

## Stato dell'arte dell'allenamento con sovraccarichi in età pediatrica: indicazioni e precauzioni

T. MORO<sup>1</sup>, A. BIANCO<sup>2</sup>, A. D. FAIGENBAUM<sup>3</sup>, A. PAOLI<sup>1</sup>

PEDIATRIC RESISTANCE TRAINING: CURRENT ISSUES AND CONCERNS

**The impact of a sedentary lifestyle during childhood and adolescence on pathological processes has become a major public health threat. Regular participation in a variety of physical activities during the pediatric years could reduce chronic disease and improve the quality of life of active participants. Although resistance training (RT) was once considered inappropriate for youth, there is a compelling body of evidence which demonstrate the safety and efficacy of RT for children and adolescents. In addition to increasing muscular strength, RT can result in favorable changes in body composition, bone mineral density and motor skill performance provided that the training program is well-designed and supervised by qualified professionals. Preseason conditioning programs which include RT have also been found to reduce sports-related injuries in young athletes. The purpose of this review is to evaluate the risks and benefits associated with youth RT and discuss program design considerations for promoting RT in school- and community-based programs as an on-going lifestyle choice.**

**KEY WORDS:** Resistance training - Child - Fitness.

Con l'aumentare della sedentarietà e del numero dei giovani in sovrappeso<sup>1, 2</sup> e la difficoltà di questi ultimi a praticare un'attività sportiva, sia essa di gruppo o

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze Biomediche Università degli Studi di Padova, Padova, Italia

<sup>2</sup>Dipartimento di Scienze Sportive (DISMOT) Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italia

<sup>3</sup>Department of Health and Exercise Science College of New Jersey, Ewing, NJ, USA

individuale, è andata aumentando la frequenza nei centri fitness. In questi centri, dove l'attività non è competitiva e quindi è meno sentito il confronto con i pari, i giovani cominciano, ad un'età una volta ritenuta inadatta, ad utilizzare l'allenamento con sovraccarichi o RT. Anche negli allenamenti di discipline sportive, le più varie, sempre più spesso il RT viene usato come attività integrativa anche nei giovani. È importante quindi cercare di analizzare in dettaglio i benefici e i limiti di questo tipo di attività in età pediatrica. Useremo il termine allenamento con sovraccarichi o *resistance training* (RT) a indicare un metodo di allenamento che richiede un uso progressivo di vari sovraccarichi, differenti velocità esecutive e svariate modalità di allenamento che includono l'uso di macchine da potenziamento, pesi liberi (manubri e bilancieri) ma anche elastici, piccoli attrezzi come palle mediche ed il peso del corpo. Nella nostra analisi useremo quindi il termine RT per indicare tutta questa serie di metodiche

Autore di contatto: A. Paoli, Dipartimento di Scienze Biomediche, Università degli Studi di Padova, Padova, Italia.

e differenziandole dal sollevamento pesi che è una disciplina olimpica dove l'obiettivo è riuscire a sollevare il massimo peso possibile durante una competizione con gesti tecnicamente ben definiti (slancio e strappo). Sottolineiamo questo punto per maggiore chiarezza e per rendere fruibile la lettura anche a chi non ha familiarità con questa terminologia.

Un'altra doverosa precisazione va fatta per chiarire cosa s'intende con età pediatrica: l'ambito d'interesse dei medici pediatri riguarda i bambini di età compresa tra 0 e 14 anni; i ragazzi, invece, tra i 14 e 18 anni sono considerati adolescenti. Questa distinzione risulta fondamentale se si considera lo sviluppo neuromotorio del soggetto e aiuta a spiegare la diffidenza che molti hanno nel somministrare esercizi con sovraccarichi a bambini ed adolescenti. Le numerose, ormai classiche, ricerche che hanno studiato lo sviluppo neuromotorio del bambino<sup>3-6</sup> hanno rilevato delle età sensibili per sviluppare le differenti capacità condizionali; nella prima infanzia (4-5 anni) i bambini sono maggiormente predisposti allo sviluppo della resistenza, mentre l'andamento dello sviluppo del sistema nervoso centrale favorisce l'addestramento alla destrezza e alla velocità fino ai 14 anni circa; solo con l'inizio dello sviluppo sessuale, momento in cui si ha l'incremento di testosterone, GH e tiroxina<sup>7,8</sup>, si gettano le basi per l'allenamento della forza (Tabella I).

Tuttavia, la forza è strettamente correlata allo sviluppo antropometrico dei segmenti corporei e in questo periodo l'apparato lo-

comotore non ha ancora raggiunto il suo accrescimento completo; questa evidenza porta molti medici ed allenatori a credere che allenamenti mirati alla forza massima, con sovraccarichi o tecniche intense, possano arrecare danni alle strutture muscolo scheletriche<sup>9,10</sup>. La risposta ad allenamenti di forza è quindi differente: i bambini reagiscono prevalentemente con adattamenti neurali<sup>11-14</sup> mentre, dopo la pubertà la risposta sembrerebbe maggiormente indirizzata verso una risposta ipertrofica<sup>10</sup>. Tuttavia, i dati in letteratura su questo argomento sono poco consistenti<sup>12,15</sup>. Ricerche condotte su giovani atleti di sollevamento pesi hanno dimostrato che, con una corretta progressione degli allenamenti, i giovani riuscivano ad ottenere miglioramenti significativi nella forza, e l'impegno neuromuscolare che i movimenti di questa disciplina richiedono (strappo, stacchi, slanci olimpici) sono stati ottimi stimoli per lo sviluppo della coordinazione neuromotoria<sup>16</sup>.

### Benefici del resistance training in età pediatrica

La maggior parte delle ricerche in ambito pediatrico sull'esercizio fisico si sono concentrate in quelle attività il cui scopo è migliorare la fitness cardiovascolare<sup>17-20</sup> soprattutto per contrastare gli effetti secondari che obesità e vita sedentaria hanno sull'apparato cardiocircolatorio. A questo scopo, sono numerosi gli studi che affrontano gli allenamenti di endurance, mentre il resistance training è stato preso in con-

TABELLA I. — Fasi sensibili dell'allenamento delle capacità condizionali.

