

# 大学女子バレーボール選手における準備期から試合期までの身体活動量が跳躍能力に及ぼす影響

横沢 翔平\*, 飯田 周平\*\*, 平塚 和也\*\*\*, 田中 重陽\*\*\*\*

横沢 民男\*\*\*\*\*, 角田 直也\*

## Effects of physical activity volume from preparatory to match period on jumping performance in collegiate female volleyball players

Shohei YOKOZAWA\*, Shuhei IIDA\*\*, Kazuya HIRATSUKA\*\*\*, Shigeharu TANAKA\*\*\*\*

Tamio Yokozawa\*\*\*\*\*, Naoya TSUNODA\*

### Abstract

The purpose of this study is to observe the jump height from preparatory to match periods and investigate the effect of changes in physical activity volume on jumping performance in female collegiate volleyball players. The sample data of thirty-four players (Age:  $19.1 \pm 1.0$ , Height:  $168.0 \pm 5.9$ cm, Weight:  $63.2 \pm 6.2$ kg) was obtained from the KANTO division I women collegiate volleyball league in the 2018 autumn and 2019 spring and autumn periods. The physical activity was recorded daily during volleyball training using Active Style Pro HJA-750c (OMRON co.). Other than the measurements of body composition, counter-movement jump (CMJ) and CMJ with arm swing (CMJ-AS) were completed by preparation (Pre and Post1) and match periods (Post2 and Post3). Furthermore, the sample data was classified as decrease and maintain groups based on the ratio of changes in jump height from Pre to Post1. The results revealed that physical activity was highest in Post1 and decreased by approximately 50% in Post2. The jump height was considerably lower in Post1 than in Pre but remarkably higher in Post2. In the comparison between the decrease and maintain groups, the physical activity volume of Post1 was more common in the decrease group than in the maintain group. These findings revealed that the jumping performance of female collegiate volleyball players is influenced by the increases and decreases of physical activity volume during volleyball training.

### I. 緒 言

バレーボール競技における基本技術にはサーブ、ブロック、アタック動作があり、その際に跳躍運動を伴う。先行研究 (Garcia-de-Alcaraz et al., 2020) において、バレーボール選手はシーズンを通して、多量の跳躍運動を遂行することが報告されており、選手には垂直方向へのより高い跳躍発揮が要求されることが指摘されていることから (Ziv and Lidor, 2010), 競技中においてこの能力を最大限発揮することはバレーボール競技の戦術的要素に深く関与し、勝敗に大きく影響することが考えられる。日本の大学バレーボールでは1シーズンにおいて、春季および秋季にそれぞれ実施されるリーグ戦に加えて、6月には東西のインカレ、11月末から12月にかけては全日本インカレが開催さ

れる。とりわけ、春季および秋季のリーグ戦に関しては約2か月間の長期に及び、シーズンを通して高い跳躍高を維持する必要がある。

これまで多くの球技系スポーツにおいて、反動を伴う垂直方向への跳躍運動 (Counter movement jump: 以下 CMJ) を用いることで、試合やトレーニングの影響が評価されている (Coutts et al., 2007; Heishman et al., 2018; Marrier et al., 2017; Ronglan et al., 2006)。この内、Ronglan et al. (2006) は女子ハンドボール選手を対象に、5日間のトレーニングキャンプ中および3日間で公式戦を3試合こなすスケジュールの前後において、CMJ跳躍高が有意に低下したことを報告している。さらに、Heishman et al. (2018) は男子バスケットボール選手を対象に5週間のトレーニング期間中において、加速度センサーを用いて選手

\*: 国土館大学大学院 スポーツ・システム研究科 (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

\*\* : 国土館大学 体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\*\* : 立命館大学 共通教育推進機構 (Institute for General Education, Ritsumeikan University)

\*\*\*\* : 国土館大学 政経学部 (Faculty of Political Science and Economics, Kokushikan University)

\*\*\*\*\* : 国土館大学 21世紀アジア学部 (Faculty of 21st century Asia, Kokushikan University)

(受付日: 2022年2月7日、受理日: 2022年5月23日)

にかかる練習負荷を計測したところ、負荷が高い時の CMJ 跳躍高は負荷が低い時よりも有意に低下したことを報告している。類似した結果はバレーボール競技特有のスパイクジャンプやブロックジャンプでも観察されており、Nesser and Demchak (2007) は大学女子バレーボール選手における 2 週間の準備期間において、練習およびトレーニング回数が多かったシーズンにスパイクジャンプおよびブロックジャンプの高さが有意に低下した一方で、練習およびトレーニング回数を減らした翌シーズンでは、跳躍高を低下させずに維持できたことを報告している。このように過度な運動やトレーニング後に跳躍高が低下することについて、Ronglan et al. (2006) や Heishman et al. (2018) は神経筋疲労の影響を指摘しており、さらに Suchomel and Bailey (2014) によれば、垂直跳びの跳躍高を継続的に測定することでスポーツ選手の疲労を評価する指標となることが報告されている。しかし、Coutts et al. (2007) はラグビー選手を対象に 6 週間の漸増的過負荷トレーニング期間前後において、垂直跳びの跳躍高を比較したところ有意な変化はみられなかったこと、トレーニング負荷が低かった群と高かった群の間には跳躍高の変化に違いが見られなかったことを報告している。同様に、Marrier et al. (2017) は高負荷のラグビー競技トレーニングの前後においてスプリント時間の著しい延長がみられたのに対し、跳躍高では変化がみられなかったことを報告している。このことから、トレーニング負荷に対する跳躍高の変化については知見が散見される。この要因としては、トレーニングの強度、時間、頻度が先行研究で異なることやその競技における主動作の違いが影響することが想定されるため、対象の競技や実施したトレーニング毎に垂直跳びの変化を評価していくことが重要である。

また、練習やトレーニングによって跳躍能力の低下を誘発した場合、その後の回復を図ることも必須となる。河森 (2018) によれば、「徐々に練習・トレーニングの負荷を減らしていくこと」はテーパリングと定義される。Bosquet et al. (2007) が行ったメタ分析では、テーパリング中におけるトレーニング量の減少量が運動機能の変化に影響を及ぼすことが報告されている。このことから、練習やトレーニングにおける負荷を適切に調節することができれば、練習量の増加によって跳躍能力が一時的に低下したとしてもその後の改善が期待できる。一方で、練習やトレーニングにおける負荷の言葉の中には「強度」、「量」、「頻度」といった 3 つの変数が含まれることが指摘されている (河森, 2018)。とりわけ、バレーボールのようなチームスポーツにおいては複数の選手がそれぞれ異なる動きを行うことから、競技中に全ての選手の運動強度を統制することは難しい。先述の Nesser and Demchak (2007) の研究においても、準備期の大学女子バレーボール選手を対象にチーム全体のトレーニング負荷に関しては主に頻度を変えて調節

