

# Le capacità di forza negli anziani

Renato Manno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cattedra Metodologia dell'allenamento, Facoltà di Scienze Motorie, L'Aquila.  
Corrispondenza: renato.manno@fastwebnet.it

## Abstract

Il problema della motricità degli anziani è divenuto, con l'invecchiamento della popolazione un problema sia sociale che economico e per tale ragione dalla fine degli anni 80 in particolare si sono finanziate numerose ricerche che hanno portato numerosi contributi scientifici. In particolare la forza, capacità ritenuta un tempo non particolarmente rilevante nella tarda età ha evidenziato un suo ruolo quasi centrale per la conservazione delle qualità di autonomia e di prevenzione, così come una notevole suscettibilità agli stimoli dell'allenamento, è infatti possibile ottenere dei buoni risultati con il suo allenamento fino a novanta anni, inoltre si riesce a contenere la sarcopenia e prevenire le cadute, inoltre sia nelle donne che negli uomini si contiene il degrado generale, la capacità di rialzarsi, la capacità di camminare con passo adeguato, di salire le scale e di contenere l'osteoporosi, molte di questi obiettivi si ottengono impedendo la forte regressione che si ha nel reclutamento di forza. L'attività fisica va comunque accompagnata da una adatta alimentazione, la quale però da sola e senza energiche attività contrattili della muscolatura come l'allenamento della forza sarebbe insufficiente a impedire la perdita di massa muscolare e contenere la sua sostituzione con massa grassa.

Manno R. Strength ability in aged people.

Ital J Sport Sci 2004; 11: 16-22)

*Movement ability of aged people is becoming a social problem. Research is underway to overcome autonomy of older people. Strength ability is one of the most important determinant in preventing loss of motility, maintaining a basic efficiency, not only for strength ability but also for endurance, and avoiding obesity. According to new knowledge, it is recommended to train strength and correlates components of movement with adaptation till the age of 90 and more. Along with strength improvement, it is also possible to prevent sarcopenia, falls, loss of basic and general motor skills like standing up from sitting, quick walking, raising up stairs and limiting osteoporosis, both in men and women. Many of these goals can be achieved by fighting the loss of ability in recruiting strength. Physical activity has to be supported with special nutritional integration. Nonetheless nutrition without strength training is not sufficient to avoid loss of muscular tissue and contain adiposity.*

Key words: *aging, strength, training.*

## Introduzione

Da tempo il problema del mantenimento di un sufficiente livello di efficienza fisica è un argomento che motiva numerosi ricercatori delle Scienze motorie a livello internazionale e, sulla base degli studi condotti, negli ultimi decenni si è avuto un'evoluzione radicale dell'atteggiamento l'attività fisica negli anziani, che è diventata una prescrizione ricca di affetti posi-

tivi e di rischi pressoché trascurabili, se l'attività è condotta in modo graduale e con operatori specializzati nelle scienze motorie.

In particolare l'obiettivo è il mantenimento di una autonomia di movimento fino alle età più avanzate, ciò per accrescere la qualità di vita individuale per evitare i drammi che ciò comporta e per i costi elevatissimi che in caso contrario deriverebbero all'assi-

stenza sanitaria pubblica e privata in soggetti di età avanzata.

Bringmann W.(1978 ) dell'ex DDR che pure considerava l'attività fisica uno dei cardini del sistema di vita sosteneva che nell'età avanzata vi era una perdita progressiva delle capacità di adattamento fino alla completa scomparsa e dopo i 70 anni gli eventuali miglioramenti in questa età erano da attribuirsi soprattutto ad un miglior coordinamento dei sistemi.

Vi è da sottolineare che spesso il decremento di prestazione dovuto all'età è sopravvalutato in quanto la caduta di efficienza che avviene frequentemente dopo i 40 anni e collegato alla diminuzione dell'attività fisica in soggetti impegnati nell'attività lavorativa che evidenziano un incremento ponderale con marcata modificazione della massa corporea, l'assenza di attività fisica ed il conseguente decadimento prestativo ha perciò cause più facilmente attribuibili alla natura sociale piuttosto che biologica mentre il decadimento per se tende invece ad essere costante. Nella fig. 1 è possibile vedere come la crescita di peso corporeo insorge in età che biologicamente non hanno particolari giustificazioni, se non l'abbandono della pratica di attività motoria, anche dovuto a circostanze di varia natura eminentemente sociale (familiare, di carriera, etc...).

