



Università degli Studi
di Genova

Università degli Studi di Genova
Facoltà di Medicina e Chirurgia

Master I livello in

“Riabilitazione dei disordini muscolo scheletrici”
in collaborazione con libera Università di Bruxelles

**Resistance Training (RT) ed Endurance
Training (ET): definizione, indicazioni,
controindicazioni ed evidenze scientifiche**

Referente:
Matteo Grasso

Tesi di:
Dario Cattaneo

Anno Accademico 2006-2007

Indice

Abstract	Pag. 3
Materiale e metodi	Pag. 4
Introduzione	Pag. 5
Discussione	Pag. 8
Conclusioni	Pag. 18
Bibliografia	Pag. 19

Abstract

Il riadattamento muscolare costituisce una tappa importante in un percorso riabilitativo, basti pensare ai pazienti con disturbi muscolo scheletrici cronici, ma spesso viene condotto in maniera superficiale senza seguire un corretto rigore metodologico basato su evidenze scientifiche e protocolli validati compromettendo il successo del trattamento.

Scopo di questo elaborato è verificare cosa afferma la letteratura sull'adattamento anaerobico o di resistance training (RT), sul training aerobico o di endurance training (ET) ed infine su entrambe le modalità nel programma di riabilitazione.

Materiale e metodi

La ricerca del materiale è stata effettuata attraverso la consultazione di banche dati scientifiche quali PubMed, Medline, Elsevier e Pedro.

Alcune delle parole chiave utilizzate sono state: resistance training, endurance training, strength, sport, athlete, rehabilitation and treatment.

I risultati di questa ricerca sono stati poi valutati in base all'attinenza con gli obiettivi da raggiungere, ed alla possibilità di reperire gli articoli.

Sono stati utilizzati articoli in lingua inglese e italiana, per lo più tra il 1995 ed il 2008, escludendo i titoli per cui non fosse possibile reperire il testo completo.

Introduzione

Il percorso riabilitativo ha lo scopo di migliorare o ripristinare le funzioni di un individuo o di prevenire disfunzioni.

Negli studi sull'efficacia dell'intervento terapeutico, l'esercizio emerge come strumento riabilitativo di primaria importanza rispetto ad altre tecniche passive perché rende partecipe il paziente del suo problema e sposta il controllo della disfunzione all'interno della persona, che può attivamente influenzare il processo di guarigione.

Tra i vari aspetti dell'esercizio terapeutico riveste un ruolo fondamentale il riadattamento muscolare ovvero il ripristino della miglior performance possibile intesa come la capacità del muscolo di produrre tensione ed eseguire un lavoro fisico ($F \times S$). Gli elementi chiave della performance sono forza, potenza e resistenza. Se uno o più di questi elementi viene meno, possono insorgere limitazioni funzionali, disabilità o può aumentare il rischio di disfunzioni.

Un deficit della performance muscolare mette la persona di fronte al rischio di lesioni o funzioni ritardate. Pertanto l'esercizio attivo con carico rappresenta l'intervento terapeutico più idoneo per recuperare forza, potenza e resistenza muscolare durante i movimenti funzionali. Fino a che punto vengano alterati dall'esercizio dipende da come

vengono applicati i principi dell'allenamento con carico e da come vengono manipolati fattori quali *intensità*, *frequenza* e *durata* dell'esercizio.

Forza è la capacità del tessuto contrattile di produrre tensione in risposta alle richieste rivolte al muscolo. Lo sviluppo di forza è una componente integrante dei programmi di rieducazione.

L'esercizio di rinforzo è l'atto sistematico di uno o più gruppi muscolari di alzare, abbassare e controllare dei carichi più o meno pesanti per un certo numero di volte.

Potenza è direttamente collegata alla forza e alla velocità di movimento ed è definita come il lavoro ($F \times S$) prodotto da un muscolo per unità di tempo. Il lavoro può essere effettuato per un breve o lungo periodo di tempo; i termini "potenza anaerobica" e "potenza aerobica" discriminano questi due aspetti.

Resistenza è la capacità di eseguire attività a bassa intensità, ripetitive o sostenute per un lungo periodo di tempo. La resistenza muscolare è la capacità di un muscolo di contrarsi ripetutamente se sottoposto ad un carico, di generare e sostenere tensione e resistenza alla fatica.

Non sempre esiste una buona corrispondenza tra forza e resistenza muscolare; non è detto che un gruppo muscolare potente sia anche resistente.

L'esercizio di resistenza è il lavoro di uno o più gruppi muscolari che sollevano un carico leggero per molte ripetizioni oppure una contrazione muscolare sub-massimale tenuta per un lungo periodo di tempo.

