

青少年のレジスタンストレーニング： NSCAポジションステイトメント 最新版

Youth Resistance Training: Updated Position Statement Paper From the
National Strength and Conditioning Association

Faigenbaum, Avery D¹; Kraemer, William J²; Blimkie, Cameron J R³; Jeffreys, Ian⁴; Micheli, Lyle J⁵;
Nitka, Mike⁶; Rowland, Thomas W⁷

【Author Information】

¹ Department of Health and Exercise Science, The College of New Jersey, Ewing, New Jersey 08628

² Department of Kinesiology, University of Connecticut, Storrs, Connecticut

³ Department of Kinesiology, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada

⁴ Department of Science and Sport, University of Glamorgan, Pontypridd, Wales, United Kingdom

⁵ Division of Sports Medicine, Children's Hospital, Boston, Massachusetts

⁶ Health and Physical Education Department, Muskego High School, Muskego, Wisconsin

⁷ Department of Pediatrics, Baystate Medical Center, Springfield, Massachusetts

要約

近年、学齢期の青少年は、発育上適切で、楽しく、また様々な種類の活動を含む中程度から高強度の身体活動に、毎日60分以上参加することが推奨されている(219)。習慣的な身体活動は、正常な発育発達にとって不可欠であるばかりでなく、子ども時代の活動的なライフスタイルは、後年、慢性疾患の発症リスクの低下にも役立つ可能性がある(196)。水泳、自転車などの有酸素性運動に加えて、適切な処方と監督下で行なわれるレジスタンストレーニングが、子どもや思春期の若者に顕著な恩恵をもたらすことを示唆する研究が徐々に増えている(28,66,111,139,147,234)。医学、フィットネス、スポーツなどの専門組織も、条件付きではあるが、青少年のレジスタンストレーニングを正式に受け入れている(5,6,8,12,18,33,104,167,192,215)。

近年、筋力を含め、体力や健康に関わる要因の強化を目指す、学校を中心とした総合的なプログラムが開発されている(169)。さらに、ヘルスクラブおよびスポーツコンディショニング業界は、青少年のフィットネス市場への参入を進めている。アメリカの6歳から17歳までのヘルスクラブの会員数は増加の一途をたどり(127,252)、また若年アスリートを対象に経営を行う民間のスポーツコンディショニング・センターも徐々に増加している。このように、子どもや思春期の若者の多くが学校、ヘルスクラブ、スポーツトレーニング・センター

でレジスタンストレーニングを行っているため、若い世代の健康、体力、および競技パフォーマンスの向上を実現するために、安全かつ効果的で、しかも楽しいトレーニング活動の確立が急務となっている。

全米ストレングス&コンディショニング協会(以下、NSCA)は、年齢に応じたガイドラインに従うことにより、成人と同様、思春期前および思春期の子どもについても、レジスタンストレーニングプログラムの効果を獲得できるということを認め、これを支持している。NSCAは1985年に青少年のレジスタンストレーニングに関する最初のポジションステイトメントを発表し(170)、1996年にその改訂版を公表した(72)。今回のレポートの目的は、1996年に発表した4つの主要な分野に関する提言を更新し、明確にすることである。それらの主要なテーマとは、

- (a) 青少年のレジスタンストレーニングに伴う潜在的な危険と懸念、
- (b) 青少年のレジスタンストレーニングが健康と体力にもたらす潜在的な効果、
- (c) 健康な子どもや思春期の若者が必要とするレジスタンストレーニングの種類と量、および
- (d) 長期のトレーニング適応を最適化するためのプログラムデザインの留意点

である。NSCAは、青少年のレジスタンストレーニングがもたらす解剖学的、生理学的、および心理社会的効果について、

科学的根拠を総合的に分析し、その結果に基づいてこのポジションステイトメントを作成した。運動科学者、医師、保健／体育教師など、子どもの運動科学、スポーツ医学、レジスタンストレーニングに関する問題の現場経験と研究分野の専門知識を有する委員によって専門家パネルが編成され、その専門的見解に基づいてこのポジションステイトメントが作成された。NSCA研究委員会は、NSCAが公式に承認する前に、ポジションステイトメントを再検討した。

このポジションステイトメントでは、「子ども (children)」という言葉は、第二次性徴(タナーの性成熟度段階の1と2、女子はほぼ11歳、男子はほぼ13歳)が発現する以前の少年少女を表す。この発達期間は「思春期前」と言われる。一方「思春期」という言葉は、幼年期と成人期の中間の時期を表し、12歳～18歳の女子と、14～18歳の男子(タナーの性成熟度段階の3と4)が含まれる。このポジションステイトメントでは、「青少年(youth)」および「若年アスリート(young athletes)」という言葉は、子どもと思春期の若者を含む年代と幅広く定義される。

「レジスタンストレーニング」という言葉は、健康、体力、競技パフォーマンスの向上を目的に計画された、広範囲の負荷と様々なトレーニング様式を漸進的に用いる専門的なコンディショニングの一形態として定義される。「レジスタンストレーニング」、「筋力トレーニング」および「ウェイトトレーニング」は、時には同じ意味で用いられる場合もあるが、「レジスタンストレーニング」には、より幅広いトレーニング様式と多様なトレーニング目標が含まれる。「ウェイトリフティング」は、スナッチやクリーン&ジャークなどの競技スポーツを意味する。

このポジションステイトメントは、NSCAが発表した現在までの勧告に基づいており、青少年のレジスタンストレーニングについての一般的な声明として役立つだろう。以下は、NSCAの現在の見解である。

1. 適切に計画され、監督されたレジスタンストレーニングプログラムは、青少年にとって比較的安全である
2. 適切に計画され、監督されたレジスタンストレーニングプログラムは、青少年の筋力とパワーを向上させることができる
3. 適切に計画され、監督されたレジスタンストレーニングプログラムは、心臓血管系のリスク特性を改善できる
4. 適切に計画され、監督されたレジスタンストレーニングプログラムは、青少年の運動スキルおよび競技パフォーマンスを向上させることができる
5. 適切に計画され、監督されたレジスタンストレーニングプログラムは、若年アスリートのスポーツ関連傷害に対する抵抗力を増強できる
6. 適切に計画され、監督されたレジスタンストレーニング

プログラムは、青少年の健全な心理社会的な健康の増進に役立つ

7. 適切に計画され、監督されたレジスタンストレーニングプログラムは、幼年期および思春期における運動習慣の促進と育成に役立つ

文献レビュー

青少年のレジスタンストレーニングに伴う危険と懸念

1970年代から1980年代にかけて、レジスタンストレーニングが子どもや思春期のアスリートに対してあまり勧められなかった理由の1つは、このタイプのエクササイズは傷害のリスクが高いと考えられていたことであった。この時代に広まった、青少年のレジスタンストレーニングに伴う傷害に対する懸念は、一つには、消費者製品安全委員会(Consumer Product Safety Commission)の全国電子傷害監視システム(National Electronic Injury Surveillance System: NEISS)が収集したデータに起因している。NEISSは、米国におけるエクササイズとトレーニング機器による傷害総数を把握するために、病院の救急治療室におけるデータを使用している(231,232)。しかしNEISSのデータは、発生した傷害がレジスタンスエクササイズや機器と関係しているという、「患者の証言」に基づいているため、実際にそのような活動や機器によって傷害が引き起こされたことと結論付けるのは適切ではない。実際に報告された傷害の多くは、不適切なトレーニング技術、過度な負荷、設計上問題のある機器、機器への不用意な接近、あるいは成人の有資格者による監督がなかったこと、などが原因であった。これらは、監督なしの状況で、不適切にレジスタンストレーニング機器を使用すると、傷害を引き起こす可能性が高いことを示している。しかしこれらの調査結果を、適切に計画、監督された青少年のレジスタンストレーニングプログラムにまで当てはめようとすることは誤りである。

レジスタンストレーニングに関するプロスペクティブ研究(前向き研究:現在から将来へ向けて、観察項目や時期を決めて行う研究)は、年齢に適したトレーニングガイドラインを守る場合には、子どもや思春期の若者の傷害リスクは低いことを示している。公表されているほとんどの研究において、レジスタンストレーニングプログラム参加中の明らかな臨床的傷害は報告されていない。様々なトレーニング様式と方法が適用されていたが、子どもの初期の能力に合ったトレーニングプログラムを確実にするために、すべてのトレーニングプログラムにおいて適切な監督と指導が行われていた。子どものレジスタンストレーニングによる傷害について報告している研究は、わずかに3件(1週間の休息で回復した肩関節の捻挫(187)、トレーニングセッションに1回出られなくなった肩の捻挫(144)、および5分の休息で回復した原因の特定できない大腿前部の痛み(198))が公表されて

いるのみである。研究では(187)、14週にわたる漸進的なレジスタンストレーニングを行ったが、筋骨格系の損傷の証拠(二相性のシンチグラフィによる測定)も、筋壊死の証拠(血清中クレアチンフォスホキナーゼ濃度による測定)も認められなかった。

他の多くの身体活動と同様に、青少年のレジスタンストレーニングも、筋骨格系の傷害が発生するリスクはある程度伴う。しかし、このリスクは子どもや思春期の若者が習慣的に参加している他の多くのスポーツやレクリエーション活動よりも高いとはいえない。学齢期の青少年を対象にスポーツ関連傷害の発生率を1年間にわたり調査したプロスペクティブ研究によると(258)、全傷害数1,576件の内、アメリカンフットボール19%、バスケットボール15%、サッカー2%であり、レジスタンストレーニングによる傷害は0.7%という結果であった。このデータから、学校でのチームスポーツ毎の選手数に対する傷害発生率を求めると、アメリカンフットボール28%、レスリング16.4%、体操競技13%が上位であった。高校生アスリートにおいて、レジスタンストレーニングに関連のある傷害は、一般に、トレーニング負荷の急激な増加または不適切なエクササイズテクニックが原因である(31,35,108,197)。

2005～2006年の「高校スポーツ関連傷害監視研究」の結果から、チームスポーツへの参加中に発生した傷害は推定140万件で、(練習と試合を含む)参加1,000回当たり2.4件の傷害が発生したことが明らかとなった(45)。調査を行った9種目のスポーツのうち、フットボールの傷害発生率が最も高く(1,000回中4.36件)、男子野球(1.19件)と女子ソフトボール(1.13件)の傷害発生率が最も低かった(45)。レジスタンストレーニング、ウェイトリフティング、およびその他のスポーツの相対的な安全性を比較したデータは限られている。しかし、青少年の傷害発生率のレトロスペクティブ研究(後ろ向き研究:現在から過去に遡ってデータを収集し、調査をする研究)からは、レジスタンストレーニングとウェイトリフティングの両方とも、他の多くのスポーツや身体活動よりも、明らかに安全なものであるということが示されている(114)。この報告において(114)、参加100時間当たりの総合的な傷害発生率をみると、レジスタンストレーニングとウェイトリフティングはそれぞれ0.0120と0.0013であったのに対し、ラグビーは0.8000であった。このような知見は、通常ウェイトリフティングは経験豊富なコーチが指導するという特徴があることと、高度な多関節リフティング種目の適切なテクニックを習得するためにトレーニング負荷を徐々に漸増するということによって、少なくとも部分的には説明できるかもしれない。有資格者が指導し、トレーニングプログラムに段階的漸進を適用したウェイトリフティング運動(スナッチ、クリーン&ジャーク、クリーンのバリエーション、プル、プレスなど)を青少年のレジスタンストレーニングプロ

グラムに取り入れた場合、傷害が全く発生しなかったこと、また筋力の有意な向上が達成されたことが報告されている(74,105,198,204)。

他の研究者もこれらの知見を支持し、若いウェイトリフターの傷害発生率を測定した結果、年齢に応じたトレーニングガイドラインに従い、有資格者のコーチから適切な指導を受けるのであれば、競技ウェイトリフティングは子どもや思春期の若者にとって比較的安全なスポーツであると結論付けた(38,182)。ウェイトリフティングは、他のレジスタンスエクササイズよりも複雑な神経系の活性化パターンを必要とするため、幼年期は、これらのリフティングを行うコーディネーションやスキルテクニックを発達させる理想的な時期といえるかもしれない(57)。練習中、試合中を問わず、適切に実施し、慎重に漸進させたウェイトリフティング運動は、青少年が日常的に参加する他のスポーツや活動よりもリスクが高いということを示す科学的根拠は今のところない。しかし、多関節運動のフリーウェイトエクササイズにおける傷害発生の可能性があるため(190)、青少年を指導するコーチは、これらのリフティングの指導には相当な時間が必要であることを認識し、また基本的なエクササイズ(フロントスクワットなど)からスキル転移エクササイズ(オーバーヘッドスクワットなど)へ、最後に競技リフティング(スナッチ、クリーン&ジャーク)へと漸進させるための十分な知識をもつ必要がある。

青少年のレジスタンストレーニングに関係するもう1つの懸念は、プライオメトリックトレーニング(ストレッチ・ショートニングサイクル・エクササイズとも言う)の子どもと青年期の若者に対する安全性と適切性である。伝統的な筋力エクササイズと異なり、プライオメトリックトレーニングでは、素早い伸張性筋活動に続いて素早い短縮性筋活動を行い、ダイナミックな運動を通して身体コンディショニングを整える(47,97)。筋の伸張と短縮を素早く行うと、短縮性筋活動で発揮される力は、短縮性筋活動直前に筋が伸張しなかった場合に比べ大きくなる(97)。最新の研究や臨床所見によると、年齢に相応しいプライオメトリックトレーニングが青少年にとって安全ではないという主張や、下半身のプライオメトリックトレーニングには予め決められた基準レベル以上の筋力(自重の1.5倍の1RMスクワット、など)が必要であるという主張は支持されない。実際、青少年アスリートがプライオメトリックエクササイズを含む総合的なレジスタンストレーニングプログラムを行った場合、動作のバイオメカニクスの改善、機能的能力の向上、スポーツ関連傷害の発生数の減少などの効果が明らかになっている(115,120,143,149,168)。

先行研究によると、プライオメトリックトレーニングは、適切に処方され実施された場合には、青少年のコンディショ

ニング方法として安全で価値が高いことが示唆されている(56,69,75,125,134,143,150,151,202)。プライオメトリックエクササイズには、通常、パワーを増大させるために、ストレッチ・ショートニングサイクルを利用するホップやジャンプが含まれる。運動場で遊んでいる子どもを観察すると、スキップやジャンプをするときの子どもの運動パターンはプライオメトリック活動であると考えられる。例えば、子どもが石けりをして四角いマスから四角いマスへとジャンプする場合、大腿四頭筋は着地のときに伸張性筋活動により引き伸ばされ、続いてジャンプをするときには短縮性筋活動によって短縮する。この種類のエクササイズは、本来ゲームではあるが、実際に動作スピードを速め、パワー発揮を高めるように身体を調整している。しかしながら、プライオメトリックトレーニングの強度や量、頻度が参加者の能力を上回った場合には、傷害や疾病が発生するおそれがある。症例報告では、12歳の少年が体育の授業でスクワットジャンプを過度に(250回以上)反復するよう指示された後、労作性横紋筋融解症を起こしたことが報告されている(48)。

青少年のレジスタンストレーニングに関して従来から懸念されていることは、トレーニングによる成長軟骨損傷の危険性である。成長軟骨は、成長中の子どもの身体の3箇所存在する。成長板(長骨の骨端部)、関節面の内側を覆う軟骨組織(関節軟骨)、そして主要な腱の骨への付着部(骨突起)である(161)。成長板は「骨の前駆組織」であり、隣接する結合組織よりも強度が弱いため、反復的な微細損傷により骨折しやすい(161)。場合によっては、この部分の損傷は、トレーニングの時間的損失だけでなく、大きな苦痛や成長障害(41)をもたらす可能性がある。1970年代と1980年代の複数のレトロスペクティブ研究が、思春期前(108)および思春期(25,31,108,128,194,197)の成長軟骨の傷害を指摘している。しかしこれらの傷害のほとんどは、不適切な挙上テクニック、最大負荷の挙上、あるいは有資格監督者の不在が原因であった。

