

競技パフォーマンスのための ウエイトリフティングに関する NSCAのポジションステートメント

National Strength and Conditioning Association Position Statement on Weightlifting for Sports Performance

Paul Comfort,^{1, 2} G. Gregory Haff,^{1, 2} Timothy J. Suchomel,^{1, 3}
Marcos A. Soriano,⁴ Kyle C. Pierce,⁵ W. Guy Hornsby,⁶ Erin E. Haff,^{1, 7}
Lesley M. Sommerfield,⁸ Shyam Chavda,^{9, 10} Stephanie J. Morris,¹¹
Andrew C. Fry,¹² Michael H. Stone,¹³

¹ University of Salford, Greater Manchester, United Kingdom

² Edith Cowan University, Perth, Australia

³ Carroll University, Waukesha, Wisconsin

⁴ Camilo José Cela University, Madrid, Spain

⁵ Louisiana State University, Shreveport, Louisiana

⁶ West Virginia University, Morgantown, West Virginia

⁷ Australian Weightlifting Federation, Chandler, Australia

⁸ Tyler Independent School District, Tyler, Texas

⁹ London Sports Institute, Middlesex University, London, United Kingdom

¹⁰ British Weightlifting, Leeds, United Kingdom

¹¹ Cardiff Metropolitan University, Cardiff, United Kingdom

¹² University of Kansas, Lawrence, Kansas

¹³ East Tennessee State University, Johnson City, Tennessee

【キーワード】 筋力-スピード：strength-speed、スピード-筋力：speed-strength、パワー：power、
競技パフォーマンス：sports performance、長期的な運動能力の開発：long-term athletic development

要約

ウエイトリフティングや力技の起源は、古代エジプト、中国、ギリシアに遡り、1896年にオリンピック競技として採用された。しかし、ウエイトリフティングベースのトレーニングが、チーム競技や陸上競技を指導するストレングスコーチらによって採用されるのは1950年代に入ってからであり、また、ウエイトリフティング研究が査読のある専門誌で盛んに発表されるようになったのは1970年代以降のことである。ここ数十年、研究者らはウエイトリフティングベースのトレーニングを利用して、非ウエイトリフティング選手のパフォーマンスを向上させることに関心を向けてきた。ウエイトリフティングのクリーンやスナッチのセカンドプル局面やジャーク

のドライブ局面(スラスト局面)には、ジャンプやスプリントなどの運動課題と関連するバイオメカニクスの類似性(股関節、膝関節、足関節の素早く力強い伸展など)が存在するからである。それらの動作では最大筋力、力の立ち上がり率、パワーの発揮が示されており、アスリートにとって重要なこれらの身体特性を向上させる可能性があることを示している。さらに、非常に多様なウエイトリフティングエクササイズとその派生形を利用してバーベルの負荷を操作することにより、個々のアスリートの必要性に応じて、筋力-スピードの発達とスピード-筋力の発達を強調することが可能になる。多くの縦断的研究とメタアナリシスの結果によると、ウエイトリフティングエクササイズをストレングス&コンディショニ

ング(S&C)プログラムに含めると、総合的なレジスタンストレーニングやプライオメトリックトレーニングを単独で実施する以上に、運動課題における力の発揮特性とパフォーマンスを向上させることができる。しかし、求める適応を確実に達成するには、トレーニングブロックを通じた連続的アプローチによって(エクササイズの変種、負荷、量を含めて)、エクササイズが適切にプログラムされていなければならない。また、アスリートにエクササイズを実施させる際は、適切なテクニックとスキルの発達に重点を置く必要がある。

セクション1:ウエイトリフティングのバイオメカニクス—S&Cのための考察

ウエイトリフティングの競技会における

スナッチとクリーン&ジャークの評価の歴史

ウエイトリフティングと力技の起源は、エジプトでは約4,000年前、中国とギリシアでは約2,500年前に遡る(246,318)。1891年にロンドンで第1回世界選手権が行なわれ(27,278)、1896年の第1回近代オリンピック大会(アテネ)でオリンピック種目に採用された。このアテネ大会では、ワンハンドスナッチとクリーン&ジャークが行なわれた。1925年に、現在のIWF(国際ウエイトリフティング連盟)の前身であるFédération Internationale Haltérophileが、最初の認定世界記録リストを発表した。種目として、ワンハンド(左右)スナッチ、ワンハンド(左右)クリーン&ジャーク、両手でのリフト(プレス、スナッチ、クリーン&ジャーク)が含まれていた(246,318)。しかし1928年のアムステルダムオリンピックでは、ウエイトリフティングは、プレス、スナッチ、クリーン&ジャークの3種目(通常、スプリットスナッチとスプリットクリーン)に絞られた。1972年のミュンヘンオリンピック後にプレスが廃止され、今日の競技会で実施される種目は、スナッチとクリーン&ジャークだけになった(92,278,318)。詳細はIWFのウェブサイト(https://iwf.sport/weightlifting_/history)を参照されたい。

ウエイトリフティング研究は、ウエイトリフティングのバイオメカニクスを対象として1970年代に始まり、ウエイトリフティング動作において発揮される力、力の立ち上がり率(RFD)、パワーが検証された(19,85,87,96,99-105,117-119,152,221)。多くは、競技会におけるスナッチとクリーン&ジャークのバイオメカニクス(19,99-102)、性別比較(103)、パフォーマンスレベルによる比較(152)、パフォーマンスの予測方法(104)、ウエイトリフティング選手が利用するエクササイズの変種(パワークリーンやパワースナッチ、プル

のバリエーションなどのウエイトリフティングの派生形)を焦点としていた(42,68,85,96,117,118)。S&C専門職にとって特に重要なことは、ウエイトリフティング動作と垂直跳びの動的一致である(41,42,68,105)。Garhammer&Gregor(105)は、スナッチとカウンタームーブメントジャンプの推進局面の類似性を報告している。

ウエイトリフティングエクササイズと他の競技活動の動的一致を裏づける観察はほかにも存在する。例えば、一般に「ダブルニーベンド」と呼ばれるプルのトランジション局面は、ジャークとそのバリエーションにおけるファーストディップと同様に(97,107)、ストレッチ-ショートニングサイクル(SSC)反応への刺激になる(35,85-87,106,278)。これに対して、ジャークとそのバリエーションにおけるセカンドプル局面(パワーポジションからフルエクステンションまで)と推進局面は、膝関節、股関節、足関節の素早い伸展によって、最大筋力、RFD、パワーの発揮を促す(85,100,101,117,221)。このような観察とバイオメカニクスの類似性は、これらのエクササイズを実施することで、非ウエイトリフティング選手の総合的な運動能力が向上する可能性を示している。事実、Chiu&Schilling(39)によると、ウエイトリフティング動作のダブルニーベンドの関連因子は、競技パフォーマンスのなめらかな中心的動作の多くと動的一致を示す。

クリーンは、スナッチほどバーベルの変位を必要としない(それぞれ身長55~65%と62~78%)。このバーベルの変位の差によって、クリーンで挙上される負荷は、スナッチで挙上される負荷よりも約18~20%重いことは以前から指摘されている(282)。これは、クリーン&ジャークは力の発揮(筋力-スピード)を強調することに役立ち、スナッチは動作速度(スピード-筋力)を強調することに役立つ可能性を示している(152)。ただし、目指す成果は、エクササイズで利用する負荷に依拠する可能性がある。さらに、バーベルの変位がスナッチよりも顕著に大きいパワースナッチでは、プル動作のピーク速度がスナッチで通常観察される速度よりも大きくなければならない。また、クリーンやスナッチよりも、パワークリーンやパワースナッチのほうが必要な変位が大きいために、クリーンやスナッチよりも大きなRFDと力積が一般に観察される(152)。

プル動作(プルの派生形)を検証した結果、キャッチが行なわれないことによって(48,53,283,288)、スナッチやクリーンよりもはるかに重い負荷を利用できることが見出された(96)。例えば、プル動作だけを行なう場合は、スナッチやクリーンの最大挙上重量(1RM)の100~140%の負荷を利用できるため、筋力-スピードを強調することができる。膝からのプルやミッドサイクルで高重量の負荷を利用することは、非ウエイトリフティング選手に大きな利益をもたらす。

らす。床からのプルを80～102.5% 1RMで、ミッドサイズプルを105～135% 1RMでプログラムすると、ジャンプ、スプリント、方向転換のパフォーマンスを向上させることが報告されている(293,294)。しかし、これらの運動は、期分けされた総合的なトレーニング計画の一環として構造化されなければならない。一般に、ウエイトリフティング動作は明確に異なる複数の局面に分割することができる。これは、複雑な多関節動作の理解、指導、実施を容易にする。動作を重要な局面に分割することは、S&Cコーチとアスリートが各構成要素とその実施方法をより良く理解することを可能にするだけでなく、研究者が各エクササイズに特異的な局面と構成要素をより良く評価することも可能にする。スナッチとクリーンは、(a)ファーストプル(リフトオフ)、(b)トランジション(ダブルニーベンド)、(c)セカンドプル(パワーポジションからフルエクステンション)、(d)キャッチ、(e)リカバリーの5つの局面からなる。ジャークは、(a)ディップ、(b)ドライブ(スラスト)、(c)キャッチ、(d)リカバリーの4つの局面からなる。

S&Cにおけるウエイトリフティングエクササイズの利用

ウエイトリフティング研究の普及に先んじて、一部のコーチ(多くはウエイトリフティングのバックグラウンドをもつ)は、アスリートの力発揮能力の向上を目的として、ウエイトリフティングのトレーニング方法をすでに採用していた(258,306)。例えば、最初のプロのストレングスコーチと評されるAlvin Royは、1950年代前半に、ウエイトリフティングスタイルのトレーニングを高校生アスリートに実施し、続いてナショナルフットボールリーグ(NFL)でも実施した(258,306)。同じく、National Strength and Conditioning Association(NSCA)の創設者であるBoyd Epleyは、ウエイトリフティングを含むストレングストレーニングを1970年代前半からUniversity of Nebraskaで実施した(258)。さらにHarold O' Bryant(213)は、博士論文の執筆過程において、1978～1980年にかけてルイジアナ州バトンルージュの高校生で、スクワットとプルにおける派生形のウエイトリフティングスタイルの複数プログラムを実施した。多くのS&Cコーチは、ウエイトリフティングエクササイズで発揮される大きな力、RFD、パワーを目的として(85,119,133,152,276,283,288)、ウエイトリフティングエクササイズと派生形(パワークリーン、パワースナッチ、クリーンプル、スナッチプルなど)をトレーニングプログラムに組み込んだ。また、素早く力強い膝関節、股関節、足関節(底屈)の伸展が行なわれる点において(31,32,41,42,68,105,133)、ウエイトリフティング、ジャンプ、スプリント、方向転換にはバイオメカニクスの類似性が存在し、ウエイトリフティングエクササイズの最大パフォーマンスは、ジャンプ

(31,32,105,132)、スプリント(132,271)、方向転換課題(132)と強い関連性をもつことが報告されている。ウエイトリフティングエクササイズでは、一般にトレーニングで利用されるエクササイズの中で最大級のパワーが観察されることも報告されている(100,103,104,278)。ウエイトリフティング選手が無負荷ジャンプと有負荷ジャンプで発揮するパワーは、パワーリフティングの選手、スプリンター、レスリングの選手よりも大きい(190,277)。

興味深いことに、クリーン、スナッチ、プルのバリエーション(キャッチ局面なし)や、ジャークのバリエーションにおいて、ウエイトリフティング選手が最大の力、RFD、パワーを発揮するのは、クリーンとスナッチのセカンドプル局面と、ジャークのドライブ局面である(35,85,100,101,117,134,152,155,156,158,161,163,221,276,316)。ただし、リフト全体に対する関節レベルの貢献は負荷によって異なる(158,159,162,163)。最大負荷時のピークフォースとRFDは、クリーンとクリーンプルおよびスナッチとスナッチプルよりも、パワークリーンとパワースナッチのほうが大きい(ただし、パワーのバリエーションは負荷が小さい)(118)。これらの差異は、パワーのバリエーションではより大きな変位を達成する必要があるため、バーベルの加速に必要な力積が大きいことによると考えられる。ウエイトリフティング選手も、大きな力の素早い発揮を介してバーベルの加速を向上させるために、プルのバリエーションを利用することが多い(85,87,274,276,278,280,281)。

運動力学的変数(力、RFD、パワー)や運動学的変数(速度と変位)に対する負荷の影響も含めて、非ウエイトリフティング選手におけるウエイトリフティングエクササイズとその派生形の利用が比較され、評価されるようになったのは最近のことである(43,45,46,48,50,53,68,284-286,301,302)。興味深いことに、セカンドプル局面は、ウエイトリフティング動作から抜き出して単独で実施しても(ミッドサイパワークリーン、ミッドサイクリーンプル)、運動力学的出力も運動学的出力も最大であった(43,46,48,53)。そのようなプルの派生形は、パワークリーンの最大140% 1RMの負荷を利用して、筋力スピードを強調することも可能にする(48,49,51,53,195-197,283,288,293,294)。

他のエクササイズ様式との比較

数多くのトレーニング様式が存在するが(総合的なストレングストレーニング、バリスティックトレーニング、プライオメトリックトレーニング、自重トレーニングなど)、いずれも筋力とパワーの発達に効果があり、それぞれに長所と短所がある(296)。例えば、自重トレーニングは誰もが実施可能であり、器具は不要か、最小限の器具しか必要としない。しかし、負荷を増やすには、バイラテラル(両側)

スタンスからスプリットスタンスやユニラテラル(片側)スタンスへ進む必要があり、したがって限界がある。総合的なストレングストレーニングは、負荷の点では漸進が容易であるが、可動域の広い範囲で減速するため(115,211,270)、ウエイトリフティングエクササイズと比べると、伝統的なストレングスエクササイズ(スクワット、ベンチプレス、デッドリフトなど)は加速度がはるかに小さい(106)。バリスティックトレーニングには、総合的なストレングストレーニングに伴う減速局面が存在しないものの、伝統的なストレングスエクササイズやウエイトリフティングエクササイズほどの負荷を課すことができない。そのため、ウエイトリフティング動作は、しばしば準バリスティックであるとみなされる。プライオメトリックトレーニングは、ある種の競技課題に対して優れた転移を示し、動作速度と素早いSSC刺激(接地時間250ms)を強調することができる。しかしバリスティックトレーニングと同様、短い接地時間で外部負荷をかけることが難しく、筋の緊張時間も限られている。ウエイトリフティング、特にその派生形は、バリスティックトレーニングのように、幅広い負荷を利用してトレーニングすることが可能である(ハングパワークリーンの30~60%1RMのジャンプシュラッグなど)(113,283,284,288,298-300,302)。これに対してプル派生形は、高負荷で実施することが可能である(パワークリーンの $\leq 140\%$ 1RMのミッドサイククリーンプルやハングクリーンプルなど)(48,53,146,195,197,283,288,317)。バリスティックな動作意識をもって実施することで、ストレングストレーニングに伴う減速局面を最小化することができる。理想的には、これらの多様なトレーニング方法を組み合わせてトレーニングプログラムに含め、トレーニングにおいて強調すべき部分と強調を抑える部分を適切に変更して、個別化することで、各トレーニングブロックで予め定められた目標を効果的に達成することを目指すべきである(113,296)。

他のトレーニング様式と

ウエイトリフティングトレーニング介入の比較

公表されている多くのウエイトリフティングベースのトレーニングと関連して、競技関連パフォーマンス(ジャンプ、スクワット、方向転換など)の向上が報告されている(10-12,37,38,40,44,127,131,137-139,142,143,216,217,227,236,274,293,294,305,310)。また、近年のメタアナリシスでは、伝統的なレジスタンストレーニングよりも、ウエイトリフティングトレーニングのほうが、最大筋力、跳躍高、直線スプリント、方向転換のパフォーマンスの向上が大きい($g \geq 0.95$)と結論づけられている(202)。さらに、ウエイトリフティングトレーニングとプライオメトリックトレーニングを比較すると、パフォーマン

スの向上に有意差は存在しなかったが($p > 0.05$)、ウエイトリフティングトレーニングのほうが、効果量が大きかった(小~中、 $g = 0.31 \sim 0.69$)(202)。これらの結果は、初期のメタアナリシス(24,109)で報告された結果と一致している。しかし、ウエイトリフティングトレーニングがバリスティックトレーニングやプライオメトリックトレーニングよりも優れている点のひとつは、最大の力発揮能力に加えて、素早い力発揮能力も顕著に向上させることである。

ただし、すべての研究結果がMorrisら(202)、Hackettら(109)、Bertonら(24)の結論を支持しているわけではないことに注意が必要である。例えばHellandら(128)は、ウエイトリフティングは、マシンによるストレングス&パワートレーニングやフリーウェイトのストレングス&パワートレーニングほど、ジャンプとスプリントのパフォーマンスに転移しないことを報告した。しかしHellandら(128)の研究を精査すると、彼らのウエイトリフティングベースのトレーニングプログラムでは、ウエイトリフティングエクササイズ(スナッチ、クリーン、パワースナッチ、パワークリーン)だけが実施されており、ウエイトリフティング選手が一般にトレーニング介入の一環として利用する、ウエイトリフティングの派生形やその他のストレングストレーニングが実施されていなかった。これは、競技ベースのトレーニングへの転移が少なかった理由をある程度説明するかもしれない。さらに、被験者には最低限のストレングストレーニングの経験しかなく(特にウエイトリフティングエクササイズに関して)、ウエイトリフティングのテクニクが明示的に説明されていなかった。そのため、ウエイトリフティングにおけるすべての向上は、筋の適応ではなくテクニクに起因するものであろう。逆に、ウエイトリフティングエクササイズによるパフォーマンスの向上を示した研究のほとんどは、ウエイトリフティングの派生形と伝統的なストレングストレーニング(スクワットとプレス)を組み合わせたプログラム、または伝統的なストレングストレーニングとプライオメトリックトレーニングを組み合わせたプログラムに、ウエイトリフティングエクササイズを組み込んだトレーニングプログラムを利用していった。複数のメタアナリシスの結果に従うと(24,109,20)、他競技の競技パフォーマンスを向上させるには、ウエイトリフティング、ストレングス、およびプライオメトリックトレーニングを統合した、総合的なプログラム方策を利用するべきである。総合的なストレングストレーニングとウエイトリフティングエクササイズを補完的に組み合わせることは理に適っている。筋力は運動課題のパフォーマンスの基礎であり(64,65,115,295-297)、筋力の増大はRFDの増大と関連するからである(2,3,7,8,181,323)。これを裏づける最近の研究結果(47)が存在する。高負荷(80~90%1RM)によるトレー

ニングでは、中程度の負荷(80～82.5% 1RM)によるトレーニングよりも、素早い力発揮能力(50、150、200、250 ms時点での発揮筋力)に大きな向上がみられた(47)。一定の時間枠における力の増加は力積(平均力×時間)の増加をもたらす。相対的な力積は、力積が適用されるアスリートや物体(バーベルやボールなど)の加速を決定し、動作速度の増加を介してパフォーマンスを向上させる。さらに、筋骨格モデルを利用して、ストレングストレーニングとスピード筋力トレーニングは、どちらも、ウエイトリフティングエクササイズファーストプル局面とセカンドプル局面における相対的な努力度を減らすことが報告されている(156)。

セクション2:ウエイトリフティングの派生形

ウエイトリフティングのキャッチ、プル、オーバーヘッドプレスの派生形

ウエイトリフティングの主な競技リフト(スナッチとクリーン&ジャーク)だけでなく、S&Cプログラムには多くの派生形を組み込むことができる。ウエイトリフティングの派生形は競技リフトを調整して、強化と向上を必要とする重要な姿勢を利用する。派生形は、(a)キャッチ、(b)プル、(c)オーバーヘッドプレスの3つに分類される。キャッチの派生形では、バーベルを受け止める深さが変更される。大腿部の上面が平行よりも高く(クリーンやスナッチの前の「パワーポジション」と呼ばれる姿勢)、多様な姿勢(床、膝、ハング、大腿中央部など)から開始することが可能である(283,288,316)(表1)。プルの派生形は競技リフトを調整してキャッチ局面が除かれており、多様な姿勢(床、膝、ハング、大腿中央部など)から開始することが可能である(283,288,316)。最後のオーバーヘッドプレスの派生形(プッシュプレス、プッシュジャーク、スプリットジャークなど)は、バーベルをブロックやスタンドから取り外すことによってクリーンとは独立して行なうことも(266)、クリーン、パワークリーン、フロントスクワットエクササイズなどと組み合わせて、オーバーヘッドプレスの派生形を漸進させる(表1)ことも可能である。これは、ウエイトリフティングコンプレックスと呼ばれるトレーニング構造を形成する。さらに、ウエイトリフティングコンプレックスは、ウエイトリフティングの派生形を効果的に実施する方法として、非ウエイトリフティング選手のアスレティックパフォーマンスの向上にも、ウエイトリフティング選手の競技パフォーマンスの向上にも役立つ。一例として、パワークリーンの70～80% 1RM相当の負荷によるパワークリーン、フロントスクワット、プッシュジャークから構成されるウエイトリフティングコンプレックスを処方すると、筋持久力向上を目的としながら(合計レップ数による)多様な派生形を実施させることができる。

ウエイトリフティングのキャッチの派生形

古くからキャッチの派生形が利用されてきたのは、S&Cコーチがウエイトリフティング競技でその動作に馴染みがあったからであろうが、他のレジスタンストレーニング方法よりも、キャッチの派生形の利用を支持する研究が存在することにもよると考えられる(131,219,305,310)。キャッチの派生形には、姿勢の頑健さや、ジャンプ着地と同等の(200)負荷の受け止め刺激を与える膝関節、股関節、足関節のコーディネーションされた有負荷トリプルエクステンションとフレクション(54,200,292)、および脊柱安定筋群の同時収縮などの利点がある。さらに、バーベルをキャッチしなければならないことによって、必要なキャッチの高さまでバーベルを十分に変位させる高い動作意識をもつことも要求される。

キャッチの派生形は、キャッチの要素が加わるため、プルのバリエーションよりも本質的に複雑である。しかしHaugら(126)は、4週間(1週間に2セッション、1セッション20～30分)ハングパワークリーンを学習させると、スクワットジャンプとカウンタームーブメントジャンプの発揮パワーが向上することを示した。つまり、ウエイトリフティング動作を学習している際も、焦点とする他のエクササイズ(スクワット、デッドリフト、プレスなど)における筋力の向上を図ることができる。リフトを学習していても過度のバーベルの負荷を利用する必要はなく、テクニックの洗練に重点を置くことができる。なぜなら、焦点とするストレングスエクササイズで適切な刺激に曝されることによって、重要な動作における筋力を発達させ続けることが可能だからである。そのため、ウエイトリフティングエクササイズに慣れていない場合は、適切なテクニックを習得させながら(詳細は「教育的アプローチとフィードバック方策」の項)、慎重に負荷を漸増させる必要がある。初心者の場合は、%自重で計算した負荷を利用するべきであるとする研究も存在する(178,179)。しかしこのやり方は、相対筋力には顕著な個人差があることを考慮していないため勧められない。

ウエイトリフティングのプルの派生形

プルの派生形には、キャッチの派生形と同様の効果、すなわちコーディネーションされたトリプルエクステンション動作がある。キャッチの派生形と対照的にプルの派生形は、負荷による制限が少ない。キャッチ局面が存在しないことによって、キャッチを可能にする高さまでバーベルを変位させる複雑さと必要性がなくなるため、キャッチの派生形の>100% 1RMの負荷を利用することができる(48,49,51,53,114,195-197,293,294)。事実、ある種のプルの派生形では、床からのキャッチのバリエーションの最大120%

