

ISSN 1340-7074

関西臨床スポーツ医・科学研究会誌

Journal of Kansai Clinical Sports Medicine and Science

2022 Vol. 31

関西臨床スポーツ医・科学研究会

関西臨床スポーツ医・科学研究会誌

2022 Vol.31

関西臨床スポーツ医・科学研究会

目次

1. プロバレエダンサーの外傷・障害アンケート調査	辻本 憲広 他	3
2. オンラインを用いた遠隔コミュニケーションでの会話が ストレスホルモンおよび口腔内局所免疫に与える影響	臼井 達矢 他	7
3. 大学アスリートにおける足趾把持機能の性差と身体バランスの検討	吉田 平 他	11
4. 大学生アスリートにおける足部アーチ形態の特徴 および既往歴との関係	濱口 幹太 他	15
5. 心肺機能評価における上肢エルゴメータを用いた 運動負荷試験の有用性の検討	出口美輪子 他	19
6. 拡散型圧力波照射時の関節肢位が関節可動域拡大の即時効果に及ぼす影響	沖 卓豪 他	23
7. 硬式大学野球選手におけるバットスイングスピードと 筋肉量・筋力・パワーとの関連性の検討	春名 了輔 他	27
8. 女子野球選手の投球動作における軸脚股関節角度と骨盤回旋角度について	橋本 留緒 他	31
9. 片側性分離症と比較した両側性分離症の腰椎前弯角と分離部骨折線角度	松澤 寛大 他	35
10. 臨床現場で可能な簡易投球動作評価法	松井 知之 他	39
11. 臨床現場での投球動作指導	柳田 育久	45

プロバレエダンサーの外傷・障害アンケート調査

辻本 憲広¹⁾, 小川 宗宏²⁾, 谷口 晃³⁾, 面川 庄平⁴⁾, 田中 康仁³⁾

- 1) 大阪暁明館病院整形外科
- 2) 奈良県立医科大学スポーツ医学講座
- 3) 奈良県立医科大学整形外科
- 4) 奈良県立医科大学手の外科学講座

目 的

バレエダンサーにはしばしば高度な技術や動作が要求され、身体に過剰な負荷がかかる場合がある。スポーツアスリートに対しては様々なサポート体制が普及している一方で、同様にサポートを必要とするバレエダンサーに対しては十分なされているとは言えず、医学的問題の研究も、スポーツ医学と比較して圧倒的に少なく不明な点が多い¹⁾。今回バレエダンサーに対して、どのような医学的対応が必要か検討することを目的としたアンケート調査を実施したので報告する。

対象と方法

対象は、2021年に新国立劇場バレエ団に在籍する全72

名のプロバレエダンサーであった。web上でアンケートフォームを作成し、任意での回答を依頼した。個人属性(男女, 年齢, 身長, 体重), バレエ経験(バレエ開始年齢, バレエ歴, 週当たりの練習時間, 年間の舞台回数), 外傷・障害について(過去の経験, 現在の有無, 必要な対策, 予防したい外傷・障害, 予防で難しいこと), 腰痛の有無(誘発動作, 受診歴, 治療歴), 足部・足関節痛の有無(誘発動作, 受診歴, 治療歴), 医師に相談したいこと, 新型コロナウイルス感染症の影響, 減量について(困ったことがあるか, 疑問), 月経の有無(定期的か, 通院歴), 女性アスリートの三主徴について知っているかについて調査を行なった(図1)。個人属性とバレエ経験については、男女で対応のない2標本t検定を行った。過去の外傷・障害部位の男女差についてはフィッシャーの直接確率検定を行った。

<ol style="list-style-type: none"> 1. 性別, ランク, 年齢, 身長, 体重 2. バレエを始めた年齢を教えてください。 3. バレエの経験年数を教えてください。 4. 1週間のレッスン時間を教えてください(平均~時間/週)。 5. 年間の舞台回数を教えてください。 6. 過去に受傷した外傷・障害はありますか(1週間以上レッスンを休む必要のあるもの)。 「あり」の方は、外傷・障害部位を選択してください(複数回答可)。 具体的な診断名がわかれば教えてください(例 膝関節 前十字靭帯損傷、足部 外反母趾)。 7. 現在舞台に出られない、もしくはレッスンに支障がある「ケガ」や「痛み」はありますか。 「あり」の方は、部位を選択してください(複数回答可)。 「あり」の方は、病・医院に通院していますか。 「あり」の方は、具体的な診断名がわかれば記入してください(例 膝関節 前十字靭帯損傷、足部 外反母趾)。 8. 外傷・障害に対する対策は必要だと感じますか。 9. 外傷・障害に対する対策をしていますか。 「はい」の場合、どのような対策をされていますか。 10. 外傷・障害予防のために、専門医による定期検診は必要と感じますか。 11. 最も予防したい外傷・障害は何ですか。 12. 外傷・障害の予防で、難しいと感じておられることを記載してください。 13. 腰痛の経験はありますか。 「はい」の場合、1週間以上レッスンを休む必要がありましたか。 	<ol style="list-style-type: none"> 14. 腰痛を誘発する動作があれば教えてください。 15. 腰痛発生時に病・医院に受診されましたか。 16. 腰痛に対してどのような治療をされましたか。 17. 足部・足関節痛の経験はありますか。 「はい」の場合、1週間以上レッスンを休む必要がありましたか。 18. 足部・足関節痛を誘発する動作があれば教えてください。 19. 足部・足関節痛発生時に病・医院に受診されましたか。 20. 足部・足関節痛に対してどのような治療・処置をされましたか。 21. 舞台上の活動における医学的なことでドクターに相談したいことがあれば記述してください。 22. 新型コロナウイルス感染症の影響で活動に影響はありますか。 「はい」の場合、どのような影響がありますか。 23. 減量について何か困ったことはありますか。 24. 減量について何か疑問などあれば記述してください。 25. 女性への質問です。月経は定期的にありますか(月経と骨障害に関わる質問です)。 「いいえ」の場合、産婦人科医に相談していますか?産婦人科医以外に相談している方はその他を選択してください。 26. 「女性アスリートの3主徴(Female Athlete Triad) (FAT)」という女性の障害を知っていますか。
---	---

図1. アンケート内容

結 果

全72名中30名(41.6%)から有効回答を得られ、内訳は男性10名、女性20名であった。平均年齢は男性群30.2歳、女性群28.6歳、身長はそれぞれ176.5cm、165.3cm、体重は67.4kg、46.1kg、BMIを計算すると21.6kg/m²、16.8kg/m²であった。平均バレエ開始年齢は男性群6.3歳、女性群4.4歳、バレエ歴はそれぞれ23.9年、24.2年であった。週当たりの練習時間は有効な回答を得られなかった。年間舞台回数はそれぞれ47.5回、39.3回であった(表1)。身長、体重、BMIのみ男女間に有意差を認めたが、他の項目では認めなかった。1週間以上レッスンを休む必要のあった過去の外傷・障害の既往歴は86.7%が有しており、その内訳は下肢が83.3%と最も多く、次いで体幹16.7%、上肢10%と続いた(表2)。なかでも

足部は53.3%、足関節は46.7%の者が既往を有していた。なお、外傷・障害部位の男女差についてはいずれも有意差を認めなかった。実際の外傷・障害名としては捻挫と中足骨骨折が多く、それぞれ26.7%、23.3%であった(表3)。現在舞台やレッスンに支障がある外傷・障害を有しているダンサーは全体の23.3%で、その内訳は足部と足関節が多く、次いで腰部であった(表4)。舞台やレッスンに支障のあるダンサーの中で病院を受診している割合は0%で、整骨院など病院以外に通院しているダンサーが66.7%であった。86.7%のダンサーは予防のために専門医による定期検診の必要性を感じるという回答であった。最も予防したい外傷・障害としては足部や腰部の疾患の記載が多く、予防が難しいと感じる事項については疲労に関連する記載が多かった。腰痛の経験のある者は63.3%、足部・足関節痛の経験のある者は93.3%であった。新型コロナウイルス感染

表1. 個人属性

	全体 (n=30)	男性 (n=10)	女性 (n=20)
年齢(歳)	29.1 (24~42)	30.2 (24~42)	28.6 (24~37)
身長(cm)	169.1 (161~185)	176.5 (169~185)	165.3 (161~171) *
体重(kg)	53.2 (42~74)	67.4 (62~74)	46.1 (42~50) *
BMI(kg/m ²)	18.4 (16.4~22.7)	21.6 (20.6~22.7)	16.8 (16.4~17.9) *
バレエ開始年齢(歳)	5.0 (3~11)	6.3 (3~11)	4.4 (3~9)
バレエ歴(年)	24.1 (12~38)	23.9 (13~38)	24.2 (12~33)
舞台回数(回/年)	42 (3~70)	47.5 (30~60)	39.3 (3~70)
*: p<0.05			平均値(範囲)

表2. 過去に1週間以上休む必要のあった外傷・障害の部位

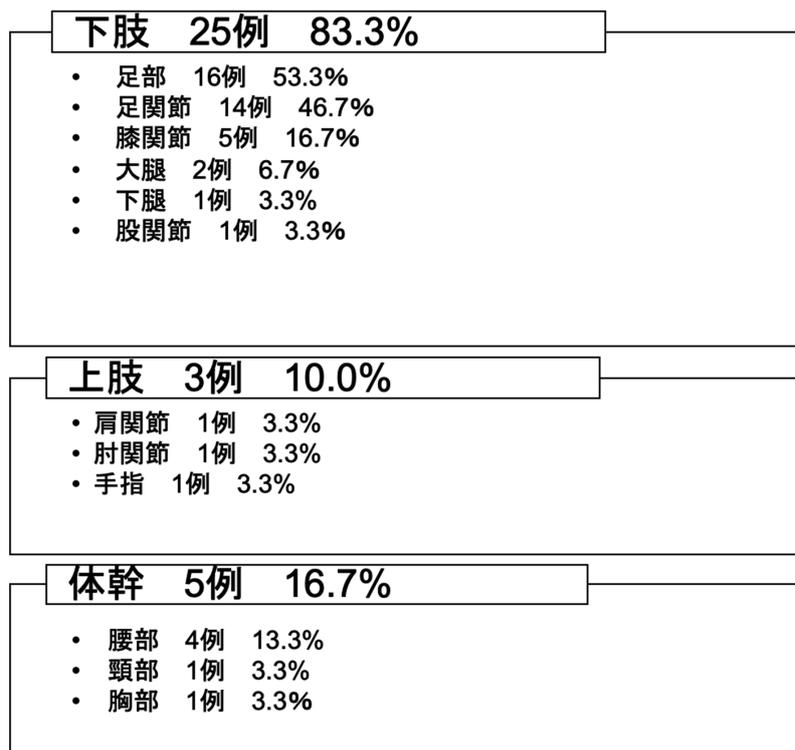
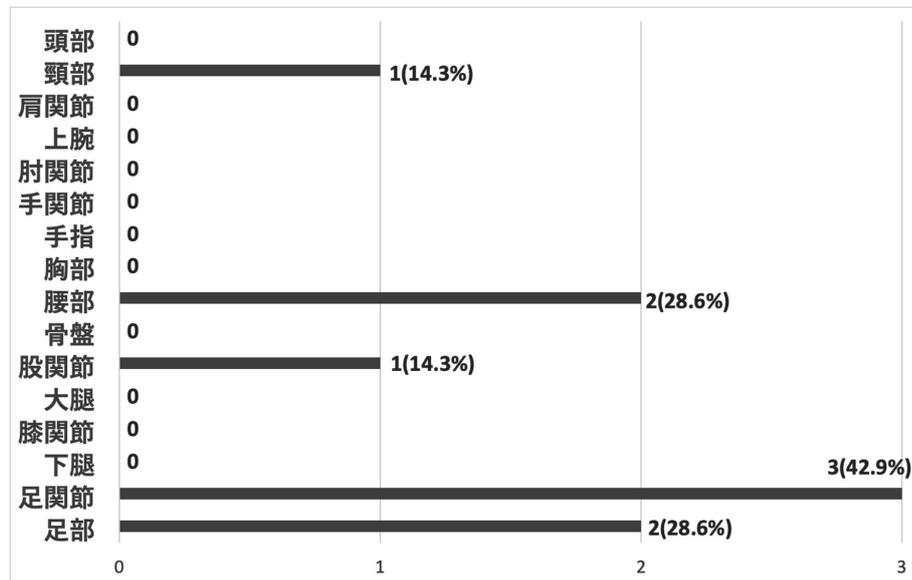


表3. 過去に1週間以上休む必要のあった外傷・障害の診断名

<p>足部・足関節</p> <ul style="list-style-type: none"> 捻挫 8例 26.7% 中足骨骨折 7例 23.3% 三角骨障害 3例 10.0% リスフラン関節障害 2例 6.7% 外反母趾 2例 6.7%
<p>膝関節・大腿・下腿</p> <ul style="list-style-type: none"> 肉離れ 3例 10.0% 半月板損傷 2例 6.7% 脛骨疲労骨折 1例 3.3%
<p>上肢</p> <ul style="list-style-type: none"> 肩腱板損傷 1例 3.3%
<p>体幹</p> <ul style="list-style-type: none"> 椎間板ヘルニア 1例 3.3% 腰椎骨折 1例 3.3% 肋骨骨折 1例 3.3%

表4. 現在舞台に出られない、もしくはレッスンに支障がある「ケガ」や「痛み」の部位



症の影響は83%が「ある」と回答し、具体的な内容としてはマスクをつけて踊ることでの息苦しさや、レッスンや公演の中止などがあった。減量について困ったことが「ある」と答えたのは17%であった。女性ダンサーの中で月経が定期的に来ていない割合は15%で、その中で産婦人科に通院していると回答したのは33%であった。女性アスリートの三主徴 (Female Athlete Triad; FAT) について知っているのは全体の10%、女性に限定すると15%であった。

考 察

バレエに関連する障害部位の研究として、Wankeらは1995～2011年にベルリンの劇場に在籍するプロバレエダンサー785人の部位別障害発生頻度を調査し、男女共に足関節の障害が最も多く、男性では膝関節、足部と続き、女性は足部、膝関節と続いたと報告している²⁾。蘆田らの報告では、2009～2011年に自院を受診した7～15歳のバ

レエ生徒 142 名を調査し、障害部位は足関節が最多で腰部、股関節、足部と続いたとされている。また、セミプロレベルを対象とした 18～21 歳の 98 名に対するアンケート調査では、足関節・後足部の障害が最多で、腰部、股関節と続いている³⁾。本研究においては足部の障害が最も多く、足関節、膝関節と続いており、過去の報告と概ね類似の結果であった。総合してプロレベルではアマチュアレベルと比較すると、障害部位は足部が多く股関節が少ない傾向にあると言える。蘆田はバレエダンサーを 4 つの群に分類しているが、プロ・セミプロレベルではオーバーユースによる足部症状が多く、学生レベルでは骨格的問題に伴う股関節痛が起りうると述べている⁴⁾。

過去に横尾らは、163 名のプロバレエダンサーに対するアンケート調査で、腰痛発症時には男女共に 80% 以上が柔道整復師、マッサージ師、鍼灸院などの治療院を受診し、医療機関への受診率が低率であったと報告している⁵⁾。本研究でも外傷・障害発生時には病院以外の治療院を受診するケースが多い一方で、専門医による定期検診を希望する回答が多くあった。個人的にバレエダンサーやバレエ団の医療サポートを行なっている例はあるが、団体レベルでサポートを行なっているのは、現在確認できる限りでは日本舞台医学研究会や NPO 法人芸術家のくすり箱など数少ない状況である¹⁾、⁶⁾。スポーツに対する医療サポートと比較して十分とは言えず、バレエダンサーに対しても現場と医療現場との連携を充実させる必要があると言える。

世界的に蔓延している新型コロナウイルス感染症であるが、本邦においては 2020 年 3 月 28 日に厚生労働省により「新型コロナウイルス感染症対策の基本的対策方針」が発表され、そこで「クラスターが発生しているおそれがある場合における当該クラスターに関係する催物（イベント）や「三つの密」のある集まりについては、開催の自粛の要請等を強く行う。」とされて、特定都道府県におけるバレエ公演は自粛、中止を余儀なくされた⁷⁾。本研究で対象とした新国立劇場バレエ団においてもこの発表を受けて、レッスンや公演の中止をせざるを得ず、ダンサーらはトレーニング不足や収入の減少を訴えることとなった。またレッスン再開後もマスクをつけての練習となり、息苦しさを訴えるダンサーが多かった。昨今はマスク着用について、厚生労働省より「場面に応じて適切に着脱する」よう発表され、「屋外」で「2m 以上離れる」場合はマスクが必要ないとされている⁸⁾。日本臨床スポーツ医学会・日本臨床運動療法学会の共同声明においても屋外運動時のマスク着用については、熱中症や呼吸不全の危険が高まり、基本的には推奨しないとされている⁹⁾。一方で屋内の密集環境ではマスク着用が推奨されており、バレエの練習環境はまさにこれに該当するものである。通気性の良い素材のマスクの場合、息苦しさは解消されるものの飛沫感染予防には有用とは言えない。マスク着用については、総合的に検討

して判断することが望まれる。

足関節捻挫や中足骨疲労骨折は、バレエ特有のポアント肢位やトゥシューズを履いての長時間の演技などとの関与が示唆される。疲労骨折はスポーツ医学において、「女性アスリートの三主徴（FAT）」との関連で知られている¹⁰⁾。これは摂取エネルギー不足（もしくは利用可能エネルギー不足）が視床下部性無月経、さらには骨粗鬆症を引き起こすという考えであり、体重管理が厳格なバレエダンサーにも該当することが示唆された。Souza らは、成人女性では BMI17.5 以下の場合には FAT 高リスクとなるため、精密検査が必要であると報告している¹¹⁾。本研究では女性ダンサーの BMI が非常に低く（平均 16.8）、回答者 20 名中 18 名は BMI17.5 以下であった。ほとんどが FAT の高リスクであり、さらに FAT の認知度が低かったことから今後のさらなる啓発活動が必要である。

参考文献

- 1) 武藤芳照ら：舞台医学入門，12-17，2018，新興医学出版社，東京。
- 2) Wanke EM, et al. : Occupational accidents in professional dance with focus on gender differences, Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 8(1):35, 2013.
- 3) 蘆田ひろみら：スポーツ医学（第 25 回） トップメディカルドクターにきくスポーツの落とし穴 バレエダンサーの足部障害, Arthritis—運動器疾患と炎症—, 9 巻 3 号 : 236-240, 2011.
- 4) 蘆田ひろみ：【クラシックバレエにおけるトラブル】クラシックバレエダンサーに起こりやすい愁訴とその対策, 臨床スポーツ医学, 21 巻 2 号, 105-110, 2004.
- 5) 横尾直樹ら：クラシックバレエダンサーの腰痛・第 2 報—アンケート調査による男女の比較—, 日本腰痛会誌, 10 巻 1 号 : 100-106, 2004.
- 6) 小曾根史代ら：ダンサーのヘルスケア—トレーナー・医療者のための基礎知識—, 36-60, 2020, 医道の日本社, 東京。
- 7) 新型コロナウイルス感染症対策本部。“新型コロナウイルス感染症対策の基本的対処方針”。首相官邸。2020-04-07. [https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel_coronavirus/th_siryu/kihon_h\(4.7\).pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel_coronavirus/th_siryu/kihon_h(4.7).pdf), (参照 2023-03-10)
- 8) 厚生労働省。“マスクの着用について”。2023-02-10. https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kansentaisaku_00001.html, (参照 2023-03-12)
- 9) 日本臨床スポーツ医学会・日本臨床運動療法学会。“新型コロナウイルス感染拡大防止期間中における屋外での運動に際しての注意”。厚生労働省。 https://www.rinspo.jp/files/topics_200707_statement 01.pdf, (参照 2023-03-12)
- 10) Nattiv A, et al. : American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. Medicine & Science in Sports & Exercised. 39(10) : 1867-82, 2007.
- 11) De Souza MJ, et al. : 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st International Conference held in San Francisco, California, May 2012 and 2nd International Conference held in Indianapolis, Indiana, May 2013. British journal of sports medicine, 48(4) : 289, 2014.

