

Key Words【有酸素性：aerobic、レジスタンス(抵抗)：resistance、デイトレーニング：detraining、プログラムの作成：programming】

同時トレーニングの強度：プログラムデザインのための実践的アプローチ

Concurrent Training Intensities : A Practical Approach for Program Design

António C. Sousa,^{1,2} Ph.D. Henrique P. Neiva,^{1,2} Ph.D. Mikel Izquierdo,³ Ph.D.
 Ana R. Alves,^{1,2} Ph.D. Pedro Duarte-Mendes,^{4,5} Ph.D. André G. Ramalho,^{4,5} M.Sc.
 Mário C. Marques,^{1,2} Ph.D. Daniel A. Marinho,^{1,2} Ph.D.

¹Department of Sport Sciences, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal

²Research Center in Sport Sciences, Health Sciences and Human Development, CIDESD, Covilhã, Portugal

³Department of Health Sciences, Public University of Navarra, Pamplona, Spain

⁴Department of Sport and Well Being, Polytechnic Institute of Castelo Branco, Castelo Branco, Portugal

⁵Sport, Health and Exercise Research Unit, Polytechnic Institute of Castelo Branco, Castelo Branco, Portugal

要約

スポーツパフォーマンスは、いくつかの身体的変数の相互作用により影響を受ける。そのため大多数のスポーツは、総合的なパフォーマンスを最大限に高めるために、筋力と持久力両方の能力が必要である。したがって、レジスタンストレーニングと有酸素性トレーニングを組合わせた、一般に同時トレーニング(CT: concurrent training)と呼ばれるトレーニングが、特定のスポーツの要求に合わせた、筋力と有酸素性能力を同時に高める方法として近年用いられている。この組み合わせは困難を伴い、トレーニングの適応に影響を及ぼすこともあるため、コーチにとって問題の多いテーマである。本稿の主な目的は、様々なスポーツにおけるアスリートのパフォーマンスを改善するための実践的なCTをコーチに提案することである。

はじめに

同一トレーニングセッション内、または異なるセッションにおいて、有酸素性能力と筋力の両方の向上を目的に身体活動を行なうことは、通常、同時トレーニング(CT: concurrent training)と呼ばれ、近年で研究対象となっている(21)。初期の研究では、CTは有酸素性能力および/または筋力の利益を損なう可能性があることを指摘された(6,9,19)。だが、最近の研究結果では、反対に、CTは有酸素性能力と筋力それぞれのパフォーマンスを改善することが示唆されている(5,34,35)。このような研究間の相違は、研究デザインおよび/またはトレーニングプロトコルの相違により説明できるだろう(14)。したがって、より一層決定的な結果を得るためには、複数の変数を適切な方法で組み合わせることが重要である。

ストレングストレーニングと有酸素性トレーニングの干渉作用は、量や強度および/またはトレーニング負荷の配分など、トレーニングプログラムに関連するいくつかの因子によって起

る可能性がある(8)。量に関しては、エクササイズの種類および/または持続時間を考慮した場合、週当たり多量のトレーニングを行なうことにより筋力の増大が損なわれることが明らかとなった(20)。残念ながら、有酸素性および/またはストレングストレーニングにおける実施強度の調節に関するエビデンスは少なく、存在するエビデンスも最近のものである(36,37)。したがって、これら2つの変数がどちらもきわめて重要なスポーツにとって、有酸素性トレーニングとレジスタンストレーニングの両方をいつプログラムするかが重要な問題であると思われる。

特に有酸素性トレーニングとストレングストレーニングを組合わせた場合、CTの強度は、有酸素性能力と筋力のどちらのパフォーマンスにも影響を及ぼしうる変数であることが報告されている(13,27)。例えば、先行研究は、少量で高強度のストレングストレーニング(最大筋力トレーニングやプライオメトリックス/爆発的なレジスタンストレーニングなど)は、それ自体単独

