CAPITOLO 9

# ALLENAMENTO ALLA FORZA

C. Tartali
S. Tomezzoli

**Obiettivi didattici**

- Comprendere l'importanza e gli effetti dell'allenamento alla forza nei pazienti con malattia respiratoria cronica
- Conoscere i principali parametri necessari per impostare un programma di allenamento alla forza
- Apprendere come impostare un programma di esercizio fisico finalizzato a migliorare la forza muscolare con particolare riferimento ai pazienti con malattia respiratoria cronica

## Introduzione

I pazienti con malattia respiratoria cronica presentano frequentemente una riduzione della forza muscolare, anche nel caso di malattia lieve o moderata [1]. I programmi di allenamento tradizionali rivolti a tali pazienti sono finalizzati a migliorare la prestazione aerobica. È stato dimostrato che l'allenamento aerobico consente di migliorare anche la forza muscolare. Tuttavia, i risultati che si ottengono sono inferiori a quelli che si raggiungono con un allenamento specifico della muscolatura. L'allenamento alla forza muscolare deve infatti rispettare alcuni criteri, che saranno descritti nei prossimi paragrafi, difficilmente realizzabili con esercizi di tipo aerobico [2].

Considerando che la forza muscolare correla con la capacità di esercizio [3], la qualità di vita e la prognosi [4], le attuali raccomandazioni in merito ai programmi riabilitativi rivolti ai pazienti BPCO (broncopneumopatia cronico-ostruttiva) e con fibrosi cistica sottolineano l'importanza di associare all'allenamento aerobico anche l'allenamento alla forza [5].

## FISIOPATOLOGIA DELLA MUSCOLATURA SCHELETRICA NEL PAZIENTE CON PATOLOGIA RESPIRATORIA

Nel soggetto con malattia respiratoria cronica il muscolo scheletrico va incontro a importanti modificazioni, quali:

- riduzione della massa;
- riduzione del numero di fibre ossidative;
- riduzione degli enzimi ossidativi;
- riduzione del numero di capillari.

Come conseguenza avviene una perdita di funzione con una riduzione sia della forza sia della resistenza muscolare.

Le cause determinanti tale quadro sono molteplici e concomitanti; le principali sono di seguito descritte.

• *Disuso e inattività* (detraining) I pazienti con malattia respiratoria cronica, anche a livelli non avanzati di malattia, tendono ad assumere stili di vita di tipo sedentario [6]. Come avviene nel soggetto sano decondizionato, uno stile di vita di tipo sedentario determina debolezza muscolare con atrofia e alterazioni strutturali quali la riduzione del numero dei capillari, la riduzione della concentrazione di enzimi ossidativi, la trasformazione delle fibre di tipo IIa in fibre di tipo IIb, l'atrofia delle fibre muscolari [7]. Tutto ciò determina una riduzione della forza e della resistenza muscolare.

• *Malnutrizione* Un prolungato stato di denutrizione determina la riduzione della massa muscolare [8]; in particolare si riduce il numero delle fibre di tipo II

sebbene le fibre di tipo I sembrino conservate. Questo giustifica il fatto che la capacità di sostenere le normali attività di vita quotidiana sia relativamente preservata mentre risultano difficili sforzi brevi e intensi.

• *Infiammazione sistemica* Lo stato di infiammazione cronica provoca uno squilibrio tra sistema ossidativo e antiossidativo con conseguente danno muscolare [9].

• *Utilizzo di cortisonici e di farmaci antirigetto* La miopatia da corticosteroidi è ampiamente dimostrata sia in soggetti BPCO [10] sia in soggetti affetti da fibrosi cistica [11].

• *Ipossia cronica* Tale condizione contribuisce allo stress ossidativo che determina nel muscolo un aumento di enzimi ossidanti la cui azione lesiva non riesce a essere adeguatamente bilanciata dagli enzimi antiossidanti.

• *Difetto genetico e alterazioni metaboliche* Spesso la compromissione muscoloscheletrica è un fenomeno che si rileva precocemente nel paziente con patologia respiratoria cronica indipendentemente dall'età e dal grado di severità della patologia. Tale manifestazione sarebbe causata dalla presenza di fattori intrinseci e anormalità metaboliche proprie del tessuto muscolare [12] indipendenti dalla malattia polmonare. Il perdurare dell'intolleranza allo sforzo nel paziente sottoposto a trapianto polmonare, nonostante la risoluzione della limitazione ventilatoria, probabilmente a causa della disfunzione muscoloscheletrica, sembra confermare questa ipotesi.

In sintesi, le alterazioni strutturali e funzionali intrinseche muscoloscheletriche risentono del disuso, in particolare durante i periodi di esacerbazione della malattia, del ridotto apporto di ossigeno e nutrienti e delle anormalità metaboliche che riducono la capacità ossidativa del muscolo e lo rendono più facilmente affaticabile.

A tutto ciò si associano altri fattori che possono ulteriormente peggiorare struttura e funzione muscolari, quali l'invecchiamento, l'andropausa e il fumo [12-19].

## ALLENAMENTO ALLA FORZA: BENEFICI ATTESI

Prima di descrivere i benefici dell'allenamento alla forza nei soggetti con malattia respiratoria cronica è importante chiarire il concetto di forza muscolare.

In letteratura sono disponibili differenti definizioni di forza muscolare. La difficoltà nell'individuare una definizione univoca è rappresentata dal fatto che l'attività muscolare è molto complessa. Esistono infatti molteplici tipi di forza, di lavoro e di tensione muscolare.

In generale, i diversi autori sono comunque concordi nel definire la forza come la capacità del muscolo di vincere o di opporsi a una resistenza esterna tramite lo sviluppo di tensione.

Esistono tre tipologie fondamentali di forza muscolare: la forza massima, la forza veloce e la forza resistente (o resistenza muscolare).

- *Forza massima*: è la forza più elevata che il sistema neuromuscolare è in grado di esprimere con una contrazione massima volontaria. Corrisponde alla capacità del sistema neuromuscolare di vincere carichi massimali. È la forza richiesta dal sollevamento/spostamento di un peso elevato.
- *Forza veloce*: capacità del sistema neuromuscolare di vincere carichi esterni submassimali con elevata rapidità di contrazione. Essa si suddivide ulteriormente in forza rapida, in cui il carico esterno è vicino allo zero, e in potenza, in cui il carico è dato dal peso corporeo. Esempi di espressione della forza veloce sono i lanci, i salti, gli scatti.
- *Resistenza muscolare*: è la capacità del muscolo di vincere carichi esterni submassimali, ma per un periodo prolungato. Solitamente tale tipo di forza trova espressione durante le attività aerobiche (corsa, nuoto, ciclismo).

L'ipertrofia, cioè l'incremento della massa muscolare, non è da considerarsi un'espressione di forza bensì un meccanismo strutturale che influenza la forza massima.

