

COVID-19に伴う身体活動量の変化が大学女子バレーボール選手の 身体組成および跳躍能力に及ぼす影響

The effects of changes physical activities by COVID-19 pandemic on body composition and jumping performance in collegiate female volleyball players

横沢 翔平 (国土館大学大学院 スポーツ・システム研究科) 平塚 和也 (立命館大学 共通教育推進機構)
飯田 周平 (国土館大学 体育学部) 熊川 大介 (国土館大学 体育学部)
田中 重陽 (国土館大学 政経学部) 角田 直也 (国土館大学大学院 スポーツ・システム研究科)

抄録

本研究は大学女子バレーボール選手を対象に突発的なDetraining (DT) が身体組成および跳躍能力に及ぼす影響を調査すること、また、DTに対してどの程度のRetraining (RT) 期間でそれらが改善するのか、について検討した。方法はチーム練習がコロナ禍により休止した約2か月間のDT前後 (Pre, Post) およびRTの1か月後 (RT-1mon), 2か月後 (RT-2mon), 3か月以降 (RT-3mon) に主観的疲労度 (VAS), 身体組成, 跳躍高を測定し、PreおよびRTにおけるバレーボール競技練習中の身体活動量を毎日計測した。その結果、身体活動量はRT-1monにおいて有意に低下した。VASと除脂肪量は、Preに対してPostで減少し、脂肪量は増加した。CMJ-ASの跳躍高についてもPostで有意に低い値が確認された。さらに、RT後の身体組成および跳躍高を観察したところ、除脂肪量はRT-1monにおいて、脂肪量はRT-2monにおいて、Postから有意に改善し、跳躍高もRT-2monにおいて有意な上昇が観察された。以上のことから2か月間のDTは主観的疲労度、身体組成、跳躍高の変化に影響を及ぼすことが明らかとなった。また、DTと同期間程度のRTを行うことによって、身体組成および跳躍能力をDT直後 (Post) よりも有意に改善できることが示唆された。

1. 緒言

バレーボール競技において、跳躍能力は技術および戦術的要素に深く関与し、勝敗を決定づける上で大きく影

響するといわれる。日本の大学バレーボールでは春季と秋季にリーグ戦が開催され、各リーグ戦は約2か月間の長期に及ぶことからシーズンを通して高い跳躍高を維持する必要があり、そのためには計画的にトレーニングを実行していくことが求められる。一方でスポーツ選手は病気や怪我、またはその他の要因によりトレーニング活動を中断する場合があります。その結果、身体活動水準の低下を引き起こす可能性が指摘されている (Mujika and Padilla, 2000)。

定常的にトレーニングを実施しているスポーツ競技者や一般人がトレーニングを中断したり、トレーニング量を極端に減らすこと (Detraining: 以下DT) はトレーニングによって誘発される身体的な適応の部分的、または完全な喪失を伴う (Mujika and Padilla, 2000)。例えば、Izquierdo et al. (2007) の研究では、筋力トレーニングで増加した上肢および下肢の最大筋力が4週間のDTによって6~9%有意に低下したことを報告している。その低下要因としては不十分なトレーニング刺激が続いたことによる筋活動電位 (Häkkinen and komi, 1983) や筋横断面積 (Häkkinen et al., 2000) の減少、筋線維組成の変化 (Andersen and Aagaard, 2000)、などが挙げられる。しかし、これらの知見は実験設定された計画的なDTであり、スポーツ選手の病気や怪我のようにトレーニングを「休止させられた」場合の突発的なDTとは状況が異なる。とりわけ、近年大流行した新型コロナウイルス (COVID-19) の異常事態に伴う予期せぬDTに関しても先行研究の知見に対応するか再度検討することが重要であると考える。

体力要素の中でも瞬間的に力発揮を行う跳躍能力はバ

Shohei YOKOZAWA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)
Kazuya HIRATSUKA (Institute for Gneral Education, Ritsumeikan University)
Shuhei IIDA (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)
Shigeharu TANAKA (Faculty of Political Science and Economics, Kokushikan University)
Daisuke KUMAGAWA (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)
Naoya TSUNODA (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

受付日: 2021/6/10 受理日: 2022/1/11

レーボール選手個々の能力を評価する際に特に重要である。先行研究によると4週間 (Izquierdo et al., 2007) および6週間 (Koundourakis et al., 2014) のDTがアスリートのカウンタームーブメントジャンプ (Counter movement jump: 以下CMJ) やスクワットジャンプの跳躍高を有意に低下させたことを報告している。一方で、2週間の比較的短いDT (Hortobagyi et al., 1993) ではCMJの跳躍高に影響しなかったとの指摘もあることから、DTが跳躍高の低下に影響を及ぼす要因の一つとして、DTの期間が関与するようである。また、最近の研究では、COVID-19の流行初期における7人のトップアスリートを対象とした調査 (Valenzuela et al., 2021) において、1名を除いて、2か月間のロックダウン前後でCMJの跳躍高が約6.5%低下したことが報告されている。対して、Valenzuela et al. (2021) と同様に、コロナ禍に伴うDTの調査を行ったCohen et al. (2020) では、15週間の自宅トレーニング前後でCMJの跳躍高に有意な変化はなかったことを報告している。このように結果が異なる要因としては、DT中の運動習慣の違いが影響していると考えられる (Bosquet et al., 2013)。

さらにバレーボール選手の跳躍能力には身体組成が影響するとの指摘もある。González-Ravé et al. (2011) は女子バレーボール選手を対象とした研究において、24週間のレジスタンストレーニング前後で有意な除脂肪量の増加と脂肪量の減少を確認し、その際に上肢の反動を用いる垂直跳び (Counter movement jump with arm swing: 以下CMJ-AS) およびCMJの跳躍高が有意に増加したことを報告している。同様に、Sieroń and Pietraszewska (2018) は16～17歳の女子バレーボール選手を対象に2か月間における準備期前後の身体組成およびCMJ-ASの跳躍高を比較したところ、除脂肪率の増加および体脂肪率の減少と共にCMJ-ASの跳躍高が増加したことを観察している。したがって、女子バレーボール選手の跳躍能力を的確に捉えるためには、身体組成の変化も併せて観察する必要がある。さらに体力低下を引き起こした場合、これらの回復過程について把握することも重要である。

