

関西臨床スポーツ医・科学研究会誌

Journal of Kansai Clinical Sports Medicine and Science

2021 Vol. 30

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

2021 Vol.30

関西臨床スポーツ医・科学研究会

目 次

1. 大学男子バレーボール選手の姿勢変化に対する循環調節機能	中原 英博 他	3
2. 心肺運動負荷試験を用いた高強度インターバルトレーニングの 効果判定に関する検討	伊藤 剛 他	7
3. 女子大学生における低体重と口腔内局所免疫機能との関連	臼井 達矢 他	11
4. サージカルマスクが室内での有酸素運動に及ぼす影響	竹尾 萌子 他	17
5. 馬術競技のスポーツ損傷に関するアンケート調査	中久保拓哉 他	19
6. 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	吉田 平 他	23
7. 肩関節周囲炎における小円筋の安静および外旋時の形状変化	中山 昇平 他	27
8. 青年期野球選手における投球肩肘障害の有無と 身体機能評価の関連性について	安本 慎也 他	31
9. 甲子園出場レベルの成長期野球選手における肩関節機能の一考察	鎌苅 翔平 他	35

大学男子バレーボール選手の姿勢変化に対する循環調節機能

中原 英博¹⁾, 伊藤 剛²⁾, 宮本 忠吉^{2),3)}

1) 森ノ宮医療大学大学院 保健医療学研究科

2) 大阪産業大学大学院 人間環境学研究科

3) 大阪産業大学 スポーツ健康学部

1. 背景

起立時には重力による静水圧変化のため中心循環血流量が減少し、一時的に血圧低下が生じるが、動脈圧受容器反射によるフィードバック制御機能が働き、血圧が一定に維持されている。一方、持久性種目鍛錬者は、起立負荷に対する耐性が低いことが知られており¹⁾、その原因の一つとして、圧受容器反射の機能低下や、心室拡張期コンプライアンスの変化が関与していると考えられている^{1),2)}。また、抵抗性運動を継続して行っている運動選手は、起立負荷に対する耐性が優れていることが報告されており^{3),4)}、これらの要因として左室壁厚の増加による心室拡張期コンプライアンスの低下が考えられている。これらの結果から、日ごろのトレーニング習慣によってもたらされる循環調節機能の適応が、起立負荷に対する耐性に影響を及ぼしていることが示唆される。

また、先行研究において、身長が15cm増加すると収縮期血圧と拡張期血圧は、5と4mmHgそれぞれ増加することが報告されており、身長の高いものは、低いものと比較して静水圧の変化が大きいため、姿勢の変化に伴う血圧応答が大きいと考えられる^{5),6)}。

バレーボール選手は、他の競技種目と比較して頻繁に跳躍動作を繰り返し⁷⁾、高身長の手が多いため、起立負荷時などの姿勢変化に対して特有の循環調節機能の適応変化が生じていると推察される。しかしながら、バレーボール選手の心臓血管系の特性や姿勢変化に対する循環調節機能の適応変化について、詳細な検討は行われていない。

そこで本研究は、大学男子バレーボール選手を対象に、姿勢変化に対する血圧および心拍応答と身長との関連性を検討することを目的とした。

2. 研究方法

2-1. 対象

本研究の目的・方法・安全性の説明を行い、同意が得られた降圧治療薬を含む内服治療を行っていない大学体育会男子バレーボール選手11名(179.5 ± 10.8cm, 71.5 ±

11.6kg)を対象として行った。被験者は、実験の目的・測定項目・リスク等の説明を受け、森ノ宮医療大学倫理委員会(2021-066)で承認された書類のすべての内容を理解した上で実験参加に関する同意の署名を行った。被験者は、実験室入室後心電図用電極および血圧計カフを取り付け、チルト台において仰臥位で十分に安静にした後、以下の2条件を行い、心拍数および血圧反応を測定した。

2-2. 起立負荷試験

起立負荷試験は、チルト電動昇格式を用いて行った。被験者は、①5分間チルト台において仰臥位で安静にする(Rest条件)、②5分間の60°ヘッドアップチルト状態において仰臥位で安静にする(HUT60条件)の両条件を行った。6名の被験者は、Rest条件からHUT60条件の順序で、5名の被験者はHUT60条件からRest条件の順序で実施した。

2-3. 循環動態指標

循環動態指標は、心拍数(日本光電 BSM-2301)、血圧(ミナト医科学株式会社 EBP-330)によって評価した。それぞれの指標は、実験中連続的に測定記録した。心拍数は、各条件の最後の1分間のRR間隔をカウントし心拍数を算出した。また、血圧は30秒毎に計測し、最後の1分間の平均値をそれぞれの条件の測定値とした。

2-4. 統計処理

全ての測定値は、平均値 ± 標準偏差で表した。条件間(Rest条件とHUT60条件)の比較は、対応のあるt検定を用いた。変数間の関連性については、ピアソンの相関係数を求めて検討した。有意水準は、すべて5%未満とした。

3. 結果

起立負荷をかけた時の血圧と心拍数応答、そして起立負荷を解除した時の血圧と心拍数応答を図1に示した。血圧に関しては、起立負荷をかけた2分後に収縮血圧の低下と拡張期血圧が上昇する傾向が認められた。また、起立負荷

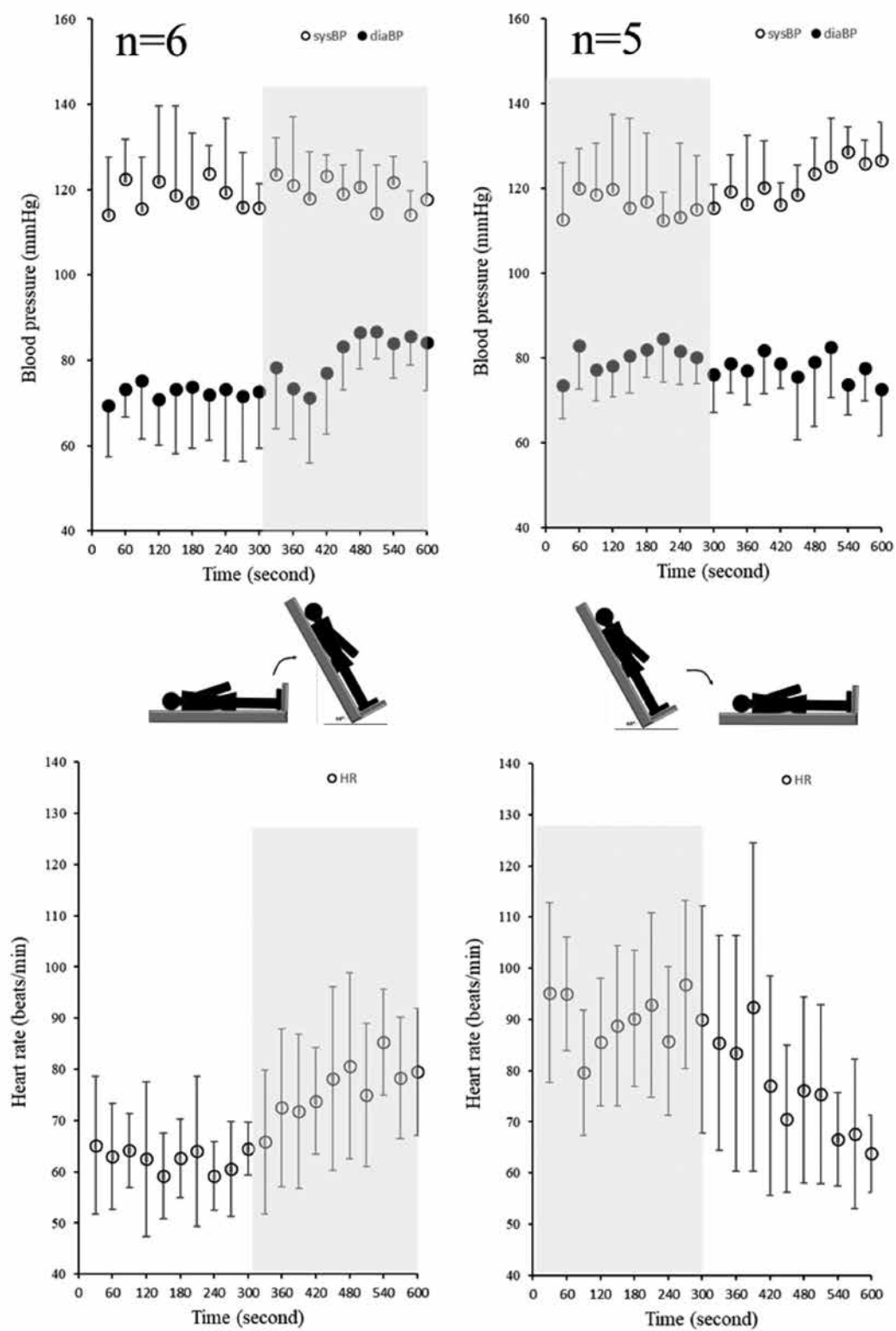


図1. 姿勢変化に伴う血圧および心拍数応答の時系列変化

を解除した（HUT60 条件→Rest 条件）2 分後に収縮期血圧の上昇と拡張期血圧が低下する傾向が認められた。心拍数に関しては、起立負荷をかけた2分後に心拍数が増加する、そして起立負荷を解除した2分後に心拍数が低下する傾向がそれぞれ認められた。

Rest 条件と HUT60 条件の最後の1 分間の血圧と心拍数を図2 と図3 にそれぞれ示した。HUT60 条件の拡張期血圧は、Rest 条件と比較して有意に高値を示した（ $p < 0.05$ ）。しかしながら、収縮期血圧は、両条件間で有意な差は認められなかった（図2）。心拍数は、HUT60 条件が Rest 条件と比較して有意に高値を示した（ $p < 0.05$ 、図3）。

Rest 条件と HUT60 条件間の収縮期血圧の差と身長の間には、有意な正の相関関係が認められた（ $p < 0.05$ 、図4）。

4. 考 察

本研究は、体育会に所属する男子バレーボール選手を対象に、姿勢変化に対する血圧および心拍応答を検討した。その結果、長期的にバレーボール競技に携わってきた選手は、起立負荷時に拡張期血圧および心拍数を増加させることで、動脈圧を維持する循環調節機能を有していることが明らかになった。また、バレーボール選手の姿勢変化時の血圧応答には、身長の差が影響していることが示唆された。

持久性種目鍛錬者は、起立負荷に対する耐性が低いことが報告されている¹⁾。Sugawara らは⁴⁾、持久性種目鍛錬者を対象に起立負荷時の血圧応答を検討した結果、起立負荷時に拡張期血圧と平均血圧に変化がないに関わらず、収縮期血圧が有意に低下することを報告している。Levin らは¹⁾、持久的トレーニングを行ってきた運動選手は、心室

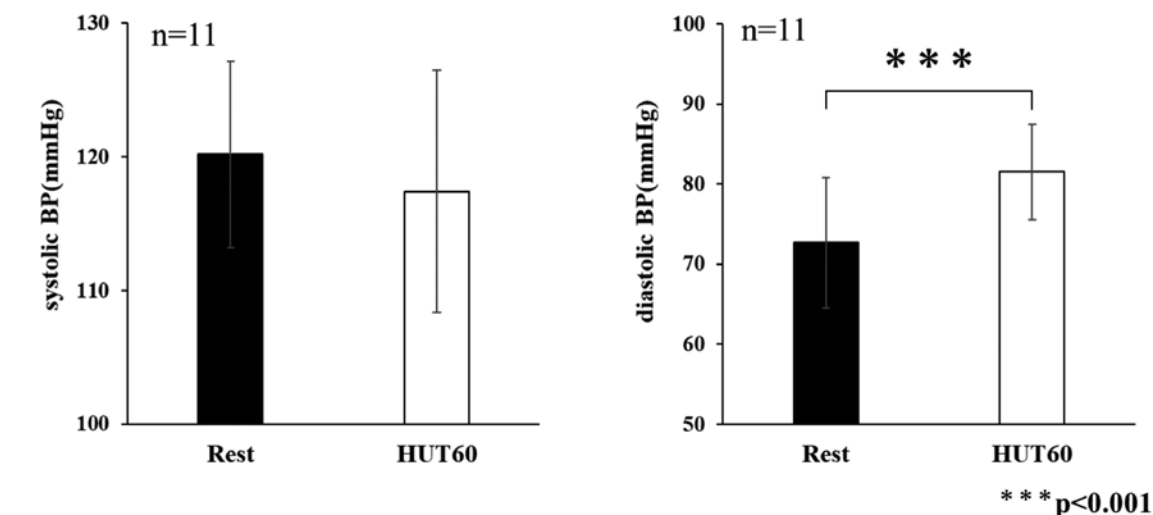


図2. 安静臥床時（Rest）と60度起立時（HUT 60）の血圧

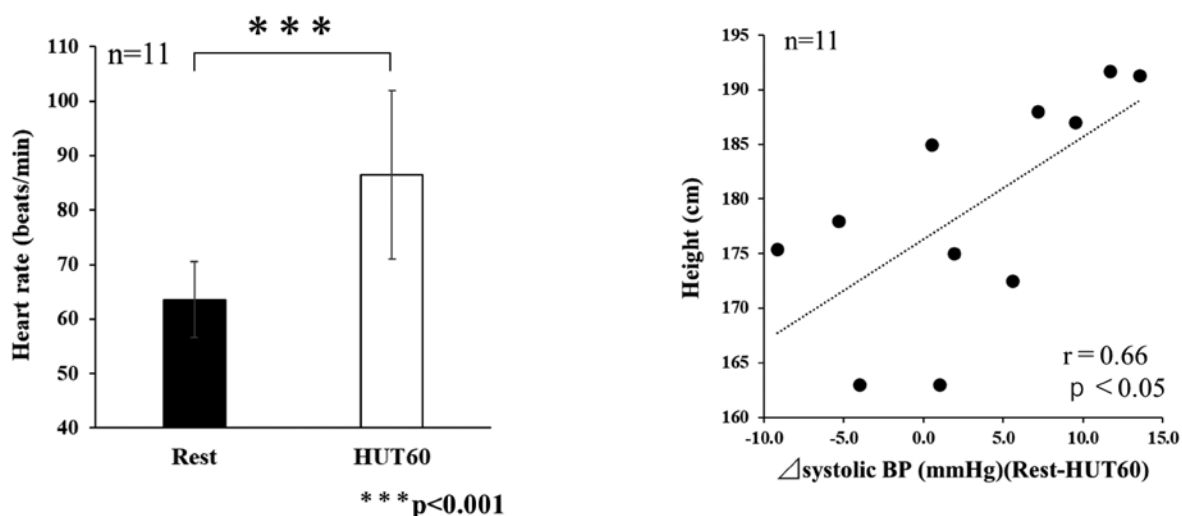


図3. 安静臥床時（Rest）と60度起立時（HUT 60）の心拍数

図4. 安静時および起立時の収縮期血圧の差と身長との相関関係

拡張期コンプライアンスが増加することによって、起立負荷時に一回拍出量が低下することが、起立性低血圧を引き起こす要因の一つであることを示唆している。一方、抵抗性運動を継続して行っている運動選手は、起立負荷時に平均血圧が有意に上昇することが知られている⁴⁾。高強度での抵抗性運動は繰り返し血圧の上昇を引き起こし、その結果左室壁厚が増加することが報告されていることから²⁾、この要因が心室拡張コンプライアンスを低下させ、抵抗性運動を繰り返し行っている運動選手の優れた起立負荷時に対する耐性に寄与していると考えられる⁴⁾。バレーボール選手は、頻繁にジャンプ動作を繰り返し行っているため、無酸素性作業能力が優れていることが知られている⁷⁾。バレーボール選手の心臓の形態および機能に関する報告は少ないが、Zacher らは⁸⁾、女性を対象にした横断研究において、非鍛錬者と比較してバレーボール選手は、左室壁厚および左室重量が増大していることを報告している。それゆえ、本研究に認められたバレーボール選手の起立負荷時の血圧応答には、バレーボール競技を長期間続けたことによって得られた心臓の適応特性が関与していると推察される。また、バレーボール競技において、コート内を繰り返し疾走する能力、ブロックやスパイク時の跳躍動作の頻度は、ポジションによって異なることが考えられ、それらのポジションの違いによる適応の違いも考慮に入れる必要がある。しかしながら、本研究においては、バレーボール選手の心臓の形態および機能の測定、そしてポジション別の比較を行っていないため、今後更なる研究が必要である。

