

事例・症例報告

ジャンプパフォーマンスを指標としたテーパリング及びピーキングの有用性の検討
—バドミントン世界選手権での実践例—

Jump performance as indicator of tapering and peaking:
A case study in the badminton world championships.

緒方博紀^{1),2)}, 飯塚太郎^{2),3)}, 安藤良介²⁾, 山下大地²⁾, 尾崎宏樹²⁾
Hiroki Ogata^{1),2)}, Taro Iizuka^{2),3)}, Ryosuke Ando²⁾, Daichi Yamashita²⁾, Hiroki Ozaki²⁾

Abstract : In this case report, we examined the performance changes during tapering in two badminton athletes (one male and one female) who advanced to the finals at the World Championships (WC). Furthermore, the significance of a resistance priming session implemented during tapering was discussed. Both athletes participated in a pre-competition training camp in Japan before the WC. A resistance priming session was scheduled one and two days before the WC for the male and female athletes, respectively. Non-countermovement jump (NCMJ) and countermovement jump (CMJ) were measured using a linear position transducer to monitor performance responses from the camp to the WC final. The baseline of the jump performance was given from 15 days (male) and 151 days (female) prior to the WC final. In the male athlete, the mean power of NCMJ decreased 7 days before the finals. This result may be attributed to accumulated fatigue caused by high volume training in the training camp and the short taper period as well as long travel to the host city. In the female athlete, the mean velocity and power of CMJ were the same as baseline before the semi-final. That is, the quarter-final match, where she competed for 85 minutes—the longest game time among the previous matches, may have affected her fatigue. Regardless of these findings, both athletes showed higher jump performance than at baseline just before the final because the matches likely played a role in tapering. In addition, both athletes recorded their personal best jump height just before the final. These findings may indicate that jump performance can be an indicator of tapering and peaking. The findings of this report also demonstrate that athletes may maintain resistance training adaptations by taking advantage of resistance priming for peaking and tapering.

Key words : jump performance, tapering, peaking, the badminton world championships

キーワード : ジャンプパフォーマンス, テーパリング, ピーキング, バドミントン世界選手権

¹⁾日本バスケットボール協会, ²⁾国立スポーツ科学センター, ³⁾日本バドミントン協会

¹⁾Japan Basketball Association, ²⁾Japan Institute of Sports Sciences, ³⁾Nippon Badminton Association

E-mail : ogatahiroki@hotmail.co.jp

受付日 : 2022 年 9 月 29 日

受理日 : 2023 年 1 月 20 日

1. はじめに

バドミントン日本代表選手は1年を通して多くの国際大会、国内大会を戦っている²⁰⁾。日本代表選手が転戦するバドミントン世界連盟ワールドツアーでは、2018年以降、シーズンにおけるハイグレードトーナメントの数が12から15へ増加した¹⁷⁾。その中で、ランキング上位選手は翌年のハイグレードトーナメントのうち少なくとも12大会に出場することが義務付けられている¹⁷⁾。ハイグレードトーナメントは1大会6日間で開催され、その累計だけでも年間90日となっている。それらの大会の殆どは海外開催となるため、移動を含めるとより多くの日数を要する。さらに、選手らは世界ランキングを上げるため、ハイグレードトーナメント以外の国際大会に出場することがあるほか、実業団や大学などの所属先から国内大会にも出場することが求められる²⁰⁾。このような大会数の増加は、体力強化のためのレジスタンストレーニングを継続的に実施することを困難にしており、トレーニングの断続的な中断によるパフォーマンス低下が懸念される²⁾。したがって、世界トップレベルの選手はシーズンを通して大会に出場しつつも体力強化のためのレジスタンストレーニングを継続し、コンディションを維持することの重要性が高まっている。また、連戦の中でも世界選手権のような重要な大会においては高いパフォーマンスを発揮するためにトレーニング負荷をマネジメントし、ピーキングする必要がある。

トレーニングにおいては、その後効果 (after-effect) としてポジティブな側面であるフィットネスの向上とネガティブな側面である疲労が生じる。これらの相互作用がアスリートの潜在的なパフォーマンス発揮のための準備状態 (preparedness) の変化として現れる。このフィットネスの向上と疲労との相互作用はフィットネス-疲労モデルとして知られている^{37),38)}。トレーニング直後は、疲労による後効果がフィットネス向上による後効果よりも大きく選手に影響するため、preparedness は一度低下する。しかし、疲労は短時間で除去されるのに対し、向上したフィットネ

スは比較的長時間維持されることから、結果的に preparedness はトレーニング前のベースラインよりも向上する^{6),14),37),38)}。このフィットネス-疲労モデルが、主要大会に向けて疲労を減少させつつフィットネスを向上させるピーキング戦略の根拠として用いられてきた¹³⁾。また、トレーニング負荷 (競技練習及びその他のトレーニングを合わせた負荷) は強度、量、頻度によって説明される³⁾。トレーニング強度やトレーニング頻度を変更するのではなく、トレーニング量を減少させる2週間のテーパリングを行うことがパフォーマンスの向上を最大化する戦略であると報告されている³⁾。

体力強化のために実施されるレジスタンストレーニングは、ピーキングにおいても重要な役割を果たしている¹²⁾。近年の研究では、少量、そして高強度 ($\geq 85\%1RM$) のスクワットなどの伝統的エクササイズや低強度 (30~40%1RM) のパリストティックエクササイズを用いたレジスタンストレーニングにより、トレーニングの48時間後までの神経-筋のパフォーマンスが向上することが示されている^{16),30)}。このようにパフォーマンス向上を期待して行われるレジスタンスエクササイズは resistance priming と呼ばれている^{11),16)}。シーズンを通して多くの大会に参加するバドミントン日本代表選手においても resistance priming を活用し、大会に合わせた適切なタイミングと負荷設定でトレーニングを実施することによりパフォーマンスの維持、向上に役立つ可能性がある。

バドミントンは、ジャンプスマッシュ、ランジ、素早い多方向への移動や方向転換などの爆発的な力発揮が求められ、断続的に高強度の運動が必要となるスポーツである^{25),28)}。競技現場において下肢の爆発的な力発揮能力はジャンプパフォーマンスの測定によって評価されることが多く、コンディション管理のためのモニタリングとしても用いられている^{27),29)}。爆発的な力発揮のベースとなる神経-筋の状態 (疲労と超回復) はカウンタームーブメントジャンプ (CMJ) のパフォーマンス (ジャンプ高やパワー) をモニタリングすることによって評価できる⁷⁾。また、CMJがストレッチ