子どもと思春期の若者は両者とも、成長軟骨の傷害を受けやすい。しかし、思春期前の子どもの成長軟骨は、実際にはかなり強く、剪断力に対する抵抗力があるため、このタイプの傷害が発生する危険性は、思春期の若者よりも少ないと思われる(160)。現在まで、青少年のレジスタンストレーニングに関するプロスペクティブ研究においては、成長軟骨の損傷は1件も報告されていない。さらに、レジスタンストレーニングが幼年期および思春期の発育や成熟にマイナスの影響を与えることを示唆する証拠は報告されていない(91,147)。

青少年のレジスタンストレーニングでは、反復動作による軟部組織損傷の可能性も懸念事項である。このタイプの傷害では、青少年が緊急治療室や医療機関を受診することがほとんどないので、傷害発生率を測定するのは難しい。それにもかかわらず、青少年の腰痛の罹患率が成人の罹患率に近づ

きつつあり、大きな公衆衛生問題となっている(9,131)。いくつかの報告によると、腰痛はレジスタンストレーニングプログラムに参加している高校生アスリートにおいて、最もよく見られる傷害である(31,35,190)。最大または最大に近い負荷でレジスタンストレーニングを行う思春期のパワーリフターを含む研究によると、報告された傷害の50%が下背部の傷害であった(35)。これらのデータの評価には、多くの要因を考慮する必要があるが(エクササイズテクニックやトレーニング負荷の漸進など)、全身の体力や下背部の健康状態の重要性を見過すことはできない。筋力、筋持久力、下背部の安定性が不十分であると、思春期の若者の現在および将来の腰痛に結びつくため(9,211)、レジスタンスエクササイズを含む予防的介入が、青少年の腰痛の罹患率や重篤性を低減する役割を果たす可能性がある。

注目すべき点は、家庭でエクササイズ機器を使用する、子どもと思春期の若者の傷害リスクが増加していることである(107,132)。危険な行動や機器の故障あるいは監督者の不在などが原因の一部であるが、幼い子どもは年長の子どもに比べると、家庭のエクササイズ機器により受傷する可能性が高いことが報告されている(132)。青少年のレジスタンストレーニングのガイドラインが守られなかった場合にも、重篤な傷害が起こる可能性がある。ある事例研究によると(56)、ベンチプレスのラックからバーベルが外れて胸に落ち、9歳の男子が死亡している(102)。これらの報告は、青少年のレジスタンストレーニングプログラムはすべて、成人の適切な監督と安全な機器を準備することの重要性を強調している。

子どもと思春期の若者に推奨されるどのようなエクササイズや運動にも、利益とリスクがある。レジスタンストレーニングやウェイトリフティングによって傷害が発生する可能性はあるが、そのリスクは、有資格者による監督、適切なプログラムデザイン、慎重な漸進およびトレーニング機器の慎重な選択によって最小限にすることができる。さらに、ワークアウト中における高負荷のリフティング回数を制限し、トレーニングセッション間に適切な休息を取らせ、一人ひとりの子どもの質問や不安に耳を傾けることによって、傷害の危険性は最小限に抑えることができる。一般に、青少年にも成人にも、レジスタンストレーニングによる同様の傷害リスクがある。思春期および思春期前の若者に対するレジスタンストレーニングプログラムを禁止する、安全上の正当な理由はないといえる。

青少年のレジスタンストレーニングの効果

発育発達に関与する生理学的要因は、幼年期から思春期にかけて常に変化している。発育年代の健康な子どもの場合、成長が進むにつれて、身長、体重、最大酸素摂取量、無酸素性能力、および筋力が著しく増加することが予想される(195)。

子どもによって変化率は異なるが、握力などのパフォーマンス変数は、通常、幼年期から10代の初めにかけて増加する(148)。従って、少量(セット数×反復回数×負荷)短期間のレジスタンストレーニングプログラムによる筋力の変化は、通常の成長による筋力の向上と見分けがつかないかもしれない(59,117)。トレーニングに対する適応を通常の発育発達と区別するためには、トレーニングによる十分な刺激と長期間のトレーニングが必要であることは明らかである。

有効な多数の科学的証拠により、レジスタンストレーニングプログラムの強度、量、継続期間が十分であれば、思春期前および思春期の若者の筋力が、通常の成長による筋力の増加よりも、大きく向上することが示されている(30,55,70,74,77,79,80,86-88,92,144,180,183,186,199,205,210,221,227,238,246,248,250)。さらに、青少年のレジスタンストレーニングに関する2件のメタ分析は、平均エフェクトサイズが0.57と0.75であったことを示している(94,179)。臨床所見および科学的証拠に基づくレビューと併せて、これらの知見を総合的に判断すると(28,66,111,139,147,200,234)、適切に計画されたレジスタンストレーニングプログラムによって、子どもと思春期の若者の筋力が、通常の発育発達による増加以上に大きく向上する可能性が示唆される。

大多数の研究サンプルには幅広い年齢が含まれるが(7歳から12歳)、5歳と6歳の子どももレジスタンストレーニングプログラムへの定期的な参加によって利益を得た(11,86,246)。トレーニング研究の期間は、大部分が8～20週間であるが(79,80,92,118,144,186,205,210,246)、2～3年間の継続的な研究も報告されている(93,198)。ウェイトマシンを使用した単一セットのトレーニングから(249)、様々な機器を利用した漸進的な複数セットのトレーニングプログラムまで(22,74,105,186,198,238)、多様なレジスタンストレーニングプログラムが効果的であることが証明されている。成人用(55,180,238,239)と子ども用(79,80,86,183,249)のウェイトマシン、フリーウェイト(22,55,74,94,105,198,199)、油圧式マシン(30,246)、空気圧式マシン(205)、メディシンボール(77,221)、エラスティックバンド(11)、等尺性筋活動(101,117,174)、および自重エクササイズ(17,92,210,236)などの、多様なトレーニング様式に関して研究が行われている。成人の集団でみられたように、青少年に起こるトレーニングに対する適応は、トレーニングを行った筋活動と筋群に特異的に起こる(97,174)。

8週間にわたる漸進的なレジスタンストレーニングによって、74%も筋力が向上したという報告がある(88)。しかし、青少年を対象にした短期間(8～20週間)のレジスタンストレーニングプログラムでは、一般的に約30%の筋力向上が観察されている。報告されている思春期前の子どもにおける相対的な筋力の向上(初期レベルからの変化率)は、思春期と

同程度である(144,174,180,248)。成人のアスリートは、思春期の若者よりも筋力が大きい傾向にあり(14)、思春期前の男子と女子において、筋力に大きな差があるという明確な証拠は得られていない(27,81,200)。絶対筋力増加という観点からみると、思春期の若者は子どもよりも筋力増加の程度が大きく(144,200,239)、成人は思春期の若者よりも筋力の増加がより大きいようだが(199)、いくつかの研究結果はこれらの研究結果とは異なっている(248)。

トレーニングによって獲得した筋力の持続について

青少年が、一時的または長期にわたりトレーニングを減少または中止した(デイトレーニングと呼ばれる)後の筋力評価は、デイトレーニング期間中の成長に伴う筋力増加の影響によって複雑になる(14)。若年者におけるデイトレーニングの影響について評価した研究は少ないが、限られたデータによると、子どもがトレーニングで獲得した筋力とパワーは永続的ではなく、デイトレーニングの間に、トレーニングをしていないコントロール群と同程度まで低下することが示唆されている(29,87,125,205,227)。デイトレーニング反応の特性と生理学的適応はまだ解明されていないが、レジスタンストレーニングとデイトレーニングに対する神経筋機能の変化とホルモン応答を考慮する必要がある。興味深いことに、研究者によると、8週間のデイトレーニング期間中の筋力は、トレーニング経験のないコントロール群と同じレベルに戻ったにもかかわらず、トレーニングに起因する子どものテストステロンと遊離アンドロゲン指標の上昇は維持されていたことが明らかになった(226,227)。

ほんのわずかだが、トレーニング頻度が子どもや思春期の若者の筋力とパワーの維持に及ぼす影響を調査した研究がある。思春期前の男子を対象にした研究において、20週間の漸進的なトレーニング後に、筋力維持を目的とした週1日のトレーニングプログラムを行ったが、獲得した筋力を維持するためには不十分であった(29)。一方、思春期の男子アスリートを対象にした別の研究では(35)、週1日のトレーニングと週2日のトレーニングは12週間のレジスタンストレーニングで向上した筋力を維持するためには、どちらも同様に十分であった(55)。別の研究では、10週間のプライオメトリックトレーニングに参加した子どもは、サッカーを含む少量のトレーニングを8週間行った後も、トレーニングで獲得したパワーを維持できたことが報告されている(56)。子どもに特異的な筋力維持トレーニングを提言するためには、さらなる情報が必要であることは明らかである。

プログラムの評価とテスト

トレーニング経験、プログラムデザイン、テストとトレーニングの特異性、機器の選択、指導内容、および学習効果のコ

ントロールの有無といった要因が、研究による筋力測定の結果に直接影響を及ぼす可能性がある。さらに、トレーニング後の筋力変化を評価する方法について注意する必要がある。例えば、いくつかの研究では、トレーニングとテストの様式が異なっている(180,205,246)。また、公表されているその他の報告では、比較的多レップ(例えば10RM)で筋力変化を評価している(74,88,144,248)。また筋力の変化は、実際のトレーニングで使用した機器を用いて、最大負荷の挙上(1RM測定)による評価も行われている(22,55,79,80,118,178,183,186,198,238)。

多くの臨床医や研究者は、高強度の負荷を用いると、子どもの身体に損傷を引き起こすということを理由に、トレーニングによる筋力変化の評価に1RMテストを使用しない。そのため子どもの最大の力発揮能力は、ほとんどの研究において直接測定されていない。しかし、子どもにおけるレジスタンストレーニングによる変化を評価するために、十分なウォームアップの時間、適切な負荷の漸増、経験豊富な指導者による適切な監督、および慎重に選択された最大筋力テスト(1RMテスト、最大等尺性筋力テスト、および最大等速性筋力テスト)によって行われたプロスペクティブ研究においては、傷害は報告されていない。ある研究では、96名の子どもが上半身と下半身のウェイトマシン・エクササイズによる各1回の1RMテストを行った(81)。報告によれば、異常や傷害は研究期間中に1件も発生せず、被験者はテストプロトコルに十分に耐えることができた。他の研究でも、子どもと思春期の若者において、フリーウェイトエクササイズを用いた1RMテストを安全に行うことができた(14,22,118,124,142,152,153,178,198,238)。

逆説的に言えば、青少年が参加する様々なスポーツやレクリエーション活動において、青少年の身体が受ける外力は、大抵の場合、時間と大きさのどちらも、監督下で適切に行われる最大筋力テストよりも大きいと思われる。このような観察と最新の研究結果とを合わせると、健康な子どもと思春期の若者が最大筋力を発揮する能力は、1RMテストにより安全に評価できることが示唆される。ただし、青少年は、テスト前に、適切なエクササイズテクニックを習得するための練習に参加する期間が必要であり、有資格の専門職がしっかりと各テストを監督し実施することが前提となる。最大筋力の評価に関する詳細な手順は、様々な資料から入手できる(81,140)。

臨床およびレクリエーション環境において、トレーニングによってもたらされた子どもと思春期の若者の筋力の変化を評価するために、最大筋力テストを用いることは可能である。しかし、1RMテストを適切に実施するためには人手も時間も必要である。従って、体育の授業など幾つかの例では、フィールドテストを使用することがより適切であり、時間効率もよいと思われる。研究者は、子どもにおける1RMテストと一般的なフィールドテスト(握力や幅跳びなど)との間に、

有意な相関関係があることを証明している(164)。いずれにせよ、実際に傷害が起こる危険性があるため、子どもと思春期の若者は、監督がなく不適切な1RMテスト(不適切な負荷の漸増、不適切な挙上テクニックなど)を行ってはならない(189,190)。

筋力向上の生理学的メカニズム

子どもにおける、トレーニングによる筋力の向上は、筋肥大よりも神経系のメカニズムに大きく関係していると思われる(139,147,178,186,200)。子どもは、筋量の増加を刺激するテストステロンが適切なレベルまで分泌されないため、レジスタンストレーニングプログラム(最大20週)によって筋量を増加させることは、年長の人と比べ難しい(178,186,239)。しかし、これらの報告と一致しない研究結果もあるため(100,158)、レジスタンストレーニングによって思春期前の子どもの筋量は増加しないと結論づけるのは早計である。レジスタンストレーニングが、除脂肪体重に及ぼす効果を発育と成熟による筋量の増加と区別するためには、より高強度のトレーニングプログラムとより長いトレーニング期間、さらに、この年代に道徳的に適切なより精度の高い測定技術が必要とされるだろう。

除脂肪体重の増加がない場合は、神経系の適応(運動単位の活性が増加する傾向、運動単位の同期化、動員、および発火頻度の変化など)(178,186)、および筋の内在的な適応(収縮トルクの向上から明らかとなる)が(186)、思春期前の子どものトレーニングによる初期の筋力向上の要因である。一般的に、トレーニングによる筋力の向上は、神経筋の活性化による変化よりも大きい。従って、運動スキルの向上と、関与する筋群のコーディネーションが重要な役割を担っている可能性がある(178,186)。推論ではあるが、筋線維の構造(例えば、羽状角)の発達上の変化や最大筋力に対する中枢抑制状態の影響の変化なども、同様に考慮すべきであると思われる(195)。これらの結果は、思春期前の子どもを対象にトレーニングを行ったところ、四肢の形態に変化が見られなかったにも関わらず、コントロール群よりも筋力が大きく改善したという研究によって支持されている(88,144,178,186,199,246)。

思春期における男性の精巣でのテストステロンの分泌は、除脂肪体重と身長著しい増加と関係している(139,195)。筋肥大には、テストステロンやその他のホルモンが影響を及ぼすため、思春期および思春期後の男性のトレーニングによる筋力向上は、筋肥大の要因の変化が関係している可能性がある(139)。女性はテストステロンレベルが低い(副腎の酵素作用によるアンドロゲン前駆体の転換に起因する)、トレーニングによる筋肥大の程度は制限される(195,200)。その他のホルモンと成長因子(成長ホルモン、インスリン様成長因子など)が、少なくとも部分的には女性の筋の発達に関与している可能性がある(135)。

健康と体力にもたらす潜在的恩恵

習慣的な身体活動は、子どもや思春期の若者の健康と体力に多くの恩恵をもたらす。習慣的な身体活動は、正常な発育発達に欠かせないだけでなく、年齢に相応しいフィットネスプログラムへの参加は、青少年の身体的および心理社会的な健康を促進する。大多数の小児科の研究は、心肺系能力を強化する活動に焦点を合わせているが(195)、最新の研究結果から、適切に処方され、監督されたレジスタンストレーニングが、子どもと思春期の若者に特別な恩恵を提供することが示唆されている。成人において観察されたように(97)、レジスタンストレーニングプログラムへの習慣的な参加は、健康と体力に関する、複数の測定可能な指標に望ましい影響を与える可能性がある。青少年のレジスタンストレーニングは、心臓血管系のリスク特性を改善し、体重管理を促進し、骨を強化し、心理社会的な健康を促進する。また、運動パフォーマンスにおけるスキルの向上をもたらす、若年アスリートのスポーツ関連傷害への抵抗力を高める。