Voors らは⁵⁾、身長が15cm 増加することで、収縮期血圧が5mmHg、そして拡張期血圧が4mmHg それぞれ増加することを報告している。また、起立負荷に対する耐性の低さは、身長の高さと関係性が高いことも報告されている^{9), 10)}。それゆえ、身長の高いものは、身長の低いものと比較して、姿勢変化にともなう静水圧の変化が大きいため、起立負荷に対する耐性が低くなると推察される⁶⁾。本研究の結果、起立負荷時の収縮期血圧の低下量と身長には有意な相関関係が認められた。本研究結果は、先行研究の見解を支持するものであり、バレーボール競技を長期間続けた選手においても、起立時に生じる収縮期血圧の低下には、身長の高さが影響することが明らかになった。これらの結果から、バレーボール競技を行っている身長の高い選手は、身長の低い選手と比較して、起立時に低血圧を引き起こす危険性が高く、より注意が必要であると考えられる。

本研究の限界は、他の競技種目選手や一般大学生との比

較を行っていないことである。バレーボール選手の循環調節機能をさらに明らかにするために、同一の方法と測定項目を用いて、他の競技種目選手との比較を行う必要がある。

5. 結 論

バレーボール選手は、起立負荷に対して、心拍数および末梢血管抵抗を増大させることで動脈圧を高く維持する循環調節機能を有していることが明らかになった。また、バレーボール選手の起立負荷時の血圧応答には、身長の影響しており、高身長の選手は起立負荷時に低血圧を引き起こす危険性が高いことが示唆された。

参考文献

- 1) Levine BD et al. Left ventricular pressure-volume and Frank-Starling relations in endurance athletes. Implications for orthostatic tolerance and exercise performance. *Circulation* 84: 1016 - 1023, 1991.
- 2) Pluim BM et al. The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation* 101: 336 - 344, 2000.
- 3) Lightfoot JT et al. Resistance training increases lower body negative pressure tolerance. *Med Sci Sports Exerc* 26: 1003 - 1011, 1994.
- 4) Sugawara J et al. Impact of chronic exercise training on the blood pressure response to orthostatic stimulation. *J Appl Physiol* (1985). 2012 Jun; 112 (11): 1891 - 1896.
- 5) Voors AW et al. Relation of blood pressure to stature in healthy young adults. *Am J Epidemiol* 1982 115: 833 - 840.
- 6) Arvedsen SK et al. Body height and blood pressure regulation in humans during anti-orthostatic tilting. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2012 Apr 15; 302 (8): R 984 - 989.
- 7) Popadic Gacesa JZ et al. Maximal anaerobic power test in athletes of different sport disciplines. *J Strength Cond Res*. 2009 May; 23 (3): 751 - 755.
- 8) Zacher J et al. Cardiac adaptations in elite female football- and volleyball-athletes do not impact left ventricular global strain values: a speckle tracking echocardiography study. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2020 Jun; 36 (6): 1085 - 1096.
- 9) Ludwig DA et al. Mediating effect of onset rate on the relationship between +Gz and LBNP tolerance and cardiovascular reflexes. *Aviat Space Environ Med*. 1998 Jul; 69 (7): 630 - 638.
- 10) Pavy-Le Traon A et al. Contributory factors to orthostatic intolerance after simulated weightlessness. *Clin Physiol*. 1999 Sep; 19 (5): 360 - 368.

心肺運動負荷試験を用いた高強度インターバルトレーニングの効果判定に関する検討

伊藤 剛¹⁾, 中原 英博³⁾, 澤井 亨²⁾, 仲田 秀臣^{1),2)}, 大槻 伸吾^{1),2)}, 宮本 忠吉^{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) 森ノ宮医療大学大学院 保健医療学研究科

1. 背景・目的

近年、高強度インターバルトレーニング(HIIT)がアスリートのみならず心臓疾患等の患者に対しても効率的に呼吸循環機能を向上させる効果が報告されており¹⁾、我々の研究では週1回という低頻度のHIITであっても同様の効果が得られることを実証している²⁾。通常、トレーニング効果の判定にはRamp負荷試験を用いて最大運動時の呼吸循環機能を評価するのが一般的であるが、Step負荷試験を用いれば、運動開始直後から疲労困憊に至るまでの呼吸循環応答のダイナミクスの評価が可能であり、これまでに知られていないトレーニング効果の判定に有益な情報が得られる可能性がある。そこで本研究では、Ramp負荷及び高強度Step負荷の2種類の運動負荷法を用いて、週1回の異なる強度でのHIITが最大運動時の呼吸循環応答のダイナミクス及び運動パフォーマンスに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

1) 被検者

被検者は、運動習慣のある健康な男子大学生16人であった。被検者に対し、あらかじめ実験内容の説明を行い、実験及び測定の手順について理解を得ていた。また、潜在的なリスクについて十分な説明を行い、実験参加の意志を確認した上で同意書に署名を求めた。実験プロトコルは、大阪産業大学倫理委員会に提出され、承認を得ている。被検者を80%強度トレーニング群(TG_{80%}) (Age; 20 ± 1 years, Height; 170 ± 3 cm, Weight; 64 ± 7 kg) と95%強度トレーニング群(TG_{95%}) (Age; 21 ± 1 years, Height; 172 ± 4 cm, Weight; 90 ± 16 kg) の2群に振り分けた。

2) トレーニングプログラム

両群に対して、HIITを自転車エルゴメーターを用い週1回、8週間実施した。トレーニング強度は、Ramp負荷

試験で求めた最大到達負荷量(WR_{max})をもとに、両群が用いる強度(80%WR_{max}または95%WR_{max}強度)を決定し、Step負荷運動を疲労困憊に至るまで継続させた。その後3分間の休息を挟み、計3セット行った。疲労困憊の判断は、ペダル回転数が60回転/分を維持できず、50回転/分を下回った時とした。

3) 実験プロトコル

両群に対し、8週間のトレーニング前後で、Ramp及びStep負荷運動中の呼吸循環動態および運動パフォーマンスの測定を行った。Ramp負荷試験は、無酸素性代謝閾値(VT)・呼吸性代償開始点(RCP)、最大酸素摂取量(V_{O2max})およびWR_{max}を求めるため、負荷量が1分間に30Wずつ増加するRamp負荷運動を用いて疲労困憊まで運動させた。高強度Step負荷試験は、運動開始前後の呼吸循環反応のダイナミクス、最大運動持続時間(Exhaustion time)を求めるため、両群が用いる強度(80%WR_{max}または95%WR_{max}強度)のStep負荷運動を用いて、疲労困憊に至るまでの運動を行わせた。

4) 測定装置と測定項目

すべての試験はコンピューター負荷制御式自転車エルゴメーター(232CXL, Combi Co, 東京)上で行った。試験中の酸素摂取量(V_{O2})、二酸化炭素摂取量(V_{CO2})、分時換気量(V_E)、一回換気量(V_T)、呼吸数(RR)を、呼吸ガス分析装置(ARCO2000-MET, Arcosystem, 千葉, 日本)を用いbreath-by-breath法にて測定した。心拍数(HR)は心電計(BSM 7201, 東京, 日本)を用いて、1拍毎に測定した。各実験の間、O₂、CO₂、流量信号及びHRは200 Hzで連続的に記録した。

5) 統計処理

全てのデータは平均±標準偏差で示し、呼吸変数とHRは運動プログラム中の10秒間の平均値で計算し、最大値を求めた。比較の目的に応じて、一元配置または二元配置分散分析(ANOVA)を各被験者の平均データを用いて実施した。統計的有意差は5%未満とした。

3. 結 果

図1はトレーニング前後のRamp 負荷試験時の V_{O_2} に対する V_E の応答を表す各トレーニング強度群の典型例を示している。トレーニング後のVT・RCPでの V_{O_2} の値および $V_{O_{2max}}$ は、強度差に関係なく同様に増加が見られた。

図2はトレーニング前後のRamp 負荷試験時の漸増負荷に対するHRの応答を表す各トレーニング強度群の典型

例を示している。トレーニング後の心拍応答はTG_{95%}にのみ、低強度から高強度にかけて高い値を維持し、最大心拍数(HR_{max})の増加が見られたが、TG_{80%}にはそのような変化は見られなかった。

表1は各強度でのトレーニング前後のRamp 負荷試験時のVT・RCPでの V_{O_2} の値と最大運動時の呼吸循環機能および最大運動パフォーマンスの結果を示している。トレーニング後のVT (TG_{95%}: +15%; $p=0.005$, TG_{80%}: +11%;

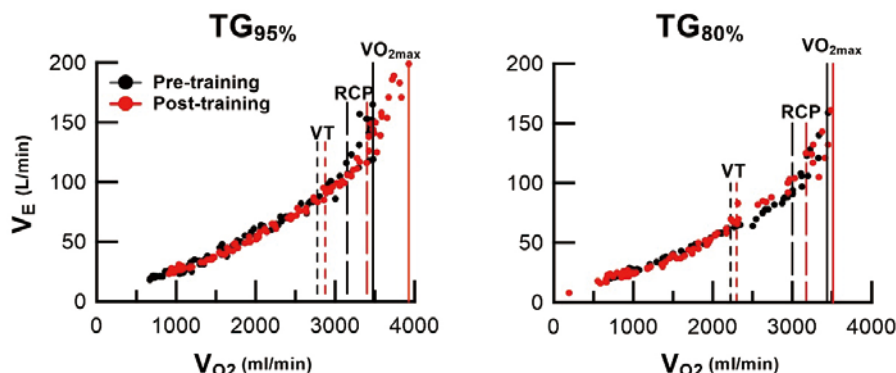


図1. トレーニング前後のRamp 負荷試験時の酸素摂取量に対する分時換気量の応答を表す各トレーニング強度群の典型例
 V_{O_2} , oxygen uptake; V_E , minute ventilation; VT, ventilatory threshold;
 RCP, respiratory compensation point; $V_{O_{2max}}$, maximal oxygen uptake.

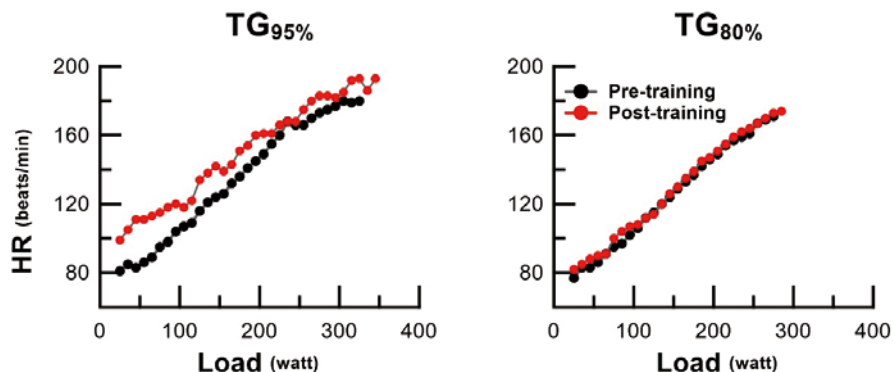


図2. トレーニング前後のRamp 負荷試験時の漸増負荷に対する心拍数の応答を表す各トレーニング強度群の典型例
 HR, heart rate.

表1. 両群におけるトレーニング前後のRamp 負荷試験時のVT・RCPでの V_{O_2} の値と最大運動時の呼吸循環機能および最大運動パフォーマンスの比較

		TG _{95%} (n = 8)		TG _{80%} (n = 8)	
		Pre	Post	Pre	Post
Ventilatory threshold					
V _{O2}	(ml/min)	2313 ± 593	2650 ± 497*	2450 ± 194	2725 ± 244*
Respiratory compensation point					
V _{O2}	(ml/min)	3250 ± 742	3638 ± 441*	3225 ± 120	3500 ± 250*
V _{O2max}	(ml/min)	3681 ± 754	4017 ± 464*	3493 ± 80	3715 ± 268*
VE _{max}	(L/min)	142 ± 30	168 ± 18*	138 ± 12	163 ± 11*
HR _{max}	(beats/min)	189 ± 9	198 ± 6*	186 ± 11	190 ± 10
WR _{max}	(watt)	291 ± 46	332 ± 45*	309 ± 24	333 ± 29*
Exhaustion time	(sec)	129 ± 20	244 ± 38*	326 ± 110	441 ± 123*

Vertical bars indicate ± SD. *P < 0.05 vs pre-intervention value. V_{O_2} , oxygen uptake; $V_{E_{max}}$, maximal minute ventilation; HR_{max}, maximal heart rate; WR_{max}, maximal work rate during ramp exercise test; Exhaustion time, time to exhaustion during step exercise test.

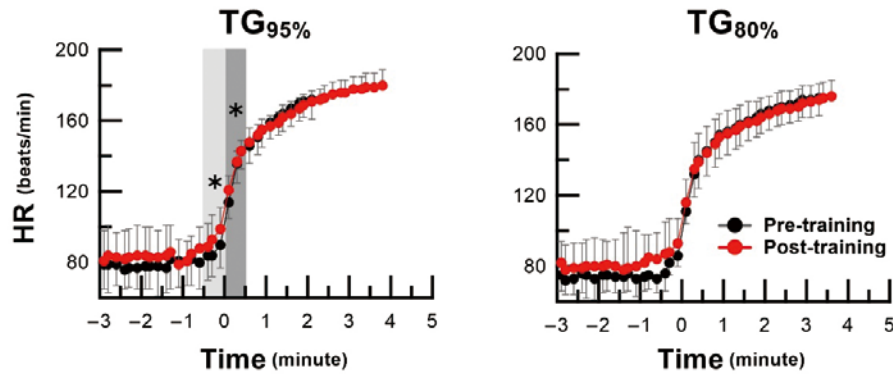


図3. 両群におけるトレーニング前後のStep負荷試験中の心拍数の経時的変化

* $P < 0.05$ vs pre-intervention value. HR, heart rate.

$p=0.008$)・RCP (TG_{95%}: +12%; $p=0.032$, TG_{80%}: +9%; $p=0.015$) での V_{O2} の値および V_{O2max} (TG_{95%}: +9%; $p=0.034$, TG_{80%}: +6%; $p=0.037$), V_{Emax} (TG_{95%}: +19%; $p=0.022$, TG_{80%}: +19%; $p=0.004$), WR_{max} (TG_{95%}: +14%; $p=0.001$, TG_{80%}: +8%; $p=0.001$) は、強度差に関係なく同様に増加した。しかし HR_{max} は、TG_{95%} にのみ有意な増加が認められ (TG_{95%}: +5%; $p=0.022$)、TG_{80%} にはそのような変化は見られず、トレーニング強度差による特性の違いが検出された。

図3はStep負荷試験中のHRの経時的変化をトレーニング前後で比較したものである。左図に示す心拍応答は、TG_{95%} のみ安静時のベースラインシフト (-30 - 0 sec: $P=0.015$) と、運動開始時の心拍反応の高速化 (0 - 30 sec: $P=0.027$) が認められた。しかし、TG_{80%} ではどちらの指標においてもそのような変化は見られず、TG_{95%} のHIITがトレーニング後の運動中の循環応答の適応変化を引き起こすことが認められた。

4. 考 察

本研究では、異なる強度での週1回のHIITが V_{O2max} (TG_{95%}: +9%, TG_{80%}: +6%) と WR_{max} (TG_{95%}: +14%, TG_{80%}: +8%) を強度差に関係なく改善することを実証した。これは、HIITにおける強度差の効果を比較した以前の研究と一致している³⁾。RampおよびStep負荷の両試験で見られた運動に対するHRの加速と HR_{max} の増加はTG_{95%} でのみ生じた。これらの結果は、運動中の循環系の中核および末梢自律神経調節におけるトレーニング適応に対する機

能的变化を意味する⁴⁾。これはトレーニング強度間でのトレーニング効果の差を説明するメカニズムの1つである可能性がある。実際にトレーニング後のStep負荷試験時の運動パフォーマンスにおいては強度差によるトレーニング効果の違いが認められた (Exhaustion time: TG_{95%}: +89%; $P<0.0001$, TG_{80%}: +39%; $P=0.006$)。また、Ramp負荷試験での運動パフォーマンスにおいてトレーニング効果の違いが検出されなかったことから、運動負荷の違いによってトレーニング効果の検出力に違いが生じることが示唆された。

5. 結 論

週1回のHIITの効果は、Ramp及びStep運動負荷試験の両者を用いることで、トレーニング強度による効果の差異や運動開始時の循環応答のダイナミクスに及ぼす効果の判定に有益な情報が得られる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) Monks L, Seo MW, Kim HB, Jung HC, Song JK. High-intensity interval training and athletic performance in Taekwondo athletes. J Sports Med Phys Fitness. 2017; 57 (10) : 1252 - 1260.
- 2) Nakahara H, Ueda SY, Miyamoto T. Low-frequency severe-intensity interval training improves cardiorespiratory functions. Med Sci Sports Exerc. 2015; 47 (4) : 789 - 798.
- 3) Matsuo T, Saotome K, Seino S, et al. Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on VO_{2max} and cardiac mass. Med Sci Sports Exerc. 2014; 46 (1) : 42 - 50.
- 4) Fadel PJ. Reflex control of the circulation during exercise. Scand J Med Sci Sport. 2015; 25: 74 - 82.

