

Key Words 【ピリオダイゼーション：periodization、体力：fitness、疲労：fatigue、回復：recovery、準備(状態)：preparedness、累積的：summated、波状(非線形)：undulating、複合形：conjugate、テーパリング：taper】

ピリオダイゼーションの科学と実践： 簡潔なレビュー

The Science and Practice of Periodization: A Brief Review

Anthony Turner, MSc, CSCS

London Sport Institute, Middlesex University, London, England

要約

ピリオダイゼーションは、体系的なストレングス&コンディショニングプログラムを作成するための最適な方法である。ただし、選択した方法が、アスリートのレベルと競技シーズンの制約に基づいている必要がある。すべてのピリオダイゼーションプロトコルに必要とされる共通の課題は、量-負荷の調整、一般的なトレーニングから競技特異的トレーニングへの漸進、そして疲労の解消である。特に疲労の解消に重要なこととして、試合前のテーパリングが有益であると思われる。ピリオダイゼーションの有効性を示す多くの事例証拠が存在するとはいえ、上級アスリートにおける長期間(>4年)のピリオダイゼーションの活用とその限界を理解するためには、さらなる科学的な研究が必要である。しかしながら、ピリオダイゼーションの活用は当面、本稿に取り上げた研究により推奨され、支持される。

序論

ピリオダイゼーションは、アスリートのピークパフォーマンスを達成するための非常に優れた方法であると考えられている(16,26,71-73)。しかし、ピークパフォーマンスは2~3週間しか維持することができないため(74)、これを遠い将来の競技日程(オリンピックなど)に合わせて調整する能力は、すべてのストレングス&コンディショニング(以下S&C)コーチにとって必要な基本的スキルであると同時に、科学的知識と現場におけるピリオダイゼーションの実践を積んだ後、ようやく達成できるスキルでもある。さらにピリオダイゼーションは、現場への応用を左右する科学的な正確性が明らかに不足しているにもかかわらず(8,16,21,64,71)、幅広く採用され(11-13,67)、また推奨されている(26,27,64)。したがって本稿の目的は、ピリオダイゼーションの理論と方法論に関するS&Cコーチの認識の一助となるように、ピリオダイゼーションの概要を簡潔に示すことである。本稿により、ピリオダイゼーションの実施と現場における成功がさらに促進されることを希

望する。

ピリオダイゼーションの定義

ピリオダイゼーションは、運動能力の強化および疲労と適応の管理を通してピークパフォーマンスをもたらすトレーニング計画、と定義できるだろう。これは主として、トレーニング方法および量-負荷を合理的かつ創造的に変化させることにより達成される(50)。後者について重要な点は、多くのピリオダイゼーションの特徴でもあるように、トレーニングの量と強度(量-負荷)が逆相関関係を有することである(図1)。唯一の明らかな例外は、計画的なオーバーリーチングの期間である(図2)。

Plisk & Stone(64)は、ピリオダイゼーションは循環的または周期的区分に基づいて実施し、マクロサイクル、メゾサイクル、ミクロサイクルに分けて組み立てることを提言した。これらのサイクルでは、広範囲の運動負荷から集中的な運動負荷へ(すなわち多量から高強度へ)漸進する(図1)。これらのサイクルは割り当てられた期間の長さによって定義されることが多い。

マクロサイクルは年単位、メゾサイクルは月単位、ミクロサイクルは週単位である。しかし、各サイクルの時間枠には大きな変動があり、例えばオリンピックのS&Cプログラムでは、マクロサイクルが4年以上継続する。さらにメゾサイクルは、4±2週間を1ブロックとする複数のブロックに区分されることが多い。この期間が最適な適応をもたらす時間枠と考えられるためである(51,64,74,84,87)。

また、ピリオダイゼーションは一般的な運動課題から特別な運動課題への漸進により定義されることも多い(図1では、プログラムが進行し試合が近づくにつれて、技術的/競技特異的能力の要素が組み込まれていることに注意)(64)。これはさらにBompa & Haffの研究(5)によっても支持される。彼らは、ピリオダイゼーションの2つの主要な段階を準備期と試合期として報告した(図1)。準備期は、さらに2つの副次的段階に区分される。一般的身体トレーニング期(GPT: General Physical Training)と競技特異的身体トレーニング期(SSPT: Sport-Specific Physical Training)である。GPTの目的は、後の運動負荷に備えてアスリートの運動能力を高め、適応力を最大化することである(5)。SSPTは試合期への移行を円滑に進める働きがあり、それにより、身体能力がスポーツの生理学的特性に特異的に発達し、競技特異的能力を完璧にする(5)。試合期には、Nadori & Granekが示唆するように(59)、最低限の目標として、SSPTの間に向上した運動能力を維持することである(表1)。

Zatsiorsky & Kraemerは、準備期の重要性を強調している(87)。彼らは「早く熟せば、早く腐る」という比喩を用いた。このことは、Fryらのデータ

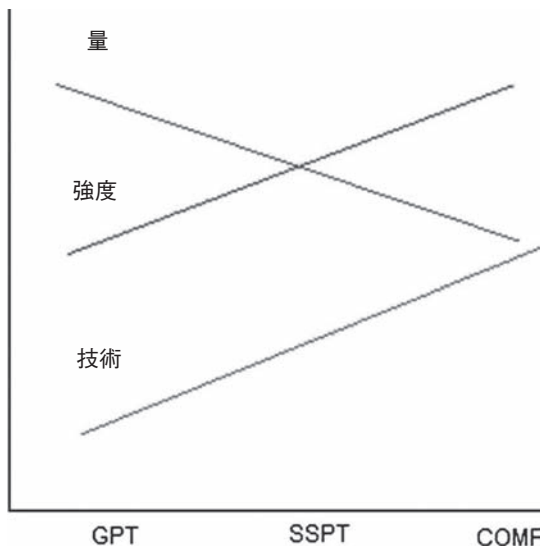


図1 量と強度の逆相関関係。一般的に、ピリオダイゼーションプログラムが進行し試合が近づくにつれて、強度を高め、量を減少させる。
GPT=一般的身体トレーニング、SSPT=競技特異的身体トレーニング、COMP=試合

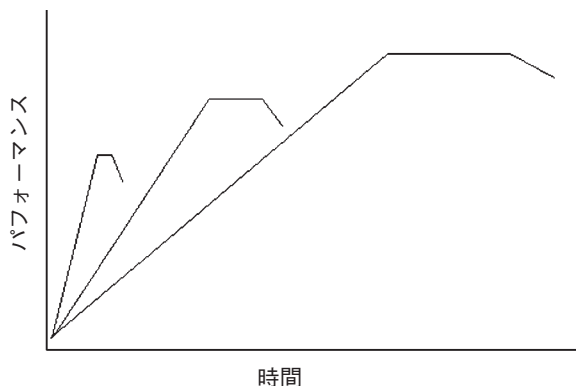


図2 トレーニング強度は、パフォーマンスのピークを維持できる期間およびピークの高さと逆相関関係にある。(Stonesら(74)の情報に基づく)

表1 ピリオダイゼーションの基本段階と下位区分

トレーニングの段階	準備期		試合期
	GPT	SSPT	
各段階の目標	↑有酸素性・無酸素性能力 ↑神経筋系の機能	競技特異的能力の発達と最適化	運動能力のコンディショニング維持

Bompa & Haff (5)の情報に基づく

GPT=一般的身体トレーニング SSPT=競技特異的身体トレーニング ↑=向上

(19)およびStoneらの研究(74)でも示されているように、トレーニング強度の平均が、パフォーマンスのピークを

維持できる時間およびピークの高さと逆相関関係にあることを示唆している(図3)。

ピリオダイゼーションの基本要素の定義に関する最後の注意点として、S&Cコーチは、ピリオダイゼーションの科学と実践が、主に仮説をもたらす研究、事例証拠、および関連研究に大きく依存しているという事実を認識しなければならない(8,16,21,64,72)。しかも大部分の研究は調査期間が短く(5~16週間)、また被験者もトレーニング経験の少ないアスリートに限られている(8,16,21,64,72)。このような議論の余地のある問題はCissikらのレビューで指摘されている(8)。読者がさらに分析を進めるためには、このレビューを参照することを勧めたい。しかし、科学的証拠に基づく理論にはこのような課題が残されてはいるものの、あらゆる集団に幅広くピリオダイゼーションの利用を提唱するための十分な事例証拠やケーススタディの報告があり、また、ほぼ客観的な研究が存在することは指摘しておく必要がある。