している。また、大学等の運動クラブでは、学内の施設を使用できる頻度が予め決められていることも想定され、そのような場合はチーム全体の練習時間を調節することで練習やトレーニングの負荷をコントロールすることも考えられる。しかしながら、そのような負荷調整に対して、練習中における選手の活動量が実際に変化するのか、そしてその結果、跳躍能力はどのような適応を示すのかについては明らかにされていない。加えて、女子バレーボール選手を対象とした研究 (González-Ravé et al., 2011) では、一定期間のトレーニングを経てから観察される跳躍能力の向上には除脂肪量や脂肪量といった身体組成の変化が影響する可能性も指摘されている。これらを併せて考えると、チーム練習中における選手個人の活動量を計測し、跳躍能力とともに身体組成を観察することで、跳躍能力の変化に及ぼす要因をより明確に示すことができるのではないかと考えられる。

大学バレーボールリーグが行われる春季および秋季の試合直前において、大学機関では学生は長期休業となり練習時間を十分に確保できることから、リーグ戦期間前において、練習時間が顕著に変動した際における跳躍能力の変化を観察できると想定した。そこで本研究は、大学女子バレーボール選手を対象にリーグ戦に伴う準備期および試合期において跳躍能力は変化するかどうかを観察し、跳躍能力の変化に及ぼす要因を明らかにすることを目的とした。

## II. 方 法

### 1. 被験者およびデータ収集

被験者は関東大学女子バレーボール I 部リーグに所属する K 大学の女子バレーボール選手を対象とした。本研究では大学女子バレーボールのリーグ期間に向けた跳躍能力の変化を包括的に評価するために、2018 年秋季、2019 年春季、2019 年秋季の 3 大会におけるリーグ戦期間においてデータ収集を行った。測定開始時において、37 名が測定に参加したが、このうち 3 名の選手が怪我や欠席、またその他の理由により、測定を継続できなくなったため、最終的に 34 名分 (年齢:  $19.1 \pm 1.0$ , 身長:  $168.0 \pm 5.9$ cm, 体重:  $63.2 \pm 6.2$ kg) のデータが収集できた。3 大会毎の被験者の内訳は、2018 年秋季 9 名 (年齢:  $18.9 \pm 1.1$ , 身長:  $165.4 \pm 4.6$ cm, 体重:  $60.5 \pm 3.6$ kg), 2019 年春季 12 名 (年齢:  $19.5 \pm 0.9$ , 身長:  $168.0 \pm 6.9$ cm, 体重:  $64.5 \pm 7.2$ kg), 2019 年秋季 13 名 (年齢:  $18.8 \pm 1.0$ , 身長:  $169.0 \pm 5.6$  cm, 体重:  $64.0 \pm 6.5$ kg) であった。表 1 には対象選手のレギュラー別におけるポジション毎の人数を示した。このうち、各期間に重複して測定に参加した選手や新規で測定に参加した選手が混在していたが、それぞれの大会期間は異なっているため、本研究では重複して参加した選手を別の被験者として扱った。また、被験者はシーズンを通して週 3~6 日におけるバ

表1. 対象者 34 名におけるレギュラーおよびポジション別の内訳

リーグ戦期	レギュラー/サブ	S	WS	MB	OP	L	合計
2018年秋季	レギュラー	-	2名	-	-	1名	3名
	サブ	1名	2名	1名	1名	1名	6名
2019年春季	レギュラー	-	2名	1名	1名	1名	5名
	サブ	2名	2名	2名	-	1名	7名
2019年秋季	レギュラー	-	1名	2名	1名	1名	5名
	サブ	2名	3名	2名	1名	-	8名

S:セッター, WS:ウィングスパイカー, MB:ミドルブロッカー, OP:オポジット, L:リベロ

レーボールの練習（試合を含む）および週 1 日以上 of ウェイト, 持久力, プライオメトリック等の内容を含むトレーニングを行っていた. 表 2 には K 大学女子バレーボール部が行っている競技練習中の運動内容を示した. その内容としては, 主として, ウォーミングアップ, 技術練習, 実践練習によって構成されており, 全ての期間において, 運動内容が大きく変更されることはなかったが, 被験者の都合により, 練習に遅れて参加することやその日の練習を欠席する場合があった. 測定を実施するにあたり, すべての被験者に本研究の目的, 方法および実験に伴う危険性などを十分に説明し, 口頭による実験に参加する同意を得た. なお, 本研究は国士舘大学体育学部の研究倫理委員会の承認を受けて実施した (承認番号: 18015).

表2. バレーボール競技練習中における主な運動内容

運動内容	ウォーミングアップ	技術練習	実践練習
練習内容	・ランニング 5分 ・動的ストレッチ	・パス 2分 ・対人練習 5分 ・サーブレシーブ 30分 ・スパイク練習 5分 ・コンビ練習 (レシーブ, パス, スパイク) 10分 ・ディグ練習 40分~60分 ・サーブ練習 5分	・試合形式 (チーム内) 25点マッチ×2~3セット程度 ・学外チームとの練習試合 (不定期)
頻度	準備期では週 4~6 日, 試合期 I, II では週 3~5 日		

## 2. 測定期間の定義

本研究ではリーグ戦が開催される月よりも 2 か月前の期間を移行期, リーグ戦の開催月よりも 1 か月前の期間を準備期, リーグ戦期間の前半期を試合期 I, リーグ戦期間の後半期を試合期 II と定義した. 準備期, 試合期 I, 試合期 II における各リーグ戦期の平均練習時間は表 3 に示す.

表3. 各リーグ戦期における平均練習時間

リーグ戦期	測定期間毎の平均練習時間 (h)		
	Post1	Post2	Post3
2018年秋季	4.7±0.3	2.1±0.2	3.1±0.1
2019年春季	4.7±0.2	2.8±0.0	4.3±0.1
2019年秋季	5.5±0.3	2.7±0.1	2.5±0.1
全リーグ平均	5.0±0.5	2.6±0.3	3.3±0.8

Mean ± S.D.

## 3. 身体組成の測定

身体組成の測定を移行期 (Pre), 準備期 (Post1), 試合期 I (Post2), 試合期 II (Post3) に実施した (図 1).

各測定日の間隔は 3 週間以上空け, 毎回月曜日を測定日とし, チーム練習を開始する前に測定を行った. なお, 被験者が個人の事情により, 当日の測定に参加できなかった者に関しては翌日もしくは翌々日に測定を行った. 身体組成項目は体重, 除脂肪量, 脂肪量とし, 身体組成測定装置 (Body Composition Analyzer MC-160, TANITA 社製) を用いて, インピーダンス法により測定した. また, 本研究では被験者の普段の生活習慣で身体組成を評価することが重要であると考え, 食事摂取や水分補給に関する条件設定は行わず, 着衣量の設定は 0.5kg とし, 運動前に測定を行った.

