



バスケットボールにおける試合出場 時間とジャンプパフォーマンスの 変化との関係

西川 潤 (東海大学大学院体育学研究科) 矢口佳志 (東海大学大学院体育学研究科)
陸川 章 (東海大学スポーツプロモーションセンター) 小山孟志 (東海大学体育学部)

Relationship between the playing time and change of jump performance in basketball

Jun NISHIKAWA, Kaishi YAGUCHI, Akira RIKUKAWA and Takeshi KOYAMA



Abstract

The purpose of this study was to investigate the relationship between the playing time and change of jump performance in basketball. The subjects were 11 male collegiate basketball players, and the games were three official games played over three days. The external load was the total playing time in the three games, and neuromuscular fatigue was measured by performing countermovement jump (CMJ) on a dual force plate the day before the first match and the day after the third match to obtain kinematic variables. Pearson's correlation coefficient was used to analyze the relationship between the playing time and kinetic variables during CMJ ($p < 0.05$).

The results showed that significant correlations between the playing time and braking force, time to take-off. The results suggest that the ability to exert force in the braking phase decreases and the time to take-off increases with increasing playing time.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 35, 45-52, 2023)

I. 緒言

近年、チームスポーツのトレーニングや試合における身体負荷をモニタリングし、選手のコンディショニングを最適化しようとする試みがスポーツ現場での主要なトピックスになっており、スポーツ科学分野においても論文数が急増している¹⁾。スポーツ活動中の身体負荷をモニタリングする目的は、トレーニングに対する個々の反応を理解し、疲労とそれに伴う回復の必要性を評価すること、

さらに傷害や疾病のリスクを最小限に抑えることである²⁾。

身体負荷のモニタリングの方法は、外的負荷と内的負荷の大きく二つに分類される。外的負荷とは、トレーニングや試合中に選手が行った活動の客観的な指標であり、試合やトレーニングの所用時間の調査やGPSや慣性センサを用いる方法等がある¹⁾。内的負荷とは、トレーニングや試合中に課された外的負荷に対する相対的な生理学的・心理学的ストレスと定義され、自覚的運動強度(Rating of perceived exertion: 以下 RPE) や心拍

数、血中乳酸値、各種生化学マーカー等が代表例である¹⁾。中でも RPE と運動時間を乗じて算出される Session RPE (以下 sRPE) は、非侵襲的に簡便に定量化できることから、研究と実践の両方で使用されてきている³⁾。

また、近年ではカウタームーブメントジャンプ (以下 CMJ) によるパフォーマンスや疲労の評価の研究や実践が盛んに行われている^{4,5)}。従来、CMJ の運動力学的変数は、実験室に常設されたフォースプレートを用いることでしか取得できなかったが、持ち運び可能なフォースプレートが市販されたことをきっかけに、各スポーツのフィールドにおいて短時間で疲労を伴わず簡便に評価できるようになった。CMJ は Neuromuscular performance⁶⁾ (神経筋パフォーマンス) もしくは Neuromuscular fatigue^{7,8)} (神経筋疲労) を反映する指標として、疲労とそれに伴う回復状況がパフォーマンスに及ぼす影響を検出するために用いられている⁷⁾。

バスケットボール選手を対象にした CMJ の研究では、試合48時間後まで跳躍高が低下することが報告されている⁹⁾。一方で、CMJ の跳躍高の指標だけでは神経筋疲労を評価することは難しく、CMJ 時の力-時間曲線から様々な運動力学的変数を評価する必要性が指摘されている¹⁰⁾。CMJ 時の運動力学的変数を調査した先行研究によると、感度高く評価できる運動力学的変数として、跳躍高に対する跳躍に要する所要時間の比率 (Reactive Strength Index modified: 以下 RSI_{mod})、Peak braking force、Braking Rate of Force Development (以下 Braking RFD)、Peak propulsive force、跳躍に要する所要時間 (Time to Take-off) など多くの変数が挙げられている^{4,7,11)}。しかし、バスケットボールにおいて、どの運動力学的変数が敏感に影響を受けるかについての統一見解は見られない。そこで本研究では、バスケットボール選手を対象に、試合前後の CMJ の各運動力学的変数の変化と試合出場時間、sRPE との関係について明らかにすることとした。