オンラインを用いた遠隔コミュニケーションでの会話が ストレスホルモンおよび口腔内局所免疫に与える影響

白井 達矢^{1), 4)}, 辻 慎太郎²⁾, 松尾 貴司³⁾, 徳島実友香⁴⁾, 織田 恵輔⁵⁾, 竹安 知枝⁶⁾,
永井 伸人⁷⁾

1) 大阪成蹊大学 教育学部

2) 神戸医療未来大学 人間社会学部

3) 湊川短期大学 幼児教育保育学科

4) 大阪成蹊大学大学院 教育学研究科

5) 国際大学短期大学部 幼児保育学科

6) 芦屋大学 臨床教育学部

7) 東京未来大学 子ども心理学部

1. 緒言

近年、新型コロナウイルス感染症の世界的な流行によって、人々は様々な影響に直面し、特に心理社会的側面において大きな影響を受けている¹⁾。新型コロナウイルス感染症の「恐ろしさ」と「未知性」が高いといった特徴から人々に強い不安を喚起させたといわれている¹⁾。さらに新型コロナウイルス感染症の影響に伴い、コミュニケーション機会が減少し、精神的ストレスを感じる者も増加してきている^{1), 2)}。長期間気軽に外出できない状況は、「コロナうつ」という言葉を生んだほどの多大な心理社会的ストレスをもたらした^{1), 2)}。こうしたことからコミュニケーションの重要性が強く示されるようになった^{1), 2)}。一般的に心理社会的ストレスは心身の疾患を引き起こす要因のひとつであり、特に精神的ストレスに伴う自律神経系の失調、免疫系機能の低下などを引き起こすとされている³⁾。

また近年では、口腔内免疫が1次予防として重要視されてきている^{4), 5)}。口腔機能低下は、全身性疾患との関連も明らかにされており、生命予後に関わる事が指摘されている⁶⁾。我々は口腔内免疫機能であるHuman- β -defensin-2 (HBD-2)に着目し、身体的および精神的ストレスに伴いその分泌量が低下すること、さらにその低下が上気道感染症の罹患率を高めたり、虫歯菌や大腸菌の発育抑制効果を脆弱化したりすることを報告してきた^{4), 5)}。HBD-2は第一線の防御機構として機能するだけでなく獲得免疫系を活性化させる働きを有しており重要な粘膜免疫物質である⁷⁾。さらにHBD-2の発現には、内因性グルココルチコイドの分泌量が大きく関与し、グルココルチコイド依存メカニズムとして報告されていることから、心理社会的ストレスの増大が見られる昨今において注目すべき口腔内免疫指標でもある⁸⁾。

そして近年、コロナ禍という社会環境が大きく変化する中で、ソーシャルネットワークサービスを利用した遠

隔会話のシステムが充実し、コミュニケーションの新しいあり方が注目されている⁹⁾。三密の回避や行動自粛により「リモート飲み会」や「オンライン会議」など人と直接対面で会わずコミュニケーションを図ることが可能となった⁹⁾。対面でのコミュニケーションはストレス軽減に有効である¹⁰⁾とされてきたが、オンラインでのコミュニケーションの効果については明らかにされていない。

そこで本研究では、新しいコミュニケーション手段として用いられるようになったオンラインでのコミュニケーションに着目し、ストレスホルモンおよび口腔内局所免疫に与える影響について検討した。

2. 方法

2.1. 対象

対象はA大学に所属する学生20名(平均年齢21.4 ± 0.49歳)を対象とした。

本研究ではストレス負荷に伴う口腔内免疫の影響を検討するため、対象には実験日の1ヵ月前の期間、上気道感染症の罹患が無いことを事前に確認し、循環器疾患、消化器疾患、炎症性疾患などを有する者は含まれていないことを予め確認した。また心理社会的ストレスがHBD-2の発現に影響することから実験日の前3ヵ月間に身内などに不幸がなかった者を対象としている。本研究のプロトコルは、大阪成蹊大学倫理規程研究審査会による審査・承諾を得て、各対象者には事前に本研究の主旨を説明し同意を得られた者を対象とした。

2.2. 実験プロトコル

対象者には座位安静状態を15分間とらせ、その後ストレス負荷として内田クレペリンテストを40分間実施した。内田クレペリンテストとは精神的ストレスを与える課題として用いられているテストである¹¹⁾。本研究では、内田ク

レペリントテストの標準型検査用紙を用いて行い、本来の検査よりもストレス負荷を高くするため、休憩をはさまずに40分間連続して実施した。対象者には早く正確に計算を行うよう指示して検査を開始した。なお、対象者の能力や性格・行動の特徴を把握することが今回の検査の目的ではないため、回収したテスト用紙については作業量や正誤などの確認は行わなかった。

次にテスト後にZoomアプリケーションを用いたオンラインでのコミュニケーション試行（オンライン試行）とコミュニケーションは行わない安静試行（安静試行）を設定し、それぞれの条件で30分間実施した。その後15分間座位安静状態（回復期）をとらせた。それぞれの試行はランダムに実施させ、1週間間隔をあけた後に前回実施した条件と異なる施行での実験を行った。唾液採取のタイミングは、安静状態後、内田クレペリントテスト後、回復期の3回にわたり測定した。

2.3. オンラインでのコミュニケーション試行

本研究ではZoomビデオコミュニケーションズが提供するWeb会議サービスシステムを用いて行った。対象者の中からランダムに選出された10名が自分自身の携帯電話を使用し、指定されたURLからWeb会議サービスシステムに参加した。その後、いくつかのテーマ（最近楽しかったエピソード、最近見たテレビや映画、最近旅行した話、最近行った飲食店、フリートークなど）を挙げ、そのテーマについて自由に会話をするように指示した。オンラインでのコミュニケーションを行う時間は30分間とした。今回の対象者同士は面識があり、友人関係であるため、会話が続かないなどは見られなかった。次に安静試行では、オンライン試行と同様に自分自身の携帯電話を使用し、指定されたURLからWeb会議サービスシステムに参加した。マイクをミュート、カメラをオフにするよう予め指示し、画面はこちらから共有したブラック画面を眺めるよう指示し30分間実施させた。ブラック画面の視聴においてはストレス負荷になることが想定されたが、予備実験において安静でのブラック画面の視聴はストレスホルモンの増加が見られないことを事前に確認した。さらにブラック画面の視聴なしで安静状態を行うだけの場合も行い、双方に差が見られないことから本研究では対象群（コントロール）としてブラック画面視聴を用いることとした。

2.4. 唾液採取と唾液分析

唾液採取にあたっては口腔内のうがいと歯磨きを実施した後に行った。今回は安静状態かつ若年者における唾液採取であることから自然誘発法⁴⁾を用いて唾液を採取した。採取した唾液は、滅菌ろ過および遠心分離した後、上清成分を採取し、直ちにマイナス80℃凍結保存した。その後、唾液HBD-2および唾液コルチゾールはELISA法（Human β -Defensin 2 ELISA Kit, Phoenix Pharmaceuticals Inc, Burlingame, CA）、（Parameter

Cortisol Assay, R&D Systems, Minneapolis, MN）にて測定し濃度を算出した。

2.5. 統計処理

全ての変数については、Kolmogorov-Smirnov検定により正規分布を確認した。データは正規分布を示していたため平均値±標準偏差で示した。時間要因および試行間においては対応のある二元配置分散分析を用い、主効果と交互作用が認められた場合は、Bonferroni法による多重比較検定を行った。なお効果量（d）は標本の平均値差を標本からプールした標準偏差で除した値から算出した。Cohen's dにおける効果量の判断の目安として、d = 0.20を効果量小、d = 0.50を効果量中、d = 0.80を効果量大とした。統計処理にはSPSS (version24.0, IBM 株式会社)を用い、有意水準は5%未満とした。

3. 結果

3.1. 唾液コルチゾールの変化

唾液コルチゾールでは時間要因（主効果 $p < 0.01$, $d = 2.13$ ）、試行要因（主効果 $p < 0.01$, $d = 2.08$ ）（交互作用 $p < 0.01$ ）を示した。安静試行の安静時 $5.5 \pm 1.99 \text{ nM}$ 、ストレス負荷後 $26.95 \pm 6.83 \text{ nM}$ 、回復期 $28.48 \pm 6.99 \text{ nM}$ を示し、ストレス負荷後および回復期において有意（ $p < 0.05$ ）に高い値を示した。オンライン試行では安静時 $5.02 \pm 0.73 \text{ nM}$ 、ストレス負荷後 $27.29 \pm 6.51 \text{ nM}$ 、オンライン後 $11.45 \pm 3.59 \text{ nM}$ を示し、ストレス負荷後において有意（ $p < 0.05$ ）に高い値を示したが回復期では減少した。

3.2. 唾液HBD-2分泌量の変化

唾液HBD-2分泌量では、時間要因（主効果 $p < 0.01$, $d = 1.39$ ）、試行要因（主効果 $p < 0.01$, $d = 1.08$ ）（交互作用 $p < 0.01$ ）を示した。安静試行の安静時 $59.2 \pm 13.2 \text{ pg/min}$ 、ストレス負荷後 $40.3 \pm 13.9 \text{ pg/min}$ 、回復期 $38.3 \pm 15.7 \text{ pg/min}$ を示し、安静時と比較してストレス負荷後および回復期において有意（ $p < 0.05$ ）に低い値を示した。オ

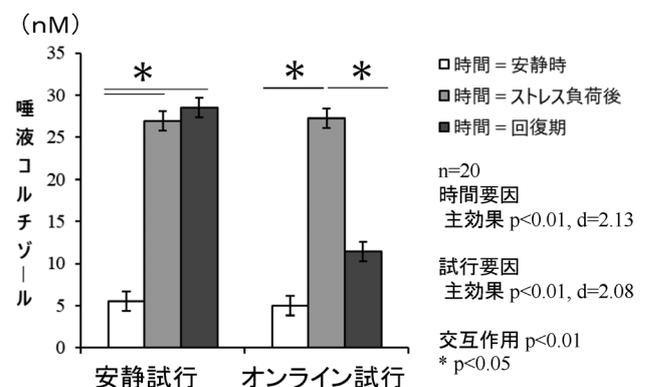


図1. オンラインでのコミュニケーション試行と安静試行における唾液コルチゾールの変化

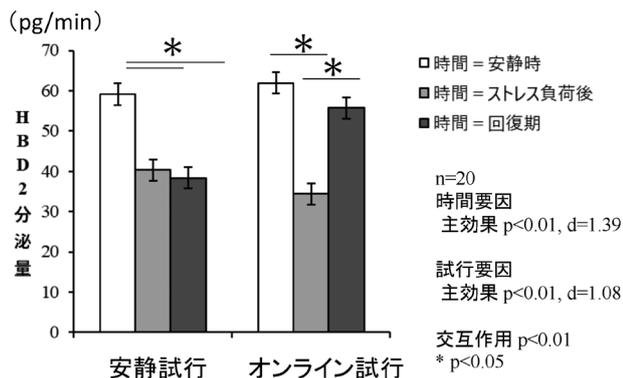


図2. オンラインでのコミュニケーション試行と安静試行における唾液HBD-2分泌量の変化

オンライン試行では安静時 61.9 ± 8.64 pg/min, ストレス負荷後 34.4 ± 5.26 pg/min, 回復期 55.7 ± 10.1 pg/min を示し, 安静時と比較しストレス負荷後では有意 ($p < 0.05$) に低い値を示したが, 回復期において高い値を示した。

4. 考察

本研究はWeb会議サービスシステムを用いたオンラインでのコミュニケーションに着目し, 視聴覚刺激を用いた手段である。先行研究では, 視聴覚刺激が影響を及ぼすには対象が笑いや快楽, リラクゼーションの為に視聴していることを認知していることが必要であるとされている¹²⁾。視聴覚刺激によるアプローチを考える場合は, 個々の性格や好み, 何を目的とするのかを考慮した上で視聴させることが必要となる¹²⁾。本研究では事前に研究の主旨を説明し, ストレスを軽減させるための手段であると対象者は認知している。さらに会話も楽しいことをテーマに実施させたことがストレス軽減につながったと考えられる。またビデオ通話の効果を検証した研究では, ストレス指標 (LF/HF) はリラックス状態を示し, 認知機能の賦活に有効であることを示唆されている¹⁰⁾。すなわち若者でも高齢者でもオンラインでのコミュニケーションは, ストレス軽減や自律神経活動の亢進, 認知機能の亢進, 口腔内免疫機能を高めることが期待できる。しかしオンラインは相手の視線や表情が自分自身に向けられているか判断ができない場合があり, 対面よりもコミュニケーションがとりにくい^{10), 12)}。人間関係が構築されていない相手との場合はオンラインには課題がある。しかし直接対面でのコミュニケーションが困難な状況では, オンラインでのコミュニケーションを積極的に活用していくことでストレス軽減や健康の保持増進に貢献することが期待できる。今後は対面とオンラインでの違い, さらに個人で動画や映像を視聴する場合との違いなども検討していくことで, 新しいコミュニケーション手段であるオンラインの有効性を明らかにすることができる。

また近年, オーラルフレイル予防が推進されているよう

に, 口腔内免疫を高めることが1次予防として重要視されている^{4)~7)}。口腔の健康には唾液HBD-2が重要な役割を担っており, 口腔内の健康には唾液HBD-2などを低下させないことが健康の保持増進に大きく関わる。本研究では内田クレベリンテストを用いたストレス負荷後に唾液HBD-2分泌量が一時的に低下を示したが, その後オンラインでのコミュニケーションをとることで, その低下を抑制することができた。すなわち急性ストレスに対してオンラインでのコミュニケーションは, ストレスコーピングに有効な手段であると考えられる。今回は唾液コルチゾールと口腔内免疫に着目したが, 自律神経活動など他の要因も検討していくことで, 新しいコミュニケーションであるオンラインでのコミュニケーションの可能性を見出せると考える。

5. まとめ

コロナ禍により新しいコミュニケーション手段として用いられるようになったオンラインでのコミュニケーションは, 精神的ストレスを軽減させ, 口腔内局所免疫の低下を抑制するのに有効であることが示された。

利益相反

本研究において開示すべき利益相反 (COI) はない。

参考文献

- 1) 元吉忠寛, 新型コロナウイルス感染症による人々への心理的影響, 社会安全学研究, 11 97-108, 2020.
- 2) 斎藤環, コロナ禍における「ひきこもり生活」がもたらす心理的影響, 日本労働研究雑誌, 729 84-89, 2021.
- 3) 小田切優子, 運動・身体活動とストレス・メンタルヘルス, 日本公衛誌, 1, 50-54, 2010.
- 4) Usui T et al, Changes in salivary antimicrobial peptides immunoglobulin A and cortisol after prolonged strenuous exercise, Eur J Appl Physiol 2011, 111, 2005-2014.
- 5) Usui T: The Relationship between Oral Mucosal Immunity and Activity of Dental Caries after Prolonged Strenuous Exercise, Descente Sports Science, vol 35, 2013.
- 6) Ando A et al, Associations of upper teeth with risks for all-cause mortality in middle-aged and elderly men in the northern part of Japan, Community Dent ral Epidemiol, 42 (4), 358-365, 2015.
- 7) Neville V et al, Salivary IgA as a risk factor for upper respiratory infection in elite professional athletes. Med Sci Sports Exerc. 40 (7) : 1228-1236, 2008.
- 8) Aberg KM et al, psychological stress downregulates epidermal antimicrobial peptide expression and increases severity of cutaneous infections in mice. J Clin Invest. 117: 3339-49, 2007.
- 9) 大平哲也, 笑いと身体心理的健康・疾病との関連についての近年の研究動向 — 2010年-2020年の観察研究, 介入研究を中心に — 笑い学研究 27 3-18, 2020.
- 10) 狩野蘭姫, 直接対面とビデオ通話における日常的コミュニケーションの評価の違い — LINEのビデオ通話機能を用いた検討, 聖泉論叢, 28, 105-116, 2022.

11) Sumiyoshi T et al, Effect of Mental Stress on Plasma Homovanillic Acid in Healthy Human Subjects. Neuropsychopharmacology. 19, 70-73, 1998.

12) 村瀬千春, 視聴覚刺激による情動の変化 — 心拍変動分析 — J UOEH, 26 (4), 461-471, 2004.

大学アスリートにおける足趾把持機能の性差と身体バランスの検討

吉田 平¹⁾, 露口 亮太^{1), 2)}, 濱口 幹太¹⁾, 瀬戸 孝幸²⁾, 大槻 伸吾^{1), 2)}

1) 大阪産業大学大学院 人間環境学研究科

2) 大阪産業大学 スポーツ健康学部スポーツ健康学科

1. 背景・目的

筋力や筋持久力に関する報告によると、65歳以上の地域在住高齢者189名を対象とした先行研究では、大腿四頭筋筋力、足把持力および握力は男性が女性に比べて高値を示した¹⁾。また、腕エルゴメーターを用いた上腕屈筋の最大筋力と筋持久力についての性差を検討した研究によると、女子の最大筋力は男子の55%~60%であったが、持久力は男子よりも女子の方が約20%優れていたという報告がある²⁾。これらの先行研究から、筋力において性差があることが報告されており、また、足趾把持筋力においても性差が認められている³⁾。

我々は、男子学生アスリートの足趾把持持久筋力が閉眼片足立ちと関連することを示し、足趾把持持久筋力が足部評価の新たな指標になる可能性を報告したが⁴⁾、足趾把持筋力および足趾把持持久筋力の性差についての報告は見当たらない。

二足歩行を行う人にとって唯一足底が地面に接地している部分であり、足部の中で機能する足趾は歩行活動、バランスの活動に果たす役割が非常に大きいとの報告があるため、足趾を把持する筋力に関して注目することにした。そこで本研究では、男女アスリートの、足趾把持筋力および足趾把持持久筋力の性差および身体バランスとの関連について検討を行うことを目的とした。

2. 方法

1) 対象

関西学生連盟に所属する、男子選手52名(バスケットボール選手52名, 104足, 平均年齢 19.5 ± 1.1 歳), 女子選手24名(バスケットボール選手17名, バレーボール選手7名, 48足, 平均年齢 19.7 ± 1.1 歳)を対象とした。

2) 測定項目

a. 体組成(身長, 体重)

b. 足趾把持持久筋力測定(図1)

足趾把持持久筋力は、足指筋力測定器 T.K.K.3361(竹井



図1. 足趾把持持久筋力測定

機器工業社製)を用いて測定した(1a)。

測定時には、足指筋力測定器の把持バーを被験者の第1中足趾節関節に合うように調節した(1b)。測定肢位は端座位で体幹垂直位に保持し、両上肢で椅子を把持させ、股関節および膝関節を屈曲90度に保ち測定を行った(1c)。

足趾把持筋力測定器トレーニングモードを使用した。設定を20kgとし、表示される把持力が把持開始から10kg未滿を示した時までの時間(t10)を左右1回ずつ計測し、足趾把持持久筋力とした。

c. 足趾把持筋力測定(図2)

足趾把持筋力は、足指筋力測定器 T.K.K.3361(竹井機器工業社製)を用いて測定した。測定時は端座位にて、把持バーを被験者の第1中足趾節関節に合うように調節した(2a)。体幹部を垂直位に保持し、両上肢で椅子を把持させ、股関節および膝関節を屈曲90度位に保ち測定を行った(2b)。左右2回の測定を行い、良い記録を採用した¹⁾。

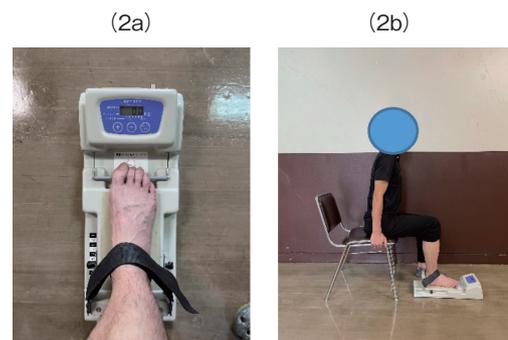


図2. 足趾把持筋力測定

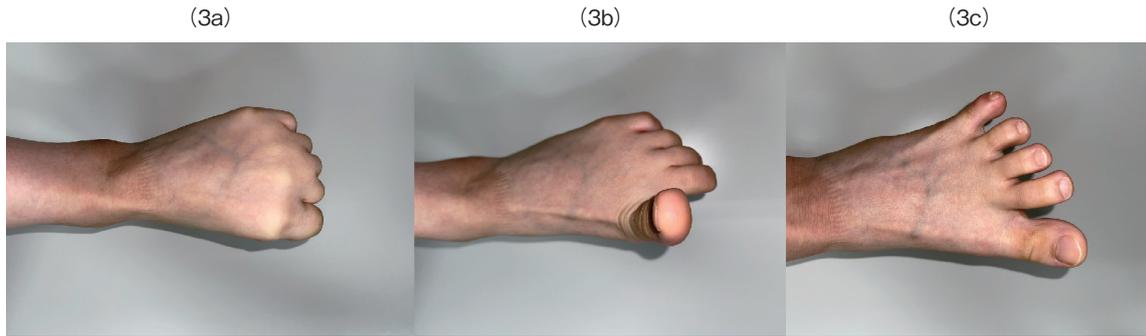


図3. 足趾巧緻性

d. 足趾巧緻性 (図3)

グーは全趾が屈曲すれば可 (3a), チョキは母趾が伸展及び第2趾から第4趾が屈曲すれば可 (3b), パーは全趾開大すれば可 (3c) とし, 左右の足趾を調査した. 可の場合に各1点を与え, 合計点数で評価した.

e. 閉眼片足立ち測定 (図4)

裸足で床上に直立した姿勢から, 片足を上げ, 閉眼し, 両上肢を床と平行まで挙上した状態から非軸足が床か軸足に触れたとき, 軸足以外の身体の一部が床に触れた時, 閉じた目を開いた時, 軸足の位置が大きく崩れた時までの時間を計測した. 左右2回測定を行い, 良い記録を採用した. 最大測定時間を120秒とした.



図4. 閉眼片足立ち測定

3. 統計処理

全てのデータは平均値±標準偏差で示し, 足趾把持持久筋力と関係する項目を明らかにするためにPearsonの積率相関係数を用いた. また, 男女の差を比較するために対応のないT検定を用いた. 統計的有意差は5%未満とした.