Per quei pazienti che iniziano un programma rieducativi e hanno una performance muscolare danneggiata, l'allenamento della resistenza avrà più risultati rispetto a un allenamento per la potenza muscolare.

L'utilizzo di bassi carichi di resistenza riduce il carico sulle articolazioni e previene ulteriori danni ai tessuti molli in via di guarigione.

Il paziente è un atleta, a cui viene richiesta una prestazione o performance, che può andare dal salire le scale, o stringere una forchetta; chiaramente, i valori prestativi non sono da mettere in confronto con gli atleti agonisti, ma il concetto rimane valido.

La riabilitazione muscolare diventa, allora, un allenamento o training, mirante ad elicitare una specifica performance, migliorandone i parametri e possibilmente mantenendoli nel tempo, grazie agli adattamenti ottenuti nei distretti contrattili.

Discussione

Il Resistance Training consente di ottenere delle miglione in termini di elettromiografia (EMG), forza, velocità, coordinazione, tono e indipendenza funzionale del paziente. Questi valori, indiscutibilmente si possono ottenere, solo con un approccio di Resistance Training, e non tramite lavori blandi, come potrebbe essere l' Endurance Training.

Il Resistance Training è la stimolazione della fibra, in un regime anaerobico lattacido, ove l'adattamento risultante è l'ipertrofia e l'iperplasia delle medesime strutture contrattili.

Numerosi studi stanno portando alla luce una serie di effetti positivi del Resistance Training, oltre che in ambito ortopedico, anche su patologie neuromuscolari, per ridurre la debolezza ed incrementare le funzionalità, come ad esempio nei pazienti con Parkinson di medio e moderato livello, in pazienti con muscoli spastici o sclerosi multipla.

Pazienti affetti dal disturbo di Charcot-Marie-Tooth, sottoposti ad un lavoro di Resistance Training da 8 a 24 settimane, con carichi di lavoro

che raggiungono anche l'80% della loro massima contrazione volontaria (MVC), evidenziarono un miglioramento della MVC pari al 21%, grazie ad un adattamento positivo, prima neurogeno, e poi grazie all'ipertrofia delle fibre.

Recentemente è stato eseguito un protocollo di lavoro di Resistance Training su pazienti affetti da sintomi post-polio, come debolezza muscolare. I soggetti furono sottoposti ad esercizi isometrici.

Dopo 12 settimane di lavoro svolto tre volte a settimana, si verificò un significativo incremento della capacità funzionale dei muscoli; contemporaneamente non si misero in evidenza effetti collaterali e non ci furono alterazioni negative sulla coordinazione delle unità motorie, le quali, al contrario, migliorarono il loro intervento.

La debolezza neuromuscolare è un prominente sintomo delle persone affette da disordini del sistema nervoso centrale, come la demenza, con conseguente disabilità nelle attività della vita quotidiana.

Per uno studio furono sottoposti 28 pazienti anziani colpiti da demenza ad un protocollo di lavoro di tipo Resistance Training per gli arti inferiori; si evidenziarono benefici effetti neuromuscolari come un incremento della forza del quadricipite e della capacità di alcuni movimenti, sedersi e mettersi in piedi, nonché l'aumento della velocità del passo.

Un altro vasto campo di applicazione del Resistance Training, sono le persone anziane affette da varie disabilità ed i pazienti allettati, ove i benefici dimostrabili sono numerosi.

Indipendentemente dall'età e dal sesso di appartenenza, il Resistance Training è un potente stimolo per il sistema neuromuscolare e immunoendocrino, con aumenti nella prestazione muscolare, densità

ossea, migliorata sensibilità all'insulina, diminuzione di adipe, senza alterare negativamente la risposta visco-elastica del muscolo.

Negli anziani sono presenti fenomeni come l'osteopenia e la sarcopenia in misura più accentuata, con processi di apoptosi delle cellule muscolari (in particolare le fibre FT) più evidenti, anche se le motivazioni non sono del tutto elucidate. Il Resistance Training allora, sarà in grado, di ridare una corretta funzione muscolare al paziente, con inevitabile miglioramento psico-fisico. Infatti, anche solo con due sedute di riabilitazione di questo tipo, si ottiene l'ipertrofia nell'anziano.

Come già descritto, migliora lo spettro EMG, con affinamento dell'attivazione dei muscoli agonisti-antagonisti, così come la risposta ormonale. Il muscolo si attiverà allora con tempi ridotti, sarà più coordinato, trofico e tonico in misura corretta.