Ⅱ. 方法

1. 対象者及び対象期間

対象者は大学男子バスケットボール選手11名 (年齢: 20.9 ± 0.8 歳、身長: 186.8 ± 7.9 cm、体重: 85.9 ± 10.3 kg) とした。対象とした試合は3日間で3試合行われた公式戦とし、CMJ 測定は事前測定を第1試合目の前日に、事後測定を3試合目の翌日に実施した。対象期間中に筋骨格系の外傷や内科的疾患があった対象者は除外することとした。

本研究は東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認 (承認番号: 22046) を得た上で、測定前に対象者に口頭にて説明を行い、同意を得た上で実施した。

2. 試合出場時間および sRPE の測定

外的負荷の評価は、3試合の合計出場時間 (分) とした。内的負荷の評価として、毎試合後30分以内に10段階の RPE の聞き取りを行い、RPE と試合出場時間 (分) の積によって算出される Session RPE (以下 sRPE)¹²⁾ の3試合の合計値とした。

3. CMJ の測定

対象者は試技の前に Suchomel (2020) らの研究に倣って十分なウォーミングアップを行わせた¹²⁾。CMJ 測定はフォースプレート (Hawkin Dynamics, 1000Hz) 上に立ち、腕の反動を使わないよう PVC パイプを第七頸椎の下に保持させた状態で跳躍させた。試技前に「できるだけ速く、高く」跳ぶように口頭で指示をした。試技は3回実施させその平均値を代表値とした。本研究で用いた運動力学的変数は、跳躍高 (単位: m)、跳躍高を跳躍に要する時間で除した値 (Reactive Strength Index modified: 以下 RSI_{mod}、任意単位)、ブレーキ局面の最大地面反力 (以下 Peak braking force、単位: N)、ブレーキ局面の力の立ち上がり速度 (Braking Rate of Force Development: 以

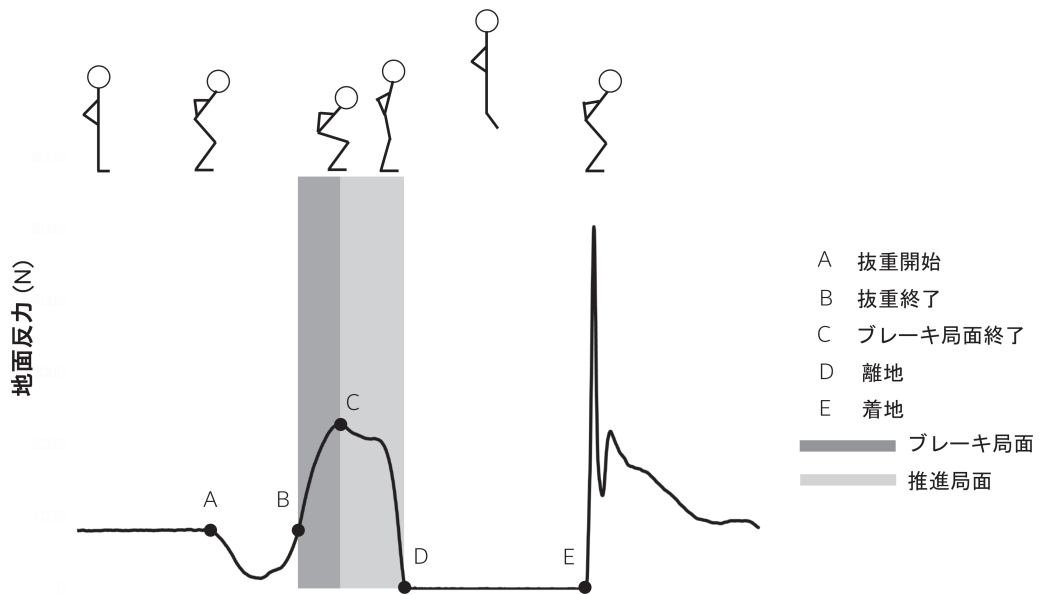


図1 カウンタームーブメントジャンプの力-時間曲線
Fig. 1 Force-time curve for countermovement jump

下 Braking RFD、単位：N/s)、推進局面の最大地面反力（以下 Peak propulsive force、単位：N）、跳躍に要する時間（以下 Time to Take-off、単位：sec）とした^{4,7,11)}。図1にCMJ時の局面分けをした力-時間曲線⁵⁾を示す。