Tale distinzione è importante perché, come vedremo in seguito, l'allenamento deve rispettare regole precise in relazione a quale tipologia di forza si intende sviluppare, ma anche perché solitamente nei pazienti con malattia cronica, quando si parla di forza muscolare, si fa riferimento alla forza massima. Pochi studi infatti hanno indagato la resistenza muscolare e ancor meno la forza veloce.

Va inoltre specificato che in letteratura l'allenamento dei muscoli scheletrici è indicato con il termine *resistance training* che in lingua inglese sottolinea il fatto che l'allenamento viene eseguito contro una resistenza, fornita nello specifico da un peso esterno. Chiarire il significato del termine è impor-

tante in quanto possono sorgere equivoci in lingua italiana in cui per esercizio fisico di resistenza si definisce comunemente uno sforzo prolungato e quindi di tipo aerobico. Nel presente capitolo si parlerà di *resistance training* inteso come allenamento alla forza della muscolatura scheletrica.

A partire dalla metà degli anni Novanta, l'interesse verso il *resistance training* nei pazienti con patologia respiratoria è andato sempre più incrementando. Numerosi sono, infatti, gli studi che ne hanno indagato i benefici, soprattutto per i soggetti con BPCO. I principali outcome che tali studi hanno analizzato sono: forza e resistenza muscolare, prestazione aerobica, qualità di vita e parametri di funzionalità polmonare.

Una revisione sistematica del 2003 (9 studi inclusi) conclude che, in soggetti con BPCO, il *resistance training* produce un significativo aumento della forza dei muscoli scheletrici [20].

Tali risultati sono stati confermati da una più recente revisione sistematica (18 studi inclusi) [21].

Nonostante il significativo aumento della forza come conseguenza del *resistance training*, non è ancora chiaro se il *resistance training* sia in grado di modificare la struttura muscolare. Sembra, infatti, che alcuni fattori malattia correlati come l'ipossia cronica, l'uso prolungato di corticosteroidi, le alterazioni ormonali, l'infiammazione sistemica e lo stato nutrizionale scadente possano incidere negativamente sul rimodellamento muscolare conseguente al *resistance training* [22-25].

Il *resistance training* appare tuttavia essere efficace nel migliorare alcuni parametri relativi alla qualità di vita, in particolare le abilità a compiere le attività di vita quotidiana [21]. La prestazione aerobica risulta invece poco influenzata dal *resistance training*.

Recentemente è stata pubblicata una metanalisi allo scopo di verificare se il *resistance training* possa essere efficace in termini di miglioramento dei parametri di funzionalità polmonare. Da tale lavoro emerge che l'allenamento muscolare è efficace nell'aumentare la capacità vitale forzata (FVC), anche se non vi sono modifiche nel $FEV_1$ e non ne sono chiari gli effetti sulla ventilazione al picco dello sforzo ($VE_{peak}$) [26].

Entrando nel dettaglio dei singoli studi è importante sottolineare che non tutti hanno confrontato le medesime strategie di allenamento.

Alcuni studi hanno confrontato il *resistance training* con l'allenamento aerobico, altri il *resistance training* combinato con l'allenamento aerobico *vs* l'allenamento aerobico, altri ancora hanno confrontato il *resistance training* con il non allenamento. Di seguito si sintetizzano i principali risultati di tali comparazioni.

## Allenamento alla forza *versus* allenamento aerobico

• *Effetti sulla forza muscolare* Ortega e Normandin hanno dimostrato che il *resistance training* consente di aumentare in modo significativo la forza muscolare, mentre questo si verifica in modo meno rilevante con l'allenamento aerobico. Va evidenziato che gli autori hanno utilizzato modalità di allenamento differenti [27-30].

• *Effetti sulla prestazione aerobica* Nello studio di Ortega sembra che i programmi di forza siano più efficaci di quelli aerobici nel migliorare la prestazione aerobica misurata con lo Shuttle Walking Test. In altri lavori [27,30] sembra invece che sia l'allenamento aerobico a migliorare la prestazione aerobica misurata con il test del cammino dei sei minuti (Six Minute Walk Test). L'allenamento aerobico sembra in ogni caso più efficace nel migliorare i parametri metabolici misurati con il test da sforzo cardiopolmonare [29].

• *Effetti sulla qualità di vita* La letteratura evidenzia come i programmi di allenamento finalizzati a migliorare la forza muscolare permettano di ottenere maggiori risultati in termini di miglioramento della qualità di vita, rispetto ai tradizionali programmi aerobici [27-29].

## Allenamento alla forza *più* allenamento aerobico *versus* allenamento aerobico

A oggi dalla letteratura non emergono differenze significative in termini di qualità di vita e massima capacità di esercizio tra le due modalità di allenamento. Sembra però che la forza muscolare sia più sensibile all'allenamento combinato (*resistance training* + allenamento aerobico) [29,34].

## Altri benefici

Il *resistance training* permette inoltre di migliorare la densità minerale ossea, effetto estremamente importante nei soggetti con malattia respiratoria cronica in cui l'età e l'uso prolungato di corticoste-

roidi determinano frequentemente osteoporosi e osteopenia [35-36].

Ulteriori benefici del *resistance training* sono rappresentati dal miglioramento della coordinazione e dell'abilità motoria in generale, effetti utili e desiderati nella popolazione anziana, a rischio di cadute e quindi di fratture [37].

## MODALITÀ DI ALLENAMENTO ALLA FORZA

### Principi generali

Le fibre muscolari sono entità altamente versatili in grado di adattarsi agli stimoli cui vengono sottoposte.

Lo stimolo allenante determina modificazioni a livello neurale e strutturale con conseguente aumento della forza muscolare.

A livello neurale aumenta la capacità di richiamare un maggior numero di unità motorie, di reclutarne di più nello stesso istante e di agire su di esse con una frequenza dello stimolo nervoso maggiore. Come è possibile osservare in Fig. 9.1, l'aumento della forza che si registra nelle prime settimane di allenamento è proprio determinato dagli adattamenti neurali. Solo successivamente subentra l'adattamento strutturale con aumento della sezione traversa del muscolo (ipertrofia). La sezione traversa, che dipende anche da altre variabili di diversa natura (genetica, strutturale, età e stato di salute del soggetto) tende a raggiungere il suo massimo sviluppo e poi ad arrestarsi. Un ulteriore miglioramento può essere ottenuto solo mediante assunzione di sostanze steroidee che però possono avere anche gravi effetti collaterali. L'attuale ricerca scientifica lascia intendere che l'ipertrofia muscolare sia un fenomeno dovuto all'ispessimento delle fibre muscolari e non a un loro aumento numerico (iperplasia).

