva della efficienza (fitness) neuromuscolare in pazienti in HD come parte di una serie di test standardizzati (test EUROFIT). Infine, un'area di elettiva utilizzazione della misura della FPM è rappresentata dall'età geriatrica. Per dare un'idea dell'interesse al riguardo secondo PUBMED la combinazione dei termini handgrip e elderly/older è presente nell'abstract di ben 126 lavori pubblicati nei 12 mesi successivi al 1 luglio 2009. Peraltro solo una parte (minoritaria) di tali articoli consideravano anche aspetti nutrizionali in senso stretto e anche in questo caso le alterazioni della FPM non erano necessariamente secondarie a problemi nutrizionali. Per altro verso al nutrizionista si deve ricordare che la riduzione della forza muscolare è una caratteristica fondamentale della sarcopenia, cioè della perdita di massa e di funzione dei muscoli scheletrici che si manifesta con particolare evidenza in una certa percentuale di individui anziani (Cruz-Jentoft et al., 2010) La sarcopenia ha conseguenze importanti, ad esempio si associa a una più elevata probabilità di traumi e fratture, e determina una diminuzione del livello di autonomia motoria. La riduzione della FPM fa anche parte del quadro dell'anziano frail (fragile), quello che dimostra una particolare vulnerabilità rispetto alle condizioni di stress ed è più facilmente esposto all'insorgenza di patologie.

FPM come predittore di morbidità

Se consideriamo la FPM come predittore di morbidità, in letteratura sono presenti lavori su patologie specifiche e lavori che fanno riferimento più in generale alla popolazione anziana. Nel primo caso, ad esempio, studi epidemiologici hanno messo in relazione la FPM con una più bassa prevalenza di malattie CV come evidenziato da Gale et al. (2007) in un lavoro condotto su pazienti di età >65 anni in differenti aree geografiche della Gran Bretagna. In termini prospettici,

Silventoinen et al. (2009) hanno di recente pubblicato dei dati inconsueti dimostrando una relazione fra la FPM determinata alla visita di leva e successiva comparsa nel tempo (decenni) di malattia coronarica o ictus. Per quanto interessa altre patologie, nei pazienti con COPD si osserva di frequente una riduzione della forza muscolare e la FPM risulta associata sia con più frequenti periodi di ospedalizzazione che con la frequenza di episodi acuti (Vilaró et al., 2010). Una minore FPM è anche fattore di rischio per il manifestarsi di scompenso cardiaco nei pazienti in dialisi peritoneale (Wang et al., 2010) e si associa ad un numero più elevato di complicanze in pazienti con cirrosi (Alvares-da-Silva et al., 2005). La FPM è inoltre in grado di predire il peggioramento dello stato funzionale durante il ricovero ospedaliero (Humphreys et al. 2002) e la comparsa di complicanze post-operatorie in pazienti chirurgici (Cook et al., 2001; Bohannon et al., 2008). Esiste inoltre una evidente associazione fra FPM e durata del ricovero ospedaliero Bohannon et al. (2008), così come fra FPM e limitazioni di tipo funzionale sia in soggetti “free living” che in soggetti istituzionalizzati (Giampaoli et al., 1999; Rantanen et al., 1999; Humphreys et al., 2002).

FPM come predittore di mortalità

In riferimento a specifiche patologie, la FPM è risultata direttamente associata alla sopravvivenza in pazienti di genere maschile con insufficienza renale in fase avanzata (Stenvinkel et al., 2002) così come in pazienti in dialisi peritoneale (Wang et al., 2005). Taluni autori hanno pure evidenziato una relazione specifica con la mortalità cardio-vascolare (Gale et al. 2007, Rantanen et al., 2003). Più in generale numerosi studi hanno messo in evidenza, su periodi di follow-up molto variabili, come valori ridotti di FPM siano predittori indipendenti di mortalità in età geriatrica (Bohannon et al., 2008). Come esempio si può citare il recente lavoro di Ling et al. (2010): si tratta di uno studio prospettico che ha confermato come una ridotta FPM (emilato dominante) sia associata ad un evidente aumento della mortalità anche in individui d'età particolarmente avanzata (le misure erano effettuate a 85 anni e 89 anni).

Tabella 1.1

Valori di riferimento per la forza di presa della mano per le fasce di età 20-69 anni (in entrambi i generi) così come proposti da alcuni lavori della letteratura per l'emilato non dominante.

Autore, anno	20 – 29 anni				30 – 39 anni				40 – 49 anni				50 – 59 anni				60 – 69 anni								
	uomini		donne		uomini		donne		uomini		donne		uomini		donne		uomini		donne						
	<i>N</i>	<i>me-dia</i>	<i>DS</i>	<i>me-dia</i>	<i>DS</i>	<i>N</i>	<i>me-dia</i>	<i>DS</i>	<i>me-dia</i>	<i>DS</i>	<i>N</i>	<i>me-dia</i>	<i>DS</i>	<i>me-dia</i>	<i>DS</i>	<i>N</i>	<i>me-dia</i>	<i>DS</i>	<i>me-dia</i>	<i>DS</i>	<i>N</i>	<i>me-dia</i>	<i>D</i>	<i>me-dia</i>	<i>DS</i>
Balogun, 1991	60	35,4	6,7	22,0	4,5	60	37,9	8,8	18,7	5,9	60	34,5	6,8	16,5	6,0	60	26,4	5,0	14,5	4,1	60	26,4	5,0	11,9	5,3
Bohannon, 2006	134	47,4		27,9		120	49,2		31,8		111	49,8		29,3		100	45,2		28,8		120	38,7		23,0	
Budziareck, 2008	50	40,4	8,2	20,7	5,1						50	39,4	9,6	20,9	6,0				20,9	6,0	50	29,2	8,0		
Desrosiers, 1995																					61	43,6	8,7	23,6	4,7
Gunter, 2008	66	51,0	8,0	30,0	5,0	52	52,0	9,0	32,0	5,0	62	52,0	8,0	30,0	5,0	62	49,0	8,0	27,0	5,0	65	43,0	7,0	25,0	5,0
Hanten, 1999	74	49,5	10,0	28,6	6,4	62	49,0	9,1	30,4	7,3	55	49,0	9,1	30,0	6,4	52	48,1	10,0	29,5	6,4	51	39,5	7,7	23,2	6,4
Hornby, 2004											46	39,2		25,1											
Luna-Heredia, 2005 ^a						43	41,2	10,6	23,5	5,2	32	41,6	12,0	25,9	5,4	22	39,6	9,3	21,6	4,9	41	32,5	8,7	17,5	5,5
Luna-Heredia, 2005 ^b						43	45,0	10,5	25,8	5,4	31	44,5	12,1	27,9	5,9	22	42,7	9,8	23,3	4,8	41	34,5	9,0	18,6	5,5
Massy-Westropp, 2004	25	46,7	10,0	28,8	14,4	24	48,9	10,2	31,0	8,2,4	34	49,8	10,6	28,5	5,8	37	49,7	6,6	29,4	5,7	31	41,9	7,4	34,3	48,1
Mathiowetz, 1985	29	47,4	9,9	27,7	5,9	27	50,1	9,9	30,9	8,0	26	51,2	8,5	28,3	6,3	25	46,3	7,7	26,0	4,9	24	34,9	9,2	20,7	4,6
Schluskel, 2008	295	43,8	9,6	25,6	8,3	244	44,5	7,8	26,7	7,4	220	41,6	7,4	25,7	7,0	166	39,2	8,6	23,0	7,8	121	34,5	7,5	21,0	5,8
Werle, 2008	29	51,2	8,5	31,5	4,8	28	52,5	7,3	32,6	4,6	37	53,4	8,5	34,7	5,3	40	59,2	8,9	33,7	4,6	33	47,6	6,5	28,3	5,3

a valori di forza di presa della mano espressi come valore medio delle 3 misure; *b* valori di forza di presa della mano espressi come valore massimo delle 3 misure.

Tabella 1.2

Valori di riferimento per la forza di presa della mano per le fasce di età 20-69 anni (in entrambi i generi) così come proposti da alcuni lavori della letteratura per l'emilato dominante

Autore, anno	20 – 29 anni					30 – 39 anni					40 – 49 anni					50 – 59 anni					60 – 69 anni					
	uomini		donne			uomini		donne			uomini		donne			uomini		donne			uomini		donne			
	<i>N</i>	<i>mean</i>	<i>SD</i>	<i>mean</i>	<i>S</i> <i>D</i>	<i>N</i>	<i>mean</i>	<i>SD</i>	<i>mean</i>	<i>S</i> <i>D</i>	<i>N</i>	<i>mean</i>	<i>SD</i>	<i>mean</i>	<i>S</i> <i>D</i>	<i>N</i>	<i>mean</i>	<i>SD</i>	<i>mean</i>	<i>S</i> <i>D</i>	<i>N</i>	<i>mean</i>	<i>SD</i>	<i>mean</i>	<i>SD</i>	
Balogun, 1991	60	36,7	7,7	24,1	5,2	60	40,3	9,3	20,9	6,5	60	36,2	7,4	17,7	6,1	60	32,0	7,7	16,1	4,7	60	28,4	5,0	14,4	5,0	
Bohannon, 2006	133	53,3		30,6		141	52,8		33,8		133	54,1		32,8		116	50,6		30,9		132	41,7		25,9		
Budziareck, 2008	50	43,4	8,4	22,8	4,9						50	41,9	9,2	24,0	5,9	50						31,3	8,0	19,1	5,2	
Desrosiers, 1995																					59	45,6	8,6	25,3	4,8	
Frederiksen, 2006												49,5	7,9	28,5	5,4		49,7	7,3	28,8	5,6		44,0	6,4	25,7	4,8	
Gunter, 2008	75	53,0	8,0	32,0	5,0	70	54,0	10,0	33,0	5,0	63	54,0	7,0	32,0	6,0	61	51,0	9,0	28,0	5,0	64	45,0	7,0	26,0	5,0	
Hanten, 1999	80	54,9	10,0	31,3	6,4	88	52,2	10,9	33,1	6,8	71	52,7	10,4	33,1	7,3	56	53,6	10,9	31,8	7,3	49	42,2	6,4	25,4	6,8	
Hornby, 2004												52	41,2		26,7											
Luna-Heredia, 2005 ^a						108	50,9	12,5	28,2	5,8	55	50,2	11,5	28,8	5,3	31	46,6	10,1	24,5	5,5	24	35,7	10,3	19,5	4,7	
Luna-Heredia, 2005 ^b						108	53,1	12,9	29,9	6,0	55	53,0	11,9	30,2	5,6	31	49,4	10,6	26,4	5,5	24	37,6	10,2	21,1	4,8	
Massy-Westropp, 2004	24	51,1	8,0	28,9	5,0	35	51,5	10,4	33,1	6,1	42	51,5	9,6	31,2	5,8	33	50,7	6,0	30,5	6,9	26	43,1	6,5	27,3	4,5	
Mathiowetz, 1985	26	54,9	9,4	32,0	6,6	26	55,3	10,2	35,7	8,7	31	53,0	9,4	32,0	6,1	25	51,6	8,2	29,9	5,3	25	40,7	9,3	25,0	4,6	
Schlussel, 2008	431	45,8	11,5	27,2	9,5	397	46,5	7,3	28,0	7,8	403	43,2	7,9	27,0	7,4	327	40,8	9,0	24,2	8,1	198	36,8	8,4	22,1	5,6	
Werle, 2008	31	53,9	8,7	33,4	5,4	30,0	55,0	7,1	33,8	5,9	39	54,2	8,1	34,0	6,0	34	50,8	9,1	33,7	4,5	30	47,9	6,4	28,7	5,5	

a valori di forza di presa della mano espressi come valore medio delle 3 misure; *b* valori di forza di presa della mano espressi come valore massimo delle 3 misure.

2. OBIETTIVI GENERALI DELLA TESI

La presente Tesi ha inteso proporre un'analisi più sistematica delle relazioni fra forza di presa della mano e composizione corporea. Si sono scelte quelle metodiche di valutazione dello stato di nutrizione che sono di utilizzo più comune nei lavori epidemiologici, nella sorveglianza nutrizionale e negli studi interventivi su popolazione. La forza di presa della mano è stata valutata con l'uso di apparecchi (dinamometri) di diffuso utilizzo a livello nazionale e internazionale. Una particolare attenzione è stata riservata all'acquisizione di dati il più possibili completi in riferimento alle misure sull'organismo in toto o relative agli arti superiori.

Le considerazioni di partenza che sono state punto di partenza per il lavoro di Tesi erano:

- interesse per un uso più diffuso della misura della FPM in nutrizione umana;
- necessità di una migliore conoscenza delle relazione fra FPM e composizione corporea;
- opportunità di valutare le relazioni fra FPM e composizione corporea in individui sani così come in condizioni di malnutrizione primaria per difetto o per eccesso.

La Tesi si è articolata su protocolli sperimentali relativi a differenti gruppi sperimentali: 1) adolescenti post-pubere; 2) giovani adulti; 3) pazienti con DCA; 4) obesi.

Si tratta naturalmente soltanto di alcuni fra i possibili approcci di studio. Nel complesso si è ritenuto che essi fornissero delle indicazioni interessanti, sufficientemente complete nello specifico, a rappresentare premesse ragionevoli per ulteriori studi. In questo senso si è posto un particolare interesse alla definizione di un protocollo standardizzato che sia riproducibile in altre condizioni fisiologiche e patologiche.

3. METODI

Tutti i protocolli sperimentali descritti nel progetto di Tesi sono stati approvati dal Comitato Etico della Facoltà di Medicina dell' Università degli studi di Napoli Federico II.

I dati sono stati utilizzati secondo la normativa vigente in termini di privacy e ,in particolare, sono stati raccolti attraverso schede specifiche prive di indicazioni quali cognome, nome o altre notizie in grado di ricondurre al singolo soggetto esaminato. Il codice per l'identificazione del singolo individuo non era direttamente interpretabile dal soggetto stesso, o da estranei. I risultati sono stati informatizzati ed organizzati su ambiente Excel ed SPSS. Le misurazioni strumentali sono state effettuate in un'unica sessione nella prima parte della mattinata su soggetti a digiuno da 10-12 ore.

3.1 QUESTIONARI GENERALI

Nel corso dei diversi protocolli sperimentali sono stati utilizzati diversi questionari per l'acquisizione di ulteriori dati.

3.2 ANTROPOMETRIA

Le valutazioni antropometriche dello stato di nutrizione comprendevano peso, altezza, lunghezze corporee, circonferenze e pliche adipose sottocutanee per l'emilato dominante (D) e non dominante (ND) secondo quanto indicato da Lohman et al. (1988).

PESO CORPOREO

Il peso è stato misurato con approssimazione a 0,1 kg con l'uso di una bilancia digitale; l'individuo si sistemava sulla pedana della bilancia senza scarpe, con i piedi al centro della piattaforma di misurazione e il peso uniformemente distribuito su di essi.

ALTEZZA

L'altezza è stata determinata con uno stadiometro; il soggetto scalzo si sistemava in modo che i piedi formassero un angolo di 60°, il capo posto nel piano orizzontale di Francoforte (linea ideale tracciata tra il margine posteriore dell'orbita sinistra e il trago omolaterale), le braccia erano pendenti liberamente ai lati del corpo con il palmo delle mani rivolto verso le cosce, mentre scapole e natiche erano a contatto con la barra di misurazione. Dopo che il soggetto aveva effettuato un'inspirazione profonda, l'operatore portava la barra verticale dello stadiometro a contatto con il punto più alto del capo imprimendo una pressione sufficiente a comprimere i capelli ed ha effettuato la lettura. La misura era ripetuta per due volte e la media era approssimata a 0,1 cm.

INDICE DI MASSA CORPOREA

Come indice staturponderale è stato calcolato l'indice di massa corporea (IMC in kg/m^2) dal rapporto fra peso corporeo e quadrato dell'altezza. Sovrappeso e obesità sono stati definiti sulla base dell'IMC secondo i riferimenti di Cole et al. (2000) per l'età evolutiva (Figura 3.1) e secondo i riferimenti dati dal WHO (Tabella 3.1) per l'età adulta.

CIRCONFERENZE

Le circonferenze sono state determinate con un metro flessibile ed anelastico, ad eccezione della circonferenza vita che è stata misurata mediante un metro anelastico a nastro metallico. L'estremità del metro corrispondente allo zero era tenuta nella mano sinistra e posta sopra alla parte restante del metro tenuto nella mano destra. Il metro era in contatto con la cute senza produrre deformazioni dei tessuti. Per ogni circonferenza sono state effettuate 3 misurazioni, la cui media era approssimata al più vicino 0,1 cm.

Circonferenza del polso

La circonferenza del polso viene utilizzata principalmente come indicatore della taglia corporea, poiché questa regione è relativamente priva di tessuto adiposo e muscolare. Il soggetto era in posizione eretta, con il braccio flesso e il palmo della mano rivolto anteriormente. Il metro veniva fatto scorrere appena al di sotto dei processi stiloideo e radiale dell'ulna, localizzati palpatariamente.

Circonferenza del braccio

La circonferenza del braccio costituisce un utile indice delle riserve energetiche dell'organismo e della sua massa proteica. Per consentire l'identificazione del punto medio del braccio, il soggetto fletteva il braccio a 90° con il palmo della mano rivolto verso l'alto. L'operatore si poneva dietro al soggetto per localizzare l'estremità laterale dell'acromion tastando lateralmente lungo la superficie superiore del processo spinoso della scapola. Il punto medio del braccio era identificato come equidistante fra la superficie superiore del processo spinoso della scapola e la parte più distale del processo olecranico dell'ulna. Con il soggetto a spalle scoperte in posizione eretta, il braccio rilassato, il gomito esteso e appena sollevato dal tronco ed il palmo della mano rivolto alla coscia, il metro veniva sistemato perpendicolarmente all'asse longitudinale del braccio in corrispondenza del suo punto medio.

Circonferenza dell'avambraccio

La circonferenza dell'avambraccio è utile per una miglior definizione delle dimensioni dell'arto superiore. Il soggetto era a spalle scoperte in posizione eretta, con il braccio rilassato e leggermente distante dal tronco, ed il palmo della mano rivolto anteriormente. Il metro era fatto scorrere sulla parte prossimale dell'avambraccio fino ad identificarne la circonferenza massima.

Circonferenza della vita

La circonferenza della vita è generalmente considerata come un indice della massa adiposa addominale e viscerale, eventualmente in rapporto con la circonferenza dei fianchi. La misura-

zione è quindi stata effettuata alla fine di una normale espirazione. Il soggetto era in posizione eretta, con i piedi uniti, l'addome rilassato e scoperto e le braccia pendenti ai lati del corpo. La misurazione è stata effettuata considerando come punto di repere il punto medio tra margine costale inferiore e cresta iliaca.

Circonferenza dell'addome

La circonferenza ombelicale è la circonferenza addominale massima ed è un indicatore del tessuto adiposo sottocutaneo e profondo. Il soggetto era in posizione eretta, con i piedi uniti, l'addome rilassato e scoperto e le braccia pendenti ai lati del corpo. La misurazione era effettuata in corrispondenza della maggiore estensione anteriore dell'addome; tale misura può coincidere con la misura a livello dell'ombelico. La misurazione era effettuata alla fine di una normale espirazione.

PLICOMETRIA

Il termine plica adiposa sottocutanea (o semplicemente "plica") designa lo spessore di una piega della cute e del tessuto adiposo sottocutaneo relativo in un punto di repere specifico. I siti di misurazione non necessitano, in generale, di marcatura se non quando alcune pliche (fra cui la plica tricpitale) debbano essere usate in combinazione con le rispettive circonferenze per il calcolo di valori derivati quali quelli dell'antropometria del braccio (circonferenza muscolare, area muscolare, area lipidica).

La tecnica generale di misurazione delle pliche adipose sottocutanee prevede che pollice e indice della mano sinistra sollevino un doppio strato di cute e sottocute circa 1 cm al di sopra del sito di misurazione. La distanza fra dita e sito di misurazione è necessaria perché la pressione da esse esercitata non alteri la misura. Il pollice e l'indice vengono quindi spostati l'uno verso l'altro, e la plica saldamente afferrata tra essi. I tessuti sollevati devono essere in quantità sufficiente per formare una plica i cui lati siano approssimativamente paralleli. Bisogna porre la dovuta attenzione a sollevare solo cute e sottocute. La plica deve essere perpendicolare alla superficie

del corpo a livello del sito di misurazione e il suo asse longitudinale allineato secondo le istruzioni specifiche fornite per ciascun punto di reperi. Il principio fondamentale è che l'asse longitudinale della plica sia parallelo alle linee di clivaggio della cute (linee di Langer). La plica deve essere mantenuta sollevata fino a quando la misurazione non è stata ultimata. Mentre una mano sostiene il calibro, l'altra solleva la plica. La misura viene effettuata in corrispondenza del punto in cui i lati della plica sono approssimativamente paralleli con le estremità del calibro applicate sulla cute. Il calibro dovrebbe essere rilasciato gradualmente così da evitare sensazioni fastidiose da parte del soggetto, e la misura viene rilevata circa 4 secondi dopo che si è rilasciato il calibro. Dopo 4 secondi la misura ottenuta sarà più piccola di quella reale perché i fluidi saranno forzati ad uscire dai tessuti. Per ogni plica erano effettuate 3 misurazioni, la cui media era approssimata a 1 mm.

Plica bicipitale

Il soggetto era in posizione eretta, con le braccia rilassate ai lati del corpo e il palmo delle mani rivolto anteriormente. La plica era sollevata sulla superficie anteriore del braccio, 1 cm al di sopra della linea corrispondente al punto medio del braccio (vedi circonferenza del braccio), su una linea verticale tra margine anteriore dell'acromion e centro della fossa antecubitale.

Plica tricipitale

Il soggetto era in posizione eretta, con le braccia rilassate ai lati del corpo e il palmo delle mani rivolto anteriormente. La plica era sollevata sulla superficie anteriore del braccio, 1 cm al di sopra della linea corrispondente al punto medio del braccio (vedi circonferenza del braccio). La misurazione della plica era effettuata con il braccio disteso sulla linea mediana posteriore dello stesso. L'operatore, posto dietro al soggetto sollevava la plica con il pollice e l'indice della mano sinistra appena al di sopra del livello contrassegnato.

Plica dell'avambraccio

Il soggetto a spalle scoperte era in posizione eretta, con il braccio rilassato e leggermente distante dal tronco, ed il palmo della mano rivolto anteriormente. Le estremità del calibro erano applicate sulla regione posteriore del braccio in corrispondenza della circonferenza massima dell'avambraccio.

Plica sottoscapolare

Il soggetto era in posizione eretta, con le braccia rilassate ai lati del corpo. Il sito di misurazione è situato appena sotto l'angolo inferiore della scapola.

Plica sovrailiaca

L'individuo era in posizione eretta: i piedi erano uniti e le braccia pendevano ai lati del corpo. Il sito di misurazione è situato sulla linea medio-ascellare appena sopra alla cresta iliaca. La plica obliqua era sollevata appena posteriormente alla linea medio-ascellare.

Antropometria dell'arto superiore: variabili derivate

Le variabili antropometriche derivate del braccio comprendono circonferenze e aree. In particolare è possibile calcolare, dalla circonferenza del braccio e dalla plica tricipitale, la circonferenza muscolare e l'area muscolare del braccio, entrambe espressione della quantità di massa muscolare scheletrica, e l'area adiposa del braccio, correlata al grasso corporeo totale. Le formule utilizzate sono state le seguenti:

Circonferenza muscolare del braccio	$CircM-B = CB - (\pi \times TRIC)$
Area muscolare del braccio,	$AMB = (CB - (\pi \times TRIC))^2 / 4 \pi$
Area totale del braccio,	$ATB = CB^2 / 4 \pi$
Area adiposa del braccio,	$AAB = ATB - AMB$

(CB = circonferenza del braccio in cm, TRIC = plica tricipitale in mm)

Allo stesso modo sono state calcolate le circonferenze e le aree dell'avambraccio dalla circonferenza e dalla plica dell'avambraccio. Le formule utilizzate sono state le seguenti:

Circonferenza muscolare dell'avambraccio, $CMAB = (CAB - (\pi \times AB))$

Area muscolare dell'avambraccio, $AMAB = (CAB - (\pi \times AB))^2 / 4 \pi$

Area totale dell'avambraccio, $ATAB = (CAB)^2 / 4 \pi$

Area adiposa dell'avambraccio $AAAB = ATAB - AMAB$

(CAB = circonferenza dell'avambraccio in cm, AB = plica avambraccio in mm)

LUNGHEZZE DEGLI ARTI SUPERIORI

Lunghezza dell'arto superiore

Per gli arti superiori, il soggetto era in posizione supina, con le braccia rilassate ai lati del corpo e il palmo delle mani rivolto posteriormente. La lunghezza dell'arto superiore era misurata fra l'acromion e la linea compresa fra i processi stiloidei del radio e dell'ulna sul dorso della mano.

Lunghezza gomito-polso

Il soggetto era in posizione eretta e fletteva il braccio a 90° con il palmo della mano rivolto verso l'alto. L'operatore si poneva dietro al soggetto e localizzava l'estremità posteriore dell'oleocrano. La lunghezza era misurata fra il processo oleocranico e la parte più anteriore del processo stiloideo del radio.

3.3 BIOIMPEDENZIOMETRIA

Il test era condotto in condizioni standardizzate ad un'opportuna temperatura ambientale (20-24°C). L'individuo (indumenti leggeri e senza indossare oggetti metallici) rimaneva in posizione supina per 10 minuti, su una superficie piana non conduttiva; all'atto della misura gli arti erano abdotti a 30-45°. Le determinazioni BIA erano effettuate, utilizzando un bioimpedenziometro DS MEDICA-HUMAN IN PLUS ed elettrodi di contatto monouso AKERN mod. PG 500, sull'intero organismo separatamente per gli emilati D e ND, e sempre indipendentemente per

l'arto superiore D e l'arto superiore ND. Il valore per l'intero organismo di Z e di AF era dato dalla media fra emilato D ed emilato ND.

In seguito all' identificazione del punto di repere e dopo aver deterso la cute con alcool gli elettrodi venivano disposti secondo quanto indicato da Organ et al. (1994) (Figura 3.2).

Per la misurazione della BIA sull'intero organismo, ad esempio per l'emilato destro, gli elettrodi erano così sistemati:

- iniettori (A e C): sulla superficie dorsale della mano e del piede destri ai metacarpi e metatarsi distali rispettivamente;
- sensori (B e D): tra le prominenze distali del radio e dell'ulna destre e tra il malleolo mediale e laterale della caviglia destra.

Per la misurazione della BIA sull'arto superiore destro, effettuata con modalità distale, gli elettrodi erano così sistemati:

- iniettori (A e C): sulla superficie dorsale della mano e del piede destri ai metacarpi e metatarsi distali rispettivamente;
- sensore B: tra le prominenze distali del radio e dell'ulna destre;
- sensore D: tra le prominenze distali del radio e dell'ulna sinistre.?

BIA monofrequenza

Per BIA monofrequenza, in accordo con quanto generalmente indicato in letteratura, si sono considerate le misure ottenute alla frequenza di 50 kHz per impedenza (Z) e angolo di fase (AF).

BIA multifrequenza

Le letture erano effettuate per impedenza (Z) e angolo di fase (AF) alla frequenza di 5, 10, 50, 100 e 250 kHz.

Variabili bioimpedenziometriche derivate

I valori di Z sono normalmente indicizzati alle misure di lunghezza del conduttore. In quanto variabile derivata, l'indice bioimpedenziometrico è stato calcolato per l'intero organismo utilizzando la seguente formula:

Indice BI totale = $\text{altezza}^2/Z$ per l'intero organismo

dove l'altezza è espressa in cm e la Z in ohm.

Per gli arti superiori dominante e non dominante l'indice bioimpedenziometrico è stato calcolato secondo la relazione:

Indice BI arto superiore = $\text{lunghezza arto superiore}^2/Z$ arto superiore

dove la lunghezza dell'arto è espressa in cm e la Z in ohm.

Rapporti fra impedenze a diverse frequenze

La bioimpedenziometria multifrequenza fornisce informazioni sulla ripartizione dell'acqua corporea. Si suppone che iniettando corrente alternata a basse frequenze (1-5 kHz), essa non sia capace di attraversare gli spazi intracellulari e quindi consente una stima solo dell'acqua extracellulare; viceversa, con frequenze alte (50-100 kHz) la corrente attraversa anche il compartimento intracellulare consentendo una stima dell'acqua corporea totale. Il rapporto tra frequenze basse e frequenze alte fornisce indicazioni sulla distribuzione dell'acqua corporea. Sono stati calcolati i rapporti Z_5/Z_{50} e Z_5/Z_{100} sia per l'intero organismo che per gli arti superiori.

3.4 DINAMOMETRIA DELLA MANO

La misura di FPM è stata valutata con protocolli sperimentali che presentavano alcune differenze di cui si dà qui conto. Sono stati utilizzati due diversi dinamometri: un dinamometro a maniglia digitale Takei (T.K.K. 5401GRIP D, Figura 3.3) e un dinamometro idraulico Jamar (J.A. Preston Corporation, Clifton, NJ USA, Figura 3.4). I dati considerati nella presente Tesi fanno riferimento al solo dinamometro Takei. Per ogni arto superiore sono state effettuate tre misura-

zioni a distanza di tre minuti l'una dall'altra. Una volta regolata l'ampiezza della presa, il soggetto impugnava il dinamometro mentre l'operatore lo incoraggiava a stringere con la massima forza possibile. Appena stabilizzato, il valore è stato trascritto con approssimazione a 0,1 kg.

Per l'analisi statistica sono stati considerati sia il valore massimo di FPM (il valore più alto tra i tre registrati) che il valore medio (la media aritmetica dei tre valori registrati). La differenza fra i due emilati è stata calcolata in valore assoluto come differenza fra emilato non dominante (FPMND) e dominante (FPMD) e in valore percentuale con la seguente formula: $([FPMD/FPMND \times 100]-100)$.

Di seguito sono descritti i dettagli relativi a ciascun protocollo sperimentale.

Protocollo FPM e adolescenti e giovani adulti normopeso e sovrappeso

- dinamometro a maniglia digitale Takei
- il soggetto era in piedi, con le braccia distese e leggermente abdotte ai lati del tronco (in modo da non toccare il corpo) ed i piedi uniti.

Protocollo FPM e pazienti malnutrite affette da DCA

- dinamometro idraulico Jamar
- il soggetto era seduto con le spalle abdotte, il gomito flesso di 90° e appoggiato ad un supporto.

Protocollo FPM e pazienti obesi

- dinamometro a maniglia digitale Takei
- il soggetto era in piedi, con le braccia distese e leggermente abdotte ai lati del tronco (in modo da non toccare il corpo) ed i piedi uniti.

3.5 DETERMINAZIONE DEGLI EMILATI DOMINANTE E NON DOMINANTE

A ciascun soggetto è stato somministrato l'Edinburgh Handedness Inventory, un questionario molto semplice che permette di identificare gli emilati dominante e non dominante mediante una scala quantitativa (Oldfield et al., 1971). Il questionario si articolava in 10 domande relative alla preferenza nell'uso della mano destra o della mano sinistra nello svolgimento di attività manuali di tutti i giorni (Figura 3.5). Oltre a domande relative ad attività generalmente "unilaterali", come scrivere o disegnare, erano presenti anche domande relative ad azioni che possono essere svolte con entrambe le mani. Il questionario era costituito da una lista di 10 domande a ciascuna delle quali corrispondeva un casellario per la mano destra ed uno per la sinistra (2 caselle per ciascuna mano). Se il soggetto era in grado di svolgere l'attività in questione solo con una determinata mano allora erano posti due segni per la mano preferenziale (indicando quindi la dominanza per quella mano rispetto all'altra); se il soggetto era in grado di svolgere l'attività con entrambe le mani allora era posto un segno per ciascuna mano. Una volta compilato il questionario, è stata calcolata la somma delle preferenze sia della colonna relativa alla mano destra (SD) sia a quella sinistra (SS). Quindi è stato calcolato un punteggio (P) dato dalla differenza tra la SS e la SD, divisa per la somma totale delle preferenze (SS e SD) e moltiplicata per 100. In tal modo è stato ottenuto un punteggio, compreso tra - 100 e +100, che identificava il soggetto come: destrorso, se $P < - 40$, mancino, se $P > + 40$, ambidestro, $40 \leq P \leq + 40$. Quindi i destrorsi erano quei soggetti caratterizzati da un frequente uso della mano destra per lo svolgimento delle attività manuali, anche se talvolta poteva essere utilizzata anche la mano sinistra oppure entrambe le mani. Gli ambidestri comprendeva i soggetti che non presentavano una chiara e consistente preferenza nell'utilizzo di un emilato, quindi erano in grado di utilizzare con uguale abilità tanto la mano destra quanto la sinistra. Infine i soggetti che appartenevano alla categoria dei mancini mostravano una chiara preferenza nello svolgere le attività manuali con la mano sinistra (Dragovic, 2004).

3.6 STATISTICA

I risultati sono stati espressi come media e deviazione standard (DS). L'analisi statistica è stata condotta con il programma SPSS versione 16 per Windows. Le differenze fra generi ed età sono state analizzate con un modello lineare generale. Lo studio delle relazioni fra variabili è stato effettuato con la correlazione lineare semplice e la regressione lineare. Un livello $p < 0,05$ è stato scelto come soglia per la significatività statistica o, in alternativa, se superiore e ritenuto di interesse, è stato indicato il valore esatto della p .

Figura 3.1

Valori soglia per IMC per sovrappeso e obesità tra 2 e 18 anni (Cole et al., 2000).