4. 統計処理

全ての統計解析にはSPSS (statics version 26.0, IBM, Japan) を用いた。CMJ時の運動力学の変数の試合前後における変化の平均値の差の検定には対応のあるT検定を行った。効果量はCohen's d を使い、効果の大きさは小 ($d < 0.2$)、中 ($0.2 < d < 0.8$)、大 ($d > 0.8$) で示した¹³⁾。また試合出場時間とCMJの各運動力学の変数、sRPEとの関係については、Pearsonの相関分析を行った。統計学的有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 試合出場時間およびsRPE

3試合の合計出場時間は 49.5 ± 13.9 (最大値64.9、最小値15.9) 分であった。また、sRPEは

752.6 ± 224.0 (最大値1096、最小値250) であった。

2. CMJ時の運動力学の変数の変化

試合後は試合前に比べて跳躍高 ($p < 0.001$, $d = 1.52$)、RSI_{mod} ($p < 0.001$, $d = 1.44$)、Peak braking force ($p = 0.003$, $d = 1.15$)、Braking RFD ($p = 0.005$, $d = 1.09$) が有意に低下した。一方、Peak propulsive force ($p = 0.05$, $d = 0.66$) と Time to Take-off ($p = 0.69$, $d = -0.13$) は有意な変化は認められなかった (図2)。

3. 試合出場時間とCMJの各運動力学の変数の変化率、sRPEとの関係

試合出場時間とCMJの各運動力学の変数の変化率との関係は、Peak braking force ($r = -0.605$, $p = 0.049$)、Time to Take-off ($r = 0.684$, $p = 0.020$) が有意な相関関係が認められた一方、跳躍高 ($r = 0.526$, $p = 0.097$)、RSI_{mod} ($r = -0.547$, $p = 0.082$)、Braking RFD ($r = -0.599$, $p = 0.051$)、Peak propulsive force ($r = -0.537$, $p = 0.088$) は有意な相関関係が認められなかった (図4)。

sRPEと運動力学の変数の変化率との関係は、跳躍高 ($r = 0.269$, $p = 0.423$)、RSI_{mod} ($r =$

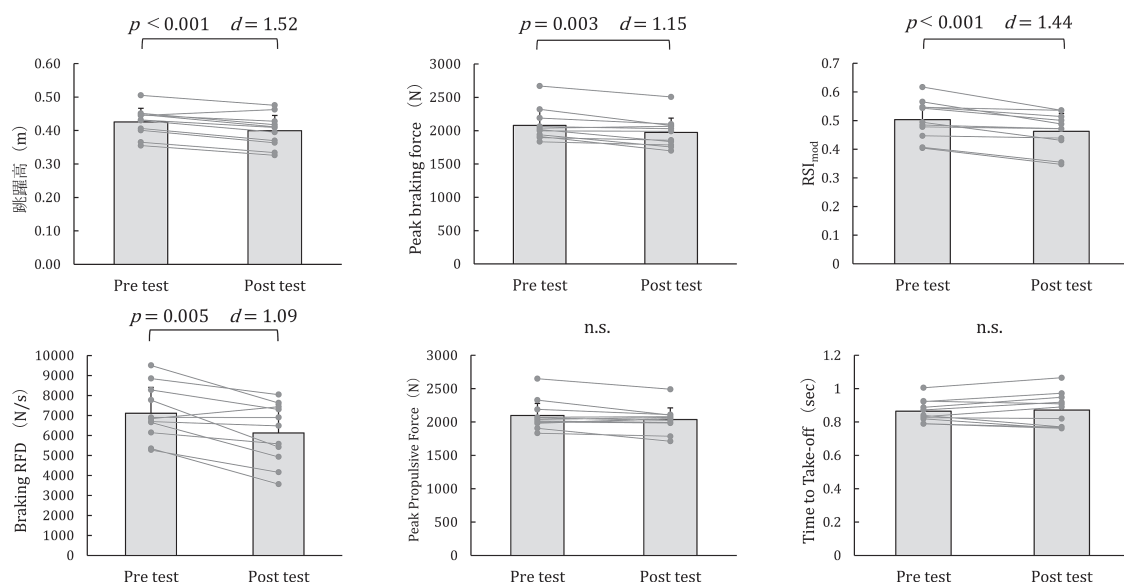


図2 運動力学変数の試合前後の変化
Fig. 2 Pre and post game changes in kinetics variables

−0.340, $p = 0.307$)、Peak braking force ($r = -0.098$, $p = 0.774$)、Braking RFD ($r = -0.065$, $p = 0.848$)、Peak propulsive force ($r = -0.174$, $p = 0.610$)、Time to Take-off ($r = 0.411$, $p = 0.209$) いずれも有意な相関関係は認められなかった (図4)。

