

〈原 著〉

競技中高衝撃動作頻度と下肢・体幹部の外傷・障害によるコンディション不良との関係：大学女子バスケットボール選手における前向き研究

Prospective study about relationships between high-impact movements during basketball game and injury occurrence in female college athletes

永野 康治¹, 島田 結依², 笹木 正悟³, 佐々木直基⁴, 柴田 雅貴¹
YASU HARU NAGANO^{*1}, YUI SHIMADA^{*2}, SHOGO SASAKI^{*3},
NAOKI SASAKI^{*4}, AND MASAKI SHIBATA^{*1}

Abstract

This study aimed to prospectively examine the frequency of high-impact movements during basketball games of female college athletes and occurrence of injury. 16 female basketball players were participated. Trunk acceleration was measured to detect high impact movements during basketball game and the calculated the frequency of these movement which generated at > 4, 6 and 8 G resultant accelerations. The Oslo Sports Trauma Research Centre questionnaire was used to evaluate their condition affected by injury for 191 days. Frequency of high impact movements were compared between those who have over 20 days substantial injury or not. Injured group demonstrated significantly higher frequency of high impact movements generated at > 4 G and > 6 G ($p < 0.05$, respectively). Higher frequency of high-impact movements was suggested to be a risk factor for the occurrence of ankle, knee, and shank injuries in basketball players. Understanding the influence of high-impact movements during games on each of body regions will provide insight into the factors that contribute to the occurrence of injuries.

Key words: ball games, wearable sensor, risk factor

^{*1}Department of Sports and Health Science, Japan Women's College of Physical Education, 8-19-1, Kitakarasuyama, Setagaya, Tokyo, 157-8565, Japan

^{*2}FUKUI BLOWINDS

^{*3}Department of Competitive Sports, School of Physical Education, Tokai University

^{*4}Department of Sports Science, Japan Women's College of Physical Education

緒言：

バスケットボールでは外傷・障害の発生により選手のコンディションが低下することがしばしば問題となる。急性外傷の代表例としては、膝前十字靭帯損傷 (Krosshaug et al. 2007, McCarthy et al. 2013) や足関節捻挫 (Pasanen et al. 2017) があげられ、受傷により復帰までの競技休止やパフォーマンスの低下につながる (Ardern et al. 2015, Pasanen et al. 2017)。また、慢性障害の発生や、急性外傷後の後遺症としての慢性的なパフォーマンス低下も問題となりうる。大学女子バスケットボール選手における報告 (Nagano et al. 2021b) によると、シーズン中に平均 44% の選手は何からの問題を抱えており、部位としては足首、腰、膝の障害が好発していた。こうした状況からバスケットボール選手がよりよいコンディションで競技を継続するためには、外傷・障害の要因を明らかにすることが重要と言える。

バスケットボールに好発する外傷・障害の背景には、競技中の動作特性が大きく影響すると考えられるが、計測上の理由から実際の競技中において筋骨格系への負荷を定量化することは困難であった。しかし、近年では加速度センサをはじめとした計測装置の小型化、ウェアラブル化により、実際の競技場面における動作特性が把握可能となりつつある。加速度センサを体幹に装着して得られた身体衝撃データから競技中の動作特性を明らかにする試みは各競技で行われ (Nagano et al. 2020a, Nagano et al. 2020b, Nagano et al. 2021a, Sasaki et al. 2021, Koyama et al. 2022a, 彼島ら 2022)、バスケットボールでは減速、着地、方向転換、踏切、着地といった膝前十字靭帯損傷の好発動作が高衝撃動作として競技中に繰り返されていた (Nagano et al. 2021a)。また、これらの高衝撃動作頻度は筋損傷データとの正の相関が認められており (Koyama et al. 2022b)、筋骨格系への負荷の指標にな

り得ることが示唆されている。しかしながら、競技中の高衝撃動作頻度とコンディション不良を引き起こす外傷・障害発生との関連は明らかではない。

そこで本研究では大学女子バスケットボール選手を対象に競技中の高衝撃動作頻度と外傷・障害によるコンディション不良との関連を前向きに検討することを目的とした。仮説として、競技中の高衝撃動作頻度の高い選手は外傷・障害発生によるコンディション不良を起こしやすい、とした。