ショートニングサイクル (SSC) を伴うのに対し、静止姿勢から開始することで SSC が制限され、下肢筋力の貢献が大きいと考えられるノンカウンタームーブメントジャンプ (NCMJ) (squat jump または static jump と呼ばれる)³⁵⁾ は力の発揮様式が異なることから^{21),32)}、NCMJ のパフォーマンスを併せてモニタリングすることで多面的に選手のコンディションを把握できる可能性がある。近年、リアポジショントランスデューサーなどの持ち運び可能な計測機器の普及により、さまざまな環境においてもジャンプ高やパワーの評価を行うことができるようになってきている。また、結果も即時的に表示されるため、日々のトレーニングの中でコンディションを把握することができる¹⁵⁾。このような計測機器を活用し、世界トップレベルの選手において、ピーキング期間やトーナメント中の CMJ や NCMJ のジャンプパフォーマンスの変化を評価することは、ピーキング戦略の検討材料となると考えられる。しかしながら、世界トップレベルのバドミントン選手を対象として、世界選手権という重要な大会においてジャンプパフォーマンスを指標とし、ピーキングの有用性を検討した研究は見当たらない。そこで本事例報告では、世界選手権に出場し、決勝に進んだ2名のバドミントン選手を対象として、コンディション評価に用いていたジャンプパフォーマンス指標の変化から世界選手権におけるピーキングのためのテーパリングの成果について検討を行った。さら

に、テーパリング中に resistance priming セッションを実施し、その意義について考察を行った。

II. 方法

1. 対象

本事例報告の対象者は、ある年のバドミントン世界選手権においてストレングス & コンディショニングコーチ (以下、S&C コーチ) によってジャンプパフォーマンスが継続的に測定され、かつ、決勝まで進んだ日本代表男子選手1名、女子選手1名の2名 (いずれも20歳代) とした。対象者は McKay らのアスリートの分類²²⁾ に準ずるとティア5 (ワールドクラス) に分類される。なお、本稿では身体組成、出場種目、大会開催年及び開催地など個人が特定される情報かつ、本事例報告の根幹をなす情報ではないものは記述していない。本事例報告は、国立スポーツ科学センター倫理審査委員会の承認を受けた (承認番号 2021-064)。

2. 直前合宿から世界選手権トーナメント開始までのスケジュール (Table 1)

日本での直前合宿は午前と午後に練習を行い、練習時間はそれぞれ2~3時間、1日当たりでおよそ4~6.5時間 (午前練習のみであった-13日を除く) であった。直前合宿は東京都にあるハイパフォーマンススポーツセンター (以下、HPSC) にて行った。世界選手権開催地での調整期間にお

Table 1. Team schedule from the training camp until the world championships.

Days before the final	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5
AM	Skill	Jump test RT	Skill	Plyo, MS	Skill	Skill	Move to the airport	Rest	Skill	Running, MS, Men's player RP, Jump test	Skill	
PM	Skill	Skill	Skill	Rest	Skill	RT	F1 & F2 Move to the hotel	Skill	Skill	Skill	Women's player RP, Jump test	Women's player Skill
Traning camp before the world championships from -16 to -11							Final adjustment at the venue for the world championships; From -9 to -7 for men's player From -9 to -5 for women's player					

RT: resistance training, Skill: badminton skill training, Plyo: plyometrics, MS: movement skill session, F1: first flight, F2: second flight, RP: resistance priming session

いて、トレーニングも含めた1日当たりの練習時間は日本でいった直前合宿と比較しておよそ1/2～1/3程度であった。日本から世界選手権開催地へは経由地での乗り継ぎを含め2つのフライトを利用した。フライトでは主に西へ移動し、滞在地までの移動時間は合計で約16時間であった。

3. 個別の試合スケジュールと測定実施日程 (Table 2 および Table 3)

resistance priming セッション実施日から決勝までの各選手の試合スケジュールと、各試合での試合時間及び対戦相手の世界ランクが相対的に上位だったか下位だったかを Table 2、Table 3 に示した。また、男子選手は2種目に出場しており、それぞれ種目 A、種目 B とした。

4. ジャンプパフォーマンス測定の手順

ジャンプパフォーマンス測定にはリニアポ

ジショントランスデューサー (GymAware PowerTool, Kinetic Performance Technology, Canberra, Australia) 及び専用アプリケーション (GymAware App, Kinetic Performance Technology, Canberra, Australia) を使用した。この測定装置はケーブルの変位を時々刻々とモニターすることにより、変位、鉛直速度、パワー等を測定することができる。GymAware の変位の分解能は 0.6 mm であり、最高 50 Hz の可変サンプリングでデータを取得する¹⁸⁾。GymAware は角度計の内蔵により、ケーブルの牽引スピードに対して鉛直成分のみを計算することができ、フリーウエイトエクササイズにおいて、特に精度の高い方法であることが報告されている³⁴⁾。ジャンプパフォーマンス測定前に、S&C コーチの指導の下、15～20分程度のダイナミックウォームアップを実施した。リニアポジショントランスデューサーのケーブルはベルクロで約 300g のバーの端に固定した。腕振りが測定

Table 2. Schedule for the men's player during the world championships.

Days before the final	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
Round		R1	R2	R2	R3	QF	SF	F
Event A: Duration of the match (min)				24'	36'	67'	43'	64'
Event A: World ranking of the opponent player				↓	↑	↑	↑	↑
Event B: Duration of the match (min)		33'	66'		64'			
Event B: World ranking of the opponent player		↓	↑		↑			
Resistance priming session	○							
Jump test	○			○				○

R: round, QF: quarter final, SF: semi final, F: final

The upward pointing arrow represents that the opponent was a higher ranked player, and the downward pointing arrow represents that the opponent was a lower ranked player.

Table 3. Schedule for the women's player during the world championships.

Days before the final	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
Round		R1	R2	R3	QF	SF	F
Duration of the match (min)			42'	62'	85'	62'	85'
World ranking of the opponent player			↓	↓	↓	↓	↑
Resistance priming session	○						
Jump test	○		○		○	○	○

R: round, QF: quarter final, SF: semi final, F: final

The upward pointing arrow represents that the opponent was a higher ranked player, and the downward pointing arrow represents that the opponent was a lower ranked player.