回復と適応

メゾサイクルのブロックは、通常、

3:1の負荷パラダイムを用いて調整する(図3)。すなわち、最初の3つのマイクロサイクル(週)で負荷を徐々に増やし、続く第4のマイクロサイクルで負荷を減少させる(ピリオダイゼーションプログラムの典型的非線形パターンを作る)。負荷の減少段階では疲労を軽減し、そうすることで適応を起こさせる(26,27,64)。運動休息比(トレーニングセッションに関して)を適切に計画することの重要性は、Nadori & Granek(59)およびPlisk & Stone(64)の論文により証明されている。彼らは、負荷を漸増させる段階が多ければ、負荷を減少させる段階もそれだけ多く必要であり、例えば、4:2のパラダイムとするよう提言している。また指摘すべき点として、トレーニング適応は回復期に起こるため(27)、蓄積された疲労軽減の必要性を軽視すべきではない。事例的に、プロとセミプロのアスリートの主な違いは、プロのアスリートはトレーニングの後帰宅して休養するが、セミプロのアスリートは、運動後に仕事に行くということである。この違いはもちろん、肉体的な仕事であ

ればなおさらのこと、回復-適応関係に重要な意味を持つ。

適応を目的とする回復段階の重要性はよく知られている(26,27)。したがってS&Cコーチは、過度の疲労を避け、また適応をもたらす刺激の減少を避けるために、運動休息比の適切な計画を保証しなければならない(例えば3:1の段階的負荷のパラダイムを用いる)。Stoneらによると(74)、この得失関係は3つの基本原理により説明される。すなわち、(a) Selyeの汎適応症候群(GAS)、(b) 刺激-疲労-回復-適応理論(SFRA)、および(c) フィットネス-疲労理論(Fit-Fat)である。

汎適応症候群(GAS)

GASの概念は、ストレスに対する身体の生理的反応を説明しているが、Selyeによると(66)、ストレス因子にかかわらず同一の反応が起こる。GASでは、ストレスを受けている間の身体の反応に明確に異なる3つの段階を想定する。エクササイズトレーニングについて言えば、警告段階(第1段階)では、トレーニングセッションに対する

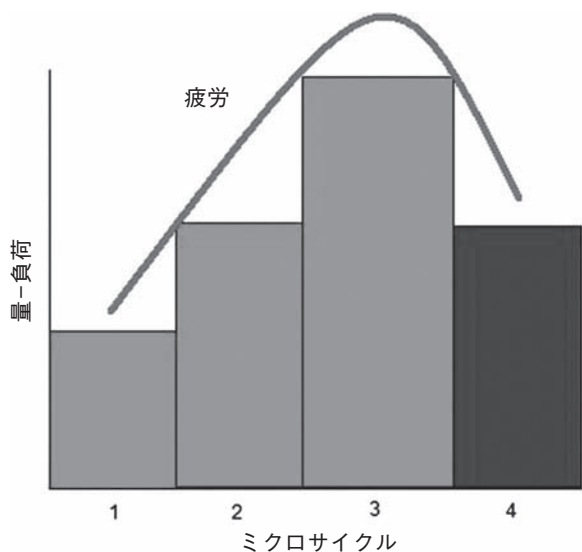


図3 3:1の負荷のパラダイム(Bompa & Haff(5)およびStonesら(74)の情報に基づく)

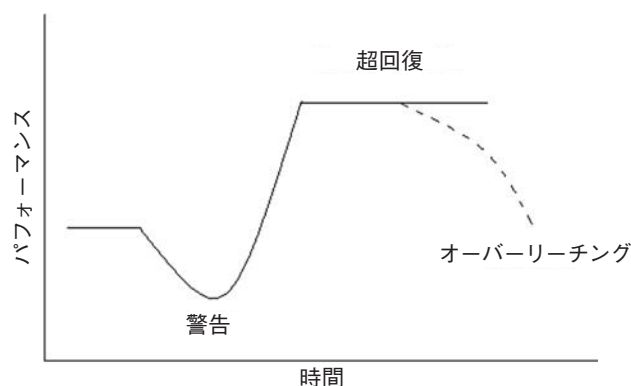


図4 汎適応症候群(GAS)のパラダイムによると、身体はストレスに対して、ストレス因子にかかわらず同じ反応を示す。この図のように、身体は警告段階と抵抗段階を経て超回復に至る。

認知と最初の反応が起こる。このときの反応は、例えば疲労や筋のスティフネス、あるいは遅発性筋痛などの形で現れる。次の抵抗段階(第2段階)では、身体がエクササイズセッション以前のホメオスタシスに戻るか、または新たな適応が起こり、より高い適応状態(超回復)が生じる。最後に、ストレスの蓄積があまりにも大きいと(例えば負荷軽減の週がない場合など)、疲憊段階(第3段階)が生じると想定される。これはオーバートレーニングと同意語と考えられるだろう(74)。図4はGASを示す。

刺激-疲労-回復-適応理論(SFRA)

SFRAの概念によると(80,81,83)、疲労は刺激の強度とその持続時間に比例して蓄積する。刺激、例えばエクササイズセッションなどの後に身体が休息すると、疲労が解消され適応が起こる(これを多くの場合「超回復」という)。この概念は、ストレスが十分な頻度(密度)で与えられないと、ディトレーニング(退行ともいう)が起こることを示唆している。さらに、退行の時

間は準備期の長さの影響を受け(74)、トレーニングプログラムの継続期間が長ければ長いほど、その後の残存効果も大きい(図3)(87)。しかもその影響により、続く第2サイクルおよび第3サイクルの準備期が徐々に減少する可能性がある。この準備期の重要性については、前述したとおりである。SFRAの概念を図5に示す。

計画的なオーバーリーチングの期間を経て観察される超回復の説明にも、SFRAの概念が用いられる(81,83)。例えば、類似のトレーニングセッションを連続的に実施すると(例えば、筋力/パワートレーニングで一方に集中的に負荷をかけると)、疲労が重複して蓄積される(図7)。これが過度の疲労をもたらし、一時的な(ほぼ4週間にわたる)筋力とパワーの能力低下が起こる。しかし通常のトレーニングに復帰すると、(トレーニング効果が遅れて現れる)初期値を越えて回復する(20,69)。だが、この方法は上級アスリート向けである。鍛錬者は適応の範囲が狭く、したがって超回復反応を引き起こすために一層高強度の介入が必

要だからである(5)。計画的オーバーリーチングについては、簡単に後述する。

フィットネス-疲労理論(Fit-Fat)

トレーニングと適応に関しては現在、このFit-Fatが最も広く受け入れられている理論であり(7,64,74)、テーパリングの基本理念(後述)でもあると思われる(56)。この概念によると、アスリートの準備状態は、トレーニングから受ける主な影響、すなわち体力レベルと疲労に基づいて評価される(87)。体力レベルと疲労が因果関係を共有すると想定するGASおよびSFRAの概念とは異なり、Fit-Fatモデルは、体力レベルと疲労は逆相関関係にあると想定する。したがって、体力レベルを最大化し、疲労を最小化する方法こそが、アスリートの準備状態を最適化する可能性が最も高いことを意味する(74)。図6は、Fit-Fatの概念を示す。