方法と対象：

1. 対象

関東大学女子バスケットボールリーグ2部に所属する健常女子大学バスケットボール選手16名 (年齢 20.0 ± 0.9 歳、身長 1.68 ± 0.06 m、体重 63.9 ± 6.9 kg；平均±標準偏差) を対象とした。対象者のポジションはガード1名、フォワード8名、センター7名であった。研究に際し、日本女子体育大学研究倫理委員会の承認を受けた (承認番号 2016-9)。対象者には事前に研究の説明を行い、書面にて研究に対する同意を得た。

2. 動作計測

コンディション調査に先立ち、動作計測を行った。動作計測データは先行研究 (永野ら 2021) にて計測された体幹加速度データの追加解析を行った。計測は対象者の体幹上部背面に3軸加速度センサ (サンプリングレート 100Hz) (SPI HPU, GPSports, Australia) を、専用ベストを用いて固定した。対象者は加速度センサを装着した状態でバスケットボール1試合 (練習試合) 間の加速度計測を行った。試合は他大学との練習試合 (7名) もしくは校内試合 (9名) であり、それぞれ1クォーター10分を4クォーター行った。交代はヘッドコーチの指示のもと制限なく行い、各選手の出場時間を記録

した。計測されたデータは加速度計内のメモリに保存され、計測終了後データを回収し、データ解析を行った。計測された3軸加速度データから合成加速度を求め、合成加速度の値から高衝撃動作頻度(回/分)を閾値毎(4G以上、6G以上、8G以上)に求めた。これらの閾値では、競技中の減速、着地、切り返し、踏切動作が高衝撃動作として抽出され、閾値が上がると減速、着地の割合が高くなる(永野ら2020, Nagano et al. 2021a)。

3. コンディション調査

動作計測後の対象者のコンディションについて、Oslo Sports Trauma Research Center (OS TRC) 質問紙(Clarsen et al. 2013)の日本語版

(Nagano et al. 2019)を用い調査を行った。この質問紙(表1)を用い①スポーツ活動への参加、②トレーニング量、③パフォーマンス、④痛み(症状)、およびその部位(最も影響した部位、およびその他で影響した部位)について対象者は毎日回答した(Nagano et al. 2021b)。回答結果からトレーニング量が半分以上制限されたもの、またはパフォーマンスがある程度以上影響したもの、もしくはスポーツ活動への参加が不可能であったものを重度障害(substantial injury)とした(Clarsen et al. 2013, Nagano et al. 2019)。質問紙への回答は、Webソフト(ONE TAP SPORTS, Euphoria Co., Ltd., Japan)を用い、毎日定時に対象者へ回答依頼のメールが送られた。調査期間は191日間であった。

4. データ解析

コンディション調査の結果より、調査期間中に最も影響した部位として下肢および体幹部に重度障害を記録した日数を障害日数として算出した。障害日数が20日以上である対象者と20日未満の対象者における高衝撃動作頻度を対応のないT検定もしくはマンホイットニーのU検定を用いて比較した。なお、高衝撃動作の各閾値におけるデータについて、Shapiro-Wilk検定を行い、正規性の確認を行った。検定にはMicrosoft® Excel® for Microsoft 365およびIBM SPSS Statistics ver. 29を用い、有意確率は0.05未満とした。

結果：

対象者の調査期間における質問紙への回答率は平均94.9%であった。また、障害調査の結果を表2に示した。全対象者における障害日数について、最小値0日、最大値109日、中央値9日、四分位範囲1.8-60日であった。また、部位別では足首8人、膝5人、下腿4人が上位3部位であった。障害日数の対象者のうち、障害

Table 1 Japanese version of Oslo Sports Trauma Research Centre overuse injury questionnaire (Nagano et al. 2019)

| |
|--|
| 質問1 |
| 先週1週間に身体上の症状により、通常の練習や試合への参加に影響が出ましたか？ |
| a. 症状なく、全ての練習や試合に参加することができた。 b. 症状はあったが、全ての練習や試合に参加することができた。 c. 症状があり、練習や試合への参加を減らした。 d. 症状があり、練習や試合を行うことが不可能だった。 |
| 質問2 |
| 先週1週間に身体上の症状により、どの程度、練習量を減らしましたか？ |
| a. 全く減らさなかった。 b. 少し減らした。 c. 半分程度減らした。 d. かなり減らした。 e. 練習や試合が全くできなかった。 |
| 質問3 |
| 先週1週間に身体上の症状が、どの程度、パフォーマンスに影響しましたか？ |
| a. 全く影響しなかった。 b. 少し影響した。 c. ある程度影響した。 d. かなり影響した。 e. 全く練習や試合ができない程、影響した。 |
| 質問4 |
| 先週1週間に経験した身体の痛みはどの程度でしたか？ |
| a. 全く痛みはなかった。 b. 少し痛みがあった。 c. 中程度の痛みがあった。 d. かなりの痛みがあった。 |

