

Key Words【コンカレント(同時)エクササイズ : concurrent exercise、最大筋力 : maximum strength、筋持久力 : strength endurance】

コンカレントトレーニングおよび筋力に対する急性干渉効果 : 関連変数の再検討

Concurrent Training and the Acute Interference Effect on Strength: Reviewing the Relevant Variables

Valéria Leme Gonçalves Panissa,¹ Camila C. Greco,² Ph.D. Natalia Ribeiro,³ M.Sc.

Ursula F. Julio,¹ Ph.D. Valmor Tricoli,³ Ph.D. Emerson Franchini,¹ Ph.D.

¹High-intensity Intermittent Exercise Physiology Research Group, Department of Sport, School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

²Human Performance Laboratory, Department of Physical Education, São Paulo State University, Rio Claro, Brazil

³School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

要約

本稿のレビューでは、有酸素性エクササイズに続いてストレングスエクササイズを行なうコンカレント(同時)トレーニング(CT: concurrent training)セッションの急性干渉効果に関して、その関連変数を分析する。有酸素性エクササイズの強度、様式、量、エクササイズ間の回復インターバルの時間、関与する筋群、およびエルゴジェニックエイドの利用が、このレビューで取り上げる変数である。高強度のインターバル有酸素性エクササイズは、筋持久力エクササイズに一層顕著なマイナス効果をもたらすが、最大筋力には影響を与えない。自転車エクササイズは、ランニングよりも筋持久力パフォーマンスへの悪影響が大きい。筋持久力パフォーマンスへの干渉を回避するためには、4~8時間の回復インターバル

を取れば十分であると思われる。筋持久力の低下は、両方のエクササイズに関与する筋群だけに認められる。約18分の持続時間で行なう少量の有酸素性エクササイズ(3km)は筋持久力を損なわないが、一方、それぞれ約30分と42分持続する多量の有酸素性エクササイズ(5kmと7km)は、筋持久力を低下させる。カフェイン、炭水化物、βアラニンは筋持久力パフォーマンスへの悪影響を打ち消すことはできないが、クレアチンやカブサイシンアナログ(類似化合物)の補給はそれが可能である。したがって、CTセッションを処方し計画するためには、これらの変数を考慮する必要がある。本稿の情報は、コーチが運動セッションを計画する際、有酸素性エクササイズ後における筋力パフォーマンスの低下を最小化または回避するために役立つと思われる。

はじめに

スポーツで好成績を上げるためには、トレーニング期間中に複数の身体能力を同時に向上させる必要があり、最大筋力、パワーおよび持久力はとりわけ重要である(42)。筋力とパワーのエクササイズは、骨格筋の収縮能力を高めるために用いられ(12)、一方、有酸素性持久力エクササイズは、筋への酸素運搬を改善し、血液から酸素を抽出する能力を向上させる(26)。したがって、様々なスポーツのアスリートが、試合中のパフォーマンスを最適化するために、有酸素性能力と筋力の向上を目的として、種類の異なる複数のトレーニングを行なっている(4,5)。さらに、健康増進を目指す人々も、体脂肪を減らし、筋量を増やすために、コンカレント(同時)トレーニング(CT: concurrent training)を利用している(21)。

本稿では、CTとは、有酸素性エクササイズとストレングスエクササイズを

および／または同じ総トレーニング量を達成する能力が低下すると思われる(8,37,39,43,45,47)。

したがって、有酸素性エクササイズの影響を受けずにストレングスエクササイズを行なった場合に比べ、CT条件では、長期的に、トレーニングの質や負荷量がマイナスの影響を受けることになるだろう。負荷量は、筋力や筋量の増大に関連する重要なST変数と考えられている(29,40,44,50,51)。したがって、長期的な干渉効果を回避または軽減するためには、CTセッション中にストレングスエクササイズの負荷量を維持することが重要であるとの助言は妥当である。

急性効果がCT中の筋力向上に有害であることを示唆した最初の研究のひとつは、Craigら(13)によって行なわれた。この調査では36名の男性を3つのトレーニング群に分けた。ST群(75% 1RMでの下半身と上半身のエクササイズ)、AT群(75%最大心拍数での連続的ランニング)、およびCT群(被験者はAT後にSTを実施)である。10週間後、CT群とAT群では下肢の筋力向上が認められなかったのに対し、ST群では約6%の筋力向上がみられた。これらの結果から、CT群では筋力向上が損なわれたこと、そして、その弊害がストレングスエクササイズの前に有酸素性エクササイズ(ランニング)を行なったことによる持ち越し効果(不十分なりカバリー)に起因することが明らかになった。

Saleら(46)による研究では、CT中の総負荷量と筋力増大との関係が示された。この研究では、身体活動の活発な被験者16名が10週間のCTを実施した。参加者は2群に分けられ、A2d群は、週2回、有酸素性エクササイズ(間欠的自転車エクササイズ、90~100%最大酸素摂取量で3分×6回)とST(ユニラテラルレッグプレスを15~20RMで6セット)を行なう(エクササ

イズの順序はセッションごとに入れ替える)。B4d群は、週4回、ATとSTをそれぞれ別の日に行なう(ATとSTを異なる曜日に行なう)。研究の終了時、著者らは、B4d群(25%)はA2d群(13%)に比べ、最大筋力がより大きく増加したことを報告した。ただし、筋肥大と筋持久力の変化に、群間の差は認められなかった。B4d群は、平均すると絶対的負荷量(10%)も相対的負荷量(2%)もA2d群より高かったため、観察された最大筋力の違いは、各セッションで遂行されたST量の減少が原因であった。さらに、この研究は急性干渉効果に関する重要なデータも提供した。A2d群がAT+STの順序で行なった場合には、この逆の順序で行なった場合に比べ、絶対的および相対的な総トレーニング量が4%減少したのである。残念ながら、この研究にはST単独の実験群が含まれていなかった。とはいえ、急性干渉効果が長期的な筋力の増加を妨げるひとつの重要な要因であると結論づけられる。