Affinché tali adattamenti si verifichino è necessario che lo stimolo applicato al muscolo sia adeguato all'obiettivo da raggiungere.

Gli obiettivi di un programma di allenamento possono essere:

- ipertrofia;
- aumento della forza massima;
- aumento della forza veloce/potenza;
- aumento della resistenza.

Ognuno di tali obiettivi richiede uno stimolo allenante specifico, pertanto vanno definite alcune variabili fondamentali.

Le variabili fondamentali di un programma finalizzato ad aumentare la forza muscolare sono le seguenti [38,39]:

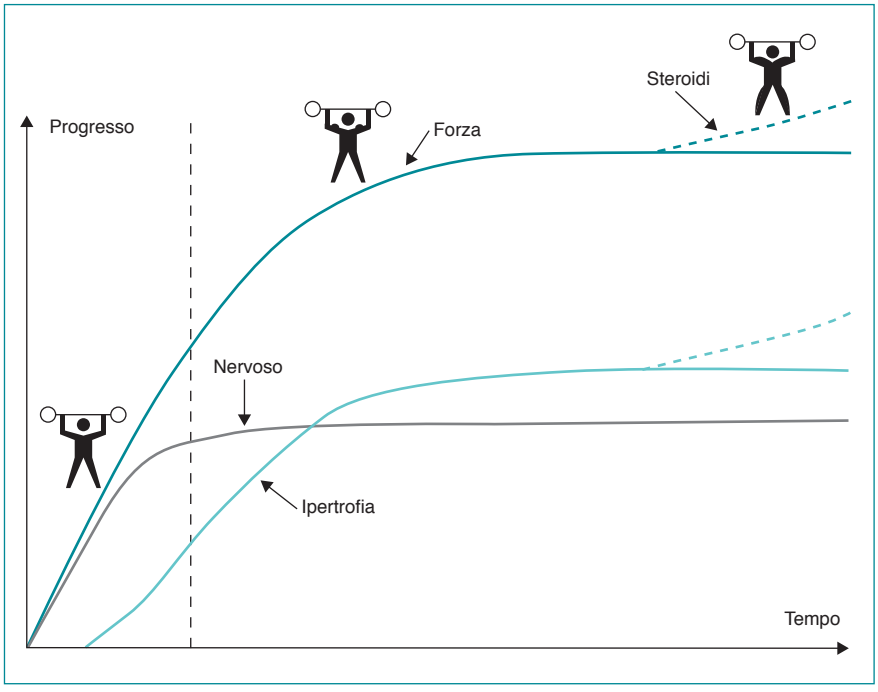


**Fig. 9.1** Rappresentazione degli adattamenti muscolari che si verificano durante un periodo di allenamento alla forza. Nella prima fase l'aumento della forza è dettato principalmente da adattamenti di tipo neuronale; in seguito si osserva anche ipertrofia e quindi aumento della massa muscolare. (Da: Sale DG. Neural adaptation to resistance training. Medicine and Science in Sports and Exercise 1988;20(5 Suppl):S135-45; modificata.)

- intensità del carico;
- volume (numero delle ripetizioni, numero delle serie, riposo tra le serie);
- frequenza dell'allenamento;
- tipologia/modalità di esecuzione degli esercizi;
- durata della seduta e del programma;
- progressione.

È necessario che ciascuno di tali parametri sia scelto attentamente non solo in relazione all'obiettivo, ma anche ad altri aspetti quali l'età, la precedente esperienza con l'allenamento alla forza, le preferenze e le possibilità individuali.

Purtroppo non sono ancora disponibili in letteratura indicazioni specifiche rispetto all'impostazione dei parametri sopra citati nei pazienti con malattia respiratoria cronica.

Gli studi che hanno indagato gli effetti del *resistance training* nei pazienti affetti da patologia respiratoria cronica non hanno utilizzato una modalità univoca di training. Tuttavia nella maggior parte dei casi sono stati utilizzati i medesimi criteri suggeriti dall'American College of Sports Medicine (ACSM) per la popolazione sana [40].

## Intensità

L'intensità del carico corrisponde all'entità (espressa in chilogrammi) del peso esterno che il soggetto deve utilizzare nell'esecuzione di un determinato movimento. È riconosciuto come il parametro cruciale nel determinare l'efficacia dell'allenamento.

Generalmente, si individua facendo riferimento all'1RM (1 ripetizione massima), ossia al peso che un individuo riesce a sollevare al massimo per una ripetizione.

Le indicazioni dell'ACSM per la scelta dell'intensità sono le seguenti [41]:

- per aumentare la forza massimale e la massa: intensità pari al 60-80% di 1RM;
- per aumentare la potenza: intensità pari al 30-60% di 1RM, ma è possibile utilizzare anche carichi più elevati;
- per aumentare la resistenza: intensità <50% di 1RM.

Nella scelta del carico allenante va tuttavia considerato che il test 1RM non sempre è di facile realizzazione. Esso richiede risorse (tempo, personale), è poco adatto a soggetti molto anziani e in coloro che presentano un'importante riduzione di massa e forza muscolari ed è spesso poco ripetibile a breve distanza di tempo. Per tali motivi alcuni autori suggeriscono di non usare 1RM per determinare il carico allenante, ma il metodo delle ripetizioni possibili. Il metodo consiste nell'individuare il carico che consente un determinato e prefissato numero di ripetizioni. Secondo il calcolo indiretto dell'1RM, trattato nel Capitolo 5, per esempio, se si sceglie il peso che consente 6-7 ripetizioni avremo individuato il 60-70% di 1RM.

Va sottolineato che la scelta dell'intensità richiede particolari accorgimenti in caso di soggetti anziani, di soggetti con malattia respiratoria e/o cardiaca e in caso di soggetti sedentari. In tali situazioni, infatti, è necessario utilizzare carichi più bassi (40-50% di 1RM), soprattutto nelle prime settimane di allenamento. Gli studi che hanno indagato l'allenamento alla forza massima in soggetti con BPCO hanno utilizzato intensità variabili dal 50 all'85% di 1RM.

In generale si raccomanda, per qualsiasi soggetto, di non avviare l'allenamento con l'intensità adeguata all'obiettivo da raggiungere, ma di iniziare con carichi più bassi raggiungendo la corretta intensità solo dopo 3-4 settimane.

## Volume

Oltre a individuare il carico è importante definire il numero di ripetizioni su cui basare il programma. È quindi indispensabile precisare che per volume dell'allenamento si intende:

- il numero di ripetizioni;
- il numero di serie;
- il riposo tra le serie.

Il volume va necessariamente selezionato in relazione all'obiettivo che si desidera raggiungere. Nella Tab. 9.1 sono riportati i criteri per impostare i parametri di volume in relazione all'obiettivo.

