



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Sede Amministrativa: Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE MEDICHE, CLINICHE E
SPERIMENTALI

INDIRIZZO: SCIENZE GERIATRICHE ED EMATOLOGICHE

CICLO XXIV°

**ATTIVITA' MOTORIA IN PISCINA TERMALE
COME PREVENZIONE E CURA DELLA SARCOPENIA SENILE**

Direttore della Scuola : Ch.mo Prof. Gaetano Thiene

Coordinatore d'indirizzo: Ch.mo Prof. Fabrizio Fabris

Supervisore :Ch.mo Prof. Marco Zaccaria

Dottorando : Marco Bergamin

INDICE

INTRODUZIONE	i
PARTE GENERALE	
Il bacino termale euganeo: proprietà chimico-fisiche dell'acqua termale ed effetti dei bagni termali sull'organismo	3
Gli adattamenti in acuto durante lo svolgimento di esercizio in acqua	7
<i>Panoramica dell'ambiente acquatico</i>	7
<i>Effetti legati alla temperatura dell'acqua</i>	11
<i>Effetti legati alla profondità dell'acqua</i>	13
Gli adattamenti cronici nel soggetto anziano, conseguenti ad un periodo di esercizio in acqua	17
<i>La capacità aerobica</i>	19
<i>La forza</i>	21
<i>La flessibilità</i>	23
<i>L'equilibrio</i>	25
<i>La composizione corporea</i>	27
La sarcopenia	29
<i>Definizione di funzione</i>	29
<i>La diagnosi di sarcopenia: misure di assessment</i>	37
<i>Misurare la forza muscolare</i>	41
<i>Alcuni esempi di test per la misura della performance fisica</i>	43
<i>I cut-points della sarcopenia</i>	45
<i>Le prospettive future</i>	49
PARTE SPERIMENTALE	
MATERIALI E METODI	51
<i>Il campione di studio</i>	51
<i>Protocollo di esercizio</i>	53
<i>Materiali</i>	55
<i>Analisi statistica</i>	57
RISULTATI	59
DISCUSSIONE	71
<i>La forza</i>	73
<i>La performance fisica (equilibrio e flessibilità)</i>	75
<i>La composizione corporea</i>	77
CONCLUSIONI	81
BIBLIOGRAFIA	83

INTRODUZIONE

Fra gli obiettivi del Fondo Sociale Europeo, vi è quello di finanziare la ricerca e l'innovazione al fine di sviluppare i rapporti tra Università ed Impresa. Uno dei settori di interesse economico di rilievo è il compartimento termale del Bacino Euganeo, che partecipa nel rendere il Veneto la Regione con gettito economico più elevato nel settore turismo ed ambiente.

Un'attenta analisi della letteratura ha determinato che la produzione scientifica si è focalizzata sul possibile beneficio dell'acqua termale in gruppi prevalentemente composti da individui con patologie di tipo reumatico e/o osteoporosi. Altri pochissimi lavori, di cui alcuni anche molto datati, hanno studiato l'esercizio in acqua su gruppi di soggetti anziani. Nella maggior parte dei casi, gli outcomes osservati riguardavano i tradizionali parametri della physical fitness, nella fattispecie la capacità aerobica e la forza.

Ad oggi, a nostra conoscenza, non esiste alcun lavoro che metta in relazione il soggetto anziano e l'esercizio in acqua termale. Nasce pertanto l'opportunità di studiare gli effetti dell'esercizio in acqua termale, nel soggetto anziano sano, in un particolare tema di interesse, sempre più crescente in ambito di ricerca e nella pratica clinica: la fisiologica riduzione della massa muscolare che si verifica con la senescenza.

L'intervento proposto si poneva come obiettivo la realizzazione di ricerche di base sulla sarcopenia senile e la creazione di un programma di attività motoria in acqua termale allo scopo di osservarne i possibili benefici nell'anziano. Questa progettualità è stata inserita in un percorso Dottorale, il cui titolo è: *“Attività motoria in piscina termale come prevenzione e cura della sarcopenia senile”*. Nello specifico, questa tesi andrà a discutere gli effetti di un programma di attività motoria strutturato in acqua termale, valutando possibili i cambiamenti sia nella massa muscolare che nella funzione fisica, in un gruppo di sessanta soggetti anziani.

PARTE GENERALE

Il bacino termale euganeo: proprietà chimico-fisiche dell'acqua termale ed effetti dei bagni termali sull'organismo

L'acqua e i fanghi del bacino termale euganeo sono ricchi di particolari sostanze che li rendono unici. Chimicamente, l'acqua termale è definita *salso-bromo-iodica* ed *ipertermale*: presenta un elevato contenuto di sodio e cloro, di bromo ed inoltre contiene iodio, come tipicamente tutte le acque minerali. In aggiunta, è definita ipertermale poiché sgorga a temperature elevate. Infatti, l'acqua fluisce negli stabilimenti del Bacino Euganeo alla temperatura di 87° conservando buona parte dell'energia geotermica accumulata sottoterra. Infine, l'acqua è raffreddata ai 35-40°, temperatura adatta per lo svolgimento delle attività in piscina a scopo preventivo, riabilitativo e curativo.

Negli anni le proprietà chimico-fisiche dell'acqua termale hanno determinato lo svilupparsi di diverse forme di trattamenti che permettono di soddisfare differenti bisogni, rivolti a tutte le fasce d'età. In generale, questi trattamenti possono essere raggruppati sotto un unico termine: la balneoterapia. Essa associa gli effetti biologici e terapeutici esercitati dai mineralizzatori, alle proprietà fisiche dell'acqua, rendendo ogni acqua minerale una soluzione a composizione chimico-fisica peculiare. Affinché l'acqua possa essere definita “minerale”, deve provenire da sorgenti naturali con temperatura pari ad almeno 20° C e deve essere caratterizzata da un contenuto di minerali pari almeno a 1 g/l (Pittler et al., 2006). E' difficile definire in modo universale le caratteristiche dell'acqua minerale, proprio per il notevole numero di tipologie, tant'è che nel 2010 il centro “Medical Hydrology” ha proposto un sistema di classificazione che suddivide l'acqua in queste categorie: acque arsenicali, bicarbonate, carboniche, cloruro-sodiche, radioattive, salso-bromo-iodiche, solfate e sulfuree (Varga, 2010).

La sola immersione in acqua calda (senza svolgimento di alcun tipo di esercizio) comporta benefici fisiologici nell'organismo. Questi cambiamenti sono attribuibili principalmente agli

effetti della pressione idrostatica ed alla temperatura. I bagni a temperature elevate e le applicazioni di fango generano una condizione di iperemia che coinvolge i tessuti fino a livello profondo. Una delle conseguenze dell' iperemia è la riduzione dei processi di flogosi ed anche una maggiore estensibilità dei tessuti ricchi di collagene, permettendo di ottenere benefici in termini di aumento del range of motion (ROM) nelle articolazioni colpite da processi patologici (Petraglia A. et al., 2009).

La piscina con acqua calda si caratterizza per ulteriori peculiarità quali l'azione vasodilatatrice e la stimolazione della circolazione sanguigna. Grazie a tali effetti indotti dall'immersione del corpo in acqua termale, sono facilitate le attività muscolari e delle articolazioni. Favorendo il rilassamento muscolare e l'alleviamento del dolore, il bagno in acqua termale è utile anche nel trattamento di sindromi dolorose delle articolazioni, in caso di contratture muscolari o di processi infiammatori cronici. La pratica balneatoria termale può essere utile per impostare programmi riabilitativi in seguito a traumi, fratture, operazioni o processi infiammatori, agendo sia a livello generale, sull'apparato cardiovascolare, sia a livello distrettuale a carico di articolazioni, tendini e muscoli. Sebbene sia ormai diffusa l'idea dei benefici che la balneoterapia è in grado di apportare nel trattamento di vari disturbi, sono pochi gli studi che dimostrano effettivamente la maggiore efficacia dei trattamenti effettuati in acqua termale rispetto a quelli realizzati in piscina con acqua tradizionale. La maggior parte degli studi riguardano l'uso della balneoterapia nei disturbi reumatici e muscolo-scheletrici, in particolare in casi di osteoartrite, fibromialgia, spondilite anchilosante, artrite reumatoide e lombalgia cronica (Falagas et al., 2009).

Ad oggi, la letteratura scientifica presenta pochissimi lavori focalizzati sull'uso dell'acqua termale come ambiente di esercizio per il soggetto anziano. Per citare un esempio, che ben descrive le potenzialità benefiche dell'esercizio in acqua termale, Balint (2007) e colleghi hanno pensato di confrontare due gruppi di soggetti di età compresa tra i 50 e i 70 anni colpiti

da osteoartrite al ginocchio. I due gruppi sono stati sottoposti ad un protocollo di esercizio, un gruppo in piscina con acqua minerale di Nagybaracska (Ungheria) e l'altro in acqua normale clorata. In entrambi i casi la temperatura dell'acqua misurata era di 34° C. I risultati hanno evidenziato miglioramenti significativi nella riduzione della percezione del dolore e nel punteggio del questionario WOMAC¹, nel gruppo che si è allenato nella vasca con acqua termale. Nel gruppo di controllo invece si sono osservati miglioramenti dopo il trattamento, ma non nel follow up a tre mesi. Una meta-analisi di Falagas e colleghi (2009) ha studiato gli effetti terapeutici della balneoterapia: nonostante l'eterogeneità dei pazienti esaminati, sembra poter essere confermato il beneficio della balneoterapia nel trattamento dei principali disturbi a carico dell'apparato muscolo-scheletrico, soprattutto per quanto riguarda la riduzione del dolore. Nonostante la durata degli effetti benefici dei trattamenti variasse da un caso all'altro, nella maggior parte degli studi analizzati i benefici si protraevano per almeno tre mesi dal termine del trattamento.

Malgrado queste dimostrazioni di potenziale utilità nella riduzione del dolore e nella diminuzione dell'infiammazione, non sono ancora chiari i meccanismi sottostanti, ma soprattutto non sono ancora chiari i possibili cambiamenti generati dall'esercizio effettuato in acqua termale nella forza, nella capacità aerobica, nella flessibilità, nella composizione corporea e nella funzione fisica del soggetto anziano. Esistono molteplici fattori che concorrono a determinare gli effetti dell'immersione in acqua: tra questi la temperatura dell'acqua, i soluti presenti in essa e l'effetto terapeutico dovuto all'interazione tra l'acqua minerale e la struttura superficiale della pelle. Gli elementi minerali si accumulano nella pelle, depositandosi conseguentemente nelle porzioni profonde. In seguito, le sostanze sono

¹ Il WOMAC è uno strumento d'indagine validato che misura i sintomi e la disabilità fisica dei pazienti con osteoartrite dell'anca e del ginocchio. Il questionario è autosomministrabile, valuta tre dimensioni: dolore, rigidità e funzione fisica nelle ultime quarantotto ore trascorse. Si compila mediante scala analogico-visiva che va da 10 a 100 punti, laddove punteggi inferiori indicano scarsa od assente disabilità.

rilasciate lentamente nel circolo sanguigno dal quale esercitano diverse azioni sistemiche. In termini di fattori meccanici invece, vengono influenzate positivamente la mobilità articolare e l'intensità del dolore. L'immersione in acqua termale a temperatura pari a 34-35° C induce diuresi, vasodilatazione ed un aumento dell'indice cardiaco approssimativamente del 50% (O'Hare et al., 1985). Tale aumento è dovuto al gradiente di pressione idrostatica che causa una variazione nella redistribuzione del flusso sanguigno e determina un aumento del ritorno venoso dalla circolazione periferia al torace di circa 700 ml. La temperatura dell'acqua favorisce la secrezione di differenti ormoni tra cui cortisolo, ACTH, ormone della crescita e prolattina. A loro volta, questi ormoni determinano, nel breve termine, una riduzione del dolore (Kuczera and Kokot, 1996). Il calore favorisce l'aumento della concentrazione plasmatica di β -endorfine, riduce il livello plasmatico di immunoglobuline e fattore reumatoide, favorisce anche l'aumento della secrezione di eritropoietina e la mobilizzazione di ferro. L'effetto antalgico, è quindi da considerarsi un importante risorsa nel trattamento rivolto ai soggetti anziani, sani e non (Bender et al., 2005).

Gli adattamenti in acuto durante lo svolgimento di esercizio in acqua

Panoramica dell'ambiente acquatico

Una differenza sostanziale che caratterizza l'esercizio in ambiente acquatico rispetto a quello terrestre riguarda la forza (resistenza) che l'acqua stessa oppone al movimento e che contribuisce a determinare l'intensità di esercizio. La forza, a secco, è generata dallo spostamento di un carico o massa; in acqua si applica il concetto di drag force (resistenza incontrata da un oggetto che si muove attraverso un fluido). L'equazione per calcolare la drag force è la seguente:

$$F_D = \frac{1}{2} \rho u^2 C_D A^2$$

Per variare l'intensità dell'esercizio, in acqua è possibile agire sulla velocità di movimento, poiché quest'ultima è in relazione alla resistenza stessa offerta dal fluido. Seguendo il principio idrodinamico, che afferma l'esistenza di una relazione non lineare tra la drag force e velocità del moto, se durante l'esecuzione di un movimento la velocità raddoppia, la drag force quadruplica in quanto essa è funzione del quadrato della velocità di movimento.

Sono invece note le molteplici risposte fisiologiche dell'organismo che avvengono in conseguenza dell'immersione in acqua e che sono dimostrate da numerosi studi presenti in letteratura. Gli effetti che si verificano in seguito all'immersione possono essere classificati in quattro categorie, distinte in base ai sistemi che vengono coinvolti (Arborelius et al., 1972):

- adattamenti cardiovascolari: redistribuzione del flusso sanguigno, miglior ritorno venoso, aumento della pressione venosa centrale, maggior riempimento atriale, ipervolemia centrale con aumento della gittata sistolica e cardiaca;
- adattamenti respiratori: riduzione dei volumi polmonari statici e l'incremento della

² F_D = Drag force, ρ è la densità del fluido, u^2 la velocità di un oggetto immerso in un fluido, C_D il coefficiente di resistenza, ed A l'area trasversale della superficie contrastante il flusso del fluido.

frequenza respiratoria in situazioni di aumentata richiesta metabolica;

- effetti osteo-artro-muscolari: riduzione della velocità dei movimenti come conseguenza della resistenza del fluido, condizione di scarico, diverse attività dei gruppi muscolari e diverso modello di reclutamento muscolare;
- effetti renali: aumento della diuresi e della natriuresi.

Numerose ricerche, tra cui anche quelle già citate riguardanti l'esercizio in acqua, hanno analizzato le variazioni della frequenza cardiaca, del consumo di ossigeno e del lattato ematico durante attività in acqua, evidenziando riduzioni soprattutto nei primi due parametri considerati. Anche a lungo termine l'esercizio regolare in acqua comporta una riduzione della frequenza cardiaca (HR) a riposo e sub-massimale, l'aumento del consumo di ossigeno (VO_2 max) e la diminuzione del peso e/o della percentuale di massa grassa rispetto alla magra (Pollock et al., 1998).

L'immersione di un corpo in acqua, crea un aumento del volume di sangue nella regione intratoracica. Quest'adattamento avviene in conseguenza della minor capacitanza dei vasi venosi degli arti inferiori, causato dalla compressione idrostatica e dalla densità dell'acqua, che rendono i tessuti più leggeri ed eliminano la dipendenza del corpo dalla forza di gravità (Lin, 1984). Tuttavia è stato osservato che nei soggetti anziani, l'aumento della gittata cardiaca è attenuato rispetto ai giovani, mentre non ci sono differenze tra giovani ed anziani nelle risposte al raffreddamento corporeo. Sono necessari ulteriori studi per spiegare le differenze degli effetti dell'immersione in acqua legate all'età e al sesso (Glickman-Weiss et al., 2000; Pendergast and Lundgren, 2009).

Durante l'esecuzione di esercizi dinamici, a parità di carico di lavoro, la gittata cardiaca è maggiore in acqua rispetto all'esercizio a secco; ciò a conferma del fatto che i tessuti periferici risultano iperfusi (Sheldahl et al., 1984). In accordo con la legge di Frank-Starling,

l'aumento del ritorno venoso comporta un aumento della forza di contrazione miocardica che quindi contribuisce all'aumento della gittata cardiaca (Christie et al., 1990).

Un'altra risposta dell'organismo all'esercizio in acqua consiste nella riduzione delle resistenze periferiche. Ciò contribuisce a ridurre il lavoro che il cuore deve svolgere per pompare il sangue in circolo, e quindi è uno dei fattori che spiega l'aumento dell'efficienza cardiaca (Arborelius et al., 1972; Gabrielsen et al., 1993). L'esercizio in acqua determina anche un miglioramento nel flusso di ossigeno distribuito ai tessuti. Tale aumento favorisce i processi di guarigione a livello muscolare, osseo o articolare (Balldin and Lundgren, 1972). Oltre al sistema cardiovascolare, diversi studi hanno anche dimostrato la riduzione dell'attività di renina plasmatica e l'aumento della diuresi dovute all'attivazione dei barocettori renali che si verificano in risposta all'immersione (Epstein et al., 1975; Nakamitsu et al., 1994; Sramek et al., 2000).

Effetti legati alla temperatura dell'acqua.