Table 2 Results of substantial injury during survey.

| Days of substantial injuries | (days) |
|------------------------------|----------|
| Median | 9 |
| Maximum | 109 |
| Minimum | 0 |
| Interquartile range | 1.8 – 60 |
| Anatomical area of injuries | (n) |
| Ankle | 8 |
| Knee | 5 |
| Shank | 4 |
| Foot | 3 |
| Low back | 3 |
| Hip and thigh | 1 |

Table 3 Comparison of high acceleration frequencies above certain thresholds

| | >4G | | >6G | | >8G | |
|--------------------------------------|-------|--------|-------|-------|------|-------|
| | Mean | (SD) | Mean | (SD) | Mean | (SD) |
| Over 20 days of substantial injuries | | | | | | |
| Yes | 37.1* | (17.1) | 10.1* | (6.1) | 2.6 | (4.8) |
| No | 22.1* | (11.1) | 4.6* | (3.2) | 1.1 | (0.8) |

* : Significantly difference using t-test ($p < .05$)

日数が20日以上であった対象者は6人であった。これらの対象者ごとの障害部位の内訳は、足部1名、足関節・膝・下腿1名、下腿1名、腰部・膝・股関節大腿・下腿・足関節1名、足部・足関節・腰部1名、膝・足関節1名であった。Shapiro-Wilk検定の結果、高衝撃動作データは閾値が4G以上、6G以上では正規性が確認されたため対応のないt検定を、8G以上ではマンホイットニーのU検定を用いて群間の比較を行った。検定の結果、障害日数が20日以上であると、4Gおよび6G以上の高衝撃動作頻度は有意に高かった（いずれも $p < .05$ ）（表3）。一方、8G以上の高衝撃動作頻度に有意な差はみられなかった（表3）。

考察：

本研究では、大学女子バスケットボール選手を対象に競技中の高衝撃動作頻度が外傷・障害によるコンディション不良発生の要因となり得るかを前向きに検討した。高衝撃動作頻度は競技中の動作負荷として、これまでに競技動作を

反映すると報告（Nagano et al. 2021a, Koyama et al. 2022a）されている体幹部に装着した加速度データを用いた。対象者のコンディションに関しては、OSTRC質問紙を用い、対象者が練習の休止状況に加え、外傷・障害がトレーニング量やパフォーマンスに及ぼす影響を自己申告式に収集した。OSTRC質問紙を用いたこの手法は、従来の練習休止のみを調査対象とする手法よりも発生した外傷・障害を漏らすことなく収集可能（Bahr 2009, Clarsen et al. 2013）とされている。これらの手法を用いた本調査の結果、仮説にあげたとおり、競技中の高衝撃動作頻度が高いことが、下肢、体幹部の外傷・障害によって一定期間以上にわたりコンディション不良を引き起こす要因となり得ることが示された。

OSTRC質問紙を用いた調査では、前述したように外傷・障害を部位別に漏れなく収集できる。本研究において報告された外傷・障害の身体部位を、OSTRC質問紙を用いた先行研究（Nagano et al. 2021b）と比較すると、重度障害として膝関節、足関節の発症が多いことは共通していたが、下腿や足部の外傷・障害が腰部と同程度に多かったことが特徴としてみられた。また、調査期間中の障害日数が20日以上であった対象者の障害部位は多岐にわたり、同一の対象者が複数部位の症状を報告したケースもみられた。本研究では障害部位ごとの発症数が限られていたため、部位ごとに高衝撃動作頻度と外傷・障害発生との関連を検討することはできなかった。一方で、体幹加速度を計測した先行研究によると、リバウンドジャンプなどのパフォーマンス指標と体幹加速度に関係性はみられなかった（永野ら 2021）が、片脚着地では支持脚側への体幹側方傾斜角度が大きいと合成加速度が高く（笹木ら 2017）なっていた。つまり、競技動作中の姿勢が高衝撃動作頻度を増加させる要因の1つとしてあげられる。