先行研究 (Ogasawara et al., 2013) では、レジスタンストレーニングを6週間実施した後に3週間のDTと6週間の再トレーニング (retraining: 以下RT) を2サイクル繰り返す群と通常通りレジスタンストレーニングを24週間継続して実施した群を対象に、上腕三頭筋および大胸筋の筋横断面積を比較したところ、DTを組み合わせた群では筋横断面積がDT前後で低下するものの、その後のRTによってDT前以上の筋横断面積が観察され、両群間で最終的な筋横断面積に有意な差はなかったことが報告されている。また、Valenzuela et al. (2021) はコロナ禍における2か月間のロックダウン期間前後で低下したCMJの

跳躍高がその後、プライオメトリックトレーニングの内容を含んだRTを2か月間実施したことによって初期の値と同程度まで増加したことを報告している。これらの知見を考慮するとDTによって喪失した筋量や跳躍能力を改善させるためには、DTに対して同期間以上のRT期間が必要となる可能性がある。

そこで本研究はコロナ禍によってチーム練習を休止した大学女子バレーボール選手を対象に、突発的なDTが身体組成と跳躍能力の低下に及ぼす影響を調査すること、またDTの期間に対してどの程度のRT期間でそれらが改善するのか、について検討した。

II. 方法

1. 被験者

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9名を対象とした。測定開始時点における被験者の年齢および身長、体重はそれぞれ 19.8 ± 1.0 歳、 168.6 ± 6.4 cm、 64.6 ± 6.8 kgであった。被験者は、年間を通じてバレーボール競技のトレーニングを行っており、週5日のバレーボール競技練習 (試合を含む) および週1日以上ウェイト、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。K大学女子バレーボール部ではCOVID-19の感染拡大に伴い、2020年4月1日から2020年6月7日までの一切のチーム練習が中断され、2020年6月8日からチーム練習が再開した。本研究ではチーム練習が中断した4月1日から6月7日までの期間をDTと定義した。さらにDT前の3月のバレーボール競技練習をPre-training (以下PT)、6月7日以降のバレーボール競技練習をRTと定義した。PT、DT、RTにおけるチームでの1週間の平均練習時間 (h) を図1に示す。K大学女子バレーボール部の競技練習はRT期間において、2時間以上、6時間未満の練習は週4～6日間の頻度で行われた (不定期で行われる学外チームとの練習試合を含む)。練習再開初期においてはCOVID-19の感染予防対策として、チームの練習時間を1日2時間までとする活動制限がK大学全体で設定されていた。この制限は期間の経過に伴って徐々に緩和され、K大学女子バレーボール部ではRT期間の7週目 (図1, 21週目) から練習時間の増加傾向が確認された。表1にはRT中に被験者が行っていたバレーボール競技練習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、RT期間を通してバレーボール競技練習の内容が大きく変更されることはなかった。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。

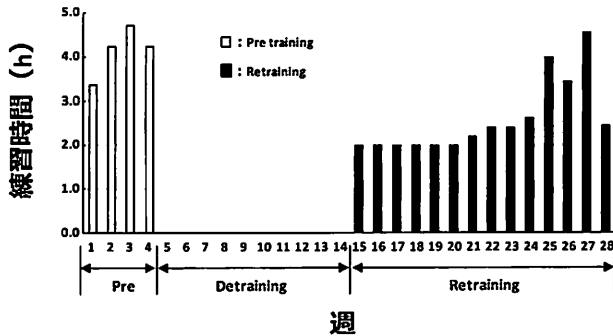


図1. K大学女子バレーボール部における1週間毎の平均練習時間

表1. RTにおけるバレーボールの専門競技練習の運動内容

	内容	頻度
ウォーミングアップ	・ランニング 5分 ・動的ストレッチ 15分	
技術練習	・パス 2分 ・対人練習 5分 ・サーブ練習 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 40~60分 ・サーブ練習 5分	週4~6日
実戦練習	・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

2. 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、PTおよびRTにおいて実施したバレーボール競技練習中の身体活動量を毎日測定した。この活動量計は3軸の合成加速度から10秒間毎に0~18の運動強度 (METs) を識別し、運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 (田中ほか, 2013)。この活動量計をバレーボールの専門的な競技練習中 (練習試合を含む) に被験者の左足首に装着した。

3. 主観的疲労度, 身体組成, 垂直跳びの測定

PT期間およびRT期間において主観的疲労度, 身体組

成, 垂直跳びの測定を実施した。各測定はPT期間中 (以下Pre) 及びDT直後 (以下Post), RTが開始してから1か月後 (以下RT-1mon), 2か月後 (以下RT-2mon), 3か月以降 (以下RT-3mon) に実施した。なお全ての測定は練習を開始する前に行った。

主観的疲労度の測定は10cmのVisual Analog Scale (以下VAS) を用いて評価した。VASは「全く疲労のない状態」: 0から「(想像できる範囲の) 最大の疲労状態」: 10を表しており、被験者には「全身の疲労状態はどのくらいですか」と記載された用紙に、今の疲労状態について鉛筆で直観的に線を引くよう指示をし、定規を用いて1mm単位まで出力した。

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。なお、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。

垂直跳びは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準備運動を行わせ、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 (アプライドオフィス社製) を用いて跳躍中の滞空時間 (ta) を計測し、以下の式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。

$$\text{跳躍高 (h)} = 1/8 \cdot 9.81 \cdot \text{ta}^2$$

9.81は重力加速度 (m/s²)

4. DT期間中の運動実施内容に関するアンケート調査

DT期間中における被験者の運動実施内容について、測定の終了後に追加のアンケート調査を実施した。アンケートはグーグルフォームを用いて被験者がDT中に余暇 (アルバイトやボランティアなどの仕事以外での運動) で行っていたと思う運動について尋ねるものであり、高, 中, 低強度別に分けてそれぞれ回答を依頼した。この時、高強度および中強度の運動については世界標準化身体活動質問票 (GPAQ) (Bull and Armstrong, 2009) を参考にして、高強度運動を「呼吸または心拍数が大幅に増加し、少なくとも10分間続くような強度の高いスポーツ, 運動, レクリエーション」、中強度運動を「呼吸または心拍数が少し増加し、少なくとも10分間続くような中程度の強さのスポーツ, 運動, レクリエーション」と定義した。これに

加え、世界標準化身体活動質問票には低強度運動に関する記載が見当たらないため、本研究では低強度運動を「呼吸または心拍数にはさほど影響がなく、少なくとも10分間続くような低強度の強さの身体運動」と定義した。回答形式は運動頻度（月1回未満、月1～3回、週1～2回、週3～4回、ほぼ毎日）および1回あたりの運動時間（30分未満、30～59分、1～2時間未満、2～3時間未満、3～4時間未満、4時間以上）について尋ね、またその時の具体的な運動内容についても高強度、中強度、低強度の運動強度別に回答させた。