La temperatura corporea è in costante omeostasi tra produzione e cedimento di calore nell'ambiente circostante. Quando un organismo è immerso in acqua, la perdita di calore avviene principalmente per conduzione e convezione. L'acqua ha una conduzione termica ventisei volte superiore rispetto all'aria (a pari temperatura) e la perdita di calore avviene quattro volte più velocemente (Wilmore et al., 2008). La perdita di calore può essere ulteriormente accelerata a causa della convezione, laddove il moto ondoso creasse vortici in prossimità del soggetto immerso, come per esempio durante l'esecuzione di esercizio (Datta and Tipton, 2006), inoltre, la perdita di calore presenta una relazione lineare con la temperatura ed il tempo di permanenza sott'acqua (Craig, 1983). Durante l'immersione in temperature più fredde (14°C) si manifesta una marcata riduzione della temperatura rettale ed un aumento della HR del 5%. Inoltre, si è osservato un aumento della pressione sistolica (7%) e diastolica (8%) rispetto a dei soggetti esposti ad ambienti (non acquatici) alla stessa temperatura (Sramek et al., 2000). L'immersione in acque con temperatura paragonabile a quella della superficie corporea (32°C) non modificavano la temperatura rettale e il consumo di ossigeno (VO₂), tuttavia si manifestava una riduzione della frequenza cardiaca del 15% e diminuivano la pressione sistolica (11%) e diastolica (12%). Secondo lo stesso Sramek, gli adattamenti fisiologici erano mediati da dei meccanismi di controllo ormonale, mentre le risposte indotte dall'esposizione in acqua fredda erano principalmente dovute all'aumento dell'attività simpatica (2000). Soggetti immersi a temperature superiori (40°C) mostravano un incremento della HR ed un aumento del tono vagale, rispetto a coloro immersi in acqua con temperatura di 25° (Nahimura et al., 2008). Gli effetti acuti, che avvengono come risultato dell'immersione del corpo in acqua e che variano in base alla temperatura, coinvolgono l'asse cardio-endocrino-renale che risulta alterato a causa dell'aumento di flusso sanguigno al cuore ed alla più lenta auto trasfusione di plasma dalle cellule ai compartimenti

vascolari; queste modificazioni determinano l'aumento della gittata sistolica e cardiaca (Pendergast and Lundgren, 2009).

L'immersione in acqua calda determina anche un immediato calo del gradiente di temperatura e la difficoltà di far evaporare il sudore attraverso la pelle, provocando un rapido aumento della temperatura interna. Durante esercizio tale condizione è accentuata a causa del nuovo aumento del calore. L'iper-sudorazione può portare ad una riduzione del volume plasmatico ed all'aumento della concentrazione di emoglobina, ematocrito e proteine fino a 4 ore dopo l'immersione (Hope et al., 2005). Anche la concentrazione di aldosterone e cortisolo sembrano ridursi in acqua a temperatura di 32°C. Ulteriori adattamenti all'immersione consistono nell'aumento della diuresi, della natriuresi, della secrezione di calcio e di potassio (Park et al., 1998).

Il costo dell'esercizio nelle differenti temperature è stato paragonato misurando il consumo di ossigeno di un'ora di breast-stroke (nuoto stile rana) a 21°, 27° e 33° C, il VO_2 sembrava inferiore all'aumentare della temperatura, mentre il rapporto tra anidride carbonica ed ossigeno utilizzato (RER, VCO_2/VO_2) aumentava con il passare del tempo, assumendo una relazione inversa rispetto alla temperatura.

Effetti legati alla profondità dell'acqua

In letteratura emerge una discreta quantità di lavori che studiavano l'influenza del livello di immersione del corpo durante l'esercizio in acqua. La percezione dello sforzo (RPE) (Borg et al., 1985), era superiore quando un soggetto era immerso in porzione inferiore (livello dell'acqua al bacino) rispetto a quando immerso con l'acqua a livello sternale (Barbosa et al., 2007). La differenza nella percezione potrebbe essere collegata alla superiore intensità della drag force agente negli arti inferiori rispetto al tronco e agli arti superiori (quando un corpo è immerso parzialmente), oppure, anche un peso maggiore da sostenere in acqua bassa, causato dalla riduzione del galleggiamento (Nakazawa et al., 1994) ed infine, anche nella necessità di diversi schemi motori, che potrebbero attivare differenti pattern muscolari e di reclutamento a diversi livelli di immersione (Fujisawa et al., 1998; Poyhonen et al., 1999; Poyhonen et al., 2001).

All'aumentare dell'immersione la HR diminuiva (Barbosa et al., 2007; Benelli et al., 2004; Town and Bradley, 1991). Questa relazione inversa durante le attività acquatiche è ben documentata ed è documentata dal riflesso bradicardico con o senza viso immerso in acqua (Andersson et al., 2004; Holmer and Bergh, 1974; Shono et al., 2001a; Shono et al., 2001b), dal maggior volume di sangue distribuito nella porzione centrale del corpo (Sheldahl et al., 1984), dalla condizione di riempimento ventricolare favorita durante la diastole, causata dalla pressione idrostatica e dal galleggiamento, che aumentano la gittata sistolica (Holmer and Bergh, 1974) ed infine, in alcuni esercizi, la posizione clinostatica potrebbe favorire il riempimento ventricolare (Benelli et al., 2004; Bjertnaes et al., 1984; Holmer and Bergh, 1974). Benelli e Colleghi (2004), riportarono una diminuzione del valore medio durante esercizio in acqua rispetto ad esercizio tradizionale a secco di 7,5 pulsazioni. Barbosa e Colleghi descrivevano anche una diminuzione nella HR media in attività a secco rispetto

durante esercizio con il livello dell'acqua allo sterno (Barbosa et al., 2007), sia negli uomini che nelle donne.

Similarmente alla HR, anche il VO_2 e la spesa energetica (EE) diminuiscono all'aumentare della percentuale del corpo in immersione (Barbosa et al., 2007). La riduzione del consumo di ossigeno e della spesa energetica potrebbero essere ricondotti alla diminuzione del carico cardiovascolare durante l'esercizio e dall'aumento della pressione idrostatica nella regione toracica. Inoltre, il galleggiamento, potrebbe favorire la riduzione di attività della muscolatura tonica posturale antigravitaria (Butts et al., 1991a; Butts et al., 1991b) ed il trasferimento di calore corporeo all'ambiente circostante quando immersi parzialmente potrebbe generare un aumento nella HR (Fink et al., 1975). Paragonando l'esercizio in acqua poco profonda rispetto a maggiori profondità (head-out water exercise), sembrerebbe che in quest'ultima la richiesta energetica e cardiorespiratoria sia inferiore, infatti HR, $[La^-]$ e VO_{2max} (Benelli et al., 2004; Dowzer et al., 1999) sono superiori nelle acque meno profonde. Mentre l'esercizio in acqua meno profonda sembrerebbe un metodo efficiente per il mantenimento del fitness cardiovascolare, è altrettanto giusto porsi alcune domande inerentemente all'efficienza degli esercizi svolti in acqua profonde. Alcune spiegazioni possono essere ricondotte alla brevità dei protocolli di ricerca finora condotti, all'affidabilità dei gruppi di studio e dei campioni di controllo, al setting di intensità, alle variabili legate alla cinetica e ai pattern neuromuscolari del movimento (Reilly et al., 2003).

Al fine di interpretare meglio le differenze nella risposta fisiologica all'esercizio rispetto alla profondità dell'acqua, potrebbe essere utile paragonare le attività acquatiche con quelle a secco. La maggior parte dei lavori condotti al fine di approfondire questo aspetto, sono stati svolti in palestra (Benelli et al., 2004; Green et al., 1990; Shono et al., 2001a). La percezione dello sforzo sembrava più elevata durante gli esercizi a secco (Butts et al., 1991b; DeMaere and Ruby, 1997; Hall et al., 1998; Yu et al., 1994). Tuttavia, la HR (Barbosa et al., 2007;

Benelli et al., 2004; Eckerson and Anderson, 1992; Town and Bradley, 1991; Yu et al., 1994) ed il $[La^-]$ (Di Masi et al., 2007) erano inferiori durante l'esercizio acquatico per le ragioni già elencate all'aumentare dell'immersione del corpo in acqua. Dalla prospettiva bio-energetica è notevole un effetto contrastante. Alcuni studi riportavano che in risposta all'esercizio a secco, VO_2 o EE erano significativamente superiori rispetto all'esercizio acquatico (Barbosa et al., 2007; Butts et al., 1991b; Hall et al., 1998; Yu et al., 1994). Contrariamente, altri lavori riscontravano in acqua, nei rispettivi parametri significativamente inferiori o non differenti rispetto all'esercizio a secco (Darby and Yaekle, 2000; Green et al., 1990).

Nonostante i risultati, per alcuni aspetti contrastanti, possiamo affermare con certezza che le condizioni ambientali influenzano significativamente la termoregolazione e pertanto, anche la risposta fisiologica all'esercizio.

Gli adattamenti cronici nel soggetto anziano, conseguenti ad un periodo di esercizio in acqua

Il processo fisiologico d'invecchiamento è caratterizzato da un declino della funzione neuromuscolare. L'attività fisica contrasta questo fenomeno svolgendo un'importante funzione di preventiva, permettendo ai soggetti anziani di mantenere una certa autonomia ed indipendenza nello svolgimento delle attività della vita quotidiana (Nelson et al., 2007). Le attuali linee guida per la prescrizione dell'esercizio fisico nell'anziano (Chodzko-Zajko et al., 2009) descrivono tipologia, intensità, durata e frequenza di esercizio distinguendosi in quattro aree:

- esercizio aerobico: attività di intensità moderata, nella quale si consiglia di accumulare almeno da 30 a 60 minuti di esercizio in periodi di almeno 10 minuti, in modo da raggiungere i 150-300 minuti alla settimana, oppure in periodi di almeno 20-30 minuti ad intensità vigorosa per un totale settimanale di 75-150 minuti;
- forza: gli esercizi per allenare la forza dovrebbero essere praticati almeno due volte a settimana, con un'intensità moderata o vigorosa e dovrebbero coinvolgere tutti i principali gruppi muscolari;
- flessibilità: esercizi per aumentare o almeno mantenere la flessibilità dovrebbero essere praticati due volte a settimana. Essi possono consistere in esercizi statici o dinamici di allungamento che coinvolgano i principali distretti muscolari, da eseguire con intensità moderata;
- equilibrio: per mantenere una buona capacità di equilibrio, le linee guida ACSM consigliano esercizi di difficoltà progressivamente crescente, passando ad esempio dal mantenimento di diverse posture statiche e/o dinamiche su entrambi gli arti, poi su uno solo, ad occhi aperti o chiusi.

Le correnti linee guida precisano che l'esercizio in acqua è consigliato a tutti i soggetti che hanno una ridotta tolleranza agli esercizi a carico naturale. Infatti, l'esercizio in acqua presenta un vantaggio indubbio che è la riduzione del peso corporeo. L'anziano, che esegue anche solo semplici movimenti come una camminata, può trarre giovamento, poiché non subisce lo stress articolare eseguendo il medesimo movimento a secco. Tuttavia l'esercizio in acqua presenta anche alcuni svantaggi o limiti. Alcuni soggetti possono trovare difficoltà nel mantenere la stazione eretta ed inoltre, proprio per le caratteristiche dell'ambiente, la perdita dell'equilibrio e la conseguente caduta in piscina potrebbe dimostrarsi pericolosa.

La capacità aerobica

Alcuni studi hanno misurato le variazioni nella capacità aerobica conseguente un protocollo di esercizio in acqua (Bocalini et al., 2008; Broman et al., 2006; Ruoti et al., 1994; Takeshima et al., 2002; Taunton et al., 1996). Quasi tutti gli studi hanno dimostrato un incremento statisticamente significativo in differenti parametri, tutti riconducibili alla capacità aerobica. Bocalini et al. (2008) e Broman et al. (2006) hanno rivelato miglioramenti del +42% e del +10% del VO₂ max mentre Takeshima et al. (2002) ha osservato un aumento del 20% nel VO₂ alla soglia del lattato e del 12% del picco di VO₂ max (Takeshima et al., 2002). Infine, due studi più datati, (Ruoti et al., 1994; Taunton et al., 1996), che per certi aspetti possono essere definiti gli antesignani dei lavori riguardanti l'esercizio in acqua e l'anziano, sottolinearono aumenti, entrambi circa dell'11% del massimo consumo di ossigeno. Nonostante le piccole differenze l'aumento medio nella capacità aerobica si stanziava tra il 10 ed il 15% (VO₂ max); solo uno studio, Cancela Carral et al. (Cancela Carral and Ayà Pérez, 2007), non ha osservato alcun miglioramento, paradossalmente lo studio con l'intervento di più lunga durata (9 mesi). Tuttavia, questo lavoro non era focalizzato non era finalizzato allo sviluppo della capacità aerobica, e non prevedeva alcuna sollecitazione paragonabile rispetto ai lavori precedentemente descritti. Contrariamente, il lavoro di Bocalini e colleghi ha mostrato un aumento realmente più grande rispetto agli altri studi. L'aumento marcato (+42%), nel massimo consumo di ossigeno è spiegabile poiché la misura è stata predetta mediante equazione³ (Franklin et al., 2000) e non con test diretto massimale.

³ Equazione ACSM (American College of Sports Medicine) per la stima del consumo di ossigeno durante la camminata e la corsa. Il VO₂ è la somma di: componente orizzontale (H), componente verticale (V) e metabolismo a riposo (R). La formula per il calcolo del consumo di ossigeno durante la camminata è: $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ di $\text{O}_2 = 0,1(v) + 1,8(v)(\text{grado di pendenza}) + 3,5$ dove v corrisponde alla velocità in $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. La formula durante la corsa è: $\text{O}_2 = 0,2(v) + 0,9(v)(\text{grado di pendenza}) + 3,5$;

La forza

Lo sviluppo della forza, mediante esercizio in acqua, è una delle capacità condizionali che ha sollevato maggior interesse. Il primo studio che misurava i cambiamenti nella forza in un gruppo di soggetti anziani sottoposti ad esercizio fisico in piscina è stato quello di Ruoti et al. (1994). I ricercatori hanno riscontrato un aumento statisticamente significativo nella forza di abduzione ed adduzione degli arti superiori (+34.8% and +10.7%). Successivamente, altri studi hanno utilizzato differenti modalità di misurazione descrivendo generalmente miglioramenti sia nella forza muscolare che nella resistenza alla forza (Bocalini et al., 2008; Cancela Carral and Ayà Pérez, 2007; Graef et al., 2010; Katsura et al., 2010; Takeshima et al., 2002; Tsourlou et al., 2006). Il trial di Bocalini et al. (2008) ha evidenziato un incremento statisticamente significativo nella forza degli arti superiori mediante aumento del numero di ripetizioni nell'arm curl test⁴. Tsourlou et al. (2006) e Takeshima et al. (2002) hanno invece misurato la forza isometrica degli arti inferiori evidenziando un incremento della coppia nei muscoli flessori (+13.4%, +12.7%) ed estensori (+10.5%, +8.4%) del ginocchio. Lo stesso Tsourlou ha anche misurato la forza isotonica dei maggiori gruppi muscolari con il metodo delle ripetute massimali (1-RM)⁵, osservando un aumento del 29,4% nella forza di estensione della coscia, un incremento del 29,5% nella forza degli arti inferiori (Leg press, Technogym,

⁴ L'Arm Curl test è uno dei test che fa parte di una batteria ideata e validata da Rikli & Jones, che si pone come obiettivo la valutazione della funzione fisica nel soggetto anziano. La sua applicazione iniziale avveniva nei soggetti residenti case di riposo e cura, ma per estrema praticità e applicabilità nel campo, la batteria di test è comunemente applicata al fine di valutare la funzione fisica nell'anziano. L'Arm Curl test prevede la misurazione del numero di ripetizioni nella flessione dell'avambraccio sul braccio con l'applicazione di una resistenza (manubrio da 2,3 kg per le donne e 3,6 per gli uomini). Il test si svolge da seduti con il busto eretto, appoggiato allo schienale della sedia. L'esecuzione corretta di ogni singola ripetizione prevede la partenza da arto superiore esteso posto lungo il busto. L'esaminatore chiede di eseguire il numero massimo di ripetizioni in un tempo di trenta secondi. La normalità per questo test prevede un numero di ripetizioni comprese tra il 25^{mo} e 75^{mo} percentile.

⁵ Il metodo 1-RM è un test da campo che prevede di far eseguire ad un soggetto un esercizio di forza, ad un carico impostato dall'operatore tale da permettere al soggetto esaminato un numero massimo di ripetizioni pari a cinque. Mediante un'equazione dedicata, sarà poi successivamente stimato il massimo carico sostenibile durante l'esercizio di forza specifico: 100% di 1-RM.

IT) ed un miglioramento del 25,7% nei muscolo appartenenti alla catena di spinta degli arti superiori (Chest press, Technogym, IT). Il gruppo di ricerca Greco ha inoltre testato la forza di prensione (Hand grip test) misurando un aumento statisticamente significativo del 12,8% nei soggetti sottoposti alle 8 settimane di esercizio in acqua. Nonostante gli studi sulla forza finora descritti approcciassero l'esercizio in acqua con protocolli di allenamento volti allo sviluppo di tutte le capacità condizionali, lo studio di Graef e Colleghi invece hanno specificamente allenato la forza in acqua, ottenendo un miglioramento staticamente significativo del 10,9% nel gruppo dedicato (2010). Un approccio simile al precedente è stato quello di Katsura et al. (2010), il quale ha utilizzato dei particolari strumenti per sollecitare maggiormente la forza durante il movimento in acqua. I risultati hanno indicato, in questo caso, dei miglioramenti statisticamente significativi nel gruppo che si è allenato con questo particolare indumento, ma solo nella forza di flessione plantare. La mancanza di un gruppo di controllo, come la ristretta numerosità del campione, indicano tuttavia una certa inconsistenza metodologica necessaria per supportare le conclusioni che gli autori hanno tratto al termine del protocollo di esercizio.