Fit-Fatの概念と前述の2つのモデルとのもう一つの重要な相違は、神経筋系のストレスと代謝系のストレスな

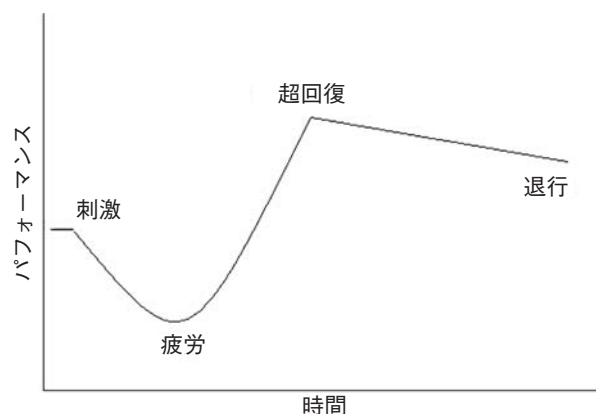


図5 「刺激-疲労-回復-適応」理論によると、疲労は筋力と刺激の持続時間に応じて蓄積するため、休息後、疲労が消失すると超回復が起こる。

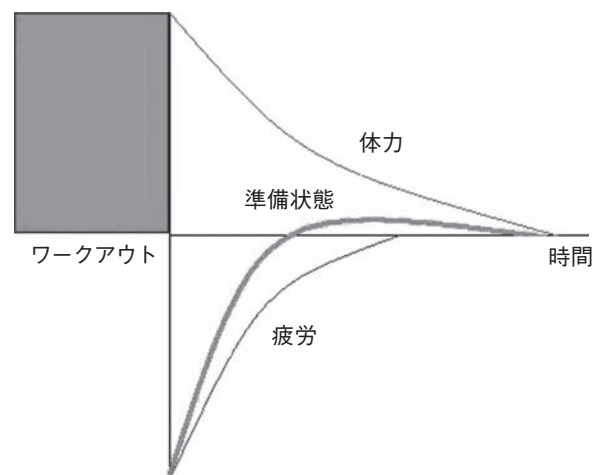


図6 「フィットネス-疲労」パラダイムによると、体力レベル(最上部の曲線)と疲労(最下部の曲線)は同時に起こり、疲労が消失した場合に限り体力の向上が明らかとなり、アスリートの準備状態(真ん中の曲線)が顕在化し最適化される。

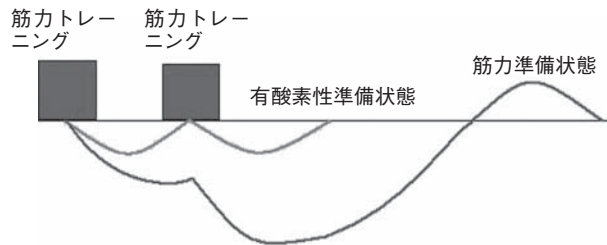


図7 特異的な疲労に基づくアスリートの準備状態。このシナリオでは、アスリートが過労しているために、効果的な筋力トレーニングを追加的に、また直ちに行うことができない場合でも、有酸素性機構は比較的少ない回復でトレーニングでき、また適応できる。(Zatsiorsky & Kraemer (87)に基づく)

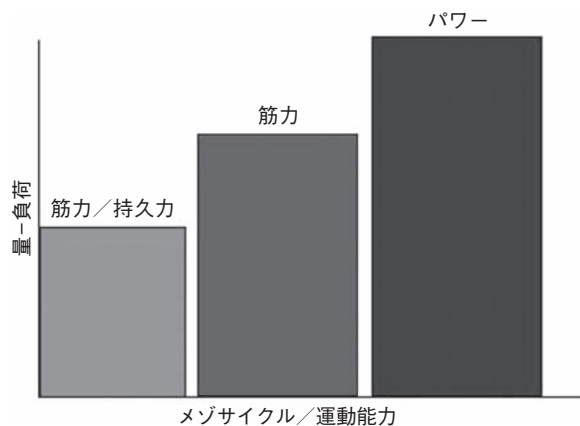


図8 ピリオダイゼーションの基本モデル。各メゾサイクル内は変動が少なく、比較的一定の運動負荷で行われる。

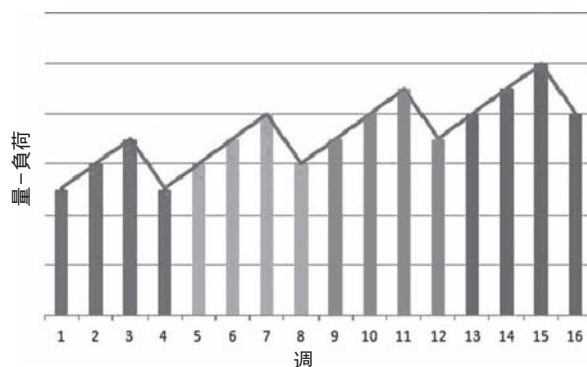


図9 ピリオダイゼーションされたトレーニングデザインの伝統的アプローチ。(Matveyev (50)の研究に基づく)

を示唆している(図7)。これは筋肥大プログラムの基本的な考え方であり、例えば、3日から5日ずつに分けて、有酸素性トレーニングとレジスタンストレーニングを同時に取り入れる。

効果漸減の原則

量-負荷とトレーニング方法に変化がなく単調な場合、アスリートは順応と停滞を起こしやすくなる(70,74)。Zatsiorsky & Kraemer(87)は、これを効果漸減の原則と呼んだ。この場合、神経系はもはや適応を迫られることはない。したがって、ピリオダイゼーションに基づくS&C計画をデザインするときは、変化を取り入れることが何よりも重要となる。この概念は、新規の課題と準新規の課題を定期的に採用する理論的根拠を提供する(エクササイズの削除と再導入)(74)。エクササイズを選択以外に変化を取り入れる方法としては、量、強度、頻度の変化(5)、またはそれらを組み合わせた変化が含まれる。しかし最後の注意点として、読者は、変化が行き過ぎると、与えられた刺激に身体が適応する機会が減少し、習得するスキルの向上も低下することに注意が必要である(5)。

ピリオダイゼーションの

現場への応用

ピリオダイゼーションの基本モデル

使用するピリオダイゼーションモデルは、アスリートの競技年齢やランクではなく、S&Cトレーニング歴を反映すべきである。初心者は基本的なピリオダイゼーションモデルを使ってS&Cプログラムを開始することが適切であると考えられる。この基本モデルは全体的に変動が少なく、比較的一定の仕事量で行われ(74)、運動能力の論理的な、したがって潜在的な漸進(筋

ど、様々なストレス因子の働きを区別していることである(7)。したがって、体力と疲労への遅発効果もエクササイズに特異的であることが示唆される(74,87)。これは、アスリートが疲労

を原因として、同一のエクササイズを適切な質(パワー発揮やフォームにより判定できる)で反復できないとしても、別のエクササイズはなお適切なレベルで行える可能性がある、ということ

表2 基本的なピリオダイゼーションモデルに取り入れるセッションの例

筋肥大セッションの例	筋力セッションの例	パワーセッションの例
強度：10～12RMで3セット×10レップ セット間およびエクササイズ間の休息<2分	強度：4～6RMで4セット×4レップ セット間およびエクササイズ間の休息>2分	強度：負荷を変化させて5セット×3レップ セット間およびエクササイズ間の休息>3分
エクササイズ：スクワット、SLDL、ベンチプレス、ラットプルダウン、ショルダープレス (注：ウォームアップ中にウェイトリフティングの能力を養成する必要があるかもしれない)	エクササイズ：スクワット、SLDL、ベンチプレス、ウエイティッドチン(注：ウォームアップ中にウェイトリフティングの能力を養成する必要があるかもしれない)	エクササイズ：スナッチ、ジャンプスクワット

SLDL=スティフレッグ・デッドリフト

力→持久力→筋力→パワー)に重点が置かれる。図8は、この基本モデルを図示している。

この基本的な方法の例として、アスリートは原則的に4つのマイクロサイクル(すなわち1つのメゾサイクル)を使って筋肥大/筋持久力段階を完了し、次にまた4つのマイクロサイクルを使ってパワー段階を完了する(表2)。各段階で無負荷の週を挟む場合があり(処方された量-負荷に応じて)、パワー段階の後や試合の前にも同様に無負荷の週を設定することがある。さらに、高強度日と低強度日を処方する。この方法は、S&C歴のないアスリートに相応しいと思われ、S&C(訓練の利点と必要とされるトレーニング)とピリオダイゼーション(強調される運動能力の系統的变化および量より質を重視する)を導入し、アスリートにジムで行うトレーニング介入とそれに伴うテクニク向上の「感触」をつかませる。この基本モデルの最後の注意点としては(全モデルに当てはまることでもあるが)、アスリートが各段階で確実に最大限の効果を上げることができるよう、S&Cコーチは、各段階のエクササイズに進む前に、アスリートの技術が適切であることを保証しなければならない。例えば、ワーククリーンとスナッチをパワー段階の一部として

取り入れる場合がある。しかし、トレーニングの効果を保証するためには、これらのエクササイズを実際に使い始めるまでに、アスリートは筋力/持久力段階において練習を開始し、技術を向上させておく必要がある。