4. 結果

対象者の身長, 体重, 測定項目の結果を(表1)に示した. 各測定項目の性差を検討した結果, 左右の足趾把持筋力(左足 $27.3 \pm 6.8\text{kg}$ vs. $20.5 \pm 5.8\text{kg}$. $p < 0.05$) (右足 $28.2 \pm 5.8\text{kg}$ vs. $21.3 \pm 5.5\text{kg}$. $p < 0.05$), 左右の閉眼片足立ち(左足 89.4 ± 42.2 秒 vs. 55.6 ± 41.5 秒. $p < 0.05$) (右足 87.7 ± 42.9 秒 vs. 56.8 ± 48.5 秒. $p < 0.05$), 左足の巧緻性 (2.2 ± 0.7 点 vs. 2.6 ± 0.6 点 $p < 0.05$) に有意な差が認められた.

一方, 足趾把持筋力体重補正值(図5)と左右の足趾把持持久筋力(図6)では性差が認められなかった.

身体バランスを示す閉眼片足立ちと足趾把持機能の関係を検討した結果, 女子学生アスリートにおける閉眼片足立ちと足趾把持持久筋力に有意な相関関係を認めた(左 $r = 0.44$, $P = 0.03$; 右 $r = 0.42$, $P = 0.04$; 図7).

表1. 対象者の特性および測定結果

項目	男子	女子	p値
身長 (cm)	176.9 ± 6.6	161.2 ± 5.5	< 0.05
体重 (kg)	75.0 ± 10.2	56.5 ± 6.3	< 0.05
左足趾把持筋力 (kg)	27.3 ± 6.8	20.5 ± 5.8	< 0.05
右足趾把持筋力 (kg)	28.2 ± 5.8	21.3 ± 5.5	< 0.05
足趾把持筋力 (体重補正) (%)	37.2 ± 7.5	37.3 ± 9.7	n.s.
左足趾把持持久筋力 (t10) (秒)	74.5 ± 63.6	72.3 ± 44.2	n.s.
右足趾把持持久筋力 (t10) (秒)	92.8 ± 61.9	74.0 ± 42.4	n.s.
左閉眼片足立ち (秒)	89.4 ± 42.2	55.6 ± 41.5	< 0.05
右閉眼片足立ち (秒)	87.7 ± 42.9	56.8 ± 48.5	< 0.05
左足趾巧緻性 (点)	2.2 ± 0.7	2.6 ± 0.6	< 0.05
右足趾巧緻性 (点)	2.4 ± 0.4	2.7 ± 0.6	n.s.

(平均±標準偏差)

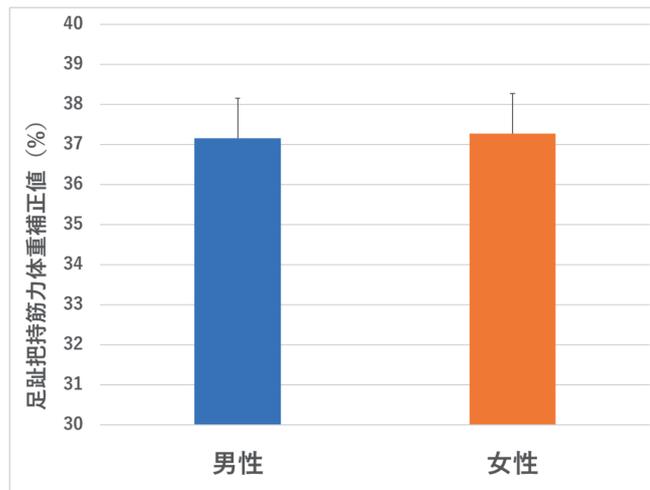


図5. 足趾把持筋力の性差（体重補正值）
体重補正值における足趾把持筋力に性差は認められなかった

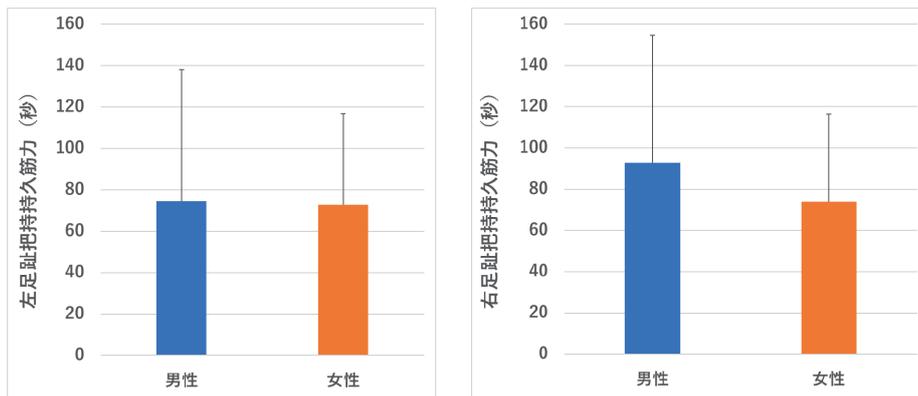


図6. 足趾把持持久筋力の性差
足趾把持持久筋力に性差は認められなかった

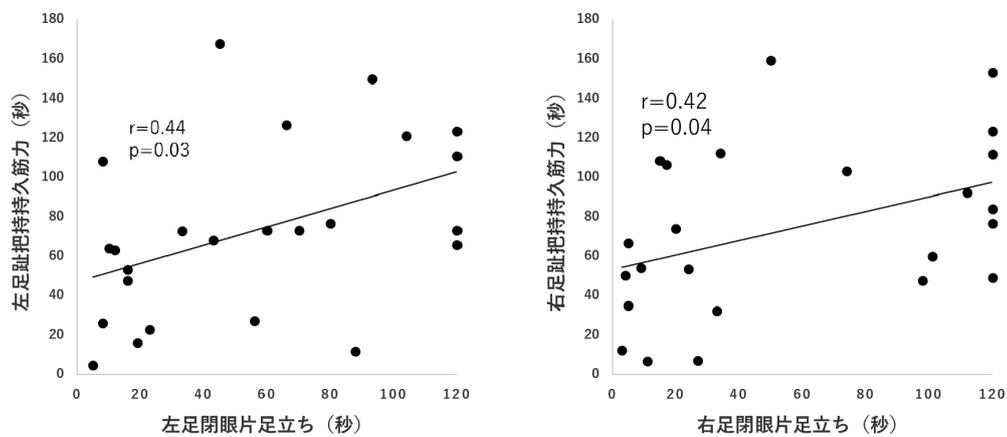


図7. 女子の閉眼片足立ちと足趾把持持久筋力の関係
女子学生アスリートにおいて閉眼片足立ちと足趾把持持久筋力に相関を認めた

5. 考察

本研究では男女学生アスリートにおける足趾把持機能の性差と身体バランスの検討を行った。

その結果、左右の足趾把持筋力と左右の閉眼片足立ちは男性が高値を示し、左足の巧緻性に関しては、女性が高値を示した。一方で、足趾把持筋力体重補正值と左右の足趾把持持久筋力においては性差を認めなかった。

先行研究では、静的バランスを示す重心動揺や開眼片足立ちなどと、足趾把持筋力は相関が認められないとの報告がある⁵⁾。

本研究でも、足趾把持筋力と身体バランスには相関を認めなかったが、女子の足趾把持持久筋力と身体バランスに相関を認めた。我々の先行研究では男子においても足趾把持持久筋力と身体バランスの関係が認められている⁴⁾。先行研究はバレーボール選手とバスケットボール選手を対象としたデータであった。一方、今回の対象者はバスケットボール選手のみであった。このように対象者の種目が異なっていることで、先行研究のように足趾把持持久筋力と身体バランスの相関を認めなかったことが原因ではないかと考えた。一方で女子選手の足趾把持持久筋力には種目間の差は認められておらず、足趾把持持久筋力と身体バランスに相関が認められた。

以上のことから、足趾把持持久筋力は身体バランスと関わっている可能性があり、足趾把持持久筋力には性差を認めなかったことを考えると、足趾把持持久筋力は身体バランス機能を予見するための利便性の高い指標になりえる可能性が示された。

今回の測定方法を顧みると、我々の先行研究⁴⁾においてバスケットボール選手とバレーボール選手の足趾把持筋力を測定し、その平均値は左足が27.3kg、右足が28.2kg

であった。全体の平均値は約27kgであった。持久筋力トレーニングには最大筋力の25～50%を用いることが多いため、10kgを維持する設定にすれば、27kgに対して10kgは約37%となり、持続的な筋力発揮能力を計測できると考えt10を設定したが、実際には足趾把持筋力にばらつきがあり、20kgに満たない選手もいることから今後は個人の足趾把持の最大筋力に合わせた設定値を用いることが望ましいと考える。

本研究の限界として、身体バランスの評価として本研究ではアングルストラテジーを中心に検討したことになるが、今後はヒップストラテジーについても検討する必要がある。アングルストラテジーおよびヒップストラテジー両面からの評価が今後の研究に必要である。

学生アスリート（バスケットボール選手、バレーボール選手）を対象とした測定となったため、今後は一般男女にも対象を広げる必要があると考えた。また、足趾把持持久筋力が身体バランス維持に関与する仕組みをさらに検討するため、足趾把持における筋活動等を検討する必要があると考える。

参考文献

- 1) 村田伸 他:地域在住高齢者の足把持力に関する研究 — 性差および年代別の比較 — 理学療法科学22(4) : 499-503, 2007.
- 2) 万井正人:筋の持久力に関する研究 (III) — 性差による筋持久力の相違について— 体力科学, 15(1) : 27-30, 1966.
- 3) 荒井智之 他:地域在住高齢者における足趾把持力の年齢, 性別および運動機能との関連, 理学療法科学 : 38(7) : 489-496, 2011.
- 4) 吉田平 他:アスリートにおける足趾把持持久筋力と足部形態およびバランス機能の関連について, 関西臨床スポーツ医・科学研究会誌, 30: 1-4, 2021.
- 5) 村田伸 他:足把持力測定の試み — 測定器の作成と測定器の再現性の検討 — 理学療法科学, 17: 243-247, 2002.

大学生アスリートにおける足部アーチ形態の特徴 および既往歴との関係

濱口 幹太¹⁾, 露口 亮太^{1), 2)}, 吉田 平¹⁾, 橋本 雅至³⁾, 仲田 秀臣^{1), 2)}, 大槻 伸吾^{1), 2)}

1) 大阪産業大学大学院 人間環境学研究科

2) 大阪産業大学 スポーツ健康学部

3) 奈良学園大学 保健医療学部

目 的

足部アーチは、内側縦アーチ、外側縦アーチ、横アーチで形成されている。それらは立位や歩行において衝撃の吸収や身体バランスを維持するうえで重要な役割を持ち、とりわけ内側縦アーチは、体重支持や運動中に機能することから臨床上重要視されている¹⁾。

その内側縦アーチの測定方法の一つに Arch height index (AHI) があり、検者間の高い信頼性や X 線撮影法との再現性が報告されている²⁾。また、健常大学生を対象にした研究³⁾では、AHI に性差を認めることと荷重により AHI が低値を示すことが報告されている。さらに、一般ランナーを対象にした AHI と傷害に関する報告では、AHI が高いランナー群と AHI が低いランナー群では、それぞれ傷害が発生しやすいことが示されている⁴⁾。しかしながら、大学生アスリートの足部アーチ形態の性差や傷害の関係について明らかになっていない。

そこで本研究は、大学生アスリートを対象に AHI を指標にして足部アーチ形態の特徴を明らかにすること、ならびに対象者の既往歴と足部アーチ形態の関係を明らかにすることを目的とした。

方 法

1. 対象

現在下肢に傷害の無い大学生アスリート男性 57 名（バスケットボール選手 38 名およびバレーボール選手 19 名：年齢 19.7 ± 0.9 歳）、女性 24 名（バスケットボール選手 17 名、バレーボール選手 7 名：年齢 19.6 ± 1.0 歳）を対象とした。また、対照群として、先行研究で報告されている健常大学生（男性 50 名： 21.4 ± 1.0 歳および女性 50 名： 20.2 ± 1.1 歳）の足部アーチ形態測定のデータを採用した³⁾。

本研究は、大阪産業大学倫理審査委員会の承認（2021-人倫-11）を受けた後、ヘルシンキ宣言の趣旨に則り、対象者には、本研究の目的、方法および倫理的配慮等に関する説明を十分に行い、書面にて本研究参加への承認を得た。

2. 測定項目および測定方法

1) 体組成測定

身長と体重を計測し、Body Mass Index (BMI) は、身長と体重の測定値から以下の計算方法で算出した。

$$\text{BMI} = \text{体重 (kg)} / \text{身長 (m)}^2$$

2) 足部アーチ形態測定

足部アーチ形態の測定は、足アーチ高測定器（竹井機器工業社 T.K.K. 5831；図 1）を用いて実施した。測定は、対象者の体重の 10% 荷重（股・膝関節 90°、足関節背屈 0°）と 50% 荷重（股・膝関節伸展 0°、足関節背屈 0°）の 2 つの荷重条件で計測を行い、測定はすべて右足で実施した（図 2）。

各荷重条件で、足長、足頂足長（踵後縁から第一中足趾関節）、足背高（足長の 50% 地点）を計測し、以下の計算方法で AHI を算出した³⁾。なお、AHI は値が高いほどアーチ高が高いことを表している。

$$\text{AHI} = \text{足背高} / \text{足頂足長}$$

また、足部アーチの可動性を表す Arch height flexibility (AHF) は、以下の計算方法で AHF を算出した³⁾。

$$\text{AHF} = (\text{10\% 荷重足背高} - \text{50\% 荷重足背高}) / (\text{0.4} \times \text{体重}) \times 100 \text{ (mm / kN)}$$

0.4 は、荷重の変化量を表し、AHF は値が高いほど足部アーチの可動性が高いことを表している。



図 1. 足アーチ高測定器（竹井機器工業社製 T.K.K. 5831）



10% 荷重
股・膝関節90°, 足関節背屈0°



50% 荷重
股・膝関節伸展0°, 足関節背屈0°

図2. 足部アーチ形態測定の測定姿勢

3) 傷害調査

対象者の足部足関節傷害既往歴の調査は、自記式アンケートにて回答を得た。

3. 統計処理

測定値はすべて平均値±標準偏差で示した。測定したすべての項目について、シャピロ-ウィルクテストにより正規性の検定を行った。性別と荷重条件の2要因として2元配置分散分析を用いた。また、大学生アスリートと先行研究の健常大学生の比較には、1サンプルのt検定を用い、2群間の比較には、対応のないt検定を用いた。なお、統計処理ソフトはIBM SPSS Statistics for Windows (Ver.28.0; IBM社製)を用い、統計学的有意水準は5%未満とした。

結 果

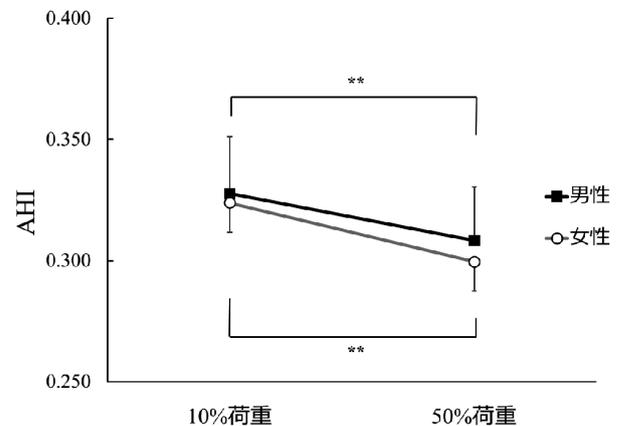
各測定項目の結果は表1に示した。

表1. 対象者の測定結果

測定項目	男性 (n = 57)	女性 (n = 24)
身長 (cm)	177.1 ± 6.5	161.6 ± 5.7
体重 (kg)	73.9 ± 10.6	56.6 ± 6.3
BMI (kg / m ²)	23.5 ± 2.9	21.6 ± 1.7
AHI (10% 荷重)	0.328 ± 0.023	0.324 ± 0.017
AHI (50% 荷重)	0.308 ± 0.022	0.300 ± 0.015
AHF (mm / kN)	12.2 ± 5.2	18.5 ± 5.9
足部足関節傷害既往歴	33名 (57.9%)	17名 (70.8%)

大学生アスリートのAHIを比較した結果、荷重条件のみに有意な差が認められ ($p < 0.01$)、性別には差が認められなかった (図3)。

大学生アスリートと先行研究の健常大学生のAHIを比較した結果、男性10% 荷重 (大学生アスリート 0.328 ± 0.023 vs 健常大学生 0.362 ± 0.027; $d = 1.36, p < 0.01$)



** : $p < 0.01$

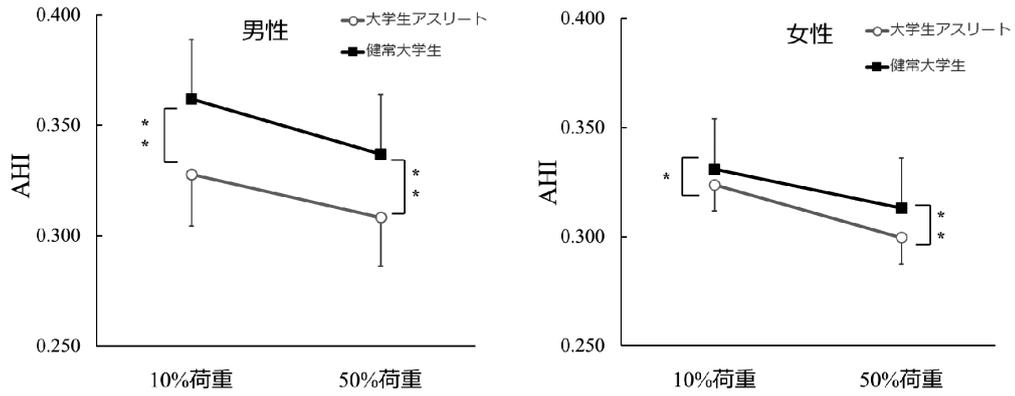
図3. 大学生アスリートにおけるAHIの性別と荷重条件の比較

および50% 荷重 (0.308 ± 0.022 vs 0.337 ± 0.027; $d = 1.19, p < 0.01$) ともに大学生アスリートの方が有意に低値を認めた。また、女性でもいずれの負荷条件において大学生アスリートの方が有意に低値を認めた (10% 荷重: 0.324 ± 0.017 vs 0.331 ± 0.023; $d = 0.33, p < 0.05$, 50% 荷重: 0.300 ± 0.015 vs 0.313 ± 0.023; $d = 0.63, p < 0.01$) (図4)。

大学生アスリートと先行研究の健常大学生のAHFを比較した結果、男性では大学生アスリートの方が有意に低値を認め (大学生アスリート 12.2 ± 5.2 vs 健常大学生 14.2 ± 5.6; $d = 0.37, p < 0.01$)、女性では、大学生アスリートの方が有意に高値を認めた (18.5 ± 5.9 vs 13.5 ± 5.0; $d = 0.94, p < 0.01$) (図5)。

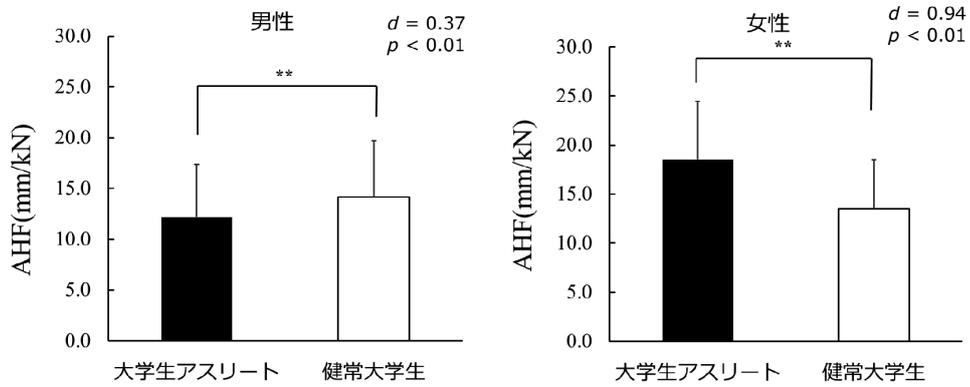
大学生アスリートの足部足関節傷害既往歴は、男性33名 (57.9%)、女性17名 (70.8%)であり、主な傷害は内反捻挫であった。