女子大学生における低体重と口腔内局所免疫機能との関連

白井 達矢¹⁾, 竹安 知枝²⁾, 永井 伸人³⁾, 織田 恵輔⁴⁾, 辻 慎太郎⁵⁾, 松尾 貴司⁶⁾

1) 大阪成蹊大学 教育学部

2) 芦屋大学 臨床教育学部

3) 東京未来大学 子ども心理学部

4) 大阪国際大学短期大学部 幼児保育学科

5) 神戸医療未来大学 人間社会学部

6) 湊川短期大学 幼児教育保育学科

1. 緒言

口腔内を健康に保つことは様々な疾病の予防となり、口腔機能低下をいかに防ぐことが出来るかが重要となっている。口腔機能低下の一要因として、唾液分泌量の減少や唾液免疫物質の分泌量の低下、唾液免疫機能の低下などが大きく関連している¹⁾。さらに口腔機能低下は、糖尿病やメタボリック・シンドロームなどの全身疾患との関連性も指摘されており、歯周病や口腔機能低下を介した心血管疾患の罹患を通して生命予後に関わることが近年多く指摘されている²⁾。また口腔機能低下は身体機能の低下や老化、虚弱の入り口とされ、見逃してしまうと徐々に不可逆的な老化やフレイル期に移り変わっていくとされている¹⁾。そうしたことから口腔内の健康を促進させることが健康の維持増進および疾病予防において極めて重要となる。

口腔内は外気にたえず曝露されていることから、細菌やウイルスなどの病原微生物が侵入しやすく、第一線の防御機構として機能する唾液免疫成分の働きが重要となる^{3), 4)}。我々は口腔内局所免疫機能である抗菌性ペプチド群の1つである Human- β -defensin-2 (以下 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、虫歯菌の発育抑制効果を弱めたりすることを報告してきた^{5), 6)}。HBD-2 は自然免疫に属し感染に対する第一線の防御機構として機能するだけでなく、自然免疫に続く獲得免疫系を活性化させる働きを有していることが報告されている^{7), 8)}。特に唾液 HBD-2 は上気道感染や口腔内免疫機能において重要な役割を担っており、気道上皮細胞や唾液腺から分泌され、ウイルスや細菌などに対する抗菌活動に大きく貢献している^{7), 8)}。また HBD-2 は生体が細菌や炎症性サイトカインに暴露された際に著しく誘導的に発現されることが報告されている^{9)~13)}。さらに精神的および身体的ストレスに伴う内因性グルココルチコイドの分泌量の増加に伴い、HBD-2 の発現が抑制されるグルココルチコイド依存メカニズムも報告されている¹⁴⁾。HBD-2 は、他の抗菌

性ペプチド群よりも約 10 倍の抗菌活性を有しており、さらには直接的な抗菌活性に加えて、自然免疫と獲得免疫反応との間の伝達においても重要な作用を持つことが認識されてきており、これらの分泌が口腔内局所免疫機能にとって非常に重要であるとされている^{12), 13)}。特に口腔内のように大気に曝露され細菌が豊富な環境下では、唾液 HBD-2 のような抗菌性ペプチド群の存在が生体防御に大きく寄与するため、唾液 HBD-2 に着目するのは口腔の健康を介した健康の維持増進において非常に有益なデータとなりうる。

また近年において若年女性の低体重や痩せが問題視されており、その頻度は諸外国と比べても比較的高いことが報告されている^{15), 16)}。なかでも 20 ~ 29 歳女性の「やせ」(BMI<18.5) の頻度は 1986 年度以降、約 30 年にわたり 20%前後で推移しており、30 歳代女性の約 15%、40 歳代女性の約 10%と比較して高い水準にある^{15), 16)}。こうした低体重や痩せの背景には、メディアの影響や他者との比較、誤ったボディイメージ観による痩せ願望が指摘されている^{17), 18)}。また低体重や痩せは、過度なダイエット行動の誘因ともなり、低栄養やエネルギー不足、主要な栄養不足状態は、貧血や生理不順、骨粗鬆症などのリスクを高めることも指摘されている^{15), 16)}。特に若年女性の低体重や痩せは、精神的ストレスとも大きく関連しており、拒食症などの摂食障害を招くリスクとなることも指摘されている^{17), 18)}。また近年においては、低体重や痩せの問題は身体的なリスクだけでなく、心理的ストレスを高めることも報告されており、心理的ストレスによる健康阻害も予測される^{15)~18)}。さらに減量や体重減少に伴い唾液中免疫グロブリン A の低下や、咽頭部痛、悪寒、倦怠感といった風邪症状の自覚症状が見られたと報告されており、減量や低体重は免疫機能を低下させる可能性があると指摘されている¹⁹⁾。

しかしながら我が国においては、肥満研究は進んでいるものの、痩身が美しいといった社会的風潮や低体重や痩せ、痩せ願望に伴う弊害に関する研究が少なく、低体重や痩せの問題が十分に理解されず、健康教育として正しいボディ

イメージ観を身につける取り組みがなされていない。

そこで本研究では、女子大学生の低体重と自律神経活動および心理社会的ストレスとの関連、さらには口腔内局所免疫機能との関連について検討することを目的とした。

2. 方法

2-1. 対象

対象はA大学に所属する女子学生265名（年齢 18.2 ± 0.36 歳，身長 157.7 ± 6.5 cm，体重 50.0 ± 5.11 kg）の内，BMIを算出し低体重（BMI18.5未満）に該当した低体重群78名（身長 160.3 ± 4.2 cm，体重 46.1 ± 2.75 kg，BMI 17.9 ± 0.56 ）と標準体重である標準体重群187名（身長 158.5 ± 5.3 cm，体重 51.6 ± 4.98 kg，BMI 21.0 ± 1.64 ）を対象とした。

本研究では、運動による高強度、高頻度のトレーニングや減量、低体重などが結果に影響することを考慮し、大学での部活動加入および運動習慣のない者を対象とした。さらに対象には、実験日の1か月前の期間、上気道感染症の罹患が無いこと、虫歯が無いこと、治療中でないことを事前に確認し、高血圧、心疾患などの循環器疾患、消化器疾患、炎症性疾患、内分泌疾患を有する者は含まれていないことを予め確認した。また心理的ストレスが抗菌性ペプチド群の発現に影響することから実験日から6か月間の間に身内などに不幸がなかった者を対象とした。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. 唾液採取

測定当日は、AM11:00に実験室に入室させ、口腔内のうがいと歯磨きを実施する。その後、60分間安静状態を保ち、PM12:00より唾液採取を実施した。唾液採取に関しては、自然誘発法とコットン法が多く用いられており⁶⁾、今回は安静時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を用いて行い、1分間で分泌される唾液を採取した。

2-3. 唾液分析

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HBD-2はELISA法（Human β -Defensin 2 ELISA Kit, Phoenix Pharmaceuticals Inc, Burlingame, CA）にて測定し濃度を算出した。さらに唾液HBD-2分泌量を算出するため1分間に分泌された唾液量と唾液HBD-2濃度の値を用いて算出した。

2-4. 安静時の自律神経活動の測定

自律神経活動の計測には、加速度脈波測定システム「アルテット」（株式会社ユメディカ社製）を使用し、示指に

て2分間（100拍）測定した。周波数は0.02～0.40Hzとし、高周波成分HF（high frequency: 0.15～0.50Hz）、低周波成分LF（low frequency: 0.02～0.15Hz）、LF/HF（low frequency/high frequency）に分類した。HFは副交感神経活動の指標とし、LFとHFの比（LF/HF）は交感神経活動（ストレス）の指標とした。

2-5. 心理社会的ストレス

心理社会的ストレスの測定にはSRS-18（Stress Response Scale-18）²⁰⁾を用いて実施した。SRS-18は18項目の質問から構成され、その程度を0～3点で評価する。得点は抑うつ・不安、不機嫌・怒り、無気力の3つの心理的反応の項目に分けられており、各項目の点数は0～18点、得られた点数から全体の合計得点を算出して総合的ストレス反応の得点として用いた。なおSRS-18では合計得点22点以上でストレスが高いと評価する。

2-6. 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。低体重群と標準体重群の2群間比較については対応のないt検定で分析した。さらに唾液HBD-2分泌量とBMI、自律神経活動および心理社会的ストレスとの相関関係については、Pearsonの相関分析を用いて検討した。なおt検定の効果量（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。この計算から得られる値は群ごとの平均値の差を標準化したものである。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を効果量大とする。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. 低体重群と標準体重群における唾液量および唾液HBD-2濃度、分泌量の比較

唾液量においては、低体重群 0.377 ± 0.049 ml/min、標準体重群 0.400 ± 0.059 ml/minを示し、低体重群において有意に低い値を示した（ $p < 0.05$, $d=1.13$ ）。唾液HBD-2濃度においては、低体重群 62.5 ± 11.4 pg/ml、標準体重群 86.4 ± 11.6 pg/mlを示し、低体重群において有意に低い値を示した（ $p < 0.05$, $d=0.68$ ）。唾液HBD-2分泌量においても、低体重群 20.3 ± 3.86 pg/min、標準体重群 32.7 ± 7.02 pg/minを示し、低体重群において有意に低い値を示した（ $p < 0.05$, $d=0.67$ ）（図1）。

3-2. 低体重群と標準体重群における安静時の自律神経活動の比較

安静時の自律神経活動（LF/HF）においては、低体重群 2.87 ± 0.58 、標準体重群 2.03 ± 0.63 を示し、低体重群

において有意に高い値を示した ($p < 0.05$, $d=0.53$)。 (図 2)

3-3. 低体重群と標準体重群における心理社会的ストレスの比較

SRS-18を用いた心理社会的ストレスにおいては、低体重群 24.1 ± 2.73 点、標準体重群 16.7 ± 8.25 点を示し、低体重群において有意に高い値を示した ($p < 0.05$, $d=0.64$)。 (図 3)

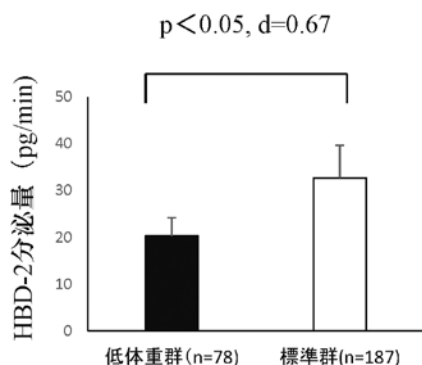


図1. 低体重群および標準体重群における唾液HBD-2分泌量の比較

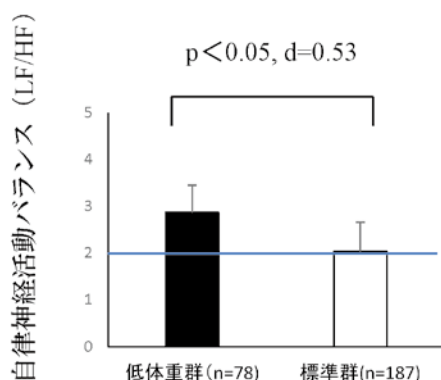


図2. 低体重群および標準体重群における安静時の自律神経活動 (LF/HF) の比較

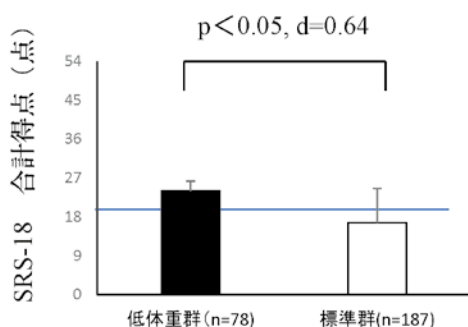


図3. 低体重群および標準体重群における心理社会的ストレスの比較

3-4. BMI と唾液 HBD-2 分泌量との関連

対象者全体のBMI と唾液 HBD-2 分泌量との関連においては、BMI が低下するほど、唾液 HBD-2 分泌量も低下する関係性が示された ($r=0.596$, $p < 0.05$)。 (図 4)

3-5. 安静時の自律神経活動と唾液 HBD-2 分泌量との関連

対象者全体の安静時の自律神経活動 (LF/HF) と唾液 HBD-2 分泌量との関連においては、安静時の交感神経活動が過剰な者ほど、唾液 HBD-2 分泌量が低下する関係性が示された ($r=-0.641$, $p < 0.05$)。 (図 5)

3-6. 心理社会的ストレスと唾液 HBD-2 分泌量との関連

対象者全体のSRS-18を用いた心理社会的ストレスと唾液 HBD-2 分泌量との関連においては、心理社会的ストレスが高い者ほど、唾液 HBD-2 分泌量が低下する関係性が示された ($r=-0.684$, $p < 0.05$)。 (図 6)

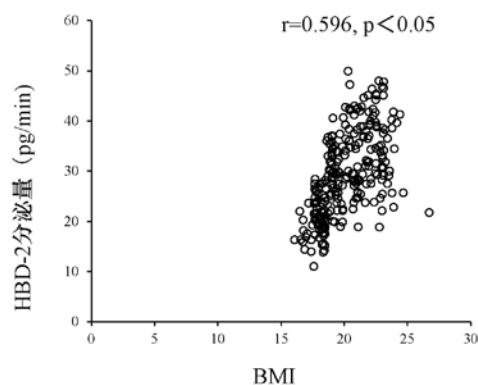


図4. BMI と唾液 HBD-2 分泌量との関連

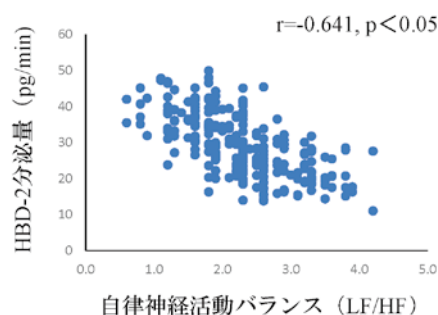


図5. 安静時の自律神経活動と唾液 HBD-2 分泌量との関連

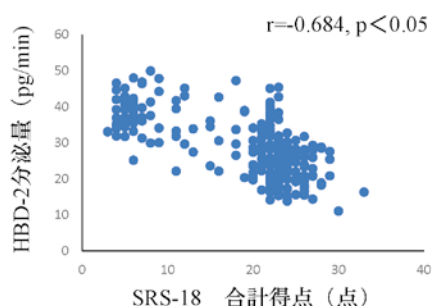


図6. 心理社会的ストレスと唾液 HBD-2 分泌量との関連

4. 考察

本研究では口腔内の健康が全身の健康や疾病に大きく関わることから口腔内局所免疫機能である唾液 HBD-2 に着目し、低体重や痩せとの関連について検討した。その結果、本研究において、低体重の場合は安静時の自律神経活動バランスの乱れや心理社会的ストレスが増大することが確認でき、さらに口腔内局所免疫機能である唾液 HBD-2 分泌量が少ないことと関連することが示された。

近年、抗菌性ペプチド群に関する研究報告が多くなされており、なかでも唾液 HBD-2 は唾液腺や気道上皮細胞から分泌され、口腔内の自然免疫として重要な役割を担っていることが明らかにされている^{4), 21)}。さらに我々は身体的ストレスに伴い、唾液 HBD-2 濃度が有意に低下すること、その低下とストレスホルモンであるコルチゾールが関連すること、そしてストレスに伴う低下が虫歯菌の発育抑制効果を減弱させることを報告してきた^{5), 6)}。また Nijnik らは、唾液中の HBD-2 は口腔内の防御機構として第一線に働き、その分泌量や濃度が高いほど、より強い抗菌活性を示し口腔内の健康状態に大きく貢献していることを報告している²²⁾。そうしたことから口腔内の健康を高めるためには唾液免疫成分の働きが極めて重要であり、唾液 HBD-2 などの抗菌性ペプチド群を低下させないことが健康の維持増進に大きく関わると考えられる。本研究において低体重や痩せの場合は、自律神経活動バランスの乱れや心理社会的ストレスが高いこと、さらに唾液 HBD-2 分泌量が有意に少ないことと関連していることを示した。唾液 HBD-2 分泌量の低下は口腔内環境を悪化させ、健康を阻害する可能性があるため、若年女性の低体重や痩せの者に対する健康教育が急務であると考えられる。また清水らは、減量や低体重に伴う脱水や栄養不足状態が口腔内免疫機能の低下を引き起こし、さらには咽頭部痛や疲労感、風邪症状の増加と関連があることを報告している¹⁹⁾。このことから低体重や減量は口腔内免疫機能の低下と関連し、感染リスクを高める可能性が考えられる。