ピリオダイゼーションの中級モデル

アスリートがS&C経験を積み、適応が停滞期にさしかかると、より大きな変化が重要となる。しかもアスリートの運動能力が向上しているため、より大きな量-負荷が必要であり、したがって計画的な回復セッションも必要となる。そこでピリオダイゼーションプログラムは、量-負荷を波状に増加させる形へと発展し(50,51)、量-負荷は通常マイクロサイクルレベルで変動する(71,72)。これは累積的マイクロサイクルと呼ばれ、前述した3:1のパラダイムとして導入される。さらに、変化を取り入れる必要性により、あるときは維持と増強を目的として、またあるときは発達や適応を目的として、各マイクロサイクルに複数の運動能力(筋力、パワー、スピードなどの課題)を設定する。変化とそれに伴って生じる適応を取り入れる方法としては、その他にセッション間の変動(高強度日と低強度日、エクササイズの削除と再導入など)およびセッション内の変動(ク

ラスタートレーニングと活動後増強(PAP)プロトコルなど)が含まれる。

図9は、Matveyev(50,51)による、伝統的なピリオダイゼーションプログラムの作成方法を示している。中級のピリオダイゼーションのプログラム例を表3に示す。

ピリオダイゼーションの上級モデル

再度、アスリートのS&C歴が長くなり、適応の枠が狭まり始めると、さらに進んだ方法が必要となる。それはさらに多くの変動と大きな量-負荷を取り入れたプログラムである。しかし重点の大部分は、複合システム(連結システムともいう)などのさらに進んだ方法を用いた量-負荷の処方に置かれる(図10)(82)。この段階では、アスリートはオーバートレーニング症候群の危険に一層近づいているため、このシステムを実施するアスリートは、きわめて多量-高負荷のトレーニングに耐えることが要求される(64)。したがってこの介入を用いるS&Cコーチには、きわめて高いスキルが要求される。

複合システムでは、計画的なオーバーリーチング期間の後に回復期を設定する(64)。Plisk & Stone(64)は、この方法は、4つのマイクロサイクルからなるブロック内で実施することが最

表3 中級ピリオダイゼーションプログラムに取り入れる筋力セッションとパワーセッションの例

筋力セッション1	筋力セッション2	パワーセッション1	パワーセッション2
*スクワットスナッチ(4×2)	*スクワットクリーンとスプリットジャーク(4×2)	*スクワット(3×3)	*フロントスクワット(3×3)
ダンベル・チェストプレス(4×4)	ラットプルダウンまたはチンアップ(4×6)	ハングポジションからのパワースナッチ→ハングポジションからのパワースプリットスナッチ(5×3)	ハングポジションからのパワークリーンとスプリットジャーク(5×3)
ベントオーバーロウまたはシーティッドロウ(4×6)	ダンベル・チェストプレス(4×4)	スクワットジャンプ(5×3)	*ダンベル・チェストプレス(3×3)
バックスクワット(4×4)	スティフレッグ・デッドリフトまたはノルディック(4×6)	—	—

*テクニックおよび筋力/パワーの向上/維持 →: 漸進(セット数×レップ数)

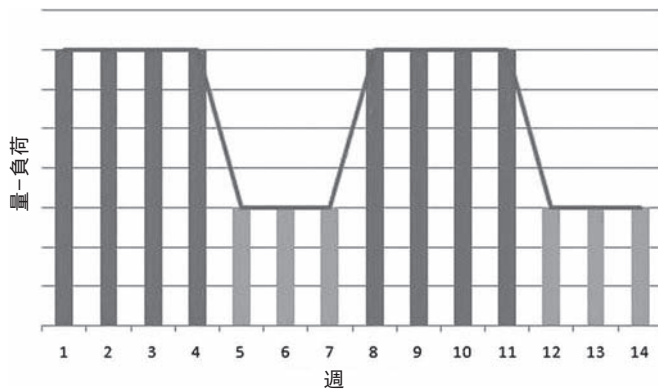


図10 Verkhoshansku (82)の創案による複合システム。このシステムでは計画的なオーバーリーチング期と回復期とを交互に配置する。

適であり、各ブロックでは1つの重点(筋力など)を決め、他の能力(スピードなど)には維持量の負荷を割り当てることを提言している。このシステムの目的は、重点を置いたトレーニングストレスの飽和状態をもたらし、きわめて大きな疲労とパフォーマンスの低下をもたらすことである。その後続く回復ブロック中に、重点を置くストレスを逆転させる。例えば、筋力トレーニングのための量-負荷を低下させ、その一方で、スピードトレーニングの負荷を中程度まで増加させる。するとトレーニング効果が遅れて現れる現象により、アスリートの筋力は超回復を

経験する。表4に、Plisk & Stone (64) およびStoneら(74)の研究から引用した複合システムの実践例をまとめた。ここでは、量-負荷は、単に各ブロックのセッション数を増やすか(蓄積)、減らすか(回復)によって調整される。この複合システムの有効性を裏づける重要な事実は、長期間(≥3週間)にわたる量-負荷の相当大きな増加に対する内分泌系の応答を調査した研究から収集できる(20,28,30,61,65)。一般にこれらの研究報告によると、安静時/運動前のテストステロン濃度およびテストステロン/コルチゾール比は、高強度の運動後に有意に低下するが、そ

れに続くテーパリングにおいて量-負荷が通常レベルに戻ると、通常値を超える濃度まで上昇し、それに伴うパフォーマンスの向上が認められた。テストステロン/コルチゾール比は、身体における同化/異化の状態を表す指標とみなされているため、これらの研究結果は重要と考えられる(19,64)。

しかし注意すべき点として、現場の専門職は、オーバートレーニング症候群を起こさないように、これらの集中的トレーニングブロックの継続期間を制限すべきである(64)。さらにS&Cコーチは、毎週トレーニングを完了する毎に、潜在的なオーバートレーニングの徴候や症状がないか、アスリートを注意深く観察する必要がある(17,37,70)。最後に、この点に関して重要なことは、上で指摘したホルモンはオーバートレーニング症候群を示すものではない、という点にも注意が必要である(37)。

維持プログラム

35週間にわたるピークパフォーマンスの維持

上述した伝統的なピリオダイゼーションの方法は、陸上競技や武道など、

表4 複合システムの現場における応用例

トレーニングの重点	蓄積ブロック1	回復ブロック1	蓄積ブロック2	回復ブロック2
期間	4週間	3週間	4週間	3週間
筋力/パワートレーニング	週4回、合計16セッション	週2回、合計6セッション	週4回、合計16セッション	週4回、合計6セッション
スピード/アジリティ トレーニング	週2回、合計8セッション	週3回、合計9セッション	週2回、合計8セッション	週3回、合計9セッション

1回または一時的な(<2週間)試合期のピーキングを必要とするアスリートのためのプログラムである。これらのアスリートは、年内に複数回行われる重要な試合に備えて、1回、2回または3回のピリオダイゼーションプログラムを実施するとよいだろう。一方、例えばラグビーやサッカーなどのチームスポーツのアスリートは、特にプレシーズンのトレーニングの一部としてピークに到達し、その後は最大35週間にわたりピークを維持しなければならない。ラグビーやサッカーなどのコリジョン(衝突)スポーツでは、試合での成功が筋力レベルを維持する能力にある程度依存しているため(2,3)、ピークを維持することはなかなか報われない困難な課題かもしれない(32,41)。

例えば、Kraemerらの研究(43)によると、先発のサッカー選手もベンチのサッカー選手もともに、11週間の間に競技パフォーマンスの低下を経験したことが示された。先発選手のほうがより顕著ではあったが、パフォーマンスの低下はすべての選手にみられた。この事実は、パフォーマンスの適応が試合全体とは無関係であり、むしろ練習/S&Cセッションにおける量-負荷を慎重に評価しなければならないことを示唆している。しかし、異化環境(↑コルチゾール、↓テストステロン)がプレシーズンに始まり、試合期を通じて除去されなかったという事実は重要

である。それが、選手が試合期に入ったときの代謝状態を決定づけた可能性がある。これは大学サッカーのトレーニング方法あるいは短期間にコンディションを整える必要のあるアスリートに限られたことかもしれない。しかし、アスリートが試合期に入るときの回復の必要性には、特に注意を払う必要があるだろう。

Kraemerら(40)およびAldercrentzら(1)が行った研究から、さらに、維持プログラムに伴う別の課題が見つかる。これらの研究者は、スプリント走により、コルチゾールの血中濃度が上昇し、血清テストステロン濃度が低下することを報告した。高強度の間欠的運動に分類されるフットボール、ラグビー、サッカーなどのスポーツは、最大努力を反復的に長時間行うが(15,45,46)、トレーニングプログラムのピリオダイゼーションが不適切であると、パフォーマンスに悪影響を及ぼす代謝環境が顕在化する可能性が高い。