5. データ分析

PTおよびRTにおけるバレーボール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秒毎の運動強度 (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練習時間 (sec) を乗じて1日の練習中の身体活動量 (Ex) を算出した後、1週間毎に合計した (図2)。さらに、身体活動量はPre trainingにおける4週間の合計値 (Pre) およびRTの開始から4週間毎の合計値 (RT-1mon, RT-2mon, RT-3mon) を算出した。体重、除脂肪量、脂肪量、CMJ-AS およびCMJの跳躍高においては、Preの値に対するPost, RT-1mon, RT-2mon, RT-3monの変化率を算出した。

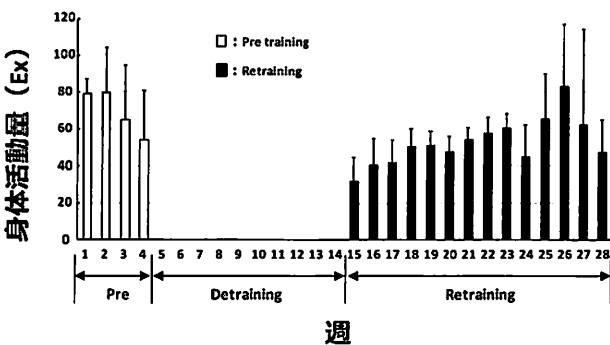


図2. バレーボール競技練習中における1週間毎の合計身体活動量

表2. Detraining (DT) 期間中における被験者の運動実施内容に関するアンケート結果

被験者	高強度運動			中強度運動			低強度運動		
	頻度	実施時間	運動内容	頻度	実施時間	運動内容	頻度	実施時間	運動内容
A	週1～2回	30～59分	ランニング	週3～4回	30分未満	レジスタンストレーニング	ほぼ毎日	30分未満	ストレッチ
B	ほぼ毎日	30～59分	ランニング	ほぼ毎日	30～59分	ジョギング	ほぼ毎日	30分未満	ストレッチ
C	ほぼ毎日	30～59分	ランニング	週3～4回	30～59分	レジスタンストレーニング	週1～2回	30分未満	ウォーキング
D	月1回未満	30～59分	ランニング	月1～3回	60～119分	ウォーキング	月1～3回	60～119分	レジスタンストレーニング
E	週1～2回	30～59分	ランニング	週1～2回	30分未満	レジスタンストレーニング	ほぼ毎日	60～119分	ウォーキング
F	月1回未満	30分未満	ランニング	月1～3回	30分未満	レジスタンストレーニング	月1～3回	30分未満	ウォーキング
G	実施なし	-	-	実施なし	-	-	実施なし	-	-
H	週3～4回	60～119分	ランニング レジスタンス トレーニング	週3～4回	60～119分	ジョギング	月1～3回	30分未満	ストレッチ
I	週1～2回	30～59分	ランニング	週1～2回	30～59分	ウォーキング	実施なし	-	-

6. 統計処理

本研究における身体活動量、主観的疲労度、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、身体活動量、CMJの跳躍高、体重変化率、CMJの跳躍高変化率について、有意性が認められ (p<.05)、正規分布が仮定されなかった。そこで、本研究では各数値の期間差を比較するために、正規性が仮定された実測値および変化率に関しては対応のある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、正規性が確認されなかった実測値および変化率については正規分布の有無にかかわらず適用可能とされる (池田, 2013) ノンパラメトリック手法のFriedman検定を用いて期間の差の有無を確認し、有意な差が認められた場合は多重比較検定を行った。いずれも有意水準は5%とした。本研究における統計処理は、SPSS Statistics Version 24.0 (IBM社製) を使用した。

III. 結果

1. DT期間中における被験者の運動実施内容

本研究ではDT期間中における被験者の運動実施内容についてアンケート調査を行った。表2は各被験者のアンケートの回答を示したものである。その結果、本研究の被験者において、いずれの運動も実施していなかった者が1名、低強度の運動のみ実施していなかった者が1名であった。その他の各被験者からは、高強度運動に関しては「月1回未満」から「ほぼ毎日」の頻度で「30分未満」から「60～119分」の時間、中強度運動に関しては「月1～3回」から「ほぼ毎日」の頻度で「30分未満」から「60～119分」の時間、低強度運動に関しては「月1～3回」から「ほぼ毎日」の頻度で「30分未満」から「60～119分」の時間を実

施していたとの回答が得られた。また、具体的な運動内容に関して、主として高強度運動では「ランニング」、中強度運動では「レジスタンストレーニング」、「ジョギング」、「ウォーキング」、低強度運動では「ストレッチ」、「ウォーキング」、「レジスタンストレーニング」などの回答が得られた。

2. 各測定項目の期間変化

図3に各期間における合計身体活動量の変化を、表3にVAS, 体重, 除脂肪量, 脂肪量, CMJおよびCMJ-ASにおける跳躍高の期間変化を示した。本研究では各測定値の期間差の比較において、身体活動量およびCMJの跳躍高にはFriedman検定を、その他の測定項目には1要因の分散分析を用いた。その結果、身体活動量において、期間に有意な差が認められ(p=.006)、RT-1monはPre, RT-2monとの間に有意な差を示し、RT-1monで最も低い値が観察された。VASにおいて、期間に有意な主効果が認められたものの(p=.017)、多重比較では各期間で有意な差は認められなかった。体重においては、期間に有意な主効果は認められなかった(p=.858)。除脂肪量において、期間に有意な主効果が認められ(p=.000)、