また近年では、低体重や痩せ、痩せ願望が強い場合は、心理的および物理的ストレスとなりうることや摂食障害や精神疾患の発生率が高まることが報告されている^{15)~18), 23)~25)}。特に若い女性は、低体重や痩せであるにもかかわらず痩せ願望を持つ者が増えており、低体重や痩せ願望と食事の欠食、栄養素等の摂取不足、骨量や筋肉量の減少など身体的および精神的な負担が高まる可能性があることも指摘されている^{23)~25)}。さらに低体重や痩せ、痩せ願望は、自身に対するネガティブな思考や行動、情動に大きく影響し、食行動異常や生活習慣の乱れを引き起こすことにつながることも報告されている^{23)~25)}。このことから本研究において低体重の場合、自律神経活動バランスの乱れや心理社会的ストレスの増大が見られたことは先行研究の結果と一致している。Wardle らは世界 22 カ国の大学生 18,512 名を対象に、身長、体重、ダイエットについて調査

している。その結果、我が国の女子大学生は世界 22 カ国のなかで最も高率（63%）に自分自身が太っていると認識している。さらに 70% の女子大学生がストレスを感じたり、異常な食行動や過剰なダイエットをしたりしていることが示されている²⁶⁾。このことから義務教育機関での保健授業を介して低体重や痩せと健康被害に関する正しい知識の教授や若年女性に対する正しいボディイメージ観や正しいダイエットを含めた健康教育が今後より重要となる。

今回は女子大学生における低体重と自律神経活動バランスおよび心理社会的ストレスとの関連、さらに口腔内局所免疫機能に及ぼす影響について明らかにしたが、今後は痩せ願望などの誤ったボディイメージ観との関連についても検討していきたい。さらに低体重や痩せにおける身体的および精神的ストレスの原因や因子を明らかにすることで、口腔内局所免疫を低下させないアプローチを見出せると考える。

5. まとめ

女子大学生において低体重の場合は、安静時の自律神経活動バランスの乱れや心理社会的ストレスが増大することが確認でき、さらに口腔内局所免疫機能である唾液 HBD-2 分泌量が少ないことと関連することが示された。

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) 飯島勝矢, 虚弱・サルコペニア予防における医科歯科連携の重要性新概念『オーラルフレイル』から高齢者の食力の維持・向上を目指す, 日補綴会誌, 7, 92-101, 2015.
- 2) 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 Oral Epidemiol, 42 (4), 358-365, 2015.
- 3) 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.
- 4) West NP et al, Antimicrobial peptides and proteins, exercise and innate mucosal immunity. FEMS Immunol Med Microbiol. 48: 493-304, 2006
- 5) 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.
- 6) Usui T: The Relationship between Oral Mucosal Immunity and Activity of Dental Caries after Prolonged Strenuous Exercise, Descende Sports Science, vol 35, 2013.
- 7) Doss M et al, Human defensins and LL-37 in mucosal immunity. J Leuko Biol. 87: 79-92, 2010.
- 8) Proud D et al, Human rhinovirus infection induces airway epithelial cell production of human β -defensin 2 both in vitro and in vivo. The Journal of Immunology. 4637-4645, 2004.

- 9) Ganz T, antimicrobial peptides of innate immunity. *Nat Rev Immunol*, 3: 710 - 720, 2003.
- 10) Duits LA et al, Inhibition of hBD- 3, but not hBD- 1 and hBD- 2, mRNA expression by corticosteroids. *Biochem Biophys Res Commun*. 280: 522 - 525, 2001.
- 11) McDermott AM et al, Defensin expression by the cornea: multiple signalling pathways mediate IL- 1beta stimulation of hBD- 2 expression by human corneal epithelial cells. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 44: 1859 - 1865, 2003.
- 12) Starner TD et al, Expression and activity of beta-defensins and LL- 37 in the developing human lung. *J Immunol*. 174: 1608 - 1615, 2005.
- 13) Tomita T et al, Molecular mechanisms underlying human beta-defensin- 2 gene expression in a human airway cell line (LC 2/ad) . *Respirology*, 27: 305 - 310, 2007.
- 14) Aberg KM et al, sychological stress downregulates epidermal antimicrobial peptide expression and increases severity of cutaneous infections in mice. *J Clin Invest*. 117: 3339 - 49, 2007.
- 15) 吉池信夫 他, 国内外の女性のやせの動向, 肥満研究, 24, 16 - 21, 2018.
- 16) 永井成美 他, 若い女性のやせの背景とその健康影響, 肥満研究, 24, 22 - 29, 2018.
- 17) 高倉修 他, ストレス関連疾患としての摂食障害, 心身医学, 57 : 797 - 804, 2017.
- 18) 山内常生 他, 働く女性の摂食障害, 医学のあゆみ, 241, 719 - 724, 2012.
- 19) 清水和弘 他, 唾液中 β ディフェンシンおよびSIgAを用いた減量時におけるコンディション評価, 日本臨床スポーツ医学雑誌, 30 - 1, 139 - 147, 2022.
- 20) 鈴木伸一 他, 新しい心理的ストレス反応尺度 (SRS- 18) の開発と信頼性・妥当性の検討, 行動医学研究, 4, 22 - 29, 1999.
- 21) Diamond G et al, Host defense peptides in the oral cavity and the lung: similarities and differences. *J Dent Res*. 915 - 27, 2008.
- 22) Nijnik A and Hancock RE, The roles of cathelicidin LL- 37 in immune defences and novel clinical applications. *Curr Opin Hematol*. 16: 41 - 7, 2009.
- 23) Bell C et al, Body image of anorexic, obese, and normal females. *J. Clin. Psychol.*, 42: 431 - 439, 1986.
- 24) Fallon A et al, Sex differences in perceptions of desirable body shape. *J. Abnorm Psychol.*, 94: 102 - 105, 1985.
- 25) 永田俊彦 他, 無視されてきたダイエットと痩せすぎの危険性, 精神神経学雑誌, 120, 9, 741 - 751, 2018.
- 26) Wardle J et al, Body image and Weight control in young adults, *Int J Obes*, 30, 644 - 651, 2006.

サージカルマスクが室内での有酸素運動に及ぼす影響

竹尾 萌子¹⁾, 大槻 伸吾²⁾, 杉本 拓也¹⁾, 春名 了輔^{1),3)}, 林 慈晃¹⁾, 上山 大祐¹⁾,
安本 慎也¹⁾, 相原 望^{1),5)}, 中尾 哲也^{1),4)}, 柳田 育久¹⁾, 大久保 衛¹⁾

1) 医療法人貴島会 ダイナミックスポーツ医学研究所

2) 大阪産業大学 スポーツ健康学部 スポーツ健康学科

3) 大阪市立大学大学院 生活科学研究科

4) 関西医療大学 保健医療学部 理学療法学科

5) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

はじめに

COVID-19 感染拡大により、感染防止対策としてフェイスマスクの使用が推奨あるいは義務付けられている状況にある。当施設においても運動時のマスク着用を義務づけている。しかし、マスク着用が運動へどのような影響を及ぼすのかについては一定の見解が得られていない。本研究では、マスク着用の有無が室内での有酸素運動に及ぼす影響について生理学的指標を用いて比較検討することを目的とした。

方 法

対象は研究内容を説明し同意を得た健常一般成人男性9名（平均年齢 32.6 ± 9.1 歳）とした。同一被験者間でのサージカルマスク着用時（以下、マスク有群）、非着用時（以下、マスク無群）の2群間において、運動に及ぼす影響を比較検討した。運動課題は、自転車エルゴメー

ター（コンビウエルネス株式会社製、AEROBIKE 75XLⅢ）を用いてのランブ負荷試験とした。毎分50～60回転（rpm）の速度で漕ぐように指示し、50ワットから開始した。3分ごとに20ワットずつ負荷を上げ、毎分50～60回転（rpm）を維持できなくなった時点で中止とした（図1）。運動開始から運動中止までの時間を運動継続時間として測定した。また生理学的指標として、心拍数、自覚的運動強度（以下、RPE）、下肢筋力自覚的強度（以下、下肢強度）、深部体温、血中酸素飽和度（以下、 SpO_2 ）を測定項目とした。深部体温は3M ベアーハガー深部温モニタリングシステム（3M 社製）を用いて測定を行い（図2）、 SpO_2 はパルスオキシメーター（エクセルプラン社製、メディパルエース）を用いて測定を行った。

室内温度は日頃から患者の安全に配慮し $21^{\circ}\text{C} \sim 23^{\circ}\text{C}$ に設定している為、今回の研究も同じ温度に設定し測定を実施した。統計処理は、同一被験者のマスク有とマスク無の終了時の各項目を Wilcoxon の符号付順位検定を用い、有意水準は5%未満とした。



図1. 測定風景



図2. 測定機器
ベアーハガー 深部温モニタリングシステム（3M社製）

表1. サージカルマスク着用の有無における測定結果

	マスク有群		マスク無群		n=9
	mean	SD	mean	SD	p-value
運動継続時間(分)	20.79 ±	2.66	22.23 ±	2.00	0.038※
心拍数(回/分)	159.25 ±	12.49	161.00 ±	12.11	0.733
RPE	17.63 ±	1.11	16.75 ±	0.97	0.335
下肢強度	18.25 ±	1.39	18.88 ±	0.78	0.160
深部体温(°C)	37.84 ±	0.19	37.89 ±	0.31	0.288
SpO ₂ (%)	97.63 ±	0.48	97.75 ±	0.43	0.317

※p<0.05

結 果

運動継続時間はマスク有群は20.8 ± 2.6 分で、マスク無群は22.2 ± 2.0 分で、有意に運動継続時間が短かった。心拍数、RPE、下肢強度、深部体温、SpO₂は2群間で有意差を認めなかった（表1）。

考 察

サージカルマスクの有無が運動および生理学的指標に及ぼす影響を調査した結果、運動継続時間にのみ有意差を認めた。Driver ら¹⁾は、マスク有の運動では運動継続時間が短縮することに加え、RPEが高値を示したと報告しているが、Epstein ら²⁾はマスク有時と無時で運動継続時間に差がなかったと報告しており、一定の見解は得られていない。本研究においても有意差はなかったものの、マスク有時のRPEが高値を示しており、このことから運動継続時間が短縮したと考えられる。また、他の先行研究でRoberge ら³⁾は、3種類の呼吸抵抗のマスクを用いたマスク着用下での運動による生理学的指標の変化について検討しており、9mmH₂O以下のマスクではマスク非着用時と比較し、生理学的指標に有意差はなかったと報告している。本研究で使用したマスクは呼吸抵抗が9mmH₂O以下であり、このことから生理学的指標に影響がなかったと考えられる。しかし運動中においては発汗やマスク内の湿度により吸気抵抗が増大する可能性があることから、運動指導においては室温などの環境設定や運動負荷の設定に注意を払う必要があると考えられる。

本研究の限界として、対象者数が少ないことや測定項目、測定環境が限られた中での実施であったことが挙げられる。また、対象者が基礎疾患のない健康成人男性に限られた結果であり、基礎疾患保有者や子供・高齢者への影響は明らかにできなかった。

結 語

マスク無群に比べ、マスク有群では運動継続時間が有意に低値を示した。マスク着用下で、適切な温度設定での運動は深部体温等の生理学的指標に影響を与えなかった。しかし、運動中の発汗やマスク内の湿度がマスクの呼吸抵抗に影響を与える可能性があり、マスク着用下での運動においては、環境設定や運動負荷設定に注意を払う必要があると考える。

参考文献

- 1) Simon Driver et al: Effects of wearing a cloth face mask on performance, physiological and perceptual responses during a graded treadmill running exercise test. British Journal of Sports Medicine 0: 1-7, 2021.
- 2) Danny Epstein et al: Return to training in the COVID-19 era: The physiological effects of face masks during exercise. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 31: 70-75, 24 September 2020.
- 3) Roberge RJ, Kim JH, Powell JB, et al: Impact of low filter resistances on subjective and physiological responses to filtering facepiece respirators. PLOS one 8: 2013.

馬術競技のスポーツ損傷に関するアンケート調査

中久保拓哉, 高木 律幸, 木村健太郎, 中西 雄稔, 藤堂 魁人, 内藤 要, 兼子 秀人, 村上 元庸

医療法人社団村上整形外科クリニック

はじめに

馬術競技とは人と馬が一体となって審美性や障害飛越の時間を競うスポーツである。オリンピック競技の中でも性別の区分がない唯一の競技で、男性と女性が同時に競技を行うことにより純粋に個人の技量を競うことが出来る。また、世界各国の大小様々な大会で10代から70代まで幅広い年齢層の選手が競技をしており、老若男女が活躍できる競技である。馬術競技は我が国では主に“馬場馬術競技”と“障害馬術競技”の2種目を中心に多くの選手が出場している。馬場馬術競技では20m×60mの長方形の競技アリーナ内で馬への適切な指示によって演技の正確さや美しさを競う競技で、馬の常歩（なみあし）、速歩（はやあし）、駈歩（かけあし）という3種類の歩き方を基本に、様々なステップを踏んだり、図形を描いたりすることで得点を競う採点競技である。障害飛越競技では鐙（あぶみ）を短くして上半身を前傾させる“随伴姿勢”をとり、競技場に設置された障害物を飛越して得点を競う競技である。

我々は2019年より馬術競技のメディカルサポートをしているが、馬術競技はオリンピック競技の中でも唯一動物を扱う競技であり、馬の動きへの対応や落馬など、馬の影響を受けるため、馬術競技特有の外傷への対応を多く経験する。海外ではヨーロッパを中心に馬術競技に関連した救急外傷や小児を対象とした外傷調査などが盛んに行われており、主に外傷調査の疫学研究が進んでいる。しかし、我が国では馬に関連した外傷の症例報告は散見されるが、馬術競技に着目したスポーツ損傷調査は少ないため、実態は不明瞭な部分が多い。そこで、馬術競技者を対象にスポーツ損傷に関する調査を実施し、その実態を明らかにすることを目的とした。

方 法

日本馬術連盟公認大会に出場経験のある50名（男性24名、女性26名）を対象にアンケート調査を実施した。

アンケートでの質問内容は年齢、競技歴、1週間あたりの平均の騎乗時間、1日あたりの平均の騎乗頭数、外傷に関する質問は過去に馬術競技中に受傷した部位と復帰に最も時間のかかった外傷の原因、障害に関する質問では3ヶ

月以上続く疼痛の有無と最も痛い部位とした。また、障害の項目で最も痛い部位を腰と回答したものを「腰痛群」、いずれの部位にも痛みがないと回答したものを「痛みなし群」として年齢、競技歴、1週間あたりの平均騎乗時間、1日あたりの平均騎乗頭数を比較検討した。統計学的解析は対応のないt検定とマンホイットニーのU検定を用いて有意水準5%未満とした。

結 果

年齢は平均34.0歳（14～67歳）、競技歴は平均17.0年（1～56年）、1週間あたりの平均の騎乗時間は14.5時間（1～56時間）、1日あたりの平均の騎乗頭数は3.4頭（1～8頭）であった（表1）。

外傷の結果では全競技者50名のうち44名（88%）に外傷経験があった（図1）。外傷は80件の報告があり、部位の内訳は腰が17件（21.3%）、手が13件（16.3%）、足が12件（15.0%）、頸が10件（12.5%）、肩が8件（10.0%）、胸部～肋骨が4件（5.0%）、股関節が4件（5.0%）、膝が3件（3.8%）、その他が9件（11.3%）で腰が最も多かった（図2）。また、復帰に最も時間のかかった外傷の原因は落馬25件（56.8%）、衝突1件（2.3%）、覚えていない6件（13.6%）、未回答12件（27.3%）であり、落馬が最も多かった（図3）。

障害の結果ではアンケート回答時に競技者の30名（60.0%）に障害があった（図4）。障害の内訳は腰が21名（72.4%）、膝が3名（10.3%）、足が2名（6.9%）、肩が1名（3.4%）、頸が1名（3.4%）、殿部が1名（3.4%）であり、腰が最も多かった（図5）。障害に関する質問では21名が腰痛群、20名が痛みなし群に分類された。この両群を比較すると年齢は腰痛群が36.2歳で、痛みなし群は30.1