ピリオダイゼーションに対する非伝統的アプローチ

前述したピリオダイゼーションの古典的形式は、オフシーズンとプレシーズンに適しているが、非伝統的な形式のピリオダイゼーションは、インシーズンのチームスポーツにおいて効果的に実施できることが示唆されてい

る(23,33,42-44)。非伝統的ピリオダイゼーションは、ある意味で必要性から生じたともいえる。教育環境で行われるスポーツトレーニングのスケジュールに適しているし、長期間に及ぶシーズン中の管理が容易だからである(33,42,44)。この形式のピリオダイゼーションには、セッションからセッションへ、量-負荷と運動能力の重点課題を変化させることが含まれる。表5は、非伝統的なピリオダイゼーションプログラムの例を示している。このシステムの長所の一つとして、アスリートの競技日程に合わせてセッションを素早く組み立てられる簡便さが挙げられる(26)。例えば、試合が突然キャンセルになったり、逆に実施されることになったりした場合に、アスリートはそれに合わせて高強度日と低強度日を入れ替えることができる。さらにミクロサイクルとメゾサイクルは、それぞれ、処方されたプログラムの完了セッション数またはローテーションにより定義できる。

また、注意すべき点として、アスリートは最大反復回数の負荷で挙上することを要求される(プライオメトリクスやウェイトリフティングなどの爆発的リフティングは除く)。このような方法は、複数の著者による、常に失敗するまでトレーニングを行うことは神経疲労と潜在的なオーバートレーニングをもたらすという主張(25,62,68,70)

表5 非伝統的ピリオダイゼーションで実施するマイクロサイクルの例

曜日	月曜	水曜	金曜
量-負荷	10RMで3セット×10レップ	4RMで4セット×4レップ	負荷を変化させて5セット×3レップ
エクササイズの例	スクワット、ベンチプレス、ベントオーバーロウ	スクワット、ベンチプレス、ウェイトリフト	クリーン&ジャーク、スナッチ、ジャンプスクワット

注：これを所定の回数繰り返すと、メゾサイクルが完了したとみなされる。アスリートは、試合のスケジュールに合わせてこのトレーニングの配列を変更できる。
Haff(27)の情報に基づく。

とは対立する。しかしGamble(23)は、そのような指摘は筋力/パワー系アスリートに関しては当てはまるかもしれないが、チームスポーツのアスリートでは問題にはならないと主張する。例えば、プロのラグビー選手は、この形式のピリオダイゼーションを用いて、1年間のメゾサイクルをいかなる悪影響もなく完了し、筋力とパワーの向上にも成功した(23)。さらに、ピリオダイゼーションに関する座談会において(26)、(異なる量-負荷を処方することによる)運動単位の動員の変化は、神経筋の動員にも変化を及ぼすことが示唆された。例えば、低負荷の日にはアスリートが動員する運動単位は高強度日の運動単位とは異なる。したがって閾値の高い運動単位には積極的回復の機会を提供する(26)。しかし、Hennemanらが述べたように(31)、運動単位の動員に関するサイズの原理により支持される仮説では、閾値の低い運動単位は常にトレーニングストレスにさらされることになると推測される。

最後に、試合期のトレーニング頻度としては、維持を目的とした週2回の頻度がしばしば推奨される(12,14,23,26,67)。しかし、レギュラーとして試合に出場する選手にとっては、週2回のS&Cセッションを取り入れることさえ困難となる場合もある。

Gamble(23)は、トレーニング時間の不足という問題は、競技練習にS&Cトレーニングを統合することによって対処できると提言している。例えば、スピード、アジリティ、プライオメトリックトレーニングなどはチーム練習に含めて行い、代謝のコンディショニングは試合関連のコンディショニング法を通して維持できる。さらに競技コーチは、それぞれのコンディショニングにおいて、競技特異的なスキルを奨励するとよい(22)。そのような戦術的な代謝トレーニングは、当該競技に特異的な運動休息比(24,63)と主要なエネルギー機構に対応して組み立てることができる。

テーパリング

ピリオダイゼーションにおいては、S&Cプログラムの量-負荷を漸増させるため、疲労が過度に蓄積し、神経内分泌系に過度のストレスがかかる可能性も高いと思われる。これにより(前述したように)適応に必要な刺激が低下し、循環ホルモン濃度に悪影響が生じる(18)。しかし、テーパリングを行うことによりトレーニングを減少させれば、それに伴い最適なタンパク同化環境(すなわち異化作用の減少)が生じ、潜在的にパフォーマンスの向上をもたらすと思われる(36)。テーパリン

グとは、重要な試合の直前の数日間に、パフォーマンスの最適化を目的として、トレーニングの量-負荷(量、強度、および/または頻度)を減少させることと説明できる(6)。しかし、強調すべき点は、テーパリングの目的は、アスリートの体力レベルを高めることではなく、むしろ蓄積された疲労を除去すること(パフォーマンスを促進する適応を起こさせること)にある(56)。走競技(35)、ボート(39)、トライアスロン(4,48)、競泳(10,38,58)、自転車(49,60)、ウェイトリフティング(52)などの選手において、テーパリング後の有意なパフォーマンスの向上がみられている。表6には、Wilson & Wilsonによる論文レビュー(85)に基づいて、テーパリングによって可能となるパフォーマンスの向上がまとめられている(47,56,57,86)。

テーパリングの方法

テーパリングには主に3種類ある。1段階テーパリング、直線的テーパリング、そして指数関数的テーパリングである(図11)。1段階テーパリングでは、直ちにまた急激にトレーニング量を減少させる。例えば、テーパリングの開始日に負荷を50%低下させ、低下させた負荷をテーパリングの期間中ずっと維持する。直線的テーパリングは、量-負荷を直線的に徐々に減少

させる。例えば、毎回のワークアウトで初期値の5%ずつ減らす。指数関数的テーパリングは、現在の値に対する一定比率で量を減少させる(半減)。例えばワークアウト毎に、前回の値の5%ずつ減少させる。さらに、指数関数的テーパリングには、その減少率により、早い減少と遅い減少とがある。

近年、さらにBosquetら(6)が「2段階テーパリング」と呼ばれる新しいテーパリング法を提案した。この方法は、トレーニング負荷を従来の減少方法で低下させた後、テーパリングの最後の数日間に中程度まで増加させる(図12)。このテーパリング法の目的は、より長期間またはより高強度の運動を再導入する前に、アスリートの疲労を減少させることである。2段階テーパリングの有効性は、ある大会の第1ラウンドから最終ラウンドまで参加するアスリートにしばしばみられる、パフォーマンスの漸進的な向上という事例観察からも得られる(76)。しかしこの種類のテーパリングは、今後の研究が必要である。

最適なテーパリングの方法

前述のように、テーパリングにはトレーニング変数、すなわち強度、量、頻度のいずれか(またはそれらの組み合わせ)による量-負荷の減少を伴う。これらの変数の最適な調整は、Bosquetらが行ったメタ分析(6)から最も優れた証拠が得られる。彼らは、競技アスリートを対象に、テーパリング後の実際の試合またはフィールドでの基準パフォーマンスを調査した27件の研究論文を検討した。表7は、その結果をエフェクトサイズ(効果量)として算出した一覧表である(エフェクトサイズは有意な結果を明確に客観化する方法であり、値を標準化できるた

め、メタ分析で通常用いられる。エフェクトサイズは、ある群の平均から別の群の平均を引いた差を標準偏差SDで除して求める)。その解釈にはCohen(9)が提案したエフェクトサイズの目安に従って、差の大きさを小(0.2)、中(0.5)、大(0.8)とみなした。

このBosquetらの分析結果(6)から、

最適なテーパリングは継続期間が2週間で、強度と頻度を両方とも維持しながら、トレーニング量を指数関数的に41~61%まで減少させる方法であることが判明した。この結果は、以前の調査結果とも一致している(56)。また、トレーニング量が調整すべき最も効果的な変数であることを示唆する他の報