Come si osserva nei programmi che hanno come obiettivo primario l'ipertrofia, gli intervalli di riposo raccomandati sono di 30-90 secondi. Nel caso in cui l'obiettivo sia l'incremento della forza massimale, si prescrivono lunghi tempi di riposo tra le serie al fine di consentire un pieno recupero e quindi una maggiore uniformità nel numero di ripetizioni eseguite per serie. Generalmente sono necessari 3-5 minuti di riposo per un recupero ottimale tra una serie e l'altra.

**Tab. 9.1** Criteri per impostare i parametri di volume in relazione all'obiettivo

| Obiettivo | Ripetizioni | Serie | Riposo tra le serie |
|---|---|---|---|
| Ipertrofia | 6-12 | 1-3 | 60-90 secondi |
| Forza | 6-12 | 1-3 | 2-5 minuti |
| Potenza | 1-5 | 1-3 | Variabile (1-5 minuti) |
| Resistenza | 15-20 | 1-3 | <2 minuti |

È necessario tuttavia considerare i muscoli coinvolti nell'esercizio: se si eseguono esercizi multiarticolari come lo *squat* sono adeguati 3-5 minuti di riposo, mentre se lavorano muscoli piccoli (per esempio, il solo quadricipite) può essere sufficiente 1 minuto di recupero.

Se il programma di allenamento ha come obiettivo sia l'ipertrofia sia lo sviluppo della forza massima, si consiglia un riposo di 2-3 minuti.

Anche per gli allenamenti finalizzati all'incremento della potenza muscolare sono raccomandati recuperi lunghi, 2-5 minuti tra le serie, al fine di garantire un efficace recupero neurologico. Secondo alcuni autori, nel caso si scelga un basso numero di ripetizioni per serie il riposo può essere più breve (1-2 minuti).

I programmi a bassa intensità con numerose ripetizioni sono in grado di sviluppare la resistenza muscolare. In questi tipi di allenamento l'intervallo di recupero deve essere abbastanza lungo per sostenere un alto numero di ripetizioni su ogni serie consecutiva, ma abbastanza breve per sviluppare una serie di adattamenti, quali l'incremento della densità dei mitocondri, della densità dei capillari e la capacità del muscolo di neutralizzare l'accumulo di acido lattico da cui deriva la dissociazione in lattato e la conseguente acidosi; tutti questi adattamenti sono correlati alla performance di resistenza. Sembra che sia adeguato un riposo di massimo 2 minuti.

Rispetto al numero di serie, in letteratura sono disponibili diverse indicazioni. In generale viene suggerito di utilizzare 3 serie, tuttavia alcuni studi concludono che anche 4-6 serie di esercizi per gruppo muscolare danno una risposta significativa in termini di ipertrofia e incremento della forza [42,45]. In altri sembra che una singola serie di esercizi per muscolo possa essere utile soprattutto nella fase iniziale dell'allenamento [4,40,41].

Nei BPCO, soprattutto se la malattia è avanzata, si suggerisce di utilizzare un allenamento meno affaticante rispetto a quello proposto per la popolazione sana: poche ripetizioni (6-10) e un numero di serie da 1 a 2 a un carico del 50-60% di 1 RM [41]. Il *resistance training* a bassa intensità si è dimostrato efficace e sicuro [43].

**Tab. 9.2** Raccomandazioni per l'allenamento alla forza nei soggetti sani e nei soggetti con BPCO

| Allenamento alla forza per i soggetti con BPCO (secondo ATS e ERS) |
|---|
| • Intensità: 50-85% di 1RM<br>• Frequenza: 2-3 volte la settimana<br>• Numero ripetizioni: 12<br>• Serie: 2-4 |
| **Allenamento alla forza per i soggetti sani (secondo ACSM)** |
| • Intensità: 60-80% di 1RM<br>• Frequenza: 2-3 volte la settimana<br>• Ripetizioni: 8-15<br>• Serie: 2-5 |

ATS = American Thoracic Society; ERS = European Respiratory Society.

Nei pazienti con importante compromissione è anche possibile utilizzare come carico il solo peso dell'arto.

In Tab. 9.2 sono riportate le raccomandazioni per l'allenamento alla forza nei soggetti sani e nei soggetti con BPCO.

## Frequenza

Per frequenza si intende il numero di sessioni da eseguire settimanalmente.

Nei soggetti con malattia respiratoria, così come nei soggetti sani, si consigliano 2-3 sedute settimanali [39,45,46]. Sono sconsigliate sedute più frequenti poiché possono rendere il programma meno efficace. Tra una sessione e l'altra sono, infatti, raccomandate 48-72 ore di pausa per promuovere l'adattamento cellulare e stimolare l'ipertrofia associata all'aumento della forza [47].

Va sottolineato che il muscolo si rimodella e si prepara a una prestazione migliore proprio durante la fase di recupero; pertanto se tale intervallo è interrotto, vi è il rischio di indebolire anziché rinfor-

zare il muscolo. Uno schema esemplificativo è di eseguire le sessioni di allenamento alla forza il lunedì, il mercoledì e il sabato.

La frequenza settimanale può essere differente se si preferisce suddividere l'allenamento dei diversi gruppi muscolari in più sessioni. Per diverse ragioni, come nel caso in cui il soggetto si affatichi eccessivamente o sia necessario ridurre i tempi di ogni singola sessione, è, infatti, possibile stabilire di eseguire gli esercizi per gli arti superiori in giorni diversi rispetto agli esercizi per gli arti inferiori. In tal caso una possibilità è, per esempio, stabilire che l'allenamento degli arti inferiori venga svolto il martedì e il giovedì e l'allenamento degli arti superiori il mercoledì e il venerdì.

## Tipologia (modalità)

Il *resistance training* è generalmente eseguito con pesi liberi oppure con macchinari; più raramente vengono utilizzati gli elastici.

Negli studi presenti in letteratura eseguiti con soggetti affetti da malattia respiratoria cronica sono stati impiegati prevalentemente pesi liberi e macchinari.

### Pesi liberi e macchinari

Rispetto ai pesi liberi, i macchinari sono più sicuri e l'apprendimento dell'esercizio è più veloce; essi consentono di stabilizzare il corpo e di limitare il movimento a specifici gruppi muscolari evitando l'intervento della muscolatura sinergica. Ciò determina minori rischi e minori compensi da parte del soggetto, ma rende l'esercizio meno funzionale. I macchinari permettono inoltre di incrementare il carico più agevolmente, soprattutto per gli esercizi monoarticolari che coinvolgono gli arti inferiori (per esempio, la *leg extension*) (Tab. 9.3).

Al contrario, i pesi liberi consentono di eseguire un'ampia gamma di esercizi per cui è possibile scegliere quelli che più si avvicinano alle attività della vita quotidiana. Per le stesse ragioni, i pesi liberi richiedono e quindi favoriscono in misura superiore la coordinazione e l'equilibrio. Consentono inoltre, con un costo relativo, di eseguire l'allenamento alla forza anche a domicilio (Tab. 9.4).