Anni	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Mobilità articolare	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rapidità	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Resistenza	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Forza	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

siderazione solo da pochi anni a questa parte. Tale visione può essere dovuta sia ad una sorta di “atteggiamento prevenuto” nei confronti dei sovraccarichi, visti come qualcosa di innaturale applicato ad un organismo in crescita, sia alla maggiore facilità di categorizzare e definire l'esercizio di endurance ma anche di prescriverlo. Infatti mentre le variabili dell'esercizio di endurance sono abbastanza limitate (durata, intensità e tipo di gesto: corsa, pedalata, ecc.) le variabili dell'esercizio con i sovraccarichi sono più numerose e complesse. Infatti l'esercizio di RT è composto da numerose elementi come: 1) il tipo di azione muscolare (importanza data alla fase eccentrica o concentrica); 2) il tipo di carico usato; 3) il volume dell'allenamento (numero totale di serie e ripetizioni); 4) la scelta degli esercizi e struttura della seduta di allenamento (ad esempio il numero di gruppi muscolari allenati); 5) la sequenza degli esercizi; 6) i recuperi tra le serie; 7) la velocità del gesto; e 8) la frequenza dell'allenamento<sup>21, 22</sup>.

Come per gli adulti, anche in età pediatrica gli studi fin qui condotti hanno evidenziato che la sola attività aerobica non è sufficiente per poter influenzare positivamente la composizione corporea<sup>17, 23-26</sup>, e il ruolo dell'attività con sovraccarichi diviene quindi fondamentale per incrementare il consumo energetico e l'attivazione metabolica post esercizio<sup>26-31</sup>.

Il RT ha degli effetti positivi anche sul controllo insulinico<sup>32-35</sup>, in particolare, studi condotti su giovani adolescenti sembrano confermare l'ipotesi che l'allenamento con sovraccarichi sia capace di agire a livello muscolare migliorando la sensibilità all'insulina, condizione fondamentale per prevenire l'insorgenza del diabete<sup>36, 37</sup>.

Per quanto riguarda il controllo delle patologie metaboliche, in particolare delle dislipidemie (ADA), alcuni studi hanno indagato l'effetto del RT sulle lipoproteine plasmatiche in bambini ed adolescenti, evidenziando una riduzione significativa dell'LDL ematico<sup>38-42</sup>.

Infine, ma non meno importante, contrariamente a quanto ritenuto per molti anni,

l'allenamento con sovraccarichi sembra essere anche in grado di ridurre la pressione sanguigna<sup>43-45</sup> e per questo può essere considerato, insieme all'endurance training, come una cura non farmacologica nell'ipertensione infantile.

Dai dati presenti in letteratura sembrerebbe che attività miste, comprendenti sia la componente aerobica che quella di resistenza, siano le più indicate per il miglioramento della composizione corporea<sup>24, 26, 46-48</sup> e dell'apparato cardiovascolare<sup>49-52</sup>. Va aggiunto inoltre come questa tipologia di allenamento si avvicini molto al gioco dei giovani, che si vedono spesso impegnati ad alternare fasi di corsa (aerobico) e momenti di balzi o lanci (forza e potenza). Quest'ultimo punto va sottolineato in quanto l'aspetto psicologico dell'allenamento non può essere sottovalutato quando si lavora con i bambini: un'attività puramente aerobica, come la corsa, non sempre è sufficientemente stimolante predisponendo il soggetto al rischio di abbandono del programma di allenamento. Un'altra considerazione importante va fatta in riferimento allo sviluppo della capacità ed abilità dei giovani obesi, solitamente con abitudini sedentarie e poco propensi al movimento; utilizzare esercizi con sovraccarichi, e non ciclici come quelli aerobici, può avere non solo il vantaggio di intensificare l'allenamento, ma può offrire la possibilità di insegnare gli schemi motori di base, rendendo la seduta di allenamento più funzionale allo sviluppo psicomotorio del bambino e più facilmente approcciabile da tutti.

Negli ultimi dieci anni la ricerca scientifica si è soffermata anche ad indagare gli effetti sul rimodellamento osseo. Una credenza comune ritiene che l'allenamento con sovraccarichi nei giovani atleti aumenti il rischio di danni alle cartilagini, causando un rallentamento nella crescita ossea del bambino. Questo mito prende origine da uno studio effettuato su giovani giapponesi, in cui la bassa statura dei bambini veniva correlata positivamente ai lavori con carichi importanti a cui erano sottoposti<sup>53</sup>. Nonostante questo fosse l'unico studio con simili risultati (tra l'altro

correlati anche a un'alimentazione insufficiente), lo scetticismo da parte di molti sulla sicurezza di allenamenti con sovraccarichi in età giovanile si fonda sulla considerazione che le cartilagini di accrescimento possono essere anche cinque volte più deboli rispetto al tessuto connettivo che le circonda, e quindi meno resistenti alle forze di torsione e di carico<sup>54, 55</sup>. Ad ogni modo, non sono presenti studi in letteratura che riportino danni cartilaginei in seguito ad programmi di lavoro con esercizi di forza<sup>56-59</sup> anzi, le ricerche condotte nell'ultimo decennio hanno smentito la pericolosità di tale allenamento, dimostrando al contrario che atleti di sollevamento pesi possiedono valori maggiori di densità ossea<sup>60, 61</sup>. L'allenamento con sovraccarichi rappresenta di fatto uno stimolo osteogenico, già in età preadolescenziale<sup>62-64</sup>, e diviene quindi uno strumento importate di prevenzione dell'osteoporosi. Bisogna, infatti, considerare che il picco massimo di massa ossea si raggiunge tra i 18 e i 28 anni<sup>65, 66</sup>, e bassi livelli di densità ossea sono predittori negativi di osteoporosi. Per questo motivo bisogna cercare di aumentare il più possibile il contenuto minerale osseo nell'età della preadolescenza e dell'adolescenza, fascia d'età in cui l'osso risponde in maniera più efficace alle forze di compressione e tensione che stimolano il rimodellamento osseo. In considerazione di quanto detto fin qui le più attuali linee guida per l'attività fisica, ad esempio quelle della National Strength Conditioning Association (NSCA)<sup>67-69</sup> hanno, infatti, inserito l'esercizio con sovraccarichi all'interno dei programmi di allenamento per i giovani.