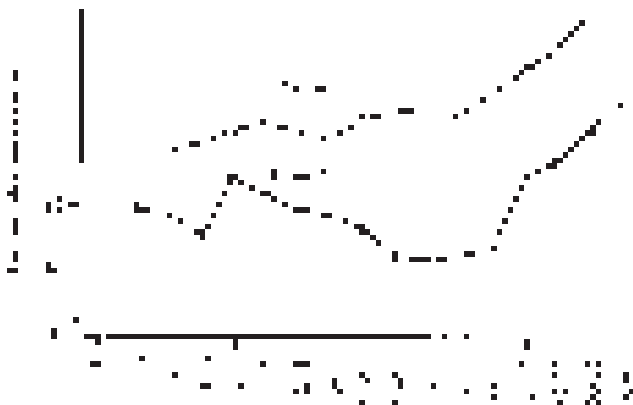


Fig. 1 - Modificazione della massa grassa nel corso della vita in McArdle, Katch e Katch (1986).

È possibile, del resto, vedere praticanti assiduamente l'attività fisica di qualunque tipo (ad esempio dediti allo jogging oppure culturisti) fino a 4-5 volte a settimana che esibiscono, anche avendo più di 50 anni, una massa muscolare notevole ed una composizione corporea da giovane allenato, oppure prestazioni di endurance da specialista agonistico, certo si può avere il sospetto, in alcuni casi, di uso di sostanze proibite che poi porteranno danni futuri, ma si può ragionevolmente affermare che la maggioranza di tali prestazioni possano essere indiscutibilmente e valide attribuibili alla loro attività fisica.

È sostenibile che la pratica di sport in età non più da prestazione è una scelta culturale specifica che varia

da contesto a contesto e che è soprattutto una scelta individuale, essa si può modificare anche in funzione di motivazioni e possono stimolare attività prima non praticate. Uno dei problemi sicuramente non chiariti è quali motivazioni possono spingere un adulto maturo a dedicarsi ad una pratica sportiva in modo continuo. Nella vita di ogni giorno le abitudini e gli incentivi a fare attività fisica variano a seconda anche delle mode o della percezione di bisogni.

Sidney e Shephard. (1978) hanno osservato che gli abitanti di città percepivano come adeguata la loro condizione fisica anche se era appena nella media oppure al di sotto.

### Modificazioni delle capacità di forza nelle età adulta e matura.

Nel contesto generale della efficienza fisica la forza ha il ruolo facilitare molti aspetti della qualità della attività fisica. In questo lavoro si approfondirà il suo ruolo e la sua modificazione in funzione della età e gli effetti che su di essa ha il suo allenamento in una serie circoscritta di casi descritti dalla letteratura corrente.

La forza si modifica nel corso della vita sia in funzione della evoluzione biologica del soggetto, sia in funzione della sua attività fisica. La forza muscolare dai 30 agli 80 anni si modifica di circa il 30-40%, appare abbastanza evidente una perdita moderata e regolare di forza annuale fino a circa 45 anni, fig.2, dopo tale periodo avviene una perdita di forza e di tessuto muscolare più accentuata che raggiunge circa il 25% fino a 65 anni (Grimby & Saltin1986).

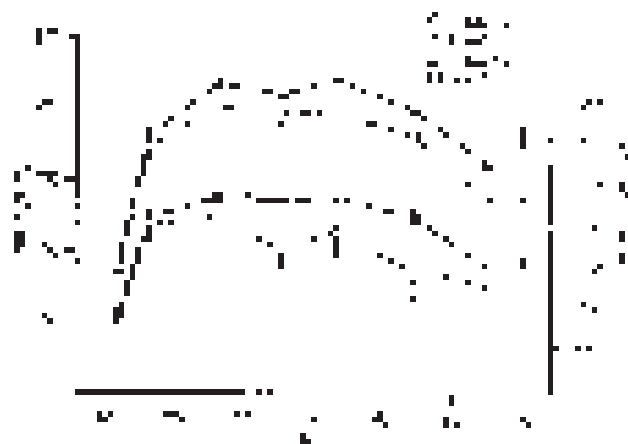


Fig. 2 - Modifica della forza nel corso della vita - differenze fra maschi e femmine.