De Souzaら(14)もまた、同じトレーニングセッションにおいて有酸素性エクササイズとストレングスエクササイズを行なった場合の干渉効果を記録した。著者らは身体活動の活発な男性37名を4群にランダムに振り分け、4週間のトレーニングを実施した。ST群(3種目の下半身エクササイズ、6~12RMで3~5セット)、AT群(間欠的ランニング、最大酸素摂取量の80~100%のスピードで1分×15~20回)、CT群(被験者は同一セッション内でSTとATを両方行なう、実施順序はトレーニング期間中に均等に變化させる)、およびコントロール群である。タイプIIa(17%)とタイプI(18%)筋線維の筋横断面積は、ST群だけで増加が観察された。CTセッションにおけるエクササイズの順序(有酸素性とストレングスエクササイズ)は均等に變化させたが、ATをSTの前に

実施したセッション中の残存疲労が、CT群において筋肥大が生じなかった原因である可能性があると思われる。Craigら(13)と同様この研究でも、各トレーニングセッションでの急性総負荷量のコントロールは行なわれていない。

他の2件の研究は、筋力の適応に対する急性干渉効果を、エクササイズの順序を吟味することにより調査した(11,18)。Cadoreら(11)は、参加者を2群に分けた。一方の群(AT+ST群)は有酸素性エクササイズ(最大心拍数の80~95%での20~25分の自転車エクササイズを6週間、最大心拍数の95%で30分を4週間、最大心拍数で4分×6回を2週間)をストレングスエクササイズ(上半身と下半身のエクササイズ、それぞれ18~20RMと6~8RMで2~3セット)の前に行ない、もう一方の群は逆の順序(ST+AT群)で実施した。12週間のトレーニング期間(3回/週)の後、発揮筋力の増加は、ST+AT群(35%)がAT+ST群(22%)を有意に上回った。

同様にEklundら(18)は、CT中のストレングスエクササイズと有酸素性エクササイズを3種類の異なる組み合わせで調査した。すなわち、同一セッション内で、有酸素性エクササイズ(AT、間欠的自転車エクササイズで、有酸素性と無酸素性閾値に対応した心拍数領域で中強度と高強度を交互に実施)をストレングスエクササイズ(ST、下半身のエクササイズ、40~80% 1RMで2~5セット×10~20レップ、または80~95% 1RMで3~10レップ)の前に行なう群(AT+ST群)、同一セッション内でストレングスエクササイズを有酸素性エクササイズより先に行なう群(ST+AT群)、および有酸素性エクササイズとストレングスエクササイズを別の日に行なう群である。著者らは、24週間のトレーニング後、3群すべてにおいて筋力と筋肥大が同程度に

向上したことを確認した。しかし、神経適応(随意運動能力および筋電図活動)は、他の2群と比較して、AT+ST群が低かった。著者らは、異なる強度で構成されたSTの期分け的特性により、AT+ST群は、神経適応が減少しても筋力と筋肥大を改善できたと結論づけた。

最後に、最近の2件のメタ分析(17,36)により、ストレングスエクササイズ後に有酸素性エクササイズを行なうのは、その逆の順序で行なうよりも最大動的筋力の増加がより優れていることが明らかになった。Murlasitsら(36)は、少なくとも8週間のトレーニングを行なった研究を選択して分析し、順序の違いにより1RM(下半身のエクササイズのみ)に3.96 kgの差があることを見出した。一方Eddensら(17)は、少なくとも5週間実施した研究を選別した上で、順序の違いにより6.91%(下半身の動的筋力)の差があることを示した。さらにEddensら(17)は、セッション内におけるエクササイズの順序が静的最大筋力および筋肥大(下半身のエクササイズ)に果たす役割を分析し、これらの変数は、ストレングス/有酸素性エクササイズの順序による影響は受けないと結論づけた。したがっ

て、ST+ATの順序は、静的筋力ではなく、動的筋力の向上に対してのみ優位性があると思われ、トレーニングプログラム内のエクササイズが静的ではなく動的である場合には、トレーニングの特定の順序が重要であることが示された。したがって、各トレーニングセッションによる急性干渉効果が、CTプログラム後の筋力増加における長期的な弊害に寄与している可能性がある。

さらに、総トレーニング量が筋力および筋肥大の獲得に重要な変数であること(29,40,44,50,51)、また、CTセッションでは一時的なトレーニング量が減少すること(8,30,31,37,39,43,45,47)を示す研究結果を考慮すると、CT期間後に筋力および筋肥大の適応が低下すると予想することはきわめて妥当である。しかし、ほとんどの研究は急性干渉効果を示してはいるが、ある特定の条件下では、これらの効果が減少または抑制されることを示した研究もある(15,37,47)。このような研究結果の違いは、有酸素性エクササイズの強度、およびSTとAT間の回復インターバルなどのトレーニングプロトコルの要素に起因する可能性があり、それが急性干渉効果の出現に影響を及ぼしていると思われる。

ATプロトコルにおいて変更可能な主な変数は、エクササイズの強度(15,52)、様式(16,39)、量(43)、エクササイズ間の回復インターバルの時間(7,8,37)、および関与する活動筋群(15,47)である。さらに、エルゴジェニックエイドもまた、CTセッション中の筋力パフォーマンスへの悪影響を相殺する可能性があると考えられている(2,3,19,20,47)。トレーニングプログラムにおいて筋力の向上を優先するのであれば、これらの要素をすべて考慮した上で、CTの構成や処方最適化が必要がある。

急性仮説は研究者から大きな注目を集めているが、CTによって促進されるすべての長期的適応を説明できるわけではないことは明確にする必要がある。この仮説は、有酸素性エクササイズがストレングスエクササイズに先行する、1回だけのトレーニングセッション中の筋力パフォーマンスの低下に関する仮説であって、CTを逆のトレーニング順序で行なったり、別の日に行なったりした際に原因となりうる他の効果とは関連がない。本稿に含まれる変数とそれらに関するすべての研究は、表にまとめて示されている。

表 コンカレントトレーニングセッションに対する急性効果に関する研究
(有酸素性エクササイズ後にストレングスエクササイズを行なう)

著者	操作変数	有酸素性プロトコル	ストレングスプロトコル	主な結果
Abernethy (1)	有酸素性エクササイズの強度	自転車エルゴメータ 中強度: 35% $\dot{V}O_{2max}$ で150分継続 または HIIE: 5×5、5分(レップ内の毎分の仕事率は40、60、80、100、100% $\dot{V}O_{2max}$ に対応)	等速性ユニラテラルレッグエクステンション(短縮速度0.52 ~ 5.20rad/秒で10レップの発生したトルク)	↓~4% 有酸素性エクササイズの両強度において異なる収縮速度でのトルク
De Souza ら(15)	有酸素性エクササイズの強度 エクササイズにかかわる筋群	トレッドミルランニング: 5km 中強度: AT速度の90%で継続 または HIIE: $\dot{V}O_{2max}$ で1分、PR1分	レッグプレスとベンチプレスの1RMおよび80% 1RMでのMNR	↓27% HIIE後のレッグプレスのMNR