で、有酸素性能力と筋力のどちらのパフォーマンスにも、中強度のトレーニングよりも大きな向上をもたらすと論じた(31)。

ストレングス&コンディショニング(S&C)専門職は、より効率的に、またより早く、より良い結果を得るために、筋力と有酸素性能力の両方のトレーニングを同時に取り入れたプログラムを処方することが勧められる(21)。そのためコーチや専門職は、量や強度、持続時間、さらにピリオダイゼーションモデルなどに関して、CTプログラムをいかに計画すべきか、いかに負荷を活用しパフォーマンスを高めるか、その具体的な方法を知る必要がある。したがって、本稿の主な目的は、競技パフォーマンスの向上をもたらすCTトレーニングの処方効果を効果的に作成するための知識と助言をコーチに提供することである。

同時トレーニング中の強度

8週間のCT後、パフォーマンスが向上したことを示した研究がいくつかある(40,42)。さらに、それはトレーニング期間後の筋力と有酸素性能力の増大によって達成された成果であり、短期間実施されたCTの有効性を示唆している。この結果は、筋力と有酸素性能力の向上のためにCTが利用できることを明らかにした。しかし、レジスタンストレーニングと有酸素性トレーニングの負荷の組み合わせには若干の注意が必要である。例えばSouzaら(12)は、高強度(最大酸素摂取量に近い)の有酸素性エクササイズを組み合わせたトレーニングでは、最大筋力と筋持久力の向上が損なわれると結論づけた。同様の結果をChtaraら(9)も観察している。この著者らは高強度の有酸素性エクササイズで構成された12週間のCT後、筋力と筋発揮パワーの低下を確認した。両研究の著者が、パフォーマンスの低下は有酸素性トレーニング中

の疲労により生じ、疲労がレジスタンストレーニングまたは筋の適応を妨げたことを示唆した(9,12)。

この干渉作用について、Kraemerら(23)による詳しい調査が行なわれた。著者らは身体活動の活発な男性被験者を対象に、12週間(週4回)にわたりCT中における筋線維の形態的な適応を調査した。レジスタンストレーニングだけを行なった群では、タイプIとIIAおよびIICにおける筋線維の増大が認められ、同時にレジスタンストレーニングと有酸素性トレーニングを行なった実験では、タイプIIAの筋線維が増大し、さらに、有酸素性トレーニングだけを行なった群では、タイプIとIICの筋線維における縮小が認められた。これらの結果は、レジスタンストレーニングを有酸素性トレーニングと組み合わせると、レジスタンストレーニングによる適応が低減する可能性があることを示唆している。レジスタンストレーニングは有酸素性トレーニングを促進すると思われるが、その逆は成立しないと思われる。これは、有酸素性パフォーマンスの向上には、有酸素性トレーニングだけを行なうよりも、CTを行なうほうがより効果的であることを示唆した他の研究者により確認されている(16,23)。

入手可能な研究から我々が確認したことは、CTを行なった際に、1つの能力が別の能力に干渉することはないという結果である(24)。Alvesら(2)は、ストレングストレーニングだけを単独で行なった場合と、ストレングストレーニングと有酸素性トレーニングを組み合わせた場合におけるセッション内およびセッション間の効果を比較した。その結果、ストレングストレーニングと有酸素性トレーニングを同時に行なった群では、ストレングストレーニングだけを行なった群に比べ、爆発的筋力と有酸素性能力がどちらもより大きく向上した。Balabinisら(4)の研究で

は、CT群の筋力と筋パワーは、レジスタンストレーニングだけを行なった群と同程度に向上した。このようなCTの干渉効果に関する結果の不一致は、現在では、複数のプログラム因子の結果であると理解され、有酸素性および/またはレジスタンストレーニングの強度を主要な問題として考慮する必要がある。

強度は、大抵、トレーニングプログラムと適応に大きな影響を及ぼすとみなされる(38)。トレーニング強度の変化は、分子のシグナル伝達とタンパク質合成の大きさに影響を与える可能性があり(13)、したがって、エクササイズ様式間における干渉の程度に影響を及ぼし、また、プログラム変数に依存して変化するだろう(11,13)。CTプログラムの作成におけるこの問題に諸研究が注目したのはここ最近のことであり、また、レジスタンストレーニングと有酸素性トレーニングの様々な強度の組み合わせを比較し、最大の向上をもたらす組み合わせを発見しようとした研究はまだ少数である(27,36,37,40)。大多数の研究は、トレーニングによる適応の理由を理解するために、様々なトレーニング負荷の配分とトレーニング方法を比較しようとしたため、トレーニングによる適応の理由を理解することが困難であった。