Anche la potenza nell'uomo declina con l'età; la potenza è la risultante della forza per la velocità, quando quest'ultima si abbassa significativamente si abbassa la potenza stessa.

Secondo Buskirk (1989) la diminuzione della forza è dovuta alla diminuzione della velocità di conduzione

muscolare dello stimolo e della trasmissione sinaptica e ciò è particolarmente avvertito nelle fibre rapide, secondo alcuni a questo si accompagna anche l'aumento della soglia di eccitabilità del muscolo (Segal 1989). Non tutti sanno indicare una causa precisa di tali fenomeni, se infatti alcuni autori (Larsson e al. 1978, Davis e al 1986) sono d'accordo ad indicare fra queste una perdita selettiva delle fibre bianche negli anziani, dato che fra l'altro non è da tutti accettato (Essen Gustaffson & Borges 1986.)

Nonostante gli effetti dell'età siano inevitabili, le conseguenze delle modificazioni delle abitudini di vita influenzano in modo determinante i livelli di efficienza fisica ad ogni età, ed in soggetti settantenni la differenza fra individui molto attivi e sedentari può diventare veramente elevata.

In sintesi la variazione della composizione corporea nella persona anziana si caratterizza principalmente con una perdita di massa muscolare, definita anche "Sarcopenia" tale fenomeno è direttamente collegato alla perdita di forza, essa è relativamente, indipendente dalla localizzazione dei muscoli con una lieve minore caduta negli arti superiori fig. 3 e nel suo insieme la riduzione della forza si può considerare come la principale causa della prevalenza di disabilità nell'età anziana. (Evans 1995)

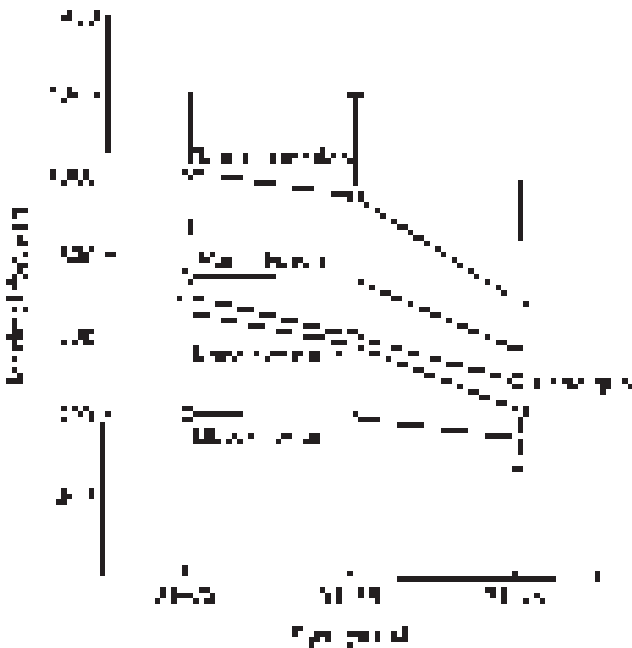


Fig. 3 - Modificazione delle capacità di rimbalzo in soggetti dall'età giovanile all'età matura.

Nelle persone molto anziane la carenza di forza è una componente importante della capacità di camminare e la stesso aumento delle cadute nelle persone anziane sembra essere collegato alla carenza di forza; dalla terza alla ottava decade di vita diminuisce del 15%, il declino della massa muscolare contribuisce alla perdita di densità ossea, alla sensibilità insulinica ed alla

capacità aerobica. La massa muscolare che si riduce, inoltre, diminuisce il metabolismo basale essendo la stessa la principale fonte di spesa energetica, favorendo l'accumulo di grasso e alterando ulteriormente le capacità di lavoro e di potenza del soggetto.

L'alterazione dei diversi parametri muscolari si ripercuote su altri elementi della efficienza funzionale tanto che il 35% della perdita della resistenza è dovuto alla perdita di forza. Il mantenimento sostanziale della massa muscolare è possibile anche se vanno impiegate delle forme specifiche per il condizionamento della forza, infatti è stato evidenziato che la sola attività motoria pur se sostenuta da alimentazione proteica non è stata in grado di impedire la perdita di massa muscolare (Starling e coll 1999).