結果に与える影響を排除するため、選手はバーを肩に担いで両手でバーを握り、バーにつながれたケーブルが床に対して垂直となる直立の姿勢を取るように指示した。その後、NCMJとCMJを最大努力でそれぞれ5回ずつ実施した。

NCMJは、SSCを伴わない静止姿勢からのジャンプ動作のコンセントリック局面において力を素早く発揮する能力を評価し、CMJは、SSCを伴って力を素早く発揮する能力を評価していると考えられる^{21),32)}。NCMJの場合は、股関節、膝関節、足関節を屈曲して前傾姿勢をとり、膝関節がおよそ90度で静止した状態を開始姿勢とし、この姿勢から反動動作を用いず跳躍を実施した。開始姿勢の膝関節角度は測定を担当したS&Cコーチが目視で確認した。CMJの場合は、直立姿勢から勢いよく股関節、膝関節、足関節を屈曲して、しゃがみ込んだ反動動作を用いて跳躍を実施した。CMJのしゃがみ込みの深さは任意とした。いずれの方法でも選手にはできるだけ高く跳ぶように指示した。

測定データはBluetoothを介してタブレット端末(iPad, Apple Inc., California, USA)に送信され、選手は1回の跳躍を行うごとにタブレット端末画面からジャンプ高を確認することができた。測定データは専用アプリケーションを介し、クラウドサービス(GymAware cloud, Kinetic Performance Technology, Canberra, Australia)にアップロードされ、クラウドサービスからジャンプ高(cm)、平均速度(m/s)及び平均パワー(W/kg)の平均値

をそれぞれ取得した。各データはジャンプ動作のコンセントリック局面から収集した。

5. ジャンプパフォーマンス測定の実施タイミング

直前合宿とresistance primingセッションでのジャンプパフォーマンス測定はウォーミングアップ後、レジスタンストレーニング開始前に実施した。世界選手権のトーナメント中には各試合前に実施するウォーミングアップの後、コート練習に入る前に測定を実施した。男子選手は種目Bの1回戦、2回戦は測定者の帯同がなく測定を実施していない。また、3回戦、準々決勝、準決勝は測定時間を確保できなかったため測定を実施できなかった。女子選手は傷害の影響で直前合宿時の測定を実施していない。また、1回戦は試合が無く、3回戦は測定時間を確保できなかったため測定を実施できなかった。

6. resistance priming セッション (Table 4)

resistance priming プログラムは全米ストレングス & コンディショニング協会(NSCA)が示したピリオダイゼーションモデルにおけるピーキングのためのプログラムデザイン変数¹²⁾を参考にプログラムデザインを行った。また、プログラムデザインにあたり直前合宿と移動の疲労を考慮した。プログラムと各エクササイズのマインセットにおけるトレーニング量(AU: arbitrary units)をTable 4に示した。各選手の1アームDBスナッチは各選手が適切なフォームで実施できる重量を

Table 4. Resistance priming program and training volume (AU).

Exercise	Intensity	Repetitions	Sets	AU (Sets × repetitions × %1RM)
Jump Squat	30%1RM	4	3	360
1 Arm DB Snatch	N/A	3 each side	2	N/A
Back Squat	80%1RM	3	1	240
	90%1RM	2	1	180

AU: arbitrary units, DB: dumbbell, RM: repetition maximum, N/A: not applicable

用いたが、IRMが不明であるためAUを算出できなかった。resistance primingセッションの実施日は、男子選手は決勝から逆算して-7日（初戦の前日）、女子選手は決勝から逆算して-6日（初戦の前々日）であった。初戦以降は連戦となる都合上、他のスケジュールでresistance primingセッションは実施しなかった。

Ⅲ. 分析

Claudino et al. (2017)⁷⁾によると、神経-筋の状態（疲労と超回復）のモニタリングにおいてジャンプ高のピーク値よりも平均値を使用することが推奨されており、本研究でもジャンプ高について測定日ごとに5回の試技の平均値と95%信頼区間を求め、比較した。同様に、ジャンプの平均速度、平均パワーについても測定日ごとに5回の試技の平均値と95%信頼区間を求め、比較した。男子選手については直前合宿（-15日）での測定値をベースラインとし、-7日以降の測定値との比較を行った。女子選手については直前合宿（-15日）でジャンプパフォーマンス測定を実施できなかったため、直前合宿以前で最も近い日程（-151日）に取得した値をベースラインとし、-6日以降の測定値との比較を行った。ベースラインと各測定日との比較のために、各測定日の測定値について、ベースラインからの変化率を算出した。ベースラインから±2.5%を最小の価値ある変化（SWC: smallest worthwhile change）に設定し⁴⁾、95%信頼区間の範囲が>2.5%をbeneficial、±2.5%をunclear、<2.5%をharmfulに分類した。また、測定日ごとの平均値より標準偏差を算出し、測定日間の平均値の差について効果量（Cohen's d）を求めた。効果量の大きさはRhea (2004)²⁶⁾によって提案された尺度を用いて、trivial (<0.25)、small (0.25-0.50)、moderate (0.50-1.0)、及びlarge (>1.0)に分類した。

Ⅳ. 結果

1. ジャンプ高の変化 (Figure 1)

男子選手については、NCMJのジャンプ高は

ベースラインと比較して、-7日 (-6.5%, unclear; d=0.90, moderate) は変化しなかったが、-4日 (16.4%, beneficial; d=2.52, large)、0日 (20.1%, beneficial; d=2.83, large) は高値を示した。また、0日のNCMJのジャンプ高の平均値はベースライン測定以降の最高値であり、自己ベスト記録でもあった。CMJのジャンプ高は-7日 (-2.7%, unclear; d=0.81, moderate)、-4日 (5.8%, unclear; d=1.46, large) にはベースラインからの変化がなかったが、0日 (20.1%, beneficial; d=2.83, large) は-15日より高値を示した。また、0日のCMJのジャンプ高の平均値はベースライン測定以降の最高値であり、自己ベスト記録でもあった。