Un altro aspetto meritevole di considerazione è l'effetto preventivo che il RT può avere sugli infortuni sportivi. Gli infortuni correlati alle attività sportive sono numerosi anche in età giovanile<sup>70-72</sup>, e possono provocare, oltre che a un danno acuto, degli effetti negativi all'apparato osteoarticolare (osteoartriti, ecc.) nel lungo periodo<sup>70, 72</sup>. Normalmente, l'attività preposta alla prevenzione degli infortuni durante il periodo di gara è affidata alla preparazio-

ne atletica, che comprende attività di rinforzo di tipo pliometrico (una contrazione dinamica eccentrica seguita da una rapida contrazione concentrica) e con sovraccarichi per condizionare e allenare l'apparato muscolare alla stagione agonistica. Gli studi finora condotti su questa tematica sono tra loro contrastanti: da un lato le ricerche effettuate su atlete di sport di squadra hanno evidenziato che l'inserimento nel periodo di preparazione atletica di esercizi con sovraccarichi e attività di potenza, quali balzi e salti, riducono dell'88% il rischio di infortuni al legamento crociato anteriore (LCA)<sup>73</sup>. Le atlete che hanno partecipato ad un'attività pliometrica specifica hanno ridotto significativamente il numero di infortuni del ginocchio rispetto al gruppo di controllo<sup>74</sup> oltre che aumentare le prestazioni nelle azioni di potenza, quali squat jump e contromovement squat jump<sup>75</sup>; un altro dato interessante riguarda la lombalgia in età giovanile, studi su atleti di sollevamento pesi hanno infatti evidenziato il ruolo fondamentale che l'allenamento con sovraccarichi ha nella prevenzione dell'insorgenza di lombalgie adolescenziali, poiché permette di allenare la resistenza ed incrementare la stabilità dei muscoli lombari<sup>76, 77</sup> e della cintura addominale. A questo proposito, rappresentano un utile strumento preventivo anche gli esercizi che coinvolgono gli arti inferiori, con particolare attenzione all'aspetto posturale<sup>10</sup>. Contrastanti sono invece i risultati più recenti di Pfeiffer<sup>78</sup>, il quale non riscontra un miglioramento sugli infortuni da non contatto al LCA in seguito a una preparazione durante il periodo agonistico di tipo pliometrico, e di Steffen<sup>79</sup>, nella cui ricerca non si sono evidenziati miglioramenti introducendo esercizi pliometrici nel riscaldamento di giovani giocatrici di football. Questi dati confermano la difficoltà nello studio del RT, in cui le variabili da considerare sono numerose come già accennato prima: tempistica, tipologia di esercizi, volume ed intensità degli allenamenti<sup>21</sup>.

Non ci sono tuttavia indagini che riconducano al RT e agli strumenti utilizzati (pesi,

corpo libero, piccoli attrezzi) gli infortuni di giovani atleti; uno studio prospettico condotto su giovani atleti di football, basketball e calcio, ha riportato un'incidenza riconducibile al RT dello 0,7%<sup>80</sup> a dimostrazione che le cause andrebbero piuttosto ricercate sull'inadeguato utilizzo degli attrezzi da parte degli atleti e su sproporzionati carichi di lavoro<sup>81-83</sup>.

La scelta di utilizzare protocolli di lavoro con sovraccarichi è quindi ormai consolidata a livello scientifico per gli adolescenti<sup>34, 68, 84, 85</sup> mentre tra i medici di medicina generale e i pediatri di libera scelta permangono forti resistenze e preclusioni dovute a informazioni non aggiornate. È importante quindi che le più aggiornate conoscenze sugli effetti dei sovraccarichi sui giovani vengano condivise e diffuse così come le linee guida fondamentali per un esercizio sicuro. Per quanto riguarda le fasce più giovani, anche se la ricerca sembra suggerire effetti positivi senza rischi per la salute, sarebbero auspicabili ulteriori conferme e ricerche di supporto all'efficacia di tali protocolli.

### Linee guida

Sulla base delle osservazioni qui sopra riportate, sono state stilate delle linee guida sul RT nei giovani che permettessero di indirizzare allenatori ed insegnanti nell'inserimento di esercizi di forza nei programmi di allenamento<sup>68, 69, 86</sup>. L'approccio ideale è di incorporare il RT in maniera progressiva, con variazioni adeguate d'intensità e volume durante l'anno<sup>87</sup>, tenendo presente la maturazione psicosomatica del bambino.

Un programma di RT dovrebbe quindi rispettare:

1. riscaldamento iniziale e defaticamento finale;
2. scelta degli esercizi e sequenzialità logica nell'esecuzione;
3. intensità e volume dell'allenamento;
4. recuperi tra serie ed esercizi;
5. velocità esecutive adeguate;
6. frequenza degli allenamenti;
7. diversificazione degli allenamenti.

Diviene fondamentale la presenza di allenatori qualificati che supervisionino il programma di allenamento, che si assicurino che gli esercizi vengano eseguiti con la tecnica corretta e in condizioni di assoluta sicurezza<sup>88, 90</sup>.

Le linee guida<sup>86, 88</sup> consigliano un riscaldamento iniziale di 5-10 minuti che contenga movimenti dinamici (andature, skip e salti) per i maggiori distretti corporei, allo scopo di aumentare la temperatura, attivare le unità motorie e migliorare la mobilità articolare<sup>88, 91</sup>. Al termine dell'allenamento è invece consigliabile un defaticamento con esercizi callistenici e stretching statico per rilassare il corpo e migliorarne la flessibilità.

La scelta corretta degli esercizi dovrebbe tenere conto delle misure antropometriche del bambino, considerarne il livello di fitness e l'esperienza motoria. Si possono utilizzare pesi liberi o macchine; piccoli attrezzi come le palle mediche o gli elastici, purché s'inizi con carichi relativamente leggeri ed esercizi semplici, per poi progredire gradualmente verso esecuzioni più complesse. È preferibile utilizzare protocolli di lavoro che allenino tutti i distretti corporei, scegliendo in prima battuta esercizi per i maggiori gruppi muscolari e, in un secondo momento, per gruppi più piccoli; a questo proposito è utile insegnare prima esercizi multi articolari (che coinvolgono più muscoli contemporaneamente) e poi quelli mono articolari (selettivi nell'attivazione muscolare) (Tabella II).