Globalmente, l'esercizio in acqua finalizzato all'aumento della forza e resistenza muscolare, può essere definito un ottimo strumento per il miglioramento di questa capacità condizionale nel soggetto anziano. Tutt'ora però esistono dei limiti nella quantificazione dell'intensità e della periodizzazione dell'allenamento, dalle quali ricavare delle linee guida o raccomandazioni per ottenere dei risultati significativi in termini di cambiamento e clinicamente rilevanti.

La flessibilità

Il ruolo dell'esercizio nello sviluppo della flessibilità nell'anziano è ancora un tema di ricerca poco esplorato. A nostra conoscenza, soltanto sei studi hanno esaminato questa capacità condizionale. Cinque di questi hanno utilizzato il *Sit & Reach Test* (Rikli and Jones, 2001) al fine di misurare la flessibilità degli arti inferiori (Bocalini et al., 2008; Cancela Carral and Ayà Pérez, 2007; Katsura et al., 2010; Taunton et al., 1996; Tsourlou et al., 2006), mentre Bocalini et al. (2008) ha anche misurato la flessibilità del cingolo scapolo-omeroale attraverso il *Back Scratch Test* (Rikli and Jones, 2001). Differentemente dai primi, Takeshima e colleghi (2002) hanno valutato la flessibilità in modo non standardizzato, facendo flettere il busto verso avanti da posizione ortostatica (misurando la distanza tra il terzo dito delle mani e l'alluce). Il gruppo di Bocalini, al termine del protocollo di esercizio in acqua, ha quantificato un miglioramento del 40% nella flessibilità degli arti superiori e il 50% in quella degli arti inferiori. Il gruppo di esercizio in acqua di Tsourlou ha incrementato la flessibilità, tuttavia, anche entrambi i gruppi di esercizio di Katsura e Colleghi hanno migliorato significativamente nel *Sit & Reach Test*, in modo simile ai gruppi di esercizio (acqua e secco) di Cancela Carral. Contrariamente, Takeshima, non ha riscontrato alcun miglioramento dopo il protocollo che ha impegnato per 12 settimane il gruppo di anziani che è stato misurato.

Sebbene alcuni studi abbiano dimostrato che lavorare in acqua produca benefici risultati nella flessibilità, nessuno studio ha sviluppato un protocollo di esercizio volto al miglioramento della stessa. Sembrerebbe che l'aumento della flessibilità, in alcuni casi, sia legato allo svolgimento di un esercizio in acqua di per sé, e quindi il beneficio sia riconducibile all'ambiente di lavoro e non all'attività impostata dai ricercatori. Tuttavia, in altri lavori il miglioramento non è apparso. Alla luce di questa breve analisi, si può dedurre che l'esercizio in acqua sia, in qualche modo, legato all'aumento della flessibilità, probabilmente perché l'ambiente acqua stesso è sistema facilitante. In futuro sarà necessario sviluppare veri e propri

trial di ricerca con l'obiettivo di verificare che intensità e durata sono necessari nell'applicazione durante esercizio in acqua, idealmente paragonando queste attività alla controparte terrestre, e valutare quale possa essere il ruolo dell'ambiente acqua come facilitatore nello sviluppo della flessibilità stessa.

L'equilibrio

La maggior parte degli studi presenti in letteratura hanno mostrato miglioramenti nell'equilibrio dei soggetti anziani attraverso interventi di tipo multifattoriale che includevano esercizi per la stimolazione dell'equilibrio stesso (Bean et al., 2007; Scalzo et al., 2007), resistenza alla forza (Bean et al., 2007; Faria et al., 2003), forza muscolare (Bean et al., 2007; Lund et al., 2008) o in associazione (Aveiro et al., 2006; Scalzo et al., 2007); i lavori che hanno studiato gli effetti dell'esercizio aerobico da solo, sono meno frequenti (Bean et al., 2007; Faria et al., 2003). Lo studio di Avelar e Colleghi si poneva come obiettivo di paragonare l'impatto di esercizi strutturati, mirati allo sviluppo della resistenza muscolare della parte inferiore del corpo, in acqua ed a secco, in situazione di equilibrio statico e dinamico (2010). Sebbene la numerosità campionaria non fosse estensiva, è stato dimostrato che un programma, finalizzato alla resistenza alla forza degli arti inferiori, abbia migliorato sia l'equilibrio statico che quello dinamico, nella popolazione di soggetti anziani che hanno partecipato allo studio. L'equilibrio statico e dinamico sembrerebbe migliorabile anche mediante semplice esercizio di camminata in acqua, in profondità più elevate (Kaneda et al., 2008). Uno studio dal design molto interessante è quello di Berger et al. (Berger et al., 2008), il gruppo di ricerca ha pensato di paragonare gli effetti immediati di attività a secco e in acqua nella mobilità e nel controllo posturale, in un gruppo di anziani sani, in un periodo molto breve di esercizio, 4 settimane. Ad oggi, i meccanismi sottostanti il miglioramento dell'equilibrio in acqua, sono ancora poco chiari, e soprattutto, nota la complessità del sistema che sovrintende le capacità di equilibrio, non è ancora definito con chiarezza quale ruolo possa avere l'esercizio in acqua rispetto allo sviluppo dell'equilibrio.

La composizione corporea

Alcuni studi hanno verificato i cambiamenti che l'esercizio in acqua può indurre nella composizione corporea. Lo studio condotto da Ruoti e colleghi (1994), ha valutato gli effetti di 12 settimane di allenamento combinato aerobico e di forza sulla composizione corporea. Confrontando i risultati prima, e dopo l'intervento motorio, e di esercizio in acqua rispetto ai gruppi di controllo, sono stati osservati de marcati cambiamenti, ma i miglioramenti nella composizione corporea non sono stati talmente grandi da determinare significatività statistica. La percentuale di grasso corporeo, analizzata attraverso la formula di Siri, è diminuita dell'1,58% nel gruppo di esercizio, mentre il gruppo di controllo ha mostrato una percentuale invariata.

Nella ricerca condotta da Takeshima et al. (2002), il gruppo di esercizio ha ottenuto una riduzione dell'8% nello spessore delle pliche cutanee. Il gruppo di Takeshima ha proposto un protocollo allenante caratterizzato da un insieme di esercizi organizzati in circuito e basati su un lavoro combinato aerobico e di forza. Tale programma della durata di ventiquattro settimane (con 3 sedute settimanali), rivolto a donne anziane si è dimostrato benefico in termini di miglioramenti nella forza, nella potenza muscolare, nella flessibilità e nell'agilità. Sebbene lo studio di Ruoti e lo studio di Takeshima non abbiano evidenziato differenze statisticamente significative nel peso corporeo, entrambi gli studi hanno comunque evidenziato una riduzione nella massa grassa. Per definizione, se consideriamo la massa magra e la massa grassa come le due componenti della massa corporea, possiamo ipotizzare un guadagno in termini di massa magra nel caso in cui si registri una riduzione della massa grassa, laddove il peso del soggetto rimanga invariato.

Tsoulou (2006) ha riportato risultati simili a quello ottenuti da Ruoti e Takeshima, nonostante abbia utilizzato un diverso programma di allenamento in acqua, della durata di 24 settimane. Il gruppo di ricerca, ha osservato gli effetti prodotti da un allenamento misto aerobico e di

forza sulla composizione corporea misurata tramite la bioimpedenziometria elettrica (BIA)⁶. Tsorlou ha utilizzato la formula di Baumgartner (1991). Questo metodo stima la massa muscolo-scheletrica appendicolare a partire da misure di parametri come la circonferenza dell'anca e la forza di prensione nei soggetti anziani. Tsorlou ha notato un guadagno in termini di forza che potrebbe essere spiegato dall'aumento di massa magra dimostrato dai soggetti del gruppo esercizio, nonostante l'assenza di variazioni nel peso corporeo.

Nonostante gli studi inerenti l'attività fisica in acqua siano pochi, sembrerebbe che l'esercizio acquatico possa essere un ottimo strumento per allenare la capacità aerobica (o cardiovascolare) e la forza. Per ciò che riguarda flessibilità e composizione corporea, sono necessari ulteriori passi avanti nella letteratura scientifica.

⁶ La bioimpedenziometria elettrica è una metodica utilizzata per la determinazione della composizione corporea (massa grassa, magra, acqua totale). Essa misura la resistenza elettrica del corpo (bioimpedenza o bioresistenza) al passaggio di una corrente elettrica a bassa potenza ed alta frequenza (50 kHz). Le apparecchiature da laboratorio sono costituite da 4 elettrodi, da applicare sul dorso della mano destra e sul dorso del piede omolaterale; ad essi vengono collegati dei fili conduttori, attraverso cui viene fatta circolare la corrente. Attraversando le strutture corporee, la corrente subirà un calo della sua intensità, dovuta all'impedenza associata alle strutture corporee stesse. Il segnale che ne risulta (ovvero la risposta in termini di intensità elettrica) è trasmesso ad un trasduttore che raccoglie il dato (impedenza e reattanza). Algoritmi dedicati descrivono infine la composizione corporea.

La sarcopenia

Un grave cambiamento associato all'invecchiamento riguarda il progressivo declino nella riduzione della massa muscolare, che, se non contrastato, può generare in un circolo vizioso che conduce alla riduzione della forza muscolare ed alla funzionalità motoria. Nel 1989 il Prof. Rosenberg ha proposto il termine sarcopenia (dal greco “*sarx*” o carne e “*penia*” o carenza) al fine di descrivere la perdita di massa muscolare (Rosenberg, 1997). Il termine sarcopenia, dal 1989 ad oggi è sempre stato riferito alla riduzione di massa muscolare e forza che si verificano con l'invecchiamento (Morley et al., 2001). Tuttavia, ancor oggi, è ancora mancante una precisa definizione del termine “*sarcopenia*” sia in ambito di ricerca che in ambito clinico (Cruz-Jentoft et al., 2010b).

Definizione di funzione

La sarcopenia è definibile come una sindrome caratterizzata da una progressiva e non specifica perdita / riduzione di massa muscolare e di forza con un conseguente aumento del rischio di eventi avversi come disabilità fisica e peggioramento della qualità di vita (Delmonico et al., 2007; Goodpaster et al., 2006). L'European Working Group on Sarcopenia in Older People⁷ raccomanda la valutazione sia della massa muscolare che della funzione muscolare (forza e performance) nella diagnosi di sarcopenia (Cruz-Jentoft et al., 2010a). Pertanto, la diagnosi richiederebbe una ridotta massa muscolare associata ad una forza muscolare o performance fisica ridotta. Il razionale sottostante l'inclusione di questi criteri si

⁷ European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) è un comitato scientifico istituito al fine di sviluppare una definizione clinica e dei criteri diagnostici pratici età-correlati nei confronti della sarcopenia. L'EWGSOP include i rappresentanti fra le principali Società Scientifiche Europee che studiano l'anziano in ambito Geriatrico, fra le quali l'European Geriatric Medicine Society, l'European Society for Clinical Nutrition and Metabolism, l'International Association of Gerontology and Geriatrics-European Region e l'International Association of Nutrition and Aging.

basa sul fatto che la forza muscolare non è dipendente soltanto dalla quantità di massa muscolare e poiché la quantità di massa muscolare non si relaziona linearmente con la quantità di forza (Goodpaster et al., 2006; Janssen et al., 2004). Di conseguenza, la definizione di sarcopenia non deve essere ricondotta alla mera riduzione di massa muscolare, poiché il giudizio clinico sarebbe mancante del profilo relativo alla funzione muscolare e fisica. Alcuni autori hanno coniato il termine “Dynapenia” per indicare l’associazione età-correlata di riduzione della forza muscolare e funzione (Clark and Manini, 2008), tuttavia, il termine sarcopenia sottende anche questo aspetto, pertanto, la sostituzione, potrebbe condurre ad ulteriori fattori confondenti (Cruz-Jentoft et al., 2010a).

I principali meccanismi imputabili all’insorgenza e progressione del fenomeno sarcopenico sono di natura endocrina, neuro-degenerativa, nutrizionale, età correlati ed il disuso muscolare. Questi meccanismi coinvolgono, fra tutti, la sintesi proteica, la proteolisi, l’integrità neuro-muscolare e il contenuto di grasso nella muscolatura dell’anziano.

La Figura 1 (Doherty, 2003) descrive il fenomeno sarcopenico, accentuando il ruolo dell’attività fisica, come strumento chiave nello schema di insorgenza.

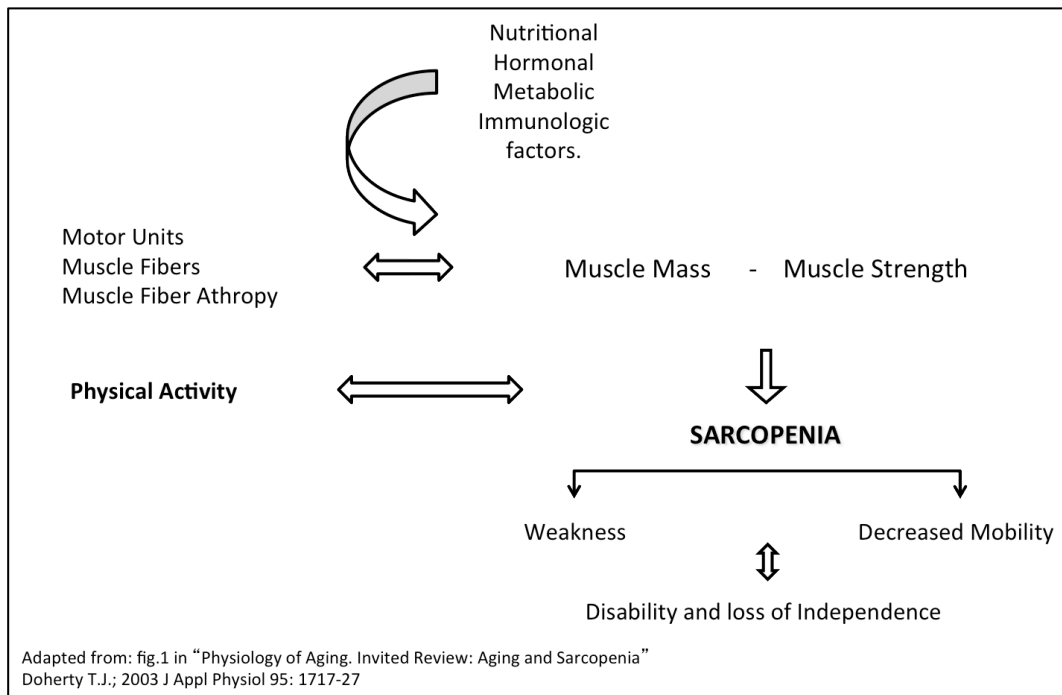


Figura 1: Fisiologia dell'invecchiamento, descrizione schematica del fenomeno sarcopenico secondo Doherty et al. (2003).

La sarcopenia può essere definita come sindrome, nella quale molteplici cause determinano o scatenano altrettante molteplici conseguenze, riconducibili alla diminuzione della massa muscolare, forza e funzione fisica. Mentre la sarcopenia è principalmente osservata in soggetti in età avanzata, potrebbe svilupparsi anche in soggetti di giovane età, come è stato osservato, analogamente, in altre malattie tipiche dell'anziano: demenza ed osteoporosi. In alcuni individui, è chiaro che la singola causa scatenante la sarcopenia può essere identificata, in altri soggetti, no, poiché le cause sono molteplici. Pertanto, è necessario utilizzare il criterio di sarcopenia primaria e secondaria nella pratica clinica. La sarcopenia primaria (o età-correlata) accade quando non sono evidenti altre cause se non l'invecchiamento di per sé, mentre sarcopenia secondaria quando una o più cause sono evidenti (Tabella 1).

Tabella 1: suddivisione della sarcopenia per causa.

Le categorie di sarcopenia (suddivise per causa)	
<i>Sarcopenia primaria</i>	
Sarcopenia età-correlata	Nessuna evidente causa eccetto l'invecchiamento
<i>Sarcopenia secondaria</i>	
Sarcopenia esercizio-correlata	Può essere determinata da uno stile di vita sedentario, marcato decondizionamento, permanenza o costrizione a letto, gravità zero
Malattie correlate alla sarcopenia	Associata ad insufficienza d'organo singola o multipla (cuore, polmone, fegato, cervello), malattie di tipo infiammatorio, cancro o malattie endocrine
Sarcopenia correlata alla nutrizione	Il risultato di nutrizione inadeguata sia generale che specifica proteica, anche con associazione di malassorbimento, disordini gastrointestinali o uso di farmaci anoressizzanti

Nella maggioranza dei soggetti anziani, l'eziologia della sarcopenia è multi-fattoriale pertanto non sarebbe corretto e possibile caratterizzare ciascun individuo in un quadro primario o secondario. La situazione e il conseguente approccio terapeutico deve essere finalizzato ad un approccio multi faccettato inquadrato in una sindrome “*geriatrica*” (Cruz-Jentoft et al., 2010b).

L'evoluzione della sarcopenia, la quale riflette la severità della condizione stessa, è un concetto che può aiutare nelle management clinico della situazione in atto. L'EWGSOP suggerisce una sorta di classificazione suddivisa in pre-sarcopenia, sarcopenia e sarcopenia severa o grave. Lo stato pre-sarcopenico è caratterizzato dalla ridotta massa muscolare senza alcun intacco nella forza o nella performance fisica. Questo stage può solo essere indicato con tecniche che misurano accuratamente la massa muscolare e riferiscono i risultati agli standard normali della popolazione suddivisa per età. Il soggetto nello stage intermedio è caratterizzato da scarsa massa muscolare con ridotta forza muscolare o funzione fisica. Si parla di sarcopenia severa quando l'individuo sarcopenico incontra tutti e tre i criteri (ridotta massa muscolare, ridotta forza muscolare e ridotta performance fisica). Il riconoscimento dello stato sarcopenico di appartenenza consente la selezione del trattamento appropriato e del setting terapeutico più adatto a raggiungere gli obiettivi in modo più rapido. Inoltre, questo tipo di design per settings permette di supportare gli studi clinici che si focalizzano maggiormente in uno stadio o in altri, al fine di monitorarne l'evoluzione nel tempo.