女子選手については、NCMJのジャンプ高はベースラインと比較して、-6日 (16.5%, unclear; d=1.37, large) は変化しなかったが、-4日 (31.0%, beneficial; d=2.61, large)、-2日 (44.4%, beneficial; d=4.64, large)、-1日 (39.8%, beneficial; d=4.56, large)、0日 (44.6%, beneficial; d=4.88, large) は高値を示した。また、0日のNCMJのジャンプ高の平均値はベースライン測定以降の最高値であり、自己ベスト記録でもあった。CMJのジャンプ高は-6日 (12.1%, beneficial; d=2.40, large)、-4日 (16.4%, beneficial; d=4.25, large)、-2日 (19.4%, beneficial; d=3.51, large)、-1日 (22.1%, beneficial; d=5.52, large)、0日 (25.6%, beneficial; d=7.25, large) においてベースラインより高値を示した。また、0日のCMJのジャンプ高の平均値はベースライン測定以降の最高値であり、自己ベスト記録でもあった。

2. ジャンプにおける平均速度の変化 (Figure 2)

男子選手については、NCMJの平均速度はベースラインと比較して、-7日 (-9.8%, unclear; d=2.13, large) は変化しなかったが、-4日 (11.9%, beneficial; d=2.44, large)、0日 (10.0%, beneficial; d=2.76, large) では高値を示した。CMJの平均速度はベースラインと比較して、-7日 (-1.7%, unclear; d=0.41, small)、-4日 (5.1%, unclear; d=1.32, large) では変化しなかったが、0日 (7.8%, bene-

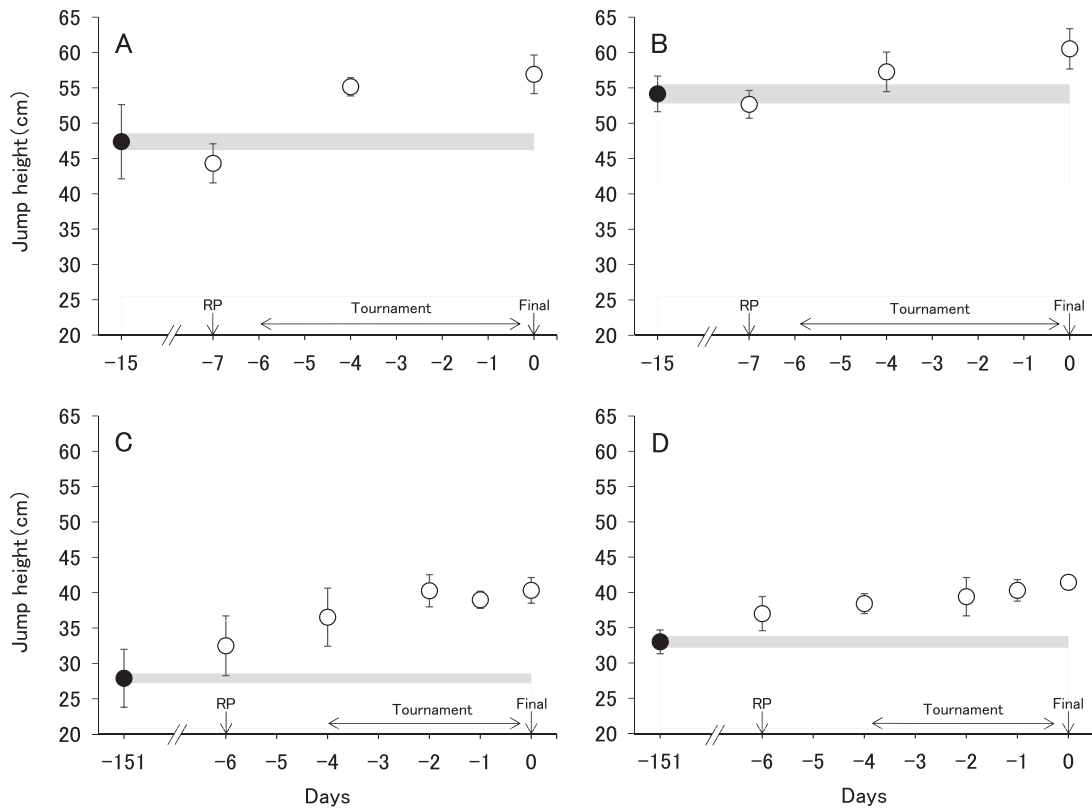


Figure 1. Changes in Jump height

A: NCMJ of the men's player, B: CMJ of the men's player, C: NCMJ of the women's player, D: CMJ of the women's player, RP: resistance priming session

The error bars represent 95% confidence intervals. The black marker represents baseline, and the horizontal shaded grey region represents the smallest worthwhile change.

ficial; $d=2.36$, large) はベースラインより高値を示した。

女子選手については、NCMJの平均速度はベースラインと比較して、-6日(2.9%, unclear; $d=0.54$, moderate)は変化しなかったが、-4日(15.5%, unclear; $d=1.80$, large)、-2日(22.1%, beneficial; $d=5.61$, large)、-1日(14.7%, beneficial; $d=3.62$, large)、0日(29.6%, beneficial; $d=5.04$, large)では高値を示した。CMJの平均速度は、-6日(10.8%, beneficial; $d=2.44$, large)、-4日(11.6%, beneficial; $d=2.79$, large)はベースラインより高値を示した。-2日(8.3%, unclear; $d=1.55$, large)、-1日(5.6%, unclear; $d=1.28$, large)はベースラインからの差がみられなかったが、0日(15.9%,

beneficial; $d=4.04$, large) はベースラインより高値を示した。

3. ジャンプにおける平均パワーの変化 (Figure 3)

男子選手については、NCMJの平均パワーはベースラインと比較して、-7日(-31.4%, harmful; $d=2.44$, large)は低値を示し、-4日(8.3%, unclear; $d=1.09$, large)は差がなかったが、0日(12.7%, beneficial; $d=1.88$, large)では高値を示した。CMJの平均パワーはベースラインと比較して、-7日(-1.7%, unclear; $d=0.29$, small)は変化しなかったが、-4日(15.1%, beneficial; $d=4.20$, large)と0日(11.7%, beneficial; $d=1.97$, large)はベースラインより高値を示した。

