

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

2023 Vol. 32

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

2023 Vol.32

関西臨床スポーツ医・科学研究会

目次

1. ニュースポーツであるキンボールスポーツの実践が
自律神経活動およびストレスホルモン、口腔内局所免疫に与える影響 ----- 白井 達矢 他 ----- 3
2. 起立性ストレスが呼吸・脳循環調節及び心血管系の
相互関連機構に及ぼす影響 ----- フィーリー真利奈 他 ... 7
3. 大学バスケットボール選手の競技能力に影響する
身体特性と栄養素の検討 ----- 露口 亮太 他 ----- 13
4. フレイル予防教室における身体機能および認知機能に対する
異なるペアでの取り組み効果の比較 ----- 新野 弘美 他 ----- 19
5. 小学生における足部形態、足趾把持機能および身体機能の関係性 ----- 濱口 幹太 他 ----- 25
6. 大学女子アスリートにおける足趾機能とバランス能力の競技別検討 ----- 小林 実優 他 ----- 31
7. プロスポーツ選手における口腔内状況と上顎歯列の特徴 ----- 鈴木 真幸 他 ----- 35
8. 早期からの深部体幹筋トレーニングが初期腰椎分離症の
骨癒合に及ぼす影響 ----- 浅香 孝至 他 ----- 39
9. がん薬物療法・放射線療法における身体活動・運動の意義 ----- 井上順一郎 ----- 43

ニュースポーツであるキンボールスポーツの実践が 自律神経活動およびストレスホルモン、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) 大阪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、生涯スポーツや健康志向の高まり、総合型地域スポーツクラブなどの地域スポーツの拡充により、生涯にわたる健康の保持増進に向けた対策がなされてきている¹⁾。そうしたことからニュースポーツへの関心や注目が高まってきている¹⁾。

ニュースポーツとは、従来のスポーツと比較してルールが比較的簡単で低体力や運動が苦手な人でも参加しやすく、技能や体力差が生じにくいスポーツであり、老若男女が一緒に行えるスポーツとして注目されてきている²⁾。現代においては運動の二極化が指摘されており、競技志向や技能中心型の現在の学校体育授業の種目は運動への苦手や否定的な捉え方が高まりやすいともされている²⁾。ニュースポーツはこうした苦手や否定的な考えを解消するために、ルールを簡素化し、技能や体力レベルに捉われることなく行えるスポーツとして、レクリエーション要素を多く取り入れたスポーツでもある。

なかでも本研究で着目したキンボールスポーツは、用具は専用ボールのみ、コートは最大20m×20mのコートで大きな場所を必要としない、さらに1チーム4人が協力し合い3チーム対抗で競い合う競技特性からも、協働性や思考力を高めるスポーツとして、学校教育現場や地域スポーツでも導入されてきている³⁾。上述の通り日本においてもキンボールスポーツは発展してきているが、その運動強度や体力に与える影響など、その運動効果については明らかになっていない。キンボールスポーツの効果を明らかにすることで、より学校教育現場で取り組めるスポーツとなりうる。

近年、子どもたちの運動の好き嫌いや運動実施頻度の二極化、さらに新型コロナウイルス感染症の影響に伴い、身体活動量低下や体力低下、コミュニケーション機会の減少、そして精神的ストレスを感じる子どもが増加してき

ている^{4), 5)}。特に我々は、口腔内局所免疫が健康の保持増進、そして1次予防として重要な役割を担うことを報告してきた^{6), 7)}。口腔内局所免疫の代表である唾液 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⁾。さらに唾液 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⁾。さらに行動体力のみならず、免疫力やストレスコーピング能力、自律神経活動などの防衛体力について検討していくことは生涯の健康の保持増進に向けた対策を講じるうえで重要となる。

そこで本研究では、ニュースポーツとして行われているキンボールスポーツに着目し、その有効性を自律神経活動やストレスホルモン、口腔内局所免疫などの防衛体力の面から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ホルモンや口腔内局所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。さらにキンボールスポーツ中の心拍数および自律神経活動の変化を測定するため、体育会部活動に所属せず、定期的な運動習慣のない学生を対象として選定した。

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. 実験プロトコル

対象者には運動前の安静時から運動終了後、さらに回復期の期間、ウェアラブル心拍センサ WHS-1 を装着し、心拍数および自律神経活動を連続して計測した。実験の流れとして対象者には座位安静状態を10分間とらせ、その後こちらで指定するウォーミングアップを実施し、ウォーミングアップ終了後にキンボールスポーツの試合を前後半各7分間、ハーフタイムを2分間として実施した。キンボールスポーツ終了後には回復期として座位安静状態を15分間実施させた。

本研究で着目したキンボールスポーツは、1986年にカナダのマリオ・ドゥマース氏によって考案され、1997年に日本に紹介されて以来、一般社団法人日本キンボールスポーツ連盟が発足し、2020年には2万人が競技参加者として登録されている。キンボールスポーツは室内で行われ、最大20m×20mのコートの中で行われる競技である。直径1.22m、重さ1kgのボールを使用し、4人を1チームとした3チームが1つのコートでボールを打ち合い得点を競い合う。競技ルールはチーム内の3人がボールを支え、コールの後にプレーヤー1人がボールをヒットする。コールされたチームは、ボールが床に落ちる前にレシーブをし、ボールを床に落とさないように3人でボールを支え、コール後にプレーヤー1人がボールをヒットする。この一連の中でコールされたレシーブのチームがボールを床に落とす場合や、ヒットチームがヒット時の反則を行った際に、その対象チーム以外の2チームに得点が加算される。こうしたルールからも技能や体力差、さらにはチーム間で得点差が生じにくく、チームワークが勝敗に大きく関わるスポーツでもある。

2-3. 心拍数および自律神経活動の測定

心拍数および自律神経活動の測定にはウェアラブル心拍センサ WHS-1 (ユニオンツール株式会社) を用いて行った。心拍変動の測定情報から周波数解析を用いて、心拍数 (HR)、交感神経活動 (LF)、副交感神経活動 (HF) を算出した。ウェアラブル心拍センサ WHS-1 は小型・軽量の心拍センサで、あらゆる場面で生体データを計測できる機器である。センサ内部のメモリにデータを保存し、心臓に流れる電気信号を直接拾うことで、高精度に心拍周期 (R-R Interval) を検出することができる。

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。今回は若年者における唾液採取であることから自然誘発法^{6), 7)}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。時間要因においては対応のある一元配置分散分析を用い、主効果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. 心拍数および自律神経活動の変化

心拍数では、安静時 68.7 ± 8.0 拍/分、キンボール運動前半時 133.0 ± 11.0 拍/分、後半時 138.8 ± 13.4 拍/分、回復期 98.9 ± 11.1 拍/分を示した。主効果 ($p < 0.05$, $d = 1.53$) が認められ、多重比較検定において安静時と比較して、前半時 ($p < 0.05$, $d = 0.38$) と後半時 ($p < 0.05$, $d = 0.35$) において有意に高い値を示した。

次に交感神経活動では、安静時 2313.3 ± 269.0 、前半時 12199.2 ± 4234.4 、後半時 1868.0 ± 141.9 、回復期 1808.1 ± 648.7 を示した。主効果 ($p < 0.05$, $d = 2.13$) が認められ、多重比較検定において安静時と比較して、前半時 ($p < 0.05$, $d = 0.32$) と後半時 ($p < 0.05$, $d = 0.31$) において有意に高い値を示した。

次に副交感神経活動では、安静時 2874.0 ± 831.5 、前半時 381.1 ± 43.3 、後半時 284.0 ± 33.2 、回復時 3250.1 ± 1230.8 を示した。主効果 ($p < 0.05$, $d = 2.03$) が認められ、多重比較検定において安静時と比較して、前半時 ($p < 0.05$, $d = 0.31$)、後半時 ($p < 0.05$, $d = 0.38$) において有意に低い値を示した。

3-2. 唾液コルチゾールの変化

唾液コルチゾールでは、安静時 6.50 ± 1.87 nM、キンボール実施後 6.95 ± 7.83 nM、回復期 4.30 ± 1.59 nM を示した。回復期においてストレスが低下する傾向を示した ($p = 0.08$, $d = 0.49$)。

3-3. 唾液 HBD-2 分泌量の変化

唾液 HBD-2 分泌量では、安静時 49.2 ± 12.2 pg/min、キンボール実施後 68.3 ± 23.9 pg/min、回復期 59.3 ± 18.7 pg/min を示した。主効果 ($p < 0.05$, $d = 1.03$) が認め

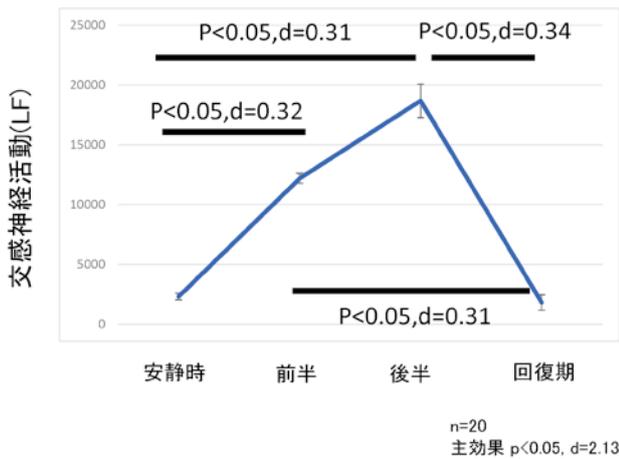


図1. キンボールスポーツの実施による交感神経活動の変化

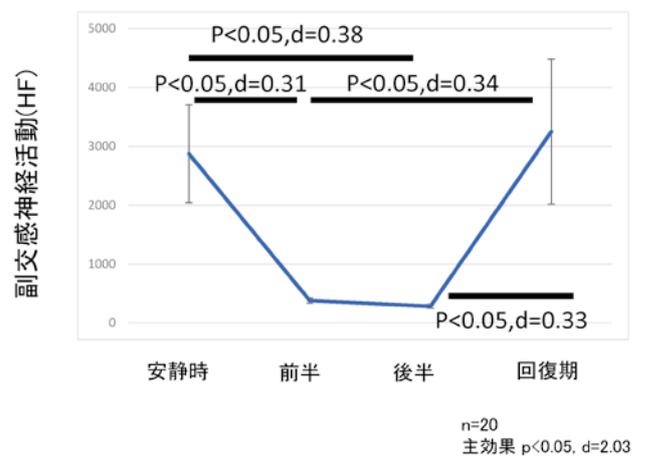


図2. キンボールスポーツの実施による副交感神経活動の変化

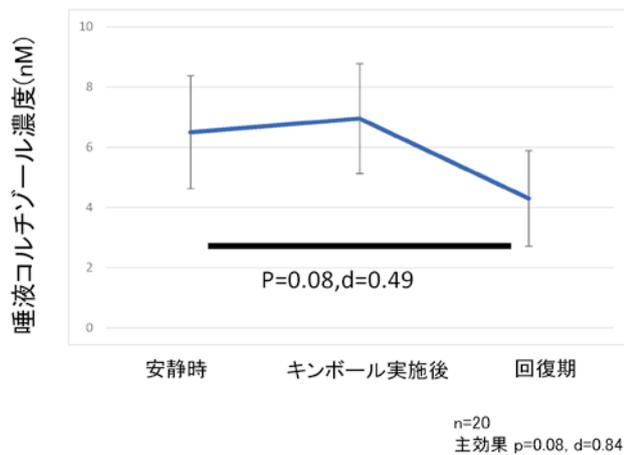


図3. キンボールスポーツの実施による唾液コルチゾールの変化

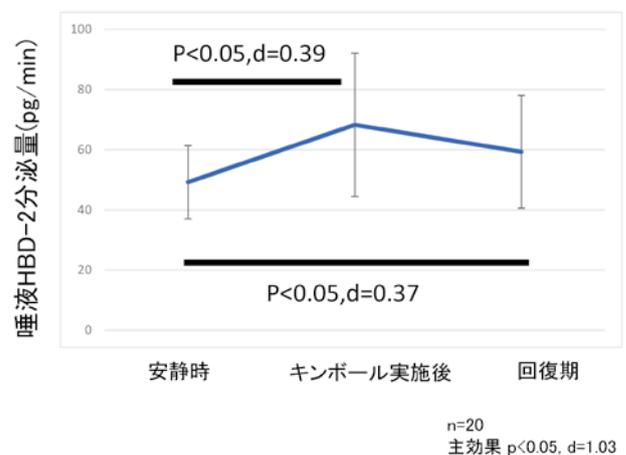


図4. キンボールスポーツの実施による唾液HBD-2の変化

られ、多重比較検定において安静時と比較して、キンボール実施後 ($p<0.05$, $d=0.39$)、回復期 ($p<0.05$, $d=0.37$) において有意に高い値を示した。

4. 考 察

本研究はニュースポーツであるキンボールスポーツに着目し、防衛体力に与える影響を検討した結果、自律神経活動の亢進や運動後のストレスホルモンの減少、口腔内局所免疫の向上に有効な手段であると考えられる。

本研究で実施したキンボールスポーツの運動強度は54%HRR (キンボール運動時平均心拍数 135.5 ± 11.8 拍/分) を示し、一般的に推奨されている中等度強度の運動強度であり、大学生を対象とした本研究においては運動強度の面においても主観的に満足の高い運動強度を示したこととなる⁹⁾。自律神経活動においても実施中の交感神経活動の亢進、実施後の副交感神経活動の亢進からも、自律神経活動を活性化することができた。先行研究では、ニュースポーツの実施が心理尺度による精神的疲労度を緩和したと

の報告¹⁰⁾もあることから、キンボールスポーツはストレス軽減や自律神経活動を整えるのに有効な手段であると考えられる。

また、平成30年に改定された新学習指導要領では「主体的・対話的で深い学び」という「個別最適な学び」と「協同的な学び」の一体的な充実が求められている。主体性を生かした協働学習が効果的であるとされ、協働学習は競争学習や個別学習と比較して、対人関係、心理的適応、生活態度の改善などに有効であるとされている¹¹⁾。本研究で着目したキンボールスポーツは、他のスポーツと異なり常に4人が協働して行う競技特性があり、相互に協力する必要性が高いことから他のスポーツ以上に協働性を高め、他者との肯定的な関わりを通してストレス軽減や自律神経活動の亢進につながったと考えられる。

さらに近年、口腔の健康を高めることが推進されているように、口腔内局所免疫を高めることが1次予防として重要視されている^{6), 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

研究ではキンボールスポーツを実施することで唾液 HBD-2 分泌量を高めることができた。唾液 HBD-2 の分泌にはストレスが大きく関与し、ストレスホルモンであるコルチゾールの減少が、その分泌に大きく関与するとされている⁸⁾。このことからストレスコーピングすることが口腔内の健康の保持増進には極めて重要であり、本研究で着目したキンボールスポーツは、ストレス軽減や精神的疲労度の緩和、さらには協働性を高めることから、体育嫌いが増加し運動に対する捉え方や実践が二極化している現代の学校体育において、キンボールスポーツを活用することは防衛体力を高め、ストレス軽減さらには口腔内の健康の保持増進にとって効果的な手段となりうるということが考えられる。

しかしながら本研究においてはいくつかの限界点もある。まずはサンプルサイズとコントロール条件（比較する運動群）である。今回はキンボールスポーツの効果のみ介入前後で検討したが、他のスポーツ（従来から体育授業で行われている球技種目）との比較をすることでキンボールスポーツの有効性を明らかにすることが可能となる。さらに今後学校教育現場での有効性を示すためには、大学生を対象とするものではなく、実際に中学生の生徒を対象とすることで、キンボールスポーツの教育的効果を明らかにすることができると思われる。

5. まとめ

ニュースポーツであるキンボールの実施は、実施中の交感神経活動の亢進や実施後のストレスホルモンの減少、さらには実施後に口腔内局所免疫が高まることが示され、防衛体力の向上に有効である可能性が示唆された。

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) 大橋信行, 年齢・経験の違いによるキンボールスポーツの運動強度 —小学生を対象として—, 自由時間研究 36, 1, 157-163, 2010.
- 2) 大橋信行, 年齢・経験の違いによるキンボールスポーツの運動強度 —中高年男性を対象として—, 自由時間研究 37, 1, 64-69, 2011.
- 3) 大山綾花, 大学の講義におけるニュースポーツの現状と課題, 北海道大学紀要, 教育科学編 72 (1), 527-536, 2021.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) Usui T, The Relationship between Oral Mucosal Immunity and Activity of Dental Caries after Prolonged Strenuous Exercise, Descente Sports Science, vol 35, 2013.
- 8) 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.
- 9) 小原史郎, 各種運動における脈拍数・歩数・満足度に関して, 愛知工業大学研究報告, 39, 71-78, 2004.
- 10) 三原大介, ニュースポーツと疲労に関する一考察, 小山工業高等専門学校研究紀要, 39, 19-22, 2011.
- 11) Johnson, D. W et al, Active Learning cooperation in the college classroom, Interaction Book Company, 1991.