表1 ウェイトリフティングエクササイズと派生形*

キャッチの派生形 [†]	プルの派生形 [‡]	オーバーヘッドプレスの派生形
ミッドサイクリン／スナッチ	ミッドサイドプル	プッシュプレス
カウンタームーブメントクリーン／スナッチ	カウンタームーブメントシュラッグ	プッシュジャーク
膝からのクリーン／スナッチ	膝からのプル	スプリットジャーク
ハングクリーン／スナッチ [§]	ハングプル [§]	ビハインドザネック・プッシュプレス／ジャーク [‡]
クリーン／スナッチ	床からのプル	ビハインドザネック・スプリットジャーク [‡]
	ハングハイプル	
	ジャンプシュラッグ	

*ミッドサイと膝からのバリエーションはバーベルをブロックに載せた状態から始めるか、あるいはアスリートがバーベルを保持した状態で開始姿勢まで身を沈めて短時間静止してから始める。現在のところ、これらのバリエーションの運動力学や運動学を比較した研究はきわめて少数である。

[†]クリーン／スナッチのすべてのバリエーションは、パーシャルスクワット(パワーポジション)またはフルスクワットキャッチで行なうことができる。

[‡]すべての派生形はクリーンまたはスナッチのグリップで行なうことができる。

[§]両脚を伸展させた状態から、股関節を屈曲させて開始する。バーベルを膝関節(一般的には膝関節の上でも下でもよい)まで下げて反動動作を利用する。続いてダブルニーベンドと素早いトリプルエクステンションを行なう。

1RM(114)、膝や大腿中央部からのバリエーションの140% 1RM(48,49,51,53,195-197,293,294)もの負荷を処方できることが報告されている。高重量の負荷を利用できるこの機会には、キャッチのバリエーションと比べて、筋力-スピードを強調して、最大筋力と素早い力発揮能力を向上させることを可能にする(283,288,293,294)。負荷範囲の下端(30~60% 1RMなど)でも、ジャンプシュラッグ(157,160,284,298-300,302)やハングハイプル(157,286,298,299,302-304)などのプルの派生形はバリスティックな性質を有しているため、最大努力で実施することが可能である。ジャンプシュラッグやハングハイプルでは、ハングパワークリーンの30~45% 1RM程度の負荷であっても、速度とパワーの発揮が最大化する傾向にある(285,298,299,302,304)。

プルの派生形のもうひとつの利点は、キャッチの派生形と比べてテクニックの複雑さが低いことであろう。プルの派生形はキャッチ局面が除かれていることによって複雑さが低く、教えることと学ぶことが本来的に容易である可能性がある。事実、プルの派生形の多くは、IWFが競技リフトの指導の漸進として認める重要な構成要素であり(148)、コーチングとテクニックに関する複数の論文で論じられている(72-74,147,148,201,230,278,279,289-291)。そのため、これらのバリエーションは、初心者用のトレーニングプログラムに含めやすい一方で、テクニック要求の高いリフトのテクニックを発達させて洗練させることにも利用できる。プルの派生形では、適切なテクニックと最大の動作意識が重要である。なぜなら、キャッチ局面が除かれて動作意識の必要性が低下すると、「動作をなぞるだけ」になりかねないからである。ウェイトリフティング動作から抜き出して単独で実施するプルの派生形は、キャッチの派生形のキャッ

チ局面ほど、体幹部の筋組織(脊柱起立筋、腹直筋、腰方形筋)の同時収縮が大きくない可能性がある。しかし、その差を定量化するには今後の調査が必要である。加えて、プルの派生形では、キャッチに十分な高さまでバーベルを変位させる必要がないため、高い動作意識を伴わない可能性がある。そのためS&Cコーチは、最大の動作意識をもってエクササイズを実施するようにキューを出すか、または、アスリートに最大の動作意識を強いるエクササイズに変更する必要がある。理想的には、プルの派生形はキャッチの派生形の代替として実施するべきではなく、補完的エクササイズとして実施するべきである。これによって、S&Cコーチのエクササイズの「工具箱」を広げることができるであろう。

ウェイトリフティングのオーバーヘッドプレスの派生形

ウェイトリフティングでは、クリーン&ジャークのジャークが、競技会で発生する主なオーバーヘッドプレスエクササイズになる(266,278,279)。トレーニングでは、ジャークは2つの補助エクササイズに分けられる。すなわち(a)オーバーヘッドプレス、プッシュプレス、ジャークドライブ、ジャークディップなどのストレングスエクササイズと、(b)プッシュ／スプリットジャーク(挙上者の好むテクニックに応じて。フロントラックとビハインドザネックのバリエーションを含む)、ジャークロックアウト、ジャークリカバリなどのテクニックエクササイズに分けることができる(147)。しかし、非ウェイトリフティング選手の場合は、アスレティックパフォーマンスの向上を目指して、オーバーヘッドプレスの派生形としてプッシュプレス、プッシュジャーク、スプリットジャーク(いずれもフロントラックとビハインドザネックのバリエーションを含む)が、S&Cプ

ログラムで利用されることが多い(266)(表1)。これらの複雑でバリスティックな多関節動作のパターンでは、膝関節、股関節、足関節の素早い伸展(トリプルエクステンション)を介して大きな力を発揮し、その力を体幹部から上肢に伝達し(214,266)、十分な力積を生み出してバーベルを頭上に向けて加速することが求められる。これらのエクササイズは、ディップ局面(クイックパーシャルスクワットの無負荷局面と制動局面)とドライブ(スラスト)局面(素早い膝関節、股関節の伸展と足関節の底屈)において、類似する下半身の推進力の運動学を示す(166,167,262,265)。これらのリフトの主な違いは下半身の推進局面後に発生する。つまり、バーベルの変位とキャッチ局面の姿勢に違いがある(262,265)。プッシュプレスでは、バーベルは脚部の伸展を介して上方へ加速し、肩関節の完全屈曲と肘関節の伸展によって押し上げられる。その間、足裏を床から浮かせない。プッシュジャークでは、伸展局面を完了したのちに、膝関節を再び曲げてクォータースクワット姿勢でバーベルをキャッチする。またスプリットジャークでは、足をスプリットしてバーベルを頭上で受け止める(262,265,266)。さらに、プッシュプレス、プッシュジャーク、スプリットジャークは、挙上者の身体に対するバーベルの位置と両手の握り幅によって多様な補完的エクササイズ(ビハインドザネックで始めるスナッチグリップ・プッシュプレス/ジャークなど)に分類することができる(94,147,266)(表1)。

オーバーヘッドプレスの派生形は、バリスティックな方法で高重量の負荷を挙上することを可能にするため、非ウエイトリフティング選手の筋力の発達を促進すると主張されている(266)。実際、ジャークは、人間が自重の3倍の負荷を頭上に挙上することができる唯一の競技課題である(278)。最近、プッシュプレス、プッシュジャーク、スプリットジャークの1RMのパフォーマンスには差が存在することが報告されている(261,262,265)。最大の負荷が挙上されるのは通常スプリットジャークであり、続いてプッシュジャーク(標準化によるスプリットジャークの95%)、プッシュプレス(同87%)である(261,262,265)。これらのパフォーマンスの差は、リフトの完了に必要なバーベルの変位の差(スプリットジャークはバーベルの変位が小さいなど)に起因するとされる。しかし、これらのエクササイズの1RMの差は、エリートレベルのウエイトリフティング選手において大きい傾向にある。例えばかつてRoman(238)は、プッシュジャークはスプリットジャークの最大パフォーマンスの約90%であることを報告した。したがってこれらの差は、テクニック能力と関係していると考えられる。プッシュプレス、プッシュジャーク、スプリットジャークの1RMにおけるパフォーマンスの差は、CrossFitのアスリート(11%)や様々な種目のアスリート集団(14%)よりも、スキルの高

いウエイトリフティング選手(22%)のほうが大きいと報告されている(262)。そのため、S&Cコーチが期待する適応の達成を求めてトレーニング負荷を処方する際には、プッシュプレス、プッシュジャーク、スプリットジャークの1RMのパフォーマンスの差に注意する必要がある。また、それらの差はアスリートのテクニック能力にも影響される可能性があることを念頭に置く必要がある。

Horiら(133)によると、オーバーヘッドプレスの派生形は、筋力-スピードエクササイズに分類される。ジャークは最大負荷を頭上に挙上するエクササイズであり、かつ、リフトを成功させるには、バーベルを素早く(推進局面が 259 ± 24 ms)挙上する必要があるからである(107,266,278)。高重量の負荷を挙上する力と速度(バーベル速度 $1.06 - 1.9$ m/s)の組み合わせは(102,107,119,152,166)、アスレティックパフォーマンスの向上に必要な筋力-スピードの発揮能力を強調する理想的な刺激となる。これは、プッシュプレス、プッシュジャーク、スプリットジャークにおいて、バックスクワット(104)よりもはるかに高い発揮パワー(2,500 ~ 6,760 W)や推進力を報告する研究によって裏づけられる(52,100,102-104,119,152,167)。この大きなパワーの発揮は、おそらくオーバーヘッドリフトのバリスティックな性質と、完了に必要な可動域の狭さによるものであろう。興味深いことに、これらのリフトで発揮パワーが最大になる負荷は、おおむね $\geq 70\%$ 1RMである(52,94,119,152,166,167,180)。したがって、筋力-スピード能力の向上を目指すならば、 $\geq 70\%$ 1RMの負荷によるプッシュプレス、プッシュジャーク、スプリットジャークの実施を検討すべきである(図1)。

興味深いことに、標準化による等しい負荷(プッシュプレスの80% 1RM)を利用すると、プッシュプレス、プッシュジャーク、スプリットジャークの下半身の運動力学には意味のある差は存在しない(265)。負荷とエクササイズの影響を比較するさらなる調査が必要であるが、プッシュジャークとスプリットジャークはより大きな1RMと関連づけられるため(261,262,265)、理論的には、プッシュジャークとスプリットジャークのほうが高重量の負荷を挙上しうる。つまり、この2つのエクササイズは、負荷が大きいほど大きな推進力とパワーの発揮を必要とする(図1)。事実、重い負荷を挙上する能力は、力を素早く発揮する能力に大きく依存し(103-105)、アスリートとバーベルを加速させる十分な力積(力 \times 時間)を生み出す必要がある。したがって、トレーニング目標が筋力-スピード能力の発達を最大化させることである場合は、プッシュジャークとスプリットジャークに習熟させて、相対的に重い負荷を挙上することによって大きな推進力とパワーを達成させることが重要である。

エクササイズと負荷が運動力学と運動学に及ぼす影響

S&Cコーチへの複数のアンケート調査の結果、ウエイトリフティングエクササイズとその派生形を処方する重要性は認識されていた(79-83,259)。この結果は驚くべきことではない。ウエイトリフティングエクササイズおよびその派生形と、伝統的なレジスタンストレーニングエクササイズ(スクワットとデッドリフトのバリエーションなど)の組み合わせが、他の形式のレジスタンストレーニングよりも優れたトレーニング刺激を与え、最終的に競技課題(ジャンプ、ショートスプリント、方向転換など)の大きな向上をもたらすことはすでに報告されている(10-12,24,37,38,40,44,127,131,137-139,142,143,216,217,227,236,293,294,305,310)。しかしS&Cコーチは、アスリートのテクニク能力、可動性、相対筋力、既往歴を考慮して、個々のトレーニング目標(筋力-持久力、筋力-スピード、スピード-筋力など)に取り組むには、どのエクササイズと負荷の組み合わせが適切であるかを決定しなければならない。

Comfortら(43,46)は、非ウエイトリフティング選手を対象として、ウエイトリフティングの派生形を最初に比較したことで知られている。調査の結果、ミッドサイパワークリーンとミッドサイプルは、パワークリーンや膝からのパワークリーンよりも大きな力、RFD、パワーを生み出すことが示された。ただし、ミッドサイパワークリーンとミッドサイプルの間に差異は観察されなかった。Suchomelら(298,299,301,302)は、代替的なウエイトリフティングの派生形を調査した結果、幅広い負荷(ハングパワークリーンの30、45、65、80% 1RM)において、ハングパワークリー

ンよりもジャンプシュラッグとハングハイプルのほうが、力、速度、パワー、RFD、力積、仕事が多いことを見出した。興味深いことに、最大の差異は最も小さな負荷で観察された。ハングパワークリーンとジャンプシュラッグ(157,160)やハングハイプル(304)を比較した他の研究でも、同様の結果が見出された。

負荷の大きさが、ウエイトリフティングの派生形の運動力学と運動学に及ぼす影響を評価した研究は数多く存在する(45,48,49,51,53,157,160,195,197,284-286,300-304)。図1において、エクササイズと負荷の相互作用が力と速度に及ぼす影響を比較した。概して、小さい負荷は大きい速度を生み、スピード-筋力を強調することを可能にする。一方、大きい負荷は大きい力とRFDを生み、筋力-スピードを強調することを可能にする。力と速度の相互作用によって、幅広い負荷で最大のパワーが発生する(45,48,49,51,53,58,60,195,197,285,286,302)(図1)。ウエイトリフティングの派生形で最も速い速度が観察されるのは、軽い負荷(ハングパワークリーンの30~45% 1RM)を利用するジャンプシュラッグであり(157,160,284,285)、最大の力が観察されるのは、パワークリーンの>100% 1RMの負荷を利用するプルのバリエーションである(48,49,51,53,195,197)。プルの派生形で反動動作を加えると(膝からのクリーンプルに対するハングクリーンプル、ミッドサイクリーンプルに対するカウンタームーブメントシュラッグなど)、あらゆる負荷において力、速度、パワーがさらに増加する(49,51,195,197)。ただし、反動動作の減速局面において姿勢を十分に制御することが不可欠である。

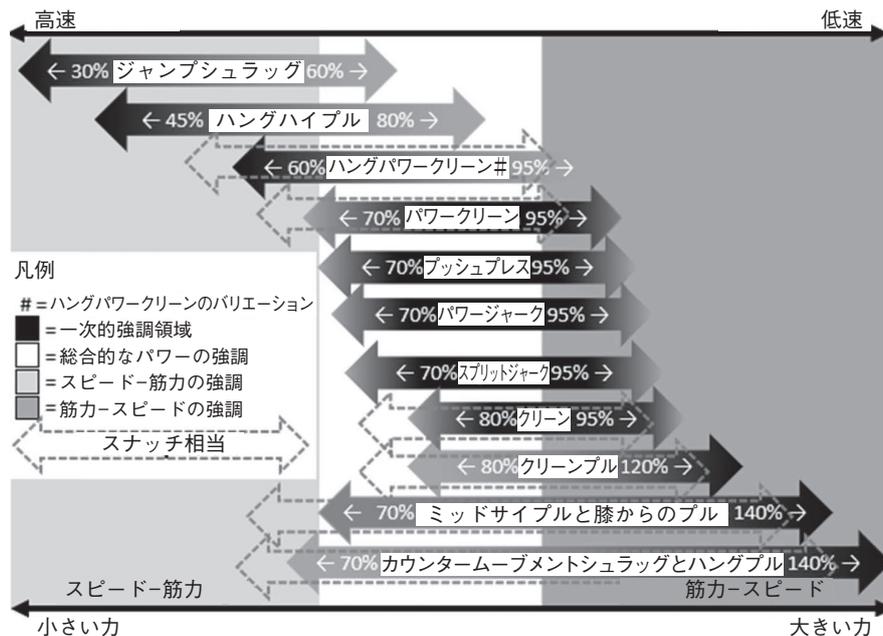


図1 ウエイトリフティングエクササイズと負荷(% 1RM、プルの派生形はハングパワークリーン/スナッチの1RMに基づく)の相互作用が、スピード-筋力と筋力-スピードの強調に及ぼす影響の比較。速度はシステムの重心の速度であり、バーベルの速度ではない。1RM = 最大挙上重量。

スナッチとクリーンは、パワースナッチやパワークリーンよりも大きな負荷を利用することを可能にする。なぜなら、パワーのバリエーションはより大きなバーベルの変位を必要とするからである。軽い負荷でも、スナッチやクリーンよりもバーベルの変位が大きいことによって、パワースナッチやパワークリーンでは大きなRFDと力積が観察されている(152)。同様に、クリーンの成功に必要なバーベルの変位は小さいため(クリーンでは挙上者の身長 $55 \sim 65\%$ 、スナッチでは $62 \sim 78\%$)、クリーン&ジャックで挙上される負荷はスナッチで挙上される負荷よりも約 $18 \sim 20\%$ 重い(282)。これは、クリーン&ジャックが、筋力-スピードの強調に、スナッチは動作のスピード-筋力の強調に利用できることを示唆している(152)。ただし、いずれも利用する負荷に依拠する(図1)。

クロスセクション比較により、ウエイトリフティングの派生形の利用がもたらすパフォーマンスの差に関する知見が得られる。しかし、より広い知見は介入研究から得られる。Comfortら(44)は、バイオメカニクス的に類似するキャッチの派生形またはプルの派生形(パワークリーンと床からのクリーンプルなど)を用いたインシーズンの8週間のトレーニング効果を、同一負荷のスキーム(同じ相対負荷)を利用して比較した。どちらのトレーニング群も向上を示したが、等尺性ミッドサイプルあるいはカウンタームーブメントジャンプのピークフォースまたは素早い力発揮を比較すると、群間の変化に有意差あるいは意味のある差は存在しなかった。これらの結果は、約 $70 \sim 90\%$ 1RMの負荷を利用する多様なウエイトリフティングエクササイズにおいて、力、速度、パワー特性が同等であることによって裏づけられる(56,57,60,65,116,189,263,264,288)(図1)。

Suchomelら(293,294)は最近この研究を拡大して、プルの派生形が力と速度を強調する可能性を検証した。Comfortら(44)は負荷を合致させたキャッチ群とプル群を利用したが、Suchomelら(293,294)は第3のトレーニング群として、プル群と同じ派生形を利用するが、局面特異的な負荷を用いて、力(パワークリーンの $>100\%$ 1RMなど)または速度(軽い負荷[パワークリーンの $30 \sim 60\%$ 1RM])とバリスティックなエクササイズ)の点で過負荷刺激を与えた。この研究の結果によると、過負荷群はほかの群と比べて、動的筋力(パワークリーンの1RM)と等尺性筋力(等尺性ミッドサイプルのピークフォース)、ショートスプリント(10、20、30mのスプリントタイム)、方向転換、カウンタームーブメントジャンプ、スクワットジャンプのパフォーマンスの向上が大きかった(293,294)。したがってS&Cコーチは適切な適応が生じるように、特定の性質(筋力-スピード、スピード-筋力など)を強調して、連続的な方法でウエイトリフティングエクササイズと派生形をプログラムするべきである。

セクション3:生理学的適応と必要な刺激

特異的な身体的特性を向上させるために必要な、望ましい生理学的適応

多くの神経筋系因子を操作することによって、力発揮特性を向上させ、それに関連する適応反応を向上させることができる。前者の過程は多因子的であると考えられ、後者の過程は刺激によって強調される適応が異なる(222,296)。これらの適応反応には、形態学的変化(筋横断面積、羽状角、筋束長の増加など)、骨密度の増加、代謝適応、腱のステイフネスの変化、複数の神経学的因子の変化が含まれる(269,273)。これらの適応反応の漸進は、一般に、個人の初期の筋力レベル(62-65,225)とトレーニング歴(124,141,235)の影響を受ける。事実、連続的に設計されたトレーニングプロセスは、トレーニングのある段階で得た適応が、その後の段階に伴う反応に影響を及ぼすことを可能にする。これは、トレーニングプロセスを注意深く計画して、適切な連続性をもたせることがきわめて重要であることを示している(71,110,113,272,322)。

筋横断面積と力発揮能力の間に関係が存在することは明らかであるが(14,15,34,120,135,188,199,203,244,321,322)、関係の程度は一律ではないことに注意する必要がある。このばらつきは、神経学的差異、構造的差異(羽状角や筋束長など)、および筋線維タイプの差異によって説明されると考えられる(1,2,28,34,145,187)。Nariciら(208)は、発揮筋力の変化の $50 \sim 60\%$ が筋横断面積の変化によって説明されると考えている。さらに重要なことは、筋力の向上を焦点とするトレーニング段階の前に筋量を増やすことによって、筋力向上段階が強化されることである(71,199,275,322)。これは主に作業容量の増加と、筋力の向上に関連する神経学的適応と構造的適応に利用できる筋量の増加の結果である(14,15,275,279)。さらに、肥大した筋はそうではない筋よりも羽状角が大きく、その結果、筋線維の充填(153,154)と筋の歯車によってクロスブリッジの形成が増える。これは力発揮能力を向上させる可能性がある(13,75,234)。

筋力-持久力段階のトレーニングの目標は、その後の高負荷段階の準備として、エクササイズテクニックを向上させ、洗練し、身体の作業容量を増やし、結合組織の強度を増して、より大きな負荷に耐えられるようにすることと、筋量を増やすことである(体重階級制競技でなければ)(28,70,110,274,275)。対照的に、筋力-スピード段階の一次目標は、筋の形態学的変化を利用して、筋による力発揮能力を増大させることである。これは、構造的適応(羽状角の増大と平行筋のサルコメアの増加など)(2,136,207)と神経学的適応(運動単位の同期化と運動単位の放電率など)(4,5,21,169,198)を介した筋の効率の向上によって達成される。さらに、トレーニング量の多い筋力-持久力段階にお

る適応と、トレーニング負荷の高い筋力-スピード段階における適応による腱のスティフネスの増大は、筋による力の伝達を高めて、スピード-筋力段階における素早い力の発揮(RFD)とパワー発揮を向上させる(181,237,269,273)。

スピード-筋力段階の目標は、筋力-スピード段階で向上した力発揮能力を利用して、RFD、加速、動作速度、パワー発揮能力を至適化することである(70,71,110,113,124,186)。これらにおける特性の向上の一部は、先行するトレーニング段階の超回復による可能性がある。なぜなら、スピード-筋力段階は概してトレーニング量が減少し、疲労を最小限にするために、適合性のない刺激は低減または削除されるからである。さらに、向上の一部は、さらなる神経学的適応や構造的適応によってももたらされる(2,3,7,8,181,272)。

比較的多レップ(8~12レップ)で中程度の負荷(60~80% 1RM)を利用すると(98,110,250)、負荷量の漸増は筋肥大に最大の適応をもたらす(29,98,212,249)。トレーニングに伴う代謝ストレスが、筋肥大と持久力関連の適応を生む刺激を与えるのである(93,247,248)。興味深いことに、筋肥大の適応の程度は、週当たりのトレーニング頻度ではなく負荷量によって決定されるとみられる。つまり、合計負荷量が多いほうが、高頻度のトレーニングによって大きな向上がもたらされる(98,251,254)。多レップ(≥ 15 レップ)でやや低い負荷($< 60\%$ 1RM)を利用することは、代謝ストレスのため、持久力関連の適応の強調に適していると考えられる(93,247,248,250)。

高負荷($\geq 80\%$ 1RM、 ≤ 6 レップ)トレーニングは、発揮筋力(110,184,225,250,252,253)とRFD(3,4,6,8,47,185)の最大の増大を誘発する。筋肥大の場合と同じく、週当たりの量が合致している場合は、ストレングストレーニングに対する適応の大きさはトレーニング頻度の影響を受けないとみられる(69)。しかし対照的に、スピード-筋力の向上には、混合的アプローチ方法(高負荷[$\geq 80\%$ 1RM]低速度エクササイズと低負荷[$\leq 60\%$ 1RM]高速度エクササイズの組み合わせ)が最も有効であると考えられる(110,113,124,151,209,210,268,275,308,309)。ただし、筋力の弱いアスリートの筋力向上には、どちらの効果も等しい(59,61,62,65,296,297)。スピード-筋力段階では、筋力-スピード段階よりも負荷量を減らして、累積疲労に伴うマイナスの影響を相殺する必要がある(110,113,270,272,274,275,279)。