IV. 考察

CMJは神経筋機能を評価する指標として用いられている^{7, 14)}。しかし、バスケットボールにおいて、どの運動力学変数が敏感に影響を受けるかについての統一見解は見られない。そこで本研究では、バスケットボール選手を対象に、試合負荷の影響によってCMJの各運動力学変数がどの程度低下するかを調査し、試合出場時間とCMJの各運動力学変数、sRPEの関係性について検討した。

3日間で3試合行われた公式戦の影響によって、CMJの跳躍高、RSI_{mod}、Peak braking force、Braking RFDが有意に低下することがわかった。バレーボール選手を対象とした8週間のトレーニ

ング介入の研究によると、改善されたジャンプパフォーマンスの主要なメカニズムは、離地前の大きな力発揮とRFDであることが示されている¹⁵⁾。本研究結果から、試合負荷による短期的なジャンプパフォーマンス低下の要因も同様に、力発揮そのものだけではなく、力発揮に要する時間的要因(RSI_{mod}、RFD)も変化することが分かった。スプリントやジャンプ、方向転換に代表される競技特異的動作の多くは、動作完了までに要する時間が最大筋力を発揮するために必要な時間よりも短いことがわかっている¹⁶⁾。そのため、時間的要因を含めた力発揮能力を測る指標は、トレーニング成果を測る指標としては勿論のこと、パフォーマンス低下の様相をモニタリングする指標としても有用であることが示唆された。

試合出場時間とCMJの各運動力学変数の変化率との関係性について検討した結果、Peak braking forceとTime to Take-offの2つの変数について有意な相関が認められた。つまり、試合出場時間が長い選手は、短い選手よりもブレーキ局面の力発揮能力の低下率が高く、跳躍までに要する時間が延長するということである。スノーボードクロス選手を対象にトレーニング前後にCMJ

バスケットボールにおける試合出場時間とジャンプパフォーマンスの変化との関係

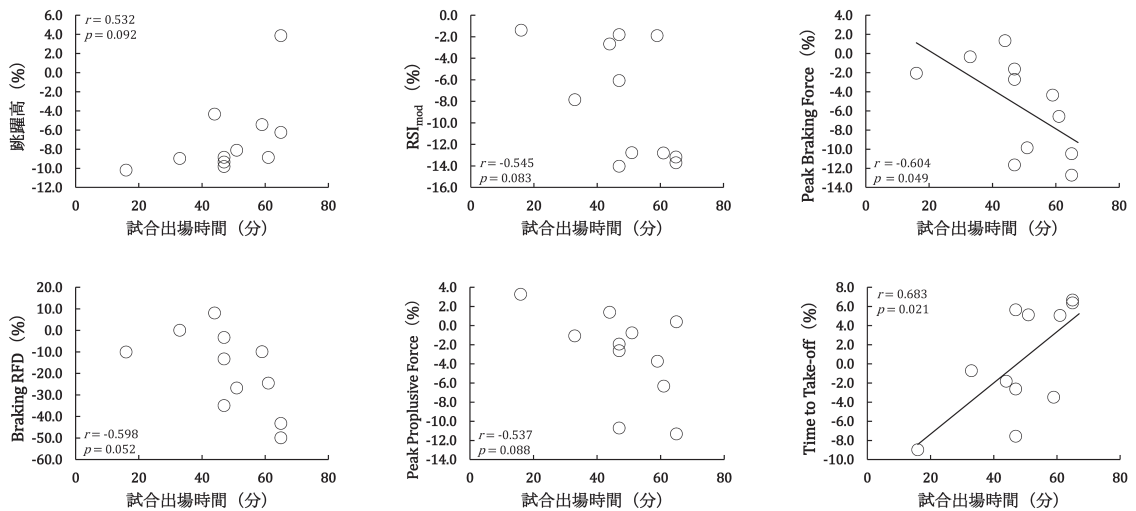


図3 試合出場時間と運動力学的変数の変化率との関係
Fig. 3 Relationship between playing time and rate of change of kinetics variables