レジスタンストレーニングの活用により、青少年の健康に関わる特性が大きく改善することは、次第に多くの研究により裏付けられている(67,147,219)。さらに、子どもと思春期の若者の全般的な健康状態が、レジスタンストレーニングプログラムへの習慣的な参加により悪影響を受けることはなく、むしろ改善する可能性が高いという主張は、多くの専門機関の声明により支持されている(8,18,33,167,192)。子ども時代に獲得したよい健康習慣が常に成人時代まで続けられるわけではないが、よい健康習慣が成人のライフスタイルにより影響を及ぼす可能性は認められるべきである(146,196,222,225)。従って、子どもと思春期の若者に定期的な身体活動への参加を奨励する、説得力のある理由の1つは、後年の生活習慣病の発症リスクを低下させることである。

心臓血管系のリスク特性:子どもと思春期の若者の肥満が世界的に増加し続けているため、体組成(体重に対する除脂肪体重と脂肪量の割合)に及ぼすレジスタンストレーニングに期待される効果が重要な研究テーマとなっている(175,240)。今日、子どもの肥満は、2型糖尿病などの並存疾患や成人後の肥満の持続など、公衆衛生上の重大な脅威となっている(126)。遺伝および心理社会的、経済的、環境的要因が子どもや思春期の若者の肥満に影響を及ぼすが(4,62)、学齢期の青少年の肥満が増加している原因の一部は非活動的なライフスタイルであることが、次第に明らかになりつつある(62,106)。

従来、肥満の青少年は、有酸素性活動に参加することが奨励されてきたが、過体重はジョギングなど、荷重負荷のかかる身体活動のパフォーマンスを損ない、筋骨格系のオーバユース障害のリスクを高める。さらに肥満の青少年は、活発な活動に必要な運動スキルや自信が不足している場合が多く、実際に長時間の有酸素性エクササイズを退屈または不快

に感じる場合も少なくない。これらの観察の裏付けとして、青少年の体脂肪率は、1日当たりの高強度な身体活動と反比例することが報告されている(54)。別の研究報告によれば、このような身体活動の減少は、肥満の青少年では比較的早い時期に始まる(103)。

近年、レジスタンストレーニングが肥満の子どもや思春期の若者に明らかに健康上有用な効果をもたらすことが示唆されている(23,83,243)。レジスタンストレーニングは通常、セット間とエクササイズ間に短い休息時間をとって行う、短時間の身体活動が特徴であるため、肥満の青少年はレジスタンストレーニングを楽しむ傾向がある(13,106)。複数の研究により、肥満または肥満のリスクが高い子どもや思春期の若者において、レジスタンストレーニングプログラムあるいはサーキットウェイトトレーニングプログラム(レジスタンストレーニングと有酸素性トレーニングの複合プログラム)に参加した後の体組成に、望ましい変化が報告されている(24,203,206,214,220,224,242,254)。ある研究報告によると、学齢期の青少年における肥満レベルは、下肢のレジスタンストレーニング効果の強い負の予測変数であった(93)。従って、期待される効果をもたらすためには、肥満の青少年は相対的により高強度のトレーニングが必要であると思われる。

興味深いことに、プログラムに参加することにより、体脂肪が有意に減少し、インスリン感受性が有意に上昇したことが研究によって明らかとなった(206)。総脂肪量と除脂肪体重が変化した後、インスリン感受性の有意な向上はそのまま維持されたことから、習慣的なレジスタンストレーニングが、インスリンの活性を促進する骨格筋の質的な変化をもたらした可能性があると思われる。このプログラムの参加者の完了率は、96%と驚くほど高かった。他の研究者は、筋力は、10～15歳の青少年における良好なインスリン感受性に対する単独で有力な予測変数となることを確認した(21)。肥満または肥満のリスクがある子どもや思春期の若者において、レジスタンストレーニングは、健康に影響を及ぼす身体活動を促進するために、より楽しく、持続可能な方法を提供する可能性が高い。従って今後は、レジスタンストレーニングが代謝の健康に及ぼす効果をさらに調べるために、青少年を対象とした無作為対照実験が必要である。

現在のところ、習慣的な身体活動と正常血圧である青少年の血圧低下との明確な関連性は示されていない。しかし、数少ないデータは、高血圧の思春期の若者において、レジスタンストレーニングが、最大下の負荷で適切な手順に従ってエクササイズを行うことにより、効果的な非薬理的介入となる可能性を示唆している(112)。他の研究では、この種類のトレーニングを取り入れようとしている高血圧の思春期の若者に対して、低強度、多レップのレジスタンストレーニングを勧めている(256)。レジスタンスエクササイズに対する急性の血圧応答は、子どもでも成人でも同様に報告されているが(172)、成人のウェイトリフティング選手(49)において報

告されているようなブラックアウト(失神)や慢性の高血圧が、子ども(88,187)や思春期の若者(112)のレジスタンストレーニングプログラム後に起きたという報告はない。

青少年における血中リポタンパクに対するレジスタンストレーニングの効果は、まだ十分証明されていない。限られたデータではあるが、非活動的なコントロール群に比べ、中程度の負荷と多レップのレジスタンストレーニングは、子どもの血中脂質プロフィールに好ましい影響を与えることが示唆されている(220,247)。同様の傾向は思春期の若者についても報告されている(98)。体組成と栄養摂取量の変化が青少年におけるリポタンパク濃度に影響を与える可能性があるため、脂質代謝異常症の青少年における血中脂質プロフィールを改善するためには、習慣的な身体活動、行動カウンセリング、および栄養教育を含む総合的な健康増進プログラムが最も効果的であると思われる(7)。

骨の健康:レジスタンストレーニングは青少年の未熟な骨格にとって有害であるという従来からの懸念があるが、最近の報告では、幼年期や思春期は、荷重負荷のかかる活動に伴う張力と圧縮力に反応する骨の形成と再形成にとって、最適な時期である可能性が示唆されている(15,121,230,235)。実際、正常な骨の形成と成長にとって、身体活動は欠くことができない(148)。年齢に応じた身体活動のガイドラインが守られ、必要とされる栄養(例えば十分なカルシウム)が適切に摂取されれば、レジスタンストレーニングプログラムに習慣的に参加することにより、幼年期および思春期の骨密度を最大限に高めることができる(230,235,238)。さらに、子どもと思春期の若者の身長伸びに対する、レジスタンストレーニングの有害な影響は見られなかった(91,147)。

複数の研究結果が、スポーツやレジスタンストレーニングを含む専門的なフィットネスプログラムに定期的に参加することが、青少年の骨形成に効果的な刺激を与える可能性を示唆している(16,20,50,145,154,166,173,237,241)。思春期のウェイトリフター(50)と骨塩量(237)は、同年代のコントロール群よりもはるかに高いことが報告されている。他の研究者は、ウェイトリフティングは、1年を通して行うサッカーほどではないが、青少年の骨の発達に利益をもたらすことを明らかにした(20)。また体操などのスポーツで身体に反復的な負荷をかけることによっても、青少年アスリートの骨密度は、同年代のコントロール群に比べ有意に高くなった(16,241)。

思春期前の少女を対象とした研究は、高インパクト・エクササイズが骨量の増加を促進するという直接的な証拠を提供したが、この研究では、10ヵ月の身体活動(レジスタンストレーニングと有酸素性のエクササイズの複合プログラム)に参加することにより、エクササイズ群の骨密度がコントロール群に比べ有意に向上した(166)。同様に、20ヵ月の高インパクト・サーキットエクササイズ・プログラムを行った思春期前の少年では、骨膜と骨内膜の両表面においてより

大きな骨の成長が観察された(145)。子どもに関する他の研究では、プライオメトリックトレーニングを含む学校中心の身体活動の介入により、荷重負荷のかかる大腿骨近位の骨量を増加させたことが指摘された(154)。

最大骨量は遺伝に強く影響されるが(43)、高い張力をもたらすスポーツとレジスタンストレーニングなどの専門的エクササイズに習慣的に参加することは、子どもと思春期の若者における骨の健康に望ましい影響を及ぼすだろう。青少年におけるエクササイズに対する骨形成反応は、慎重に計画された、多関節で中程度から高強度のレジスタンストレーニングエクササイズ(ベンチプレス、スクワット、ウェイトリフティングなど)および普段の運動とは異なるプライオメトリックエクササイズ(ジャンプ、ホップなど)により促進されると思われる。正確なエクササイズ処方を定義するためには、さらなる臨床試験が必要ではあるが、プログラムを継続しないと、トレーニングによってもたらされた骨の健康の向上が時間とともに失われる可能性があるため、生涯を通じてスポーツや専門的な活動に継続的に参加することの重要性を看過してはならない(110)。

心理社会的な健康と幸福感:成人の研究データからは、レジスタンストレーニングの効果は、身体的な要素だけでなく、心理的な健康と幸福感までも含むことが示唆されている(157,228,229)。同じことがレジスタンストレーニングプログラムに参加する子どもについても当てはまると仮定することは合理的であるが、大人と比べた場合、青少年は心理的に未成熟であるので、そのような研究結果を青少年まで拡大することについては注意が必要である(123,253)。別の研究結果は、レジスタンストレーニングと有酸素性のゲームを含む身体活動プログラムに参加した子どもにおいて、気分および自己評価の要素が有意に向上したことを指摘した(10)。反対に、レジスタンストレーニングに参加した後の子どもの自己認識には、有意な変化が認められなかったとする研究もある(89,198)。ただし、これらの研究では、心理学的測定値の初期値が比較的高かった。筋力や心理社会的な幸福感の測定値が平均以下の青少年がレジスタンストレーニングを始めた場合に、最も明らかな効果があると推察される。

興味深いことに、臨床医たちは、レジスタンストレーニングを行う思春期前の男子によって示される社会性と精神的鍛錬は、チームスポーツに参加する者と同様であること(187)、また体育、身体健康、生涯スポーツに対する子どもの態度は、レジスタンストレーニングを含むコンディショニングプログラム後に改善されるということを指摘した(249,250)。もし適切なレジスタンストレーニングのガイドラインが守られ、子どもや思春期の若者が自己改善に取り組むよう励まされ、そして自分のパフォーマンスについて好ましく感じるならば、レジスタンストレーニングプログラムの正の心理社会的な効果は、間違いなく他のスポーツやレクリエーション活動に匹敵するだろう。逆に、あまりにも熱心

なコーチングや、個人の能力を越えるレベルで活動させるような過度のプレッシャーは、感情的に、心理的に傷つきやすい青少年には負の影響を与えるだろう(3,42)。場合によっては、不適切なコーチングの方法、非道徳的なトレーニングの実践、やせた身体を強調することなどが、パフォーマンスを高める薬物の濫用(122)、摂食障害(171)、バーンアウト(オーバートレーニング症候群)などをもたらす可能性がある(32)。

運動スキルとスポーツパフォーマンス:子どもと思春期の若者が、ウェイトマシン、フリーウェイト、自重ストレングスエクササイズ、メディシンボールなどを用いたレジスタンストレーニングプログラムに参加した後に、特定の運動スキル(幅跳び、垂直跳び、スプリントのスピード、メディシンボール投げ)が改善することが認められている(77,92,96,118,144,221,246)。プライオメトリックトレーニングプログラムへの定期的な参加により、青少年の運動スキルが向上したことも指摘されている(36,134,151,216)。最近になって、研究者たちは、レジスタンストレーニングとプライオメトリックトレーニングの組み合わせが思春期のアスリートに最も大きな恩恵をもたらす可能性があると報告した(75,143,168,202)。成人についてみられたように(2,95)、レジスタンストレーニングとプライオメトリックトレーニングは実際相乗的に働き、それらの複合効果は、各プログラムを単独に実施した場合よりも大きい。

これとは対照的に、数週間のレジスタンストレーニングの後に、特定の運動スキルが改善することなく、筋力のみが著しく向上したことを報告している研究もある(80,88,96)。運動パフォーマンスに対するレジスタンストレーニングの効果は、トレーニングプログラムのデザインに依存しているため、これらのデータを評価する場合には、特異性の原則が考慮されなければならない。成人においてみられたように(97)、子どもと思春期の若者の適応はむしろ、動作パターン、動作速度、収縮タイプ、収縮力に特異的に起ると思われる(113,174)。従って、年齢に関係なく、特異的なエクササイズ(ウェイトリフティングやプライオメトリックスなど)とトレーニング方法に特異的な筋活動タイプを含むレジスタンストレーニングプログラムが、運動スキルの最も大きな改善をもたらす可能性が高い。

レジスタンストレーニングが若年アスリートの競技パフォーマンスを高めるということは合理的であると思われるが、競技パフォーマンスは極めて多様な形態であるため、この知見を科学的に評価することは難しい。競泳選手の年代別グループを対象にした2つの研究において(26,37)、スイムパフォーマンスが向上したことを報告している。しかしある研究では、20週間にわたる15分間のプライオメトリックトレーニングを行った後、思春期の競泳選手自由形のターンパフォーマンスに有意差は認められなかった(51)。別の研究結果では、19歳未満のアイスホッケーのジュニア選手にお

いて、バランスとスケーティングスピードとの有意な相関関係を明らかにした(19)。バスケットボールとサッカーに関する別の研究では、若年アスリートの筋力とパワーを最大限に向上させるために、競技トレーニングセッションにレジスタンストレーニングを取り入れることの重要性が指摘されている(46,233)。公表されている大部分の研究結果と青少年を指導するコーチの事例報告は、適切に計画されたレジスタンストレーニングプログラムに定期的に参加することは、競技パフォーマンスをある程度向上させることを示唆している(84,137,163)。しかしこの重要な分野においては、今後さらに研究を進める必要がある。

青少年の総合的なレジスタンストレーニングプログラムが大人になってからのスポーツパフォーマンスに及ぼす効果については、恩恵をもたらす可能性を強調する理論的モデルが提案されているものの、長期にわたる調査は現在まで行われていない(130)。それでも、有効な証拠に基づく、トレーニングプログラムが適任者による監督の下で実施され、漸進的で、時間と強度が十分であるならば、発育年代に、レジスタンストレーニングを含むフィットネスコンディショニングの時間をつくるためにスポーツの練習や試合の時間を短くすることは合理的であるように思われる。若年アスリートは意欲的であっても、自分自身でコンディショニングを整えることはできないので、青少年のレジスタンストレーニングの最大の利点は、彼らがよりよい状態で、楽しく、競技活動に参加する準備を可能にすることかもしれない。

スポーツ傷害:学校や地域社会を中心としたスポーツプログラムに参加する子どもや思春期の若者の数は増加を続けている。しかし、スポーツ参加者数の増加に伴い、準備が不十分で、適切にトレーニングをしていない青少年アスリートの傷害について非常に多くの報告が出てきた(3,40,64,162)。スポーツ関連傷害は、幼年期や思春期における入院および医療費の主な原因のひとつである(162)。青少年におけるある特定のスポーツ傷害は、後年、骨関節炎のリスクを増大させる可能性もある(61)。またスポーツ関連傷害は、若年アスリートがスポーツを止めざるをえない原因にもなっている(109)。

スポーツに関連する傷害を完全になくすことは非現実的な目標ではあるが、適切に計画され、慎重に漸進させたレジスタンストレーニングを含むフィットネスコンディショニングプログラムは、若年アスリートの傷害を防ぐのに役立つであろう(1,119,161,212)。意欲的な若年アスリートでも、スポーツの練習や試合の要求に対する準備が不十分なケースが増えているように思われる(64,162)。青少年のスポーツ傷害に関連のある危険因子(傷害歴、不十分なコンディショニング、筋のアンバランス、誤ったトレーニングなど)に対処することにより、急性傷害とオーバーユース障害は、ともに15~50%減少させることが示唆されている(161)。若年アスリートのスポーツ関連傷害を減少させる潜在的メカニズム