表 コンカレントトレーニングセッションに対する急性効果に関する研究
(有酸素性エクササイズ後にストレングスエクササイズを行なう)(つづき)

著者	操作変数	有酸素性プロトコル	ストレングスプロトコル	主な結果
Salles Painelliら (47)	有酸素性エクササイズの強度 エクササイズにかかわる筋群 エルゴジェニックエイド：クレアチンの補給	トレッドミルランニング：5km 中強度：90% VTで継続 または HIIE：100 % $\dot{V}O_{2max}$ で1分、PR1分	レッグプレスとベンチプレスの1RMおよび80% 1RMで4セットのMNR	↓~22% HIIE後のレッグプレスのMNR クレアチンの補給は、HIIE後のレッグプレスのMNRの維持に有効であった
Sporer & Wenger (52)	有酸素性エクササイズの強度 エクササイズ間の回復インターバルの時間	自転車エルゴメータ 中強度：70 % $\dot{V}O_{2max}$ で36分間継続 または HIIE：6×95 ~ 100% $\dot{V}O_{2max}$ で3分を行ない、間に40% $\dot{V}O_{2max}$ で3分を挟む エクササイズ間の回復インターバルは4、8および24時間	レッグプレスとベンチプレス 約75% 1RMで4セットのMNR	↓~25%と~9% それぞれ4時間と8時間後のMNR
Divljak (16)	有酸素性エクササイズの様式	トレッドミルランニングまたは自転車エルゴメータ 中強度で継続：40分、80% HRmax	スクワット 3レップのピークパワーを測定後、80% 1RMで3セットのMNRを用いた総量	↓30% 自転車エルゴメータ条件での総量
Panissara (39)	有酸素性エクササイズの様式	トレッドミルランニングまたは自転車エルゴメータ：(100% MAPまたはMAVで1分、PR1分)×15	ハーフスクワット 80% 1RMで4セットのMNR	↓35%と47% それぞれトレッドミルと自転車エルゴメータ後の最初のセットで完遂した量 ↓~36% 自転車エルゴメータ後の5セットで完遂した量
Bentleyら (7)	エクササイズ間の回復インターバルの時間	自転車エルゴメータ：LTで30分+(1分、120% $\dot{V}O_{2max}$ で1分)×4 ストレングスエクササイズの6時間前と24時間前に実施	6秒の全力自転車テスト、60、120、180°/秒でのピーク等速性レッグエクステンション、および最大短縮性スクワットジャンプ	↓11% 6時間の回復インターバル後の60°/秒での最大ピークトルク ↓5% 6時間の回復インターバル後のバーティカルジャンプの最大発揮筋力
Bentleyら (8)	エクササイズ間の回復インターバルの時間	自転車エルゴメータ：80%で30分継続+4×1、120% $\dot{V}O_{2max}$ で1分 ストレングスエクササイズの10分前と6時間前に実施	膝関節伸筋の等尺性最大随意収縮	↓10分後(12%)と6時間後(6%)の最大随意収縮力
Leverittら (32)	エクササイズ間の回復インターバルの時間	自転車エルゴメータ：CPの70~110%で50分 ストレングスエクササイズの8時間前と32時間前に実施	ユニラテラルレッグエクステンション 等尺性ピークトルク(5秒最大収縮)(0.52rad/秒) 等速性ピークトルク(1.04、2.08、3.14、4.19、5.23および8.37rad/秒) 等張性筋力(最大トルクの80%で10レップを2セット)	干渉効果なし
Panissara (37)	エクササイズ間の回復インターバルの時間	トレッドミルランニング：5km HIIE：100% MAVで1分、PR1分 ストレングスエクササイズの30分前、1、4、8および24時間前に実施	ハーフスクワット 80% 1RMで4セットのMNR	↓23%と15% それぞれ30分後と1時間後のMNR

表 コンカレントトレーニングセッションに対する急性効果に関する研究
(有酸素性エクササイズ後にストレングスエクササイズを行なう)(つづき)

著者	操作変数	有酸素性プロトコル	ストレングスプロトコル	主な結果
Reedら (41)	両エクササイズにかかわる筋群	自転車エルゴメータ: 75% HRmaxで45分	ベンチプレスとバックスクワット 80% 1RMで6セットのMNR	↓~15% バックスクワット3セットの累計MNR
Ribeiroら (43)	有酸素性エクササイズの種類	トレッドミルランニング 3、5または7km(約18、30、42分)をAT速度の90%の中強度で継続	レッグプレス 1RMおよび80% 1RMで4セットのMNR	↓12%と22% それぞれ5kmと7kmのランニング後の筋持久力
Aokiら(3)	エルゴジェニックエイド: 炭水化物の補給	トレッドミルランニング: 70% $\dot{V}O_{2peak}$ で45分継続	レッグプレス 1RMに続いて、70% 1RMで2セットのMNR	炭水化物の補給には干渉回避効果はない
Freitasら (19)	エルゴジェニックエイド: β アラニンの補給	トレッドミルランニング: 5km HIIE: 100% MAVで1分、PR1分	レッグプレス 80% 1RMで4セットの総量とMNR	β アラニンの補給には干渉回避効果はない
Freitasら (20)	エルゴジェニックエイド: カプサイシンの補給	トレッドミルランニング: 5km HIIE: $\dot{V}O_{2max}$ で1分、PR1分	ハーフスクワット 70% 1RMで4セットの総量とMNR	カプサイシンの補給により~13%総量が増加した
Leveritt & Abernethy (30)	エルゴジェニックエイド: 2日間の低炭水化物食	自転車エルゴメータ: 75% MAPで60分+(100% MAPで1分、PR1分)×4	スクワット 80% 1RMで3セットのMNR ユニラテラルレッグエクステンション(0.52rad/秒) ニーエクステンション(1.05、2.09、3.14、4.19および5.24rad/秒で5レップ×5セット)	スクワットの最初の2セットには中程度のマイナス効果があり、最終セットにはごくわずかなマイナス効果があった
Rossiら (45)	エルゴジェニックエイド: カフェインの補給	トレッドミルランニング: 5km HIIE: $\dot{V}O_{2max}$ で1分、PR1分	ハーフスクワット 80% 1RMで4セットの総量とMNR	カフェインの補給には干渉回避効果はない