絶対筋力、筋力-持久力、筋力-スピード、スピード-筋力のためのトレーニング指針

処方されたエクササイズと負荷の組み合わせは、レジスタンストレーニングの各段階で、期待された適応を誘発しなければならない。ウエイトリフティングの派生形に関してSuchomelら(283,288,293,294)は、エクササイズがもつ負

荷能力と各エクササイズの色や速度の特性(プルの場合はキャッチのバリエーションの $> 100\%$ 1RM、ジャンプシュラッグの場合はハングパワークリーンの30~45% 1RM)に基づいて、特定のエクササイズと負荷を組み合わせることでこれが達成されると考えている。これは、スピード-筋力段階で混合的アプローチをとる場合に特に役に立つ。

筋力-持久力段階

S&Cコーチがトレーニングの後半局面でウエイトリフティングエクササイズを実施する場合は、プルのバリエーションを組み込んで、プルのテクニックを強化洗練するとともに、作業容量を増やすとよい(70,274,279,283,288)。これらのエクササイズは全身性であるため、作業容量を増加させることに役立つであろう。ウエイトリフティングの派生形をこの局面に組み込むことは適切ではあるものの(220,274,279)、高い代謝コストを生むため(243)、結果的にセット内の疲労が発生する可能性がある。しかし、年間トレーニング計画の試合期でなければ心配は不要であると考えられる。研究者らは、セッション内の疲労を最小限にして、(経験の浅いアスリートなどに)追加の指導を与えるには、筋力-持久力段階に床からのクリーンプルを組み込むとよいと主張している。3セット \times 10レップをクラスターセット(10レップのセットを2セット \times 5レップなど)を利用して行ない、30~40秒間の休息を設ける(111,293,294)。クラスターセットをこのように利用することは、質の高い運動を促すだけでなく、S&Cコーチがフィードバックを与えることを可能にし、より大きな負荷を利用してより多くのレップを行なうことを可能にする(80% 1RMのスクワット12レップを、2レップまたは4レップのクラスターで行なう)(312-314)。高負荷多量を利用すると大きな筋肥大を招き(215)、作業容量を増やし、大きな発揮筋力を獲得することが可能になる(294)。事実、筋力-持久力段階において、床からのクリーンプル(1セット10レップ)で、被験者のパワークリーンの82.5% 1RMもの負荷を利用したことが報告されている(293,294)。

筋力-持久力段階では、幅広いウエイトリフティングのエクササイズを利用することが可能であるが、アスリートのテクニック能力、相対筋力、選んだエクササイズの複雑さ、そしてこの段階の目標を考慮する必要がある。例えば、テクニックの不適切さや姿勢の安定性の不足のために、レップ数が増えるとエクササイズの実施方法が変動する場合は、ほかのエクササイズを処方するか、負荷を減らすかするとよい。この段階で作業容量を増やすには、変位の大きさが中~大であり、中程度の重量~やや高重量の負荷を利用できるウエイトリフティングエクササイズ(プルの派生形な

ど)を利用すべきである。しかし、テクニックの複雑さと筋力-持久力トレーニングに伴う疲労のために、完全なリフト(クリーン&ジャックやスナッチなど)をこの段階に組み込むことは減多にしない。

エクササイズの生理学的要求が、エクササイズのテクニックと主観的運動強度にどのように影響するかを理解することも重要である。Hardeeら(123)は、従来のセット形式で80% 1RMのパワークリーンを連続6レップ実施すると、最終レップまでにバーベルの水平方向の変位が増えることを報告した。これは、クラスターセットでは観察されなかった。さらに、このエクササイズと負荷の組み合わせで複数セットを実施すると主観的運動強度は増加するが、クラスターセットでは減少することも示されている(122)。筋力-持久力段階でテクニックと動作速度を維持しつつ、追加のフィードバックと指導を与えるには、クラスターセットを利用してキャッチのバリエーションを実施することが最良であると考えられる。

プルの派生形は、キャッチ局面が除かれていることによって複雑さが低い。そのため、レップを追加して、キャッチの派生形よりも重い負荷を利用してもテクニックを維持することが可能であろう。ハングプル、ミッドサイプル、カウンタームーブメントシュラッグのように、変位が少なくてもよい場合には特にそうである(196)。Meechanら(196)は、3セット×6レップのカウンタームーブメントシュラッグで、伝統的なセット構造を利用しても、休息を分配しなくても、運動力学、運動学、主観的運動強度(RPE)に変化がみられないことを報告した。筋力-持久力段階の作業容量の要求に対処するには、床からのクリーンプル/スナッチプルなどがエクササイズとして効果的であろう。しかし、ファーストプル(床から膝へ負荷を移動させる)はレップの仕事量と持続時間を2倍にするため(152)、ファーストプルがなくテクニック要求の低い派生形は効果的な代替エクササイズとなり、クラスターセットを利用する必要もない可能性がある(196)。

筋力-スピード段階

筋力段階の一次目標には、最大筋力(ピークフォース)と素早い力発揮能力の向上が含まれている(70,272,296)。筋力-スピード段階は、総合的筋力(3セット×5レップ、やや高重量~高重量の負荷[70~80% 1RM])と、最大力発揮能力の向上を促す絶対筋力(3セット×3レップ、高重量~非常に高重量の負荷[80~90% 1RM])に二分される。重い負荷を利用するウエイトリフティングエクササイズは変位が小さく(パワースナッチに対するクリーン)、筋力-スピードカテゴリーに含まれる(152,282)(表1と図1)。プルの派生形はキャッチのバリエーションの $\geq 100\%$ 1RMの負

荷を処方できるため、高負荷(80~95% 1RM)で行なうクリーンやスナッチと並んで、筋力-スピード段階で好まれる(48,53,96,114,117,118,192-195,197,238,242)。先に述べたように、複数のプルのバリエーション(ハングプル、膝からのプル、ミッドサイプル、カウンタームーブメントシュラッグなど)を利用して、140% 1RMもの負荷が利用されている(48,53,195-197)。ただし、目指すトレーニング成果によっては、床からのプルは $< 120\%$ 1RMが好ましいと考えられる(96,193,194,238)。これは、姿勢の安定性の要求に対処する一方で、アスリートのテクニック能力に基づいて複数の選択肢から選ぶことを可能にする。例えば、スプリンターはスターティングブロックからの加速と高速度の維持に大きな力とRFDを必要とする。そのため、それらの姿勢において、これらの特性を発達させるプルの派生形を利用することが役に立つであろう(74)。

高重量の負荷を利用するプルの派生形は最大力発揮能力の発達を助ける。しかし、素早い力の発揮特性の発達にとって適切な範囲の負荷を利用するには、先に論じたものよりも軽い負荷を利用することも必要である(64,65,113,209,210,283,287,288)。筋力-スピード段階では、素早い力発揮能力の向上のために、やや高重量の負荷(70~80% 1RM)(表1と図1)によるウエイトリフティングエクササイズが処方される(293,294)。しかしComfortら(47)によると、中程度の負荷(60~82.5% 1RM)よりも高負荷(80~90% 1RM)を利用するほうが、素早い力発揮能力の向上が大きかった。ただしこれは、被験者の筋力レベルが相対的に低かったことに影響された可能性がある。筋力の弱いアスリートは、最大の動作意識による高負荷の利用を強調するだけで、最大筋力と素早い力発揮能力のどちらも効果的に向上させられる可能性がある(21,59,61,62,65)。キャッチやプルの派生形だけを利用して力の発揮特性が向上したことが報告されているが(293,294)、筋力段階ではプル、キャッチ、オーバーヘッドプレスの派生形を組み合わせることも、パフォーマンスの向上を最大化しつつ、特有のトレーニング刺激を与えてトレーニングの陳腐化を避けることに役立つであろう。

スピード-筋力段階

スピード-筋力段階の目的は、素早い力とパワーの発揮能力をさらに発達させてピークに到達させることである(70,272,296)。これらの神経筋系特性は、力または速度を強調するエクササイズの組み合わせによって向上する可能性がある。そのため、高負荷と低負荷の両方を組み合わせるとよい(71,113,151,209,210,272,288,296,307-309)。この方策を利用すれば、筋力-スピードカテゴリーとスピード-筋力カテゴリーの両方から多様なエクササイズを処方

して、目指す成果を確実に達成することができる(表1と図1)。高重量の負荷を強調するトレーニングと、ピークパワーを誘発する負荷を強調するトレーニングは、幅広い負荷ではなく、特異的な負荷において望む適応を誘発することが報告されている(124,125,151,307-309)。そのため、負荷のパラダイムを組み合わせて利用すれば、広い負荷にわたって大きな適応をもたらすことができる(124,209,307-309)。例えば、カウンタームーブメントシュラッグの110% 1RMの高い負荷(力の強調、つまり筋力-スピードカテゴリー)と、ジャンプシュラッグの30% 1RMの低い負荷(速度の強調、つまりスピード-筋力カテゴリー)を同一段階に統合することは、効果的なプログラム作成方策であることが示されている(293,294)。また、このタイプの方策を実施する際は、この段階で処方する合計トレーニング量に注意を払い、残存疲労を最小限に留める必要がある。

アスリートのニーズに対処するために、競技/イベントとポジションに基づいて、エクササイズと負荷の複数の組み合わせを提供することもあるだろう。例えば、アメリカンフットボールのラインマンは、筋力-スピードを強調する必要がある。したがって、このようなアスリートに処方するエクササイズと負荷の一次的組み合わせでは、筋力-スピードを強調することになる。しかし、やや高重量の負荷を利用できるスピード-筋力エクササイズ(ハングパワークリーン/スナッチなど)は、素早い力発揮能力を向上させる可能性がある。これに対してディフェンスバックでは、スピード-筋力の発達を目的とするエクササイズを強調するが、高重量の負荷を利用して(ハングクリーン/スナッチプル)筋力-スピードを発達させることも役立つであろう。理想的には、期分けされた連続的なトレーニングアプローチを利用して、各トレーニング段階の終わりにアスリートのアスレティックパフォーマンスと力発揮特性を評価して、それに基づいて目指す成果が得られるように計らうべきである。

セクション4:ウエイトリフティングエクササイズの指導 教育学的アプローチとフィードバック方策

運動スキルの学習は、青少年期などの感度の高い時期に、維持能力の高まりとともに急速に進むことが多い(260)。この時期は脳の可塑性が高く、神経回路が大きく発達することによると考えられる(260)。ウエイトリフティング動作は、スポーツ参加者に教えるには複雑すぎて時間がかかりすぎるとよく言われる。しかしSolumら(260)は、運動スキルの学習は青少年でも成人でも等しく行なわれうることを見出した。青少年は動作のレパートリーが狭く、スキルの習得に非常に大きなばらつきが観察されるからである。したがってS&Cコーチは、適切なテクニックの発達と洗練に気を配

り、傷害リスクを低下させ、適応の機会を最大化して、競技パフォーマンスへの転移可能性を向上させる必要がある(230)。そこで以下では、年齢や能力にかかわらず、ウエイトリフティングのスキルを向上させるための教育法のひな型とフィードバックの留意点を提示する。

それぞれのウエイトリフティング動作(スナッチ、クリーン&ジャーク)は、指導によって、完全な形で行なわせることが可能である。しかし、各動作の漸進で与えられる部分的動作や派生形も、特異的なトレーニングツールとして利用することができる。S&Cコーチは、トレーニング歴、身体能力、アスリートが参加する競技の要求や目標に応じて、ある時点のアスリートのニーズを最もよく満たす適切な派生形を決定するとよい。

ウエイトリフティングの動作局面

Morrisら(201)は、スナッチとクリーン&ジャークの各局面の姿勢を明確に示して、それぞれの局面において、バーベルの位置がどこから始まりどこで終わるかを説明した(表2)。動作をこれらの局面に分割することによって、S&Cコーチとアスリートは、各構成要素とその実施方法の理解を深めることができる。これは、その後に行なわれる要素の「連鎖化」にとって特に重要である。スナッチとクリーンは5つの局面から構成される。(a)ファーストプル(リフトオフ)(b)トランジション(ダブルニーベンド)、(c)セカンドプル(パワーポジションからフルエクステンションまで)、(d)キャッチ、(e)リカバリー(表2)。ジャークは4つの局面から構成される。(a)ディップ、(b)ドライブ、(c)キャッチ、(d)リカバリー(表2)。

教育学的アプローチ

S&Cコーチが考えなければならない重要な問題のひとつは、ウエイトリフティング動作の構成要素を教える順序である。教える順序は、すべての構成要素を連鎖化してウエイトリフティングに伴う複雑な動作パターンを生み出す際、その動作をスムーズに行ないうるかどうかを考えなければならない。指導に関する科学研究では、段階的な指導方法を選択する必要があるとされている(77,78,84)。ウエイトリフティングの指導に一般に利用されるアプローチは2つある。(a)順行連鎖化(ボトムアップアプローチ)と(b)逆行連鎖化(トップダウンアプローチ)である。簡単に言うと、順行連鎖化では、スキルの各部分を自然に発生する順序で始めから順に学ばせ、逆行連鎖化では、スキルの各部分を終わりから順に学ばせる。

順行連鎖化は、ひとつのスキルが適切に開始されなければ、適切に完了されないことを根拠としている。その点では理に適っており、正当化されるかもしれない。しかし順

表2 クリーン&ジャークとスナッチの各局面*

局面	クリーン&ジャーク	スナッチ
<p>ファーストプル</p> 	<p>バーベルを、床から膝のすぐ上まで引き上げる。</p>	<p>バーベルを、床から膝のすぐ上まで引き上げる。</p>
<p>トランジション</p> 	<p>バーベルを膝のすぐ上から大腿中央部まで引き上げる。</p>	<p>バーベルを膝のすぐ上から大腿上部まで引き上げる。</p>
<p>セカンドプル</p> 	<p>股関節、膝関節、足関節を伸展させて、バーベルを大腿中央部から最高点まで引き上げる。</p>	<p>股関節、膝関節、足関節を伸展させて、バーベルを大腿上部から最高点まで引き上げる。</p>
<p>キャッチ</p> 	<p>フロントスクワット姿勢をとり、バーベルを最高点から引き上げて三角筋前部で受け止める。</p>	<p>オーバーヘッドスクワット姿勢をとり、バーベルを最高点から引き上げて頭上で受け止める。</p>
<p>リカバリー</p> 	<p>フロントラック姿勢でバーベルを三角筋前部に載せたまま、立ち上がる。</p>	<p>オーバーヘッドスクワット姿勢でバーベルは頭上のまま、立ち上がる。</p>
<p>ディップ</p> 	<p>フロントラック姿勢でバーベルを三角筋前部に載せたまま、立位からクォータースクワット姿勢をとる。</p>	
<p>ドライブ</p> 	<p>クォータースクワット姿勢でバーベルを三角筋前部に載せたまま、股関節、膝関節、足関節を伸展させて、バーベルを最高点に引き上げる。</p>	
<p>キャッチ</p> 	<p>スプリットスタンス姿勢をとり、バーベルを最高点から頭上で受け止める。</p>	
<p>リカバリー</p> 	<p>スプリットスタンス姿勢でバーベルを頭上で受け止めたのちに、バーベルは頭上のまま立ち上がる。</p>	

*許可を得て再掲(201)

行連鎖化を利用すると、スキルの複雑さが増すにつれて、学習過程とパフォーマンス成果の両方を損ないかねない動作を助長する(239)。順行連鎖化の漸進は、通常、初期段階では適切に実施される。しかし、漸進するにつれてスキルが低下して弱点や欠点を示すことがある(239)。

逆行連鎖化では、新しいステップを学習したあとに、すでに馴染みのある練習済みの部分が続く。このアプローチは、発達の初期段階では複雑さの低い動作を提供すべき

であるという考えを根拠にしている(図2~4)。この例では、連鎖化する必要のある局面の数や動作のスピードによって複雑さが決定される。例えばオーバーヘッドスクワットは、S&Cコーチに低速度で荷重時の動作の質を評価する機会を与え、その後、スナッチバランスなどのバリエーションな派生形へ進むことを可能にする(図2)。漸進を一番上(オーバーヘッドスクワット)から始める必要のないケースもある。適応を最適化できる場所から始め、完全な動作に至る

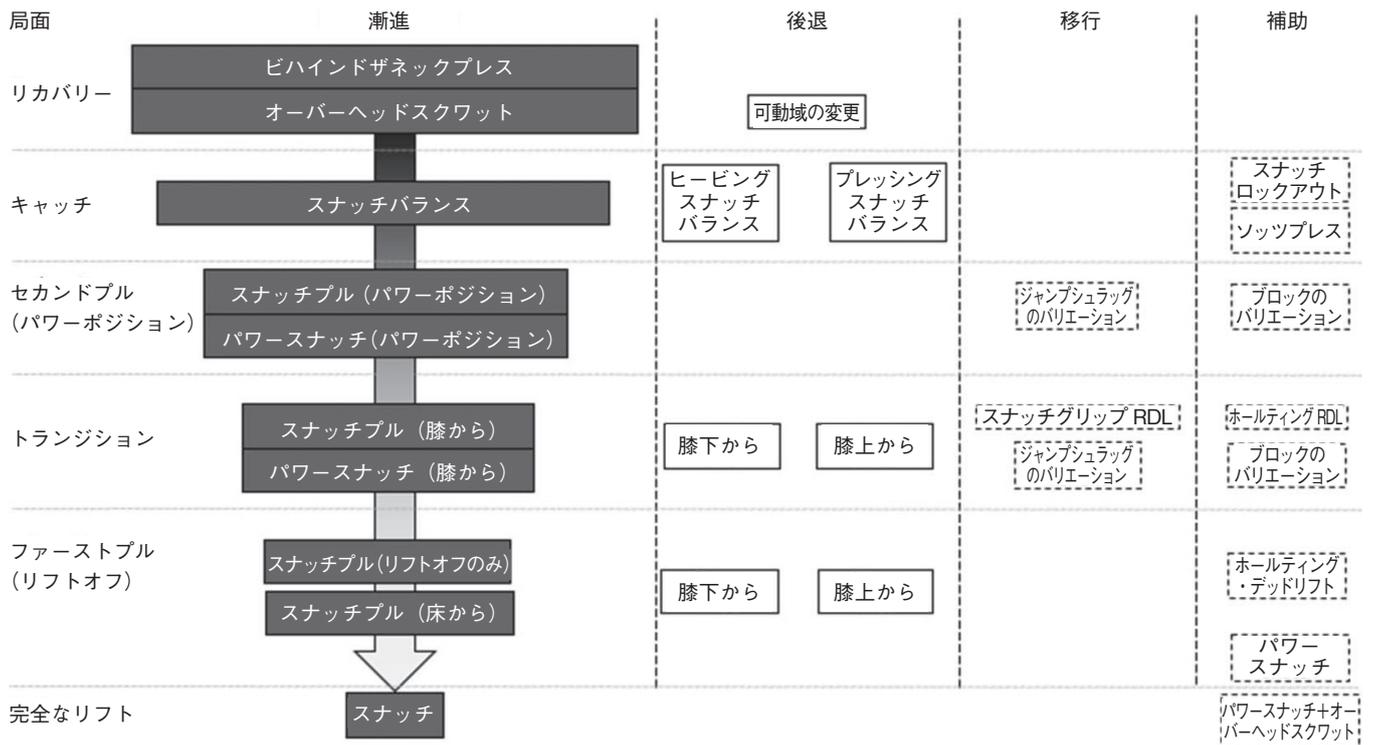


図2 スナッチの漸進 RDL = ルーマニアンデッドリフト

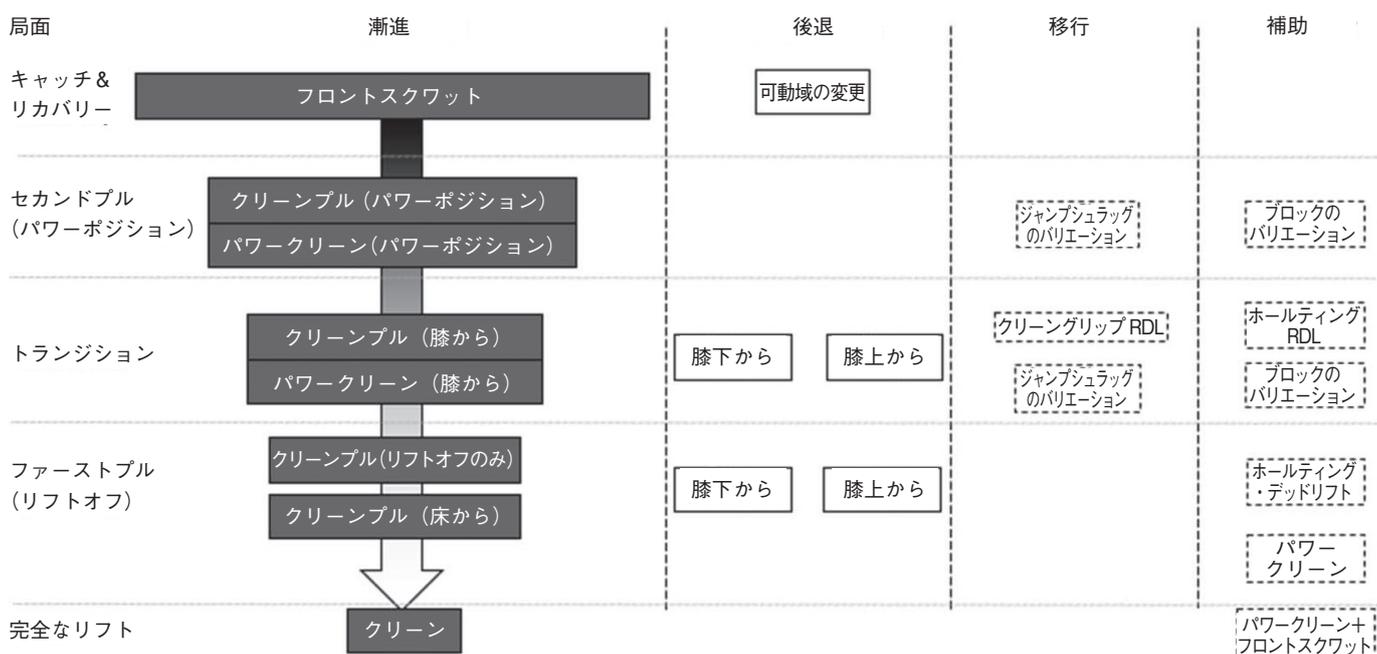
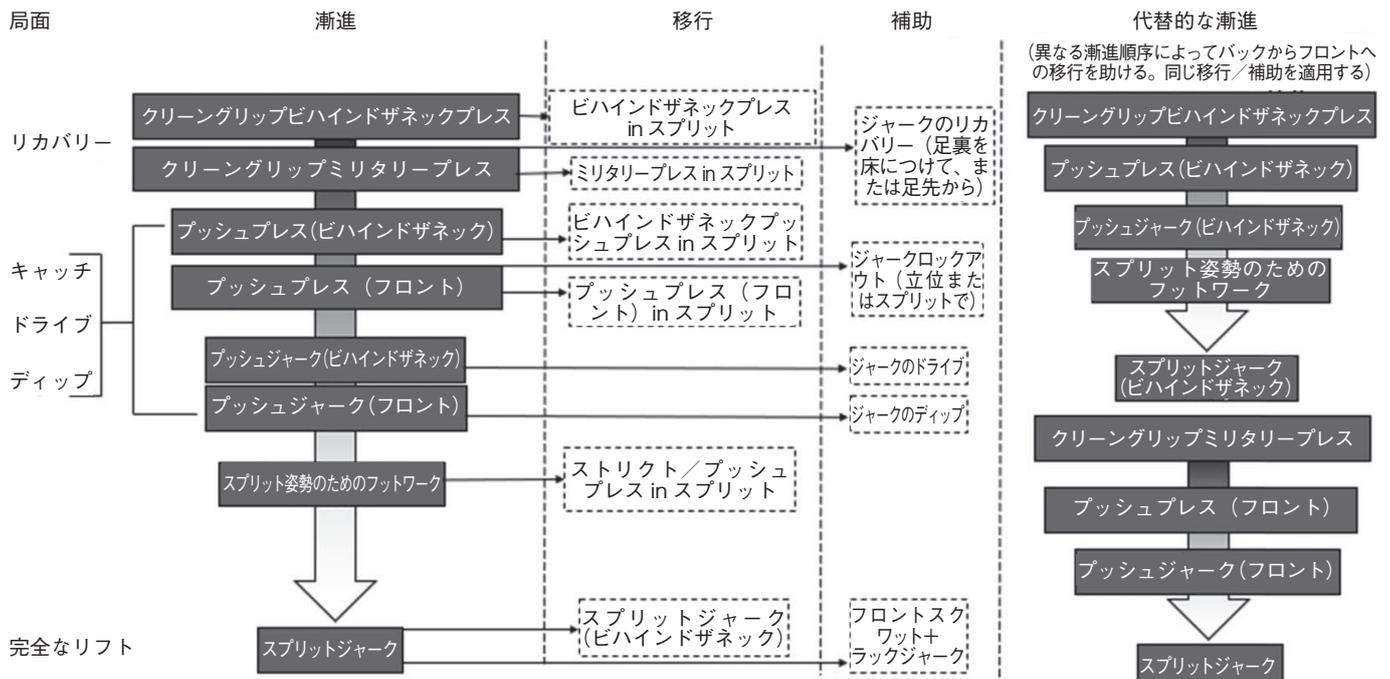