大学生アスリートにおける足部足関節傷害既往歴の有無とAHIを検討した結果、男性女性ともにいずれの負荷条件においても差が認められなかった (図6)。



* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

図4. 大学生アスリートと健常大学生のAHIの比較



** : $p < 0.01$

図5. 大学生アスリートと健常大学生のAHFの比較

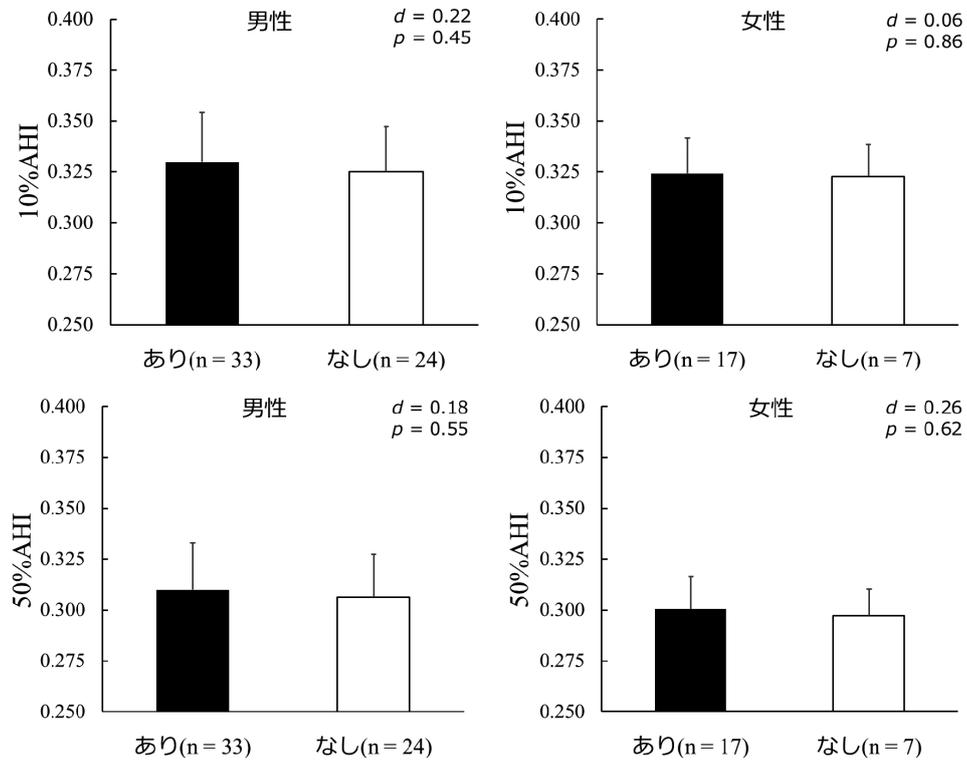


図6. 大学生アスリートにおける足部足関節傷害既往歴の有無とAHI

考 察

本研究は、大学生アスリートの足部アーチ形態の特徴を明らかにすることを目的に調査した。その結果、大学生アスリートのAHIは健常大学生と比べ低値を示し、またAHFにおいては男性大学生アスリートでは男性健常大学生より低値であり、女性大学生アスリートでは女性健常大学生より高値を示した。

内側縦アーチを支持する筋は、後脛骨筋や足部の内在筋群であり、長時間の運動などで疲労が蓄積し、足部アーチが低下すると考えられている¹⁾。アスリートを対象とした先行研究では、競歩選手において、週の練習頻度が高いほどアーチ高率が低下すること⁵⁾、女子長距離選手においては、練習の強度が高いほどアーチ高率が低下すること⁶⁾や、4～5週間の合宿前後の長期間のトレーニングにおいてもアーチ高率が低下すること⁷⁾が報告されている。これらのことから、本研究の大学生アスリートにおいても日々のトレーニングの繰り返しで内側縦アーチを支持する後脛骨筋や足部の内在筋群や足部アーチを保持する靭帯等に影響し、健常大学生と比べてAHIが低くなったものと考えられた。

足部アーチの可動性を示すAHFにおいては、性別で異なる結果であった。本研究において男性のAHIは10%荷重と50%荷重の両方に顕著な低下が見られたが、女性においては顕著な低下は50%荷重のみに見られた。この違いが足部アーチの可動性を示すAHFにおいて、男性で大学生アスリートの方が低値であり、女性では大学生アスリートの方が高値を示したものと考えられる。したがって、AHIの低下の原因は日々のトレーニングによる恒常的な荷重負荷と考えるが、AHFに生じた違いは性差であると考えられた。

内側縦アーチは、荷重時の衝撃緩衝作用において重要な役割を担っており、スポーツ傷害の発生と足部アーチ形態との関係性は報告されているが⁴⁾、本研究においては、足部足関節傷害既往歴の有無で比較した足部アーチ形態に差が認められなかった。これは、主に傷害調査が、自記式アンケートにて回答を得たため、詳細に調査ができなかったことと、主な傷害が足関節捻挫であったため足部に限つ

た傷害と足部アーチ形態との関係が検討できていないことが原因ではないかと考えられた。また、本研究の大学生アスリートが、トレーニング等での荷重負荷により、すでにAHIが低下していたこともその原因ではないかと考えられた。

本研究の限界として、室内スポーツの大学生アスリートのみであることと、傷害調査が自記式アンケートであったため詳細な調査ができていなかったことが挙げられる。今後は、スポーツ競技の対象を広げ、より広範囲の大学生アスリートに対して足部アーチ形態の特徴を明らかにしていきたい。また、より詳細な傷害調査を行い足部アーチ形態との関係を検討する必要がある。

ま と め

本研究では、大学生アスリートを対象に足部アーチ形態の特徴および既往歴との関連について検討した。その結果、大学生アスリートは健常大学生と比べ、足部アーチの低下が認められた。一方で、足部足関節傷害既往歴の有無で、足部アーチ形態の違いを認めなかった。これに関しては、より詳細に足部足関節傷害既往歴を調査する必要がある。

参考文献

- 1) 武田さおり：長時間立位による足部アライメントの変化に関する検討，東北理学療法学，11，36-41，1999.
- 2) Williams DS, et al. : Measurements Used to Characterize the Foot and the Medial Longitudinal Arch: Reliability and Validity, Phys Ther, 80 (9), 864 - 871, 2000.
- 3) Takabayashi T, et al. : Effect of Gender and Load Conditions on Foot Arch Height Index and Flexibility in Japanese Youths, The Journal of Foot & ankle surgery, 59, 1144 - 1147, 2020.
- 4) Dorsey S, et al. : Arch structure and injury patterns in runners, Clinical Biomechanics, 16, 341 - 347, 2001.
- 5) 佐藤高嶺ら：競歩種目を専門とする国内男子競技者における足部アーチ形態に関する研究，陸上競技学会誌，19，19 - 26，2021.
- 6) 岡戸敦男ら：ランニングによる足部アーチ高率の変化について，東海スポーツ傷害研究会会誌，27，65 - 67，2009.
- 7) 岡戸敦男ら：長期的な高強度のランニング負荷による足部アーチへの影響について，スポーツ医・科学，32，2022.

心肺機能評価における上肢エルゴメータを用いた運動負荷試験の有用性の検討

出口美輪子^{1), 2)}, 横山 久代^{1), 3)}

1) 大阪公立大学大学院 医学研究科 運動環境生理学

2) 大阪公立大学大学院 生活科学研究科

3) 大阪公立大学 都市健康・スポーツ研究センター

目 的

受傷によるトレーニングの中断は、アスリートの心肺機能を低下させ、競技パフォーマンスに影響を与える¹⁾。そのため、療養期間中の心肺機能の定期的な評価と機能低下抑制を目的としたリハビリテーションは、競技への早期復帰に重要である。一般的に心肺機能はトレッドミルや自転車エルゴメータを用いた下肢運動負荷時の最大酸素摂取量によって評価されるが、下肢を受傷した場合には上肢運動によって評価する必要がある。しかしこれまでに、上肢を主体とした運動負荷試験の報告は少なく、運動負荷量の設定方法や運動負荷試験の進め方についての明確な指針も存在しない。そこで本研究では、上肢エルゴメータと下肢エルゴメータを用いた運動負荷試験結果を比較し、心肺機能評価における上肢を用いた運動負荷試験の有用性について検討した。

方 法

1. 対象と研究デザイン

研究デザインは、全ての被験者が上肢エルゴメータ（図1）および下肢エルゴメータ（図2）を用いた漸増運動負荷試験をそれぞれ別日に行うクロスオーバー試験とした。対象は、運動部で活動しているまたは日常的に運動習慣のある健康な男女7名（男性5名、21～50歳）とした（表1）。研究プロトコルは臨床試験登録（UMIN000041234）され、大阪市立大学大学院医学研究



図1. 上肢エルゴメータを用いた運動負荷試験



図2. 下肢エルゴメータを用いた運動負荷試験

科倫理委員会の承認を得た（承認番号：2020-190）うえで実施され、全参加者から文書による同意を得た。

2. 運動負荷試験

被験者は試験前日から激しい運動を控え、試験当日は2時間前までに食事摂取を完了した状態で実験室に入室した。身長・体重・体脂肪率の測定およびBody Mass Index (BMI) の算出を行った後、被験者に合わせてエルゴメータの高さを調節した。調節の際には、上肢エルゴメータの場合は、キャスターの付いていない椅子に着席し足裏を全て床に付けた状態で、ハンドルが身体から一番遠い時に肘が軽く曲がり且つ漕ぎやすい高さになっていること、下肢エルゴメータの場合は、ペダルを一番下まで漕いだ時に膝が軽く曲がる程度のサドルの高さになっていることとハン

表1. 被験者の特徴

被験者番号	性別	年齢	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	BMI (kg/m ²)	競技スポーツ	最大酸素摂取量 (下肢) (mL/kg/min)	最大酸素摂取量 (上肢) (mL/kg/min)
1	女性	22	153.2	53.5	34.8	22.8	ラクロス	50.2	29.6
2	女性	22	160.5	57.3	30.7	22.2	ラクロス	41.2	31.5
3	男性	21	177.0	58.6	13.7	18.7	陸上	76.1	60.2
4	男性	22	178.4	63.4	13.7	19.9	陸上	68.9	47.4
5	男性	21	183.4	70.2	15.6	20.9	陸上	63.1	32.1
6	男性	29	175.5	81.9	26.6	26.6	なし	33.6	25.4
7	男性	50	168.5	71.6	24.0	25.2	サッカー	36.8	28.0

BMI, Body Mass Index.

ドルが漕ぎやすい角度になっていることを確認した。リストバンド型心拍計 (Polar A370) と呼気ガス分析装置一体型電子式スパイロメトリーシステム (AE-310s, ミナト医科学) を装着した状態で安静状態を5分間維持した後, 上肢エルゴメータあるいは下肢エルゴメータを用いた漸増運動負荷試験を行いながら心拍数, 酸素摂取量, 自覚的運動強度 (Borg scale) を経時的にモニターした。運動負荷試験に用いた負荷強度について, 上肢エルゴメータの場合は, American College of Sports Medicine のガイドラインを参考に²⁾, 初期負荷を12.5 Wとし, 以降12.5 Wずつ負荷を上げた。下肢エルゴメータには, Young Men's Christian Association (YMCA) 自転車エルゴメータプロトコルを使用した³⁾。上肢エルゴメータ・下肢エルゴメータ共に回転数は50 rpm, 各負荷強度での運動時間は3分とし, 心拍数が定常状態に至っていない場合は, 運動時間を1分延長した。試験中に得られた心拍数と酸素摂取量の値は, 関係式の作成および最大酸素摂取量の推定に使用した。

3. 統計解析

酸素摂取量と心拍数との関係に運動負荷試験方法が影響を与えているかどうかについて, 酸素摂取量を従属変数, 心拍数・試行方法および心拍数×試行方法の交互作用を独立変数とする線形混合効果モデルを用いて検定した。さらに, 心拍数—酸素摂取量の関係式と予測最高心拍数から推定された最大酸素摂取量について, paired t-testを用いて検定した。解析ソフトとしてIBM SPSS statisticsを用い, 有意水準は $P < 0.05$ に設定した。

結 果

本研究に参加した被験者の競技スポーツはラクロス, 陸上, サッカーであった。また競技スポーツ「なし」とした1名の被験者は, 過去に短距離走選手として活動しており,

現在はランニングやウォーキングなどの有酸素運動トレーニングや抵抗バンドによるレジスタンストレーニングなどをレクリエーションレベルで行なっていた (表1)。

上肢エルゴメータを用いた運動負荷試験では, 設定した負荷プロトコルに従って運動した際に心拍数の上昇が見られなかった1被験者のみ, 12.5 Wで運動を開始後, 50.0 W・62.5 W・75.0 Wと負荷を上げて実施した。その他の被験者は, 負荷プロトコルに従い第4段階 (50.0 W) あるいは第5段階 (62.5 W) まで運動を実施した。下肢エルゴメータを用いた運動負荷試験では, 全ての被験者がYMCA 自転車エルゴメータプロトコルに従い, 第4段階まで運動を実施した。

心拍数と酸素摂取量との関係を図3に示す。両者の関係について線形混合効果モデルを用いて検定した結果, 関係式は上肢エルゴメータ: 酸素摂取量 = $0.256 \times$ 心拍数 - 13.977, 下肢エルゴメータ: 酸素摂取量 = $0.340 \times$ 心拍数 - 18.600 となり, 勾配は2試行間で有意な差を示した ($p < 0.001$)。次に, 上肢エルゴメータおよび下肢エルゴメータを用いた運動負荷時の心拍数—酸素摂取量との関係式を被験者ごとに作成し, 関係式と予測最高心拍数 (220 - 年齢) から最大酸素摂取量を推定した (表1)。その結果, 上肢エルゴメータの関係式から推定された最大酸素摂取量は, 下肢エルゴメータに比べて有意に低値を示した (36.3 ± 12.7 vs. 52.8 ± 16.7 mL/kg/min, $p = 0.002$)。

考 察

本研究では, 心拍数—酸素摂取量との関係式の勾配が上肢エルゴメータと下肢エルゴメータとの間で有意な差を示し, 推定された最大酸素摂取量の値は上肢エルゴメータで下肢エルゴメータに比べて有意に低値を示した。このことから, 上肢エルゴメータを用いた運動負荷試験では, 心肺機能が過小評価される可能性が示唆された。

運動負荷試験に上肢を用いた場合, 最大酸素摂取量は下

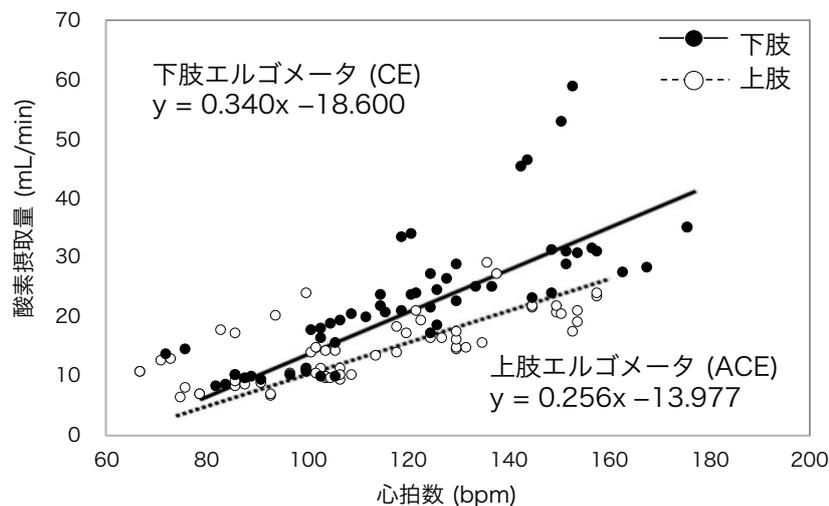


図3. 上肢エルゴメータおよび下肢エルゴメータを用いた運動負荷試験実施時の心拍数と酸素摂取量との関係

肢を用いた場合に比べて小さくなることが報告されている⁴⁾。本研究でも、上肢エルゴメータを用いた運動負荷試験結果から推定された最大酸素摂取量は下肢エルゴメータの約69%となっており、先行研究と矛盾しない結果となった。推定される最大酸素摂取量が上肢運動時と下肢運動時で異なる要因として、上肢運動で用いられる筋量が下肢運動より少ないことや、上肢筋が下肢筋に比べて、高いエネルギー基質酸化能を持つI型筋線維が少ないことが関与していることが示唆されている^{5), 6)}。しかしながらSealsらは上肢および下肢を用いた運動負荷時の最大酸素摂取量を上肢トレーニング群と非トレーニング群で評価し、日常的に上肢のトレーニングを行なっている群では、最大酸素摂取量が上肢運動時と下肢運動時との間で大きな差がないことを報告している⁷⁾。このことは、上肢筋のコンディショニング状態が上肢を用いた運動負荷試験結果に影響を与える可能性を示唆している。本研究に参加した被験者の競技スポーツやトレーニング内容は、いずれも主に下肢を利用するものであった。今後、日常的に上肢をトレーニングしている対象と日常的に下肢をトレーニングしている対象との間で両試行の結果を比較し、運動中の心拍数と酸素摂取量との関係に影響を与える因子を明らかにする研究が、上肢を用いた運動負荷試験結果に基づく精度の高い心肺機能評価を可能にすると考えられる。

本研究にはいくつかの限界がある。まず対象者が7名と少なく女性が2名のみだったことから、被験者の特性や性差の影響を十分に考慮できていない可能性が考えられる。今後は対象数を増やしてエビデンスを作りあげていく必要がある。また、本研究では筋肉量の測定を行なっておらず、被験者の筋コンディショニング状態と心肺機能との関連を検出することができなかった。今後、筋コンディショニング状態の指標として部位別筋肉量や筋末梢循環機能を測定し、さらなる検討を行なっていく必要がある。

今回、心肺機能評価における上肢エルゴメータを用いた運動負荷試験の有用性について検討を行い、上肢運動を用いると心肺機能が過小評価される可能性が示唆される結果となった。上肢を用いた心肺機能評価は、下肢を受傷した健常アスリートの心肺機能評価のみならず、下肢の運動を制限されている患者に対する術前のリスク評価や運動処方時の運動強度の設定の他、日常的に車椅子を利用する肢体

不自由者に対しても適用できる。特に肢体不自由者は日常生活での身体活動が低く、糖尿病などの生活習慣病の罹患リスクが大きい。健康維持を目的とした運動習慣の獲得は健常者以上に重要である。今後、上肢を用いた運動負荷試験結果と上肢筋コンディショニング状態との関係が明らかとなり、結果に影響を与える因子を明らかにすることができれば、研究の成果は健常者・肢体不自由者問わず幅広い集団に対して活用でき、上肢を主体とした運動負荷試験の適用可能性の拡大に繋がると期待される。

結 論

上肢エルゴメータを用いた運動負荷試験結果をもとに心肺機能を評価する際には、過小評価の影響を考慮する必要があると考えられる。今後、上肢エルゴメータと下肢エルゴメータとの間に生じた心拍数と酸素摂取量との関係の違いに影響を及ぼす因子を明らかにする研究の必要性が示唆された。

参考文献

- 1) Mujika I et al: Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports Med.* 30 (3) : 79-87. 2000.
- 2) American College of Sports Medicine: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 10th edition. p. 356. 2017. Williams & Wilkins. Philadelphia.
- 3) American College of Sports Medicine: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 10th edition. p. 91. 2017. Williams & Wilkins. Philadelphia.
- 4) Mitropoulos A et al: Validation of an arm crank ergometer test for use in sedentary adults. *J Sports Sci Med.* 16 (4) : 558-564. 2017.
- 5) Turner DL et al: Effects of endurance training on oxidative capacity and structural composition of human arm and leg muscles. *Acta Physiologica Scandinavica.* 161 (4) : 459-464. 1997.
- 6) Calbet JA et al: Why do arms extract less oxygen than legs during exercise? *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 289 (5) : R 1448-R 1468. 2005.
- 7) Seals DR, et al: VO2 max in variable type exercise among well-trained upper body athletes. *Res Q Exerc Sport* 53(1) : 58-63. 1982.