Il volume e l'intensità dell'allenamento sono determinati dal numero di serie e ripetizioni che si utilizzano, e di conseguenza dal carico impiegato. Sarebbe opportuno identificare il carico utilizzabile mediante un test massimale, ma se il test 1RM non è eseguibile, si può procedere per prove ed errori. Le linee guida consigliano di eseguire 1-3 serie da 6-15 ripetizioni per gli esercizi di forza: una progressione corretta potrebbe essere, quindi, iniziare con 1 o 2 serie da 15 ripetizioni, in cui il carico non sarà elevato e che servirà per imparare la corretta esecuzione

TABELLA II. — *Diversi tipi di metodi di potenziamento muscolare.*

	Vantaggi	Svantaggi
Corpo libero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilita l'apprendimento del movimento</li> <li>- Utile nelle fasi iniziali del programma di allenamento</li> <li>- Reclutamento delle principali masse muscolari</li> <li>- Migliora la coordinazione motoria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il carico non aumenta proporzionalmente allo sviluppo della forza</li> <li>- Non ci sono numerose varianti agli esercizi</li> </ul>
Pesi o piccoli attrezzi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Migliora coordinazione neuromuscolare</li> <li>- Coinvolge muscolatura sinergica</li> <li>- Incremento graduale del carico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non adatti a riprodurre gesti tecnici specifici</li> <li>- Elevato stress metabolico e plastico</li> <li>- Necessità di apprendimento del gesto tecnico</li> </ul>
Macchine isotoniche	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilità d'esecuzione</li> <li>- Maggior controllo del movimento</li> <li>- Selettività nel reclutamento muscolare</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non adatto allo sviluppo delle capacità coordinative</li> <li>- Non adatti a riprodurre gesti tecnici specifici</li> </ul>
Palle mediche	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Migliora l'esplosività</li> <li>- Migliora forza</li> <li>- Migliora velocità d'esecuzione</li> <li>- Migliora l'equilibrio e la coordinazione</li> <li>- Adatto a riprodurre un gesto tecnico specifico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carichi leggeri</li> <li>- Non permette di sviluppare la forza massima</li> </ul>
Elastici	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Migliora la coordinazione neuromuscolare</li> <li>- Ottimi per la prevenzione/recupero degli infortuni</li> <li>- Adatto a riprodurre un gesto tecnico specifico</li> <li>- Minor rischio di danni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sviluppo della tensione solo nella fase finale del movimento</li> <li>- Non permette di sviluppare la forza rapida</li> <li>- Non permette di sviluppare la forza massima</li> </ul>

TABELLA III. — *Tabella esercizi base e complementari (modificata da Paoli A & Neri M)<sup>92</sup>.*

Esercizi base	Esercizi complementari
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traiettorie riconducibili ad una retta</li> <li>- Adatti a condizionamenti di forza e generali</li> <li>- Grande sinergia muscolare</li> <li>- Pluriarticolari</li> <li>- Stabilizzano l'articolazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traiettorie riconducibili ad archi di circonferenza</li> <li>- Adatti a condizionamenti specifici</li> <li>- Bassa sinergia muscolare</li> <li>- Monoarticolari</li> <li>- Utilizzo di carichi ridotti ed elevato numero di ripetizioni</li> </ul>

dell'esercizio <sup>92</sup>, per poi passare ad aumentare il numero di serie e a diminuire le ripetizioni, riuscendo a sollevare carichi più impegnativi (aumentare gradualmente del 5-10%) e massimizzare quindi gli incrementi di forza e potenza. Quando si inseriscono esercizi di tipo pliometrico e movimenti ripresi dal sollevamento pesi, quindi di natura più intensa con lo scopo di migliorare la potenza muscolare, è fondamentale controllare che l'esecuzione del gesto sia corretta, e preferire un minor numero di ripetizioni (3-6) per 1-3 serie; questo accorgimento permette di prevenire gli effetti negativi della fatica e sal-

vaguardare l'apparato muscoloscheletrico dagli infortuni.

Nella scelta degli esercizi è inoltre importante stimolare la muscolatura in maniera bilanciata, per non stressare eccessivamente le articolazioni, e rinforzare il distretto del core (addome e regione lombare) con esercizi specifici.

Un altro aspetto cruciale è il recupero tra le serie e gli esercizi: se la pausa è troppo corta l'espressione di forza può venire compromessa <sup>93, 94</sup>; tuttavia, i giovani hanno tempi di recupero più celeri rispetto agli adulti (i bambini più degli adolescenti) <sup>95-99</sup> e riescono a resistere alla fatica più

a lungo<sup>99, 100</sup> per questo pause di circa 1 minuto possono essere sufficienti se l'intensità dell'esercizio è moderatamente intensa.

Anche la velocità di esecuzione è un elemento importante<sup>87</sup>, si consigliano velocità controllate per poter eseguire correttamente il movimento. Tuttavia esercizi che richiedono una componente esplosiva, come i movimenti pliometrici e quelli ripresi dal sollevamento pesi, vanno eseguiti con velocità maggiori ma cercando sempre la corretta esecuzione.

Le linee guida consigliano, infine, di introdurre il RT 2-3 volte alla settimana in giorni non consecutivi per poter ottenere degli incrementi di forza rilevabili. Alcuni studi hanno dimostrato che allenare la forza nei giovani una sola volta settimana non è sufficiente per ricavare dei miglioramenti significativi<sup>96, 101, 102</sup>, ma è efficace per mantenere i risultati ottenuti dopo periodi di RT<sup>103</sup>.

La varietà degli esercizi e la diversificazione delle metodiche di allenamento sono accorgimenti importanti per il raggiungimento degli obiettivi del RT, per questo si suggerisce di alternare allenamenti finalizzati all'incremento della forza (con carichi più elevati) all'aumento della velocità (con carichi moderati ed esecuzioni esplosive). Nella periodizzazione degli allenamenti si devono comprendere dei periodi di pausa per il recupero fisico e psicologico del soggetto.