L'efficacia dell'attività di condizionamento è provata in tanti studi in particolare lo studio delle caratteristiche adattative in uomini di 74 anni, con nove settimane di allenamento, valutando la composizione delle MHC, il diametro della fibre, la forza, la velocità di contrazione e la potenza sia nelle fibre bianche che rosse, hanno evidenziato notevoli progressi e tali adattamenti sono più pronunciati nelle fibre MHC I (Trappe e coll. 2000).

Con l'età decade la capacità di forza, perciò che è stato, per tanto tempo ciò è stato considerato trascurabile negli anziani ed il suo allenamento ritenuto traumatico, è stato sconsigliato.

La capacità di reclutare rapidamente forza è, oltre che una componente della prestazione di forza, un meccanismo protettivo, infatti quando si hanno bruschi movimenti una capacità di contrazione repentina costituisce la principale prevenzione per evitare cadute, che nelle età più possono causare traumi di difficile recupero.

La forza esplosiva nell'anziano è collegata con l'abilità, l'efficacia e la velocità dei movimenti di ogni giorno quali il camminare, salire le scale, sollevare oggetti (Bassey e coll. 1992). Nella fig. 4 è possibile

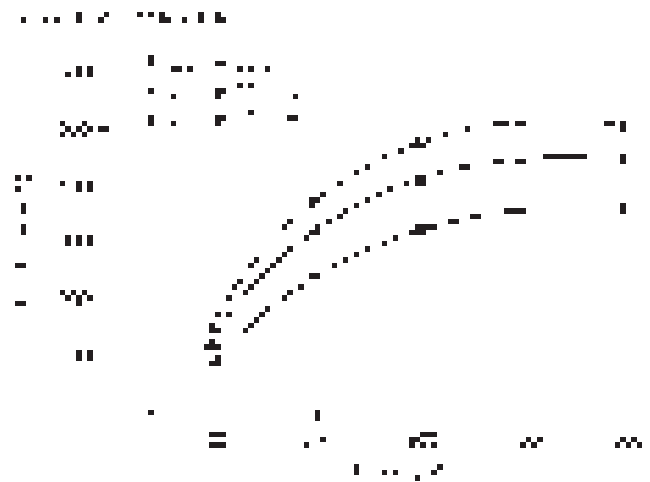


Fig. 4 - Capacità di reclutamento della forza e sua modificazione nei 30-70 anni (Hakkinen e coll 1995).

vedere come il tempo di reclutamento della forza sia significativamente diverso in soggetti di 30-50-70 anni. La perdita di forza rapida negli arti inferiori ha un tasso di caduta del 3,5% dai 65 agli 84 anni (Young and Skelton 1994).

È stato anche dimostrato che la perdita di potenza anaerobica in watt per chilogrammo di peso corporeo decade al ritmo di 1% all'anno e a 70 anni è circa il 50% di un giovane di 20 anni (Grassi e coll. 1991).

Bosco e Komi (1980) fig. 5, in uno studio sull'evoluzione dell'elasticità muscolare, con cadute-rimbando da altezze di diversa entità notarono una diminuzione dell'altezza di salto dovuta all'età in 78 soggetti compresi tra i 18 e i 73 anni di età.



Fig. 5 - Evoluzione della elasticità di soggetti di diversa età secondo Bosco Komi (1980).

### Decremento dei diversi tipi di forza nell'età.

I fattori a cui si può attribuire la perdita di forza sono diversi. Flecks e Kraemer (1997) elencano le seguenti cause che sembrano globalmente esaustive:

- Cambiamenti muscolo-scheletrici dovuti all'età
- Accumulo di malattie croniche
- Farmaci necessari al trattamento delle malattie
- Modificazioni del sistema nervoso
- Riduzione della secrezione ormonale
- Sottonutrizione (tendenza alla)
- Atrofia da disuso (marcata sedentarietà)

Forza e forza dinamica sembrano decadere con lo stesso ritmo e in forma molto collegata con la diminuzione della massa muscolare, con il numero delle fibre e la diminuzione della dimensione delle singole fibre.