起立性ストレスが呼吸・脳循環調節及び心血管系の相互連関機構に及ぼす影響

フィーリー真利奈¹⁾, 伊藤 剛¹⁾, 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 人間環境学研究所

2) 大阪産業大学 スポーツ健康学部

1. 背景

起立時には重力の影響で上半身の血液が下半身に移行し、中心血液量が減少することが知られている。この状況下では、圧受容器による動脈圧の調節と、脳への一定の血液供給の維持が極めて重要である。しかし、起立性調節障害（または起立性低血圧）の状況では、これらの動脈圧受容器反射の機能が低下し、中心血液量の顕著な減少によって脳への血液供給が不十分になる可能性がある。この現象は、低血圧が原因で発生する失神やめまいなどの症状と関連づけられている。

近年の研究成果によれば、起立時のストレスに対する生体反応において、呼吸調節系と循環調節系の二つのフィードバック制御システムが相互作用し、脳内の恒常性の維持に重要な役割を果たしていることが明らかになっている¹⁾。この分野における研究では、下半身陰圧負荷（Lower Body Negative Pressure; LBNP）装置を用いて、立位時に足底が地面に接触することにより生じる下肢筋の機械的受容器刺激や前庭系からの入力を取り除き、直立姿勢での中心循環血液量の減少を陰圧負荷により独立して再現することが可能である²⁾。先行研究にて我々は、この方法を用いた実験により、下半身陰圧負荷が、中心循環血液量の減少を引き起こし、それが心拍出量や一回拍出量などの中心循環動態に顕著な影響を与えること、及び呼吸化学調節フィードバック系の呼吸動作点や制御部の特性曲線を左方へシフトすることを示した³⁾。これは、中心循環血液量の減少が脳血流量の低下を引き起こし、脳内の二酸化炭素（CO₂）バランスに変動が生じる結果（CO₂wash-out 機

能の低下）、呼吸調節系の制御部の動作機構が変化し、結果として換気が亢進するというメカニズムが考えられている¹⁾。この過程において、動脈圧受容器反射が脳内の恒常性維持にどのように作用しているのかは不明である。

従来の起立性ストレス負荷時における生体反応の研究では、脳循環や動脈圧受容器反射に基づく心血管系の反応が主な評価対象となっている。しかし、呼吸調節系もまた脳内ホメオスタシスの恒常性に重要な役割を果たしていることから、呼吸調節系（化学受容器反射）や、循環調節系（圧受容器反射）による動脈圧の調節と、脳への血液供給の維持との間の総合的な関連性に焦点を当てることは、新たな生体メカニズムの解明につながる可能性がある。そこで、本研究は、起立性ストレスに対する呼吸・脳循環調節系及び心血管系の相互作用の機構の詳細を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

1) 被験者

本研究は大阪産業大学「人を対象とする研究倫理審査委員会」(No.2023-02)の承認の下で行われた。対象は実験の目的・潜在的なリスクについて十分に説明し、同意を得た非喫煙の大学体育会に所属するアスリートを含む一般健常学生16名（身長：176.6 ± 7.6cm, 体重：72.0 ± 9.0kg）とした。参加者全員に既知の心血管疾患や肺疾患はなく、頭部外傷の既往もなく、実験期間中、いかなる治療も受けていなかった。被検者には実験の24時間前には激しい運動を控え、通常の食事は維持するが塩分の多い食事

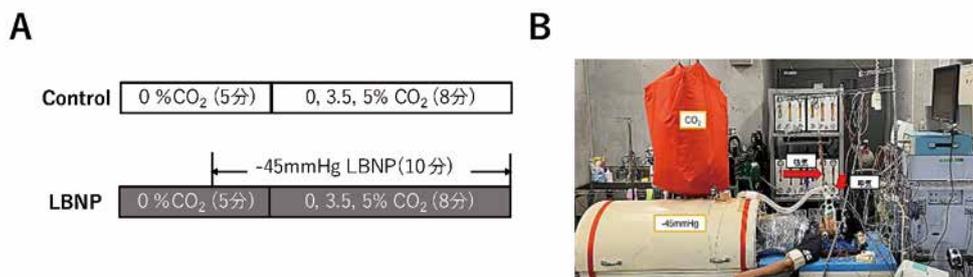


図1. (A) 実験プロトコル, (B) 下半身陰圧負荷（Lower Body Negative Pressure; LBNP）装置を用いた実験中の様子

表1. LBNP負荷が呼吸循環反応に与える影響

	Control	LBNP	Mean % change due to LBNP	Paired t-test P-Value
P _{ETCO₂} (mmHg)	39.0 ± 2.6	37.6 ± 2.2	-3.4 ± 3.1	0.121
V _E (l/min)	9.9 ± 1.7	10.1 ± 1.5	1.8 ± 9.8	0.840
V _{O₂} (ml/min)	329.8 ± 51.2	333.3 ± 62.0	1.1 ± 12.5	0.860
V _{CO₂} (ml/min)	288.3 ± 56.2	283.9 ± 59.0	-1.2 ± 13.6	0.830
V _T (ml)	625.7 ± 88.7	628.6 ± 96.9	1.1 ± 13.1	0.929
RR (breaths/min)	16.5 ± 2.6	16.3 ± 3.4	-1.0 ± 15.9	0.858

値はすべて平均値±標準偏差。P_{ETCO₂}, 呼気終末二酸化炭素分圧; V_E, 分時換気量; V_{O₂}, 酸素摂取量; V_{CO₂}, 二酸化炭素排出量; V_T, 一回換気量; RR, 呼吸数。

は避け、測定開始の2時間前までに軽食を済ませておくように指示した。

2) 実験プロトコル

すべての実験プロトコルにおいて、対象はフェイスマスクを通して呼吸を行い、5分間の仰臥位安静呼吸状態の後、下半身陰圧 (Lower Body Negative Pressure, LBNP) 負荷装置^{1,3)}を用いて-45mmHgの起立性ストレスを10分間加える条件と無負荷コントロール条件で、呼吸調節系の制御部特性および脳循環調節機能の評価を行うために3種類のCO₂吸気ガス(0%, 3.5%, 5%CO₂)それぞれ8分間吸入する実験を計6試行、ランダムに繰り返した。ガス吸入はすべてダグラスバッグ(200L)から一方向弁を通じて行った(図1)。

3) 測定装置と測定項目

呼吸代謝諸量の測定は、呼気ガス分析装置(ARCO-2000, ARCO社, 千葉)を用い、酸素摂取量(V_{O₂})分時換気量(V_E), 呼吸数(RR), 一回換気量(V_T), および呼気終末CO₂分圧(P_{ETCO₂})をbreath-by-breathで測定した。心拍数はテレメータ心電図計を用いて1拍毎に連続モニターし、心拍数、心電図波計、呼気流量および呼気ガス濃度(O₂, CO₂)のアナログ信号は、サンプリング周波数

200Hzでデジタル記録した。脳血流の指標である中大脳動脈平均血流速度(MCA Vmean)は経頭蓋ドップラー装置(WAKI, Atys Medical, St. Genislaval, France)を用いて呼気ガス分析データと同期させ連続記録した。血圧は自動血圧計(EBP-300, MINATO, Osaka)を用いて上腕動脈の収縮期血圧(SBP)及び拡張期血圧(DBP)を30秒毎に測定した。平均血圧(MBP)は、(SBP-DBP)/3+DBPの式を用いて算出した。

(1) 呼吸調節系の呼吸コントローラー特性 (Respiratory Controller Property) の評価

動脈CO₂分圧のステップ状の変化に対するP_{ETCO₂}とV_Eの応答を連続記録し、定常状態におけるP_{ETCO₂}とV_Eの下記の直線近似⁴⁾にこれらの測定値を代入してSとBを求めた。

$$V_E = S \cdot (P_{ETCO_2} - B)$$

なお、S値、B値は、各人の呼吸コントローラー特性 (Respiratory Controller Property) の傾き及びX軸切片の値を表す。

(2) 脳血管反応特性 (Cerebrovascular CO₂ reactivity) の評価

上記と同様に、定常状態におけるP_{ETCO₂}とMCA Vmean

表2. LBNP負荷が心血管、脳循環調節、呼吸コントローラー特性および脳血管反応特性に与える影響

	Control	LBNP	Mean % change due to LBNP	Paired t-test P-Value
MCA Vmean (cm/s)	58.6 ± 15.9	55.2 ± 16.7	-6.3 ± 7.8	0.564
HR (beats/min)	59.1 ± 8.4	72.6 ± 10.8	23.1 ± 11.7	<0.001**
SBP (mmHg)	129.8 ± 8.6	122.6 ± 10.2	-5.5 ± 5.5	0.040*
DBP (mmHg)	80.8 ± 8.3	88.0 ± 6.1	9.6 ± 9.0	0.009**
MBP (mmHg)	97.1 ± 7.6	99.6 ± 6.7	2.8 ± 6.2	0.343
Respiratory Controller Property				
S (mL/min/mmHg)	1.509 ± 0.8	1.218 ± 0.6	-12.6 ± 28.6	0.260
B (mmHg)	49.4 ± 33.3	35.4 ± 22.2	18.7 ± 35	0.173
Cerebrovascular CO ₂ reactivity				
K (cm/sec)	23.4 ± 9.4	21.9 ± 11.8	-2.1 ± 44.2	0.682
R (/mmHg)	0.024 ± 0.008	0.026 ± 0.008	15.6 ± 46.3	0.486

値はすべて平均値±標準偏差。MCA Vmean, 中大脳動脈平均血流速度; HR, 心拍数; SBP, 収縮期血圧; DBP, 拡張期血圧; MBP, 平均血圧; Respiratory Controller Property, V_E = S · (P_{ETCO₂} - B); Cerebrovascular CO₂ reactivity, MCA Vmean = K · e^(R · PETCO₂).

* p < 0.05, ** p < 0.01.

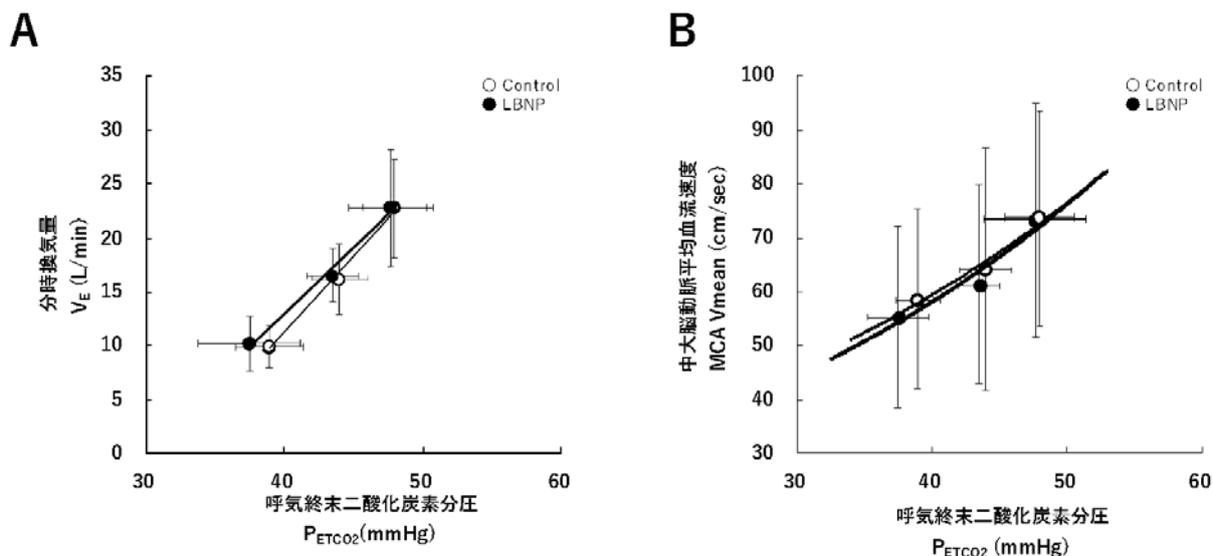


図2. 下半身陰圧 (LBNP) 負荷が呼吸コントローラ特性およびCO₂に対する脳血流反応特性に及ぼす影響
 (A) 呼吸コントローラ特性: $V_E = S \cdot (P_{ETCO_2} - B)$, (B) 脳血流反応特性: $MCA\ Vmean = K \cdot e^{(R \cdot PETCO_2)}$

の下記の指数近似式⁵⁾にこれらの測定値を代入してKとRを求めた。

$$MCA\ Vmean = K \cdot e^{(R \cdot PETCO_2)}$$

なお、K値、R値は、各人のCO₂吸入に対する脳血管反応の特性 (Cerebrovascular CO₂ reactivity) を表す。

4) 統計処理およびデータ分析

すべての値は平均値±標準偏差で表し、条件間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。有意水準は全ての統計解析においてP<0.05とした。定常状態の値は最後の2分間のデータを平均した。

3. 結果

表1はLBNP負荷が呼吸循環反応に与える影響について示した表である。LBNP負荷によってP_{ETCO₂}、V_{CO₂}及びRRが低下し、V_E、V_{O₂}、V_Tが上昇したが、統計的に有意な差は認められなかった。

表2は下半身陰圧負荷が心血管、脳循環調節、呼吸コントローラ特性および脳血管反応特性に与える影響について示した表である。LBNP負荷によってSBPは-5.5 ± 5.5%低下したがHRおよびDBPはそれぞれ23.1 ± 11.7%および9.6 ± 9.0%上昇した。その結果、LBNPによりMBPは2.8 ± 6.2%上昇したが、MCA Vmeanは-6.3 ± 7.8%低下した。SBP、DBP、HRにおいて統計的に有意な影響が明らかになったが、平均血圧とMCA Vmeanには統計的な違いは観察されなかった。無負荷条件とLBNP条件で得られたデータを基にP_{ETCO₂}とV_Eの直線回帰式のグラフを作図し両者を比較すると図2Aのようになり、X軸方

向にわずかに左方に移動している。しかし、直線の傾き (S値) およびX軸との切片 (B値) には両条件で有意差を認めなかった (表2及び図2A)。同様に、2条件で得られたデータを基にP_{ETCO₂}とMCA Vmeanの回帰式のグラフを作図し両条件を比較すると図2Bのように大きな差はなく、また表2の通り、K値、R値に有意差を認めなかった。

一方で、無負荷条件からLBNP負荷条件へ変化させたときのK値の変化率とMBP値の変化率の間、またR値の変化率とMBP値の変化率の間に、それぞれ有意な相関関係が認められた (図3)。

4. 考察

本研究では、LBNPの呼吸調節と脳、心臓、血管反応の間での個体差の検討からP_{ETCO₂}とMCA Vmeanの回帰式関連指標の変化率と平均血圧の変化率との間に有意な相関関係が認められた。脳血流は血圧が60 - 150mmHgの間にある時、脳自己調節機能により脳血流が一定に保たれCO₂の増加に伴い、脳血流が増加することは広く知られている⁶⁾。今回の結果から、図2で示す通り、起立性ストレスに伴う動脈圧受容器反射の程度を表す平均血圧の変化率と、CO₂吸入に対する脳血管反応特性を表すK値やR値の各変化率に有意な相関関係が認められた。これらの結果は、動脈圧受容器反射を介した脳内CO₂ホメオスタシスを維持する脳循環調節機序の存在を示唆するものと考えられる。我々は先行研究にて、運動時には安静時に比べてCO₂ガスの恒常性を維持するための呼吸コントローラ特性が低下すること、同時に、高二酸化炭素状態での脳血管反応特性が運動中に増加することを報告した⁵⁾。

一方で、重度脳損傷患者を対象にした研究では、CO₂に

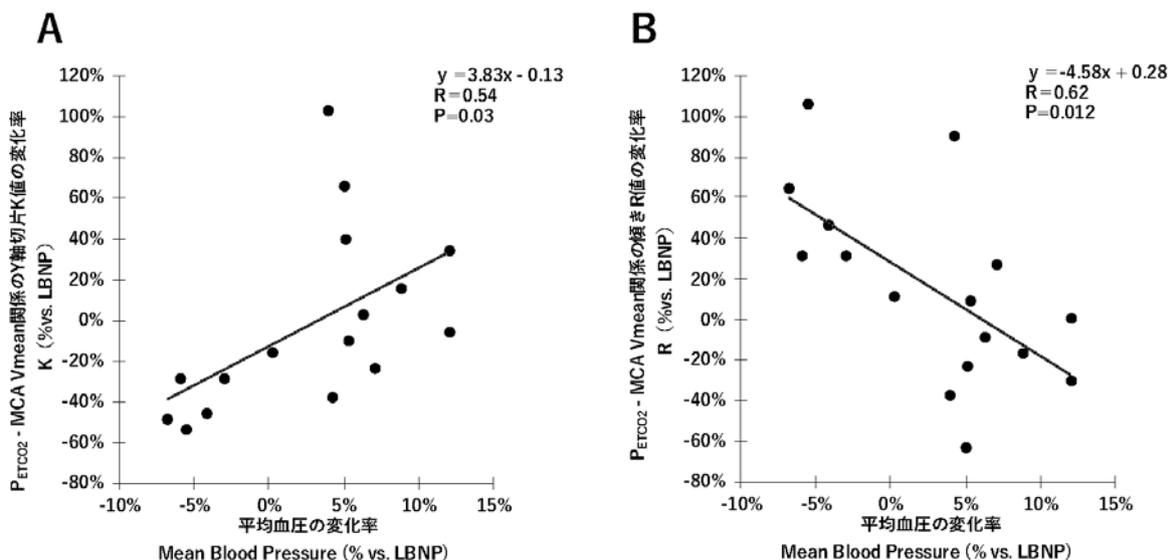


図3. 下半身陰圧 (LBNP) 負荷時における平均血圧の変化率とCO₂に対する脳血管反応特性 [MCA Vmean = K · e^(R · PETCO₂)] の変化率間の相関関係

に対する脳血管反応特性が保持されている患者群と損なわれた患者群との間で生命予後の差異が観察されている⁷⁾。これらの知見はCO₂に対する脳血流反応性が、脳内CO₂恒常性維持の評価において極めて重要な指標であることを示唆している。