我々著者が知るかぎり、Souzaら(36,37)はレジスタンストレーニング負荷の異なる配分や有酸素性トレーニングの異なる強度を用いてその効果を調査し、筋力と有酸素性能力の変数それぞれに対するディトレーニング期間の影響を調査した最初の研究であった。トレーニング強度(低、中、高強度)にかかわらず、低強度の有酸素性トレーニングと組み合わせたレジスタンストレーニングが、筋力と有酸素性能力の両方に効果的であるとの結果が得られた(36)。しかし著者らは、レジスタンストレーニング中により高負荷を選択

することは、垂直跳びや短距離スプリントの運動中における爆発的筋力の増大をもたらすことを発見した(36)。レジスタンストレーニングを高強度、中強度または低強度の有酸素性トレーニングと組み合わせると、心肺持久力は同程度に向上したが、最大筋力に最大の向上をもたらしたのは、有酸素性トレーニングの負荷が最小の場合であった(37)。さらに、中～高強度の負荷のレジスタンストレーニングを低強度の有酸素性トレーニングと組み合わせると、トレーニングを4週間休止後の低下が、より少ないことも明らかになった(37)。

プログラムデザインの一例

個人またはチームで行なう大多数のスポーツは、最適なパフォーマンスを発揮するために多数の身体能力を必要とする。例えば、筋力、スピード、パワー、心肺持久力などである(41)。いくつかのスポーツでは、すべての能力で優れたパフォーマンスが達成された場合にすぎない(41)。実際、アスリートは反復スプリント(10)やジャンプ、方向転換(24)、投てきやシュート(15,25)などを行なう身体的準備が整っていないと成功できない。大多数のアスリートは、その能力を発揮するためには筋力を鍛える必要があり、それだけでなく、試合中や大会期間中を通して、またシーズン全期間を通して高いレベルのパフォーマンスを回復、維持するためには、心肺持久力の向上も図る必要がある(24)。

複数の研究により、筋力や有酸素性能力など、多様な競技パフォーマンス変数を向上させるために、CTプログラムを作成し、安全に実施できることが示された(3,26)。例えば、バスケットボール選手による7週間のCTプログラムは、単独で行なうレジスタンストレーニングと比較すると、垂直跳びのパフォーマンスの向上により効果的であ

った(4)。一流サッカー選手のプレシーズン中に行なわれた別の研究でも、CTが爆発的な筋力の向上をもたらしたことが明らかになった(18)。鍛錬者間で行なわれたもう1件の研究も、6週間のCTによる介入後に筋力が増大したことを報告した(27)。最後に、プロサッカー選手において、8週間のCTにより、爆発的なパフォーマンスと有酸素性持久力が効果的に促進された(42)。

CT中に用いられた強度に関して、Sousaら(36)は、有酸素性トレーニングおよびレジスタンストレーニングの様々な負荷を組み合わせた8週間のレジスタンストレーニングプログラムが筋力と有酸素性能力を改善したことを報告した。それにもかかわらず、1RMの55%以上の負荷を用いたレジスタンストレーニングが爆発的なパフォーマンスを最大限に高めること、高負荷であるほど能力の増加も大きいことが示唆された(カウンタームーブメントジャンプ[CMJ]や短距離スプリントなど)。これを念頭に置き、我々は同じレジスタンストレーニングの負荷を異なる有酸素性トレーニングの強度と組み合わせ比較した(37)。その結果、有酸素性能力は同程度に向上したが、最大筋力は、中強度や高強度の有酸素性トレーニング群に比べ、低強度の有酸素性トレーニング群でより大きく向上したことが明らかとなった(37)。

我々の研究室やその他の研究から得られた最近の知見に基づいて、我々は、週2回、8週間の実践的なCTの実施例を提案する(表1)。我々が提供するものは、下肢の筋力と筋パワーおよび有酸素性パフォーマンスを促進するためのCTの現場での応用例である。CTは、ジャンプや反復スプリントおよび下肢の最大筋力などが必要とされる個人またはチームスポーツで利用できる。我々の研究デザインでは、Kraemer & Ratamess(22)が推奨する、漸進の3つ