In soggetti anziani, con neoplasia in atto o con artrite reumatoide, la massa magra si riduce mentre la massa grassa potrebbe rimanere preservata o addirittura aumentata (Prado et al., 2008). Questo stato è definibile come obesità sarcopenica e pertanto, la relazione tra riduzione di massa muscolare (età-correlata) e forza è spesso indipendente dal volume corporeo in toto. E' già stato ampiamente dimostrato che la perdita di peso età correlata, accompagnata dalla perdita di massa muscolare, è largamente responsabile della debolezza

muscolare nel soggetto anziano (Stenholm et al., 2008); tuttavia non è ancora completamente chiaro quali cambiamenti nella composizione corporea hanno un valore / ruolo più importante, come per esempio l'infiltrazione di grasso tra le fibre muscolari, che abbassano la qualità sia muscolare sia della performance (Visser et al., 2002).

Mentre i cambiamenti di peso variano ampiamente tra gli individui, sono stati osservati alcuni pattern di cambiamento età-correlati nella composizione corporea di particolare interesse. Nei soggetti anziani maschi, la percentuale di grasso corporeo, dopo i 55 anni, inizialmente aumenta, successivamente il trend raggiunge una sorta di steady-state o addirittura una diminuzione. Questo cambiamento è stato correlato ad una diminuzione accelerata della quantità massa magra, concomitante ad un iniziale incremento ed una successiva diminuzione della quantità di massa grassa (Ding et al., 2007). Nelle donne si verifica generalmente un trend simile: il grasso intramuscolare e viscerale aumenta all'aumentare dell'età mentre il grasso sottocutaneo tende a diminuire (Goodpaster et al., 2006; Hughes et al., 2004; Song et al., 2004).

La diagnosi di sarcopenia: misure di assessment

I parametri principali che riguardano la valutazione della sarcopenia riguardano i pattern relativi alla quantità di massa muscolare e la sua funzione. Le variabili insurabili pertanto sono la massa muscolare, la forza e la performance fisica. L'evoluzione tecnologica e della ricerca permettono di aumentare la qualità e l'accuratezza della misura.

Esistono molteplici tecniche di assessment per misurare il grado di sarcopenia (Lukasi, 2005). Il costo, la validità e la facilità nell'uso determinano se una tecnica è migliore di un'altra. La tabella 2 suggerisce le possibili tecniche sia in uso per ricerca che per la routine nella pratica clinica.

Tabella 2: Strumenti per la misura della massa muscolare, forza muscolare e performance fisica in ricerca e nella pratica clinica.

Variabile	Uso in ricerca	Uso nella pratica clinica
Massa muscolare	Tomografia computizzata (CT)	BIA
	Risonanza magnetica (RMI)	DXA
	Densitometria a doppio fascio di assorbimento di raggi X (DXA)	Misure antropometriche
	Bioimpedenziometria (BIA)	
	Dosaggio totale o parziale del potassio nei tessuti magri	
Forza muscolare	Handgrip test (HG)	Forza di prensione (HG)
	Flessione ed estensione dei muscoli della coscia	
	Flusso espiratorio forzato	
Performance fisica	Short physical performance battery (SPPB)	SPPB
	Velocità di camminata	Velocità di camminata
	Time get-up-and-go test	Get-up-and-go test
	Test del gradino	

Tre tecniche di body imaging vengono comunemente utilizzate al fine di stimare la massa muscolare e quella grassa: tomografia computerizzata (CT scan), risonanza magnetica (MRI) e densitometro a doppio fascio di raggi X (DXA). La CT scan e la MRI sono considerate sistemi di imaging molto precisi che possono agevolmente separare la massa grassa dai tessuti, infatti queste strumentazioni sono da considerarsi *gold standard* per la quantificazione della massa muscolare in ricerca. Il costo molto alto, e la limitata disponibilità di equipaggiamenti nella maggior parte dei centri per la clinica e la ricerca, nonché l'esposizione a radiazioni, limita l'uso di queste tecniche *total body* per la routine della pratica clinica (Chien et al., 2008). La DXA è una soluzione alternativa alle precedenti, sia in ambito clinico che in ambito di ricerca, inoltre, ha la possibilità di monitorare la densità minerale, con un'esposizione di raggi molto contenuta. Il principale svantaggio di questa tecnica risiede nel volume dell'equipaggiamento, la DXA è molto voluminosa, tuttavia si presta bene negli studi epidemiologici su grande scala, poiché l'esame dura dai 7 ai 10 minuti (Chien et al., 2008).

L'analisi mediante bioimpedenziometria elettrica (BIA) stima il volume di massa grassa e magra. Il test è molto economico, e la strumentazione è molto facile da usare. I risultati sono affidabili e ripetibili, sia in soggetti sani che soggetti costretti a letto. La BIA, usata in condizioni standard, è stata impiegata per un lavoro longitudinale che prevedeva un periodo maggiore di 10 anni (NIH, 1996); la sua predittività correlava in modo elevato con la predizione a dieci anni sviluppata mediante MRI. La BIA predice i volumi corporei mediante equazione validate in popolazioni multietniche (Janssen et al., 2000) e di valori normali di rifetimento sono stati stabiliti per entrambi i sessi adulti bianchi e soggetti di età più avanzata. La BIA può essere utilizzata per la predizione della composizione in alternativa alla DXA (Kyle et al., 2001a; Kyle et al., 2001b; Roubenoff et al., 1997), anche se in particolari soggetti, dove vige uno stato infiammatorio marcato, la predizione non è efficace.

Il muscolo contiene più del 50% del potassio corporeo totale (TBK). Il TBK è il metodo classico per la stima della massa muscolare. Recentemente il metodo del *partial body potassium* (PBK) degli arti superiori è stato proposto come alternativa tuttavia né il primo, né la seconda metodica sono utilizzate comunemente in ricerca e durante la pratica clinica (Wielopolski et al., 2006).

Una metodica molto economica per la valutazione della composizione corporea è la misura antropometrica. Il calcolo delle circonferenze degli arti superiori e le pliche cutanee sono generalmente utilizzate in pratica ambulatoriale. Un altro uso comune riguarda la circonferenza della gamba propriamente detta, se inferiore a 31 cm, essa è associata positivamente a disabilità fisica (Rolland et al., 2003). Comunque, i cambiamenti età-correlati nel deposito di grasso corporeo (anche distrettuale) e la perdita di elasticità della pelle contribuiscono alla formazione di errori nella stima della composizione corporea in soggetti anziani. Solo pochi studi hanno validato le misure antropometriche in soggetti anziani e soggetti obesi; queste categorie di soggetti creano fattori confondenti ed errori, anche riconducibili alla pratica dell'operatore (Rolland et al., 2008). Nonostante le misure antropometriche presentino numerosi vantaggi, numerosi limiti nella metodica suggeriscono l'utilizzo nella pratica clinica rispetto alla ricerca.

Misurare la forza muscolare

Rispetto alla misurazione della composizione corporea, ci sono molte meno tecniche di misurazione della forza ben validate. Sebbene gli arti inferiori hanno un'importanza più rilevante se comparati ai superiori, durante il cammino e nella funzione fisica globale, la forza di prensione è la capacità più largamente misurata e che si correla con numerosi outcomes relativi alla funzione fisica stessa. Questa tecnica è molto economica, di facile utilizzo (non operatore-dipendente), ed è fortemente correlata con la forza muscolare degli arti inferiori, della coppia generata in estensione degli muscoli della coscia e della sezione trasversa del terzo superiore della gamba. Una scarsa forza di prensione è un marker di limitata mobilità e un migliore predittore di problematiche cliniche riconducibili ad una scarsa massa muscolare globale (Lauretani et al., 2003). Nella pratica clinica, esiste inoltre un'ulteriore relazione lineare tra la prensione e la riduzione delle attività della vita quotidiana (ADLs) (Al Snih et al., 2004). La forza muscolare dei diversi distretti corporei è fortemente correlata, pertanto, la forza di prensione, se misurata in condizioni standard con strumenti di misura (dinamometri) riferiti a norme della popolazione, possono essere considerati un affidabile surrogato per misure di paragone di forza degli arti superiori o inferiori.

La forza di flessione / estensione del ginocchio è misurabile in tre diversi setting: contrazione isotonica (concentrica ed isocinetica) ed isometrica. Inoltre, osservando la quantità di lavoro prodotto per unità di tempo, può essere stimata la potenza muscolare. Nei soggetti anziani, la forza muscolare permane più a lungo rispetto alla potenza muscolare, entrambe le capacità sono importanti, tuttavia la potenza muscolare è un miglior predittore di alcune attività funzionali imprescindibili, fra le quali le ADLs (Bean et al., 2002; Foldvari et al., 2000; Suzuki et al., 2001).

L'abilità del muscolo di generare forza può essere misurata in molti modi, uno di questi è la forza isotonica, che può essere stimata con le numerose celle di carico disponibili in

commercio (Bassey and Short, 1990). La forza isocinetica invece sembrerebbe maggiormente rappresentativa delle attività della vita quotidiana ed infine, la forza isometrica, può anche essere misurata con strumenti di più facile reperibilità (anche artigianale). In laboratorio, quest'ultima, è misurata in angoli poplitei precisi, mentre il soggetto è seduto in una leg-extension, solitamente con sedile modulabile sia in altezza che in profondità (Edwards et al., 1977). I più moderni dinamometri isocinetici invece consentono di misurare anche la forza di tipo isotonica, oltre alla tradizionale forza isocinetica che rende come output la coppia di forza a predefinite velocità angolari (Feiring et al., 1990; Hartmann et al., 2009).

La misura della forza isocinetica è una tecnica valida e perciò ben sfruttata nel campo della ricerca, tuttavia, per l'ingombro ed il costo della strumentazione, solo poche strutture possiedono questa strumentazione, conseguentemente, non è molto comune la misurazione della forza isocinetica durante la pratica clinica.

Alcuni esempi di test per la misura della performance fisica

In letteratura esistono numerosi test che misurano la performance fisica, i più citati sono lo Short Physical Performance Battery (SPPB), l'Usual Gait Speed, 6-min Walking Test ed il Stair Climb Power Test (Working Group on Functional Outcome Measures for Clinical, 2008). Il SPPB test valuta l'equilibrio, la camminata, la forza e la resistenza muscolare esaminando l'abilità individuale di stare in posizione ortostatica con i piedi affiancati, in posizione di semi-tandem, tandem, il tempo che intercorre per compiere 2,43 m partendo da seduti su di una sedia ed il tempo necessario per sollevarsi in piedi da seduti (su una sedia) ripetuto per cinque volte (Guralnik et al., 1994). Questo test è composto da una batteria di sub-tests, separati tra di loro, molto citato nei lavori che avevano come oggetto la sarcopenia, degli ultimi 5 anni. Inoltre, recentemente, anche raccomandato dal *Working Group on Functional Outcome Measures for Clinical Trials*⁸, infatti la Società Americana stessa invita ad utilizzare questa batteria di test come misura standar valida sia in ricerca che durante la pratica clinica.

Buchner e Colleghi (1996) hanno osservato una relazione non lineare tra la velocità di camminata (Usual Gait Speed test) e la forza degli arti inferiori. Questa relazione spiega come piccoli cambiamenti nella capacità fisiologica potrebbero provocare anche marcate conseguenze nella performance del soggetto anziano, mentre, nel soggetto adulto sano,

⁸ Il 10 ed 11 gennaio 2007, il gruppo di lavoro, composto da Bhasin S. (Boston University School of Medicine), Cress E. (University of Georgia), Espeland M. A. (Wake Forest University), Evans W. J. and Reynolds D. W. (University of Arkansas), Ferrucci L. (Baltimore Longitudinal Study of Aging), Fried L. P. (John Hopkins Medical Institutions), Pahor M. (University of Florida), Studenski S. (University of Pittsburgh), Guralnik J., Nayfield S., Romashkin S., Eldadah B. A., Suzman R., Haaga J. (National Institute of Aging) si è riunito in occasione del Meeting Annuale de "*The Gerontological Society of America*" a Bethesda (Maryland, USA), al fine di discutere quali siano gli outcomes più appropriati per lo sviluppo di trial al fine di migliorare lo stato funzionale dell'anziano. L'incontro è stato poi descritto nel lavoro citato nel testo, pubblicato sulla rivista della Società Scientifica "*The Gerontological Society of America*".

cambiamenti di entità superiore nella forza, non producono sostanziali effetti nell'Usual Gait Speed test (Buchner et al., 1996).

Un lavoro molto interessante condotto da Guralnik e Colleghi (1994) impreziosiva il valore della velocità di camminata come test predittivo di insorgenza della disabilità; più recentemente, Cesari et al. (2009) né confermava l'importanza (su distanze superiori ai 6 m) come predittore di alcuni eventi avversi sulla salute (limitazioni severe della mobilità, mortalità, ecc.) tuttavia, mostrando che la bassa performance, anche in altri test, riguardanti la funzione degli arti inferiori (Standing Balance Test ed il tempo di esecuzione di cinque sollevamenti dalla sedia) presentavano un valore prognostico paragonabile.

Il Time Up and Go test (TUG) è un test che misura il tempo che un soggetto impiega nell'alzarsi da una sedia, compiere 2,43 m davanti a sé, girare attorno ad un cono e riposizionarsi sulla sedia come nella posizione di partenza. E' un test che misura l'equilibrio dinamico e la potenza degli arti inferiori. Il risultato è quantificabile in secondi, ma una scala a 5-punti è ugualmente utilizzata come punteggio di risultato (Mathias et al., 1986). Lo Stair Climb Power Test è una misura con valenza rilevante nella pratica clinica al fine di quantificare la limitazione funzionale nella potenza degli arti inferiori. Lo SCPT correla consistentemente con tecniche più complesse per la misurazione della forza, dalla leg press 40-70% di una ripetizione massimale (1-RM) fino alla stessa 1-RM. Il metodo delle ripetute massimali, ideato da Brzycki (1993), prevede il carico di una ripetizione massimale calcolato mediante la formula da lui elaborata, che moltiplica il numero di ripetizioni, effettuate con uno strumento di tipo isotonic, per il tonnellaggio spostato. Anche questo metodo ha una certa rilevanza in ambito di ricerca, poiché permette di valutare i cambiamenti nella forza isotonica funzionale a specifici esercizi.

I cut-points della sarcopenia

I *cut-points* per definire un soggetto in stato di sarcopenia variano in base alla tecnica di misurazione e alla presenza o meno di norme di riferimento per lo specifico strumento e per la classe di età di appartenenza del soggetto. L'EWGSOP raccomanda l'uso di norme basate su popolazioni formate da soggetti giovani in stato di salute, e pone il *cut-point* alla misura di due deviazioni standar sotto la media di riferimento. Tuttavia, sono state suggerite altre forme di valori definibili come *sub-normali*, ed in alcuni il rationale per il loro utilizzo, si basa sulla derivazione e validazione, conseguenti a correlazioni con altri *markers* clinici, previsti come rilevanti per la sarcopenia. Per esempio, Baumgartner e Colleghi addiziona la quantità di massa muscolare dei quattro arti, la massa muscolare appendicolare (ASM), fornita mediante scanning DXA, ed infine la corregge per la statura del soggetto ($ASM/statura^2$; $kg \cdot m^{-2}$) ricavandone un indice, lo skeletal muscle mass index (SMI). Un SMI inferiore di due deviazione standard rispetto alla media normale di un gruppo di soggetti maschi / femmine di giovane età, corretto per le specifiche di etnia, è il *cut-point* per definire un soggetto come sarcopenico. Seguendo questo approccio, la misura della sarcopenia (SMI) è significativamente associata alla disabilità fisica, indipendentemente dalla razza di appartenenza, età, co-morbidità, fattori di rischio modificabili e massa grassa (Baumgartner et al., 1998). Tuttavia questa associazione è valida solo se si misura la massa muscolare mediante DXA e non con altre tecniche o metodiche (Baumgartner et al., 1998; Janssen et al., 2004).

In un'indagine, ad approccio trasversale, 14818 soggetti adulti sani (età > 18 anni), condotta negli USA, Janssen e Colleghi (2002) utilizzarono le due deviazioni standard come cut-off per la sarcopenia, misurata in termini di SMI ($SMI / kg_{\text{peso corporeo}} \cdot 100$). I soggetti considerati normali presentavano una SMI superiore di una deviazione standard al di sotto della media genere-specifica, rispetto ad un gruppo di giovani ed adulti giovani (18 < età < 39 anni). Il

primo grado di sarcopenia è stato definito nei soggetti che presentavano SMI tra la prima e la seconda deviazione standard, mentre era definita sarcopenia di secondo grado laddove i soggetti presentassero una SMI al inferiore a due deviazioni standard. IN questi termini, la sarcopenia è stata osservata frequentemente sia nei soggetti maschi che nelle femmine con età superiore a sessant'anni. Inoltre la probabilità di riduzione della funzione fisica e della disabilità diventava due volte maggiore nei soggetti maschi e tre volte maggiore nelle donne che presentavano il secondo grado di sarcopenia, rispetto alla controparte di soggetti anziani con una normale SMI.