起立性ストレス時、中心血流量の減少に伴う呼吸化学調節系呼吸コントローラー特性や脳血管反応特性の変化が図3に示す16名の各データでもわかるように、大きな個体差が確認された。特に脳血管反応特性を表すP_{ETCO₂}とV_Eの直線回帰式のグラフのY軸切片K値とX軸切片R値の変化率と平均血圧の変化率との間には有意な相関関係が見られた。これは、動脈圧受容器反射を介して脳内CO₂ホメオスタシスを維持する脳循環調節機序の存在を示唆するものである。つまり、動脈圧受容器反射を介して脳内のCO₂wash-out機能を促進する機能として動脈圧反射も呼吸調節と合わせて働いており、脳内CO₂ガスのホメオスタシスを保つために呼吸調節と圧調節反射の両方が働いて脳内の血流を増やしたり、脳内のCO₂wash-out機能を促進する機能を並行して働かせていることサポートするデータが得られた。アスリートを対象とした同様の実験は過去に見当たらない。しかし、心血管系の観点からはSugawaraら⁸⁾によると運動様式の違いによって起立ストレス時の平均血圧の反応の違いが見られたこと、また、Convertino VAによると失神発生率の高さは、被験者の最大酸素摂取量(V_{O_{2max}})の違いによって異なり、高度にトレーニングされた者ほど高いと報告している⁹⁾ことから、今回の結果の個体差が大きいのは被験者にアスリートを含んでいるためである可能性が考えられる。これにより、今後はアスリートと一般健常人の間での反応の差異に関する追加研究の必要性が浮き彫りとなった。

先行研究^{1),3)}にて我々は、一般健常人を対象に、LBNP負荷による中心循環血流量の減少に伴いP_{ETCO₂}とV_Eの直線回帰式のグラフの左方シフト、及び換気の亢進を報告した。しかし、本研究ではアスリートを半数以上の被験者として含めた結果、その間で大きな個体差が観察されP_{ETCO₂}とV_Eの直線回帰式のグラフの左方へのシフト傾向は認められるものの、直線の傾き(S値)およびX軸との切片(B値)には統計的有意差が確認できなかったと考えられる。

LBNP負荷による心拍数やDBPの増加、SBPの低下といった起立負荷に対する循環反応の有意な変化が認められた。一方で、LBNP負荷においてMCA Vmeanが $-6.3 \pm 7.8\%$ 減少し、MBPが $2.8 \pm 6.2\%$ 上昇したが、これらの指標に統計的に有意な差は認められず、平均血圧や脳血流反応性は維持され、先行研究^{1),3)}と一致した結果が得られた。一方で、アスリートではヘッドアップチルトに対する心血管系の応答性がレジスタンス系のスポーツ選手において顕著に認められ、一般健常人や持久系のスポーツ選手で異なる反応を示すことが報告されている⁸⁾。また、5年以上寝たきり状態にある患者に対して -20mmHg のLBNP負荷を加えると、平均血圧の低下が生じることが報告されている¹⁰⁾。したがって日常の運動習慣や運動トレーニングの形態によって起立ストレスに対する心・血管系の反応性は影響を受けると考えられる。

5. 結論

起立ストレスによる中心循環血流量の減少は、動脈圧受容器反射によって血圧及び脳血流反応性は維持されることから、呼吸調節系と循環調節系が協調して脳内のCO₂ホメ

オスタシスを維持する機構が効果的に機能している可能性が示唆された。本研究の知見は今後、起立性調節障害のメカニズムを解明し、その新たな評価法や治療法の開発に対する一助となると考えられる。

参考文献

- 1) Miyamoto T, Bailey DM, Nakahara H, Ueda S, Inagaki M, Ogoh S: Manipulation of central blood volume and implications for respiratory control function. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 306 (12): H 1669 - H 1678. 2014
- 2) Goswami N, Blaber AP, Hinghofer-Szalkay H, Convertino VA: Lower Body Negative Pressure: Physiological Effects, Applications, and Implementation. *Physiol Rev.* 99 (1): 807 - 851. 2019
- 3) Ogoh S, Nakahara H, Okazaki K, Bailey DM, Miyamoto T: Cerebral hypoperfusion modifies the respiratory chemoreflex during orthostatic stress. *Clin Sci (Lond).* 125 (1): 37 - 44. 2013
- 4) Miyamoto T, Inagaki M, Takaki H, Kawada T, Yanagiya Y, Sugimachi M, Sunagawa K: Integrated characterization of the human chemoreflex system controlling ventilation, using an equilibrium diagram. *Eur J Appl Physiol.* 93 (3): 340 - 6. 2004
- 5) Ogoh S, Hayashi N, Inagaki M, Ainslie PN, Miyamoto T: Interaction between the ventilatory and cerebrovascular responses to hypo- and hypercapnia at rest and during exercise. *J Physiol.* 586 (17): 4327 - 38. 2008
- 6) Lassen NA: Autoregulation of cerebral blood flow. *Circ Res.* 15 (suppl) : 201 - 4. 1964
- 7) Schalén W, Messeter K, Nordström CH: Cerebral vasoreactivity and the prediction of outcome in severe traumatic brain lesions. *Acta Anaesthesiol Scand.* 35 (2): 113 - 122. 1991
- 8) Sugawara J, Komine H, Miyazawa T, Imai T, Fisher JP, Ogoh S: Impact of chronic exercise training on the blood pressure response to orthostatic stimulation. *J Appl Physiol* (1985). 112 (11): 1891 - 6. 2012
- 9) Convertino VA: Endurance exercise training: conditions of enhanced hemodynamic responses and tolerance to LBNP. *Med Sci Sports Exerc.* 25 (6): 705 - 12. 1993
- 10) Akataki K, Mita K, Ito K, Suzuki N: Assessment of cardiovascular regulation to lower body negative pressure in bedridden disabled patients. *Japanese Journal of Medical Electronics and Biological Engineering.* 30, 14 - 21, 1992. In Japanese

大学バスケットボール選手の競技能力に影響する 身体特性と栄養素の検討

露口 亮太^{1),2)}, 瀬戸 孝幸¹⁾, 濱口 幹太²⁾, 吉田 平³⁾, 黒瀬 聖司⁴⁾, 大槻 伸吾^{1),2)},
木村 穰⁴⁾

- 1) 大阪産業大学 スポーツ健康学部
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
4) 関西医科大学 医学部

1. 背景・目的

アスリートの競技能力の向上は技術に加えて体力面の強化が必須であり、日々のトレーニングだけでなく、栄養補給も重要である。アスリートの体格や競技特性、食生活によって必要な栄養摂取量は異なるため、個々に応じた対応が必要となる。特に大学生アスリートは、日常的にトレーニングしているにもかかわらず、食事摂取が不十分であり、栄養素の不足が懸念されている¹⁾。また、朝食の欠食や自炊ができていない学生が多いとの報告もある²⁾。三大栄養素に加えて、糖質や脂質を分解してエネルギー産生の補酵素や抗酸化作用を持つビタミン群³⁾、貧血を予防して全身へ酸素供給に必要な鉄^{4),5)}、骨形成に必要なカルシウム、マグネシウムなどのミネラル摂取も必要となる^{6),7)}。

栄養調査の主たる方法として食事記録による調査が用いられてきたが、摂取後の体内での吸収率や排泄率は不明である。この課題を解決する方法の一つとして、尿中の化合物を生体指標として利用することにより栄養吸収量を推定する方法が開発された。スポット尿を用いて欠乏栄養素を推定することが可能であり、アスリートの栄養管理に役立つ可能性がある⁸⁾。

そこで本研究は、大学生アスリートを対象とし身体パフォーマンスとスポット尿による推定栄養吸収量が競技能力に与える影響を検討することを目的とした。

2. 方法

1) 対象

関西学生連盟に所属している大学バスケットボール選手男性 46 名を対象とした。平均年齢は 19.6 ± 1.1 歳。競技能力が高いレギュラー群 22 名と非レギュラー群 24 名に分類した。

本研究は、大阪産業大学倫理審査委員会の承認 (2020 - 人倫 - 10) 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) 調査項目および測定項目

a. 調査項目

2021 年 6 月 26 日および 2021 年 6 月 27 日に自記式調査にて年齢、性別、競技歴、競技グループ (レギュラー群・非レギュラー群)、ポジション、プロテイン摂取状況の調査をおこなった。

b. 体力測定項目

文部科学省新体力テスト (握力、上体起こし、反復横跳び、長座体前屈、立ち幅跳び、20m シャトルラン)、閉眼片脚立ち、足趾把持筋力。

● 握力

人差し指の第 2 関節が直角になるよう握りの幅を調節し直立、自然開脚、上肢自然下垂位の体勢で、握力計を身体や衣服に触れないように測定した。測定は左右交互に 2 回ずつ実施し良い方の記録を採用し、平均値で評価した。

● 上体起こし

マット上で仰臥姿勢をとり、両腕を胸の前で組み、両膝の角度を 90 度で測定した。30 秒間で両肘と両大腿部がついた回数を記録し、実施は 1 回とした。

● 反復横跳び

中央ラインをまたいで立ち、右左のラインを越すか、踏むまでサイドステップするよう指示し、20 秒間繰り返して、2 回実施して良い方の記録を採用した。

● 長座体前屈

長座姿勢をとり、肩幅の広さで手のひらの中央付近が測定器の手前端にかかるように置いて最大に前屈した後に測定器から手を離し、2 回実施して良い方の記録を採用した。

● 立ち幅跳び

両足を軽く開き、つま先が踏み切り線の前端に揃うようにした。両足で同時に踏み切り前方へ飛び、身体が床に触れた位置のうち最も踏み切り線に近い位置の距離を計測した。2 回実施し良い方の記録を採用した。

● 20m シャトルラン

電子音に合わせて 20m 先の線に達する回数を計測した。



(図 1-a)



(図 1-b)



(図 1-c)

図 1. 足趾把持筋力測定

途中で走るのを辞めた時、2回続けてどちらかの足で線に触れることができなくなった時に終了とした。

● 足趾把持筋力 (図 1)

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 (図 1-a)。測定時には、足指筋力測定器の把持バーを対象者の第 1 中足趾節関節に合うように調節した (図 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 (図 1-c)。左右 2 回の測定を行い、良い記録を採用した⁹⁾。

c. 推定栄養吸収量調査

スポット尿による推定栄養吸収量は、VitaNote (ユカシカド社製) の検査キットを使用した。VitaNote はタンパク質、ビタミン B1、ビタミン B2、ナイアシン (B3)、パ

ントテン酸 (B5)、ビタミン B6、ピオチン (B7)、葉酸 (B9)、ナトリウム、カリウム、カルシウム、リン、マグネシウム、モリブデン、酸化ストレスの合計 15 種類の測定が可能である。尿の採取は、体力測定日の朝の第一尿を採取し、郵送した (図 2)。

3) 統計処理

すべての測定値は平均値 ± 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おこない、群間の比較には t 検定とカイ 2 乗検定を用いた。また、多変量解析は尤度比によるロジステック回帰分析を用いてレギュラーを予測する独立因子を明らかにした。統計処理ソフトは IBM SPSS Statistics for Windows (Ver.28.0.1.0; IBM 社製) を用い、統計学的有意水準は 5% 未満とした。



図 2. VitaNote

3. 結 果

大学バスケットボール選手の特性は表1に示した。レギュラー群の年齢は有意に高く (20.0 ± 1.1 vs. 19.3 ± 0.9 , $p < 0.05$)、日常でのプロテイン摂取率が有意に高値であった (68.2% vs. 37.5% , $p < 0.05$)。

レギュラー群と非レギュラー群の体力測定と比較において、レギュラー群の上体起こしが非レギュラー群よりも有意に高値であり、反復横跳びは有意に低値を示した (表2)。

レギュラー群と非レギュラー群の推定栄養吸収量の比較

において、レギュラー群のたんぱく質、ビタミンB2、ナイアシン (B3)、パントテン酸 (B5)、ビタミンB6、モリブデンは非レギュラー群よりも有意に高値を示した (表3)。

レギュラーの正否を従属変数、2群間の有意な因子と調整因子 (身長、競技歴) を独立変数とするロジステック回帰分析の結果、競技歴 (OR = 1.12)、上体起こし (OR = 1.98)、反復横跳び (OR = -0.36)、ビタミンB6 (OR = 4.16) が独立因子として抽出された (表4)。

表1. 大学バスケットボール選手の特性

	全体 n=46	レギュラー群 n=22	非レギュラー群 n=24	p value
年齢 (歳)	19.6 ± 1.1	20.0 ± 1.1	19.3 ± 0.9	0.027
身長 (cm)	177.5 ± 6.7	177.4 ± 7.7	177.6 ± 5.8	0.942
体重 (kg)	75.8 ± 10.5	78.2 ± 10.5	73.6 ± 10.1	0.141
BMI (kg/m ²)	24.0 ± 2.7	24.8 ± 2.6	23.3 ± 2.6	0.075
競技歴 (月)	127.6 ± 32.8	136.8 ± 28.1	119.2 ± 35.0	0.068
プロテイン摂取率	24, (52.2%)	15, (68.2%)	9, (37.5%)	0.037

平均 ± 標準偏差

表2. レギュラー群と非レギュラー群の体力測定と比較

	全体	レギュラー群	非レギュラー群	p value
握力 (kg)	46.5 ± 6.3	47.2 ± 7.1	45.9 ± 5.6	0.462
上体起こし (回)	31.1 ± 4.5	32.7 ± 3.6	29.5 ± 4.7	0.014
反復横跳び (回)	60.8 ± 4.6	58.7 ± 4.4	62.5 ± 4.2	0.006
長座体前屈 (cm)	47.9 ± 9.8	47.7 ± 10.4	48.0 ± 9.4	0.903
立ち幅跳び (cm)	241.8 ± 15.9	238.6 ± 19.3	244.6 ± 12.0	0.209
20mシャトルラン (回)	124.4 ± 21.0	130.5 ± 20.0	119.3 ± 20.9	0.079
閉眼片足立ち 左足 (秒)	89.9 ± 43.1	84.9 ± 47.2	94.5 ± 39.5	0.389
閉眼片足立ち 右足 (秒)	86.7 ± 43.3	84.4 ± 42.9	88.7 ± 44.5	0.472
足趾把持筋力 (kg)	27.3 ± 5.9	28.6 ± 5.2	26.2 ± 6.4	0.180

平均 ± 標準偏差

表3. レギュラー群と非レギュラー群の推定栄養吸収量の比較

	全体	レギュラー群	非レギュラー群	p value
たんぱく質	84.9 ± 29.6	96.3 ± 32.0	74.5 ± 23.2	0.011
ビタミンB1	1.6 ± 2.2	2.3 ± 3.0	1.0 ± 0.8	0.166
ビタミンB2	1.3 ± 1.2	1.7 ± 1.2	0.9 ± 1.0	0.011
ナイアシン (B3)	19.7 ± 13.2	25.3 ± 15.4	14.5 ± 8.2	0.009
パントテン酸 (B5)	4.5 ± 9.6	6.7 ± 13.6	2.4 ± 1.4	0.039
ビタミンB6	3.2 ± 2.6	4.5 ± 3.1	2.0 ± 1.0	0.001
ビオチン (B7)	13.6 ± 12.5	15.7 ± 16.8	11.6 ± 6.1	0.333
葉酸 (B9)	60.7 ± 17.6	59.6 ± 17.3	61.7 ± 18.1	0.692
ナトリウム	4966.4 ± 2287.4	5046.4 ± 2021.1	4893.1 ± 2548.6	0.482
カリウム	1217.2 ± 496.4	1331.8 ± 597.4	1112.1 ± 363.5	0.135
カルシウム	478.2 ± 341.6	479.4 ± 366.4	477.1 ± 325.2	0.912
リン	1281.7 ± 450.0	1324.2 ± 409.3	1242.7 ± 489.9	0.281
マグネシウム	392.2 ± 155.0	395.0 ± 149.8	389.8 ± 162.7	0.911
モリブデン	238.2 ± 139.6	288.4 ± 147.4	192.3 ± 116.9	0.010
酸化ストレス	3.4 ± 0.9	3.6 ± 1.2	3.3 ± 0.6	0.418

平均 ± 標準偏差

表4. レギュラーの正否を従属変数、2群間の有意な因子と補整因子を独立変数とするロジスティック回帰分析

	オッズ比	95%CI		有意確率
		下限	上限	
競技歴	1.122	1.019	1.236	0.019
上体起こし	1.975	1.103	3.535	0.022
反復横跳び	-0.361	0.161	0.808	0.013
ビタミンB6	4.157	1.134	15.239	0.032

平均±標準偏差

4. 考 察

本研究は、大学バスケットボール選手の競技能力に影響する体力とスポット尿による推定栄養吸収量を検討し、レギュラー群と非レギュラー群を比較した。レギュラー群の年齢、プロテイン摂取率、上体起こし、たんぱく質、ビタミンB2、ナイアシン (B3)、パントテン酸 (B5)、ビタミンB6、モリブデンの数値が高く、一方で反復横跳びが低いことが示された。レギュラー群は体幹の筋持久力に加えてたんぱく質やビタミンB群の吸収量が高く、日常生活での栄養摂取への意識が高い可能性が示唆された。多変量解析では、レギュラーの正否に対して競技歴 (OR = 1.12)、上体起こし (OR = 1.98)、反復横跳び (OR = -0.36)、ビタミンB6 (OR = 4.16) が独立因子として抽出された。

レギュラー群の年齢が高く、競技歴が長期である傾向にあった。これは、学年が上がるほどレギュラー群が多いことを示しており、同時に体格が大きくなることで筋力や筋持久力が高まり、上体起こしが予測因子になった可能性が考えられる。また、バスケットボール競技では技術や戦術などの専門的能力に加え、様々な基礎体力が必要とされており¹⁰⁾、その中でも体幹の筋持久力が競技パフォーマンスに関連することが示された。一方、レギュラー群の反復横跳びのスコアが有意に低値を示した。これは、非レギュラー群に所属する選手にはガードポジションの選手が多く、俊敏性の高い選手が多く含まれていたことによる偏りの影響が考えられた。

また、体力要素に加えてビタミンB6が独立因子として抽出された。ビタミンB群はエネルギー代謝の補酵素であり、特にビタミンB6はエネルギー代謝や筋損傷や疲労回復を介したスポーツパフォーマンスへの関与が報告されており¹¹⁾、先行研究に類似した結果が得られた。アスリートにとって運動前後の栄養摂取は、スポーツパフォーマンスの向上や維持、コンディショニング、リカバリーのために重要であるが、レギュラー群はプロテインの摂取率が高く、日常から栄養補給への意識が高いことが考えられる。ビタミンB6の所要量はタンパク質摂取に依存することが報告されており、市販のプロテインには複合的な栄養素が含まれていることが多く、プロテイン摂取によってビタミンB6の吸収が増えた可能性もある。また、大学生や社会人に対しては、競技種目特性を考慮した専門的な栄養や食