は多数あるが(指導教育、安全な機器、適切な栄養など)、予防的な対策として、体力の強化を多要素の介入プログラムの基礎と考えるべきである。

レジスタンストレーニング、プライオメトリックトレーニング、またはその両方を含むコンディショニングプログラムが、思春期のアスリートにおけるスポーツ傷害の減少に効果的な方法であることが明らかとなった(39,60,115,116,120,149,176)。この主張を裏付けるためにはさらなる研究が必要ではあるが、おそらく同じ効果が子どもにおいてもみられるであろう。レジスタンストレーニングを含むプレシーズンのコンディショニングプログラムは、高校フットボール選手における傷害数と重症度を減少させた(39)。同様に、思春期のサッカー選手の傷害発生率も低下した(115)。その他の研究では、バランストレーニング(63,65)およびバランストレーニングとストレングスエクササイズを組み合わせた(244,245)が、思春期のアスリートのスポーツ関連傷害減少に効果があった。

若い女性アスリートは、男性と比較して、膝の傷害の発生率が高いため(185)、研究者は若い女性の被験者を対象として、膝の傷害率に対する様々なトレーニングプログラムの効果を調査した。注目すべき点として、プライオメトリックエクササイズ、レジスタンストレーニング、さらに跳躍技術に関する教育を含むプレシーズンのコンディショニングプログラムにより、思春期の女子アスリートにおいて、重篤な膝の傷害の発生率が有意に低下した(120,149)。一方、インシーズンのプライオメトリックトレーニングプログラムや、筋力、バランス、アジリティエクササイズを含む計画的なウォームアップ活動(217)に参加した女子アスリートの傷害発生率に、有意差は認められなかった(181)。この矛盾する結果は、少なくとも部分的には、トレーニングプログラムのデザインおよび実施時期の違い(プレシーズン対インシーズン)によって説明できるだろう。

これらを総合すると、大部分の証拠は、プライオメトリックエクササイズ、レジスタンストレーニング、バランススキル、教育を含むプレシーズンのコンディショニングプログラムに定期的に参加することが、若年アスリートのスポーツ関連傷害の発生を減少させることを示唆している。それにもかかわらず、若年アスリートのうち、スポーツに参加する前に総合的なコンディショニングプログラムに参加する者は少数にすぎないことを示すデータがある(34)。すべての若年アスリートが、競技練習や試合に参加する前に、多要素のコンディショニングプログラムに必ず参加するように、今まさに学校やコーチが率先して働きかける必要があることは明らかである。

しかし、組織化されたスポーツだけでなく、自由な遊びを含んだ総合的な運動量にプレシーズンのコンディショニングをさらに追加することは、慎重に考慮しなければならない。このようなトレーニングは、成熟していない筋骨格系へ慢性的な反復的なストレスを加えるからである。相対的に筋骨格

系が未熟な子どもは、同年代の子どもたちのほとんどが耐えられる、同じアスレティックプログラムと同量のエクササイズにも耐えられないかもしれない。発育中のアスリートの生物学的な特性は、離断性骨端症、発達中の関節面の傷害、発達中の脊椎の障害など様々な症状によって示される疲労骨折を招く(3,159,177)。

個人によってストレス耐性が異なるという特性から、個々の子どもは個人として扱われ、トレーニングの頻度、量、強度、漸進性に修正を必要とするストレス不全症候群の前兆がないかどうか観察されなければならない。同じ年齢の子どもでも、ストレスに耐えうる能力に個人差があることを認知することで、これらのストレス不全症候群の多くは防ぐことができる。場合によっては、若年アスリートが準備のためのストレングス&コンディショニングを実施する際に、トレーニングセッション間で十分な休息と回復時間をとるために、スポーツへの参加を減らす必要があるかもしれない。セッション間に十分な休息と回復をとらずに頻繁にトレーニングを行った場合、結果的にパフォーマンスが低下し、傷害リスクが高まる可能性がある(99)。

レジスタンストレーニングが、主観的な「エネルギー」レベル、睡眠パターン、心理的成熟、免疫機能、栄養状態、認知能力、医療の利用などの向上に有利か不利かを決定する証拠はまだ不十分である。だが適切に計画され、楽しく実施でき、満足感の得られるレジスタンストレーニングであれば、これらの特性によい変化をもたらさないまでも、少なくとも悪影響を及ぼすことはないだろう。

青少年のレジスタンストレーニングのガイドライン

安全で効果的で楽しい青少年のレジスタンストレーニングプログラムの計画と実施に必要なものは、確立されたトレーニングの原則への理解と、子どもと思春期の若者の身体的および心理的成熟度に対する正しい認識である。子どもがレジスタンストレーニングを始められる年齢に制限はないが、すべての参加者はコーチの指導に従うための、そしてトレーニングプログラムのストレスに耐えるための心理的および身体的な準備がなされていなければならない。一般的に、子どもがスポーツに参加する準備ができていれば(概ね7、8歳)、彼らはあるタイプのレジスタンストレーニングの準備ができています。青少年がレジスタンストレーニングプログラムに参加する前の医学的な検査は、明らかに健康な子どもに対しては強制的ではないが、健康上の問題があるとわかっている、あるいは疑わしい子どもや既往症のある子どもに対しては、医学的な検査をすることが強く推奨される。

指導や監督を提供するのは、青少年レジスタンストレーニングのガイドラインを理解し、子どもと思春期の若者の身体的、心理社会的な特徴についての知識をもつ、有資格者の

成人でなければならない。さらに、青少年を指導する教師やパーソナルフィットネストレーナーやコーチは、子どもと思春期の若者のニーズ、目標、関心と一致した、青少年のトレーニングに関する適切な基本概念をもつべきである。理想的には、青少年レジスタンストレーニングの教示や指導を行う成人は、子どもや思春期の若者を指導した経験があり、専門資格(NSCA認定ストレングス&コンディショニングスペシャリスト、またはNSCA認定パーソナルトレーナーなど)を取得し、さらに、体育学、運動科学、その関連分野の学位が同等の知識をもつ必要がある。上級のトレーニングプログラムに参加する青少年のためには、コーチには、このタイプのトレーニングを適切に指導し、慎重に処方し、推進するための特別な知識と現場経験が必要である。経験の浅いスーパーバイザーも、青少年のレジスタンストレーニングプログラムの構成や実施を補助することはできるかもしれないが、より上級のトレーニングに必要な適切で効果的な配慮や指導を提供することはできないだろう。有資格者による監督、年齢に応じた適切なエクササイズ機器、そして安全なトレーニング環境が利用できない場合は、傷害の危険性が増すため、青少年はレジスタンスエクササイズを行うべきではない(107,132)。

ウェイトルームでのマナー、適切なエクササイズテクニック、および個人的な目標と現実的な成果に関する基礎的な教育は、青少年レジスタンストレーニングプログラムの一部としなければならない。すべての参加者は、適切なカラーの使用、適切な補助の方法、エクササイズ機器の適切な格納、バーベル、ダンベル、プレートなどの適切な取り扱い、開始時の慎重なウェイトの選択などを含む、安全上の注意点に関して指導を受けるべきである。これは特に、自分の身体能力を過大評価することの多いトレーニング経験のない子どもにとって(184)、またレジスタンストレーニングエクササイズ機器に伴う固有のリスクに気付いていない子どもにとって重要である。お互いに競争し合う代わりに、子どもたちには自己改善を受け入れるように奨励し、そして例えば多関節のリフティング種目を正しく行う能力のような、自分のパフォーマンスについて満足を感じるように奨励すべきである。楽しさが青少年の身体活動プログラムの効果の仲立ちをすることが示されているため、すべての参加者にとって、楽しいエクササイズ経験を作り出すことの重要性を看過すべきではない(58)。健康なライフスタイル(適切な栄養、適切な睡眠、ストレス管理、習慣的な身体活動など)の潜在的な恩恵に関しても、また自分自身の身体についても、大人が青少年に教える必要がある(129)。

質の高い、熱心な指導と直接の監督は、青少年のレジスタンストレーニングプログラムが参加者にとってより安全で楽しいものになるだけでなく、参加者のプログラムの継続と筋力の向上を促進できる(53)。すべてのトレーニングセッションを有資格の成人(クラスの数によっては複数の成

人)が監督すべきであるが、レジスタンストレーニングプログラムの最初の数週間は、参加者が適切なエクササイズテクニックとトレーニング手順を学ぶために、指導者の数を増やす必要がある。肯定的な励ましとなるフィードバックを促進し、不安を減らすために、大人は、子どもや思春期の若者の理解レベルにあわせた方法や言葉で情報を提供する必要がある(188)。すべての参加者は、プログラムについて質問をし、心配なことについて自由に発言するように奨励されるべきである。正しいエクササイズテクニックと現実的な期待を促進させるような図表やポスター、および練習カードは役に立つ。

プログラム変数の様々な組み合わせは、プログラムの作成者が、科学的な知識、確立されたトレーニングの原則、および一般常識を適用している限り、子どもにとって安全で効果的であることが証明されている。すべての青少年レジスタンストレーニングプログラムに、適切な挙上テクニック、安全な手順、特別な漸進方法に関する指導を含めるべきである。レジスタンストレーニングの活動自体が、筋力とパワーに最大の利益をもたらすことを保証するわけではない。従って理想的なアプローチは、トレーニングの量と強度を1年を通して変化させる、漸進的なコンディショニングプログラムの中にレジスタンストレーニングを組み込むことである(141)。換言すると、レジスタンストレーニングに付随する結果を決定する個人の努力や適正な指導に加えて、プログラム変数を系統的に組み立てることである。子どもを「小さな大人」として扱うべきではなく、成人のエクササイズのガイドラインとトレーニング哲学を子どもに押しつけてはならない。

青少年のレジスタンストレーニングプログラムを作成するときに考慮すべきプログラム変数は、

- (a) ウォームアップとクールダウン、
- (b) エクササイズの種類と配列、
- (c) トレーニングの強度と量、
- (d) セット間とエクササイズ間の休息、
- (e) レップ速度、
- (f) トレーニング頻度、および
- (g) プログラムのバリエーション

である。表1は、青少年のレジスタンストレーニングのガイドラインの要約である。青少年のレジスタンスプログラムの変数とトレーニングの注意点に関する詳細な記述は、他の資料からも入手できる(47,84,130,137,156,192)。

ウォームアップとクールダウン:ウォームアップで必ず行われていた静的ストレッチルーティンに関する長い間信じられてきたことに、近年疑問が生じている(133,208,223)。成人において、静的ストレッチを実施すると、筋力とパワーのパフォーマンスに一時的に悪影響を与えることが判明したが(208)、同様の知見が思春期の若者についても報告

された(155,257)。最近は、深部温を高め、運動単位の興奮を促し、運動感覚の覚醒を高め、能動的な可動域を最大化することを意図した動的な運動パフォーマンス(ホップ、スキップ、ジャンプ、および上半身・下半身の動作を中心としたエクササイズ)を伴うウォームアップの方法に対する関心が高まっている(73,191)。このタイプの動的ウォームアップは、神経筋機能を強化することによって、レジスタンストレーニングのための最適な環境を作ると思われる(191,201)。中程度から高強度の動的な運動を取り入れたウォームアッププロトコルが、青少年におけるパワーパフォーマンスを促進することが報告されている(68,71,76,209)。

活動前の静的ストレッチがパフォーマンスを促進することを裏付ける十分な証拠がないため、活動前の動的エクササイズが無酸素性パフォーマンスに及ぼす潜在的な効果を考慮する必要がある。適切に計画された動的ウォームアップは、生理学的恩恵をもたらす可能性があるが、それに加えて、トレーニングセッションの方向付けを行い、その後に行う活動の望ましいテンポを確立できる。合理的な提案として、ウォームアップの時間に5～10分の動的活動を行い、ワークアウトの最後に、あまり高強度ではない柔軟体操と静的ストレッチングを行うことである。クールダウンの時間には、全身の柔軟体操と静的ストレッチングを行うことにより、身体をリラックスさせ、柔軟性を促進することに役立つ。さらに、定期的に(ウォームアップとは別に)、長い時間をかけてストレッチングを行うことは、パフォーマンスを改善し、傷害リスクを減少させる可能性がある(208,218)。クールダウン中に各参加者が学習したことを振り返り、次回のセッションのトレーニング目標を再検討することは多くの場合価値がある。

エクササイズの種類と配列:筋の運動能力を強化するために用いるエクササイズは無数にあるが、重要なことは、子どもの体格、体力レベル、エクササイズテクニックの経験に適したエクササイズを選択することである。またエクササイズの種類により、関節間および拮抗筋群(大腿四頭筋とハムストリングスなど)とのバランスを促進する必要がある。臨床および学校でのエクササイズプログラムにおいて、子どもや思春期の若者は、フリーウェイト、エラスティックバンド、メディシンボール、自重エクササイズだけでなくウェイトマシン(子供用サイズと大人用サイズ)も用いる。比較的単純なエクササイズから始め、自信と能力が高まるにつれて、上級の多関節運動へと徐々に漸進させることが合理的である。場合によっては(ウェイトリフティングクラスなど)、多関節の動作から始めることも適切であるかもしれない。ただし、最初は軽い負荷を用い、基本的な運動パターンに重点を置くことが条件である。エクササイズの様式にかかわらず、それぞれのリフティングの短縮性と伸張性の両局面を適切なエクササイズテクニックでコントロールしながら行わなければならない。

レジスタンストレーニングセッションにおけるエクササイズの種類には多くの方法がある。大多数の青少年は、週に数回の全身ワークアウトを行うが、各セッションには、すべての大筋群を強調した複数のエクササイズが含まれる。このタイプのワークアウトでは、大筋群エクササイズを行ってから小筋群のエクササイズに、また多関節エクササイズの後に単関節エクササイズを行うべきである。神経筋系がまだあまり疲労していないワークアウトの前半に、挑戦的なエクササイズを行うことも有益である。従って、子どもがウェイトリフティングの動作やプライオメトリックエクササイズを学習しているときには、子どもが過度に疲労していない状態で

表1 青少年のレジスタンストレーニングの一般的ガイドライン

- ・有資格者による指導と監督を提供する
- ・安全で危険がない環境でエクササイズを行う
- ・毎回セッションの初めに5～10分の動的ウォームアップを行う
- ・エクササイズは比較的軽い負荷から始め、常に正しいテクニックに重点をおく
- ・上半身と下半身の各種ストレングスエクササイズを6～15レップ、1～3セット行う
- ・腹部と下背部の強化を目的とした特異的エクササイズを取り入れる
- ・筋の左右対称な発達と関節周りの適切な筋バランスを重視する
- ・上半身と下半身の各種パワーエクササイズを3～6レップ、1～3セット行う
- ・アスリートのニーズや目標や能力に合わせ、トレーニングプログラムを慎重に漸進させる
- ・筋力の向上に伴い負荷を徐々に(5～10%ずつ)増加する
- ・比較的低強度の柔軟体操と静的ストレッチによるクールダウンを行う
- ・セッション中は1人ひとりのニーズや心配に耳を傾ける
- ・隔日で週2～3回のレジスタンストレーニングから始める
- ・進捗状況を把握するために、個人のトレーニング日誌をつける
- ・体系的に変化を加えることにより、トレーニングプログラムを常に新鮮かつ挑戦し甲斐のある状態に保つ
- ・健康的な栄養、十分な水分補給、十分な睡眠により、パフォーマンスと回復を最大限に促進する
- ・指導者や親の援助と激励により、トレーニングに対する関心を保つ