の基本原則を尊重した。すなわち、漸進的過負荷とバリエーション、そして特異性である。最初の週はトレーニングへの初期の適応を中心に、また同時に、爆発的筋力の増大を図るために、低負荷のレジスタンストレーニングと少量の有酸素性トレーニングを中心にプログラムを作成した。例えば、前述の研究(1)から得たデータからは、遅筋線維から速筋線維への変化は見られないが、速筋線維(IIaとIIb)内の適応はトレーニングの初期段階に起こることが示唆される。

トレーニングプログラムは特異的であり、トレーニングの目的に適合している必要があるという点を考慮して(32)、我々は、トレーニングに対する無酸素性の筋の適応に役立つように、フルスクワット(FS)、CMJおよびスプリントを取り入れた。各セット間およびエクササイズ間の休息は2～3分とした(25,36)。可能な限りの向上を達成するために、参加者には、すべてのエクササイズを意図的に最大速度で行なうように指示すべきである(19)。それぞれの参加者がFSで用いる負荷は、最初に単独で実施したスクワットによる筋力測定で記録した1RMに従って割り当てられる。したがって、FSエクササイズの相対的強度は70～85% 1RMまで徐々に増加させた。筋力はトレーニングにより増大することが予想されるため、トレーニングを4週間行なった時点で中間の筋力測定を実施し、各アスリートの必要な負荷を修正した。要求された強度で適切にトレーニングを実施できるように、アスリートは、レジスタンストレーニングと有酸素性トレーニングの間に15～20分休息をとる必要がある(23)。このトレーニング要素は、実践環境における評価や管理が容易になるように作成された。各アスリートの最大スピード(予め実施した20分のマルチステージ・シャトルランテスト中に達成された値に基づく)の80%で

行なう20mのシャトルランエクササイズを16～20分含んでいる。

我々のプログラムでは、アスリートが意識的に最大速度ですべてのレップを反復できるように、少レップのモデルを用いている。目標が負荷を増大させることであれば、コーチは外部負荷を変更するか、またはレップ数ではなくセット数を増やすことが勧められる(25)。この主題に関してCamposら(7)は、8週間にわたり、外側広筋の適応に関して3種類の異なるレジスタンストレーニングプログラムの効果を比較した。すべてのトレーニング処方が、II BからII Aへの転換という筋線維に類似の変化をもたらしたが、興味深いことに、動的筋力の最大の向上は(中程度のレップ数や多レップに比べ)少レップのトレーニングで認められた。これは、より多くのレップ数(より多くのエクササイズ)が優れているとはかぎらない、という疑問を提起している。こうして提案したCTプログラムでは、各セッション間に72時間の回復時間を必要とすることを考慮している(22)。したがってアスリートは、疲労していない状態で自らの競技に特異的なトレーニングを行ない、技術的な能力を最大化できると思われる。

我々は8週間の例を提供することを選択したが、それは、トレーニングの適応における初期段階では神経系が大きな役割を果たし(33)、その後4～8週間のトレーニングを経て筋肥大が明らかになるためである(23,28)。さらに、大多数のトレーニング処方が、競技トレーニングだけでなくストレングストレーニングプログラムにおいても4～8週間のトレーニングサイクルを用いており、多くの研究が8週間をベースラインとしている。例えば、Botonisら(5)の最近の観察によると、試合前のトレーニング期間に高強度の有酸素性トレーニングを用いたCTは、水泳のパフォーマンスを促進する効果的な処方

表1 下半身の筋力と心肺持久力の向上を目指す8週間の同時トレーニングの例

エクササイズ	セッション															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
フルスクワット (% 1RM : S×R)	70 : 3×6	70 : 3×6	70 : 3×8	70 : 3×8	75 : 3×6	75 : 3×8	75 : 3×8	75 : 3×8	80 : 3×5	80 : 3×5	80 : 3×5	80 : 3×5	85 : 3×5	85 : 3×5	85 : 3×5	85 : 3×5
CMJ (S×R)	2×4	2×4	2×5	2×5	2×5	2×5	2×5	2×5	2×5	3×5	3×5	3×5	3×5	3×5	3×5	3×5
スプリント (S×D)	2×30m	2×30m	2×30m	2×30m	3×30m	3×30m	3×30m	3×30m	3×20m	3×20m	3×20m	4×20m	4×20m	4×20m	3×20m	3×20m
20mシャトル ラン (持続時間と% MASによる強度)	16分 (80%)	16分 (80%)	16分 (80%)	16分 (80%)	16分 (80%)	16分 (80%)	20分 (80%)									