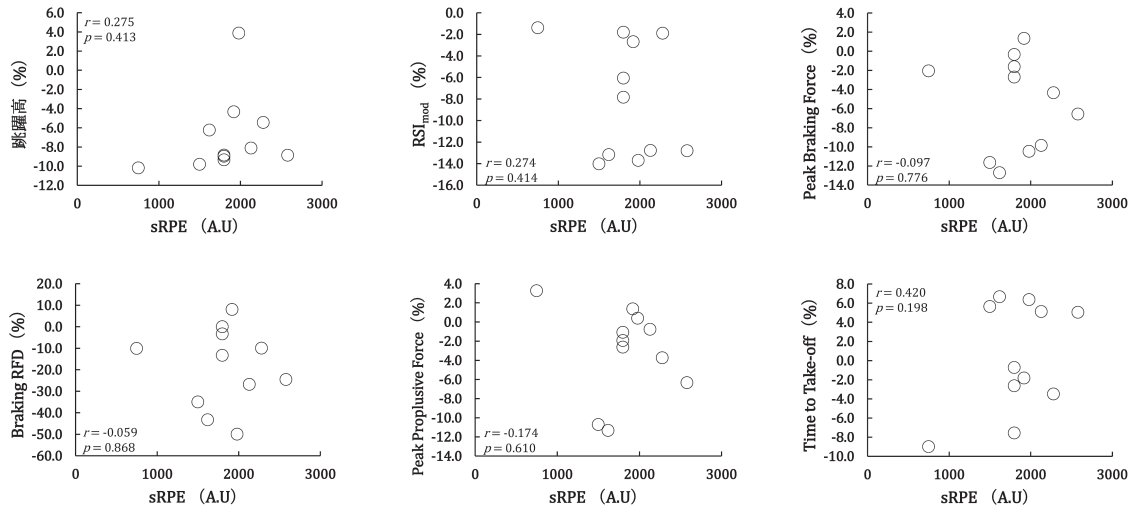


図4 sRPEと運動力学的変数の変化率との関係
Fig. 4 Relationship between sRPE and rate of change of kinetics variables

を測定した研究によると、Peak force および Time to Take-off の変化の効果量が大きく、急性疲労を評価する指標として感度が高い変数であることが報告されており¹⁷⁾、本研究はこれを支持する結果となった。所定の時間で加えられた力が大きければそれだけ大きな力積をもたらし、結果的には大きなパワー発揮をすることになる¹⁸⁾。一方でCMJの跳躍高は、疲労の評価指標として感度が低い変数であると指摘されており⁷⁾、本研究においても跳躍高は試合出場時間との関連が見られ

なかったことは興味深い。これらのことを踏まえると、試合出場時間が長い選手は、ブレーキ局面の力発揮能力の低下分を補うために、力の発揮時間を延長させ力積を確保するという運動戦略の変化によって跳躍高を維持していた可能性が考えられた。しかし前述の通り、競技動作の多くは力発揮時間が極めて短時間であるため、CMJの跳躍高が維持できていたとしても、実際の競技場面でのパフォーマンスとしては低下している可能性がある。以上のことから、CMJの運動力学的変数

によってバスケットボール選手のパフォーマンスや疲労を評価するには、跳躍前の力発揮能力や時間的要因を含めた力発揮能力を測る指標が有用であると示唆された。一方で、sRPE と CMJ の各運動力学の変数の変化率との関係について検討した結果、いずれも有意な相関は認められなかった。慣性センサによってバスケットボール中の負荷を定量化した研究によると、sRPE は比較的低強度動作の蓄積としての総量は反映するが、高強度動作の影響を見逃す可能性があることが指摘されている¹⁹⁾。本研究結果から、急性のジャンプパフォーマンスの変化を反映する指標としては適さないことが示唆された。