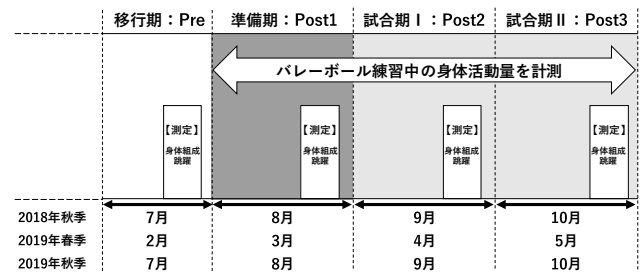


図1. 本研究における測定実施の模式図

## 4. 跳躍能力の測定

跳躍能力の測定を身体組成の測定と同様の期間において実施した (図 1). 跳躍能力は垂直方向への上肢の反動を用いる CMJ-AS および上肢の動きを制限した CMJ を測定試技とした. 被験者には測定前に十分な準備運動を行うよう呼びかけ, 被験者の任意による動的なストレッチおよび跳躍の練習を行わせ, CMJ-AS, CMJ の順で両試技とも全力で跳ぶように指示した. また, CMJ においては上肢の反動を用いないよう腰部に手をつけて跳ぶように指示をした. 各跳躍はジャンプマット (アプライドオーフィス社製) を用いて跳躍中の滞空時間 (ta) を計測し, 跳躍高の算出式 (跳躍高 (h) = 1/8 · 9.81 · ta<sup>2</sup>, 9.81 は重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)) を用いて跳躍高を算出した. 測定は各試技を 2 回ずつ行い, 跳躍高が高い試技を最大跳躍高として採用した. なお, 動作や数値に異常がみられた場合は 3 回目以降を実施した.

## 5. バレーボール競技練習中の身体活動量の測定

本研究では 3 軸加速度センサー型活動量計 (Active style Pro HJA-750c, OMRON 社製) を用いて, 準備期, 試合期 I, 試合期 II におけるバレーボール競技練習中の身体活動量を測定した (図 1). Active style Pro HJA-750c は 3 軸の加速度センサーを内蔵しており, 3 軸の合成加速度から 10 秒間毎に 0~18 の活動強度 (METs) を識別し, 活動強度に運動時間を乗ずることで身体活動量 (Ex) を推定することができる (田中・田中, 2013). 先行研究 (田中・田中, 2013) では活動量計を腰部に装着しているが, 本研究ではこの活動量計をバレーボール競技練習 (練

習試合を含む)中に被験者の左足首に装着させ、競技練習の終了後に回収を行った。この理由としては、バレーボール競技ではレシーブ動作において滑り込みやローリングなどにより、腰部に装着すると活動量計が床と接触する可能性があり、プレーに支障が出ると判断したためである。活動量計の装着部位を足部としたことに関して予備実験において、低中高の3つの活動強度における歩行・走行テストを実施し、活動量計を腰部および左足部に装着した際のデータの検証を行った。その結果、全活動強度において足部での数値は腰部よりも有意に高い値を示したものの ( $p < .05$ )、腰部と足部の値の関係をスピアマンの順位相関係数を用いて検討した際に、有意に高い正の相関係数 ( $p < .05$ ,  $r = .930$ ) が得られたため、全ての被験者で活動量計の装着部位を統制できていれば問題ないと判断した。活動量は準備期および試合期 I、試合期 II においてチーム全体で実施されたバレーボール競技練習中(練習試合を含む)に毎日測定した。なお、本研究では指導現場において、コーチや指導者が管理できる「競技の練習量」のみを評価した。その理由としては、実際の指導現場において、指導者は競技練習以外における選手の私生活に関する身体活動量を管理することが困難であること、活動量計の「付け忘れ」や対象者の負担が大きいことなどから、本研究では評価の対象外とした。

## 6. データ分析

CMJ-AS および CMJ に関して、信頼性を確認するために全被験者における試技間の変動係数 (CV%) を算出した。バレーボール競技練習中の身体活動量は準備期、試合期 I、試合期 II において、身体組成および垂直跳びを測定した日より前 2 週間の取得データを分析対象とした。バレーボール競技練習中の身体活動量は、3 軸加速度センサー型活動量計により計測した 10 秒毎の活動強度 (METs) を活動量計から抽出し、バレーボール競技練習開始から終了までの運動時間 (sec) を乗じて 1 日の練習中の身体活動量 (Ex) を算出した後、2 週間毎に合計した。合計身体活動量は各期間のデータ取得日数で除して、各期間における平均身体活動量を算出した。身体組成および跳躍高においては、Pre に対する Post1, Post2, Post3 の相対変化率を算出した。本研究において移行期を Pre とした理由としては、被験者間で有している体格や跳躍能力には高低のばらつきがみられたため、これらの変化を相対的に評価するためであった。

さらに、本研究では Post1 における CMJ-AS および CMJ の相対変化率から、被験者 34 名のサンプルを用いて Ward 法による階層クラスター分析を試みた。その結果、本研究の被験者は CMJ-AS および CMJ の相対変化率が Post1 において、負の方向に極めて大きい値を示した者 (12 名)、負の方向に小さい値を示した者 (9 名)、負の方向に極めて小さい値を示した者もしくは正方向の値を示した者 (13 名)

の 3 群に分類され、34 名の各サンプルの類似度が視覚的に明らかとなった。そこで、Post1 における跳躍高変化率が負の方向に極めて大きい値を示した者を低下群、負の方向に極めて小さい値を示した者もしくは正方向の値を示した者を維持群とし、両群における各測定項目の群平均値を算出した。また、身体組成においては期間毎の変化率 (Post1 / Pre, Post2 / Post1, Post3 / Post2) を算出した。

## 7. 統計処理

本研究における身体活動量、体重、除脂肪量、脂肪量、CMJ-AS および CMJ の跳躍高の各測定値は、平均値と標準偏差で示した。全ての実測値および変化率について、Shapiro-Wilk の検定を用いて正規分布の確認を行ったところ、体重および脂肪量に有意性が認められ ( $p < .05$ )、正規分布が仮定されなかった。そのため、身体組成項目については変化率でのみ有意差検定を行った。平均身体活動量、身体組成の相対変化率、CMJ-AS および CMJ の実測値と相対変化率の期間差の比較には 1 要因の分散分析を行い、主効果が認められた場合は Bonferroni の方法を用いて多重比較検定を行った。

さらに 2 つの群において身体組成の期間変化率、平均身体活動量を比較するために、被験者間要因を群 (低下群・維持群)、被験者内要因を期間 (Post1・Post2・Post3) とする 2 要因分散分析を行った。交互作用が有意であった場合は単純主効果の検定を行った。分散分析における効果量 (以下、ES と略す) は、水本・竹内 (2008) に倣い、偏  $\eta^2$  を算出した。なお、いずれも統計処理の有意水準は 5% とした。統計処理の有意水準は 5% に設定した。本研究における統計処理は、SPSS Ver. 24.0 (IBM 社製) を使用した。