Le spiegazioni di un simile adattamento neuromuscolare sono molteplici grazie al Resistance Training, come un aumento dell'impulso eccitatorio delle unità motorie, una ridotta inibizione delle vie riflesse pre-sinaptiche, migliorata interazione tra il sistema nervoso centrale e il livello spinale, migliore uso temporale e spaziale delle unità motorie, adattamenti quindi centrali e periferici; senza contare un incrementata sintesi proteica che rende la fibra e le strutture ad essa connesse di più facile utilizzo per il paziente.

Agganciandosi a questo concetto, il resistance training "insegna" al muscolo come usare correttamente le proteine in maniera efficiente, aiutandolo a non perdere tessuto, evitando la sarcopenia (catabolismo), e stimolando al contempo l'anabolismo o ipertrofia.

Un simile approccio negli anziani è in grado di aumentare la loro capacità aerobica e di VO₂max, fatto questo di rilevanza, in quanto, in

simili frangenti, pure la capacità di endurance si riduce, con decremento della durata dei movimenti più semplici.

Come si accennava, anche la densità minerale ossea negli anziani subisce una riduzione con aumenti dei rischi di frattura e instabilità articolare; come ulteriore fattore positivo, il Resistance Training stimola la produzione di tessuto osseo, influenzando sostanze come il paratormone, la calcitonina e la vitamina D3.

Per patologie cataboliche e cachettiche, come gli stati tumorali, insufficienza renale (dializzati), l'HIV, deficit nella risposta ormonale, l'artrite reumatoide, obesità, pazienti affetti da BPCO (chronic obstructive pulmonary disease), e quant'altro, ci sono forti indicazioni scientifiche che indirizzano proprio su tale strategia riabilitativa, il procrastinare dell'avvento dell'atrofia e/o come mantenimento della funzionalità muscolare, indipendentemente dal sesso e dall'età e senza effetti collaterali. Così anche per pazienti affetti da fibromialgia, e miosite infiammatoria ricorrente, senza esacerbare i sintomi.

Anche in ambito cardiovascolare, una simile strategia è consentita, come ormai diversi studi dimostrano. Infatti, è dal 1980 che il Resistance Training è diventato una parte integrante della riabilitazione cardiovascolare.

Un crescente numero di studi ha dimostrato la sicurezza del training, dalla seconda fase della riabilitazione in poi, ovvero, una volta che il paziente è stato dimesso dall'ospedale (fase acuta). La paura di un'eccessiva risposta pressoria è ingiustificata, laddove l'incidenza di ischemia è meno riscontrabile, rispetto ad attività come il camminare o la cyclette. Il Resistance Training sta diventando una componente sempre più importante nella riabilitazione cardiologica.

Quando appropriatamente prescritto, il Resistance Training ha favorevoli vantaggi sulla densità minerale ossea, sulla forza e resistenza muscolare, sul metabolismo del glucosio, su selezionati fattori di rischio e altre variabili relazionate alla salute.

Si è dimostrato capace di ridurre il carico cardiaco durante attività quotidiane. Su pazienti coronaropatici, il Resistance Training migliora il profilo fibrinolitico, con effetto antitrombotico, in totale sicurezza, migliorando la funzione endoteliale arteriosa. Quindi, dopo IMA (infarto miocardico acuto), impianto di PM o defibrillatore, e bypass, è importante rimanere attivi e contrastare il fisiologico declino e atrofia; il Resistance Training migliora la forza e funzionalità muscolare, ed è importante per l'efficace ritorno alle attività quotidiane.

Le paure che un lavoro di Resistance Training possa provocare danni pericolosi per aumento pressorio importante, come l'ictus, l'infarto miocardico o emorragia retinea, non trovano riscontro in letteratura.

In confronto ad un Endurance Training, le possibilità percentuali di riscontro si abbassano ulteriormente e per diversi motivi. Il Resistance Training viene applicato per minore tempo, con un riposo previsto tra i vari esercizi mentre, con Endurance Training questo non accade. La pressione sistolica e diastolica aumentano in parallelo, mantenendo la perfusione coronarica equilibrata, mentre, con l'attività aerobica intensa, la pressione sistolica incrementa in misura superiore, sbilanciando il lavoro del cuore. Questo evento rappresenta un problema solo, se alla base, sussiste già un problema patologico importante. Il carico cardiaco con Resistance Training è minore, rispetto all'Endurance Training con un'entità di lavoro intensa. La letteratura, però, suggerisce delle limitazioni all'esercizio, come, ad esempio, un valore glicemico a digiuno superiore a 250 mg/dl (e chetosi); in presenza di severa e

comprovata retinopatia (a livello precauzionale) o edema maculare e, infine, con severa neuropatia di origine autonoma.