競技中の高衝撃動作と外傷・障害の発症については、バスケットボールにおける代表的な疾

患においてもその関連は明らかではない。いくつかの疾患において関連の報告をみると、足関節捻挫ではその反復による足関節慢性不安定症を有する選手は、着地動作における床反力が増加する (Hoch et al. 2015, Jeon et al. 2021) と報告されている。床反力は体幹加速度と回帰関係にある (Nagano et al. 2016) ことから、高衝撃動作頻度についても足関節不安定症との関連を示す可能性がある。また、膝のコンディション不良については、前十字靭帯損傷などの急性外傷および慢性的な膝の障害が考えられる。前十字靭帯損傷者における着地動作の特徴として、膝外反モーメントの増加とあわせて床反力が増加 (Hewett et al. 2005) し、一方、床反力を減少させる柔らかい着地は前十字靭帯の負荷を減少させる (Laughlin et al. 2011)。これらの先行研究を踏まえると、競技中の高衝撃動作の頻度増加は床反力の大きな動作の反復を反映し、膝関節外傷の発生につながる危険性を有する。また、膝関節の慢性障害についても着地時の大きな床反力が障害発生につながったとする報告 (van der Does et al. 2016) があり、同様に競技中の高衝撃動作増加が障害発生につながりうる。しかし、本研究においては、足関節および膝のコンディション不良者数が限られ、高衝撃動作頻度との直接的な関連は不明であった。また、他部位におけるコンディション不良においては、高衝撃動作と外傷・障害発症との関連の検討もなされておらず、今後の検討課題といえる。

本研究の限界として、対象者の自己申告によるコンディション不良であるためその詳細が不明であり、外傷・障害の部位については調査可能であるが疾患名については回答内容のみからでは情報が得られない。また、対象者の既往歴が競技中動作に影響した可能性があるが、詳細な既往歴調査を行えず、その関連は検討できなかった。高衝撃動作頻度については、対象者はそれぞれ1試合ずつの測定であったため、その試合展開に左右された可能性がある。以上の限

界があるものの、本研究はバスケットボール競技における競技中の高衝撃動作頻度とその後の外傷・障害によるコンディション不良の関連を前向きに検討した貴重なデータであり、今後、各疾患の要因を検討する上で貴重な知見が得られたといえる。

結語：

- ・バスケットボール大学女子選手において、競技中の高衝撃動作頻度と外傷・障害によるコンディション不良との関係性を検討した。
- ・下肢、体幹部の外傷・障害によるコンディション不良者の特徴として、競技中の高衝撃動作頻度が高かった。
- ・競技中の高衝撃動作頻度の増加は下肢、体幹部の外傷・障害の要因となり、コンディション不良を引き起こすことが示唆された。

謝辞

測定に協力いただいた対象者の皆さん、日本女子体育大学バスケットボール部（当時）の峯岸莉沙さんに感謝申し上げます。

文献：

- Ardern, CL, Taylor, NF, Feller, JA, Whitehead, TS and Webster, KE.: Sports participation 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes who had not returned to sport at 1 year: a prospective follow-up of physical function and psychological factors in 122 athletes, *Am J Sports Med*, **43**(4): 848-856, 2015.
- Bahr, R.: No injuries, but plenty of pain? On the methodology for recording overuse symptoms in sports, *Br J Sports Med*, **43**(13): 966-972, 2009.
- Clarsen, B, Myklebust, G and Bahr, R.: Development and validation of a new method for the registration of overuse injuries in sports injury epidemiology: the Oslo Sports Trauma Research Centre (OSTRC) overuse injury questionnaire, *Br J*