Age (years)	Body mass index 25 kg/m ²		Body mass index 30 kg/m ²	
	Males	Females	Males	Females
2	18.41	18.02	20.09	19.81
2.5	18.13	17.76	19.80	19.55
3	17.89	17.56	19.57	19.36
3.5	17.69	17.40	19.39	19.23
4	17.55	17.28	19.29	19.15
4.5	17.47	17.19	19.26	19.12
5	17.42	17.15	19.30	19.17
5.5	17.45	17.20	19.47	19.34
6	17.55	17.34	19.78	19.65
6.5	17.71	17.53	20.23	20.08
7	17.92	17.75	20.63	20.51
7.5	18.16	18.03	21.09	21.01
8	18.44	18.35	21.60	21.57
8.5	18.76	18.69	22.17	22.18
9	19.10	19.07	22.77	22.81
9.5	19.46	19.45	23.39	23.46
10	19.84	19.86	24.00	24.11
10.5	20.20	20.29	24.57	24.77
11	20.55	20.74	25.10	25.42
11.5	20.89	21.20	25.58	26.05
12	21.22	21.68	26.02	26.67
12.5	21.56	22.14	26.43	27.24
13	21.91	22.58	26.84	27.76
13.5	22.27	22.98	27.25	28.20
14	22.62	23.34	27.63	28.57
14.5	22.96	23.66	27.98	28.87
15	23.29	23.94	28.30	29.11
15.5	23.60	24.17	28.60	29.29
16	23.90	24.37	28.88	29.43
16.5	24.19	24.54	29.14	29.56
17	24.46	24.70	29.41	29.69
17.5	24.73	24.85	29.70	29.84
18	25	25	30	30

Tabella 3.1

Classi di IMC in adulti (WHO 1998).

Classificazione	Indice di Massa Corporea (kg/m²)
Sottopeso	< 18,5
Normopeso	18,5 - 24,9
Sovrappeso	> 25
Obeso classe I	30 - 34,9
Obeso classe II	35,0 - 39,9
Obeso classe III	> 40

Figura 3.2

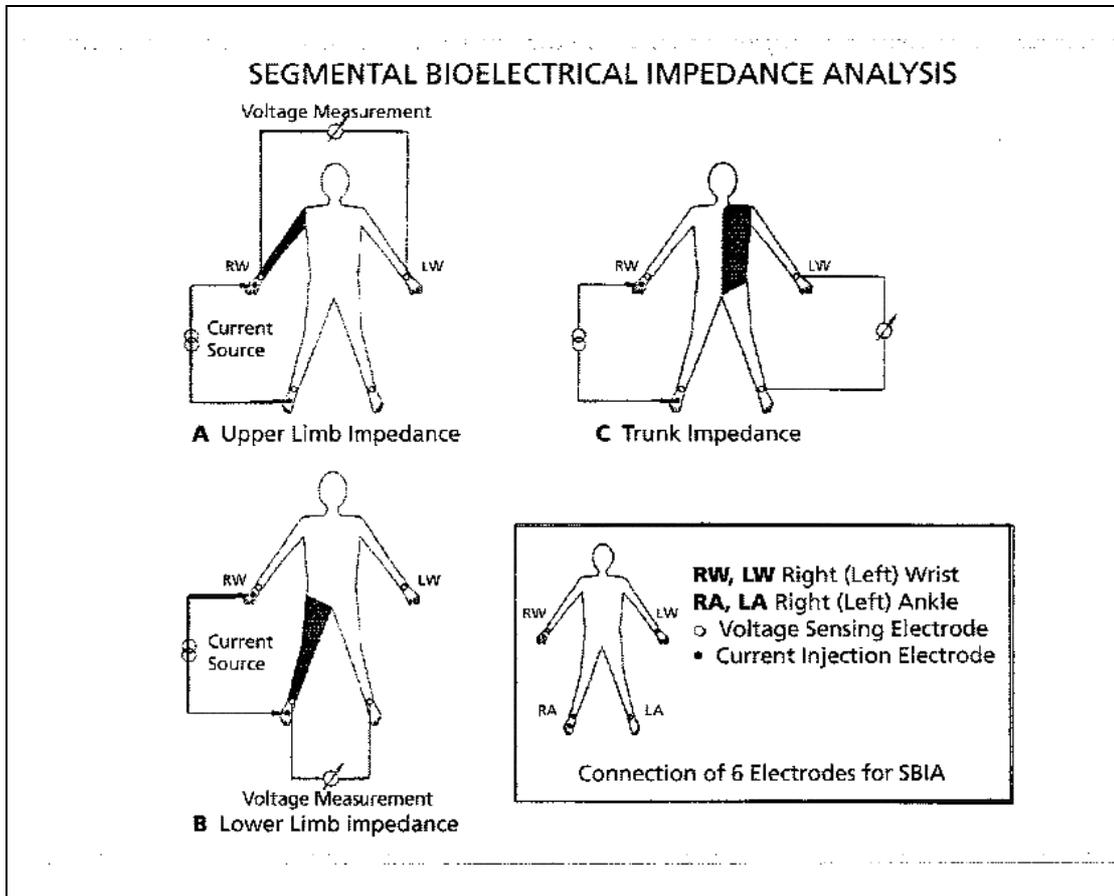


Figura 3.3

Dinamometro digitale Takei



FIGURA 3.4
Dinamometro Jamar



Figura 3.5

Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield et al., 1971))

	Mano destra (MD)	Mano sinistra (MS)
1. Scrivere		
2. Disegnare		
3. Lanciare		
4. Impugnare le forbici		
5. Lavarsi i denti		
6. Impugnare il coltello		
7. Impugnare il cucchiaio		
8. Impugnare la scopa (mano superiore)		
9. Accendere un fiammifero		
10. Aprire una scatola (coperchio)		
Totale controlli:	MD =	MS =
Somma	S = MD + MS =	
Differenza	D = MS - MD =	
Risultato	R = (D/S) × 100 =	
Interpretazione: (Destro: R < -40) (Ambidestro: -40 ≤ R ≤ +40) (Sinistro: R > +40)		

INDICI DI FORZA MUSCOLARE E COMPOSIZIONE CORPOREA IN ADOLESCENTI E GIOVANI ADULTI SANI

4.1 INTRODUZIONE

La misura della forza di presa della mano (FPM) rappresenta un indice dello stato di salute e di benessere nonché della forza muscolare complessiva di un singolo individuo (España-Romero et al. 2010, Kenjle et al., 2005, Wessel et al., 1996). Nelle prime decadi di vita la FPM è sempre più vista come una delle metodiche che possono essere utilizzate per la valutazione dell'efficienza neuro-muscolare complessiva (Moliner-Urdiales et al., 2009, Ortega et al., 2009), così come indicato dall'Eurofit – fitness testing battery (Eurofit 1993) e anche più recentemente da Ruiz et al. (2010). In una recente rassegna Ortega et al. (2008) hanno indicato come già in età evolutiva l'efficienza fisica (fitness) sia un efficiente marcatore dello stato di salute in diverse aree: prevenzione dell'obesità, effetti positivi sui marcatori di rischio cardio-vascolare, struttura dell'osso, e anche ansia e autostima. La FPM, così come la forza muscolare in generale, mostra grandi variazioni da individuo a individuo, che sono in buona parte collegabili a una serie di fattori ben noti a cominciare da età e genere. Alcuni autori hanno dimostrato che la FPM aumenta progressivamente nei bambini in età scolare (Cohen et al., 2010, Niempoog et al., 2007) probabilmente per l'incremento sia della massa muscolare che della forza per sezione muscolare trasversale (Neu et al. 2002). In età adulta, e cioè a partire dalla terza decade di vita, la FPM tende a rimanere pressoché costante in ambedue i generi fino ai 50 anni per decrescere poi in modo particolarmente marcato in età geriatrica (Pieterse et al., 2002; Budziareck et al., 2008). In particolare, Gunther et al. (2008) hanno osservato una relazione diretta tra FPM ed età fino ai 35 anni e una relazione inversa dopo i 35 anni. Per ciascuna fascia d'età inoltre la FPM risulta in media più elevata nel genere maschile (Mathiowetz et al., 1985 e 1986; Balogun et al., 1991; Bassey et al., 1993; Desrosiers et al., 1995; Hanten et al., 1999; Bear-Lehman et al., 2003; Cori-

sh et al., 2003; Brennan et al. 2004; Massy-Westropp et al., 2004; Luna-Heredia et al., 2005; Bohannon et al., 2006; Bohannon et al., 2007; Anawke et al. 2007; Schlussek et al., 2008; Budziareck et al., 2008; Werle et al. 2009). Secondo quanto atteso, esiste pure una stretta relazione con le variabili antropometriche come peso e altezza (Gunther et al 2008). Peso, altezza e IMC sono direttamente correlati con la FPM sia in adulti sani (Budziareck et al., 2008) che in anziani istituzionalizzati (Cereda et al., 2007) Simili associazioni sono anche osservate in età evolutiva (Cohen et al., 2010, Niempoog et al., 2007, Sartorio et al., 2002; Semproli et al., 2007). Per quanto interessa la BIA, una relazione della FPM (con dei coefficienti di correlazione bassi) con le stime BIA della massa magra è stata messa in rilievo da Sartorio et al. (2002) e da Sheriff et al. (2009). Nel complesso la valutazione delle relazioni fra FPM e variabili antropometriche resta ampiamente incompleta per quanto interessa la seconda e la terza decade di vita e la stessa considerazione vale se si considerano le variabili BIA.

4.2 OBIETTIVO DEL PROTOCOLLO SPERIMENTALE

L'obiettivo generale di questo lavoro sperimentale è stato quindi di valutare le relazioni fra composizione corporea e funzionalità muscolare nella seconda e terza decade di vita. Obiettivi specifici sono stati:

- studiare le relazioni fra forza di presa della mano e variabili antropometriche di base e relative agli arti superiori;
- studiare le relazioni fra forza di presa della mano e variabili bioimpedenziometriche per l'intero organismo e per l'arto superiore (valutazione segmentale della composizione corporea);
- interpretare la variabilità della forza di presa della mano sulla base delle caratteristiche individuali, a cominciare da genere ed età, e della composizione corporea secondo diversi modelli (basati su antropometria generale, antropometria del braccio, variabili bioimpedenziometriche per l'intero organismo e variabili bioimpedenziometriche segmentali);

- valutare se esistono, e in quale ampiezza, differenze di FPM fra la seconda e la terza decade di vita indipendentemente dalle variazioni della composizione corporea.

4.3 INDIVIDUI E METODI

CAMPIONE SPERIMENTALE

I dati sperimentali sono stati raccolti in due diverse fasce d'età. I dati relativi agli adolescenti sono parte del progetto “Disturbi Comportamento Alimentare Età Evolutiva, DiCAEv”, nella fase che, a partire dal mese di febbraio 2009, ha coinvolto tutte le prime classi del liceo Genovesi di Napoli. Tale progetto si è proposto di effettuare un intervento conoscitivo e formativo e di elaborare dei modelli per il miglioramento dei comportamenti alimentari in età evolutiva e in particolare nella popolazione adolescente. I dati relativi ai giovani adulti sono stati raccolti fra gli studenti che frequentavano la Facoltà di Agraria e alcuni volontari sani a partire dal mese di marzo 2009.

Criteri di inclusione

- entrambi i generi;
- età compresa di 14-19 anni (adolescenti) e 20-30 anni (giovani adulti);
- condizione di normopeso e sovrappeso (vedi paragrafo indice di massa corporea)
- firma del consenso informato (dai genitori per il campione di adolescenti).

Criteri di esclusione

- patologie che influenzano la forza muscolare e/o la composizione corporea;
- diabete mellito;
- presenza di protesi agli arti superiori;
- assunzione di farmaci a base di cortisone e/o ormoni;
- patologie organiche maggiori.

METODI

Le misurazioni strumentali sono state effettuate in un'unica sessione nella prima parte della mattinata. La raccolta dei dati ha avuto luogo nella medicheria della scuola per gli adolescenti, e nel laboratorio di nutrizione umana della Facoltà di Agraria per i giovani adulti. I soggetti erano a digiuno dalla sera precedente. I dati raccolti e considerati per la presente tesi sono di seguito elencati. Per i metodi utilizzati si fa riferimento a quanto descritto nel relativo precedente capitolo 3.

Antropometria

- peso corporeo;
- altezza;
- indice di massa corporea ;
- circonferenza del braccio;
- circonferenza dell'avambraccio;
- circonferenza vita;
- plica bicipitale;
- plica tricipitale;
- plica dell'avambraccio.

Antropometria dell'arto superiore: variabili derivate

- circonferenza muscolare del braccio;
- area muscolare del braccio;
- area adiposa del braccio;
- circonferenza muscolare dell'avambraccio;
- area muscolare dell'avambraccio;
- area adiposa dell'avambraccio.

Lunghezze corporee

- lunghezza dell'arto superiore;
- lunghezza dell'avambraccio (distanza gomito – polso).

Bioimpedenziometria multifrequenza

- impedenza (Z) e angolo di fase (AF) per l'intero organismo
- impedenza (Z) e angolo di fase (AF) per gli arti superiori

Variabili bioimpedenziometriche derivate (multifrequenza)

- indice bioimpedenziometrico (indice-BI) per l'intero organismo;
- indice bioimpedenziometrico (indice-BI) per gli arti superiori;
- rapporti fra impedenze ($Z5/Z50$ e $Z5/Z100$) per l'intero organismo;
- rapporti fra impedenze ($Z5/Z50$ e $Z5/Z100$) per gli arti superiori.

Dinamometria della mano

Forza di presa della mano per l'arto superiore dominante e l'arto superiore non dominante.

Statistica

Per i dettagli si rimanda al capitolo Metodi.

4.4 RISULTATI

I risultati relativi a questo lavoro sperimentale sono stati analizzati e quindi descritti come suddivisi in due protocolli sperimentali:

- protocollo I: FPM e variabili antropometriche;
- protocollo II: FPM e variabili bioimpedenziometriche.

Protocollo I: FPM e variabili antropometriche

Dopo selezione per i criteri di inclusione e di esclusione, è stato estratto un campione di 141 adolescenti e 135 giovani adulti di entrambi i generi. Il campione di adolescenti era composto

da 80 soggetti di genere femminile e 61 di genere maschile; i due gruppi erano simili per età e IMC mentre peso corporeo ed altezza erano significativamente più elevati negli adolescenti maschi rispetto alle femmine (Tabella 4.1, Figura 4.1 e 4.2). Il campione di giovani adulti era composto da 75 soggetti di genere femminile e 60 di genere maschile; i due gruppi erano simili per età, mentre peso, altezza e IMC erano significativamente più elevati negli uomini rispetto alle donne (Tabella 4.1, Figure 4.1 e 4.2). Sia nel campione di adolescenti che in quello dei giovani adulti, la circonferenza della vita era significativamente maggiore nel genere maschile rispetto a quello femminile (Tabella 4.2).

In ambedue le fasce d'età le Circ-B e Circ-AB erano significativamente maggiori nel genere maschile rispetto a quello femminile per entrambi gli emilati (Tabella 4.2). Una situazione diversa si osservava per le pliche adipose sottocutanee. In entrambe le fasce di età la plica bicipitale, quella tricipitale e dell'avambraccio erano maggiori nel genere femminile rispetto a quello maschile ($p < 0,001$, Tabella 4.3). Dall'analisi del modello generale lineare, che considerava il peso come covariata, era evidente che l'età e il genere influenzavano le variabili antropometriche dell'arto superiore. La circonferenza del braccio non era influenzata da età e genere per l'emilato D mentre una lieve influenza era osservata per l'emilato ND. La circonferenza dell'avambraccio era più elevata nel genere maschile ma era simile fra le due fasce di età. Le pliche risultavano significativamente ($p < 0,05$) più elevate nel genere femminile e nella fascia di età più giovane.

Come indicato nella Tabella 4.4, nel genere femminile la CircM-B e l'AreaM-B erano minori e l'AreaL-B era maggiore per entrambi gli emilati e fasce di età. Simili risultati erano osservati nelle due fasce di età per le misure relative all'avambraccio, eccetto per l'AreaL-AB che nei giovani adulti risultava simile fra i due generi (Tabella 4.5). Dopo correzione per le differenze in peso corporeo, le variabili di muscolarità sia del braccio che dell'avambraccio erano influenzate in modo simile sia dall'età che dal genere. Un aumento significativo ($p < 0,05$) della circonferenza muscolare e dell'area muscolare per ambedue gli emilati risultava nel genere maschile e

nei giovani adulti rispetto agli adolescenti. L'area lipidica era maggiore nel genere femminile e nella fascia di età adulta.

Il valore della FPM è stato analizzato come valore massimo delle tre misure per ciascun emilato. In entrambe le fasce d'età i valori di FPM erano superiori per entrambi gli emilati nel genere maschile rispetto a quello femminile ($p < 0,001$, Tabella 4.6) e anche per l'emilato D rispetto all'emilato ND, ma la differenza media fra i due emilati era simile sia considerando le differenze medie come valore assoluto che come valore percentuale (Tabella 4.6). Dall'analisi del modello generale lineare (sempre con il peso come covariata) indicava che fascia d'età e il genere erano entrambe variabili in grado di influenzare significativamente la FPM (per entrambi gli emilati). Per gli emilati D e ND la differenza stimata era rispettivamente di 10,8 e di 10,4 kg per il genere e di 3,4 e 3,3 kg per la fascia d'età, con valori più elevati nei maschi e nei giovani adulti. Inoltre la differenza di FPM tra l'emilato ND ed emilato D corretta per il peso e era simile nei due generi e nelle due fasce di età ($p > 0,05$, Figura 4.3).

I risultati ottenuti mostravano come l'età non fosse correlata alla FPM negli adolescenti e nei giovani uomini, mentre una lieve tendenza era osservata nelle giovani donne (Tabelle 4.7 e 4.8). Nelle due fasce d'età apparivano evidenti le relazioni fra FPM e peso corporeo o altezza in entrambi i generi. L'IMC era associato alla FPM negli adolescenti in entrambi i generi ma solo negli uomini e non nelle donne nel campione di giovani adulti (Tabelle 4.7 e 4.8). Il peso corporeo risultava la variabile più strettamente associata alla FPM rispetto alle altre caratteristiche generali appena descritte e tutte i coefficienti di correlazione osservati erano più elevati nel genere maschile rispetto a quello femminile. Nelle due fasce di età le lunghezze dell'arto superiore e dell'avambraccio apparivano strettamente associate alla FPM in entrambi i generi (Tabelle 4.7 e 4.8). I risultati descritti erano simili per gli emilati D e ND.

In entrambe le fasce di età e nei due generi, si osservavano relazioni significative della FPM con Circ-B, CircM-B e AreaM-B (Tabelle 4.7 e 4.8). Una correlazione significativa era presente con l'AreaL-B nelle adolescenti (Tabella 4.7). Come riassunto nelle Tabelle 4.7 e 4.8, le relazioni fra FPM e variabili di antropometria del braccio apparivano più strette nel genere maschile ri-

spetto a quello femminile. Nello specifico, in entrambe le fasce di età nel genere femminile i valori dei coefficienti di correlazione fra FPM e antropometria del braccio erano inferiori a quelle osservate per il peso corporeo (Tabelle 4.7 e 4.8). Negli adolescenti di genere maschile i valori erano simili fra peso corporeo e variabili antropometriche del braccio (Tabella 4.7) mentre negli uomini apparivano più strette le correlazioni con le variabili antropometriche del braccio (Tabelle 4.8). I risultati descritti erano simili per gli emilati D e ND.

Come osservato per le misure relative all'antropometria del braccio, in entrambi i gruppi di età si osservavano relazioni significative fra FPM e Circ-AB, CircM-AB, e AreaM-B in entrambi i generi (Tabelle 4.7 e 4.8). Come osservato per le variabili relative al braccio, una relazione con l'AreaL-AB era osservata solo nelle adolescenti (Tabelle 4.7). Diversamente i valori dei coefficiente di correlazione fra FPM e variabili di antropometria dell'avambraccio erano più elevati rispetto a quelli osservati per il peso corporeo (Tabelle 4.7 e 4.8). Nello specifico, nel genere maschile la forza dell'associazione era più alta nella fascia di età adulta mentre nel genere femminile si osservavano valori più elevati nelle adolescenti rispetto alle donne. I risultati descritti erano simili per gli emilati D e ND.

Sono stati considerati tre modelli fondamentali che prevedevano come predittori le variabili di seguito indicate:

- modello 1 (antropometria generale): peso;
- modello 2 (antropometria del braccio): CircM-B e lunghezza dell'arto superiore;
- modello 3 (antropometria dell'avambraccio): CircM-AB e lunghezza gomito-polso.

Il modello lineare generale dimostrava come la variabilità della FPM fosse influenzata, in modo simile per entrambi gli emilati, da genere ed età (variabili qualitative) e dall'antropometria dell'arto superiore nelle combinazioni del modello 2 o del modello 3 (variabili continue). Nella Tabella 4.9 sono mostrate le stime relative al peso di gruppo d'età e genere sulla variabilità della FPM. L'effetto del genere si riduceva considerando l'antropometria del braccio e ancor più l'antropometria dell'avambraccio mentre l'effetto dell'età rimaneva relativamente costante

fra i tre modelli. Nelle Tabelle 4.10-4.13 sono mostrate le regressioni lineari multiple che fanno riferimento ai tre diversi modelli come appena definiti. In sintesi, i risultati erano omogenei in tutti i gruppi considerati. Nel modello 1 esisteva una relazione significativa solo con il peso. Nello specifico il modello 1 prendeva in considerazione anche le variabili altezza e IMC ma dall'analisi entrambe risultavano non significative.

Nei modelli 2 e 3 emergevano come predittori sia le circonferenze muscolari che le lunghezze considerate. La predittività del modello aumentava nettamente nei modelli di antropometria degli arti superiori rispetto al modello che includeva il peso corporeo. Inoltre la relazione era assai più forte per il modello che comprendeva le variabili di antropometria dell'avambraccio (modello 3) rispetto a quello che comprendeva le variabili di antropometria del braccio (modello 2).

Protocollo II

Dopo selezione per i criteri di inclusione e di esclusione, è stato estratto un campione randomizzato di 114 adolescenti e 107 giovani adulti di entrambi i generi. Il campione di adolescenti era composto da 64 soggetti di genere femminile e 50 di genere maschile. I due gruppi erano simili per età e IMC (Tabella 4.14) mentre peso corporeo ed altezza erano significativamente più elevati nel genere maschile rispetto a quello femminile. Il campione di 107 giovani adulti era composto da 53 soggetti di genere femminile e 54 di genere maschile. I due gruppi erano simili per età, mentre peso, altezza e IMC erano significativamente più elevati nel genere maschile rispetto a quello femminile (Tabella 4.14).

In entrambe le fasce di età le variabili BIA misurate risultavano significativamente ($p < 0,001$) diverse fra generi. A tutte le frequenze considerate i valori medi della Z erano più elevati nel genere femminile sia per l'intero organismo che per gli arti superiori (Tabelle 4.15-4.18). Diversamente i valori dell'indice-BI e dell'AF erano più elevati nel genere maschile sia per l'intero organismo che per gli arti (Tabelle 4.15-4.20). Simili risultati erano osservati per Z5/Z50 e Z5/Z100 sia per l'intero organismo che per i due arti (Tabelle 4.19 e 4.20). I risultati descritti erano simili per gli emilati D e ND. Il modello generale lineare che considerava il peso come covariata evidenziava un effetto del genere su tutte le variabili BIA a tutte le frequenze conside-

rate per l'analisi, sia per l'intero organismo che per gli arti. Le differenze stimate della Z erano di 104 ohm per l'intero organismo e di 69 e di 67 ohm per gli arti (rispettivamente per gli emilati D e ND), con valori più elevati nelle femmine. Valori più elevati erano osservati per l'indice-BI e l'AF. Nello specifico, le differenze stimate per l'indice-BI erano rispettivamente di 14 cm²/ohm per l'intero organismo e di 4 cm²/ohm per entrambi gli arti. Per l'AF le differenze stimate erano di circa 1 grado sia per l'intero organismo che per gli arti superiori.

L'influenza dell'età appariva invece differente a seconda della variabile considerata. Valori più elevati erano osservati nella fascia di età più giovane per la Z (differenza stimata di 7 e di 11 ohm, rispettivamente per l'emilato D e ND) e nella fascia di età adulta per l'indice-BI (differenza stimata di 0,5 e di 0,6 cm²/ohm, rispettivamente per l'emilato D e ND) solo per gli arti superiori e non per l'intero organismo. L'AF sia a 50 che a 100 kHz non differiva fra le due fasce di età sia per l'intero organismo che per gli arti ($p > 0,05$). I valori dei rapporti MF erano influenzati dall'età solo per i due arti ma non per l'intero organismo.

Il valore della FPM è stato analizzato il valore massimo delle tre misure per ciascun emilato. Come facile intuire, sia nel campione di adolescenti che in quello dei giovani adulti, nel genere maschile i valori di FPM erano superiori per entrambi gli emilati rispetto a quello femminile ($p < 0,001$, Tabella 4.21). Per ciascun gruppo, in entrambi i generi i valori di FPM per l'emilato D erano in media più elevati rispetto a quelli per l'emilato ND, ma la differenza media fra i due emilati era simile sia considerando le differenze medie come valore assoluto che come valore percentuale (Tabella 4.21). Il modello generale lineare, che considerava il peso come covariata, indicava che fascia d'età genere erano entrambe variabili in grado di influenzare significativamente la FPM (per entrambi gli emilati) così come osservato dai risultati dell'analisi del Protocollo I.

In entrambi i generi e fasce di età si sono osservate delle significative correlazioni della FPM con Z, indice-BI, AF e rapporti MF sia per l'intero organismo che per gli arti superiori (Tabelle 4.22-4.26, Figure 4.4 e 4.5). Le correlazioni sono inverse per la Z alle diverse frequenze considerate e dirette per gli altri parametri appena menzionati (dati non riportati). In particolare per

L'indice-BI le correlazioni erano più strette all'aumentare della frequenza sia sull'intero organismo che per gli arti superiori. In entrambi i gruppi di età i coefficienti di correlazione erano più alti per gli arti superiori rispetto all'intero organismo e tale differenza era molto più evidente negli adolescenti (Tabelle 4.22 e 4.23). Considerando le relazioni fra FPM e AF, le correlazioni più strette erano osservate alla frequenza di 50 kHz rispetto a quella di 100 kHz sia per l'intero organismo che per arti superiori in entrambi i generi (Tabelle 4.24 e 4.25). Risultati simili erano evidenti considerando le relazioni fra FPM e rapporti-MF: in entrambe le fasce di età le correlazioni più strette erano osservate per i rapporti Z5/Z50 rispetto a Z5/Z100 sia per l'intero organismo che per arti superiori in entrambi i generi (Tabelle 4.24 e 4.25).

Sono stati considerati due modelli fondamentali che prevedevano come predittori le variabili come di seguito riassunte:

- modello 1: indice-BI e AF;
- modello 2: indice-BI e rapporti MF.

Il modello lineare generale dimostrava come la variabilità della FPM fosse influenzata per l'intero organismo e per gli arti superiori, in modo simile per entrambi gli emilati, dalle combinazioni indice-BI e AF o indice-BI e rapporti MF. Nella Tabella 4.26 sono mostrate le stime relative al peso di gruppo d'età e genere sulla variabilità della FPM. Nessun effetto del genere si osservava nei due modelli sia per l'intero organismo che per gli arti per entrambi gli emilati. L'effetto dell'età si riduceva considerando le variabili BIA per l'intero organismo passando dal modello che considerava indice-BI e AF (modello 1) al modello che comprendeva indice-BI e rapporti MF (modello 2). Nessuna influenza dell'età era osservata per gli arti nei due modelli eccetto che per il modello 1 ma solo per l'arto D. Le Tabelle 4.27-4.30 mostrano le regressioni lineari multiple che sono state ottenute nei quattro gruppi sperimentali. Solo nelle giovani donne le variabili AF e rapporti MF risultavano non significativamente associate alla FPM. Da sottolineare che negli adolescenti la predittività del modello aumentava nettamente nei modelli relativi

agli arti superiori rispetto a quelli relativi all'intero organismo mentre nella fascia di età adulta la predittività risultava maggiore nei modelli relativi all'intero organismo.

ad esempio per l'emilato D, la r^2 era più elevata esempi rispetto all' R^2 ma anche rispetto all'errore standard della stima.

Come riassunto nella Tabella 4.31, considerando l'emilato D ad esempio i modelli relativi che comprendevano le variabili BIA risultavano quelli più predittivi della FPM, ma in modo differente fra le due fasce di età. Negli adolescenti il migliore modello predittivo della FPM che si basa sulle variabili antropometriche (modello 3 per il genere femminile e modello 2 per il genere maschile) risultava comunque inferiore a quello che si basa sulle variabili BIA. Nello specifico, i modelli che tenevano conto delle variabili BIA relativi agli arti risultavano i migliori perché avevano i valori di r^2 più alti e i valori di stima dell'errore standard più bassi. Allo stesso modo, nella fascia di età adulta i modelli che si basano sulle variabili BIA risultavano i più predittivi rispetto a quelli che comprendevano le variabili antropometriche. Diversamente dalla fascia di età più giovane, i modelli BIA relativi all'intero organismo risultavano quelli che avevano i valori di r^2 più alti e i valori di stima dell'errore standard più bassi.

4.5 DISCUSSIONE

Il protocollo sperimentale che è stato utilizzato per questo studio si inserisce nell'area scientifica e applicativa della sorveglianza nutrizionale. È concetto importante quello che la sorveglianza nutrizionale richieda l'uso di metodiche semplici e di basso costo, ma in grado di fornire dati scientificamente interpretabili e di validità provata. L'antropometria, e quindi le misure antropometriche comunemente utilizzate come peso corporeo, altezza, indice di massa corporea, valutazione delle più importanti pliche adipose sottocutanee, rappresentano un metodo sempre migliorabile, soprattutto nella direzione della ricerca di nuove tecniche che, fermo restando l'applicabilità a livello di popolazione, possano fornire dati aggiuntivi e integrativi. Per quanto interessa la composizione corporea, ad esempio, una metodica di ampio e diffuso utilizzo, potenzialmente

anche in sorveglianza nutrizionale, è la BIA (bioimpedenziometria). L'analisi BIA lascia aperte le possibilità di valutazioni molto specifiche. Oltre alla valutazione dell'intero organismo, tale metodica permette anche una valutazione segmentale con lo studio specifico dei muscoli scheletrici degli arti. Inoltre l'utilizzo di un apparecchio multifrequenziale permette una stima dell'acqua extracellulare (alle basse frequenze) e dell'acqua corporea totale (alle alte frequenze). Lo stato di nutrizione descrive le relazioni fra disponibilità di energia, nutrienti e altre sostanze d'interesse nutrizionale e la condizione anatomica e metabolica, ma anche le funzioni, dell'organismo. Quest'ultimo è un aspetto fondamentale che di fatto riconduce all'idea di stato di salute e benessere. Non sorprendentemente, dunque, negli ultimi anni si è accentuata l'idea di utilizzare metodiche che valutino differenti aspetti funzionali dello stato di nutrizione. Metodiche peraltro non semplici da identificare, ancor più se si esce dal laboratorio di nutrizione e si pensa alla loro applicazione in sorveglianza nutrizionale. Quanto emerso nella letteratura negli ultimi anni ha indicato la possibilità di effettuare una stima della funzione muscolare attraverso la determinazione della forza di presa della mano che nello specifico è "espressione", della forza di contrazione di una serie di muscoli dell'avambraccio e della mano.

Una serie di lavori sperimentali hanno messo in relazione la FPM sia con il rischio cardiovascolare che con morbosità e mortalità, soprattutto – ma non esclusivamente – nella popolazione geriatrica o in specifiche patologie cronico-degenerative (Luna-Heredia et al. 2005; Ruiz et al 2006; Anakwe et al 2007.; Budziareck et al 2008.; Jurimae et al 2009.; Serrano et al. 2009 Bohannon et al 2006, 2007; Leyk et al. 2007; Schlussek et al 2008; Günther et al 2008; Mitsioni et al. 2009; Massy-Westropp et al. 2004). In campo nutrizionale, pur essendo ambedue aree di grande interesse per la sorveglianza nutrizionale, e sebbene i rapporti fra esse possano apparire logici e attesi, la valutazione delle relazioni tra FPM e composizione corporea è ad oggi parziale nella popolazione adulta e ancor più incompleta in età evolutiva. Una carenza, questa, che non è solo speculativa, ma è anche destinata a influenzare la corretta interpretazione dei dati di FPM. Infatti, a tutt'oggi i valori di riferimento per la FPM (in genere medie, deviazioni standard e per-

centili selezionati) sono suddivisi per genere e fasce d'età ma, ad esempio, non tengono alcun conto delle differenze in peso corporeo. Questo studio ha dunque avuto due obiettivi fondamentali, in qualche modo speculari: da una parte capire se realmente e in quale misura la FPM sia correlata alla composizione corporea così come è misurabile con metodologie di applicazione epidemiologica; dall'altra iniziare a fornire delle idee e dei criteri generali per una migliore interpretazione dei dati di FPM in relazione alle differenze in composizione corporea.

Sono stati selezionati xx individui sani, di entrambi i generi, sia in età evolutiva che in età adulta. Dai due campioni di interesse sono stati esclusi i soggetti obesi e considerati gli individui normopeso e sovrappeso al fine di ottenere dati che potessero rispecchiare quanto avviene nella gran parte della popolazione sana. I dati ottenuti da questo studio confermano le differenze della FPM fra generi in età postpuberale e in età adulta in accordo con quanto descritto da altri autori (Gunther et al 2008, Cohen et al., 2010, Niempoog et al., 2007, Mathiowetz et al., 1985 e 1986; Balogun et al., 1991; Bassey et al., 1993; Desrosiers et al., 1995; Hanten et al., 1999; Bear-Lehman et al., 2003; Corish et al., 2003; Brennan et al. 2004; Massy-Westropp et al., 2004; Luna-Heredia et al., 2005; Bohannon et al., 2006; Bohannon et al., 2007; Anawke et al. 2007; Schlüssel et al, 2008; Budziareck et al., 2008; Werle et al. 2009). Per ciascuna fascia d'età la FPM risulta in media più elevata nel genere maschile rispetto a quello femminile. Nessuna relazione fra FPM e età è stata osservata nel campione di adolescenti in entrambi i generi e negli adulti di genere maschile, mentre una debole relazione è emersa nelle giovani donne. Rispetto alla composizione corporea, una prima valutazione è stata effettuata con le misure antropometriche di base e quelle relativa all'arto superiore. Le prime comprendono le misurazioni di peso, altezza e il calcolo dell'IMC, mentre le seconde le misure relative al braccio e all'avambraccio (circonferenze e pliche), da cui poi sono calcolate le circonferenze muscolari e le aree muscolo-adipose degli arti. Sia nel campione di adolescenti che in quello dei giovani adulti, dopo correzione per le differenze in peso corporeo, le pliche adipose sono maggiori nel genere femminile mentre le variabili derivate di massa muscolare hanno valori medi più elevati nel genere maschile. Vale inoltre la pena di sottolineare che esistono notevoli differenze in peso corporeo (e varie misure

antropometriche) fra adolescenti e giovani maschi in considerazione del processo di ulteriore crescita che si manifesta nel genere maschile, mentre le differenze sono minime nel genere femminile dove l'incremento di altezza e statura è pressochè nullo dopo i 16 e 17 anni.