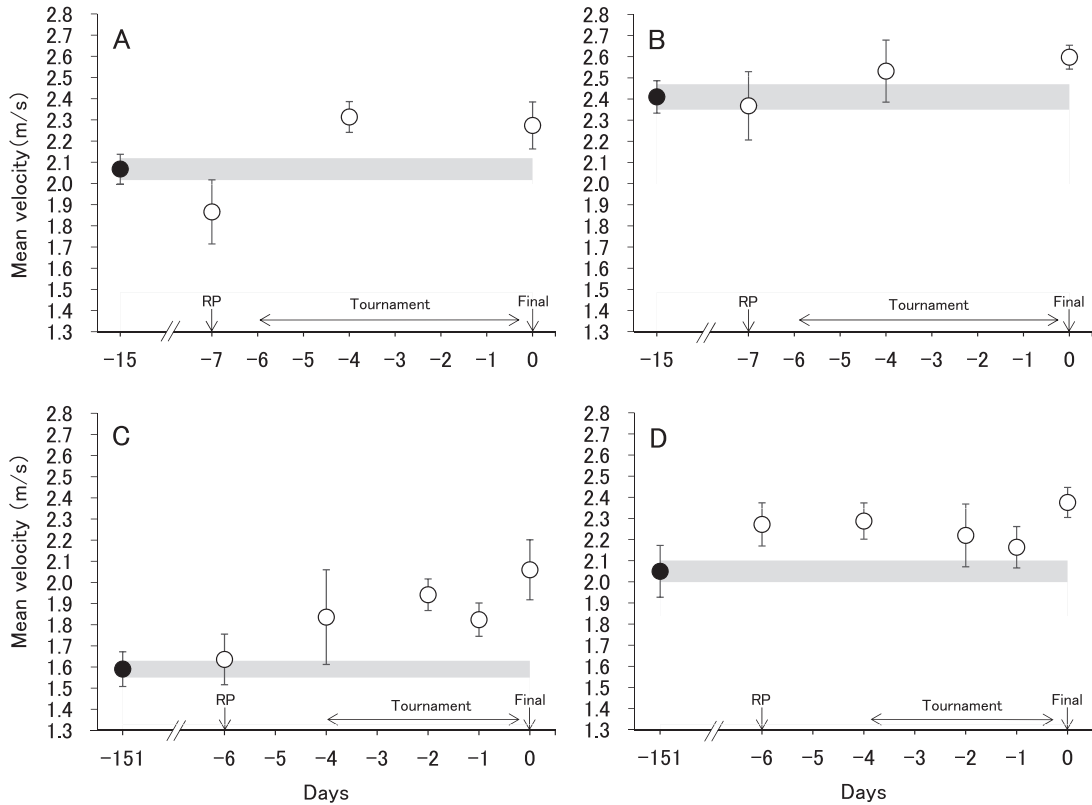


Figure 2. Changes in mean velocity

A: NCMJ of the men's player, B: CMJ of the men's player, C: NCMJ of the women's player, D: CMJ of the women's player, RP: resistance priming session

女子選手については、NCMJの平均パワーはベースラインと比較して、-6日(8.1%, unclear; $d=0.76$, moderate)は変化しなかったが、-4日(40.9%, beneficial; $d=3.73$, large)、-2日(38.1%, beneficial; $d=4.10$, large)、-1日(30.5%, beneficial; $d=3.78$, large)、0日(59.6%, beneficial; $d=5.57$, large)には高値を示した。CMJの平均パワーはベースラインと比較して、-6日(13.3%, unclear; $d=1.13$, large)は変化がなかったが、-4日(9.9%, beneficial; $d=1.17$, large)、-2日(16.6%, beneficial; $d=1.79$, large)は高値を示した。その後、-1日(0.7%, unclear; $d=0.08$, trivial)においてはベースラインからの差がみられなかったが、0日(20.5%, beneficial; $d=2.03$, large)ではベースラインより高値を示した。

V. 考察

本事例報告では、世界選手権に出場し、決勝に進んだ2名のバドミントン選手を対象として、ジャンプパフォーマンス指標の変化から世界選手権におけるピーキング戦略について検討を行った。どちらの対象選手も決勝戦直前において、CMJ及びNCMJのジャンプ高、平均速度、及び平均パワーでSWCを上回る値を示した。加えて、決勝戦直前の各選手のジャンプ高は自己ベストであった。これらの結果から、神経-筋の状態については、世界選手権決勝に向けてピーキングできていたと推測される。