Il Resistance Training permette la riduzione dell'adipe viscerale, il primo che si perde e, quello sub-cutaneo, indipendentemente se il paziente segue una dieta rigida, oppure no. Questo perché incrementa a riposo il metabolismo basale, insegnando alla struttura muscolare a consumare di più.

L'allenamento è in grado di abbassare i livelli dei markers infiammatori, migliorando la risposta all'insulina. Il Resistance Training sembra più efficace nel controllare i valori glicemici, rispetto ad una attività di Endurance Training, con il vantaggio aggiuntivo del profilo lipidico. Il dosaggio farmacologico, in pazienti diabetici di tipo 2 e con diabete della gravidanza, tendenzialmente viene ridotto. Questo è dovuto anche, all'incremento del volume delle fibre bianche con Resistance Training, le quali aumentano lo spazio disponibile per l'accumulo di glicogeno. In effetti, la quantità di glicogeno sintetizzato incrementa. L'aumento del glicogeno è concomitante con un'esauriva idratazione della fibra e, naturalmente, con il ripristino della sua funzionalità.

L'Endurance Training, invece, viene effettuato tramite resistenze molto basse, come visto in precedenza, facendo lavorare selettivamente i gruppi muscolari, oppure, ottenere un vantaggio sistemico, con l'impiego di cyclette o treadmill. Come è conosciuto, aumentano i valori collegati al massimo consumo di ossigeno, durante uno sforzo, il VO₂max.

A livello vascolare e cardiaco possiamo registrare notevoli migliorie. In malattie, ove sussiste una disfunzione della funzionalità endoteliale, in particolare malattie organiche croniche, come la BPCO, il diabete, IRC, e via scorrendo, nonché malattie proprie cardiache, sussiste una relazione diretta tra la mortalità a la scarsa capacità di riparazione

dell'endotelio, per cattiva funzionalità delle cellule addette a questo meccanismo.

Le cellule staminali sangue-derivate, infatti, sono disturbate negativamente dall'avanzare dell'età, dal fumo, dall'ipercolesterolemia e da valori elevati di pressione arteriosa. Fortunatamente, il training riesce a contrastare questa condizione, con benefici sulla funzionalità e vasodilatazione delle vie sanguigne.

Come risaputo, problemi alle vie sanguigne, determinano ictus e infarti al miocardio. A proposito di ictus, è stato dimostrato, che un lavoro sul treadmill, è in grado di migliorare lo schema del cammino. Da ricordare sempre, che una condizione di malattia, ove il paziente si muove poco, avrà necessariamente un calo dei suoi valori prestativi aerobici, con aumenti concomitanti della percentuale di mortalità, indipendentemente dall'età e dal sesso di appartenenza.

L' Endurance Training migliora l'umore, la sensibilità all'insulina, il controllo del peso corporeo, i valori pressori ed i markers infiammatori. Il training incrementa il numero delle cellule staminali emopoietiche, proteggendone inoltre la funzione in modello umano.

Un singolo esercizio migliora la risposta vasodilatatoria, evidenziabile per 2 giorni, con un picco dopo 12-24ore; un programma di training per 6 mesi, ulteriormente amplia tale risposta, con una sensibilità incrementata di 4 volte, ed un ritorno alla normalità dopo 1 settimana di inattività.

Si riduce la stiffness dell'aorta, riscontrabile con l'età avanzata; migliora la funzionalità dell'aggregazione piastrinica, sia nelle donne, sia negli uomini. Migliorano i profili ematici, come i trigliceridi, il colesterolo, la pressione e la sensibilità all'insulina; migliora la viscosità ematica, con una maggiore ossidazione lipidica a livello mitocondriale, poiché

sussiste una relazione diretta tra la qualità di trasporto degli eritrociti e la capacità ossidativa. Migliora pure la perfusione al miocardio, tramite miglorie di vasodilatazione delle coronarie, con un 27% circa di aumento, e le sue potenzialità antiossidanti. L'Endurance Training migliora la sensibilità all'insulina e la captazione di glucosio a livello muscolare, con un'entità e meccanismi simili, con variazioni a seconda dell'intensità seguita, nonché una sintesi di glicogeno e controllo glicemico migliorati.

L'Endurance Training promuove la biogenesi mitocondriale nel muscolo scheletrico, migliorando la capacità ossidativa della cellula contrattile, e aumenta il numero dei capillari che circonda la fibra muscolare. Le motivazioni e i meccanismi corretti dietro a tale evento, non sono completamente capiti. Un effetto collaterale positivo dell'incremento del numero e dell'attività degli organelli mitocondriali, è l'elevazione dell'uso dei lipidi come fonte energetica, abbassando contemporaneamente i livelli eccessivi delle sostanze lipidiche, migliorando ancora di più il rapporto con l'insulina.