表6 テーパリング後のパフォーマンス向上のまとめ

基準の試合のパフォーマンスが5~6%向上する
神経筋の機能(筋力、パワーなど)が最大20%向上する
筋組織の横断面積が10~25%向上する
$\dot{V}O_2\max$ が1~9%向上する(循環血液量の増加、RBC生成の最大15%の増加、酸化酵素の活性増大の結果と考えられる)
ランニングエコノミーが8%向上する
コルチゾールが5%低下し、それに対応して血清TSTが5%増加する可能性がある
カテコールアミンが最大20%減少する
クリアチンキナーゼの濃度が低下する(ワークアウト後の筋損傷の減少が示唆される)
抗炎症免疫細胞が10%増加し、同時に炎症性サイトカインが減少する
特にCHOローディングの後、筋グリコーゲン貯蔵量が増加する(多くの場合、量-負荷の低下に比例して17~34%増加する)。しかし、テーパリングの特徴としてエネルギー消費が低下するため、エネルギー摂取量には注意が必要である。
RPEが低下し、抑うつ、怒り、不安などが減少し、活力が増大する
睡眠障害の減少

Wilson & Wilson(85)の情報に基づく

RBC=赤血球、TST=テストステロン、CHO=糖質、RPE=主観的運動強度

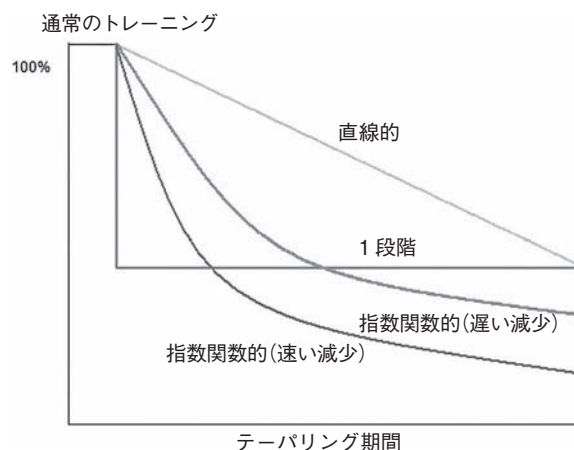


図11 テーパリングの主要な3つの方法の模式図 (Mujika & Padilla (56)に基づく)

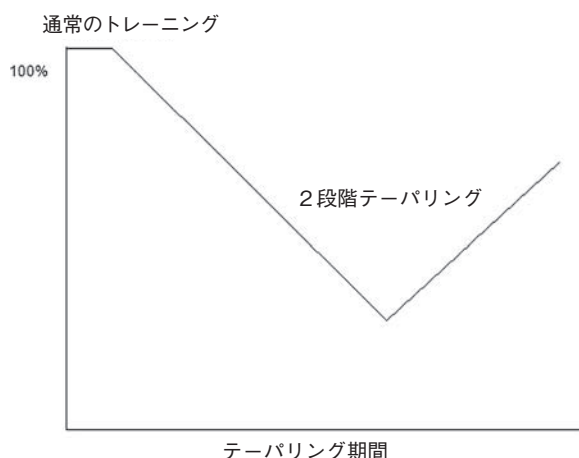


図12 2段階のテーパリング(Thomasら(76)に基づく)

表7 テーパリングに起因するパフォーマンス適応のエフェクトサイズに対するトレーニング変数の効果

変数	エフェクトサイズ	95% CI	p 値
↓量			
≤20%	-0.02	-0.32, 0.27	0.88
21 ~ 40%	0.27	0.04, 0.49	0.02
41 ~ 60%	0.72	0.036, 1.09	0.0001
≥60%	0.27	-0.03, 0.057	0.07
↓強度			
はい	-0.02	-0.037, 0.33	0.91
いいえ	0.33	0.19, 0.47	0.0001
↓頻度			
はい	0.24	-0.03, 0.52	0.08
いいえ	0.35	0.18, 0.51	0.0001
テーパリングの期間、d			
≤7日	0.17	-0.05, 0.38	0.14
8 ~ 14日	0.59	0.26, 0.92	0.0005
15 ~ 21日	0.28	-0.02, 0.59	0.07
≥22日	0.31	0.14, 0.75	0.18
テーパリングのパターン			
1段階テーパリング	0.42	-0.11, 0.95	0.12
漸進的テーパリング	0.30	0.16, 0.45	0.0001

Bosquetら(6)の情報に基づく。

CI=信頼区間、d=日数、p=有意確率、↓=低下

告(34,56)を追認する結果となった。

読者は、95%の信頼区間により示される、研究間の大きなばらつきにも注意する必要がある(表7)。すべてのアスリートがこのテーパリング処方に最良の反応をするわけではない。例えばWilson & Wilson(85)は、その研究レビューに基づいて、減少させるトレーニング量は、それ以前のトレーニングプログラムを通して蓄積された疲労の程度に応じて変える必要があり、前のトレーニング期間がより長く、より高強度であるときは、より大きな量の減少が必要であると結論付けた。例えばMujika & Padilla(56)は、鍛錬者のアスリートにおいては、有酸素性競技の場合は量を50~90%減少させることが有益だが(49,60)、無酸素性競技では50~70%が有益であることを示した(55,77)。しかし、Thomas & Busso(75)は、非鍛錬者のアスリートに対しては、最適量の減少は30~40%の範囲であると示唆した。著者らは減少の割合が小さい理由を、非鍛錬者のアスリートはテーパリングを実施する前のトレーニングプログラム期間に、大きな量-負荷を維持する能力が低い(それゆえの疲労も少ない)からであると述べた。

さらにBanisterら(4)は、減少速度が遅いテーパリングよりも速いテーパリング(量の減少が最大)のほうが有益であることを明らかにした。しかしここでも、テーパリング前の量-負荷の処方考慮しなければならない。この研究の被験者は、それ以前に非常に高強度のトレーニングを実施していた。したがって、過度の疲労が蓄積していた可能性が高く、量を大きく減少させる必要があり、減少速度の速いテーパリングが、特に2週間という時間枠の中では、より有益であった可

能性が高い。さらに、トレーニングの量-負荷が少なかった場合には、おそらく、遅い減少または漸進的テーパリング(量-負荷はさらに少ない)であっても有益であったと推測することは合理的である。したがって、トレーニングにより誘発される疲労により、テーパリングの継続期間と種類の両方が規定されると仮定できる。例えば、量-負荷の望ましい減少が $>60\%$ であるとする、2週間を超えるテーパリング期間が妥当であると思われる。同様に、量-負荷の低下が比較的少ない場合には($\leq 20\%$)、必要な期間は2週間未満であると思われる。この仮説は、Mujika & Padillaの研究(56)から確証が得られる。彼らは無酸素性および有酸素性の活動に対し、最適な結果が得られるテーパリングの継続期間は、1~4週間の範囲であることを明らかにした。最適なテーパリング方法を決めるときに疲労度を評価することが重要であるため、Bosquetら(6)は、「気分プロフィール検査(POMS)」(53)が実施可能な評価手段と考えられると示唆した。しかし、これをテーパリングの方法を定型化するために用いるためには、さらなる研究が必要である。

強度と頻度を維持する(また時には増加させる)必要性は、Hakkinen & Kallinen(29)およびKubukeliら(47)の研究により裏付けられると思われる。前者の研究では、量を一定に保持した場合、1回のセッションよりもむしろ2回のセッションに分けて所定の量を実施すると、上級レベルの筋力系アスリートの筋力と筋断面積はるかに大きく増大したことを明らかにした。後者の研究では、エクササイズ毎に3セットの場合、3回のトレーニングセッション(別の日)に分けて実施したほうが、同じ3セットを1回のセッ

ションで実施するよりも筋力が38%大きく増加したことが明らかになった。したがって、より小さくより頻度の多いユニットに量を配分することによって、筋肥大、筋力、およびパワーの向上にとって最適な条件を引き出せると結論できるだろう(85)。その理論的根拠として、頻度を多くすることで技術的なスキル感覚を維持でき(47)、また強度の維持/増大にも役立つ(85)ことが挙げられる。テーパリングの期間中にトレーニング強度を維持することの重要性は、他の著者らも強調している(34,54,55,56)。

わずかな向上も有益

Wilson & Wilsonのレビュー(85)において明らかとなったテーパリング後のパフォーマンスの向上は、Bosquetらの報告(6)を大きく上回っている。しかし後者の研究が、競技アスリートだけに限定されていたことは指摘しておく必要がある。すなわち、後者が報告した向上は、平均1.96%とわずかではあったが(したがってエフェクトサイズは中程度)、この数値は、上級アスリートにとっては有意な超回復を意味する。例えばMujikaらの報告(58)によると、テーパリングの後、水泳のパフォーマンスが2.2%だけ増加したが、これは2000年のシドニーオリンピックでは、金メダルと第4位との差(1.62%)、または銅メダルと8位の差に相当する。