↓=減少、 $\dot{V}O_{2max}$ =最大酸素摂取量に伴う強度、 $\dot{V}O_{2peak}$ =最高酸素摂取量に伴う強度、1RM=最大挙上重量、AT=無酸素性閾値、CP=クリティカルパワー、HIIE=高強度間欠的エクササイズ、HRmax=最大心拍数、LT=乳酸閾値、MAP=最大有酸素性パワー、MAV=最大有酸素性速度、MNR=最大反復回数、PR=消極的休息、rad=ラジアン、VT=換気閾値

有酸素性エクササイズの強度

有酸素性エクササイズの強度は、CT処方における重要な変数であると思われる。強度の調節により、神経筋系や有酸素性、無酸素性エネルギー機構などに対して異なる要求が生じ(10)、それが今度は急性の筋力パフォーマンスに異なる影響をもたらす可能性がある(15)。有酸素性エクササイズの強度が筋力パフォーマンスに及ぼす影響を調査した研究はすべて、高強度インターバルトレーニングを用いたが、これは最大酸素摂取量またはピーク酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$ または $\dot{V}O_{2peak}$)の100~120%の間の強度での短時間の運動(<1分)または最大乳酸定常状態と $\dot{V}O_{2peak}$ の間で行なう長時

間の運動(>1分)で成り立っていた(1,15,47,52)。

Sporer&Wenger(52)は、2つの有酸素性エクササイズプロトコルをテストした。1つは高強度の間欠的プロトコル(95~100% $\dot{V}O_{2max}$ で3分間の運動を40% $\dot{V}O_{2max}$ での3分間の積極的回復を挟んで6回行なう)で、もう1つは、中強度の連続的エクササイズ(70% $\dot{V}O_{2max}$ で36分間)である。どちらのエクササイズもストレングスエクササイズの4時間または8時間前に実施した。エクササイズの強度とは無関係に、プロトコル間で、レッグプレスの最大反復回数(75% 1RMで失敗するまでを4セット)に同程度の減少(ATの4時間後と8時間後にそれぞれ約25

%と9%)が観察された。

同様にAbernethy(1)は、連続的な中強度のエクササイズ(35% $\dot{V}O_{2max}$ で150分)またはより高強度の間欠的有酸素性エクササイズプロトコル(40、60、80、100% $\dot{V}O_{2max}$ での5分間の運動を5分の回復時間を挟んで5回行なう)のどちらかを行なった後、ストレングスエクササイズ(Cybex II等速性ダイナモメータ上でのレッグエクステンション)を実施したが、エクササイズ強度の影響は認められなかった。等速性ピークトルクの低下(角速度が0.52から5.20ラジアン/秒に低下)は、どちらの有酸素性エクササイズプロトコルも同程度であった(約4%)。

一方De Souzaら(15)は、2種類の有

酸素性エクササイズプロトコルが筋持久力(80% 1RMでの最大反復回数)と最大動的筋力(1RM)のパフォーマンスに及ぼす影響を調査した。被験者は、5kmを高強度で間欠的(1分： $\dot{V}O_2\max$ で1分)および中強度(無酸素性作業閾値の90%)で連続的にランニングを実施した。高強度インターバルエクササイズは下肢の筋持久力に影響を与えたことが観察された(最大反復回数が27%減少した)が、1RMの有意な低下は認められなかった。

同様にSalles Painelliら(47)は、5kmの連続的なランニング(換気閾値の90%)または間欠的ランニング(1分： $i\dot{V}O_2\max$ で1分)が、レッグプレスの最大動的筋力(1RM)と筋持久力(80% 1RMで4セットの最大反復回数)のパフォーマンスに及ぼす影響を調査した。De Souzaら(15)の研究結果の裏づけとして、高強度の間欠的有酸素性エクササイズプロトコルの後に限り、筋持久力エクササイズの総量が22%減少したことが観察された。

以上をまとめると、筋持久力のパフォーマンスは、有酸素性エクササイズの強度に大きな影響を受ける(高強度インターバルエクササイズ後に一層大きく低下する)。一方、最大動的筋力のパフォーマンスは、同じ筋群を対象とした場合、等張性エクササイズでは影響を受けないが、等速性エクササイズでは影響を受けると考えられる。

有酸素性エクササイズの様式

CTの干渉効果を分析する際に考慮すべきもうひとつの要素は、有酸素性エクササイズの様式である。ランニングや自転車エクササイズのような通常の有酸素性エクササイズは、運動特性、生理学的要求、筋活動の優位性(短縮性および伸張性)が異なり、さらに運動単位の動員パターンさえ異なる(9,34,35)。したがって、CTセッション中の有酸素性エクササイズの様式は、

それに続く筋力パフォーマンスに影響を及ぼす可能性がある。

Panissaら(39)は、有酸素性エクササイズの様式が筋持久力に及ぼす影響を調査した。身体活動の活発な被験者10名に対し3つの実験条件を実施させた。STのみ、ランニングによる有酸素性エクササイズ後のST、および自転車による有酸素性エクササイズ後のSTである。STは80% 1RMでのハーフスクワットを最大反復回数まで4セット行なった。ランニングによる有酸素性エクササイズは間欠的に行なった(1分：最大有酸素性パワーの100%で1分を15回)。有酸素性エクササイズの様式はどちらも、STだけの条件における第1セットと比較すると、第1セットの総量が低下した(トレッドミルと自転車エルゴメータでそれぞれ-35%と-47%)。しかし、第2セットでは、自転車エクササイズだけがSTだけの条件の第2セットと比べ有意な低下(約36%)を示した。

同様の結果がDivljak(16)による研究でも示された。この研究では、40分間の自転車エクササイズ(最大心拍数の80%)後に行なったSTの総量(スクワットを80% 1RMで失敗するまで3セット)は、同強度のランニング後と比較すると約30%低かった。したがって、両研究(16,39)から、干渉の大きさは自転車エクササイズ後に、より大きいことが示された。しかし、その他の有酸素性エクササイズ様式(水泳、漕艇、エリプティカルトレーニングなど)がその後の筋力パフォーマンスに及ぼす影響は、今後調査する必要がある。