拡散型圧力波照射時の関節肢位が 関節可動域拡大の即時効果に及ぼす影響

沖 卓豪^{1), 2)}, 小林 佑介^{1), 2)}, 花谷 良海^{1), 2)}, 杉岡 辰哉^{1), 2)}, 佐竹 勇人^{1), 2)},
河口 泰之^{1), 2)}, 熊井 司³⁾

1) 阪奈中央病院 スポーツ関節鏡センター

2) 奈良県立医科大学 スポーツ医学研究センター

3) 早稲田大学スポーツ科学学術院

目 的

拡散型圧力波（以下 RPW : Radial pressure wave）は、除痛効果や組織修復効果があるとされている¹⁾。近年、関節可動域制限に対しても有効性が示されている^{2), 3)}が、介入方法に関する報告は少なく、統一した見解が得られていないのが現状である。介入方法に関して、過去の報告では周波数は5～15Hz、強度は1.5bar、照射数は2000発で、3日～1週間おきに3～8セッション実施されていた^{2), 4)}。一方、RPW照射時の関節肢位についての記載は我々が渉猟した限りなかった。

RPWのエネギー放出は、音響インピーダンス値の差が関与するとされている⁶⁾。また、音響インピーダンス値は組織の硬さが影響するとされていることから⁷⁾、組織の硬さがRPWのエネギー放出に影響する事が考えられる。筋は伸張により筋硬度が上昇し、短縮により筋硬度が低下すると報告されており⁸⁾、筋の伸張度合いにより組織の硬さが変化するため、RPWのエネギー放出も変化する可能性が考えられる。つまり、RPW照射時の関節肢位が照射の効果に影響を及ぼす可能性が考えられ、関節肢位の違いにより効果に差が生じると考えられる。

そこで我々は、RPW照射時の関節肢位の違いが関節可動域拡大の即時効果に及ぼす影響を調査することとした。

対象及び方法

対象は健康成人9名10脚（両側例1名）（年齢 24.0 ± 3.3 歳、身長： 171.5 ± 4.4 cm、体重： 59.2 ± 14.5 kg）とし、被検者には本研究の主旨を説明し、参加の同意を得て実施した。介入はRPW（MASTERPULS MP100）を使用し、腓腹筋を対象にSTEP1、STEP2の手順で照射を行った。

各STEPにおける機器設定と照射部位の詳細は、STEP1ではR15のトランスミッターを使用し、強度1.5～2.5bar、頻度15Hz、照射数2000発で腓腹筋内側頭の伸張痛部位に照射を実施した。STEP2では、D20のト

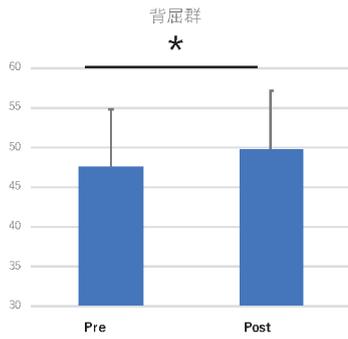
ランスミッターを使用し、STEP1と同じ強度、頻度、照射数に設定し腓腹筋の筋腹全体へ照射を実施した。照射肢位はティルトテーブルで腹臥位を取り、足関節背屈群は足関節を固定し、最大背屈位まで背屈、底屈群は足関節をベッド上に乗せて底屈位となるようにした。

測定項目は下腿傾斜角、筋形態とし、RPWの介入前後に測定を実施した。測定方法は、足関節背屈角度はBennellらの方法を参考に、脛骨粗面より15cm下の脛骨中央に測定器を当て、垂直に対する下腿傾斜角の測定を行った⁹⁾。測定器はiPhone13pro max（Apple社）の水平器アプリを用いて測定した。測定肢位は、両手を壁につき測定肢を前方へ出し踵部と母趾が一直線上に並ぶように足部を位置させ、踵部が床面に接地した状態を維持しつつ下腿を前傾させる膝関節伸展位での荷重位足関節最大背屈とした。

筋形態は、腓腹筋内側頭を対象に超音波画像解析装置（Canon Aplio 300）を用い、10MHzのプロープを使用しBモードにて筋腹中央の長軸像を描出した後、ImageJを使用し測定を行った。筋形態の算出方法はAndoらの報告を参考にし、羽状角は深層筋膜と筋束でなす角とし、筋束長は目視可能な筋束の実測値と目視不可能な範囲を計算にて算出した予測値の和とした¹⁰⁾。測定肢位は筋形態腹臥位での他動背屈10°とした。測定結果は、足関節背屈角度は3回測定を実施しその平均値を測定値とした。筋形態は、筋腹中央にて3回測定を行い、一つの画像につき異なる3カ所で羽状角、筋束長を計測した計9データの平均値を測定値とした。統計解析は、Shapiro-Wilk検定を行い、正規分布に従っていたため、対応のあるt検定を用い、有意水準は5%未満とした。

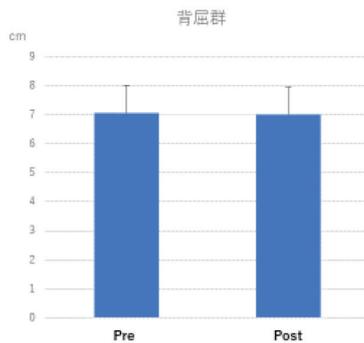
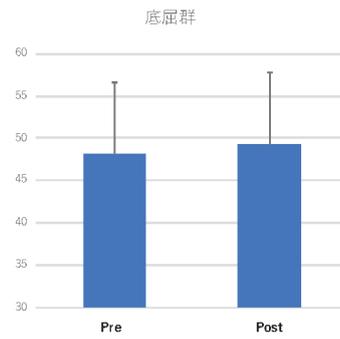
結 果

下腿傾斜角に関して、背屈群は介入前 $47.4 \pm 7.3^\circ$ 、介入後 $49.7 \pm 6.1^\circ$ と照射後に有意に増加した（ $p < 0.05$ ）。一方、底屈群は介入前 $48.1 \pm 8.5^\circ$ 、介入後 $49.3 \pm 8.4^\circ$ と照射前後で有意差を認めなかった（図1）。



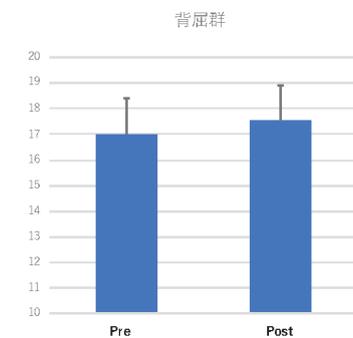
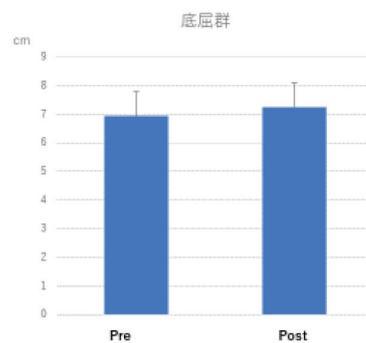
* : p<0.05

図1. 下腿傾斜角



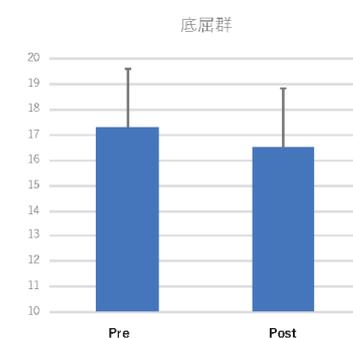
* : p<0.05

図2. 筋束長



* : p<0.05

図3. 羽状角



筋束長に関して、背屈群は介入前 7.0 ± 1.0 cm、介入後 7.0 ± 1.0 cm と照射前後で有意差を認めなかった。底屈群は介入前 6.9 ± 0.9 cm、介入後 7.2 ± 0.9 cm と照射前後で有意差を認めなかった (図2)。

羽状角に関して、背屈群は $17.0 \pm 1.4^\circ$ 、介入後 $17.5 \pm 2.4^\circ$ と照射前後で有意差を認めなかった。底屈群は介入前 $17.3 \pm 2.3^\circ$ 、介入後 $16.5 \pm 2.4^\circ$ と照射前後で有意差を認めなかった (図3)。

考 察

本研究の目的は、RPW 照射時の関節肢位の違いが関節可動域拡大の即時効果に及ぼす影響を調査することとした。本研究の結果として、下腿傾斜角が背屈群でのみ有意に増加した。下腿傾斜角が背屈群で有意に増加した要因について、LiuYらはRPWのエネルギー放出は、音響インピーダンス値の差が関与すると報告している⁶⁾。また、長沼らは音響インピーダンス値は組織の硬さに影響すると

し⁷⁾、Pambris GMらは筋は伸張により筋硬度が上昇し、短縮により筋硬度が低下すると報告している⁸⁾。これらのことから背屈群では筋の伸張により筋硬度が増加し、筋膜周囲のエネルギー放出が増加した可能性が考えられ、結果として関節可動域が拡大したと考えられる。

一方、底屈群では背屈群とは対照的に筋の短縮により筋硬度が低下し、筋膜周囲でのエネルギー放出が減少した可能性が考えられ、その結果底屈群では介入前後で有意差を認めなかったと考えられた。

筋形態に関して、過去の報告では週2回の頻度で計6回のRPW照射を実施しており、本研究での1回の照射数では少なく過去の報告のように変化が生じなかった可能性が考えられる。また、筋形態を測定した過去の報告では、本研究と同様に筋形態の変化がなかったが関節可動域が拡大したと報告し、筋形態以外の要因が関与したと考察している¹¹⁾。それらに加えて、他動伸張時の関節可動域には筋形態以外の要因も関与すると報告されている¹²⁾ことから、本研究においても筋形態の変化以外の要因が関与した可能性が考えられる。

結 語

本研究はRPW照射時の関節肢位が、関節可動域拡大の即時効果に及ぼす影響を調査した。結果、足関節背屈群でのみ有意に下腿傾斜角が増加したが、筋形態に有意差は認めなかった。筋の硬度変化によりRPWのエネルギー放出が影響を受けた可能性が考えられ、RPW照射時の関節肢位が関節可動域拡大効果に影響する可能性が示唆された。

参考文献

- 1) Li X, Zhang L, Gu S, et al. Comparative effectiveness of extracorporeal shock wave, ultrasound, low level laser therapy, noninvasive interactive neurostimulation, and pulsed radiofrequency treatment for treating plantar fasciitis A systematic review and network meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2018; 97: e 12819 doi: 10.1097/MD.00000000000012819.
- 2) Kim YW, Chang WH, Kim NY, et al. Effect of extracorporeal shock wave therapy on hamstring tightness in healthy

subject: A pilot study. *Yonsei Med J*. 2017; 58: 644 - 649.

- 3) Liao CD, Xie GM, Tsauo JY, et al. Efficacy of extracorporeal shock wave therapy for knee tendinopathies and other soft tissue disorders : a metaanalysis of randomized controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018; 19: 278.
- 4) 小林佑介 ほか 拡散型圧力波の関節可動域改善効果に関する研究—第1報：超音波エコーを用いた評価—。Study of the improvement effect on the joint range of motion of the radial pressure wave—1st report: evaluation using ultrasound ech—
- 5) Huei-Ching Yang, Chia-Ling Lee, Roxane Lin, Miao-Ju Hsu, Chia-Hsin Chen, Jau-Hong Lin, Sing Kai Lo. Effect of biofeedback cycling training on functional recovery and walking ability of lower extremity in patients with stroke First published: 12 September 2013 <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2013.07.006>
- 6) Liu Y, Chen X, Guo A, et al. Quantitative assessments of mechanical responses upon radial extracorporeal shock wave therapy. *Adv Sci (Weinh)*. 2017; 5: 1700797 doi: 10.1002/advs.201700797.
- 7) 長沼 由泰, う蝕の診断への超音波顕微鏡の応用に関する基礎的研究. *障歯誌* 38: 465 - 470, 2017.
- 8) Pambris GM, Noorkoiv M, Baltzopoulos V, et al. Effects of an acute bout of dynamic stretching on biomechanical properties of the gastrocnemius muscle determined by shear wave elastography. *PLoS One*. 2018; 13: e 0196724 doi: 10.1371/journal.pone.0196724.
- 9) Bennell KL, Talbot RC, Wajswelner H, et al. Intrarater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Aust J Physiother*. 1998; 44: 175 - 180.
- 10) Ando R, Taniguchi K, Saito A, et al. Validity of fascicle length estimation in the vastus lateralis and vastus intermedius using ultrasonography. *J Electromyogr Kinesiol*. 2014; 24: 214 - 220.
- 11) Akane Yoshimura et al. Effects of Self myofascial Release Using a Foam Roller on Range of Motion and Morphological Changes in Muscle: A Crossover Study *J Strength Cond Res*. 2021. *Journal of Strength and Conditioning Research*: September 2021 - Volume 35 - Issue 9 - p 2444 - 2450 doi: 10.1519/JSC.0000000000003196
- 12) R D Herbert et al. Passive changes in muscle length *J Appl Physiol* (1985). 2019. May 1; 126 (5) : 1445 - 1453. doi: 10.1152/jappphysiol.00673.2018. Epub 2018 Dec 20.

硬式大学野球選手におけるバットスイングスピードと 筋肉量・筋力・パワーとの関連性の検討

春名 了輔^{1), 2)}, 土井 龍雄²⁾, 大槻 伸吾³⁾, 濱口 幹太⁴⁾, 杉本 拓也²⁾, 安本 慎也²⁾,
柳田 育久²⁾, 大久保 衛²⁾, 渡辺 一志¹⁾, 本宮 暢子¹⁾

1) 大阪市立大学大学院 生活科学研究科

2) 医療法人貴島会 ダイナミックスポーツ医学研究所

3) 大阪産業大学 スポーツ健康学部 スポーツ健康学科

4) 大阪産業大学大学院 人間環境学研究科

目 的

野球のバッターにおいて、バットスイングスピード（以下BSV：Bat Swing Velocity）は、バッターの競技力向上の重要な要素であり、競技レベルが上がるにつれてBSVは速くなるとの報告がある¹⁾。さらにBSVに影響を及ぼす要因として、除脂肪量と筋力が深い関係にあることも報告されている²⁾。しかしながら、身体部位別の筋肉量と体力特性がBSVに及ぼす影響についての報告はほとんど見当たらない。そこで本研究では、BSVと身体・体力特性について関係性を検討することを目的とした。

対 象

関西の大学野球連盟1部に所属する野球選手78名（平均年齢：19.4 ± 1.0歳）を対象とした。このうち、右投右打の打者が49名、右投左打の打者が24名、左投左打の打者が5名であった。ポジションは、捕手9名、内野手41名、外野手28名であった。本研究は大阪市立大学生活科学研究科研究倫理委員会の承認を得て、対象者には研究内容を口頭で説明し、書面にて同意を得て実施した。

方 法

測定時に、打者がバットを構えた際に上側となる腕を押し手側、下側となる腕を引き手側、投手方向側となる脚をステップ脚側、捕手方向側となる脚を軸足側と定義した。

測定項目は、BSV、身体データ8項目（身長、体重、全身筋肉量、上肢筋肉量〔押し手側、引き手側〕、下肢筋肉量〔軸脚側、ステップ脚側〕、体幹筋肉量）、体力データ6項目（握力〔押し手側、引き手側〕、背筋力、30mダッシュ、背面メディシンボールスロー、立ち幅跳び）の計15項目を測定した。BSVの測定はBlast Motion社製のBLAST BASEBALLを用いて実施した。本製品は3次元加速度センサーを搭載しスイング動作を3次元の運動にし

て計測することが可能である。本製品と光学式モーションキャプチャシステムとの測定精度と誤差を調査した報告において、高い級内相関係数（ICC:Intraclass Correlation Coefficients）を示している³⁾。測定方法はセンサーをバットのグリップエンドに装着して実際にティー打撃を行い、ボールインパクトの瞬間のスイートスポットの速度を測定した。なお、測定に使用したバットは、重量が850g、長さが84cmにて統一して実施した。ティー台に固定したボールをベルト付近でほぼコースが真ん中となるようにセットし「全力でセンター返しをする」と打者に指示した。十分なウォーミングアップを行った後、3試技を実施し最高値を採用した（図1）。全身筋肉量、身体各部位の筋肉量の測定にはTANITA社製BC-118を用いて、測定前にアルコール綿で手掌と足底の汚れを拭きとり実施した。

握力は握力計（竹井機器社製）を用いて、利き手側と非利き手側をそれぞれ2回測定し、それぞれ最高値を採用した。測定方法は、握力計を把持した際に、近位指節間関節（PIP関節）が90度になるように調整して実施した。上肢は自然に下垂させ、握力計が身体や衣服に触れないように行い、握力計を振り回すといった行為のないようにした。また、筋疲労の影響を無くす為、左右交互に測定を実施した。

背筋力は背筋力計（竹井機器社製）を用いて、1回測定とした。測定方法は、体幹を約30度前傾した状態でグリップを順手で把持し、膝関節伸展位のまま真上に引き上げるようにして実施した。この際、体幹、膝関節が屈曲して行わないよう留意して実施した。握力、背筋力は多くの先行研究でBSVとの相関が報告されている。

30mダッシュは光電管Dashr Blue（Dashr-Motion Performance Systems社製）を用いて測定した。体の右側が進行方向となる横向きのスタンディングスタートにて実施した。30mダッシュで敏捷性の評価を行った。

背面メディシンボールスローは、メディシンボール3kg（LINDSPORTS社製）を用いて測定した。両踵をスタートラインに揃え背面方向に全力で投射し、飛距離を巻き尺

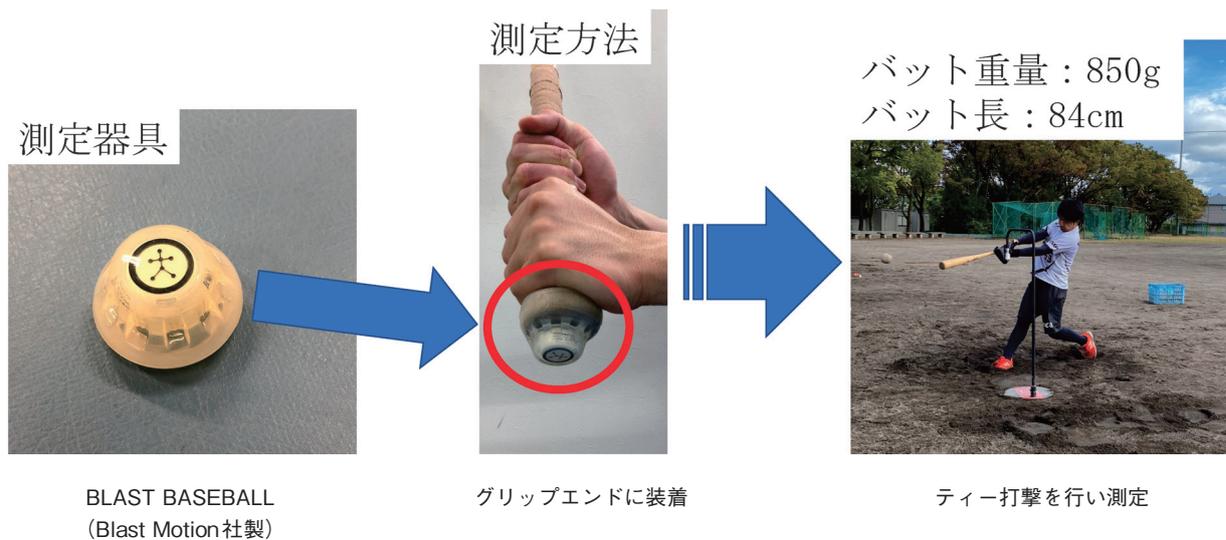


図1. BSVの測定器具および測定方法

表1. 各測定項目の測定データ

	Mean	SD
BSV(km/h)	105.2 ±	6.1
身体データ		
身長(cm)	173.5 ±	5.0
体重(kg)	73.0 ±	7.7
全身筋肉量(kg)	61.4 ±	4.8
上肢筋肉量(kg)	押し手側	3.3 ± 0.3
	引き手側	3.3 ± 0.3
下肢筋肉量(kg)	軸脚側	10.2 ± 0.7
	ステップ脚側	10.2 ± 0.7
体幹筋肉量(kg)	31.0 ±	2.6
体力データ		
握力(kg)	押し手側	47.1 ± 5.1
	引き手側	48.0 ± 5.5
背筋力(kg)	144.7 ±	20.9
30m ダッシュ(sec)	4.4 ±	0.2
背面メディシンボールスロー(m)	13.0 ±	1.5
立ち幅跳び(cm)	228.2 ±	30.9

表2. BSVと各測定項目の相関係数

	r	p-value
身体データ		
身長	0.344	0.002
体重	0.500	<0.001
全身筋肉量	0.542	<0.001
上肢筋肉量	押し手側	0.594 <0.001
	引き手側	0.495 <0.001
下肢筋肉量	軸脚側	0.512 <0.001
	ステップ脚側	0.491 <0.001
体幹筋肉量	0.526	<0.001
体力データ		
握力	押し手側	0.335 0.003
	引き手側	0.329 0.003
背筋力	0.396	<0.001
30m ダッシュ	-0.079	0.493
背面メディシンボールスロー	0.282	0.012
立ち幅跳び	0.147	0.198

にて計測した。測定は2回実施し、数値の大きい方を採用した。背面メディシンボールスローで全身パワーを評価した。

立ち幅跳びは、文部科学省の新体力テストの方法にならい測定を実施した。両つま先をスタートラインに揃え、両脚で同時に踏み切って飛距離を巻き尺にて計測した。測定は2回実施し、数値の大きい方を採用した。立ち幅跳びで下半身パワーを評価した。

統計解析はピアソンの積率相関係数を用い、有意水準を5%未満とした。

結 果

各項目の測定データを表1に記す。BSVと身体データの相関関係において、体重、全身筋肉量、両上肢筋肉量（押し手側、引き手側）、両下肢筋肉量（軸脚側、ステップ脚側）、体幹筋肉量との間に中等度相関を認めた（表2）。