表1. 競技者の基本情報

	平均	
年齢	34.0歳	(14～67歳)
競技歴	17.0年	(1～56年)
騎乗時間（/週）	14.5時間	(1～56時間)
騎乗頭数（/日）	3.4頭	(1～8頭)

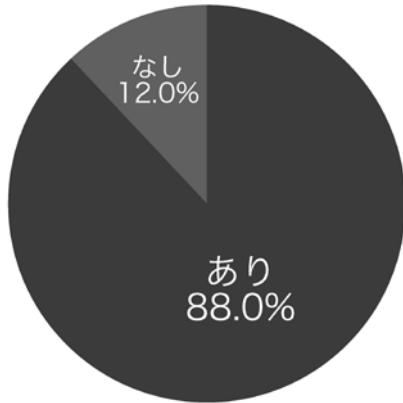


図1. 外傷経験

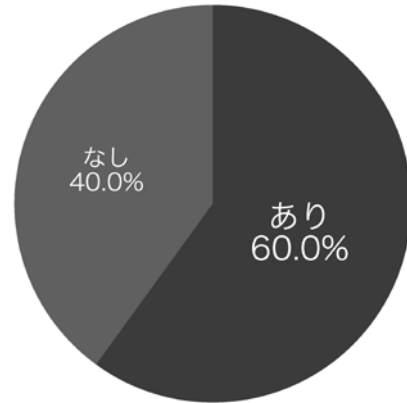


図4. 障害の有無

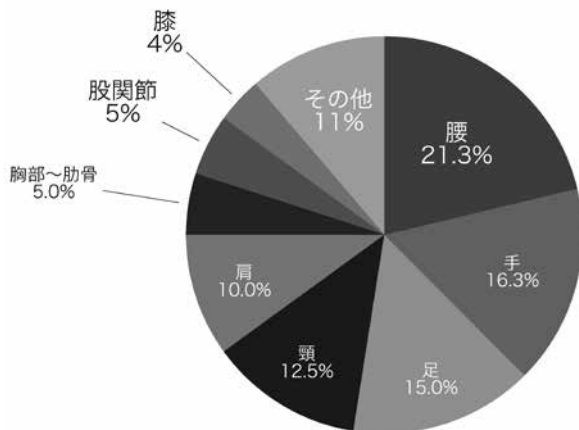


図2. 外傷部位

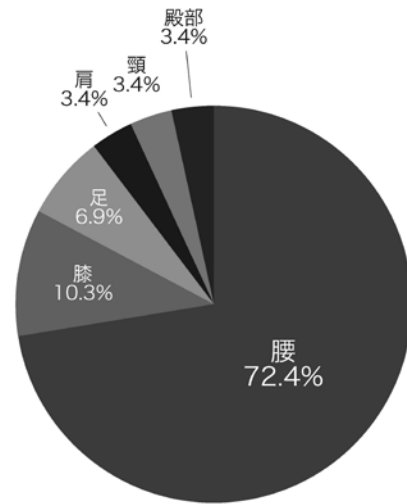


図5. 障害部位

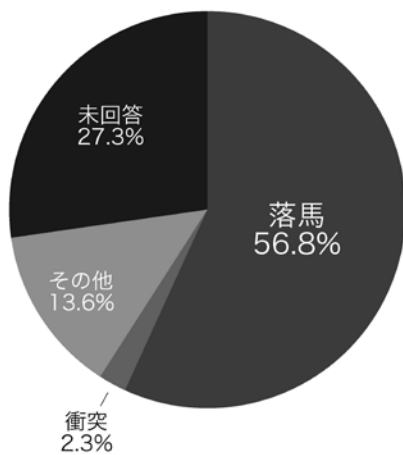


図3. 最も復帰に時間がかかった外傷の原因

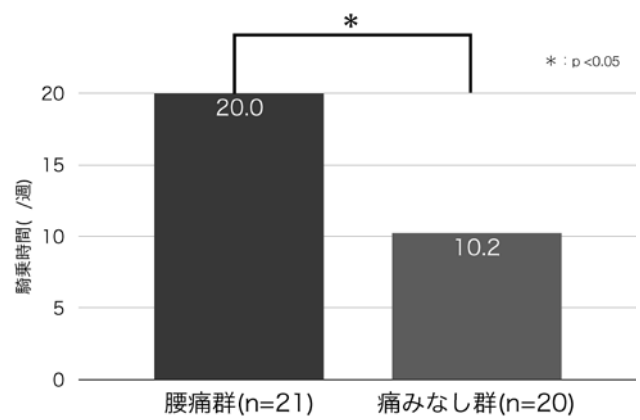


図6. 腰痛あり群となし群の騎乗時間での比較
(マンホイットニーのU検定)

表2. 腰痛群と痛みなし群の年齢、競技歴、騎乗頭数での比較
(T検定)

	腰痛群 (n= 21)	痛みなし群 (n= 20)	p 値
年齢	36.2 歳	30.1 歳	N.S.
競技歴	19.9 年	16.0 年	N.S.
騎乗頭数	3.9 頭	3.0 頭	N.S.

歳、競技歴は腰痛群が19.9年で、痛みなし群は16.0年、1日あたりの平均の騎乗頭数は腰痛群が3.9頭で、痛みなし群は3.0頭となり年齢、競技歴、騎乗頭数は有意差がなかった ($p<0.05$) (表2)。1週間あたりの平均の騎乗時間は腰痛群が20.0時間で痛みなし群は10.2時間で腰痛群は騎乗時間が有意に長かった ($p<0.05$) (図6)。

考 察

馬術競技におけるスポーツ損傷調査は海外では外傷を中心に多くの報告がある。その多くは馬に“噛まれる”、“踏まれる”、“蹴られる”などで馬に関連した外傷の報告であり、大型の動物である馬と関わると必ず生じる可能性がある。よって、馬に関わる機会が多い者なら同様の可能性があるため馬術競技特有の外傷とは言い難い。また、研究対象も馬に関連した職種や一般の乗馬愛好家からプロライダーなど幅広い層が対象になっているが、馬の扱いに熟練した馬術競技者と一般の乗馬愛好家が外傷のリスクが大きく異なる可能性がある。

馬術競技者を対象にして行われた研究としては、Hammettら(1985)の18,408人を対象にした外傷調査があるが、外傷の原因として落馬が約7割と多く、振り落とされたり、人馬ともに転倒して受傷していると報告されている¹⁾。今回、自験例でも復帰に最も時間のかかった外傷の原因は落馬が最も多く、馬術競技における外傷で一般的な受傷機転であり、復帰にも時間を要することが分かった。しかし、今回の調査では落馬と受傷部位の関連が明らかにできていないため、今後は落馬の詳細な受傷機転の解明や落馬時に受傷する部位との関連を具体的に調査する必要があると考える。

障害に関しては、外傷調査に比べて報告が少ないもののいくつかの報告がある。Kraftら(2007)による報告では馬術競技者の腰痛の発生率は72.5%で一般人口と比較して腰痛保有率が高いことを報告している²⁾。本研究でも7割の競技者が3ヶ月以上続く腰の痛みを有していることが判明し、Kraftらの研究を支持する結果となった。その原因として馬術の競技特性である騎乗姿勢が座位であることや騎乗時に馬体からの振動刺激が騎乗者に加わることが挙げられる。Nachemson(1970)は立位や臥位に比べて座位は椎間板圧が高くなると報告し、座位は腰痛の増悪因子であると述べている³⁾。加えてSule(2017)らは座位時間の長さが腰痛の原因となると報告し⁴⁾、自験例でも腰痛群は痛みなし群の2倍の騎乗時間があり、騎乗による座位時間の長いことが腰痛発生に関与している可能性があると考えられた。さらに馬術競技では鞍を介して馬体からの振動刺激を受け続ける競技特性がある。振動刺激に関してTiemessen(2008)らは振動刺激の曝露が腰痛を生じさせると報告していることから⁵⁾、馬体からの振動刺激も同様に腰への過負荷となり、それが長時間になることにより腰痛が生じていると考えられた。

以上より、馬術競技では落馬による外傷とスポーツ障害としての腰痛が多いことが分かった。今後は馬術競技による外傷の詳細や落馬のメカニズムと受傷部分の関係、その予防方法や腰痛に対する運動療法に関して研究を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) D Hammett. : Youth Accidents With Horses, Phys Sportsmed, 13: 105 - 17, 1985.
- 2) C Kraft, et al. : Influence of the riding discipline and riding intensity on the incidence of back pain in competitive horseback riders, Sportverletz Sportschaden, 21: 29 - 33, 2007.
- 3) A Nachemson: Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs, Scand J Reha Med, 2: 5 - 40, 1970.
- 4) S Sule, et al. : Prevalence of and risk factors for low back pain among healthcare workers in Denizli, Agri Pain, 29: 71 - 78, 2017.
- 5) J H Tiemessen, et al. : Low back pain in drivers exposed to whole body vibration: analysis of a dose-response pattern, Occup Environ Med, 65: 667 - 75, 2008.

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

吉田 平¹⁾, 露口 亮太²⁾, 濱口 幹太¹⁾, 瀬戸 孝幸²⁾, 宮本 忠吉^{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 スポーツ健康学部スポーツ健康学科

1. 背景・目的

上肢の握力に相当する下肢の足趾把持力は、短母指屈筋、長母指屈筋、虫様筋、短指屈筋、長指屈筋の作用により起こる複合運動である¹⁾。

学生アスリートにおける先行研究では、足趾把持に関わるトレーニングをおこなうことで足趾把持筋力と閉眼片足立ちが有意に改善され、足関節痛有症率も減少した報告や²⁾、足趾を把持することで足関節周囲の筋力も同時に収縮し、足関節をサポートしている報告がある³⁾。さらに、足趾把持力は高齢者の転倒リスク要因として注目され、数多くの報告がある。転倒と足趾把持筋力が関連するメカニズムとしては、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⁴⁾。

このように足趾把持筋力に関わる報告がある中で、足趾把持持久筋力を評価した研究は乏しい範囲では見いだせなかった。体幹の筋持久力は腰痛対策の運動療法などで体幹支持に資するとして注目されている。同様に考えると足趾把持持久筋力は、足部を支持し安定させることやアーチ保持などの足部機能に関連する可能性があり、足趾把持持久筋力は足部機能の新たな指標となる可能性があるのではないかと考えられる。

そこで本研究では、足趾把持持久筋力と足趾把持筋力、バランス機能および足部形態の関連について検討することを目的とした。

2. 対象と方法

1) 対象

関西学生連盟1部リーグに所属する、男子選手34名（バレーボール選手：22名、バスケットボール選手：12名、68足、平均年齢 19.9 ± 0.8 歳）を対象とした。

2) 調査項目

利き足の調査（a）、足趾把持持久筋力と足趾把持筋力の測定（b, c）、バランス機能測定（d, e）、足部形態計測（f, g）を実施した。

a. 自記式アンケート調査

2021年2月に自記式調査にて年齢、性別、足部および足関節に関する傷害調査、支持脚および機能脚の調査をおこなった。なお、機能脚は自転車に乗る際に、自転車を跨ぐ脚を機能脚とし、自転車に乗る際に体重を支える脚を支持脚とした⁵⁾。

b. 足趾把持持久筋力測定（図1）

自作した足趾把持持久筋力計（1-a）を用い、被験者に足趾把持を継続させた。測定時には、足趾把持持久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（1-b）。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度位に保ち測定を行った（1-c）。表示される把持力が、把持開始から10kg未満を示した時（t10）と5kg未満を示

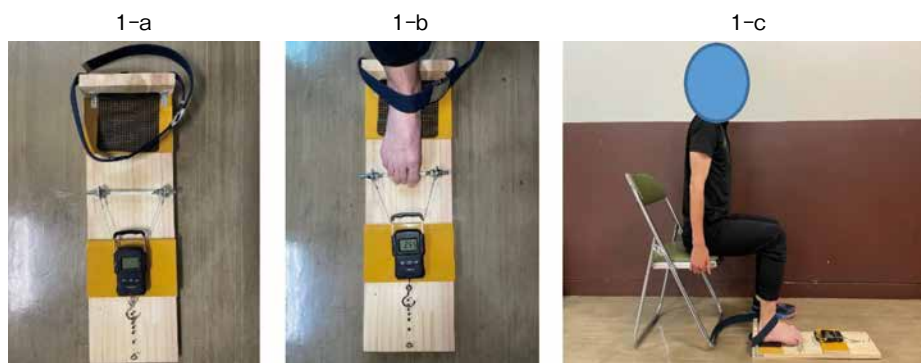


図1. 足趾把持持久筋力測定

した時 (t5) までの時間を計測し、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 (2-a)。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 (2-b)。左右 2 回の測定を行い、良い記録を採用した⁴⁾。

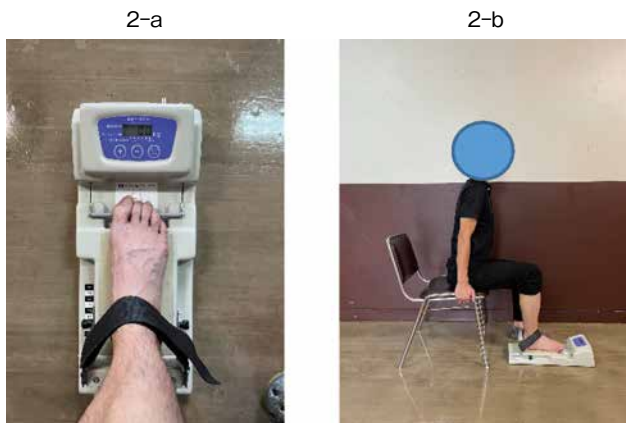


図 2. 足趾把持筋力測定

d. 閉眼片足立ち測定

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。

e. 片足立ちによる重心動揺検査 (総軌跡長, 外周面積)

重心動揺検査は Anima 社製 Gravicorder GS-31 を用いて測定した。測定時間は 30 秒とし、重心動揺の評価には総軌跡長と外周面積を採用した。この際、被験者には裸足になること、両上肢はかかると体側につけること、2m 前方の視線と同じ高さの点を注視することの条件の下で測定した。

f. アーチ高率測定 (図 3)

自然な静止立位において足長 (2-a) および舟状骨高 (2-b) を測定し、アーチ高率 (%) を算出した。本研究では舟状骨粗面下端部の高さを測定することとした。対象に自然な静止立位をとらせ、舟状骨粗面を触診にて確認し、舟状骨粗面下端部にマーキング後、物差しを用いて舟状骨高を測定した。同様に自然な静止立位において自作の足長計測器を用いて足長を測定した⁶⁾。

※【アーチ高率 (%) = 舟状骨高 (cm) / 足長 (cm)】



図 3. 足アーチ高率測定

g. 足幅測定 (図 4)

足幅は立位時の第 1 趾側中足点 (第 1 中足骨頭の最外側点) と第 5 趾側中足点 (第 5 中足骨頭の最外側点) 間の距離をノギスで測定した⁷⁾。



図 4. 足幅測定

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 の相関係数を用いた。さらに、相関が認められた項目を独立変数に、重回帰分析を実施した。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。足趾把持持久筋力と測定項目との関係を検討した結果、支持脚では、足趾把持持久筋力と足趾把持筋力 ($r=0.353$, $P<0.05$) に有意な相関が認められた (図 5)。また、足趾把持持久筋力 (t10) とバランス機能の閉眼片足立ち ($r=0.352$, $P<0.05$) に有意な相関関係を認めた (図 6)。

一方、機能脚では、足趾把持持久筋力および足趾把持筋力とバランス機能に相関を認めなかった。アーチ高率、足幅測定、重心動揺検査 (総軌跡長, 外周面積) については

表1. 対象者の特性

身体組成		
身長 (cm)	180.0 ± 8.7	
体重 (kg)	75.4 ± 9.6	
BMI (kg/m ²)	23.3 ± 2.3	
測定結果	支持脚	機能脚
アーチ高率 (%)	17.9 ± 2.1	17.9 ± 3.0
足幅測定 (cm)	9.8 ± 0.8	9.9 ± 0.5
重心動揺検査 (外周面積) (cm ²)	7.1 ± 3.6	6.8 ± 2.1
重心動揺検査 (総軌跡長) (cm)	133.1 ± 29.3	137.1 ± 36.4
閉眼片足立ち (秒)	54.5 ± 38.6	55.8 ± 42.1
足趾把持持久筋力 (t10) (秒)	115.2 ± 78.4	117.7 ± 69.2
足趾把持持久筋力 (t5) (秒)	273.6 ± 159.4	274.0 ± 135.1
足趾把持筋力 (kg)	28.5 ± 6.4	28.3 ± 7.2