Relativamente alle relazioni esistenti fra FPM e variabili antropometriche, obiettivo di questo studio è stato di capire se variazioni delle proporzioni corporee, della massa magra o della massa muscolare possano e quanto influire sulla FPM. Come primo risultato, nelle due fasce di età si osserva una correlazione diretta e significativa fra FPM e peso corporeo e altezza, anche se la forza dell'associazione con la FPM (misurata con il coefficiente di correlazione lineare) risulta maggiore per il peso corporeo. Risultati differenti emergono invece per l'IMC che è associato alla FPM negli adolescenti in entrambi i generi, mentre una relazione è evidente solo nei giovani uomini e non nelle giovani donne. I dati disponibili in letteratura relativi alle variabili quali peso corporeo, altezza e IMC appaiono scarsi e non concordi in un'unica direzione. Alcuni autori hanno descritto una stretta associazione di tipo diretto fra FPM e tali variabili sia in età evolutiva (Sartorio et al, 2002, Niempoog et al., 2007) che in adulti sani (Budziareck et al., 2008), così come in anziani istituzionalizzati (Cereda et al., 2007) o malnutriti (Pieterse et al., 2002).

Al contrario i risultati descritti dallo studio di Anawke et al. (2007) in una popolazione di adulti sani di età compresa fra 18 e 83 anni non evidenzia alcuna relazione fra FPM e peso corporeo, altezza e IMC. Altri autori invece hanno dimostrato delle differenze fra generi. Mitioinis et al. (2008) descrivono un'associazione diretta della FPM con l'altezza in entrambi i generi di una popolazione di adulti sani (età media 50 anni), con il peso corporeo negli uomini ma non nelle donne, mentre l'IMC è debolmente associato solo nelle donne. Dallo studio condotto da Gunter et al. (2008) in una popolazione sana di età compresa fra 20 e 80 anni la FPM risulta associata in modo diretto all'altezza in entrambi i generi, in modo inverso al peso solo negli uomini, mentre nessuna relazione emerge con l'IMC. Allo stesso modo, lo studio condotto in adulti sani (età media 50 anni) da Luna-Heredia et al., 2005 ha dimostrato una stretta e diretta associazione fra FPM e altezza in entrambi i generi, mentre una relazione inversa si osserva con l'IMC solo negli uomini. I dati del nostro studio indicava inoltre una stretta associazione fra FPM e le lunghezze

dell'arto superiore e dell'avambraccio nelle due fasce di età in sostanziale accordo con quanto osservato da Gunter et al. (2008). Quando sono prese in considerazione le variabili dell'antropometria del braccio, quindi la circonferenza, la circonferenza muscolare e l'area muscolare del braccio, nel genere femminile e in entrambe le fasce di età, la forza dell'associazione con la FPM risulta inferiore rispetto a quella osservata con il peso corporeo. Negli adolescenti di genere maschile le relazioni fra FPM e indici di muscolarità del braccio sono simili a quelle osservate col peso corporeo, mentre negli uomini tali relazioni appaiono più strette. Diversi sono invece i risultati relativi alle variabili dell'antropometria dell'avambraccio. Negli adolescenti le relazioni fra FPM e indici di muscolarità dell'avambraccio sono più strette rispetto a quelle osservate col peso corporeo, e questo è più evidente nel genere femminile e per l'emilato non dominante. Nei giovani adulti i dati che emergono sono differenti nei due generi: nelle donne la forza dell'associazione è simile a quella osservata per il peso corporeo, mentre aumenta decisamente negli uomini. Ad oggi i dati disponibili in letteratura relativi alle relazioni fra FPM e variabili antropometriche relative agli arti superiori risultano alquanto disaggregati. Pieterse et al. (2002) hanno descritto una relazione diretta fra FPM e area muscolare del braccio in soggetti malnutriti di entrambi i generi. Alcuni autori hanno invece osservato una differenza fra generi nelle relazioni fra FPM e tali variabili. Cereda et al. (2010) hanno osservato una relazione diretta fra FPM e circonferenza e area muscolare del braccio negli uomini ma non nelle donne. Simili risultati sono stati descritti anche da Horby et al. (2005) per la circonferenza muscolare del braccio e da Gunter et al. (2008) per la circonferenza muscolare dell'avambraccio. Una spiegazione a tale differenza fra generi potrebbe essere dovuta ad una inferiore accuratezza delle misure antropometriche degli arti superiori caratteristica del genere femminile a causa di una massa grassa più elevata. Per quanto interessa la BIA, nonostante l'ampia diffusione di tale metodica, restano relativamente poco numerosi gli studi nelle prime decadi di vita e scarsi i dati comparativi fra adolescenti e giovani adulti. L'esame dei dati raccolti in questo studio indica che, dopo correzione per la variabilità in peso corporeo, permangono le differenze legate al genere in riferimento all'indice BI e all'angolo di fase determinati per l'intero organismo. Interessante notare che i

dati segmentali suggeriscono qualcosa di diverso: a parità di peso corporeo, infatti, per gli arti superiori mostrano nella fascia d'età adulta dei valori più elevati sia di indice BI che di angolo di fase. Una possibile spiegazione al riguardo potrebbe essere trovata in una qualche differenza dello sviluppo della massa muscolare dell'arto superiore in grado di influenzare la BIA e che tale evento si realizzi in ambedue i generi, nel periodo compreso fra la prima e la seconda decade di vita. Interessanti sono apparsi soprattutto i risultati relativi alle variabili BIA in relazione alla FPM sia in età evolutiva che in età adulta. La FPM è correlata all'indice-BI totale dell'organismo più strettamente che non al peso corporeo; questa osservazione si conferma in ognuno dei quattro gruppi sperimentali. La conclusione più immediata è quindi che l'indice-BI pare effettivamente rappresentare una variabile utile per la valutazione integrata della FPM. In entrambi i gruppi di età si osserva una stretta relazione anche fra FPM e indice-BI dell'arto superiore, superiore a quella osservata per l'intero organismo soprattutto negli adolescenti. L'indice-BI dell'arto superiore potrebbe quindi rappresentare una variabile di stima interessante per una migliore interpretazione dei dati di FPM. Va inoltre sottolineato che i risultati appena descritti si osservano a tutte le frequenze considerate (5, 10, 50, 100 e 250 kHz) e nello specifico la forza dell'associazione aumenta progressivamente con l'aumentare della frequenza sia per l'intero organismo che per arti superiori. Infine vanno presi in considerazione i risultati relativi all'angolo di fase e ai rapporti fra impedenze, parametri di tipo qualitativo che sono espressione della percentuale della massa cellulare metabolicamente attiva e/o del rapporto fra acqua intracellulare e acqua totale dell'organismo. In questo studio la misura dell'angolo di fase è stata analizzata alle frequenze di 50 e 100 kHz: a entrambe le frequenze l'angolo di fase appare significativamente correlato con la FPM sia per l'intero organismo che per arti superiori, ma tale associazione era più stretta alla frequenza di 50 kHz. Inoltre, in entrambe le fasce di età tale associazione appare più debole nel genere femminile. Simili risultati emergono per i rapporti: in entrambe le fasce di età le correlazioni più strette si osservano per i rapporti MF sia per l'intero organismo che per gli arti superiori. È dunque possibile che l'angolo di fase a 50 kHz e i rapporti MF rappresentino

ulteriori variabili da considerare per la migliore interpretazione della FPM dell'individuo anche se va sottolineato che le associazioni più forti si osservano fra FPM e indice-BI.

4.6 CONCLUSIONI

I risultati di questo studio dimostrano la presenza di evidenti relazioni fra FPM e variabili di composizione corporea (in particolare quelle bioimpedenziometriche) suggerendo che l'utilizzo in combinazione di tali tecniche possa essere utile nella ricerca epidemiologica e nella sorveglianza nutrizionale sia in età evolutiva che in età adulta. In particolare, è interessante l'associazione fra FPM e angolo di fase alla luce dell'idea che quest'ultimo sia espressione della massa cellulare attiva dell'organismo. I risultati ottenuti inoltre suggeriscono che una migliore interpretazione dei dati di FPM richiede una valutazione delle differenze interindividuali in composizione corporea.

Tabella 4.1

PROTOCOLLO I: Et  e caratteristiche generali in 141 adolescenti e 135 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		ADOLESCENTI					GIOVANI ADULTI				
		Genere Femminile (n.80)		Genere Maschile (n.61)			Genere Femminile (n.75)		Genere Maschile (n.60)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>	Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
Et�	<i>anni</i>	16,5	0,6	16,2	0,8	<i>0,044</i>	24,7	2,8	24,5	3,4	<i>0,695</i>
Altezza	<i>cm</i>	160,8	5,9	173,6	7,1	<i>0,001</i>	162,2	6,0	176,0	7,3	<i>0,001</i>
Peso	<i>kg</i>	58,5	8,8	70,4	10,3	<i>0,001</i>	59,6	6,1	75,8	10,3	<i>0,001</i>
IMC	<i>kg/m²</i>	22,6	3,1	23,4	3,0	<i>0,159</i>	22,7	2,5	24,4	2,5	<i>0,001</i>

DS, deviazione standard; IMC, indice di massa corporea

Tabella 4.2

PROTOCOLLO I: Circonferenze corporee di interesse in 141 adolescenti e 135 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		ADOLESCENTI					GIOVANI ADULTI				
		Genere Femminile (n.80)		Genere Maschile (n.61)			Genere Femminile (n.75)		Genere Maschile (n.60)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>	Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
Braccio D	<i>cm</i>	26,7	2,8	28,3	2,5	<i>0,001</i>	26,6	2,2	30,6	2,7	<i>0,001</i>
Braccio ND	<i>cm</i>	26,6	3,0	28,2	2,5	<i>0,002</i>	26,6	2,4	30,5	2,8	<i>0,001</i>
Avambraccio D	<i>cm</i>	23,3	1,5	25,9	1,4	<i>0,001</i>	23,1	1,3	26,9	1,7	<i>0,001</i>
Avambraccio ND	<i>cm</i>	23,1	1,6	25,5	1,3	<i>0,001</i>	23,0	1,3	26,7	1,7	<i>0,001</i>
Vita	<i>cm</i>	705,	6,4	77,7	7,5	<i>0,001</i>	71,5	5,5	81,9	5,8	<i>0,001</i>

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante

Tabella 4.3

PROTOCOLLO I: Pliche adipose sottocutanee di interesse in 141 adolescenti e 135 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		ADOLESCENTI				GIOVANI ADULTI						
		Genere Femminile (n.80)		Genere Maschile (n.61)		p		Genere Femminile (n.75)		Genere Maschile (n.60)		
		Media	DS	Media	DS		Media	DS	Media	DS	p	
Bicipite D	<i>mm</i>	8,1	3,2	5,8	2,5	<i>0,001</i>	7,1	2,2	4,8	1,9	<i>0,001</i>	
Bicipite ND	<i>mm</i>	8,5	3,2	6,2	2,6	<i>0,001</i>	7,4	2,2	5,0	1,9	<i>0,001</i>	
Tricipite D	<i>mm</i>	16,7	5,4	11,8	4,7	<i>0,001</i>	16,9	3,6	11,0	4,0	<i>0,001</i>	
Tricipite ND	<i>mm</i>	17,1	5,4	12,0	4,8	<i>0,001</i>	16,8	3,6	11,2	4,1	<i>0,001</i>	
Avambraccio D	<i>mm</i>	7,4	2,1	5,9	1,7	<i>0,001</i>	6,2	1,6	5,3	1,2	<i>0,001</i>	
Avambraccio ND	<i>mm</i>	7,5	2,3	5,9	1,7	<i>0,001</i>	6,2	1,6	5,3	1,2	<i>0,001</i>	

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante

Tabella 4.4

PROTOCOLLO I: variabili antropometriche del braccio in 141 adolescenti e 135 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		ADOLESCENTI					GIOVANI ADULTI				
		Genere		Genere		<i>p</i>	Genere		Genere		
		Femminile		Maschile			Femminile		Maschile		
		(n.80)		(n.61)			(n.75)		(n.60)		
Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	<i>p</i>			
Circonferenza Muscolare Braccio D	<i>cm</i>	21,5	1,9	24,6	2,0	<i>0,001</i>	21,3	1,6	27,2	2,7	<i>0,001</i>
Circonferenza Muscolare Braccio ND	<i>cm</i>	21,3	2,0	24,4	1,9	<i>0,001</i>	21,4	1,8	27,0	2,7	<i>0,001</i>
Area Muscolare Braccio D	<i>cm²</i>	36,9	6,6	48,4	8,0	<i>0,001</i>	36,3	5,5	59,3	12,1	<i>0,001</i>
Area Muscolare Braccio ND	<i>cm²</i>	36,4	7,1	47,8	7,3	<i>0,001</i>	36,6	6,2	58,6	11,9	<i>0,001</i>
Area Lipidica Braccio D	<i>cm²</i>	20,4	8,0	15,8	6,8	<i>0,001</i>	20,4	5,3	15,9	6,0	<i>0,001</i>
Area Lipidica Braccio ND	<i>cm²</i>	20,9	8,2	15,9	7,0	<i>0,001</i>	20,4	5,4	16,2	6,2	<i>0,001</i>

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante

Tabella 4.5

PROTOCOLLO I: variabili antropometriche dell'avambraccio in 141 adolescenti e 135 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		ADOLESCENTI						GIOVANI ADULTI				
		Genere			Genere			Genere		Genere		
		Femminile			Maschile			Femminile		Maschile		
		(n.80)			(n.61)			(n.75)		(n.60)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>	Media	DS	Media	DS	<i>p</i>	
Circonferenza Muscolare Avambraccio D	<i>cm</i>	20,9	1,2	24,0	1,4	<i>0,001</i>	21,2	1,1	25,2	1,6	<i>0,001</i>	
Circonferenza Muscolare Avambraccio ND	<i>cm</i>	20,7	1,3	23,6	1,3	<i>0,001</i>	21,0	1,1	25,0	1,6	<i>0,001</i>	
Area Muscolare Avambraccio D	<i>cm²</i>	35,0	3,9	46,1	5,3	<i>0,001</i>	35,8	3,8	50,8	6,4	<i>0,001</i>	
Area Muscolare Avambraccio ND	<i>cm²</i>	34,2	4,2	44,6	5,0	<i>0,001</i>	35,3	3,8	50,1	6,4	<i>0,001</i>	
Area Lipidica Avambraccio D	<i>cm²</i>	8,2	2,6	7,3	2,2	<i>0,031</i>	6,9	1,9	6,9	1,7	<i>0,896</i>	
Area Lipidica Avambraccio ND	<i>cm²</i>	8,3	2,9	7,2	2,1	<i>0,012</i>	6,8	1,9	6,9	1,7	<i>0,834</i>	

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante

Tabella 4.6

PROTOCOLLO I: Valori massimi della forza di presa della mano in 141 adolescenti e 135 giovani adulti sani di entrambi i generi.

	ADOLESCENTI						GIOVANI ADULTI				
	Genere Femminile (n.80)		Genere Maschile (n.61)		<i>p</i>	Genere Femminile (n.75)		Genere Maschile (n.60)		<i>p</i>	
	Media	DS	Media	DS		Media	DS	Media	DS		
FPM-emilatoD	<i>kg</i>	25,2	4,5	38,4	6,5	<i>0,001</i>	27,7	4,6	45,2	8,5	<i>0,001</i>
FPM-emilatoND	<i>kg</i>	23,7	4,4	37,1	6,8	<i>0,001</i>	26,5	4,6	43,4	8,6	<i>0,001</i>
Differenza FPMND-D	<i>kg</i>	-1,4	2,2	-1,3	3,5	<i>0,826</i>	-1,1	2,4	-1,9	3,9	<i>0,194</i>
Differenza FPMND-D	<i>%</i>	-5,5	8,5	-3,3	9,5	<i>0,153</i>	-3,8	9,0	-3,8	9,0	<i>0,959</i>

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante; FPMND-D, differenza fra forza di presa della mano emilato non dominante e dominante.

Tabella 4.7

PROTOCOLLO I: Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano e principali caratteristiche antropometriche per gli emilati dominante e non dominante in 141 adolescenti sani di entrambi i generi.

		Genere Maschile		Genere Femminile	
		(n.61)		(n.80)	
		FPMD	FPMND	FPMD	FPMND
Età	r	0,223	0,204	-0,134	-0,038
	p	0,085	0,114	0,237	0,737
Peso	r	0,546	0,549	0,432	0,481
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
Altezza	r	0,426	0,342	0,290	0,253
	p	0,001	0,007	0,009	0,023
IMC	r	0,356	0,413	0,331	0,404
	p	0,001	0,001	0,003	0,001
Circonferenza Braccio	r	0,460	0,439	0,340	0,362
	p	0,001	0,001	0,002	0,001
Circonferenza Muscolare Braccio	r	0,560	0,519	0,394	0,368
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
Area Muscolare Braccio	r	0,550	0,518	0,393	0,362
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
Area Lipidica Braccio	r	0,106	0,171	0,202	0,265
	p	0,415	0,189	0,073	0,017
Lunghezza arto superiore	r	0,484	0,459	0,453	0,480
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
Circonferenza Avambraccio	r	0,582	0,613	0,565	0,586
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
Circonferenza Muscolare Avambraccio	r	0,561	0,581	0,629	0,655
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
Area Muscolare Avambraccio	r	0,550	0,574	0,633	0,659
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
Area Lipidica Avambraccio	r	0,203	0,200	0,275	0,263
	p	0,117	0,123	0,014	0,019
Lunghezza avambraccio	r	0,535	0,478	0,520	0,411
	p	0,001	0,001	0,001	0,001

D = Emilato dominante; ND = Emilato non dominante; IMC, indice di massa corporea.

Tabella 4.8

PROTOCOLLO I: Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano e principali caratteristiche antropometriche per gli emilati dominante e non dominante in 135 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		Genere Maschile		Genere Femminile	
		(n.60)		(n.75)	
		FPM D	FPM ND	FPM D	FPM ND
Età	r	0,104	0,170	0,227	0,225
	p	0,430	0,194	0,050	0,052
Peso	r	0,463	0,494	0,367	0,288
	p	0,001	0,001	0,001	0,012
Altezza	r	0,359	0,397	0,350	0,246
	p	0,005	0,002	0,002	0,034
IMC	r	0,315	0,321	0,109	0,102
	p	0,014	0,012	0,351	0,384
Circonferenza Braccio	r	0,440	0,495	0,216	0,192
	p	0,001	0,001	0,062	0,099
Circonferenza Muscolare Braccio	r	0,507	0,540	0,287	0,285
	p	0,001	0,001	0,013	0,013
Area Muscolare Braccio	r	0,495	0,528	0,286	0,283
	p	0,001	0,001	0,013	0,014
Area Lipidica Braccio	r	-0,024	0,057	0,075	0,022
	p	0,856	0,664	0,521	0,851
Lunghezza arto superiore	r	0,404	0,370	0,321	0,276
	p	0,001	0,004	0,005	0,017
Circonferenza Avambraccio	r	0,592	0,663	0,294	0,292
	p	0,001	0,001	0,010	0,011
Circonferenza Muscolare Avambraccio	r	0,677	0,730	0,387	0,382
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
Area Muscolare Avambraccio	r	0,677	0,736	0,390	0,381
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
Area Lipidica Avambraccio	r	0,043	0,052	-0,048	-0,034
	p	0,743	0,692	0,682	0,775
Lunghezza avambraccio	r	0,419	0,435	0,334	0,278
	p	0,001	0,001	0,003	0,016

D = Emilato dominante; ND = Emilato non dominante; IMC, indice di massa corporea.

Tabella 4.9

Differenze in forza di presa della mano legate al genere o al gruppo d'età (dopo correzione per le covariate incluse nei modelli).

Variabili qualitative nel modello	Differenze in FPM (kg) per:		
	Modello 1, covariata:	Modello 2, covariate:	Modello 3, covariate:
	Peso	CIRCM-B e LASUP	CIRCM-AB e LGP
Emilato D			
Genere	9,54	5,99	4,00
Età	3,31	2,25	3,06
Emilato ND			
Genere	9,54	6,31	4,01
Età	3,24	2,25	2,50

CIRCM-B, circonferenza muscolare del braccio; CIRCM-AB, circonferenza muscolare dell'avambraccio; LASUP, lunghezza arto superiore; LGP, lunghezza gomito-polso.

Modello 1 - antropometria generale: peso.

Modello 2 - antropometria del braccio: CIRCM-B e lunghezza dell'arto superiore.

Modello 3 - antropometria dell'avambraccio: CIRCM-AB e lunghezza gomito-polso.

Tabella 4.10

PROTOCOLLO I: Relazioni tra forza di presa della mano e variabili antropometriche sia per l'emilato dominante che non dominante in 80 adolescenti sani di genere femminile.

MODELLO 1						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Peso	0,187	4,121	12,156	3,108	0,222	0,053
FPM-emilatoND						
	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Peso	0,231	3,866	9,772	2,916	0,238	0,049
MODELLO 2						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare braccio	0,272	3,866	-20,44	8,800	0,575	0,163
Lunghezza arto superiore					0,654	0,246
FPM-emilatoND						
	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare braccio	0,280	3,765	-20,71	8,312	0,612	0,156
Lunghezza arto superiore					0,506	0,220
MODELLO 3						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare avambraccio	0,476	3,298	-43,64	8,674	1,922	0,351
Lunghezza avambraccio					1,158	0,355
FPM-emilatoND						
	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare avambraccio	0,453	3,281	-32,87	8,173	1,989	0,314
Lunghezza avambraccio					0,623	0,333

SEE, errore standard della stima; SE, errore standard; D e ND, dominante e non dominante

Tabella 4.11

PROTOCOLLO I: Relazioni tra forza di presa della mano e variabili antropometriche sia per l'emilato dominante che non dominante in 61 adolescenti sani di genere maschile.

MODELLO 1						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Peso	0,298	5,504	14,07	4,91	0,345	0,069
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Peso	0,302	5,697	11,68	5,081	0,360	0,071
MODELLO 2						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare braccio	0,436	4,975	-43,04	13,06	1,494	0,327
Lunghezza arto superiore					0,735	0,206
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare braccio	0,396	5,345	-48,84	14,61	1,549	0,379
Lunghezza arto superiore					0,771	0,211
MODELLO 3						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare avambraccio	0,417	5,061	-48,93	13,62	1,895	0,526
Lunghezza avambraccio					1,533	0,482
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare avambraccio	0,408	5,292	-57,13	15,35	2,347	0,560
Lunghezza avambraccio					1,418	0,542

SEE, errore standard della stima; SE, errore standard; D e ND, dominante e non dominante

Tabella 4.12

PROTOCOLLO I: Relazioni tra forza di presa della mano e variabili antropometriche sia per l'emilato dominante che non dominante in 75 giovani adulti sani di genere femminile.

MODELLO 1						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Peso	0,135	4,330	11,20	4,913	0,276	0,082
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Peso	0,083	4,437	13,69	5,035	0,216	0,084
MODELLO 2						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare braccio	0,197	4,200	-25,66	12,92	0,873	0,300
Lunghezza arto superiore					0,619	0,193
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare braccio	0,160	4,276	-16,79	12,25	0,734	0,274
Lunghezza arto superiore					0,493	0,190
MODELLO 3						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare avambraccio	0,222	4,135	-26,80	12,13	1,388	0,434
Lunghezza avambraccio					1,022	0,396
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare avambraccio	0,189	4,201	-21,73	12,14	1,374	0,436
Lunghezza avambraccio					0,790	0,404

SEE, errore standard della stima; SE, errore standard; D e ND, dominante e non dominante

Tabella 4.13

PROTOCOLLO I: Relazioni tra forza di presa della mano e variabili antropometriche sia per l'emilato dominante che non dominante in 60 giovani adulti sani di genere maschile.

MODELLO 1						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Peso	0,214	7,637	16,18	7,374	0,383	0,096
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Peso	0,244	7,537	12,15	7,277	0,412	0,095
MODELLO 2						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare braccio	0,345	7,035	-43,71	18,83	1,388	0,350
Lunghezza arto superiore					0,827	0,299
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare braccio	0,346	7,070	-39,00	18,74	1,528	0,358
Lunghezza arto superiore					0,665	0,304
MODELLO 3						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare avambraccio	0,507	6,103	-73,90	17,18	3,255	0,526
Lunghezza avambraccio					1,382	0,588
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Circonferenza muscolare avambraccio	0,567	5,753	-78,88	16,21	3,562	0,504
Lunghezza avambraccio					1,230	0,582

SEE, errore standard della stima; SE, errore standard; D e ND, dominante e non dominante

Tabella 4.14

PROTOCOLLO II: Et  e caratteristiche generali in 114 adolescenti e 107 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		ADOLESCENTI					GIOVANI ADULTI				
		Genere Femminile (n.64)		Genere Maschile (n.50)			Genere Femminile (n.53)		Genere Maschile (n.54)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>	Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
Et�	<i>anni</i>	16,4	0,6	16,2	0,8	<i>0,149</i>	24,1	1,7	24,0	2,5	<i>0,778</i>
Altezza	<i>cm</i>	160,8	5,2	173,6	7,8	<i>0,001</i>	162,5	5,8	176,5	6,6	<i>0,001</i>
Peso	<i>kg</i>	58,4	8,0	69,4	9,7	<i>0,001</i>	59,5	5,7	76,2	9,3	<i>0,001</i>
IMC	<i>kg/m²</i>	22,6	2,8	23,0	2,5	<i>0,428</i>	22,6	2,5	24,4	2,4	<i>0,001</i>

DS, deviazione standard; IMC, indice di massa corporea

Tabella 4.15

PROTOCOLLO II: Impedenza e indice bioimpedenziometrico (Indice-BI) per l'intero organismo in 114 adolescenti sani di entrambi i generi.

		Genere Femminile (n.64)		Genere Maschile (n.50)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
Impedenza	<i>ohm</i>					
		715	60	584	53	<i>0,001</i>
		701	59	568	53	<i>0,001</i>
		631	54	499	52	<i>0,001</i>
		595	51	466	50	<i>0,001</i>
		546	47	428	46	<i>0,001</i>
Indice BI	<i>cm²/ohm</i>					
		36,4	3,3	52,2	6,9	<i>0,001</i>
		37,1	3,4	53,6	7,1	<i>0,001</i>
		41,2	3,8	61,3	8,7	<i>0,001</i>
		43,8	4,1	65,5	9,4	<i>0,001</i>
		47,7	4,4	71,3	10,2	<i>0,001</i>

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante

Tabella 4.16

PROTOCOLLO II: Impedenza e indice bioimpedenziometrico (Indice-BI) per l'intero organismo in 107 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		Genere Femminile (n.53)		Genere Maschile (n.54)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
Impedenza	<i>ohm</i>					
		702	54	580	49	<i>0,001</i>
		689	53	564	47	<i>0,001</i>
		622	50	492	42	<i>0,001</i>
		586	48	461	39	<i>0,001</i>
		540	43	423	36	<i>0,001</i>
Indice BI	<i>cm²/ohm</i>					
		37,8	3,1	54,1	6,0	<i>0,001</i>
		38,5	3,2	55,7	6,1	<i>0,001</i>
		42,7	3,7	63,7	7,0	<i>0,001</i>
		45,3	3,9	68,2	7,5	<i>0,001</i>
		49,2	4,2	74,2	8,0	<i>0,001</i>

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante

Tabella 4.17

PROTOCOLLO II: Impedenza e indice bioimpedenziometrico (Indice-BI) per gi arti superiori in 114 adolescenti sani di entrambi i generi.

		Genere Femminile (n.64)		Genere Maschile (n.50)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
Impedenza	<i>ohm</i>					
Arto superiore D						
5 kHz		376	36	294	32	0,001
10 kHz		370	35	288	32	0,001
50 kHz		339	32	258	30	0,001
100 kHz		322	31	243	29	0,001
250 kHz		294	31	222	27	0,001
Arto superiore ND						
5 kHz		380	36	302	30	0,001
10 kHz		374	35	296	30	0,001
50 kHz		344	33	267	29	0,001
100 kHz		326	32	252	28	0,001
250 kHz		300	30	230	26	0,001
Indice BI	<i>cm²/ohm</i>					
Arto superiore D						
5 kHz		8,1	1,1	12,7	2,0	0,001
10 kHz		8,3	1,1	13,0	2,1	0,001
50 kHz		9,0	1,2	14,5	2,4	0,001
100 kHz		9,5	1,3	15,4	2,5	0,001
250 kHz		10,4	1,4	16,9	2,8	0,001
Arto superiore ND						
5 kHz		8,1	1,1	12,4	1,9	0,001
10 kHz		8,2	1,1	12,7	2,0	0,001
50 kHz		8,9	1,2	14,1	2,2	0,001
100 kHz		9,4	1,3	14,9	2,4	0,001
250 kHz		10,2	1,4	16,3	2,6	0,001

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante

Tabella 4.18

PROTOCOLLO II: Impedenza e indice bioimpedenziometrico (Indice-BI) per gli arti superiori in 107 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		Genere Femminile (n.53)		Genere Maschile (n.54)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
Impedenza	<i>ohm</i>					
Arto superiore D						
5 kHz		369	29	280	26	0,001
10 kHz		362	28	273	25	0,001
50 kHz		331	27	242	24	0,001
100 kHz		314	26	227	23	0,001
250 kHz		288	24	207	22	0,001
Arto superiore ND						
5 kHz		372	30	282	28	0,001
10 kHz		365	29	276	27	0,001
50 kHz		335	28	245	26	0,001
100 kHz		318	27	230	25	0,001
250 kHz		291	25	209	24	0,001
Indice BI	<i>cm²/ohm</i>					
Arto superiore D						
5 kHz		8,6	0,8	13,9	1,6	0,001
10 kHz		8,8	0,8	14,2	1,7	0,001
50 kHz		9,6	0,9	16,1	2,0	0,001
100 kHz		10,1	1,0	17,2	2,2	0,001
250 kHz		11,0	1,1	18,9	2,4	0,001
Arto superiore ND						
5 kHz		8,5	0,8	13,7	1,8	0,001
10 kHz		8,7	0,9	14,1	1,9	0,001
50 kHz		9,5	1,0	15,9	2,2	0,001
100 kHz		10,0	1,0	16,9	2,4	0,001
250 kHz		10,9	1,1	18,6	2,7	0,001

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante

Tabella 4.19

PROTOCOLLO II: Angolo di Fase (AF) e rapporti fra impedenze per l'intero organismo e per gli arti superiori in 114 adolescenti sani di entrambi i generi.

		Genere Femminile (n.64)		Genere Maschile (n.50)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
Intero organismo						
AF 50kHz	<i>gradi</i>	6,4	0,4	7,4	0,9	<i>0,001</i>
AF 100kHz	<i>gradi</i>	6,5	0,4	7,3	0,9	<i>0,001</i>
Z5/Z50		1,13	0,01	1,17	0,04	<i>0,001</i>
Z5/Z100		1,20	0,02	1,25	0,05	<i>0,001</i>
Arto superiore D						
AF 50kHz	<i>gradi</i>	4,3	0,5	5,4	0,7	<i>0,001</i>
AF 100kHz	<i>gradi</i>	3,4	0,5	4,5	0,7	<i>0,001</i>
Z5/Z50		1,11	0,01	1,14	0,02	<i>0,001</i>
Z5/Z100		1,17	0,02	1,21	0,02	<i>0,001</i>
Arto superiore ND						
AF 50kHz	<i>gradi</i>	4,2	0,5	5,2	0,6	<i>0,001</i>
AF 100kHz	<i>gradi</i>	3,3	0,5	4,4	0,7	<i>0,001</i>
Z5/Z50		1,10	0,01	1,13	0,02	<i>0,001</i>
Z5/Z100		1,16	0,02	1,20	0,02	<i>0,001</i>

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante

Tabella 4.20

PROTOCOLLO II: Angolo di Fase (AF) e rapporti fra impedenze per l'intero organismo e per gli arti superiori in 107 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		Genere Femminile (n.53)		Genere Maschile (n.54)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
Intero organismo						
AF 50kHz	<i>gradi</i>	6,2	0,4	7,5	0,5	<i>0,001</i>
AF 100kHz	<i>gradi</i>	6,2	0,3	7,3	0,5	<i>0,001</i>
Z5/Z50		1,13	0,01	1,18	0,02	<i>0,001</i>
Z5/Z100		1,20	0,02	1,26	0,03	<i>0,001</i>
Arto superiore D						
AF 50kHz	<i>gradi</i>	4,3	0,5	5,8	0,6	<i>0,001</i>
AF 100kHz	<i>gradi</i>	3,3	0,6	4,6	0,6	<i>0,001</i>
Z5/Z50		1,11	0,01	1,16	0,02	<i>0,001</i>
Z5/Z100		1,17	0,02	1,23	0,03	<i>0,001</i>
Arto superiore ND						
AF 50kHz	<i>gradi</i>	4,2	0,5	5,6	0,6	<i>0,001</i>
AF 100kHz	<i>gradi</i>	3,2	0,5	4,5	0,6	<i>0,001</i>
Z5/Z50		1,11	0,01	1,16	0,02	<i>0,001</i>
Z5/Z100		1,17	0,02	1,23	0,03	<i>0,001</i>

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante

Tabella 4.21

PROTOCOLLO I: Valori massimi della forza di presa della mano in 114 adolescenti e 107 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		ADOLESCENTI					GIOVANI ADULTI				
		Genere Femminile (n.64)		Genere Maschile (n.50)		<i>p</i>	Genere Femminile (n.53)		Genere Maschile (n.54)		<i>p</i>
		Media	DS	Media	DS		Media	DS	Media	DS	
FPM-emilatoD	<i>kg</i>	25,0	4,4	38,1	6,2	<i>0,001</i>	27,4	4,1	44,3	8,4	<i>0,001</i>
FPM-emilatoND	<i>kg</i>	24,0	4,1	36,6	6,4	<i>0,001</i>	26,0	4,2	41,8	8,8	<i>0,001</i>
Differenza FPMND-D	<i>kg</i>	-1,0	2,0	-1,4	3,3	<i>0,483</i>	-1,3	2,5	-2,5	3,7	<i>0,068</i>
Differenza FPMND-D	<i>%</i>	-3,7	7,9	-3,5	8,5	<i>0,887</i>	-4,6	9,2	-5,5	9,3	<i>0,626</i>

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante; FPMND-D, differenza fra forza di presa della mano emilato non dominante e dominante.