Al tempo stesso le modificazioni biochimiche evidenziano un mantenimento delle attività ossidative ed una diminuzione delle attività anaerobiche. Ciò va di pari passo con precedentemente descritta diminuzione delle fibre rapide.

Molti autori descrivono una perdita di massa muscolare indipendentemente dalla sua localizzazione e

funzione; secondo Young e Skelton (1984), nelle donne di 70 anni si ha circa il 77% di area trasversale delle donne di 20 anni, a ciò si accompagna un aumento di grasso intramuscolare. Secondo alcuni la perdita di massa muscolare è graduale per tutte le fibre, secondo Grimby e Saltin (1986) alcune dimensioni sono tendenzialmente costanti, per cui la perdita di fibre appare più pronunciata, in particolare per le fibre veloci fino al 60% in meno negli ottantenni. Anche la qualità delle proteine si modifica diminuendo la componente a catena pesante insieme ad una riduzione della miosina ATPasi (Syroy and Guthann 1970) in (Flecks and Kraemer 1997).

Tale processo appare inoltre differenziato nei diversi muscoli; ad esempio negli arti inferiori (vasto laterale) appare più pronunciato che negli arti superiori (bicipite) e ciò si accompagna anche ad un più rapida perdita di forza negli arti inferiori che negli arti superiori (McDonagh e al 1984).

Dal momento che la dimensione delle fibre appare stabile, la diminuzione della superficie trasversale riflette la diminuzione del numero delle fibre (Grimby & Saltin 1983) accompagnata da una pari diminuzione di unità motorie funzionanti.

Con l'età aumentano i problemi di reclutamento delle unità motorie anche se ciò può in parte essere spiegato dalla inattività. Alcune prove svolte con attivazione volontaria ed elettrostimolazione (Vardervoort & McComas 1986) non evidenziarono differenze della forza per unità di superficie confermando indirettamente anche in questo caso che le modificazioni di forza sono legate alla perdita o atrofia delle fibre bianche.

Globalmente le fibre si riducono drasticamente tanto che in reperti autoptici si ha una riduzione del 23% in totale, ma le fibre bianche si riducono al 60% in uomini giovani e sedentari e fino al 30% all'età di 80 anni.

Nel sistema nervoso avvengono modifiche importanti sia con l'età che con l'adattamento all'allenamento. Le modificazioni del sistema neuromuscolare sono la causa principale dell'incremento di forza negli adulti, come prova lo studio ormai classico di Moritani De Vries (1980), che in 8 settimane di allenamento non notò ipertrofia ma importanti modificazioni elettromiografiche.

Nell'anziano la diminuita efficienza neuromuscolare può essere attribuita alla perdita di cellule muscolari dovuta all'inattività che, oltre una certa soglia di calo di attività, muoiono, oppure all'ipotrofia muscolare che oltre una certa soglia di inattività causa una sorta di denervazione, una parte della quale può essere parzialmente recuperata con l'attività. La perdita di unità motorie è comunque la causa principale di perdita di forza e spesso le fibre sono rimpiazzate da grasso o tessuto fibroso.

La risposta ormonale si modifica anch'essa con l'età;

è possibile infatti notare un incremento degli ormoni anabolizzanti nelle fasi di riposo dopo un lungo allenamento, tale reazione è forte nel trentenne, è presente nel cinquantenne ma, assente nel settantenne (Hakkinen e Pakarinen 1995). Nei cinquantenni fu notata un buon adattamento ormonale come descritto, simile al trentenne, ma partendo da un livello basale più basso.

Contrariamente a quanto avviene nel giovane e negli atleti, dove la nutrizione ha un ruolo solo in casi estremi, Meredith e coll. (1992) hanno descritto un importante incremento di massa muscolare con una supplementazione proteica dello 0,33% per chilogrammo di peso corporeo ed un incremento delle calorie. Appare pertanto necessario, per avere risultati positivi, un incremento ed una riorganizzazione della nutrizione, in assenza della quale la risposta di ipertrofia in generale è troppo modesta.

Si può comunque pensare che ciò sia dovuto alla differente abitudine di alimentarsi degli anziani che, insieme all'attività fisica, spesso riducono gli introiti alimentari.