本稿では、長期的な効果に言及する意図はない。しかし、有酸素性の自転車エクササイズ後に、より大きく低下する急性効果が観察されたものの、一部には、ランニングのほうが筋力と筋肥大の増大に長期的により大きな影響を及ぼすというエビデンスもある(22,53)ことは述べておかなければな

らない。急性効果と慢性効果の結果が異なるにもかかわらず、筋力パフォーマンスに及ぼすマイナス効果の大きさが、有酸素性エクササイズの様式によって変わる可能性があることは指摘できる。

エクササイズ間の回復インターバル

有酸素性エクササイズの遂行後に筋力パフォーマンスが損なわれる可能性があるが、エクササイズ間に十分な回復時間を設けることにより、干渉効果を取り除くか、または少なくとも最小限に抑えることができると思われる(7,8,37)。

Bentleyら(7)は、有酸素性セッションとストレングスセッションの間の2つの異なるインターバル(6時間と24時間)を調査した。有酸素性エクササイズは、乳酸閾値で30分の自転車エクササイズ(さらに、1分： $120\% i\dot{V}O_2\max$ で1分を4回)であった。6時間の間隔を空けた場合だけ、ニーエクステンションのピークトルク(11%)および垂直跳びの短縮性局面における最大筋力(5%)の低下が観察されたことから、24時間の回復時間が急性干渉効果を取り除くために十分であることが示唆された。後日同様の有酸素性エクササイズを用いて、Bentleyら(8)は、6時間後の最大随意収縮力における統計学的に有意なパフォーマンスの低下を明らかにした。

Leverittら(32)もまた、異なるインターバル(8時間と32時間)が最大筋力(1RM)と筋持久力(1.04、2.08、3.14、4.19、5.23、および8.37 ラジアン/秒の6つの異なるスピードのレッグエクステンションを最大反復回数まで連続5セット)のパフォーマンスに及ぼす影響を調査した。有酸素性エクササイズをクリティカル(臨界)パワー(パワー×持続時間曲線の漸近線)の70~100%で50分間行なってから8時間後と32時間後に筋力の低下はみられな

かった。しかし被験者は、有酸素性エクササイズ直後にストレングスエクササイズを行っていないため、干渉効果の低下に対する回復インターバルの役割を正確に判断することは困難である。

さらに入念な実験デザインを用いて、Sporer&Wenger(52)は、2つの異なるプロトコルで行なった有酸素性エクササイズの4、8、および24時間後に、筋持久力パフォーマンス(75% 1RMで最大反復回数まで4セット)を評価した。プロトコルは、70% $\dot{V}O_2\text{max}$ で36分間の連続ランニング、または3分(95~100% $\dot{V}O_2\text{max}$: 回復3分)×6回の間欠的ランニングであった。レッグプレスの総エクササイズ量の減少は、4時間と8時間の回復後に観察されたが、8時間後(9%)に比べ4時間後(25%)のほうがより大きな影響がみられた。一方、24時間のインターバルでは、有意な干渉効果は生じなかった。これらの結果は、有酸素性エクササイズのプロトコルとは無関係であった。

最後に、Panissaら(37)は、高強度の間欠的有酸素性エクササイズ(5km、1分: 最大有酸素性速度の100%で1分)が筋持久力パフォーマンス(80% 1RMで最大反復回数まで4セット)に及ぼす影響を30分後および1、4、8、24時間の回復インターバル後にそれぞれ調査した。ハーフスクワットの総エクササイズ量は、30分後と1時間後のみ減少したが(それぞれ23%と15%)、回復インターバルが4、8、24時間の場合は影響を受けなかった。

したがって、干渉効果は筋力エクササイズと有酸素性エクササイズの間での回復インターバルの時間に依存するように思われる。研究にみられるエビデンスによると、筋力パフォーマンス(最大筋力と筋持久力)は、4~8時間の回復インターバルでは有意な影響は受けず、24時間後には全くパフォーマンス

の変化は生じない。だが、Bentleyら(7,8)が筋力テストを同日に実施したことに注意する必要がある。その結果、彼らが干渉効果を過大評価した可能性があるため、結果の解釈には慎重さが求められる。

エクササイズに関与する筋群

適用されたCTプロトコルにかかわらず、干渉効果は有酸素性エクササイズと筋力エクササイズの両方で活動する筋群だけで起こることが合意されている(15,41,47,52)。例えば、De Souzaら(15)およびSalles Painelliら(47)は、同様の有酸素性エクササイズプロトコルを用いた。すなわち、5kmの高強度の間欠的ランニング(1分: $\dot{V}O_2\text{max}$ で1分)および中強度(無酸素性閾値の90%)での連続的ランニングである。その後、筋持久力エクササイズとして下半身と上半身のエクササイズ(レッグプレスとベンチプレスの80% 1RMでの最大反復回数)を調査した。上半身のストレングスエクササイズに対する干渉効果は認められなかった。しかし、下半身の筋持久力には、高強度間欠的ランニング後のマイナス効果が認められた。

これらの知見を裏づける別の研究がReedら(41)により行なわれた。この研究では、レジスタンストレーニング経験のある鍛錬者9名に対し4つの実験条件を実施させた。すなわち、自転車エルゴメータの後にベンチプレス、ベンチプレスのみ、自転車エルゴメータの後にバックスクワット、およびバックスクワットのみである。自転車エルゴメータを用いた有酸素性運動は、最大心拍数の75%で45分間漕ぎ続け、ストレングスエクササイズは80% 1RMで最大反復回数まで6セットを行なった。有酸素性エクササイズ後、バックスクワットを行なった群だけが3セットまでの反復回数が有意に減少した(~15%)ことにより、主として両運動

で動員される筋群だけに干渉が生じることが確認された。したがって、有酸素性エクササイズとストレングスエクササイズが異なる筋群により行なわれる場合には、有酸素性エクササイズを取り入れることは、その後の筋力パフォーマンスに影響を及ぼさないと結論づけることができる。