エクササイズを実施できるように、このタイプのエクササイズをトレーニングセッションの早い段階で行う必要がある。

トレーニングの強度と量: トレーニング強度とは、通常、ある特定のエクササイズに用いられる負荷の量を意味するのに対して、トレーニング量は、一般に、トレーニングセッションで行われた運動の総仕事量を意味する。これらのプログラム変数はどちらも重要であるが、トレーニング強度は、レジスタンストレーニングプログラムの計画においてとりわけ重要な変数である。筋の適応を最大化し、傷害リスクを低減するために、青少年はまず軽い負荷(ウェイトをつけないバーベルなど)を使ってエクササイズの方法を学び、次に、エクササイズテクニックを損なわずにより重い負荷を挙上するように、徐々にトレーニング強度か量、またはその両方を漸進させなければならない。

1RMテストを行わない場合、最初にレップ数を決定し、続いて、処方したレップ数で挙上できる最大負荷を試行錯誤しながら決定することであると思われる。例えば、子どもや思春期の若者は、適切なエクササイズテクニックを習得するために比較的軽いまたは中程度の負荷を用いて10～15レップ、1～2セットのレジスタンストレーニングから開始する。個人のニーズ、目標、および能力に応じて、時間をかけてプログラムを漸進させ、筋力とパワーを最大限に高めるために、大筋群のエクササイズに徐々に重い負荷(6～10RM)のセットを追加する。青少年に対する様々なレジスタンストレーニングプログラムの影響を調べるためには、今後のトレーニング研究が待たれるが、成人においては、複数セットのトレーニングプロトコルのほうが、単一セットのプロトコルよりも効果的であることが証明されているため(136)、長期間のトレーニングでは、同様の結果が子どもや思春期の若者でも起こると思われる。

セット数とレップ数を注意深く計画することにより、トレーニングによる刺激がその効果を維持するので、努力に対する効果が最大化される。しかし、認識すべき重要な点として、あらゆるエクササイズを必ずしも同じセット数とレップ数で行う必要はない。例えば、レジスタンストレーニング経験のある思春期の若者であれば、比較的重いウェイトを用いた多関節エクササイズ(バックスクワット、ベンチプレスなど)を6～8レップ、3セット行い、さらに中程度のウェイトを用いた単関節エクササイズ(バイセップスカール、トライセップスエクステンションなど)を10～12レップ、2セット行うこともできる。興味深いことに、成人を対象とした研究から得た知見によると、1RMに対する所定の負荷で行うことのできるレップ数は、エクササイズ中に使われた筋量の影響を受ける(207)。同様の観察は子どもでも報告されている(85)。

パワーエクササイズ(プライオメトリックス、ウェイトリフティングなど)は本来、比較的高強度であるため、青少年に対しては、大抵6～8レップ以下で1セットを行うことが推

奨される。伝統的な、筋力の増大を目的としたエクササイズとは異なり、パワーエクササイズは爆発的であり、高度な専門的スキルとコントロールが必要な運動である。パワーエクササイズのパフォーマンスには疲労が影響するため、青少年がセット内のすべてのレップで動作の速度と効率を維持するためには、回数を少なくし質の高いレップを実施することが勧められる。

エクササイズ処方に役立てる試みとして、研究者は、最大下の負荷で疲労に至るまで行ったレップ数に基づいて予測式を作成した(124,142,152)。一般に、若い男性と女性のアスリートにおいて、選択されたエクササイズの1RM筋力を妥当な正確さで予測できることが明らかになった。他の研究者は、レジスタンスエクササイズ中の子どもの運動強度を測定するために、子どもに特異的な主観的運動強度の尺度を開発した(78,193)。これらの尺度から得た主観的情報は、効果的な青少年レジスタンストレーニングプログラムの処方に役立てることができる。

セット間とエクササイズ間の休息: セット間とエクササイズ間の休息時間の長さは、コーチ、教師、アスリート、および研究者にとって重要なプログラム変数である(251)。成人の場合、休息時間が短すぎると、筋力とパワーの発揮が一時的に損なわれるため主要な多関節エクササイズでは、少なくとも2～3分の長めの休息時間が大概推奨されている(136)。しかし、身体活動に応じて発育や成熟の違いがあるため、成人に推奨される休息時間は、若い年代のニーズや能力とは一致しない可能性がある。研究によると、高強度で短時間の間欠的エクササイズにおいて、子どもは成人よりも早く回復できることが示されている(82,90,255)。

青少年を対象に、休息時間の長さが筋力パフォーマンスに及ぼす効果について検討した研究データは少ない。しかし、レジスタンスエクササイズの反復セット中の疲労耐性は、子どもや思春期の若者のほうが成人より優れているように思われる(82,213,255)。従って、子どもや思春期の若者が中程度の強度のレジスタンスエクササイズプロトコルを行うときには、より短い休息時間(約1分)で十分であると思われる。ただし、思春期の若者のほうが子どもよりも早く疲労することを考慮しなければならない。トレーニング強度、トレーニング量、エクササイズの選択、および体力レベルが休息時間の長さに影響を及ぼすことは明らかである。高いレベルのパワーやスキルを必要とするエクササイズを行う若年アスリート(思春期のウェイトリフターなど)は、練習や試合中に筋パフォーマンスを維持するために、セット間や試技間で、より長い休息時間(2～3分)を必要とする場合もある。

レップ速度: ストレングスエクササイズを行うときの速度またはリズムが、トレーニングプログラムに対する適応に影響を及ぼす可能性がある(136)。青少年は比較的軽い負荷を用いて、どのようにエクササイズを行うべきかを習得する必要

があるため、通常、中程度の速度でコントロールしながらレジスタンストレーニングを行うことが推奨される。しかし選択したエクササイズにより、様々なトレーニング速度を用いることができる。例えば、プライオメトリックエクササイズとウェイトリフティングは爆発的な運動であり、十分にコントロールした動きを高速で行う必要がある。さらなる研究が必要ではあるが、トレーニングプログラム内でトレーニング速度を様々に変化したパフォーマンスは、レジスタンストレーニングにおいて最も効果的な刺激を提供する可能性が高い。

トレーニング頻度:子どもや思春期の若者は、隔日で1週間当たり2~3回の頻度で、レジスタンストレーニングを行うことが推奨される。証拠の数は限られているが、1週間に1回のレジスタンストレーニングでも、青少年がトレーニングによって向上した筋力を維持する効果はあるが(55)、筋力を増大させるには十分とはいえないかもしれない(29,79)。一般に、隔日で1週間当たり2~3回のトレーニング頻度であれば(セッション間が48~72時間)、セッション間の十分な回復が可能であり、また子どもや思春期の若者の筋力とパワーを強化する効果もある。若年アスリートの中には週3回以上のストレングス&コンディショニング活動に参加する者もいるかもしれないが、トレーニング量、トレーニング強度、エクササイズ種目、栄養摂取量、睡眠習慣など、トレーニングプログラムからのアスリートの回復能力や適応に影響を及ぼす要因を考慮する必要がある。さらに上級のトレーニングプログラムに進むにつれて(頻度も高まる可能性がある)、適切なエクササイズテクニックの強化および週内に比較的低強度のワークアウトを行うトレーニング習慣がともに重要であることを見過ごしてはならない。

プログラムのバリエーション:期毎にプログラム変数を変化させると、パフォーマンスの長期的な向上が最大化され、退屈さが軽減され、オーバーユース障害のリスクも低下する可能性が高い(136,138)。トレーニングプログラムを長期間、体系的に変化させるこの概念は、ピリオダイゼーション(期分け)として知られている。長期的にみると期分けされたレジスタンストレーニングプログラム(トレーニングセッション間の適切な回復を伴う)では、身体がより大きな要求に適応しようと試みるため、参加者に一層大きな利益をもたらす。今後、青少年に関する研究がさらに必要ではあるが、子どもや思春期の若者が、健康と体力の向上を目的に、適切に計画され、期分けされたレジスタンストレーニングプログラムに参加した場合には、エクササイズプログラムを継続できる可能性が高いことが合理的に示唆される。さらに、プログラム変数を計画的に変化させることは、レジスタンストレーニングの開始後8~12週間で起こることが多い停滞期の予防にも役立つ可能性がある。

表2と表3は、筋力およびパワーに関して、青少年のレジ

スタンストレーニングを漸進させるためのプログラム変数の概略を示している。トレーニングの目標にかかわらず、すべての青少年が適切なエクササイズテクニックを習得し、様々なエクササイズの方法に習熟するためには、軽い負荷から開始し、緩やかに漸増させる。パワートレーニングでは力と速度の両要素が重要であるため、2つの負荷戦略が必要である。すなわち、筋力のための中強度から高強度の負荷と、爆発的な挙上速度のための低強度から中強度の負荷である。ワーククリーンやプッシュプレスなどの多関節エクササイズはパワートレーニングのために広く用いられているが、これらのリフティングを行うためには、レップ毎の運動の質(最大速度)が重要であるため、適切なテクニックを強調しなければならない。初級から中級の挙上者のためには、失敗することなく3~6レップ、1~3セットを行うパワーの要素をレジスタンストレーニングプログラムに組み込むべきである。通常、伝統的なレップシステムでは、レップ間の休止を最小限にして連続してレップを行うが、爆発的動作のパフォーマンスでは、必ずしもこのパターンに従う必要はない。適切なエクササイズテクニックを学習することの重要性を考慮すると、すべてのレップを正しい開始姿勢から始める必要がある。従って、若いウェイトリフターが、どのレップでも最適なテクニックでエクササイズを行うことを保証するためには、各レップ間で短い間を取り、改めて適切な開始姿勢をとることは有益であろう。

このレビューの目的に合わせ、「初心者」とはレジスタンストレーニング経験が全くないか限られている(2~3カ月以内)個人または、数カ月トレーニングを行っていない個人を意味する。「中級者」は約3~12カ月、一貫してレジスタンストレーニングを行った経験のある個人を指す。「上級者」とは、少なくとも12カ月のレジスタンストレーニング経験があり、筋力とパワーが相当程度向上した個人を意味する。

ピリオダイゼーションには多くのモデルが存在するが、一般的な概念は、トレーニング目標を期毎に設定し、その上で1年を通じて変化させる長期的計画を作成することである。トレーニング強度、トレーニング量、休息時間、エクササイズ種目を周期的に変えることによって、オーバートレーニングのリスクは最小限になり、トレーニングによってもたらされる利益を維持できる可能性も最大限まで高めることができる(99)。トレーニングセッションからの身体的また心理的回復を実現するためには、期分けされたトレーニングプログラムには積極的休養の期間(競技シーズン後の1~3週間の回復)を取り入れるべきである、と指摘することには価値があるだろう。この積極的休養は、青少年アスリートが複数のチームスポーツに参加する場合、1年を通して1種目のスポーツを専門に行う場合、また民間のトレーニングセンターで課外活動としてコンディショニングに参加する場合に特に重要である。さらに、子どもや思春期の若者における筋力とパフォーマンスの最大利益を促進するためには、トレーニングプログラムには、優れたパフォーマンスをもたらすライ

表2 筋力のためのレジスタンストレーニングに推奨される漸進

	初級	中級	上級
筋活動	ECCとCON	ECCとCON	ECCとCON
エクササイズの種類	SJとMJ	SJとMJ	SJとMJ
強度	50～70% 1RM	60～80% 1RM	70～85% 1RM
量	1～2セット× 10～15レップ	2～3セット× 8～12レップ	≥3セット× 6～10レップ
休息时间(分)	1	1～2	2～3
速度	中程度	中程度	中程度
頻度(回/週)	2～3	2～3	3～4

ECC=伸張性、CON=短縮性、SJ=単関節、MJ=多関節、1RM=最大挙上重量、rep=反復回数

表3 パワーのためのレジスタンストレーニングに推奨される漸進

	初級	中級	上級
筋活動	ECCとCON	ECCとCON	ECCとCON
エクササイズの種類	MJ	MJ	MJ
強度	30～60% 1RM VEL	30～60% 1RM VEL 60～70% 1RM STR	30～60% 1RM VEL ≥70～80% 1RM STR
量	1～2セット× 3～6レップ	2～3セット× 3～6レップ	≥3セット× 1～6レップ
休息时间(分)	1	1～2	2～3
速度	中/高速	高速	高速
頻度(回/週)	2	2～3	2～3

ECC=伸張性、CON=短縮性、SJ=単関節、MJ=多関節、1RM=最大挙上重量、VEL=速度、STR=筋力、rep=反復回数

フスタイルの要因や行動に関する教育セッションを含める必要がある(129)。特筆すべきこととして、適切な栄養の重要性(52)、十分な水分補給(44)、そして十分な睡眠(165)の重要性などを忘れてはならない。ピリオダイゼーションと競技パフォーマンスに影響を与えるライフスタイルの要因の詳細な検討は、本レビューの範囲外であるが、各種の資料から入手できる(129,136,138)。

結論

青少年のレジスタンストレーニングは、効果がなく、安全性が低いという古い思い込みがあるにもかかわらず、科学的な証拠と臨床的所見からは、適切なトレーニングのガイドラインを守り、有資格者による指導を提供すれば、レジスタンストレーニングが子どもや思春期の若者の健康や体力に、目に見える価値をもたらすことが示唆される。教師、コーチ、親、そして医療専門職は、パフォーマンスに関する恩恵に加えて、レジスタンストレーニングが、骨の健康、身体組成、スポーツ傷害の減少などを含む、いくつかの健康に関する測定値に及ぼす効果も認識すべきである。年齢に応じたレジスタンストレーニングのガイドラインに従って計画すれば、大多数の子どもや思春期の若者は、安全にこれらの健康上の利益を享受できる。

現在我々のもつ情報は、生涯にわたる健康志向の身体活動への取り組みに、レジスタンストレーニングを取り入れることを検討すべきであることを裏付けている。今後の重要な研究目標は、青少年のレジスタンスエクササイズに伴う健康上の恩恵を説明するメカニズムを解明することであり、子どもや思春期の若者の長期間のトレーニングによる適応とエクササイズの種類とを最適化できる、プログラム変数の組み合わせを確立することである。さらに、レジスタンストレーニングが、肥満、糖尿病、がん、重度の火傷、身体障害、知的障害などを含む様々な疾患のある青少年にもたらす潜在的恩恵を探究することである。◆

References

1. Abernethy, L and Bleakley, C. Strategies to prevent injury in adolescent sport: A systematic review. *Br J Sports Med* 41: 627-638, 2007.
2. Adams, K, O' Shea, J, O' Shea, K, and Climstein, M. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J Strength Cond Res* 6: 36-41, 1992.
3. American Academy of Pediatrics. Intensive training and specialization in young athletes. *Pediatrics* 106: 154-157, 2000.
4. American Academy of Pediatrics. Prevention of pediatric overweight and obesity. *Pediatrics* 112: 424-430, 2003.
5. American Academy of Pediatrics. Strength training by children and adolescents. *Pediatrics* 121: 835-840, 2008.