Migliorano i riflessi del sistema nervoso autonomo, come la sensibilità barocettoria, incrementando a lungo termine la sopravvivenza.

Migliora il profilo dell'aggregazione delle placche aterosclerotiche, sia su modello animale, sia su modello umano. Si riducono a riposo e sotto training i valori della frequenza cardiaca e pressoria. Si riduce inoltre la viscosità ematica, elevando l'efficienza di trasporto delle cellule sanguigne, evitando la formazione di trombi. La conduzione elettrica del cuore sembra trarre giovamento dalla riabilitazione.

L'attività di Endurance Training, in effetti, è in grado di proteggere anche il cuore, con differenti meccanismi.

Come accennato in precedenza, gli esercizi di Endurance Training impiegano l'uso di cyclette e treadmill, con un'intensità di lavoro che comprende un carico da 50 all'80% del VO₂max soggettivo, per ottenere adattamenti massimi a livello sistemico e centrale.

L'adattamento è il risultato dello stimolo presente: basso stimolo equivarrà a basso adattamento; intenso stimolo equivarrà ad un più profondo adattamento.

Un lavoro da moderato a intenso, passando ovviamente dalla fase di preparazione del paziente a dei carichi sempre più impegnativi, permetterà di ottenere una più bassa mortalità e morbilità, indipendentemente dall'età e dal sesso di appartenenza.

Occorre individuare la frequenza cardiaca (FC) di allenamento, visto che sussiste linearità tra la FC e il consumo di ossigeno. Il valore più affidabile si ricava dalla prova da sforzo, eseguita con la presenza del medico, altrimenti, si può calcolare la FC teorica di lavoro con alcuni calcoli empirici; il numero corrisponderà alla percentuale di consumo di ossigeno sotto sforzo.

Di norma, è fattibile aggiungere alla frequenza di base 20-30 battiti (70 di base + 20/30 = FC allenante). Questa frequenza allenante rappresenta i confini del metabolismo aerobico, ove l'organismo è ancora in grado di usare una quantità di ossigeno sufficiente nell'unità di tempo. Superato questo valore, all'aumentare dello sforzo aumentano gli atti ventilatori ma non il consumo di ossigeno, subentrando la così detta OBLA (Onset of Blood Lactate Accumulation), con accumulo di acido lattico, ove l'energia ricavata proviene da un metabolismo glicolitico anaerobico.

Un altro calcolo possibile è la formula di Karvonen: FC allenante = [(FC max - FC base) * % (50-80%)] + FC di base. Facciamo un esempio. Se dal paziente si ricava 100 di frequenza allenante,

impiegherò un carico sulla cyclette o sul tappeto, che porti il lavoro cardiaco verso 100, rimanendo costante per tutto l'arco della sessione.

A quale velocità di pedalata occorre fare andare un paziente in cyclette, durante la riabilitazione? Secondo alcune ricerche, a ritmo di pedalate per minuto (rpm) veloce, verso le 80-90, l'efficienza neuro-muscolare è massima (cioè il muscolo è meno attivo), mentre, con pedalate più basse, attorno alle 40-60, il muscolo è svantaggiato (interviene di più), con una FC e PA più marcate.

Sussiste un coinvolgimento del sistema cardiovascolare (e metabolico) superiore con pedalate più lente, seppure l'estrazione di ossigeno è la medesima.

Convieni rivolgersi a valori di rpm attorno alle 60, per ottenere un allenamento cardiovascolare migliore.

Da ricordare, che gli adattamenti dell'allenamento, sono dipendenti anche dell'ausilio impiegato. Se il paziente, durante la riabilitazione ha sempre impiegato la cyclette, di fronte ad un esame come il test da sforzo in treadmill, non riuscirà a esprimere la sua massima capacità di performance. Questo perché l'adattamento neuromuscolare, è stato forgiato con l'uso del cicloergometro.

Conclusioni

La riabilitazione non va mai orientata verso una scelta di training in maniera esclusiva, a discapito di un'altra tipologia di training, perché la struttura muscolare è costituita da entrambe le componenti: anaerobiche e aerobiche. Significherebbe, altrimenti, creare un maggiore disequilibrio per il paziente. E' necessario, invece, sempre soggettivare l'entità di un training rispetto ad un altro. Se si abbinano le due strategie riabilitative, è dimostrato che i risultati finali sul paziente saranno superiori, rispetto all'applicazione di una sola.