- Sports Med, **47**(8): 495-502, 2013.
- Hewett, TE, Myer, GD, Ford, KR, Heidt, RS, Jr, Colosimo, AJ, McLean, SG, van den Bogert, AJ, Paterino, MV and Succop, P: Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study, *Am J Sports Med*, **33**(4): 492-501, 2005.
- Hoch, MC, Farwell, KE, Gaven, SL and Weinhandl, JT: Weight-bearing dorsiflexion range of motion and landing biomechanics in individuals with chronic ankle instability. *J Athl Train*, **50**(8): 833-839, 2015.
- Jeon, HG, Lee, SY, Park, SE and Ha, S.: Ankle instability patients exhibit altered muscle activation of lower extremity and ground reaction force during landing: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci Med*, **20**(2): 373-390, 2021.
- 彼島奈々, 永野康治, 市川浩, 笹木正悟: 女子ハンドボール競技中における高衝撃動作の抽出. *臨床バイオメカニクス*, **43**: 177-181, 2022.
- Koyama, T, Rikukawa, A, Nagano, Y, Sasaki, S, Ichikawa, H and Hirose, N.: Acceleration profile of high-intensity movements in basketball games. *J Strength Cond Res*, **36**(6): 1715-1719, 2022a.
- Koyama, T, Rikukawa, A, Nagano, Y, Sasaki, S, Ichikawa, H and Hirose, N.: High-acceleration movement, muscle damage, and perceived exertion in basketball games. *Int J Sports Physiol Perform*, **17**(1): 16-21, 2022b.
- Krosshaug, T, Nakamae, A, Boden, BP, Engebretsen, L, Smith, G, Slauterbeck, JR, Hewett, TE and Bahr, R.: Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *American Journal of Sports Medicine*, **35**(3): 359-367, 2007.
- Laughlin, WA, Weinhandl, JT, Kernozek, TW, Cobb, SC, Keenan, KG and O'Connor, KM.: The effects of single-leg landing technique on ACL loading. *J Biomech*, **44**(10): 1845-1851, 2011.
- McCarthy, MM, Voos, JE, Nguyen, JT, Callahan, L and Hannafin, JA.: Injury profile in elite female basketball athletes at the Women's National Basketball Association combine. *Am J Sports Med*, **41**(3): 645-651, 2013.
- Nagano, Y, Kobayashi-Yamakawa, K, Higashihara, A and Yako-Suketomo, H.: Japanese translation and modification of the Oslo Sports Trauma Research Centre overuse injury questionnaire to evaluate overuse injuries in female college swimmers. *PLoS One*, **14**(4): e0215352, 2019.
- Nagano, Y, Sasaki, S, Higashihara, A and Ichikawa, H.: Relationships between trunk and knee acceleration and the ground reaction force during single limb landing. ISBS 2016, Proceedings of the 34 International Conference of Biomechanics in Sport, Tsukuba Japan, International Society of Biomechanics in Sports. 2016.
- Nagano, Y, Sasaki, S, Higashihara, A and Ichikawa, H.: Movements with greater trunk accelerations and their properties during badminton games. *Sports Biomech*, **19**(3): 342-352, 2020a.
- Nagano, Y, Sasaki, S, Kose, Y and Ichikawa, H.: Detection of high-impact movements in a volleyball match: A cross-sectional study. *Exerc Med*, **4**: 3, 2020b.
- Nagano, Y, Sasaki, S, Shimada, Y, Koyama, T and Ichikawa, H.: High-impact details of play and movements in female basketball game. *Sports Med Int Open*, **5**(1): E22-E27, 2021a.
- Nagano, Y, Shimada, Y, Sasaki, N and Shibata, M.: Prevalence and burden of physical problems in female college basketball athletes: A 135-day prospective cohort study. *Open Access J Sports Med*, **12**: 55-60, 2021b.
- 永野康治, 笹木正悟, 市川浩: バスケットボール競技中における前十字靭帯損傷好発動作の抽出. *JOSKAS*, **45**(3): 655-659, 2020.
- 永野康治, 笹木正悟, 市川浩, 湯田淳, 吉田孝久, 島田結依, 佐々木直基, 柴田雅貴: 高フィジカルパフォーマンス選手は競技中動作負荷も高いのか?: 加速度計による体幹身体衝撃を指標として. *日本女子体育大学附属基礎体力研究所紀要=Journal of exercise science* (30): 1-6, 2021.
- Pasanen, K, Ekola, T, Vasankari, T, Kannus, P, Heinenen, A, Kujala, UM and Parkkari, J.: High ankle injury rate in adolescent basketball: A 3-year prospective follow-up study. *Scand J Med Sci Sports*, **27**(6): 643-649, 2017.
- Sasaki, S, Nagano, Y, Suganuma, Y, Koyama, T and Ichikawa, H.: Acceleration profile of high-impact

- movements during young football games: a cross-sectional study involving healthy children. *Sports Biomech*: 1-15, 2021.
- 笹木正悟, 永野康治, 福林徹：異なる片脚着地動作が体幹加速度と体幹角度, 下肢角度に及ぼす影響. *日本臨床スポーツ医学会誌*, **25**(2)：239-247, 2017.
- van der Does, HT, Brink, MS, Benjaminse, A, Visscher, C and Lemmink, KA.: Jump landing characteristics predict lower extremity injuries in indoor team sports. *Int J Sports Med*, **37**(3): 251-256, 2016.