## III. 結 果

全被験者における CMJ-AS および CMJ の跳躍高について、試技間の CV% は  $1.3 \pm 1.2\% \sim 2.3 \pm 1.9\%$  を示した。先行研究 (Cormack et al, 2008) において、CV% は 10% 以下であった場合に信頼性が高いと判断されていることから、本研究において測定した跳躍高の信頼性は高いものであったことが確認できた。

### 1. 各測定値および相対変化率の期間変化

表 4 にはバレーボール競技練習中の平均身体活動量の期間変化を、表 5 および表 6 には各期間における体重、除脂肪量、脂肪量の実測値および相対変化率を、表 7 には各期間における跳躍高の実測値を、図 2 には跳躍高の相対変化率をそれぞれ示した。本研究では各分析項目における期間差を比較するために 1 要因の分散分析を行った。その結果、平均身体活動量 ( $p = .000$ ,  $ES = .813$ ) において、期間に有意な主効果が認められ、Post1 と Post2 および Post3 の間、

Post2とPost3の間にそれぞれ有意な差が認められた(表4). 身体組成において, 除脂肪量 ( $p=.015$ ,  $ES=.120$ ) および脂肪量 ( $p=.002$ ,  $ES=.177$ ) の相対変化率に有意な主効果が認められ, 除脂肪量ではPost1とPost2の間に, 脂肪量ではPost2とPost1およびPost3の間に有意な差が認められた(表5). 跳躍高の実測値においてはCMJ-AS ( $p=.001$ ,  $ES=.148$ ) およびCMJ ( $p=.001$ ,  $ES=.163$ ) で有意な主効果が認められ, CMJ-ASではPost1とPost2およびPost3の間に, CMJではPost1とPreおよびPost2, Post3の間に有意な差が認められた(表7). 跳躍高の相対変化率においてもCMJ-AS ( $p=.000$ ,  $ES=.241$ ) およびCMJ ( $p=.000$ ,  $ES=.241$ ) で有意な主効果が認められ, いずれもPost1とPost2およびPost3の間に有意な差が認められた(図2).

表4. バレーボール競技練習における平均身体活動量の比較

測定項目	測定期間			p	多重比較
	Post1	Post2	Post3		
身体活動量 (Ex)	21.4±3.6	11.2±2.4	13.4±4.2	.000*	Post1>Post2, Post3 Post2<Post3

Mean±S.D. \* :  $p < 0.05$

表5. 各期間における身体組成の実測値

測定項目	測定期間			
	Pre	Post 1	Post 2	Post 3
体重 (kg)	63.2±6.2	62.9±6.2	62.7±5.9	63.0±6.1
除脂肪量 (kg)	48.3±3.7	48.1±4.1	48.6±4.0	48.3±3.8
脂肪量 (kg)	14.8±3.6	14.8±3.3	14.1±3.0	14.7±3.3

Mean±S.D.

表6. Preに対する身体組成の相対変化率の比較

測定項目	測定期間			p	多重比較
	Post 1	Post 2	Post 3		
体重 (%)	-0.5±1.8	-0.8±1.9	-0.3±2.1	.196	—
除脂肪量 (%)	-0.6±1.9	0.5±2.1	0.0±2.0	.015*	Post1 < Post2
脂肪量 (%)	0.6±8.1	-3.9±9.3	-0.2±9.0	.002*	Post2 < Post1, Post3

Mean±S.D. \* :  $p < 0.05$

表7. 各期間における跳躍能力の比較

測定項目	測定期間				p	多重比較
	Pre	Post 1	Post 2	Post 3		
CMJ-AS (cm)	39.3±5.5	38.2±4.9	40.0±5.6	39.7±5.2	.001*	Post 1 < Post 2, Post 3
CMJ (cm)	34.7±5.2	33.3±4.8	34.6±5.3	34.7±5.5	.001*	Post 1 < Pre, Post 2, Post 3

Mean±S.D. \* :  $p < 0.05$

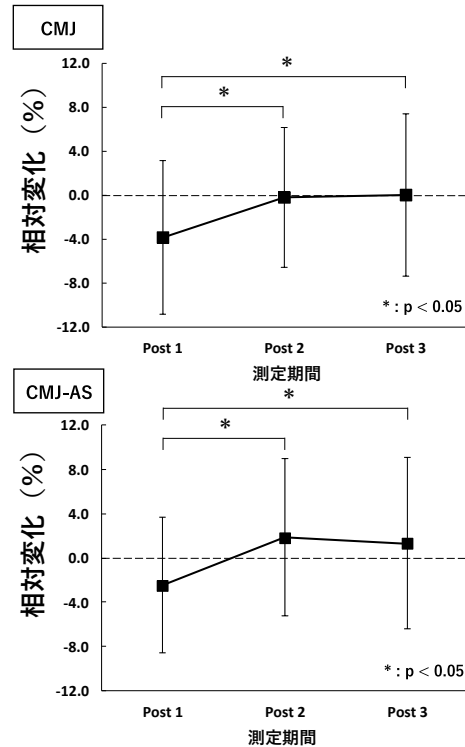


図2. 跳躍高能力のPreに対する相対変化

## 2. 跳躍高の低下群および維持群の比較

本研究では跳躍高の変化に及ぼす要因を明らかにするために, まず, Pre から Post1 にかけてのCMJ-AS およびCMJのそれぞれの変化率から, 被験者 34 名のサンプルを用いてWard 法による階層クラスター分析を行った. その結果, CMJ-AS およびCMJの跳躍高の変化率が負の方向に極めて大きい者(低下群,  $n=12$  名), 変化率が負の方向に小さい者もしくは正方向であった者(維持群,  $n=13$  名)に分類されたため, 身体組成の期間変化率および平均身体活動量について, 2 要因分散分析を用いて比較を行った. 両群における身体組成の期間変化率を図3に示す. 体重, 除脂肪量, 脂肪量における期間変化率においては, いずれも有意な交互作用は認められなかった(体重; $p=.841$ ,  $ES=.007$ , 除脂肪量; $p=.648$ ,  $ES=.016$ , 脂肪量; $p=.467$ ,  $ES=.033$ ). 両群における平均身体活動量を図4に示す. 平均身体活動量においては交互作用が有意であったため ( $p=.000$ ,  $ES=.397$ ), 各要因について検討したところ, 被験者間要因(群)に関して有意な単純主効果が認められ, Post1において維持群は低下群より有意に高い値を示し ( $p=.044$ ,  $ES=.165$ ), Post3において低下群は維持群よりも有意に低い値を示した ( $p=.035$ ,  $ES=.178$ ). また, 被験者内要因(期間)に関して両群において有意な単純主効果が認められ(低下群; $p=.000$ ,  $ES=.954$ , 低下群; $p=.000$ ,  $ES=.941$ ), 低下群ではPost2およびPost3がPost1よりも有意に低い値を示した. 他方, 維持群ではPost2およびPost3がPost1よりも有意に低い値を示し, Post3がPost2よりも有意に高い値を示した.