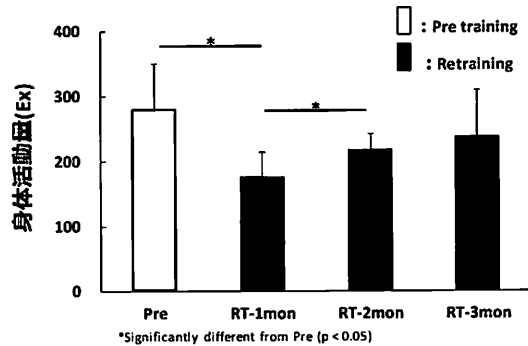


図3. バレーボール競技練習中における各期間の合計身体活動量

表3. 各期間における測定値の比較

測定項目	測定期間					p	多重比較
	Pre	Post	RT-1mon	RT-2mon	RT-3mon		
VAS (cm)	40.1±23.9	16.6±16.7	41.2±26.4	49.8±26.0	38.6±25.4	.017*	-
体重 (kg)	64.6±6.8	64.6±6.7	64.7±6.8	64.3±6.8	64.7±7.2	.858	-
除脂肪量 (kg)	50.1±4.2	48.3±4.5	48.9±4.5	49.2±4.5	49.4±4.3	.000*	Pre>Post
脂肪量 (kg)	14.5±2.8	16.3±2.7	15.8±2.6	15.1±2.8	15.3±3.2	.013*	Post>RT-2mon
CMJ (cm)	33.3±6.3	32.6±6.1	32.0±6.2	33.7±4.9	34.7±6.5	.035*	RT-1mon <RT-2mon, RT-3mon
CMJ-AS (cm)	38.0±6.8	36.2±6.4	36.7±6.2	38.9±5.3	40.1±7.4	.000*	Post <RT-2mon RT-1mon <RT-2mon, RT-3mon

Mean±S.D. * : p < 0.05

PostはPreとの間に有意な差を示し、Postで最も低い値が観察された。脂肪量において、期間に有意な主効果が認められ(p=.013)、PostはRT-2monとの間に有意な差を示し、Postで最も高い値が観察された。CMJの跳躍高において、期間に有意な差が認められ(p=.035)、RT-1monはRT-2mon, RT-3monとの間に有意な差を示し、RT-1monで最も低い値が観察された。CMJ-ASの跳躍高において、期間に有意な主効果が認められ(p=.000)、PostおよびRT-1monで低値を示し、PostとRT-2monの間、RT-1monとRT-2mon, RT-3monの間に有意な差が観察された。

3. 身体組成および跳躍能力のPreに対する相対的变化

図4に身体組成および跳躍高のPreに対する相対的变化を示した。本研究では相対的变化の比較において、体重およびCMJの跳躍高にはFriedman検定を、その他の測定項目には1要因の分散分析を用いた。その結果、体重の相対的变化において、期間に有意な差は認められなかった(p=.371)。除脂肪量の相対的变化において、期間に有意な主効果が認められ(p=.001)、PostからRT-3monにかけて増加する様相を示し、PostとRT-1monの間に有意な差が観察された(図4-b)。脂肪量の相対的变化において、期間に有意な主効果が認められ(p=.011)、PostからRT-2monにかけて低下する様相を示し、PostとRT-2monの間に有意な差が観察された(図4-c)。CMJの跳躍高における相対的变化において、期間に有意な差が認められ(p=.020)、RT-1monからRT-3monにかけて増加する様相を示し、RT-1monとRT-2mon, RT-3monの間に有意な差が観察された(図4-d)。CMJ-ASにおける跳躍高の相対的变化において、期間に有意な主効果が認められ(p=.000)、PostおよびRT-1monで低値を示しもの、RT-2mon, RT-3monにかけて有意な増加が観察された(図4-e)。