1RM=最大挙上重量、CMJ=カウンターストップジャンプ、S×R=セット数×レップ数、S×D=セット数×距離、% MAS=各参加者が20mマルチステージ・シャトルランテストで達成した最大速度に対する割合

あると思われる。彼らは8週間のトレーニングプログラムを用いたが、それは水球の試合期前の実際の準備期間である。最近Rivièreら(30)は、ユーラグビーの一流選手を対象に、エラストックバンドを用いた各種レジスタンストレーニングの効果を研究し、6週間のCTが上半身の筋力、速度およびパワーの向上を可能にすることを明らかにした。我々の提案する例は8週間で構成されているが、より長期間への拡大も反復も可能であると考えられる。

それぞれのトレーニング段階は大概2～10週間で、全トレーニング周期は8～35週間続く(17)。長期に及ぶ試合期(連続26週など)を考慮する場合は、毎週またはマイクロサイクルごとに強度の調節が必要となるだろう。ピリオダイゼーションは量と強度の体系的な変動である(29)。ただし、それらの要素を別々に分けて論じることは問題が多い。作業負荷の変動がパフォーマンスの向上を促進できることは明らかになっている(39)。実際、量と強度を特定の順序で用いたピリオダイゼ

ーションプログラムのバリエーションは、向上をもたらす最適な方法を提供する(39)。我々の考えでは、この点およびデイトレーニング期間後のCTの効果を認識すると、最低8週間をCTに費やすべきであり、また無負荷の期間は最大2週間とすることで、すでに獲得した筋力および有酸素性能力の増大の減少を回避する必要がある。このデイトレーニング期間は、超回復効果により直前に達成した増加の最大化も可能にする(43)。CT中の強度に関する最近の研究はシーズン全体を通した負荷の配分を重視していること、またPolarized(負荷の2極化)モデルが推奨されていることを認識することが重要である(40)。

ここに挙げたCTトレーニングは、運動を精緻化し、技術的、戦術的なコンディショニングと組み合わせることにより、チームスポーツにも応用できるだろう。この処方ではまた、2～3週間の国内および/または国際試合に出場する選手のために、試合期の特に重要な時期にも実施できるだろう。しかし、そ

のような場合には、身体的、心理的な回復時間を考慮すべきである。さらに、コーチ自身のCTプログラムを作成する際に役立つ提言を表2に示す。

まとめ

CT研究により、トレーニングを適切に組み合わせれば、アスリートのパフォーマンスに有益な効果をもたらすことが明らかになっている。したがって、レジスタンストレーニングおよび/または有酸素性トレーニングの強度は、より大きなパフォーマンスの向上にきわめて重要な役割を果たすと思われる。ここに集めた少数の現存する研究は、異なる強度の有酸素性および/またはレジスタンストレーニングを用いているが、それにもかかわらず、いずれの研究もCTによる筋力と心肺持久力の向上を明らかにした。しかし、高強度のレジスタンストレーニングを低強度の有酸素性トレーニングと組み合わせた場合に、神経筋の向上がより大きくなる傾向が認められる。また、低強度の有酸素性トレーニングを用いた場

表2 同時トレーニング中に推奨される強度の組み合わせ

	推奨
総合的	プラスの効果を得るためには少なくとも6週間の期間が必要。
	同時トレーニング(レジスタンスと有酸素性)は少なくとも週2回行なう。
	トレーニングを各競技に特異的なエクササイズで構成する。
	パフォーマンスの低下を生じることなく、2週間までのデイトレーニング(傷害、回復など)が可能。
レジスタンス トレーニング要素	高速運動を用いる。
	外部負荷を用いるエクササイズ(スクワット、ベンチプレスなど)と爆発的エクササイズ(ボールスロー、ジャンプなど)を組み合わせる。
	爆発的エクササイズはトレーニングの最初に取り入れる。
	1セット当たりのレップ数を少なくし(<8)、休息時間を長くとり(>2分)。
	レップ数ではなくセット数を増やすことにより漸進させる。
外部負荷は中～高強度(>55% 1RM)とする。	
有酸素性 トレーニング要素	有酸素性トレーニングはレジスタンストレーニング後に行なう。
	低強度(<LTまたは<75%最大有酸素性能力)を用いる。
	心肺持久力の向上のためには高強度(> $\dot{V}O_2\max$)で行なう。
	シーズン中はトレーニングのPolarizedモデル(換気閾値より65%低い強度と、呼吸性代償閾値より10%高い強度を組み合わせる)に従う。