図3 クリーンの漸進



*→は、特定の漸進リフトに対する移行エクササイズまたは補助エクササイズを示す。

図4 ジャークの漸進

基礎を築いてアスリートのエクササイズの工具箱の中身を増やすべきである(パワーポジション、つまりセカンドプルから行なうスナッチプルから始めて、膝からのパワースナッチへ進むなど)。

逆行連鎖化が順行連鎖化よりも優れている主な点を以下に挙げる(239)。

- ・新しい要素のあとには常にすでに習得した要素が続くため、干渉が発生しない(新しいテクニック要素を考えながら実行したあとは、すでに実施に成功したことがあるものが続く)。
- ・新しいスキルだけに注意を向けるため、漸進の各ステップで難易度が上がらない。
- ・注意は新しいステップにのみ向けられ、その後、すでに確立された要素を実施して最終姿勢で完了する。
- ・課題やステップが単純であるため、学習者が緊張や不安を感じない。
- ・各ステップが小さいため、成功率が高い。

NSCA(23)もIWF(148)も、ウェイトリフティング動作の指導で逆行連鎖化のアプローチを推奨する。

図2～4は、スナッチとクリーン&ジャークの指導と学習の漸進を示す。図2と3では、左の列にリフトの局面を示し、左から2番目の列にその局面の発達に最も適したエクササイズを挙げた。もちろん、すべてのアスリートがこの方法に従って漸進できるわけではない。そこで、左から3番目の列には、動作を単純化して、関連する動作能力を発達させる後退方法も示した。右側の2列「移行」と「補助」は、「漸

進」と「後退」の列に示したエクササイズの成功に必要な適切なシーケンスの開発を可能にして、姿勢の安定性を発達させることを助けるエクササイズを示した。図2、図3と同じく、図4でも、左の2列にはリフトの局面とその局面の発達に最も適したエクササイズを示した。左から3列目と4列目には、「漸進」の列に示したエクササイズの成功に必要な適切なシーケンスの開発を可能にして、姿勢の安定性を発達させることを助ける「移行」エクササイズと「補助」エクササイズを示した。右端の列には、すべての動作をまず背面で行なわせ、次に前面で行なわせることによって順序を単純化して、バックからフロントへの移行を助ける代替的漸進方法を示した。

学習段階

1967年、Paul Fitts&Michael Posnerは、運動スキルの学習には、認識段階、連合段階、自動化段階の3段階が存在すると主張した(144)。新しい運動スキルを学習する際、人はこの3つの段階のいずれかに該当する複数の変化を経験する。ある段階から次の段階への移行は急激な変化ではなく、徐々に生じる変化であることに注意する必要がある。アスリートが取り組んでいる段階を知ることが、彼らのニーズに適切に対処する助けになるであろう。

認識段階の特徴は、一貫性と有効性を欠くパフォーマンスである。動作は遅く、大きな精神的努力を必要とする。この段階では、動作は一般に意図的意識を伴ってゆっくりと行なわれる。初心者には内的な運動感覚によるフィードバック

クを利用して動作を調整することができず、多くの外的フィードバックを必要とする。注意を逸らすものを取り除いて、望ましいスキルを行使する適切な機会を与えることが最良である。経験豊富なアスリートでさえも、新しいスキルを学習する際は認識段階を経験する。ただし、新しい動作と関連するスキルの経験があるため、進むスピードは速いかもしれない。それでもやはり認識段階の特徴を示す(144)。

連合段階へ進むと、動作はスムーズになり、一貫性と有効性が向上する。スキルの一部は考える必要が減り、自動化される。しかし、まだ注意を向けることを要する側面もある。内的フィードバックの利用が生じ始める。適切な動作パターンがどのように感じられるかがわかるようになり、正確に実施できなければ自覚するようになる。しかし、それを修正する動作の調整方法はまだわかっていない可能性がある。コーチのフィードバックはアスリートの内的フィードバックを強化して、修正方法と改善を必要とする領域の特定を助ける(144)。

学習の最終段階は自動化段階である。この時点では運動プログラムは適切に確立され、根づいている。動作はスムーズで正確であり、一貫性をもって行なわれる。動作が自動化されているため、スキルの行使に注意を払う必要はほとんどない。この段階に至ったアスリートは、望ましいスキル動作を生み出す方法を考えるかわりに、リフトのほかの重要な側面に思考のリソースを充てることができる(144)。フィードバックは、アスリートによるスキルの微調整を可能にして、動作の効果と効率を向上させることを助ける。

フィードバックのタイプとコミュニケーション形式

初心者に対して、姿勢の意識の向上、スムーズな動作、動作の正確さとタイミングの練習を助けるには、多様なコミュニケーション方法を利用する必要がある。それらの方法は大きく分けて、口頭言語によるもの、視覚によるもの、運動感覚によるものの3つのタイプのいずれかに分類される(表3)。これらの方法を区分する重要な因子は、意味のあるフィードバックをアスリートに伝える効果である。アスリートが最もよく学ぶのは多様な方法を利用する場合である。したがって、ウェイトリフティング動作を初心者に教えるには、様々な方法を組み合わせて利用するとよい。どの方法を利用するにしても、フィードバックを与える際は与えられた課題とアスリートとの関係を考慮して、簡潔、正確、明瞭に伝えることが不可欠である。

口頭言語による指示とキューはどちらも、ウェイトリフティングの指導の軸となる。課題に関する必要な情報は、アスリートの注意の焦点を動作成果に向ける機会を与えるキューから提供される(165)。提供するキューは、冗長な文章ではなく、広く馴染みのある簡潔な表現を利用するもの

でなければならない。情報の過負荷に曝されることは、認知的負荷を増やし(240)、身体パフォーマンスにマイナスの影響を及ぼす(191)。そのため、適切な用語と利用するタイミングの選択がきわめて重要である。同様に、口頭によるコミュニケーションも、個人の発達段階に適したものでなければならない(164)。例えば、子どもは一般に語彙と理解のスキルレベルが低い。したがって、簡単な言葉でなければならない、あまり専門的であってはならない。会話も簡潔明瞭でなければならない。この場合、類推と比喩は外的な注意の焦点を促す有用なツールになる。また、子どもが情報をより効果的に処理して内容を自分に関連づけ、課題関連の複数のキューを濃縮して1つの比喩にすることを助ける。例として、フィードバックループを図5に示す。

ビデオ撮影と視聴を利用する視覚によるフィードバックと指示は、口頭言語によるフィードバックと組み合わせることで、与えられた情報を状況に当てはめて理解することを可能にする(218)。さらに、リフトの重要な局面を捉える視覚によるフィードバックは、S&Cコーチとアスリートがテクニックの欠点や向上を経時的に観察したり、明示したりすることを助ける。これは、アスリートにテクニックを至適化する方法を意識させるさらなる学習機会にもなる(267)。しかし初心者の場合には、フィードバックの提供にビデオを多用することは、テクニックのエラーを意識させすぎたり、能力に対する自信を失わせたりするため注意が必要である(140)。これは、運動感覚によるフィードバックよりも視覚によるフィードバックに過度に依存させることに繋がる。ビデオによるフィードバックを利用する際は、成功に向けて努力している目標を常に意識し、その目標から逸脱したフィードバックを組み込んではいならない。

最後に、動作の局面を感知できるものと連合させることは、テクニックに習熟する機会を与えることでもある。これは一般に運動感覚と呼ばれる(201)。運動感覚は、姿勢を「感じる」ことのできる能力と定義することができる。例えば、ある筋群に負担がかかっていることを感じることもあれば(ファーストプルにおける大腿四頭筋群、ハムストリングス、背部など)、立ててあるフォームローラーをバーベルのウェイトプレートで倒したことを感じて、ファーストプルにおけるバーベルの後方への移行を察知することもある。これは指導のキューとも関連づけられて、適切な動作パターンを強化することに役立つ。これらの多様なフィードバック方法のセッションにおける利用例を表3に示した。

表3 様々なコミュニケーション方法の長所と短所*

方法	長所(効果が高い点)	短所(効果が低い点)	起こりうる問題
口頭言語による指示	簡潔な動作指示を与えること(「フィニッシュだ」「攻撃的に」)。 作業量を与えること(「もう1レップ」「3レップでやろう」)。 安全のための指示を与えること(「プラットフォームの中央をキープしろ」)。 類推や比喻を利用すれば、初心者と有意義なコミュニケーションを行なえること。	リフトの局面における身体/四肢の姿勢を説明すること。 動作パターンを変化させること。 タイミングの問題を修正すること。	初心者が馴染みのない、あるいは、特定の身体動作と関連させる十分な固有受容感覚の知識のない専門用語の使用は避ける。 スキル習得の初期段階で、口頭言語によるキューに頼りすぎると、運動感覚/空間スキルの発達よりも口頭言語によるフィードバックに過度に依存するようになる。
強化	プラスの(ときにはマイナスの)強化を介して、望ましい行動を強化する、あるいは頻度を増加させること。 トレーニング行動やテクニックパフォーマンスに対する努力や向上を褒めること。 現在のテクニック向上方策を継続的に利用する意欲を与えること。 有益な効果をもたらしつつある現在の努力について自信をもたせること。	あまりに頻繁に利用すると価値を維持することが難しいこと。 コーチが(すべての)パフォーマンスを観察できない状況がありうること。	強化は間欠的に提供しなければ、価値が低下する。 適切な利用は、コーチの対人スキルに依存する。 適切な利用は、ウエイトリフティングのテクニックに関するコーチの知識と理解に依存する。
実演(モデル化)	空間と時間に関する情報を自然に直感的に提供すること。 その場で情報を提供すること。 これから行なうこと(新しいエクササイズの導入など)の基本的な計画を伝えること。 適切な姿勢(動作)と不適切な姿勢(動作)を対照的に示すこと。	身体姿勢や動作パターンに即座に変化を生み出すこと。 コーチが適切な実演を行なえないケースがあること。	学習者が必要な情報を適切に処理するには、通常、複数回の実演が必要である。 初心者は、実演の重要な点を捉えられないことがある。 不適切な実演は、スキルの習得にとって問題となる可能性がある。
ビデオの再生	スキルの理解を高めること(低速での再生)。 スキルの理解を高めること(再生可能であるため)。 修正を必要とする特定の姿勢やテクニック的要素を示すこと。 動作特性を特定すること。	口頭言語による質の高い情報を伴わなければ価値が下がること。 見る者の知識と分析スキルに依存すること。時間を要すること。 指導とトレーニングの通常の流れを妨げる可能性があること。 情報量の多さのために、初心者を圧倒する可能性があること。	頻繁に視聴すると、エラーを過度に意識して内的注意を生み、能力に対する自信を失わせる可能性がある。 頻繁に視聴すると、運動感覚の向上よりも視覚への過度の依存を招く可能性がある。 ビデオ(動作)分析に必要なスキルを、コーチが有していない場合がある。 コーチは、実現に向けて努力している指導の目的を常に念頭に置き、そこから逸脱してはならない。 トレーニングで撮影することは、アスリートやトレーニング環境の妨げになる可能性がある。
発見学習	動作のタイミング、コーディネーション、スムーズさを向上させること。 バランスと安定性を向上させること。 複雑な動作の運動学を発達させること(身体のスピードおよび加速特性、バーの垂直および水平方向の変位など)。	初心者に新しいエクササイズや動作を導入すること。 基本的な身体姿勢(必ずしも直感的でも「自然」でもない)を発達させること。 根強いテクニックのエラーや問題を解決すること。	この方策の成功は、コーチの知識、経験、自信にかかっている。初心者に試させるべきときと、介入するべきときを見分けられなければならない。 コーチが、適切な空間的・時間的制約を課す方法とタイミングを心得ている必要がある。
徒手操作	要求されている身体姿勢はどのように感じられるかについて、固有受容感覚に関する情報を提供すること。 基本的な身体あるいは四肢の姿勢を修正すること(アスリートは静止している)。 時間を節約すること。	(姿勢のエラーではなく)動作のエラーを修正すること	利用に適した方法/方策を完全なものにするには、練習が必要である。 実施するにあたって、アスリートの許可を得る必要がある。 ウエイトリフティングのテクニックと関係づけるには、身体姿勢に関する徹底的な理解と知識を必要とする。

*許可を得て再掲(140)

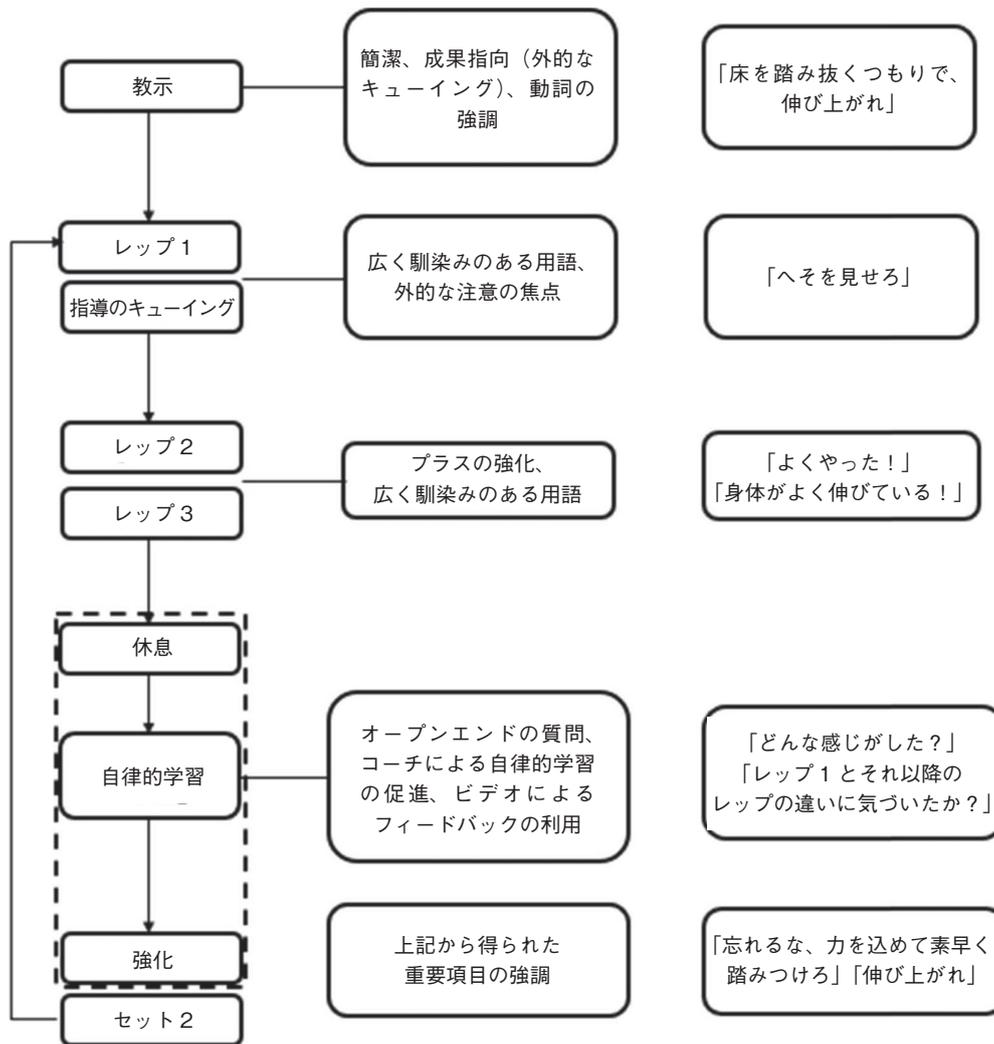


図5 セット内のフィードバックループの例。全段階でフィードバックを与えると情報過多になる。したがって、全段階で与える必要はない。

フィードバックのタイミング

ウエイトリフティング動作の指導では、フィードバックのタイミングが非常に重要である。セット内の特定レップのあとでも、セットの最終時点でもよいが、最終フィードバックは試行が終わってから与えるようにする。この方法はフィードバックに注意を向けさせずに、スキルや動作の実施に集中させるため、アスリートが新しいスキルを学習することを助ける(144)。フィードバックを即座に与えないことによって、アスリートは自分のパフォーマンスを評価し、プラスの要素(S&Cコーチから与えられた動作のキューを効果的に実施したかどうかなど)と失敗を特定する時間が得られる。学習の認識段階にあるアスリートは、内的な運動感覚によるフィードバックを効果的に利用することができない。しかしそれでも、身体の声に耳を傾けるプロセスの出発点として、その動作をどのように感じたかをアスリートに問うことは有用である。

スキルのあるアスリートやテクニックの洗練段階にある

アスリートには、同時進行でフィードバックを与えることができる。つまり、スキルや動作の実施中にフィードバックを与えることができる。学習の自動化段階にあるアスリートには、このタイミングでフィードバックを与えるほうが役に立つであろう。スキルや動作の実施においてほとんど思考を必要としないため、改善可能な領域へ注意を向けることができるからである。しかし、フィードバックを与えすぎではならない。特に学習の初期段階にあるアスリートは、そのフィードバックだけに頼るようになり、空間意識や運動感覚の発達がおざりにされるからである。アスリートがフィードバックに多様な反応を示すこと、言い換えると、多様なタイプのフィードバックに反応させることも重要である。要するに、S&Cコーチはアスリートのことを知り、フィードバックに対する彼らの反応を学び、どのタイプのフィードバックが最も効果的であるかを知る必要がある。

初心者への指導の留意点

初心者あるいは新人という言葉は、この場合は、ウエイトリフティング動作の経験がほとんど、あるいは全くないアスリートを指す。ほかのストレングストレーニング(レジスタンストレーニングやパワーリフティング)に関しては長いトレーニング歴があるアスリートや、レジスタンストレーニングに関する知識はあるが、ウエイトリフティング動作を行なったことのないアスリートも含まれる。ウエイトリフティング動作の初心者は、各動作のスピードやタイミングだけでなく、身体姿勢、バランス、安定性が試されるこのきわめて複雑な動作パターンの学習に非常な困難を覚えるであろう(140)。そのために、新人アスリートにウエイトリフティングベースのトレーニング方法を導入することを好まないS&Cコーチもいる。教えることがきわめて難しく、時間の浪費であると感じられるからである。しかし、適切に組織され、規律正しい系統的な計画を利用して、時間と労力をかけてウエイトリフティング動作のテクニックを育成し、継続的な洗練を図ることができれば、アスリートの将来の成功の一助になるだろう(126,201)。そのためには、運動能力を経時的かつ習慣的に向上させてパフォーマンスを高め、傷害リスクを低減し、アスリートの健康と幸福感を増進させればよい(89)。これは長期的なアスリートの開発計画に共通する重要な目標のひとつである。

トレーニングの準備

ウエイトリフティング動作を初心者に導入するには、構造化された指導計画を確立して、ウエイトリフティングリテラシーの発達を導くことが不可欠である。指導計画の目的は、指導の漸進における重要な局面を見落とさないことと、ウエイトリフティングのスキルを容易に発達させる動作カリキュラムを提供することにある。育成の初期段階では適切なテクニックを発達させることを目的として、適切な指導の漸進に従い、構造化された系統的なアプローチの実施を助ける必要がある。つまり、テクニック能力に基づいて筋道立てて漸進することによって、タイミングよく効果的な方法で動作を学ぶことを可能にする必要がある(201)。テクニック能力を獲得させるために、完全なリフトを複数の重要局面に分割して、動作の連鎖化(逆行連鎖化など)、すなわちチャンキングを行なわせる(201)。このようにすることで、リフトの個別部分の学習に集中することが可能になる。つまり、ウエイトリフティングに伴う複雑な多関節動作を操作可能な小さな部分に分割し、それらを結びつけることでより複雑な動作パターンを作り上げていく(図2~4)。可動域とリフト全体の複雑さを抑制して、初心者向けに学習状況を単純化する。このアプローチのもうひとつの利点は、動作の欠点やテクニックのエラーを特定で

きることである。焦点の合った特異性の高いエクササイズを処方して、特定された問題に取り組むことができる。「チャンキング」理論に基づく、初心者はまずこれらの個々の構成要素に取り組み、次にそれぞれのエクササイズ/動作を結びつけることで、連続的な動作パターンを生み出すことが可能になる(112)。

エクササイズの漸進(図2~4)を利用すると、初心者から上級者まで、ウエイトリフティング動作の様々な局面を統合した総合的なアプローチを提供することが可能になる。各段階のトレーニングの焦点と指導における留意点の特定を助ける(201)。トレーニングの段階にかかわらず、動作スキル(能力、自律性、洗練)と身体能力(運動制御と身体制御、基本的筋力、筋力-スピード、スピード-筋力)の同時育成を念頭に置き、それに合わせてエクササイズの処方と選択を調整すべきである(201)。漸進の各局面に費やす時間は、個人の能力とニーズに基づいて決定する。しかし、学習過程におけるアスリートの漸進率は個人差がきわめて大きいことに注意が必要である。成熟段階を考慮すべきであるが、どれぐらいのスピードで指導を漸進させるかは、テクニック能力のレベルに従って決定すべきである。

自信の構築

S&Cコーチの役割は、単に身体的能力や総合的なパフォーマンス能力を発達させることに留まらない。S&Cコーチは教育者であり、この場合、ウエイトリフティングのスキルを教えるだけでなく、効果的にトレーニングする方法や人間として成長する方法も教える(140)。自信、肯定的な自尊心、責任感、誠実さを育むことは、初心者の指導過程における重要な成果である(149)。そのような属性を確実に発達させるには、アスリートが自分の能力に基づいて適切に漸進し続けることが不可欠である。この過程の中心にあるものは、相対的に難易度の低い課題内容を選択してエラーレス学習方策を採用し、至適挑戦ポイントでトレーニングさせることである。課題の難易度とアスリートの自信の適切なバランスをとることによって、アスリートの自己効力感を増大させ、学習過程を向上させることが可能になる(165)。