世界選手権前と世界選手権期間中のジャンプパフォーマンスを比較すると、対象選手のCMJ及びNCMJのジャンプ高、平均速度、平均パワー

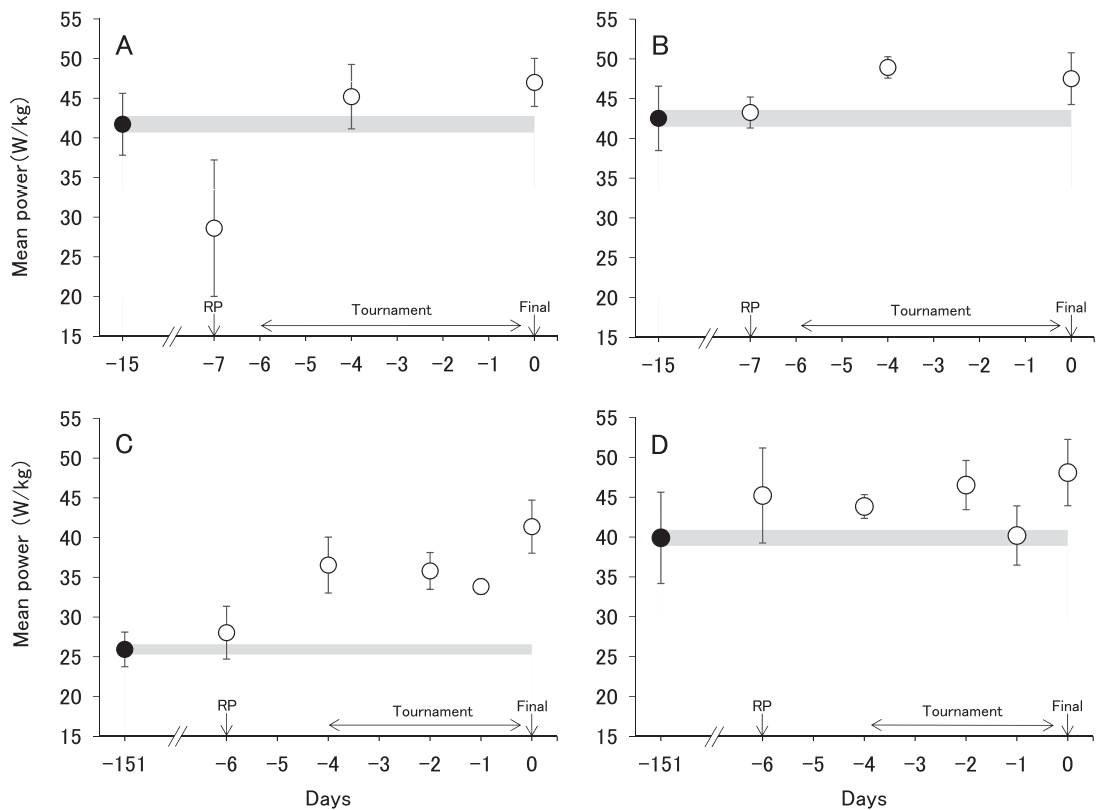


Figure 3. Changes in mean power

A: NCMJ of the men's player, B: CMJ of the men's player, C: NCMJ of the women's player, D: CMJ of the women's player, RP: resistance priming session

The error bars represent 95% confidence intervals. The black marker represents baseline, and the horizontal shaded grey region represents the smallest worthwhile change.

の値は決勝戦当日である0日にベースラインより向上した。一方、ピーキングの過程では、男子選手のNCMJの平均パワーはベースラインと比較して-7日に低下し(-2.7%)、harmfulであった。NCMJは静止姿勢から動作を開始するためSSCの利用が制限され、そのパフォーマンスは主に下肢筋群の筋力発揮によると考えられるが、CMJはSSCを利用することでNCMJと比較して運動誘発性筋損傷に伴うパフォーマンスの低下を低減する可能性があることが示唆されている⁵⁾。この男子選手の場合も-7日時点ではSSCを利用できるCMJに変化はなかったが、SSCの利用が制限されるNCMJでは直前合宿による筋疲労が解消

できておらず、下肢のパワー発揮にマイナスの影響を及ぼしていた可能性が考えられる。加えて、多くのタイムゾーンを跨ぐ移動による時差症候群の影響を受けた可能性がある^{10), 33)}。また、トーナメント中には、女子選手のCMJにおいて、平均速度と平均パワーは-1日にunclear、平均パワーの効果量はtrivialとなった。この背景として、-2日の試合(準々決勝)での試合時間が約1時間半と決勝を除いて今大会では最も長く、この試合による疲労が影響していたかもしれない。

決勝にピーキングできた理由については、テーパリングにおけるトレーニング量の減少の影響が考えられる。効果的なテーパリングの方法とし

て、トレーニング強度及びトレーニング頻度を維持し、トレーニング量を減らすことが推奨されている^{3),23)}。HPSCでの直前合宿におけるトレーニング量に関して、練習時間は午前と午後にそれぞれ2～3時間であり、午後の練習が無かった-13日を除いて1日当たりおよそ4～6.5時間であった。一方で、世界選手権開催地到着から初戦までの期間は男子選手で4日、女子選手で6日間であり、この期間の練習時間は、日本での直前合宿と比較しておおよそ1/2～1/3程度であった。世界選手権では、大会側が用意する練習会場を使用できる時間の割り当てが国ごとに限定的であり、練習時間が自ずと制限されたことがテーパリングにおけるトレーニング量の減少に影響していた。世界選手権開催地到着後からトーナメント開始までの期間では、練習強度は高いが、活動量は少なく、テーパリング期間として位置づけられていたと考えられる。トーナメント中の試合時間は、男子選手については24分～1時間45分、女子選手については42分～1時間25分であり、各試合時間をトレーニング量とすると直前合宿と比較して半分以下であったことから、トーナメント中も実質的にテーパリングとなり、蓄積していた疲労が減少し、preparednessが上昇した可能性が考えられる。Vachon et al. (2021)³¹⁾によると、テーパリング期間の前に過負荷期間がある場合、国際レベルのアスリートはそうではないアスリートと比較してテーパリングによる利益をより大きく得られることが報告されている。また、高度な訓練を受けたアスリートは、テーパリングにおいてトレーニング量を60～90%減少させることでパフォーマンスにポジティブな反応が得られるとされている²³⁾。本事例でも、対象となった選手2名は競技レベルが高く、直前合宿のトレーニング量の多さから過負荷となっていたと考えられるが、テーパリングによってトレーニング量が大きく減少したことで疲労が減少し、ジャンプパフォーマンスが向上したと推察される。

バドミントン世界選手権は、基本的に種目ごとに1日1試合のペースで進行し、対象となった男

子選手はこの大会で種目Bの第1ラウンドから種目Aの決勝まで7日間で計8試合に出場した。また、女子選手は第2ラウンドから決勝まで5日間で5試合に出場した。このように、上位進出のためには狙った一日のみにピークを合わせるのではなく、トーナメント中にはある程度、preparednessを高い状態で維持する必要があるが、連戦による疲労が大きくなるとpreparednessが低下する可能性がある。Abian-Vicen et al. (2014)¹⁾は、スペインのバドミントン国内選手権においてラウンドが進むにつれて試合後のジャンプパフォーマンスが低下(-7.17%)することや、ジャンプのしゃがみ込みの際の重心高が下がらなくなることを報告しており、疲労による神経-筋パフォーマンスの低下を抑えるトレーニング戦略が有効である可能性を指摘している。また、Le Mansec et al. (2019)¹⁹⁾は、CMJとランジを反復する筋疲労プロトコルによってバドミントンのスマッシュ速度(～3.3%)とスマッシュの精度(～10.3%)が低下することを示しており、試合を有利に進めるためには、疲労によるパフォーマンスへのネガティブな影響を最小限にするための介入が必要であると述べている。本事例で対象となった2名の選手も5～8試合の連戦であったが、対象選手のNCMJ、CMJのジャンプ高はベースラインと比較してトーナメント開始から決勝まで概ねベースラインより高い値で推移しており、世界選手権のトーナメント中にpreparednessが高く維持されていたと推察される。さらに、対象選手2名とも決勝戦直前にジャンプ高の自己ベストを記録しており、決勝戦の日程に合わせて最もpreparednessが向上していた可能性がある。これらの結果から、本事例においては、世界選手権直前のピーキング戦略が有効であった可能性がある。