**Tab. 9.3** Allenamento con macchinari

| Vantaggi | Svantaggi |
|---|---|
| • Sicuri (meno possibilità di rischi)<br>• Non sempre necessaria la supervisione<br>• Richieste minori abilità (per esempio, coordinazione motoria) | • I movimenti che riproducono sono meno funzionali<br>• È necessaria la frequenza di una palestra ambulatorio di riabilitazione<br>• Sono costosi |

**Tab. 9.4** Allenameno con pesi liberi

| Vantaggi | Svantaggi |
|---|---|
| • Possibilità di utilizzo a domicilio<br>• Relativamente poco costosi<br>• Permettono di simulare le attività della vita quotidiana | • Per alcune tipologie di esercizi e per elevati carichi è necessaria la supervisione<br>• Per variare l'intensità del carico sono richiesti più strumenti |

### Elastici

Si tratta di fasce elastiche a resistenza calibrata di diverse lunghezze. Esistono fasce a differenti livelli di resistenza, solitamente indicata da un colore specifico. Il carico e quindi il colore della fascia sono scelti, come per gli esercizi con i pesi, sulla base del numero di ripetizioni possibili; si ritiene che la fascia che consente di arrivare all'esaurimento muscolare dopo il numero di ripetizioni necessarie a raggiungere l'obiettivo prefissato (forza massimale, resistenza) sia quella corretta.

Gli elastici sono relativamente economici e permettono di eseguire, anche a domicilio, esercizi per la maggior parte dei gruppi muscolari. L'esecuzione degli esercizi risulta però, soprattutto nelle prime sedute allenanti, leggermente difficoltosa: mettendo in tensione l'elastico con un determinato gruppo muscolare, infatti, il resto del corpo deve essere stabilizzato in maniera attiva.

Per alcuni esercizi sono necessari, oltre alla fascia elastica, anche una sedia e un oggetto per fissare l'elastico (ringhiera delle scale, gamba di un tavolo pesante ecc.). Se non è necessaria tutta la lunghezza dell'elastico, basterà avvolgerlo attorno alle mani sino a ottenere la misura giusta.

L'allenamento deve essere sempre avviato con l'elastico leggermente teso e gli esercizi vanno eseguiti in modo lento e controllato, per consentire l'escursione completa del movimento. Va prestata sempre attenzione a mantenere una posizione del corpo stabile.

Per i principianti è bene scegliere un elastico facilmente allungabile e con poca resistenza con la raccomandazione di eseguire molte ripetizioni (almeno 30 per ogni esercizio). È utile la supervisione finché non si acquisisce una certa dimestichezza con l'esecuzione del gesto.

Dopo alcune settimane, quando il soggetto ha preso confidenza con i movimenti ed è capace di stabilizzare la posizione corporea evitando compensi e posture scorrette, si potrà selezionare una resistenza dell'elastico superiore e ridurre il numero delle ripetizioni (10-15 per ogni esercizio).

## Scelta degli esercizi

La scelta degli esercizi deve essere personalizzata. È, infatti, necessario individuare, attraverso un'accurata intervista e valutazione, quali muscoli e/o gruppi muscolari allenare con un programma mirato ad aumentare la forza muscolare. Generalmente, soprattutto nei pazienti con malattia respiratoria, non è sufficiente identificare i gruppi muscolari deboli ma anche le attività che risultano limitate. Attraverso l'uso di strumenti appropriati, per esempio scale e questionari per la valutazione della dispnea, è possibile comprendere se la limitazione riguarda le attività ricreative (sport, hobby) o le attività di vita quotidiana (camminare, lavarsi ecc.). In relazione a quanto emerge da tali valutazioni vanno selezionati gli esercizi.

Gli esercizi possono essere multiarticolari o monoarticolari. Nei soggetti con malattia lieve o moderata si consiglia di scegliere gli esercizi multiarticolari che coinvolgono i principali gruppi muscolari. In questo modo è possibile coinvolgere con pochi esercizi gran parte dei distretti muscolari e sviluppare, oltre alla forza, anche altre abilità quali la coordinazione e l'equilibrio.

Gli esercizi monoarticolari coinvolgono piccoli gruppi muscolari e sono più utili in pazienti con patologia respiratoria avanzata in quanto risultano di semplice esecuzione (necessitano di minor equilibrio e coordinazione) e provocano meno dispnea.

In generale, per i pazienti con malattia respiratoria vengono consigliati 4-6 esercizi che coinvolgano sia gli arti superiori sia quelli inferiori. Nel caso in cui il soggetto svolga anche un allenamento aerobico con attività che interessano principalmente i muscoli degli arti inferiori (cammino, cyclette) è preferibile scegliere 3-4 esercizi per gli arti superiori e 2-3 per gli arti inferiori.

Di seguito vengono riportati alcuni esempi di esercizi che possono essere utilizzati per l'allenamento della forza nei soggetti con malattia respiratoria.

• *Arms press* (Fig. 9.2) Muscoli coinvolti: deltoidi. Posizione di partenza: posizione seduta o eretta con braccia abdotte a 90°, gomiti flessi a 90° (posizione a candelabro). Esercizio:

**Fig. 9.2** Posizione di partenza dell'esercizio *arms press*.

- impugnare i manubri;
- estendere i gomiti elevando l'intero arto superiore;
- tornare nella posizione di partenza.

• *Bench press* (Fig. 9.3) Muscoli coinvolti: pettorali, deltoidi anteriori, tricipiti brachiali. Posizione di partenza: supina, assicurandosi che capo, colonna vertebrale e anche siano a contatto con la panca e che la pianta dei piedi sia a contatto con il pavimento. Esercizio:

- stendersi sulla panca;
- impugnare la barra a una larghezza maggiore di quella tra le spalle, girare il pollice attorno al bilanciere;
- togliere dal supporto il bilanciere;
- abbassare il bilanciere fino al torace, senza toccarlo;
- alzare il bilanciere fino alla posizione di partenza.

**Fig. 9.3** Posizione di partenza dell'esercizio *bench press*.

Durante l'esecuzione dell'esercizio vanno sempre mantenuti i punti di contatto. Nel caso in cui non vi sia supervisione, affinché l'esercizio sia svolto in sicurezza è importante assicurarsi che il soggetto sia in grado di togliere e soprattutto riposizionare il bilanciere sul supporto. A tale scopo è indispensabile che al termine delle ripetizioni non sia stato raggiunto l'esaurimento muscolare.

Variante: anziché il bilanciere è possibile utilizzare i manubri, da preferire nel caso in cui l'esercizio venga svolto senza supervisione.