事サポートが必要であることが報告されており¹²⁾、大学生バスケットボール選手においてはビタミンB6の摂取や吸収状況の確認や不足に対するサポートがパフォーマンス向上に繋がる可能性が示唆された。

本研究は横断研究であり、因果関係は不明であるが、レギュラー群は筋持久力が高く、栄養摂取状況の良い選手が多いことが示された。体力要素の向上に加えて、食生活への配慮や栄養補給への意識がレギュラーになるための一つの要因になっている可能性がある。今後は栄養摂取介入による前向き研究が望まれる。また本研究では食事摂取状況は確認できておらず、今後は食事記録の調査も必要であると考えられた。

5. 結 論

本研究では、大学バスケットボール選手のレギュラー群は競技歴が長く、筋持久力が優れていたが、敏捷性は劣っていた。栄養状態として3大栄養素の代謝の補酵素であるビタミンB6の推定吸収量が独立因子として抽出された。競技能力には身体能力に加えて、エネルギー代謝の補酵素となる栄養吸収も関与していることが示唆された。

参考文献

- 1) Hinton PS et al. : Nutrient intakes and dietary behaviors of male and female collegiate athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 14: 389-405. 2004
- 2) 奥村友香ら: 自炊とレシピ集に対する栄養系と体育系の一人暮らしの学生の認識, *日本スポーツ栄養研究誌*, 8: 11-17, 2015
- 3) Armstrong LE et al. : Vitamin and mineral supplements as nutritional aids to exercise performance and health. *Nutr Rev.* 54: 149-158. 1996
- 4) Yoshimura H: Anemia during physical training (sports anemia) . *Nutr Rev.* 28: 251-253. 1970
- 5) Evans WJ: Vitamin E, vitamin C, and exercise. *Am J Clin Nutr.* 72: 647-652. 2000
- 6) Nattiv A: Stress fractures and bone health in track and field athletes. *J Sci Med Sport.* 3: 268-279. 2000
- 7) Yadrick MK et al. : Iron, copper, and zinc status: response to supplementation with zinc or zinc and iron in adult females. *Am J Clin Nutr.* 49: 145-150. 1989
- 8) YUKASHIKADO INC. 2018. <https://www.yukashikado.co.jp> (参照2021-6-20)
- 9) Tsuyuguchi R et al. : The effects of toe grip training on

- physical performance and cognitive function of nursing home residents. *Journal of Physiological Anthropology*, 38: 11, 2019
- 10) 松岡篤史ら：大学男子バスケットボール選手の基礎体力・技術，競技体力・技術，および実際の競技パフォーマンスを包括的に評価してフィードバックする試み，*スポーツトレーニング科学*, 20: 1-10, 2019
 - 11) 末木一夫：開発に関連する研究者の立場からビタミン，*臨床スポーツ医学*, 19: 1175-1181, 2002
 - 12) 樋口満：スポーツ選手のサプリメント摂取 — コンディション維持とパフォーマンス向上のために —，*栄養学雑誌*, 60: 167-172, 2002

フレイル予防教室における身体機能および認知機能に対する異なるペアでの取り組み効果の比較

新野 弘美¹⁾, 灘本 雅一²⁾

1) 京都先端科学大学 健康医療学部 健康スポーツ学科

2) 桃山学院教育大学 人間教育学部 人間教育学科 健康・スポーツ教育コース

背景・目的

高齢者が身体活動量を高める方法として、運動教室に参加することで一定の効果があり¹⁾、運動効果についての理解はしているが継続しないのは、仲間の存在や運動環境が理由にあることが報告されている²⁾。一方、運動を自主的に実施している集団の継続の理由としては、仲間の存在や仲間との関わり、自主活動の公平な運営、運動による健康効果への期待、簡単かつ気楽にできる運動、運動参加に対する家族のサポート等が報告されている³⁾。

これらの運動施行による効果をピアサポートの関係性で検討した研究は少ない。加えて、家族同士もしくは友人同士、どのようなピアサポートが最も効果的なのかについては、我々の知る限り先行研究は少ない。そこで本研究は、高齢女性を対象とした監視型と非監視型トレーニングを併用したフレイル予防教室において、夫婦や同居している親子関係である2人組（以下ファミリーペア群）と友人同士の2人組（以下友人ペア群）というペアの特性の取り組み効果を身体機能および認知機能より比較検討することを目的とした。

対象・方法

対象者は、50歳以上で2人1組のペアで夫婦、同居する親子、友人とし支援し合える関係性であることとした。群分けは、ファミリーペアと友人ペアの2群とし、友人ペアが女性のみであった為、夫婦もしくは家族と組んだ女性と友人とペアを組んだ女性の教室介入前後の比較をした。ファミリーペア群は夫婦9組、親子1組の10名で、女性の年齢の平均は72.3 ± 6.0歳であった。また、友人ペア群は9組18名で年齢の平均は70.4 ± 6.3歳であった。

本研究は、帝塚山学院大学の倫理委員会の承認（承認番号2019-1）を得ており、対象者には事前の説明会にて内容を十分説明し、書面にて同意を得て施行した。

2) 測定項目

各項目の測定は、介入期間の1回目と10回目の教室時に、対象者に測定の目的と方法を説明し、動作確認を終え

てから1回もしくは種目によっては2回施行した。

- (1) 体組成は、身長・体重・BMI・体脂肪率・骨密度を測定した。
- (2) 身体機能は、30秒椅子立ち上がり・重心動揺軌跡と重心動揺単位時間・ファンクショナルリーチ・2ステップテスト・タイムアップ&ゴーテスト・全身反応時間・10秒間ステップを測定した。
- (3) 認知機能は、NPO認知予防サポートセンターの一般高齢者集団認知機能検査（ファイブ・コグテスト）を施行した。

3) 実施プログラム

週に1回1時間の運動教室を全10回、自宅において週1回以上のレジスタンス運動とスタティック・ストレッチングの課題を全19回施行した。

教室では、運動の目的と効果についての説明、運動強度の記入や水分補給を含め、スタティック・ストレッチング、椅座位リズム体操として阿波踊り体操（3分30秒）と立位でのリズム体操としてエビカニクス（2分30秒）、脳活動を活発にするプログラム、レジスタンス運動等を毎回施行した。

脳活動を活発にするプログラムは、立位ではラダーを使用し、前方に進行する足のステップに左右方向のステップも加え、手を叩く動作や上肢動作を付加したり、足踏みをしながら計算やしりとり等をするエクササイズを施行した。椅座位においても足踏みをしながら、上肢動作は立位と同様のエクササイズの他、わらべ歌を歌いながら提示した言葉で手拍子をしたり、他のペアと一緒に4人1グループで自己紹介しながら他者の名前を覚えたり、ボールを使用し指示された方向に従い、トスするといったレクリエーション的な要素を含んだ課題、意図的にペア以外の対象者同志のコミュニケーションが活発になるような要素を加味し、運動器と記憶・判断・反応等を必要とする二重課題を中心に施行した。

レジスタンス運動は、ペアが対面にて動作を確認しながらスクワット・胸の前でのボールつぶし・ニーリフト・インナーサイ・レッグエクステンション・ヒールレイズの6種目を施行した。負荷は自体重とエクササイズ用のボール

を使用し、運動速度は4秒かけて主働筋を収縮するようにし、回数は10回を2セットとした。教室および自宅での運動施行についての記録は、記録用紙を配布し、運動施行日の体調、施行回数や運動時の主観的強度を自記式にて記入するよう依頼した。

4) 統計処理

測定値は、すべて平均値±標準偏差で表した。ファミリーペア群と友人ペア群の2群における介入前の測定値の比較は、Mann-WhitneyのU検定を用いた。介入前後の比較は、反復測定による二要因分散分析(群×時間)を用いて、主効果の有無と交互作用を検討した。有意差が認められた場合はボンフェローニ法によって下位検定を行なった。介入前の既往歴の有無と病歴調査の2群間比較においては、カイ二乗検定を行った。統計処理は、統計解析ソフトSPSS 26.0 J for Windowsを用い、有意水準は5%未満とした。

結 果

本研究では、運動指導を施行する前に2群間の既往症の有無と病歴の発生率を検討した結果、研究に参加した2群間において、病気による影響がないことを確認し、運動介入を施行した。

介入期間中の教室への出席率は、ファミリーペア群は98.0±4.2%、友人ペア群は99.0±3.2%であった。自宅での課題遂行率は、ファミリーペア群は97.9±5.5%、友人ペア群は96.8±7.8%であった。表1、表2、表3に測定項目と介入前後の結果を示した。

(1) 体組成

表1にファミリーペア群と友人ペア群の結果を示した。介入トレーニングにおける交互作用は認められなかった。骨密度は主効果が認められ($p = 0.001$)、ファミリーペア群($p = 0.001$)、友人ペア群($p = 0.001$)ともに介入後に有意な向上が認められた。

表1. ファミリーペア群 (n=10) と友人ペア群 (n=18) の体組成

測定項目	群	介入前	介入後	反復測定二元配置分散分析			
				主効果		交互作用	
				F値	p値	F値	p値
体重 (kg)	ファミ群	50.0±5.0	50.0±5.5	1.807	0.191	1.156	0.292
	友人群	54.2±8.9	54.7±9.1				
BMI	ファミ群	21.7±2.2	21.7±2.3	1.946	0.175	1.114	0.301
	友人群	22.1±3.2	22.4±3.4				
体脂肪率 (%)	ファミ群	32.4±6.7	31.9±6.7	3.195	0.086	0.288	0.596
	友人群	31.9±6.7	32.1±7.4				
骨格筋量 (kg)	ファミ群	17.8±2.3	17.8±1.9	1.601	0.217	1.601	0.217
	友人群	19.1±2.0	19.4±2.1				
骨密度 (sos)	ファミ群	1464.8±23.8	1482.9±24.5▲	61.043	0.001*	1.481	0.235
	友人群	1462.4±14.3	1486.7±18.3▲				

Mean±SD, $p < 0.05$ ▲: ファミリーペア群と友人ペア群の介入前後の比較 *主効果, 交互作用

表2. ファミリーペア群 (n=10) と友人ペア群 (n=18) の機能測定

測定項目	群	介入前	介入後	反復測定二元配置分散分析			
				主効果		交互作用	
				F値	p値	F値	p値
30秒椅子立ち上がり (回)	ファミ群	22.9±8.5	28.1±7.7▲	22.487	0.001*	0.198	0.660
	友人群	24.4±7.0	30.0±7.0▲				
重心動揺軌跡 (cm)	ファミ群	534.5±172.9	547.6±74.4	0.628	0.436	2.060	0.164
	友人群	547.1±162.1	464.9±103.0				
重心動揺単位時間 (cm/秒)	ファミ群	8.9±2.9	9.2±1.3	0.588	0.450	2.164	0.154
	友人群	9.1±2.7	7.8±1.7				
ファンクショナルリーチ (cm)	ファミ群	30.7±5.6	37.9±2.5▲	7.520	0.011*	7.755	0.010*
	友人群	38.9±6.6△	37.8±5.9				
2ステップテスト (身長比)	ファミ群	1.3±0.2	1.4±0.2▲	7.771	0.010*	0.028	0.868
	友人群	1.4±0.2	1.5±0.1▲				
time up & go (秒)	ファミ群	5.3±1.1	5.2±1.0	2.914	0.100	0.030	0.863
	友人群	4.8±0.5	4.6±0.4				
全身反応時間 (msec)	ファミ群	396.2±48.7	427.8±58.4	0.325	0.573	13.476	0.001*
	友人群	451.1±60.8△	411.6±54.2▲				
10秒間ステップ (回)	ファミ群	69.8±16.5	80.4±10.7▲	5.634	0.025*	1.605	0.216
	友人群	83.3±10.4△	83.3±10.4				

Mean±SD, $p < 0.05$ △: 介入前と介入後のファミリーペア群と友人ペア群の比較 ▲: ファミリーペア群と友人ペア群の介入前後の比較 *主効果, 交互作用

表3. ファミリーペア群 (n=10) と友人ペア群 (n=18) の認知機能

認知機能	群	介入前	介入後	反復測定二元配置分散分析			
				主効果		交互作用	
				F値	p値	F値	p値
運動	ファミリー群	24.5±5.9	30.6±4.3 ▲	9.791	0.004*	4.513	0.043*
	友人群	27.5±4.3	28.7±3.4				
平行回答	ファミリー群	26.2±5.5	31.4±3.1	2.749	0.109	2.126	0.157
	友人群	25.3±8.3	25.6±9.3				
再生回答	ファミリー群	16.6±4.7	22.0±4.2 ▲	59.193	0.001*	0.001	0.994
	友人群	16.6±3.6	22.0±4.1 ▲				
時計	ファミリー群	6.6±0.5	7.0±0.0 ▲	11.143	0.003*	11.143	0.003*
	友人群	7.0±0.0 △	7.0±0.0				
言語流暢	ファミリー群	19.6±6.6	21.3±5.5	1.925	0.177	0.189	0.667
	友人群	19.3±3.8	20.2±5.5				
類似合計	ファミリー群	13.6±1.8	13.7±1.3	3.952	0.057	2.926	0.093
	友人群	11.7±2.4 △	13.0±2.5				

Mean±SD, p<0.05 △: 介入前と介入後のファミリーペア群と友人ペア群の比較

▲: ファミリーペア群と友人ペア群の介入前後の比較 *主効果, 交互作用

(2) 身体機能

表2にファミリーペア群と友人ペア群の結果を示した。介入トレーニングによる交互作用は、ファンクショナルリーチ ($p = 0.010$) と全身反応時間 ($p = 0.001$) に認められた。ファミリーペア群が介入前に比し、ファンクショナルリーチが有意に向上した ($p = 0.005$)。全身反応時間は、友人ペア群がトレーニング後に有意に向上した ($p=0.001$)。主効果を認めた項目は、30秒椅子立ち上がり ($p = 0.001$)、ファンクショナルリーチ ($p = 0.011$)、2ステップテスト ($p = 0.010$)、10秒間ステップ ($p = 0.025$) であった。30秒椅子立ち上がりは、ファミリーペア群 ($p = 0.013$)、友人ペア群 ($p = 0.001$) とともに、2ステップテストもファミリーペア群 ($p = 0.010$)、友人ペア群 ($p = 0.010$) とともに介入後に有意な向上が認められた。ファンクショナルリーチ ($p = 0.002$)、10秒間ステップ ($p = 0.032$) は、ファミリーペア群のみ介入後に有意な向上が認められた。

(3) 認知機能

表3にファミリーペア群と友人ペア群の結果を示した。募集時に軽度認知障害に不安を抱える者も対象としており、ファイブ・コグテストの得点は、友人ペア群では14点が1名、13点が1名であったが、介入後はスコアが15点以上に改善された。介入トレーニングによる交互作用は、運動スコア ($p = 0.043$) と時計スコア ($p = 0.003$) に有意な変化が認められた。主効果を認めた項目は運動スコア ($p = 0.004$)、再生回答スコア ($p = 0.001$)、時計スコア ($p = 0.003$) であった。再生回答スコアは、ファミリーペア群 ($p = 0.010$)、友人ペア群 ($p = 0.010$) とともに介入後に有意な向上が認められた。運動スコア ($p = 0.003$) と時計スコア ($p = 0.010$) は、ファミリーペア群のみ介入後に有意な向上が認められた。

考 察

運動が身体的運動能力やQOLの改善をもたらすのは明らかであり、定期的な運動を行うことで体力、歩行能力、心血管因子、健康関連の生活の質が有意に改善されるとの報告がある⁴⁾。高齢者は加齢に伴う健康問題が考えられ、運動する機会や頻度が減少すると報告されている⁵⁾。

(1) 体組成

骨密度は遺伝や加齢、閉経による性ホルモンの低下、体組成、筋力等の内的要因と運動量、飲酒を含む栄養摂取の状況、喫煙などの生活習慣等のさまざまな外的要因が寄与する。体格と骨密度の関係においては、荷重負荷が骨形成を促進し、体重と骨密度の正の相関が報告されている⁶⁾。今回の検討では、体重や骨格筋量に変化がみられない中、骨密度に有意な改善がみられた。介入期間中に、食事面の指導や情報提供はしておらず、椅座位姿勢のプログラム以外の時間は、立位での運動や移動動作が施行され、下肢に自重の負荷がかかったこと、骨格筋の収縮による骨へのメカニカルストレスが骨密度を高める要因になりうる。そして教室への参加回数と自宅での課題施行が、神経系の改善による主働筋の動員力の高まり、骨形成に影響したものと推察される。

(2) 身体機能

ファンクショナルリーチは、2群間に交互作用を認めた。ファミリーペア群が介入前の友人ペア群に比し低値ではあったが、介入後の改善率が大きかった。この要因としては、ファミリーペア群は主に家庭内において、レジスタンス運動での不安定な立位姿勢の動きに対しても互いに見守りの中、挑戦したことからバランス能力が向上したものと考えられた。同居するファミリーペア群は、共有する時間を増やすことが友人ペア群同士よりも容易で、互いに運