結論

以上をまとめると、ピリオダイゼーションは、S&Cプログラムを計画するための最適な方法である。しかし、ピリオダイゼーションの方法(基本、中級、上級および維持/非伝統的)は、アスリートのレベルと試合期の制約に

基づいて適切に選択する必要がある。すべてのピリオダイゼーションプロトコルに必要とされる共通の課題は、量-負荷の調整、一般的なトレーニングから競技特異的トレーニングへ漸進、そして疲労の解消である。最後の調整因子である疲労はパフォーマンスの向上にとって特に重要であるため、累積的マイクロサイクルと試合前のテーパリングの使用は明らかに有益であると思われる。さらにテーパリングの使用は、先行するトレーニングプログラムが高強度である場合に、追加的な超回復効果をもたらすと考えられる。

ピリオダイゼーションの使用とその様々な活用法を支持する十分な事例証拠が存在する。しかし、上級アスリートに対する長期間(> 4 年)のピリオダイゼーションの有効性と限界とを理解するために、さらに科学的かつ綿密な研究を要求する批評家の主張も当然である。だが当面は、ピリオダイゼーションの活用は、本稿に取り上げた研究により推奨され、支持される。◆

※「References」は誌面の都合によりウェブサイトのみ掲載いたします。参照ご希望の方は、<http://www.nsca-japan.or.jp>から会員専用ページへログインしてご覧ください。

From *Strength and Conditioning Journal*
Volume 33, Number 1, pages 34-46.

著者紹介

Anthony Turner : 英国Middlesex UniversityのLondon Sport Instituteで、S&Cコーチと理学修士のためのプログラムリーダーを務める。

CEU クイズ関連記事

ピリオダイゼーションの科学と実践：簡潔なレビュー

The Science and Practice of Periodization: A Brief Review

References

1. Aldercrentz H, Harkonen M, Kuoppasalmi K, Naveri H, Huhtaniemi I, Tikkanen H, Remes K, Dessypris A, and Karvonen J. Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical training. *Int J Sports Med* 7: 27-28, 1986.
2. Allerheilgen B. In-season strength training for power athletes. *Strength Cond J* 25: 23-28, 2003.
3. Baker D. Applying the in-season periodization of strength and power training to football. *Strength Cond J* 20: 18-27, 1998.
4. Banister E, Calvert T, and Savage M. A systems model of training for athletic performance. *J Sports Med* 7: 57-61, 1975.
5. Bompa T and Haff G. *Periodization. Theory and Methodology of Training* (5th ed). Champaign, IL: Human Kinetics, 2009. pp. 125-146.
6. Bosquet L, Montpetit J, Arvisais D, and Mujika I. Effects of tapering on performance: A meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 39: 1358-1365, 2007.
7. Chiu L and Barnes J. The fitness-fatigue model revisited: Implications for planning short- and longterm training. *Strength Cond J* 25: 42-51, 2003.
8. Cissik J, Hedrick A, and Barnes M. Challenges applying research on periodization. *Strength Cond J* 30: 45-51, 2008.
9. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988. pp. 20-26.
10. Costill D, King D, and Thomas R. Effects of reduced training on muscular power in swimmers. *PhysSportsmed* 13: 94-101, 1985.
11. Durell D, Puyol T, and Barnes J. A survey of the scientific data and training methods utilized by collegiate strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res* 17: 368-373, 2003.
12. Ebben W and Blackard D. Strength and conditioning practices of National Football League strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res* 15: 48-58, 2001.
13. Ebben W, Carroll R, and Simenz C. Strength and conditioning practices of National Hockey League strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res* 18: 889-897, 2004.
14. Ebben W, Hintz M, and Simenz C. Strength and conditioning practices of Major League Baseball strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res* 19: 538-546, 2005.
15. Ekblom B. Applied physiology of soccer. *Sports Med* 3: 50-60, 1986.
16. Fleck S. Periodized strength training: A critical review. *J Strength Cond Res* 13: 82-89, 1999.
17. Foster C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc* 30: 1164-1168, 1998.
18. Fry A and Kraemer W. Resistance exercise overtraining and overreaching: Neuroendocrine responses. *Sports Med* 23: 106-129, 1997.
19. Fry A, Kraemer W, Stone M, Koziris L, Thrush J, and Fleck S. Relationships between serum testosterone, cortisol, and weightlifting performance. *J Strength Cond Res* 14: 338-343, 2000.
20. Fry A, Webber J, Weiss L, Fry M, and Li Y. Impaired performances with excessive high-intensity free-weight training. *J Strength Cond Res* 14: 34-61, 2000.
21. Fry R, Morton A, and Kreast D. Periodization of training stress. *Can J Sports Sci* 17: 234-240, 1992.
22. Gamble P. A skill-based conditioning games approach to metabolic conditioning for elite rugby football players. *J Strength Cond Res* 18: 491-497, 2004.
23. Gamble P. Periodization of training for team sports. *Strength Cond J* 28: 56-66, 2006.

24. Gamble P. Challenges and game-related solutions to metabolic conditioning for team sports athletes. *Strength Cond J* 29: 60-65, 2007.
25. Haff G. Point/counterpoint: Nonlinear versus linear periodization models-Counterpoint. *Strength Cond J* 23: 43-44, 2001.
26. Haff G. Roundtable discussion: Periodization of training-Part 1. *Strength Cond J* 26: 50-69, 2004.
27. Haff, G. Roundtable discussion: Periodization of training-Part 2. *Strength Cond J* 26: 56-70, 2004.
28. Hakkinen K. Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training: A review. *J Sports Med Phys Fitness* 29: 9-26, 1989.
29. Hakkinen K and Kallinen M. Distribution of strength training volume into one or two daily sessions and neuromuscular adaptations in female athletes. *ElectromyogrClinNeurophysiol* 34: 117-124, 1994.
30. Hakkinen K, Pakarinen A, Alen M, Kauhanen H, and Komi P. Neuromuscular and hormonal adaptations in athletes to strength training in two years. *J ApplPhysiol* 65: 2406-2412, 1988.
31. Henneman E, Clamann H, Gillies J, and Skinner R. Rank order of motor neurons within a pool: Law of combination. *J Neurophysiol* 37: 1338-1349, 1974.
32. Hoffman J and Kang J. Strength changes during an in-season resistance training program for football. *J Strength Cond Res* 17: 109-114, 2003.
33. Hoffman J, Kraemer W, Fry A, Deschenes M, and Kemp M. The effects of self-selection for frequency of training in a winter conditioning program for football. *J Appl Sport Sci Res* 4: 76-82, 1990.
34. Houmard J and Johns R. Effects of taper on swim performance. Practical implications. *Sports Med* 17: 224-232, 1994.
35. Houmard J, Scott B, Justice C, and Chenier T. The effects of taper on performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 26: 624-631, 1994.
36. Izquierdo M, Ibanez J, Gonzalez-Badillo J, Ratamess N, Kraemer W, Hakkinen K, Bonnabau H, Granados C, French DN, and Gorostiaga EM. Detraining and tapering effects on hormonal responses and strength performance. *J Strength Cond Res* 21: 768-777, 2007.
37. Jones L. Do Bulgarian methods lead the way for USA? *Weightlift USA* 9: 10-11, 1991.
38. Johns R, Houmard J, Kobe R, Hortobagyi T, Bruno N, and Shinebarger M. Effects of taper on swim power, stroke distance, and performance. *Med Sci Sports Exerc* 24: 1141-1146, 1992.
39. Jurimae J, Maestu J, and Jurimae T. Leptin as a marker of training stress in highly trained male rowers? *Eur J ApplPhysiol* 90: 533-538, 2003.
40. Kraemer W, Fleck S, Callister R, Shealy M, Dudley G, Maresh C, Marchitelli L, Cruthirds C, Murray T, and Falkel JE. Training responses of plasma beta-endorphin, adrenocorticotropin, and cortisol. *Med Sci Sports Exerc* 21: 146-153, 1989.
41. Kraemer W, French D, Paxton N, Hakkinen K, Volek J, Sebastianelli W, Putukian M, Newton RU, Rubin MR, Gomez AL, Vescovi J, Ratamess NA, Fleck SJ, Lynch JM, and Knuttgen HG. Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a Big Ten soccer season in starters and nonstarters. *J Strength Cond Res* 18: 121-128, 2004.
42. Kraemer W, Häkkinen K, Triplett-Mcbride N, Fry A, Koziris LP, Ratamess NA, Bauer JE, Volek JS, McConnell T, Newton RU, Gordon SE, Cummings D, Hauth J, Pullo F, Lynch JM, Mazzetti SA, Fleck SJ, and Knuttgen HG. Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. *Med Sci Sports Exerc* 35: 157-168, 2003.
43. Kraemer W, Nindl B, Ratamess N, Gotshalk L, Volek J, Fleck S, Newton RU, Hakkinen K. Changes in muscle hypertrophy in women with periodized resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 36: 697-708, 2004.
44. Kraemer W, Ratamess N, Fry A, Triplett-McBride T, Koziris L, Bauer J, Lynch JM, and Fleck SJ. Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in collegiate women tennis players. *Am J Sports Med* 28: 626-633, 2000.
45. Krusturup P, Mohr M, Nybo L, Jensen J, Nielsen J, and Bangsbo J. The Yo-Yo IR2 test: Physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc* 38: 1666-1673, 2006.
46. Krusturup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M, and Bangsbo J. Muscle and blood metabolites during a soccer game: Implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 38:

1165-1174, 2006.

47. Kubukeli Z, Noakes T, and Dennis S. Training techniques to improve endurance exercise performance. *Sports Med* 32: 489-509, 2002.
48. Margaritis I, Palazzetti S, Rousseau A, Richard M, and Favier A. Antioxidant supplementation and tapering exercise improve exercise-induced antioxidant response. *J Am Coll Nutr* 22: 147-156, 2003.
49. Martin D, Scifres J, Zimmerman S, and Wilkinson J. Effects of interval training and a taper on cycling performance and isokinetic leg strength. *Int J Sports Med* 15: 485-491, 1994.
50. Mateyev L. *Periodisierung des Sprotichen Training*. Berlin, Germany: Berles and Wernitz, 1972.
51. Matveyev L. *Fundamentals of Sport Training*. Moscow, Russia: Fizkultura i Sport, 1977.
52. McLester J, Bishop P, and Guilliams M. Comparison of 1 day and 3 days per week of equal-volume resistance training in experienced subjects. *J Strength Cond Res* 14: 273-281, 2000.
53. McNair D, Lorr M, and Droppleman L. *Profile of Mood States Manual*. San Diego, CA: Educational and Industrial Testing Services, 1971.
54. Mujika I. The influence of training characteristics and tapering on the adaptation in highly trained individuals: a review. *Int J Sports Med* 19: 439-446, 1998.
55. Mujika I, Goya A, Padilla S, Grijalba A, Gorostiaga E, and Ibanez J. Physiological responses to a 6-day taper in middle distance runners: Influence of training intensity and volume. *Med Sci Sports Exerc* 32: 511-517, 2000.
56. Mujika I and Padilla S. Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Med Sci Sports Exerc* 35: 1182-1187, 2003.
57. Mujika I, Padilla S, and Busso T. Physiological changes associated with the pre-event taper in athletes. *Sports Med* 34: 891-927, 2004.
58. Mujika I, Padilla S, and Pyne D. Swimming performance changes during the final 3 weeks of training leading to the Sydney 2002 Olympic Games. *Int J Sports Med* 23: 582-587, 2002.
59. Nadori L and Granek I. Theoretical and methodological basis of training planning with special considerations within a microcycle. In: *Periodisation. Theory and Methodology of Training* (5th ed). Bompa T and Haff G, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 2009. pp. 48.
60. Neary J, Bhambhani Y, and McKenzie D. Effects of different stepwise reduction taper protocols on cycling performance. *Can J Appl Physiol* 28: 576-587, 2003.
61. Pendalay G and Kilgore L. Hormonal fluctuation: A new method for the programming of training. *Weightlift USA* 19: 15, 2001.
62. Peterson M, Rhea M, and Alvar B. Applications of the dose-response for muscular strength development: A review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *J Strength Cond Res* 19: 950-958, 2005.
63. Plisk S and Gambetta V. Tactical metabolic training: Part 1. *Strength Cond J* 19: 44-53, 1997.
64. Plisk S and Stone M. Periodization strategies. *Strength Cond J* 25: 19-37, 2003.
65. Ratamess N, Kraemer W, Volek J, Rubin M, Gomez A, French D, Sharman MJ, McGuigan MM, Scheet T, Hakkinen K, Newton RU, and Dioguardi F. The effects of amino acid supplementation on muscular performance during resistance training overreaching. *J Strength Cond Res* 17: 250-258, 2003.
66. Selye H. *The Stress of Life*. New York, NY: McGraw-Hill, 1956.
67. Simenz C, Dugan C, and Ebben W. Strength and conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res* 19: 495-504, 2005.
68. Stone M, Chandler T, Conley M, Kramer J, and Stone M. Training to muscular failure: Is it necessary? *Strength Cond J* 18: 44-48, 1996.
69. Stone M and Fry A. Increased training volume in strength/power athletes. In: *Overtraining in Sport*. Kreider R, Fry A, and O'Toole M, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998. pp. 87-105.
70. Stone M, Keith R, Kearney J, Fleck S, Wilson G, and Triplett N. Overtraining: A review of the signs, symptoms and possible causes. *J Appl Sports Sci Res* 5: 35-50, 1991.
71. Stone M, O'Bryant H, Schilling B, Johnson R, Pierce K, Haff G, Koch AJ, and Stone ME. Periodization. Part 1: Effects of manipulating volume and intensity. *Strength Cond J* 21: 56-62, 1999.
72. Stone M, O'Bryant H, Schilling B, Johnson R, Pierce K, Haff G, Koch AJ, and Stone ME.

- Periodization. Part 2: Effects of manipulating volume and intensity. *Strength Cond J* 21: 54-60, 1999.
73. Stone M, Potteiger J, Pierce K, Proulx C, O'Bryant H, Johnson R, and Stone ME. Comparison of the effects of three different weight-training programs on the one repetition maximum squat. *J Strength Cond Res* 14: 332-333, 2000.
 74. Stone M, Stone M, and Sands W. *Principles and Practice of Resistance Training*. Human Kinetics, 2007. pp. 259-286.
 75. Thomas L and Busso T. A theoretical study of taper characteristics to optimize performance. *Med Sci Sports Exerc* 37: 1615-1621, 2005.
 76. Thomas L, Mujika I, and Busso T. Computer simulations assessing the potential performance benefit of a final increase in training during pre-event taper. *J Strength Cond Res* 23: 1729-1736, 2009.
 77. Trappe S, Costill D, and Thomas R. Effect of swim taper on whole muscle and single muscle fiber contractile properties. *Med Sci Sports Exerc* 32: 48-56, 2000.
 78. Turner A. Strength and conditioning for Muay Thai athletes. *Strength Cond J* 31: 78-92, 2009.
 79. Turner A. Strength and conditioning for Taekwondo athletes. *Prof Strength Cond* 15: 15-27, 2009.
 80. Verkhoshansky Y. Principles of planning speed/strength training program in track athletes. *LegayaAthleticka* 8: 8-10, 1979.
 81. Verkhoshansky Y. *Fundamentals of Special Strength Training in Sport*. Livonia, MI: Sportivny Press, 1986.
 82. Verkhoshansky Y. How to set up a training program in speed strength events. *Soviet Sports Rev* 16: 123-126, 1981.
 83. Verkhoshansky Y. *Programming and Organization of Training*. Livonia, MI: Sportivny Press, 1988.
 84. Willoughby, D. The effects of mesocycle-length weight training programs involving periodization and partially equated volumes on upper and lower body strength. *J Strength Cond Res* 7: 2-8, 1993.
 85. Wilson J and Wilson G. A practical approach to the taper. *Strength Cond J* 30: 10-17, 2008.
 86. Wittig A, Houmard J, and Costill D. Psychological effects during reduced training in distance runners. *Int J Sports Med* 13: 497-499, 1989.
 87. Zatsiorsky V and Kraemer W. *Science and Practice of Strength Training* (2nd ed). Human Kinetics, 2006. pp. 89-108.

From *Strength and Conditioning Journal*:
Volume 33, Number 1, pages 34-46.