次に、なぜ試合出場時間が長い選手が跳躍前の力発揮能力や時間的要因を含めた力発揮能力が大きく変化したかを考察する。バスケットボールは1試合で4500～7500m 走行し²⁰⁻²³⁾、20秒程度の軽運動に続く2秒程度の高強度運動の繰り返し^{24, 25)}が行われている。この高強度場面は減速や着地、身体接触といったプレーキ局面に多く²⁶⁾、高強度動作の回数が多くなると筋損傷の度合いが高くなることが明らかになっている¹⁹⁾。以上のことから、試合出場時間が長い選手は、高強度動作、すなわちプレーキ動作が多発し、エキセントリック収縮の繰り返しによって身体に大きなメカニカルストレスが加わったことが推察される。その結果として試合後のCMJにおいてプレーキ局面の力発揮能力が低下し、動作の所要時間が延長した可能性が考えられた。

本研究の限界として、外的負荷の指標を試合出場時間のみにしたこと、試合内での実際の活動量や強度との関連まで言及できていない。今後は外的負荷の指標として、試合出場時間だけではなく、走行距離や速度、加減速、ジャンプ回数といった実際の活動量やイベント回数等を定量化することで神経筋疲労に与える試合負荷の影響についてより詳細な分析が可能となる。また、CMJの測定のタイミングが3試合の前後のみであったことから、1試合目の試合負荷の影響は3試合目に比べてかなり減衰している可能性が考えられる。

今後は測定を1試合ごとに行うことで疲労とそれに伴う回復状況をより正確に捉えることができると考えられた。

V. まとめ

本研究は、バスケットボール選手を対象に、試合前後のCMJの各運動力学の変数の変化と試合出場時間、sRPEとの関係について明らかにすることとした。結果、試合出場時間と、Peak braking force と Time to Take-off の2つの変数について有意な相関が認められた。CMJの運動力学の変数によってバスケットボール選手のパフォーマンスや疲労を評価するには、跳躍前の力発揮能力や時間的要因を含めた力発揮能力を測る指標が有用であると示唆された。一方、sRPEは急性のパフォーマンスの変化を反映する指標として適さない可能性がある。

参考文献

- 1) Bourdon P. C., Cardinale M., Murray A., Gastin P., Kellmann M., Varley M. C., Gabbett T. J., Coutts A. J., Burgess D. J., Gregson W., Cable N. T. : Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement, *Int J Sports Physiol Perform*, 12: S2161-S2170, 2017.
- 2) Soligard T., Schwellnus M., Alonso J. M., Bahr R., Clarsen B., Dijkstra H. P., Gabbett T., Gleeson M., Hagglund M., Hutchinson M. R., Janse van Rensburg C., Khan K. M., Meeusen R., Orchard J. W., Pluim B. M., Raftery M., Budgett R., Engebretsen L. : How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury, *Br J Sports Med*, 50: 1030-1041, 2016.
- 3) Edwards T., Spiteri T., Piggott B., Bonhotal J., Haff G. G., Joyce C. : Monitoring and Managing Fatigue in Basketball, *Sports (Basel)*, 6, 2018.
- 4) Bishop Chris, Turner Anthony, Jordan Matt, Harry John, Loturco Irineu, Lake Jason, Comfort Paul : A Framework to Guide Practitioners for Selecting Metrics During the Countermovement and