Infine, bisogna sempre tener presente il passato motorio del bambino, i suoi obiettivi e le sue necessità, costruendo programmi di allenamento il più possibile individualizzati. A questo scopo, sarebbe opportuno introdurre momenti di educazione al corretto stile di vita, in cui si enfatizzano l'importanza di una corretta alimentazione<sup>104</sup> idratazione<sup>105</sup> e di un sufficiente numero di ore di sonno<sup>106, 107</sup>.

## Conclusioni

Malgrado le resistenze che molti medici e allenatori ancora manifestano riguardo la

pericolosità del RT in età pediatrica, le evidenze scientifiche dimostrano che l'allenamento di forza ha degli effetti benefici sia sullo stile di vita di giovani ed adolescenti, poiché incrementa il metabolismo basale riducendo il rischio di sviluppare patologie quali il diabete, la sindrome metabolica, obesità e malattie cardiovascolari<sup>108, 109</sup>; sia sull'accrescimento osseo<sup>110-113</sup> e sullo sviluppo neuromuscolare<sup>68, 114</sup>. I suoi effetti benefici si estendono anche in ambito sportivo, con effetti preventivi dei principali infortuni osteoarticolari<sup>55, 73, 74</sup> e, come mezzo di incremento delle prestazioni in termini di incremento di velocità e potenza<sup>85, 115-119</sup>.

La letteratura scientifica offre un consistente supporto alla diffusione del RT nei protocolli di lavoro anche per bambini e adolescenti, purché si rispettino le comuni regole di incremento progressivo dei carichi, e nel rispetto del grado di sviluppo individuale del soggetto.

## Riassunto

L'impatto di uno stile di vita sedentario durante l'infanzia e l'adolescenza sui processi patologici è diventato un'importante problema di salute pubblica. Una partecipazione regolare a vari tipi di attività fisica durante l'età pediatrica può contribuire a ridurre l'incidenza di malattie croniche e a migliorare la qualità della vita nei partecipanti. Anche se l'allenamento con sovraccarichi o resistance training (RT) è stato in passato considerato inadatto ai giovani, negli ultimi anni sono apparse evidenze scientifiche convincenti che dimostrano la sicurezza e l'efficacia del RT per bambini ed adolescenti. Il RT non solo consente di aumentare la forza muscolare ma produce modifiche positive della composizione corporea, densità minerale ossea e performance motoria a patto che il programma di allenamento sia adeguatamente costruito e somministrato da professionisti preparati. Inoltre la preparazione atletica includente anche il RT è stato dimostrato essere in grado di ridurre gli infortuni legati alla pratica sportiva nei giovani atleti. Lo scopo di questa review è di valutare i rischi ed i benefici associati alla pratica del RT nei giovani e di analizzare le modalità di strutturazione di programmi di allenamento che possano aiutare a promuovere la pratica del RT nelle scuole e nelle associazioni come parte strutturante di un stile di vita sano.