Newman et al. (2003) ha effettuato uno studio simile a quello di Janssen, ma con una numerosità campionaria inferiore ($n = 2984$, $70 < \text{età} < 79$ anni, 52% femmine, 41% soggetti di colore). I soggetti si sono prestati a scanning mediante DXA. I cut-off sono stati posti secondo due criteri: massa magra appendicolare divisa per statura al quadrato ($aLM \cdot m_{\text{statura}}^{-2}$) e massa magra appendicolare corretta per statura e grasso corporeo (metodo dei residuali [aggiungere nota]). Al momento non erano note norme di riferimento per soggetti giovani adulti di colore o caucasici, pertanto il cut-off per essere considerati soggetti con sarcopenia, fu scelto arbitrariamente e posto al di sotto del ventesimo percentile, nel raggruppamento genere-specifico di appartenenza. Nei maschi, in entrambi i criteri, la sarcopenia venne positivamente associata al fumo di sigaretta, alla ridotta quantità di attività fisica ed alla riduzione della funzione degli arti inferiori. Nelle donne, la classificazione ($aLM \cdot m_{\text{statura}}^{-2}$) venne fortemente associata alla ridotta funzione degli arti inferiori, mentre il secondo il metodo calcolato con i residuali non mostrava le stesse associazioni. Vista e considerata l'introduzione della massa grassa in questo metodo per la definizione di sarcopenia, gli autori suggerivano che la stessa massa grassa dovrebbe essere maggiormente considerata nella stima della reale prevalenza della sarcopenia, nelle donne magre, sovrappeso e negli individui obesi di entrambi i sessi.

Norman et al. (2009) ha condotto un lavoro al fine di indagare le possibili associazioni tra BIA e funzione muscolare. Lo studio si poneva di associare i valori di resistenza e reattanza normalizzati per la statura dei partecipanti ($R / \text{statura}$ e $Xc / \text{statura}$), correlandoli con la forza di prensione e la funzione muscolare degli arti inferiori. Sono stati reclutati 363 uomini e donne con età media di 63 anni, i soggetti sono stati suddivisi per quintili (forza di prensione); i risultati hanno dimostrato che $R / \text{statura}$ ed $Xc / \text{statura}$ sono entrambe associate ai kg di forza misurata col dinamometro portatile, indipendentemente se covariati con altri predittori della forza di prensione, come per esempio il genere e l'età. $Xc / \text{statura}$ è stata positivamente correlata con l'aumento della forza di prensione mentre $R / \text{statura}$ dimostrava un'associazione negativa. I ricercatori hanno concluso che la BIA è uno strumento clinicamente rilevante per ricondurre alla funzione muscolare del soggetto, ed inoltre, hanno promosso l'uso della BIA nei soggetti inabili o incapaci di effettuare l'hand grip test.

Le prospettive future

Nonostante le numerose definizioni, anche legate ai molteplici cut-off, di sarcopenia, la prevalenza nei soggetti ultrasessantenni è riportata dal 5 al 13%, la prevalenza aumenta all'aumentare dell'età: età > 80 anni, 11 - 15% (Morley, 2008). Il numero di soggetti con età superiore a 60 anni è stimata intorno ai 600 milioni nell'anno 2000, numero destinato a crescere fino a 1,2 miliardi nel 2025 e 2 miliardi nel 2050⁹. Considerando l'attuale prevalenza, significherebbe che nel 2025, al mondo ci saranno grossolanamente 50 milioni di soggetti sarcopenici, che aumenteranno a 200 milioni nei prossimi quarant'anni.

L'impatto della sarcopenia nei soggetti anziani è crescente e difficilmente arrestabile. L'attività fisica riveste un ruolo preventivo sia primario che secondario nel trattamento della sarcopenia. Attualmente sembrerebbe che l'attività fisica sia migliore rispetto alla somministrazione di ormoni al fine di preservare la massa muscolare, tuttavia manca ancora molta chiarezza su quale sia il migliore esercizio per mantenere o ridurre il decremento della massa muscolare nel soggetto anziano (Borst, 2004), inoltre, ad oggi, non è chiaro quale potrebbe essere l'implicazione dell'esercizio in acqua per gli stessi fini. Gli studi che hanno valutato i possibili cambiamenti nella composizione corporea, dopo un periodo di esercizio in acqua termale sono quelli di (Ruoti et al., 1994; Takeshima et al., 2002; Taunton et al., 1996; Tsourlou et al., 2006). Ad oggi nessuno studio ha utilizzato metodiche avanzate di imaging per analisi della composizione corporea, come per esempio la DXA ed uno degli obiettivi di questa tesi è di valutare quale sia il possibile ruolo dell'esercizio condotto in acqua termale come stimolo al cambiamento della massa magra nel soggetto anziano sano.

⁹ World Health Organization. Ageing and life course. Published on April the 30th; disponibile in <http://www.who.int/ageing/en/>

PARTE SPERIMENTALE

MATERIALI E METODI

Il campione di studio

Il campione è stato reclutato attraverso alcuni Medici di Medicina Generale dei Comuni di Abano Terme, Battaglia Terme, Galzignano, Montegrotto Terme e Teolo.

I criteri di inclusione, al momento del reclutamento prevedevano:

- età superiore ai 64 anni;
- nessuna controindicazione clinica allo svolgimento di attività fisica in acqua termale ed attività fisica a secco;
- autosufficienza;
- indice di massa corporea (BMI) $< 27 \text{ kg/m}^2$;
- sedentarietà e/o non partecipazione costante e continuativa ad attività fisica strutturata nei 6 mesi precedenti l'inizio del protocollo di attività fisica.

Al termine del reclutamento, il campione di studio era formato da 59 soggetti (29 M – 30 F); il processo di allocazione casuale ha determinato la composizione dei seguenti gruppi:

- attività motoria in piscina termale (AG);
- attività motoria a secco (LG);
- gruppo di controllo (CG).

L'età media dell'intero campione di soggetti partecipanti era di $71,2 \pm 5,4$. La statura media (cm) è risultata pari a $162,8 \pm 9,2$, il peso corporeo (kg) di $68,8 \pm 12,3$ e l'indice di massa corporeo (BMI $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) pari a $25,8 \pm 3,0$. La tabella 3 riporta le medie \pm SD suddivise per genere.

Tabella 3: Statistiche descrittive del campione di studio

	Età' (anni)	Statura (cm)	Peso corporeo (kg)	BMI (kg/m ²)
Maschi (N = 29)	72,1 ± 6,1	169,2 ± 7,3	76,1 ± 11,3	26,6 ± 3,0
Femmine (N = 30)	72,3 ± 4,7	156,2 ± 5,5	59,7 ± 6,5	24,5 ± 2,7
Totale(N = 59)	71,2 ± 5,4	162,8 ± 9,2	68,1 ± 6,5	25,6 ± 2,7

I dati sono rappresentati come media ± deviazione standard e sono riferiti all'intero campione di studio reclutato nel progetto di ricerca "Attività motoria in piscina termale come prevenzione e cura della sarcopenia senile."

Protocollo di esercizio

Ognuna delle 48 sessioni di allenamento previste dal protocollo era composta da tre fasi. La prima parte della lezione, era dedicata al riscaldamento, durante il quale erano previsti esercizi di mobilizzazione delle principali articolazioni e gruppi muscolari. In direzione caudo-craniale o inversa, si passava pertanto dai distretti inferiori di caviglie e bacino a quelli superiori di spalle, collo e capo. La fase centrale di ogni unità invece prevedeva l'esecuzione di 12 esercizi che complessivamente coinvolgevano tutti i principali distretti muscolari. Mentre gli esercizi mirati all'attivazione generale erano gli stessi in entrambi i gruppi di attività, quelli costituenti la parte centrale erano differenti a causa delle diverse caratteristiche esistenti tra i due ambienti, piscina e palestra. Terminata la fase centrale, nell'ultima fase di ogni lezione venivano svolti degli esercizi di defaticamento, con lo scopo di facilitare ed accelerare la fase di smaltimento per ricondurre l'organismo vicino ai valori basali e quindi favorire un recupero più efficace e rapido.

Dopo le prime settimane di allenamento, dedicate soprattutto alla familiarizzazione con gli esercizi, è stato possibile aumentare progressivamente l'intensità di lavoro. Mantenendo invariata la durata di ciascun esercizio, l'incremento del carico di lavoro si otteneva tramite l'aumento della velocità di esecuzione. Attraverso l'utilizzo del cardiofrequenzimetro, era possibile controllare il battito cardiaco dei soggetti; inoltre gli individui erano stati abituati a descrivere la soggettiva percezione dello sforzo attraverso la scala di Borg, che prevede la suddivisione in una scala da 6 a 20 in base all'intensità di lavoro (dove 6 corrisponde a nessuno sforzo e 20 al massimo sforzo). Essendo il carico di lavoro previsto dal protocollo di allenamento compreso tra 13 e 16, qualora un individuo avvertisse uno sforzo superiore al valore 16, poteva rallentare e proseguire l'esercizio secondo il proprio ritmo od eventualmente fermarsi. Il monitoraggio della frequenza cardiaca e l'utilizzo della scala dello sforzo percepito permettevano di lavorare garantendo un certo margine di sicurezza. La

tabella 4 riporta il valore medio delle percentuali della frequenza cardiaca calcolata attraverso la formula di Cooper $(220 - \text{età}) \pm$ deviazione standard rispettivamente dei gruppi AG e LG.

Tabella 4: Calcolo della percentuale della frequenza cardiaca nei due gruppi di attività motoria.

Gruppo	Frequenza Cardiaca (FC) %
Gruppo Piscina (AG)	$60,0 \pm 4,6$
Gruppo Palestra (LG)	$59,4 \pm 6,6$

I valori sono presentati come media \pm deviazione standard.

Materiali

Le vasche delle piscine in cui è stata praticata l'attività avevano una profondità variabile; i soggetti erano invitati a disporsi in vasca laddove l'acqua giungesse l'altezza dello sterno. La temperatura dell'acqua è stata misurata in ogni sessione di allenamento e la temperatura media era di 36,6° C. Non era previsto l'utilizzo di alcun tipo di materiale, ad eccezione dei galleggianti per alcuni esercizi riservati agli arti superiori.

La palestra in cui è stata svolta l'attività motoria a secco era adeguatamente riscaldata e l'attività veniva svolta senza scarpe. E' stato previsto l'utilizzo di materassini e cuscini per l'esecuzione degli esercizi a terra.

La forza dell'arto superiore è stata misurata mediante forza di prensione (HG), utilizzando il dinamometro Baseline (Fabrication Enterprises, Elmsford, USA), la forza di tipo isotonico (KET) ed isometrico (KEM) degli arti inferiori è stata misurata mediante cella di carico (dinamometro adattato, Nuova Meccanica Pastorelli, Gallarate, IT) applicata ad una leg extension (Technogym, Gambettola, IT). La mobilità del cingolo omerale è stata misurata mediante back scratch test (BS) mentre la flessibilità della muscolatura posteriore della coscia mediante sit & reach test (SR). L'equilibrio dinamico invece è stato misurato mediante time up & go test (TUG). I test per la flessibilità e l'equilibrio dinamico sono test che fanno parte della batteria del Senior Fitness test (Rikli and Jones, 2001; Rikli and Jones, 1999).

Il monitoraggio della frequenza cardiaca, durante l'attività motoria in piscina termale, è stato fatto mediante cardiofrequenzimetri s810i (Polar Electro™, Kempele, FI). La composizione corporea è stata misurata mediante densitometro a doppio fascio di raggi X (DXA) QDR 4500/A DXA, (Hologic, Bedford, USA).

Analisi statistica

I dati sono stati elaborati utilizzando il software SPSS Statistical Package (Chicago USA) e presentati come media \pm deviazione standard (SD). Il test di Kolmorov – Smirnov è stato utilizzato per osservare la distribuzione dei dati, inoltre è stato condotta, per ciascuna variabile dipendente, la statistica di Levene, al fine di testare l'omogeneità delle varianze. Laddove una variabile presentasse una distribuzione non-normale, saranno escluse le statistiche parametriche in favore di un approccio non-parametrico. Analogamente, all'evidenziarsi di significatività statistica nel test di Levene ($p < 0.05$), nella variabile in considerazione verrà applicato un post-hoc test maggiormente conservativo rispetto al tradizionale post-hoc secondo il metodo di Bonferroni (test HSD di Tukey). Al fine di valutare le differenze nelle variabili oggetto dello studio nell'approccio principale è stata utilizzata l'analisi univariata della varianza (ANOVA) effettuata nelle misure ripetute.

Il primo confronto è stato condotto comparando l'intera coorte secondo la variabile indipendente "*Tempo*" ossia si sono osservate le modificazioni tra prima (T_0) e dopo (T_1) il protocollo di attività motoria adattata, utilizzando il test t di Student. Successivamente l'analisi ha previsto la suddivisione del campione per "*Gruppo di Appartenenza*" (AG, LG e CG). L'incrocio tra le variabili "*Tempo*" e "*Gruppo di appartenenza*" ha creato un disegno statistico a matrice 2 x 3.

L'analisi ha permesso di paragonare prima e dopo l'intervento i seguenti parametri: peso corporeo, indice di massa corporea (BMI), massa magra (FFM), massa grassa (FM), equilibrio dinamico (TUG), mobilità del cingolo scapolo omerale (BS), flessibilità dei muscoli ischiocrurali (SR), forza di prensione (HG), forza di estensione isotonica (KET) ed isometrica (KEM) degli arti inferiori. Infine, il grado di sarcopenia è stato misurato mediante massa magra appendicolare (ASM, kg/m^2) Il confronto tra le variabili indipendenti è stato effettuato per capire se in seguito al protocollo di allenamento i soggetti avessero ottenuto dei

cambiamenti significativi in alcune delle variabili osservate. La significatività statistica è stata impostata come $\alpha < 5\%$ e rappresentata con il valore $p < 0.05$.

RISULTATI

Al termine del protocollo di attività fisica, 6 soggetti sono stati esclusi dallo studio in quanto non hanno dimostrato interesse nella partecipazione o hanno dovuto abbandonare per motivi di salute. Il tasso di drop-out totale è del 10,2% (su 59 soggetti) e 15% sui gruppi di esercizio (su 40 soggetti). L'aderenza media alle sedute di attività fisica è stata del 81,25%.

La tabella 5 descrive la composizione dei gruppi per genere ed il tasso di drop out suddiviso per genere, mentre la tabella 6 descrive le caratteristiche del campione di studio a baseline (T₀) per le variabili considerate nell'analisi.

Tabella 5: distribuzione per genere e numero di abbandoni nei protocolli di esercizio.

	Maschi (N=29)	Femmine (N=30s)
Gruppo acqua (AG)	N = 10 (DO: 1)	N = 11 (DO: 2)
Gruppo secco (LG)	N = 10 (DO: 1)	N = 9 (DO: 2)
Gruppo controllo (CG)	N = 9	N = 10

Tabella 6: descrizione delle caratteristiche a baseline dell'intera coorte suddivisa per genere.

	Maschi (N=27)	Femmine (N=26)
	Media \pm SD	Media \pm SD
Statura (cm)	169,19 \pm 7,33	156,19 \pm 5,47
Peso corporeo (kg)	76,13 \pm 11,26	59,78 \pm 6,50
BMI (kg/m ²)	26,55 \pm 3,08	24,54 \pm 2,68
BS (cm)	-6,98 \pm 10,31	-4,57 \pm 8,75
SR (cm)	7,95 \pm 9,25	3,84 \pm 9,05
TUG (sec.)	5,35 \pm 1,68	5,78 \pm 1,13
HG (kg)	26,13 \pm 8,88	15,13 \pm 6,00
KET (kg)	23,61 \pm 3,78	17,33 \pm 3,04
KEM (kg)	38,80 \pm 13,08	22,74 \pm 7,27
FM arti superiori (g)	1801,03 \pm 743,83	2424,75 \pm 773,10
FM tronco (g)	10347,07 \pm 4185,65	9662,10 \pm 2750,44
FM arti inferiori (g)	4784,86 \pm 1652,16	6887,23 \pm 1863,81
FM totale (g)	17843,17 \pm 6229,82	19825,95 \pm 4788,13
FFM arti superiori (g)	6188,35 \pm 857,82	3610,87 \pm 486,00
FFM tronco (g)	27143,35 \pm 3483,69	19035,58 \pm 2094,05
FFM arti inferiori (g)	17242,47 \pm 2009,27	11537,74 \pm 1396,82
FFM totale (g)	54061,37 \pm 6144,38	37008,79 \pm 3832,72
ASM (g/m ²)	8194,00 \pm 727,17	6208,29 \pm 637,94

I dati sono rappresentati come media \pm deviazione standard e sono riferiti all'intero campione di studio reclutato nel progetto di ricerca "Attività motoria in piscina termale come prevenzione e cura della sarcopenia senile."

BS = back scratch

SR = sit and reach

TUG = time up and go

HG = hand grip

KET = isotonic leg extension strength

KEM = isometric leg extension strength

BMI = indice di massa corporea

FM = massa grassa

FFM = massa magra

ASM = massa magra appendicolare

Il primo confronto è stato condotto paragonando l'intera coorte secondo la variabile indipendente "Tempo" ovvero osservando le modificazioni tra prima (T_0) e dopo (T_1) il protocollo di attività motoria adattata. L'analisi ha evidenziato una riduzione di lieve entità nel peso corporeo e nel BMI. La mobilità del cingolo scapolare è diminuita circa del 20%, contrariamente, la flessibilità dei muscoli ischiocrurali è aumentata del 131,8%. Il tempo di esecuzione del TUG è risultato statisticamente ridotto del 9,7%. La forza di prensione ha indicato un aumento del 13,4% ($p < 0.05$). Al contrario, la forza isotonica dei muscoli anteriori della coscia è leggermente diminuita analogamente alla forza isometrica dello stesso settore muscolare, peraltro in modo non statisticamente rilevante. Per ciò che riguarda la composizione corporea, l'intero gruppo non ha ridotto la massa grassa totale. Tuttavia, si sono osservati dei trend differenti nelle masse magre e grasse distrettuali.