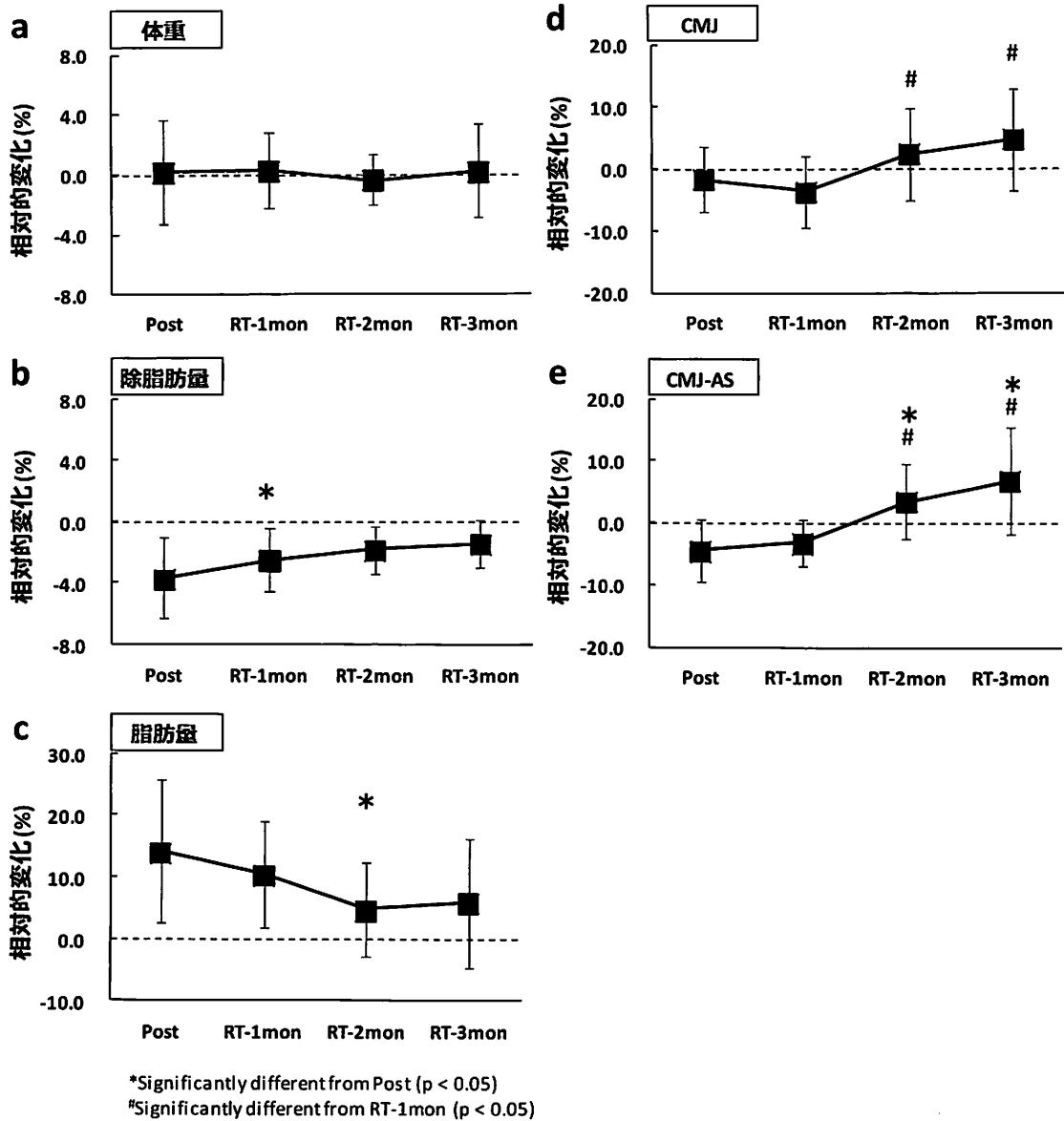


図4. Preの値に対する身体組成および跳躍高の相対的变化

IV. 考察

本研究は大学女子バレーボール選手を対象に突発的なDTが身体組成および跳躍能力に及ぼす影響を調査すること、また、DTに対してどの程度のRT期間でそれらが改善するか、について検討した。その結果、VAS、除脂肪量、脂肪量、CMJおよびCMJ-ASの跳躍高に関して、期間に有意な主効果および差が認められたことから、突発的なDTは主観的疲労感および身体組成、跳躍能力に変化を及ぼすことが明らかとなった。さらにRT期間では、RTの開始から1か月後(RT-1mon)に除脂肪量の有意な増加がみられ、RTの開始から2か月後(RT-2mon)に脂肪量の有意な低下およびCMJ、CMJ-ASにおける跳躍高

の有意な増加が観察された。以上のことから約2か月間のDTで変化した身体組成および跳躍能力の改善にはDTと同程度の期間のRTを要することが示唆された。

1. 本研究における被験者の身体組成及び跳躍能力の水準

本研究の被験者において、Preの身体組成項目および跳躍能力は体重、除脂肪量、脂肪量、CMJの跳躍高、CMJ-ASの跳躍高の順で、64.6kg、50.1kg、14.5kg、33.3cm、38.0cmであった。対して、村本ほか(2014)の調査では、大学女子バレーボール選手の身体組成項目および跳躍高の平均値は体重、除脂肪量、脂肪量、CMJ、CMJ-ASの順で59.1kg、42.4kg、16.6kg、35.6cm、29.8cmであったと報告している。また、日本のシニアトッ

プ選手における調査(西牧・山本, 2020; 吉本・長尾, 2020)では, 体重, 除脂肪量, CMJ-ASの跳躍高の順で66.5kg, 54.7kg, 43.2cmであったと報告されている。これらの数値と本研究の値を比較すると, 本研究の被験者は国内トップ選手の値までには満たないが, 大学生としては比較的体格と跳躍能力が優れた水準であったものと推察された。

2. DT期間の運動内容と身体活動量および主観的疲労度の期間変化

本研究ではDT期間中の運動実施内容に関する調査を行った。その結果(表2), DT期間において, 9名中1名の被験者はいずれの運動も実施していなかったが, その他の被験者においては, 運動頻度は異なるものの, 各強度の運動をDT期間中にそれぞれ実施していた。さらに具体的な運動内容については, ランニング, ジョギング, ウォーキングといった運動が多い傾向が観察された。日本国内は緊急事態宣言下であっても大学生への外出自粛制限の影響は比較的海外よりも低かった可能性が指摘されており(森山・幸, 2021), 本研究の被験者においても, DT期間中に屋外での運動を行っていたものと考えられる。しかし, 本研究結果ではPostにおいて, 脂肪量は有意に最も高く, 除脂肪量とCMJ-ASの跳躍高も他の期間より有意に低いことから(表3), DT前の身体組成および跳躍能力を維持できるほどの十分な運動ではなかったものと推察された。

次にバレーボール競技練習中の身体活動量(図3)および主観的疲労度の期間変化(表3)について検討した。身体活動量においては, RT-1monでPreおよびRT-2monよりも有意に低い値が認められた。K大学ではチーム練習が再開した初期にCOVID-19の感染予防対策として, 1日の練習時間を2時間までとする活動制限が設定されていた。1週間毎の平均練習時間(図1)をみると, RT期間の初期においては2時間で推移しており, 1週間毎の合計活動量(図2)においても, week15は最も低い値を示し, その後(week16, 17)もわずかな増加傾向にとどまっている。前述の通り, バレーボール競技練習の内容はRT期間を通して大きな変更はなかったことを踏まえると, RT-1monにおける活動量の低下は練習時間の制限が影響したものと考えられる。次に, 主観的疲労度において, 期間に有意な主効果が認められた(表3)。主観的疲労度にはトレーニングなどの身体的な要因が影響する(Dickinson and Hanrahan, 2009)ことから, 本研究においてもDTによってトレーニングを中止したことが主観的疲労度の期間変動に起因したものと解釈できる。一方で, バレーボール競技練習中の身体活動量はRT-1monで有意に低値であったにもかかわらず(図3), RT-1monの

VASはPostから増加する様相が観察された(表3)。Postにおいて身体組成や跳躍高は変動が見られた(表3)ことを考慮すると, 通常よりも体力が低下している場合, たとえ少ない身体活動量であっても主観的な疲労度は高くなることが示唆された。

3. DT後およびRTにおける身体組成の変化

本研究ではDT後およびRTにおける身体組成の変化について検討した。DT前後(Pre, Post)において体重に変化はみられなかった。一方でPostにおいて, 除脂肪量では有意に最も低い値が, 脂肪量では有意に最も高い値が確認された(表3)。この結果はオフシーズンのDT後におけるプロサッカー選手の除脂肪量および脂肪量の変化(Suarez et al., 2019)と一致する。除脂肪量とは体重から脂肪量を除いた身体質量であり, 多くの割合を筋が占める。即ち除脂肪量の増減は骨格筋量や筋サイズの変化に依存するものであると考えられる。先行研究において筋力トレーニングによって増加した下肢(Kubo et al., 2010)および上肢(Ogasawara et al., 2013)の筋横断面積がDTによって減少することが報告されている。したがって, 不十分なトレーニング刺激が継続したことにより, 除脂肪量が減少(表3)したものと考えられる。他方, 脂肪量に関してはこれまでいくつかの先行研究において5~8週間のDTによって有意に増加したと報告されている(Bernardo et al., 2017; Després et al., 1984; Giada et al., 1998; Koundourakis et al., 2014; Petibois and Deleris, 2003)。対して, 2週間(Yun-Tsung et al., 2021)および4週間(Izquierdo et al., 2007)のDTでは脂肪量に有意な変化は認められなかったとの指摘もある。これらの知見を併せると脂肪量の増加はDTの期間が5週間以上である場合に顕著であり, 本研究のDTは9週間にも及んだことから, 脂肪量が増加するには十分な期間であったものと推察する。