(平均 ± 標準偏差)

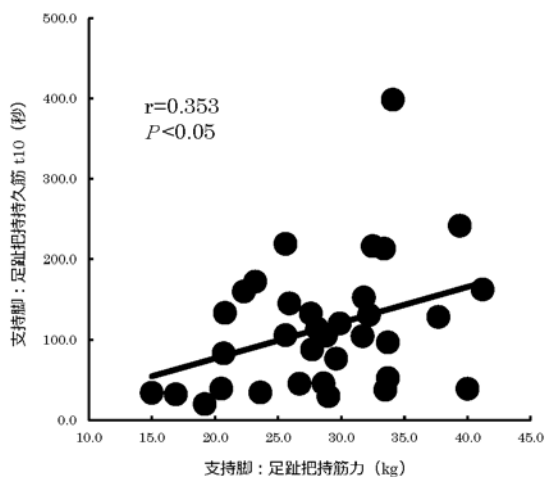


図5. 足趾把持持久筋力 (t10) と足趾把持筋力における相関関係

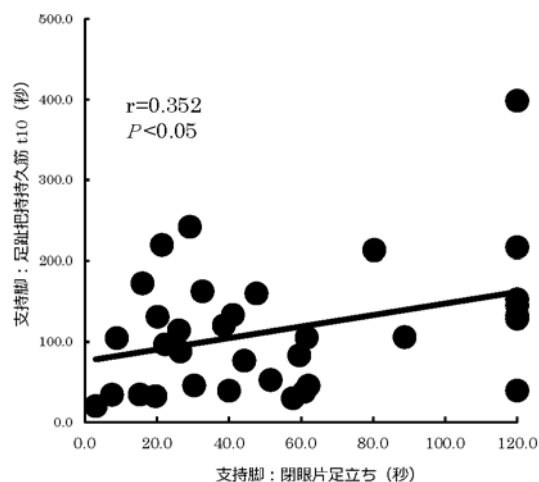


図6. 足趾把持持久筋力 (t10) と閉眼片足立ちにおける相関関係

表2. 足趾把持持久筋力t10 (支持脚) に対するステップワイズ重回帰分析

	標準化係数	有意確率
	β	
閉眼片足立ち (支持脚)	.356	.033
足趾把持筋力 (支持脚)	.291	.075

支持脚、機能脚ともに足趾把持持久筋力および足趾把持筋力との相関は認められなかった。

また、測定時に傷害を負っていた者はいなかった。過去に傷害を負っていた者は34名中31名であり、主な既往歴は足関節捻挫であった。しかし傷害の既往歴と足趾把持持久筋力および足趾把持筋力との関連性は認められなかった。

さらに、足趾把持持久筋力を規定する因子を明らかにするため、重回帰分析を実施した。足趾把持持久筋力と相関関係を示した因子 (足趾把持筋力、閉眼片足立ち) を独立変数としステップワイズ法を用いて重回帰分析を行った。その結果、閉眼片足立ちが独立した因子として抽出された (表2)。

5. 考 察

本研究は学生アスリートを対象に足趾把持持久筋力と足趾把持筋力の測定を実施し、足部形態およびバランス機能の関連性を検討した結果、支持脚の足趾把持持久筋力と足趾把持筋力および、閉眼片足立ちに相関関係を認められた。一方、足趾把持筋力には、閉眼片足立ちと足部形態およびバランス機能の関連について関連を認めなかった。

先行研究では、足趾把持筋力は走行時の蹴り出し時に、前進駆動力として重要な役割を果たしているという報告がある⁸⁾。また、重心動揺や閉眼片足立ちなど、安定した立位での静的バランスにおいては関連性が低いとの報告があるが⁹⁾、本研究では足趾把持持久筋力が静的バランス能力に寄与する可能性が示された。足趾把持能力は歩行をはじめとする動的バランスに影響を与えることが報告されており³⁾、姿勢を制御し平衡を保持するためには、唯一の接地面である足部を安定させることが必要と考えられる。これまでは、足趾把持能力は足趾把持筋力を指標に評価されてきたが、スポーツや日常生活では、長時間接地面を安定させることを求められるため、足趾把持筋持久力をも評価する必要があると考えている。

今回の研究では、重心動揺検査は30秒の測定であるが、閉眼片足立ちは最大120秒で比較的長時間の測定項目となる。長時間の間、身体のバランスを維持するためには瞬発的な足趾把持筋力よりも、持続的な効果を測定する足趾把持持久筋力が影響を与えたと考えられ、足趾把持持久筋力と閉眼片足立ちの相関が認められたのではないかと推察される。足趾把持持久筋力は日常生活や長時間のスポーツ競技でのバランス維持や足部安定性における指標になる可能性がある。

本研究の限界として、自作した足趾把持持久筋力計を用いたが、今後はより再現性の高い機器を利用すべきと考えている。また、今回の調査は学生アスリートを対象とし足趾把持持久筋力を測定したが、今後は対象をアスリート以外の一般にも広げることや足趾把持持久筋力と足アーチ保持との関連および傷害との関係を含め今後も研究を継続する必要があると考える。また、今回は足趾把持持久筋力(t5)に関しては各測定項目との間に有意な関連が認められなかった。この理由としてt5測定は学生アスリートにとっては負荷が弱く、適切な設定ではなかったと考えられる。

参考文献

- 1) 相馬正之他:足趾把持測定における足趾把持バーの握り位置の検討, Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy Vol. 10, No. 4: 199 - 202, 2021.
- 2) 露口亮太他: 男子バスケットボール選手における足趾把持トレーニング期とディトレーニング期の足趾把持筋力とバランスの変化および足関節の疼痛発生の変化, 日本臨床スポーツ医学会誌, Vol. 23 No. 2, 2015.
- 3) Soma M et al.: The Activities of the Muscles around the Ankle Joint during Foot-gripping are Affected by the Angle of the Ankle. J. Phys. Ther. Sci. 25: 1625 - 1627, 2013.
- 4) Tsuyuguchi R, et al.: Toe grip strength in middle-aged individuals as a risk factor for falls. J Sports Med Phys Fitness, 58: 1325 - 1330, 2018.
- 5) 甲斐儀浩他: 利き足と非利き足における足把持力および大腿四頭筋筋力の比較: 理学療法科学 22 (3) : 365 - 368, 2007.
- 6) 鹿内和也他: 小学生50m走のタイムとアーチ高率, 足趾把持力の関連, 東北理学療法学, 第29号: 64 - 68, 2017.
- 7) 笠野由布子他: 大学生における履物および運動習慣が足部形態に与える影響, 中部学院大学・中部学院大学短期大学部研究紀要, 第17号: 1 - 10, 2016.
- 8) 村田伸他: 足把持力測定の試みー測定器の作成と測定器の再現性の検討ー理学療法化学, 17: 243 - 247, 2002.
- 9) 露口亮太他: 施設入居高齢者の足趾把持筋力と転倒の関連, 日本臨床運動療学会誌, Vol. 19 No. 2: 42 - 43, 2018.

肩関節周囲炎における小円筋の安静および外旋時の形状変化

中山 昇平, 小島 隆志, 松崎 詳斗, 梅野 宗治, 太田 昌宏, 岩井 歩,
高下 美里, 小竹 俊郎

医療法人社団シロアム会 こたけ整形外科クリニック

目 的

肩関節周囲炎は、痛みをともなう関節可動域（range of motion 以下, ROM）制限を特徴とする一般的な肩の疾患¹⁾であり、日常生活に支障をきたす。疾患を有する肩関節は、肩関節内の滑膜増殖が後面において約 30%に認められ²⁾、特に小円筋は関節包後面に付着部を有し³⁾、超音波検査では36%に萎縮が存在することが報告され⁴⁾、関節拘縮の要因の一つとなりえる。一方、臨床現場において、後面を構成する小円筋を主とした外旋筋の拘縮は治療に難渋することが多い。

小円筋は解剖学的に半羽状構造であり、外旋時、筋の収縮機能によって筋横断面積（cross sectional area 以下, CSA）が増大すると考えられる。しかし、肩関節周囲炎の症状である炎症や疼痛は、小円筋の萎縮を引き起

こし⁴⁾、さらに結合組織や脂肪組織と関連する筋の輝度（echo intensity 以下, EI）⁵⁾を増加させる。これら形状と性状の変化は、筋の収縮機能に影響を与えると考ええる。しかし、小円筋の形状に関して、疾患例と健常例を比較することで、安静時のCSAやEIの疾患による変化および、小円筋の外旋運動時の形状変化について調べた研究は見当たらない。

そこで本研究は、肩関節周囲炎患者と健常者を比較し、小円筋の安静時および外旋時の形状変化を明らかにすることを目的とした。

対象と方法

肩関節周囲炎と診断された疾患群7肩（男性4名、女性3名）（ $162.2 \pm 6.0\text{cm}$, $60.6 \pm 6.4\text{kg}$, 64.2 ± 9.3 歳）お

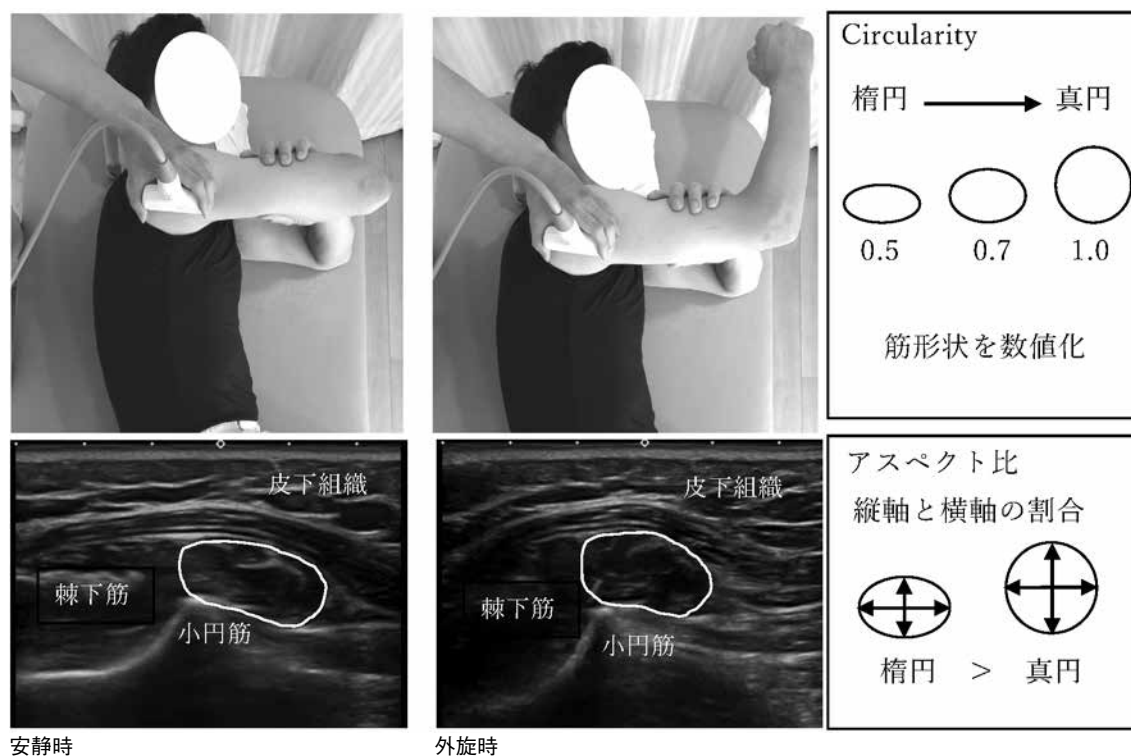


図1. 測定肢位と超音波画像（小円筋短軸像）

よび健常群 7 肩（男性 4 名，女性 3 名）（ $165.2 \pm 14.9\text{cm}$ ， $69.7 \pm 14.6\text{kg}$ ， 52.4 ± 19.7 歳）を対象とした。疾患群は全例外旋時の外旋制限を有し，平均罹患期間は 150.7 日（55～250 日）であった。測定は，対象者を側臥位とし，超音波画像診断装置を用いて肩関節第 3 肢位（水平内転，内旋）の安静時および外旋時の小円筋短軸像を撮像した。撮像は上腕骨頭から遠位方向にプローブを操作し，上腕骨頸部の描出部位をランドマークとし，その表層にある小円筋短軸像を採用した。画像解析は，Image J を用いて小円筋の形状（Circularity：真円を 1.0 とした場合の形状を数値化），アスペクト比（形状の縦軸と横軸の割合），CSA，EI を求めた。統計解析は，群内，および群間比較を shapiro wilk 正規性検定および Levene 検定を行った後，対応のある T 検定および，2 標本の検定を行い，有意水準は 5% とした。

倫理的配慮

対象者には担当者 1 名が書面にて研究の計画，および研究途中での同意の撤回が可能であること，個人情報の取り扱いについて説明し書面にて同意を得た。

結 果

疾患群，健常群の各指標を表 1 に示す。

疾患群，健常群とも安静時に比較し外旋時の小円筋形状は真円に近づく有意な変化が認められた（疾患群 $p=0.035$ ，健常群 $p=0.002$ ）。疾患の有無による比較において，小円筋形状は外旋時の疾患群 0.611 ± 0.07 ，健常群 0.745 ± 0.07 であり，疾患群は外旋時に真円 1.0 に近づく数値が有意に小さかった（ $p=0.004$ ）（図 2）。アスペクト比は安静

表 1. 筋形態および形状の指標

	疾患群	健常群
形状（安静：収縮）	$0.55^* : 0.61^{*\dagger}$	$0.67 : 0.75^\dagger$
アスペクト比（安静：収縮）	$3.66^* : 3.05^{*\dagger}$	$2.73 : 2.23^\dagger$
CSA（安静）（ cm^2 ）	$266.6 \pm 101.9^*$	404.8 ± 119.1
EI（安静）	$89.5 \pm 19.3^*$	73.0 ± 12.2

*： $p < 0.05$ vs 健常群 †： $p < 0.05$ vs 安静

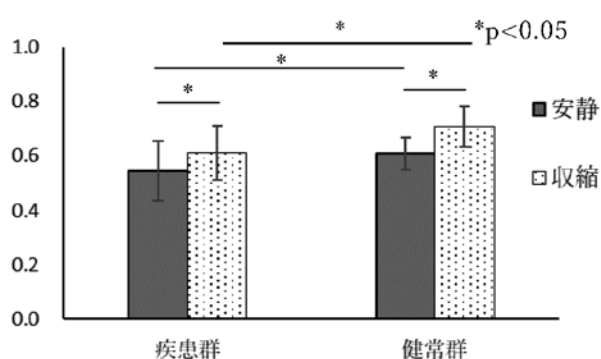


図 2. 筋形状（Circularity）の変化

時，外旋時とも疾患群が有意に大きく，楕円に近い形状であった（ $p=0.011$ ， $p=0.002$ ）。疾患群は，安静時において健常群に比較し CSA 減少（ $p=0.015$ ），EI 増加（ $p=0.039$ ）が有意に認められた（図 3，4）。

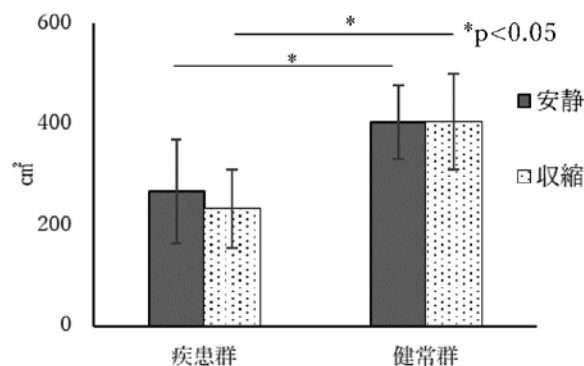


図 3. CSA の変化

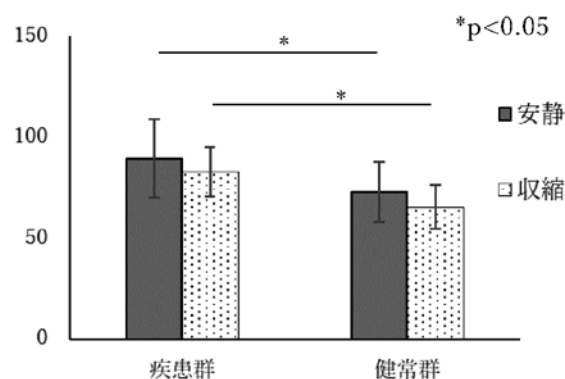


図 4. EI の変化

考 察

本研究における外旋時の小円筋の形状変化は，疾患群において筋収縮による真円に近づく変化が少なく，アスペクト比が有意に大きく楕円に近い形状であった。さらに，疾患群は健常群に比較し CSA が減少，EI が増加し，疾患による筋形状および性状に差が生じることが明らかとなった。