6. American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (7th ed.). Baltimore, MD: Lippincott, Williams & Wilkins, 2007.
7. American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: Individual-, family-, school-, and community-based interventions for pediatric overweight. *J Am Diet Assoc* 106: 925–945, 2006.
8. American Orthopaedic Society for Sports Medicine. *Proceedings of the Conference on Strength Training and the Prepubescent*. Chicago, IL: American Orthopaedic Society for Sports Medicine, 1988.
9. Andersen, L, Wedderkopp, N, and Leboeuf-Yde, C. Association between back pain and physical fitness in adolescents. *Spine* 31: 1740–1744, 2006.
10. Annesi, J, Faigenbaum, A, Westcott, W, Smith, A, Unruh, J, and Franklin G. Effects of the Youth Fit for Life protocol on physiological, mood, self-appraisal, and voluntary physical activity changes in African American preadolescents: Contrasting afterschool care and physical education formats. *Int J Clin Health Psychol* 7: 641–659, 2007.
11. Annesi, J, Westcott, W, Faigenbaum, A, and Unruh, J. Effects of a 12 week physical activity program delivered by YMCA after-school counselors (Youth Fit for Life) on fitness and self-efficacy changes in 5–12 year old boys and girls. *Res Q Exerc Sport* 76: 468–476, 2005.
12. Australian Strength and Conditioning Association. Resistance training for children and youth: A position stand from the Australian Strength and Conditioning Association. 2007. Available at: <http://www.strengthandconditioning.org>. Accessed April 4, 2008.
13. Bailey, R, Olsen, J, Pepper, S, Porszasz, J, Barstow, T, and Cooper, D. The level and tempo of children's physical activities: An observational study. *Med Sci Sports Exerc* 27: 1033–1041, 1995.
14. Baker, D. Differences in strength and power among junior-high, senior-high, college-aged, and elite professional rugby league players. *J Strength Cond Res* 16: 581–585, 2002.
15. Bass, S. The prepubertal years. A uniquely opportune stage of growth when the skeleton is most responsive to exercise? *Sports Med* 39: 73–78, 2000.
16. Bass, S, Pearce, G, Bradney, M, Hendrich, E, Delmas, P, Harding, A, and Seeman, E. Exercise before puberty may confer residual benefits in bone density in adulthood: Studies in active prepubertal and retired female gymnasts. *J Bone Mineral Res* 13: 500–507, 1998.
17. Baumgartner, T and Wood, S. Development of shoulder-girdle strength-endurance in elementary children. *Res Q Exerc Sport* 55: 169–171, 1984.
18. Behm, D, Faigenbaum, A, Falk, B, and Klentrou, P. Canadian Society for Exercise Physiology position paper: Resistance training in children and adolescents. *J Appl Physiol Nutr Metab* 33: 547–561, 2008.
19. Behm, D, Wahl, M, Button, D, Power, K, and Anderson, K. Relationship between hockey skating speed and selected performance measures. *J Strength Cond Res* 19: 326–331, 2005.
20. Bellew, J and Gehrig, L. A comparison of bone mineral density in adolescent female swimmers, soccer players, and weightlifters. *Pediatr Phys Ther* 18: 19–22, 2006.
21. Benson, A, Torade, M, and Fiatarone Singh, M. Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. *Int J Pediatr Obes* 1: 222–231, 2006.
22. Benson, A, Torade, M, and Fiatarone Singh, M. A rationale and method for high-intensity progressive resistance training with children and adolescents. *Contemp Clin Trials* 28: 442–450, 2007.
23. Benson, A, Torade, M, and Fiatarone Singh, M. Effects of resistance training on metabolic fitness in children and adolescents. *Obes Rev* 9: 43–66, 2008.
24. Benson, A, Torade, M, and Fiatarone Singh, M. The effect of high intensity progressive resistance training on adiposity in children: A randomized controlled trial. *Int J Obes* 32: 1016–1027, 2008.
25. Benton, J. Epiphyseal fractures in sports. *Phys Sportsmed* 10: 63–71, 1983.
26. Blanksby, B and Gregor, J. Anthropometric, strength, and physiological changes in male and female swimmers with progressive resistance training. *Aust J Sport Sci* 1: 3–6, 1981.
27. Blimkie, C. Age- and sex- associated variation in strength during childhood: Anthropometric, morphologic, neurologic, biomechanical, endocrinologic, genetic, and physical activity correlates. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Vol. 2: Youth, Exercise and Sport*. Gisolfi, CV and Lamb, DR, eds. Indianapolis, IN: Benchmark, 1989. pp. 99–163.
28. Blimkie, C. Resistance training during pre- and early puberty: Efficacy, trainability, mechanisms and persistence. *Can J Sport Sci* 17: 264–279, 1992.
29. Blimkie, C, Martin, J, Ramsay, D, Sale, D, and MacDougall, D. The effects of detraining and maintenance weight training on strength development in prepubertal boys. *Can J Sport Sci* 14: 104P, 1989.
30. Blimkie, C, Rice, S, Webber, C, Martin, J, and Gordon, C. Effects of resistance training on bone mineral content and density in adolescent females. *Can J Physiol Pharmacol* 74: 1025–1033, 1996.
31. Brady, T, Cahill, B, and Bodnar, L. Weight training related injuries in the high school athlete. *Am J Sports Med* 10: 1–5, 1982.
32. Brenner, J. Overuse injuries, overtraining, and burnout in child and adolescent athletes. *Pediatrics* 119: 1242–1245, 2007.
33. British Association of Exercise and Sport Sciences. BASES position statement on guidelines for resistance exercise in young people. *J Sports Sci* 22: 383–390, 2004.
34. Brooks, M, Schiff, M, Koepsell, T, and Rivara, F. Prevalence of preseason conditioning among high school athletes in two spring sports. *Med Sci Sports Exerc* 39: 241–247, 2007.
35. Brown, E and Kimball, R. Medical history associated with adolescent power lifting. *Pediatrics* 72: 636–644, 1983.
36. Brown, M, Mayhew, J, and Boleach, L. Effect of plyometric training on vertical jump performance in high school basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 26: 1–4, 1986.
37. Bulgakova, N, Vorontsov, A, and Fomichenko, T. Improving the technical preparedness of young swimmers by using strength training. *Sov Sports Rev* 25: 102–104, 1990.
38. Byrd, R, Pierce, K, Rielly, L, and Brady, J. Young weightlifters' performance across time. *Sports Biomech* 2: 133–140, 2003.
39. Cahill, B and Griffith, E. Effect of preseason conditioning on the incidence and severity of high school football knee injuries. *Am J Sports Med* 6: 180–184, 1978.
40. Caine, D, Caine, C, and Maffulli, N. Incidence and distribution of pediatric sport-related injuries. *Clin J Sports Med* 16: 500–513, 2006.
41. Caine, D, DiFiori, J, and Maffulli, N. Physeal injuries in children' and youth sports: Reasons for concern? *Br J Sports Med* 40: 749–760, 2006.
42. Calfas, K and Taylor, W. Effects of physical activity on psychological variables in adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 6: 406–423, 1994.
43. Carbonell, S and Brandi, M. 2006 update on genetic determinants of osteoporosis. *J Endocrinol Invest* 30: 2–7, 2007.
44. Casa, D and Yeargin, S. Avoiding dehydration among young athletes. *ACSM Health Fitness J* 9: 20–23, 2005.
45. Centers for Disease Control and Prevention. Sports-related injuries among high school athletes—United States, 2005–06 school year. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 55: 1037–1040, 2006.
46. Christou, M, Smilios, I, Sptiropoulos, K, Volaklis, K, Piliandis, T, and Tokmakidid, S. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *J Strength Cond Res* 20: 783–791, 2006.
47. Chu, D, Faigenbaum, A, and Falkel, J. *Progressive Plyometrics for Kids*. Monterey, CA: Healthy Learning, 2006.
48. Clarkson, P. Case report of exertional rhabdomyolysis in a 12 year old boy. *Med Sci Sports Exerc* 38: 197–200, 2006.
49. Compton, D, Hill, P, and Sinclair, J. Weight- lifters' blackout. *Lancet* 2: 1234–1237, 1973.
50. Conroy, B, Kraemer, W, Maresh, C, Fleck, S, Stone, M, Fry, A,

- Miller, P, and Dalsky, G. Bone mineral density in elite junior Olympic weightlifters. *Med Sci Sports Exerc* 25: 1103-1109, 1993.
51. Cossor, J, Blanksby, B, and Elliot, B. The influence of plyometric training on the freestyle tumble turn. *J Sci Med Sport* 2: 106-116, 1999.
 52. Cotugna, N, Vickery, C, and McBee, S. Sports nutrition for young athletes. *J Sch Nurs* 21: 323-328, 2005.
 53. Coutts, A, Murphy, A, and Dascombe, B. Effect of direct supervision of a strength coach on measures of muscular strength and power in young rugby league players. *J Strength Cond Res* 18: 316-323, 2004.
 54. Dencker, M, Thorsson, O, Karlsson, M, Linden, C, Eiberg, S, Wollmer, P, and Andersen, L. Daily physical activity related to body fat in children aged 8-11 years. *J Pediatr* 149: 38-42, 2006.
 55. DeRenne, C, Hetzler, R, Buxton, B, and Ho, K. Effects of training frequency on strength maintenance in pubescent baseball players. *J Strength Cond Res* 10: 8-14, 1996.
 56. Diallo, O, Dore, E, Duche, P, and Van Praagh, E. Effects of plyometric training followed by a reduced training program on S74 Journal of Strength and Conditioning Research the TM Updated Position Statement Paper From the NSCA physical performance in prepubescent soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 41: 342-348, 2001.
 57. Dimitrov, D. Age to begin with weightlifting training. In: *Proceedings of the International Weightlifting Symposium*. A. Lukacsfalvi and F. Takacs, eds. Budapest, Hungary: International Weightlifting Federation, 1993. pp. 25-30.
 58. Dishman, R, Motl, R, Saunders, R, Felton, G, Ward, D, Dowda, M, and Pate, R. Enjoyment mediates effects of a school-based physical activity intervention. *Med Sci Sports Exerc* 37: 478-487, 2005.
 59. Docherty, D, Wenger, H, Collis, M, and Quinney, H. The effects of variable speed resistance training on strength development in prepubertal boys. *J Hum Mov Stud* 13: 377-382, 1987.
 60. Dominguez, R. Shoulder pain in age group swimmers. In: *Swimming Medicine IV*. Eriksson, B and Furberg, B, eds. Baltimore, MD: University Park Press, 1978. pp. 105-109.
 61. Drawer, F and Fuller, C. Propensity for osteoarthritis and lower limb joint pain in retired professional soccer players. *Br J Sports Med* 35: 402-408, 2001.
 62. Ebbeling, C, Pawlak, D, and Ludwig, D. Childhood obesity: Public health crisis, common sense cure. *Lancet* 360: 473-482, 2002.
 63. Emery, C, Cassidy, J, Klassen, T, Rosychuk, R, and Rowe, B. Effectiveness of a home-based balance training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: A cluster randomized controlled trial. *CMAJ* 172: 749-754, 2005.
 64. Emery, C, Meeuwisse, W, and McAllister, J. Survey of sport participation and sport injury risk in Calgary and area high schools. *Clin J Sport Med* 16: 20-26, 2006.
 65. Emery, C, Rose, M, McAllister, J, and Meeuwisse, W. A prevention strategy to reduce the incidence of injury in high school basketball: A cluster randomized controlled trial. *Clin J Sports Med* 17: 17-24.
 66. Faigenbaum, A. Strength training for children and adolescents. *Clin Sports Med* 19: 593-619, 2000.
 67. Faigenbaum, A. Resistance training for children and adolescents: Are there health outcomes? *Am J Lifestyle Med* 1: 190-200, 2007.
 68. Faigenbaum, A, Bellucci, M, Bernieri, A, Bakker, B, and Hoorens, K. Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. *J Strength Cond Res* 19: 376-381, 2005.
 69. Faigenbaum, A, Farrell, A, and Radler, T. 'Plyo Play': A novel program of short bouts of moderate and high intensity exercise improves physical fitness in elementary school children. *Phys Educ* 66: 37-44, 2009.
 70. Faigenbaum, A, Glover, S, O'Connell, J, LaRosa Loud, R, and Westcott, W. The effects of different resistance training protocols on upper body strength and endurance development in children. *J Strength Cond Res* 15: 459-465, 2001.
 71. Faigenbaum, A, Kang, J, McFarland, J, Bloom, J, Magnatta, J, Ratamess, N, and Hoffman, J. Acute effects of different warm-up protocols on anaerobic performance in teenage athletes. *Pediatr Exerc Sci* 17: 64-75, 2006.
 72. Faigenbaum, A, Kraemer, W, Cahill, B, Chandler, J, Dziados, J, Elfrink, L, Forman, E, Gaudiose, M, Micheli, L, Nitka, M, and Roberts, S.M, and Roberts, S. Youth resistance training: Position statement paper and literature review. *Strength Cond J* 18: 62-75, 1996.
 73. Faigenbaum, A and McFarland, J. Guidelines for implementing a dynamic warm-up for physical education. *J Phys Educ Rec Dance* 78: 25-28, 2007.
 74. Faigenbaum, A, McFarland, J, Johnson, L, Kang, J, Bloom, J, Ratamess, N, and Hoffman, J. Preliminary evaluation of an afterschool resistance training program. *Percept Mot Skills* 104: 407-415, 2007.
 75. Faigenbaum, A, McFarland, J, Keiper, F, Tevlin, W, Kang, J, Ratamess, N, and Hoffman, J. Effects of a short term plyometric and resistance training program on fitness performance in boys age 12 to 15 years. *J Sports Sci Med* 6: 519-525, 2007.
 76. Faigenbaum, A, McFarland, J, Schwerdtman, J, Ratamess, N, Kang, N, and Hoffman, J. Dynamic warm-up protocols, with and without a weighted vest, and fitness performance in high school female athletes. *J Athl Train* 41: 357-363, 2006.
 77. Faigenbaum, A and Mediate, P. The effects of medicine ball training on physical fitness in high school physical education students. *Phys Educ* 63: 160-167, 2006.
 78. Faigenbaum, A, Milliken, L, Cloutier, C, and Westcott, W. Perceived exertion during resistance exercise in children. *Percept Mot Skills* 98: 627-637, 2004.
 79. Faigenbaum, A, Milliken, L, LaRosa Loud, R, Burak, B, Doherty, C, and Westcott, W. Comparison of 1 day and 2 days per week of strength training in children. *Res Q Exerc Sport* 73: 416-424, 2002.
 80. Faigenbaum, A, Milliken, L, Moulton, L, and Westcott, W. Early muscular fitness adaptations in children in response to two different resistance training regimens. *Pediatr Exerc Sci* 17: 237-248, 2005.
 81. Faigenbaum, A, Milliken, L, and Westcott, W. Maximal strength testing in children. *J Strength Cond Res* 17: 162-166, 2003.
 82. Faigenbaum, A, Ratamess, N, McFarland, J, Kaczmarek, J, Coraggio, M, Kang, J, and Hoffman, J. Effect of rest interval length on bench press performance in boys, teens and men. *Pediatr Exerc Sci* 20: 457-469, 2008.
 83. Faigenbaum, A and Westcott, W. Resistance training for obese children and adolescents. *President's Council on Physical Fitness and Sport Res Digest* 8: 1-8, 2007.
 84. Faigenbaum, A and Westcott, W. *Youth Strength Training for Health, Fitness and Sport*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2009.
 85. Faigenbaum, A, Westcott, W, Long, C, Loud, R, Delmonico, M, and Micheli, L. Relationship between repetitions and selected percentages of the one repetition maximum in children. *Pediatr Phys Ther* 10: 110-113, 1998.
 86. Faigenbaum, A, Westcott, W, Loud, R, and Long, C. The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children. *Pediatrics* 104: e5, 1999.
 87. Faigenbaum, A, Westcott, W, Micheli, L, Outerbridge, A, Long, C, LaRosa-Loud, R, and Zaichkowsky, L. The effects of strength training and detraining on children. *J Strength Cond Res* 10: 109-114, 1996.
 88. Faigenbaum, A, Zaichkowsky, L, Westcott, W, Micheli, L, and Fehlandt, A. The effects of a twice per week strength training program on children. *Pediatr Exerc Sci* 5: 339-346, 1993.
 89. Faigenbaum, A, Zaichkowsky, L, Westcott, W, Micheli, L, Outerbridge, A, Long, C, and LaRosa-Loud, R. Psychological effects of strength training on children. *J Sport Behav* 20: 164-175, 1997.
 90. Falk, B and Eliakim, A. Resistance training, skeletal muscle and growth. *Pediatr Endocrinol Rev* 1: 120-127, 2003.
 91. Falk, B and Mor, G. The effects of resistance and martial arts training in 6- to 8-year-old boys. *Pediatr Exerc Sci* 8: 48-56, 1996.
 92. Falk, B, Sadres, E, Constantini, N, Zigel, L, Lidor, R, and Eliakim,