動継続や施行に対しての支援がし易い環境であると推測された。

全身反応時間は、ファミリーペア群の低下率が高いことが影響し、交互作用が認められた。全身反応時間は、感覚野に情報が入力されてから外的反応を示すまでの時間であり、如何に素早く反応できるかにより評価する。行動レベルの注意を評価する指標とされる他、幅広い分野で測定され、様々なパフォーマンスを評価することができる。本研究における全身反応時間の改善については、30秒立ち上がりテストの改善から脚筋力、2ステップテストの改善から前方へ足を振り出す筋力と関連していることが影響しているものと考えられる。友人ペア群の全身反応時間が改善した要因として、友人ペア群は教室参加時のみ一緒に協調しながら運動する機会があり、レジスタンストレーニングや脳活動を活発にするプログラムにおいても相手の動きを見て、反応する機会が増加したことにより、視覚刺激に対する運動伝達が改善につながったと考えられる。ファミリーペア群は普段から相手の動作や仕草を見て対応しているため、周辺視野に提示された情報は無意識的に脳が処理を行い、意識しなくても物体の動きなどを知覚できる⁷⁾ことから、注意刺激に影響しなかった可能性がある。しかしながら、介入後に低下していることから今後さらなる検討が必要である。高齢者の反応時間と認知機能の関連を検討した報告もある⁸⁾が、今後のトレーニング内容と要因も検討する必要がある。

(3) 認知機能

教室では、脳活動を活発にするような認知的刺激や他者との関係性ももちながら運動すること、認知課題と運動を同時に実施するプログラムを施行した。

これまでも運動と認知機能に関する先行研究は多く、長期的な運動を習慣的に行うことによって加齢に伴う認知機能の衰退を抑制できることや習慣的運動は作業記憶の向上に貢献するという報告がある⁹⁾。長期的な運動が認知機能へ与える影響については、運動を継続することにより、認知機能や課題遂行能力を促進させ、加齢に伴う認知機能の低下を抑制し、刺激情報の認知処理が優れている可能性があることを示唆するとも報告されて¹⁰⁾おり、日常的な身体運動が認知機能を改善させるといった見解を示している。

ファミリーペア群の主効果として運動、再生正答、時計の3項目に有意な改善を認め、友人ペア群の主効果として再生正答の1項目に有意な改善を認めた。

ファミリーペア群と友人ペア群の認知機能は、運動と時計で交互作用が認められた。ファミリーペア群のベースラインが低値の項目もあるが、運動と時計の項目でファミリーペア群の改善が大きいことが影響している。

筋力トレーニングの実施効果として、遂行機能、記憶、全体的な認知機能において、神経系の改善にも関与することが報告されている¹⁰⁾。プログラムの施行により、両群においての短期記憶の再生回答、ファミリーペア群においては

神経系への刺激が手の巧緻性と関連する手の運動、短期記憶の再生回答、視空間認知機能の時計にも改善がみられたと考えられる。ファミリーペア群は同居している群であり運動課題を共有し、家庭内でも一緒にプログラムを施行していた。そのため、協働した時間が多いという特性があり、介入前の値が低いことも影響し、改善が大きかったと考えられる。友人ペア群は、家族形態として独居者が存在し、独りで自立する気持ちと生活力があるため、比較的身体機能面では高い傾向にある。ファミリーペア群は、家族に依存した行動の可能性もあるため、対象とした女性群の身体機能面の低い傾向が影響している可能性がある。

厚生労働省が平成21年3月に作成した『認知症予防・支援マニュアル(改訂版)』では、身体活動不足は認知症の危険因子であると示されており、『介護予防マニュアル』では、認知症の二次予防事業として運動プログラムの施行が推奨されている。

高齢者の運動継続には、仲間の存在や運動環境が関係しており²⁾、ピアサポートの関係性についての運動効果を検討するため、今回の参加条件は、夫婦や同居している親子関係である2人組と友人同士の2人組というペアであった。

介入期間中の複合的なトレーニングの施行を前提とし、教室への出席率および自宅での課題遂行、生活習慣の中に定期的に教室に参加するという積極的行動自体、また他者との会話や関わりといったコミュニケーション(社会的交流)の時間が増加したこと、また介入期間中の自身のトレーニング記録を記載することも認知機能に対して、改善のきっかけとなったことが推測される。数値化はできていないが、教室後のアンケートの自由記述欄から両群において共有する時間の増加とともに会話量の増加、特にファミリーペア群においては家庭内で、より双方を支援する働きがけの機会の増加したことが考えられる。

本研究の成果の意義は、軽度認知症予防の為の実践的な(ACSMが推奨する)複合的運動プログラムを施行し、ピアサポートペアのサポートにより、軽度認知障害を押し量る項目の改善ができたことである。対象者のみならず、家族にとっても軽度認知障害の予防や認知症の発症を遅延させる可能性が見いだせたことは、超高齢化社会を豊かに暮らすためのモデルケースとなり、活用しうるものと考えられる。そして高齢者の運動器機能と認知機能を含めた包括的な軽度認知障害およびフレイル予防を地域で推進する仕組みを確立することが必要である。

本研究の限界と課題は、下肢の筋群に特化した測定項目であり、筋力の指標となる握力の測定ができていなかったこと、更には体調不良のため測定できなかった対象者がいたことである。測定項目を検討し、測定日の検者数、配置を深慮したい。今後は非介入群を設けて比較をし、更に対象者を増やすことで介入の成果や明確な機序を検討する。今回の教室のファミリーペア群以外の申し込みが、全員女性同士のグループであったことは、在住地域の人口構造的に想定できることなのかも検証が必要である。

結 論

夫婦や親子関係である2人組と友人同士の2人組の異なるピアサポートペアを対象に、フレイル予防教室における身体機能と認知機能について、グループ間のトレーニング効果を比較検討することを目的とした。その結果、ファミリーペア群はファンクショナルリーチテスト得点において、友人ペア群に比し交互作用を認めた。さらに、認知機能においてもファミリーペア群は、友人ペア群に比し2項目に改善を認め、認知機能に対する改善効果の獲得が高くなることが示唆された。これらのことから、高齢女性を対象としたフレイル予防教室において、身体機能および認知機能の改善には、夫婦や親子によるピアサポートを活用すると良いことが考えられた。

参考文献

- 1) 上村一貫ら：高齢者の介護予防を目的としたアクティブラーニング型健康教育の地域実践 — 住民主体による取り組み —。理学療法学46(4)：275-82, 2019.
- 2) 重松良祐ら：運動実践の頻度別にみた高齢者の特徴と運動継続の課題。体育学研究52: 173 - 186, 2007.
- 3) 重松良祐ら：スクエアステップを取り入れた運動教室に参加した高齢者がその後も自主的に運動を継続している理由。日本公衆衛生雑誌58(1)：22-9, 2011.
- 4) Heiwe S et al. : Exercise training for adults with chronic kidney disease. Cochrane Database of Systematic Reviews Issue 10. Art, 2011.
- 5) Berger, B. G. : The role of physical activity in the life quality of older adults. American academy of physical education papers 22: 42 - 58, 1988.
- 6) Dalsky GP. : Effect of exercise on bone: permissive influence of estrogen and calcium. Med Sci Sports Exerc. 22(3) : 281 - 285, 1990.
- 7) 松井啓司ら：周辺視野への視覚刺激提示が時間評価に及ぼす影響。情報処理学会論文誌59(3)：970-978, 2018.
- 8) 伊智映ら：高齢者における認知機能と身体機能との関連。体力科学59(3)：313-322, 2010.
- 9) Themanson JR et al. : Age and physical activity in fluencies on action monitoring during task swiching. Neurobiol Aging. 1335 - 1345, 2005.
- 10) 秋山幸代ら：長期的な運動経験が事象関連電位に及ぼす影響。体力科学49: 267 - 276, 2000.

小学生における足部形態，足趾把持機能および身体機能の関係性

濱口 幹太¹⁾，露口 亮太^{1),2)}，吉田 平³⁾，小林 実優^{1),2)}，橋本 雅至⁴⁾，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) 大阪産業大学
- 4) 奈良学園大学 保健医療学部

目 的

文部科学省の「令和4年度全国体力・運動能力，運動習慣等調査」によれば，令和元年度の調査から連続して男女ともに小学生の体力合計点が低下していることが報告されている。また，松田ら¹⁾は，5～14歳の子どもの運動機能や運動習慣の実態を調査した結果，筋力やバランス能力など基本的な運動機能が低下している子どもたちが多いことを指摘している。このように，子どもたちの体力，運動能力の低下は，子どもたちの健康への悪影響や気力の低下などが懸念される²⁾。

ところで，足部の形態や足趾把持機能が身体機能に関連することが数多く報告されている^{3)~5)}。安部³⁾によれば，小学生を対象に足アーチ形態と運動能力の関連を調査したところ，足アーチ形態の違いにより運動能力の優れている項目が異なることが報告されている。一方，鹿内ら⁴⁾は，小学4年次および5年次生において，足趾把持筋力が高い者ほど50m走タイムが速くなることを報告している。このように，子どもたちの足部の形態や足趾の把持機能などは，身体機能に影響することがある程度推察される。しかしながら，これまでの研究では，小学生全体を対象にした報告が多く，学年ごとに足部の形態および足趾の把持機能と身体機能の関係について検討したものは，我々が渉猟した限り見当たらない。

そこで本研究では，小学生の足部形態および足趾把持機能と身体機能の関係を学年ごとに横断的に調査検討することを目的とした。

方 法

1. 対象

対象は，小学生男子108名（3年生26名，4年生34名，5年生24名，6年生24名），小学生女子101名（3年生24名，4年生26名，5年生25名，6年生26名）とし，下肢に整形外科的疾患や疼痛などの既往がなく，足趾

や足関節に関節可動域制限のない者とした。

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，対象者および保護者には，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

足部形態の評価として足アーチ形態，足趾の把持機能の評価として足趾把持筋力をそれぞれ測定した。また，身体機能の評価として50m走と重心動揺検査を実施した。

1) 足アーチ形態測定（図1）

足アーチ形態の測定は，スマートフォン（iPhone8：1200万画素）を用いた。測定肢位は立位姿勢にて右足を前方に出した姿勢とし，右足の内側矢状面を写真撮影した。また，撮影の距離は，ズーム機能を使用せず，足部が画面上に納まる距離である1mとした。その後，写真データをPCに取り込み，画像処理ソフトImageJの直線ツールを用いて，足長（踵後縁から足趾末端），足頂足長（踵後縁から第一中足趾節関節），足背高（足長の50%地点での床面からの垂直足背高）を計測し，以下の計算方法でArch Height Index（AHI）を算出した⁶⁾。

$$AHI = \text{足背高} / \text{切頂足長}$$



図1. 足アーチ形態の測定方法

2) 足趾把持筋力

足趾把持筋力の測定⁷⁾は，足趾筋力測定器Ⅱ（竹井機

器工業社 T.K.K. 3364) を用いた (図 2)。測定に際しては、測定器の把持バーを対象の第 1 中足趾節関節に合うように調節した後、測定肢位を端座位、体幹垂直位、股関節および膝関節屈曲 90 度位とし、両腕は椅子を保持した状態で実施した。なお、左右 2 回ずつ測定し、左右最大値の平均値を測定値とした。



図 2. 足趾把持筋力測定の測定姿勢

3) 50m 走

50m 走の測定は、新体力テスト実施要項⁸⁾に基づいて実施した。また、50m 走に要した時間で除して平均走速度 (m/s) を求めた。

4) 重心動揺検査

重心動揺検査の測定は、重心動揺計 (テック技販社) を用いた。測定肢位は、立位姿勢とし、開眼 30 秒間を記録した。なお、総軌跡長は記録したデータから算出した。

3. 統計処理

各データはシャピロ-ウィルク検定を用いて正規性の有無を確認した後、学年における差の検定には、一元配置の分散分析およびテューキー法を用いた。また、足部形態および足趾把持機能と身体機能の関係性には、ピアソンの積率相関係数あるいはスピアマンの順位相関係数を用いた。なお、統計処理ソフトは IBM SPSS Statistics for Windows (Ver.29.0; IBM 社製) を用い、統計学的有意水準は 5% 未満とした。

結 果

対象とした男子 108 名および女子 101 名の体格、AHI、足趾把持筋力、走速度および総軌跡長を表 1 に示した。

また、各学年における測定項目を比較したところ、男子では、AHI を除く測定項目 (身長、体重、足趾把持筋力、走速度および総軌跡長) において有意な差が認められ、学

表 1. 男女における体格、AHI、足趾把持筋力、走速度および総軌跡長

項目	男子 (n = 108)	女子 (n = 101)
身長 (cm)	136.0 ± 8.3	138.3 ± 8.9
体重 (kg)	33.1 ± 8.1	32.9 ± 7.4
AHI	0.321 ± 0.023	0.311 ± 0.022
足趾把持筋力 (kg)	12.5 ± 3.7	11.9 ± 3.6
走速度 (m/s)	5.1 ± 0.5	5.0 ± 0.4
総軌跡長 (cm)	50.5 ± 12.0	49.5 ± 10.3

平均値 ± 標準偏差
AHI = Arch Height Index

表 2. 各学年における測定項目の比較 (男子)

項目	3年生 (n = 26)	4年生 (n = 34)	5年生 (n = 24)	6年生 (n = 24)	F値	多重比較
身長(cm)	128.5 ± 4.1	133.4 ± 6.0	138.8 ± 7.6	144.8 ± 5.3	36.47**	3 < 4 < 5 < 6 3 < 5, 3 < 6, 4 < 6
体重(kg)	27.2 ± 3.6	31.3 ± 7.6	35.8 ± 8.5	39.3 ± 6.6	14.87**	3 < 5, 3 < 6, 4 < 6
AHI	0.318 ± 0.024	0.323 ± 0.022	0.321 ± 0.027	0.321 ± 0.023	0.29	n.s.
足趾把持筋力(kg)	10.2 ± 2.2	11.8 ± 4.1	14.1 ± 3.4	14.3 ± 3.5	8.56**	3 < 5, 3 < 6, 4 < 6
走速度(m/s)	4.8 ± 0.4	4.8 ± 0.4	5.2 ± 0.4	5.6 ± 0.4	19.53**	4 < 5 < 6 3 < 5, 3 < 6, 4 < 6
総軌跡長(cm)	60.2 ± 12.1	52.1 ± 10.6	47.5 ± 9.7	40.9 ± 6.1	16.46**	3 < 4 3 < 5, 3 < 6, 4 < 6

平均値 ± 標準偏差
AHI = Arch Height Index
3 : 3 年生, 4 : 4 年生, 5 : 5 年生, 6 : 6 年生
一元配置の分散分析およびテューキー法 (** : $p < 0.01$)

年が上がるほど数値が向上する傾向にあったが、AHIにおいては、差が認められなかった（表2）。一方、女子では全ての測定項目において有意な差が認められ、男子と同様に学年が上がるほど数値が向上する傾向にあった（表3）。

足部形態および足趾把持機能と身体機能の相関関係について検証したところ（図3）、男女ともに足趾把持筋力

と走速度に有意な相関関係が認められ（男子： $r = 0.504$, $p < 0.001$, 女子： $r = 0.359$, $p < 0.001$ ）、足趾把持筋力と総軌跡長においても有意な相関関係が認められた（男子： $r = -0.398$, $p < 0.001$, 女子： $r = -0.334$, $p < 0.001$ ）。一方、AHIと走速度および総軌跡長の間には有意な相関は認められなかった。

表3. 各学年における測定項目の比較（女子）

項目	3年生 (n=24)	4年生 (n=26)	5年生 (n=25)	6年生 (n=26)	F値	多重比較
身長(cm)	130.2 ± 6.4	134.7 ± 6.9	140.3 ± 6.1	147.4 ± 5.3	36.24**	4 < 5 < 6 3 < 5, 3 < 6, 4 < 6
体重(kg)	29.1 ± 6.6	30.4 ± 6.2	32.9 ± 5.8	39.0 ± 6.7	12.44**	5 < 6 3 < 6, 4 < 6
AHI	0.302 ± 0.018	0.316 ± 0.024	0.306 ± 0.023	0.318 ± 0.020	3.62*	3 < 6
足趾把持筋力(kg)	10.8 ± 2.7	10.7 ± 2.2	11.5 ± 4.1	14.6 ± 3.8	7.74**	5 < 6 3 < 6, 4 < 6
走速度(m/s)	4.6 ± 0.3	4.9 ± 0.3	5.1 ± 0.3	5.3 ± 0.4	22.30**	3 < 4 < 5 3 < 5, 3 < 6, 4 < 6
総軌跡長(cm)	54.1 ± 9.8	51.9 ± 10.1	46.6 ± 9.6	45.7 ± 9.9	4.36**	3 < 5, 3 < 6,

平均値±標準偏差

AHI = Arch Height Index

3 : 3年生, 4 : 4年生, 5 : 5年生, 6 : 6年生

一元配置の分散分析およびテューキー法 (* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$)

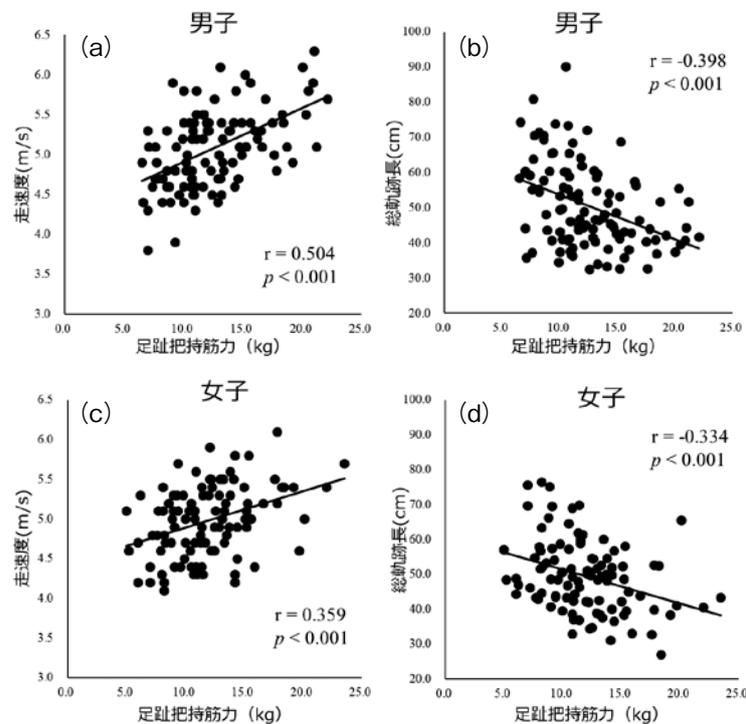


図3. 男女における足部形態および足趾把持機能と身体機能の相関関係

- (a) 男子における足趾把持筋力と走速度
 - (b) 男子における足趾把持筋力と総軌跡長
 - (c) 女子における足趾把持筋力と走動作
 - (d) 女子における足趾把持筋力と総軌跡長
- すべて：スピアマンの順位相関係数