焦点とするテクニックと精度

学習の初期段階では、筋力の発達を最大化することよりも、テクニックリテラシーの育成を焦点とすべきである。この場合に利用する負荷は漸進的かつ漸増的に、慎重に処方しなければならない。これは、健全な挙上テクニックの育成に不可欠の側面である。なぜなら、(a)初心者に最大あるいは近最大負荷を挙上させるとテクニックのエラーを招き、それが根づく可能性がある。発達の後半段階に入ると、テクニックのエラーを修正、調整することはさらに難しく

なる。また、(b)初期段階で健全なテクニックを発達させておけば、特定の神経筋系の適応を目的として重い負荷を漸進的に利用する機会が増える。トレーニングによる適応は挙上テクニックに左右される可能性がある。テクニックは、特にウエイトリフティングと関連性が高い、力発揮能力に影響するからである。適切なテクニックは力発揮能力を向上、改善させるが、不適切なテクニックは、運動制御、コーディネーション、筋の活性化、運動単位の動員を損ないかねない(201)。

初心者には、ウエイトリフティングのような複雑なスキルを指導する際のもうひとつの重要な注意点は、動作の速度よりも精度の向上を優先することである。スピードと精度の取捨選択(245)として知られるこの方策を長期的に実施した結果、テクニックパフォーマンス、一貫性、自信の向上が観察された。精度が獲得されて、学習中のスキルの一貫性が向上すると、動作のスピードと最大の動作意識に多くの注意を払うことが可能になる。さらに、精度に集中することにより、結果として動作速度が低下すると、固有受容感覚によるフィードバックをよりうまく受け取り、処理して解釈することが可能になる。これは、S&Cコーチが介入して、タイミングを計って適切なフィードバックを与えることも助ける。逆に、学習初期に動作スピードに焦点を置くと、テクニックパフォーマンスのエラーが目立ち、学習が進むにつれてそのまま根づいて、修正が困難になる(140)。初心者には、ウエイトリフティング動作のある局面の学習が困難に思われることがある。「完璧な」テクニックを実現しようとする、組織化された運動動作を自然に実施する身体能力の妨げになり、意識過剰に陥って動作速度を低下させる(255)。この問題を回避するには、外的な注意の焦点を促すキューを1つだけ与えて最大の制限因子を抑制し、プラスの成果を生み出して、学習過程を向上させるとよい。

S&Cコーチが考慮すべき大きな問題のひとつは、重要なウエイトリフティング動作(スナッチとクリーン&ジャー

ク)の構成要素を教える順序である。教える順序は、すべての構成要素を連鎖化してウエイトリフティングに伴う複雑な動作パターンを生み出す際に、その動作をスムーズに行なうかどうかを考えなければならない。「教育学的アプローチとフィードバック方策」で論じた一般的な指導方法は、順行連鎖化(ボトムアップアプローチ)と逆行連鎖化(トップダウンアプローチ)の2つである。

基礎的な運動スキル

ウエイトリフティングのテクニックの構築は、基礎となるスキルと動作能力に依拠する。初心者の学習の初期段階では、基礎的な動作能力だけでなく、身体の意識と制御を発達させてから、高度な課題へ進むことがきわめて重要である。その目的は、ウエイトリフティングに特異的なテクニック能力の基礎となる特質を習得させることにある。背部と体幹部の適切な姿勢と制御、股関節の屈曲、スクワット(ユニラテラルとバイラテラル)、オーバーヘッド姿勢の安定性、全身の自重の制御を焦点とするエクササイズを利用して、基礎的なスキルを確立するだけでなく、基本となる筋力レベルを発達させることが、ウエイトリフティングに特異的な動作へ進むための不可欠の前提条件である(図6)。

スキルの連鎖化

スキルの連鎖化を開始するには、以下の条件を満たす必要がある。

- ・どちらのリフトについても、常に不適切な動作を示す、あるいは誤った動作を示す重要なテクニック要素がない。
- ・どちらのエクササイズも動作がスムーズである。動作のスムーズさとは、ためらいや過度に意識した制御を伴わずに繰り返し実施する能力を指す(140)。通常発生する自然な動作のわずかなばらつきはこれに含まれない。
- ・身体姿勢、身体動作、バーベルの動きを変えるための指導の指示やフィードバックに効果的に反応する。



図6 ウエイトリフティングエクササイズの漸進。ピラミッドの下から上へ向かって(白色から濃色へ)、動作の複雑さとテクニックの特異性が増す。許可を得て再掲(201)。

RDL = ルーマニアデッドリフト、BHN = ビハインドザネック、OH = オーバーヘッド、CMJ = カウンタームーブメントジャンプ、BM = 自重、SG = スナッチグリップ

初心者が2つ(あるいはそれ以上)の部分の初めて連鎖化しようとする、たいていタイミングの問題が発生する。連鎖化の過程という難題への取り組みは、S&Cコーチの指導とポジティブな強化の下で、自律的に行なわせるべきである。これらの新しい動作パターンを根づかせるには、新しい動作スキルの習得に適した時間をかけさせる必要がある。

エラーの優先順位とフィードバックの頻度

ウエイトリフティング関連のスキルの習得において、初心者の動作パターンには複数のエラーや統制の欠如がしばしばみられる。そこで、一貫性のあるポジティブな指導によって、ウエイトリフティング動作から受け取る固有受容感覚のフィードバックを解釈する方法を理解させなければならない。S&Cコーチは、リフトで目に留まったすべての問題を修正したり、フィードバックを与えたりして、自らのアプローチから逸脱するべきではない。「教育学的アプローチとフィードバック方策」で論じたように、S&Cコーチは多様なコミュニケーション方法を利用して、正確かつ明瞭に、一度に1つのエラーに優先的に対処するべきである。アスリートのパフォーマンスが正しさの帯域(bandwidth of correctness)からはみ出した場合にのみ、フィードバックを与えるようにするべきである(168)。

帯域アプローチは、テクニック面で発生した些細なエラーに対するフィードバックの頻度を減らす有用な方法である(241)。フィードバックを与える必要性は、エラーがS&Cコーチの許容範囲を超えている場合に発生する。この許容範囲、つまりLeeら(168)のいう正しさの帯域は、おおむね、S&Cコーチが定める帯域の幅(広いこともあれば狭いこともある)によって決定される。帯域が狭ければ、初心者の努力の多くが許容限度を超え、フィードバックが頻繁に提供されることになる。逆に帯域が広ければ、フィードバックを与える必要性を感じる事が少なくなる。

学習者からみると、S&Cコーチによる過度に頻繁な修正は、動作をぎこちなくさせるだけでなく、能力への自信も喪失させる。帯域の広さを決定する上で考慮する必要がある重要な点は、フィードバックが低頻度であるほどアスリートによるスキル学習が促進されることと(140)、トレーニングの主導権をある程度アスリートに渡せるということである。初心者にはこの帯域アプローチが有益かもしれない。なぜなら、固有受容感覚を向上させるとともに、テクニックの欠点に過敏になる傾向を抑えられるからである。S&Cコーチはアスリートの優れた点を強化し、テクニックエラーに優先順位をつけて、フィードバックと指導的介入を行なう必要がある。スキル獲得の点からみると、パフォーマンスの直後にフィードバックを与える必要はない。フィー

ドバックを遅らせることは、アスリートに自分のパフォーマンスを振り返らせ、内的フィードバックを処理する時間を与えるからである(9)。運動感覚を介して学ばせることによって、動作に対する自信と自律性の構築を助ける。S&Cコーチが、特定の動作のテクニックモデルに関する知識と理解を有していることは、正しさの帯域の幅の決定を助け、フィードバックを提供するべき時と、控えるべき時を見極めることに役立つだろう。

エラーのタイプ

S&Cコーチは、遭遇する様々なタイプのエラーが発生するタイミング、方法、理由を理解することによって、修正の順序づけ(重要なエラーとそれほど重要ではないエラー)だけでなく、適切なフィードバック方策とテクニックを実践することが可能になるだろう。エラーは一般に以下のカテゴリーに分類される。

- ・身体姿勢
- ・動作特性
- ・バランスと安定性
- ・自信の不足
- ・柔軟性または動作制限
- ・プレーシング能力

表4に、各エラーのタイプと、ウエイトリフティングを例として、初心者の指導で遭遇する可能性の高いエラーを挙げた(140)。エラーの中には重要性が高く、即座の介入を必要とするものもある。また、大きな影響を与えないため、あとで対処すればよいものもある(表5)。大原則は、2つの欠点を同時に修正することは不可能ではないとしても、困難だということである(140)。以下のいずれかの問いに対するS&Cコーチの答えが「はい」であるなら、そのエラーは優先順位が高く、即座に対応する必要がある。

- ・このエラーは、今修正しなければ根づいて、あとで修正することが難しくなるか(腕でプルしている、プルの開始時点で股関節が上がっているなど)？
- ・このエラーは、総合的な動作の成功に直ちに影響するか(バーベルの水平方向の変位が過度に大きければ、頭上で安定させることができないなど)？
- ・このエラーは、エクササイズの一次目的の達成を妨げるか(ジャークのディップ局面からドライブ局面への移行で体幹部が崩れるなど)？
- ・このエラーは、アスリートの安全を脅かすか(スナッチバランスでバーベルの位置が後頭部から離れすぎているなど)？

学習の初期段階では複数のエラーが発生しがちであるが、そのいくつかはランダムに発生しただけであり、アスリートのスキルに帰属するものではないことに注意が必要

表4 ウエイトリフティングに伴う動作エラー*

身体姿勢のエラー	バランスと安定性のエラー
<p>ブルの大腿部中央で、肩関節がバーベルよりも後ろにある。</p> <p>ジャークのディップで上半身が垂直ではない。</p> <p>キャッチの姿勢で足幅が広すぎる、または狭すぎる。</p> <p>ジャークのキャッチの姿勢で骨盤が過度に前傾している。</p> <p>ブルの開始姿勢で股関節の位置が高すぎる。</p> <p>ブルの完了姿勢で身体の伸展が180°以下である。</p> <p>スナッチのキャッチの姿勢で上半身の直立が不十分である。</p> <p>クリーンのキャッチの姿勢で肘関節の位置が低すぎる。</p> <p>身体を完全に伸展させる前に、ブルで腕が曲がっている。</p> <p>スクワットで、膝関節がつま先上にない。</p>	<p>スナッチ、クリーン、ジャークのキャッチ姿勢でバランスを失う。</p> <p>ブルのいずれかの段階でバランスを失う(必ずしも明白ではない)。</p> <p>スナッチやクリーンのキャッチ姿勢で着地後に足裏を床につけたままでいることができない。</p> <p>リカバリーでバランスを失う。</p> <p>ジャークのディップで上半身が前方へ回転する。</p>
	ブレーシング能力のエラー
	<p>ブルで背部が丸くなる。</p> <p>ジャークのディップで上半身をブレーシングすることができない。</p> <p>ジャークのキャッチ姿勢で背部が過伸展する。</p> <p>ジャークで後ろ足部が不安定になる、または姿勢が崩れる。</p> <p>クリーンのキャッチ姿勢で身体をブレーシングすることができない。</p>
動作特性のエラー	自信の不足によるエラー
<p>ブルで完全伸展に達する前にバーベルの下で動作する。</p> <p>ジャークでディップが速すぎる。</p> <p>バーベルの下で動作する際に足裏が浮いている。</p> <p>ブルの最終段階で加速が不足している。</p> <p>ブルの開始時に肩関節の前に股関節が上昇する。</p> <p>ブルの中間地点でバーベルの速度が大きく低下する。</p> <p>ブルの中間段階または最終段階で上半身が過度に後方回転する。</p> <p>ブルでバーベルを身体に引きつけられない。</p> <p>ロックアウト(プレスアウト)の姿勢で両腕の伸展が等しくない。</p>	<p>バーベルのウェイトが主観的 maximum に近づくと、足の動作と着地が突然変化する。</p> <p>バーベルのウェイトが主観的 maximum に近づくと、バーベルの下に潜りこむことをためらう。</p> <p>ブルの開始時の努力が大きく、身体姿勢とタイミングが変化する。</p> <p>ブルで、素早く潜り込もうとしてバーベルの下に飛び込むが、完全な伸展を行なうことができない。</p> <p>リフトを完了させることに専心できない。</p>
	柔軟性の不足によるエラー
	<p>肩関節の柔軟性に問題があり、クリーンやジャークでバーベルを肩関節の適切な位置で正しく担ぐことができない。</p> <p>肩甲帯の挙上が制限されているため、ロックアウトを適切に行なうことができない。</p> <p>肘関節を180°に伸展することができない。</p> <p>キャッチ姿勢で深さが不足している。</p>

*許可を得て再掲(140)

表5 正しさの帯域の例*

正しさの帯域内(フィードバックを必要としない)	正しさの帯域外(フィードバックを必要とする)
<ul style="list-style-type: none"> このエラーは安全にかかわる問題ではない。 このエラーは人間のパフォーマンスの自然な変動である。 これは初めてのエラーであるため、次のレップを観察する必要がある。 このエラーは疲労や不安に起因する。 このエラーは、柔軟性や関節可動域の制限に起因するテクニックの個人差の結果である。 このエラーは、コーチのフィードバックを正しく実践しようとしたことから生じた別のエラーである。 	<ul style="list-style-type: none"> このエラーが繰り返されれば、傷害リスクが増大する。 このエラーは、アスリートが意図的に創造した(編み出した)有用ではない方策の結果である。 2回連続で同じエラーを繰り返しているため、3回目の前にフィードバックを与える必要がある。 与えられたフィードバックを実践する時間と機会を与えたにもかかわらず、動作に変化がみられない。 フィードバックを正しく解釈していない。

である。したがって、フィードバックと介入の必要性やタイプを決定するには、S&Cコーチによる注意深い観察、検証、評価が必要である。複数セットと複数セッションにわたって観察、評価して、身体姿勢の質と動作特性の適切な評価を確立したのちに、その評価をアスリートに伝えるとよい。フィードバックや修正行動を行なう最良のタイミングを計る必要がある。エラーを修正するための即座の介入がアスリートに利益をもたらすとは限らない(140)。フィードバックのタイミングに関する詳細は「教育学的アプローチ

とフィードバック方策」を参照されたい。

子どもと青少年の指導における留意点

子どもや青少年に対するウエイトリフティングベースのトレーニングには、安全性をめぐる誤解が存在する。しかし、かなり多くのエビデンスによって、ウエイトリフティングは、子どもや青少年にとって安全かつ有益なレジスタンストレーニング形式であることが示されている(20,88,89,170-172,174-176,228,230,319)。ウエイトリフティングと他の競

技の長期的な比較を行なったところ、傷害率も低かった(30,121,228)。ただし、青少年にウエイトリフティングトレーニングを効果的かつ安全に実施するには、テクニックの習熟度に基づいて、適切な指示と合理的な漸進を与えることが大前提である(30,228,229)。

ウエイトリフティングが青少年にもたらす利益

ウエイトリフティングベースのトレーニングは、成人と同じく子どもや青少年においても、運動制御、筋力、パワー、スピード、方向転換スピード、心肺機能の向上を誘発する(36-38,137-139,150,227,257,320)。加えて、身体組成を向上させ(36)、傷害リスク因子を低減させ(227)、骨の形成と成長にとって有益な適応をもたらす(55,315)。ウエイトリフティングベースのエクササイズを青少年に実施する利益は、リスクを上回ると考えられる。研究者らは、ウエイトリフティングベースのトレーニングの傷害リスクは、青少年に人気のあるほかの競技(サッカー、ラグビー、クリケット、陸上競技など)よりも顕著に低いことを指摘している(30,121,228)。子どもは、レジスタンストレーニング関連の関節捻挫と筋挫傷のリスクが成人よりも低い。子どもの傷害のほとんどは事故的な性質のものであり、適切に監督することによって回避することが可能である(206)。若年アスリートを指導する際は、S&Cコーチとアスリートの比率を1:10以上として、適切なテクニックによる実施と安全な環境を保障すべきである(311)。トレーニングの適応を向上させ、傷害リスクを低減させるには、成人用のトレーニングプログラムを子どもや青少年に流用すべきではない。長期的な運動能力の開発に関する主要なコンセンサスに従って(170)、若年アスリートのトレーニングプログラムの設計、提供、漸進/後退においては、成長と成熟の影響と個人の心理社会的ニーズを考慮する必要がある。

青少年に対するウエイトリフティングパフォーマンスの訓練の可能性

子ども時代は神経の可塑性が最も高い時期であり、コーディネーションと動作能力を発達させる最高の機会である(22,33)。また、骨密度が増加する時期でもある(108)。子ども時代の感度の高さを利用するには、S&Cコーチは、思春期の成長のスパート期が始まる前に、ウエイトリフティングベースのトレーニング方法の導入を検討すべきである(76,108)。トレーニング経験のない子どもを指導する場合、すべての運動動作の基礎となる基本的動作とされる競技的運動スキル能力(AMSC)(175)を最初に発達させる必要がある。AMSCの動作に習熟させたあとで、ウエイトリフティングリテラシーの育成に取りかかるとよい(201)。このようなアプローチは、エクササイズの複雑さが高まるにつれて

現れる、運動習熟への障壁を回避することを目指している(256)。「動物やヒーローの真似」、障害物レース、遊び場ベースのゲームなどを利用する、低構造化の探検的トレーニングを利用して、AMSCを導入するとよいであろう。その後、より構造化されたウエイトリフティング動作へと進み、負荷を漸進させるとよい(173,201)。これらのゲームベースの活動はトレーニングに目新しい要素を加えるだけでなく、子どもたちがAMSCを楽しく学び、洗練させることを可能にする。ウエイトリフティング動作の実施に年齢制限は存在しないが、構造化されたトレーニングプログラムの導入以前に、コーチの指示を受け取ってそれに従うこと、また、注意の要求に対処できることなど、感情的に成熟している必要がある(88,205)。

S&Cコーチは、暦年齢が同じであっても、子どもの生物学的成熟には差があり、トレーニングへの反応、動作能力、関連する傷害リスクに影響を及ぼす可能性があることを心得ておくべきである(95,171,174,176)。若年アスリートを指導する際は、思春期周辺段階に注意を払う必要がある。これは、成熟において「思春期のごちなさ」の時期を示す。この時期は運動コーディネーションが乱れる。すなわち、テコの長さ、重心の高さ、自重が増加するとともに、筋腱のスティフネスの低下と腱に含まれるコラーゲンの性質の変化によって、可動性が低下する(130,175,176,182)。したがって、外部負荷を減らすとともに、完全なリフトほど複雑ではない派生形(ハングのバリエーションなど)の処方を考えるべきである。等尺性の姿勢による補完的なストレングストレーニングを実施したり、可動域を減らしてエクササイズ(パワーのバリエーション)を実施したりすることは利益をもたらす、この「思春期のごちなさ」の段階でも筋力を発達させ続ける可能性がある。

思春期後の段階は性ホルモン濃度が変化して、筋量と力発揮能力を自然に向上させる(95,233)。そのため青少年アスリートにとっては、神経筋系の向上だけでなく構造変化も促すトレーニング方法が、有益な反応をもたらす可能性がある(174,223,224)。ウエイトリフティング動作のテクニックに習熟すれば、ウエイトリフティングベースのトレーニングでより大きな外部負荷を利用することによって、漸進的な過負荷刺激を与えると同時に、自然に発生する生理学的適応を生かすことができる。さらに、この段階の青少年は固有受容感覚の向上(174)と認知的成熟の向上(164)を経験する。これらの変化は、アスリートがウエイトリフティング動作の複雑さに対する理解と適応を深め、動作エラーの自己修正能力を高めることを可能にする。

要するに、子どもに関する既存のエクササイズ研究の多くは、成長と成熟が、一時的および長期的なエクササイズ形式に対する反応に影響すると考えている

(22,76,170,177,223,224,233)。研究者らは、トレーニングによって誘発された適応と、成長と成熟から生じた適応の関係をS&Cコーチが考慮することによって、トレーニングへの反応を高めることができると主張している(177,223,224)。成熟の影響を考慮することは確かに重要である。しかし、プログラムデザインとエクササイズ処方に影響を及ぼす可能性のあるすべての変数の中でも、動作テクニック能力を最優先して、プログラム処方と漸進速度を決定する必要がある。

長期的な運動能力の開発

長期的な運動能力の開発(LTAD)とは、「運動能力の育成に経時的かつ習慣的に取り組むことによって、すべての若者の健康と体力を向上させ、身体パフォーマンスを高め、相対的な傷害リスクを低下させ、自信と能力を育む試み」を指す(170)。LTADは、健康、身体活動、競技パフォーマンスの向上だけでなく、総合的なアプローチによって、若者の育成における身体的および精神的因子を考慮する。NSCAのLTADポジションステートメントには、LTADの実施に取り組むS&Cコーチへの支援として、10本の柱が説明されている(表6)。

LTADを成功させるには、成長と成熟を考慮する必要がある。成長とは、形態学的特徴、身体組成、身体サイズ、特定の部位のサイズにおける定量化可能な変化を指し、絶えず進化する過程である。これに対して成熟とは、構造機能システムが成熟状態へ向かう質的变化を指し、身体組織間でばらつきが存在する(26)。この時期に青少年の身体は非直線的に成長するため(183)、「思春期のごちなさ」と呼ばれる運動制御とコーディネーションの一時的混乱を経験する(231)。思春期のごちなさは、力発揮能力の低下や、スピードやジャンプ能力のパフォーマンスの低下ももたらす可能性があり(25,232)、これは傷害リスクの増大に繋がる(129)。思春期の成長のスパート期における、相応する神経筋系の適応を伴わない重心の高さと自重の増加は、動作パターンの変化や、傷害のリスク因子の増大を招く可能性がある(129)。成熟の程度、タイミング、テンポは、暦年齢が同じ青少年の間でも大きな差が存在する(26)。これは、思春期のごちなさの時期のように、トレーニングへの反応と回復も大きく変わりうることを意味している(22)。したがってS&Cコーチは、LTADプログラムの実施において、成長関連の変化に注意して、負荷を減らすとともに動作パターンを修正する必要がある。

成熟過程において身体的な成長の舵を取るだけでなく、現代の青少年にみられる動作スキルや総合的な身体活動の不足の影響に立ち向かうためにも、LTADによる健全なアプローチが必要である。子ども時代の運動不足は過体重や肥満と関連づけられている(204)。基礎的な運動スキルが十分に発達せず、そのため運動能力に対する自信をもてないだけでなく、実際に運動能力が不足している(17,18)。これは身体活動の減少を招き、結局は成長後の健康成果を損ないかねない(90,91)。そのため、活動的な生活様式を促して長く競技に参加させるには、青少年に様々な競技や活動に参加させる(サンプリングさせる)必要がある(67,174)。

過去30年間、青少年の能力開発の枠組みとなる複数のモデルが提案されている。最近のレビュー(227)では、3つのモデルがアスリートの能力開発方法に大きな影響を与えたことが指摘されている。競技パフォーマンスの発達モデル(Developmental Model of Sports Performance)(66)、LTADモデル(16)、青少年の身体発達モデル(Youth Physical Development model)(174)である。これらのモデルは、暦年齢や成熟に基づいて運動能力を発達させるための枠組みとなる。LTADに関するNSCAのポジションステートメント(170)では、運動能力について「様々な環境で様々な運動を正確かつ確実に繰り返し行なえる能力。そのためには、優れたレベルの運動スキル、筋力、パワー、スピード、アジリティ、バランス、コーディネーションおよび持久力が必要である」と述べられている。図7に、各モデルが重複