## References

1. Rodriguez-Hernandez A, Cruz-Sanchez Ede L, Feu S, Martinez-Santos R. Inactivity, obesity and mental health in the spanish population from 4 to 15 years of age. *Rev Esp Salud Publica* 2011;85:373-82.
2. Blair SN. Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century. *Br J Sports Med* 2009;43:1-2.
3. Schmidt RA. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review* 1975;82:225.
4. Largo RH, Cafilisch JA, Hug F, Muggli K, Molnar AA, Molinari L. Neuromotor development from 5 to 18 years. Part 2: associated movements. *Dev Med Child Neurol* 2001;43:444-53.
5. Largo RH, Cafilisch JA, Hug F, Muggli K, Molnar AA, Molinari L *et al.* Neuromotor development from 5 to 18 years. Part 1: timed performance. *Dev Med Child Neurol* 2001;43:436-43.
6. Huttenlocher PR, Dabholkar AS. Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *J Comp Neurol* 1997;387:167-78.
7. Hills AP, Byrne NM. An overview of physical growth and maturation. *Med Sport Sci* 2010;55:1-13.
8. Rogol AD. Gender and hormonal regulation of growth. *J Pediatr Endocrinol Metab* 2004;17(Suppl 4):1259-65.
9. Maone A. *Crescere con lo sport*. Milano: Alea Edizioni; 2000.
10. Manno R. Muscle strength development in children and adolescents: training and physical conditioning. *Med Sport* 2008;61:273-97.
11. Ozmun JC, Mikesky AE, Surburg PR. Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:510-4.
12. Ramsay JA, Blimkie CJ, Smith K, Garner S, MacDougall JD, Sale DG. Strength training effects in prepubescent boys. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:605-14.
13. Granacher U, Goesele A, Roggo K, Wischer T, Fischer S, Zuerny C *et al.* Effects and mechanisms of strength training in children. *Int J Sports Med* 2011;32:357-64.
14. Israel S. *Age-related changes in strength and special groups. Strength and Power in Sport 1992*; Oxford: Blackwell Scientific Edition; 1992.
15. Mersch F, Stoboy H. Strength training and muscle hypertrophy in children. *Children and Exercise* 1989;13:165-82.
16. Dimitrov D. Age to begin with weightlifting training. *Proceedings of the International Weightlifting Symposium. Budapest: International Weightlifting Federation; 1993. p. 25-30.*
17. Honkola A, Forsen T, Eriksson J. Resistance training improves the metabolic profile in individuals with type 2 diabetes. *Acta Diabetol* 1997;34:245-8.
18. D'Hooge R, Hellinckx T, Van Laethem C, Stegen S, De Schepper J, Van Aken S *et al.* Influence of combined aerobic and resistance training on metabolic control, cardiovascular fitness and quality of life in adolescents with type 1 diabetes: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2011;25:349-59.
19. Kim Y, Lee S. Physical activity and abdominal obesity in youth. *Appl Physiol Nutr Metab* 2009;34:571-81.
20. Riddell MC, Iscoe KE. Physical activity, sport, and pediatric diabetes. *Pediatr Diabetes* 2006;7:60-70.
21. Paoli A. Resistance training: the multifaceted side of exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2012;302:E387.
22. Paoli A, Bianco A. Not all exercises are created equal. *Am J Cardiol* 2012;109:305.
23. Lo MS, Lin LL, Yao WJ, Ma MC. Training and detraining effects of the resistance vs. endurance program on body composition, body size, and physical performance in young men. *J Strength Cond Res* 2011;25:2246-54.
24. Santos AP, Marinho DA, Costa AM, Izquierdo M, Marques MC. The effects of concurrent resistance and endurance training follow a detraining period in elementary school students. *J Strength Cond Res* 2012;26:1708-16.
25. Shaw BS, Shaw I, Mamen A. Contrasting effects in anthropometric measures of total fatness and abdominal fat mass following endurance and concurrent endurance and resistance training. *J Sports Med Phys Fitness* 2010;50:207-13.
26. Paoli A, Pacelli F, Bargossi AM, Marcolin G, Guzzinati S, Neri M, Bianco A, Palma A. Effects of three distinct protocols of fitness training on body composition, strength and blood lactate. *J Sports Med Phys Fitness* 2010;50:43-51.
27. Farinatti PT, Castinheiras Neto AG. The effect of between-set rest intervals on the oxygen uptake during and after resistance exercise sessions performed with large- and small-muscle mass. *J Strength Cond Res* 2011;25:3181-90.
28. Kelleher AR, Hackney KJ, Fairchild TJ, Keslacy S, Ploutz-Snyder LL. The metabolic costs of reciprocal supersets vs. traditional resistance exercise in young recreationally active adults. *J Strength Cond Res* 2010;24:1043-51.
29. Da Silva RL, Brentano MA, Kruel LF. Effects of different strength training methods on postexercise energetic expenditure. *J Strength Cond Res* 2010;24:2255-60.
30. Drummond MJ, Vehrs PR, Schaalle GB, Parcell AC. Aerobic and resistance exercise sequence affects excess postexercise oxygen consumption. *J Strength Cond Res* 2005;19:332-7.
31. Schuenke MD, Mikat RP, McBride JM. Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management. *Eur J Appl Physiol* 2002;86:411-7.
32. Bateman LA, Slentz CA, Willis LH, Shields AT, Piner LW, Bales CW *et al.* Comparison of aerobic versus resistance exercise training effects on metabolic syndrome (from the Studies of a Targeted Risk Reduction Intervention Through Defined Exercise - STRRIDE-AT/RT). *Am J Cardiol* 2011;108:838-44.
33. Slentz CA, Bateman LA, Willis LH, Shields AT, Tanner CJ, Piner LW *et al.* Effects of aerobic vs. resistance training on visceral and liver fat stores, liver enzymes, and insulin resistance by HOMA in overweight adults from STRRIDE AT/RT. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2011;301:E1033-9.
34. de Mello MT, de Piano A, Carnier J, Sanches Pde L, Correa FA, Tock L *et al.* Long-term effects of aerobic plus resistance training on the metabolic syndrome and adiponectinemia in obese adolescents. *J Clin Hypertens (Greenwich)* 2011;13:343-50.
35. Hernan Jimenez O, Ramirez-Velez R. Strength training improves insulin sensitivity and plasma lipid levels without altering body composition in overweight and obese subjects. *Endocrinol Nutr* 2011;58:169-74.
36. Poehlman ET, Dvorak RV, DeNino WF, Brochu M, Ades PA. Effects of resistance training and endurance training on insulin sensitivity in nonobese, young women: a controlled randomized trial. *J Clin Endocrinol Metab* 2000;85:2463-8.
37. Landt KW, Campaigne BN, James FW, Sperling MA.