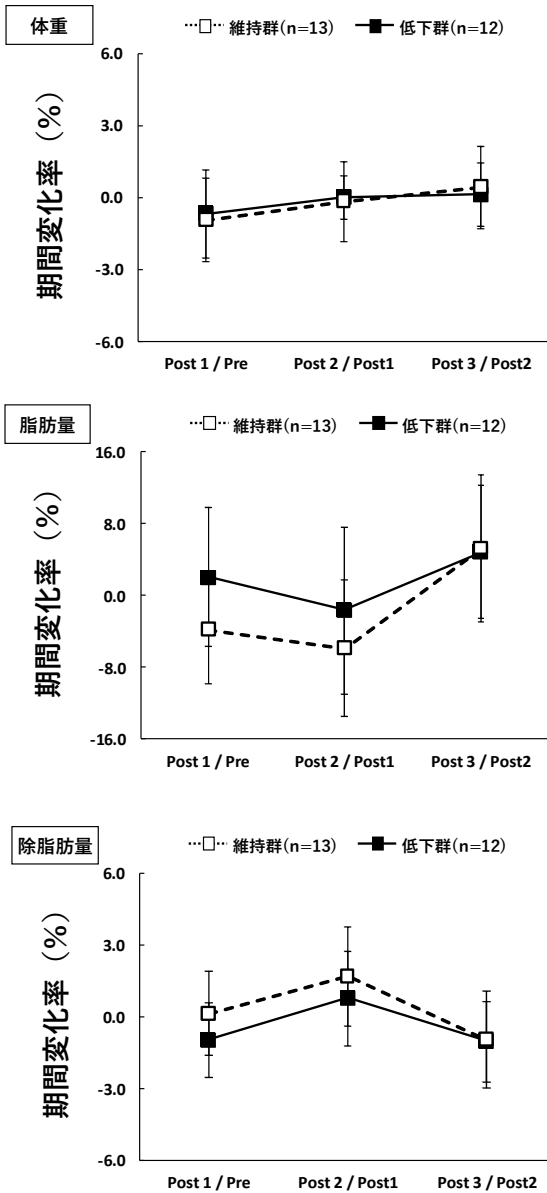


図3. 各群における身体組成の期間変化率の比較

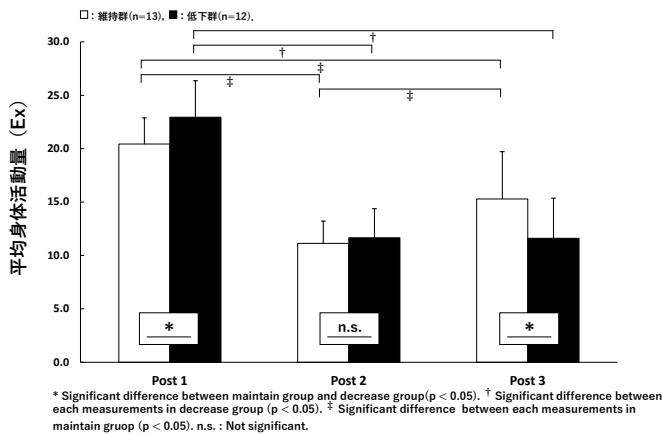


図4. 各群における平均身体活動量の比較

## IV. 考 察

本研究は大学女子バレーボール選手を対象にリーグ戦に伴う準備期および試合期において跳躍能力は変化するかどうかを観察し、跳躍能力に及ぼす要因を明らかにすることを目的とした。その結果、Post1 において競技練習中の身体活動量は最も高い値を示した。身体組成において、除脂肪量の相対変化率はPost1 で、脂肪量の相対変化率はPost2 でそれぞれ有意に低い値を示した。跳躍高に関してはPost1 において有意に最も低値を示し、Post2 およびPost3 で有意に改善した。このことから準備期から試合期における競技練習中の身体活動量の変動によって、身体組成および跳躍能力も変化することが確認された。さらに、跳躍能力の変化に及ぼす要因を明らかにするために、Pre からPost1 における跳躍高の変化率から、被験者を跳躍高が低下した群と抑制した群に分類し、比較検討を行った。その結果、身体組成に関しては有意な交互作用は認められず、両群の変化パターンは類似していた。一方、身体活動量に関しては、Post1 において低下群が維持群よりも有意に高い値を示し、Post2 では群間に有意差はなく、両群共に Post 1 よりも有意に低い値を示した。以上のことから、大学女子バレーボール選手の跳躍能力は準備期における競技練習中の身体活動量の増加が影響を及ぼすことが明らかとなった。

### 1. 身体活動量の期間変化

本研究ではバレーボール競技練習中の身体活動量の期間変化 (表 4) について検討した。その結果、練習中の身体活動量は Post1 で有意に最も高い値を示し、Post2 および Post3 にかけて減少した。各期間における平均練習時間 (表 3) をみると、全てのリーグ期において、準備期の平均練習時間が高値を示しており、Post1 から Post2 にかけては練習時間が半分程度短縮したことによって、平均身体活動量の有意な変化に影響を及ぼしたものと考えられる。また、Post1 から Post2 にかけて、本研究における身体活動量の減少率は約 48%であった。Bosquet et al. (2007) はメタ分析を用いて、テーパリングによるトレーニング負荷の減衰する割合が運動パフォーマンスの向上に及ぼす影響を検討したところ、トレーニング負荷を 41%~60%減少させた場合に最も大きい効果が得られることを報告している。したがって、本研究における Post1 から Post2 にかけての練習時間の短縮に伴う身体活動量の減少幅は、先行研究 (Bosquet et al., 2007) で推奨されるテーパリング水準の範囲内であったと言える。