表6 長期的な運動能力の開発を成功させるための10本の柱

柱	内容
1	長期的な運動能力の開発過程は、青少年のきわめて個別的非直線的な成長発達特性に適合させることが必要である。
2	年齢や能力、意欲を問わず、すべての青少年は、体力と心理社会的な幸福度の両方を促進する、長期的な運動能力開発プログラムに参加することが必要である。
3	すべての青少年に対し、幼少期から、主に運動スキルと筋力の発達に重点を置いた体力向上を奨励することが必要である。
4	青少年の多様な運動スキルを促進し向上させるためには、長期的な運動能力開発過程において、早期のサンプリング法を奨励することが必要である。
5	子どもの健康と福祉は、常に、長期的な運動能力開発プログラムの理念の中心でなければならない。
6	長期的な運動能力開発プログラムへの継続的な参加を保障するために、青少年は傷害リスクの低下に役立つ身体コンディショニングに参加する必要がある。
7	長期的な運動能力開発プログラムでは、すべての青少年に、健康とスキルの両方に関連する体力要素を促進するための多様なトレーニング様式を提供することが必要である。
8	専門職は、長期的な運動能力開発の方策の一環として、適切なモニタリングと評価の手法を用いる必要がある。
9	青少年を指導する専門職は、長期的な運動能力の開発を成功させるために、トレーニングプログラムを体系的に漸進させ個別化することが必要である。
10	有資格専門職の存在と適切な教育学的アプローチは、長期的な運動能力開発プログラムの成功の基本である。

*許可を得て再掲(170)

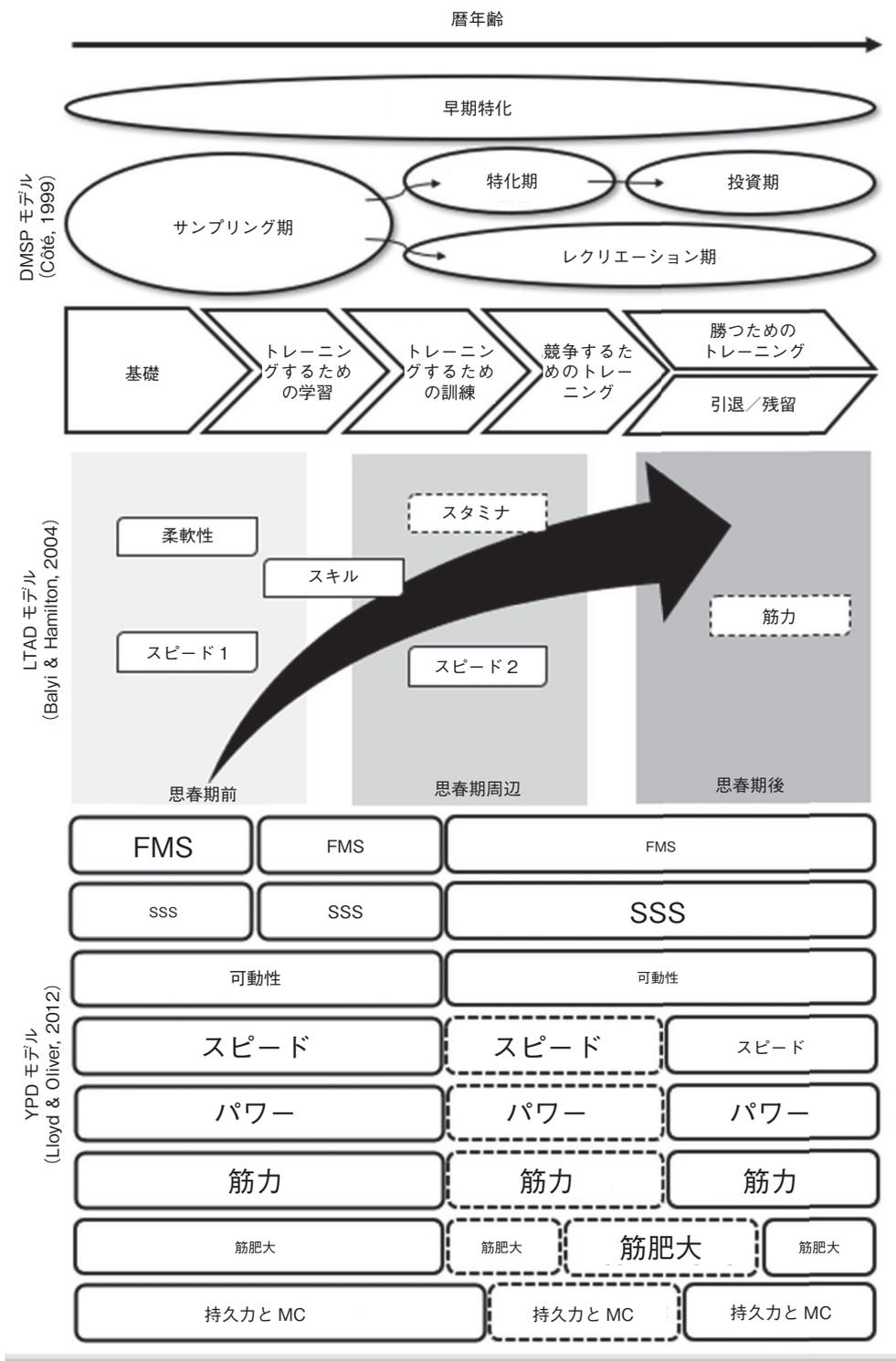


図7 長期的な運動能力開発のための3つのモデル。LTADモデルでは、実線で囲った項目は暦年齢、点線で囲った項目は成熟に一致する。YPDモデルでは、文字の大きさが当の段階における体力構成要素の重要性を表し、影はトレーニング適応と成熟の相互作用を示す。実線の項目＝思春期前（主に神経系の適応）、点線の項目＝思春期（ホルモン系と神経系の適応）(226)。DMSP＝競技パフォーマンスの発達モデル、LTAD＝長期的な運動能力開発モデル、YPD＝青少年の身体発達モデル、FMS＝基礎的運動スキル、SSS＝競技特異的スキル、MC＝代謝系コンディショニング

する様子と、青少年が大人に向かうにつれて強調がどのように変化するかを示した。成人であっても、トレーニング未経験の初心者の青少年であっても、能力開発の初期段階(基礎的運動スキル)を経験していない場合は、暦年齢に応じた段階ではなく、このモデルの最初から始めるべきである(171)。初心者のアスリートは年齢にかかわらず、基礎的スキルにおいてテクニック能力を示せるようになってから、複雑な動作へ進む必要がある。

Pichardoら(226)は、Balyi&Hamilton(16)のLTADモデルに基づいて、Lloydら(171)が提示した青少年対象のウエイトリフティングのLTADモデルを調整し、青少年のウエイトリフティング能力を開発するモデルを提案した。このモデルでは4つの段階が利用されている。基礎的なウエイトリフティングスキル(基礎:FUNdamentals)、ウエイトリフティングの学習(トレーニングするための学習)、ウエイトリフティングのトレーニング(トレーニングするための訓練)、ウエイトリフティングの実施(競争するため/勝つためのトレーニング)である。段階を経るにつれてトレーニングの構造化が高まり、トレーニングの力点は身体リテラシー(基礎的運動スキル)からテクニック能力、パフォーマンスへと移行する(図8)。これらの指針は、S&Cコーチがトレーニングセッションをデザインし、各段階で現実的な成果を設定することを助けるであろう。

同様にMorrisら(201)は、ウエイトリフティングスキルの開発について、初心者から上級者へと進む長期的アプローチを提示し、各段階におけるトレーニング処方、エクササイズの実施、スキルの育成、身体能力を説明した(図9)。

最高レベルのスキルとパフォーマンスを発達させ、傷害を予防するには、身体能力(運動制御と自重管理)とスキルの発達(動作能力)を考慮して、次の段階へ進む必要がある。

同様にウエイトリフティングエクササイズ(スクワット、ベンチ、プッシュ、プル、プレーシングなど)から始めて、基礎的なストレングスエクササイズ(バックスクワット、ルーマニアンデッドリフト、ストリクトプレスなど)へ、さらにウエイトリフティングに特異的な動作と派生形(大腿部からのクリーン、プッシュジャーク、パワースナッチなど)へ進むべきである(図6)。どのようなトレーニングでも同じであるが、個人のニーズと成熟状態を考慮することが不可欠である。さらに、プログラムの実施には有資格専門職があたり、生涯にわたって身体活動を楽しむ気持ちを育てるべきである。

結論

トレーニングプログラムは、個々の身体特性の発達を利用できるように、連続的な形で適切に計画するべきである。プログラムにウエイトリフティングエクササイズを組み込むことは、力の発揮特性と運動課題におけるパフォーマンスの向上をもたらす。負荷、セット数、レップ数、頻度を含めて、エクササイズ選択には細心の注意を払い、望む神経筋系の適応を誘発する適切な刺激を与えられるように配慮することが必要である。そのような決定を行なう際、S&Cコーチは、選択したウエイトリフティングエクササイズの実施におけるスキルレベルとテクニック能力に注意しなければならない。高い動作意識をもって安全に実施されるように気を配らなければならない。テクニックの発達を助けるには、テクニック能力を開発するだけでなく、スキルの洗練に努め続ける長期的な能力開発アプローチをとり、望む刺激と得られる適応を最大化することが重要である。

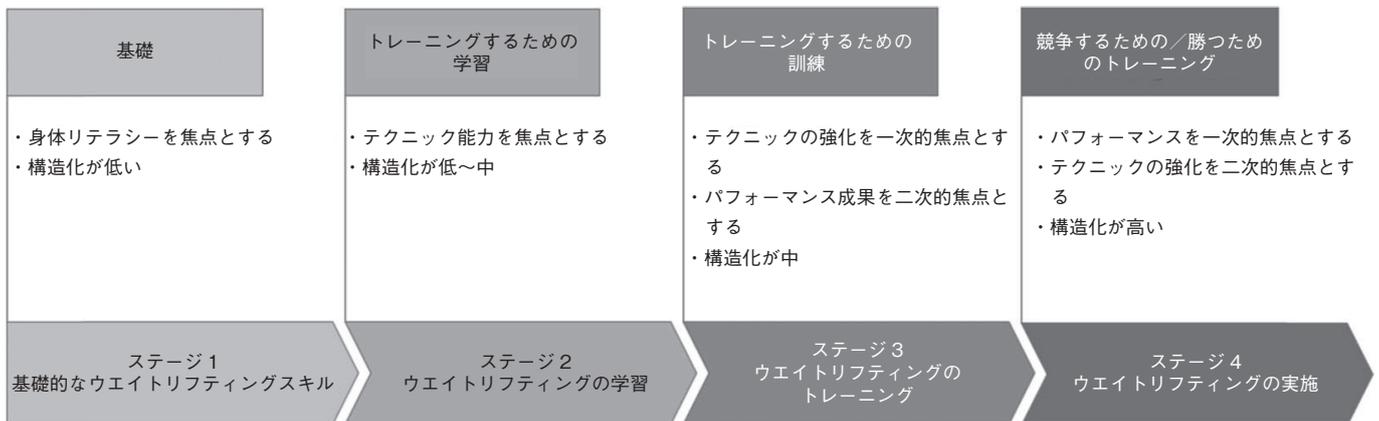


図8 ウエイトリフティングのトレーニングモデル。許可を得て再掲(226)。

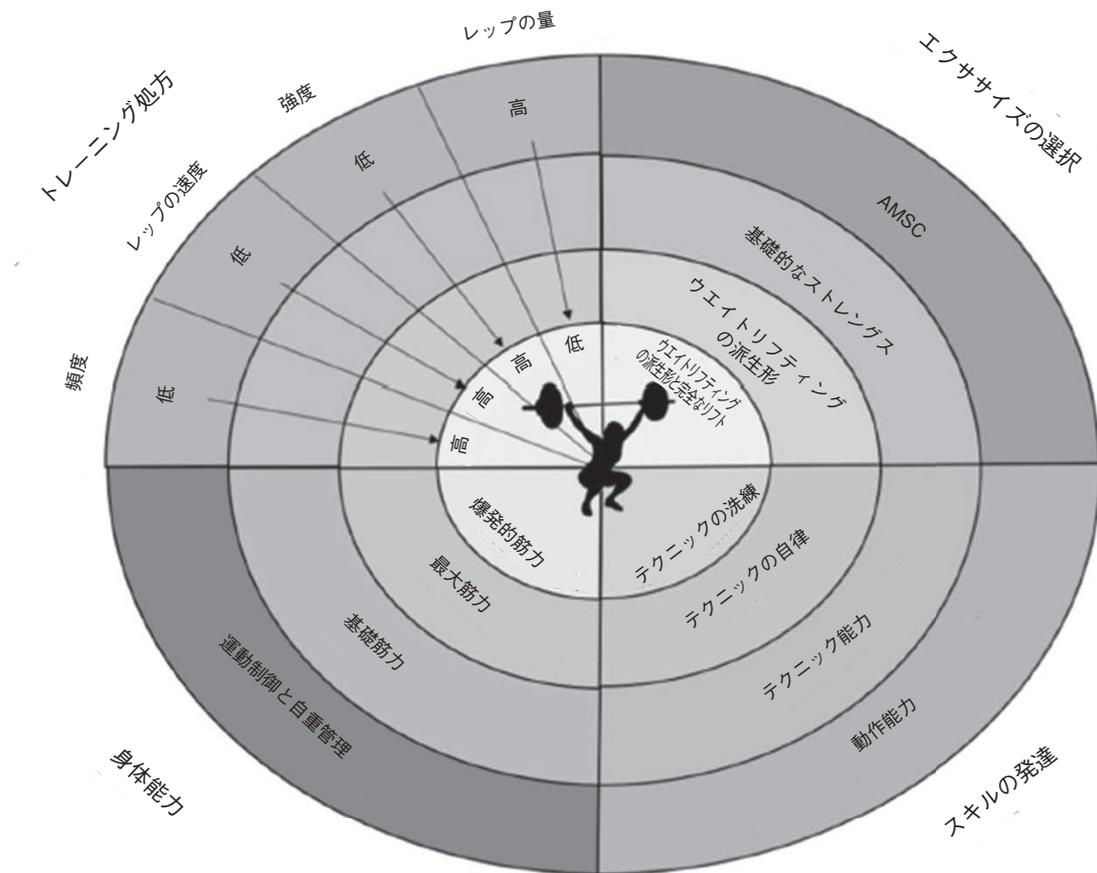


図9 ウェイトリフティングのパフォーマンスの長期的開発の漸進。初心者は円の外側から開始する。すべての方向でトレーニングは内側に向かって、初級、中級、上級へと進む（色が薄いほど上級）。許可を得て再掲（201）。

References

1. Aagaard P, Andersen JL. Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Med Sci Sports Exerc* 30: 1217-1222, 1998.
2. Aagaard P, Andersen JL, Dyhre-Poulsen P, et al. A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: Changes in muscle architecture. *J Physiol* 534: 613-623, 2001.
3. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* 93: 1318-1326, 2002.
4. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Neural adaptation to resistance training: Changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *J Appl Physiol* (1985) 92: 2309-2318, 2002.
5. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, et al. Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: Effects of resistance training. *J Appl Physiol* (1985) 89: 2249-2257, 2000.
6. Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Effects of different strength training regimes on moment and power generation during dynamic knee extensions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 69: 382-386, 1994.
7. Andersen LL, Aagaard P. Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *Eur J Appl Physiol* 96: 46-52, 2006.
8. Andersen LL, Andersen JL, Zebis MK, Aagaard P. Early and late rate of force development: Differential adaptive responses to resistance training? *Scand J Med Sci Sports* 20: e162-e169, 2010.
9. Anderson DI, Magill RA, Sekiya H, Ryan G. Support for an explanation of the guidance effect in motor skill learning. *J Mot Behav* 37: 231-238, 2005.
10. Arabatzi F, Kellis E. Olympic weightlifting training causes different knee muscle-coactivation adaptations compared with traditional weight training. *J Strength Cond Res* 26: 2192-2201, 2012.
11. Arabatzi F, Kellis E, Sa'ez-Saez De Villarreal E. Vertical jump biomechanics after plyometric, weight lifting, and combined (weight lifting 1 plyometric) training. *J Strength Cond Res* 24: 2440-2448, 2010.
12. Ayers JL, DeBeliso M, Sevens TG, Adams KJ. Hang cleans and hang snatches produce similar improvements in female collegiate athletes. *Biol Sport* 33: 251-256, 2016.
13. Azizi E, Brainerd EL, Roberts TJ. Variable gearing in pennate muscles. *Proc Natl Acad Sci USA* 105: 1745-1750, 2008.
14. Balshaw TG, Massey GJ, Maden-Wilkinson TM, Lanza MB, Folland JP. Effect of long-term maximum strength training on explosive strength, neural, and contractile properties. *Scand J Med Sci Sports* 32: 685-697, 2022.
15. Balshaw TG, Massey GJ, Maden-Wilkinson TM, et al. Changes in agonist neural drive, hypertrophy and pre-training strength all contribute to the individual strength gains after resistance training. *Eur J Appl Physiol* 117: 631-640, 2017.
16. Balyi I, Hamilton A. Long-term athlete development: Trainability in childhood and adolescence. *Olympic Coach* 16: 4-9, 2004.
17. Barnett LM, Van Beurden E, Morgan PJ, Brooks LO, Beard JR. Does childhood motor skill proficiency predict adolescent fitness? *Med Sci Sports Exerc* 40: 2137-2144, 2008.
18. Barnett LM, van Beurden E, Morgan PJ, Brooks LO, Beard JR. Childhood

- motor skill proficiency as a predictor of adolescent physical activity. *J Adolesc Health* 44: 252–259, 2009.
19. Baumann W, Gross V, Quade K, Galbierz P, Schwirtz A. The snatch technique of world class weight lifters at the 1985 world championships. *Int J Sport Biomech* 4: 68–89, 1988.
 20. 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* 33: 547–561, 2008.
 21. Behm DG, Sale DG. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *J Appl Physiol* 74: 359–368, 1993.
 22. Behringer M, Heede Av, Matthews M, Mester J. Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: A meta-analysis. *Pediatr Exerc Sci* 23: 186–206, 2011.
 23. Berninger D, Caulfield S, Erickson J, et al. *Foundations of Coaching Lifts: Hands-on Approach to Coaching Lift Progressions*. Colorado Springs: National Strength and Conditioning Association, 2016.
 24. Berton R, Lixandrao ME, Pinto e Silva CM, Tricoli V. Effects of weightlifting exercise, traditional resistance and plyometric training on countermovement jump performance: A meta-analysis. *J Sports Sci* 36: 2038–2044, 2018.
 25. Beunen G, Malina RM. Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. *Exerc Sport Sci Rev* 16: 503–540, 1988.
 26. Beunen G, Malina RM. The young athlete. In: *Growth and Biologic Maturation: Relevance to Athletic Performance*. Hebestreit H and Bar-Or O, eds. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd., 2007. pp. 3–17.
 27. Bonini G. London: The cradle of modern weightlifting. *Sports Historian* 21: 56–70, 2001.
 28. Brechue WF, Abe T. The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *Eur J Appl Physiol* 86: 327–336, 2002.
 29. Burd NA, Holwerda AM, Selby KC, et al. Resistance exercise volume affects myofibrillar protein synthesis and anabolic signalling molecule phosphorylation in young men. *J Physiol* 588: 3119–3130, 2010.
 30. Byrd R, Pierce K, Rielly L, Brady J. Young weightlifters' performance across time. *Sports Biomech* 2: 133–140, 2003.
 31. Canavan PK, Garrett GE, Armstrong LE. Kinematic and kinetic relationships between an Olympic-style lift and the vertical jump. *J Strength Cond Res* 10: 127–130, 1996.
 32. Carlock JM, Smith SL, Hartman MJ, et al. The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: A field-test approach. *J Strength Cond Res* 18: 534–539, 2004.
 33. Casey BJ, Galvan A, Hare TA. Changes in cerebral functional organization during cognitive development. *Curr Opin Neurobiol* 15: 239–244, 2005.
 34. Castro MJ, McCann DJ, Shaffrath JD, Adams WC. Peak torque per unit cross-sectional area differs between strength-trained and untrained young adults. *Med Sci Sports Exerc* 27: 397–403, 1995.
 35. Cedar WES, Hornsby WG, Mizuguchi S, Stone MH. The double knee bend: Characteristics and coaching points. *NSCA Coach* 6: 13–21, 2019.
 36. Chaabene H, Prieske O, Lesinski M, Sandau I, Granacher U. Short-term seasonal development of anthropometry, body composition, physical fitness, and sport-specific performance in young Olympic weightlifters. *Sports (Basel)* 7: 242–255, 2019.
 37. Channell BT, Barfield JP. Effect of Olympic and traditional resistance training on vertical jump improvement in high school boys. *J Strength Cond Res* 22: 1522–1527, 2008.
 38. Chaouachi A, Hammami R, Kaabi S, et al. Olympic weightlifting and plyometric training with children provides similar or greater performance improvements than traditional resistance training. *J Strength Cond Res* 28: 1483–1496, 2014.
 39. Chiu LZ, Schilling BK. A primer on weightlifting: From sport to sports training. *Strength Cond J* 27: 42–48, 2005.
 40. Ciacci S, Bartolomei S. The effects of two different explosive strength training programs on vertical jump performance in basketball. *J Sports Med Phys Fitness* 58: 1375–1382, 2018.
 41. Cleather DJ, Goodwin JE, Bull AMJ. Hip and knee joint loading during vertical jumping and push jerking. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 28: 98–103, 2013.
 42. Cleather DJ, Goodwin JE, Bull AMJ. Intersegmental moment analysis characterizes the partial correspondence of jumping and jerking. *J Strength Cond Res* 27: 89–100, 2013.
 43. Comfort P, Allen M, Graham-Smith P. Comparisons of peak ground reaction force and rate of force development during variations of the power clean. *J Strength Cond Res* 25: 1235–1239, 2011.
 44. Comfort P, Dos' Santos T, Thomas C, McMahon JJ, Suchomel TJ. An investigation into the effects of excluding the catch phase of the power clean on force-time characteristics during isometric and dynamic tasks: An intervention study. *J Strength Cond Res* 32: 2116–2129, 2018.
 45. Comfort P, Fletcher C, McMahon JJ. Determination of optimal load during the power clean in collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 26: 2962–2969, 2012.
 46. Comfort P, Graham-Smith P, Allen M. Kinetic comparisons during variations of the power clean. *J Strength Cond Res* 25: 3269–3273, 2011.
 47. Comfort P, Jones PA, Thomas C, et al. Changes in early and maximal isometric force production in response to moderate- and high-load strength and power training. *J Strength Cond Res* 36: 593–599, 2022.
 48. Comfort P, Jones PA, Udall R. The effect of load and sex on kinematic and kinetic variables during the mid-thigh clean pull. *Sports Biomech* 14: 139–156, 2015.
 49. Comfort P, McMahon JJ, Ball N, Hewitt JC. Biomechanical comparison of the mid-thigh clean pull performed with and without a countermovement. Presented at National Strength and Conditioning Association: National Conference, July, Las Vegas, 2017.
 50. Comfort P, McMahon JJ, Fletcher C. No kinetic differences during variations of the power clean in inexperienced female collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 27: 363–368, 2013.
 51. Comfort P, McMahon JJ, Hewitt JC, Ball N. Biomechanical comparison of the hang clean pull and clean pull from the knee. Presented at National Strength and Conditioning Association: National Conference, July, Las Vegas, 2017.
 52. Comfort P, D Mundy P, Graham-Smith P, et al. Comparison of peak power output during exercises with similar lower-limb kinematics. *J Trainol* 5: 1–5, 2016.
 53. Comfort P, Udall R, Jones PA. The effect of loading on kinematic and kinetic variables during the mid-thigh clean pull. *J Strength Cond Res* 26: 1208–1214, 2012.
 54. Comfort P, Williams R, Suchomel TJ, Lake JP. A comparison of catch phase force-time characteristics during clean derivatives from the knee. *J Strength Cond Res* 31: 1911–1918, 2017.
 55. Conroy BP, Kraemer WJ, Maresh CM, et al. Bone mineral density in elite junior Olympic weightlifters. *Med Sci Sports Exerc* 25: 1103–1109, 1993.
 56. Cormie P, McBride JM, McCaulley GO. The influence of body mass on calculation of power during lower-body resistance exercises. *J Strength Cond Res* 21: 1042–1049, 2007.
 57. Cormie P, McBride JM, McCaulley GO. Validation of power measurement techniques in dynamic lower body resistance exercises. *J Appl Biomech* 23: 103–118, 2007.
 58. Cormie P, McBride JM, McCaulley GO. Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis during the jump squat: Impact of load. *J Appl Biomech* 24: 112–120, 2008.
 59. Cormie P, McCaulley GO, McBride JM. Power versus strength-power jump squat training: Influence on the load-power relationship. *Med Sci Sports Exerc* 39: 996–1003, 2007.
 60. Cormie P, McCaulley GO, Triplett NT, McBride JM. Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Med Sci Sports Exerc* 39: 340–349, 2007.
 61. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med Sci Sports Exerc* 42: 1582–1598, 2010.
 62. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Med Sci Sports Exerc* 42: 1566–1581, 2010.
 63. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Influence of training status on power absorption & production during lower body stretch-shorten cycle