VI. 本事例報告の意義と今後の課題

バドミントン日本代表選手はシーズン中の出場大会数が多く、過密な競技日程での連戦となることが多いことから、レジスタンストレーニングを継続的に実施することが困難な状況が起りやす

い。このような背景から、トレーニング機会が減少することでトレーニングによって誘発された適応の一部または全部が失われる可能性がある(ディトレーニング)^{23),24)}。しかし、選手が良いコンディションで大会に臨むためにはシーズンを通した体力の維持、向上は必要不可欠であり、トレーニング効果の消失やディトレーニングを回避しながら連戦を戦っていく必要がある。

本事例報告では、世界選手権に出場した2名のバドミントン日本代表選手に対して世界選手権の直前に resistance priming を実施した。resistance priming プログラムで用いたトレーニング強度は、バックスクワットで80～90%1RM、ジャンプスクワットで30%1RMであった。この強度は resistance priming の推奨強度(バックスクワットなどは80～95%1RM、バリスティックエクササイズは30～40%1RM)¹⁶⁾と一致している。resistance priming プログラムにおけるトレーニング量は、ジャンプスクワットが360AU、バックスクワットが420AU、合計780AUであった。1アームDBスナッチは1RMが不明のためAUを算出できないが、その種目特性から片手で扱える負荷重量はジャンプスクワットよりも少なく、セット数もジャンプスクワットより少ないため3種目合計のトレーニング量は、先行研究で示された効果的な resistance priming のトレーニング量(450～1190AU)¹⁶⁾の範囲内であったと考えられる。resistance priming で用いられる強度設定は、最大筋力やパワー向上を目的としたプログラムと同様であることから¹⁴⁾、最大筋力やパワーの維持、向上に貢献する可能性がある^{9),16)}。テーパリングによって蓄積された疲労の回復が期待できる場合、大会直前でも resistance priming を活用して継続的にレジスタンストレーニングを実施することは、ディトレーニングを防止するだけでなく、過密な競技日程のなかでもトレーニング機会を確保しやすく、中長期的な体力強化に貢献する可能性がある⁹⁾。

本事例報告では、バドミントン世界選手権に向けたテーパリング及びピーキングの有用性を検討

するために、コンディションの指標としてジャンプパフォーマンスを用いた。本事例のように、ジャンプパフォーマンスを指標として、世界選手権という重要な大会におけるピーキングの成果について検討した研究は著者が知る限り無い。そのため、本事例報告で得られたジャンプパフォーマンスの推移は、世界トップレベルのバドミントン選手を対象として、より効果的なピーキング戦略を検討していくうえでの貴重な資料となる。

本事例報告で用いたジャンプパフォーマンスのデータは、日々のコンディション調整の指標としてモニタリングしたものである。選手の神経-筋の状態(疲労と超回復)を把握するためのジャンプ測定⁷⁾は競技会場でも短時間で実施できることから選手の負担が少なく、選手の preparedness を推定するための実際的で有効な手段となり得る。さらに、今回のように持ち運び可能な測定機器により、遠征先などの環境にかかわらず、個々の選手のエクササイズ中のパフォーマンスをモニタリングすることができ、効果的なピーキングを達成するためのプログラムの微調整も行うことができる。このような活用は、所有している機器の数や機器を扱うことのできる専門職の人数によって異なるが、代表合宿や遠征など主要なイベントで可能な限り活用できれば非常に有用である。一方で、テーパリング戦略は個別性が高く¹³⁾、選手のコンディションに影響する多くの要因を検討しなければならない。効果的なピーキングを実践するために、今後は主観的運動強度(s-RPE)や生理学的指標(心拍変動)⁸⁾、選手や指導者の主観的な報告³⁶⁾なども検討材料としたい。

Ⅶ. まとめ

本事例報告では、バドミントン世界選手権の決勝に進んだ選手2名について、世界選手権に向けたテーパリングと大会中のパフォーマンス応答の変化について記述した。男子選手において、世界選手権開始前の-7日にはNCMJの平均パワーが低下した。この背景として直前合宿での活動量が多かったこととテーパリング期間が短かったこと

によって、直前合宿や長時間移動により蓄積していた疲労の消失が十分でなかった可能性がある。また、女子選手において、-1日（準決勝前）にCMJの平均速度、平均パワーはベースラインと同程度の値となった。この背景として前日の試合時間が長かったことから、その疲労による影響を受けた可能性がある。しかし、いずれの対象選手も大会期間中も含めた実質的なテーパリングによって、決勝直前においてジャンプパフォーマンスはベースラインよりも高値を示した。また、決勝直前（-0日）に各選手がジャンプ高の自己ベストを記録していることから、直前合宿後のテーパリングの結果、下肢の神経-筋機能の面からは世界選手権決勝に向けてピーキングできていたと考えられる。