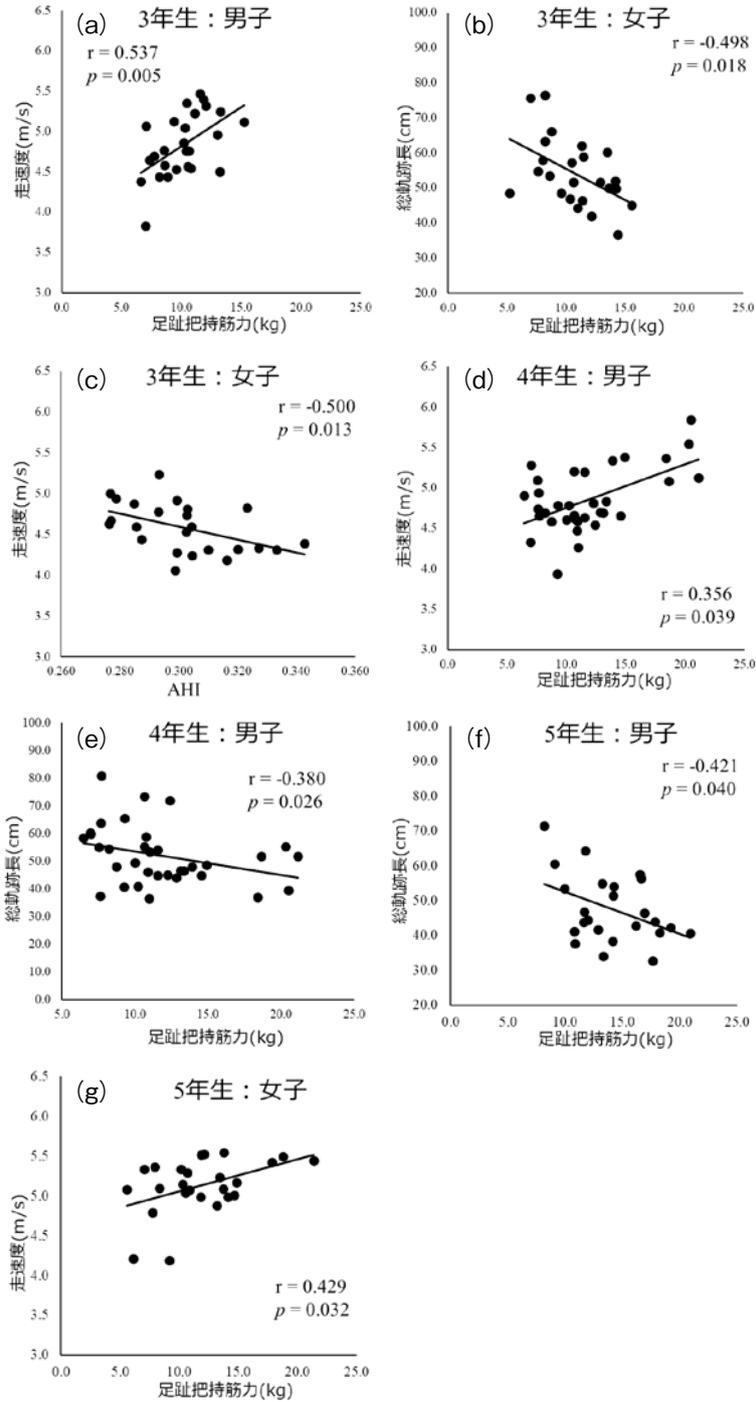


図4. 各学年における足部形態および足趾把持機能と身体機能の相関関係

- (a) 3年生男子における足趾把持筋力と走速度
 - (b) 3年生女子における足趾把持筋力と総軌跡長
 - (c) 3年生女子におけるAHIと走動作
 - (d) 4年生男子における足趾把持筋力と走速度
 - (e) 4年生男子における足趾把持筋力と総軌跡長
 - (f) 5年生男子における足趾把持筋力と総軌跡長
 - (g) 5年生女子における足趾把持筋力と走速度
- (a), (b), (c), (f) : ピアソンの積率相関係数
(d), (e), (g) : スピアマンの順位相関係数

各学年別で足部形態および足趾把持機能と身体機能の相関関係について検討したところ(図4)、3年生男子では足趾把持筋力と走速度に有意な相関関係が認められ($r = 0.537, p = 0.005$), 3年生女子では、足趾把持筋力と総軌跡長($r = -0.498, p = 0.018$)およびAHIと走速度($r = -0.500, p = 0.013$)に有意な相関関係が認められた。

4年生男子では、足趾把持筋力と走速度($r = 0.356, p = 0.039$)および足趾把持筋力と総軌跡長($r = -0.380, p = 0.026$)に有意な相関関係を認め、4年生女子には相関関係が認められなかった。

5年生男子では、足趾把持筋力と総軌跡長の間に相関関係が認められ($r = -0.421, p = 0.040$), 5年生女子では、足趾把持筋力と走速度の間に相関関係が認められた($r = 0.429, p = 0.032$)。

6年生においては、男女ともに足部機能と身体機能の間に相関関係は認められなかった。

考 察

小学生の足部形態および足趾把持機能と身体機能の関係を横断的に調査した結果、足趾把持筋力は、走速度およびバランス能力に相関することが示された。

足趾把持筋力は、短母趾屈筋、長母趾屈筋、虫様筋、短趾屈筋、長趾屈筋の作用による複合運動であり、手の握力に相当するものと定義されている⁹⁾。鹿内ら⁴⁾は、足趾把持筋力と50m走タイムに有意な負の相関を認めたと報告し、本研究でも多くの学年に足趾把持筋力と走速度に相関が認められた。足趾把持筋力は、全身の推進力や重心移動の安定性に影響を及ぼすこと¹⁰⁾、また、高い足趾把持筋力を有すると足部および足関節の機能やバランス能力に貢献することが述べられている¹¹⁾。したがって、足趾把持筋力は、身体への推進力や走速度に影響する要因にも寄与している可能性があるため、足趾把持筋力が高いほど走速度が速くなる要因である可能性が考えられた。

佐々木¹²⁾は足趾把持筋力とバランス能力は関係することを報告しており、本研究でも、足趾把持筋力と静的バランス能力に相関が認められた。一方、半田ら¹³⁾は、足趾把持筋力は静的バランス能力で貢献が少ないと指摘しているが、重心の位置を積極的に変化させるような場合における立位の平衡調整能力に足趾把持筋力が関与していると考えられている。よって、成人よりバランス能力の劣っている小学生においては、重心の位置を調整するために足趾把持筋力が貢献し、静的バランス能力に関与したと示唆された。

足アーチ形態の測定では、スマートフォンでの撮影画像からAHIを算出した。この撮影画像から算出するAHIの信頼性は、足アーチ高測定器(竹井機器工業社 T.K.K.5831)で求めた実測値に対して、級内相関係数(ICC: Intraclass Correlation Coefficient)を求め、2試験間のICC(1, 1)は0.829であった。なお、一般的に0.70

以上の場合には測定方法に信頼性があると考えられる。

今回、足アーチ形態と身体機能では、3年生女子のAHIと走速度のみに相関が認められたが、そのほかの学年では相関が認められず、足アーチ形態と身体機能との関連性は弱いと考えられる。安部³⁾は、小学1年生から6年生を対象に足アーチが高い状態のハイアーチ群は足アーチが低い状態の扁平足群と比べると反復横跳びと50m走が高い値であったことを述べているが、一方で、鹿内ら⁴⁾は、小学4から6年生を縦断的に観察したものでは、足アーチ形態と50m走タイムに相関が認められないことを報告している。土踏まずの形成は7歳から8歳でほぼ成人同様の形成が見られることが報告されており¹⁴⁾、また、土踏まずの形成の有無と体力および運動能力を見る場合は、幼児期から小学生低学年において有効であることが述べられている³⁾。本研究は小学3年生から6年生の対象者であるため、足アーチ形態が成人に近づく年代であり、運動や身体機能の影響が足部形態に及びにくい年代に差し掛かっていたことが、足アーチ形態と身体機能の関係が弱かった要因ではないかと推察された。

本研究では、男女を通じて6年生において足アーチ形態および足趾把持筋力と身体機能の間に相関が認められなかった。これについては、この時期は、ゴールデンエイジの終わり頃であり、全身を使った身体コントロール機能の向上が考えられる時期であるため、6年生では、足アーチ形態や足趾把持筋力以外にも走速度および静的バランス能力に影響を与える因子が多く関わっているのではないかと考えられた。

本研究の限界として、足部形態はアーチ高のみで評価していることである。小学生においては、扁平足や浮き趾などがみられることが報告されており⁵⁾、そのような足部形態では、足趾の運動を妨げ、正常な機能が果たせない可能性が考えられる。そのためアーチ高のみだけでなく、浮き趾なども含めた足部形態の違いによる身体機能との関係について検討する必要がある。また、スポーツ歴などのアンケート調査も実施できておらず、運動習慣の違いが足部形態や足趾把持機能にどのような影響を与えるか調査する必要があると考えられた。したがって、今後はそのような点を加えて分析することや縦断的に検討することが今後の課題である。

ま と め

小学生を対象に足部形態および足趾把持機能と身体機能の関係を検討した結果、足趾把持筋力は疾走能力やバランス能力と関係する可能性が示された。つまり、子どもたちの疾走能力やバランス能力などの身体機能を測定・評価する際には、足部機能の1つである足趾把持筋力も検討することが、子どもたちの疾走能力やバランス能力の改善を考える上で、重要な側面となることが考えられる。

参考文献

- 1) 松田雅弘ら：子どもの運動機能と運動習慣の調査から見えてきた現状 — 千葉県のスーツウェアを通じて —, 理学療法科学, 33(4), 631-636, 2018.
- 2) 文部科学省 中央教育審議会：「子どもの体力向上のための総合的な方策について」(答申), https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/021001.htm (2023-8参照).
- 3) 安部恵子：子どもの接地足蹠の形成と体力・運動能力について, 教育医学, 55(3), 265-275, 2010.
- 4) 鹿内和也ら：小学生の50m走のタイムとアーチ高率、足趾把持筋力の関連, 東北理学療法学, 29, 64-68, 2017.
- 5) 片平誠人ら：小学生における足部形態及び足趾機能と体力テストとの関係, 福岡教育大学紀要, 66(5), 97-103, 2017.
- 6) 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.
- 7) Tsuyuguchi R, et al.: The effects of toe grip training on physical performance and cognitive function of nursing home residents, Journal of Physiological Anthropology, 38(1), 11, 2019.
- 8) 文部科学省：新体力テスト実施要項(6歳～11歳対象), https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/05030101/001.pdf (2023-8参照), 2000.
- 9) 村田伸ら：在宅障害高齢者に対する転倒対策 — 足把持トレーニング, 日本在宅ケア学会誌, 7(2), 67-74, 2004.
- 10) 仲田秀臣ら：足趾把持筋力は100m走記録に影響するか — 小学陸上競技選手に着目して —, 大阪産業大学人間環境論集, 21, 47-60, 2022.
- 11) 青木拓巳ら：発達に関わる因子を調整した足指筋力と疾走能力の関連, 体育測定評価研究, 20, 40-45, 2020.
- 12) 佐々木諒平：足趾機能がバランス能力に与える影響について, 理学療法 — 臨床・研究・教育, 17, 14-17, 2010.
- 13) 半田幸子ら：足趾把握筋力の測定と立位姿勢調整に及ぼす影響の研究, 人間工学, 40(3), 139-147, 2004.
- 14) 原田碩三：幼児の1980年と2000年の足について, 靴の医学, 15, 14-18, 2001.

大学女子アスリートにおける足趾機能とバランス能力の競技別検討

小林 実優^{1),2)}, 濱口 幹太²⁾, 露口 亮太^{1),2)}, 仲田 秀臣^{1),2)}, 大槻 伸吾^{1),2)}

1) 大阪産業大学 スポーツ健康学部

2) 大阪産業大学大学院 人間環境学研究科

はじめに

足趾機能とは母趾から小趾までの中足趾節関節を含めた、各趾節間関節で発揮される各種機能のことであり、足趾把持筋力（以下、Toe Grip Strength : TGS）や足趾柔軟性などがその代表例である。TGS とは、長母趾屈筋や長趾屈筋、短母趾屈筋などの外在筋および内在筋が関わる、趾節間関節の屈曲動作で発揮される筋力のことであり、バランス能力をはじめとしたスポーツパフォーマンスに関係することが知られている^{1),2)}。Goldman et al.¹⁾ はTGSがジャンプパフォーマンスに関係することを報告しており、Soma et al.²⁾ は足趾把持筋力が歩行時などの動的バランス機能に影響を及ぼすと報告している。また村田ら³⁾ は、足部の柔軟性とは長母趾屈筋や長趾屈筋などの作用による足趾を含めた総合的な屈曲可動範囲と定義しており、TGS と関係することから、バランス能力やスポーツパフォーマンスとも密接に関係していることが伺える。

バランス能力については静的バランス能力と動的バランス能力があり、静的バランス能力とは開眼および閉眼片足立ちのような安定した状態におけるバランス能力であるのに対し、動的バランス能力とはスポーツパフォーマンス発揮に求められるような各種の動き、動作を伴った不安定な姿勢の中で発揮するバランス能力のことである。動的バランスでは、近年 Star Excursion Balance Test（以下、SEBT）や、SEBT と相関性が高いとされる modified SEBT（以下、mSEBT）などで評価されることが多い⁴⁾。

以上のことより、TGS や足趾柔軟性などの足趾機能とバランス能力は、競技パフォーマンスと関係していると考え

られるが、それらの要素を競技間で検討した報告は探しえた範囲では見当たらなかった。

そこで本研究では、大学女子アスリートを対象に、足趾機能とバランス能力の競技間での違いや特徴について検討することを目的とした。

対象および方法

対象は関西学生連盟に所属している大学女子体操競技選手（以下、G群）15名、バスケットボール選手（以下、B群）11名、バレーボール選手（以下、V群）5名の計31名とした。対象者の身長・体重・BMI、競技歴などについては表1の通りであり、身長ではG群が他の2群に比べ低値であり、体重ではG群がB群より低値であった。

測定項目として、足趾機能はTGSと足趾柔軟性を測定した。またバランス能力として静的能力を閉眼片足立ち、動的能力をmSEBTにて測定した。

TGSは竹井機器工業社製の足指筋力測定器Ⅱを用い、第一中足趾節関節が把持バーに合うように調節し、測定肢位は端座位とした。左右2回測定を行い、値の高い方を採用した。なお、値については絶対値および体重比として算出した。

足趾柔軟性については、方眼紙上に足底を置き、踵後面を後壁に接触させた状態で、まず足長を測定した。その後足趾及び前足部を最大屈曲した距離を測定し、足長からその距離を除いた値を足趾柔軟性とした。

閉眼片足立ちについては左右2回ずつ測定をおこない、上限を120秒とした。なお各足の1回目で上限の120秒に

表1. 対象者の属性

	G群	B群	V群
年齢 (歳)	19.7 ± 1.3	19.9 ± 0.9	19.8 ± 0.7
身長 (cm)	151.8 ± 3.1	164.4 ± 4.8	161.4 ± 7.6
体重 (kg)	50.4 ± 4.1	59.5 ± 4.8	53.9 ± 7.4
BMI (kg)	21.8 ± 1.6	22.0 ± 1.2	20.6 ± 1.3
競技歴 (年)	12.5 ± 3.1	12.0 ± 2.1	10.0 ± 1.6

平均±標準偏差



図1. modified Star Excursion Balance Test (mSEBT)

達した場合は、2回目の試技を実施しないものとした。

mSEBTは前方・後内方・後外方の3方向を測定し、得られた各方向の下肢リーチ距離から、対象者の下肢長を100%として正規化した%下肢リーチ距離を求めた。測定は各方向2回ずつとした(図1)。なお、今回は左右それぞれの上前腸骨棘と足関節内果間の長さを仰臥位にて計測し、その値を下肢長とした。

上記測定項目の値を一元配置分散分析を用いて3群間で比較し、有意差を認めた項目については多重比較(Tukey-Kramer法)を実施した。統計学的有意水準は5%未満とし、測定結果は平均値±標準偏差として表記した。

結 果

TGSについては絶対値および体重比ともに3群間で有意な差は認めなかった(表2)。足趾柔軟性については、左足においてG群が $3.6 \pm 0.9\text{cm}$ 、B群 $2.7 \pm 0.5\text{cm}$ 、V群 $2.7 \pm 0.9\text{cm}$ であり、G群が他の2群に対し有意に優れていたが、右足においては有意な差は認めなかった(表2)。

閉眼片足立ちは表3に示す通り3群間で有意な差を認めなかった。しかしmSEBTにおいては、右足を軸足として、左足の%下肢リーチ距離を検討した結果、後内方方向でG群 $111.9 \pm 13.5\%$ 、B群 $85.9 \pm 12.5\%$ 、V群 $84.8 \pm$

13.1% と、G群が他の2群より有意に優れていた。後外方方向においてもG群 $118.5 \pm 11.1\%$ 、B群 $98.7 \pm 13.1\%$ 、V群 $105.0 \pm 9.8\%$ とG群が他の2群より有意に優れていた(表3)。左足を軸足とした場合においても後内方および後外方方向でG群が他の2群より有意に優れた結果であった。なお、両試技において、前方方向では有意な差は認めなかった。