- movements. *J Strength Cond Res* 24: 1, 2010.
64. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing maximal neuromuscular power: Part 1—Biological basis of maximal power production. *Sports Med* 41: 17–38, 2011.
 65. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing maximal neuromuscular power: Part 2—Training considerations for improving maximal power production. *Sports Med* 41: 125–146, 2011.
 66. Côté J. The influence of the family in the development of talent in sport. *Sport Psychol* 13: 395–417, 1999.
 67. Côté J, Lidor R, Hackfort D. ISSP position stand: To sample or to specialize? Seven postulates about youth sport activities that lead to continued participation and elite performance. *Int J Sport Exerc Psychol* 7: 7–17, 2009.
 68. Cushion EJ, Goodwin JE, Cleather DJ. Relative intensity influences the degree of correspondence of jump squats and push jerks to countermovement jumps. *J Strength Cond Res* 30: 1255–1264, 2016.
 69. Cuthbert M, Haff GG, Arent SM, et al. Effects of variations in resistance training frequency on strength development in well-trained populations and implications for in-season athlete training: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 51: 1967–1982, 2021.
 70. DeWeese BH, Hornsby G, Stone M, Stone MH. The training process: Planning for strength–power training in track and field. Part 1: Theoretical aspects. *J Sport Health Sci* 4: 308–317, 2015.
 71. DeWeese BH, Hornsby G, Stone M, Stone MH. The training process: Planning for strength–power training in track and field. Part 2: Practical and applied aspects. *J Sport Health Sci* 4: 318–324, 2015.
 72. DeWeese BH, Scruggs SK. The countermovement shrug. *Strength Cond J* 34: 20–23, 2012.
 73. DeWeese BH, Serrano AJ, Scruggs SK, Burton JD. The midhigh pull: Proper application and progressions of a weightlifting movement derivative. *Strength Cond J* 35: 54–58, 2013.
 74. DeWeese BH, Suchomel TJ, Serrano AJ, et al. The pull from the knee: Proper technique and application. *Strength Cond J* 38: 79–85, 2016.
 75. Dick TJM, Wakeling JM. Shifting gears: Dynamic muscle shape changes and force-velocity behavior in the medial gastrocnemius. *J Appl Physiol* (1985) 123: 1433–1442, 2017.
 76. Dobbs IJ, Oliver JL, Wong MA, et al. Effects of a 4-week neuromuscular training program on movement competency during the back-squat assessment in pre-and post-peak height velocity male athletes. *J Strength Cond Res* 35: 2698–2705, 2021.
 77. Duba J, Kraemer WJ, Martin G. A 6-step progression model for teaching the hang power clean. *Strength Cond J* 29: 26–35, 2007.
 78. Duba J, Kraemer WJ, Martin G. Progressing from the hang power clean to the power clean: A 4-step model. *Strength Cond J* 31: 58–66, 2009.
 79. Duehring MD, Feldmann CR, Ebben WP. Strength and conditioning practices of United States high school strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res* 23: 2188–2203, 2009.
 80. Durell DL, Pujol TJ, Barnes JT. A survey of the scientific data and training methods utilized by collegiate strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res* 17: 368–373, 2003.
 81. Ebben WP, Blackard DO. Strength and conditioning practices of National Football League strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res* 15: 48–58, 2001.
 82. Ebben WP, Carroll RM, Simenz CJ. Strength and conditioning practices of National Hockey League strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res* 18: 889–897, 2004.
 83. Ebben WP, Hintz MJ, Simenz CJ. Strength and conditioning practices of Major League Baseball strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res* 19: 538–546, 2005.
 84. Ebel K, Rizer R. Teaching the hang clean and overcoming common obstacles. *Strength Cond J* 24: 32–36, 2002.
 85. Enoka RM. The pull in Olympic weightlifting. *Med Sci Sports* 11: 131–137, 1979.
 86. Enoka RM. Muscular control of a learned movement: The speed control system hypothesis. *Exp Brain Res* 51: 135–145, 1983.
 87. Enoka RM. Load- and skill-related changes in segmental contributions to a weightlifting movement. *Med Sci Sports Exerc* 20: 178–187, 1988.
 88. Faigenbaum A, McFarland J. Relative safety of weightlifting movements for youth. *Strength Cond J* 30: 23–25, 2008.
 89. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJR, et al. Youth resistance training: Updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res* 23: S60–S79, 2009.
 90. Faigenbaum AD, Myer GD. Exercise deficit disorder in youth: Play now or pay later. *Curr Sports Med Rep* 11: 196–200, 2012.
 91. Faigenbaum AD, Stracciolini A, Myer GD. Exercise deficit disorder in youth: A hidden truth. *Acta Paediatr* 100: 1423–1425, 2011; discussion 1425, 2011.
 92. Fair JD. The tragic history of the military press in Olympic and world championship competition, 1928–1972. *J Sport Hist* 28: 345–374, 2001.
 93. Fink J, Kikuchi N, Nakazato K. Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. *Clin Physiol Funct Imaging* 38: 261–268, 2018.
 94. Flores FJ, Sedano S, Redondo JC. Optimal load and power spectrum during jerk and back jerk in competitive weightlifters. *J Strength Cond Res* 31: 809–816, 2017.
 95. Ford P, De Ste Croix M, Lloyd R, et al. The long-term athlete development model: Physiological evidence and application. *J Sports Sci* 29: 389–402, 2011.
 96. Frolov VI, Efimov NM, Vanagas MP. Training weights for snatch pulls. *Soc Sports Rev* 18: 58–61, 1983.
 97. Frolov VI, Levshunov NP. The phasic structure of jerk. *Tyazhelaya Atletika* 25: 58–61, 1979.
 98. Fry AC. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Med* 34: 663–679, 2004.
 99. Garhammer J. Performance evaluation of Olympic weightlifters. *Med Sci Sports Exerc* 11: 284–287, 1979.
 100. Garhammer J. Power production by Olympic weightlifters. *Med Sci Sports Exerc* 12: 54–60, 1980.
 101. Garhammer J. Energy flow during Olympic weight lifting. *Med Sci Sports Exerc* 14: 353–360, 1982.
 102. Garhammer J. Biomechanical profiles of Olympic weightlifters. *Int J Sport Biomech* 1: 122–130, 1985.
 103. Garhammer J. A comparison of maximal power outputs between elite male and female weightlifters in competition. *Int J Sport Biomech* 7: 3–11, 1991.
 104. Garhammer J. A review of power output studies of Olympic and powerlifting: Methodology, performance prediction, and evaluation tests. *J Strength Cond Res* 7: 76–89, 1993.
 105. Garhammer J, Gregor R. Propulsion forces as a function of intensity for weightlifting and vertical jumping. *J Strength Cond Res* 6: 129–134, 1992.
 106. Garhammer JJ. Weight lifting and training. In: *Biomechanics of Sport*. Vaughn C, ed. Boca Raton: CRC Press, 1989. pp. 170–207.
 107. Grabe SA, Widule CJ. Comparative biomechanics of the jerk in Olympic weightlifting. *Res Q Exerc Sport* 59: 1–8, 1988.
 108. Gunter KB, Almstedt HC, Janz KF. Physical activity in childhood may be the key to optimizing lifespan skeletal health. *Exerc Sport Sci Rev* 40: 13–21, 2012.
 109. Hackett D, Davies T, Soomro N, Halaki M. Olympic weightlifting training improves vertical jump height in sportspeople: A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* 50: 865–872, 2016.
 110. Haff GG. Periodization. In: *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Haff GG and Triplett NT, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 2016. pp. 583–604.
 111. Haff GG, Burgess S, Stone MH. Cluster training: Theoretical and practical applications for the strength and conditioning professional. *Prof Strength Cond* 12: 12–17, 2008.
 112. Haff GG, Haff EE. Weightlifting for young athletes. In: *Strength and Conditioning for Young Athletes*. Lloyd RS and Oliver JL, eds. Oxford, UK: Routledge, 2020. pp. 155–187.
 113. Haff GG, Nimphius S. Training principles for power. *Strength Cond J* 34: 2–12, 2012.
 114. Haff GG, Whitley A, McCoy LB, et al. Effects of different set configurations on barbell velocity and displacement during a clean pull. *J Strength Cond Res* 17: 95–103, 2003.

115. Haff GG, Whitley A, Potteiger JA. A brief review: Explosive exercises and sports performance. *Strength Cond J* 23: 13–20, 2001.
116. Haines T, McBride JM, Skinner J, et al. Effect of load on bar, body and system power output in the power clean. *J Strength Cond Res* 24: 1, 2010.
117. Häkkinen K. A biomechanical analysis of variations of the snatch pull exercise. *J Hum Mov Stud* 15: 229–243, 1988.
118. Häkkinen K, Kauhanen H.A biomechanical analysis of selected assistant exercises of weightlifting. *J Hum Mov Stud* 12: 271–288, 1986.
119. Häkkinen K, Kauhanen H, Komi PV. Biomechanical changes in the Olympic weightlifting technique of the snatch and the clean&jerk from submaximal to maximal loads. *Scand J Sports Sci* 6: 57–66, 1984.
120. Häkkinen K, Keskinen KL. Muscle cross-sectional area and voluntary force production characteristics in elite strength- and endurance-trained athletes and sprinters. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 59: 215–220, 1989.
121. Hamill BP. Relative safety of weightlifting and weight training. *J Strength Cond Res* 8: 53–57, 1994.
122. Hardee JP, Lawrence MM, Utter AC, et al. Effect of inter-repetition rest on ratings of perceived exertion during multiple sets of the power clean. *Eur J Appl Physiol* 112: 3141–3147, 2012.
123. Hardee JP, Travis Triplett N, Utter AC, Zwetsloot KA, McBride JM. Effect of interrepetition rest on power output in the power clean. *J Strength Cond Res* 26: 883–889, 2012.
124. Harris GR, Stone MH, O' Bryant HS, Proulx CM, Johnson RL. Shortterm performance effects of high power, high force or combined weight training methods. *J Strength Cond Res* 14: 14–20, 2000.
125. Harris NK, Cronin JB, Hopkins WG, Hansen KT. Squat jump training at maximal power loads vs. heavy loads: Effect on sprint ability. *J Strength Cond Res* 22: 1742–1749, 2008.
126. Haug WB, Drinkwater EJ, Chapman DW. Learning the hang power clean: Kinetic, kinematic, and technical changes in four weightlifting naive athletes. *J Strength Cond Res* 29: 1766–1779, 2015.
127. Hawkins SB, Doyle TLA, McGuigan MR. The effect of different training programs on eccentric energy utilization in college-aged males. *J Strength Cond Res* 23: 1996–2002, 2009.
128. Helland C, Hole E, Iversen E, et al. Training strategies to improve muscle power: Is Olympic-style weightlifting relevant? *Med Sci Sports Exerc* 49: 736–745, 2017.
129. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. *J Bone Joint Surg Am* 86: 1601–1608, 2004.
130. Hirtz P, Starosta W. Sensitive and critical periods of motor Coordination development and its relation to motor learning. *J Hum Kinet* 7: 19–28, 2002.
131. Hoffman JR, Cooper J, Wendell M, Kang J. Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *J Strength Cond Res* 18: 129–135, 2004.
132. Hori N, Newton RU, Andrews WA, Kawamori N, McGuigan MR, Nosaka K. Does performance of hang power clean differentiate performance of jumping, sprinting, and changing of direction? *J Strength Cond Res* 22: 412–418, 2008.
133. Hori N, Newton RU, Nosaka K, Stone MH. Weightlifting exercises enhance athletic performance that requires high-load speed strength. *Strength Cond J* 27: 50–55, 2005.
134. Hornsby G, Cedar B, Mizuguchi S, Stone MH. The power position: Characteristics and coaching points. *NSCA Coach* 5: 6–12, 2018.
135. Ikai M, Fukunaga T. Calculation of muscle strength per unit crosssectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. *Int Z Angew Physiol* 26: 26–32, 1968.
136. Ikegawa S, Funato K, Tsunoda N, et al. Muscle force per cross-sectional area is inversely related with pennation angle in strength trained athletes. *J Strength Cond Res* 22: 128–131, 2008.
137. Ince I. Effects of split style Olympic weightlifting training on leg stiffness vertical jump change of direction and sprint in collegiate volleyball players. *Universal J Educ Res* 7: 24–31, 2019.
138. Ince İ. Comparison of training effects of split-style Olympic lifts and squat-style Olympic lifts on performance in collegiate volleyball players. *Phys Educ* 77: 668–686, 2020.
139. Ince I, Senturk A. Effects of plyometric and pull training on performance and selected strength characteristics of junior male weightlifter. *Phys Educ Stud* 23: 120–128, 2019.
140. Isaac L. *Coaching Weightlifting Illustrated: A Systematic Approach to Coaching Beginners in Olympic Weightlifting*. Hobart, Australia: Lionel Isaac, 2021. pp. 32–61.
141. Issurin VB. Generalized training effects induced by athletic preparation. A review. *J Sports Med Phys Fitness* 49: 333–345, 2009.
142. James LP, Comfort P, Suchomel TJ, et al. Influence of power clean ability and training age on adaptations to weightlifting-style training. *J Strength Cond Res* 33: 2936–2944, 2019.
143. James LP, Gregory Haff GG, Kelly VG, et al. The impact of strength level on adaptations to combined weightlifting, plyometric, and ballistic training. *Scand J Med Sci Sports* 28: 1494–1505, 2018.
144. Jensen M. *Pedagogy of coaching*. In: *Coaching for Sport Performance*. Baghurst T, ed. New York: Routledge, 2020. pp. 38–74.
145. Jones EJ, Bishop PA, Woods AK, Green JM. Cross-sectional area and muscular strength. *Sports Med* 38: 987–994, 2008.
146. Jones L. The pulling movement. *Strength Cond J* 13: 14–17, 1991. 147. Jones L. Assistance lifts and exercises. In: *International Weightlifting Federation—Level 2: Coaching Manual*. Jones L and Pierce K, eds. Budapest, Hungary: International Weightlifting Federation, 2014. pp. 59–83.
148. Jones L, Pierce K, Keelan M. *International Weightlifting Federation Club Coach Manual: Level 1*. Hungary. International Weightlifting Federation, 2010.
149. Jowett S. Coaching effectiveness: The coach-athlete relationship at its heart. *Curr Opin Psychol* 16: 154–158, 2017.
150. Kaabi S, Mabrouk RH, Passelergue P. Weightlifting is better than plyometric training to improve strength, counter movement jump, and change of direction skills in Tunisian elite male junior table tennis players. *J Strength Cond Res* 36: 2912–2919, 2022.
151. Kaneko M, Fuchimoto T, Toji H, Sueti K. Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand J Med Sci Sports* 5: 50–55, 1983.
152. Kauhanen H, Häkkinen K, Komi PV. A biomechanical analysis of the snatch and clean and jerk techniques of Finish elite and district weightlifters. *Scand J Sci Sports* 6: 47–56, 1984.
153. Kawakami Y, Abe T, Fukunaga T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *J Appl Physiol* (1985) 74: 2740–2744, 1993.
154. Kawakami Y, Abe T, Kuno SY, Fukunaga T. Training-induced changes in muscle architecture and specific tension. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 72: 37–43, 1995.
155. Kipp K. Relative importance of lower extremity net joint moments in relation to bar velocity and acceleration in weightlifting. *Sports Biomech* 21: 1008–1020, 2020.
156. Kipp K. Joint and pull phase specific relative effort in weightlifting and simulated training effects. *Sports Biomech* 1–13: 2021–2113, 2021.
157. Kipp K, Comfort P, Suchomel TJ. Comparing biomechanical time series data during the hang-power clean and jump shrug. *J Strength Cond Res* 35: 2389–2396, 2021.
158. Kipp K, Harris C, Sabick M. Correlations between internal and external power outputs during weightlifting exercise. *J Strength Cond Res* 27: 1025–1030, 2012.
159. Kipp K, Harris C, Sabick MB. Lower extremity biomechanics during weightlifting exercise vary across joint and load. *J Strength Cond Res* 25: 1229–1234, 2011.
160. Kipp K, Malloy PJ, Smith JC, et al. Mechanical demands of the hang power clean and jump shrug: A joint-level perspective. *J Strength Cond Res* 32: 466–474, 2018.
161. Kipp K, Meinerz C. A biomechanical comparison of successful and unsuccessful power clean attempts. *Sports Biomech* 16: 272–282, 2017.
162. Kipp K, Redden J, Sabick M, Harris C. Kinematic and kinetic synergies of the lower extremities during the pull in Olympic weightlifting. *J Appl Biomech* 28: 271–278, 2012.
163. Kipp K, Redden J, Sabick MB, Harris C. Weightlifting performance is related to kinematic and kinetic patterns of the hip and knee joints. *J*

- Strength Cond Res 26: 1838–1844, 2012.
164. Kushner AM, Kiefer AW, Lesnick S, et al. Training the developing brain part II: Cognitive considerations for youth instruction and feedback. *Curr Sports Med Rep* 14: 235–243, 2015.
 165. Laakso LA. Optimizing verbal communication in the instruction of weightlifting to weightlifting naïve athletes. *Strength Cond J* 43: 109–115, 2021.
 166. Lake JP, Lauder M, Dyson R. Exploring the biomechanical characteristics of the weightlifting jerk. Presented at XXIVth International Symposium on Biomechanics in Sports, Salzburg, Austria, July 14–18, 2006.
 167. Lake JP, Mundy PD, Comfort P. Power and impulse applied during push press exercise. *J Strength Cond Res* 28: 2552–2559, 2014.
 168. Lee TD, White MA, Carnahan H. On the role of knowledge of results in motor learning: Exploring the guidance hypothesis. *J Mot Behav* 22: 191–208, 1990.
 169. Leong B, Kamen G, Patten C, Burke JR. Maximal motor unit discharge rates in the quadriceps muscles of older weight lifters. *Med Sci Sports Exerc* 31: 1638–1644, 1999.
 170. Lloyd RS, Cronin JB, Faigenbaum AD, et al. National Strength and Conditioning Association position statement on long-term athletic development. *J Strength Cond Res* 30: 1491–1509, 2016.
 171. Lloyd RS, Faigenbaum AD, Myer GD, et al. UKSCA position statement: Youth resistance training. *Prof Strength Cond* 26: 26–39, 2012.
 172. Lloyd RS, Faigenbaum AD, Stone MH, et al. Position statement on youth resistance training: The 2014 international consensus. *Br J Sports Med* 48: 498–505, 2014.
 173. Lloyd RS, Moeskops S, Granacher U. Motor skill training for young athletes. In: *Strength and Conditioning for Young Athletes*. Lloyd RS and Oliver JO, eds. Oxford, UK: Routledge, 2020. pp. 103–130.
 174. Lloyd RS, Oliver JL. The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength Cond J* 34: 61–72, 2012.
 175. Lloyd RS, Oliver JL, Faigenbaum AD, et al. Long-term athletic development-Part 1: A pathway for all youth. *J Strength Cond Res* 29: 1439–1450, 2015.
 176. Lloyd RS, Oliver JL, Meyers RW, Moody JA, Stone MH. The youth physical development model. *Strength Cond J* 34: 61–72, 2012.
 177. Lloyd RS, Radnor JM, De Ste Croix MBA, Cronin JB, Oliver JL. Changes in sprint and jump performances after traditional, plyometric, and combined resistance training in male youth pre- and post-peak height velocity. *J Strength Cond Res* 30: 1239–1247, 2016.
 178. Lopes Dos Santos M, Berton R, Jagodinsky AE, Torry MR, Lagally KM. The effect of load based on body mass percentage on peak power output in the hang power clean, hang high pull, and mid-thigh clean pull. *J Sports Med Phys Fitness* 62: 457–466, 2022.
 179. Lopes dos Santos M, Jagodinsky A, Lagally KM, Tricoli V, Berton R. Determining the peak power output for weightlifting derivatives using body mass percentage: A practical approach. *Front Sports Act Living* 3: 2021.
 180. Loturco I, Kobal R, Maldonado T, et al. Jump squat is more related to sprinting and jumping abilities than Olympic push press. *Int J Sports Med* 38: 604–612, 2017.
 181. Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, et al. Rate of force development: Physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol* 116: 1091–1116, 2016.
 182. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, et al. Determinants of musculoskeletal flexibility: Viscoelastic properties, cross-sectional area, EMG and stretch tolerance. *Scand J Med Sci Sports* 7: 195–202, 2007.
 183. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, Maturation, and Physical Activity. Champaign, IL: Human Kinetics, 2004. pp. 41–77.
 184. Mangine GT, Hoffman JR, Gonzalez AM, et al. The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. *Phys Rep* 3: e12472, 2015.
 185. Mangine GT, Hoffman JR, Wang R, et al. Resistance training intensity and volume affect changes in rate of force development in resistance-trained men. *Eur J Appl Physiol* 116: 2367–2374, 2016.
 186. Matveev LP, Zdornyj AP. *Fundamentals of Sports Training*. Moscow: Progress Publishers, 1981. pp. 46–62.
 187. Maughan RJ, Nimmo MA. The influence of variations in muscle fibre composition on muscle strength and cross-sectional area in untrained males. *J Physiol* 351: 299–311, 1984.
 188. Maughan RJ, Watson JS, Weir J. Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. *J Physiol* 338: 37–49, 1983.
 189. McBride JM, Haines TL, Kirby TJ. Effect of loading on peak power of the bar, body, and system during power cleans, squats, and jump squats. *J Sports Sci* 29: 1215–1221, 2011.
 190. McBride JM, Triplett-McBride T, Davie A, Newton RU. A comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympic lifters, and sprinters. *J Strength Cond Res* 13: 58–66, 1999.
 191. McMorris T. Cognitive fatigue effects on physical performance: The role of interoception. *Sports Med* 50: 1703–1708, 2020.
 192. Medvedev AS. Training content of weightlifters in the preparatory period. *Soviet Sports Rev* 17: 90–93, 1982.
 193. Medvedev AS, Frolov VI, Lukashev AA, Krasov EA. A comparative analysis of the clean and clean pull technique with various weights. *Soviet Sports Rev* 18: 17–19, 1983.
 194. Medvedev AS, Frolov VI, Lukshev AA, Krasov EA. A comparative analysis of clean technique and clean pulls with various loads. In: *1981 Weightlifting Yearbook*. Lelikov SL, Medvedev AS, Povetkin YS, Poletayev PA, Roman RA, Sandalov YA, and Chernyak AV, eds. Moscow, Russia: Fizukultura i Sport, 1981. pp. 61–68.
 195. Meechan D, McMahan JJ, Suchomel TJ, Comfort P. A comparison of kinetic and kinematic variables during the pull from the knee and hang pull, across loads. *J Strength Cond Res* 34: 1819–1829, 2020.
 196. Meechan D, McMahan JJ, Suchomel TJ, Comfort P. The effect of rest redistribution on kinetic and kinematic variables during the countermovement shrug. *J Strength Cond Res*, 2022. Epub ahead of print.
 197. Meechan D, Suchomel TJ, McMahan JJ, Comfort P. A comparison of kinetic and kinematic variables during the midhigh pull and countermovement shrug, across loads. *J Strength Cond Res* 34: 1830–1841, 2020.
 198. Milner-Brown HS, Lee R, Lee RG. Synchronization of human motor units: Possible roles of exercise and supraspinal reflexes. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 38: 245–254, 1975.
 199. Minetti AE. On the mechanical power of joint extensions as affected by the change in muscle force (or cross-sectional area), ceteris paribus. *Eur J Appl Physiol* 86: 363–369, 2002.
 200. Moolyk AN, Carey JP, Chiu LZF. Characteristics of lower extremity work during the impact phase of jumping and weightlifting. *J Strength Cond Res* 27: 3225–3232, 2013.
 201. Morris SJ, Oliver JL, Pedley JS, Haff GG, Lloyd RS. Taking A long-term approach to the development of weightlifting ability in young athletes. *Strength Cond J* 42: 71–90, 2020.
 202. Morris SJ, Oliver JL, Pedley JS, Haff GG, Lloyd RS. Comparison of weightlifting, traditional resistance training and plyometrics on strength, power and speed: A systematic review with meta-analysis. *Sports Med* 52: 1533–1554, 2022.
 203. Moss BM, Refsnes PE, Abildgaard A, Nicolaysen K, Jensen J. Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur J Appl Physiol* 75: 193–199, 1997.
 204. Must A, Tybor DJ. Physical activity and sedentary behavior: A review of longitudinal studies of weight and adiposity in youth. *Int J Obes* 29: S84–S96, 2005.
 205. Myer GD, Lloyd RS, Brent JL, Faigenbaum AD. How young is “too young” to start training? *ACSMs Health Fit J* 17: 14–23, 2013.
 206. Myer GD, Quatman CE, Khoury J, Wall EJ, Hewett TE. Youth versus adult weightlifting injuries presenting to United States emergency rooms: Accidental versus nonaccidental injury mechanisms. *J Strength Cond Res* 23: 2054–2060, 2009.
 207. Narici M, Franchi M, Maganaris C. Muscle structural assembly and functional consequences. *J Exp Biol* 219: 276–284, 2016.
 208. Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and

- detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 59: 310-319, 1989.
209. Newton RU, Häkkinen K, Häkkinen A, et al. Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Med Sci Sports Exerc* 34: 1367-1375, 2002.
210. Newton RU, Kraemer WJ. Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength Cond J* 16: 20-31, 1994.
211. Newton RU, Kraemer WJ, Häkkinen K, Humphries BJ, Murphy AJ. Kinematics, kinetics and muscle activation during explosive upper body movements. *J Appl Biomech* 12: 31-43, 1996.
212. Nóbrega SR, Scarpelli MC, Barcelos C, Chaves TS, Libardi CA. Muscle hypertrophy is affected by volume load progression models. *J Strength Cond Res* 37: 62-67, 2023.
213. O' Bryant HO. *Periodization: A Hypothetical Training Model for Strength and Power*. Louisiana State University, 1982.
214. O' Shea P. Getting a grip on the push press. *Strength Cond J* 21: 42-44, 1999.
215. Oliver JM, Jenke SC, Mata JD, Kreutzer A, Jones MT. Acute effect of cluster and traditional set configurations on myokines associated with hypertrophy. *Int J Sports Med* 37: 1019-1024, 2016.
216. Oranchuk DJ, Mannerberg JM, Robinson TL, Nelson MC. Eight weeks of strength and power training improves club head speed in collegiate golfers. *J Strength Cond Res* 34: 2205-2213, 2020.
217. Oranchuk DJ, Robinson TL, Switaj ZJ, Drinkwater EJ. Comparison of the hang high-pull and loaded jump squat for the development of vertical jump and isometric force-time characteristics. *J Strength Cond Res* 33: 17-24, 2019.
218. Otte FW, Davids K, Millar SK, Klatt S. When and how to provide feedback and instructions to athletes?—How sport psychology and pedagogy insights can improve coaching interventions to enhance self-regulation in training. *Front Psychol* 11: 1444, 2020.
219. Otto WH III, Coburn JW, Brown LE, Spiering BA. Effects of weightlifting vs. kettlebell training on vertical jump, strength, and body composition. *J Strength Cond Res* 26: 1199-1202, 2012.
220. Painter KB, Haff GG, Ramsey MW, et al. Strength gains: Block versus daily undulating periodization weight training among track and field athletes. *Int J Sports Physiol Perform* 7: 161-169, 2012.
221. Payne AH, Slater WJ, Telford T. The use of a force platform in the study of athletic activities. A preliminary investigation. *Ergonomics* 11: 123-143, 1968.
222. Pearcey GEP, Alizedah S, Power KE, Button DC. Chronic resistance training: Is it time to rethink the time course of neural contributions to strength gain? *Eur J Appl Physiol* 121: 2413-2422, 2021.
223. Peitz M, Behringer M, Granacher U. Correction: A systematic review on the effects of resistance and plyometric training on physical fitness in youth—what do comparative studies tell us? *PLoS One* 13: e0207641, 2018.
224. Peitz M, Behringer M, Granacher U. A systematic review on the effects of resistance and plyometric training on physical fitness in youth—what do comparative studies tell us? *PLoS One* 13: e0205525, 2018.
225. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Maximizing strength development in athletes: A meta-analysis to determine the dose-response relationship. *J Strength Cond Res* 18: 377-382, 2004.
226. Pichardo AW, Oliver JL, Harrison CB, Maulder PS, Lloyd RS. Integrating models of long-term athletic development to maximize the physical development of youth. *Int J Sports Sci Coach* 13: 1189-1199, 2018.
227. Pichardo AW, Oliver JL, Harrison CB, et al. Effects of combined resistance training and weightlifting on motor skill performance of adolescent male athletes. *J Strength Cond Res* 33: 3226-3235, 2019.
228. Pierce K, Byrd R, Stone MH. Position statement and literature review: Youth weightlifting. *Olympic Coach* 17: 10-12, 1999.
229. Pierce K, Byrd R, Stone MH. Youth weightlifting. Is it safe? *Weightlifting USA* 17: 5, 1999.
230. Pierce KC, Hornsby WG, Stone MH. Weightlifting for children and adolescents: A narrative review. *Sports Health* 14: 45-56, 2022.
231. Quatman-Yates CC, Quatman CE, Meszaros AJ, Paterno MV, Hewett TE. A systematic review of sensorimotor function during adolescence: A developmental stage of increased motor awkwardness? *Br J Sports Med* 46: 649-655, 2012.
232. Quatman CE, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump performance: A longitudinal study. *Am J Sports Med* 34: 806-813, 2006.
233. Radnor JM, Oliver JL, Waugh CM, Myer GD, Lloyd RS. The influence of maturity status on muscle architecture in school-aged boys. *Pediatr Exerc Sci* 32: 89-96, 2020.
234. Randhawa A, Jackman ME, Wakeling JM. Muscle gearing during isotonic and isokinetic movements in the ankle plantarflexors. *Eur J Appl Physiol* 113: 437-447, 2013.
235. Rhea MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res* 18: 918-920, 2004.
236. Roberts M, DeBeliso M. Olympic lifting vs. traditional lifting methods for North American high school football players. *Turkish J Kinesiol* 4: 91-100, 2018.
237. Roberts TJ. Contribution of elastic tissues to the mechanics and energetics of muscle function during movement. *J Exp Biol* 219: 266-275, 2016.
238. Roman RA. Fundamentals of training methods. In: *The Training of the Weightlifter*. Medvedev AS. Moscow, Russia: Fizkultura i Sport, 1986. pp. 39-77.
239. Rushall BS. Some practical application of psychology in physical activity settings. In: *The Pursuit of Sport Excellence*. Kim KW, ed. Seoul, Korea: Korean Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance, 1996. pp. 638-656.
240. Russell S, Jenkins D, Rynne S, Halson SL, Kelly V. What is mental fatigue in elite sport? Perceptions from athletes and staff. *Eur J Sport Sci* 19: 1367-1376, 2019.
241. Sadowski J, Mastalerz A, Niznikowski T. Benefits of bandwidth feedback in learning a complex gymnastic skill. *J Hum Kinet* 37: 183-193, 2013.
242. Sandau I, Granacher U. Effects of the barbell load on the acceleration phase during the snatch in elite Olympic weightlifting. *Sports (Basel)* 8: 59, 2020.
243. Scala D, McMillan J, Blessing D, Rozenek R, Stone M. Metabolic cost of a preparatory phase of training in weight lifting: A practical observation. *J Strength Cond Res* 1: 48-52, 1987.
244. Schantz P, Randall-Fox E, Hutchison W, Tyden A, A° strand PO. Muscle fibre type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans. *Acta Physiol Scand* 117: 219-226, 1983.
245. Schmidt RA, Sherwood DE, Zelaznik HN, Leikind BJ. Speed-accuracy trade-offs in motor behavior: Theories of impulse variability. In: *Motor Behavior*. Berlin, Heidelberg: Springer, 1985. pp. 79-123.
246. Schodl G. *The Lost Past*. Budapest: International Weightlifting Federation, 1992. pp. 76-92.
247. Schoenfeld BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med* 43: 179-194, 2013.
248. Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res* 24: 2857-2872, 2010.
249. Schoenfeld BJ, Grgic J, Ogborn D, Krieger JW. Strength and hypertrophy adaptations between low- vs. high-load resistance training: A systematic review and meta-analysis. *J Strength Cond Res* 31: 3508-3523, 2017.
250. Schoenfeld BJ, Grgic J, Van Every DW, Plotkin DL. Loading recommendations for muscle strength, hypertrophy, and local endurance: A Re-examination of the repetition continuum. *Sports* 9: 32, 2021.
251. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Effects of resistance training frequency on measures of muscle hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 46: 1689-1697, 2016.
252. Schoenfeld BJ, Peterson MD, Ogborn D, Contreras B, Sonmez GT. Effects of low- vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. *J Strength Cond Res* 29: 2954-2963, 2015.
253. Schoenfeld BJ, Ratamess NA, Peterson MD, et al. Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. *J Strength Cond Res* 28: 2909-2918, 2014.
254. Schoenfeld BJ, Ratamess NA, Peterson MD, Contreras B, Tiriyaki-

- Sonmez G. Influence of resistance training frequency on muscular adaptations in well-trained men. *J Strength Cond Res* 29: 1821–1829, 2015.
255. Schutts KS, Wu WFW, Vidal AD, Hiegel J, Becker J. Does focus of attention improve snatch lift kinematics? *J Strength Cond Res* 31: 2758–2764, 2017.
256. Seefeldt V. Developmental motor patterns: Implications for elementary school physical education. *Psychol Motor Behav Sport* 36: 314–323, 1980.
257. Servedio FJ, Bartels RL, Hamlin RL, et al. The effects of weight training, using Olympic style lifts, on various physiological variables in prepubescent boys. *Med Sci Sports Exerc* 17: 288, 1985.
258. Shurley JP, Todd JS. “The strength of Nebraska”: Boyd Epley, husker power, and the formation of the strength coaching profession. *J Strength Cond Res* 26: 3177–3188, 2012.
259. Simenz CJ, Dugan CA, Ebben WP. Strength and conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res* 19: 495–504, 2005.
260. Solum M, Lor^o as H, Pedersen AV. A golden age for motor skill learning? Learning of an unfamiliar motor task in 10-year-olds, young adults, and adults, when starting from similar baselines. *Front Psychol* 11: 538, 2020.
261. Soriano MA, Garcia-Ramos A, Calderbank J, et al. Does sex impact the differences and relationships in the one repetition maximum performance across weightlifting overhead pressing exercises? *J Strength Cond Res* 36: 1930–1935, 2022.
262. Soriano MA, Garcia-Ramos A, Torres-Gonzalez A, et al. Comparison of 1-repetition-maximum performance across 3 weightlifting overhead pressing exercises and sport groups. *Int J Sports Physiol Perform* 15: 862–867, 2020.
263. Soriano MA, Jimenez-Reyes P, Rhea MR, Marin PJ. The optimal load for maximal power production during lower-body resistance exercises: A meta-analysis. *Sports Med* 45: 1191–1205, 2015.
264. Soriano MA, Kipp K, Lake JP, et al. Mechanical power production assessment during weightlifting exercises. A systematic review. *Sports Biomech* 22: 633–659, 2023.
265. Soriano MA, Lake J, Comfort P, et al. No differences in weightlifting overhead pressing exercises kinetics. *Sports Biomech* Oct 27: 1–13, 2021. Epub ahead of print.
266. Soriano MA, Suchomel TJ, Comfort P. Weightlifting overhead pressing derivatives: A review of the literature. *Sports Med* 49: 867–885, 2019.
267. Souissi MA, Ammar A, Trabelsi O, et al. Distance motor learning during the COVID-19 induced confinement: Video feedback with a pedagogical activity improves the snatch technique in young athletes. *Int J Environ Res Publ Health* 18: 3069, 2021.
268. South MA, Layne AS, Stuart CA, et al. Effects of short-term free-weight and semiblock periodization resistance training on metabolic syndrome. *J Strength Cond Res* 30: 2682–2696, 2016.
269. Stone MH. Implications for connective tissue and bone alterations resulting from resistance exercise training. *Med Sci Sports Exerc* 20: S162–S168, 1988.
270. Stone MH. Position statement: Explosive exercise and training. *Natl Strength Cond Assoc J* 15: 7, 1993.
271. Stone MH, Byrd R, Tew J, Wood M. Relationship between anaerobic power and Olympic weightlifting performance. *J Sports Med Phys Fitness* 20: 99–102, 1980.
272. Stone MH, Hornsby WG, Haff GG, et al. Periodization and block periodization in sports: Emphasis on strength-power training-A provocative and challenging narrative. *J Strength Cond Res* 35: 2351–2371, 2021.
273. Stone MH, Karatzeferi C. Connective tissue and bone response to strength training. In: *Encyclopaedia of Sports Medicine: Strength and Power in Sports*. Komi PV, ed. Oxford, UK: Blackwell, 2003. pp. 343–360.
274. Stone MH, O’ Bryant H, Garhammer J. A hypothetical model for strength training. *J Sports Med Phys Fitness* 21: 342–351, 1981.
275. Stone MH, O’ Bryant H, Garhammer J, McMillan J, Rozenek R. A theoretical model of strength training. *Natl Strength Coach Assoc J* 4: 36–39, 1982.
276. Stone MH, O’ Bryant HO. *Weight Training: A Scientific Approach*. Minnesota: Burgess International Group, 1987. pp. 58–74. 277. Stone MH, O’ Bryant HS, McCoy L, et al. Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J Strength Cond Res* 17: 140–147, 2003.
278. Stone MH, Pierce KC, Sands WA, Stone ME. Weightlifting: A brief overview. *Strength Cond J* 28: 50–66, 2006.
279. Stone MH, Pierce KC, Sands WA, Stone ME. Weightlifting: Program design. *Strength Cond J* 28: 10–17, 2006.
280. Stone MH, Smith D, Rush ME. Metabolic cost of an Olympic weight training session. Presented at American College of Sports Medicine 24th Annual Conference, April, Chicago, 1977.
281. Stone MH, Ward T, Smith D, Rush M. Olympic weightlifting: Metabolic consequences of a workout. In: *Science in Weightlifting*. Terauds J, ed. Del Mar, California: Academic Publishers, 1979. pp. 55–68.
282. Storey AG, Smith HK. Unique aspects of competitive weightlifting. *Sports Med* 42: 769–790, 2012.
283. Suchomel TJ, Comfort P, Stone MH. Weightlifting pulling derivatives: Rationale for implementation and application. *SportsMed* 45: 823–839, 2015.
284. Suchomel TJ, Beckham GK, Wright GA. Lower body kinetics during the jump shrug: Impact of load. *J Trainol* 2: 19–22, 2013.
285. Suchomel TJ, Beckham GK, Wright GA. The impact of load on lower body performance variables during the hang power clean. *Sports Biomech* 13: 87–95, 2014.
286. Suchomel TJ, Beckham GK, Wright GA. Effect of various loads on the force-time characteristics of the hang high pull. *J Strength Cond Res* 29: 1295–1301, 2015.
287. Suchomel TJ, Comfort P. Weightlifting for sports performance. In: *Advanced Strength and Conditioning: An Evidence-Based Approach*. Turner A and Comfort P, eds. New York: Routledge, 2022. pp. 283–306.
288. Suchomel TJ, Comfort P, Lake JP. Enhancing the force-velocity profile of athletes using weightlifting derivatives. *Strength Cond J* 39: 10–20, 2017.
289. Suchomel TJ, DeWeese BH, Beckham GK, Serrano AJ, French SM. The hang high pull: A progressive exercise into weightlifting derivatives. *Strength Cond J* 36: 79–83, 2014.
290. Suchomel TJ, DeWeese BH, Beckham GK, Serrano AJ, Sole CJ. The jump shrug: A progressive exercise into weightlifting derivatives. *Strength Cond J* 36: 43–47, 2014.
291. Suchomel TJ, DeWeese BH, Serrano AJ. The power clean and power snatch from the knee. *Strength Cond J* 38: 98–105, 2016.
292. Suchomel TJ, Lake JP, Comfort P. Load absorption force-time characteristics following the second pull of weightlifting derivatives. *J Strength Cond Res* 31: 1644–1652, 2017.
293. Suchomel TJ, McKeever SM, McMahon JJ, Comfort P. The effect of training with weightlifting catching or pulling derivatives on squat jump and countermovement jump force-time adaptations. *J Funct Morphol Kinesiol* 5: 28, 2020.
294. Suchomel TJ, McKeever SM, Comfort P. Training with weightlifting derivatives: The effects of force and velocity overload stimuli. *J Strength Cond Res* 34: 1808–1818, 2020.
295. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Hornsby WG, Stone MH. Training for muscular strength: Methods for monitoring and adjusting training intensity. *Sports Med* 51: 2051–2066, 2021.
296. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Stone MH. The importance of muscular strength: Training considerations. *Sports Med* 48: 765–785, 2018.
297. Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH. The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Med* 46: 1419–1449, 2016.
298. Suchomel TJ, Sole CJ. Force-time-curve comparison between weightlifting derivatives. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 431–439, 2017.
299. Suchomel TJ, Sole CJ. Power-time curve comparison between weightlifting derivatives. *J Sports Sci Med* 16: 407–413, 2017.
300. Suchomel TJ, Taber CB, Wright GA. Jump shrug height and landing forces across various loads. *Int J Sports Physiol Perform* 11: 61–65, 2016.
301. Suchomel TJ, Wright GA. Power development comparisons between power clean variations at different relative loads. *J Strength Cond Res* 27: S76–S77, 2013.
302. Suchomel TJ, Wright GA, Kernozek TW, Kline DE. Kinetic comparison of the power development between power clean variations. *J Strength Cond Res* 28: 350–360, 2014.

303. Takei S, Hirayama K, Okada J. Is the optimal load for maximal power output during hang power cleans submaximal? *Int J Sports Physiol Perform* 15: 18–24, 2020.
304. Takei S, Hirayama K, Okada J. Comparison of the power output between the hang power clean and hang high pull across a wide range of loads in weightlifters. *J Strength Cond Res* 35: S84–S88, 2021.
305. Teo SYM, Newton MJ, Newton RU, Dempsey AR, Fairchild TJ. Comparing the effectiveness of a short-term vertical jump vs. weightlifting program on athletic power development. *J Strength Cond Res* 30: 2741–2748, 2016.
306. Todd T. AI Roy: The first modern strength coach. *J Phys Educ Recreat Dance* 79: 14–16, 2008.
307. Toji H, Suei K, Kaneko M. Effects of combined training programs on force-velocity relation and power output in human muscle. *J Biomech* 25: 756, 1992.
308. Toji H, Kaneko M. Effect of multiple-load training on the force-velocity relationship. *J Strength Cond Res* 18: 792–795, 2004.
309. Toji H, Suei K, Kaneko M. Effects of combined training loads on relations among force, velocity, and power development. *Can J Appl Physiol* 22: 328–336, 1997.
310. Tricoli V, Lamas L, Carnevale R, Ugrinowitsch C. Short-term effects on lower-body functional power development: Weightlifting vs. vertical jump training programs. *J Strength Cond Res* 19: 433–437, 2005.
311. Triplett NT, Chandler JM. NSCA strength and conditioning professional standards and guidelines. *Strength Cond J* 39: 1–24, 2017.
312. Tufano JJ, Conlon JA, Nimphius S, et al. Cluster sets: Permitting greater mechanical stress without decreasing relative velocity. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 463–469, 2017.
313. Tufano JJ, Conlon JA, Nimphius S, et al. Effects of cluster sets and redistribution on mechanical responses to back squats in trained men. *J Hum Kinet* 58: 35–43, 2017.
314. Tufano JJ, Conlon JA, Nimphius S, et al. Different cluster sets result in similar metabolic, endocrine, and perceptual responses in trained men. *J Strength Cond Res* 33: 346–354, 2019.
315. Virvidakis K, Georgiou E, Korkotsidis A, Ntalles K, Proukakis C. Bone mineral content of junior competitive weightlifters. *Int J Sports Med* 11: 244–246, 1990.
316. Vorobyev AN. Technique of the classical lifts. In: *A Textbook on Weightlifting*. Budapest: Budapest International Weightlifting Federation, 1978. pp. 18–119.
317. Waller M, Piper T, Miller J. Coaching of the snatch/clean pulls with the high pull variation. *Strength Cond J* 31: 47–54, 2009.
318. Webster D. The iron game. In: *An Illustrated History of Weight-Lifting*. Irvine: John Geddes Printers, 1976. pp. 5–8.
319. Wilson G, Bird SP, O'Connor D, Jones J. Resistance training for children and youth: A position stand from the Australian strength and conditioning association. *Aust Strength Cond Assoc* 1–56, 2017.
320. Wong P-I, Chamari K, Wisløff U. Effects of 12-week on-field combined strength and power training on physical performance among U-14 young soccer players. *J Strength Cond Res* 24: 644–652, 2010.
321. Young A, Stokes M, Crowe M. Size and strength of the quadriceps muscles of old and young women. *Eur J Clin Invest* 14: 282–287, 1984.
322. Zamparo P, Minetti AE, di Prampero PE. Interplay among the changes of muscle strength, cross-sectional area and maximal explosive power: Theory and facts. *Eur J Appl Physiol* 88: 193–202, 2002.
323. Zaras N, Stasinaki A-NE, Spiliopoulou P, et al. Rate of force development, muscle architecture, and performance in elite weightlifters. *Int J Sports Physiol Perform* 16: 216–223, 2021.