LT=乳酸性作業閾値、RM=最大反復挙上重量、 $\dot{V}O_2\max$ =最大酸素摂取量

合に、より高い有酸素性適応が認められた。この事実と2週間を超えるディトレーニング期間はそれ以前に獲得した利益を損なうおそれがあることを認識していれば、コーチは、筋力と心肺持久力の向上および競技パフォーマンスの最適化を目的としたCTプログラムを作成できるだろう。◆

謝辞

このプロジェクトは、国内の研究資金 (FCT -Portuguese Foundation for Science and Technology (UID/DTP/04045/2019)) を受け、また、COMPETE 2020 Programme (POCI-01-0145-FEDER-006969) を通じて、EUにより割り当てられたEuropean Fund for Regional Development (FEDER) の資金提供を受けた。また次のすべての組織からもこの研究のための資金提供を受けたことをここに記す。National Institutes of Health (NIH)、Welcome Trust、Howard Hughes Medical Institute (HHMI)、その他。

References

- Allemeier CA, Fry AC, Johnson P, et al. Effects of sprint cycle training on human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 77: 2385–2390, 1994.
- Alves AR, Marta CC, Neiva HP, Izquierdo M, Marques MC. Concurrent training in prepubescent children: The effects of 8 weeks of strength and aerobic training on explosive strength and VO_2max . *J Strength Cond Res* 30: 2019–2032, 2016.
- Arazi H, Faraji H, Moghadam MG, Samadi A. Effects of concurrent exercise protocols on strength, aerobic power, flexibility and body composition. *Kinesiology* 43: 155–162, 2011.
- Balabinis CP, Psarakis CH, Moukas M, et al. Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *J Strength Cond Res* 17: 393–401, 2003.
- Botonis PG, Toubekis AG, Platanou TI. Concurrent strength and interval endurance training in elite water polo players. *J Strength Cond Res* 30: 126–133, 2016.
- Cadore EL, Pinto RS, Lhullier FLR, et al. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int J Sports Med* 31: 689–697, 2010.
- Campos GE, Luecke TJ, Wendeln HK, et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol* 88: 50–60, 2002.
- Chtara M, Chamari K, Chaouachi M, et al. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br J Sports Med* 39: 555–560, 2005.
- Chtara M, Chaouachi A, Levin GT, et al. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. *J Strength Cond Res* 22: 1037–1045, 2008.
- Clanton R, Dwight MP. *Team Handball. Steps to Success*. Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1997.
- Coffey VG, Hawley JA. Concurrent exercise training: Do opposites distract? *J Physiol* 595: 2883–2896, 2017.
- 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: 1286–1290, 2007.
- Fyfe JJ, Bishop DJ, Stepto NK. Interference between concurrent resistance and endurance exercise: Molecular bases and the role of individual training variables. *Sports Med* 44: 743–752, 2014.
- Garci[Combining Acute Accent] a-Pallare[Combining Acute Accent] s J, Izquierdo M. Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Med* 41: 329–343, 2011.
- Granados M, Izquierdo M, Ibanez J, Bonnbau H, Gorostiaga EM. Differences among elite and amateur female handball players. *Int J Sports Med* 28: 860–867, 2007.
- Hakkinen 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.
- Hartmann H, Wirth K, Keiner M, et al. Short-term periodization models: Effects on strength and speed-strength performance. *Sports Med* 45: 1373–1386, 2015.
- Helgerud J, Rodas G, Kemi OJ, Hoff J. Strength and endurance in elite football players. *Int J Sports Med* 32: 677–682, 2011.
- Izquierdo M, Hakkinen K, Ibanez J, et al. Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. *Eur J Appl Physiol* 94: 70–75, 2005.
- Jones T, Howatson G, Russell M, French D. Performance and neuromuscular adaptations following differing ratios of concurrent strength and endurance training. *J Strength Cond Res* 27: 3342–3351, 2013.
- Kang J, Ratamess N. Which comes first? Resistance before aerobic exercise or vice versa? *ACSMs Health Fit J* 18: 9–14, 2014.
- Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 36: 674–688, 2004.
- 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.
- Marques MC, Gonzalez-Badillo JJ. In-season resistance training and detraining in professional team handball players. *J Strength Cond Res* 20: 563–571, 2006.
- Marques MC, van den Tillaar R, Vescovi JD, Gonzalez-Badillo JJ. Relationship between strength, power, force, and velocity qualities and performance in 3-step running throw ability. *Int J Sports Physiol Perform* 2: 414–422, 2007.
- Marta C, Marinho DA, Barbosa TM, Izquierdo M, Marques MC. Effects of Concurrent training on explosive strength and VO_2max in prepubescent children. *Int J Sports Med* 34: 888–896, 2013.
- Petré H, Lofving P, Psilander N. The effect of two different concurrent training programs on strength and power gains in highly-trained individuals. *J Sports Sci Med* 17: 167–173, 2018.
- Phillips SM. Short-term training: When do repeated bouts of resistance exercise become training? *Can J Appl Physiol* 25: 185–193, 2000.
- Plisk SA, Stone MH. Periodization strategies. *Strength Cond J* 25: 19–36, 2003.
- Rivière M, Louit L, Strokosch A, Seitz LB. Variable resistance training promotes greater strength and power adaptations than traditional resistance training in elite youth rugby league players. *J Strength Cond Res* 31: 947–955, 2017.
- Rønnestad BR, Mujika I. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scand J Med Sci Sports* 24: 603–612, 2014.
- Sáez de Villareal E, Requena B, Izquierdo M, Gonzalez-Badillo JJ. Enhancing sprint and strength performance: Combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *J Sci Med Sport* 16: 146–150, 2013.