- A. The association between adiposity and the response to resistance training among pre- and early-pubertal boys. *J Pediatr Endocrinol Metab* 15: 597-606, 2002.
94. Falk, B and Tenenbaum, G. The effectiveness of resistance training in children. A meta-analysis. *Sports Med* 22: 176-186, 1996.
95. Fatouros, I, Jamurtas, A, Leontsini, D, Kyriakos, T, Aggelousis, N, Kostopoulos, N, and Buckenmeyer, P. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jump performance and leg strength. *J Strength Cond Res* 14: 470-476, 2000.
96. Flanagan, S, Laubach, L, DeMarco, G, Alvarez, C, Borchers, S, Dressman, E, Gorka, C, Lauer, M, McKelvy, A, Metzler, M, Poepelman, J, Redmond, C, Riggenbach, M, Tichar, S, Wallis, K, and Weseli, D. Effects of two different strength training modes on motor performance in children. *Res Q Exerc Sport* 73: 340-344, 2002.
97. Fleck, S and Kraemer, W. *Designing Resistance Training Programs* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, 2004.
98. Fripp, R and Hodgson, J. Effect of resistive training on plasma lipid and lipoprotein levels in male adolescents. *J Pediatr* 111: 926-931, 1987.
99. Fry, A and Kraemer, W. Resistance exercise overtraining and overreaching. *Sports Med* 23: 106-129, 1997.
100. Fukunga, T, Funato, K, and Ikegawa, S. The effects of resistance training on muscle area and strength in prepubescent age. *Ann Physiol Anthropol* 11: 357-364, 1992.
101. Funato, K, Fukunaga, T, Asami, T, and Ikeda, S. Strength training for prepubescent boys and girls. In: *Proceedings of the Department of Sports Science*. Tokyo, Japan: University of Tokyo, 1987. pp. 9-19.
102. George, D, Stakiw, K, and Wright C. Fatal accident with weightlifting equipment: Implications for safety standards. *Can Med Assoc J* 140: 925-926, 1989.
103. Gillis, L, Kennedy, L, and Bar-Or, O. Overweight children reduce their activity levels earlier in life than healthy weight children. *Clin J Sports Med* 16: 51-55, 2006.
104. Golan, R, Falk, B, Hoffman, J, Hochberg, Z, Ben-Sira, D, and Barak, Y. Resistance training for children and adolescents. Position Statement by the International Federation of Sports Medicine (FIMS). In: *Sports and Children*. Chan, K and Micheli, L, eds. Hong Kong: Lippincott Williams & Wilkins, 1998. pp. 265-270.
105. Gonzales-Badillo, J, Gorostiaga, E, Arellano, R, and Izquierdo, M. Moderate resistance training volume produces more favorable strength gains than high or low volumes during a short-term training cycle. *J Strength Cond Res* 19: 689-697, 2005.
106. Goran, M, Reynolds, K, and Lindquist, C. Role of physical activity in the prevention of obesity in children. *Int J Obes* 23: S18-S33, 1999.
107. Gould, J and DeJong, A. Injuries to children involving home exercise equipment. *Arch Pediatr Adolesc Med* 148: 1107-1109, 1994.
108. Gumbs, V, Segal, D, Halligan, J, and Lower, G. Bilateral distal radius and ulnar fractures in adolescent weight lifters. *Am J Sports Med* 10: 375-379, 1982.
109. Grimmer, K, Jones, D, and Williams, J. Prevalence of adolescence injury from recreational exercise: An Australian perspective. *J Adolesc Health* 27: 266-272, 2000.
110. Gustavsson, A, Olsson, T, and Nordstrom, P. Rapid loss of bone mineral density of the femoral neck after cessation of ice hockey training: A 6 year longitudinal study in males. *J Bone Miner Res* 18: 1964-1969, 2003.
111. Guy, J and Micheli, L. Strength training for children and adolescents. *J Am Acad Ortho Surg* 9: 29-36, 2001.
112. Hagberg, J, Ehsani, A, Goldring, D, Hernandez, A, Sinacore, D, and Holloszy, J. Effect of weight training on blood pressure and hemodynamics in hypertensive adolescents. *J Pediatrics* 104: 147-151, 1984.
113. Hakkinen, K, Mero, A, and Kavhanen, H. Specificity of endurance, sprint, and strength training on physical performance capacity in young athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 29: 27-35, 1989.
114. Hamill, B. Relative safety of weight lifting and weight training. *J Strength Cond Res* 8: 53-57, 1994.
115. Heidt, R, Swetterman, L, Carlonas, R, Traub, J, and Tekulve, F. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *Am J Sports Med* 28: 659-662, 2000.
116. Hejna, W, Rosenberg, A, Buturusis, D, and Krieger, A. The prevention of sports injuries in high school students through strength training. *Nat Strength Cond Assoc J* 4: 28-31, 1982.
117. Hetherington, M. Effect of isometric training on the elbow flexion force torque of grade five boys. *Res Q* 47: 41-47, 1976.
118. Hetzler, R, DeRenne, C, Buxton, B, Ho, K, Chai, D, and Seichi, G. Effects of 12 weeks of strength training on anaerobic power in prepubescent male athletes. *J Strength Cond Res* 11: 174-181, 1997.
119. Hewett, T, Myer, G, and Ford, K. Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes. *J Knee Surg* 18: 82-88, 2005.
120. Hewett, T, Riccobene, J, Lindenfeld, T, and Noyes, F. The effects of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes: A prospective study. *Am J Sports Med* 27: 699-706, 1999.
121. Hind, K and Borrow, M. Weight-bearing exercise and bone mineral accrual in children and adolescents: A review of controlled trials. *Bone* 51: 81-101, 2007.
122. Hoffman, J, Faigenbaum, A, Ratamess, N, Ross, R, Kang, J, and Tenenbaum, G. Nutritional supplementation and anabolic steroid use in adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 40: 15-24, 2008.
123. Holloway, J, Beuter, A, and Duda, J. Self-efficacy and training in adolescent girls. *J Appl Soc Psychol* 18: 699-719, 1988.
124. Horvat, M, Franklin, C, and Born, D. Predicting strength in high school women athletes. *J Strength Cond Res* 21: 1018-1022, 2007.
125. Ingle, L, Sleaf, M, and Tolfrey, K. The effect of a complex training and detraining programme on selected strength and power variables in early prepubertal boys. *J Sports Sci* 24: 987-997, 2006.
126. Institute of Medicine of the National Academies. *Preventing Childhood Obesity. Health in the Balance*. Washington, DC: The National Academies Press, 2005. pp. 21-53.
127. International Health, Racquet and Sportsclub Association. *2006 Profiles of Success*. Boston, MA: International Health, Racquet and Sportsclub Association, 2006.
128. Jenkins, N and Mintowt-Czyz, W. Bilateral fracture separations of the distal radial epiphyses during weight-lifting. *Br J Sports Med* 20: 72-73, 1986.
129. Jeffreys, I. *Coaches Guide to Enhancing Recovery in Athletes: A Multidimensional Approach to Developing the Performance Lifestyle*. Monterey, CA: Healthy Learning, 2008.
130. Jeffreys, I. Quadrennial planning for the high school athlete. *Strength Cond J* 30: 74-83, 2008.
131. Jeffries, L, Milanese, S, and Grimmer-Somers, K. Epidemiology of adolescent spinal pain. *Spine* 23: 2630-2637, 2007.
132. Jones, C, Christensen, C, and Young, M. Weight training injury trends. *Phys Sports Med* 28: 61-72, 2000.
133. Knudson, D. Current issues in flexibility fitness. *President's Council on Physical Fitness and Sports Res Digest* 3: 1-6, 2000.
134. Kotzamanidis, C. Effect of plyometric training on running performance and vertical jumping in prepubertal boys. *J Strength Cond Res* 20: 441-445, 2006.
135. Kraemer, W. Endocrine response to resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 20(Suppl.): S152-S157, 1988.
136. Kraemer, W, Adams, K, Cafarelli, E, Dudley, G, Dooly, C, Feigenbaum, M, Fleck, S, Franklin, B, Fry, A, Hoffman, J, Newton, R, Potteiger, J, Stone, M, Ratamess, N, and Triplett-McBride, T. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 34: 364-380, 2002.
137. Kraemer, W and Fleck, S. *Strength Training for Young Athletes* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, 2005.
138. Kraemer, W and Fleck, S. *Optimizing Strength Training: Designing Nonlinear Periodized Workouts*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2007.
139. Kraemer, W, Fry, A, Frykman, P, Conroy, B, and Hoffman, J. Resistance training and youth. *Pediatr Exerc Sci* 1: 336-350, 1989.

140. Kraemer, W, Fry, A, Ratamess, N, and French, D. Strength testing: Development and evaluation of methodology. In: *Physiological Assessment of Human Fitness* (2nd ed.). Maud, P, and Foster, C, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 2006. pp. 119–150.
141. Kraemer, W, Ratamess, N. Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 36: 674–688, 2004.
142. Kravitz, L, Akalan, C, Nowicki, K, and Kinzey, S. Prediction of 1 repetition maximum in high school power lifters. *J Strength Cond Res* 17: 167–172, 2003.
143. Lephart, S, Abt, J, Ferris, C, Sell, T, Nagai, T, Myers, J, and Irrgang, J. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: A plyometric versus basic resistance program. *Br J Sports Med* 39: 932–938, 2005.
144. Lillegard, W, Brown, E, Wilson, D, Henderson, R, and Lewis, E. Efficacy of strength training in prepubescent to early postpubescent males and females: Effects of gender and maturity. *Pediatr Rehabil* 1: 147–157, 1997.
145. MacKelvie, K, Petit, M, Khan, K, Beck, T, and McKay, H. Bone mass and structure and enhanced following a 2-year randomized controlled trial of exercise in prepubertal boys. *Bone* 34: 755–764, 2004.
146. Malina, R. Tracking of physical activity across the lifespan. *President's Council on Physical Fitness and Sports Res Digest* 3: 1–8, 2001.
147. Malina, R. Weight training in youth—growth, maturation and safety: An evidenced based review. *Clin J Sports Med* 16: 478–487, 2006.
148. Malina, R, Bouchard, C, and Bar-Or, O. *Growth, Maturation and Physical Activity* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, 2004. pp. 215–233.
149. Mandelbaum, B, Silvers, H, Watanabe, D, Knarr, J, Thomas, S, Griffin, L, Kirkendall, D, and Garrett, W. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes. *Am J Sports Med* 33: 1003–1010, 2005.
150. Marginson, V, Rowlands, A, Gleeson, N, and Eston, R. Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. *J Appl Physiol* 99: 1174–1181, 2005.
151. Matavulj, D, Kukolj, M, Ugarkovic, J, Tihanyi, J, and Jaric, S. Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 41: 159–164, 2001.
152. Mayhew, J, Kerkisick, C, Lentz, D, Ware, J, and Mayhew, D. Using repetitions to predict one-repetition maximum bench press in male high school athletes. *Pediatr Exerc Sci* 16: 265–276, 2004.
153. Mayhew, J, McCormick, T, Piper, F, Kurth, A, and Arnold, M. Relationships of body dimensions to strength performance in novice adolescent male powerlifters. *Pediatr Exerc Sci* 5: 347–356, 1993.
154. McKay, H, Maclean, L, Petit, M, Mackelvie-O' Brien, K, Janssen, P, Beck, T, and Khan, K. 'Bounce at the Bell': a novel program of short bouts of exercise improves proximal femur bone mass in early pubertal children. *Br J Sports Med* 39: 521–526, 2005.
155. McNeal, J and Sands, W. Acute static stretching reduces lower extremity power in trained children. *Pediatr Exerc Sci* 15: 139–145, 2003.
156. Mediate, P and Faigenbaum, A. *Medicine Ball for All Kids*. Monterey, CA: Healthy Learning, 2007.
157. Melnick, M and Mookerjee, S. Effects of advanced weight training on body cathexis and self-esteem. *Percept Mot Skills* 72: 1335–1345, 1991.
158. Mersch, F and Stoboy, H. *Strength training and muscle hypertrophy in children*. In: *Children and Exercise XIII*. Oseid, S and Carlsen, K, eds. Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1989. pp. 165–182.
159. Micheli, L. Overuse injuries in children sports: The growth factor. *Orthop Clin N Am* 14: 337–349, 1983.
160. Micheli, L. Strength training in the young athlete. In: *Competitive Sports for Children and Youth*. Brown, E and Branta, C eds. Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1988. pp. 99–105.
161. Micheli, L. Preventing injuries in sports: What the team physician needs to know. In: *F.I.M.S. Team Physician Manual* (2nd ed.). Chan, K, Micheli, L, Smith, A, Rolf, C, Bachl, N, Frontera, W, and Alenabi, T, eds. Hong Kong: CD Concept, 2006. pp. 555–572.
162. Micheli, L, Glassman, R, and Klein, M. The prevention of sports injuries in youth. *Clin Sports Med* 19: 821–834, 2000.
163. Micheli, L and Purcell, L. *The Adolescent Athlete: A Practical Approach*. New York, NY: Springer, 2007.
164. Milliken, L, Faigenbaum, A, LaRosa-Loud, R, and Westcott, W. Correlates of upper and lower body muscular strength in children. *J Strength Cond Res* 22: 1339–1346, 2008.
165. Millman, R. Excessive sleepiness in adolescents and young adults: Causes, consequences, and treatment strategies. *Pediatrics* 115: 1774–1786, 2005.
166. Morris, F, Naughton, G, Gibbs, J, Carlson, J, and Wark, J. Prospective ten-month exercise intervention in premenarcheal girls: Positive effects on bone and lean mass. *J Bone Miner Res* 12: 1453–1462, 1997.
167. Mountjoy, M, Armstrong, N, Bizzini, L, Blimkie, C, Evans, J, Gerrard, D, Hangen, J, Knoll, K, Micheli, L, Sangenis, P, and Van Mechelen, W. IOC Consensus Statement: 'Training the elite young athlete.' *Clin J Sport Med* 18: 122–123, 2008.
168. Myer, G, Ford, K, Palumbo, J, and Hewitt, T. Neuromuscular training improves performance and lower extremity biomechanics in female athletes. *J Strength Cond Res* 19: 51–60, 2005.
169. National Association for Sport and Physical Education. *Physical Education for Lifelong Fitness* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, 2005. pp. 3–11.
170. National Strength and Conditioning Association. Position paper on prepubescent strength training. *Nat Strength Cond Assoc J* 7: 27–31, 1985.
171. Nattiv, A, Loucks, A, Manore, M, Sanborn, C, Sundgot-Borgen, J, and Warren, M. American College of Sports Medicine position stand: The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc* 39: 1867–1882, 2007.
172. Nau, K, Katch, V, Beekman, R, and Dick, M. Acute intraarterial blood pressure response to bench press weight lifting in children. *Pediatr Exerc Sci* 2: 37–45, 1990.
173. Nichols, D, Sanborn, C, and Love, A. Resistance training and bone mineral density in adolescent females. *J Pediatr* 139: 473–475, 2001.
174. Nielsen, B, Nielsen, K, Behrendt-Hansen, M, and Asmussen, E. Training of 'functional muscular strength' in girls 7–19 years old. In: *Children and Exercise IX*. Berg, K and Eriksson, B eds. Baltimore, MD: University Park Press, 1980. pp. 69–77.
175. Ogden, C, Carrol, L, McDowell, M, Tabak, C, and Flegal, K. Prevalence of overweight and obesity in the United States, 1999–2004. *J Am Med Assoc* 295: 1549–1555, 2006.
176. Olsen, O, Myklebust, G, Engebretsen L, Holme, I, and Bahr, R. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: Cluster randomized controlled trial. *Br Med J* 330: 449, 2005.
177. Outerbridge, A and Micheli, L. Overuse injuries in the young athlete. *Clin Sports Med* 14: 503–516, 1995.
178. Ozmun, J, Mikesky, A, and Surburg, P. Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Med Sci Sports Exerc* 26: 510–514, 1994.
179. Payne, V, Morrow, J, Johnson, L, and Dalton, S. Resistance training in children and youth: A meta-analysis. *Res Q Exerc Sport* 68: 80–88, 1997.
180. Pfeiffer, R and Francis, R. Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent and postpubescent males. *Phys Sportsmed* 14: 134–143, 1986.
181. Pfeiffer, R, Shea, K, Roberts, D, Grandstrand, S, and 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* 88A: 1769–1774, 2006.
182. Pierce, K, Byrd, R, and Stone, M. Youth weightlifting—Is it safe? *Weightlifting USA* 17: 5, 1999.
183. Pikosky, M, Faigenbaum, A, Westcott, W, and Rodriguez, N. Effects of resistance training on protein utilization in healthy children. *Med Sci Sports Exerc* 34: 820–827, 2002.
184. Plumert, J and Schwebel, D. Social and temperamental influences