Le tabelle 7 ed 8 riassumono i cambiamenti osservati in ciascun gruppo (AG, LG e CG) dopo tra T_0 e T_1 per i parametri relativi alla funzione fisica e composizione corporea.

Tabella 7: descrizione dei cambiamenti da T₀ a T₁ nelle variabili legate alla performance fisica ed alla forza.

Gruppo attività motoria in acqua termale (AG)				
Variabile	Pre (T ₀)	Post (T ₁)	Δ%	Significatività
BS (cm)	-7,83 ± 8,91	-5,81 ± 8,34	-25,8 %	<i>p</i> < .05
SR (cm)	3,19 ± 7,34	13,08 ± 6,77	309,9 %	<i>p</i> < .05
TUG (sec.)	5,57 ± 1,21	4,49 ± 0,76	-19,3 %	<i>p</i> < .05
HG (kg)	22,65 ± 9,83	23,51 ± 8,32	3,8 %	ns.
KET (kg)	21,09 ± 4,56	21,94 ± 3,74	4,0 %	ns.
KEM (kg)	31,08 ± 12,36	33,62 ± 9,29	8,2 %	ns.

Gruppo attività motoria a secco (LG)				
Variabile	Pre (T ₀)	Post (T ₁)	Δ%	Significatività
BS (cm)	-4,89 ± 6,46	-3,47 ± 8,35	-29,0 %	ns.
SR (cm)	5,33 ± 12,23	13,53 ± 11,51	153,7 %	<i>p</i> < .05
TUG (sec.)	6,08 ± 2,06	5,31 ± 2,08	-12,6 %	<i>p</i> < .05
HG (kg)	18,67 ± 8,38	23,55 ± 9,14	26,1 %	<i>p</i> < .05
KET (kg)	19,14 ± 4,42	18,90 ± 4,73	-1,2 %	ns.
KEM (kg)	29,06 ± 12,46	28,75 ± 14,02	-1,1 %	ns.

Gruppo di controllo (CG)				
Variabile	Pre (T ₀)	Post (T ₁)	Δ%	Significatività
BS (cm)	-4,70 ± 12,03	-4,45 ± 9,60	-5,3 %	ns.
SR (cm)	8,90 ± 7,77	14,34 ± 6,53	61,0 %	<i>p</i> < .05
TUG (sec.)	5,11 ± 0,79	5,28 ± 1,02	3,3 %	ns.
HG (kg)	20,66 ± 9,78	23,54 ± 10,65	13,9 %	ns.
KET (kg)	21,22 ± 4,90	18,34 ± 5,69	-13,5 %	<i>p</i> < .05
KEM (kg)	31,26 ± 15,07	24,11 ± 10,14	-22,9 %	<i>p</i> < .05

I dati sono rappresentati come media ± deviazione standard e sono riferiti al campione di studio che ha portato a termine il protocollo di ricerca.

BS = back scratch

SR = sit and reach

TUG = time up and go

HG = hand grip

KET = isotonic leg extension strength

KEM = isometric leg extension strength

Tabella 8: descrizione dei cambiamenti da T₀ a T₁ nelle variabili legate alla composizione corporea.

Gruppo attività motoria in acqua termale (AG)				
Variabile	Pre (T ₀)	Post (T ₁)	Δ%	Significatività
Peso corporeo (kg)	69,7 ± 13,4	68,8 ± 13,6	-1,3 %	<i>p</i> < .05
BMI (kg/m ²)	26,6 ± 2,8	26,2 ± 2,7	-1,4 %	<i>p</i> < .05
FM arti superiori (g)	2285,8 ± 732,8	2241,4 ± 661,4	-1,9 %	ns.
FM tronco (g)	11003,5 ± 4032,2	10417,2 ± 3692,2	-5,3 %	<i>p</i> < .05
FM arti inferiori (g)	5955,7 ± 1780,5	5780,7 ± 1867,2	-2,9 %	ns.
FM totale (g)	20076,3 ± 5699,0	19276,0 ± 5427,1	-4,0 %	<i>p</i> < .05
FFM arti superiori (g)	5019,5 ± 1271,4	5032,4 ± 1231,4	0,3 %	ns.
FFM tronco (g)	23381,8 ± 5110,4	23360,0 ± 5058,2	-0,1 %	ns.
FFM arti inferiori (g)	14425,4 ± 3144,8	14138,0 ± 3158,0	-2,0 %	ns.
FFM totale (g)	46005,7 ± 9619,0	45732,8 ± 9581,7	-0,6 %	ns.
ASM (g/m ²)	7400,9 ± 1093,3	7292,4 ± 1096,8	-1,5 %	ns.

Gruppo attività motoria a secco (LG)				
Variabile	Pre (T ₀)	Post (T ₁)	Δ%	Significatività
Peso corporeo (kg)	69,1 ± 13,9	68,9 ± 13,4	-0,3 %	ns.
BMI (kg/m ²)	25,7 ± 3,5	25,7 ± 3,4	-0,2 %	ns.
FM arti superiori (g)	2014,3 ± 983,9	1989,0 ± 899,7	-1,3 %	ns.
FM tronco (g)	9802,2 ± 3745,6	9640,7 ± 3869,1	-1,6 %	ns.
FM arti inferiori (g)	5558,1 ± 2081,4	5646,3 ± 2283,4	1,6 %	ns.
FM totale (g)	18218,9 ± 6161,8	18112,8 ± 6425,8	-0,6 %	ns.
FFM arti superiori (g)	5212,4 ± 1735,3	5129,3 ± 1725,9	-1,6 %	ns.
FFM tronco (g)	23523,8 ± 5641,1	23966,8 ± 5544,6	1,9 %	<i>p</i> < .05
FFM arti inferiori (g)	14636,1 ± 3455,4	14383,5 ± 3209,4	-1,7 %	ns.
FFM totale (g)	46551,9 ± 11023,7	46621,0 ± 10727,6	0,1 %	ns.
ASM (g/m ²)	7399,2 ± 1249,7	7279,9 ± 1167,9	-1,6 %	<i>p</i> < .05

Gruppo di controllo (CG)				
Variabile	Pre (T ₀)	Post (T ₁)	Δ%	Significatività
Peso corporeo (kg)	65,8 ± 10,0	65,2 ± 9,7	-0,9 %	<i>p</i> < .05
BMI (kg/m ²)	24,4 ± 2,6	24,2 ± 2,4	-1,0 %	<i>p</i> < .05
FM arti superiori (g)	2027,0 ± 757,3	2455,8 ± 605,7	21,2 %	<i>p</i> < .05
FM tronco (g)	9218,0 ± 2688,2	9511,8 ± 2568,0	3,2 %	ns.
FM arti inferiori (g)	5942,2 ± 2313,9	7135,0 ± 1962,7	20,1 %	<i>p</i> < .05
FM totale (g)	18144,3 ± 5101,0	20162,5 ± 4412,8	11,1 %	<i>p</i> < .05
FFM arti superiori (g)	4539,1 ± 1430,5	4685,1 ± 1540,5	3,2 %	<i>p</i> < .05
FFM tronco (g)	22469,7 ± 4512,0	22015,6 ± 4363,4	-2,0 %	<i>p</i> < .05
FFM arti inferiori (g)	14162,5 ± 3617,7	13862,8 ± 3594,8	-2,1 %	<i>p</i> < .05
FFM totale (g)	44286,5 ± 9910,8	43376,5 ± 9676,9	-2,1 %	<i>p</i> < .05
ASM (g/m ²)	6855,5 ± 1266,9	6791,5 ± 1270,7	-0,9 %	ns.

I dati sono rappresentati come media ± deviazione standard e sono riferiti al campione di studio che ha portato a termine il protocollo di ricerca.

BMI = indice di massa corporea

FM = massa grassa

FFM = massa magra

ASM = massa magra appendicolare

L'analisi tramite ANOVA (AG vs. LG vs. CG) effettuata per misure ripetute (T_0 vs. T_1) ha evidenziato un cambiamento statisticamente significativo nelle seguenti variabili: TUG, FM arti superiori, FM tronco, FM arti inferiori FM totale, FFM totale, KET, KEM. La tabella 9 riporta l'analisi effettuata in ciascuna delle variabili indipendenti.

Tabella 9: analisi della distribuzione e della varianza nelle variabili considerate in questo studio.

Variabile	Test di Levene	Significatività	F	Significatività (ANOVA)
BS (cm)	,212	$p = .809$,634	$p = .535$
SR (cm)	4,005	$p = .024^*$	1,360	$p = .266$
TUG (sec.)	,420	$p = .659$	15,008	$p < .01$
HG (kg)	,575	$p = .566$	1,228	$p = .302$
KET (kg)	,544	$p = .584$	9,624	$p < .01$
KEM (kg)	,373	$p = .691$	5,845	$p < .01$
Peso corporeo (kg)	,586	$p = .853$	5,450	$p < .01$
BMI (kg/m ²)	,376	$p = .368$	6,128	$p < .01$
FM arti superiori (g)	,610	$p = .610$	18,678	$p < .01$
FM tronco (g)	,201	$p = .818$	5,541	$p < .01$
FM arti inferiori (g)	1,112	$p = .337$	20,073	$p < .01$
FM totale (g)	,055	$p = .946$	19,063	$p < .01$
FFM arti superiori (g)	,341	$p = .713$	1,613	$p = .210$
FFM tronco (g)	,987	$p = .380$	5,569	$p < .01$
FFM arti inferiori (g)	,629	$p = .538$,024	$p = .997$
FFM totale (g)	,849	$p = .434$	4,769	$p < .05$
ASM (g/m ²)	,813	$p = .449$,303	$p = .740$

* Utilizzo dell'analisi post-hoc HSD di Tukey per il confronto intergruppi.

BS = back scratch

SR = sit and reach

TUG = time up and go

HG = hand grip

KET = isotonic leg extension strength

KEM = isometric leg extension strength

BMI = indice di massa corporea

FM = massa grassa

FFM = massa magra

ASM = massa magra appendicolare

DISCUSSIONE

L'obiettivo di questa tesi era la valutazione della funzione fisica e della composizione corporea nel soggetto anziano, dopo un programma di attività motoria adattata in piscina termale ed in palestra, della durata di sei mesi. Nell'attuale panorama scientifico, si evince una mancanza di revisioni sistematiche e di metanalisi concentrate sugli effetti dell'esercizio in acqua in soggetti anziani. Infatti i lavori di tipo metanalitico e revisivo sono maggiormente focalizzati sull'osteoartrite (Kamioka et al., 2010), sulla fibromialgia (Tomas-Carus et al., 2009) e sul low back pain (Waller et al., 2009). Questa limitazione amplifica la difficoltà nell'analisi dei nostri risultati, anche perché, a nostra conoscenza, questo studio, è l'unico che abbia utilizzato metodiche di imaging per la valutazione della composizione corporea nel soggetto anziano prima e dopo un periodo di allenamento in acqua.

Da uno sguardo complessivo, lo studio suggerisce che i soggetti anziani, dopo aver effettuato un protocollo di esercizio della durata di sei mesi, sia in acqua che a secco, hanno mostrato dei miglioramenti in termini di equilibrio e di flessibilità, ed hanno inoltre mantenuto la loro forza muscolare. Questo ci porta ad ipotizzare che l'acqua termale, similmente alle attività che si svolgono a secco senza ausilio di strumentazione per il potenziamento muscolare ed il fitness cardiovascolare, possa considerarsi un ambiente vantaggioso per lo svolgimento di attività fisica e quindi per il conseguente mantenimento della funzione fisica del soggetto anziano.

La forza

La forza è stata misurata mediante HG, KET e KEM. Il gruppo AG ha globalmente dimostrato un trend positivo nella forza di prensione (3,8%), nella forza isotonica (4%) e isometrica (8,2%) degli estensori delle ginocchia, pur senza raggiungere la significatività statistica, ma indicando comunque l'efficacia dell'esercizio in acqua termale. D'altro canto, nel gruppo LG, la forza degli arti inferiori sembrerebbe sostanzialmente invariata (KET -1,2%, n.s.; KEM -1,1%; n.s.) mentre è aumentata la forza di prensione del 26,1%. Nonostante l'analisi ANOVA per misure ripetute non abbia riscontrato una significatività statistica fra il miglioramento del gruppo LG rispetto ad AG e CG, anche in questo caso, sembrerebbe che l'attività a secco sia da considerarsi maggiormente utile al fine di aumentare la forza di prensione. La diminuzione in CG del 13% nella forza isotonica, associata ad una riduzione nella componente isometrica del 23% è contrastante con l'aumento di forza di prensione. Questi andamenti sono difficilmente interpretabili poiché non vi è dato oggettivo in merito alla quantità di attività fisica effettuata durante i sei mesi che intercorrevano tra le valutazioni o se ci fosse stato un decremento nelle attività di vita quotidiana, soprattutto nelle fasi immediatamente precedenti il test T₁.

La letteratura scientifica fornisce lavori sullo studio della forza nel soggetto anziano dopo allenamento in acqua (Bocalini et al., 2008; Cancela Carral and Ayà Pérez, 2007; Graef et al., 2010; Katsura et al., 2010; Ruoti et al., 1994; Takeshima et al., 2002; Taunton et al., 1996; Tsourlou et al., 2006; Vale et al., 2009), ma nessuno di questi in acqua termale e per di più, relativamente alla misurazione della forza, utilizzavano metodi e distretti muscolari diversi, non riconducibili a campioni di normalità, ad esclusione della forza di prensione. Ad esempio, Katsura e Colleghi (2010) hanno valutato l'intensità di esercizio mediante la scala RPE (Borg et al., 1985), mentre Takeshima et al. (2002) non hanno riportato l'intensità di esercizio, sebbene avessero previsto che l'esecuzione prescritta doveva essere eseguita con il

massimo range di movimento ed alla massima velocità esecutiva. Bocalini et al. (2008) hanno seguito il modello di questi ultimi Autori, adattandolo ad un gruppo di donne, mentre Taunton et al. (1996), hanno incluso nel loro protocollo di esercizio sia la forza che gli stimoli alla resistenza muscolare, senza tuttavia specificare chiaramente l'intensità utilizzata. Rispetto ai dati da noi ottenuti, Katsura et al. (2010) non hanno riscontrato incrementi nella forza isocinetica degli arti inferiori (knee extension), mentre sia Tsourlou et al. (2006) che Takeshima et al. (2002), hanno evidenziato aumenti del 9,5% e 8% rispettivamente. Per quanto riguarda la forza di tipo isotonic, Vale et al. (2009), Cancela Carral et al. (2007) e Tsourlou et al. (2006) hanno mostrato un miglioramento del 42,4%, 9,5% e 22,7% rispettivamente, risultato nettamente maggiore, ma non significativo, di quanto da noi riscontrato. Tale diversità potrebbe essere legata al fatto che questi autori hanno utilizzato un protocollo della durata da 12 settimane a 9 mesi, ma con frequenza di tre sessioni settimanali, contro le sole due previste dal nostro protocollo.

Per ciò che riguarda la forza di prensione, due studi hanno dimostrato che la forza è migliorata dopo l'esercizio (Cancela Carral and Ayà Pérez, 2007; Tsourlou et al., 2006), mentre un terzo non ha evidenziato cambiamenti (Taunton et al., 1996), pur prevedendo tre sedute settimanali. E' alquanto verosimile che la forza di prensione sia condizionata dalla quantità settimanale d'allenamento. Nel nostro studio, sembrerebbe che questo miglioramento sia pur evidente nell'attività a secco e si poteva ipotizzare che questo miglioramento in LG rispetto ad AG possa essere favorito non solo dal diverso ambiente di allenamento (acqua vs. secco), ma anche dal possibile, differente carico a cui è sottoposta la muscolatura rispetto a due sistemi di gravità diversi.

La performance fisica (equilibrio e flessibilità)

Tra gli altri parametri valutati in questo protocollo di studio vi sono anche quelli della flessibilità degli arti superiori ed inferiori e dell'equilibrio dinamico. I test utilizzati sono stati il BS, SR e TUG della batteria del Senior Fitness test (Rikli and Jones, 1999).

Dopo il periodo di allenamento, si è osservato un aumento significativo della mobilità degli arti superiori nel gruppo in acqua (25,8%; $p < .05$), che peraltro non ha dimostrato tuttavia significatività statistica rispetto agli altri due gruppi (ANOVA, AG vs. LG vs. CG). Sulla mobilità della spalla lo stesso miglioramento è stato osservato da Bocalini et al. (2008), anche se i valori basali del gruppo studiato presentavano una mobilità inferiore al nostro gruppo, con ciò dando forma all'ipotesi che l'attività in acqua può facilitare i miglioramenti della flessibilità articolare.

In particolare per la flessibilità degli arti inferiori e della schiena (SR), è risultato evidente un miglioramento sia nel gruppo AG (309,9%; $p < .05$) che nel gruppo LG (153,7%; $p < .05$) e, inaspettatamente, anche nel CG (61%; $p < .05$). Quest'ultimo dato non è di facile spiegazione ma forse potrebbe essere stato condizionato dai periodi in cui sono state eseguite le valutazioni: infatti, quelle basali sono state condotte a termine dell'estate, mentre quelle finali a circa sette mesi di distanza.