Tabella 4.22

PROTOCOLLO II: Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano e indice bioimpedenziometrico per gli emilati dominante e non dominante in 114 adolescenti sani di entrambi i generi.

		Genere Fem-			
		Genere Maschile		minile	
		(n.50)		(n.64)	
		FPMD	FPMND	FPMD	FPMND
Intero organismo					
5kHz	r	0,582	0,507	0,487	0,461
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
10kHz	r	0,589	0,509	0,499	0,473
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
50kHz	r	0,637	0,572	0,535	0,512
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
100kHz	r	0,646	0,584	0,543	0,523
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
250kHz	r	0,655	0,598	0,548	0,527
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
Arto superiore					
5kHz	r	0,689	0,653	0,611	0,575
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
10kHz	r	0,692	0,661	0,621	0,579
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
50kHz	r	0,707	0,676	0,650	0,606
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
100kHz	r	0,711	0,681	0,657	0,613
	p	0,001	0,001	0,001	0,001
250kHz	r	0,714	0,690	0,658	0,616
	p	0,001	0,001	0,001	0,001

D = Emilato dominante; ND = Emilato non dominante

Tabella 4.23

PROTOCOLLO II: Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano e indice bioimpedenziometrico per gli emilati dominante e non dominante in 107 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		Genere Maschile		Genere Femminile	
		(n.54)		(n.53)	
		FPM D	FPM ND	FPM D	FPM ND
Intero organismo					
5kHz	r	0,484	0,525	0,558	0,500
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
10kHz	r	0,504	0,540	0,572	0,512
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
50kHz	r	0,562	0,592	0,595	0,525
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
100kHz	r	0,578	0,607	0,605	0,533
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
250kHz	r	0,589	0,618	0,609	0,536
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
Arto superiore					
5kHz	r	0,538	0,572	0,501	0,591
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
10kHz	r	0,548	0,587	0,510	0,594
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
50kHz	r	0,594	0,625	0,540	0,624
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
100kHz	r	0,596	0,638	0,549	0,632
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
250kHz	r	0,603	0,641	0,553	0,632
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001

D = Emilato dominante; ND = Emilato non dominante

Tabella 4.24

PROTOCOLLO II: Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano e angolo di fase (AF) e rapporti fra impedenze per gli emilati dominante e non dominante in 114 adolescenti sani di entrambi i generi.

		Genere Fem-			
		Genere Maschile (n.50)		minile (n.64)	
		FPM D	FPM ND	FPM D	FPM ND
Intero organismo					
AF 50kHz	r	0,429	0,448	0,359	0,402
	<i>p</i>	0,002	0,001	0,004	0,001
AF 100kHz	r	0,428	0,451	0,277	0,327
	<i>p</i>	0,002	0,001	0,027	0,008
Z5/Z50	r	0,459	0,473	0,451	0,457
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
Z5/Z100	r	0,444	0,467	0,411	0,433
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
Arto superiore					
AF 50kHz	r	0,542	0,574	0,475	0,446
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
AF 100kHz	r	0,465	0,573	0,389	0,397
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
Z5/Z50	r	0,509	0,539	0,488	0,501
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001
Z5/Z100	r	0,429	0,539	0,463	0,436
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001

D = Emilato dominante; ND = Emilato non dominante

Tabella 4.25

PROTOCOLLO II: Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano e angolo di fase (AF) e rapporti fra impedenze per gli emilati dominante e non dominante in 107 giovani adulti sani di entrambi i generi.

		Genere Fem-			
		Genere Maschile (n.54)		minile (n.53)	
		FPM D	FPM ND	FPM D	FPM ND
Intero organismo					
AF 50kHz	r	0,456	0,431	0,361	0,341
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,008	0,012
AF 100kHz	r	0,323	0,303	0,338	0,306
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,013	0,026
Z5/Z50	r	0,518	0,446	0,492	0,394
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,004
Z5/Z100	r	0,479	0,418	0,484	0,391
	<i>p</i>	0,001	0,002	0,001	0,004
Arto superiore					
AF 50kHz	r	0,569	0,561	0,339	0,379
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,013	0,005
AF 100kHz	r	0,449	0,420	0,221	0,292
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,113	0,034
Z5/Z50	r	0,567	0,616	0,421	0,477
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,002	0,001
Z5/Z100	r	0,522	0,607	0,426	0,464
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,001

D = Emilato dominante; ND = Emilato non dominante

Tabella 4.26

Differenze in forza di presa della mano legate al genere o al gruppo d'età (dopo correzione per le covariate incluse nei modelli relativi alle variabili BIA).

Variabili qualitative nel modello	Differenze in FPM (kg) per:	
	Modello 1, covariata: indice-BI e AF	Modello 2, covariate: indice-BI e Z5/Z50
Intero organismo		
Emilato D		
Genere	ns	ns
Età	3,3	2,6
Emilato ND		
Genere	ns	ns
Età	3,2	2,5
Arti superiori		
Emilato D		
Genere	ns	ns
Età	1,7	ns
Emilato ND		
Genere	ns	ns
Età	ns	ns

AF, angolo di fase; indice_BI, indice bioimpedenziometrico; LASUP, Z5/Z50, rapporti fra impedenze.

Modello 1 - indice-BI e AF

Modello 2 - indice-BI e Z5/Z50.

Tabella 4.27

PROTOCOLLO II: Relazioni tra forza di presa della mano e variabili bioimpedenziometriche sia per l'emilato dominante che non dominante in 64 adolescenti sani di genere femminile.

INTERO ORGANISMO						
Modello 1						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,364	3,561	-16,86	7,746	0,565	0,119
AF 50					2,908	1,063
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI	0,368	3,336	-16,90	7,257	0,497	0,111
AF 50					3,193	0,996
Modello 2						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,387	3,497	-113,5	36,02	0,513	0,120
Z5/Z50					103,606	32,687
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,371	3,328	-109,7	34,28	0,452	0,114
Z5/Z50					101,526	31,109
ARTI SUPERIORI						
Modello 1						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,531	3,060	-5,576	3,820	2,056	0,326
AF 50					2,802	0,747
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI	0,441	3,138	-2,221	4,005	1,779	0,346
AF 50					2,497	0,880
Modello 2						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,569	2,931	-129,6	29,39	2,110	0,308
Z5/Z50					122,290	26,809
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,482	3,020	-114,7	32,80	1,726	0,331
Z5/Z50					111,740	30,384

Indice BI, indice bioimpedenziometrico; AF, angolo di fase; Z5/Z50, rapporti fra impedenze a 5 e 50 kHz; SEE, errore standard della stima; SE, errore standard; D e ND, dominante e non dominante

Tabella 4.28

PROTOCOLLO II: Relazioni tra forza di presa della mano e variabili bioimpedenziometriche sia per l'emilato dominante che non dominante in 50 adolescenti sani di genere maschile.

INTERO ORGANISMO						
Modello 1						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,456	4,638	2,33	6,101	0,395	0,081
AF 50					1,581	0,754
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI	0,385	5,148	1,148	6,822	0,366	0,098
AF 50					1,790	0,860
Modello 2						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,477	4,678	-31,86	22,92	0,384	0,086
Z5/Z50					39,67	21,04
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,383	5,159	-40,96	25,43	0,352	0,102
Z5/Z50					47,91	23,61
ARTI SUPERIORI						
Modello 1						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,583	4,060	1,022	4,975	1,511	0,264
AF 50					2,797	0,914
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI	0,545	4,430	-2,337	5,542	1,559	0,334
AF 50					3,303	1,110
Modello 2						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,551	4,214	-93,98	45,93	1,548	0,280
Z5/Z50					96,12	41,68
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,511	4,590	-96,61	46,73	1,618	0,355
Z5/Z50					97,67	43,26

Indice BI, indice bioimpedenziometrico; AF, angolo di fase; Z5/Z50, rapporti fra impedenze a 5 e 50 kHz; SEE, errore standard della stima; SE, errore standard; D e ND, dominante e non dominante

Tabella 4.29

PROTOCOLLO II: Relazioni tra forza di presa della mano e variabili bioimpedenziometriche sia per l'emilato dominante che non dominante in 53 giovani adulti sani di genere femminile.

INTERO ORGANISMO						
Modello 1						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,398	3,232	-13,03	8,234	0,600	0,127
AF 50					2,384	1,261
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI	0,319	3,551	-12,19	9,046	0,539	0,140
AF 50					2,456	1,385
Modello 2						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,424	3,160	-103,3	41,94	0,527	0,132
Z5/Z50					95,79	38,99
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,276	3,625	0,153	5,894	-0,606	0,137
Z5/Z50					ns	ns
ARTI SUPERIORI						
Modello 1						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,291	3,471	4,256	5,071	2,404	0,525
AF 50					ns	ns
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI	0,440	3,219	-6,233	5,359	2,457	0,478
AF 50					2,142	1,008
Modello 2						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,361	3,328	-83,05	37,55	2,013	0,530
Z5/Z50					81,86	39,41
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,457	3,171	-93,86	38,12	2,256	0,491
Z5/Z50					88,84	35,73

Indice BI, indicebioimpedenziometrico; AF, angolo di fase; Z5/Z50, rapporti fra impedenze a 5 e 50 kHz; SEE, errore standard della stima; SE, errore standard; D e ND, dominante e non dominante

Tabella 4.30

PROTOCOLLO II: Relazioni tra forza di presa della mano e variabili bioimpedenziometriche sia per l'emilato dominante che non dominante in 54 giovani adulti sani di genere maschile.

INTERO ORGANISMO						
Modello 1						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,486	6,123	-46,94	14,08	0,631	0,120
AF 50					6,804	1,656
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI	0,499	6,381	-53,59	14,68	0,707	0,125
AF 50					6,718	1,725
Modello 2						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,540	5,790	-244,5	49,84	0,624	0,114
Z5/Z50					211,4	42,36
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,509	6,317	-224,3	54,37	0,705	0,124
Z5/Z50					187,8	46,21
ARTI SUPERIORI						
Modello 1						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,493	6,083	-15,53	8,590	1,853	0,450
AF 50					5,204	1,389
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI	0,495	6,412	-17,19	8,679	1,916	0,450
AF 50					5,092	1,577
Modello 2						
FPM-emilatoD	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,482	6,145	-168,4	48,91	1,830	0,460
Z5/Z50					158,1	44,37
FPM-emilatoND	r²	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI 50	0,525	6,215	-182,2	48,83	1,757	0,445
Z5/Z50					169,7	44,75

Indice BI, indice bioimpedenziometrico; AF, angolo di fase; Z5/Z50, rapporti fra impedenze a 5 e 50 kHz; SEE, errore standard della stima; SE, errore standard; D e ND, dominante e non dominante

Tabella 4.31

Paragone delle formule predittive relative alla FPM per le variabili antropometriche e per le variabili BIA.

	adolescenti		adolescenti		giovani adulti		giovani adulti	
	genere fem-		genere		genere fem-		genere	
	minile		maschile		minile		maschile	
	r ²	SEE						
Modello 1 antropometria	0,187	4,121	0,298	5,504	0,135	4,330	0,214	7,637
Modello 2 antropometria	0,272	3,866	0,436	4,975	0,197	4,200	0,345	7,035
Modello 3 antropometria	0,476	3,298	0,417	5,061	0,272	4,135	0,507	6,103
Intero organismo								
Modello 1 BIA	0,364	3,561	0,456	4,638	0,398	3,232	0,486	6,123
Modello 2 BIA	0,387	3,497	0,447	4,678	0,424	3,160	0,540	5,790
Arti superiori								
Modello 1 BIA	0,531	3,060	0,583	4,060	0,291	3,471	0,493	6,083
Modello 2 BIA	0,569	2,931	0,551	4,214	0,361	3,328	0,482	6,145

Modelli antropometria

Modello 1 - antropometria generale: peso.

Modello 2 - antropometria del braccio: CIRCUM-B e lunghezza dell'arto superiore.

Modello 3 - antropometria dell'avambraccio: CIRCUM-AB e lunghezza gomito-polso.

Modelli BIA

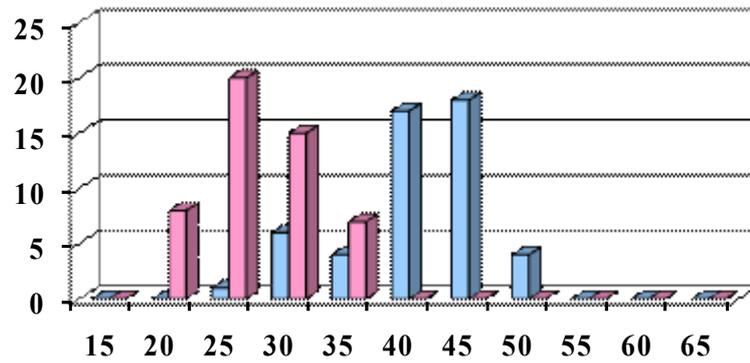
Modello 1 - indice-BI e AF

Modello 2 - indice-BI e Z5/Z50.

Figura 4.1

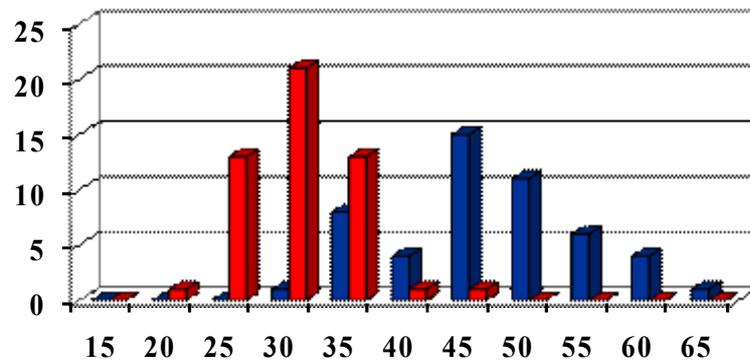
Valori massimi della forza di presa della mano (FPM) per l'emilato dominante in adolescenti e giovani adulti sani

■ Adolescenti genere maschile ■ Adolescenti genere femminile



Forza di Presa della mano

■ Giovani genere maschile ■ Giovani genere femminile

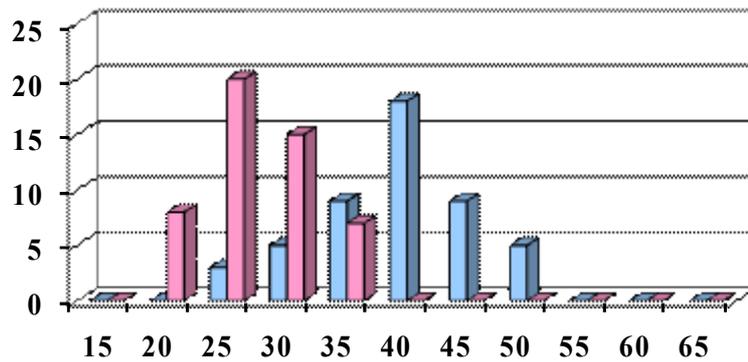


Forza di Presa della mano

Figura 4.2

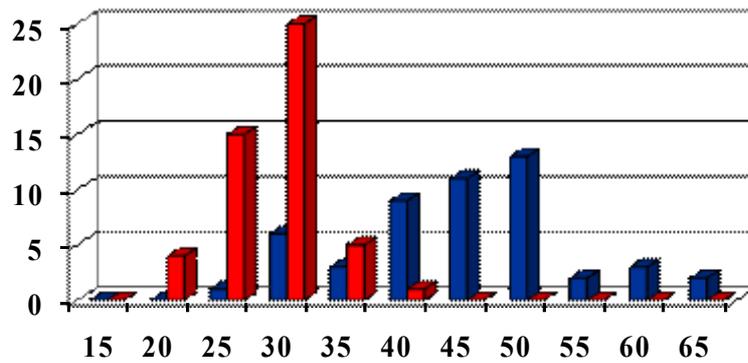
Valori massimi della forza di presa della mano (FPM) per l'emilato non dominante in 100 adolescenti e 100 giovani adulti sani

■ Adolescenti genere maschile ■ Adolescenti genere femminile



Forza di Presa della mano

■ Giovani genere maschile ■ Giovani genere femminile



Forza di Presa della mano

Figura 4.3

Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano per l'emilato dominante e peso corporeo in adolescenti e giovani adulti. (Per regressioni vedi Tabelle 4.7-4.8).

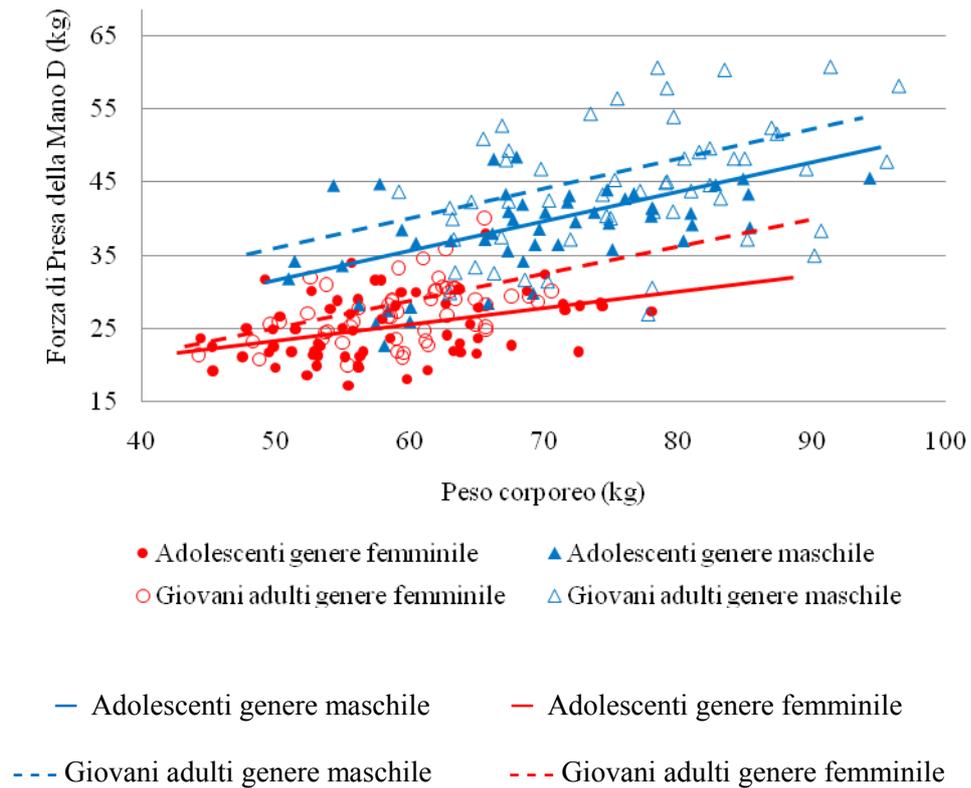


Figura 4.4

Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano per l'emilato dominante e indice bioimpedenziometrico a 50kHz per l'intero organismo in adolescenti e giovani adulti. (Per regressioni vedi Tabelle 4.22-4.23)

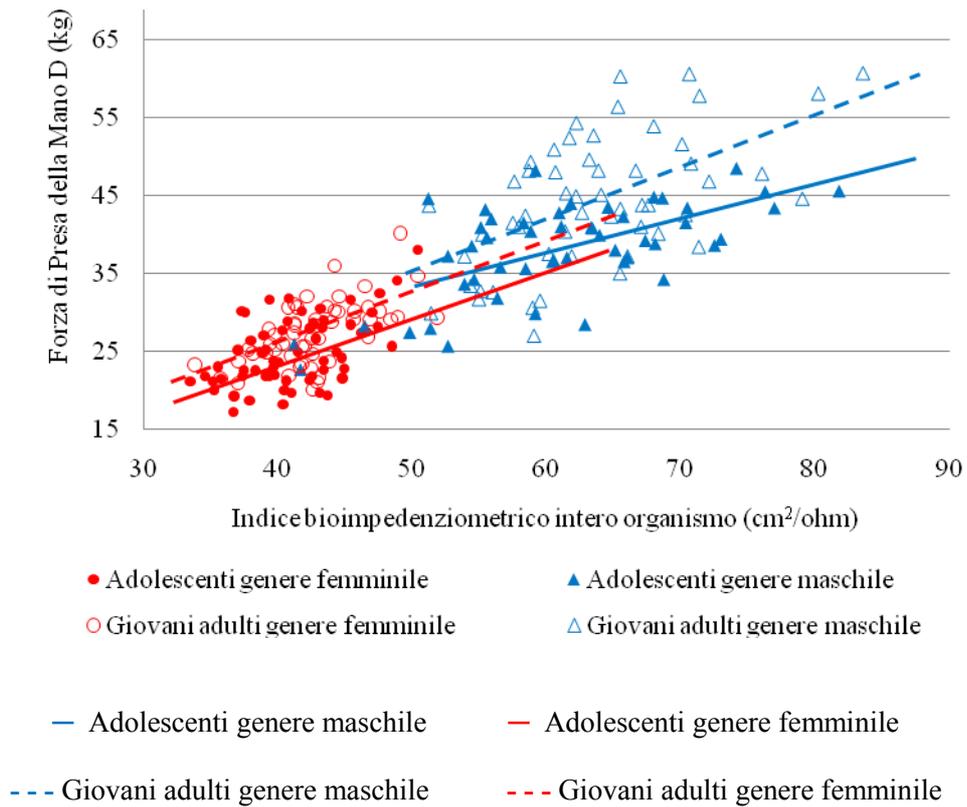
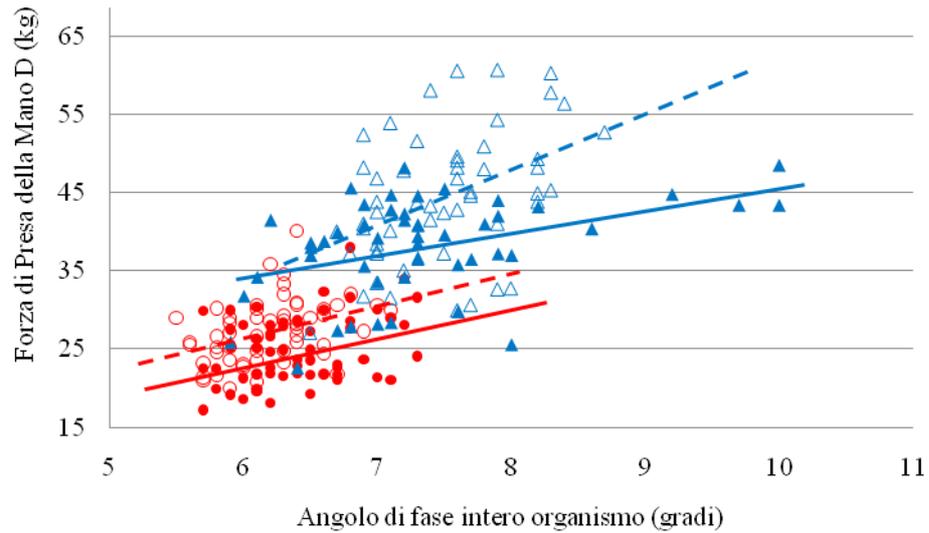


Figura 4.5

Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano per l'emilato dominante e angolo di fase a 50 kHz per l'intero organismo in adolescenti e giovani adulti sani (Per regressioni vedi Tabelle 4.24-4.25).



● Adolescenti genere femminile ▲ Adolescenti genere maschile
○ Giovani adulti genere femminile △ Giovani adulti genere maschile

— Adolescenti genere maschile - - - Adolescenti genere femminile
- - - Giovani adulti genere maschile - - - Giovani adulti genere femminile

FORZA DI PRESA DELLA MANO IN PAZIENTI MALNUTRITE SOTTO PESO AFFETTE DA DCA

5.1 INTRODUZIONE

I Disturbi del Comportamento Alimentare (DCA) sono disturbi specifici delle abitudini alimentari o del comportamento relativo al controllo del peso, che possono essere tali da causare un'alterazione anche grave delle funzioni fisiologiche dell'organismo che rendono i DCA patologie di non secondaria importanza in ambito non solo psichiatrico ma anche nutrizionale (American Psychiatric Association 2000; Fairburn & Harrison, 2003; Athey, 2003; Bulik et al., 2005; Yager et al., 2005). Dal punto di vista nutrizionale la prevalenza della malnutrizione nei DCA è variabile e, non sorprendentemente, meglio conosciuta e più evidente nell'anoressia nervosa, cioè in pazienti che possono presentare gradi di emaciazione molto marcati. La malnutrizione proteico-energetica (MPE) simil-marasmatica (Torun & Chew, 1994) che si riscontra nelle pazienti anoressiche si caratterizza per la grave alterazione della composizione corporea (riduzione sia della massa adiposa che della massa magra) causata dall'ipoalimentazione protratta (Kyle et al., 2004b; Álvares-da-Silva et al., 2005). Al decremento ponderale corrispondono profonde variazioni della composizione corporea nei suoi diversi compartimenti (Scalfi, 1994; Scalfi et al, 2002, Marra et al, 2005; Polito et al., 1998), con una diminuzione tanto della massa adiposa che della massa magra. Peraltro, la distribuzione del grasso corporeo nelle diverse aree anatomiche è tale che viene preferenzialmente conservato quello presente a livello viscerale piuttosto che quello sottocutaneo (Scalfi et al, 2002; Zamboni et al, 1997). Più complesse sono le variazioni a carico della massa magra, un compartimento che comprende tessuti, organi e apparati dalle funzioni ed attività metaboliche estremamente diversificate. Ad esempio, per quanto riguarda i fluidi corporei, la diminuzione dell'acqua corporea totale va in parallelo con quella della massa magra (Scalfi et al, 1997), e nello specifico, il compartimento extracellulare, in termini relativi, è

aumentato a scapito di quello intracellulare. Nel complesso si nota la progressiva riduzione del volume degli organi viscerali, del muscolo scheletrico e della massa ossea.

Le complicanze della grave ipoalimentazione possono, di fatto, riguardare tutti gli organi ed apparati dell'organismo, ed alcune di esse possono assumere preminenza funzionale (Fairburn & Harrison, 2003; Athey, 2003, Russell et al., 1983b). Ryan et al. (1992) hanno valutato le alterazioni della funzionalità respiratoria in pazienti malnutrite affette da anoressia nervosa: essi hanno osservato una severa riduzione della forza dei muscoli respiratori e della resistenza dei muscoli ispiratori. Ziora et al hanno osservato una ridotta capacità inspiratoria e una diminuzione della ventilazione massimale dovuti all'indebolimento dei muscoli respiratori in pazienti malnutrite affette da DCA (Ziora et al., 2008). La presenza di miopatie scheletriche è stata largamente descritta in pazienti AN malnutrite (McLoughlin et al., 2000; McLoughlin et al., 1998). McLoughlin et al (1998) hanno osservato cambiamenti strutturali e funzionali del muscolo scheletrico nelle pazienti affette da AN dovute ad una evidente atrofia delle fibre di tipo 2. Gli stessi autori hanno inoltre dimostrato che il marcato decremento ponderale, caratteristico della AN, conduceva a una miopatia a livello del muscolo scheletrico associata all'atrofia delle fibre di tipo 2 e a un anomalo accumulo di glicogeno all'interno delle fibre muscolari (McLoughlin et al., 1998). Inoltre è stato ampiamente dimostrato che la malnutrizione causa una alterazione della contrazione muscolare (Lopes et al., 1982). Alterazioni della funzionalità muscolare sono state osservate non solo per i muscoli scheletrici ma anche in riferimento alla massa ventricolare e alla gittata sistolica che risulta ben al di sotto della norma (de Simone et al., 1994, Romano et al., 2003). Numerosi studi hanno descritto anomalie cardiache secondarie alla protratta malnutrizione in pazienti sottopeso affette da DCA. de Simone et al hanno descritto anomalie della motilità della valvola mitralica, una riduzione della massa del ventricolo destro e una disfunzione sistolica del ventricolo destro (de Simone et al., 1994). Nella malnutrizione secondaria all'AN si osserva una riduzione della gittata cardiaca che porta ad una ipotrofia del ventricolo destro, una condizione che è riconosciuta come un importante marker sia dello stato di nutrizione sia dell'indebolimento della massa muscolare (Romano et al., 2003). Alla luce delle conoscenze

sulla evidente riduzione della funzionalità muscolare in pazienti malnutriti, numerosi studi hanno valutato la FPM in condizioni di malnutrizione per difetto e hanno suggerito l'utilizzo di tale parametro funzionale come un importante indicatore dello stato di malnutrizione (Norman et al., 2005; Russell et al., 1983; Lennmarken et al., 1986; Vaz et al., 1996). Ad oggi lo studio di Martin et al (Martin et al., 1985) è l'unico presente in letteratura ad essersi interessato nello specifico alla valutazione della misura della FPM in pazienti malnutrite affette da DCA. Tale studio era stato condotto solo su 6 pazienti e presentava dati non molto dettagliati sulla misura della FPM ma ha evidenziato evidenti relazioni fra FPM e alcune variabili antropometriche.

5.2 OBIETTIVO DEL PROTOCOLLO SPERIMENTALE

Obiettivo di questo studio è stato quello di valutare la funzione muscolare mediante la misura della FPM in pazienti sottopeso affette da DCA. Inoltre sono state studiate le relazioni fra le evidenti alterazioni della composizione corporea secondarie alla malnutrizione in tali pazienti e la FPM.

5.3 INDIVIDUI E METODI

Campione sperimentale

Hanno partecipato allo studio pazienti affette da malnutrizione secondaria a DCA (DCA) e un gruppo di giovani donne controllo (CTR) normoalimentate. Nel primo caso sono state studiate 38 pazienti sottopeso (indice di massa corporea $< 18,5 \text{ kg/m}^2$) con diagnosi di disturbi del comportamento alimentare consecutivamente giunte per visita specialistica dal 2007 al 2009 presso l'Ambulatorio per i Disturbi del Comportamento Alimentare della Cattedra di Nutrizione Clinica, Università degli Studi di Napoli "Federico II". Il gruppo di pazienti malnutrite era composto da 19 pazienti affette da anoressia di tipo restrittivo (AN) e da 19 pazienti sottopeso affette da disturbi del comportamento alimentare non altrimenti specificati (DANAS). La diagnosi di AN e di DANAS è stata effettuata secondo i criteri del DSM-IV. Le 62 giovani donne controllo normoalimentate sono state reclutate fra le studentesse e il personale dell'Università degli Studi di

Napoli “Federico II”: esse presentavano un indice di massa corporea compreso fra 18,5 e 30,0 kg/m², normale ciclo mestruale e assenza di alterazioni del comportamento alimentare.

Criteri di esclusione comuni ai due gruppi sperimentali sono stati: patologie che influenzano la forza muscolare, presenza di protesi; artrite; diabete mellito; patologie organiche maggiori.

Metodi

Le misurazioni strumentali sono state effettuate in un'unica sessione nella prima parte della mattinata in pazienti o soggetti controllo a digiuno da 10-12 ore. Tutte le misure sono state effettuate sia sull'emilato dominante (D) sia sull'emilato non dominante (ND). La raccolta dei dati ha avuto luogo nella presso l'Ambulatorio per i Disturbi del Comportamento Alimentare della Cattedra di Nutrizione Clinica, Università degli Studi di Napoli “Federico II”.

Antropometria

- peso corporeo;
- altezza;
- indice di massa corporea;
- circonferenza del braccio;
- circonferenza ombelicale;
- circonferenza addominale;
- plica bicipitale;
- plica tricipitale;
- plica sottoscapolare;
- plica sovrailiaca.

Antropometria dell'arto superiore: variabili derivate

- circonferenza muscolare del braccio;
- area muscolare del braccio;
- area adiposa del braccio.

Lunghezze corporee

- lunghezza dell'arto superiore;

Bioimpedenziometria multifrequenza

- impedenza (Z) e angolo di fase (AF) per l'intero organismo;
- impedenza (Z) e angolo di fase (AF) per gli arti superiori.

Variabili bioimpedenziometriche derivate (multifrequenza)

- indice bioimpedenziometrico (Indice-BI) per l'intero organismo;
- indice bioimpedenziometrico (Indice-BI) per gli arti superiori.

Dinamometria della mano

Per i dettagli si rimanda al capitolo Metodi.

Statistica

Per i dettagli si rimanda al capitolo Metodi.

5.4 RISULTATI

Le caratteristiche generali del campione sperimentale sono descritte in Tabella 5.1. Età e altezza erano simili fra i due gruppi, mentre peso corporeo e IMC erano significativamente più bassi nel gruppo DCA rispetto al gruppo CTR.

Le circonferenze del braccio erano significativamente maggiori nel gruppo CTR rispetto al gruppo DCA per entrambi gli emilati (Tabella 5.2). Risultati simili erano ottenuti per la circonferenza ombelicale e sovrailiaca evidentemente maggiori nel gruppo CTR rispetto al gruppo DCA (Tabella 5.2). Come riassunto in Tabella 5.2, relativamente alle misure delle pliche adipose sottocutanee, nel gruppo CTR si notavano valori significativamente maggiori ($p < 0,001$) rispetto al gruppo DCA sia per la plica bicipitale sia per la plica tricpitale. Allo stesso modo la

plica sottoscapolare, sovrailiaca e addominale, analizzate come media dei due emilati, risultavano maggiori nel gruppo CTR rispetto al gruppo DCA (Tabella 5.2).

Le circonferenze muscolari, le aree muscolari e le aree lipidiche degli arti superiori per entrambi gli emilati erano ridotte nelle pazienti sottopeso malnutrite rispetto al gruppo di giovani donne controllo ($p < 0,001$, Tabella 5.3).

I due gruppi differivano significativamente ($p < 0,001$) l'uno dall'altro per tutte le variabili BIA considerate sia per le misure sull'intero organismo che per quelle relative agli arti superiori (Tabella 5.4). Come atteso, i valori medi della impedenza erano più elevati nel gruppo DCA rispetto al gruppo CTR. Al contrario, i valori osservati per l'angolo di fase erano significativamente più elevati nelle giovani donne controllo rispetto alle pazienti sottopeso malnutrite sia per l'intero organismo che per gli arti superiori (Tabella 5.4). Risultati simili erano ottenuti per l'indice BI che differiva anch'esso significativamente fra i due gruppi considerati: i valori erano più elevati nel gruppo CTR che nel gruppo DCA sia per l'intero organismo sia per gli arti superiori (Tabella 5.4).