小円筋の形状の変化は，解剖学的な特徴に起因する。Hamada ら⁶⁾ は，小円筋の上部筋束が力発揮に有利な半羽状筋，下部筋束が収縮速度に有利な紡錘状筋の異なる筋束で構成されると報告している。この筋形状の特徴によって，小円筋は上下筋束が協働して，筋形状が楕円形から真円へと変化し，筋収縮の力が骨頭に伝達し外旋に関与すると考えられる。しかし，本研究では両群とも羽状筋に特徴的な楕円形状から真円に近づく形状変化が認められたが，疾患群は形状変化が小さく，形状の縦軸と横軸の割合は大きく楕円形に近い形状であり，かつ，CSA 減少が認められた。疾患群の形状変化が小さい理由は，疾患による筋萎縮⁴⁾が要因と考えられる。この筋萎縮によって小円筋は，特徴である羽状構造が生み出す真円に近づく形状変化が小さくなった可能性が考えられた。さらに，本研究で明らか

となったEIの増加は、筋内の脂肪浸潤による非収縮性要素の増大⁶⁾を示し、筋の収縮に影響を与えたと考えられる。疾患群の小円筋は、肩関節周囲炎による炎症や疼痛によって不動期間が長期化したことで、収縮を生み出す筋線維と結合組織の割合に変化が生じたと考えられた。これらのことから、肩関節周囲炎による炎症や疼痛、さらに症状に伴う不動によって、筋萎縮や筋内の非収縮性要素が増加し、小円筋の形状と性状の変化に影響を与えた可能性が示唆された。

今回の研究では、肩関節周囲炎における小円筋のみを対象としている。他筋に関して、追研究が必要であると考えられる。また、病期による筋機能の変化に関して、対象者の選定、治療介入による形状変化の検討が必要である。

結 語

小円筋の形状変化に関して、安静時に比較し外旋時は、筋形状が真円に近づく変化が認められた。さらに疾患群と健常群を比較した結果、疾患群は、外旋時に小円筋の形状

変化が小さく、CSAが減少し、EIは増加していることが明らかとなった。

参考文献

- 1) Kelley MJ, McClure PW, et al.: Frozen Shoulder: Evidence and a Proposed Model Guiding Rehabilitation. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2009; 39: 135-148.
- 2) 後藤英, 堀内統, 他.: 肩関節拘縮に対する関節鏡視下授動術における可動域の推移. *肩関節*. 2011; 35: 971-974.
- 3) 林典雄, 立木敏和: 後方腱板(棘下筋・小円筋)と肩関節包との結合様式について. *理学療法学*. 1996; 23: 522-527.
- 4) Sofka CM, Haddad ZK, et al.: Detection of Muscle Atrophy on Routine Sonography of the Shoulder. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2004; 23: 1031-1034.
- 5) Aibinder WR, Doolittle DA, et al.: How common is fatty infiltration of the teres minor in patients with shoulder pain? A review of 7,367 consecutive MRI scans. *Journal of Experimental Orthopaedics*. 2021; 8: 8.
- 6) Hamada J, Nimura A, et al.: Anatomic study and electromyographic analysis of the teres minor muscle. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2017; 26: 870-877.

青年期野球選手における投球肩肘障害の有無と 身体機能評価の関連性について

安本 慎也¹⁾, 大槻 伸吾²⁾, 杉本 拓也¹⁾, 林 慈晃¹⁾, 春名 了輔^{1),3)}, 上山 大祐¹⁾,
相原 望^{1),4)}, 西脇 一馬¹⁾, 柳田 育久¹⁾, 大久保 衛¹⁾

1) 医療法人貴島会 ダイナミックスポーツ医学研究所

2) 大阪産業大学 スポーツ健康学部 スポーツ健康学科

3) 大阪市立大学大学院 生活科学研究科

4) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

はじめに

投球障害の発生には身体機能・構造、投球動作、投球数、体格など様々な要因が関与している¹⁾。身体機能と投球障害のレビューは数多く存在し、様々な危険因子の検討が行われているが、一定の見解は得られていない。

このような背景から青年期野球選手を対象に、投球肩肘障害の有無と身体機能評価の関連性を検討することを目的とした。

方 法

対象は、当院を2020年5月～2021年1月の間に投球による肩肘痛で受診した15名と、現在肩肘痛を有さない

野球選手29名(N群)とした(平均年齢18.7歳)。さらに肩肘痛を有する群を肩痛群(PS群)7名、肘痛群(PE群)8名に分け、N群との比較検討を行った。対象には事前に研究の背景や目的などを説明し、書面による同意を得た。

身体機能評価では下肢・体幹可動性テスト、肩・肩甲骨可動性テスト、肩甲骨周囲筋・腱板機能の測定を実施した。下肢・体幹可動性テストはStraight leg raising (SLR), Heel buttock distance (HBD), 股関節内旋(Hip IR), 体幹回旋、ブリッジの5項目を測定し、各項目は自動運動で実施した(図1)。ブリッジの評価基準は股関節・胸腰椎・肘関節が伸展し、ブリッジが完成していれば実施可能で、実施できない場合に陽性とした。肩・肩甲骨可動性テストは肩3rd position内旋、ショルダーモビリティ

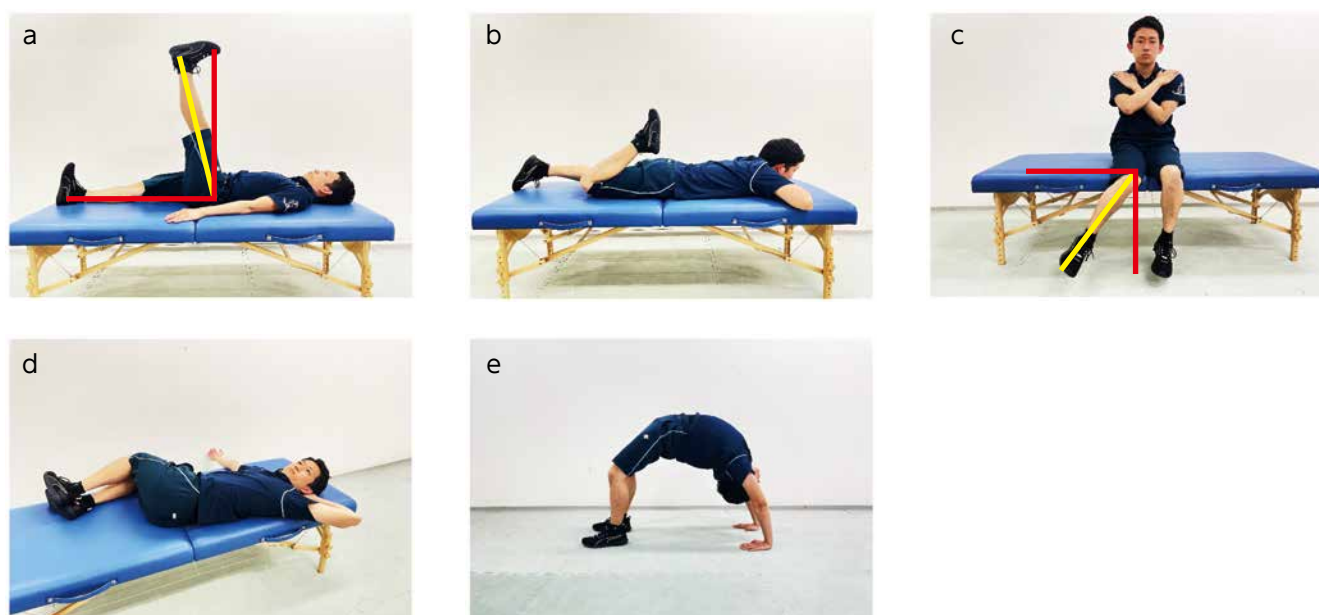


図1. 下肢・体幹可動性テスト

(a) Straight leg raising: 自動運動で角度を測定。

(b) Heel buttock distance: 自動運動で距離を測定。

(c) 股関節内旋: 自動運動で角度を測定。

(d) 体幹回旋: 肩峰と床の距離を測定。

(e) ブリッジ: 股関節・胸腰椎・肘関節が伸展していれば実施可能。実施不可であれば陽性。

リーチングの2項目を測定し、各項目は自動運動で実施した（図2）。肩 3rd position 内旋は投球側上肢で非投球側肩関節を把持し、投球側の肩関節を挙上させた。投球側と非投球側で肩関節の挙上角度を比較し、投球側の挙上角度が劣っていれば陽性とした。ショルダーモビリティリーチングは投球側上肢を肩関節伸展・内旋、非投球側上肢を屈曲・外旋させ、両手を身体の背面で近づけた。投球側上肢が肩関節伸展・内旋の時、手指同士握れなければ陽性とした。肩甲骨周囲筋・腱板機能では僧帽筋下部テスト、Elbow Push Test (EPT), ZERO position 外旋保持テストの3項目を徒手検査にて測定した（図3）。これら3項目は、徒手検査で投球側の筋力が劣っていた場合に陽性とした。

統計処理はまずShapiro Wilk 検定により各データの正規性を確認した。正規性を認めた項目は対応のないt検定、

正規性を認めなかった項目で、比率尺度に対してはMann-Whitney のU 検定、名義尺度の項目には χ^2 検定を用いて検定した。各検定とも有意水準は5% 未満とした。

結 果

本研究は、対象となったN 群 29 名及びPS 群 7 名、PE 群 8 名それぞれの身体機能評価の関連性を比較検討した。その結果、N 群とPS 群の2 群間では非投球側体幹回旋、肩 3rd ポジション内旋に有意差を認め、N 群の方で非投球側体幹回旋が低値であり、その差は有意であった。肩 3rd ポジション内旋においてもN 群に陽性者が多かった。N 群とPE 群の2 群間では、N 群で非投球側体幹回旋が低値であり、その差は有意であった。ショルダーモビリティリーチングもN 群に陽性者が多かった。N 群と比してPE 群で

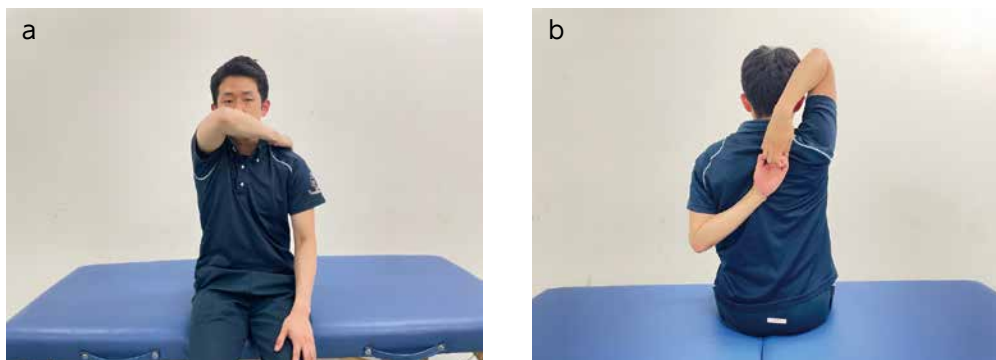


図2. 肩・肩甲骨可動性テスト

- (a) 肩 3rd position 内旋：投球側上肢で非投球側肩関節を把持し、投球側の肩関節を挙上。
投球側と非投球側で肩関節の挙上角度を比較し、投球側の挙上角度が劣っていれば陽性。
- (b) ショルダーモビリティリーチング：投球側上肢を肩関節伸展・内旋、非投球側上肢を屈曲・外旋させ、両手を身体の背面で近づける。
投球側上肢が肩関節伸展・内旋の時、手指同士握れなければ陽性。



図3. 肩甲骨周囲筋・腱板機能テスト

- (a) 僧帽筋下部テスト：腹臥位で肩甲骨と上腕骨長軸のラインが平行になるよう肩関節外転位をとる。
肩甲骨を内転下方回旋させ、前腕遠位部に徒手抵抗を加える。
投球側に筋力低下を認めれば陽性。
- (b) Elbow Push Test：端座位で肩関節90°屈曲、90°内旋位をとり、腕を組む。
肩甲骨を外転させ、肘先端に徒手抵抗を加える。
投球側に筋力低下を認めれば陽性。
- (c) ZERO position 外旋保持テスト：腹臥位で肩甲骨と上腕骨長軸のラインが平行になるよう肩関節外転位をとる。
肘関節90°屈曲位で肩関節を外旋させ、前腕遠位部に徒手抵抗を加える。
投球側に筋力低下を認めれば陽性。

表1. 各群の身体機能の比較（比率尺度）

項目		N群 (29)	PS群 (7)	p value	PE群 (8)	p value
		平均±標準偏差	平均±標準偏差		平均±標準偏差	
Straight leg raising (°)	投球側	70.2±8.3	71.4±8.3	0.825	73.8±10.8	0.526
	非投球側	71.7±8.5	74.3±6.8	0.531	76.3±8.9	0.479
Heel buttock distance (cm)	投球側	14.4±4.0	15.0±4.3	0.732	17.8±3.6	0.026*
	非投球側	14.5±4.1	14.9±4.4	0.763	17.1±4.3	0.136
股関節内旋 (°)	投球側	33.8±10.0	33.6±5.8	0.896	26.3±9.9	0.074
	非投球側	35.3±10.7	33.6±8.3	0.599	29.4±7.3	0.156
体幹回旋 (cm)	投球側	19.2±4.0	16.1±4.5	0.660	16.1±4.2	0.067
	非投球側	18.9±3.5	15.0±5.9	0.039*	15.3±4.4	0.024*

*：N群との比較で有意差あり

表2. 各群の身体機能の比較（名義尺度）

項目		N群 (29)	PS群 (7)	p value	PE群 (8)	p value
ブリッジ	陽性	11	4	0.417	4	0.689
	陰性	18	3		4	
肩3rd position内旋	陽性	26	3	0.016*	5	0.101
	陰性	3	4		3	
ショルダーモビリティリーチング	陽性	25	7	0.565	2	0.002*
	陰性	4	0		6	
僧帽筋下部テスト	陽性	17	7	0.07	6	0.682
	陰性	12	0		2	
Elbow Push Test	陽性	6	4	0.075	5	0.035*
	陰性	23	3		3	
ZERO position外旋保持テスト	陽性	11	3	0.417	4	0.689
	陰性	18	4		4	

*：N群との比較で有意差あり

は投球側 HBD が低値であり、その差は有意であり、EPT の陽性者も有意に多かった。

考 察

本研究で青年期野球選手を対象に投球肩肘障害の有無と身体機能評価の関連性を検討した結果、N 群と PS 群では N 群の方で非投球側体幹回旋、肩 3rd ポジション内旋などの柔軟性が低下している傾向にあった。

本研究の結果で N 群の方に柔軟性の低下を認めた要因として、投球強度や投球数が影響していることが考えられる。具体的には、PS 群では当院受診までに痛みにより投球強度及び投球数を制限していた者も多数存在した一方で、N 群は通常の練習を日々繰り返していた。測定時直前の N 群と PS 群では投球強度と投球数に差が生じている可能性があり、このことが体幹及び肩関節への負担を増大させ、N 群の柔軟性を低下させていた可能性があると考えられた。

N 群と PE 群の 2 群間では PE 群が投球側 HBD で低値を示し、EPT でも陽性者が多かった。これらのことから投球肘障害と投球側大腿四頭筋柔軟性低下、前鋸筋筋力低下の間に相関関係があることが示唆された。投球側の大腿四頭筋柔軟性低下は Ealy cocking phase から Acceleration

phase にかけての骨盤の回旋を制限する可能性がある。また前鋸筋の筋力低下は投球時の MER (Maximum External Rotation：最大外旋) で肩甲骨上方回旋及び後傾運動の妨げになることも考えられ、以上のような投球動作不良により肘への負担が増大することが推察された。これらの投球動作不良は肩関節への負担も増大させ、投球肩障害を招く可能性もあると考えられた。また、N 群と PE 群の 2 群間においても N 群の方で肩関節後方筋群の柔軟性の指標と考えられるショルダーモビリティリーチングで低値を示した。このことは、N 群と PS 群の比較において考察したように N 群と PE 群のコンディショニングに差があることも影響していると考えられる。