次にRT後における身体組成の相対的な変化について観察したところ, Postと比較して除脂肪量はRT-1monで有意な増加(図4-b)が, 脂肪量はRT-2monで有意な減少(図4-c)がそれぞれ観察された。Staron et al. (1991)によると女性においても筋力トレーニングを十分に行っておくことで筋力や筋の質を改善することができ, 筋の横断面積はDTで低下したとしてもDTよりも比較的短期間で回復することを報告している。また, 持久力トレーニング前後およびDT後における脂肪の代謝作用について男女で比較した研究(Després et al., 1984)では, 女性は男性と比較してトレーニング後においても脂肪代謝作用の変化が少なく, 性差が存在することを報告している。これらの知見を踏まえると, 本研究の対象者が年間を通して運動およびトレーニングを行っていたこと, また, 女性特有の脂肪

代謝が複合的に作用したことで、RT後において、除脂肪量と脂肪量の有意な変化が現れる期間に違いが生じたものと推察される。しかしながら、除脂肪量に関しては相対的变化においてRT-3monで最も上昇したものの(図4-b)、実測値(表3)をみると、RT-3monはPreの値よりも低い傾向にあり、DT前と同じ水準までには改善しなかった。対して、先行研究(Ogasawara et al., 2013)では6週間のレジスタンストレーニング後に3週間のDTを繰り返し実施したところ、DT後に筋横断面積は減少するものの、その後の6週間のRTで直ちに回復し、DT前以上の筋横断面積を獲得できると報告している。本研究において、除脂肪量がPreまで改善しなかった理由としては、本研究におけるRTの内容がバレーボールの専門的競技練習を主として構成されていたためであると推察される。トレーニングは筋力や筋量などの向上を目的とする体力トレーニングと専門競技の技術向上を目的とする専門的競技トレーニングに分類できる(眞鍋, 2017; 河森, 2020)。それぞれの主目的は異なるものの、技術練習であっても筋量の増加に副次的な効果をもたらす(河森, 2020)。これらのことを踏まえると、RTのトレーニング内容が競技専門練習を主とした場合、除脂肪量はDT前(Pre)と同じ水準までには達しないが、競技専門練習の副次的な効果によってDT直後(Post)よりも除脂肪量を増加させたものと推察された。

4. DT後およびRT期間における跳躍能力の変化

本研究ではDT後の跳躍高について検討した。その結果、PostにおいてCMJおよびCMJ-ASの跳躍高はPreから低下する傾向を示し、CMJ-ASに関しては最も低い値が観察された(表3)。Koundourakis et al. (2014)はDT後において、跳躍高や跳躍および疾走能力、等速性筋力から評価した最大パワー(Bosquet et al., 2013)が低下する一つの要因として、DTによる速筋線維の減少が影響している可能性を指摘している。跳躍のように爆発的な力発揮を伴う運動は短時間で大きな力発揮に優れる速筋線維と関連し(金子, 1988)、速筋線維はトレーニングで肥大しやすいがDTでは萎縮もしやすい(小笠原・安部, 2010)。本研究における除脂肪量はPostにおいて、実測値および相対的变化はともに有意に低い値にあり、筋量の低下がみられることから(表3, 図4-b)、速筋線維の減少によってCMJおよびCMJ-ASの跳躍高の低下に影響を及ぼした可能性が考えられる。

ロックダウンに伴うDTを対象とした研究(Valenzuela et al., 2021)においては、CMJの跳躍高がDT前後で約6.5%低下したことを報告している。対して、本研究においては、PreからPostにかけての各跳躍高の変化が、CMJにおいて平均-0.7cm(-2.1%)、CMJ-ASにおいて

平均-1.8cm(-4.7%)の低下であった(表3)。このように本研究が先行研究よりも跳躍高の低下を抑制できた要因としてはDT中の運動様式の違いが起因していると考えられる。先行研究(Valenzuela et al., 2021)ではDTにロックダウンを伴っており、本研究以上にDT中の運動条件に制約があったと想定される。本研究では、DT期間中に運動を実施していなかった者(表2, 被験者G)を除いて、他の被験者で高強度のランニングを共通して実施していた(表2)。Markovic et al. (2007)によれば、疾走トレーニングがプライオメトリックトレーニングと同等にCMJやスクワットジャンプの跳躍高の向上をもたらすことに加え、疾走トレーニングでのみ下肢の伸展筋力や疾走能力も向上させたことを報告している。本研究の被験者はDT中に疾走トレーニングを実施したわけではないものの、DT中に被験者が行った高強度のランニングによって上述のような効果が得られ、CMJの跳躍高の低下を抑制した可能性が考えられる。しかし、本研究の被験者におけるDT中の運動頻度や運動時間にはばらつきがあり、高強度のランニング速度も不明なことから、跳躍高の低下を抑制するためにどの程度の走運動が必要であるかは今後の検討課題である。

さらに、本研究のPostにおけるCMJ-ASは他の期間よりも有意に低い値を示し、CMJとは異なる結果を示した(表3, 図4-e)。Vaverka et al. (2016)はバレーボール選手が垂直跳びの際に用いる上肢の振り込み技術について検討したところ、上肢の振り込みを制限した場合から振り込みを用いた場合の跳躍高の増加率は、先行研究の報告では15~24%の数値であったのに対し、バレーボール選手では約38%を示し、バレーボール選手は他者よりも腕の振り込み能力に長けることを報告している。本研究の被験者におけるCMJ-ASに関して、他球技種目において比較的跳躍を伴うハンドボール、バスケットボール、バドミントンのシニアトップ選手に関する調査(吉本・長尾, 2020)ではCMJ-ASの跳躍高が35.7cm~37.2cmであったことが報告されており、本研究における被験者のPreの値の方が優れていた。これらの知見を踏まえると、本研究においてはDT期間にバレーボール競技練習が中止されたことにより、跳躍の際にバレーボール選手が有していると考えられる上肢の振り込み技術が低下した可能性が考えられ、それらによって、PostにおけるCMJ-ASとCMJの結果の相違に起因したものと推察される。

次にRTにおけるCMJおよびCMJ-ASの跳躍高の変化について検討した。González et al. (2011)は女子バレーボール選手を対象とした研究において、除脂肪量が増加し、脂肪量が減少した際にCMJおよびCMJ-ASの跳躍高が平均5.6cmおよび5.8cm有意に増加したことを報告している。同様に、Sieroń and Pietraszewska (2018)におい