考 察

今回体操競技、バスケットボール、バレーボールの3競技間で足趾機能とバランス能力を比較検討した結果、体操競技で左足趾柔軟性とmSEBTの後内方および後外方方向において%下肢リーチ距離で高値を示し、他競技との差は有意であった。

mSEBT後内方および後外方方向のリーチ距離において栗原らは、軸側の股関節屈曲や内旋、膝関節屈曲、体幹側屈、下腿前傾角度などが関連すると報告している^{5),6)}。女子体操競技は床運動、跳馬、平均台、段違い平行棒の4種目から構成されており、技の難易度・美しさ・安定性などを評価、採点することで順位を競う競技である。その中でも柔軟性は重要な身体的要素の一つであり、選手は日々柔軟性を高めるためのトレーニングを積み重ねている。

表2. 3群間での足趾機能の比較

	G群	B群	V群	p値
足趾把持筋力 (kg)	19.0 ± 4.2	20.8 ± 3.7	22.0 ± 4.8	0.43
左 足趾把持体重比 (%)	37.6 ± 7.1	35.2 ± 7.5	40.7 ± 7.1	0.55
足趾柔軟性 (cm)	3.6 ± 0.9	$2.7 \pm 0.5^\dagger$	$2.7 \pm 0.9^\ddagger$	0.03
足趾把持筋力 (kg)	19.4 ± 4.7	21.9 ± 3.4	23.7 ± 7.4	0.39
右 足趾把持体重比 (%)	38.5 ± 9.1	36.9 ± 5.8	44.0 ± 12.9	0.87
足趾柔軟性 (cm)	3.7 ± 1.0	3.1 ± 0.6	2.4 ± 1.2	0.13

平均±標準偏差
多重比較検定結果 †: G群 vs. B群, ‡: G群 vs. V群, p<0.05

表3. 3群間でのバランス機能の比較

		G群	B群	V群	p値
左	閉眼片足立ち (秒)	93.5 ± 40.3	59.4 ± 39.0	60.2 ± 56.3	0.11
	mSEBT前方 (%)	83.1 ± 6.5	81.1 ± 7.3	84.8 ± 5.2	0.71
	mSEBT後内方 (%)	111.9 ± 13.5	85.9 ± 12.5 ^{††}	84.8 ± 13.1 ^{‡‡}	<.001
	mSEBT後外方 (%)	118.5 ± 11.1	98.7 ± 13.1 ^{††}	105.0 ± 9.8 ^{‡‡}	<.001
右	閉眼片足立ち (秒)	92.3 ± 41.5	62.3 ± 44.2	42.8 ± 44.1	0.06
	mSEBT前方 (%)	81.3 ± 6.4	80.4 ± 6.2	84.8 ± 8.0	0.85
	mSEBT後内方 (%)	111.7 ± 12.1	82.4 ± 11.8 ^{††}	79.5 ± 11.7 ^{‡‡}	<.001
	mSEBT後外方 (%)	117.8 ± 10.6	95.8 ± 7.5 ^{††}	104.2 ± 8.6 ^{‡‡}	<.001

平均±標準偏差

多重比較検定結果 ††: G群 vs. B群, ‡‡: G群 vs. V群, p<0.01

Moeskops et al.⁷⁾ も体操競技では180°開脚など、股関節を中心とした大きな可動域を有することが競技レベルを左右すると述べている。また、山脇ら⁸⁾ も体操選手がバレーボール選手に比べ、股関節外転や屈曲・伸展、体幹屈曲角度が有意に大きいと報告している。さらに、Hrysonmallis⁹⁾ は体操選手は他競技選手よりもバランス能力が優れていると述べている。mSEBTの後内方および後外方方向への% 下肢リーチ距離が体操選手で高値であった理由として、体操競技歴の中で獲得された身体各部の柔軟性の高さが影響しているのではないかと考えられたが、本研究では身体各部の関節可動域については測定できておらず、今後の検討課題である。

なお、TGSでは群間に有意な差を認めなかったが、足趾柔軟性においては左足で体操選手が有意に優れていた。松本ら¹⁰⁾ は足趾把持筋力には競技間で差があると報告しており、村田ら^{a)} は足趾柔軟性と足趾把持筋力の関係性について言及していることから、本研究では各競技での対象者数が少数であったため、これらの測定項目において競技別特性が明らかにならなかった可能性があると考えられる。

本研究の限界

本研究は対象者数が31名と少なく、競技間でも人数にバラつきがあったため、今後は対象者数を増やし、さらに検討を行う必要がある。またmSEBTのリーチ距離で関連があると報告されている股関節屈曲や内旋などの関節可動域についても、各競技間での検証がされておらず、今後追加検証していくことが必要である。

まとめ

今回体操競技、バスケットボール、バレーボールの3競技間で足趾機能とバランス能力の違いや特徴について検討した。

その結果、mSEBTの後内方および後外方方向への% 下肢リーチ距離において、体操競技が他の競技に比べ、優れていた。体操選手は競技歴の中で獲得する柔軟性が動的バランス能力に影響を及ぼしたのではないかと考えられた。しかし、今後対象者数を増やすとともに、各競技における関節可動域の競技間特性なども調査していく必要がある。

参考文献

- 1) Goldmann JP, Sanno M, Willwacher S, et al. The Potential of toe flexor muscles to enhance performance. J Sports Sci. 2013; 31: 424 - 433.
- 2) Soma M, Murata S, Kai Y, 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. 2013; 25: 1625 - 1627.
- 3) 村田伸, 熊谷秋三, 津田彰. 足部柔軟性の再現性と妥当性に関する研究: 健康成人と障害高齢者における検討. 健康科学. 2005; 27: 49 - 55.
- 4) Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, et al. The Effects of Fatigue and Chronic Ankle Instability on Dynamic Postural Control. J Athl Train. 2004; 39: 321 - 329.
- 5) 栗原靖, 烏野大, 松田雅弘, 他. Modified Star Excursion Balance Testの下肢リーチ距離に影響を及ぼす運動学的要因 — 大学女子アスリートを対処として — . 日本臨床スポーツ医学会誌. 2020; 28: 321 - 327.
- 6) 栗原靖, 烏野大, 大杉紘徳, 他. 大学女子ソフトボール選手のmodified Star Excursion Balance Testに影響する運動機能因子の検証. 理学療法科学. 2020; 35: 607 - 613.
- 7) Moeskops S, Oliver JL, Read PJ, et al. The Physiological Demands of Youth Artistic Gymnastics: Applications to Strength and Conditioning. Strength and Conditioning Journal. 2019; 41: 1 - 13.
- 8) 山脇恭二, 安田稔, 吉原博之. 男子体操競技における種目と柔軟性の関係に関する研究. スポーツ方法学研究. 1994; 1: 21 - 29.
- 9) Hrysonmallis C. Balance ability and athletic performance. Sports Med. 2011; 41: 221 - 232.
- 10) 松本揚, 岡田隆, 岡田尚之, 他. 競技特有の足部内在屈筋および足関節周囲筋の筋力. 了徳寺大学研究紀要. 2014; 8: 101 - 106.

プロスポーツ選手における口腔内状況と上顎歯列の特徴

鈴木 真幸¹⁾, 豊田 博紀²⁾

1) やすらぎデンタルクリニック

2) 大阪大学大学院歯学研究科 口腔生理学講座

背景と目的

う蝕や歯周病などの歯科疾患, 咬合状態, 顎関節の状況あるいは口腔内清掃状態などは, 口腔の健康に影響を与えると共に, スポーツ選手のコンディショニングやパフォーマンスと密接な関係があると考えられている¹⁾. 実際, 歯科疾患などによる咬合力の低下により, 握力, 背筋力, 瞬発力や全身持久力の低下が生じることが報告されている²⁾. そうした観点から筆者らは, 2014年に「プロスポーツ選手における口腔内状況」に関する論文を発表した³⁾. この論文では, アンケートや歯科検診によりプロスポーツ選手における口腔内状況を検討した結果, プロスポーツ選手における口腔内状況が一般成人と比べて良好であることを報告した. その後も複数のサッカーおよびフットサルのプロクラブに所属する選手たちの口腔内観察を継続し, 口腔内状況のデータを増やすと同時に, 上顎歯列を計測する機会を得た. 本研究では, そこで得られたデータを元に, プロスポーツ選手の歯に関する口腔内状況および上顎歯列の同名歯間長について, 一般成人と比較することで特徴を検討した.

対象と方法

静岡県のチームに在籍するJリーグ選手49名およびFリーグ選手5名の計54名を対象とした. 本研究の対象者は全て男性であった. 対象者は正常咬合を有し, 顎関節に障害のないことを確認した. 全選手54名の年齢は18~34歳(平均±SD: 25.6 ± 3.6歳), 身長は162~190cm(平均±SD: 176.6 ± 6.3cm), および体重は54~90kg(平均±SD: 71.4 ± 6.9kg)であった(図1). 本研究を行うに際し, 実験の主旨や目的などスタッフおよび選手に説明し同意を得ておこなった.

口腔内状況として, 未処置歯: Decayed teeth (DT), 喪失歯: Missing teeth (MT), および処置歯: Filled teeth (FT)を視診, 触診で診査し, 一人平均DMF歯数, すなわち被験者のDMF歯数(DT+MT+FTの合計)を被験者数で割った値を算出した. また, DMF者率(DMFのいずれか1歯を有する者の数/被験者数×100%), お

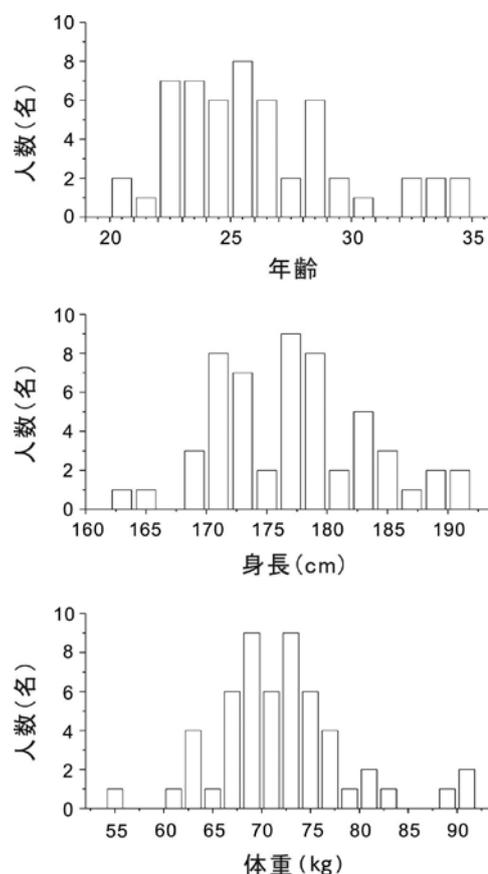
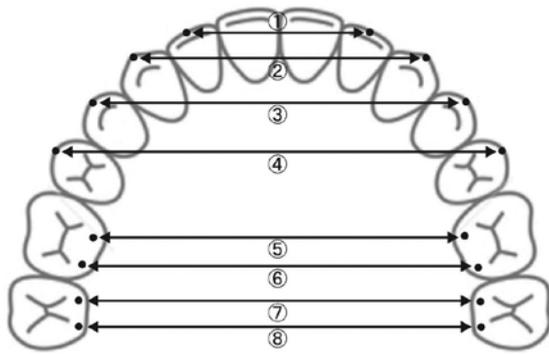


図1. 被験者54名における身長, 体重, 年齢の分布

およびDMF歯率(被験歯のDMF歯数の合計/被験歯数×100%)を算出した.

対象選手の上顎歯列の印象採得には, 既成トレーで単一印象法を用い, 印象剤としてアルジネートを用いた. 石膏は硬石膏を用いて十分に硬化後, 歯列模型を下方にして机上に置き計測を行った. 歯列模型を用い, 上顎左右歯列の同名歯の計測点間の距離を計測した(図2). 計測点は, 側切歯では切縁の midpoint, 犬歯では尖頭頂, 小臼歯では頬側咬頭頂, 大臼歯では近心および遠心機能咬頭頂とし, 中切歯および第三大臼歯を除く計16点とした. 各同名歯間の距離計測データの平均値とSDを算出し, それらの結果を長沼ら²⁾が発表したデータと比較し, 検討した.



- ①: 側切歯
- ②: 犬歯
- ③: 第一小白歯
- ④: 第二小白歯
- ⑤: 第一大臼歯(近心)
- ⑥: 第一大臼歯(遠心)
- ⑦: 第二大臼歯(近心)
- ⑧: 第二大臼歯(遠心)

図2. 上顎歯列の計測部位

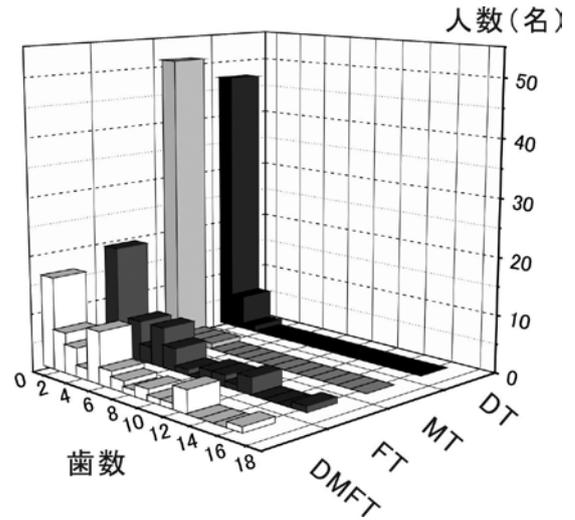


図3. 被験者54名における未処置歯 (Decayed teeth: DT), 喪失歯 (Missing teeth: MT), 処置歯 Filled teeth: FT), DMF 歯 (DMFT) の分布

表1. プロスポーツ選手と一般成人の比較

対象	被調査者数 (人)	人数 (人)				割合				DMF 者率
		う歯のない者	う歯のある者			う歯のない者	う歯のある者			
			処置完了の者	処置歯・未処置歯を併有する者	未処置の者		処置完了の者	処置歯・未処置歯を併有する者	未処置の者	
プロスポーツ選手 (対象者)	54	16	31	4	3	29.6%	57.4%	7.4%	5.6%	70.4%
一般成人 (20~34歳)	165	27	75	51	12	16.4%	45.5%	30.9%	7.3%	84.6%
差										
						13.2%	11.9%	-23.5%	1.7%	-14.2%

結 果

プロスポーツ選手 54 名の DT の平均 (± SD) は 0.15 (± 0.4) 本, MT の平均 (± SD) は 0.11 (± 0.5) 本, および FT の平均 (± SD) は 3.20 (± 3.7) 本であった. 一人平均 DMF 歯数 (± SD) は 3.46 (± 3.7) 本であった. DT, MT, FT, DMF 歯数の分布を図 3 に示す. DMF 者率は 70.37%, DMF 歯率は 11.72% であった. 今回得られたプロスポーツ選手 54 名の調査値と, 厚生労働省による「令和 4 年歯科疾患実態調査結果」⁴⁾ のうち 20~34 歳までのデータを表 1 で比較した. 本研究対象者の DMF 者率を同年代の一般成人と比較すると, 14.2% 低いという結果であった. う歯のない物の比率は一般成人の約 2 倍で, 口腔内状況が良好な選手が多いことがわかった. 処置完了者も 11.9% 多かった. 未処置者が 3 人見られたが, いずれも DT は軽度な 1 本のみであった.

上顎歯列の同名歯間における距離計測データの平均 (± SD) を表 2 に示す. 側切歯では 23.4 ± 1.9 mm, 犬歯では 35.2 ± 3.4 mm, 第一小白歯では 42.1 ± 5.4 mm, 第

表2. 左右歯列の同名歯の計測点間距離 (単位: mm)

	計測値		長沼ら		差	
	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
側切歯	23.4	1.9	23.6	1.5	-0.2	0.4
犬歯	35.2	3.4	35.8	2.0	-0.6	1.4
第1小白歯	42.1	5.4	44.4	2.2	-2.3	3.2
第2小白歯	48.2	5.4	50.6	3.6	-2.4	1.8
第1大臼歯 (近心)	53.6	6.4	55.2	2.1	-1.6	4.3
第1大臼歯 (遠心)	58.2	2.8	56.5	2.1	1.7	0.7
第2大臼歯 (近心)	60.0	6.8	60.6	3.3	-0.6	3.5
第2大臼歯 (遠心)	64.3	3.4	61.9	2.7	2.4	0.7
平均	48.1	4.4	48.6	2.4	-0.5	2.0

二小白歯では 48.2 ± 5.4 mm, 第一大臼歯 (近心) では 53.6 ± 6.4 mm, 第一大臼歯 (遠心) では 58.2 ± 2.8 mm, 第二大臼歯 (近心) では 60.0 ± 6.8 mm, 第二大臼歯 (遠心) では 64.3 ± 3.4 mm であった.