• *Biceps curl* (Fig. 9.4) Muscoli coinvolti: bicipiti brachiali. Posizione di partenza: posizione eretta; piedi ben appoggiati al pavimento a una distanza l'uno dall'altro pari a quella tra le spalle; ginocchia leggermente flesse; colonna vertebrale in posizione neutrale. Esercizio:

- impugnare i manubri mantenendo il palmo delle mani rivolto in avanti;
- avvicinare i manubri al braccio mantenendo il palmo delle mani rivolto verso il braccio;
- tornare nella posizione di partenza.

Variante: anziché i manubri è possibile utilizzare un bilanciere.

• *Squat* Muscoli coinvolti: quadricipiti, glutei. Posizione di partenza: stazione eretta con i piedi divaricati (distanza pari a quella tra le spalle) e ben appoggiati al pavimento. Esercizio:

**Fig. 9.4** Esecuzione del *biceps curl*.

- posizionare il bilanciere sul supporto a un'altezza che consenta di toglierlo e riposizionarlo con la sola flessione degli arti inferiori;
- impugnare il bilanciere a una larghezza maggiore di quella tra le spalle mantenendo il palmo delle mani rivolto in avanti;
- appoggiare il bilanciere sulle spalle e quindi rimuoverlo dal supporto facendo un passo avanti;
- flettere gli arti inferiori fino a raggiungere con le ginocchia un angolo di 90° (non superare con le ginocchia la punta dei piedi);
- tornare nella posizione di partenza.

Variante: anziché il bilanciere è possibile utilizzare i manubri.

• *Leg extension* (Fig. 9.5) Muscoli coinvolti: quadricipiti. Posizione di partenza: posizione seduta con la schiena appoggiata (preferibilmente usare una panca con schienale). Esercizio:

- assumere la posizione seduta sull'apposita panca;
- posizionare il peso davanti alle caviglie, mantenendo le ginocchia flesse;
- estendere le ginocchia a fine range;
- tornare nella posizione di partenza.

Variante: anziché il macchinario è possibile utilizzare delle cavigliere.

• *Calf raising* (Fig. 9.6) Muscoli coinvolti: gastrocnemi. Posizione di partenza: vedi *squat.* Esercizio:

- elevarsi sulla punta dei piedi;
- tornare nella posizione di partenza.

**Fig. 9.5** Esecuzione di *leg extension*.

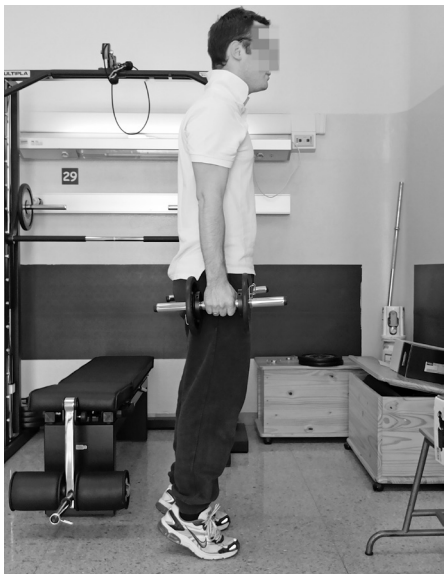

**Fig. 9.6** Esecuzione di *calf raising*.

Variante: anziché il bilanciere è possibile utilizzare i manubri.

Nei soggetti con importante retrazione a livello dei muscoli tricipiti surali è possibile utilizzare un piccolo rialzo sotto i talloni.

## Modalità di esecuzione degli esercizi

- Ritmo di movimento lento: 2-3 secondi in contrazione concentrica e 3-4 secondi in eccentrica.
- Range di movimento completo e non doloroso.
- Movimenti fluidi nella fase sia di contrazione sia di rilassamento, senza lunghe interruzioni tra una ripetizione e l'altra ponendo attenzione alla durata dei periodi di pausa.
- Inspirazione in fase eccentrica, espirazione in fase concentrica (per evitare la manovra di Valsalva).
- Nell'esecuzione degli esercizi per i muscoli dell'arto superiore è consigliata la retroversione del bacino per evitare l'iperlordosi lombare.

Nella scelta degli esercizi va necessariamente selezionata anche la tipologia di contrazione a cui sottoporre il muscolo. Generalmente nei programmi di allenamento con pesi sono richieste contrazioni concentriche ed eccentriche.

Le contrazioni isometriche sono state poco indagate nei soggetti con malattia respiratoria cronica. Anche rispetto alle contrazioni isocinetiche sono disponibili scarse informazioni. Questo tipo di contrazione, va ricordato, è poco funzionale in quanto in natura difficilmente il movimento avviene a velocità angolare costante; inoltre la contrazione isocinetica richiede l'impiego di macchinari costosi e scarsamente diffusi.

## Seduta tipo

• *Fase di riscaldamento* La fase di riscaldamento è fondamentale per evitare traumi e consente una prestazione muscolare migliore. Deve comprendere:

- 5-10 minuti di attività aerobica leggera (cammino, cyclette): aumenta il flusso sanguigno ai diversi distretti muscolari;
- esercizi dinamici di mobilizzazione (flesso-estensioni a carico naturale, circonduzioni, slanci): incrementano la fluidità del liquido sinoviale all'interno delle articolazioni;
- esercizi a basso carico: migliorano l'abilità al movimento, riducono l'incidenza di strappi e stiramenti.

• *Fase di allenamento* Esecuzione degli esercizi secondo intensità e volume impostati. Iniziare con quelli multiarticolari e proseguire con quelli monoarticolari.

• *Fase di defaticamento a fine seduta* È importante che la seduta di allenamento con pesi preveda una fase di defaticamento. Tale fase richiede 5-10 minuti e può essere svolta con attività aerobiche leggere e/o con esercizi senza carico. Inoltre, a fine seduta e/o dopo aver completato tutte le serie di ciascun esercizio, è fondamentale allungare la muscolatura che è stata sottoposta al carico allenante. Sono quindi necessari esercizi di stretching (mantenere l'allungamento per 30-60 secondi con sensazione di tensione non dolorosa).

## Training a circuito

Esiste una particolare modalità di allenamento definita allenamento tramite circuiti. Questo tipo di allenamento migliora la resistenza muscolare e cardiovascolare e sviluppa la coordinazione.

Consiste nella combinazione di esercizi da eseguirsi in sequenza per un tempo determinato (da 1 a 5 minuti) intervallati da brevi pause. La serie di esercizi può essere ripetuta affinché la sessione della seduta allenante sia di almeno 20 minuti.

Il training a circuito è utilizzato prevalentemente in età pediatrica. I pattern naturali di attività fisica dei bambini sono, infatti, caratterizzati da brevi e vigorosi periodi di sforzo intervallati da periodi di attività lieve-moderata.