- on children's overestimation of their physical abilities: Links to accidental injuries. *J Exp Child Psychol* 67: 317-337, 1997.
185. Prodromos, C, Han, Y, Rogowski, J, Joyce, B, and Shi, K. A metaanalysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy* 23: 1320-1325, 2007.
 186. Ramsay, J, Blimkie, C, Smith, K, Garner, S, Macdougall, J, and Sale, D. Strength training effects in prepubescent boys. *Med Sci Sports Exerc* 22: 605-614, 1990.
 187. Rians, C, Weltman, A, Cahill, B, Janney, CA, Tippet, S, and Katch, F. Strength training for prepubescent males: Is it safe? *Am J Sports Med* 15: 483-489, 1987.
 188. Ridgers, N, Fazey, D, and Fairclough, S. Perceptions of athletic competence and fear of negative evaluation during physical education. *Br J Educ Psychol* 77: 339-349, 2007.
 189. Risser, W. Weight-training injuries in children and adolescents. *Am Fam Phys* 44: 2104-2110, 1991.
 190. Risser, W, Risser, J, and Preston, D. Weight-training injuries in adolescents. *Am J Dis Child* 144: 1015-1017, 1990.
 191. Robbins, D. Postactivation potentiation and its practical application: A brief review. *J Strength Cond Res* 19: 453-458, 2005.
 192. Roberts, S, Ciapponi, T, and Lytle, R. *Strength Training for Children and Adolescents*. Reston, VA: National Association for Sports and Physical Education, 2008.
 193. Robertson, R, Goss, F, Aaron, D, Gairola, A, Lowallis, R, Liu, Y, Randall, C, Tessmer, K, Schnorr, T, Schroeder, A, and White, B. One repetition maximum prediction models for children using the OMNI RPE scale. *J Strength Cond Res* 22: 196-201, 2008.
 194. Rowe, P. Cartilage fracture due to weight lifting. *Br J Sports Med* 13: 130-131, 1979.
 195. Rowland, T. *Children's Exercise Physiology* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, 2005. pp. 181-195.
 196. Rowland, T. Promoting physical activity for children's health. *Sports Med* 37: 929-936, 2007.
 197. Ryan, J and Saliccioli, G. Fractures of the distal radial epiphysis in adolescent weight lifters. *Am J Sports Med* 4: 26-27, 1976.
 198. Sadres, E, Eliakim, A, Constantini, N, Lidor, R, and Falk, B. The effect of long-term resistance training on anthropometric measures, muscle strength, and self-concept in pre-pubertal boys. *Pediatr Exerc Sci* 13: 357-372, 2001.
 199. Sailors, Mand Berg, K. Comparison of responses to weight training in pubescent boys and men. *J Sports Med* 27: 30-37, 1987.
 200. Sale, D. Strength training in children. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*. G. Gisolfi and D Lamb, eds. Indianapolis, IN: Benchmark Press, 1989. pp. 165-216.
 201. Sale, D. Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev* 30: 138-143, 2002.
 202. Santos, E and Janeira, M. Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. *J Strength Cond Res* 22: 903-909, 2008.
 203. Schwingshandl, J, Sudi, K, Eibi, B, Wallner, S, and Borkenstein, M. Effect of an individualized training programme during weight reduction on body composition: A randomized trial. *Arch Dis Child* 81: 426-428, 1999.
 204. Servedio, F, Bartels, R, Hamlin, R, Teske, D, Shaffer, T, and Servedio, A. The effects of weight training, using Olympic style lifts, on various physiological variables in pre-pubescent boys. *Med Sci Sports Exerc* 17: 288, 1985.
 205. Sewall, L and Micheli, L. Strength training for children. *J Pediatr Orthop* 6: 143-146, 1986.
 206. Shabi, G, Cruz, M, Ball, G, Weigensberg, M, Salem, G, Crespo, N, and Goran, M. Effects of resistance training on insulin sensitivity in overweight Latino adolescent males. *Med Sci Sports Exerc* 38: 1208-1215, 2006.
 207. Shimano, T, Kraemer, W, Spiering, B, Volek, J, Hatfield, D, Silvestre, R, Vingren, J, Fragala, M, Maresh, C, Fleck, S, Newtown, R, Spruewenberg, L, and Hakkinen, K. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *J Strength Cond Res* 20: 819-923, 2006.
 208. Shrier, I. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sports Med* 14: 267-273, 2004.
 209. Siatras, T, Papadopoulos, G, Mameletzi, D, Gerodimos, V, and Kellis, S. Static and dynamic acute stretching effect on gymnasts' speed in vaulting. *Pediatr Exerc Sci* 15: 383-391, 2003.
 210. Siegal, J, Camaione, D, and Manfredi, T. The effects of upper body resistance training in prepubescent children. *Pediatr Exerc Sci* 1: 145-154, 1989.
 211. Sjolie, A and Ljunggren, A. The significance of high lumbar mobility and low lumbar strength for current and future low back pain in adolescents. *Spine* 26: 2629-2636, 2001.
 212. Smith, A, Andrish, J, and Micheli, L. The prevention of sports injuries in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 25: S1-S8, 1993.
 213. Soares, J, Mota, P, Duarte, J, and Appell, H. Children are less susceptible to exercise-induced muscle damage than adults: A preliminary investigation. *Pediatr Exerc Sci* 8: 361-367, 1996.
 214. Sothorn, M, Loftin, J, Udall, J, Suskind, R, Ewing, T, Tang, S, and Blecker, U. Safety, feasibility and efficacy of a resistance training program in preadolescent obese youth. *Am J Med Sci* 319: 370-375, 2000.
 215. South African Sports Medicine Association. Resistance training in children and adolescents. 2001. Available at: <http://www.sasma.org.za>. Accessed April 4, 2008.
 216. Steben, R. The validity of the stretch shortening cycle in selected jumping events. *J Sports Med Phys Fitness* 21: 28-37, 1981.
 217. Steffen, K, Bakka, H, Myklebust, G, and Bahr, R. Performance aspects of an injury prevention program: A ten-week intervention in adolescent female football players. *Scand J Med Sci Sports* 18: 596-604, 2008.
 218. Stone, M, Ramsay, M, Kinser, A, O' Bryant, H, Ayers, C, and Sands, W. Stretching: Acute and chronic? The potential consequences. *Strength Cond J* 28: 66-74, 2006.
 219. Strong, W, Malina, R, Blimkie, C, Daniels, S, Dishman, R, Gutin, B, Hergenroeder, A, Must, A, Nixon, P, Pivarnik, J, Rowland, T, Trost, S, and Trudeau, F. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr* 146: 732-737, 2005.
 220. Sung, R, Yu, C, Chang, S, Mo, S, Woo, K, and Lam, C. Effects of dietary intervention and strength training on blood lipid level in obese children. *Arch Dis Child* 86: 407-410, 2002.
 221. Szymanski, D, Szymanski, J, Bradford, J, Schade, R, and Pascoe, D. Effect of twelve weeks of medicine ball training on high school baseball players. *J Strength Cond Res* 21: 894-901, 2007.
 222. Telama, R, Yang, X, Viikari, J, Valimaki, I, Wane, O, and Raitakari, O. Physical activity from childhood to adulthood: A 21 year tracking study. *Am J Prev Med* 28: 267-273, 2005.
 223. Thacker, S, Gilchrist, J, Stroup, D, and Kimsey, C. The impact of stretching on sports injury risk: A systematic review of the literature. *Med Sci Sports Exerc* 36: 371-378, 2004.
 224. Treuth, M, Hunter, G, Figueroa-Colon, R, and Goran, M. Effects of strength training on intra-abdominal adipose tissue in obese prepubertal girls. *Med Sci Sports Exerc* 30: 1738-1743, 1998.
 225. Trudeau, F, Laurencelle, L, and Shephard, R. Tracking of physical activity from childhood to adulthood. *Med Sci Sports Exerc* 36: 1937-1943, 2004.
 226. Tsolakis, C, Messinis, D, Stergioulas, A, and Dessypris, A. Hormonal responses after strength training and detraining in prepubertal and pubertal boys. *J Strength Cond Res* 14: 399-404, 2000.
 227. Tsolakis, C, Vagenas, G, and Dessypris, A. Strength adaptations and hormonal responses to resistance training and detraining in preadolescent males. *J Strength Cond Res* 18: 625-629, 2004.
 228. Tucker, L. Effects of a weight training program on the self-

- concepts of college males. *Percept Mot Skills* 54: 1055–1061, 1982.
229. Tucker, L. Effect of weight training on self-concept: A profile of those influenced most. *Res Q Exerc Sport* 54: 389–397, 1983.
230. Turner, C and Robling, A. Designing exercise regimens to increase bone strength. *Exerc Sport Sci Rev* 31: 45–50, 2003.
231. United States Consumer Product Safety Commission. *National Electronic Injury Surveillance System*. Washington, DC: Directorate for Epidemiology, National Injury Information Clearinghouse, 1979.
232. United States Consumer Product Safety Commission. *National Electronic Injury Surveillance System*. Washington, DC: Directorate for Epidemiology, National Injury Information Clearinghouse, 1987.
233. Vamvakoudis, E, Vrabas, I, Galazoulas, C, Stefanidis, P, Metaxas, T, and Mandroukas, K. Effects of basketball training on maximal oxygen uptake, muscle strength, and joint mobility in young basketball players. *J Strength Cond Res* 21: 930–936, 2007.
234. Vaughn, J and Micheli, L. Strength training recommendations for the young athlete. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 19: 235–245, 2008.
235. Vicente-Rodriguez, G. How does exercise affect bone development during growth? *Sports Med* 36: 561–569, 2006.
236. Violan, M, Small, E, Zetarak, M, and Micheli, L. The effects of karate training on flexibility, muscle strength and balance in 8 to 13 year old boys. *Pediatr Exerc Sci* 9: 55–64, 1997.
237. Virvidakis, K, Georgiu, E, Korkotsidis, A, Ntalles, K, and Proukakis, C. Bone mineral content of junior competitive weightlifters. *Int J Sports Med* 11: 244–246, 1990.
238. Volek, J, Gomez, A, Scheett, T, Sharman, M, French, D, Rubin, M, Ratamess, N, McGuigan, M, and Kraemer, W. Increasing fluid milk intake favorably affects bone mineral density responses to resistance training in adolescent boys. *J Am Diet Assoc* 103: 1353–1356, 2003.
239. Vrijens, F. Muscle strength development in the pre- and postpubescent age. *Med Sport* 11: 152–158, 1978.
240. Wang, Y and Lobstein, T. Worldwide trends in childhood overweight and obesity. *Int J Pediatr Obes* 1: 11–25, 2006.
241. Ward, K, Roberts, S, Adams, J, and Mughal, M. Bone geometry and density in the skeleton of prepubertal gymnasts and school children. *Bone* 26: 1012–1018, 2005.
242. Watts, K, Beye, P, Siafarikas, A, Davis, E, Jones, T, O’ Driscoll, G, and Green, D. Exercise training normalizes vascular dysfunction and improves central adiposity in obese adolescents. *J Am Coll Cardiol* 43: 1823–1827, 2004.
243. Watts, K, Jones, T, Davis, E, and Green, D. Exercise training in obese children and adolescents. *Sports Med* 35: 375–392, 2005.
244. Wedderkopp, N, Kaltoft, B, Lundgaard, M, Rusendahl, M, and Froberg, K. Prevention of injuries in young female players in European team handball: A prospective intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 9: 41–47, 1999.
245. Wedderkopp, N, Kaltoft, B, Holm, R, and Froberg, K. Comparison of two intervention programmes in young female players in European handball: With and without ankle disc. *Scand J Med Sci Sports* 13: 371–375, 2003.
246. Weltman, A, Janney, C, Rians, C, Strand, K, Berg, B, Tippit, S, Wise, J, Cahill, B, and Katch, F. The effects of hydraulic resistance strength training in pre-pubertal males. *Med Sci Sports Med* 18: 629–638, 1986.
247. Weltman, A, Janney, C, Rians, C, Strand, K, and Katch, F. Effects of hydraulic-resistance strength training on serum lipid levels in prepubertal boys. *Am J Dis Child* 141: 777–780, 1987.
248. Westcott, W. Female response to weight lifting. *J Phys Educ* 77: 31–33, 1979.
249. Westcott, W. A new look at youth fitness. *Am Fitness Q* 11: 16–19, 1992.
250. Westcott, W, Tolken, J, and Wessner, B. School-based conditioning programs for physically unfit children. *Strength Cond J* 17: 5–9, 1995.
251. Willardson, J. A brief review: Factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. *J Strength Cond Res* 20: 978–984, 2006.
252. YMCA of the USA. YMCAs expand programs to respond to nation's growing health crisis. Available at: <http://www.ymca.net>. Accessed March 21, 2008.
253. Yu, C, Sung, R, Hau, K, Lam, P, Nelson, E, and So, R. The effect of diet and strength training on obese children's physical self concept. *J Sports Med Phys Fitness* 48: 76–82, 2008.
254. Yu, C, Sung, R, So, R, Lui, K, Lau, W, Lam, P, and Lau, E. Effects of strength training on body composition and bone mineral content in children who are obese. *J Strength Cond Res* 19: 667–672, 2005.
255. Zafeiridis, A, Dalamitros, A, Dipla, K, Manou, V, Galanis, N, and Kellis, S. Recovery during high-intensity intermittent anaerobic exercise in boys, teens and men. *Med Sci Sports Exerc* 37: 505–512, 2005.
256. Zahka, K. Adolescent hypertension update. *Md Med J* 36: 413–414, 1987.
257. Zakas, A, Doganis, G, Galazoulas, C, and Vamvakoudis, E. Effect of acute static stretching duration on isokinetic peak torque in prepubescent soccer players. *Pediatr Exerc Sci* 18: 252–261, 2006.
258. Zaricznyj, B, Shattuck, L, Mast, T, Robertson, R, and D' Elia, G. Sports-related injuries in school-aged children. *Am J Sports Med* 8: 318–324, 1980.