今回の対象は、PS 群及び PE 群では計 15 名中約半数が投手であり、N 群では 29 名中半数以上が野手とばらつきがあった。PS 群及び PE 群の症例数が少ないことも今回の結果に影響している可能性も考えられる。今後は対象者のポジションや練習強度等のばらつきをなくし、身体機能の経時的変化と障害との関連性を調査し、投球障害の予防に資する因子について検討する必要がある。

また、身体機能が投球肩肘障害に影響を及ぼすという報告がなされる一方で、身体機能と投球障害の間に因果関係を認めなかったとの報告もある^{2),3)}。宮下らは野球選手の

筋力や可動域は日々変化し、投球障害と機能低下に因果関係があるとは断言できないとしている^{4),5)}。このように投球障害と身体機能との関連にばらつきが生じるのは、今回の研究でN群及びPS群、PE群の間でコンディショニングに差があったと考えられるように、個々のコンディショニングが測定時の身体機能に影響を与えている可能性がある。今後は、コンディショニングの違いにより身体機能が変化することも想定して測定評価と検討を行う必要がある。

結 語

1. 青年期野球選手を対象に、投球肩肘障害の有無と身体機能評価の関連性を比較検討した。
2. PS群、PE群と比較し、N群で、非投球側体幹回旋、肩3rdポジション内旋、ショルダーモビリティリーチングなどの柔軟性が低下している傾向にあった。
3. 投球肘障害と投球側大腿四頭筋柔軟性、前鋸筋筋力の間に相関関係があることが示唆された。

4. 身体機能の経時的変化と障害との関連性を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 宮下浩二：野球における投球障害の予防。日本アスレティックトレーニング学会誌4(2)：137-145, 2019.
- 2) 三谷将史：高校野球投手における投球肘障害の危険因子に関する検討。日本臨床スポーツ医学会誌27(24)：S177-S177, 2019.
- 3) Trakis JE et al: Muscle strength and range of motion in adolescent pitchers with throwing-related pain: implications for injury prevention. Am J Sports Med, 36 : 2173-2178, 2008.
- 4) 宮下浩二ら：プレシーズンにおける大学野球投手の肩外転筋力の日差変動。日本アスレティックトレーニング学会誌4(1)：55-60, 2018.
- 5) 宮下浩二ら：大学野球における肩内旋可動域の日差変動～プレシーズンにおける経時的変化と変動幅～。整スポ会誌VOL.37 NO.1：32-41, 2019.

甲子園出場レベルの成長期野球選手における肩関節機能の一考察

鎌苅 翔平¹⁾, 栗田 剛寧²⁾, 関 一馬¹⁾, 南谷 哲司¹⁾

1) 医療法人南谷継風会 南谷クリニック

2) 大阪行岡医療大学

目 的

投球障害に対するメディカルチェック（以下 MC）の有効性は諸家で数多く報告されている。当院では、甲子園出場レベルの高校野球部に入学が決まっている中学3年生に対して、入学前のMCを10年間実施してきた。競技レベルが高いと考えられる対象者の肩関節機能及び肩関節機能と下肢タイトネスの関連性について検討したのでここに報告する。

対 象

2010年から2019年の10年間で、野球部に入学前の選手208名（身長 $173.8 \pm 0.3\text{cm}$ 、体重 $73.0 \pm 1.4\text{kg}$ 、体脂肪率 $15.3 \pm 0.8\%$ ）に対しMCを実施した。対象者は全員スポーツ推薦により入学する選手であった。なお、MCは入学前の3月時点で実施した。

方 法

MCの項目は肩関節機能評価として原が提唱している理学所見（以下原テスト）11項目¹⁾、下肢筋タイトネステスト（以下タイトネステスト）として股関節を中心とした9項目を実施した。タイトネステストは日本整形外科学会、日本リハビリテーション学会の関節可動域検査方法にて股関節屈曲、股関節伸展、股関節外転、股関節内旋、股関節外旋の5項目とHeel Buttock Distanceテスト（以下HBD）、Straight Leg Raisingテスト（以下SLR）、Finger Floor Distanceテスト（以下FFD）、Hip Internal Rotationテスト（以下HIR）を実施した。HBDは腹臥位で膝を他動的に屈曲し、踵と殿部が接触しなければ陽性（+）とし、接触すれば陰性（-）とした。SLRは背臥位にて膝関節伸展位のまま股関節を他動的に屈曲した際の角度を測定した。FFDは立位で膝関節伸展位にて腰部を最大屈曲した際の、指と床の距離を測定し、床から上を（-）、床から下を（+）とした。HIRは腹臥位で膝関節90°屈曲位にて股関節を他動的に内旋した際の角度を測定した。原は投球障害肩患者が投球を開始する目安の1つとして、理

学的所見の11項目中9項目以上満足すること¹⁾をあげている。本調査ではこれを参考に原テスト11項目のうち陽性項目が3項目以上のものを陽性群、それ以外のものを陰性群とした。これを基準に原テストの陽性率を調査しポジション別の比較を行った。また、陽性群と陰性群のタイトネステストとの関連性についても検討した。統計方法は陽性群と陰性群において、HBD以外の各項目との比較を対応のないt検定を用い、HBDはFisherの比率検定を用いた。危険率は5%未満とした。

結 果

全対象者208名のうち陽性群54名、陰性群154名となり全体のうち約26%が陽性群であった（表1）。ポジション別で比較した結果、投手29%、野手25%、捕手19%が陽性群であった（図1）。原テストの各項目の陽性率はCATが56%、HFTが54%とこの2項目が他の項目よりも大幅に高い陽性率であった（図2）。

次に、原テストとタイトネステストとの関連性を表2に示す。投球側の股関節外転角度は陽性群 $45.5 \pm 7.3^\circ$ 、陰性群 $48.1 \pm 7.1^\circ$ で陽性群が有意に小さい結果を示した（ $P=0.0195$ ）。FFDは陽性群 $4.6 \pm 8.4\text{cm}$ 、陰性群 $7.9 \pm 8.6\text{cm}$ で陽性群が有意に小さい結果を示した（ $P=0.0193$ ）。非投球側の股関節内旋角度は陽性群 $32.9 \pm 12.5^\circ$ 、陰性群 $27.2 \pm 11.8^\circ$ で陽性群が有意に大きい結果を示した（ $P=0.0142$ ）。

表1. 原テスト陽性者の内訳（n=208）

	全体	陽性群	陰性群
投手	79	23	56
野手	92	23	69
捕手	36	7	29
未定	1	1	
計	208	54	154

(名)

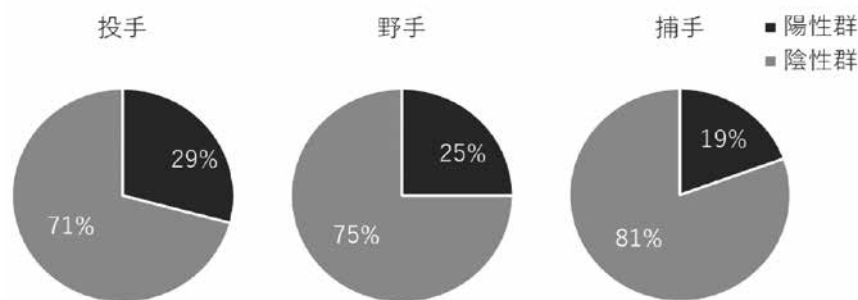


図1. 原テスト陽性群のポジション別比較 (n= 208)

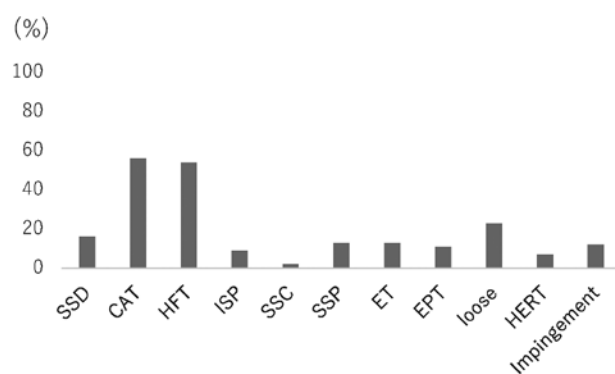


図2. 原テスト各項目の陽性率 (n= 208)

表2. 原テストとタイトネステストの関連性

		陰性群(n=154)	陽性群(n=54)	P値
タイトネステスト	身長(cm)	174.1±5.8	172.9±4.4	0.104
	体重(kg)	73.3±8.8	71.8±6.8	0.204
	体脂肪率(%)	15.3±4.7	15.3±4.2	0.989
	FFD(cm)	7.9±8.7	4.6±8.4	0.0193 *
	投HBD (+)	31.8%	34.7%	1
	投HBD (-)	68.2%	65.3%	
	非投HBD (+)	33.6%	32.7%	0.728
	非投HBD (-)	66.4%	67.3%	
	投SLR(°)	70.4±12.2	68.5±10.4	0.307
	非投SLR(°)	70.5±11.9	68.5±10.4	0.274
関節可動域測定	投HIR(°)	38.9±8.9	38.0±10.7	0.545
	非投HIR(°)	37.8±8.7	36.8±8.8	0.454
	投股関節屈曲(°)	123.3±9.5	121.2±9.0	0.152
	非投股関節屈曲(°)	124.9±8.0	123.0±8.0	0.122
	投股関節伸展(°)	19.7±5.0	19.2±6.5	0.602
	非投股関節伸展(°)	19.7±5.2	18.4±6.4	0.155
	投股関節外転(°)	48.1±7.1	45.5±7.3	0.0195 *
	非投股関節外転(°)	47.2±7.5	45.3±7.7	0.113
	投股関節内旋(°)	26.3±11.7	29.9±10.9	0.0528
	非投股関節内旋(°)	27.2±11.8	31.9±12.5	0.0142 *
	投股関節外旋(°)	50.9±10.0	52.5±9.9	0.326
	非投股関節外旋(°)	49.4±8.8	51.9±9.7	0.0953

投=投球側, 非投=非投球側. 平均値±標準偏差. *:p<0.05

考 察

原テストの結果をポジション別で比較した結果、投手 29%、野手 25%、捕手 19% が陽性群であった。また、原テストにおける各項目別の陽性率に関しては全対象者 208 名のうち CAT56%、HFT54% が陽性であり、この 2 項目が他の項目よりも高い陽性率を示した。これらの結果から、本調査における陽性群は CAT 及び HFT が陽性である可能性が高いことが予想される。CAT 及び HFT は肩後方、後下方のタイトネスと関連し²⁾、また反復する投球動作は投球側肩関節内旋可動域を有意に減少させる³⁾と報告されている。また、肩後方構成体タイトネスの最大の臨床的特徴は、肩内旋制限である⁴⁾との報告もある。これらから、本調査において陽性群に投手が多い結果を示した理由として、投手は他のポジションに比べ投球頻度が多いことで投球側肩関節内旋可動域が減少しており、その可動域制限の一要因として肩後方及び後下方のタイトネスがあげられ、これにより投手でより CAT 及び HFT が陽性になる傾向にあったと考えられる。また、永松ら⁵⁾はプロ野球選手の投手を対象に原テストを実施し、SSD、CAT、HFT、そして LOOSE において 60% 以上の高い異常率であったと報告している。我々の調査は成長期野球選手を対象としたが、先行研究の CAT、HFT と比較すると大きな差はなかった。原は CAT と HFT が陽性になる理由として、関節内病変（関節唇断裂、腱板関節面断裂など）による関節包の拘縮、腱板の筋緊張や筋拘縮、インナーとアウトターの筋機能バランスの異常などで生じる¹⁾としている。競技レベルが高いと考えられる本調査の対象者は、中学 3 年生でかつオフシーズンにも関わらず、約半数に何かしらの肩関節機能異常があり、またこれらは投手でより多いという事実は臨床で投球障害肩患者のリハビリテーションを行う上で把握しておくべき重要な要素であると思われる。

次に、原テストとタイトネステストの関連性において、投球側の股関節外転角度は陽性群が有意に小さく、FFD も陰性群より陽性群が有意に小さい値を示した。島田ら⁶⁾は力学的な観点から、軸脚は後期コッキング期から加速期において股関節の内転トルクにより体幹の捻りを生み出す働きをしていると報告し、股関節の内転筋が関与していることを示唆している。陽性群は投球動作の反復により、投球側の股関節内転筋の柔軟性が低下し、股関節内転トルクが十分発揮できず、体幹の捻りを生み出せないことにより、肩関節機能に異常が生じたのではないかと考えられる。FFD に関して太田ら⁷⁾はアーリーコッキング期からフットプラントまで骨盤が後傾していた選手は、投球障害の既往を持つ選手で有意に多かったと報告している。また宮下ら⁸⁾は足部接地時に骨盤後傾位を呈すると、後期コッキング期以降での骨盤回旋運動を妨げ、結果的に「肘下がり」や「肘の突き出し」といった不良な投球動作につながる可能性があるとして報告している。FFD は脊柱起立筋、ハムストリングスのタイトネスを反映するテストであ

ることから、本調査における対象者はハムストリングスのタイトネスがあることで骨盤後傾位となり、骨盤回旋運動の制限がある状態で投球動作を行っていた可能性がある。その代償として肩甲上腕関節へのメカニカルストレスが増大し、肩後方組織にタイトネスが生じていたと考えられる。一方、非投球側の股関節内旋角度は陰性群と比較し陽性群が大きい値を示した。これに関して赤瀬ら⁹⁾は踏み込み足股関節内旋角度が投球前に比べ投球 70 球後では $5.3 \pm 3.5^\circ$ 、投球 150 球後では $7 \pm 2^\circ$ 低下したと報告しており、Robb ら¹⁰⁾は利き手側股関節内旋角度が $50.8 \pm 9.2^\circ$ であったのに対し、非利き手側股関節内旋角度は $31.3 \pm 6.2^\circ$ であったと報告している。本調査は先行研究と反対の結果を示したが、先行研究では対象者を投手に限定しているのに対し、我々はポジション別の比較ではなく全対象者の陽性群と陰性群を比較したため、投手に特徴的な股関節可動域制限が反映されなかったと考えられる。また、本調査の限界として、東大式ゴニオメーターを使用し 5° 刻みで角度を測定したため、 2.5° という差が測定誤差であった可能性は否定できない。測定者は事前に測定方法の確認を行い、十分練習した後に実施したが、得られた値に誤差が少なからず生じていた可能性がある。今後は検者間及び検者内誤差についても検討する必要がある。

結 語

2010 年から 2019 年までの 10 年間、高校野球部入学前の選手 208 名の MC を実施した。オフシーズンであるにも関わらず、肩の機能異常を呈する割合の高さが示された。原テストと投球側股関節外転及び非投球側股関節内旋可動域の関連性も認められた。今後はポジション別の検討もしていく。

参考文献

- 1) 原正文：投球障害肩患者に対する診察と病態把握のポイント，MB Orthop. 20 (7)：29-38, 2007
- 2) 村田健児：腱板断裂患者における後方関節包タイトネスに着目した保存療法の経過，理学療法—臨床・研究・教育，28：29-33, 2021
- 3) 岩佐知子ら：投球数が肩関節機能に及ぼす影響 中学生野球選手において，理学療法科学，26：23-26, 2011
- 4) 水野直子ら：投球障害肩に対する肩関節鏡手術，MB Orthop. 20 (7)：67-77, 2007
- 5) 永松邦夫ら：プロ野球新人投手とプロ経験 5 年以上の投手における肩関節機能および肩理学所見の比較検討，理学療法福岡，31，62-65, 2018
- 6) 島田一志ら：野球のピッチング動作における体幹および下肢の役割に関するバイオメカニクス的研究，バイオメカニクス研究，4 (1)：47-60, 2000
- 7) 太田憲一郎ら：中学生野球選手における 早期コッキング期の骨盤傾斜角度の推移と投球障害との関係，日本臨床スポーツ医学会誌，Vol. 27 No. 1, 2019
- 8) 宮下浩二：投げる（野球），日本整形外科スポーツ医学会雑誌，35：11-16, 2015

- 9) Robb AJ et al.: Passive ranges of motion of the hips and their relationship with pitching biomechanics and ball velocity in professional baseball pitchers, Am J Sports Med, 38 : 2487 - 2493, 2010
- 10) 赤瀬良裕ら：高校生投手において，投球数増加が肩・体幹・股関節の回旋可動域，肩回旋筋力に及ぼす影響，長崎理学療法，5 : 9 - 14, 2005