33. Sale DG II. Neural adaptation to strength training. In: *Strength and Power in Sport*. Komi PV, ed. Malden, MA: Blackwell Science, 2003. pp. 281-314.
34. 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.
35. Silva RF, Cadore EL, Kothe G, et al. Concurrent training with different aerobic exercises. *Int J Sports Med* 33: 627-643, 2012.
36. Sousa AC, Marinho DA, Gil MH, et al. Concurrent training followed by detraining: Does the resistance training intensity matter? *J Strength Cond Res* 32: 632-642, 2018a.
37. Sousa AC, Marinho DA, Gil MH, et al. Concurrent training followed by detraining: Does aerobic training intensity matter? *J Strength Cond Res* 32:632-642, 2018.
38. Stöggl T, Sperlich B. Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Front Physiol* 5: 33, 2014.
39. Stone MH, O'Bryant HS, Schilling BK, et al. Periodization. Part 1: Effects of manipulating volume and intensity. *Strength Cond J* 21: 56-62, 1999.
40. Varela-Sanz A, Tuimil JL, Abreu L, Boullosa DA. Does concurrent training intensity distribution matter? *J Strength Cond Res* 31: 181-195, 2016.
41. Wilson JM, Marian 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.
42. Wong P, Chaouachi A. Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 24: 653-660, 2010.
43. Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. *Science and Practice of Strength Training*.ampaign, IL: Human Kinetics, 2006.

From Strength and Conditioning Journal
Volume 42, Number 2, pages 38-44.

著者紹介



António C. Sousa :
The University of Beira Interiorのスポーツ科学学科の教授。



Henrique P. Neiva :
The University of Beira Interiorのスポーツ科学学科の教授。



Mikel Izquierdo :
The Public University of Navarra健康科学学科の学科長でバイオメカニクスと運動生理学の正教授。



Ana R. Alves :
Polytechnic Institute of Bejaの人文科学・スポーツ学科の教授。



Pedro Duarte-Mendes :
Polytechnic Institute of Castelo Brancoの教育・スポーツ・健康学科の教授。



André G. Ramalho :
Polytechnic Institute of Castelo Brancoの教育・スポーツ・健康学科の教授。



Mário C. Marques :
The University of Beira Interiorのスポーツ科学学科の正教授。



Daniel A. Marinho :
The University of Beira Interiorのスポーツ科学学科の准教授。