### Programmi di allenamento per persone adulte e anziani.

Nell'allenamento della forza negli adulti e anziani non appare necessario modificare nessuno dei principi conosciuti dell'allenamento con i sovraccarichi, con l'età le condizioni individuali, le esperienze e gli eventi passati, sono determinanti per cui l'allenamento deve tenere presente la storia, anche medico-clinica e di allenamento di ogni singolo individuo. Dai lavori pubblicati emerge che le intensità uguali o superiori all'80% non causano particolari problemi, ma positivi adattamenti che intervengono su molti dei fattori che influenzano l'efficienza (Fiatarone e coll. 1990). L'ipotesi che l'adattamento muscolare al lavoro sia ancora possibile e significativo non può nascondere il fatto che avvenga con maggiore lentezza, per le diverse ragioni descritte, probabilmente per la minore reattività ormonale, per cui prima di iniziare il programma è importante, soprattutto negli individui che ne hanno bisogno, una graduale introduzione che li porti molto prudentemente alle forme di allenamento tradizionali. Tale periodo, opportuno anche per i più giovani è di maggiore lunghezza nelle età più avanzate, e può includere, nelle fasi iniziali, carichi bassissimi o a corpo libero, anche se progressivamente crescenti. In soggetti di età più avanzata, anche se apparentemente se vi sono alcuni fattori di rischio quali il fumo, lieve ipertensione, ed obbligatoria e determinante se i fattori di rischio si accompagnano con patologie conosciute di natura cardiaca e/o metabolica. I test massimali possono essere evitati,

possono limitarsi ad una prova di 2 o 3 ripetizioni massima per una stima del 70-80% del massimo.

Ovviamente per avere una visione più generale degli effetti del lavoro, soprattutto con i più anziani sarebbe ottimale un'assistenza e monitoraggio clinico-nutrizionale e di comportamento. In questo caso l'osservazione del cammino, del salire le scale, del sollevamento dalla poltrona, delle misure di trofismo muscolare, di introito alimentare così come la raccolta delle impressioni soggettive del maturo atleta vanno tenute in grande evidenza. È chiaro che una simile attività può essere raramente collegata a competizioni che devono essere precedute da una lunga preparazione ed in ogni caso devono far parte di un normale costume di vita. Naturalmente particolare importanza, dopo una fase di avvio, rivestono i test sugli attrezzi e con i pesi da applicare con opportune modalità valutative (Sale 1991). È importante avere una progressione molto graduale degli esercizi fra quelli che attivano (almeno 1) le masse muscolari principali e che abbiano una escursione regolare, prevedibile, lineare come è possibile sulle macchine. Non è, a volte, sufficiente l'utilizzo dell'intera escursione muscolare, cui è forse necessario aggiungere esercizi specifici per la flessibilità. L'ordine degli esercizi non differisce dalle indicazioni generali per gli adulti dando priorità agli esercizi che impegnano le masse muscolari più grandi, prima le masse muscolari inferiori poi le superiori (con aspetti di preferenza individuale).

I recuperi fra le serie devono consentire di svolgere, senza alcuno stress, il lavoro proposto, per cui si privilegia il trofismo muscolare al disagio metabolico, soprattutto in soggetti con diabete, per cui i recuperi sono più lunghi che per i giovani adulti. Il numero delle serie varia più che negli adulti, dove si tende a stabilizzarsi subito su almeno 3 serie, ciò per modulare ulteriormente la gradualità e la progressività dell'impegno. Le intensità tollerabili è ormai chiaro che possono superare l'80%, anche se in alcuni casi (come nelle donne) con il 50-60% di R.M. si sono ottenuti risultati migliori rispetto ad intensità superiori (70-80%) (Hunter e Treuth 1995). Il numero delle ripetizioni è tendenzialmente simile a quello classico ma tiene pure conto che bisogna evitare uno sforzo molto elevato e soprattutto la cosiddetta manovra di Valsalva, cioè una apnea prolungata sotto sforzo che può essere considerata di una certa pericolosità. Ciò avviene prevalentemente nelle ultime ripetizioni delle singole serie dove vi è una pressione arteriosa e frequenza cardiaca più alta. Le donne anziane hanno evidenziato una maggiore sensibilità e danni muscolari superiori nel lavoro con sovraccarichi protratto per un certo tempo elevati rispetto a donne giovani (Roth e coll. 2000)