BSVと体力データの相関関係において、両握力（押し手側、引き手側）、背筋力、背面メディシンボールスローとの間に弱い相関を認めた（表2）。

考 察

BSV と身体・体力データの特性を検討した。本研究において全身および全部位の筋肉量と BSV との間に有意な相関関係を認め、体重および除脂肪量の増加が BSV 増加につながるという笠原らの先行研究²⁾を支持する結果となった。部位別の筋肉量では、上肢筋肉量押し手側、下肢筋肉量軸足側、体幹筋肉量が BSV と高い相関係数を示した。筋電図にてバッティング動作の筋活動を調査した研究では、下肢筋の筋活動が高いことが報告されている⁴⁾。強い打球を打つためには、床反力を利用して得られる身体の運動量をバットへ伝えることが必要⁵⁾であり、軸足側の下肢の強い踏み込みによって床反力を得る事が重要であると考えられる。下肢、体幹の筋断面積と BSV の関連を調査した報告では、左右の内腹斜筋、捕手側の脊柱起立筋、捕手側の大腿四頭筋近位部中間部および左右のハムストリングス遠位部が BSV と関連しているとしている⁶⁾。これらから、本研究でも相関の認められた下肢筋肉量軸足側、体幹筋肉量さらに背筋力は BSV 向上に関与する可能性がある。上肢においては、BSV の速い選手はボールインパクト付近で押し手側の手関節の橈尺屈動作によってバットをコントロールさせることにより、手部からバットへと大きな力学的エネルギーを伝達させるとの報告がある⁷⁾。本研究においても上肢筋肉量押し手側、両握力は相関を認めている。下肢、体幹、上肢とエネルギーが伝達され、手関節の橈尺屈動作によって最後にバットヘッドを走らせる為に、上肢筋肉量押し手側、握力が重要となると考える。バッティング動作は、下肢、体幹の捻転、上肢から成る全身運動である。体力データの背面メディシンボールスローも BSV と相関関係を認めており、BSV 向上の為に全身筋肉量の増加に加

え、下肢、体幹、上肢の連動が重要であると考えられる。今後は、さらに n 数を増やし、多変量解析を実施して、BSV 向上の為に重要な要因を精査していきたい。

結 語

- 身体データにおいて、BSV と全身および全部位の筋肉量の間には中等度の相関を認めた
- 体力データにおいて、BSV と両握力、背筋力、背面メディシンボールスローの間に弱い相関を認めた
- BSV 向上の為に、全身の筋肉量増加に加え、下肢、体幹、上肢の連動が重要である

参考文献

- 1) 藤山雅洋ら：発達段階の異なる野球選手およびプロ野球選手のバットスイングの特徴, 野球科学研究, 2: 57-76, 2018
- 2) 笠原政志ら：大学野球選手のバットスイングスピードに影響を及ぼす因子, Strength & conditioning journal, 19 (6) : 14-18, 2012
- 3) Morishita Y, Jinji T : Accuracy and Error Trends of Commercially Available Bat Swing Sensors in Baseball. Sports. 10 (2) : 21, 2022. <https://doi.org/10.3390/sports10020021>
- 4) Shaffer B, et al. Baseball batting. An electromyographic study. Clin Orthop Relat Res. 292: 285-293. 1993.
- 5) 小田伸午ら：地面反力からみた野球のティーバッティング技術, 体育学研究, 36: 255-262, 1991
- 6) 谷中卓也ら：野球打者の下肢および体幹部の筋横断面積とスイングスピードとの関係, トレーニング科学, 32 (4) : 223-232, 2020
- 7) 川村卓ら：野球の打撃における上肢のエネルギーフロー：バット・ヘッドスピードの上位群と下位群のスイング局面の比較, 体育学研究, 64: 37-48, 2019

女子野球選手の投球動作における軸脚股関節角度と骨盤回旋角度について

橋本 留緒^{1), 2)}, 松井 知之^{1), 2)}, 平本真知子^{1), 2)}, 瀬尾 和弥³⁾, 東 善一¹⁾, 宮崎 哲哉^{1), 4)}, 松澤 寛大^{1), 4)}, 来田 宣幸⁴⁾, 森原 徹^{1), 2)}

1) 丸太町リハビリテーションクリニック

2) 洛和会京都スポーツ医科学研究所

3) 京都府立医科大学附属病院 リハビリテーション部

4) 京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科

はじめに

投球動作における並進運動時の骨盤早期回旋は、不良動作のひとつである。骨盤早期回旋をきたすと、肩関節水平外転角度や肘関節反ストレスが増大する。骨盤が早期回旋せず、体重移動が良好な選手は、軸脚股関節最大屈曲角度が大きいと報告されていることから¹⁾、骨盤早期回旋を防ぐためには、軸脚股関節運動に着目する必要がある。

近年、女子野球の競技人口は増加している。女子野球選手の球速は、男子野球選手の小学生高学年から中学生と同等とされている²⁾。女子選手の投球動作については、ステップ幅の身長比が男子選手では78%であるのに対し、女子選手では70%と低値を示すことや³⁾、Foot contact(以下FC)後にボールの位置が最も高くなる時に胸郭が男子選手よりも投球方向へ回旋しているという特徴が報告されている⁴⁾。しかしながら、女子選手の投球動作について、軸脚股関節角度と骨盤回旋角度に関する報告は乏しい。したがって、本研究の目的は、投球動作における軸脚股関節角度と骨盤回旋角度を男女で比較し、女子選手の投球動作の特徴を明らかにすることとした。

対象と方法

1. 対象

対象は男子大学野球投手11名(年齢 20.7 ± 1.1 歳, 身長 176.4 ± 5.2 cm, 体重 76.4 ± 9.5 kg)と女子プロ野球投手11名(年齢 23.2 ± 4.9 歳, 身長 165.6 ± 5.0 cm, 体重 63.5 ± 7.8 kg)とした。男子選手と女子選手で年齢に有意な差を認めなかったが、身長、体重は女子選手で有意に低値であった($p < 0.05$)。肩関節・肘関節痛を有し、全力投球のできない選手を除外した。

本研究は、洛和会倫理審査委員会の承認を得た(洛倫-01-000099)。対象には、事前に研究の目的および方法を十分に説明し、同意を得て実施した。

2. 投球動作の測定

対象には十分なウォーミングアップの後、3m前方に設置したネットに向かって全力投球を行わせた。対象の体表に39個の赤外線反射マーカーをplug in gait modelに従って貼付した。10台の赤外線カメラおよび2基の床反力計(BP6001200, AMTI, USA)で構成した三次元動作解析装置(VICON MX Vicon Motion Systems, UK)を用いて、投球動作を測定した。サンプリング周波数は500Hzとした。

算出項目は、軸足股関節最大外転時(以下最大外転時)とFC時での軸脚股関節外転角度、軸脚股関節屈曲角度、

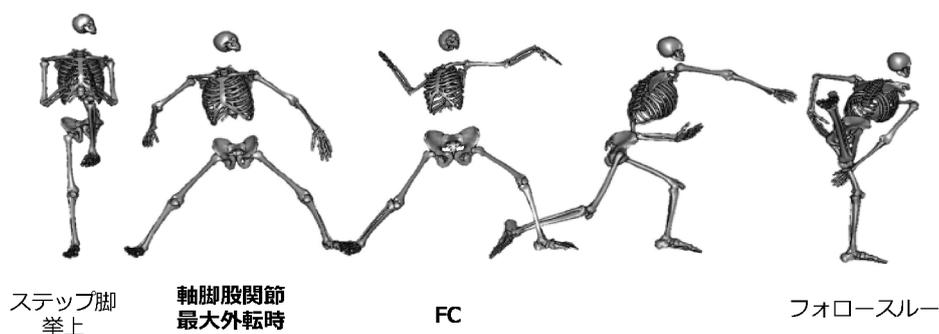


図1. 投球フェーズ

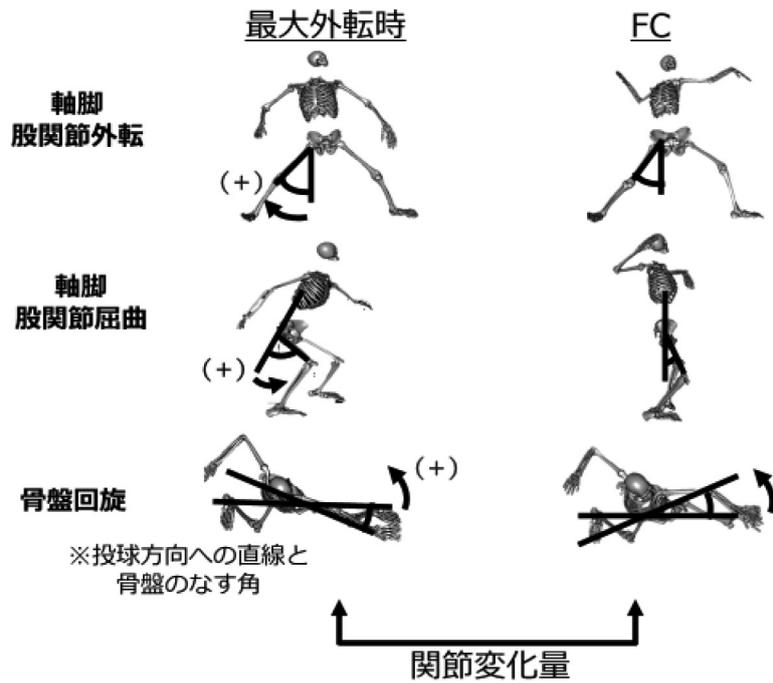


図2. 算出項目

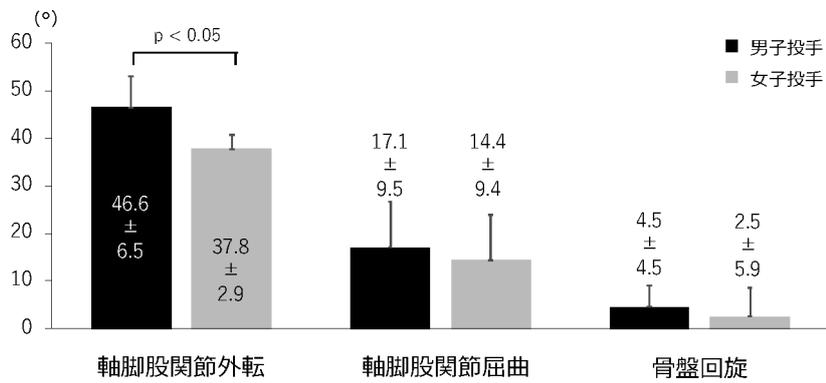


図3. 最大外転時の関節角度

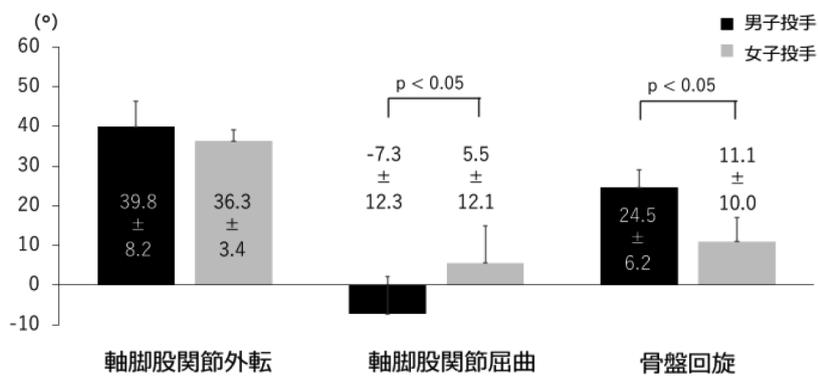


図4. FCの関節角度

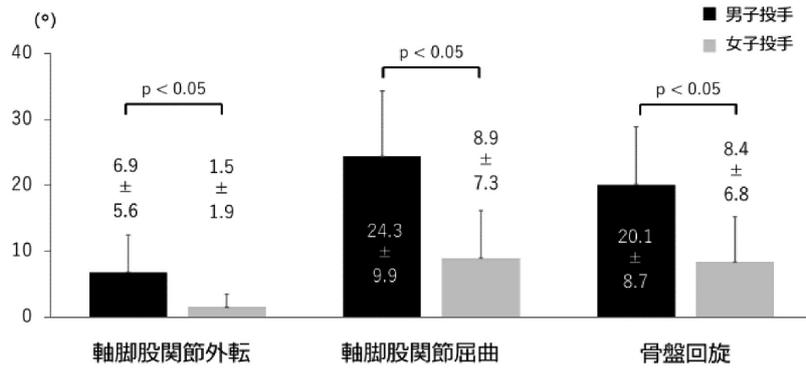


図5. 関節角度変化量

骨盤回旋とした(図1, 2)。また、最大外転時からFCまでの関節角度変化量を算出した。骨盤回旋角度は投球方向への直線と骨盤のなす角とした。

3. 統計学的解析

各項目について、Shapiro-Wilk 検定を用いて正規性を確認したのち、対応のないt検定を用いて男女間での比較を行った。有意水準は5%とした。

結 果

関節角度については、最大外転位で女子選手の軸脚股関節外転角度が有意に低値であった(図3)。FCでは、女子選手の軸脚股関節屈曲角度が有意に高値となり、骨盤回旋角度が有意に低値であった(図4)。関節角度変化量について、全項目で女子選手が有意に低値となった(図5)。

考 察

男子選手では最大外転時の外転角度が大きく、FCまでに股関節が伸展・内転運動することで骨盤が回旋する。一方で、女子選手では最大外転時の軸脚股関節外転角度が小さく、FCまでの軸脚股関節伸展・内転運動が小さいため、骨盤回旋角度も小さくなることを明らかにした。

並進運動時に軸脚股関節外転位をとるには股関節内転モーメントが必要となる⁵⁾。しかしながら、女子選手の下肢筋力は男子選手の6割程度であることから⁶⁾、女子選手では股関節内転筋の遠心性収縮による股関節外転保持が不十分であると考えた。

並進運動後半では、軸脚股関節の伸展運動が回旋運動のきっかけとなり、股関節伸展トルクによって骨盤が回旋す

るとされている¹⁾。女子選手では、最大外転時からFCまでの股関節伸展、内転運動が小さいことから、軸脚股関節が外転位のまま接地しており、それに伴い骨盤回旋が低値であったと考える。したがって、女子選手のパフォーマンス向上には、軸脚股関節外転角度の増大と、軸脚股関節外転位からの伸展動作の獲得を必要とする可能性がある。

結 論

女子野球選手の投球動作における軸脚股関節角度と骨盤回旋角度を検討した。女子選手では、股関節外転角度が小さく、外転位のまま接地するため、股関節伸展運動と骨盤回旋を生じさせにくい投球動作となっていた。

参考文献

- 1) 内田智也ら：投球動作のEarly Cocking期における軸足股関節の運動学・運動力学的特徴，日本臨床スポーツ医学会誌 25 (1)：16-23, 2017.
- 2) 水谷未来, 鈴木智晴ら：女子プロ野球選手における投球時の手指動作がボール速度およびボール回転数におよぼす影響，スポーツパフォーマンス研究 9：288-297, 2017.
- 3) Yungchien Chu, et al: Biomechanical Comparison Between Elite Female and Male Baseball Pitchers. Journal of Applied Biomechanics 25: 22-31, 2019.
- 4) 伊藤博一ら：女子野球選手の投動作における体幹回旋運動の特徴—体幹回旋運動と上肢投球障害—，日本臨床スポーツ医学会誌 12 (3)：469-477, 2004.
- 5) 瀬尾和弥ら：高校生野球投手における投球側下肢に着目した投球動作解析，日本臨床スポーツ医学会誌 21 (3)：618-622, 2013.
- 6) 平本真知子ら：女子野球選手の上肢スポーツ障害に対するリハビリテーション，Monthly book medical rehabilitation 239：19-26, 2019.

片側性分離症と比較した両側性分離症の 腰椎前弯角と分離部骨折線角度

松澤 寛大^{1), 2)}, 松井 知之^{1), 3)}, 東 善一¹⁾, 宮崎 哲哉^{1), 2)}, 平本真知子^{1), 3)}, 橋本 留緒^{1), 3)},
来田 宣幸²⁾, 森原 徹^{1), 3)}

1) 丸太町リハビリテーションクリニック

2) 京都工芸繊維大学大学院

3) 洛和会京都スポーツ医科学研究所

はじめに

腰椎分離症は、骨折部が両側または片側に生じる。両側性は分離すべり症¹⁾、片側性は両側性へ移行するリスクとなる²⁾。分離すべり症や両側性分離症への移行を防ぎ、スポーツ競技へ復帰するためには理学療法が重要である。

分離症に関連する身体的特徴として、分離症患者は健常者に比べて腰椎前弯角 (Lumbar Lordosis Angle : LLA) が増大している³⁾。LLA の増大は腰椎伸展に伴う関節突起間部への応力の増大につながり、分離症の発生リスクを高める可能性がある⁴⁾。また、分離症の画像評価の1つとして分離部骨折線角度 (Spondylolysis Fracture Angle : SFA) があり⁵⁾、SFA は非回旋競技に比べて回旋競技で有意に高値を示したと報告されている^{5), 6)}。有限要素法を用いた研究から⁵⁾、動作時の関節突起間部に加わる応力について伸展、回旋が高値を示し、伸展時の応力方向はその他の運動に比べて冠状断方向であったと報告されている⁵⁾。したがって、SFA は加わっていたメカニカルストレスを推測できる可能性があるとされている^{5), 6)}。しかしながら、われわれの知る限り、片側性と比較した両側性の LLA, SFA の特徴は明らかになっていない。これらが明らかになれば、理学療法を実施する際に有用な情報になると考える。そこで本研究の目的は、両側性分離症と片側性分離症の LLA と SFA を比較することとした。

対象と方法

2020年1月から2021年12月までに初診で当院を受診した腰椎分離症患者38例とした(平均年齢15.3 ± 1.9歳、男性32例、女性6例、L5は27例、L4は9例、L3は2例)。包含基準は、初回にCT画像と側臥位のX線画像を撮影し、整形外科医師によって病期が進行期または終末期と診断された患者⁶⁾とした。除外基準は、腰痛で他院の受診歴がある患者、腰椎分離症の再発患者、整形外科疾患の手術歴のある患者とした。CT画像を用いて、骨折部が両側に存在する群(両側群)と骨折部が片側に存在する

群(片側群)に分類した。

LLAは先行研究⁷⁾を参考に、側面X線画像を用いて測定した。まず、L1椎体上縁の接線とL5椎体下縁の接線を引いた。次に、それぞれの接線に対する垂線を引いた。2つの接線の交点が形成する鋭角をLLAと定義した(図1)。

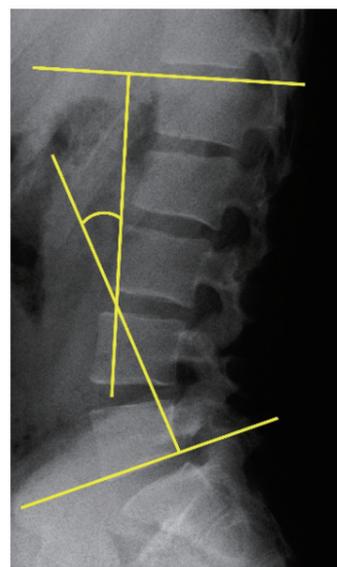


図1. 腰椎前弯角の測定方法

まず、L1椎体上縁の接線とL5椎体下縁の接線を引いた。次に、それぞれの接線に対する垂線を引いた。2つの接線の交点が形成する鋭角を腰椎前弯角と定義した。

SFAは先行研究⁵⁾を参考に、CT画像を用いて測定した。分離症は脊柱の尾側から進行するため⁸⁾、SFAは骨折線が明瞭に見える最尾側の水平断像を用いた。椎体後面との平行線と骨折線のなす角度をSFAと定義し、棘突起の方向を正の値とした(図2)。また、両側群のSFAは左右の平均値を採用した。

統計学的解析には、IBM SPSS Statistics Ver.28を使用した。両側群と片側群の年齢、LLA、SFAの比較にはStudent t-testを用いた。有意水準は5%とした。

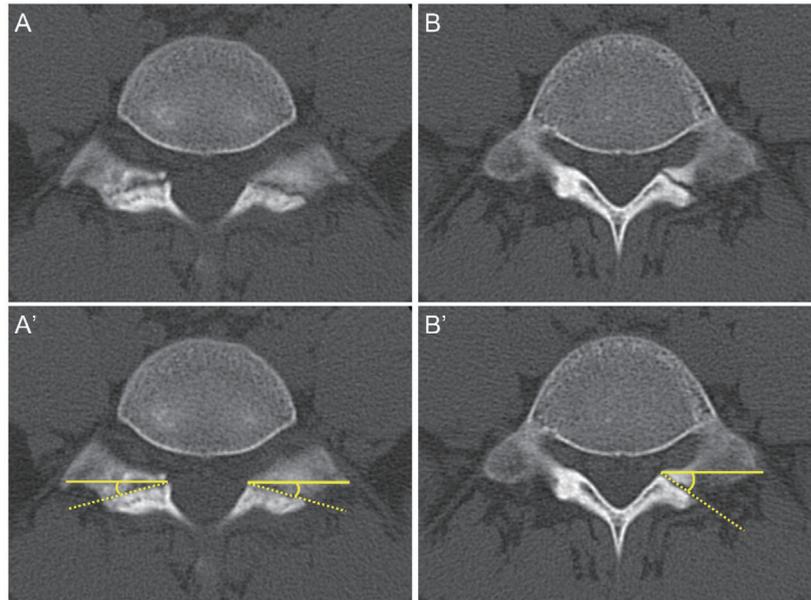


図2. 分離部骨折線角度の測定方法
 椎体後面との平行線（実線）と骨折線（破線）のなす角度を分離部骨折線角度と定義し、棘突起の方向を正の値とした。
 A, A' : 両側群. B, B' : 片側群.