Il valore della FPM, calcolato come valore massimo delle tre misure registrate, risultava significativamente inferiore ($p < 0,001$) nel gruppo DCA rispetto al gruppo CTR per entrambi gli emilati (Tabella 5.5, Figura 1). Nelle pazienti malnutrite sottopeso i valori della FPM variavano in media da 18,6 a 27,9 kg e da 17,9 a 26,8 kg, rispettivamente per l'emilato dominante e per l'emilato non dominante; nelle donne controllo i valori della FPM variavano da 22,7 a 32,5 kg e da 20,5 a 30,9 kg, rispettivamente per l'emilato dominante e per l'emilato non dominante. I valori di FPM per l'emilato dominante erano più elevati rispetto a quelli per l'emilato non dominante sia nel gruppo DCA che nel gruppo CTR, ma la differenza media fra i due emilati (calcolata come $[\text{FPMD}/\text{FPMND} \times 100] - 100$) era significativamente inferiore nelle pazienti sottopeso ($-1,0 \pm 1,7$ kg, $-4,3$ %) rispetto alle donne controllo ($-2,0 \pm 1,8$ kg, $-7,3$ %) sia considerando le differenze medie come valore assoluto sia come valore percentuale (Tabella 5.5).

Quando il valore della FPM era calcolato come media delle tre misure registrate, esso risultava significativamente inferiore ($p < 0,001$) nel gruppo DCA rispetto al gruppo CTR per entrambi

gli emilati (dati non riportati). Nelle pazienti malnutrite sottopeso i valori della FPM come valore medio erano di $22,6 \pm 4,5$ e $21,2 \pm 4,0$ kg, rispettivamente per l'emilato dominante e per l'emilato non dominante; nelle donne controllo i valori della FPM come valore medio erano di $26,5 \pm 5,1$ e $24,5 \pm 5,2$ kg, rispettivamente per l'emilato dominante e per l'emilato non dominante. Come emerso per i valori di FPM come valore massimo, anche la FPM come valore medio per l'emilato dominante era più elevata rispetto a quella per l'emilato non dominante in entrambi i gruppi. Tale la differenza fra i due emilati risultava inferiore a quella osservata per la FPM come valore massimo sia nelle pazienti sottopeso ($-0,87 \pm 1,9$ kg, $-3,1\%$) che nelle donne controllo ($-1,7 \pm 2,0$ kg, $-6,5\%$) (dati non riportati).

Considerando l'intero campione, per quanto interessa le caratteristiche generali, la FPM era strettamente correlata a peso corporeo, altezza e IMC per entrambi gli emilati e all'età solo per l'emilato dominante (dati non riportati) (Figura 5.2). La FPM era correlata nel gruppo DCA all'età per entrambi gli emilati e all'altezza solo per l'emilato non dominante; una debole relazione era presente fra FPM e peso corporeo per entrambi gli emilati. Come atteso, nel gruppo CTR la FPM era correlata al peso corporeo e all'altezza per entrambi gli emilati, ma non all'età. In entrambi i gruppi la FPM non risultava correlata all'IMC (Tabella 5.6).

Considerando l'intero campione, le variabili antropometriche relative agli arti superiori erano tutte strettamente associate alla misura della FPM per entrambi gli emilati (dati non riportati).

Nel gruppo CTR la circonferenza muscolare e l'area muscolare degli arti superiori per entrambi gli emilati erano strettamente associate alla FPM mentre nel gruppo DCA non risultava alcuna relazione significativa fra FPM e variabili di antropometria dell'arto superiore (Tabella 5.6).

Dall'analisi delle correlazioni lineari semplici tra FPM e variabili bioimpedenziometriche, considerando l'intero campione, la FPM risultava correlata all'impedenza, all'indice bioimpedenziometrico sia per l'intero organismo che per gli arti superiori per entrambi gli emilati (dati non riportati). Risultava comunque chiaramente che le relazioni della FPM con l'indice BI erano molto più strette rispetto a quelle con la misura dell'impedenza. La FPM era direttamente correlata all'angolo di fase per l'intero organismo su entrambi gli emilati mentre era correlata all'an-

golo di fase dell'arto superiore solo per l'emilato non dominante (dati non riportati) (Figure 5.3).

Considerando il gruppo DCA, la FPM per l'emilato non dominante era correlata all'indice BI per l'intero organismo (una debole relazione era osservata per l'emilato dominante) e all'indice BI per gli arti superiori su entrambi gli emilati. Nessuna relazione era osservata fra FPM e impedenza sia per l'intero organismo che per gli arti superiori per entrambi gli emilati.

Nel gruppo di donne controllo, la FPM era strettamente correlata all'indice BI per l'intero organismo e per gli arti superiori su entrambi gli emilati mentre era associata all'impedenza per entrambi gli arti superiori (Tabella 5.7). Nessuna relazione significativa era presente tra FPM e impedenza così come angolo di fase nel gruppo di pazienti malnutrite sottopeso, mentre nel gruppo di giovani donne sane risultava una stretta relazione fra FPM e angolo di fase sia per l'intero organismo che per l'arto superiore dominante (una debole relazione era osservata fra la FPM e l'angolo di fase per l'arto superiore non dominante).

Le differenze relative alla misura della FPM erano evidenti fra i due gruppi sperimentali, ma tale differenza scompariva dopo correzione per peso corporeo (Figura 5.2 e Tabella 5.8).

I modelli lineari generali erano i seguenti:

emilato dominante

$$\text{FPM} = 13,063 + 0,265 \times \text{peso}$$

($r=0,458$, $p<0,001$, errore standard della stima=4,682 kg);

una lieve associazione con l'età era osservata solo per l'emilato dominante ($p=0,067$) probabilmente dovuta alla fisiologica maturazione del muscolo con l'età;

emilato non dominante

$$\text{FPM} = 13,398 + 0,228 \times \text{peso}$$

($r=0,403$, $p<0,001$, errore standard della stima=4,708 kg).

Considerando i due gruppi separatamente, la combinazione dell'età e delle variabili antropometriche indicava un effetto dell'età oltre che del peso corporeo nelle pazienti malnutrite sottopeso,

mentre il peso corporeo risultava il solo predittore della misura della FPM nelle giovani donne controllo.

Come riassunto in Tabella 5.7, le correlazioni lineari semplici dimostravano una serie di associazioni significative della FPM con le variabili bioimpedenziometriche sia per l'intero organismo che per gli arti superiori. Dopo correzione per indice BI, non vi erano differenze relative alla misura della FPM fra i due gruppi sperimentali

L'indice BI risultava predittore della misura della FPM per entrambi gli emilati secondo i modelli lineari generali descritti sia per l'intero organismo che per gli arti superiori erano i seguenti (Tabella 5.9, Figure 5.3 e 5.4):

intero organismo, emilato dominante:

$$\text{FPM} = 9,487 + 0,413 \times \text{indice BI}$$

($r=0,440$, $p<0,001$, errore standard della stima=4,729 kg).

intero organismo, emilato non dominante:

$$\text{FPM} = 9,073 + 0,387 \times \text{indice BI}$$

($r=0,414$, $p<0,001$, errore standard della stima=4,683 kg).

arto superiore dominante:

$$\text{FPM} = 11,641 + 2,123 \times \text{indice BI}$$

($r=0,470$, $p<0,001$, errore standard della stima=4,585 kg).

arto superiore non dominante:

$$\text{FPM} = 10,596 + 2,083 \times \text{indice BI}$$

($r=0,469$, $p<0,001$, errore standard della stima=4,425 kg).

Considerando i due gruppi separatamente, la combinazione delle variabili bioimpedenziometriche per l'intero organismo indicava un effetto dell'angolo di fase oltre che dell'indice BI nelle giovani donne controllo, mentre l'indice BI risultava il solo predittore della misura della FPM nelle pazienti malnutrite sottopeso. Lo stesso tipo di analisi condotta sugli arti superiori indicava un effetto dell'angolo di fase oltre che dell'indice BI nelle giovani donne controllo solo per l'e-

milato dominante, mentre l'indice BI risultava il solo predittore della misura della FPM nelle giovani donne controllo per l'emilato non dominante e per entrambi gli emilati nelle pazienti malnutrite sottopeso (dati non riportati).

5.5 DISCUSSIONE

La malnutrizione è uno stato di alterazione funzionale, strutturale e di sviluppo dell'organismo conseguente allo squilibrio tra i fabbisogni nutrizionali specifici e introito o utilizzazione dei nutrienti essenziali. Nonostante la malnutrizione sia molto frequente fra i pazienti affetti da diverse patologie acute e/o croniche in relazione più o meno stretta con lo stato di nutrizione e in pazienti ospedalizzati, tale stato viene spesso sottostimato o non riconosciuto. Accanto alla valutazione della composizione corporea, negli ultimi decenni anche la misura della FPM è risultata un buon indicatore funzionale dello stato di malnutrizione per difetto. Alterazioni della funzionalità muscolare sono state ampiamente descritte in soggetti malnutriti così come riflesso dalla riduzione della FPM (Norman et al., 2005; Russell et al., 1983; Lenmarken et al., 1986; Vaz et al., 1996) anche se la patogenesi di tale disfunzione non è ben chiara. Per quanto interessa le patologie epatiche, per cominciare, la prevalenza di malnutrizione è risultata più elevata utilizzando la FPM rispetto ai classici metodi di screening nutrizionale quali Subjective Global Assessment (SGA) e Prognostic Nutritional Index (PNI) (Álvares da Silva et al., 2005). La FPM sembrava inoltre in grado di identificare i pazienti malnutriti già nei primi stadi, diversamente dall'SGA utile in fasi più avanzate della malattia. Un più recente lavoro (Ferreira et al., 2010) ha confermato l'elevata frequenza con cui nei pazienti cirrotici si osserva una alterazione della FPM rispetto ad anomalie di altre variabili dello stato di nutrizione. Relativamente frequente è anche la misura della FPM nelle patologie renali. In pazienti affetti da insufficienza renale cronica la FPM è associata con altre variabili dello stato di nutrizione quali massa magra, albumina sierica ed SGA (Wang et al., 2001; Qureshi et al., 1998). La FPM risulta anche negativamente correlata alla presenza di uno stato infiammatorio (Axelsson et al., 2004), a una condizione di iperidratazione (Cheng et al., 2005), alle alterazioni della parete vascolare (Gu et al., 2008) e al

grado di autonomia nelle comuni attività giornaliere (Brodin et al., 2001). In termini ancor più direttamente operativi Yurdalan et al. (2007) hanno utilizzato la misura della FPM nella valutazione complessiva della efficienza (fitness) neuromuscolare in pazienti in HD come parte di una serie di test standardizzati (Eurofit, 1993). Si è pure dimostrato come la FPM sia particolarmente ridotta in presenza di una diminuzione della massa proteica dell'organismo (Peng et al., 2007). La misura della FPM è stata inoltre utilizzata come parametro predittivo di morbosità e mortalità. Una riduzione della forza muscolare si osserva nei pazienti affetti da Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) e la FPM risulta associata sia con più frequenti periodi di ospedalizzazione che con la frequenza di episodi acuti (Vilaró et al., 2010). Una minore FPM è anche fattore di rischio per il manifestarsi di scompenso cardiaco nei pazienti in dialisi peritoneale (Wang et al., 2010) e si associa ad un numero più elevato di complicanze in pazienti con cirrosi (Alvares-da-Silva et al., 2005). La FPM è inoltre in grado di predire il peggioramento dello stato funzionale durante il ricovero ospedaliero (Humphreys et al. 2002) e la comparsa di complicanze post-operatorie in pazienti chirurgici (Cook et al., 2001; Bohannon et al., 2008). Per quanto interessa la popolazione anziana, studi epidemiologici hanno messo in relazione la FPM con una più bassa prevalenza di malattie cardiovascolari come evidenziato da Gale et al. (2007) in un lavoro condotto su pazienti di età > 65 anni in differenti aree geografiche della Gran Bretagna. In termini prospettici, Silventoinen et al. (2009) hanno di recente pubblicato dei dati inconsueti dimostrando una relazione fra la FPM determinata alla visita di leva e successiva comparsa nel tempo (decenni) di malattia coronarica o ictus. Considerando la FPM come predittore di morbilità, in riferimento a specifiche patologie, la FPM è risultata direttamente associata alla sopravvivenza in pazienti di genere maschile con insufficienza renale in fase avanzata (Stenvinkel et al., 2002) così come in pazienti in dialisi peritoneale (Wang et al., 2005). Numerosi studi hanno messo in evidenza, su periodi di follow-up molto variabili, come valori ridotti di FPM siano predittori indipendenti di mortalità in età geriatrica (Bohannon et al., 2008). Ling et al. (2010), in uno studio di tipo prospettico hanno dimostrato che la riduzione della misura

della FPM è associata ad un evidente aumento della mortalità anche in individui d'età particolarmente avanzata (le misure erano effettuate a 85 anni e 89 anni).

Il nostro studio si inserisce quindi in quelle che sono le attività proprie della sorveglianza nutrizionale che così come definita (Ferro-Luzzi & Leclercq 1993; Kelly et al., 1988; World Health Organization Study Group, 1976) richiede l'uso di metodiche semplici e di basso costo, ma in grado di fornire dati interpretabili e di validità scientifica. Vaz et al (1996) suggerivano l'utilizzo della misura della FPM come un semplice e valido indicatore funzionale che insieme all'IMC era capace di delineare chiaramente lo stato di malnutrizione fra i soggetti sottopeso affetti da Chronic Energy Deficiency. In totale accordo con quanto descritto dalla letteratura, i valori della FPM osservati nel nostro studio erano chiaramente ridotti nelle pazienti sottopeso malnutrite affette da DCA, così come descritto dagli studi che si sono interessati di valutazione dello stato di nutrizione in popolazioni che vivono in Paesi in via di Sviluppo condotti in gruppi di rifugiati del Rwanda (Pieterse 2002) e in gruppi rurali del Malawi (Chilima et al., 2001) e dell'Etiopia (Lemma et al, 2008). In media la FPM nel gruppo DCA era inferiore di circa 4 e 3 kg, rispettivamente per gli emilati dominante e non dominante, rispetto al gruppo di giovani donne sane. Ad oggi, lo studio di Martin et al (1985) è l'unico presente in letteratura che si sia interessato della valutazione della FPM in pazienti malnutrite affette da DCA. Nello specifico lo studio è stato condotto in un gruppo di pazienti affetti da malnutrizione per difetto secondaria a varie patologie, fra cui 6 pazienti di genere femminile affette da Anoressia Nervosa di età compresa fra 20 e 26 anni. Relativamente alla valutazione della composizione corporea, questo studio ha fornito risultati sostanzialmente attesi. Le circonferenze corporee così come lo spessore delle pliche erano maggiori nel gruppo di giovani donne sane rispetto al gruppo di pazienti malnutrite sottopeso. Risultati simili erano ottenuti anche per le misure della circonferenza e dell'area muscolare del braccio. Vari studi si sono interessati delle relazioni fra FPM e alcune variabili antropometriche sia in adulti sani e normopeso (Hornby et al., 2005; Gunter et al., 2008; Anakwe et al., 2007; Budziarek et al., 2008) che in adulti e anziani malnutriti ottenendo risultati non sempre concordi. Alcuni autori hanno dimostrato una stretta associazione della misura della

FPM con l'area muscolare del braccio e l'IMC in gruppi di anziani sottopeso e malnutriti indicando quindi l'IMC come un indice sia della massa grassa che della massa muscolare (Chilima et al., 2001; Pieterse et al., 2002). Al contrario, altri studi hanno dimostrato che in soggetti affetti da malnutrizione la misura della FPM era più strettamente correlata alle variabili relative alla massa muscolare degli arti superiori, come area muscolare del braccio e dell'avambraccio, che all'IMC, che indirettamente è espressione della massa grassa (Vaz et al., 1996; Lemma et al., 2008). I risultati ottenuti nel nostro studio condotto in giovani donne indicano una debole ma significativa relazione fra FPM e peso corporeo mentre nessuna relazione era osservata con l'IMC sia nelle pazienti sottopeso malnutrite che nelle donne sane. In particolare è chiara una stretta associazione dell'altezza e delle aree e circonferenze muscolari del braccio con la FPM nelle donne sane mentre tali associazioni non sono presenti nelle pazienti malnutrite. Simili risultati erano ottenuti anche dallo studio di Martin et al. (1985) in cui, tra le variabili antropometriche capaci di influenzare la misura della FPM, emergeva una stretta relazione con l'area muscolare dell'avambraccio e del braccio nel gruppo di adulti sani. Per quanto interessa i risultati ottenuti da questo studio, è chiaro che una volta corretta la FPM per peso corporeo, e quindi andando a valutare la forza muscolare per unità di peso corporeo, scompaiono le differenze relative alla misura della FPM fra i due gruppi sperimentali considerati. Infine una stretta associazione è evidente fra FPM e età solo nelle pazienti malnutrite. Uno degli obiettivi dello studio è stato inoltre di valutare le relazioni fra FPM e variabili bioimpedenziometriche in condizioni di malnutrizione secondaria a DCA, un argomento di particolare interesse e nuove rispetto alla letteratura. La BIA è stata utilizzata in diversi studi che si sono occupati di pazienti con anoressia nervosa (Pirke et al., 1989; Hannan et al., 1990; Casper et al., 1991; Scalfi et al., 1993; Hannan et al., 1993; Krahn et al., 1993; Scalfi et al., 1994; Pichard et al., 1996; Birmingham et al., 1996; Pencharz & Azcue, 1996; Scalfi et al., 1997; Moukaddem et al., 1997; Polito et al., 1998; Scalfi et al., 1999; Polito et al., 2000; Barendregt et al., 2002; Vaz et al., 2002; Bedogni et al., 2003; Mika et al., 2004; Marra et al., 2005; Piccoli et al., 2005; Bosy-Westphal et al., 2005). Gli obiettivi sono stati variabili: in alcuni casi la BIA è stata sfruttata semplicemente per la stima della composizione

corporea così come viene fornita dal software dello strumento (Krahn et al., 1993; Pichard et al., 1996; Mika et al., 2004; Bosy-Westphal et al., 2005), in altri per lo sviluppo di equazioni predittive specifiche (Hannan et al., 1990; Hannan et al., 1996; Scalfi et al., 1997; Bedogni et al., 2003) o per effettuare un confronto con altre metodiche di rilevamento della composizione corporea (Hannan et al., 1990; Casper et al., 1991; Hannan et al., 1996; Birmingham et al., 1996; Piccoli et al., 2005; Bosy-Westphal et al., 2005). Prima di tutto, i parametri BIA sono stati considerati tal quali, ovvero senza trasformazione di tali dati in stime della composizione corporea, secondo un'impostazione che è ormai riconosciuta come valida soprattutto nello studio dei pazienti malnutriti o con alterazioni dei compartimenti idrici dell'organismo (Kyle et al., 2004a e 2004b). Inoltre le misurazioni sono state effettuate sia per l'intero organismo che per gli arti superiori mediante un bioimpedenziometro monofrequenza che permette la misura della impedenza (Z) e dell'angolo di fase (AF) a 50 kHz. Come atteso, i valori di indice BI erano ridotti nelle pazienti malnutrite, sia per l'intero organismo che per gli arti superiori, rispetto alle giovani donne sane a indicare una minore quantità di acqua corporea e indirettamente di massa magra (Scalfi et al., 1997, Marra et al., 2005). Interessanti sono apparsi i dati relativi alle relazioni fra FPM e indice variabili BIA. In primo luogo le relazioni fra FPM e misura dell'impedenza sono chiaramente scarse, eccetto che per gli arti superiori nelle giovani donne sane. L'indice BI per l'intero organismo è maggiormente correlato alla FPM che non il peso corporeo e ancora più strette sono le relazioni con l'indice BI dell'arto superiore sia nelle giovani donne controllo che nelle pazienti sottopeso malnutrite. Tale osservazione suggerisce, almeno indirettamente, che l'indice BI per l'intero organismo, e in modo ancor più evidente per l'arto superiore, appare una variabile che è reale espressione della corrispondente massa muscolare. Inoltre la riduzione della FPM nelle pazienti malnutrite appare chiaramente proporzionale all'indice BI tanto che le differenze fra i due gruppi scompaiono quando l'indice BI è considerato come covariata e tale osservazione è valida sia per l'intero organismo che per gli arti superiori. In accordo con quanto riportato dalla letteratura, l'angolo di fase è marcatamente ridotto nelle pazienti malnutrite (Scalfi et al., 1992; Scalfi et al., 1999; Polito et al., 1998), sia per l'intero organismo che per gli

arti superiori. L'angolo di fase è considerato un indicatore di massa cellulare o del rapporto fra acqua intracellulare ed acqua extracellulare. Nello specifico tale parametro rappresenta la sfasatura della fase dopo che la corrente elettrica subisce attraversando i tessuti dell'organismo, un fenomeno presumibilmente dovuto alla presenza di membrane cellulari. Relativamente sorprendenti sono i risultati ottenuti dallo studio delle relazioni fra FPM e AF. I dati di questo studio indicano chiaramente che nel gruppo di controllo vi sono strette relazioni fra FPM e AF e questo vale sia per l'intero organismo che per gli arti superiori (in particolare per l'emilato dominante). Al contrario, nelle pazienti malnutrite non vi sono relazioni fra FPM e AF sia per l'intero organismo sia per l'arto superiore.

5.6 CONCLUSIONI

In campo nutrizionale la misura di forza di presa della mano è un metodo riproducibile, di semplice applicazione e non costoso che permette una valutazione funzionale dello stato di nutrizione. La misura della forza di presa della mano, insieme alle misure antropometriche e all'analisi bioimpedenziometrica, può essere utilizzata nella pratica clinica per una valutazione rapida e affidabile di pazienti in stato di malnutrizione per difetto.

Tabella 5.1

Caratteristiche generali in 38 pazienti sottopeso affette da DCA e 62 donne controllo.

		Pazienti sottopeso		Gruppo di		
		con DCA		controllo		
		(n. 38)		(n. 62)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
Età	<i>anni</i>	22,3	4,1	23,1	3,9	<i>0,366</i>
Peso	<i>kg</i>	40,1	4,9	53,9	6,6	<i>0,001</i>
Altezza	<i>cm</i>	160	5	160	6	<i>0,483</i>
IMC	<i>kg/m²</i>	15,8	1,9	20,9	2,1	<i>0,001</i>

DS, deviazione standard; IMC, indice di massa corporea

Tabella 5.2

Circonferenze corporee e pliche adipose sottocutanee per gli emilati dominante e non dominante in 38 pazienti sottopeso affette da DCA e 62 donne controllo.

	Pazienti sottopeso con DCA (n. 38)		Gruppo di controllo (n. 62)		<i>p</i>
	Media	DS	Media	DS	
Circonferenze (cm)					
Circonferenza braccio D	19,7	2,4	25,5	2,2	0,001
Circonferenza braccio ND	19,6	2,4	25,4	2,1	0,001
Circonferenza ombelicale	65,1	3,6	76,2	6,3	0,015
Circonferenza sovrailiaca	75,8	4,9	88,4	6,35	0,001
Pliche (mm)					
Plica bicipitale D	2,8	0,9	5,2	1,7	0,001
Plica bicipitaleND	2,9	1,0	5,5	1,9	0,001
Plica tricipitale D	6,5	2,5	12,3	2,7	0,001
Plica tricipitale ND	6,5	2,6	12,3	2,6	0,001
Plica sottoscapolare	6,7	1,8	10,1	3,1	0,001
Plica sovrailiaca	6,2	2,8	12,2	3,5	0,001

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante.

Tabella 5.3

Antropometria dell'arto superiore per gli emilati dominante e non dominante in 38 pazienti sottopeso affette da DCA e 62 donne controllo.

		Pazienti sottopeso		Gruppo di		
		con DCA		controllo		
		(n. 38)		(n. 62)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
Circonferenza Muscolare Braccio D	<i>cm</i>	17,7	1,9	21,7	1,6	0,001
Circonferenza Muscolare Braccio ND	<i>cm</i>	17,5	1,8	21,6	1,6	0,001
Area Muscolare Braccio D	<i>cm²</i>	25,1	5,1	37,6	5,7	0,001
Area Muscolare Braccio ND	<i>cm²</i>	24,8	4,9	37,3	5,5	0,001
Area Lipidica Braccio D	<i>cm²</i>	6,3	2,8	14,7	4,1	0,001
Area Lipidica Braccio ND	<i>cm²</i>	6,3	2,9	14,6	3,9	0,001

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante.

Tabella 5.4

Variabili bioimpedenziometriche per l'intero organismo e per l'arto superiore per gli emilati dominante e non dominante in 38 pazienti sottopeso affette da DCA e 62 donne controllo.

		Pazienti sottopeso con DCA (n. 38)		Gruppo di controllo (n. 62)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
Intero organismo						
Z	<i>ohm</i>	709	79	619	60	<i>0,001</i>
Indice BI	<i>cm²/ohm</i>	36,4	4,6	42,0	4,9	<i>0,001</i>
AF	<i>gradi</i>	5,84	0,84	6,61	0,56	<i>0,001</i>
Arto superiore D						
Z	<i>ohm</i>	363	43	310	32	<i>0,001</i>
Indice BI	<i>cm²/ohm</i>	6,1	0,9	7,2	1,1	<i>0,001</i>
AF	<i>gradi</i>	4,99	0,72	5,53	0,65	<i>0,001</i>
Arto superiore ND						
Z	<i>ohm</i>	370	44	312	32	<i>0,001</i>
Indice BI	<i>cm²/ohm</i>	6,0	0,8	7,2	1,0	<i>0,001</i>
AF	<i>gradi</i>	4,93	0,71	5,37	0,62	<i>0,002</i>

DS, deviazione standard; D, emilato dominante; ND, emilato non dominante; Indice BI, indice bioimpedenziometrico; AF, angolo di fase.

Tabella 5.5

Forza di presa della mano per gli emilati dominante e non dominante in 38 pazienti sottopeso affette da DCA e 62 donne controllo.

		Pazienti sottopeso con DCA (n. 38)		Gruppo di controllo (n. 62)		
		Media	DS	Media	DS	<i>p</i>
FPM-emilatoD	<i>kg</i>	23,3	4,7	27,6	4,9	<i>0,001</i>
FPM-emilatoND	<i>kg</i>	22,4	4,4	25,7	5,2	<i>0,002</i>
Differenza FPMND-D	<i>kg</i>	-0,8	1,7	-1,9	2,0	<i>0,013</i>
Differenza FPMND-D	<i>%</i>	-3,4	8,0	-6,9	7,6	<i>0,032</i>

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante; FPMND-D, differenza fra forza di presa della mano emilato non dominante e dominante.

Tabella 5.6

Correlazioni lineari semplici tra valori di Forza di Presa della Mano e età e principali caratteristiche antropometriche per gli emilati dominante e non dominante in 38 pazienti sottopeso affette da DCA e 62 donne controllo.

		Pazienti sottopeso con DCA (n. 38)		Gruppo di controllo (n. 62)	
		FPMD	FPMND	FPMD	FPMND
Età	r	0,476	0,378	0,037	0,027
	p	0,003	0,019	0,775	0,835
Peso	r	0,320	0,319	0,246	0,252
	p	0,051	0,051	0,054	0,048
Altezza	r	0,259	0,330	0,303	0,375
	p	0,116	0,043	0,017	0,003
IMC	r	0,187	0,157	0,083	0,049
	p	0,260	0,348	0,520	0,708
Circonferenza Muscolare Braccio	r	0,252	0,164	0,273	0,270
	p	0,127	0,324	0,032	0,034
Area Muscolare Braccio	r	0,239	0,143	0,272	0,266
	p	0,149	0,393	0,033	0,037
Area Lipidica Braccio	r	-0,035	-0,083	0,119	0,050
	p	0,834	0,619	0,365	0,698

DS, deviazione standard; FPMD e FPMND, forza di presa della mano emilato dominante e non dominante; IMC, indice di massa corporea.

Tabella 5.7

Correlazioni lineari semplici tra valori di Forza di Presa della Mano e variabili bioimpedenziometriche per gli emilati dominante e non dominante in 38 pazienti sottopeso affette da DCA e 62 donne controllo.

		Pazienti sottopeso con DCA (n. 38)		Gruppo di controllo (n. 62)	
		FPMD	FPMND	FPMD	FPMND
Intero organismo					
Impedenza	r	-0,194	-0,183	-0,125	-0,069
	p	0,243	0,270	0,333	0,596
Indice BI	r	0,308	0,331	0,310	0,306
	p	0,060	0,042	0,014	0,015
AF	r	-0,009	0,002	0,291	0,232
	p	0,960	0,991	0,022	0,069
Arto superiore					
Impedenza	r	-0,119	-0,131	-0,177	0,335
	p	0,478	0,433	0,017	0,008
Indice BI	r	0,422	0,433	0,305	0,335
	p	0,008	0,007	0,017	0,008
AF	r	0,009	-0,020	0,332	0,133
	p	0,956	0,906	0,008	0,303

DS, deviazione standard; FPMD e FPMND, forza di presa della mano emilato dominante e non dominante; Indice BI, indice bioimpedenziometrico; AF, angolo di fase.

Tabella 5.8

Relazioni tra Forza di Presa della Mano e variabili bioimpedenziometriche per l'intero organismo e l'arto superiore sia per l'emilato dominante che non dominante nell'intero campione considerato (n. 100).

INTERO ORGANISMO						
FPM-emilatoD	r	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI	0,440	4,729	9,487	3,424	0,413	0,085
FPM-emilatoND	r	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI	0,414	4,683	9,073	3,453	0,387	0,086
ARTI SUPERIORI						
FPM-emilatoD	r	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI	0,470	4,585	11,641	2,784	2,123	0,404
FPM-emilatoND	r	SEE (kg)	intercetta	(SE)	coefficiente	(SE)
Indice BI	0,469	4,425	10,596	2,712	2,083	0,398

DS, deviazione standard; Indice BI, indice bioimpedenziometrico; D e ND, dominante e non dominante

Figura 5.1

Valori di Forza di Presa della Mano per l'emilato dominante e non dominante in 38 pazienti sottopeso affette da DCA e 62 donne controllo.

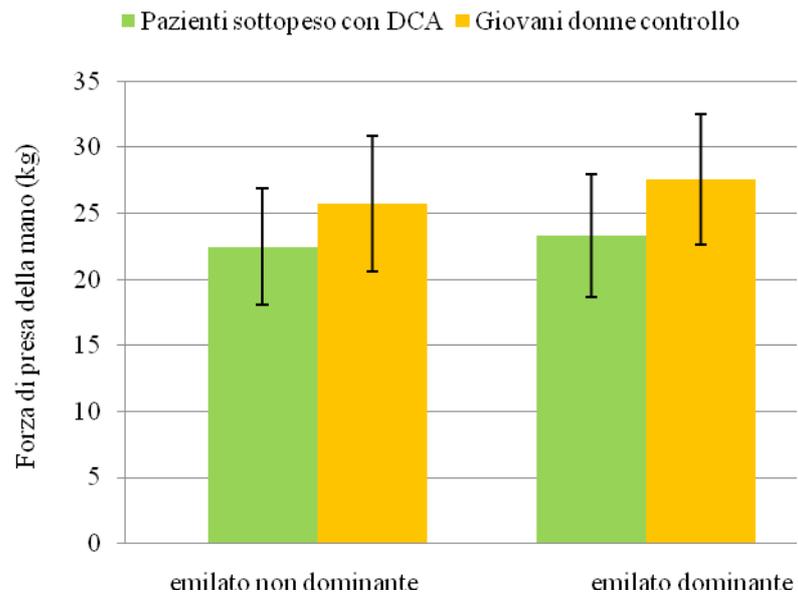


Figura 5.2

Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano per l'emilato dominante e peso corporeo in 38 pazienti sottopeso affette da DCA e 62 donne controllo.(per le regressioni vedi tabella 5.6).

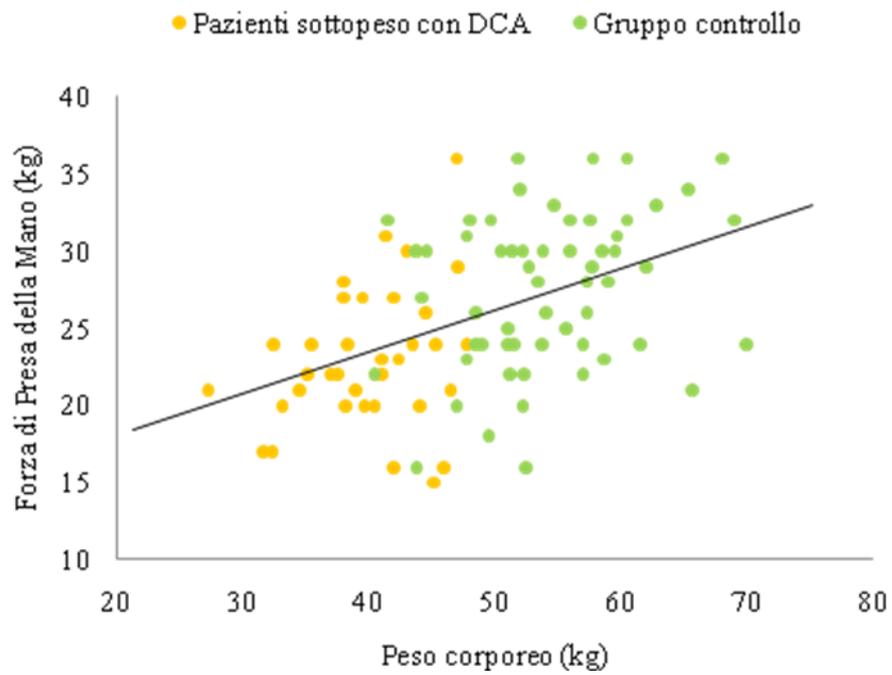


Figura 5.3

Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano per l'emilato dominante e indice bioimpedenziometrico per l'intero organismo in 38 pazienti sottopeso affette da DCA e 62 donne controllo (per le regressioni vedi tabella 5.7).