### 2. 身体組成の期間変化

身体組成の期間変化について、Pre の値に対する相対変化率を用いて検討した (表 6)。全ての期間を通して、体重に有意な変化はみられなかった。一方で、除脂肪量は

Post1 において、脂肪量は Post2 において、有意に低い値が認められ、期間変化が確認された。本研究と類似した先行研究としては、サッカー選手を対象とした調査において、競技シーズン後に除脂肪量が減少したことが報告されている (Binkley et al., 2015)。他方、脂肪量に関しても、先行研究 (Siegler et al., 2003; Trapp et al., 2008) において、女性を対象に高強度のプライオメトリック運動やペダリング運動を用いて間欠的にトレーニングを実施させた際に脂肪量の有意な減少が報告されている。球技の特徴としては、「試合時間が長く、高強度活動と低強度活動が不規則に出現する」(日本コーチング学会, 2019) 間欠的な運動であることが挙げられ、先行研究の知見と併せて考えると、本研究に関してもバレーボールにおける練習量の増減に伴う活動量の変化によって身体組成も変動したことが推察できる。しかしながら、その数値に着目すると、除脂肪量に関して、Binkley et al. (2015) の報告では減少量が 1.4kg (1.6%) であったのに対し、本研究の Pre から Post1 における減少量は平均 0.2kg (0.6%) と、Binkley et al. (2015) の報告よりも低値であった。また、脂肪量に関しても Siegler et al. (2003) や Trapp et al. (2008) では減少率が 11.5% および 12.7% 程度であったのに対し、本研究では Pre から Post2 にかけての減少率は 3.9% であり先行研究よりも小さい値であった。これらに関して、「体力を増強させるという目的を持つトレーニング (training) と、技術を向上させるという目的を持つ練習 (practice)」(宮下, 2019) とでは目的が異なることが要因として考えられる。さらに、河森 (2020) によれば、技術向上を主目的とする「練習」においても体力の向上に対して副次的に作用することが指摘されている。本研究と先行研究とでは競技やトレーニング内容等も異なるため、その数値を一概に比較することは難しいものの、本研究に関してはバレーボールの競技練習による副次的効果が作用したことで、除脂肪量や脂肪量の変化が先行研究よりも小さくなったのではないかと考えられる。

### 3. 跳躍能力の期間変化

本研究では跳躍高の期間変化について検討した。その結果、CMJ-AS および CMJ は Post1 において有意に最も低い値を示し、Pre から Post1 にかけて、CMJ-AS では平均 1.1cm、CMJ では平均 1.4cm 有意に減少した (表 7)。また、本研究の Pre に対する跳躍高の相対変化率を見てみると、Post1 で最も有意に低い値であり、CMJ-AS では平均 -2.5%、CMJ では平均 -3.8% であった (図 2)。これまで球技系アスリートの跳躍能力を調査した研究では、女子ハンドボール選手における CMJ 跳躍高が 3 日間で 3 試合の公式戦を実施した後に 3.7% 減少したことや (Ronglan et al., 2006)、男子バスケットボール選手における CMJ の跳躍高が 5 週間のトレーニング期間中に選手への運動負荷が低い時と比較

して高い時では約 3.8% 減少したことなどが報告されている (Heishman et al., 2018)。本研究においても競技練習中の身体活動量が最も高値を示した Post1 において、跳躍高の減少が確認できることから、先行研究を支持するものであり、また、その減少率も先行研究と同程度の値であった。このように、運動機能が低下することは疲労状態の兆候としてみなされることや (Knicker et al., 2011)、バレーボール選手に関してもシーズン前に過度なトレーニング活動を行うことは疲労による競技能力の低下を招くことなどが指摘されている (Ziv and Lidor, 2010)。この跳躍高の低下にはいくつかの要因が考えられる。例えば、Toumi et al. (2006) によると、膝の屈曲伸展における連続的な伸張-短縮サイクル運動 (stretch-shortening cycle 運動: 以下 SSC 運動) による即時的な疲労状態は、膝伸筋群および腱の stiffness を変化させ、跳躍動作における SSC の機械的効率を低下させることを指摘している。また、Raeder et al. (2016) は男女のスポーツ選手を対象に、意図的にオーバーリーチの状態を引き起こすよう計画された高強度筋力トレーニング後において、筋の損傷度合いを評価する血清クレアチンキナーゼ値や不随意の筋収縮量などといった生理学的指標の変化とともに CMJ の低下が観察されたことを報告している。さらに、Gathercole et al. (2015) は 6 週間の漸増的な競技トレーニング期間中において、CMJ およびトレーニング負荷、疲労感を含む主観的健康状態を観察したところ、CMJ の滞空時間がトレーニング負荷の増加に伴って低下し、主観的健康状態との間に正の相関関係を示したことを報告している。このことから、本研究においてもこれらの要因が跳躍高の低下に影響した可能性が考えられる。

一方で、Post2 および Post3 においては、CMJ および CMJ-AS の跳躍高が Post1 よりも有意に高値を示し、改善がみられた (表 7, 図 2)。平均身体活動量 (表 4) を見てみると、Post2 および Post3 は Post1 よりも有意に減少しており、Post1 から Post2 にかけては約 48% 程度の減少が確認できる。Bosquet et al. (2007) の報告では、運動能力が低下した際にそれを向上させることを目的とした場合、トレーニング量をピークから 41%~60% 減少させることが最も効果的であり、本研究結果は先行研究を支持するものであった。このことから、バレーボール競技に関しても、一定期間においてチーム全体での競技練習量が増加した際に跳躍高の低下を誘発した場合には、その後の期間においてチームの練習時間を短縮し、選手の身体活動量を半分程度に削減することで跳躍高の改善が期待できることが示唆された。この要因としては、本研究において跳躍高の低下に影響したと考えられる疲労の特徴が挙げられる。河森 (2018) によれば、トレーニング後において生じる疲労は急性の変化量が比較的大きく、変化の速度も速いことが指摘されている。つまり、身体活動量が Post2 において減少させたこ

とによって、上述した疲労によって発生する要因を改善でき、その結果跳躍高の改善に寄与した可能性が推察される。しかしながら、本研究においては、疲労を示す生理学的、運動学的な情報を定量化できていないため、今後の展開としてこれらの要因をさらに探る必要性がある。

#### 4. 跳躍能力の変化要因

本研究結果から身体活動量が最も増加した際に跳躍高の有意な低下が確認された。しかしながら、女子バレーボール選手を対象とした先行研究では除脂肪量が増加し、脂肪量が減少した際に跳躍高が有意に向上したとの指摘もあり (Adrian and Jadwiga, 2018; González-Ravé et al., 2011), 本研究における身体組成に関しても Post1 から Post2 にかけて、除脂肪量および脂肪量の相対変化にも有意な差が観察されている (表 6)。このことを踏まえると、本研究において跳躍能力が Post1 で有意に低下したことや、Post2 で改善したことには除脂肪量や脂肪量といった身体組成の変化が影響している可能性も考えられる。そこで、本研究では被験者 34 名の Pre から Post1 における CMJ-AS および CMJ の跳躍高変化率を基に階層クラスター分析を行ったところ、跳躍高が低下した者 (n = 12) と維持した者 (n = 13) に分類されたため、両群における身体組成の期間変化率および平均身体活動量を比較することで跳躍高の変化に及ぼした要因について検討した。