結 果

両側群は23例（61%，平均年齢 15.0 ± 1.9 歳），片側群は15例（39%，平均年齢 15.8 ± 1.9 歳）であった。年齢に関して，2群間に有意差は認められなかった ($p = 0.23$)。競技種目に関して，両側群は，野球13例，サッカー4例，バレーボール3例，陸上1例，空手1例，バドミントン1例であった。片側群は，野球13例，バレーボール1例，陸上1例であった。

LLAは両側群が片側群に比べて有意に高値であった。SFAは両側群が片側群に比べて有意に低値であった（表1）。

表1.

	両側群	片側群	P値
腰椎前弯角 (°)	23.73 ± 9.20	19.99 ± 6.16	0.018
分離部骨折線角度 (°)	15.35 ± 8.2	22.44 ± 9.47	0.024

平均値±標準偏差

考 察

本研究から，LLAは両側群が片側群に比べて有意に高値であった。LLAの増大は腰椎伸展に伴い関節突起間部への応力の増大につながると報告されている⁴⁾。したがって，両側群では片側群に比べて伸展時に，両側の関節突起間部の応力を増大させていた可能性がある。

本研究から，SFAは両側群が片側群に比べて有意に低

値であった。先行研究から，伸展の応力方向は他の運動に比べて冠状断方向であったと報告されている⁵⁾。したがって，両側群では片側群に比べて伸展ストレスを過度に加えていた可能性がある。

本研究から理学療法を実施する上で，両側性では過度な腰椎前弯を改善する必要があると考える。また，分離症では，伸展と回旋ストレスを減らすことが重要であるが，両側性では伸展ストレス，片側性では回旋ストレスに着目する必要があると考える。今後は，下肢の影響を考慮するため立位でのアライメント評価が必要であると考え。加えて，身体機能や動作との関係も検討し，両側性と片側性が生じるメカニズムを検討する必要があると考える。

本研究の限界は3つある。1つ目は，後ろ向き研究であったため，基本的情報（身長，体重，競技側など）を十分に得られなかったことである。しかしながら，年齢は2群間で有意差が認められなかったことから，両側と片側が生じるメカニズムへの影響は小さいと考える。また先行研究より⁹⁾，野球選手では投球側と反対側に分離症が生じる割合が多いと報告されている。本研究結果では，野球選手の患者が両側群と片側群に存在していた。したがって，競技側（野球で例えるなら投球側のことを示す）のみで考えると両側性分離症のメカニズムを検討するには不十分であると考えられる。今後は，症例数を増やして競技種目や競技側に関して検討する必要があると考える。2つ目は，競技種目に偏りが生じたことである。しかしながら，同じ競技種目においても，両側性と片側性が存在していたため，競技種目の偏りは少ないと考える。3つ目は，両側性の患

者が片側性から移行したかどうかは不明であった。したがって、本研究では腰痛で他院の受診歴がない者を対象としたことでその要因を可能な限り除外した。

結 論

腰椎分離症において、両側性は片側性に比べてLLAが高値を示し、SFAが低値を示した。本研究結果より、腰椎分離症に対する理学療法は、両側性では片側性よりも過度な腰椎前弯を改善する必要があると考える。また、両側性では伸展ストレス、片側性では回旋ストレスに特に着目する必要があると考える。

参考文献

- 1) Cooper G: Non-Operative Treatment of the Lumbar Spine, 53 - 56, 2015, Springer, USA.
- 2) Sairyo K, et al: Athletes with unilateral spondylolysis are at risk of stress fracture at the contralateral pedicle and pars interarticularis: a clinical and biomechanical study, *Am J Sports Med*, 33 (4): 583 - 590, 2005.
- 3) Roussouly P, et al: Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L 5-s 1 isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis, *Spine*, 31 (21): 2484 - 2490, 2006.
- 4) Sugawara K, et al: Segmental Lordosis of the Spondylolytic Vertebrae in Adolescent Lumbar Spondylolysis: Differences between Bilateral L 5 and L 4 Spondylolysis, *Asian Spine J*, 12 (6): 1037 - 1042, 2018.
- 5) Sairyo K, et al: Spondylolysis Fracture Angle in Children and Adolescents on CT Indicates the Fracture Producing Force Vector : A Biomechanical Rationale, *Internet J Spine Surg*, 1 (2): 1 - 6, 2005.
- 6) Nagamoto H, et al: Rotation-related sports players demonstrate rotation-type lumbar spondylolysis fracture angle and decreased hip internal rotation range of motion, *J Orthop*, 28: 101 - 106, 2021.
- 7) Marty C, et al: The sagittal anatomy of the sacrum among young adults, infants, and spondylolisthesis patients, *Eur Spine J*, 11 (2): 119 - 125, 2002.
- 8) Terai T, et al: Spondylolysis originates in the ventral aspect of the pars interarticularis: a clinical and biomechanical study, *J Bone Joint Surg Br*, 92 (8): 1123 - 1127, 2010.
- 9) Yokoe, T.; Tajima, T.; Sugimura, H.; Kubo, S.; Nozaki, S.; Yamaguchi, N.; Morita, Y.; Chosa, E., Comparison of symptomatic spondylolysis in young soccer and baseball players. *J Orthop Surg Res*. 2020, 15, 378.

臨床現場で可能な簡易投球動作評価法

松井 知之^{1), 2)}, 東 善一²⁾, 瀬尾 和弥³⁾, 松澤 寛大^{2), 4)}, 宮崎 哲哉^{2), 4)}, 平本真知子^{1), 2)}, 橋本 留緒^{1), 2)}, 来田 宣幸⁴⁾, 森原 徹^{1), 2)}

- 1) 洛和会京都スポーツ医科学研究所
- 2) 丸太町リハビリテーションクリニック
- 3) 京都府立医科大学附属病院 リハビリテーション部
- 4) 京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科

1. はじめに

投球動作中における肩・肘関節へのメカニカルストレス増大の要因として、不良な投球動作が挙げられる。不良な投球動作に対し、医療従事者による動作指導によって、良好な治療成績を得ることが報告されている¹⁾。しかし、投球動作は、高速な動きであり、三次元的な観察（並進運動→回転運動→屈曲運動）、全身の評価（足、膝、股、骨盤、体幹、肩、肘、手）が必要であり、的確な評価を行うには、高度な専門性が要求される。今回、医療従事者が知っておくべき投球動作の基礎と臨床場面で簡易に評価できるファンクショナルスローイングテスト（Functional Throwing Test : FTT）を紹介する。

2. 投球動作の基礎

①投球動作中における下肢の運動力学^{2), 3)}

三次元動作解析装置を用いて、高校生投手9名の投球動作を解析した結果、軸脚では内転モーメントが最も高値を示した（図1）。ピークが出現する時期では、股関節伸展、股関節内転、膝関節伸展、足関節底屈モーメントにおいてフットコンタクト直前に高値を示した（図2）。つまりこれらの筋群によって、姿勢を制御し、特に股関節内転筋群による遠心性収縮が、重心の急激な落下を防止していると考え

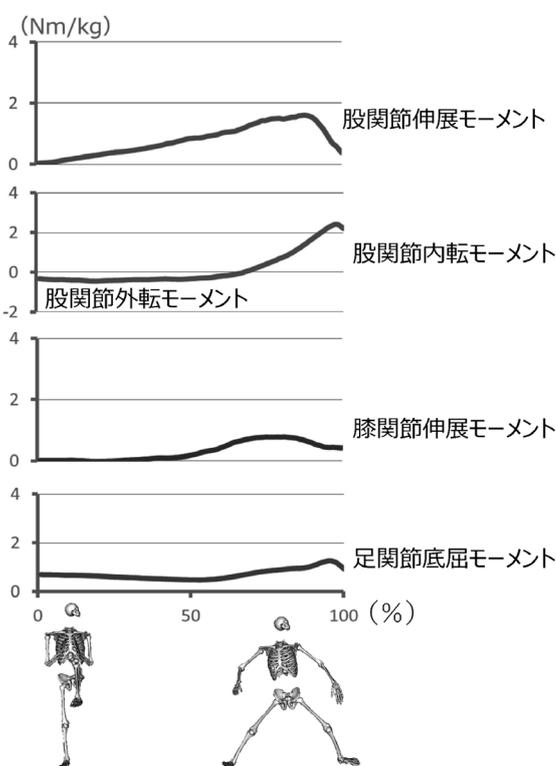


図2. ワインドアップ期からフットコンタクト期における軸脚関節モーメントの変化

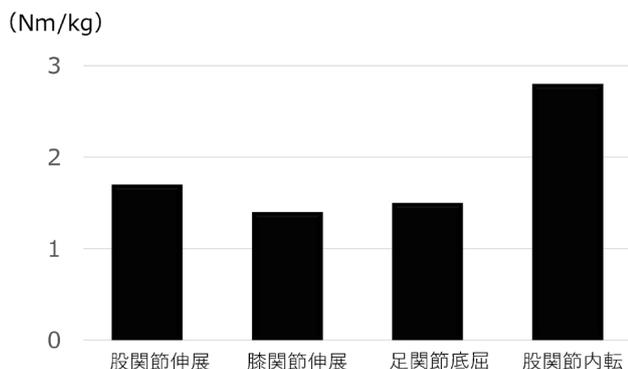


図1. 軸脚における投球動作中の関節モーメント最大値比較

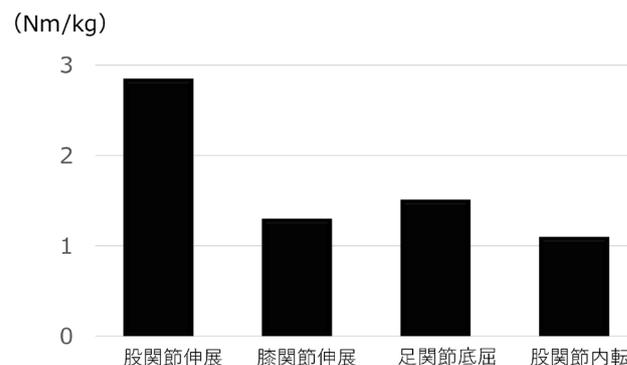


図3. ステップ脚における投球動作中の関節モーメント最大値比較

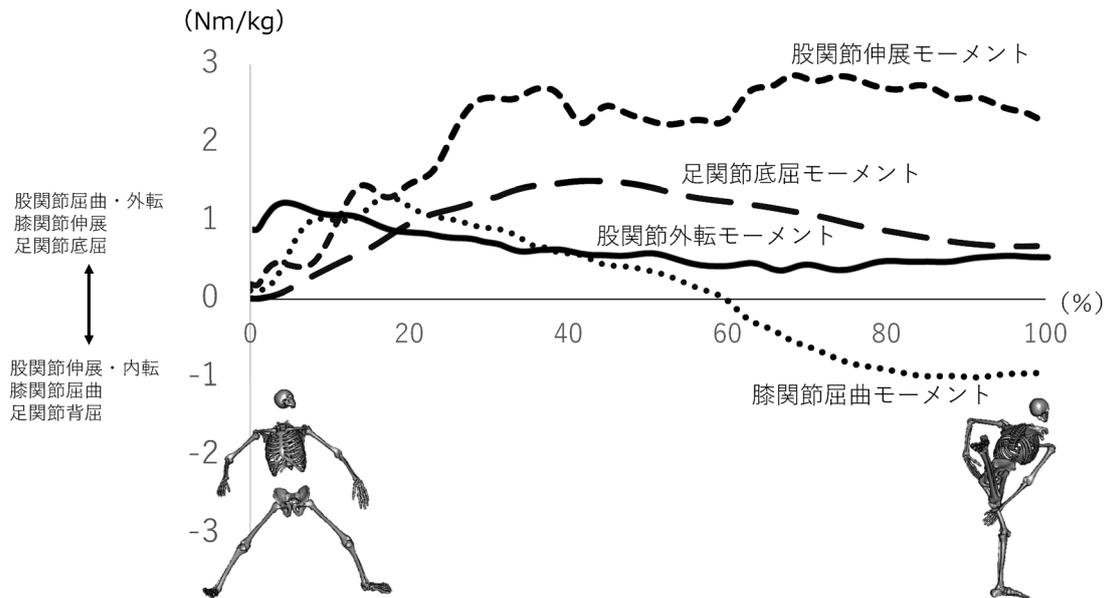


図4. フットコンタクト期からフォロースルー期におけるステップ脚関節モーメントの変化



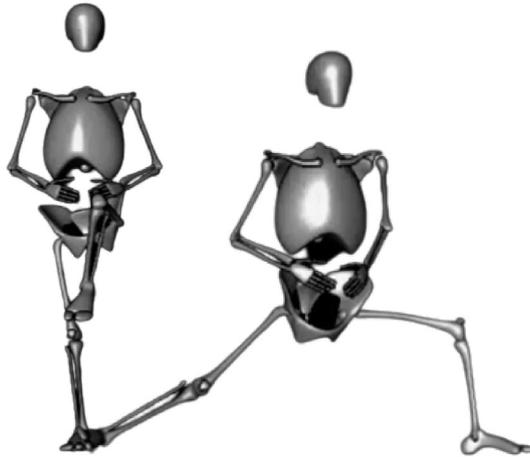
図5. 健常選手と障害選手における投球動作の違い

えられる²⁾。

一方ステップ脚では股関節伸展モーメントが最も高値を示していた(図3)。股関節外転、膝関節伸展、足関節底屈モーメントに関しては、接地直後にピークを迎えるが、股関節伸展モーメントに関してはフォロースルーまで高値のまま活動し続けている結果となった(図4)。股関節伸展筋群の筋収縮形態については、遠心性収縮(ブレーキ作用)から求心性収縮(駆動作用)、最後に遠心性収縮(ブレーキ作用)と複雑な収縮形態を示している。

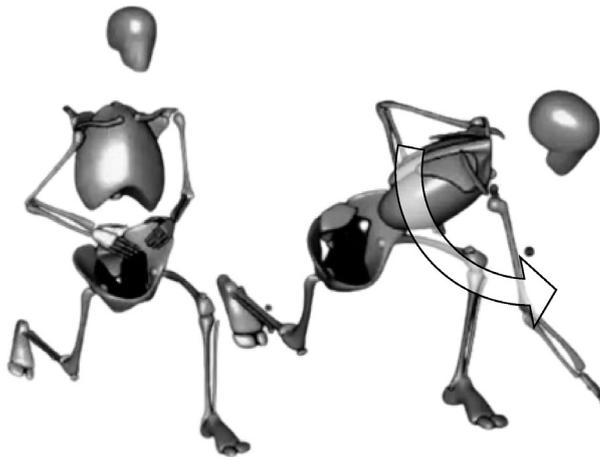
②投球障害選手における投球フォームの特徴(図5)⁴⁾

肘関節後方障害と診断された高校生投手9名と対照群として健常高校生投手16名に対し、全力投球を行わせ、三次元動作解析装置(VICON MX)を用いて解析した。その結果、障害選手では、セットポジションの開始時に軸脚の股・膝関節屈曲、足関節背屈角度が有意に高値であった。また非投球側最大挙上時、フットコンタクト時に体幹伸展位、肩関節最大外旋時に体幹側屈位の姿勢を認めた。フォロースルー時では、障害群において、投球側の股



1. 投球時と同様に、片足立ちを行う。
2. 投球時と同じ足幅で、足を投球方向に踏み出す。
3. 足尖は進行方向へ向ける。

図6. フットコンタクトランジの方法



1. 投球時と同じ足幅で下肢を前後に開く。
2. 投球側上肢を内旋、回内し、できるだけ遠くを中指でタッチする。
3. 膝が割れないように注意する。

図7. フォロースルーリーチの方法

関節、膝関節が有意に屈曲し、重心の前方移動が不十分であった。

3. FTTの紹介

投球動作中のフットコンタクト期では、軸脚筋群が最大値を示す。この時期に体幹の過度な回旋（体の開き）を生じると、肘関節への外反トルクが増大する⁵⁾。またフォロースルー期では、体重の80%程度の肩関節後方関節包への牽引ストレス⁶⁾を生じ、肩肘関節後方へのストレスが増大する。体幹回旋制限を生じると、上肢へのストレスがさらに増大し、障害のリスクにつながる可能性がある⁵⁾。

このフェーズの評価には、フットコンタクトを再現した、「フットコンタクトランジ」とフォロースルーを再現した「フォロースルーリーチ」を行う。

①フットコンタクトランジ（図6）

セットポジションの姿勢から開始し、投球時と同等の足幅で前方へ踏み込む。動作速度は、投球動作と同程度とする。

②フォロースルーリーチ（図7）

投球時と同等の足幅で下肢を前後に開き、投球方向へ回旋させ、足趾のラインに沿って、肩関節内旋、前腕回内位を取り、中指でできるだけ遠くの床面をタッチする。動作速度は3秒かけて実施する。

4. FTTの有用性：投球動作とFTTとの関連性 (表1)

投手 18 例（社会人野球投手 9 例と女子プロ野球選手 9 例）に対し、全力投球と FTT（フットコンタクトランジ、フォロースルーリーチ）を三次元動作解析装置で下肢・体幹関節角度を算出し、ピアソンの相関係数を用いて検討した。その結果、多くの項目で有意な相関を認め、FTT は投球動作を再現した評価法であった。特にフットコンタクトランジでは、windアップ期における軸脚膝関節屈曲角度、並進運動時の体幹後傾角度、フォロースルーリーチではステップ脚股関節内旋角度においては強い相関を認めた。

5. FTTの臨床応用

FTTでのチェックポイントでは、投球動作と関連が強い角度を中心に評価する。windアップ期（片脚立位時）では、軸脚膝関節屈曲、骨盤・体幹の後傾（図8）を評価する。この時期の姿勢の崩れは、障害選手におけるフォームの特徴であり、修正する必要がある。

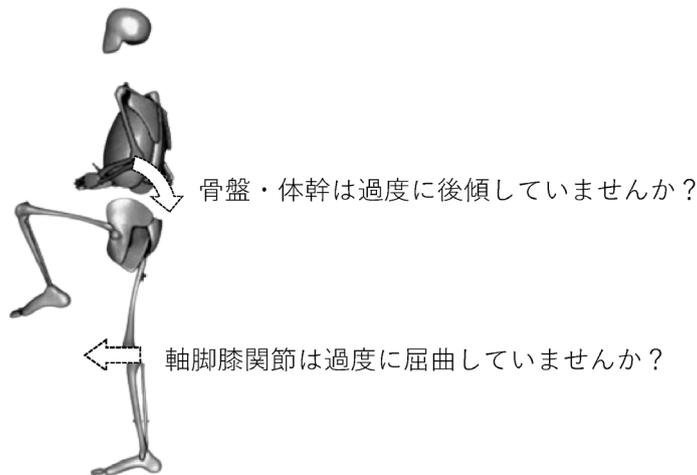


図8. フットコンタクトランジのチェックポイント1 片脚立ち

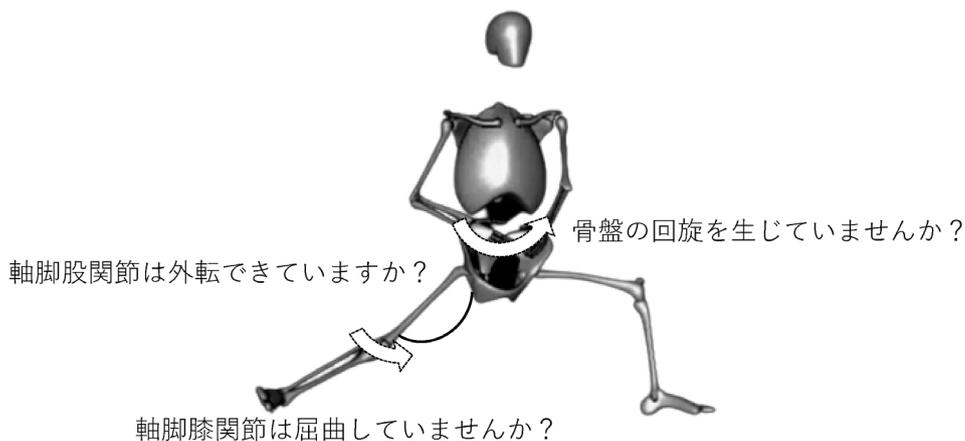


図9. フットコンタクトランジのチェックポイント2 並進運動

表1. 投球動作とファンクショナルスローイングテストとの関係

角度	相関係数	ファンクショナルスローイングテスト
windアップ		
膝関節屈曲	.76	
骨盤後傾	.55	
体幹後傾	.57	
アーリーコッキング		
膝関節屈曲	.59	フットコンタクトランジ
体幹後傾	.77	
フットコンタクト		
ステップ脚膝関節屈曲	.54	
軸脚股関節外転	.69	
骨盤回旋	.53	
フォロースルー		
ステップ脚股関節回旋	.92	フォロースルーリーチ
軸脚股関節伸展	.55	

並進運動時では、軸脚膝関節屈曲、体幹後傾、軸脚股関節外転、骨盤回旋を評価する（図9）。いずれの不良動作も早期回旋を引き起こす要因となるため、注意が必要である。

フォロースルーリーチでは、軸脚股関節伸展とステップ



図10. フォロースルーリーチのチェックポイント

脚股関節内旋を評価する（図10）。これらの制限をきたすと、重心の前方移動不足となり、障害のリスクが増大する。

6. おわりに

投球障害は、繰り返される不良な投球動作によって生じることが多い。リハビリテーションでは、患部の機能改善に加え、投球動作中に、どのようなメカニカルストレスが患部にかかっているのかを、全身から評価する必要がある。そのため、医療従事者であっても、投球動作の基本的な運動学、運動力学を理解し、選手の診療にあたる必要がある。

参考文献

- 1) 岩堀裕介ら：投球肩障害に対する投球フォーム矯正を中心とした保存療法の効果，肩関節，24：377-382, 2000.
- 2) 瀬尾和弥ら：高校生野球投手における投球側下肢に着目した投球動作解析，日本臨床スポーツ医学会誌，21：618-622, 2013.
- 3) 瀬尾和弥ら：実践！上肢投球障害に対するリハビリテーション 投球動作から考える投球障害アプローチ 投球動作評価法，MEDICAL REHABILITATION, 239：49-55, 2019.
- 4) 瀬尾和弥ら：肘関節後方障害を有する高校生投手の投球動作における下肢・体幹運動，運動器リハビリテーション，29：447-453, 2018.
- 5) Aguinaldo AL et al. : Correlation of throwing mechanics with elbow valgus load in adult baseball pitchers, Am J Sports Med, 37: 2043-2048, 2009.
- 6) Aragon VJ, et al. : Trunk-rotation flexibility in collegiate softball players with or without a history of shoulder or elbow injury, J Athl Train, 47: 507-513, 2012.