有酸素性エクササイズの量

筋力パフォーマンスとランニングの運動時間には相反関係があり、距離や時間が長くなるほど筋力が大きく低下することが証明されている(34)。筋力の低下は、活動筋への随意神経駆動の低下(中枢疲労)および力発揮能力の低下(末梢疲労)により生じる(35)。

ランニングエクササイズの量がその後の筋力パフォーマンスに及ぼす影響を調査した研究は1件だけ見つかった(43)。この研究では、身体活動の活発な男性21名に3、5、および7kmの連続ランニング(無酸素性閾値の90%)を行なわせ(時間はそれぞれ約18分、30分、42分)、次にレッグプレスの1RMテストまたは筋持久力テスト(80% 1RMで最大反復回数までを4セット)を行なわせたところ、筋力条件だけの場合と比べ、5km(12%)と7km(22%)条件では、筋持久力の有意な低下が認められた。さらに、7km条件の筋持久力パフォーマンスは、3km(14%)および5km(12%)条件より低かったが、最大筋力への影響は観察されなかった。したがって、この研究は、無酸素性閾値の90%での3kmのランニングがその後の筋力パフォーマンスに影響を与えないことを明らかにした。しかし、被験者が同じ強度で5kmと7kmを走った時は、筋持久力の低下が、主として7kmにおいて認められた。

したがって、筋力パフォーマンスの低下は、少なくともランニング活動においては有酸素性エクササイズの量に依存するといえる。注意すべき重要な

ことは、レッグプレスはランニングと同じ筋群を用いない運動であり、それがこの研究テーマの限界である。

エルゴジェニックエイド

急性干渉効果を取り消すか、少なくとも最小限に抑えるために、エルゴジェニックエイドの利用が複数の研究者により検討された(2,3,19,20,30,45)。

筋グリコーゲンが有酸素性エクササイズとストレングスエクササイズの両方にとって重要な燃料であることはよく知られている(3,30)。したがって、後続のストレングスエクササイズのパフォーマンスが低下するひとつの説明として考えられるのは、肝臓と筋に蓄えられているグリコーゲンの減少である(30)。急性干渉がエネルギー貯蔵量の低下と関連があるかを検証するために、Leveritt&Abernethy(30)は、炭水化物貯蔵量の減少が最大筋力および筋持久力のパフォーマンスに及ぼす影響を調査した。1回の有酸素性エクササイズセッション(最大有酸素性パワーの75%で60分間自転車漕ぎ、その後、同100%で41分間漕ぎ)を2日間の低炭水化物食(1.2±0.5 g/kg/日)と組み合わせると、筋持久力パフォーマンス(3×80% 1RMでのスクワットの総トレーニング量)は、コントロール条件(ストレングスエクササイズのみ)に比べ、マイナスの影響を受けた。

Leveritt&Abernethy(30)による研究と同様に、Aokiら(3)は、炭水化物の摂取が干渉効果を緩和できるかを調査した。この研究において、一方の群は、有酸素性エクササイズ(70% $\dot{V}O_{2peak}$ で45分)の前および運動中に、6%のマルチデキストリンを摂取した。他方の群はプラセボを摂取した。筋力パフォーマンス(レッグプレスを70% 1RMで失敗するまで2セット)に、群間の差は認められなかった。しかし、両条件で、最大反復回数はコントロール条件と比較すると少なかった。Leveritt&

Abernethy(30)が明らかにしたように、グリコーゲン貯蔵量の著しい減少が、遂行できる総トレーニング量にマイナスの影響を及ぼす可能性があると思われる。しかしAokiら(3)の結果は、有酸素性エクササイズが、おそらく干渉を引き起こすまで十分にグリコーゲンを減少させなかったため、グリコーゲンの補給が必要ではなかった可能性があることを示唆している。

それとは逆に、Salles Painelliら(47)は、クレアチンの補給(20 g/日ずつ7日間、その後研究期間を通して5 g/日)が、5kmのランニング(換気閾値の90%で連続的または1分： $\dot{V}O_{2max}$ で1分間欠的)を行なった後の最大筋力(1RM)と筋持久力(80% 1RMで最大反復回数まで4セット)に対し、プラスの影響を与えたことを明らかにした。指摘すべき重要なことは、Salles Painelliら(47)が行なった研究において用いられた補給プロトコルは、筋内のクレアチン貯蔵量の増加に効果的であることがすでに証明されていたことである。クレアチンの補給は、クレアチンリン酸をより迅速に補充するのに有利な筋内の遊離クレアチンを増加させ、高強度運動からのリカバリーを改善する可能性がある。著者らは、プラセボ群のみ、間欠的有酸素性エクササイズプロトコル後のレッグプレスにおいて、22%の総トレーニング量の減少を観察した。クレアチンを補給した被験者には、急性干渉効果の兆候はみられなかった。したがって、CTセッションの前に筋クレアチン貯蔵量を増やすことにより、有酸素性エクササイズ後の筋力と持久力のパフォーマンスの低下を予防できると思われる。

CT研究で用いられたもう1種類のエルゴジェニックエイドはカフェインである(45)。カフェインは中枢神経系への作用により疲労を遅らせる(27)。Rossiら(45)は、5kmの間欠的ランニング(1分： $\dot{V}O_{2max}$ で1分)の後のカフ

エインの補給が、ハーフスクワットの筋持久力(80% 1RMで最大反復回数まで4セット)のパフォーマンスに及ぼす影響を調査した。その結果、コントロール条件と比較して、筋持久力パフォーマンス(総量)に対する有意な効果は認められなかった。

β アラニンもCTに対する潜在的効果に関して研究が行なわれている(19)。 β アラニンは水素イオンの緩衝剤となる筋内のカルノシンを増やし、高強度運動後のpHの低下を抑制する可能性がある(48)。Freitasら(19)は、6.4 g/日の β アラニンを28日間摂取した。この期間の前後に、参加者は5kmの高強度の間欠的ランニング(1分：最大有酸素性速度で1分)を行ない、それに続いてST(レッグプレスを80% 1RMで4セット)を行なった。有酸素性エクササイズ後の筋力の低下は、28日間の β アラニンの補給により防止または緩和されなかった。