その結果、体重、除脂肪量、脂肪量の期間変化率においては有意な交互作用は認められず、両群の変化パターンに違いはなかった (図 3)。この結果に加えて、上述のように、除脂肪量および脂肪量には有意な変化がみられたもののその数値 (表 5, 6) は先行研究の値と比較して小さかったことを考慮すると、本研究で見られた除脂肪量や脂肪量における相対値の有意な変化 (表 6) はバレーボール選手にとって跳躍高の変化に影響を及ぼす程度の差ではなかったことが考えられた。対して、平均身体活動量においては有意な交互作用が認められたため、単純主効果の検定を行ったところ、Post1 において低下群は維持群よりも高い値を示し、有意な群間差が認められた (図 4)。これらのことから、本研究の Post1 における跳躍高の有意な低下は身体活動量の違いが影響を及ぼしたことが明らかとなった。この結果に関してはバレーボール選手の競技特性を考慮しておく必要がある。Markovic and Mikulic (2010) はジャンプドリルなどの SSC に基づいたプライオメトリックトレーニングは筋活動の活性化や筋腱の剛性を増強することを指摘している。とりわけ、バレーボールは球技種目の中でも特に垂直方向への高い跳躍を必要とし、サーブ、ブロック、アタック動作によって跳躍運動を頻繁に伴う競技であり、Garcia-de-Alcaraz et al. (2020) が報告するように、バレーボール選手はシーズンを通して多量の跳躍運動を実行する。そのため、本研究においても測定期間を通してバ

レーボールの専門的競技練習に主として取り組んでいたことで、跳躍などのプライオメトリックな運動を多く行っていたことが想定でき、垂直跳びに必要な主動筋群および腱により強い刺激を伴った可能性が考えられる。これらを裏付ける先行研究として、垂直跳び能力を向上させるためにはプライオメトリックトレーニングの中でも垂直方向への運動課題を実行することの有効性が報告されていることや (King and Cipriani, 2010)、走運動を主動作とするラグビー選手では競技トレーニング直後に 30m スプリント時間が著しく延長したのに対し、CMJ の跳躍高では変化が見られなかったといった報告がなされている (Marrier et al., 2017)。これらの知見を併せて考えると、本研究において、身体活動量が最も高値を示した際にみられた跳躍高の減少 (Post1) や身体活動量の減少後における跳躍高の改善 (Post2) はバレーボール選手などの跳躍系競技において、より顕著に発生する可能性があると考えられる。

#### 5. 現場への示唆

本研究は大学女子バレーボール選手を対象にリーグ戦期間においてデータを収集し、跳躍能力の変化に及ぼす影響について検討した。その結果、競技練習時間が増加する準備期において高い身体活動量を示し、それに伴って跳躍高は低下することが観察された。その後、練習中の身体活動量を約 50% 程度減らすことで、低下した跳躍能力を改善できることが示唆された。これは Bosquet et al. (2007) の報告による、テーパリングにおける至適なトレーニング量の減少率 (41%~60%) の範囲内であった。つまり、指導現場においては準備期に練習量を増加させる際は跳躍高が減少する可能性を考慮すると共に、その後の跳躍高を改善させるためには十分なテーパリングを実施する必要があると考えられる。

本研究における跳躍高の実測値について着目してみると、Pre から Post2 の間の期間にみられた変化は CMJ-AS および CMJ の両方で約 2 cm 以内の差であった。岡野他 (2015) は競技レベルが異なる男子バレーボール選手を対象に、各種垂直跳びやリバウンドジャンプ、スパイクジャンプ等の跳躍能力を比較したところ、競技レベルが高い選手はいずれの跳躍能力においても優れていたが、CMJ および CMJAS の差分はそれぞれ約 3.5 cm 程度であり (CMJ のみ有意差あり)、他の跳躍能力の差に比べると大きくはなかったことを報告している。同様に、Sattler et al. (2015) では国内プロリーグの I 部および II 部の女子バレーボール選手を対象に CMJ やスクワットジャンプ、ブロックジャンプ、スパイクジャンプ等を比較したところ、I 部の選手の方が全跳躍において高い値を示したが (スクワットジャンプおよび CMJ のみ有意差あり)、その差分は約 1.3~2.7 cm であったことを報告している。つまり、バレーボール選手に関しては垂直跳び能力の数センチの差が競技レベルの違いを生じさせ



ている可能性も考えられる。また、Mujika and Padilla (2003) によるレビュー論文によれば、テーピングによって得られるパフォーマンスの向上効果は約 3% (0.5~6%) 程度であることが報告されている。これらを考慮すると、跳躍能力が低下した時に練習量を減らすことで得られる数センチもしくは数%の改善効果はバレーボール選手の競技力を評価する上で重要なのではないかと考えられる。

さらに跳躍高の変化に及ぼす影響を探るために、本研究では準備期において跳躍高が低下した者と維持した者に分類して比較した。その結果、低下群は維持群よりも準備期における身体活動量が有意に高かったことが明らかとなった。つまり、競技練習において身体活動量がより多くなることは跳躍高を低下させることを示している。言い換えれば、準備期において、チーム全体での競技練習量が増加したとしても個々の身体活動量を調整できれば、跳躍高の低下を抑制できる可能性がある。このように競技練習はチーム全体で行われているのにも拘わらず、選手間では練習中の活動量が多い者や少ない者が存在することが確認された (図 4)。これは全体練習の中で、その時のチーム状況やコーチの判断によって、実践形式の練習 (ゲーム等) に主として参加する選手やサポートに回る選手がいること、また、例えばスパイク練習などといった一つの練習項目において、ポジション毎に異なる動きを伴うことが練習中の活動量の違いを生じさせている可能性も考えられる。したがって、チームスポーツの指導者は、チーム全体の練習時間と併せて個人の身体活動量を調整することが必要であり、その際に練習項目やポジションを考慮することで、バレーボール選手にとって必須となる跳躍能力のコンディショニングを効率良く図れるであろう。

## 6. 本研究の限界

本研究は指導現場において、スポーツ選手は練習強度が増加すると跳躍能力が低下するという暗黙的に感じられている事柄について、大学の関東トップリーグに所属する女子バレーボール選手を対象として、競技練習中において実際に活動したデータを収集し、それに対する跳躍能力や身体組成の適応を期間毎に評価した研究であり、練習中の身体活動量の増減が跳躍能力の変化に影響を及ぼすことを確認することができた。

しかしながら、本研究の限界として以下の 3 点が挙げられる。1 つ目は、活動量計の装着部位についてである。本研究ではバレーボール競技中における対象者の安全に配慮して、活動量計の装着部位を足部とした。これにより活動量計で計測される活動強度が先行研究 (田中・田中, 2013) で示されるように本来腰部で計測される値よりも過大評価することが予備実験により確認された。そのため、本研究における活動量の結果を装着部位が異なる先行研究の値と直接比較することはできない。したがって、本研究のよう