Le differenze di performance dei vari distretti devono prevedere trattamenti diversificati con allenamenti selettivi, adattando le esigenze del paziente al training idoneo. Non sussistono controindicazioni per il paziente, sempre scegliendo la tipologia degli esercizi in base allo status funzionale soggettivo, sintomi, necessità ed obiettivi a lungo e breve termine.

Bibliografia

- 1) M. Jones “*A five year physiological case study of an Olympic runner*”
Br J Sports Med. 1998 March; 32(1): 39–43.
- 2) Maeda S, Otsuki T, Iemitsu M, Kamioka M, Sugawara J, Kuno S,
Ajisaka R, Tanaka H. “*Effects of leg resistance training on arterial
function in older men*” Br J Sports Med. 2006 Oct;40(10):867-9
- 3) A K Blannin, L J Chatwin, R Cave, and M Gleeson “*Effects of
submaximal cycling and long-term endurance training on neutrophil
phagocytic activity in middle aged men*” Br J Sports Med. 1996 June;
30(2): 125–129
- 4) M. Jeffery Mador, MD; Erkan Bozkanat, MD; Ajay Aggarwal, MD;
Mary Shaffer, NP and Thomas J. Kufel, MD, FCCP “*Endurance and
Strength Training in Patients With COPD*” Chest 2004;125:2036-
2045

- 5) Fagard RH. “*Exercise is good for your blood pressure: effects of endurance training and resistance training*” Clin Exp Pharmacol Physiol 2006 Sep;33(9):853-6
- 6) Klaus Hauer, Norbert Specht, Matthias Schuler, Peter Bärtsch and Peter Oster “*Intensive physical training in geriatric patients after severe falls and hip surgery*” Age and Ageing 2002; 31: 49-57
- 7) Kevin. A. Jacobs, Ronald M. Krauss, Jill A. Fattor, Michael A. Horning, Anne L. Friedlander, Timothy A. Bauer, Todd A. Hagobian, Eugene E. Wolfel, and George A. Brooks “*Endurance training has little effect on active muscle free fatty acid, lipoprotein cholesterol, or triglyceride net balances*” Am J Physiol Endocrinol Metab May 9, 2006; 291: E656-E665
- 8) M.A. Spruit, R. Gosselink, T. Troosters, K. De Paepe and M. Decramer “*Resistance versus endurance training in patients with COPD and peripheral muscle weakness*” Eur Respir J 2002; 19:1072-1078
- 9) Viviane M. Conraads, Paul Beckers, Johan Vaes, Manuella Martin, Viviane Van Hoof, Cathérine De Maeyer, Nadine Possemiers, Floris L. Wuyts and Christiaan J. Vrints “*Combined endurance/resistance training reduces NT-proBNP levels in patients with chronic heart failure*” European Heart Journal 2004 25(20):1797-1805
- 10) Jari Ylinen, MD; Esa-Pekka Takala, MD, DMedSc; Matti Nykänen, MD, DMedSc; Arja Häkkinen, PhD; Esko Mälkiä, PhD; Timo

- Pohjolainen, MD, DMedSc; Sirkka-Liisa Karppi, MSc; Hannu Kautiainen, BA; Olavi Airaksinen, MD, DMedSc “*Active Neck Muscle Training in the Treatment of Chronic Neck Pain in Women*” JAMA. 2003;289:2509-2516
- 11) G. E. McCall, W. C. Byrnes, A. Dickinson, P. M. Pattany, and S. J. Fleck “*Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training*” Journal of Applied Physiology Vol. 81, No. 5, pp. 2004-2012, November 1996
- 12) David N. Proctor and Michael J. Joyner “*Skeletal muscle mass and the reduction of O₂ max in trained older subjects*” Journal of Applied Physiology Vol. 82, No. 5, pp. 1411-1415, May 1997
- 13) Michael L. Pollock, Larry J. Mengelkoch, James E. Graves, David T. Lowenthal, Marian C. Limacher, Carl Foster, and Jack H. Wilmore “*Twenty-year follow-up of aerobic power and body composition of older track athletes*” Journal of Applied Physiology Vol. 82, No. 5, pp. 1508-1516, May 1997
- 14) Lisa S. Chow, Laura J. Greenlund, Yan W. Asmann, Kevin R. Short, Shelly K. McCrady, James A. Levine, and K. Sreekumaran Nair “*Impact of endurance training on murine spontaneous activity, muscle mitochondrial DNA abundance, gene transcripts, and function*” J Appl Physiol 102: 1078-1089, 2007