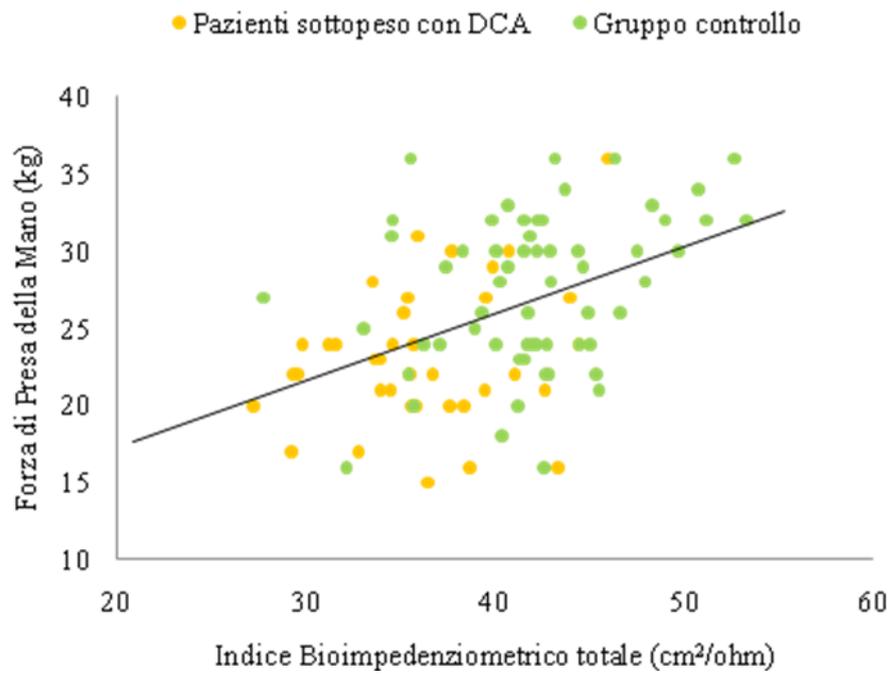
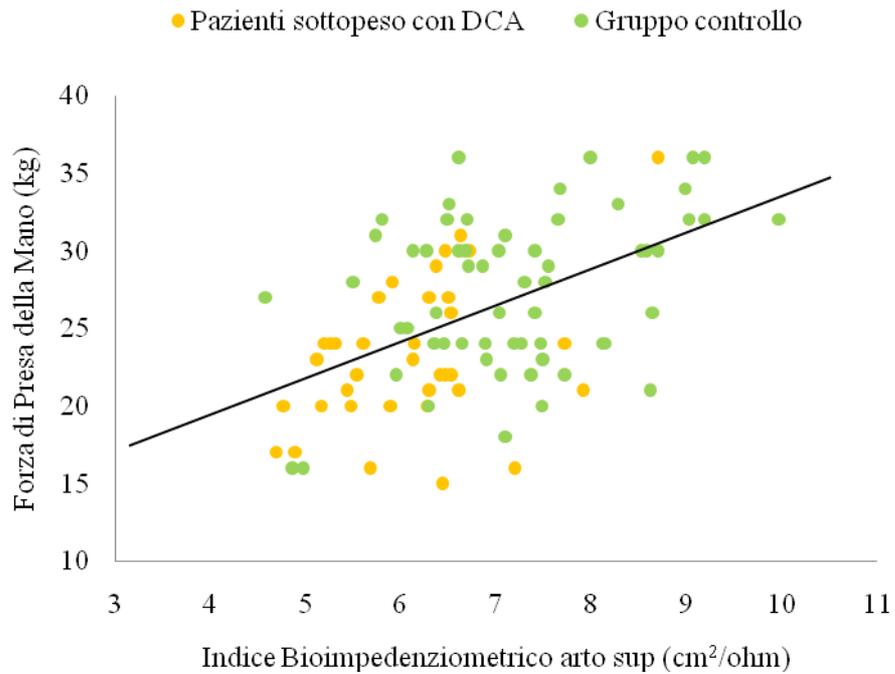


Figura 5.4

Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano e l'indice bioimpedenziometrico per l'arto superiore dominante 38 pazienti sottopeso affette da DCA e 62 donne controllo (per le regressioni vedi tabella 5.7).



FORZA DI PRESA DELLA MANO IN ADULTI OBESI

6.1 INTRODUZIONE

L'obesità è definita come un accumulo eccessivo di grasso corporeo che colpisce negativamente lo stato di salute. Secondo le linee guida fornite dalla WHO, l'obesità può essere definita sulla base di un BMI ≥ 30 kg/m² e l'obesità "centrale", ovvero l'accumulo di tessuto adiposo localizzato a livello addominale, si ha in presenza di una circonferenza addominale superiore a 102cm negli uomini e 88cm nelle donne. L'obesità e, in particolare, l'obesità centrale sono considerati fattori di rischio per malattia cardiovascolare, diabete mellito di tipo 2, dislipidemia, ipertensione, alcuni tipi di cancro ed patologie osteo-articolari (He et al., 2005, Villareal et al., 2005). L'obesità centrale è anche associata complessivamente con la mortalità totale (Woo et al., 2002; Koster et al., 2008) e può richiedere assistenza domiciliare o ricovero in casa di cura (Zizza et al., 2002; Jensen et al., 2006). Una recente valutazione ha quantificato i costi attribuibili a sovrappeso ed obesità come pari al 9% dei costi totali relativi alle cure sanitarie (Finkelstein et al., 2003). Inoltre, diversi studi mostravano un'alta prevalenza di "frailty" (fragilità), degradazione cartilaginea e ridotta capacità fisica e funzionale tra i soggetti con elevati IMC, circonferenza addominale e massa grassa (Visser et al., 1998; Sternfeld et al., 2002; Braumgartner et al., Villareal et al., 2004). Maffioletti et al. (2007) hanno presentato i risultati ottenuti da uno studio caso/controllo condotto su giovani adulti con età media di 25 anni: i soggetti obesi mostravano valori di forza muscolare del muscolo quadricipite inferiori rispetto ai controlli normopeso. Risultati simili venivano osservati da Duvigneaud et al. (2008) su un gruppo di 1440 adulti di età compresa tra 18 e 75 anni. Una recente review di Tsiros et al. (2010) ha preso in considerazione la letteratura disponibile sugli studi svolti in età pediatrica: gli autori mettevano in evidenza come i bambini obesi presentassero una ridotta fitness cardiorespiratoria accompagnata da una scarsa forza muscolare rispetto ai coetanei normopeso. Mc Guigan et al. (2009), inve-

ce, hanno valutato le conseguenze dell'esercizio fisico costante in bambini precedentemente sovrappeso o obesi. Nel campione analizzato, un periodo di allenamento di otto settimane era sufficiente a determinare cambiamenti positivi nella massa magra e nella forza muscolare, seguiti anche dal calo ponderale.

Tessuto muscolare: caratteristiche fisiologiche ed implicazioni metaboliche

Recentemente, l'attenzione degli studiosi si focalizzata sul contenuto, sulla localizzazione e sulla composizione delle riserve lipidiche nell'organismo. In effetti, il grasso viene accumulato non solo negli adipociti, ma anche "ectopicamente" in altri tessuti tra cui il muscolo scheletrico (o il fegato). La presenza di riserve lipidiche nelle strutture anatomiche del muscolo scheletrico fu osservata per la prima volta da Denton & Randle (1967) nei ratti e da Dagenais et al. (1976) nel muscolo dell'avambraccio umano. Nei soggetti obesi è possibile constatare la presenza di goccioline lipidiche nello spazio perivascolare (perivascular lipids), tra le fibre muscolari (interfibrillar lipids) e all'interno delle fibre (intramyocellular lipids) del muscolo scheletrico (Greco et al., 2002). Come evidenziato da Howald et al. (2002), nei soggetti obesi l'aumento del tessuto adiposo e delle concentrazioni plasmatiche di lipidi si traduceva con un aumento del grasso intramiocellulare (IMCL). L'IMCL svolge un ruolo fisiologico ben identificato, infatti, le goccioline lipidiche si trovano nel sarcoplasma, a stretto contatto con i mitocondri: i lipidi sono ossidati nei mitocondri per formare l'ATP necessario per la contrazione muscolare durante le fasi di intensa attività del muscolo scheletrico, come, ad esempio, nell'esercizio fisico (Hoppeler et al., 1986). Infatti, mentre gli acidi grassi conservati nel tessuto adiposo sotto forma di trigliceridi devono subire la lipolisi, essere rilasciati nel sangue ed, infine, essere trasportati al muscolo per l'ossidazione, i lipidi intramiocellulari sono una riserva di energia immediatamente disponibile. Tuttavia, Vogt et al. (2003) hanno dimostrato come l'aumento dei livelli plasmatici di acidi grassi o del contenuto lipidico della dieta facesse aumentare il contenuto di IMCL, suggerendo che il muscolo scheletrico si comportasse da deposito di grassi semplicemente quando la disponibilità di acidi grassi era elevata. In queste condizioni, la presenza di depositi adiposi nel tessuto muscolare può determinare conseguenze negative sulla sensibilità insulinica, quindi, l'insuli-

no resistenza, ovvero la condizione in cui l'insulina prodotta dal pancreas diventa meno efficace nel ridurre i livelli di glucosio nel sangue. Ciò risulta essere in contrasto con l'osservazione che la quantità di IMCL aumenta durante l'intensa attività fisica, tanto da venir considerato nella letteratura come il "training paradox" (Goodpaster et al., 2001). In conclusione, l'IMCL può aumentare per due motivi: un aumento funzionale, in risposta ad un'esigenza fisiologica, laddove all'aumentare dei lipidi intramiocellulari corrisponde, allo stesso tempo, un aumento della capacità ossidativa degli stessi, o un aumento patofisiologico, dovuto ad un continuo eccesso di grassi, che non è però accompagnato da un aumento della capacità ossidativa. Nello studio sopracitato, Goodpaster et al. sottolineavano l'importanza di quest'ultimo elemento nel determinare la sensibilità insulinica, ancor più del contenuto in IMCL. Nel ricercare una spiegazione fisiologica per la relazione esistente tra IMCL e sensibilità insulinica, è stato dimostrato che diversi intermedi del metabolismo lipidico, come i diacilglicerolo e l'acil-CoA, possono interferire con il segnale insulinico (Schulman, 2004) diminuendone l'azione. A sostegno di tale teoria, Borkman et al. (1993) riportavano l'esistenza di una relazione inversa tra azione insulinica e composizione in acidi grassi dei fosfolipidi nel muscolo scheletrico, Pan et al. (1997) con i livelli di trigliceridi nel muscolo, Manco et al. (2000) con gli acidi grassi nei trigliceridi muscolari.

Tessuto adiposo e risposta infiammatoria

Il tessuto adiposo è un tessuto metabolicamente attivo che secreta ormoni e proteine: sia gli adipociti che i macrofagi infiltrati producono citochine pro-infiammatorie, come l'interleuchina 6 (IL-6) e il Tumor Necrosis Factor (TNF- α) (Fantuzzi, 2005), ed adipochine, come leptina ed adiponectina (Fontana et al., 2007), che regolano la risposta infiammatoria che può, a sua volta, contribuire alla perdita di massa e forza muscolare (Visser et al., 2002). Cesari et al. (2005) riportavano che le citochine pro-infiammatorie erano associate negativamente con la massa muscolare e positivamente con la massa magra. Lo studio InCHIANTI (Schrager et al., 2007) mostrava come i soggetti obesi anziani con scarsa forza muscolare presentassero elevati livelli di CRP (Proteina C Reattiva) e IL-6 paragonati a quelli con forza muscolare normale. Così, uno

stato pro-infiammatorio può essere uno dei fattori chiave nel creare un circolo vizioso della ridotta forza muscolare nei soggetti obesi.

Obesità ed invecchiamento

L'obesità può essere considerata come una condizione con effetti analoghi a quelli dovuti all'avanzare dell'età. Una delle condizioni caratteristiche dell'invecchiamento è definita "sarcopenia". Il termine deriva dal greco sarco (muscolo) e penia (perdita) e viene utilizzato per definire la progressiva perdita di massa muscolare associata all'invecchiamento (Rosenberg, 1997) che si verifica spesso negli adulti normopeso e che determina la riduzione della forza muscolare. La perdita di massa del muscolo scheletrico associata con l'aumentata prevalenza di obesità negli adulti ha portato alla definizione di obesità sarcopenica, una combinazione di eccessivo grasso corporeo e ridotta massa muscolare e/o forza. Quest'ultima condizione si evidenzia in presenza di comprovata sarcopenia accompagnata da una percentuale di grasso corporeo maggiore dei valori cutoff di riferimento per genere corrispondenti ad un BMI di 27 (<27% di grasso corporeo negli uomini e del 38% nelle donne) (Baumgartner, 2000). In uno studio condotto da Rolland et al. (2009), si valutavano misure antropometriche, abitudini di vita e stato di salute di 36 donne con obesità sarcopenica, 90 puramente sarcopeniche, 435 puramente obese e 747 sane normopeso. Dai risultati ottenuti, gli autori affermavano che la sola sarcopenia non era determinante nel causare la riduzione delle capacità fisiche e che, tuttavia, in presenza di obesità, essa tendeva ad aumentare la difficoltà per alcune abilità fisiche. Nei soggetti appartenenti allo studio InCHIANTI sopraccitato, Stenholm et al. (2009) valutavano gli effetti risultanti dalla combinazione di obesità e ridotta massa muscolare sul declino della funzione fisica. Al livello basale, gli obesi con scarsa forza muscolare mostravano una velocità di camminata molto più bassa rispetto ai soggetti con la sola obesità o la sola ridotta forza muscolare, intesi come controlli. Nelle analisi longitudinali, gli stessi soggetti presentavano una più rapida riduzione della velocità di camminata ed un alto rischio di sviluppo di disabilità motorie nei successivi 6 anni di follow up, paragonati ai controlli. Dopo gli 80 anni, le differenze tra i gruppi si attenuavano. Infine, valutando l'aspetto istologico del tessuto muscolare, Delmonico et al. (2009) e Hilton et al. (2008),

attraverso la Tomografia Computerizzata (TC), mostravano come l'infiltrazione lipidica a livello intermuscolare progrediva con l'avanzare dell'età indipendentemente dell'eventuale perdita di peso, e contribuiva, insieme con la presenza di depositi adiposi sui fasci muscolari a determinare un progressivo indebolimento muscolare con conseguente peggioramento della qualità muscolare. Da quanto appena descritto, l'interesse relativo alla valutazione della funzionalità corporea negli individui obesi è giustificato quindi da considerazioni teoriche e applicative. La misura della forza di presa della mano ad esempio rappresenta un valido e semplice parametro che permette di valutare la funzione muscolare.

6.2 OBIETTIVO

L'obiettivo generale di questo studio è stato quello di valutare l'applicazione di alcune metodiche di sorveglianza nutrizionale in individui obesi adulti di entrambi i generi. Obiettivi specifici sono stati:

- studiare le relazioni tra forza di presa della mano e composizione corporea, in riferimento a variabili antropometriche di carattere generale e all'antropometria dell'arto superiore;
- studiare le relazioni tra forza di presa della mano e variabili bioimpedenziometriche a diverse frequenze, sia per l'intero organismo che per l'arto superiore (valutazione segmentale della composizione corporea);
- valutare la fattibilità di una valutazione della forza di presa della mano negli individui obesi sulla base delle caratteristiche individuali e della composizione corporea.

6.3 INDIVIDUI E METODI

Campione sperimentale

I pazienti che hanno preso parte allo studio sono stati selezionati tra quelli afferenti all'ambulatorio del Presidio Ospedaliero Santa Maria della Pietà di Casoria (Napoli).

Criteri di inclusione:

- appartenenza ad entrambi i generi;
- età compresa tra 20 e 50 anni;
- indice di massa corporea compreso tra 30 e 50 kg/m²;
- firma del consenso informato (firmato dai genitori per i minorenni).

Criteri di esclusione:

- patologie influenzanti forza muscolare e/o composizione corporea;
- diabete mellito;
- presenza di protesi;
- assunzione di farmaci a base di cortisone e/o ormoni;
- patologie organiche maggiori;
- artrite.

6.3 METODI

Le misurazioni strumentali sono state effettuate in un'unica sessione. La raccolta dei dati ha avuto luogo nell'ambulatorio di Dietetica del Presidio Ospedaliero Santa Maria della Pietà di Casoria (NA). I pazienti erano sottoposti ai test in condizioni di digiuno da almeno 12 ore. Tutte le misure sono state effettuate sia sull'emilato dominante (D) sia sull'emilato non dominante (ND).

Antropometria

- peso corporeo;
- altezza;
- indice di massa corporea;
- circonferenza del braccio;

- circonferenza dell'avambraccio;
- circonferenza della vita;
- plica bicipitale;
- plica tricipitale.

Antropometria dell'arto superiore: variabili derivate

- circonferenza muscolare del braccio;
- area muscolare del braccio;
- area adiposa del braccio;

Lunghezze corporee

lunghezza dell'arto superiore

Bioimpedenziometria multifrequenza

- impedenza (Z) e angolo di fase (AF) per l'intero organismo
- impedenza (Z) e angolo di fase (AF) per gli arti superiori

Variabili bioimpedenziometriche derivate (multifrequenza)

- indice bioimpedenziometrico (Indice-BI) per l'intero organismo;
- indice bioimpedenziometrico (Indice-BI) per gli arti superiori;
- rapporti fra impedenze ($Z5/Z50$ e $Z5/Z100$) per l'intero organismo;
- rapporti fra impedenze ($Z5/Z50$ e $Z5/Z100$) per gli arti superiori.

Dinamometria della mano

Per i dettagli si rimanda al capitolo Metodi.

Statistica

Per i dettagli si rimanda al capitolo Metodi.

6.4 RISULTATI

I dati sono stati raccolti su un campione di 92 adulti obesi sani consecutivamente arruolati nell'anno 2010. Dopo la selezione secondo i criteri di inclusione e di esclusione sono stati studiati 85 adulti obesi (IMC compreso fra 30 e 50 kg/m²), di cui 37 uomini (età 28,3±9,7 anni; IMC 34,9±4,9 kg/m²) e 48 donne (età 30,3±10,4 anni; IMC 37,8±6,2 kg/m²) (Tabella 6.1). Le circonferenze del braccio erano simili nei due generi per entrambi gli emilati mentre le circonferenze dell'avambraccio e del polso erano significativamente maggiori negli uomini rispetto alle donne (p<0,001, Tabella 6.2). La circonferenza della vita era maggiore negli uomini rispetto alle donne (Tabella 6.2). Relativamente alle pliche adipose sottocutanee, sia la plica bicipitale che quella tricipitale erano significativamente maggiori nelle donne rispetto agli uomini (p<0,001, Tabella 6.2). Risultati simili erano ottenuti per l'antropometria dell'arto superiore che tiene conto sia della circonferenza del braccio che della plica tricipitale. I valori in media erano simili fra i due generi sia per la circonferenza muscolare che per l'area muscolare del braccio, per entrambi gli emilati (Tabella 6.3). Diversamente, l'area lipidica del braccio era significativamente maggiore nelle donne rispetto agli uomini, per entrambi gli emilati (p<0,001, Tabella 6.3). Come riassunto nelle Tabelle 6.4 e 6.5 i valori medi dell'impedenza a 5, 10, 50, 100, 250 kHz erano significativamente più elevati nelle donne rispetto agli uomini sia per l'intero organismo (analizzati come valore medio degli emilati dominante e non dominante) che per gli arti superiori. Anche i risultati per le variabili bioimpedenziometriche derivate differivano fra i due generi: i valori dell'indice BI erano in media significativamente più elevati negli uomini rispetto alle donne a tutte le frequenze misurate, sia per l'intero organismo che per gli arti superiori. Il valore della FPM, calcolato come valore massimo delle tre misure registrate, risultava significativamente inferiore (p<0,001) nelle donne rispetto agli uomini per entrambi gli emilati (Tabella 6.6, Figura 6.1). Nelle donne i valori della FPM variavano in media da 25,6 a 35,2 kg e da 24,8 a 33,6 kg, rispettivamente per l'emilato dominante e per l'emilato non dominante; negli uomini i valori della FPM variavano da 40,4 a 55,6 kg e da 37,3 a 53,3 kg, rispettivamente per l'e-

milato dominante e per l'emilato non dominante. I valori di FPM per l'emilato dominante erano più elevati rispetto a quelli per l'emilato non dominante sia negli uomini che nelle donne, I gruppo CTR, ma la differenza media fra i due emilati (calcolata come $[FPMND/FPMD \times 100] - 100$) era significativamente inferiore nelle donne ($-1,2 \pm 3,6$ kg, $-3,0\%$) rispetto agli uomini ($-3,3 \pm 3,9$ kg, $-6,7\%$) sia considerando le differenze medie come valore assoluto sia come valore percentuale (Tabella 6.6).

Considerando l'intero campione, per quanto interessa le caratteristiche generali, la FPM era strettamente correlata a peso corporeo e altezza per entrambi gli emilati (dati non riportati). Negli uomini il peso corporeo era significativamente associato alla FPM per entrambi gli emilati mentre l'età e l'altezza risultavano associate alla FPM solo per l'emilato non dominante ($p < 0,05$, Tabella 6.7). Nessuna relazione era osservata invece fra FPM e IMC (Tabella 6.7). Nelle donne le relazioni apparivano più deboli rispetto agli uomini. Nessuna relazione era presente con età e peso corporeo mentre l'altezza appariva strettamente correlata con la FPM per l'emilato non dominante ($p < 0,05$, Tabella 6.7). Diversamente da quanto osservato negli uomini, una debole relazione inversa fra IMC e FPM solo per l'emilato dominante ($p < 0,05$, Tabella 6.7).

I dati derivanti dai test della FPM possono essere meglio interpretati sulla base delle misure di composizione corporea come antropometria generale, antropometria dell'arto superiore, bioimpedenziometria per l'intero organismo e bioimpedenziometria segmentale per l'arto superiore. Considerando l'intero campione, le variabili antropometriche relative agli arti superiori la circonferenza e l'area muscolare del braccio erano strettamente associate alla misura della FPM solo per l'emilato non dominante, mentre una relazione inversa era osservata per l'area lipidica del braccio per entrambi gli emilati (dati non riportati). Come riassunto in Tabella 6.7, negli uomini la circonferenza del braccio era correlata alla FPM per ciascun emilato ($p < 0,05$). Tra le variabili relative all'antropometria dell'arto superiore sia la circonferenza che l'area muscolare del braccio erano correlate alla FPM per ciascun emilato erano la circonferenza muscolare del braccio e l'area muscolare del braccio ($p < 0,001$, Tabella 6.7, Figura 6.2). Al contrario, nessuna correlazione significativa si osservava tra FPM e area lipidica del braccio per entrambi gli emilati.

Nelle donne erano perse tutte le relazioni fra FPM e variabili antropometriche del braccio (Tabella 6.7).

Dall'analisi delle correlazioni lineari semplici tra FPM e variabili bioimpedenziometriche, considerando l'intero campione, la FPM risultava correlata all'impedenza e all'indice bioimpedenziometrico a tutte le frequenze misurate sia per l'intero organismo che per gli arti superiori per entrambi gli emilati. La FPM era direttamente correlata all'angolo di fase misurato a 50 kHz sia per l'intero organismo che per gli arti superiori su entrambi gli emilati (dati non riportati). Considerando i due gruppi separatamente nessuna relazione fra FPM e impedenza era osservata sia per l'intero organismo che sull'arto superiore a tutte le frequenze misurate per entrambi gli emilati (dati non riportati). Negli uomini si sono osservate delle relazioni significative fra FPM e indice BI sia per l'intero organismo che sull'arto superiore a tutte le frequenze misurate per entrambi gli emilati (Tabella 6.8). In particolare per l'indice-BI sull'intero organismo le relazioni risultavano più strette all'aumentare della frequenza ($p < 0,05$, Tabella 6.8). Nelle donne erano osservate relazioni significative fra FPM e indice-BI per l'intero organismo solo per l'emilato non dominante, e tali relazioni si perdevano alla frequenza più elevata. Tali relazioni erano invece perse considerando l'indice BI degli arti superiori (Figure 6.3 e 6.4).

Analizzando i valori dell'angolo di fase alla sola frequenza di 50 kHz, una debole relazione era osservata solo nelle donne fra FPM per l'emilato dominante e angolo di fase per l'intero organismo (Tabella 6.9). Fra le variabili bioimpedenziometriche sono stati calcolati i rapporti fra impedenze a differenti frequenze, in particolare i rapporti $Z5/Z50$ e $Z5/Z100$. Considerando l'intero campione la FPM risultava correlata ai rapporti sia per l'intero organismo che per gli arti superiori per entrambi gli emilati. Nessuna relazione era osservata nell'analisi delle relazioni nei due gruppi separatamente (dati non riportati).

6.5 DISCUSSIONE

Il protocollo sperimentale che è stato utilizzato per questo studio fa riferimento alle attività proprie della sorveglianza nutrizionale che così come definita (Ferro-Luzzi & Leclercq, 1993;

Kelly, 1988; World Health Organization Study Group, 1976) lascia la possibilità di effettuare studi nelle più varie direzioni, dalla valutazione della malnutrizione per difetto (come originariamente è avvenuto nei Paesi del Terzo Mondo) allo studio della malnutrizione per eccesso in riferimento ad abitudini alimentari non corrette. In ogni caso la sorveglianza nutrizionale richiede l'uso di metodiche semplici e di basso costo, ma in grado di fornire dati interpretabili e di validità scientifica. Tenuto presente che tradizionalmente esse sono state identificate nelle misure antropometriche, dall'indice di massa corporea alla valutazione delle più importanti pliche adipose sottocutanee, è continua la ricerca di nuove tecniche che possano fornire dati aggiuntivi e più completi. Per quanto concerne la composizione corporea, una metodica di ampio e diffuso utilizzo è la bioimpedenziometria. La BIA determina alcune caratteristiche elettriche dell'organismo grazie al passaggio attraverso i tessuti di una debolissima corrente elettrica; i dati ottenuti sono utilizzati come tali o sono trasformati attraverso equazioni predittive in stime di massa magra, massa adiposa, massa cellulare e acqua corporea intracellulare ed extracellulare.

Esiste anche la possibilità di una valutazione segmentale degli arti che permette uno studio specifico della massa dei muscoli scheletrici degli arti stessi. Negli ultimi anni si è accentuata nello stesso ambito l'idea di avere parametri che valutino la funzionalità corporea: in particolare si è proposto di valutare la funzione muscolare attraverso la determinazione della forza di presa della mano (in inglese Hand Grip Strength). La FPM è considerata un test di fitness neuromuscolare ed è stato messo in relazione, sia con il rischio cardiovascolare che con morbosità e mortalità (Luna-Heredia et al., 2005; Anakwe et al., 2007; Budziareck et al., 2008; Bohannon et al., 2008; Schlusser et al. 2008; Günther et al. 2008; Massy-Westropp et al., 2004). In campo nutrizionale, pur essendo ambedue le aree di grande interesse per la sorveglianza nutrizionale, e sebbene i rapporti fra esse possano apparire logici e attesi, la valutazione delle relazioni tra FPM e composizione corporea è ad oggi parziale nella popolazione adulta e ancor più incompleta nei soggetti obesi: una carenza – questa – destinata a influenzare la corretta interpretazione dei dati di FPM. Infatti, a tutt'oggi i valori di riferimento per la FPM (in genere medie, deviazioni standard e percentili selezionati) sono suddivisi per genere e fasce d'età, ma ad esempio, non tengo-

no alcun conto delle differenze in peso corporeo. Questo lavoro sperimentale ha dunque avuto due obiettivi fondamentali: da una parte capire se realmente e in quale misura la FPM sia correlata alla composizione corporea in adulti obesi così come è misurabile con metodologie di applicazione epidemiologica; dall'altra iniziare a fornire delle idee e dei criteri generali per una migliore interpretazione dei dati di FPM in relazione alle differenze in composizione corporea.

L'interesse relativo alla valutazione della FPM negli individui obesi è giustificato da considerazioni teoriche e applicative. In presenza di un marcato eccesso di grasso corporeo sono state descritte numerose alterazioni anatomiche e funzionali del muscolo scheletrico (Greco et al., 2002). In particolare l'aumento dei lipidi intramiocellulari, è collegabile alla comparsa di insulino-resistenza (Goodpaster et al., 2001). Esistono anche indicazioni di una relazione fra lipidi intramiocellulari ed una riduzione della forza muscolare soprattutto negli individui in età geriatrica (Delmonico et al., 2009). Per altro verso la letteratura sembra offrire solo un modesto numero di lavori circa la valutazione della forza muscolare in individui obesi non anziani. Maffiuletti et al. (2007) hanno presentato i risultati ottenuti da uno studio caso/controllo condotto su giovani adulti con età media di 25 anni: i soggetti obesi mostravano ridotti valori di forza muscolare del muscolo quadricipite inferiore rispetto ai controlli normopeso. Risultati simili venivano osservati da Duvigneaud et al. (2008) su un gruppo di 1440 adulti di età compresa tra 18 e 75 anni.

In questo studio la valutazione della forza muscolare è stata effettuata con la misura della FPM; l'obiettivo era di comprendere se l'utilizzo di una metodica semplice (riconosciuta a livello internazionale) potesse fornire delle informazioni interessanti e se anche negli individui obesi fossero presenti relazioni significative fra FPM e misure di composizione corporea che potessero fornire un'indicazione per una migliore interpretazione dei dati nel merito.

Hanno partecipato allo studio 92 adulti obesi di entrambi i generi. Dal campione di interesse sono stati esclusi gli individui con altre patologie al fine di ottenere dati non influenzati. Si è anche scelto di escludere gli individui di età più avanzata perché l'invecchiamento si associa di per sé con una diminuzione della FPM. L'età media è infatti risultata intorno ai 30 anni per entrambi i generi. La valutazione della composizione corporea ha fornito risultati sostanzialmente atte-

si. Il peso corporeo e l'altezza sono maggiori nel genere maschile mentre lo spessore delle pli-
che è maggiore nel genere femminile, in accordo con la normale accezione di una maggiore
massa adiposa nelle donne a parità di IMC. Relativamente sorprendente è la presenza di valori
simili per circonferenza muscolare del braccio e area muscolare del braccio che si attendeva fos-
sero maggiori negli uomini. Al contrario, l'idea di una maggiore percentuale di grasso corporeo
nelle donne trovava riscontro in valori più elevati di area adiposa del braccio. La plica sottosca-
polare e la plica sovrailiaca non sono state prese in considerazione perché non misurabili in in-
dividui con un eccesso adiposo così marcato. Circonferenza del braccio, plica tricipitale e plica
bicipitale aumentavano in parallelo con il peso corporeo.

La bioimpedenziometria è una metodica che trova una sua vasta applicazione nella valutazio-
ne della composizione corporea nelle diverse condizioni fisiologiche e patologiche. Per quanto
interessa l'obesità, esistono dei problemi applicativi specifici che sono secondari all'aumento
anche marcatissimo della massa adiposa. Di fatto la bioimpedenziometria è espressione dell'ac-
qua corporea in prima istanza e della massa magra e non permette una stima diretta (ma solo per
differenza) della massa adiposa. In questo studio si è dunque evitato l'uso di equazioni preditti-
ve della composizione corporea che utilizzino i dati bioimpedenziometrici, e si è preferito espri-
mere questi ultimi in termini di valori così come misurati. L'indice BI è stato preso in conside-
razione come sistema, ampiamente accettato, per indicizzare l'impedenza all'altezza dell'indivi-
duo. Di nuovo, come atteso, i valori dell'indice BI sono maggiori nel genere maschile sia per
l'intero organismo che per gli arti superiori a indicare una maggiore quantità di acqua corporea
(e di massa magra), e aumentano alle frequenza di misurazione più elevate. Si ricorda al propo-
sito che alle frequenza più basse la corrente alternata attraverserebbe soprattutto i fluidi extra-
cellulari mentre alle frequenza più elevate attraverserebbe anche i fluidi intracellulari; questo
vuol dire interessare un compartimento più ampio da cui valori di indice BI più alti.

Evidenti sono le differenze in FPM fra generi. Essa risulta notevolmente più elevata negli uomi-
ni in pieno accordo con quanto descritto in letteratura su individui non obesi (Mathiowetz et al.,
1985 e 1986; Balogun et al., 1991; Bassey et al., 1993; Desrosiers et al., 1995; Hanten et al.,

1999; Bear-Lehman et al., 2003; Corish et al., 2003; Brennan et al. 2004; Massy-Westropp et al., 2004; Luna-Heredia et al., 2005; Bohannon et al., 2006; Bohannon et al., 2007; Anawke et al. 2007; Schluskel et al, 2008; Budziareck et al., 2008; Werle et al. 2009). La differenza sulla media è del 57% sulla FPM media fra i due emilati.

L'obiettivo principale di questo lavoro è stato quello di valutare le relazioni fra FPM e misure di composizione corporea anche sulla base di quanto direttamente osservato in studi recenti su adolescenti e giovani adulti di entrambi i generi. Per quanto interessa l'antropometria generale, l'altezza è strettamente correlata alla FPM per l'emilato non dominante in entrambi i generi, mentre una relazione fra FPM e peso corporeo è osservata solo nel genere maschile. Una relazione fra FPM e IMC appare solo nelle donne. Solo negli uomini e non nelle donne, la correlazione appare notevolmente più stretta con le misure di muscolarità del braccio rispetto a quella osservata con l'antropometria di base, e questo vale sia per la circonferenza muscolare che per l'area muscolare del braccio (che peraltro sono calcolate ambedue a partire dalla circonferenza del braccio e dalla plica tricipitale). Di particolare interesse e nuove rispetto alla letteratura, le osservazioni relative alla bioimpedenziometria. Anche in questo caso le correlazioni sono numerose e significative negli uomini sia per l'intero organismo che per gli arti superiori. Al contrario, nelle donne le relazioni con le variabili bioimpedenziometriche appaiono deboli e interessano solo l'emilato non dominante. I risultati ottenuti evidenziano in primo luogo come l'indice BI per l'intero organismo sia maggiormente correlato alla FPM che non il peso corporeo a suggerire, almeno indirettamente, l'efficacia della bioimpedenziometria a "leggere" la massa magra (e la massa muscolare) dell'organismo. Ancora più strette sono le relazioni con la bioimpedenziometria dell'arto superiore, sostanzialmente analoghe a quelle osservate per la circonferenza muscolare e l'area muscolare del braccio (almeno per l'emilato D). Di nuovo questa osservazione indica che l'indice BI dell'arto superiore appare una variabile che è reale espressione della corrispondente massa muscolare.

6.6 CONCLUSIONI

I risultati dello studio indicano come FPM e variabili di composizione corporea (in particolare quelle bioimpedenziometriche) possano essere utilizzate in combinazione per una migliore valutazione dello stato di nutrizione in età adulta. I risultati di questo lavoro suggeriscono anche che una migliore interpretazione dei dati della FPM è possibile sulla base di dati antropometrici o bioimpedenziometrici. Tali conclusioni sono valide non solo negli individui normopeso ma anche per gli individui obesi.