- Effects of exercise training on insulin sensitivity in adolescents with type I diabetes. *Diabetes Care* 1985;8:461-5.
38. Costa RR, Lima Alberton C, Tagliari M, Martins Krueh LF. Effects of resistance training on the lipid profile in obese women. *J Sports Med Phys Fitness* 2011;51:169-77.
  39. Elmahgoub SM, Lambers S, Stegen S, Van Laethem C, Cambier D, Calders P. The influence of combined exercise training on indices of obesity, physical fitness and lipid profile in overweight and obese adolescents with mental retardation. *Eur J Pediatr* 2009;168:1327-33.
  40. Sung RY, Yu CW, Chang SK, Mo SW, Woo KS, Lam CW. Effects of dietary intervention and strength training on blood lipid level in obese children. *Arch Dis Child* 2002;86:407-10.
  41. Weltman A, Janney C, Rians CB, Strand K, Katch FI. The effects of hydraulic-resistance strength training on serum lipid levels in prepubertal boys. *Am J Dis Child* 1987;141:777-80.
  42. Fripp RR, Hodgson JL. Effect of resistive training on plasma lipid and lipoprotein levels in male adolescents. *J Pediatr* 1987;111:926-31.
  43. Phillips B, Williams J, Atherton P, Smith K, Hildebrandt W, Rankin D, Greenhaff P *et al.* Resistance exercise training improves age-related declines in leg vascular conductance and rejuvenates acute leg blood flow responses to feeding and exercise. *J Appl Physiol* 2012;112:347-53.
  44. Rossow LM, Fahs CA, Sherk VD, Seo DI, Bembem DA, Bembem MG. The effect of acute blood-flow-restricted resistance exercise on postexercise blood pressure. *Clin Physiol Funct Imaging* 2011;31:429-34.
  45. Clark BC, Manini TM, Hoffman RL, Williams PS, Guiler MK, Knutson MJ *et al.* Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. *Scand J Med Sci Sports* 2011;21:653-62.
  46. Tompkins CL, Moran K, Preedom S, Brock DW. Physical activity-induced improvements in markers of insulin resistance in overweight and obese children and adolescents. *Curr Diabetes Rev* 2011;7:164-70.
  47. Shaibi GQ, Cruz ML, Ball GD, Weigensberg MJ, Salem GJ, Crespo NC *et al.* Effects of resistance training on insulin sensitivity in overweight Latino adolescent males. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:1208-15.
  48. Kendrick IP, Harris RC, Kim HJ, Kim CK, Dang VH, Lam TQ *et al.* The effects of 10 weeks of resistance training combined with beta-alanine supplementation on whole body strength, force production, muscular endurance and body composition. *Amino Acids* 2008;34:547-54.
  49. Sartorio A, Lafortuna CL, Silvestri G, Narici MV. Effects of short-term, integrated body mass reduction program on maximal oxygen consumption and anaerobic alactic performance in obese subjects. *Diabetes Nutr Metab* 2003;16:24-31.
  50. Lafortuna CL, Resnik M, Galvani C, Sartorio A. Effects of non-specific vs individualized exercise training protocols on aerobic, anaerobic and strength performance in severely obese subjects during a short-term body mass reduction program. *J Endocrinol Invest* 2003;26:197-205.
  51. Sothorn MS, Loftin M, Blecker U, Udall JN Jr. Impact of significant weight loss on maximal oxygen uptake in obese children and adolescents. *J Investig Med* 2000;48:411-6.
  52. Suskind RM, Blecker U, Udall JN Jr, von Almen TK, Schumacher HD, Carlisle L *et al.* Recent advances in the treatment of childhood obesity. *Pediatr Diabetes* 2000;1:23-33.
  53. Kato J. Obstructed growth of children bone's due to exercise labour in remote corner. Proceedings of the International Congress of Sports Sciences. Tokyo: Japanese Union of Sports Science; 1964.
  54. Faigenbaum AD, Micheli IJ. Preseason conditioning for the preadolescent athlete. *Pediatr Ann* 2000;29:156-61.
  55. Micheli IJ, Glassman R, Klein M. The prevention of sports injuries in children. *Clin Sports Med* 2000;19:821-34.
  56. Behm DG, Faigenbaum AD, Falk B, Klentrou P. Canadian Society for Exercise Physiology position paper: resistance training in children and adolescents. *Appl Physiol Nutr Metab* 2008;33:547-61.
  57. Behm DG, Wahl MJ, Button DC, Power KE, Anderson KG. Relationship between hockey skating speed and selected performance measures. *J Strength Cond Res* 2005;19:326-31.
  58. Calfas KJ, Taylor WC. Effects of physical activity on psychological variables in adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 1994;6:406.
  59. Malina RM. Weight training in youth-growth, maturation, and safety: an evidence-based review. *Clin J Sport Med* 2006;16:478-87.
  60. Conroy BP, Kraemer WJ, Maresh CM, Fleck SJ, Stone MH, Fry AC *et al.* Bone mineral density in elite junior Olympic weightlifters. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:1103-9.
  61. Virvidakis K, Georgiou E, Korkotsidis A, Ntalles K, Proukakis C. Bone mineral content of junior competitive weightlifters. *Int J Sports Med* 1990;11:244-6.
  62. Bass SL. The prepubertal years: a uniquely opportune stage of growth when the skeleton is most responsive to exercise?. *Sports Med* 2000;30:73-8.
  63. Bellew JW, Gehrig L. A comparison of bone mineral density in adolescent female swimmers, soccer players, and weight lifters. *Pediatr Phys Ther* 2006;18:19-22.
  64. Ferry B, Duclos M, Burt L, Therre P, Le Gall F, Jaffre C *et al.* Bone geometry and strength adaptations to physical constraints inherent in different sports: comparison between elite female soccer players and swimmers. *J Bone Miner Metab* 2011;29:342-51.
  65. Shivane VK, Sarathi V, Lila AR, Bandgar T, Joshi SR, Menon PS *et al.* Peak bone mineral density and its determinants in an Asian Indian Population. *J Clin Densitom* 2012;15:152-8.
  66. Roy D, Swarbrick C, King Y, Pye S, Adams J, Berry J *et al.* Differences in peak bone mass in women of European and South Asian origin can be explained by differences in body size. *Osteoporos Int* 2005;16:1254-62.
  67. Faigenbaum AD, Westcott WL. Youth strength training: programs for health, fitness, and sport. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers; 2009.
  68. Behm DG, Faigenbaum AD, Falk B, Klentrou P. Canadian Society for Exercise Physiology position paper: resistance training in children and adolescents. *Appl Physiol Nutr Metab* 2008;33:547-61.
  69. US Department of Health and Human Services. 2008 physical activity guidelines for Americans. Be active, healthy, and happy. Sept 22 2008 [cited 2012 march 11]. Available from: <http://www.health.gov/PAGuidelines/pdf/paguide.pdf>.
  70. Caine, DJ, Maffulli, N. Epidemiology of children's individual sports injuries. An important area of