- 15) Kevin D. Tipton, Arny A. Ferrando, Bradley D. Williams and Robert R. Wolfe “*Muscle protein metabolism in female swimmers after a combination of resistance and endurance exercise*” *Journal of Applied Physiology* Vol. 81, No. 5, pp. 2034-2038, November 1996
- 16) American College of Sports Medicine Position Stand on Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* Vol. 34, No. 2, 2002, pp. 364–380.
- 17) Christopher Del Balso and E. Cafarelli “*Adaptations in the activation of human skeletal muscle induced by short-term isometric resistance training*” *J Appl Physiol* 103: 402-411, 2007
- 18) Michelle M. Ouellette, MSPT; Nathan K. LeBrasseur, PhD; Jonathan F. Bean, MD; Edward Phillips, MD; Joel Stein, MD; Walter R. Frontera, MD, PhD Roger A. Fielding, PhD “*High-Intensity Resistance Training Improves Muscle Strength, Self-Reported Function, and Disability in Long-Term Stroke Survivors*” *Stroke* 2004;35:1404-1409
- 19) CE Broeder, KA Burrhus, LS Svanevik and JH Wilmore “*The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate*” *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol 55, 802-810

- 20) JE Donnelly, T Sharp, J Houmard, MG Carlson, JO Hill, JE Whatley and RG Israel “*Muscle hypertrophy with large-scale weight loss and resistance training*” American Journal of Clinical Nutrition, Vol 58, 561-565
- 21) Jay Hoffman, Ph.D., FACSM “*Resistance training and injury prevention*” American College of Sports Medicine May 2002
- 22) WW Campbell, MC Crim, VR Young and WJ Evans “*Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults*” American Journal of Clinical Nutrition, Vol 60, 167-175
- 23) Ronald J. Sigal, MD, MPH et Al. “*Effects of Aerobic Training, Resistance Training, or Both on Glycemic Control in Type 2 Diabetes*” 18 September 2007 Volume 147 Issue 6 Pages 357-369
- 24) Leopold Stiebellehner MD et al. “*Aerobic Endurance Training Program Improves Exercise Performance in Lung Transplant Recipients*” Chest 1998;113:906-912
- 25) Jeffrey A Katula, W Jack Rejeski and Anthony P Marsh “*Enhancing quality of life in older adults: A comparison of muscular strength and power training*” Health and Quality of Life Outcomes 2008, 6:45

- 26) Yasuko Inaba, Shuichi Obuchi, Takeshi Arai, Keiji Satake and Naonobu Takahira “*The long-term effects of progressive resistance training on health-related quality in older adults*” J Physiol Anthropol, 27: 57–61, 2008
- 27) Susan L. Charette et al. “*Muscle hypertrophy response to resistance training in older women*”
- 28) Ryoichi Mitsuzono and Makoto Ube “*Effects of Endurance Training on blood lipid profiles in adolescent female distance runners*” Kurume Medical Journal, 53, 29-35, 2006
- 29) Daniel Umpierre; Ricardo Stein “*Hemodynamic and vascular effects of resistance training: implications for cardiovascular disease*” Arq. Bras. Cardiol. vol.89 no.4 São Paulo Oct. 2007
- 30) Jenny Adams, PhD, Matthew Cline, MS, Mike Reed, MS, Amanda Masters, BS, Kay Ehlke, MS, and Julie Hartman, MS “*Importance of resistance training for patients after a cardiac event*” Proc (Bayl Univ Med Cent). 2006 July; 19(3): 246–248
- 31) R. F. Macko, MD; L. I. Katzel, MD; A. Yataco, MD; L. D. Tretter; C. A. DeSouza, PhD; D. R. Dengel, PhD; G. V. Smith, PhD; K. H. Silver, MD “*Low-Velocity Graded Treadmill Stress Testing in Hemiparetic Stroke Patients*” Stroke. 1997;28:988-992

- 32) Helene Alexanderson, Maryam Dastmalchi, Mona Esbjörnsson-Liljedahl, Christina H. Opava, Ingrid E. Lundberg “*Benefits of intensive resistance training in patients with chronic polymyositis or dermatomyositis*” *Arthritis Care & Research* Volume 57, Issue 5, Pages 768-777
- 33) Kraemer, Duncan “*Resistance training and elite athletes: adaptation and program consideration*” *J Orthop Sports phys ther* 28:110,1998
- 34) Kraemer, Volek “*Chronic musculo skeletal adaptation to resistance training ACSM’s Resource manual for guidelines for exercise testing and prescription*” ed.4. Lippincott and Williams and Wilkins, Philadelphia, p.176, 2001
- 35) American physical therapy association “*guide to physical therapist practice*” ed2 *phys ther.* 81:9-744, 2001
- 36) Jan Hoff and Jan Helgerud “*Endurance and Strength Training for Soccer Players. Physiological considerations*” *Sports Med* 2004; 34 (3): 165-180
- 37) Manini TM, Druger M, Ploutz-Snyder L “*Misconceptions about strength exercise among older adults*” *J Aging Phys Act.* 2005 Oct;13(4):422-33