Rispetto alle variazioni della flessibilità negli arti superiori, la misurazione in quella dei muscoli ischio-crurali e della schiena riporta risultati contrastanti. Dalla letteratura si evince che alcuni studi (Takeshima et al., 2002; Taunton et al., 1996) non hanno dimostrato alcun cambiamento dopo il periodo di attività in acqua, mentre altri hanno descritto dei miglioramenti notevoli (Bocalini et al., 2008; Cancela Carral and Ayà Pérez, 2007; Katsura et al., 2010; Tsourlou et al., 2006). La maggior parte di questi studi, tuttavia, non riportava il tipo ed intensità di esercizio (flessibilità) effettuati; in alcuni (Bocalini et al., 2008; Cancela Carral and Ayà Pérez, 2007; Takeshima et al., 2002; Taunton et al., 1996; Vale et al., 2009)

è stato riportato invece il tempo dedicato alle attività di stretching ed allungamento, peraltro senza indicare nello specifico gli esercizi effettuati. In ogni caso, è possibile affermare che il protocollo di lavoro da noi utilizzato abbia portato al miglioramento della flessibilità in AG ed LG.

L'equilibrio dinamico è significativamente migliorato nei gruppi AG (19,3%; $p < .05$) ed LG (12,6%; $p < .05$), inoltre, l'analisi post-hoc ha determinato che il miglioramento di AG è risultato statisticamente superiore rispetto ad LG ($p < .05$) ed CG ($p < .05$). I nostri risultati suggeriscono che l'esercizio in acqua sia migliore rispetto all'esercizio a terra nel favorire l'equilibrio dinamico del soggetto anziano. Con un protocollo di intervento di maggiore durata, Bocalini e Colleghi (2008; 2010) hanno evidenziato un analogo miglioramento del TUG, ma senza differenze significative tra il che si è allenato in acqua (34,5%; $p < .05$) e quello che ha svolto attività fisica a secco (mera camminata) (36,7%; $p < .05$). Anche lo studio di Katsura et al. (2010) ha descritto un miglioramento dell'equilibrio dinamico, sia nei soggetti allenati in acqua con strumenti per lo sviluppo della forza (+11,9%; $p < .05$) che nel gruppo di esercizio acquatico senza ausili (+6,9%; $p < .05$). Infine, Resende et al. (2008) hanno mostrato una riduzione media di circa 5" nella performance del TUG. Questi risultati sembrerebbero confortare l'ipotesi che la continua instabilità del moto acquoso possa essere l'effettore delle modificazioni che aumentano la performance nel TUG. Questa considerazione può trovare sostegno inoltre, nei dati Berger e Colleghi (2008), che hanno dimostrato come l'esercizio in acqua (a temperatura di 34°) determini un aumento della performance nell'equilibrio dinamico, già dopo 48 h dalla valutazione basale (+12,5%; $p < .05$). Tuttavia, esiste la possibilità che il miglioramento sia dovuto all'acquisizione di pratica nel test. In ogni caso, i risultati complessivi finora ottenuti suggeriscono che l'ambiente acqua possa rappresentare un valido strumento per favorire l'equilibrio dinamico. Nel nostro studio, non sono stati svolti esercizi specifici per l'equilibrio, e questo rappresenta perciò un

beneficio aggiuntivo su programmi d'esercizio rivolti ad altri tipi di condizionamenti (per es. forza, capacità aerobica, flessibilità). Sarà comunque importante che questo aspetto sia studiato in modo più approfondito, anche con protocolli dedicati alla valutazione dell'equilibrio di tipo statico e con misure oggettive diverse, come per esempio il centro di pressione e la distribuzione podalica del carico.

La composizione corporea

La composizione corporea, misurata mediante densitometria a doppio fascio di assorbimento di raggi X (DXA), si è complessivamente modificata alla fine del programma motorio di allenamento, evidenziando una riduzione della massa grassa nel gruppo di esercizio acquatico, e mostrando un sostanziale complessivo mantenimento della massa muscolare anche nel gruppo di allenamento a secco.

Come sopra riportato, il gruppo AG ha dimostrato, alla fine del programma, una diminuzione significativa della massa grassa (4%; $p < .05$), in particolare a carico del tronco (-5,3%; $p < .05$), più che delle regioni appendicolari (n.s.). Il gruppo LG al contrario, ha mostrato solo un modesto, ma significativo, aumento della massa magra del tronco (1,9%; $p < .05$), senza modificazioni della FFM. In questo gruppo, peraltro, la massa muscolare appendicolare (ASM) è risultata lievemente ridotta (-1,6%; $p < .01$), probabilmente per effetto della tipologia del programma motorio applicato che avrebbe indotto un maggiore stimolo nella regione ventrale del corpo, rispetto alla massa appendicolare. Analoga evidenza è risultata nel gruppo CG, che ha mostrato una riduzione della massa magra (-2,1%; $p < .05$) senza tangibili variazioni della massa appendicolare (-0,6%; n.s.) ed un aumento della massa grassa totale (11,1%; $p < .05$).

A nostra conoscenza, la composizione corporea dopo un intervento di attività motoria in acqua è stata valutata in solo quattro studi. Tsourlou e Colleghi (2006) hanno riscontrato un aumento significativo del 3,4% nella massa magra, mentre Takeshima et al. (2002) hanno riscontrato una riduzione significativa (7,9%) nella massa grassa. Gli altri due lavori (Ruoti et al., 1994; Taunton et al., 1996), non hanno invece evidenziato cambiamenti significativi, ma in questi due studi la durata del protocollo di esercizio è stata piuttosto breve.

Mancano dunque evidenze consolidate che l'esercizio in acqua conduca al dimagrimento o all'aumento della massa magra. I risultati del nostro studio sembrerebbero indicare che

l'attività in acqua termale, sia vantaggiosa per la diminuzione della massa grassa più che per l'aumento della massa magra e/o sulla massa muscolare. Il dato andrà tuttavia confermato, in particolare valutando i risultati di protocolli di ricerca maggiormente focalizzati sullo stimolo anabolico muscolare, cosa che verosimilmente non è stata sufficientemente presa in considerazione nel protocollo utilizzato da noi. Un altro limite, di questo studio, è rappresentato dalla mancanza di monitoraggio, anche temporale, della quantità e del tipo di nutrienti introdotti dai soggetti partecipanti. Infatti, studi precedenti (Kay and Fiatarone Singh, 2006; Toth et al., 1999), suggeriscono come la dieta sia una componente imprescindibile per la modificazione della composizione corporea nel soggetto anziano. Un'opportunità futura di ricerca consisterà appunto nella somministrazione di integratori alimentari o supplementi dietetici, al fine di valutare i cambiamenti nella massa magra, e se il ruolo primario, per la salvaguardia della massa muscolare del soggetto anziano, sia l'attività fisica (in acqua), o la dieta, o la combinazione ottimale di entrambi.

CONCLUSIONI

L'efficacia dell'attività fisica nella terza età, è testimoniata da numerose e forti evidenze scientifiche, che sostengono la sua importanza nel contrastare il decadimento funzionale e lo sviluppo della sarcopenia. In generale, i nostri dati confermano l'effetto positivo dell'attività fisica nel mantenere o migliorare la performance fisica e la composizione corporea dei soggetti anziani, sia che essa venga svolta in acqua, sia in palestra, suggerendo la necessità di ulteriori ricerche per identificare la tipologia di esercizi da proporre in acqua, allo scopo di ottenere incrementi significativi della massa magra. Infatti, nelle linee guida dell'American College of Sports Medicine viene fatto riferimento alla possibilità di praticare attività in acqua come alternativa all'allenamento a secco; tuttavia sono ancora pochi gli studi che hanno analizzato gli effetti a lungo termine dei programmi di attività fisica in acqua. I già citati studi di Ruoti, Takeshima e Tsorlou ne rappresentano solo alcuni esempi, che sono però insufficienti per trarre delle evidenze forti e complete.

Analizzando approfonditamente la letteratura, questo studio sembrerebbe l'unico che si è posto come area di intervento l'esercizio in acqua termale nel soggetto anziano sano. Ulteriori studi successivi potrebbero approfondire gli effetti ottenibili allenandosi in piscina con acqua termale e non, a diverse intensità ed introducendo veri e propri strumenti che favoriscano l'allenamento della forza. Inoltre, con l'avvento e l'evoluzione delle tecniche di imaging, l'uso di queste nuove strumentazioni, permetterebbe giudizi sempre più oggettivi sulla validità dell'esercizio in acqua come prevenzione e cura della sarcopenia senile.

BIBLIOGRAFIA

- Al Snih, S., K.S. Markides, K.J. Ottenbacher, and M.A. Raji. 2004. Hand grip strength and incident ADL disability in elderly Mexican Americans over a seven-year period. *Aging Clin Exp Res.* 16:481-486.
- Andersson, J.P., M.H. Liner, A. Fredsted, and E.K. Schagatay. 2004. Cardiovascular and respiratory responses to apneas with and without face immersion in exercising humans. *J Appl Physiol.* 96:1005-1010.
- Arborelius, M., Jr., U.I. Ballidin, B. Lilja, and C.E. Lundgren. 1972. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. *Aerosp Med.* 43:592-598.
- Aveiro, M.C., R.N. Granito, M.T. Navega, P. Driusso, and J. Oishi. 2006. Influence of a physical training program on muscle strength, balance and gait velocity among women with osteoporosis. *Rev Bras Fisioter.* 10:441-448.
- Avelar, N.C.P., A.C. Bastone, M.A. Alcantara, and W.G. Gomes. 2010. Effectiveness of aquatic and non-aquatic lower limb muscles endurance training in the static and dynamic balance of elderly people. *Rev Bras Fisioter.* 14:229-236.
- Balint, G.P., W.W. Buchanan, A. Adam, I. Ratko, L. Poor, P.V. Balint, E. Somos, I. Tefner, and T. Bender. 2007. The effect of the thermal mineral water of Nagybaracska on patients with knee joint osteoarthritis--a double blind study. *Clin Rheumatol.* 26:890-894.
- Ballidin, U.I., and C.E. Lundgren. 1972. Effects of immersion with the head above water on tissue nitrogen elimination in man. *Aerosp Med.* 43:1101-1108.
- Barbosa, T.M., M.F. Garrido, and J. Bragada. 2007. Physiological adaptations to head-out aquatic exercises with different levels of body immersion. *J Strength Cond Res.* 21:1255-1259.
- Bassey, E.J., and A.H. Short. 1990. A new method for measuring power output in a single leg extension: feasibility, reliability and validity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 60:385-390.
- Baumgartner, R.N., S.B. Heymsfield, S. Lichtman, J. Wang, and R.N. Pierson, Jr. 1991. Body composition in elderly people: effect of criterion estimates on predictive equations. *Am J Clin Nutr.* 53:1345-1353.
- Baumgartner, R.N., K.M. Koehler, D. Gallagher, L. Romero, S.B. Heymsfield, R.R. Ross, P.J. Garry, and R.D. Lindeman. 1998. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol.* 147:755-763.
- Bean, J.F., D.K. Kiely, S. Herman, S.G. Leveille, K. Mizer, W.R. Frontera, and R.A. Fielding. 2002. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc.* 50:461-467.
- Bean, J.F., D.K. Kiely, S. LaRose, J. Alian, and W.R. Frontera. 2007. Is stair climb power a clinically relevant measure of leg power impairments in at-risk older adults? *Arch Phys Med Rehabil.* 88:604-609.
- Bender, T., Z. Karagulle, G.P. Balint, C. Gutenbrunner, P.V. Balint, and S. Sukenik. 2005. Hydrotherapy, balneotherapy, and spa treatment in pain management. *Rheumatol Int.* 25:220-224.
- Benelli, P., M. Ditroilo, and G. De Vito. 2004. Physiological responses to fitness activities: a comparison between land-based and water aerobics exercise. *J Strength Cond Res.* 18:719-722.
- Berger, L., C. Klein, and M. Commandeur. 2008. Evaluation of the immediate and midterm effects of mobilization in hot spa water on static and dynamic balance in elderly subjects. *Ann Readapt Med Phys.* 51:84-95.

- Bjertnaes, L., A. Hauge, J. Kjekshus, and E. Soyland. 1984. Cardiovascular responses to face immersion and apnea during steady state muscle exercise. A heart catheterization study on humans. *Acta Physiol Scand.* 120:605-612.
- Bocalini, D.S., A.J. Serra, N. Murad, and R.F. Levy. 2008. Water- versus land-based exercise effects on physical fitness in older women. *Geriatr Gerontol Int.* 8:265-271.
- Bocalini, D.S., A.J. Serra, R.L. Rica, and L. Dos Santos. 2010. Repercussions of training and detraining by water-based exercise on functional fitness and quality of life: a short-term follow-up in healthy older women. *Clinics (Sao Paulo).* 65:1305-1309.
- Borg, G., G. Ljunggren, and R. Ceci. 1985. The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 54:343-349.
- Borst, S.E. 2004. Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. *Age Ageing.* 33:548-555.
- Broman, G., M. Quintana, T. Lindberg, E. Jansson, and L. Kaijser. 2006. High intensity deep water training can improve aerobic power in elderly women. *Eur J Appl Physiol.* 98:117-123.
- Brzycki, M. 1993. Strength testing - prediction a one-rep max from preps to fatigue. *J Phys Educ Recreation Dance.* 64:88-90.
- Buchner, D.M., E.B. Larson, E.H. Wagner, T.D. Koepsell, and B.J. de Lateur. 1996. Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. *Age Ageing.* 25:386-391.
- Butts, N.K., M. Tucker, and C. Greening. 1991a. Physiologic responses to maximal treadmill and deep water running in men and women. *Am J Sports Med.* 19:612-614.
- Butts, N.K., M. Tucker, and R. Smith. 1991b. Maximal responses to treadmill and deep water running in high school female cross country runners. *Res Q Exerc Sport.* 62:236-239.
- Cancela Carral, J.M., and C. Ayà Pérez. 2007. Effects of High-Intensity Combined Training on Women over 65. *Gerontology.* 53:340-346.
- Cesari, M., S.B. Kritchevsky, A.B. Newman, E.M. Simonsick, T.B. Harris, B.W. Penninx, J.S. Brach, F.A. Tyllavsky, S. Satterfield, D.C. Bauer, S.M. Rubin, M. Visser, M. Pahor, A. Health, and S. Body Composition. 2009. Added value of physical performance measures in predicting adverse health-related events: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc.* 57:251-259.
- Chien, M.Y., T.Y. Huang, and Y.T. Wu. 2008. Prevalence of sarcopenia estimated using a bioelectrical impedance analysis prediction equation in community-dwelling elderly people in Taiwan. *J Am Geriatr Soc.* 56:1710-1715.
- Chodzko-Zajko, W.J., D.N. Proctor, M.A. Fiatarone Singh, C.T. Minson, C.R. Nigg, G.J. Salem, and J.S. Skinner. 2009. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 41:1510-1530.
- Christie, J.L., L.M. Sheldahl, F.E. Tristani, L.S. Wann, K.B. Sagar, S.G. Levandoski, M.J. Ptacin, K.A. Sobocinski, and R.D. Morris. 1990. Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. *J Appl Physiol.* 69:657-664.
- Clark, B.C., and T.M. Manini. 2008. Sarcopenia \neq dynapenia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 63:829-834.
- Craig, A.M. 1983. Temperature regulation and immersion. In *Biomechanics and Medicine in Swimming.* A.P. Hollander, P. Huijing, and G. De Groot, editors. Human Kinetics, Champaign, IL. 263-274.
- Cruz-Jentoft, A.J., J.P. Baeyens, J.M. Bauer, Y. Boirie, T. Cederholm, F. Landi, F.C. Martin, J.P. Michel, Y. Rolland, S.M. Schneider, E. Topinkova, M. Vandewoude, M. Zamboni, and P. European Working Group on Sarcopenia in Older. 2010a.

- Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*. 39:412-423.
- Cruz-Jentoft, A.J., F. Landi, E. Topinkova, and J.P. Michel. 2010b. Understanding sarcopenia as a geriatric syndrome. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 13:1-7.
- Darby, L.A., and B.C. Yaekle. 2000. Physiological responses during two types of exercise performed on land and in the water. *J Sports Med Phys Fitness*. 40:303-311.
- Datta, A., and M. Tipton. 2006. Respiratory responses to cold water immersion: neural pathways, interactions, and clinical consequences awake and asleep. *J Appl Physiol*. 100:2057-2064.
- Delmonico, M.J., T.B. Harris, J.S. Lee, M. Visser, M. Nevitt, S.B. Kritchevsky, F.A. Tylavsky, A.B. Newman, A. Health, and S. Body Composition. 2007. Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. *J Am Geriatr Soc*. 55:769-774.
- DeMaere, J.M., and C. Ruby. 1997. Effect of deep water and treadmill running on oxygen uptake and energy expenditure in seasonally trained cross country runners. *J Sports Med Phys Fitness*. 37:175-181.
- Di Masi, F., R.V. Vale, E.H. Dantas, A.C. Barreto, J.S. Novaes, and V.M. Reis. 2007. Is blood lactate removal during water immersed cycling faster than during cycling on land? *Journal of Sports Science and Medicine*. 6:188-192.
- Ding, J., S.B. Kritchevsky, A.B. Newman, D.R. Taaffe, B.J. Nicklas, M. Visser, J.S. Lee, M. Nevitt, F.A. Tylavsky, S.M. Rubin, M. Pahor, T.B. Harris, and A.B.C.S. Health. 2007. Effects of birth cohort and age on body composition in a sample of community-based elderly. *Am J Clin Nutr*. 85:405-410.
- Doherty, T.J. 2003. Invited review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol*. 95:1717-1727.
- Dowzer, C.N., T. Reilly, N.T. Cable, and A. Nevill. 1999. Maximal physiological responses to deep and shallow water running. *Ergonomics*. 42:275-281.
- Eckerson, J., and T. Anderson. 1992. Physiological response to water aerobics. *J Sports Med Phys Fitness*. 32:255-261.
- Edwards, R.H., A. Young, G.P. Hosking, and D.A. Jones. 1977. Human skeletal muscle function: description of tests and normal values. *Clin Sci Mol Med*. 52:283-290.
- Epstein, M., D.S. Pins, R. Arrington, A.G. Denunzio, and R. Engstrom. 1975. Comparison of water immersion and saline infusion as a means of inducing volume expansion in man. *J Appl Physiol*. 39:66-70.
- Falagas, M.E., E. Zarkadoulia, and P.I. Rafailidis. 2009. The therapeutic effect of balneotherapy: evaluation of the evidence from randomised controlled trials. *Int J Clin Pract*. 63:1068-1084.
- Faria, J.C., C.C. Machala, R.C. Dias, and J.M.D. Dias. 2003. Importancia do treinamento de força na reabilitação da função muscular, equilíbrio e mobilidade de idosos. *Acta Fisiátrica*. 10:133-137.
- Feiring, D.C., T.S. Ellenbecker, and G.L. Derscheid. 1990. Test-retest reliability of the biodex isokinetic dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther*. 11:298-300.
- Fink, W.J., D.L. Costill, and P.J. Van Handel. 1975. Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 34:183-190.
- Foldvari, M., M. Clark, L.C. Laviolette, M.A. Bernstein, D. Kaliton, C. Castaneda, C.T. Pu, J.M. Hausdorff, R.A. Fielding, and M.A. Singh. 2000. Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 55:M192-199.
- Franklin, B., M. Whaley, and H. E. 2000. *Acsm's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.