文献

- 1) Abian-Vicen J, Castanedo A, Abian P, Gonzalez-Millan C, Salinero JJ, Del Coso J. Influence of successive badminton matches on muscle strength, power, and body-fluid balance in elite players. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(4): 689-694, 2014.
- 2) Andersen LL, Larsson B, Overgaard H, Aagaard P. Torque-velocity characteristics and contractile rate of force development in elite badminton players. *Eur J Sport Sci*, 7(3): 127-134, 2007.
- 3) Bosquet L, Montpetit J, Arvisais D, Mujika I. Effects of tapering on performance: A meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 39(8): 1358-1365, 2007.
- 4) Buchheit M. Want to see my report, coach? *Aspetar Sports Med J*, 6: 36-43, 2017.
- 5) Byrne C, Eston R. The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. *J Sports Sci*, 20(5): 417-425, 2002.
- 6) Chiu LZF, Barnes JL. The fitness-fatigue model revisited: Implications for planning short-and long-term training. *Strength Cond J*, 25(6): 42-51, 2003.
- 7) Claudino JG, Cronin J, Mezêncio B, McMaster DT, McGuigan M, Tricoli V, Amadio AC, Serrão JC. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *J Sci Med Sport*, 20(4): 397-402, 2017.
- 8) Coutts AJ, Cormack S. Monitoring the training response. In: Joyce D, Lewindon D (Eds.) *High-performance training for sports*. Human Kinetics, pp. 71-84, 2014.
- 9) Flanagan EP. Strength training. In: Joyce D, Lemindon D (Eds.) *High-performance training for sports*. 2nd Edition, Human Kinetics, pp.133-147, 2021.
- 10) Fowler PM, Knez W, Crowcroft S, Mendham AE, Miller J, Sargent C, Halson S, Duffield R. Greater effect of east versus west travel on jet lag, sleep, and team sport performance. *Med Sci Sports Exerc*, 49(12): 2548-2561, 2017.
- 11) Gill N. Coach's insight: Priming. In: Joyce D, Lewindon D (Eds.) *High-performance training for sports*. Human Kinetics, p. 308, 2014.
- 12) Haff GG. *ピリオダイゼーション*. Haff GG, Triplett NT 編：篠田邦彦総監修，ストレングストレーニング & コンディショニング．第4版，ブックハウス・エイチデイ，pp. 627-650, 2018.
- 13) Haff GG. Peaking. In: Joyce D, Lewindon D (Eds.) *High-performance training for sports*. 2nd Edition, Human Kinetics, pp.331-343, 2021.
- 14) Haff GG, Haff EE. Training integration and periodization. In: Hoffman JR (Ed.) *NSCA's Guide to program design*. Human Kinetics, pp. 218-220, 2011.
- 15) Harris NK, Cronin J, Taylor K-L, Boris J, Sheppard J. Understanding position transducer technology for strength and conditioning practitioners. *Strength Cond J*, 32(4): 66-79, 2010.
- 16) Harrison PW, James LP, McGuigan MR, Jenkins

- DG, Kelly VG. Resistance priming to enhance neuromuscular performance in sport: Evidence, potential mechanisms and directions for future research. *Sports Med*, 49(10): 1499-1514, 2019.
- 17) Iizuka T, Hirano K, Atomi T, Shimizu M, Atomi Y. Changes in duration and intensity of the world's top-level badminton matches: A consideration of the increased acute injuries among elite women's singles players. *Sports*, 8(2): 19, 2020.
- 18) Kinetic Performance Technology. KINETIC PERFORMANCE: FACT SHEET <https://kinetic.com.au/pdf/sample.pdf> (2022年9月26日).
- 19) Le Mansec Y, Perez J, Rouault Q, Doron J, Jubeau M. Impaired performance of the smash stroke in badminton induced by muscle fatigue. *Int J Sports Physiol Perform*, 15(1): 52-59, 2020.
- 20) 松本なぎさ, 飯塚太郎, 千野謙太郎, 朴柱奉. リオデジャネイロ 2016 オリンピックに向けたバドミントン日本代表チームに対する栄養サポート. *日本スポーツ栄養研究誌*, 11: 93-100, 2018.
- 21) McGuigan MR, Doyle TLA, Newton M, Edwards DJ, Nimphius S, Newton RU. Eccentric utilization ratio: Effect of sport and phase of training. *J Strength Cond Res*, 20(4): 992-995, 2006.
- 22) McKay AKA, Stellingwerff T, Smith ES, Martin DT, Mujika I, Goosey-Tolfrey VL, Sheppard J, Burke LM. Defining training and performance caliber: A participant classification framework. *Int J Sports Physiol Perform*, 17(2): 317-331, 2022.
- 23) Mujika I, Padilla S. Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Med Sci Sports Exerc*, 35(7): 1182-1187, 2003.
- 24) Mujika I, Padilla S. Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: Short term insufficient training stimulus. *Sports Med*, 30(2): 79-87, 2000.
- 25) Phomsoupha M, Laffaye G. The science of badminton: Game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. *Sports Med*, 45(4): 473-495, 2015.
- 26) Rhea MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res*, 18(4): 918-920, 2004.
- 27) Sams ML, Sato K, DeWeese BH, Sayers AL, Stone MH. Quantifying changes in squat jump height across a season of men's collegiate soccer. *J Strength Cond Res*, 32(8): 2324-2330, 2018.
- 28) Sturgess S, Newton RU. Design and implementation of a specific strength program for badminton. *Strength Cond J*, 30(3): 33-41, 2008.
- 29) Taylor K-L, Chapman DW, Cronin JB, Newton MJ, Gill N. Fatigue monitoring in high performance sport: A survey of current trends. *J Aust Strength Cond*, 20(1): 12-23, 2012.
- 30) Tsoukos A, Veligeas P, Brown LE, Terzis G, Bogdanis GC. Delayed effects of a low-volume, power-type resistance exercise session on explosive performance. *J Strength Cond Res*, 32(3): 643-650, 2018.
- 31) Vachon A, Berryman N, Mujika I, Paquet J-B, Arvaisis D, Bosquet L. Effects of tapering on neuromuscular and metabolic fitness in team sports: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Sport Sci*, 21(3): 300-311, 2021.
- 32) Van Hooren B, Zolotarjova J. The difference between countermovement and squat jump performances: A review of underlying mechanisms with practical applications. *J Strength Cond Res*, 31(7): 2011-2020, 2017.
- 33) Waterhouse J, Reilly T, Atkinson G, Edwards B. Jet lag: Trends and coping strategies. *Lancet*, 369(9567): 1117-1129, 2007.
- 34) Weakley J, Morrison M, García-Ramos A,

- Johnston R, James L, Cole MH. The validity and reliability of commercially available resistance training monitoring devices: A systematic review. *Sports Med*, 51(3): 443-502, 2021.
- 35) Winkelman NC. The difference between the countermovement and non-countermovement jump: Implications on performance. *UK Strength Cond Assoc*, (20): 4-8, 2011.
- 36) 山本正嘉 . 体育・スポーツの実践研究はどうあるべきか . 福永哲夫, 山本正嘉編, 体育・スポーツ分野における実践研究の考え方と論文の書き方. 市村出版, pp.8-30, 2018.
- 37) Zatsiorsky VM. Basic concept of training theory. in: *Science and practice of strength training*. Human Kinetics, pp. 15-19, 1995.
- 38) Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. Basic concept of training theory. in: *Science and practice of strength training*. 2nd Edition, Human Kinetics, pp. 12-15, 2006.