最後にFreitasら(20)は、5kmの高強度の間欠的ランニング(1分： $\dot{V}O_{2max}$ で1分)を先行して行ない、ハーフスクワットの最大反復回数(70% 1RMで4セット)をプラセボ群とカプサイシン補給群(12 mg)で比較した。カプサイシンアナログは、様々な唐辛子類に含まれる生理活性物質である。カプサイシンとそのアナログは、筋内のイオンチャンネルであるトリップブイワン(TRPV-1：transient receptor potential vanilloid-1)を活性化することによりカルシウムの放出を増加させ、その結果、アクチン-ミオシンフィラメントの相互作用が改善されて大きな力が発揮できる。トレーニング量(最大反復回数×負荷)は、カプサイシンアナログ条件のほうがより大きかった(2077.6±465.2 vs 1838.9±624.1 kg)。

以上の結果を踏まえると、炭水化物、カフェイン、 β アラニンの補給は、急性干渉効果を消去または軽減することは

できないが、クレアチンおよびカプサイシンアナログの補給は、少なくともこれらの著者らが研究したプロトコルでは、有酸素性エクササイズを行なった後の筋力パフォーマンスの低下を緩和する効果的な手段であると思われる。

おわりに

このレビューに含まれる研究に基づく、有酸素性エクササイズの強度に関しては、高強度インターバルエクササイズは、中強度エクササイズと比較すると、筋持久力パフォーマンスにより顕著なマイナス効果をもたらしたが、最大筋力には影響を与えなかったと結論づけることができる。有酸素性エクササイズの様式に関しては、自転車エクササイズは筋力および持久力のパフォーマンスに対し、ランニングよりも大きなマイナス効果をもたらした。有酸素性エクササイズの量に関しては、この変数を調査した研究は1件しかなかったが、少量(3km、約18分)では筋持久力パフォーマンスが低下することはないが、多量(5kmと7km、それぞれ約30分と約42分)になると悪影響が生じることが明らかとなった。

筋持久力のパフォーマンスは、活動間に4～8時間の回復インターバルを取ることで回復することを指摘するエビデンスがある。さらに、筋持久力の低下は、両エクササイズのどちらにも関与する筋群のみで起こる。最後に、カフェイン、炭水化物およびβアラニンによる筋持久力パフォーマンスへの悪影響を打ち消すことはできなかったが、クレアチンとカプサイシンアナログの補給はそれを可能にした。この研究の結論は、インフォグラフィック(図)でも見ることができる。

本稿で得られた結論は、体系的に変数を変化させた研究数がまだ不足しているため、限定的であることに注意することが重要である。ATとSTを同時

に行なうセッションは、多数の変数から成り立っているため、筋力に対する急性のマイナス効果を緩和または回避するために、専門職やコーチは、このレビューで説明されている結論を適用する前に、エクササイズプロトコルの特徴を考慮することが重要である。また、急性仮説は、結果的に干渉効果をもたらす可能性のある多くの因子の一部にすぎないため、筋力に対する急性マイナス効果を回避することが、必ずしも、筋力や筋肥大の向上に対する長期的影

響の可能性を完全になくすとはかぎらないことにも注意が必要である。◆

謝辞

Valéria LG Panissalは、インフォグラフィックの作成に関してNicolas Clarkに感謝します。



図 筋力パフォーマンスに対する急性干渉効果にかかわる重要変数の概要

References

1. Abernethy PJ. Influence of acute endurance activity on isokinetic strength. *J Strength Cond Res* 7: 141–146, 1993.
2. Aoki MS, Gomes RV, Raso V. Creatine supplementation attenuates the adverse effect of endurance exercise on subsequent resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 36: S334–S335, 2004.
3. Aoki MS, Pontes Junior FL, Navarro F, Uchida MC, Bacurau RFP. Carbohydrate supplementation fails to revert the effect of endurance exercise on subsequent strength exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 35: S368, 2003.
4. Baker D. The effects of an in-season of concurrent training on the maintenance of maximal strength and power in professional and college-aged rugby league football players. *J Strength Cond Res* 15: 172–177, 2001.
5. Balabinis CP, Psarakis CH, Moukas M, Vassiliou MP, Behrakis PK. Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *J Strength Cond Res* 17: 393–401, 2003.
6. Bell GJ, Syrotuik D, Martin TP. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol* 81: 418–427, 2000.
7. Bentley DJ, Zhou S, Davie AJ. The effect of endurance exercise on muscle force generating capacity of the lower limbs. *J Sci Med Sport* 1: 179–188, 1998.
8. Bentley DJ, Smith PA, Davie JA, Shi Z. Muscle activation of the knee extensors following high intensity endurance exercise in cyclists. *Eur J Appl Physiol* 81: 297–302, 2000.
9. Bijker K, De Groot G, Hollander A. Differences in leg muscle activity during running and cycling in humans. *Eur J Appl Physiol* 87: 556–561, 2002.
10. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Med* 43: 927–954, 2013.
11. Cadore EL, Izquierdo M, Alberton CL, et al. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. *Exp Gerontol* 47: 164–169, 2012.
12. Costill DL, Coyle EF, Fink WF, Lesmes GR, Witzmann FA. Adaptations in skeletal muscle following strength training. *J Appl Physiol Respirat Environ Exerc Physiol* 46: 96–99, 1979.
13. Craig BW, Lucas J, Pohlman R, Herbert S. Effects of running, weightlifting and a combination of both on growth hormone release. *J Appl Sport Sci Res* 5: 198–203, 1991.
14. De Souza EO, Tricoli V, Aoki MS, et al. Effects of concurrent strength and endurance training on genes related to myostatin signaling pathway and muscle fiber responses. *J Strength Cond Res* 28: 3215–3223, 2014.
15. De Souza EO, Tricoli V, Franchini E, et al. Acute effect of two aerobic exercise modes on maximum strength and strength endurance. *J Strength Cond Res* 21: 286–290, 2007.
16. Divljak G. *Acute Effect of Continuous Running or Cycling Exercise on Subsequent Strength Performance: A Concurrent Training Study [Master's Thesis]*. Stockholm, Sweden: Swedish School of Sport and Health Sciences, 2016.
17. Eddens L, Van Someren K, Howatson G. The role of intra-session exercise sequence in the interference effect: A systematic review with meta-analysis. *Sports Med* 48: 177–188, 2017.
18. Eklund D, Pulverenti T, Bankers S, et al. Neuromuscular adaptations to different modes of combined strength and endurance training. *Int J Sports Med* 36: 120–129, 2015.
19. Freitas MC, Cholewa JM, Panissa VLG, et al. Short-time b-alanine supplementation on the acute strength performance after high intensity intermittent exercise in recreationally trained men. *Sports* 7: 108, 2019.
20. Freitas MC, Cholewa JM, Panissa VLG, et al. Acute capsaicin supplementation improved resistance exercise performance performed after a high-intensity intermittent running in resistance-trained men. *J Strength Cond Res* 2019. [epub ahead of print].
21. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. American college of sports medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1334–1359, 2011.
22. Gergley JC. Comparison of two lower-body modes of endurance training on lowerbody strength development while concurrently training. *J Strength Cond Res* 23: 979–987, 2009.
23. Gravelle BL, Blessing DL. Physiological adaptation in women concurrently training for strength and endurance. *J Strength Cond Res* 14: 5–13, 2000.
24. Häkkinen K, Alen M, Kraemer WJ, et al. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *Eur J Appl Physiol* 89: 42–52, 2003.
25. Hickson RC. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol* 45: 255–263, 1980.
26. Holloszy JO, Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol* 56: 831–838, 1984.
27. Koenig J, Jarczok MN, Kuhn W, et al. Impact of caffeine on heart rate variability: A systematic review. *J Caff Res* 3: 22–37, 2013.
28. Kraemer WJ, Patton JF, Gordon SE, et al. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol* 78: 976–989, 1995.
29. Krieger JW. Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: A meta-analysis. *J Strength Cond Res* 24: 1150–1159, 2010.
30. Leveritt M, Abernethy P. Effects of carbohydrate restriction on strength performance. *J Strength Cond Res* 13: 52–57, 1999.
31. Leveritt M, Abernethy PJ. Acute effects of high intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. *J Strength Cond Res* 13: 47–51, 1999.
32. Leveritt M, Maclaughlin H, Abernethy PJ. Changes in leg strength 8 and 32 h after endurance exercise. *J Sports Sci* 18: 865–871, 2000.
33. McCarthy JP, Pozniak MA, Agre JC. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 34: 511–519, 2002.
34. Millet GY, Lepers R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports Med* 34: 105–116, 2004.
35. Millet GP, Vleck VE, Bentley DJ. Physiological differences between cycling and running: Lessons from triathletes. *Sports Med* 39: 179–206, 2009.
36. Murlasits Z, Kneffel Z, Thalib L. The physiological effects of concurrent strength and endurance training sequence: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci* 36: 1212–1219, 2018.
37. Panissa VLG, Cal Abad CC, Julio UF, Andreato LV, Franchini E. High-intensity intermittent exercise and its effects on