- 38) Sale D. *“Neural adaptation to strength training. Strength and power in sport”* Blackwell scientific publication, Boston, 1992, p.249
- 39) DeLorme *“Heavy resistance exercise”* Arch Phys MedRehabil 27:607, 1996
- 40) Stone WJ and Coulter Sp *“Strength/endurance effects from three resistance training protocols with women”* J Strength Conditioning Res 8:231;1994
- 41) Gregory J Lehman, MSc, CSCS, DC *“Resistance training for performance and injury prevention in golf”* JCCA J Can Chiropr Assoc. 2006 March
- 42) Volaklis KA, Tokmakidis SP *“Resistance exercise training in patients with heart failure”* Sports Med. 2005;35(12):1085-103
- 43) J P Folland; C S Irish; J C Roberts; J E Tarr; et al *“Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training”* British Journal of Sports Medicine; Oct 2002; 36, 5
- 44) Seguin R, Nelson ME *“The benefits of strength training for older adults”* Am J Prev Med. 2003 Oct;25(3 Suppl 2):141-9
- 45) Dr. Jason Pritchard *“The Physiological Interactions of Concurrent Strength and Endurance Training: Implications for Athletes”*

- 46) Benson AC, Torode ME, Fiatarone Singh MA “*Effects of resistance training on metabolic fitness in children and adolescents: a systematic review*” *Obes Rev.* 2008 Jan;9(1):43-66
- 47) Braith RW, Beck DT “*Resistance exercise: training adaptations and developing a safe exercise prescription*” *Heart Fail Rev.* 2008 Feb;13(1):69-79
- 48) Falvo MJ, Schilling BK, Earhart GM “*Parkinson's disease and resistive exercise: rationale, review, and recommendations*” *Mov Disord.* 2008 Jan;23(1):1-11
- 49) Dalgas U, Stenager E, Ingemann-Hansen T “*Multiple sclerosis and physical exercise: recommendations for the application of resistance-, endurance- and combined training*” *Mult Scler.* 2008 Jan;14(1):35-53. Epub 2007 Sep 19
- 50) Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, Gulanick M, Laing ST, Stewart KJ; American Heart Association Council on Clinical Cardiology; American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism “*Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on*

- Nutrition, Physical Activity, and Metabolism*” *Circulation*. 2007 Jul 31;116(5):572-84. Epub 2007 Jul 16
- 51) Corcoran MP, Lamon-Fava S, Fielding RA “*Skeletal muscle lipid deposition and insulin resistance: effect of dietary fatty acids and exercise*” *Am J Clin Nutr*. 2007 Mar;85(3):662-77
- 52) Chetlin RD, Gutmann L, Tarnopolsky M, Ullrich IH, Yeater RA “*Resistance training effectiveness in patients with Charcot-Marie-Tooth disease: recommendations for exercise prescription*” *Arch Phys Med Rehabil*. 2004 Aug;85(8):1217-23
- 53) William J. Kraemer, PhD, Nicholas A. Ratamess, MS, and Duncan N. French, MS “*Resistance Training for Health and Performance*” *Current Sports Medicine Reports* 2002, 1:165–171
- 54) Mauri Kallinen, Sarianna Sipilä, Markku Alen, Harri Suominen “*Improving cardiovascular fitness by strength or endurance training in women aged 76-78 years. A population-based, randomized controlled trial*” *Age and ageing* 2002; 247-254
- 55) Bjarnason-Wehrens B, Mayer-Berger W, Meister ER, Baum K, Hambrecht R, Gielen S; German Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation “*Recommendations for resistance exercise in cardiac rehabilitation. Recommendations of the German*

Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation” Eur J

Cardiovasc Prev Rehabil. 2004 Aug;11(4):352-61

56) Andrew Maiorana et al. “*Combined aerobic and resistance exercise training improves functional capacity and strength in CHF*”

Appl Physiol 88: 1565–1570, 2000

57) Leslie A. Consitt, Jennifer L. Copeland and Mark S. Tremblay

“*Endogenous Anabolic Hormone Responses to Endurance Versus Resistance Exercise and Training in Women*” *Sports Med* 2002; 32

(1): 1-22