- medicine and sport science research. *Med Sport Sci* 2005;48:1-7.
71. Erlandson MC, Sherar LB, Mirwald RL, Maffulli N, Baxter-Jones AD. Growth and maturation of adolescent female gymnasts, swimmers, and tennis players. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:34-42.
  72. Maffulli N, Longo UG, Spiezia F, Denaro V. Sports injuries in young athletes: long-term outcome and prevention strategies. *Phys Sportsmed* 2010;38:29-34.
  73. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY *et al.* Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med* 2005;33:1003-10.
  74. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes: a systematic review of neuromuscular training interventions. *J Knee Surg* 2005;18:82-8.
  75. Kotzamanidis C. Effect of plyometric training on running performance and vertical jumping in prepubertal boys. *J Strength Cond Res* 2006;20:441-5.
  76. Sjolie AN, Ljunggren AE. The significance of high lumbar mobility and low lumbar strength for current and future low back pain in adolescents. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001;26:2629-36.
  77. Bo Andersen L, Wedderkopp N, Leboeuf-Yde C. Association between back pain and physical fitness in adolescents. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006;31:1740-4.
  78. Pfeiffer RP, Shea KG, Roberts D, Grandstrand S, Bond L. Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:1769-74.
  79. Steffen K, Bakka HM, Myklebust G, Bahr R. Performance aspects of an injury prevention program: a ten-week intervention in adolescent female football players. *Scand J Med Sci Sports* 2008;18:596-604.
  80. Zariczyj B, Shattuck LJ, Mast TA, Robertson RV, D'Elia G. Sports-related injuries in school-aged children. *Am J Sports Med* 1980;8:318-24.
  81. Chalmers DJ, Samaranyaka A, Gulliver P, McNoe B. Risk factors for injury in rugby union football in New Zealand: a cohort study. *Br J Sports Med* 2012;46:95-102.
  82. Gabbett TJ. Incidence of injury in junior and senior rugby league players. *Sports Med* 2004;34:849-59.
  83. Fleck SJ, Falkel JE. Value of resistance training for the reduction of sports injuries. *Sports Med* 1986;3:61-8.
  84. Faigenbaum AD, Myer GD. Pediatric resistance training: benefits, concerns, and program design considerations. *Curr Sports Med Rep* 2010;9:161-8.
  85. Johnson BA, Salzberg CL, Stevenson DA. A systematic review: plyometric training programs for young children. *J Strength Cond Res* 2011;25:2623-33.
  86. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJR, Jeffreys I, Micheli LJ, Nitka M *et al.* Youth resistance training: updated position statement paper from the National Strength & Conditioning Association. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2009;23:S60.
  87. Kraemer WJ, Fleck SJ. Strength training for young athletes: Human Kinetics Publishers, 2005.
  88. Faigenbaum A, McFarland J. Guidelines for implementing a dynamic warm-up for physical education. *J Phys Educ Rec Dance* 2007;78:25.
  89. Jeffreys I. Quadrennial planning for the high school athlete. *Strength & Conditioning Journal* 2008;30:74.
  90. Mediate P, Faigenbaum A. Medicine ball for all kids. Monterey, CA: Healthy Learning; 2007.
  91. Robbins DW. Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *J Strength Cond Res* 2005;19:453-8.
  92. Paoli A, Neri M. Principi di metodologia del fitness. Cesena (FC): Erika editrice; 2010.
  93. De Salles BF, Simao R, Miranda F, Novaes Jda S, Lemos A, Willardson JM. Rest interval between sets in strength training. *Sports Med* 2009;39:765-77.
  94. Willardson JM, Burkett LN. The effect of rest interval length on bench press performance with heavy vs. light loads. *J Strength Cond Res* 2006;20:396-9.
  95. Dipla K, Tsirini T, Zafeiridis A, Manou V, Dalamitros A, Kellis E, Kellis S. Fatigue resistance during high-intensity intermittent exercise from childhood to adulthood in males and females. *Eur J Appl Physiol* 2009;106:645-53.
  96. Faigenbaum AD, Milliken LA, Loud RL, Burak BT, Doherty CL, Westcott WL. Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children. *Res Q Exerc Sport* 2002;73:416-24.
  97. Ratel S, Duche P, Williams CA. Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Med* 2006;36:1031-65.
  98. Falk B, Dotan R. Child-adult differences in the recovery from high-intensity exercise. *Exerc Sport Sci Rev* 2006;34:107-12.
  99. Zafeiridis A, Dalamitros A, Dipla K, Manou V, Galanis N, Kellis S. Recovery during high-intensity intermittent anaerobic exercise in boys, teens, and men. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:505-12.
  100. Faigenbaum AD, Ratamess NA, McFarland J, Kaczmarek J, Coraggio MJ, Kang J *et al.* Effect of rest interval length on bench press performance in boys, teens, and men. *Pediatr Exerc Sci* 2008;20:457-69.
  101. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *J Strength Cond Res* 2005;19:950-8.
  102. Blimkie C, Martin J, Ramsay J, Sale D, MacDougall D. The effects of detraining and maintenance weight training on strength development in prepubertal boys. *Can J Sport Sci* 1989;14:104.
  103. DeRenne C, Hetzler RK, Buxton BP, Ho KW. Effects of training frequency on strength maintenance in pubescent baseball players. *J Strength Cond Res* 1996;10:8-14.
  104. Cotunga N, Vickery CE, McBee S. Sports nutrition for young athletes. *J Sch Nurs* 2005;21:323-8.
  105. Casa DJ, Yeargin SW. Avoiding dehydration among young athletes. *ACSM's Health Fit J* 2005;9:20.
  106. Hayes D. Impact of inadequate sleep on unintentional injuries in adolescents. *Adolesc Med State Art Rev* 2010;21:491-507.
  107. Millman RP. Working Group on Sleepiness in Adolescents/Young Adults, AAP Committee on Adolescence. Excessive sleepiness in adolescents and young adults: causes, consequences, and treatment strategies. *Pediatrics* 2005;115:1774-86.
  108. McGuigan MR, Tataschiere M, Newton RU, Pettigrew S. Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese. *J Strength Cond Res* 2009;23:80-5.
  109. Sgro M, McGuigan MR, Pettigrew S, Newton RU. The effect of duration of resistance training interventions in children who are overweight or obese. *J Strength Cond Res* 2009;23:1263-70.
  110. Daly RM. The effect of exercise on bone mass and structural geometry during growth. *Med Sport Sci* 2007;51:33-49.

111. Faulkner RA, Bailey DA. Osteoporosis: a pediatric concern?. *Med Sport Sci* 2007;51:1-12.
112. Borer KT. Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women: interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Med* 2005;35:779-830.
113. MacKelvie KJ, Petit MA, Khan KM, Beck TJ, McKay HA. Bone mass and structure are enhanced following a 2-year randomized controlled trial of exercise in prepubertal boys. *Bone* 2004;34:755-64.
114. Faigenbaum AD, Myer GD. Pediatric resistance training: benefits, concerns, and program design considerations. *Curr Sports Med Rep* 2010;9:161-8.
115. Sedano S, Mathieu A, Redondo JC, Cuadrado G. Effects of plyometric training on explosive strength, acceleration capacity and kicking speed in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2011;51:50-8.
116. Markovic G, Mikulic P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Med* 2010;40:859-95.
117. Trzaskoma L, Tihanyi J, Trzaskoma Z. The effect of a short-term combined conditioning training for the development of leg strength and power. *J Strength Cond Res* 2010;24:2498-505.
118. Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Delhomel G, Brughelli M, Ahmaidi S. Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res* 2010;24:2715-22.
119. Diallo O, Dore E, Duche P, Van Praagh E. Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41:342-8.

*Conflitti di interesse.* — Gli autori dichiarano di non avere conflitti di interesse con nessuna ditta legata al contenuto del manoscritto.

Pervenuto il 18 gennaio 2013.

Accettato il 21 gennaio 2014.