Tabella 6.1

Età e caratteristiche antropometriche generali in 85 adulti obesi di entrambi i generi.

		Donne (n.48)		Uomini (n.37)		
		media	DS	media	DS	<i>p</i>
Età	<i>anni</i>	30,3	10,4	28,3	9,7	<i>0,375</i>
Altezza	<i>cm</i>	162,7	6,7	176,2	6,3	<i>0,001</i>
Peso	<i>kg</i>	99,8	16,3	108,6	17,5	<i>0,016</i>
IMC	<i>kg/m²</i>	37,8	6,2	34,9	4,9	<i>0,023</i>

DS, deviazione standard; IMC, indice di massa corporea

Tabella 6.2

Circonferenze corporee e pliche adipose sottocutanee per gli emilati dominante e non dominante in 85 adulti obesi di entrambi i generi.

		Donne		Uomini		
		(n.48)		(n.37)		
		media	DS	media	DS	<i>p</i>
Circonferenze	<i>cm</i>					
Braccio D		39,2	5,5	38,0	4,2	0,328
Braccio ND		39,3	5,4	38,0	4,2	0,278
Avambraccio D		28,3	2,4	30,6	2,3	0,001
Avambraccio ND		28,3	2,5	30,3	2,2	0,001
Polso D		17,4	2,0	19,2	1,4	0,001
Polso ND		17,4	2,0	19,1	1,3	0,001
Vita		89,6	7,0	95,2	7,3	0,034
Pliche	<i>mm</i>					
Bicipitale D		20,2	8,0	14,5	6,4	0,001
Bicipitale ND		20,6	7,7	14,6	6,3	0,001
Tricipitale D		29,7	6,4	23,4	7,1	0,001
Tricipitale ND		29,3	6,5	23,1	6,7	0,001

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante.

Tabella 6.3

Antropometria dell'arto superiore per gli emilati dominante e non dominante in 85 adulti obesi di entrambi i generi.

		Donne (n.48)		Uomini (n.37)		
		media	DS	media	DS	p
Circonferenza muscolare del braccio D	<i>cm</i>	29,9	4,3	30,7	3,2	0,323
Circonferenza muscolare del braccio ND	<i>cm</i>	30,1	4,3	30,8	3,2	0,420
Area muscolare del braccio D	<i>cm²</i>	72,4	20,6	75,8	15,1	0,401
Area muscolare del braccio ND	<i>cm²</i>	73,6	20,4	76,1	15,5	0,506
Area lipidica del braccio D	<i>cm²</i>	52,2	16,3	40,8	15,3	0,001
Area lipidica del braccio ND	<i>cm²</i>	51,7	16,3	40,3	14,4	0,001

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante.

Tabella 6.4

Variabili bioimpedenziometriche per l'intero organismo in 85 adulti obesi di entrambi i generi.

		Donne (n.48)		Uomini (n.37)		
		media	DS	media	DS	<i>p</i>
Impedenza	<i>ohm</i>					
	5 kHz	561	61	499	49	<i>0,001</i>
	10 kHz	546	59	485	49	<i>0,001</i>
	50 kHz	488	54	423	43	<i>0,001</i>
	100 kHz	459	50	395	39	<i>0,001</i>
	250 kHz	419	56	365	37	<i>0,001</i>
Indice BI	<i>cm²/ohm</i>					
	5 kHz	47,7	6,2	62,9	7,8	<i>0,001</i>
	10 kHz	49,0	6,3	64,8	8,2	<i>0,001</i>
	50 kHz	54,9	7,2	74,2	9,3	<i>0,001</i>
	100 kHz	58,4	7,7	79,4	9,7	<i>0,001</i>
	250 kHz	64,5	11,0	86,1	10,4	<i>0,001</i>

DS, deviazione standard; D, emilato dominante; ND, emilato non dominante; Indice BI, indice bioimpedenziometrico.

Tabella 6.5

Variabili bioimpedenziometriche dell'arto superiore per gli emilati dominante e non dominante in 85 adulti obesi di entrambi i generi.

		Donne		Uomini		
		(n.48)		(n.37)		
		media	DS	media	DS	<i>p</i>
Impedenza						
emilatoD	<i>ohm</i>					
5 kHz		290	34	245	25	0,001
10 kHz		285	33	238	25	0,001
50 kHz		257	32	209	25	0,001
100 kHz		242	31	196	24	0,001
250 kHz		217	42	179	23	0,001
emilatoND						
5 kHz		294	33	246	28	0,001
10 kHz		288	33	239	28	0,001
50 kHz		260	31	211	28	0,001
100 kHz		246	29	198	28	0,001
250 kHz		225	28	181	26	0,001
Indice-BI						
emilatoD	<i>cm²/oh</i>					
5 kHz		11,9	2,0	16,5	2,3	0,001
10 kHz		12,1	2,0	17,0	2,4	0,001
50 kHz		13,0	2,3	19,0	2,8	0,001
100 kHz		14,3	2,5	20,6	3,1	0,001
250 kHz		15,7	2,7	22,7	3,5	0,001
emilatoND						
5 kHz		11,7	2,0	16,5	2,5	0,001
10 kHz		11,9	2,1	16,9	2,6	0,001
50 kHz		13,2	2,3	19,3	3,0	0,001
100 kHz		14,0	2,4	20,5	3,3	0,001
250 kHz		15,3	2,7	22,6	3,7	0,001

DS, deviazione standard; *D*, dominante; *ND*, non dominante; *Indice BI*, indice bioimpedenziometrico.

Tabella 6.6

Forza di presa della mano per gli emilati dominante e non dominante in 85 adulti obesi di entrambi i generi.

		Donne		Uomini		
		(n.48)		(n.37)		
		media	DS	media	DS	p
FPM-emilatoD	kg	30,4	4,8	48,0	7,6	0,001
FPM-emilatoND	kg	29,2	4,4	45,3	8,0	0,001
Differenza FPMND-D	kg	-1,2	3,6	-3,3	3,9	0,013
Differenza FPMND-D	%	-3,0	12,6	-6,7	7,7	0,121

DS, deviazione standard; D e ND, emilato dominante e non dominante; FPMND-D, differenza fra forza di presa della mano emilato non dominante e dominante.

Tabella 6.7

Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano e età e principali caratteristiche antropometriche per gli emilati dominante e non dominante in 85 adulti obesi di entrambi i generi.

		Donne		Uomini	
		(n.48)		(n.37)	
		FPMD	FPMND	FPMD	FPMND
Età	r	-0,118	-0,086	0,385	0,260
	p	0,424	0,563	0,018	0,120
Peso	r	-0,177	0,117	0,326	0,387
	p	0,228	0,429	0,049	0,018
Altezza	r	0,257	0,354	0,273	0,423
	p	0,078	0,013	0,101	0,009
IMC	r	-0,308	-0,049	0,218	0,199
	p	0,033	0,742	0,195	0,237
Circonferenza Braccio	r	-0,240	-0,263	0,416	0,346
	p	0,100	0,071	0,011	0,036
Circonferenza Muscolare Braccio	r	-0,201	-0,225	0,523	0,498
	p	0,171	0,123	0,001	0,002
Area Muscolare Braccio	r	-0,213	-0,239	0,536	0,513
	p	0,146	0,102	0,001	0,001
Area Lipidica Braccio	r	0,251	-0,264	0,177	0,048
	p	0,086	0,070	0,296	0,779

DS, deviazione standard; FPMD e FPMND, forza di presa della mano emilato dominante e non dominante; IMC, indice di massa corporea.

Tabella 6.8

Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano e indice bioimpedenziometrico per gli emilati dominante e non dominante in 85 adulti obesi di entrambi i generi.

		Donne		Uomini	
		(n.48)		(n.37)	
		FPMD	FPMND	FPMD	FPMND
Intero organismo					
5 kHz	r	0,075	0,349	0,377	0,458
	p	0,611	0,015	0,021	0,004
10 kHz	r	0,107	0,352	0,382	0,456
	p	0,470	0,014	0,020	0,005
50 kHz	r	0,107	0,371	0,411	0,460
	p	0,467	0,009	0,012	0,004
100 kHz	r	0,119	0,374	0,432	0,471
	p	0,419	0,009	0,008	0,003
250 kHz	r	0,008	0,141	0,451	0,483
	p	0,958	0,339	0,005	0,002
Arto superiore					
5 kHz	r	0,142	0,264	0,531	0,479
	p	0,337	0,070	0,001	0,003
10 kHz	r	0,143	0,262	0,526	0,475
	p	0,331	0,072	0,001	0,003
50 kHz	r	0,150	0,260	0,518	0,431
	p	0,308	0,075	0,001	0,008
100 kHz	r	0,156	0,271	0,521	0,411
	p	0,288	0,063	0,001	0,012
250 kHz	r	0,151	0,237	0,521	0,407
	p	0,309	0,104	0,001	0,012

DS, deviazione standard; FPMD e FMPND, forza di presa della mano emilato dominante e non dominante.

Tabella 6.9

Correlazioni lineari semplici tra valori di forza di presa della mano e angolo di fase a 50 kHz per gli emilati dominante e non dominante in 85 adulti obesi di entrambi i generi.

		Donne		Uomini	
		(n.48)		(n.37)	
		FPMD	FPMND	FPMD	FPMND
Intero organismo	r	0,309	0,091	0,172	-0,066
	p	0,032	0,541	0,310	0,696
Arto superiore	r	0,212	-0,061	0,101	-0,144
	p	0,148	0,681	0,554	0,396

DS, deviazione standard; FPMD e FMPND, forza di presa della mano emilato dominante e non dominante.

Figura 6.1

Valori massimi della forza di presa della mano per gli emilati dominante (D) e non dominante (ND) in 85 adulti obesi.

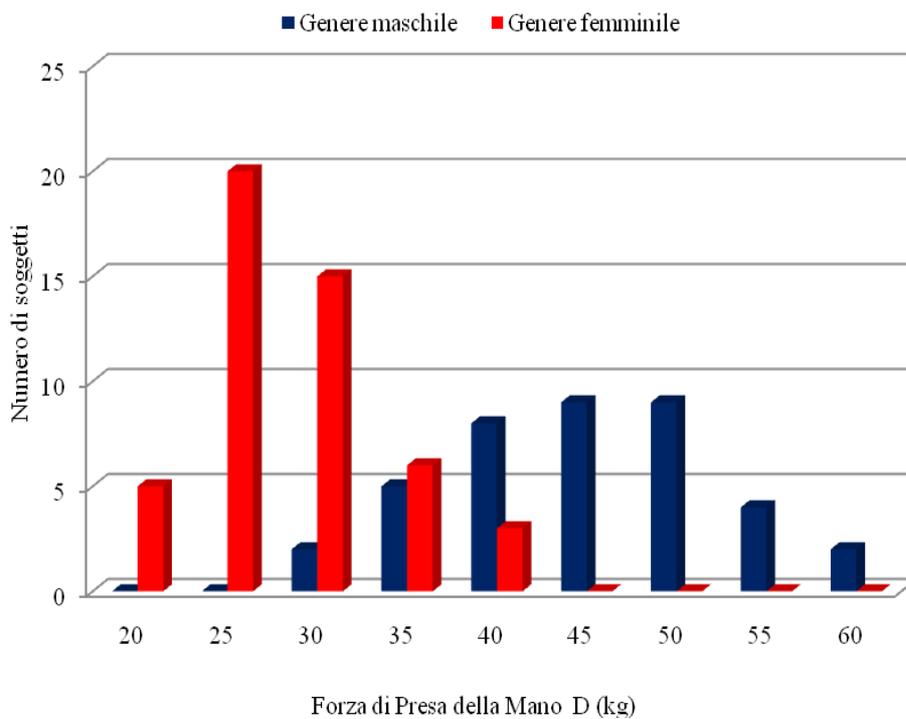
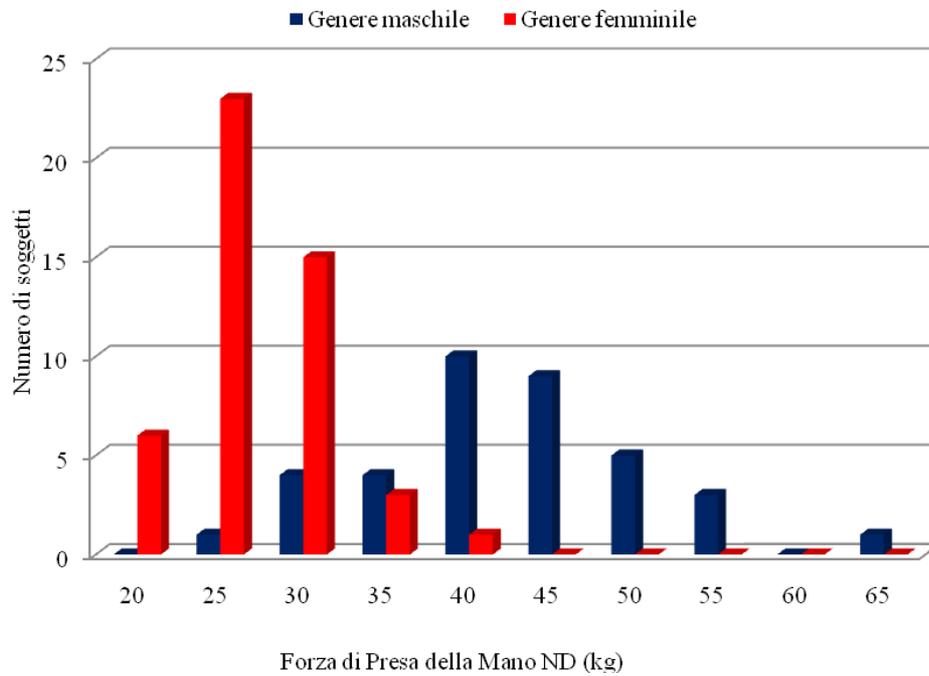


Figura 6.2

Regressioni lineari tra forza di presa della mano per gli emilati dominante (D) e non dominante (ND) e peso corporeo in 85 adulti obesi.

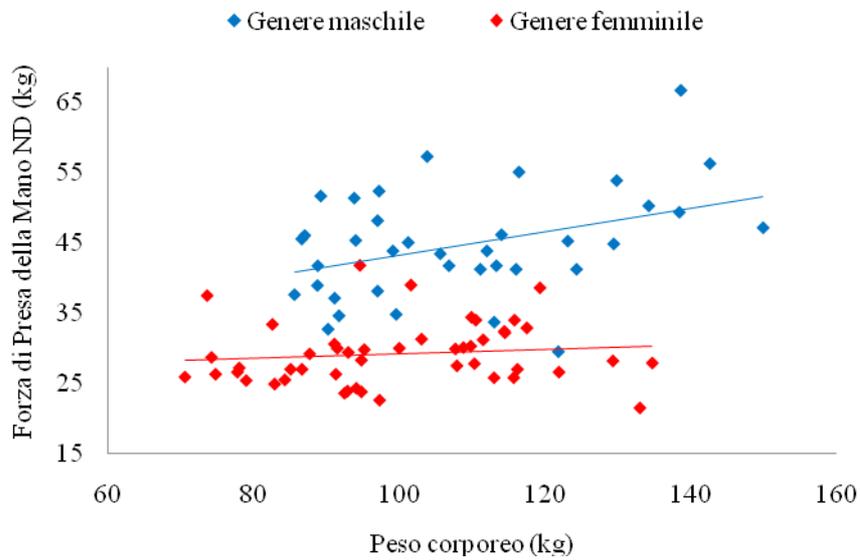
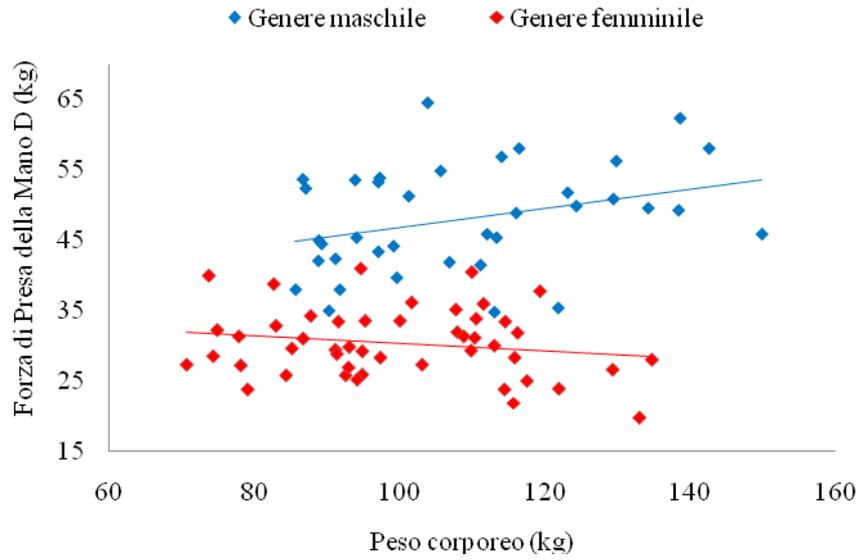


Figura 6.3

Regressioni lineari tra valori di forza di presa della mano per gli emilati dominante (D) e non dominante (ND) e Indice Bioimpedenziometrico sull'intero organismo a 50 kHz in 85 adulti obesi.

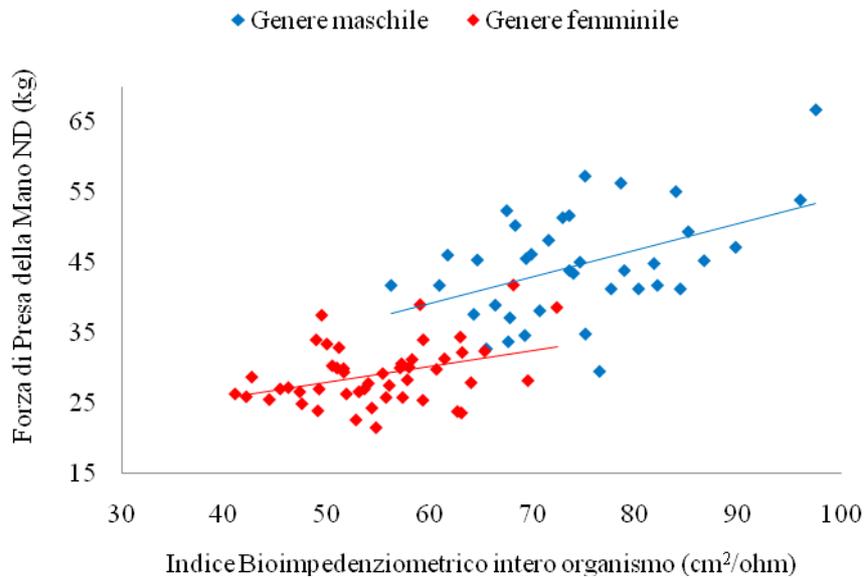
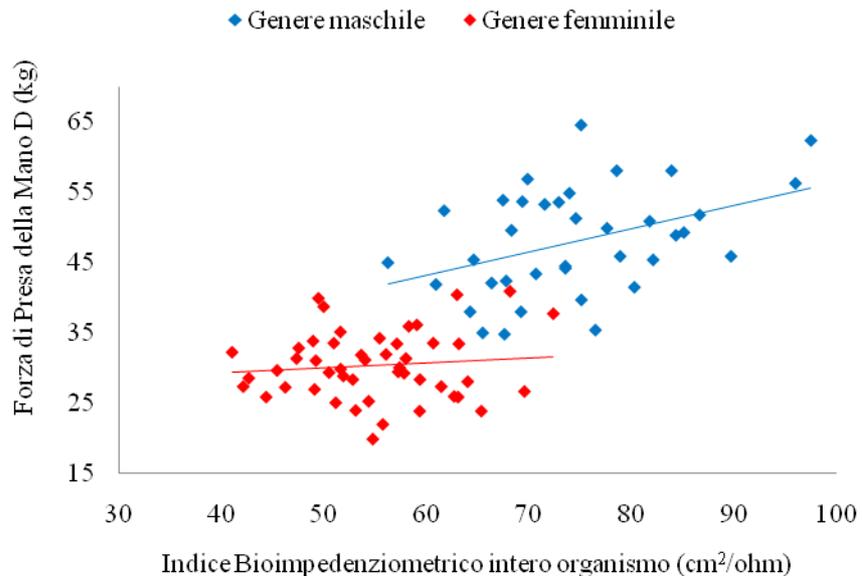
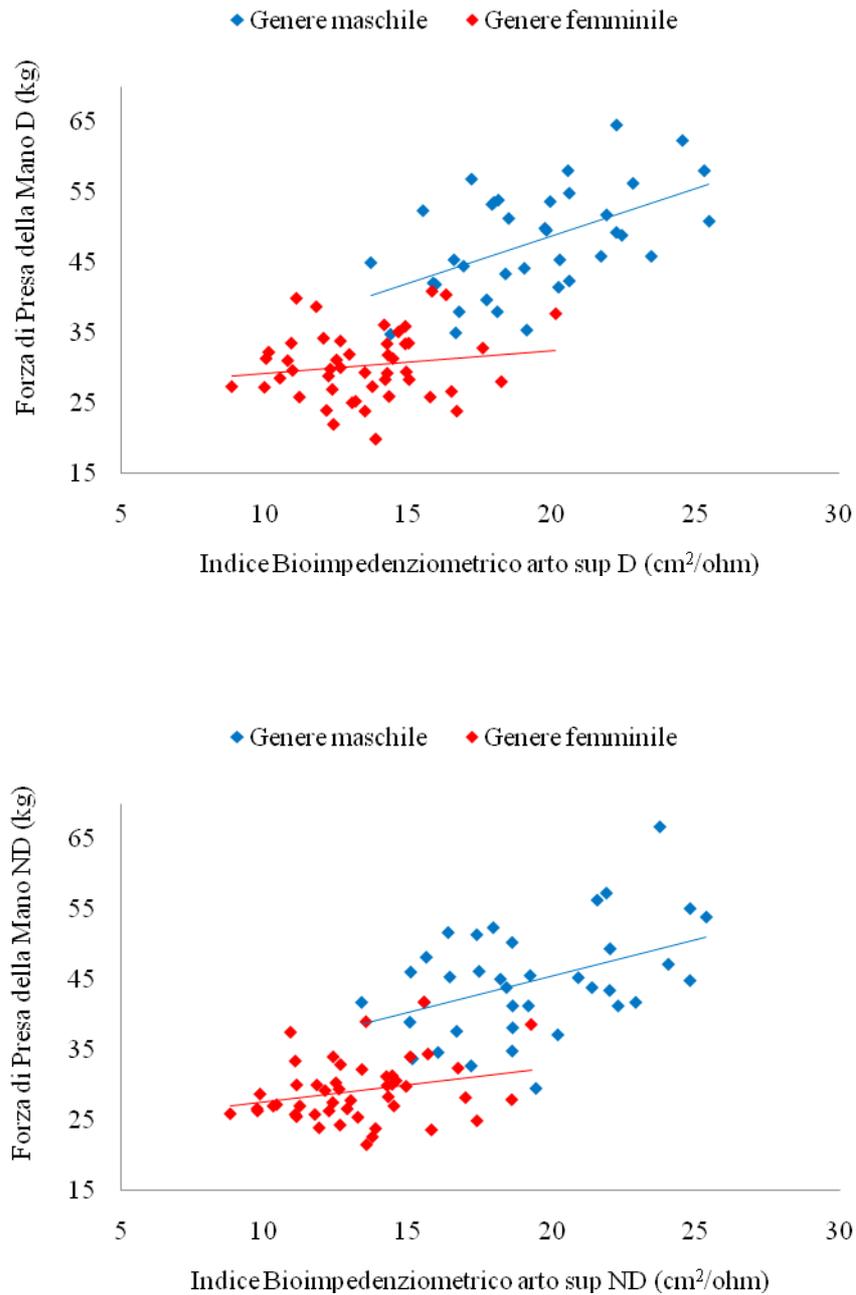


Figura 6.4

Regressioni lineari tra forza di presa della mano e indice bioimpedenziometrico dell'arto superiore a 50 kHz per gli emilati dominante (D) e non dominante (ND) in 85 adulti obesi.



7 CONSIDERAZIONI FINALI

La valutazione dello stato di nutrizione utilizza differenti metodiche a seconda degli obiettivi prescelti e del tipo di pazienti/individui d'interesse. Negli ultimi anni si è accentuata nello stesso ambito l'idea di avere parametri che valutino gli effetti dello stato di nutrizione sulla funzionalità dell'organismo (forza muscolare, funzione immunitaria, capacità cognitive ecc.). La misura della FPM è una valida metodica per la valutazione della funzionalità muscolare che nelle ultime decadi è stata largamente utilizzata fra le metodiche di valutazione dello stato di nutrizione. Il lavoro relativo alla Tesi di dottorato è stato condotto in accordo con un progetto suddiviso in differenti fasi e protocolli sperimentali. Prima di tutto è stato effettuato uno studio di comparazione sistematica dei diversi standard presenti in letteratura sulla misura della forza di presa della mano in individui sani. Dall'analisi sistematica dei dati riportati dalla letteratura risulta chiaro che da un punto di vista pratico non esiste una procedura standardizzata per la valutazione della FPM in riferimento a emilato su cui effettuare le misure, posizione dell'arto superiore, numero di test, strumento da utilizzare. Persiste tuttavia un problema di corretta interpretazione dei dati perché al momento non esistono dei valori normativi di riferimento che siano certi e accettati in modo univoco a livello internazionale. Dai risultati ottenuti in tale lavoro sperimentale, ad esempio, nella seconda decade di vita le relazioni fra FPM e variabili di composizione corporea appaiono più forti con l'emilato dominante mentre nella terza decade le relazioni più forti si osservano con l'emilato non dominante. L'esperienza acquisita durante tale lavoro sperimentale ci permette di affermare che la FPM dovrebbe essere misurata su entrambi gli emilati in ciascun individuo.

Inoltre si è dimostrato estremamente utile l'utilizzo di un questionario specifico che ha permesso di individuare in ciascuno l'emilato dominante al fine di analizzare in modo più preciso i dati raccolti. Diversamente da altri lavori presenti in letteratura nei quali tale dato non viene preso in considerazione oppure è considerato in modo superficiale attraverso la domanda "quale è la mano che utilizzi per scrivere?" il protocollo sperimentale ha previsto la somministrazione di un questionario specifico. A fine di ridurre gli errori nell'analisi dei valori della FPM suggeriamo inoltre di ripetere la misura per tre volte su ciascun emilato e di considerare il valore massimo o il valore medio delle ripetizioni. Benché non riportati per brevità, l'analisi dei valori di FPM in questo lavoro sperimentale è stata effettuata sia sulla FPM come valore massimo che come valore medio, ottenendo praticamente gli stessi risultati. La seguente Tesi ha avuto successo nell'esplorare in modo sistematico le relazioni fra FPM e variabili antropometriche e metodiche di valutazione di composizione corporea di applicazione sul campo.

A tal fine sono stati raccolti dati mediante diversi protocolli sperimentali che si sono interessati della valutazione della FPM e della composizione corporea in differenti condizioni sia fisiologiche che patologiche: adolescenti e giovani adulti sani normopeso e sovrappeso di ambedue i generi, pazienti sottopeso malnutrite affette da disturbi del comportamento alimentare e pazienti adulti obesi di ambedue i generi. A parte qualche eccezione le indicazioni sono state univoche perché indicano che in individui sani esiste una buona e forte relazione della composizione corporea con la FPM. Di particolare interesse e nuove rispetto alla letteratura, sono le osservazioni relative alla bioimpedenziometria (BIA). I dati della presente Tesi evidenziano in primo luogo come le variabili BIA per l'intero organismo siano maggiormente correlato alla FPM che non il peso corporeo a suggerire, almeno indirettamente, l'efficacia della bioimpedenziometria a "leggere" la

massa magra (e la massa muscolare) dell'organismo. Ancora più strette sono le relazioni con le variabili BIA relative all'arto superiore suggerendo che tali variabili siano reale espressione della corrispondente massa muscolare. Tali conclusioni sono valide in individui sani in entrambi i generi sia nella prima che nella terza decade di vita. Negli adulti obesi le relazioni fra FPM e composizione corporea sono apparse strette negli uomini mentre deboli o assenti nelle donne. Nelle pazienti sottopeso malnutrite le relazioni fra FPM e indice bioimpedenziometrico sono superiori che non il peso corporeo e esse appaiono più strette per gli arti. La riduzione della FPM che si osserva nelle pazienti malnutrite appare chiaramente proporzionale all'indice bioimpedenziometrico confermando che le variabili BIA appaiono reale espressione della massa muscolare anche nelle condizioni di malnutrizione per difetto. Uno dei limiti di questo lavoro è stato di sicuro quello di non aver potuto utilizzare metodiche più sofisticate di valutazione della composizione corporea come ad esempio la DXA. Altro limite è stato quello di aver studiato solo individui sani nella seconda e terza decade di vita. In tal senso una delle prospettive future è quella di estendere lo stesso protocollo su individui adulti di età maggiore in modo da avere a disposizione un quadro più completo degli effetti dell'età sulla misura di FPM. I risultati di tale lavoro indicano quindi che esistono evidenti relazioni fra FPM e variabili di composizione corporea suggerendo che l'utilizzo in combinazione di tali tecniche possa essere utile nella ricerca epidemiologica e nella sorveglianza nutrizionale. Infine i dati raccolti in questo lavoro suggeriscono che una migliore interpretazione dei dati di FPM richiede verosimilmente una valutazione delle differenze interindividuali in composizione corporea (sulla base di dati antropometrici o bioimpedenziometrici).

8 BIBLIOGRAFIA

Álvares-da-Silva MR, Reverbel DA, Silveira T. Comparison between handgrip strength, subjective global assessment, and prognostic nutritional index in assessing malnutrition and predicting clinical outcome in cirrhotic outpatients. *Nutrition* 2005; 21: 113-117.

American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition*, 1994. Washington D.C., American Psychiatric Association.

American Psychiatric Association. *Practice Guideline for the Treatment of Patients with Eating Disorders (revision)*. *Am J Psychiatry* 2000;157;S1:1-38.

Anakwe RE, Huntley JS, MEachan JE. Grip strength and forearm circumference in a healthy population. *J Hand Surg* 2007; 32: 2: 203–209.

Angst F, Drerup S, Werle S, Herren DB, Simmen BR, Goldhahn J. Prediction of grip and key pinch strength in 978 healthy subjects. *BMC Musculoskel Disord* 2010; 11: 94-94.

Athey J. Medical complications of anorexia nervosa. *Prim Care Update Ob/Gyns* 2003;10:110-115.

Axelsson J, Qureshi AR, Suliman ME. Truncal fat mass as a contributor to inflammation in end-stage renal disease. *Am J Clin Nutr* 2004; 80: 1222-1229.

Balogun JA, Adenlola SA, Akinloye AA. Grip strength normative data for the Harpenden dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther* 1991; 14: 155-160.

Balogun JA, Akomolafe CT, Amusa LO. Grip strength: effects of testing posture and elbow position. *Arch Phys Med Rehabil* 1991; 72: 280-283.

Barbosa-Silva MCG & Barros AJD. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005; 8: 311-317.

Barendregt K, Cox-Reijven PLM, Van der Hogen E, Beijer S, Geerlings P, Soeters PB. Case study of the clinical usefulness of bioelectrical impedance spectroscopy in evaluating nutritional status. *J Hum Nutr Dietet* 2002; 15: 189-92.

- Bassey EJ, Harries UJ. Normal values for handgrip strength in 920 men and women aged over 65 y, and longitudinal changes over 4 y in 620 survivors. *Clin Sci* 1993; 84: 331-337.
- Baumgartner RN, Koehler K, Gallagher D. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico, *Am J Epidemiol* 1998, 147: 755–763.
- Baumgartner RN, Wayne SJ, Waters DL, Janssen I, Gallagher D, Morley JE. Sarcopenic obesity predicts instrumental activities of daily living disability in the elderly. *Obes Res* 2004; 12: 1995-2004.
- Baumgartner RN. Body composition in healthy aging. *Ann NY Acad Sci* 2000; 904: 437–448.
- Bear-Lehman J, Kafko M, Mah L, Mosquera L, Reilly B. An exploratory look at hand strength and hand size among preschoolers. *J Hand Ther* 2002; 15: 340-346.
- Bedogni G, Marra M, Bianchi L, Malavolti M, Nicolai E, De Filippo E, Scalfi L. Comparison of bioelectrical impedance analysis and dual-energy x-ray absorptiometry for the assessment of appendicular body composition in anorexic women. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57: 1068-72.
- Berkman ND, Lohr KN, Bulik CM. Outcomes of eating disorders: a systematic review of the literature. *Int J Eat Disord*. 2007 May;40(4):293-309.
- Birmingham CL, Jones PJ, Orphanidou C, Bakan R, Cleator IG, Goldner EM, Phang PT. The reliability of bioelectrical impedance analysis for measuring changes in the body composition of patients with anorexia nervosa. *Int J Eat Disord* 1996; 19: 311-5.
- Birmingham CL, Tan AO. Respiratory muscle weakness and anorexia nervosa. *Int J Eat Disord*. 2003; 3: 230-3
- Bohannon RW, Bear-Lehman J, Desrosiers J, Massy-Westropp N, Mathiowetz V. Average grip strength: a meta analysis of data obtained with a Jamar dynamometer from individuals 75 years or more of age. *J Geriatr Phys Ther* 2007; 30: 28-34.
- Bohannon RW, Peolsson A, Massy-Westropp N, Desrosiers J, Bear-Lehman J. Reference values for grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy* 2006, 91: 11-15.
- Bohannon RW, Schaubert K. Test-retest reliability of grip strength measures obtained over a 12 week interval from community dwelling elders. *J Hand Ther* 2005; 18: 426-428.