Solo alcuni studi ne hanno indagato i benefici nei soggetti adulti e anziani con malattia respiratoria cronica. I risultati sembrano indicare la possibilità di utilizzare il training a circuito per variare i programmi di esercizio fisico e quindi migliorare l'aderenza che nel lungo termine tende a essere scarsa.

Di seguito, forniamo un esempio di circuito.

- *Esercizi*

- *Calf raising*: posizione eretta, sollevarsi sulle punte dei piedi e mantenere la posizione per 10 secondi. Tornare alla posizione di partenza. Riposo di 10 secondi. Ripetere per 10 volte.
- Addominali: posizione supina, ginocchia flesse a 90°, anche flesse a 45°, sollevare le spalle dal pavimento, mantenere la posizione per 5 secondi. Tornare alla posizione di partenza. Riposo di 5 secondi. Ripetere per 6 volte.
- Arti superiori: impugnare un peso di 500 g in ciascuna mano, inspirando abdurre gli arti superiori a 90°. Espirando tornare nella posizione di partenza. Ripetere 20 volte.
- Cyclette: pedalare per 2 minuti a un'intensità elevata (70-80% FCmax).

- *Pausa tra un esercizio e l'altro* 1 minuto.

- *Serie* L'intero circuito va ripetuto 3 volte.

- *Riposo tra le serie* 5 minuti.

### Tempo

Non sono riportate in letteratura informazioni specifiche sulla durata della singola seduta.

Essa dipende essenzialmente dal numero di esercizi e dall'entità delle pause di recupero tra una serie e l'altra. In generale si sconsiglia di prolungare la singola sessione oltre un'ora.

L'allenamento va eseguito tutto l'anno senza periodi di riposo eccessivamente lunghi che determinerebbero la perdita dei risultati conseguiti. È fondamentale comunque dare un'indicazione precisa al paziente sulla durata del programma.

Gli studi condotti su soggetti con pazienti BPCO o fibrosi cistica hanno utilizzato in media 5 esercizi con una durata media del programma di 12 settimane.

## PROGRESSIONE DELL'INTENSITÀ

Quando il soggetto riesce a eseguire più di 12 ripetizioni di seguito senza arrivare all'esaurimento muscolare è necessario incrementare il carico.

L'entità dell'incremento va selezionata sulla base della tipologia di esercizio e quindi in relazione al gruppo muscolare coinvolto: si consiglia un piccolo incremento per gli esercizi che coinvolgono pochi muscoli e un incremento maggiore per esercizi che coinvolgono grandi gruppi muscolari. In generale si utilizzano incrementi di 0,5-1 kg nel primo caso e incrementi di 1-2 kg nel secondo caso.

Alcuni autori suggeriscono una progressione del carico pari al 2-10% del peso iniziale a seconda dell'obiettivo che si desidera raggiungere [37].

La scelta va comunque effettuata durante la seduta di allenamento verificando se il nuovo carico consenta di eseguire il numero di ripetizioni necessarie per raggiungere l'esaurimento muscolare.

## CONTROINDICAZIONI

Il *resistance training* è un allenamento adatto per uomini e donne di tutte le età: esso si è dimostrato sicuro nei soggetti anziani e nei soggetti affetti da patologia respiratoria cronica.

Affinché l'allenamento sia sicuro è comunque necessario rispettare alcune regole, in parte anticipate nei paragrafi precedenti e qui di seguito sintetizzate:

- nelle prime settimane utilizzare basse intensità;
- arrivare all'intensità allenante in modo progressivo;
- assicurarsi che il gesto richiesto da ogni esercizio sia stato perfettamente appreso (sono necessarie più sedute di familiarizzazione);
- includere sempre nel programma fase di riscaldamento e di raffreddamento;
- nel caso in cui il *resistance training* venga svolto senza supervisione, prestare particolare attenzione alla scelta dell'intensità, degli esercizi e della modalità di svolgimento (pesi liberi, macchinari ecc.) e assicurarsi che il soggetto sia in grado di condurre il programma senza rischi.

Se queste semplici regole vengono rispettate, il *resistance training* non dovrebbe comportare rischi. Anzi, è stato dimostrato che il *resistance training*, migliorando la forza ma anche la coordinazione e l'equilibrio, riduce il rischio di traumi da caduta o di altra natura.

Va comunque ricordato che alcune condizioni patologiche rappresentano una controindicazione al *resistance training*. Nello specifico è consigliato evitare di sottoporre a un allenamento alla forza soggetti con angina instabile, ipertensione non controllata, gravi aritmie, insufficienza cardiaca cronica scompensata cronica e grave ipertensione polmonare. Nei pazienti con malattia respiratoria avanzata, che spesso presentano più comorbilità, è fondamentale operare all'interno di un'équipe multidisciplinare, allo scopo di individuare le modalità allenanti più efficaci ma anche più sicure.

**Messaggi chiave**

- I soggetti con malattia respiratoria cronica presentano frequentemente una riduzione della forza muscolare.
- Nei soggetti con BPCO un programma finalizzato ad aumentare la forza muscolare consente di migliorare l'abilità nello svolgimento delle attività di vita quotidiana e la qualità di vita.
- I programmi di allenamento per la forza muscolare richiedono l'impostazione di parametri specifici.
- L'intensità del carico è il parametro cruciale nel determinare l'efficacia dell'allenamento.
- Nelle prime settimane di allenamento l'intensità deve essere moderata, soprattutto nei soggetti che non hanno mai eseguito esercizi per la forza.
- Tra una sessione di allenamento e l'altra sono raccomandate 48-72 ore di pausa per promuovere l'adattamento cellulare e stimolare l'ipertrofia associata all'aumento della forza.
- Sono raccomandate tre serie per ogni esercizio incluso nel programma.
- La scelta degli esercizi deve essere individualizzata ma si consiglia di preferire esercizi che coinvolgano più gruppi muscolari.
- È necessario assicurarsi che gli esercizi siano perfettamente appresi e che il soggetto sia in grado di eseguirli autonomamente senza rischi.