heart rate variability and subsequent strength performance. *Front Physiol* 7: 81, 2016.

38. Panissa VLG, Fukuda DH, DeOliveira FP, et al. Maximum strength development and volumeload during concurrent high intensity intermittent training plus strength or strengthonly training. *J Sports Sci Med* 17: 623, 2018.

39. Panissa VLG, Tricoli VA, Julio UF, et al. Acute effect of high-intensity aerobic exercise performed on treadmill and cycle ergometer on strength performance. *J Strength Cond Res* 29: 1077-1082, 2015.

40. Ralston GW, Kilgore L, Wyatt FB, Buchan D, Baker JS. Weekly training frequency effects on strength gain: A meta-analysis. *Sports Med Open* 4: 1-24, 2018.

41. Reed JP, Schilling BK, Murlasits Z. Acute neuromuscular and metabolic responses to concurrent endurance and resistance exercise. *J Strength Cond Res* 27: 793-801, 2013.

42. Reilly R, Morris T, Whyte G. The specificity of training prescription and physiological assessment: A review. *J Sports Sci* 27: 575-589, 2009.

43. Ribeiro N, Ugrinowitsch C, Panissa VLG, Tricoli V. Acute effects of aerobic exercise performed with different volumes on strength performance and neuromuscular parameters. *Eur J Sport Sci* 19: 287-294, 2019.

44. Robbins DW, Marshall PW, Mcewen M. The effect of training volume on lower-body strength. *J Strength Cond Res* 26: 34-39, 2012.

45. Rossi FE, Panissa VLG, Monteiro PA, et al. Caffeine supplementation affects the immunometabolic response to concurrent training. *J Exerc Rehab* 13: 179, 2017.

46. Sale DG, MacDougall JD, Jacobs I, Garner S. Interaction between concurrent strength and endurance training. *J Appl Physiol* 68: 260-270, 1990.

47. Salles Painelli V, Alves VT, Ugrinowitsch C, et al. Creatine supplementation prevents acute strength loss induced by concurrent exercise. *Eur J Appl Physiol* 114: 1749-1755, 2014.

48. Saunders B, Elliott-Sale K, Artioli GG, et al. Beta-alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 51: 658-669, 2017.

49. Shaw BS, Shaw I, Brown GA. Comparison of resistance and concurrent resistance and endurance training regimes in the development of strength. *J Strength Cond*

Res 23: 2507-2514, 2009.

50. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Doseresponse relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and metaanalysis. *J Sports Sci* 35: 1073-1082, 2017.

51. Sooneste H, Tanimoto M, Kakigi R, Saga N, Katamoto S. Effects of training volume on strength and hypertrophy in young men. *J Strength Cond Res* 27: 8-13, 2013.

52. Sporer BC, Wenger H. Effects of aerobic exercise on strength performance following various periods of recovery. *J Strength Cond Res* 17: 638-644, 2003.

53. Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, et al. Concurrent training: A meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *J Strength Cond Res* 26: 2293-2307, 2012.

From Strength and Conditioning Journal
Volume 44, Number 3, pages 46-57.

著者紹介



Valéria Leme Gonçalves Panissa :
The University of São Paulo (ブラジル、サンパウロ州)の体育スポーツ学部の共同研究担当教授。



Camila C. Greco :
São Paulo State University (ブラジル、サンパウロ州)の准教授。



Natalia Ribeiro :
The University of São Paulo体育スポーツ学部の研究員。



Ursula F. Julio :
The University of Ribeirão Preto(ブラジル、サンパウロ州)の准教授。



Valmor Tricoli :
The University of São Paulo体育スポーツ学部の教授。



Emerson Franchini :
The University of São Paulo体育スポーツ学部の准教授。