でも除脂肪率の増加および体脂肪率の減少と共にCMJ-ASの跳躍高が約6.9cm有意に増加したことを報告している。本研究においても、CMJおよびCMJ-ASにおける跳躍高はRT-2monで有意な増加が見られ、PostからRT-3monにかけては、CMJで平均2.1cm(4.6%)、CMJ-ASで平均3.9cm(6.7%)の増加が確認された(表3、図4-d、図4-e)。その際に、除脂肪量と脂肪量はRT-2monで共に増加および低下する様相が観察されたことから、跳躍高を向上させた要因の一つとして身体組成の改善が影響した可能性が考えられる。一方で、その他の要因として、本研究の対象者がバレーボール選手であり、RTにおいてバレーボールの専門的な競技練習を主として行っていたこともCMJおよびCMJ-ASの跳躍高の増加に関与していると考えられる。バレーボール選手は競技中においてサーブ、ブロック、アタック動作によって跳躍運動を頻繁に伴うことから、シーズンを通して多量の跳躍運動を実行する(Antonio et al., 2020)。跳躍動作は反動動作を伴う伸張-短縮サイクル運動(stretch-shortening cycle運動:以下SSC運動)であり、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(Markovic, 2010)。さらに、Rodrigo et al. (2021)は、プライオメトリックトレーニングがバレーボール選手のCMJやCMJ-ASといった筋力を向上させるのに有効であると報告している。本研究の対象者においてもRT期間中のバレーボール競技練習において跳躍運動を多用したことが想定され、トレーニングの特異性の原則(パワーズ・ハウリー, 2020)に従って、プライオメトリックトレーニングに類似した効果が発現した可能性がある。したがって、除脂肪量の増加および脂肪量の低下、即ち身体組成の正の変化に加えて、RT期間に行われたバレーボールの専門的な競技練習によるプライオメトリックなトレーニング効果が複合的に作用した結果、CMJおよびCMJ-ASの跳躍高の有意な上昇に寄与したものと推察される。この点については、競技中に高い跳躍高の発揮を求められるバレーボールの競技特性を考慮しておく必要がある。なぜならば、King and Cipriani (2010)は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が有効であることを指摘している。そのため、本研究で観察された専門的な競技練習を主としたRT後におけるCMJおよびCMJ-ASの跳躍高の改善はバレーボール選手や跳躍運動を主動作とするスポーツ選手に限定的に適應される可能性がある。

5. 競技現場への示唆

本研究結果から、コロナ禍による突発的な9週間のDTは大学女子バレーボール選手の身体組成および跳躍能力

の変化に影響を及ぼすことが明らかとなり、長期のDTはスポーツ活動に必要な身体組成や運動機能を喪失させることが示唆された。スポーツ選手は突然の怪我や病気、ウィルスの流行などにより普段の競技練習を突発的に休止する場合がある。そのため、スポーツ現場においては長期DTが生じた時に備えて、定期的に選手の身体組成やフィールドテストの計測を実施し、データを蓄積しておくことが重要であると考えられる。さらに、大学生の中でも比較的高い競技水準を有する女子バレーボール選手を対象とした場合、2か月のDTに対して、2か月程度のRTを行うことによって、身体組成および跳躍能力をDT直後(Post)よりも有意に改善できることが示された。これはロックダウンに伴う約2か月のDTに対して2か月程度のRTを行った先行研究(Valenzuela et al., 2020)と一致する。即ち、DTが長期であった場合、身体組成や跳躍高の改善を図るためにはDTの期間と同程度以上のRT期間を要するものと考えられる。しかしながら、除脂肪量においては、3か月のRT(RT-3mon)以降もDT前(Pre)より低い値が観察された。これは本研究のRTがバレーボール専門的な競技練習を主としていたことが要因であると推察される。したがって、指導現場においては、種目やトレーニングなどの特性を考慮した上で、DT期間に応じたRT期間を勘案する必要があるであろう。

V. 結論

本研究結果から、コロナ禍における約2か月間の突発的なDTは大学女子バレーボール選手の除脂肪量および脂肪量を変化させ、跳躍高を低下させることが明らかとなった。またRTがバレーボール競技練習を主とした内容であっても、DTと同期間程度のRTを行うことによって、身体組成および跳躍能力をDT直後(Post)よりも有意に改善できることが示唆された。

VI. 参考文献

- Andersen, J. L., and Aagaard, P. (2000) Myosin heavy chain IIX overshoot in human skeletal muscle. *Muscle & Nerve*, 23 (7) : 1095-1104.
- Antonio, G. D. A., Rodrigo, R. C., Miguel, R. R., and Blanca, R. M. (2020) Analysis of jump load during a volleyball season in terms of player role. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 23 (10) : 973-979.
- Bernardo, R., Inmaculada, G., Luis, S. A., Eduardo, S. D. V., José, N. O., and Alfredo, S. (2017) Off-season effects on functional