- Fujisawa, H., N. Suenaga, and A. Minami. 1998. Electromyographic study during isometric exercise of the shoulder in head-out water immersion. *J Shoulder Elbow Surg.* 7:491-494.
- Gabrielsen, A., L.B. Johansen, and P. Norsk. 1993. Central cardiovascular pressures during graded water immersion in humans. *J Appl Physiol.* 75:581-585.
- Glickman-Weiss, E.L., C. Cheatham, N. Caine, M. Blegen, J. Marcinkiewicz, and K.D. Mittleman. 2000. The influence of gender and menstrual phase on thermosensitivity during cold water immersion. *Aviat Space Environ Med.* 71:715-722.
- Goodpaster, B.H., S.W. Park, T.B. Harris, S.B. Kritchevsky, M. Nevitt, A.V. Schwartz, E.M. Simonsick, F.A. Tylavsky, M. Visser, and A.B. Newman. 2006. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 61:1059-1064.
- Graef, F.I., R.S. Pinto, C.L. Alberton, W.C. de Lima, and L.F. Krueel. 2010. The effects of resistance training performed in water on muscle strength in the elderly. *J Strength Cond Res.* 24:3150-3156.
- Green, J.H., N.T. Cable, and N. Elms. 1990. Heart rate and oxygen consumption during walking on land and in deep water. *J Sports Med Phys Fitness.* 30:49-52.
- Guralnik, J.M., E.M. Simonsick, L. Ferrucci, R.J. Glynn, L.F. Berkman, D.G. Blazer, P.A. Scherr, and R.B. Wallace. 1994. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol.* 49:M85-94.
- Hall, J., I.A. Macdonald, P.J. Maddison, and J.P. O'Hare. 1998. Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 77:278-284.
- Hartmann, A., R. Knols, K. Murer, and E.D. de Bruin. 2009. Reproducibility of an isokinetic strength-testing protocol of the knee and ankle in older adults. *Gerontology.* 55:259-268.
- Holmer, I., and U. Bergh. 1974. Metabolic and thermal response to swimming in water at varying temperatures. *J Appl Physiol.* 37:702-705.
- Hope, A., J. Hjelle, L. Aanderud, and A. Aakvaag. 2005. Time and temperature effects on body fluid loss during dives with the open hot-water suit. *Aviat Space Environ Med.* 76:655-660.
- Hughes, V.A., R. Roubenoff, M. Wood, W.R. Frontera, W.J. Evans, and M.A. Fiatarone Singh. 2004. Anthropometric assessment of 10-y changes in body composition in the elderly. *Am J Clin Nutr.* 80:475-482.
- Janssen, I., R.N. Baumgartner, R. Ross, I.H. Rosenberg, and R. Roubenoff. 2004. Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. *Am J Epidemiol.* 159:413-421.
- Janssen, I., S.B. Heymsfield, R.N. Baumgartner, and R. Ross. 2000. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol.* 89:465-471.
- Janssen, I., S.B. Heymsfield, and R. Ross. 2002. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *J Am Geriatr Soc.* 50:889-896.
- Kamioka, H., K. Tsutani, H. Okuizumi, Y. Mutoh, M. Ohta, S. Handa, S. Okada, J. Kitayuguchi, M. Kamada, N. Shiozawa, and T. Honda. 2010. Effectiveness of aquatic exercise and balneotherapy: a summary of systematic reviews based on randomized controlled trials of water immersion therapies. *J Epidemiol.* 20:2-12.
- Kaneda, K., D. Sato, H. Wakabayashi, A. Hanai, and T. Nomura. 2008. A comparison of the effects of different water exercise programs on balance ability in elderly people. *J Aging Phys Act.* 16:381-392.

- Katsura, Y., T. Yoshikawa, S.Y. Ueda, T. Usui, D. Sotobayashi, H. Nakao, H. Sakamoto, T. Okumoto, and S. Fujimoto. 2010. Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. *Eur J Appl Physiol.* 108:957-964.
- Kay, S.J., and M.A. Fiatarone Singh. 2006. The influence of physical activity on abdominal fat: a systematic review of the literature. *Obes Rev.* 7:183-200.
- Kuczera, M., and F. Kokot. 1996. Effect of spa therapy on the endocrine system. Stress reaction hormones. *Pol Arch Med Wewn.* 95:11-20.
- Kyle, U.G., L. Genton, L. Karsegard, D.O. Slosman, and C. Pichard. 2001a. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20--94 years. *Nutrition.* 17:248-253.
- Kyle, U.G., L. Genton, D.O. Slosman, and C. Pichard. 2001b. Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition.* 17:534-541.
- Lauretani, F., C.R. Russo, S. Bandinelli, B. Bartali, C. Cavazzini, A. Di Iorio, A.M. Corsi, T. Rantanen, J.M. Guralnik, and L. Ferrucci. 2003. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol.* 95:1851-1860.
- Lin, Y.C. 1984. Circulatory function during immersion and breath-hold dives in humans. *Undersea Biomed Res.* 11:123-138.
- Lukasi, H. 2005. Assessing muscle mass. Human body composition. Human Kinetics, Champaign, IL., USA.
- Lund, H., U. Weile, R. Christensen, B. Rostock, A. Downey, E.M. Bartels, B. Danneskiold-Samsoe, and H. Bliddal. 2008. A randomized controlled trial of aquatic and land-based exercise in patients with knee osteoarthritis. *J Rehabil Med.* 40:137-144.
- Mathias, S., U.S. Nayak, and B. Isaacs. 1986. Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Arch Phys Med Rehabil.* 67:387-389.
- Morley, J.E. 2008. Sarcopenia: diagnosis and treatment. *J Nutr Health Aging.* 12:452-456.
- Morley, J.E., R.N. Baumgartner, R. Roubenoff, J. Mayer, and K.S. Nair. 2001. Sarcopenia. *J Lab Clin Med.* 137:231-243.
- Nahimura, K., A. Yianishi, M. Komiyama, A. Yoshioka, K. Seki, K. Ono, and S. Onodera. 2008. Effect of immersion in different water temperature before exercise on heart rate, cardiac parasympathic nervous system and rectal temperature. *In* 1st International Scientific Conference of Aquatic Space Activities. T. Nomura and B.E. Ungerechts, editors, University of Tskuba. 128-133.
- Nakamitsu, S., S. Sagawa, K. Miki, F. Wada, K. Nagaya, L.C. Keil, C. Drummer, R. Gerzer, J.E. Greenleaf, S.K. Hong, and et al. 1994. Effect of water temperature on diuresis-natriuresis: AVP, ANP, and urodilatin during immersion in men. *J Appl Physiol.* 77:1919-1925.
- Nakazawa, K., H. Yano, and M. Mijiyashita. 1994. Ground reaction forces during walking in water. M.a.S.i.A. Sports, editor. Karger, Basel.
- Nelson, M.E., W.J. Rejeski, S.N. Blair, P.W. Duncan, J.O. Judge, A.C. King, C.A. Macera, and C. Castaneda-Sceppa. 2007. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc.* 39:1435-1445.
- Newman, A.B., V. Kupelian, M. Visser, E. Simonsick, B. Goodpaster, M. Nevitt, S.B. Kritchevsky, F.A. Tylavsky, S.M. Rubin, T.B. Harris, and A.B.C.S.I. Health. 2003. Sarcopenia: alternative definitions and associations with lower extremity function. *J Am Geriatr Soc.* 51:1602-1609.
- NIH. 1996. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. *Am J Clin Nutr.* 64:524S-532S.

- Norman, K., M. Pirlich, J. Sorensen, P. Christensen, M. Kemps, T. Schutz, H. Lochs, and J. Kondrup. 2009. Bioimpedance vector analysis as a measure of muscle function. *Clin Nutr.* 28:78-82.
- O'Hare, J.P., A. Heywood, C. Summerhayes, G. Lunn, J.M. Evans, G. Walters, R.J. Corrall, and P.A. Dieppe. 1985. Observations on the effect of immersion in Bath spa water. *Br Med J (Clin Res Ed).* 291:1747-1751.
- Park, Y.S., J.R. Claybaugh, K. Shiraki, and M. Mohri. 1998. Renal function in hyperbaric environment. *Appl Human Sci.* 17:1-8.
- Pendergast, D.R., and C.E. Lundgren. 2009. The underwater environment: cardiopulmonary, thermal, and energetic demands. *J Appl Physiol.* 106:276-283.
- Petraglia A., Bellisai B., and Fioravanti A. 2009. I meccanismi d'azione delle cure termali nelle malattie reumatiche. *Medicina clinica e termale.* 66.
- Pittler, M.H., M.Z. Karagulle, M. Karagulle, and E. Ernst. 2006. Spa therapy and balneotherapy for treating low back pain: meta-analysis of randomized trials. *Rheumatology (Oxford).* 45:880-884.
- Pollock, M.L., G.A. Gaesser, J.D. Butcher, J. Després, R.K. Dishman, B.A. Francklin, and C.E. Garber. 1998. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 30:975-991.
- Poyhonen, T., K.L. Keskinen, A. Hautala, J. Savolainen, and E. Malkia. 1999. Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 80:52-56.
- Poyhonen, T., K.L. Keskinen, H. Kyrolainen, A. Hautala, J. Savolainen, and E. Malkia. 2001. Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land. *Arch Phys Med Rehabil.* 82:1446-1452.
- Prado, C.M., J.R. Lieffers, L.J. McCargar, T. Reiman, M.B. Sawyer, L. Martin, and V.E. Baracos. 2008. Prevalence and clinical implications of sarcopenic obesity in patients with solid tumours of the respiratory and gastrointestinal tracts: a population-based study. *Lancet Oncol.* 9:629-635.
- Reilly, T., C.N. Dowzer, and N.T. Cable. 2003. The physiology of deep-water running. *J Sports Sci.* 21:959-972.
- Resende, S.M., C.M. Rassi, and F.P. Viana. 2008. Effect of hydrotherapy in balance and prevention of falls among elderly women. *Rev Bras Fisioter.* 12:57-63.
- Rikli, R., and C.J. Jones. 2001. Senior Fitness Test Manual. Human Kinetics, Champaign. 176 pp.
- Rikli, R.E., and C.J. Jones. 1999. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Act.* 7:129-161.
- Rolland, Y., S. Czerwinski, G. Abellan Van Kan, J.E. Morley, M. Cesari, G. Onder, J. Woo, R. Baumgartner, F. Pillard, Y. Boirie, W.M. Chumlea, and B. Vellas. 2008. Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *J Nutr Health Aging.* 12:433-450.
- Rolland, Y., V. Lauwers-Cances, M. Cournot, F. Nourhashemi, W. Reynish, D. Riviere, B. Vellas, and H. Grandjean. 2003. Sarcopenia, calf circumference, and physical function of elderly women: a cross-sectional study. *J Am Geriatr Soc.* 51:1120-1124.
- Rosenberg, I.H. 1997. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr.* 127:990S-991S.
- Roubenoff, R., R.N. Baumgartner, T.B. Harris, G.E. Dallal, M.T. Hannan, C.D. Economos, P.M. Stauber, P.W. Wilson, and D.P. Kiel. 1997. Application of bioelectrical impedance analysis to elderly populations. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 52:M129-136.

- Ruoti, R.G., J.T. Troup, and R.A. Berger. 1994. The effects of nonswimming water exercises on older adults. *J Orthop Sports Phys Ther.* 19:140-145.
- Scalzo, P.L., G.C.L.M. Diniz, P.A. Zimbaldi, and T.A.P.N. Costa. 2007. Efeito do treinamento de equilibrio em um grupo de mulheres idosas de comunidade: estudo piloto de uma abordagem especifica, nao sistematizada e breve. *Acta Fisiàtrica.* 14:17-24.
- Sheldahl, L.M., L.S. Wann, P.S. Clifford, F.E. Tristani, L.G. Wolf, and J.H. Kalbfleisch. 1984. Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise. *J Appl Physiol.* 57:1662-1667.
- Shono, T., K. Fujishima, N. Hotta, T. Ogaki, and K. Masumoto. 2001a. Cardiorespiratory response to low-intensity walking in water and on land in elderly women. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 20:269-274.
- Shono, T., K. Fujishima, N. Hotta, T. Ogaki, and T. Ueda. 2001b. Physiological responses to water-walking in middle aged women. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 20:119-123.
- Song, M.Y., E. Ruts, J. Kim, I. Janumala, S. Heymsfield, and D. Gallagher. 2004. Sarcopenia and increased adipose tissue infiltration of muscle in elderly African American women. *Am J Clin Nutr.* 79:874-880.
- Sramek, P., M. Simeckova, L. Jansky, J. Savlikova, and S. Vybiral. 2000. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *Eur J Appl Physiol.* 81:436-442.
- Stenholm, S., T.B. Harris, T. Rantanen, M. Visser, S.B. Kritchevsky, and L. Ferrucci. 2008. Sarcopenic obesity: definition, cause and consequences. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 11:693-700.
- Suzuki, T., J.F. Bean, and R.A. Fielding. 2001. Muscle power of the ankle flexors predicts functional performance in community-dwelling older women. *J Am Geriatr Soc.* 49:1161-1167.
- Takeshima, N., M.E. Rogers, E. Watanabe, W.F. Brechue, A. Okada, T. Yamada, M.M. Islam, and J. Hayano. 2002. Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Med Sci Sports Exerc.* 34:544-551.
- Taunton, J.E., E.C. Rhodes, L.A. Wolski, M. Donnelly, J. Warren, J. Elliott, L. McFarlane, J. Leslie, J. Mitchell, and B. Lauridsen. 1996. Effect of Land-Based and Water-Based Fitness Programs on the Cardiovascular Fitness, Strength and Flexibility of Women Aged 65-75 Years. *Gerontology.* 42:204-210.
- Tomas-Carus, P., N. Gusi, A. Hakkinen, K. Hakkinen, A. Raimundo, and A. Ortega-Alonso. 2009. Improvements of muscle strength predicted benefits in HRQOL and postural balance in women with fibromyalgia: an 8-month randomized controlled trial. *Rheumatology (Oxford).* 48:1147-1151.
- Toth, M.J., T. Beckett, and E.T. Poehlman. 1999. Physical activity and the progressive change in body composition with aging: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc.* 31:S590-596.
- Town, G.P., and S.S. Bradley. 1991. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. *Med Sci Sports Exerc.* 23:238-241.
- Tsourlou, T., A. Benik, K. Dipla, A. Zafeiridis, and S. Kellis. 2006. The Effects of a Twenty-Four-Week Aquatic Training Program on Muscular Performance in Healthy Elderly Women. *J Strength Cond Res.* 20:811-818.
- Vale, R.G., R.D. de Oliveira, C.S. Pernambuco, Y.P. de Meneses, S. Novaes Jda, and F. de Andrade Ade. 2009. Effects of muscle strength and aerobic training on basal serum levels of IGF-1 and cortisol in elderly women. *Arch Gerontol Geriatr.* 49:343-347.

- Varga, C. 2010. Problems with classification of spa waters used in balneology. *Health*. 2:1260-1263.
- Visser, M., S.B. Kritchevsky, B.H. Goodpaster, A.B. Newman, M. Nevitt, E. Stamm, and T.B. Harris. 2002. Leg muscle mass and composition in relation to lower extremity performance in men and women aged 70 to 79: the health, aging and body composition study. *J Am Geriatr Soc*. 50:897-904.
- Waller, B., J. Lambeck, and D. Daly. 2009. Therapeutic aquatic exercise in the treatment of low back pain: a systematic review. *Clin Rehabil*. 23:3-14.
- Wielopolski, L., L.M. Ramirez, D. Gallagher, S.R. Sarkar, F. Zhu, G.A. Kaysen, N.W. Levin, S.B. Heymsfield, and Z.M. Wang. 2006. Measuring partial body potassium in the arm versus total body potassium. *J Appl Physiol*. 101:945-949.
- Wilmore, J.H., C.D. L., and K.W. L. 2008. *Physiology of Sport and Exercise*. Human Kinetics, Champaign, IL.
- Working Group on Functional Outcome Measures for Clinical, T. 2008. Functional outcomes for clinical trials in frail older persons: time to be moving. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 63:160-164.
- Yu, E., K. JKitagawa, Y. Mutoh, and M. Miyashita. 1994. Cardiorespiratory responses to walking in water. *In Medicine and Science in Aquatic Sports*. M. Myiashita, Y. Mutoh, and A. Rischardson, editors. Karger, Basel. 35-41.