臨床現場での投球動作指導

柳田 育久

貴島会クリニック ダイナミックスポーツ医学研究所

はじめに

投球に伴う運動器障害（投球障害）の多くは肩・肘関節障害である。治療の過程で症状が軽減し投球を再開する際、肩・肘関節に力学的ストレスの少ない投球動作を獲得することは、再発予防の観点から重要である。当科では、投球障害を有する患者の治療手段として、投球動作の評価と介入を行っている。その方法、実際の症例について報告する。

投球障害とその要因について

投球障害の有する肩関節では、肩甲上腕関節のアライメント不良や牽引ストレスに伴う関節唇損傷、腱板損傷、インピンジメント症候群などが、肘関節では、肘外反ストレスに伴う肘内側部障害、外反伸展ストレスに伴う後側部障害などが代表的である。投球障害の要因について、馬見塚らは①投球数、②投球強度、③投球動作、④コンディショニング、⑤個体差を挙げている^{1), 2)}。それぞれの占める割合は、年代（骨年齢）や選手の活動レベル、ポジションにより異なる。しかし、どのカテゴリーにおいても不良な投球動作が、投球障害のリスクを上げることは言うまでもない。

投球障害の治療、再発予防のための投球動作指導

良い投球動作とはパフォーマンスの観点では、投手であれば速い球が投げられる、コントロールが良い、打たれにくい、キレがあるなどが現場で求められるものである。一方障害予防の観点では、運動効率が良く、肩・肘関節への力学的ストレスが少ないことが挙げられる。従来は、投球動作に介入するのは、指導者の役割と考えられ、医療機関が介入することは敬遠されてきた。しかし、スポーツ医学の進歩により、投球障害の病態がより明らかになり、パフォーマンスと障害予防の両立を目指すようになった。不良な投球動作に介入することは、一般的な運動器傷害の治療の中で、原因になる不良動作の修正を行うことと同様である。以上から、当科では理学療法士、トレーナーと連携しながら投球動作指導を行ってきた。但し、問題点とし

て、①動作解析装置の使用は、高額かつ評価に時間を要すること、②目視だけでは観察者の主観に依存することが挙げられる。当科の様な整形外科クリニックでは、安価な機材、短時間である程度の客観的な評価方法が求められる。

当科の投球動作評価

はじめに、投球動作を携帯電話やタブレット内蔵のカメラを用いて、正面（捕手側から撮影）、側面（右投手なら三塁側から、左投手なら一塁側から撮影）の二方向で撮影し、得られた動画（スローモーション動画）を元に、当科で作成した投球動作の評価項目（計7項目）（表1）を用いて点数化を行う。

表1. 当科の投球動作評価表

①	ステップ動作開始時に軸脚股関節がパワーポジションをとれている	並進運動
②	ステップ脚着地時に投球側肘の高さが肩-肩ライン上にある	
③	ステップ脚着地時まで、非投球側の肩の開きがない	
④	ボールリリースまで、投球側肘の高さが肩-肩ラインにキープされている	回転運動
⑤	ステップ後、ステップ脚の下腿が投球方向や左右に傾かない	
⑥	ボールリリース後ボディターンができていない	
⑦	ボールリリース後に、軸脚がステップ脚よりも投球方向に接地する	

投球動作は、並進運動と回転運動から構成されている。我々は並進運動を、投げたい方向に踏み出し腕を振り出す準備をする時期、回転運動は投げたい方向に回転し、合わせて腕が振られる時期と解釈している。この二つの運動が、正しい運動連鎖に従って遂行されることで、より満足するパフォーマンスと故障リスクの少ない投球動作になる。次に、評価項目に沿って投球動作を見る際に我々が注目しているポイントを一流投手の投球動作を参照しながら述べる（図1）。

効果的な並進運動を行う為に、軸脚股関節を働かせた動作が必要である³⁾。具体的には軸脚股関節はパワーポジ

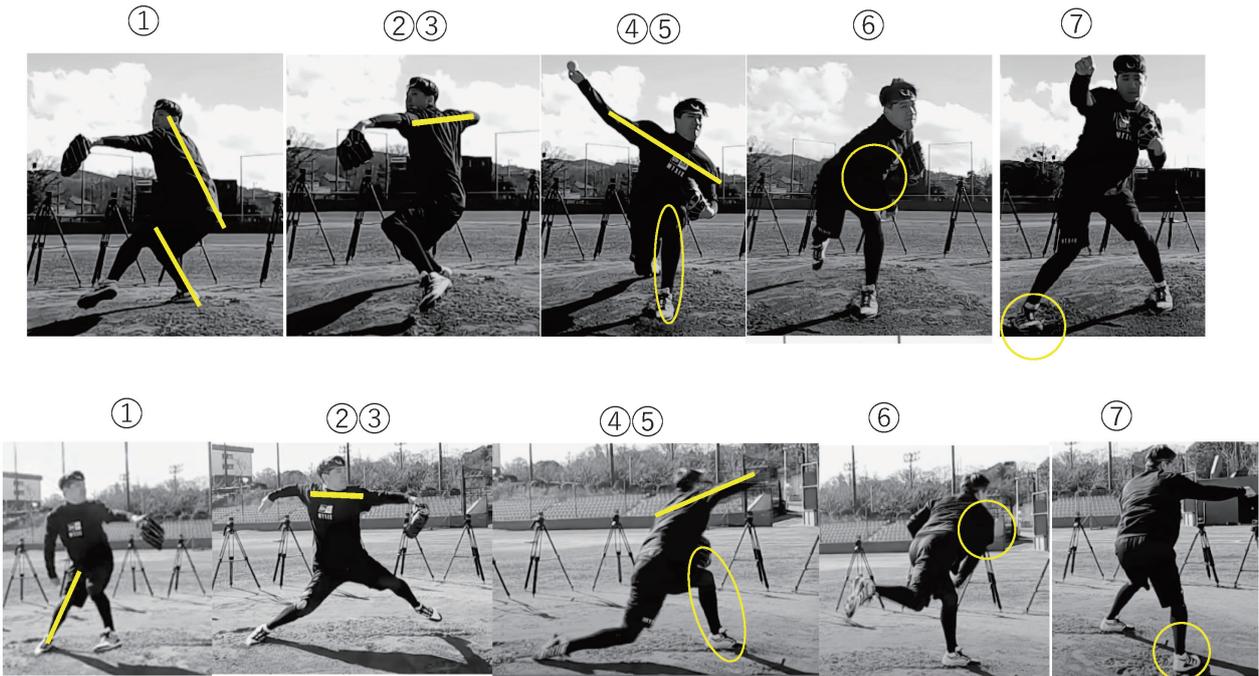


図1. 一流投手の投球動作

ションをとりながら (①), 骨盤を投球方向に移動させ、ステップ脚は骨盤の移動に遅れて引き出されることになる。所謂“ヒップファースト”は、結果としてみられる現象であり、ステップ脚臀部を先行させることを強調した動作ではない。一方で上肢は、非投球側の肩の開きを抑え (③), 回転運動が始まるまでに投球側肘を挙上しいわゆる“TOP”の位置を作ることが必要である (②)。続く回転運動では、ステップ脚下腿が投球方向や左右に傾かず (⑤), ステップ脚股関節を軸として骨盤が回転し、連動して体幹が回旋し、投球側肘が肩—肩ラインをキープしながら (④) 上肢が振られボールリリースを行う。また、ボールリリース後、急激に減速される上肢への力学的なストレスを減じるために、体幹が投球方向に十分に回旋 (ボディターン) すること (⑥) が必要で、投球方向に蹴り出された軸脚が最終動作でステップ脚よりも投球方向に接地 (⑦) することが望ましい。2011年に我々は、15項目からなる投球動作評価法を報告した⁴⁾が、より必須と考えられる項目を再検討し、今回の新たな評価項目を作成した。

投球動作に介入するタイミング

局所の理学所見の改善 (圧痛, ストレス痛, HERT など), 股関節, 肩甲帯を中心とした機能障害の改善 (CAT, HFT, 股関節内旋可動域制限など) を確認する。上腕骨小頭 OCD など画像所見の改善を必須とする疾患には、より慎重に対応する。次に当科で行っている代表的な投球動作改善に有用と考えているエクササイズについて述べる³⁾。エクササイズ I は投球動作介入前から、エクササイズ II は介入時に実施する。

投球動作改善の為のエクササイズ I

1. 軸脚股関節の動き作り (図 2-a)

ステップ脚股関節を屈曲し、軸脚でステップ台に片脚起立する。次に軸脚股関節を屈曲しながら、床面に接地する。軸脚股関節がパワーポジションをとる為の動き作りになる。

2. 軸脚股関節の動き作り (図 2-b)

両側大腿にチューブを巻き、軸脚股関節のパワーポジションを保ちながら側方にステップする。並進運動のための動き作りになる。

3. 胸郭の動き作り (図 2-c)

前後に開脚 (ステップ脚股関節・膝関節 90° 屈曲, 軸脚は立て膝) し、ボールやウォーターバッグを両腕で把持し、非投球方向に体幹を回旋する。ステップ時の体幹のねじれを意識する動作である。

4. ステップ脚股関節の動き作り (図 2-d)

ステップ脚で片脚起立し、ステップ脚股関節を中心に回旋する。ステップ脚股関節を中心にした回転運動を意識する動作である。

投球動作改善の為のエクササイズ II

1. 正面投げエクササイズ (図 3-a)

投球方向に正対して立ち、投球側上肢を TOP ポジションに置く。体幹を非投球方向に 90° 回旋してから、投球方向に回旋し上肢を振る。

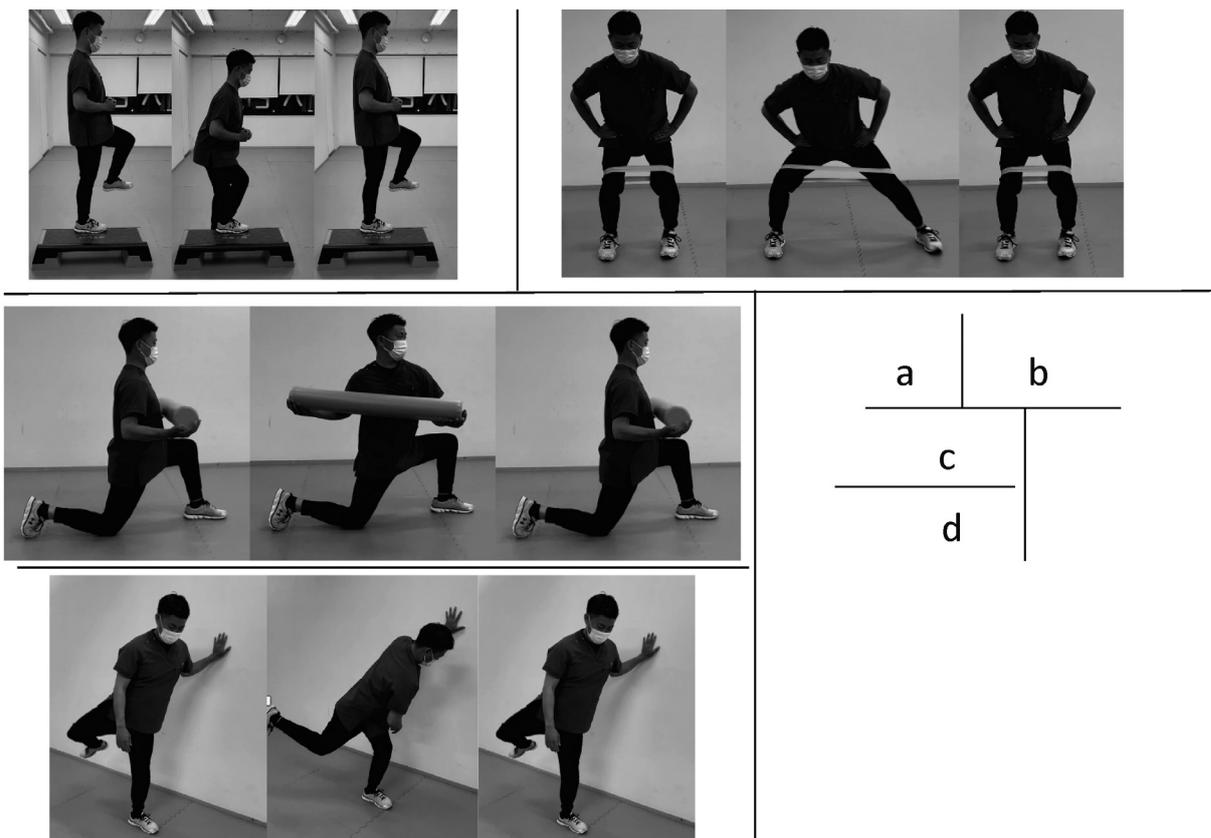


図2. 動作改善のためのエクササイズ I



図3. 動作改善のためのエクササイズ II

a. 外転型



b. 外旋型



図4. テイクバックのタイプ

2. 前後開脚投げエクササイズ (図3-b)

投球方向にステップ脚を出し、投球側上肢はTOPポジションに置く。軸脚からステップ脚へ体重移動しながら体幹を回旋して上肢を振る。

3. ステップ投げエクササイズ (図3-c)

投球側上肢をTOPポジションに置く。通常投球に近い動きで軸脚からステップ脚への並進運動と回転運動で上肢を振る。

4-1. テイクバック～外転型 (図4-a)

肩関節外転時に肘と前腕を同時に挙上する方法である。肘を挙げやすいことで肩甲骨上腕関節の良好なアライメント獲得しやすいとされている。

4-2. テイクバック～外旋型 (図4-b)

肩関節外転時に肘関節を先行しながら挙上する方法である。球速アップに有利とされているが、過剰な前腕回内が過剰な肩内旋を誘導し、結果肘が上がらず、肩甲骨上腕関節の不良なアライメントを誘導すると、障害リスクが上がる可能性がある。

テイクバックは、本人の感覚によるところが多く、介入が難しいと言われている。いずれの方法にせよTOPを形成する際の適切な肩甲骨上腕関節のアライメントが重要であることを強調したい。

症例供覧

16歳、捕手。ボールリリース時に右肘内側に痛みがあった。外反ストレステスト陽性。肩後方タイトネス、股関節内旋制限があった。MRIで鉤状結節に輝度変化が見られた(図5)。約3週間の投球禁止と、肩甲帯・股関節の可動域制限、機能障害に対して理学療法を行った。局所所見が改善し、投球動作指導を行った。介入時は、ステップ動作時に軸脚股関節のパワーポジションがとれておらず、ステップ脚着地時に非投球側の肩が開き、回転運動の間に投球側肘の高さが肩-肩ラインにキープされず、ステップ脚下腿は投球方向に傾き、ボデイターンも不十分であった。当



図5. 初診時のMRI画像
鉤状結節に輝度変化

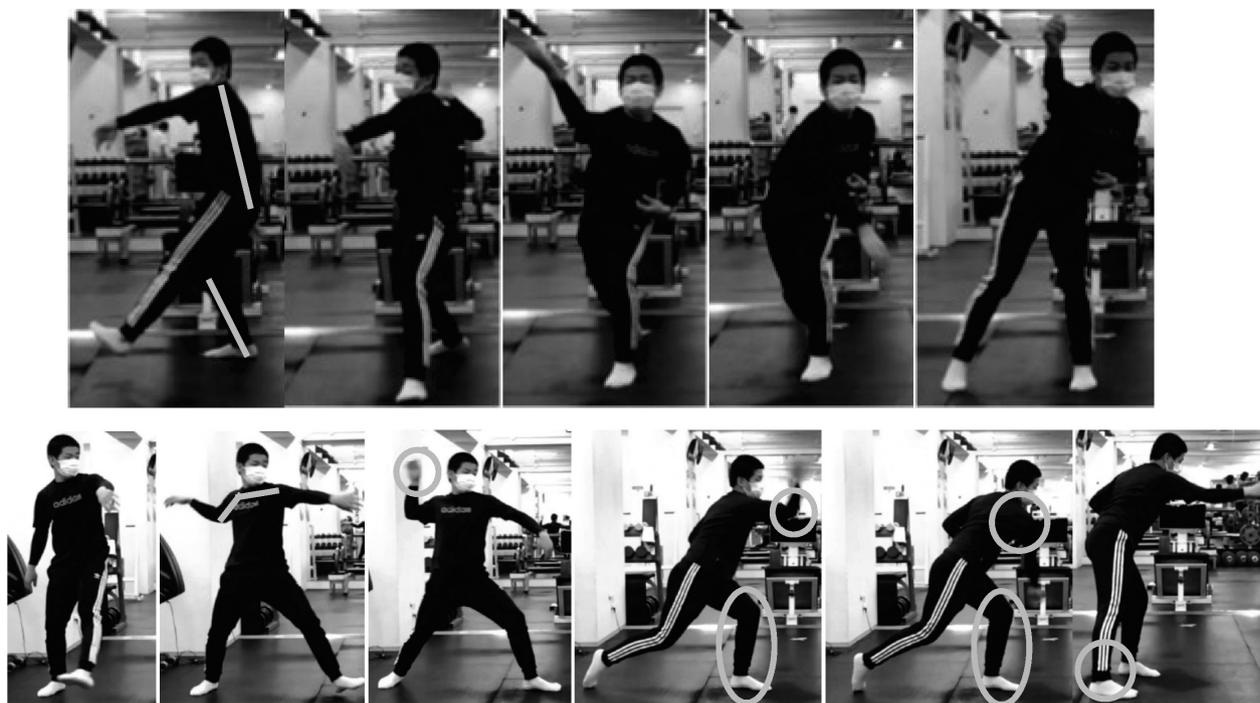


図6. 介入前

評価：①× ②× ③× ④× ⑤× ⑥× ⑦×



図7. 介入後

評価：①○ ②○ ③○ ④× ⑤○ ⑥○ ⑦○

科の評価法で、1点（7点満点）であった（図6）。投球動作介入後は、回転運動での投球側肘の高さはやや肩一肩ラインから逸脱しているものの概ね改善が見られ、6点であった（図7）（表2）。痛みなく、プレーが可能になった。

臨床現場での投球動作指導の問題点

供覧した症例のように、指導によって動作改善は得られるが、プレー時の投球動作との乖離が見られるケースも散見する。その理由として、シャドースローの評価であるこ

と、グラブやマウンドの影響を考慮できていないことなどが考えられ、臨床現場で行うことの限界である。しかし、プレー時の映像データを持参してもらうことで指導を行い改善できる場合もあり、選手との対話をしながら進めていくことが大切である。また投球動作が改善しても、球速が上がることで、力学的ストレスが増大し、かえって障害リスクが上がる場合があることに留意すべきである⁵⁾。

ま と め

1. 当科で行っている投球動作評価の方法、指導の実際について述べた。
2. 投球障害を有する患者に投球動作指導を行うことで、不良な投球動作の改善が得られ、良好な復帰を果たすこ

とができた。

3. 投球障害の予防・復帰を進める過程で、投球動作の評価・介入は重要である。

参考文献

- 1) 馬見塚尚孝: 投球障害と野球医学. Orthopaedics 30 : 25 - 31, 2017.
- 2) 安達玄ほか: 投球肩障害 私を考える発症メカニズム—投球障害リスクのペンタゴン. 関節外科40 : 6 - 11, 2021.
- 3) 前田健: ピッチングのメカニズムブック 理論編. ベースボールマガジン社, 2010, 東京.
- 4) 柳田育久ほか: 内側障害を有する野球肘患者に対する投球動作指導の試み. 関西臨床スポーツ医・科学研究会誌23 : 1 - 2, 2011.
- 5) 岩堀裕介: 医師が考える野球肩・野球肘に対する投球動作への介入. 臨床スポーツ医学 vol 39 (4) : 408 - 417. 2022.