- performance, body composition, and blood parameters in top-level professional soccer players. *The journal of strength and conditioning research*, 24 (2) : 322-331.
- Bosquet, L., Berryman, N., Dupuy, O., Mekary, S., Arvisais, D., Bherer, L., and Mujika, I. (2013) Effect of training cessation on muscular performance : a meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23 (3) : e140-e149.
- Bull, F. C., Maslin, T. S., and Armstrong, T. (2009) Global physical activity questionnaire (GPAQ) nine country reliability and validity study. *Journal of physical activity and health*, 6 : 790-804.
- Cohen, D. D., Restrepo, A., Richter, C., Harry, R. J., Franchi, V. M., and Restrepo, C. (2020) Detraining of specific neuromuscular qualities in elite footballers during COVID-19 quarantine. *Science and Medicine in Football*. DOI : 10. 1080/24733938. 2020. 1834123.
- Després P. J., Bouchard, C., Savard, R., Tremblay, A., Marcotte, M., and Thériault, G. (1984) Effects of exercise-training and detraining on fat cell lipolysis in men and women. *European journal of applied physiology*, 53 : 25-30.
- Dickinson, R. K., and Hanrahan, S. J. (2009) An investigation of subjective sleep and fatigue measures for use with elite athletes. *Journal of clinical sport psychology*, 3 (3) : 244-266.
- Giada, F., Bertaglia, F., Piccoli, D. B., Franceschi, M., Sartori, F., Raviele, A., and Pascotto, P. (1998) Cardiovascular adaptations to endurance training and detraining in young and older athletes. *International journal of cardiology*, 65 : 149-155.
- González-Ravé, J. M., Arija, A., and Clemente-Suarez, V. (2011) Seasonal changes in jump performance and body composition in women volleyball players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25 (6) : 1492-1502.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kallinen, M., Newton, U. R., and Kraemer, J. W. (2000) Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *European journal of applied physiology* 83 (1) : 51-62.
- Häkkinen, K., and Komi, V. P. (1983) Electromyographic changes during strength training and detraining. *Medicine & science in sports & exercise*, 15 (6) : 455-460.
- Hortobagyi, T., Houmard, J. A., Stevenson, J. R., Fraser, D. D., Johns, R. A., and Israel, R. G. (1993) The effects of detraining on power athletes. *Medicine & science in sports & exercise*, 25 (8) : 929-935.
- 池田郁男 (2013) 統計検定を理解せずに使っている人のために I. *化学と生物*, 51 (5) 318-325.
- Izquierdo, M., Ibañez, J., González, B. J. J., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Bonabau, H., Granados, C., French, D. N., and Gorostiaga, E. M. (2007) Detraining and tapering effects on hormonal responses and strength performance. *The journal of strength and conditioning research*, 21 (3), 768-775.
- 金子公有 (1988) 5. 筋の組成とパワー, 現代の体育・スポーツ科学 パワーアップの科学 人体エンジンのパワー効率, 朝倉書店 : 東京, pp64-80.
- 河森直紀 (2020) 練習 vs. トレーニング, 競技力向上のためのウェイトトレーニングの考え 方. 有限会社ナップ : 東京, pp11-17.
- King, A. J., and Cipriani, J. D. (2010) Comparing preseason frontal and sagittal plane plyometric programs on vertical jump height in high-school basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (8) : 2019-20114.
- Koundourakis, N., E. Androulakis, N. E., Malliaraki, N., Tsatsanis, C., Venihaki, M., and Margioris, A. N. (2014) Discrepancy between exercise performance, body composition, and sex steroid response after a six-week detraining period in professional soccer players. *Plos one*, 9 (2) : e87803.
- Kubo, K., Ikebukuro, T., Yata, H., Tsunoda, N., and Kanehisa, H. (2010) Time course of changes in muscle and tendon properties during strength training and detraining. *The journal of strength and conditioning research*, 24 (2) : 322-331.
- 眞鍋芳明 (2017) 専門的体力トレーニングの実際, 日本コーチング学会編, 大修館書店 : 東京, pp164-178.
- Markovic, G., and Mikulic, P. (2010) Neuromusculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40 (10) : 859-896.
- Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., and

- Metikos, D. (2007) Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21 (2) : 543-550.
- 森山雅・幸篤武 (2021) コロナ禍における学生の身体活動量の変化～2020年5月の緊急事態宣言解除から半年間の追跡調査～. *体力科学*, 70 (4) : 257-268.
- Mujika, I., and Padilla, S. (2000) Detraining : loss of training-induced physiological and performance adaptations, part I. *Sports medicine*, 30 (3) : 145-154.
- 村本名史・栗田泰成・高根信吾・瀧澤寛路・平野幸伸・稲村欣作・古瀬由佳・塚本博之・河合学 (2014) 大学女子バレーボール選手における跳躍高および等速性膝関節筋力の関係. *バレーボール研究*, 16 (1) : 1-6.
- 西牧 未央・山本 真帆 (2020) 運動能力 (第4章測定の種類と実施方法). 松林 武生編, *フィットネスチェックハンドブック—体力測定に基づいたアスリートへの科学的支援—*. 大修館書店 : 東京, pp76-80, 288-291.
- 小笠原理紀・安倍孝 (2010) 筋力トレーニングにおけるディトレーニングとリトレーニングの効果. *NSCA JAPAN*, 17 (5) : 2-9.
- Ogasawara, R., Yasuda, T., Ishii, N., and Takashi, A. (2013) Comparison of muscle hypertrophy following 6-month of continuous and periodic strength training. *European journal of applied physiology*, 113 : 975-985.
- Petibois, C., and Deleris, G. (2003) Effects of short- and long-term detraining on the metabolic response to endurance exercise. *International journal of sports medicine*, 24 (5) : 320-325.
- パワーズ・ハウリー : 内藤久士ほか訳 (2020) *パワーズ運動生理学 体力と競技力向上のための理論と応用*. メディカル・サイエンス・インターナショナル社 : 東京, pp302-309.
- Rodrigo, R. C., Antonio, G. D. A., Helmi, C., Jason, M., Yassine, N., and Urs, G. (2021) Effects of plyometric jump training on physical fitness in amateur and professional volleyball : a meta-analysis. *Front Physiol*, 12 : 636140.
- Sieron, A., and Pietraszewska, J. (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) : 101-110.
- Staron, R., Leonardi, M., Karapondo, D., Malicky, E., and Hikido, R. (1991) Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *Journal of applied physiology*, 70 (2) : 631-640.
- Suarez, A. L., Lara, L. P., Maldonado R., Torreno N., De Hoyo, M., Nakamura, F. Y., Di Salvo, V., and Mendez, V. A. (2019) The effects of detraining and retraining periods on fat-mass and fat-free mass in elite male soccer players. *Peerj* : 7466.
- 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) : 71-78.
- Vaverka, F., Jandačka, D., Zahradník, D., Uchytíl, J., Farana, R., Supej, M., and Vodičar, J. (2016) Effect of an arm swing on countermovement vertical jump performance in elite volleyball players. *Journal of human kinetics*, 53 : 41-50.
- Valenzuela, L. P., Rivas, F., and Sánchez, M. G. (2021) Effects of COVID-19 lockdown and a subsequent retraining period on elite athletes' workload, performance, and autonomic responses : a case series. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, doi: 10.1123/ijssp.2020-0735.
- 吉本 隆哉・長尾 秀行 (2020) 身体組成・形態 (第4章測定の種類と実施方法). 松林 武生編, *フィットネスチェックハンドブック—体力測定に基づいたアスリートへの科学的支援—*. 大修館書店 : 東京, pp104-108, 360-363.
- Yun-Tsung, C., Yao-Yi, H., Jen-Yu, H., Tung-Yi, L., and Jung-Charng, L. (2021) Two weeks of detraining reduces cardiopulmonary function and muscular fitness in endurance athletes. *European journal of sport science*, doi : 10. 1080/17461391. 2021. 1880647.

連絡責任者
 住所 : 〒206-8515 東京都多摩市永山7-3-1
 国士館大学多摩キャンパス
 氏名 : 横沢 翔平
 電話番号 : 042-339-7273
 E-mail : sykzw422@kokushikan.ac.jp