- Drop Jump Tests, *Strength & Conditioning Journal*, 2021.
- 5) McMahon John J., Suchomel Timothy J., Lake Jason P., Comfort Paul : Understanding the Key Phases of the Countermovement Jump Force-Time Curve, *Strength & Conditioning Journal*, 40: 96-106, 2018.
- 6) Ishida Ai, Draper Garrison, White Jason B., Travis S. Kyle : Does Prematch Neuromuscular Performance Affect Running Performance in Collegiate Elite Female Soccer?, *J Strength Cond Res*, 10.1519/JSC.0000000000004344, 2022.
- 7) Claudino J. G., Cronin J., Mezêncio B., McMaster D. T., McGuigan M., Tricoli V., Amadio A. C., Serrão J. C. : The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis, *J Sci Med Sport*, 20: 397-402, 2017.
- 8) Alba-Jiménez Claudia, Moreno-Doutres Daniel, Peña Javier : Trends Assessing Neuromuscular Fatigue in Team Sports: A Narrative Review, *Sports*, 10: 33, 2022.
- 9) Chatzinikolaou A., Draganidis D., Avloniti A., Karipidis A., Jamurtas A. Z., Skevaki C. L., Tsoukas D., Sovatzidis A., Theodorou A., Kambas A., Papassotiropoulos I., Taxildaris K., Fatouros I. : The microcycle of inflammation and performance changes after a basketball match, *J Sports Sci*, 32: 870-882, 2014.
- 10) Ellis M., Myers T., Taylor R., Morris R., Akubat I. : The Dose-Response Relationship Between Training-Load Measures and Changes in Force-Time Components During a Countermovement Jump in Male Academy Soccer Players, *Int J Sports Physiol Perform*, 17: 1634-1641, 2022.
- 11) Floria Pablo, Gómez-Landero Luis A., Suárez-Arrones Luis, Harrison Andrew J. : Kinetic and Kinematic Analysis for Assessing the Differences in Countermovement Jump Performance in Rugby Players, *J Strength Cond Res*, 30: 2533-2539, 2016.
- 12) Suchomel Timothy J., Sole Christopher J., Bellon Christopher R., Stone Michael H. : Dynamic Strength Index: Relationships with Common Performance Variables and Contextualization of Training Recommendations, *Journal of human kinetics*, 74: 59-70, 2020.
- 13) Cohen J. : Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.) 2nd Edition, Routledge, New York, 1988.
- 14) Ellis Matthew, Myers Tony, Taylor Richard, Morris Rhys, Akubat Ibrahim : The Dose-Response Relationship Between Training-Load Measures and Changes in Force-Time Components During a Countermovement Jump in Male Academy Soccer Players, *Int J Sports Physiol Perform*, 17: 1634-1641, 2022.
- 15) Newton R. U., Kraemer W. J., Häkkinen K. : Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players, *Med Sci Sports Exerc*, 31: 323-330, 1999.
- 16) Zatsiorsky Vladimir M., Kraemer William J. : Science and Practice of Strength Training., Human Kinetics, 2006.
- 17) Gathercole R. J., Stellingwerff T., Sporer B. C. : Effect of acute fatigue and training adaptation on countermovement jump performance in elite snowboard cross athletes, *J Strength Cond Res*, 29: 37-46, 2015.
- 18) Taber Christopher, Bellon Christopher, Abbott Heather, Bingham Garrett E. : Roles of Maximal Strength and Rate of Force Development in Maximizing Muscular Power, *Strength & Conditioning Journal*, 38: 71-78, 2016.
- 19) Koyama T., Rikukawa A., Nagano Y., Sasaki S., Ichikawa H., Hirose N. : High-Acceleration Movement, Muscle Damage, and Perceived Exertion in Basketball Games, *Int J Sports Physiol Perform*, 17: 16-21, 2022.
- 20) 小山孟志, 國友亮祐, 陸川章, 有賀誠司, 長尾秀行, 山田洋 : バスケットボールにおける男子トップレベル選手の試合中の移動距離及び移動速度—世界トップレベルの試合と日本国内の試合の比較から—, *バスケットボール研究*, 1: 63-71, 2015.
- 21) 山田洋, 小山孟志, 國友亮祐, 長尾秀行, 三村舞, 小河原慶太, 陸川章 : 日本女子トップレベルのバスケットボール選手における試合中の移動距離及び移動速度, *東海大学スポーツ医科学雑誌*, 27: 29-36,

2015.

- 22) Ben Abdelkrim N., Castagna C., Jabri I., Battikh T., El Fazaa S., El Ati J. : Activity profile and physiological requirements of junior elite basketball players in relation to aerobic-anaerobic fitness, *J Strength Cond Res*, 24: 2330–2342, 2010.
- 23) Stojanović E., Stojiljković N., Scanlan A. T., Dalbo V. J., Berkelmans D. M., Milanović Z. : The Activity Demands and Physiological Responses Encountered During Basketball Match-Play: A Systematic Review, *Sports Med*, 48: 111–135, 2018.
- 24) Ben Abdelkrim N., El Fazaa S., El Ati J. : Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition, *Br J Sports Med*, 41: 69–75; discussion 75, 2007.
- 25) McInnes S. E., Carlson J. S., Jones C. J., McKenna M. J. : The physiological load imposed on basketball players during competition, *J Sports Sci*, 13: 387–397, 1995.
- 26) Koyama T., Rikukawa A., Nagano Y., Sasaki S., Ichikawa H., Hirose N. : Acceleration Profile of High-Intensity Movements in Basketball Games, *J Strength Cond Res*, 36(6): 1715–1719, 2020.