に練習中に活動量計を用いる場合には統一条件下において、選手個人の活動量の多寡を評価するまでに留める必要がある。2 つ目として、リーグ戦中における試合日の身体活動量についてである。全日本大学バレーボール連盟のユニフォーム規定により公式戦では、ソックスを含むユニフォームの色を統一するといった事項が定められているため、公式戦において活動量計を装着することができなかった。試合日においては試合に出場する主力選手やベンチ入りの選手、その他のサポート選手などがおり、当然試合に出場するレギュラー選手の活動量は多くなることが考えられる。しかし本研究においては、準備期、つまりリーグ戦が開催されるよりも前の期間において、練習量が著しく増加する期間に跳躍能力は低下するのか、また、それがその後改善するのかを焦点とし、準備期での跳躍高の低下率を用いて群分けを行った。そのため、Post1 において跳躍高が低下したことや身体活動量に群間の違いがみられたこと、それが Post2 で改善したことに対しての公式戦における活動量の影響は少なかったのではないかと推察される。3 つ目として、レギュラー選手とそうではない選手の分類についてである。リーグ戦の終盤期においては、主力選手を練習中に休ませることも当然想定されるため、レギュラー選手や控え選手などの分類が Post3 における身体活動量の群間差に影響を及ぼしたことは考えられる。このことから、リーグ戦の終盤期に向けてコンディショニングの精度を高めるためには、練習中の身体活動量を計測するとともに、レギュラー選手か否かの検討も加えていく必要があるであろう。

## V. ま と め

本研究は大学女子バレーボール選手を対象にリーグ戦に伴う準備期から試合期において跳躍能力は変化するかどうかを観察した。その結果、準備期において競技練習中の身体活動量は最も高い値を示し、それに伴い跳躍能力は有意に低下した。その後、試合期においては競技練習中の身体活動量が減少し、跳躍能力も低下時から改善した。一方、跳躍能力が低下した者と維持した者とは準備期における競技練習中の身体活動量に違いが見られた。このことから、準備期から試合期における身体活動量の増減が跳躍能力の変化に影響を及ぼすことが明らかとなった。

## 引用・参考文献

Adrian, S and Jadwiga, P (2018) Changes in somatic build, body composition and motor performance of young female volleyball players in the preparatory period for the season. *Journal of Education, Health and Sport*, 8(12), pp. 101-110.

Binkley, T. L et al. (2015) Changes in Body Composition

- in Division I Football Players Over a Competitive Season and Recovery in Off-Season. *J Strength Cond Res*, 29(9), pp. 2503-2512.
- Bosquet, L et al. (2007) Effects of tapering on performance: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 39(8), pp. 1358-1365.
- Cormack, J. S et al. (2008) Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(2), pp. 131-144.
- Coutts, A. J et al. (2007) Monitoring for overreaching in rugby league players. *Eur J Appl Physiol*, 99(3), pp. 313-324.
- Garcia-de-Alcaraz, A et al. (2020) Analysis of jump load during a volleyball season in terms of player role. *J Sci Med Sport*, 23(10), pp. 973-978.
- Gathercole, R et al. (2015) Countermovement Jump Performance with Increased Training Loads in Elite Female Rugby Athletes. *Int J Sports Med*, 36(9), pp. 722-728.
- González-Ravé, J. M et al. (2011) Seasonal changes in jump performance and body composition in women volleyball players. *J Strength Cond Res*, 25(6), pp. 1492-1501.
- Heishman, A. D et al (2018) Non - Invasive Assessment of Internal and External Player Load: Implications for Optimizing Athletic Performance. *J Strength Cond Res*, 32(3), pp. 1280-1287.
- 河森直紀 (2018) ピーキングのためのテーパリング：狙った試合で最高のパフォーマンスを発揮するために。ナップ, pp. 9-18, 19-40.
- 河森直紀 (2020) 競技力向上のためのウェイトトレーニングの考え方。ナップ, pp. 11-17.
- King, J. A and Cipriani, D. J (2010) Comparing preseason frontal and sagittal plane plyometric programs on vertical jump height in high-school basketball players. *J Strength Cond Res*, 24(8), pp. 2109-2114.
- Knicker, A. J et al. (2011) Interactive Processes Link the Multiple Symptoms of Fatigue in Sport Competition. *Sports Medicine*, 41(4), pp. 307-328.
- Markovic, G and Mikulic, P (2010) Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Med*, 40(10), pp. 859-895.
- Marrier, B et al. (2017) Quantifying Neuromuscular Fatigue Induced by an Intense Training Session in Rugby Sevens. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(2), pp. 218-223.
- 宮下充正 (2019) スポーツ科学再考 2：トレーニングと練習の目的は、違うことを理解しよう。 *Sportsmedicine*, 216, pp. 34-35.
- 水本篤・竹内理 (2008) 研究論文における効果量の報告のためにー基礎的概念と注意点ー。 *英語教育研究*, 31, pp. 57-66.
- Mujika, I and Padilla, S (2003) Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Med Sci Sports Exerc*, 35(7), pp. 1182-1187.
- Nesser, T and Demchak, T (2007) Variations of preseason conditioning on volleyball performance. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 10(5), pp. 35-42.
- 日本コーチング学会<編>(2019)球技のコーチング学。大修館書店, p. 135.
- 岡野 他 (2015) 天皇杯全日本バレーボール選手権大会優勝チームにおける形態および跳躍能力の特徴。 *コーチング学研究*, 28(2), pp. 141-150.
- Raeder, C et al. (2016) Assessment of Fatigue and Recovery in Male and Female Athletes After 6 Days of Intensified Strength Training. *J Strength Cond Res*, 30(30), pp. 3412-3427.
- Ronglan, L. T et al. (2006) Neuromuscular fatigue and recovery in elite female handball players. *Scand J Med Sci Sports*, 16(4), pp. 267-273.
- Sattler et al. (2015) Vertical jump performance of professional male and female volleyball players: effects of playing position and competition level. *J Strength Cond Res*, 29(6), pp. 1486-1493.
- Siegler, J et al. (2003) Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *J Strength Cond Res*, 17(2), pp. 379-387.
- Suchomel, J. T. and Bailey, A. C. (2014) Monitoring and managing fatigue in baseball players. *Strength and Conditioning Journal*, 36(6), pp. 39-45.
- 田中千晶・田中茂穂 (2013) 3次元加速度計で評価する身体活動量における epoch length の役割, および肥満との関係。 *体力科学*, 62(1), pp. 71-78.
- Toumi, H et al. (2006) Fatigue and muscle-tendon stiffness after stretch-shortening cycle and isometric exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*, 31(5), pp. 565-572.
- Trapp, E. G et al. (2008) The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *International Journal of Obesity*, 32(4), pp. 684-691.
- Ziv, G and Lidor, R (2010) . Vertical jump in female and male volleyball players: a review of observational and experimental studies. *Scand J Med Sci Sports*, 20(4), pp. 556-567