## BIBLIOGRAFIA


1. Clark CJ, Cochrane L, Mackay E. Low intensity peripheral muscle conditioning improves exercise tolerance and breathlessness in COPD. Eur Respir J 1996;9:2590-6.
2. Bernard S, Whittom F, Leblanc P et al. Aerobic and strength training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 1999;159(3):896-901.
3. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD. Am J Respir Crit Care Med 1996;153:976-80.
4. Marquis K, Debigare R, Lacasse Y, et al. Midthigh muscle cross-sectional area is a better predictor of mortality than body mass index in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 2002;166:809-13.
5. Ries AL, Bauldoff GS, Carlin BW et al. Pulmonary Rehabilitation, Joint ACCP/AACVPR Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. Chest. 2007;131:4S-42.
6. Serres I, Gautier V, Varray A, Préfaut C. Impaired skeletal muscle endurance related to physical inactivity and altered lung function in COPD patients. Chest 1998;113:900-3.
7. Larsson L, Ansved T. Effect of long-term physical training and detraining on enzyme histochemical and functional skeletal muscle characteristics in man. Muscle Nerve 1985;8:714-22.
8. Marcotte JE, Canny GJ, Grisdale R. Effect of nutritional status on exercise performance in advanced cystic fibrosis. Chest 1986;90:375-379.
9. Tirakitsoontorn P, Nussbaum E, Moser C et al. Fitness, acute exercise, and cataboliv mediators in cystic fibrosis. Am J Respir Crit Care Med 2001;164:1432-7.
10. DeCramer M, deBock V, Dom R. Functional and histologic picture of steroid-induced myopathy in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 1996;153:1958-64.
11. Barry SC, Gallagher CG. Corticosteroids and skeletal muscle function in cystic fibrosis. J Appl Physiol 2003;95:1379-84.
12. Eliason G, Abel-Halim S, Arvidsson B et al. Physical performance and muscular characteristics in different stages of COPD. Scand J Med Sci Sports 2008;19:865-70.
13. de Meer K, Gulmans VA, van Der Laag J. Peripheral muscle weakness and exercise capacity in children with cystic fibrosis. Am J Respir Crit Care Med 1999;159:748-54.
14. Klijn PH, Terheggen-Lagro SW, Van der Ent CK et al. Anaerobic exercise in pediatric cystic fibrosis. Pediatr Pulmonol 2003;36:223-9.
15. Klijn PH, Oudshoorn A, van der Ent CK et al. Effects of anaerobic training in children with cystic fibrosis. A randomized controlled study. Chest 2004;125:1299-305.
16. Orenstein DM, Hovell MF, Mulvihill M et al. Strenght vs aerobic training in children with cystic fibrosis: a randomized controlled trail. Chest 2004;126:1204-14.
17. Wells G, Wilkes DL, Schneiderman JE et al. Skeletal muscle metabolism in cystic fibrosis and primary ciliary dyskinesia. Pediatr Res 2011;69(1)40-5.
18. Lamhonwah AM, Bear CE, Huan B et al. Cystic fibrosis transmembrane conductance regulator in human muscle dysfunction causes abnormal metabolic recovery in exercise. Ann Neurol 2010;67:802-8.
19. Craig AW, Benden C, Stevens D et al. Exercise training in children and adolescents with cystic fibrosis: theory into practice. Int J Pediatr 2010;ID 670640:7.
20. O'Shea SD, Taylor NF, Paratz J. Peripheral muscle strength training in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. Chest 2004;126:903-14.
21. O'Shea SD, Taylor NF, Paratz JD. Progressive resistance exercise improves muscle strength and may improve elements of performance of daily activities for people with COPD. A systematic review. Chest 2009;136:1269-83.
22. Storer TW. Exercise in chronic pulmonary disease: resistance exercise prescription. Med Sci Sports Exerc 2001;33:S680-6.

23. Casaburi R, Bhasin S, Cosentino L, et al. Effects of testosterone and resistance training in men with chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 2004;170:870-8.
24. American Thoracic Society, European Respiratory Society. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease: a joint statement of the American Thoracic Society and European Respiratory Society. Am J Respir Crit Care Med 1999;159:S1-40.
25. Remels AH, Gosker HR, van den Velden J, et al. Systemic inflammation and skeletal dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease: state of the art and novel insights in regulation of muscle plasticity. Clin Chest Med 2007;28:537-52.
26. Strasser B, Siebert U, Schobersberger W. Effects of resistance training on respiratory function in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. Sleep Breath 2013;17:217-26.
27. Spruit MA, Gosselink R, Troosters T et al. Resistance versus endurance training in patients with COPD and peripheral muscle weakness. Eur Respir J 2002;19:1072-8.
28. Normandin EA, McCusker C, Connors M et al. An evaluation of two approaches to exercise conditioning in pulmonary rehabilitation. Chest 2002;121:1085-91.
29. Ortega F, Toral J, Cejudo P et al. Comparison of effects of strength and endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 2002;166:669-74.
30. Wurtemberger G, Bastian K. Functional effects of different training in patients with COPD. Pneumologie 2001;55:553-62.
31. Wurtemberger G, Bastian K. Functional effects of different training in patients with COPD. Pneumologie 2001;55:553-62.
32. Mador MJ, Bozkanat E, Aggarwal A et al. Endurance and strength training in patients with COPD. Chest 2004;125:2036-45.
33. Ries AL, Ellis B, Hawkins RW. Upper extremity exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. Chest 1988;93:688-92.
34. Sivori M, Rhodius E, Kaplan P et al. Exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. Comparative study of aerobic training of lower limbs vs combination with upper limbs. Medicina 1998;58:717-27.
35. Heinonen A, Kannus P, Sievänen H et al. Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. Lancet 1996;348:1343-7.
36. McEvoy CE, Ensrud KE, Bender E et al. Association between corticosteroid use and vertebral fractures in older men with chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 1998;157:704-9.
37. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease benefits. rationale, safety, and prescription. Circulation 2000;101:828-33.
38. Wernborn M, Augustsson J, Thomee R. The influence of frequency, intensità, volume and mode of strenght training on whole muscle cross-sectional aerea in humans. Sports Med 2007;37(83):225-64.
39. Evans WJ. Exercise training guidelines for the elderly. Med Sci Sports Exerc 1999;31(1):12-7.
40. 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 Sports Exerc 1998;30:975-91.
41. American College of Sports Medicine. Position Stand: progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc 2009;41(3):687-708.
42. Puhan MA, Schunemann HJ, Frey M et al. How should COPD patients exercise during respiratory rehabilitation? Comparison of exercise modalities and intensities to treat skeletal muscle dysfunction. Thorax 2005;60:367-75.
43. Kaelin ME, Swank AM, Adams KJ et al. Cardiopulmonary responses, muscle soreness, and injury during the one repetition maximum assessment in pulmonary rehabilitation patients. J Cardiopulm Rehabil 1999;19:366-72.
44. Wernborn M, Augustsson J, Thomee R. The influence of frrequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional aera in humans. Sports Med 2007;37(3):225-64.
45. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Applications of the dose-response for muscular strenght development: a review of metanalytic efficacy and reliability for designing training prescription. J Strenght Con Res 2005;19(4):950-8.
46. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD. A meta analysis to determine the dose response for strength development. Med Sci Sports Exerc 2003;35:456-64.
47. Bickel CS, Slade J, Mahoney E et al. Time corse of molecular responses of human skeletal muscle to acute bouts of resistance exercise. J Appl Physiol 2005;98(2):482-8.
48. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E et al. American models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc 2002;34:364-80.