- Bohannon RW. Dynamometer measurements of hand-grip strength predict multiple outcomes. *Percept Motor Skills* 2001; 93: 323-328.
- Bohannon RW. Grip strength: a summary of studies comparing dominant and non dominante limb measurements. *Perceptual and Motor Skills* 2003; 96: 728-730.
- Bohannon RW. Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. *J Geriatr Phys Ther* 2007; 30: 28-30.
- Bohannon RW. Reference values for the timed up and go test: a descriptive meta-analysis. *J Geriatr Phys Ther* 2006; 29: 64-68.
- Borkman M, Storlien LH, Pan DA, Jenkins AB, Chisholm DJ, Campbell LV. The relation between insulin sensitivity and the fatty-acid composition of skeletal muscle phospholipids. *New Engl J Med* 1993, 328: 238-244.
- Brennan P, Bohannon R, Pescatello L, Marschke L, Hasson S, Murphy M. Grip strength norms for elderly women, *Percept Mot Skills* 2004; 99: 899-902.
- Brodin E, Ljungman S, Hedberg M, Sunnerhagen KS. Physical activity, muscle performance and quality of life in patients treated with chronic peritoneal dialysis. *Scand J Urol Nephrol* 2001; 35: 71-78.
- Budziareck MB, Roig Pureza Duarte R, Barbosa-Silva MCG. Reference values and determinants for handgrip strength in healthy subject. *Clin Nutr* 2008; 27: 357-362.
- Bulik CM, Reba L, Siega-Riz AM, Reichborn-Kjennerud T. Anorexia nervosa: definition, epidemiology and cycle of risk. *Int J Eat Disord* 2005; 37: S2-S9.
- Casper RC, Schoeller DA, Kushner R, Hnilicka J, Gold ST. Total daily energy expenditure and activity level in anorexia nervosa. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 1143-50.
- Castro MJ, McCann DJ, Shaffrath JD, Adams WC. Peak torque per unit cross-sectional area differs between strength-trained and untrained young adults. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 397-403.
- Cereda E, Vanotti A. The new geriatric nutritional risk index is a good predictor of muscle dysfunction in institutionalized older patients. *Clin Nutr* 2007; 26: 78-83.

Cesari M, Kritchevsky SB, Baumgartner RN. Sarcopenia, obesity, and inflammation - results from the Trial of Angiotensin Converting Enzyme Inhibition and Novel Cardiovascular Risk Factors study. *Am J Clin Nutr* 2005; 82: 428-434.

Cheng LT, Tang W, Wang T. Strong association between volume status and nutritional status in peritoneal dialysis patients. *Am J Kidney Dis* 2005; 45: 891-902.

Chilima DM, Ismail SJ. Nutrition and handgrip strength of older adults in rural Malawi. *Public Health Nutr*. 2001;4: 11-7.

Cohen DD, Voss C, Taylor MJD, Stasinopoulos DM, Delextrat A, Sandercock GRH. Handgrip strength in English schoolchildren. *Acta Paediatrica* 2010; 19 (Epub ahead of print).

Cook JW, Pierson LM, Herbert WG. The influence of patient strength, aerobic capacity and body composition upon outcomes after coronary artery bypass grafting. *Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 49: 89-93.

Corish CA and Kennedy NP. Anthropometric measurements from a cross-sectional survey of Irish free-living elderly subjects with smoothed centile curves. *Brit J Nutr* 2003; 89: 137-145.

Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis, *Age Ageing* 2010, 39: 412-423.

Dagenais GR, Tancredi RG, Zierler KL. Free fatty acid oxidation by forearm muscle at rest, and evidence for an intramuscular lipid pool in the human forearm. *J Clin Invest* 1976; 58: 421-431.

De Lorenzo AD, Andreoli A. Segmental bioelectrical impedance analysis. *Clin Nutr Metab Care* 2003; 6: 551-555.

Delmonico MJ, Harris TB, Visser M, Park SW, Conroy MB, Velasquez-Mieyer P, Boudreau R, Manini TM, Nevitt M, Newman AB, Goodpaster BH. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. *Am J Clin Nutr* 2009; 90: 1579-1585.

Denton RM, Randle PJ. Concentrations of glycerides and phospholipids in rat heart and gastrocnemius muscles. Effects of alloxan-diabetes and perfusion. *Biochem J* 1967; 104: 416-422.

Desrosiers J, Bravo G, Hébert R, Dutil É. Normative data for grip strength of elderly men and women. *Am J Occup Ther* 1995; 49: 637-644.

- Deurenberg P. International consensus conference on impedance in body composition. *Age Nutr* 1994; 5: 142-5.
- Dragovic M. Categorization and validation of handedness using latent class analysis. *Acta Neuropsychiatrica* 2004; 16: 212-218.
- Duerksen DR, Yeo TA, Siemens JL, O'Connor MP. The Validity and Reproducibility of Clinical Assessment of Nutritional Status in the Elderly. *Nutrition* 2000; 16: 740-744.
- Duvigneaud N, Matton L, Wijndaele K, Deriemaeker P, Lefevre J, Philippaerts R, Thomis M, Delecluse C, Duquet W. Relationship of obesity with physical activity, aerobic fitness and muscle strength in Flemish adults. *J Sports Med Phys Fitn* 2008; 48: 201-210.
- España-Romero V, Ortega FB, Vicente-Rodriguez G, Artero Enriqye G, Rey JP Ruiz Jonatan R. Elbow position affects handgrip strength in adolescents: validity and reliability of Jamar, Dynex, and TKK dynamometers. *J Strength Condit Res* 2010; 24: 272-277.
- EUROFIT, 1993. Council of Europe Committee for the Development of Sport. Handbook for the EUROFIT Tests of Physical Fitness.
- Fairburn CG, Harrison PJ. Eating Disorders. *Lancet* 2003;361:407-416.
- Fantuzzi G, Adipose tissue, adipokines, and inflammation, *J. Allergy Clin. Immunol.*, 2005, 115: 911-919.
- Ferreira LG, Anastácio LR, Lima AS, Correia MITD. Assessment of nutritional status of patients waiting for liver transplantation. *Clin Transplant* 2010 (Epub ahead of print).
- Fess EE. Grip Strength. In: Casanova JS, ed. *Clinical Assessment Recommendations*. 2nd ed. Chicago: American Society of Hand Therapists 1992: 41-45.
- Figuereido FA, Dickson ER, Pasha TM, et al. Utility of standard nutritional parameters in detecting body cell mass depletion in patients with end-stage liver disease. *Liver Transplant* 2000;6:575-81.
- Finch S, Doyle W, Lowe C, Bates CJ, Prentice A, Smithers G, Clarke PC. *National Diet and Nutrition Survey: People Aged 65 Years and Over*. vol. 1: Report of the Diet and Nutrition Survey. London: The Stationery Office, 1998.

- Finkelstein EA, Fiebelkorn IC, Wang G. National medical spending attributable to overweight and obesity: How much, and who's paying? *Heal Aff* 2003; 3: 219-226.
- Fontana L, Eagon JC, Trujillo ME. Visceral fat adipokine secretion is associated with systemic inflammation in obese humans. *Diab* 2007, 56: 1010-1013.
- Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol Med Sci* 2001; 56: 146-56.
- Gale CR, Marty CN, Cooper C, Sayer AA. Grip strenght, body composition and mortality. *Int J Epidemiol* 2007; 36: 228-235.
- Giampaoli S, Ferrucci L, Cecchi F, Lo Noce C, Poce A, Dima F. Hand-grip strength predicts incident disability in non-disabled older men. *Age Ageing* 1999; 28: 283-288.
- Gibson RS. Principles of nutritional assessment. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press 2005.
- Goodpaster BH, He J, Watkins S, Kelley DE. Skeletal muscle lipid content and insulin resistance: evidence for a paradox in endurance-trained athletes. *J Clin Endocrinol Metab.* 2001; 86: 5755-5761.
- Greco AV, Mingrone G, Giancaterini A, Manco M, Morroni M, Cinti S, Granzotto M, Vettor R, Camastra S, Ferrannini E. Insulin resistance in morbid obesity: reversal with intramyocellular fat depletivo. *Diab* 2002; 51: 144-151.
- Gu Y, Cheng LT, Chen HM. Strong association between nutritional markers and arterial stiffness in continuous ambulatory peritoneal dialysis patients. *Blood Purif* 2008, 26: 340-346.
- Günther CM, Bürger A, Rickert M, Crispin A, Shultz CU. Grip strength in healthy Caucasian adults: reference values. *J Hand Surg* 2008; 33: 558-565.
- Guerra RS, Amaral TF. Comparison of hand dynamometers in elderly people. *J Nutr Health Aging* 2009; 13: 907-912.
- Hannan WJ, Cowen S, Freeman CP, Shapiro C M. Evaluation of bioelectrical impedance analysis for body composition measurements in anorexia nervosa. *Clin J Physiol Meas* 1990; 11: 209-16.
- Hannan WJ, Cowen SJ, Freeman CP, Wrate RM. Can bioelectrical impedance improve the prediction of body fat in patients with eating disorders? *Eur J Clin Nutr* 1993; 47:741-46.

Hanten WP, Chen WY, Austin AA, Brooks RE, Carter HC, Law CA, Morgan MK, Sanders DJ, Swan CA, Vanderslice AL: Maximum grip strength in normal subjects from 20 to 64 years of age. *J Hand Ther* 1999; 12: 193-200.

Hilton TN, Tuttle LJ, Bohnert KL, Mueller MJ, Sinacore DR. Excessive adipose tissue infiltration in skeletal muscle in individuals with obesity, diabetes mellitus, and peripheral neuropathy: association with performance and function. *Phys Ther* 2008; 88: 1336-1344.

Hoppeler H. Exercise-induced ultrastructural changes in skeletal muscle. *Int J Sports Med* 1986; 7: 187-204.

Hornby ST, Nunes QM, Hillman TE, Stanga Z, Neal KR, Rowlands BJ, Allison SP, Lobo DN. Relationships between structural and functional measures of nutritional status in a normally nourished population. *Clin Nutr* 2005; 24: 421-426.

Hornby TG, Tysseling-Mattiace VM, Benz EN, Schmit BD. Contribution of muscle afferents to prolonged flexion withdrawal reflexes in human spinal cord injury. *J Neurophysiol* 2004; 92: 3375-84.

Howald H, Boesch C, Kreis R. Content of intramyocellular lipids derived by electron microscopy, biochemical assays, and (1)H-MR spectroscopy. *J Appl Physiol* 2002; 92: 2264-2272.

Humphreys J, De la Maza P, Hirsch S. Muscle strength as a predictor of loss of functional status in hospitalized patients. *Nutrition* 2002; 18: 616-620.

Hunt DR, Rowlands BJ, Johnston D. Hand grip strength. A simple prognostic Indicator in surgical patients. *J Parenter Enterol Nutr* 1985; 9: 701-4.

Jensen GL, Silver HJ, Roy MA, Callahan E, Still C, Dupont W. Obesity is a risk factor for reporting homebound status among community-dwelling older persons. *Obes* 2006; 14: 509-517.

Jürimäe T, Hurbo T, Jürimäe J. Relationship of hand grip strength with anthropometric and body composition variables in prepubertal children. *Homo* 2009; 60: 225-38.

Kelly A. Nutritional surveillance in Europe: an operational approach. In: Eylenbosch WJ, Noah ND, ed. *Surveillance in Health and Disease*. Oxford: Oxford University Press, 1988: 125-42.

Kenjle K, Limaye S, Ghugre PS, Udipi SA. Grip strength as an index for assessment of nutritional status of children aged 6-10 years. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2005; 51: 87-92.

Keys A, Brozek J, Henschel A, Mickelsen O, Taylor HL. The biology of human starvation. Minneapolis: University of Minnesota Press; 1950.

Klidjian AM, Archer TJ, Foster KJ, Karran SJ. Detection of dangerous malnutrition. *J Parenter Enterol Nutr* 1982; 6: 119-21.

Klidjian AM, Foster KJ, Kammerling RM, Cooper A, Karran SJ. Relation of anthropometric and dynamometric variables to serious postoperative complications. *Br Med J* 1980; 281: 899-901.

Koster A, Leitzmann MF, Schatzkin A, Mouw T, Adams KF, van Eijk JT, Hollenbeck AR, Harris TB. Waist circumference and mortality. *Am J Epidemiol* 2008; 167: 1465-1475.

Krahn DD, Rock C, Dechert RE, Nairn KK, Hasse SA. Changes in resting energy expenditure and body composition in anorexia nervosa patients during refeeding. *J Am Diet Assoc* 1993; 93: 434-8.

Kuczmarski RJ. Need for body composition information in elderly subjects. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 1150-1157.

Kushner RF and Schoeller DA. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1986; 44: 417-424.

Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J Am Coll Nutr* 1992; 11: 199-209.

Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gomez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AM, Pichard C. Composition of the ESPEN Working Group. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr* 2004a; 23: 1226-43.

Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gomez J, Lilienthal Heitmann B, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, M W J Schols A, Pichard C; ESPEN. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr* 2004b; 23: 1430-53.

Kyle UG, Piccoli A, Pichard C. Body composition measurements: interpretation finally made easy for clinical use. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2003; 6: 387-93.

Lenmarken C, Larsson J. Skeletal muscle function and energy metabolites in malnourished surgical patients. *Acta Chir Scand* 1986;152:169-73.

Leyk D, Gorges W, Ridder D, Wunderlich M, Rütther T, Sievert A, Essfeld D. Hand-grip strength of young men, women and highly trained female athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2007; 99: 415-421.

Lindle RS, Metter EJ, Lynch NA, Fleg JL, Fozard JL, Tobin J, Roy TA, Hurley BF. Age and gender comparison of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 yr. *J Appl Physiol* 1997; 83: 1581-7.

Ling CHY, Taekema D, De Craen AJM, Gussekloo J, Westendorp RGJ, Maier AB. Handgrip strength and mortality in the oldest old population: the Leiden 85-plus study. *CMAJ* 2010; 182: 429-435.

Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual, Champaign, IL: Human Kinetics Books 1988.

Lopes J, Russell DM, Whitwell J, Jeejeebhoy KN. Skeletal muscle function in malnutrition. *Am J Clin Nutr* 1982; 36: 602-10.

Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986; 60: 1327-1332

Lukaski HC. Soft tissue composition and bone mineral status: evaluation by dual-energy X-ray absorptiometry. *J Nutr* 1993; 123: 438-43.

Luna-Heredia E, Martín-Pena G and Ruiz-Galiana J. Handgrip dynamometry in healthy adults. *Clin Nutr* 2005; 24: 250-258

Maffioletti NA, Jubeau M, Munzinger U, Bizzini M, Agosti F, De Col A, Lafortuna CL, Sartorio A. Differences in quadriceps muscle strength and fatigue between lean and obese subjects. *Eur J Appl Physiol* 2007; 101: 51-9.

Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation, and physical activity. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics 1991.

- Manco M, Mingrone G, Greco AV, Capristo E, Gniuli D, De Gaetano A, Gasbarrini G. Insulin resistance directly correlates with increased saturated fatty acids in skeletal muscle triglycerides. *Metabolism* 2000; 49: 220-224.
- Marra M, De Filippo E, Signorini A, Silvestri E, Pasanisi F, Contaldo F and Scalfi L. Phase angle is a predictor of basal metabolic rate in female patients with anorexia nervosa. *Physiol Meas* 2005; 26: 145-52.
- Marra M, De Filippo E, Signorini A, Silvestri E, Pasanisi F, Contaldo F, Scalfi L. The prediction of total body water from bioelectrical impedance in patients with anorexia nervosa. *Br J Nutr* 1997; 78: 357-65.
- Martin S, Neale G, Elia M. Factors affecting maximal momentary grip strength. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985;39: 137-47.
- Massy-Westropp N, Health M, Rankin W, Ahern M, Krishnan J Hearn Trevor C. Measuring grip strength in normal adults: reference ranges and a comparison of electronic and hydraulic instruments. *J Hand Surg* 2004; 29: 514-519.
- Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers S. Grip and pinch strength: normative data for adults. *Arch Phys Med Rehabil* 1985; 66: 69-74.
- Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers S. Grip and Pinch Strength: Normative Data for Adults. *Arch Phys Med Rehabil* 1985; 66: 69-74.
- Mathiowetz V, Wiemer DM, Federman SM. Grip and pinch strength: norms for 6- to 19-year-olds. *Am J Occup Ther* 1986; 40: 705-711.
- Mathiowetz V. Comparison of Rolyan and Jamar dynamometers for measuring grip strength. *Occup Ther Int* 2002; 9: 201-9.
- McGuigan MR, Tatasciore M, Newton RU, Pettigrew S. Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese. *J Strength Cond Res* 2009, 23: 80-5.
- McLoughlin DM, Spargo E, Wassif WS, Newham DJ, Peters TJ, Lantos PL, Russell GF. Structural and functional changes in skeletal muscle in anorexia nervosa. *Acta Neuropathol* 1998; 95: 632-40.

- McLoughlin DM, Wassif WS, Morton J, Spargo E, Peters TJ, Russell GF. Metabolic abnormalities associated with skeletal myopathy in severe anorexia nervosa. *Nutrition* 2000; 16: 192-6.
- Mika C, Herpertz-Dahlmann B, Heer M, Holtkamp K. Improvement of nutritional status as assessed by Multifrequency BIA during 15 weeks of refeeding in adolescents girls with anorexia nervosa. *J Nutr* 2004; 134: 3026-30.
- Mitsionis G, Pakos EE, Stafilas KS, Paschos N, Papakostas T, Beris AE. Normative data on hand grip strength in a Greek adult population. *Int Orthop* 2009; 33: 713-7.
- Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Vicente-Rodriguez G, Ortega FB, Rey-Lopez JP, España-Romero V, Casajús JA, Molnar D, Widhalm K, Dallongeville J, González-Gross M, Castillo MJ, Sjöström M, Moreno LA. Association of muscular and cardiorespiratory fitness with total and central body fat in adolescents; The HELENA Study. *Br J Sports Med* 2009; Epub ahead of print.
- Morgan WD. Of mermaids and mountains. Three decades of prompt activation in vivo. *Ann N Y Acad Sci* 2000; 904: 128-133.
- Moukaddem M, Boulier A, Apfelbaum M, Rigaud D. Increase in diet-induced thermogenesis at the start of refeeding in severely malnourished anorexia nervosa patients. *Am J Clin Nutr* 1997; 66:133-40.
- Nair KS. Aging muscle. *Am J Clin Nutr* 2005; 81: 953-63.
- Neu CM, Rauch F, Rittweger J, Manz F, Schoenau E. Influence of puberty on muscle development at the forearm. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002; 283: 103-107.
- Niempoog S, Siripakarn Y, suntharapa T. An estimation of grip strength during puberty. *J Med Assoc Thai* 2007; 90: 699-705.
- Norman K, Schutz T, Kemps M, Josef LH, Lochs H, Pirlich M. The Subjective Global Assessment reliably identifies malnutritionrelated muscle dysfunction. *Clin Nutr* 2005; 24: 143-50.
- Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 1971; 9: 97-113.
- Organ LW, Bradham GB, Gore DT, Lozier SL. Segmental bioelectrical impedance analysis: theory and application of a new technique. *J Appl Physiol* 1994; 77: 98-112.

Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, España-Romero V, Jiménez-Pavón D, Vicente-Rodríguez G, Moreno LA, Manios Y, Béghin L, Ottevaere C, Ciarapica D, Sarri K, Dietrich S, Blair SN, Kersting M, Molnar D, González-Gross M, Gutiérrez A, Sjöström M, Castillo MJ. Physical fitness levels among European adolescents: The HELENA study. *Br J Sports Med* 2009; Epub ahead of print.

Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, Vicente-Rodríguez G, Bergman P, Hagströmer M, Ottevaere C, Nagy E, Konsta O, Rey-López JP, Polito A, Dietrich S, Plada M, Béghin L, Manios Y, Sjöström M, Castillo MJ; HELENA Study Group. Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *Int J Obes (Lond)* 2008; 32: 49-57.

Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Moreno LA, Gonzales-Gross M, Warnberg J, Gutierrez A. Low level of physical fitness in Spanish adolescents. Relevance for future cardiovascular health (AVENA) study. *Rev Esp Cardiol* 2005; 58: 898-909.

Pan DA, Lillioja S, Kriketos AD, Milner MR, Baur LA, Bogardus C, Jenkins AB, Storlien LH. Skeletal muscle triglyceride levels are inversely related to insulin action. *Diab* 1997; 46: 983-988.

Pencharz PB, Azcue M. Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of malnutrition. *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 485-8.

Peng S, Plank LD, McCall JL, Gillanders LK, McLloroy K, Gane EJ. Body composition, muscle function, and energy expenditure in patients with liver cirrhosis: a comprehensive study. *Am J Clin Nutr* 2007; 87: 1257-1266.

Piccoli A, Cadognotto M, Di Pascoli L, Boffo G, Caregaro L. Body Mass Index and agreement between Bioimpedance and Anthropometry estimates of body compartments in anorexia nervosa. *J Parent Ent Nutr* 2005; 29: 148-56.

Pichard C, Kyle UG, Sloman DO, Penalosa B. Energy expenditure in anorexia nervosa: can fat-free mass as measured by bioelectrical impedance predict energy expenditure in hospitalized patients? *Clin Nutr* 1996; 15: 109-14.

Pieterse S, Manandhar M, Ismail S. The association between nutritional status and handgrip strength in older Rwandan refugees. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56: 933-939.

Pietrobelli A, Wang ZM, Formica C, Heymsfield SB. Dual-energy X-ray absorptiometry: fat estimation errors due to variation in soft tissue hydration. *Am J Physiol* 1998; 37: 808-16.

- Pirke KM, Muenzing W, Moser EA, Beumont PJV. Assessment of body composition by measurement of electrical conductivity in patients with anorexia nervosa and bulimia. *Int J Eat Dis* 1989; 4: 479-82.
- Polito A, Cuzzolaro M, Raguzzini A, Censi L, Ferro-Luzzi A. Body composition changes in anorexia nervosa. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52: 655-62
- Polito A, Fabbri A, Ferro-Luzzi A, Cuzzolaro M, Censi M, Ciarapica D, Fabbrini E, Giannini D. Basal metabolic rate in anorexia nervosa: relation to body composition and leptin concentration. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 1495-502.
- Qureshi AR, Alvestrand A, Danielsson A, Divino-Filho JC, Gutierrez A, Lindholm B, Bergstrom J. Factors predicting malnutrition in hemodialysis patients: a cross-sectional study. *Kidney Int* 1998; 53: 773-782.
- Rantanen T, Guralnik JM, Foley D, Masaki K, Leveille S, Curb JD, White L. Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA* 1999; 281: 558-560.
- Rantanen T, Harris T, Leveille SG, Visser M, Foley D, Masaki K, Guralnik JM. Muscle strength and body mass index as long-term predictors of mortality in initially healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000; 55: 168-73
- Rantanen T, Volpato S, Ferrucci L, Heikkinen E, Fried LP, Guralnik JM. Hand grip strength and cause-specific and total mortality in older disabled women: exploring the mechanism. *J Am Geriatr Soc* 2003; 51: 636-41.
- Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cristini C, Abellan van Kan G, Janssen I, Morley JE, Vellas B., Difficulties with physical function associated with obesity, sarcopenia, and sarcopenic-obesity in community-dwelling elderly women: the EPIDOS (EPIDemiologie de l'OSteoporose) Study. *Am J Clin Nutr* 2009; 89: 1895-1900.
- Romano C, Chinali M, Pasanisi F, Greco R, Celentano A, Rocco A, Palmieri V, Signorini A, Contaldo F, de Simone G. Reduced hemodynamic load and cardiac hypertrophy in patients with anorexia nervosa. *Am J Clin Nutr* 2003; 77: 308-12.
- Rosenberg I. Epidemiologic and methodologic problems in determining nutritional status of older persons. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 1131-1133.
- Rosenberg IH. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr* 1997; 127: 990-991.

- Roubenoff R, Kehayas JJ, Dawson-Hughes B, Heymsfield SB. Use of dual-energy x-ray absorptiometry in body composition studies: not yet a gold standard. *Am J Clin Nutr* 1993; 58: 689-691.
- Ruiz JR, España-Romero V, Ortega FB, Sjöström M, Castillo MJ, Gutierrez A. Hand span influences optimal grip span in male and female teenagers. *J Hand Surg Am* 2006; 31: 1367-1372.
- Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, Morrow JR, Jackson AW, Sjoström M, Blair SN. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ* 2008; 337: 439-92-95.
- Ruiz JR. Elbow position affects handgrip strength in adolescents: validity and reliability of Jamar, DynEx, and TKK dynamometers. *J Strength Cond Res* 2010; 24: 272-7.
- Russell DM, Leiter LA, Whitwell J, Marliss EB, Jeejeebhoy KN. Skeletal muscle function during hypocaloric diets and fasting: a comparison with standard nutritional assessment parameters. *Am J Clin Nutr* 1983a; 37: 133-8.
- Russell DM, Prendergast PJ, Darby PL, Garfinkel PE, Whitwell J, Jeejeebhoy KN. A comparison between muscle function and body composition in anorexia nervosa: the effect of refeeding. *Am J Clin Nutr* 1983b;38: 229-37.
- Ryan CF, Whittaker JS, Road JD. Ventilatory dysfunction in severe anorexia nervosa. *Chest* 1992; 102: 1286-8.
- Saltzman E, Mason JB. Enteral nutrition in the elderly. In: Rombeau JL, Rolandelli RH, ed. *Clinical nutrition: enteral and tube feeding*. Philadelphia: Saunders 1997: 385-402.
- Sartorio A, Lafortuna CL, Pogliaghi S, Trecate L. The impact of gender, body dimension and body composition on hand-grip strength. in healthy children. *J Endocrinol Invest*. 2002;25:431-5.
- Scalfi L, Bedogni G, Marra M, Di Biase G, Caldara A, Severi S, Contaldo F, Battistini N. The prediction of total body water from bioelectrical impedance in patients with anorexia nervosa. *Br J Nutr* 1997; 78: 357-65.
- Scalfi L, Di Biase G, Sapio C, Coltorti A, Contaldo F. Bioimpedance analysis and resting energy expenditure in undernourished and refeed anorectic patients. *Eur J Clin Nutr* 1993;47:61-7.

- Scalfi L, Marra M, Caldara A, Silvestri E, Contaldo F. Changes in bioimpedance analysis after stable refeeding of undernourished anorexic patients. *Int J Obes* 1999; 23: 133-7.
- Scalfi L, Marra M, De Filippo E, Caso G, Pasanisi F, Contaldo F. The prediction of basal metabolic rate in female patients with anorexia nervosa. *Int J Obes* 2001; 25: 359-364.
- Scalfi L, Marra M, Zurlo V, di Biase G, Lanzetta C, Caldara A, Contaldo F. Bioimpedance analysis in underweight male patients with psychiatric disorders. *Bibl Nutr Dieta* 1994; 51: 105-7.
- Scalfi L, Polito A, Bianchi L, Marra M, Caldara A, Nicolai E, Contaldo F. Body composition changes in patients with anorexia nervosa after complete weight recovery. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56: 15-20.
- Schlussek MM, dos Anjos LA, Teixeira M, de Vasconcellos L, Kac G. Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: A population-based study *Clinical Nutrition* 2008; 27: 601-607.
- Schrager MA, Metter EJ, Simonsick E. Sarcopenic obesity and inflammation in the InCHIANTI study. *J Appl Physiol* 2007; 102: 919-925.
- Sejer JY, Thorstensson A. Muscle strength and electromyogram in boys and girls followed through puberty. *Eur J Appl Physiol* 2000; 81: 54-61.
- Sejer JY, Thorstensson A. Muscle strength and myoelectric activity in prepubertal and adult males and females. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994; 69: 81-7.
- Shen W, Wang Z, Punyanita M, Lei J, Sinav A, Kral JG. Adipose tissue quantification by imaging methods: a proposed classification. *Obes Res* 2003; 11: 5-16.
- Sheriff DD, Mullin TM, Wong BJ, Ladouceur M. Does limb angular motion raise limb arterial pressure? *Acta Physiol (Oxf)*. 2009; 195: 367-74. Epub 2008 Oct 10.
- Shulman GI. Cellular mechanisms of insulin resistance. *J Clin Invest* 2000; 106: 171-6.
- Silventoinen K, Magnusson PKE, Tynelius P, Batty GD, Rasmussen F. Association of body size and muscle strength with incidence of coronary heart disease and cerebrovascular diseases: a population-based cohort study of one million Swedish men. *Int J Epidemiol* 2009; 38: 110-118.
- Soeters PB, Reijven PLM, van Bokhorst-de van der Schueren MAE. A rational approach to nutritional assessment. *Clinic Nutr* 2008; 27: 706-716.

Soeters PB, Reijven PL, van Bokhorst-de van der Schueren MA, Schols JM, Halfens RJ, Meijers JM, van Gemert WG. A rational approach to nutritional assessment. *Clinical Nutrition* 2008; 27: 706-716.

Steen B. Body composition and aging. *Nutr Rev* 1988; 46: 45-51.

Stenholm S, Alley D, Bandinelli S, Griswold ME, Koskinen S, Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L. The effect of obesity combined with low muscle strength on decline in mobility in older persons: results from the InCHIANTI study. *Int J Obes* 2009; 33: 635-644.

Stenvinkel P, Barany P, Chung SH, Lindholm B, Heimbürger O. A comparative analysis of nutritional parameters as predictors of outcome in male and female ESRD patients. *Nephrol Dial Transplant* 2002; 17: 1266-1274.

Sternfeld B, Ngo L, Satariano WA, Tager IB. Associations of body composition with physical performance and self-reported functional limitation in elderly men and women. *Am J Epidemiol* 2002; 156: 110-121.

Svennson E, Waling K, Häger-Ross C. Grip strength in children: test-retest reliability using Grippit. *Acta Paediatr* 2008; 97: 1226-1231.

Trutschnigg B, Kilgour RD, Reinglas J, Rosenthal L, Hornby L, Morais JA, Vigano A. Precision and reliability of strength (Jamar vs Biodex handgrip) and body composition (dual-energy X-ray absorptiometry vs bioimpedance analysis) measurements in advanced cancer patients. *Appl Physiol Nutr Metab* 2008; 33: 1232-9.

Tsiros MD, Coates AM, Howe PR, Grimshaw PN, Buckley JD. Obesity: the new childhood disability? *Obes Rev* 2010 (Epub ahead of print).

Vaz M, Thangam S, Prabhu A, Shetty PS. Maximal voluntary contraction as a functional indicator of adult chronic undernutrition. *Br J Nutr* 1996;76:9-1

Vilarò J, Rabinovich R, Gonzalez-deSuso JM, Troosters T, Rodríguez D, Barberà JA, Roca J. Clinical assessment of peripheral muscle function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Phys Med Rehabil* 2009; 88: 39-46.

Villareal DT, Apovian CM, Kushner RF, Klein S. Obesity in older adults: Technical review and position statement of the American Society for Nutrition and NAASO, The Obesity Society. *Am J Clin Nutr* 2005; 82: 923-934.

Villareal DT, Banks M, Siener C, Sinacore DR, Klein S. Physical frailty and body composition in obese elderly men and women. *Obes Res* 2004; 12: 913-920.

Visser M, Langlois J, Guralnik JM, Cauley JA, Kronmal RA, Robbins J, Williamson JD, Harris T. High body fatness, but not low fat-free mass, predicts disability in older men and women: The Cardiovascular Health Study. *Am J Clin Nutr* 1998; 68: 584-590.

Visser M, Pahor M, Taaffe DR. Relationship of interleukin-6 and tumor necrosis factor- α with muscle mass and muscle strength in elderly men and women: The Health ABC Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002; 57: 326-332.

Vogt M, Puntschart A, Howald H. Effects of dietary fat on muscle substrates, metabolism, and performance in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 952-60.

Wang A.Y.-M., Sea M.M.-M., Ho Z.S.-Y., Lui S.-F., Li P.K.-T., Woo J., Evaluation of hand-grip strength as a nutritional marker and prognostic indicator in peritoneal dialysis patients, *Am. J. Clin. Nutr.*, 2005, 81: 79-86.

Wang AY, Sanderson JE, Sea MMM. Handgrip strength, but not other nutritional parameters, predicts circulatory congestion in peritoneal dialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2010 (Epub ahead of print).

Wang AY, Woo J, Wang M, Sea MM, Ip R, Li PK, Lui SF, Sanderson JE. Association of inflammation and malnutrition with cardiac valve calcification in continuous ambulatory peritoneal dialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 2001; 12: 1927-36.

Wang ZM, Pierson RN, Heymsfield Jr and SB. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 19-28.

Webb AR, Newman LA, Taylor M, Keogh JB. Hand grip dynamometry as a predictor of post-operative complications. Reappraisal using age standardized grip strengths. *J Parent Enter Nutr* 1989; 13: 30-33.

Werle S, Goldhahn J, Drerup S, Simmen BR, Sprott H, Herren DB. Age-and gender-specific normative data of grip and pinch strength in a healthy adult Swiss population. *J Hand Surg Eur* 2009; 34: 76-84.

Wessel JA, Nelson RC. Relationship between grip strength and achievement in physical education among college women. *Res Q* 1996; 32:238-243.

WHO, Obesity: preventing and managing the global epidemic, WHO Consulting on Obesity Report, Geneva, 1998.

Wind AE, Takken T, Helders PJM, Engelbert RHH. Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults. *Eur J Pediatr* 2010; 169: 281-287.

Windsor JA, Hill GL. Grip strength: a measure of the proportion of protein loss in surgical patients. *Br J Surg* 1988; 75: 880-2.

Woo J, Ho SC, Yu AL, Sham A. Is waist circumference a useful measure in predicting health outcomes in the elderly? *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002, 26: 1349-1355.

World Health Organization Study Group (1976). Methodology of nutritional surveillance. Report of a Joint FAO/UNICEF/WHO Expert Committee. *World Health Organ Tech Rep Ser.* 593, 1-66 Geneve.

Wu SW, Wu SF, Liang HW, Wu ZT, Huang S. Measuring factors affecting grip strength in a Taiwan Chinese population and a comparison with consolidated norms. *Appl Ergon* 2009; 40: 811-815.

Yager J, Andersen AE. Anorexia nervosa. *NEJM* 2005; 353: 1481-1488.

Yurdalan SU, Kondu S, Malkoç M. Assessment of health-related fitness in the patients with end-stage renal disease on hemodialysis: using Eurofit Test Battery. *Ren Fail* 2007; 29: 55-60.

Zamboni M, Armellini F, Turcato E, Todisco P, Gallagher D, Dalle Grave R, Heymsfield S, Bosello O. Body fat distribution before and after weight gain in anorexia nervosa. *Int J Obes* 1997; 21: 33-36.

Ziora K, Ziora D, Oswiecimska J, Roczniak W, Machura E, Dworniczak S, Tomalak W, Dyduch A. Spirometric parameters in malnourished girls with anorexia nervosa. *J Physiol Pharmacol* 2008; 59 6:801-7

Zizza CA, Herring A, Stevens J, Popkin BM. Obesity affects nursing care facility admission among whites but not blacks. *Obes Res* 2002; 10: 816-823.