## Effetti della forza sulla deambulazione e sul controllo posturale.

Con l'avanzare dell'età la perdita di efficacia dei sistemi di controllo motorio e la perdita di forza sembrano indebolire il feedback di ritorno in quanto rispondono insufficientemente ai disturbi della stabilità posturale, al tempo stesso tali carenze facilitano la caduta, inoltre uno studio sugli infortunati (Whippli e coll 1987) hanno mostrato una perdita notevole di forza dinamica, Fiatarone e coll (1990) hanno dimostrato che allenamento con i sovraccarichi porta progressi nella mobilità funzionale e autonomia in soggetti fino a 96 anni. Modificando la capacità di forza che appare legata alla velocità di deambulazione fig. 6.

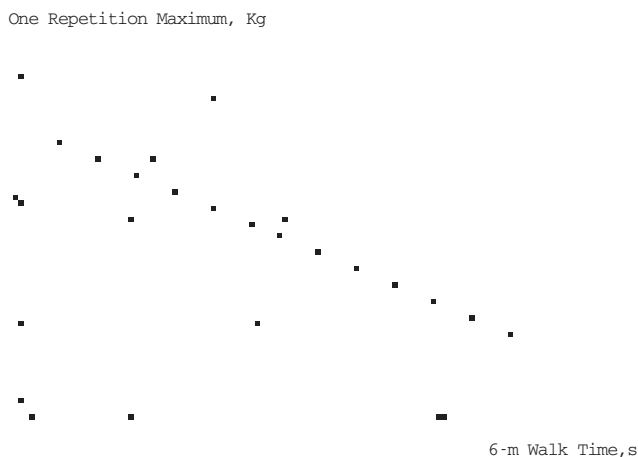


Fig. 6 - Correlazione fra forza e velocità del passo (Fiatarone e coll. 1990).

In conclusione negli ultimi 10 anni si è chiaramente affermata l'idea che è possibile sviluppare un allenamento di forza in un modo sicuro in soggetti adulti e anziani non solo sani, ma anche con patologie compatibili, ottenendo notevoli risultati sulle capacità di autonomia del soggetto nella prevenzione delle cadute e nelle abilità di base della vita sociale quali camminare, salire le scale compiere movimenti necessari con intensità di contrazione rilevante. per realizzare un intervento efficace e privo o che riduca al massimo i rischi è necessario oltre al controllo medico la capacità di supervisione professionale elevata, una capacità di elaborare programmi di preparazione complessi ed una notevole capacità di motivare i soggetti, sicuramente speciali, ma probabilmente sensibili ad una nuova crescita di efficienza dopo anni di riduzione. Oltre a ciò è necessario osservare rigorosamente un certo numero di norme e principi, del resto abbastanza simili a quelle che sono consigliate per l'allenamento dei più giovani anche sportivi.

## Bibliografia

- Bassey EJ, Fiatarone M., O'Neill EF, Kelly M, Evans WJ, Lipsitz LA, Leg extensor power and functional performance in very old men and women, *Clinical Science* 82, 321-327, (1992).
- Buskirk RE, Segal SS, The Aging Motor system: Skeletal muscle weakness in "Physical activity and aging" The Academy papers Human Kinetics Publishers Champaign Illinois (1989).
- Bosco C, Komi PV, Influence of aging in mechanical behaviour of leg extensor muscles, *Eur. J. of Appl. Physiol.* 45, 209, 219 (1980).
- Bringmann W, La capacità di prestazione fisica e di sforzo nell'età avanzata (in tedesco in *Teorie und Praxis der Korperkultur* n. 9, 1977).
- Davies CTM, Thomas DO, White MJ, Mechanical properties of young elderly human muscle. *Acta Medica Scand. suppl.* 71, 211, 219-226 (1996).
- Evans WJ, What is Sarcopenia?; *J. of Gerontol, a Biol. Sci. Med. Sci.* Nov. 50, 1995, p. 5-8.
- Ferri A, Scaglioni G, Pousson M, Capodaglio P, Van Hoecke J, Narici MV, Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensor in response to resistance training in old people. *Acta Physiol Scand.*, jan 177 (1): 69-78, 2003.
- Fiatarone MA, O'Neill EF, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, Evans WJ, High intensity strength training in nonagerian, *JAMA* 263: 3029-3034, (1990).
- Frontera WR e coll, Strength conditioning in older man; skeletal, skeletal muscle hypertrophy and improved function, *J Appl Physiol* 64, 1038-1044, (1988).
- Frontera WR Hughes WA, Fielding RA, Fiatarone MA, Evans WJ, Roubenoff, Aging of skeletal muscle: a 12 - yr longitudinal study, *J. Appl. Physiol.* 88, 1321-1326, 2000.
- Grassi B, Cerretelli P, Narini M, Marconi C, Peak anaerobic power in master athletes, *European J. of Applied Physiology* 62, 394-399, (1991).
- Grimby G, Saltin B, The ageing muscle; *Clinical Physiology* 3, 209-218 (1986).
- Hakkinen K, Pakarinen A, Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different age, *Int. J. of Sports Medicine* 16; 507-13, (1995).
- Hakkinen K, Kallinen M, Izquierdo M, Jokeleinen K, Lassila H, Malkia E, Kraemer WJ, Newton KU, Alen M, Changes in agonist-antagonist Emg, muscle CSA, and Force during strength training in middle aged and older people. *J. Appl.*, 84,(4) 1341-1349, 1998.
- Henatsch HD, Langer HH, Basic neurophysiology of motor skill in sport. *Int. J. of Sport Medicine* 6, 2-14, (1985).
- Hettinger T, *Isometrische Muskelkrafttraining*, G. Thieme Verlag 1968
- Hunter GR, Treuth MS, Relative training intensity and increase in muscle strength in older women.
- Israel S, Age related changes in strength and in special groups; in Komi PV strength and power, Blackwell scientific edition, Oxford 1992.
- Larsson L, Grimby G, Karlsson J, Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J. Appl. Physiol* 46,451-56, 1979.

- McDonagh MJN, Davies CTM, Adaptive responses of skeletal muscle to exercise with high loads. *European Journal of Applied Physiology* 52, 139-155, (1984).
- Meredith CN, Frontera WR, O Reilly KP, Evans WJ, Body composition in elderly men: Effect of dietary modification during strength training. *Journal of the Geriatric Society* 40, 155-162, (1992).
- Moritani T, De Vries HA, Potential for gross hypertrophy in older men. *Journal of Gerontology* 35, 672-682, (1980).
- Roth SM, Martel GF, Ivey FM, Lemmer JT, Metter EJ, Hurley BF, Rogers A, High volume, heavy resistance strength training and muscle damage in young and older women. *J. Appl. Physiol.*, 88, 1112-1118, 2000.
- Ryushi, Kumagai K, Hayase H, Abe T, Shibuya, Ono A, Effect of resistive knee extension training on postural control measures in middle aged and elderly persons. *J. Physiol Anthropol*, 19 (3, 143-149), 2000.
- Sale DG, Testing strength and power in "Physiological testing of the high performance athlete? Human Kinetics publisher, Champaign Illinois 1991.
- Syrovoy I, Guthann E, Changes in Speed of contraction and ATPase activity in striated muscle during old age; *Experimental Gerontology* 5-31-35- (1970).
- Sidney KH, Shephard RJ, Activity pattern men and women; *J. of Gerontology* 32, 25-32, (1977).
- Spiriduso W, Physical activity and aging. Introduction in "Physical activity and aging". The Academy Papers, Human Kinetics Publishers Champaign Illinois (1989).
- Starling RD, Ades PAP, Poehlman ET, Physical activity, protein intake and appendicular skeletal muscle mass in older men – *Am. J., Clin. Nut*, 70:91-6, 1999.
- Trappe S, Williamson D, Codard M, Porter D, Rowden G, Costill D, Effect of resistance training on single muscle fiber contractile function in older men, *J. Appl. Physiol* 89, 143-152, 2000.
- Vardervoort & McComas, Contractile changes in opposing muscles of the human muscle, *J of Appl. Physiol.* 361-367 (1986).
- Young A, Skelton DA, Applied Physiology of strength and Power in old age - *Int. J. of Sport Med.* 15, 149-51 (1994).