考 察

本研究の結果から、今回調査したプロスポーツ選手たちは一般成人と比べて口腔内状況が良好であり、口腔の健康に対する意識が高い傾向が認められた。口腔内状況はスポーツ選手のコンディショニングと密接な関係を持っており、パフォーマンスに影響を与えることが知られている¹⁾。スポーツ選手がベストパフォーマンスを発揮するためには、全身ならびに身体各部に疾病や障害がないことが必須であり、口腔の健康管理も不可欠であるが、口腔の健康管理の重要性が浸透してきたといえる。

本研究における歯間の距離計測データを長沼らの報告⁵⁾と比較した結果、プロスポーツ選手と一般成人の計測値の差に大きな違いは認められなかったため、歯列弓の大きさに差がないことが示唆された。しかし、第一大臼歯および第二大臼歯の近心間距離では短く、遠心間距離では長くなっていったため、プロスポーツ選手では、第一大臼歯および第二大臼歯においては、近心側が舌側に捻転し、遠心側が頬側に捻転している可能性が示唆される。これまでこのような報告はないため、今後データを集めて検討する必要があると考えられる。また、長沼らの報告は約30年前のものであるため、最新のデータと比較する必要があるが、筆者らが知る限り、成人男性における歯間の距離計測データは近年報告されていない。今後さらなる検討が必要である。

本研究の被験者の平均身長は176.6 cmであり、平均体重は71.4 kgであった(図1)。厚生労働省が令和元年国民健康・栄養調査⁶⁾で発表した26～29歳日本人男性の平均身長(171.8 cm)および体重(70.4 kg)と比較すると、身長で約4.8 cm、体重で約1.0 kg上回っていた。また、プロスポーツ選手は一般的に幼少期から運動経験が多く食事量も多いため、全身の筋肉量も多くなり、顎周辺の筋肉

も通常より発達しやすいと考えられる。黒須ら⁷⁾によると、歯列弓は顎発育と密接な関係にあり、運動することによって成長発育が進むとされていることから、プロスポーツ選手では一般成人と比較して歯列弓が大きい可能性が想定されたが、今回の調査の結果、体格差が歯列弓の大きさに関係していないことが示唆された。また、歯列弓が狭いのは、舌・口唇・頬などの口腔周囲筋の異常によって起こることが多いとされている⁸⁾。今回調査の対象となった選手たちは筋肉が正常に発達しているため、歯列弓の狭窄が見られなかったものと思われる。

結 語

今回検討を行ったプロスポーツ選手の口腔内状況は、一般成人と比較して良好であることが認められた。また、プロスポーツ選手の歯列弓の大きさは、一般成人と同程度であることが示唆された。今後も選手のデンタルケアに積極的に取り組み、歯科的コンディション向上の手助けをしていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 石島勉ら：スキージャンプ選手の顎口腔系の健康に関する認識度。スポーツ歯誌, 1: 16-24, 1998.
- 2) 小林義典, 松本敏彦, 石上恵一, 平井敏博：咬合と全身との関係。日本補綴歯科学会誌, 40: 1-23, 1996.
- 3) 鈴木真幸, 豊田博紀：プロスポーツ選手における口腔内状況。関西臨床スポーツ医・科学研究会誌, 24: 1-4, 2014.
- 4) 厚生労働省：令和4年歯科疾患実態調査結果：結果の概要。
- 5) 長沼清, 小嶋寿, 河津寛：歯列弓上の歯の位置の頬舌的計測第2報上顎歯列。顎咬合誌, 15(2): 17-19, 1994.
- 6) 厚生労働省：令和元年国民健康・栄養調査。
- 7) 黒須一夫ほか：現代小児歯科学。医歯薬出版, 東京, 1974.
- 8) 飯田順一郎ほか：歯科矯正学第6版。医歯薬出版, 東京, 2019.

早期からの深部体幹筋トレーニングが初期腰椎分離症の骨癒合に及ぼす影響

浅香 孝至¹⁾, 大槻 伸吾²⁾, 相原 望¹⁾, 春名 了輔^{1),3)}, 安本 慎也¹⁾, 春名ひかる¹⁾,
西脇 一馬¹⁾, 杉本 拓也¹⁾, 中尾 哲也⁴⁾, 吉田 隆紀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) 大阪公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

1. 背景・目的

腰椎分離症の骨癒合を目的とした保存療法は、スポーツ活動の中止と装具療法による腰椎伸展・回旋運動の制限が主である。装具療法中のリハビリテーションについてはハムストリングや大腿四頭筋のストレッチングを中心に行い、装具除去後に約1カ月間のアスレチックリハビリテーションを実施し、競技復帰するという報告が散見される^{1),2)}。腰椎分離症患者の身体的特徴としては、ハムストリングや腰背筋群の柔軟性だけでなく、体幹筋力の低下を認める³⁾と報告されている。これらのことから、近年、腰椎分離症患者において、長期間の運動制限は身体機能および、パフォーマンスの低下を引き起こす可能性があることから、装具療法中にも体幹トレーニングを実施することが注目されている⁴⁾。

しかし、腰椎分離症における装具療法中の体幹トレーニング、とりわけ、深部体幹筋トレーニングが骨癒合に及ぼす影響を調査した報告は見受けられない。そこで本研究では、当院における従来の保存療法プロトコルに新たに深部体幹筋トレーニングを追加した患者群の骨癒合率および骨癒合までの期間を調査し、深部体幹筋トレーニングを実施していなかった患者群と比較検討することを目的とした。

2. 方法

2-1. 対象

対象は2019年4月から2023年4月の間に当院を受診し、CT画像により腰椎分離症と診断され、スポーツ活動の中止と装具療法を行った60名のうち、初期分離のみを有し、従来の保存療法プロトコルを実施したS群30例（男性24名、女性6名、平均年齢14.3歳）と、新たに深部体幹筋トレーニングを追加したT群15例（男性11名、女性4名、平均年齢14.5歳）とした。除外基準は進行期および終末期分離を有した者、途中離脱者とした。対象者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。本研究は医療法人貴島会研究倫理委員会の承認を得て実施した（倫理No. 2023.11.21-D）。

2-2. 従来の保存療法プロトコル

当院における従来の保存療法プロトコルは、主治医による確定診断後より、スポーツ活動の中止および装具療法、理学療法士による腰椎伸展・回旋に注意した股関節および胸郭を中心のストレッチング、低出力超音波治療、2カ月目より20分間のスロージョギングと体幹トレーニングを週1、2回のリハビリテーション時に実施した。

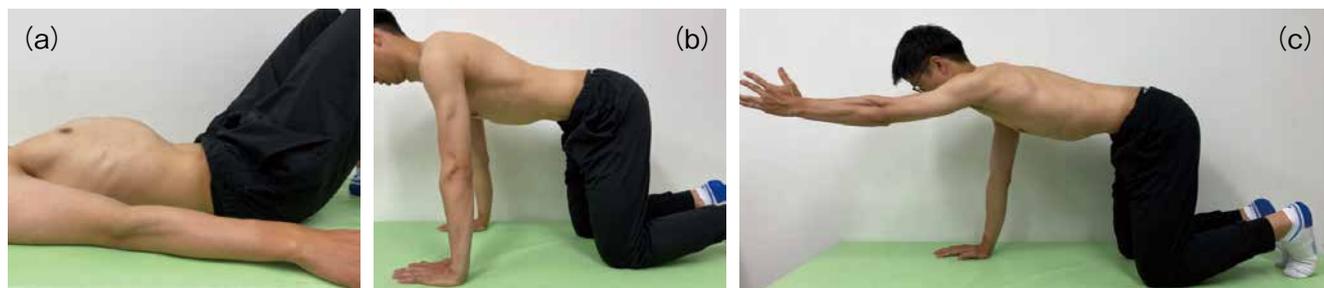


図1.

(a) ドローイン（背臥位）

(b) ドローイン（四つ這い位）

(c) ハンド・ニー上肢挙上

2-3. 追加した深部体幹筋トレーニング

2022年4月以降は、主治医の確定診断後より、従来の保存療法プロトコルに加え、理学療法開始時からドロインおよびハンド・ニーを中心とした深部体幹筋トレーニングをホームエクササイズとして、毎日10回3セット実施した(図1)。トレーニング実施時は、腰椎伸展・回旋に留意するよう患者指導を行い、ハンド・ニーは股関節90度屈曲位での上肢挙上とした。週1、2回のリハビリテーション時に理学療法士が患者のトレーニング方法を確認し、1週間毎に回数および時間を段階的に増加させた。

2-4. 評価項目

患者背景として、年齢、性別、身長、体重、Body mass index (BMI)、分離高位、両側分離の有無を評価した。また、骨癒合率および骨癒合までの期間を評価した。骨癒合の判定基準は、Gamadaら⁵⁾の方法に準じ、CT画像で骨折線がない状態または骨折線はあるが骨の連続性がある状態と定義し、主治医が評価した。CTによる分離部の経過観察は、原則として装具装着から3カ月後とし、3カ月時に骨癒合を認めなかった場合、1カ月おきに最長6カ月までフォローアップを行った。

2-5. 統計処理

Shapiro Wilk 検定により正規性を確認した後、名義尺度の項目はカイ二乗検定または、Fisherの正確確立検定を用いて比較検討した。比率尺度の項目に対しては、正規分布を認めた項目は対応のないt検定、正規分布を認めなかった項目はMann Whitney U検定を用いて比較検討した。各検定において有意水準は5%未満とした。統計分析にはSPSS Ver 28.0を使用した。

3. 結果

患者背景では、全ての項目で有意差を認めなかった(表1)。骨癒合率はS群77.6%、T群95.4%と2群間で有意差は認めなかった(表2)。骨癒合までの期間においては、S群121±49.7日、T群100±33.1日とS群に比べ、T群で有意に早く骨癒合が得られた(P=0.018)。

4. 考察

本研究は、従来の保存療法プロトコルに理学療法開始時から深部体幹筋トレーニングを追加したT群の骨癒合率および骨癒合までの期間を調査するとともに、それらを過去に従来の保存療法プロトコルを実施したS群と比較検討した。その結果、T群の骨癒合率は、S群と同等に良好であり、骨癒合までの期間においてはT群がS群に比べ有意に早く骨癒合が得られた。

腰椎分離症の骨癒合率および骨癒合までの期間を調査した過去の報告^{1),2),4)}では、初期腰椎分離症の骨癒合率は約75%~93%、骨癒合までの期間は約3.3カ月~3.6カ月と報告されている。家里ら⁴⁾は、腰椎分離症患者に対する確定診断後早期からの胸郭と股関節の可動域練習および、動的な体幹筋トレーニングは初期腰椎分離症の骨癒合率に悪影響を与えないことを報告している。石谷ら¹⁾は、腰椎分離症患者に対し、装具療法期間の前半にストレッチング、後半に有酸素運動および下肢・体幹筋トレーニングを実施した群と、非実施群を比較した結果、骨癒合率および骨癒合までの期間は同等に良好であったと報告している。

本研究においても確定診断後早期から深部体幹筋トレーニングを実施したT群の骨癒合率は、S群および先行研究

表1. 患者背景

項目	ストレッチ群 (n=30)	トレーニング群 (n=15)	P-value
年齢	14.3±1.3	14.5±1.2	0.550
性別(男:女)	24:6	11:4	0.710
身長(cm)	168.3±8.0	168.6±10.6	0.306
体重(kg)	56.2±9.8	62.1±10.0	0.064
BMI(kg/m ²)	20.3±2.2	21.8±2.5	0.050
両側分離の有無	13/30(43.3%)	5/15(33.3%)	0.519
L5分離	28/49(57.1%)	10/23(45.4%)	0.279
L4分離	18/49(36.7%)	12/23(54.5%)	0.215
L3分離	3/49(6.1%)	1/23(4.3%)	1.000

平均値±標準偏差

BMI: Body Mass Index

表2. 骨癒合率、骨癒合までの日数

項目	ストレッチ群 (n=30)	トレーニング群 (n=15)	P-value
骨癒合率	38/49椎弓(77.6%)	21/22椎弓(95.4%)	0.088
骨癒合までの日数	121.1±49.7	100.0±33.1	0.018*

平均値±標準偏差

*: P<0.05

と同等に良好な結果であり、また、本研究では骨癒合までの期間においてT群がS群に比べ有意に早く骨癒合が得られた。これらのことから早期からの深部体幹筋トレーニングは初期腰椎分離症の骨癒合に悪影響を与えないことが示唆された。

本研究で行ったドローインを中心とした深部体幹筋トレーニングは、腹横筋を中心とした深部体幹筋の筋活動と、それにより腰仙部安定性を高めると報告されている^{6),7)}。また、Puntumetakulら⁸⁾は一般的な体幹筋トレーニングのみでなく、深部体幹筋に焦点を当てたトレーニングを併用することにより腰椎分節的安定を向上させることを報告している。

腰椎分離症の発症には、腰椎伸展・回旋および軸方向への圧縮による関節突起間部への応力の増大が関与する報告されており^{9),10)}、保存療法においてはそれらを制御し関節突起患部へのストレスを軽減させることが重要と考えられている。本研究のT群では、早期から深部体幹筋に焦点を当てたトレーニングを実施したことにより、腹横筋を中心とした深部体幹筋の筋活動および腰仙部安定性が向上し、腰椎伸展・回旋運動による関節突起間部への応力が軽減したことで、骨癒合までの日数を短縮させたと考える。一方で、Fujiiら¹¹⁾は、両側分離および第5腰椎分離は骨癒合率が低値であることを報告しており、本研究では有意差はないものの、T群はS群に比べ両側分離および第5腰椎分離の割合が低く、これらが関与した可能性も否定できない。

本研究の限界として、初期分離のみが対象であること、追跡調査が行えておらず再発率およびスポーツ復帰までの期間が評価できていないこと、対象者数が少ないことが挙げられる。今後の展望として、本研究の対象外であった進行期分離に対する深部体幹トレーニングが骨癒合に与える影響や、早期からの体幹トレーニングを行うことによる再発率やスポーツ復帰までの期間を調査することが必要であると考える。

5. 結語

本研究では、初期腰椎分離症患者に対し理学療法開始時から深部体幹筋トレーニングを実施し、骨癒合率および骨癒合までの日数を調査した。結果、T群の骨癒合率は95.4%とS群と同等に良好な結果であった。骨癒合までの日数は、S群121日、T群100日とS群に比べT群が早く骨癒合することが示唆された。

利益相反

本論文に関連する利益相反はなし。

参考文献

- 1) 石谷：腰椎分離症を呈する成長期スポーツ選手の競技復帰状況, *Jpn J Rehabil Med*, 58 (1): 80 - 85, 2021
- 2) 氷見ら：新鮮腰椎分離症患者に対する早期リハビリテーションの検討—筋柔軟性と骨癒合の評価—, *日本臨床スポーツ医学会誌*, 30 (1): 31 - 38, 2022
- 3) Patel DR et al. : Evaluation and management of lower back pain in young athletes, *Transl Pediatr*, 6 (3): 225 - 235, 2017
- 4) 家里ら：Conservative Treatment of Lumbar Spondylolysis in Young Athletes Early Athletic Rehabilitation Focusing on Core Training did not Exert an Effect on Bone Healing Especially in Early Stage, which the Defects were Still Incomplete Separation, *日本整形外科スポーツ医学会雑誌*, 42 (1): 48 - 54, 202
- 5) Gamada H et al. : Conservative Treatment and Unfavorable Factors to Bone Healing of “Pre-lysis” -Stage Lumbar Spondylolysis in Adolescents, *Asian Spine J*, 17 (2): 247 - 252, 2023
- 6) Hides J et al. : An MRI Investigation Into the Function of the Transversus Abdominis Muscle During “Drawing-In” of the Abdominal Wall, *Spine*, 31 (6): E 175 - E 178, 2006
- 7) Stanton T et al. : The Effect of Abdominal Stabilization Contraction on Posteroanterior Spinal Stiffness, *Spine*, 33(6): 694 - 701, 2008
- 8) Puntumetaku R et al. : The Effects of Core Stabilization Exercise with the Abdominal Drawing-in Maneuver Technique versus General Strengthening Exercise on Lumbar Segmental Motion in Patients with Clinical Lumbar Instability: A Randomized Controlled Trial with 12-Month Follow-Up, *Int J Environ Res Public Health*, 18 (15): 7811, 2021
- 9) Ichikawa N et al. : AN AETIOLOGICAL STUDY ON SPONDYLOLYSIS FROM A BIOMECHANICAL ASPECT, *J Sports Med*, 16 (3): 136 - 141, 1982
- 10) Sakai T et al. : Lumbar Spinal Disorders in Patients With Athetoid Cerebral Palsy: A Clinical and Biomechanical Study, *Spine*, 31 (3): E 66 - 70, 2006
- 11) Fujii K et al. : Union of defects in the pars interarticularis of the lumbar spine in children and adolescents. The Radiological outcome after conservative treatment, *J Bone Surg Br*, 86 (2): 225 - 231, 2004

がん薬物療法・放射線療法における身体活動・運動の意義

井上順一郎

神戸大学医学部附属病院国際がん医療・研究センター リハビリテーション部門

はじめに

1981年以降、がんはわが国の死因の第1位であり、年間死亡者数は約38万400人、新規罹患者数は年間約101万9千人に達している。一方で、診断技術や治療技術の進歩により、がん患者の5年相対生存率は64.1%と向上しており¹⁾、長期に渡り生存するがんサバイバーも増加している。このようながん共存社会において、がんの発症予防やがん治療中の全身体力や日常生活活動 (activities of daily living: ADL)、生活の質 (quality of life: QOL) の維持・向上はもとより、がん治療後の社会復帰、再発予防、生命予後の改善の観点からも身体活動や運動は重要な要素である。

特に、がん薬物療法や放射線療法の治療中および治療後のがん患者・サバイバーでは、がんそのものや治療による有害事象により身体・精神機能の低下をきたし、ADLやQOLの低下、ひいては生命予後にも悪影響が及ぶことが報告されている。そのため、身体・精神機能やADLの低下への対策は極めて重要な課題であり、その手段として身体活動へのアプローチや運動療法が有効であることが多くの報告で示されている。

本稿では、がん薬物療法や放射線療法の治療中および治療後のがん患者・サバイバーに対する身体活動へのアプローチや運動療法の効果、その意義について概説する。

がん治療 (がん薬物療法・放射線療法) と有害事象

1. がん薬物療法

がん薬物療法とは、細胞障害性抗がん薬、分子標的薬、ホルモン薬、免疫チェックポイント阻害薬などを用いた治療の総称である。

がん薬物療法は、がん細胞を直接的、間接的に破壊・減少させ、臓器や全身への負荷 (がん悪液質) を軽減することにより効果をもたらす治療法である。がん薬物療法はどのがんに対しても同じ感受性を示すものではなく、各がん種に対する効果は、①治癒、②生存期間の延長、③症状の緩和に分けられる。治癒が期待できるがんとして、急性骨髄性白血病、急性リンパ性白血病、悪性リンパ腫、精巣がんなどが挙げられる。また、延命が期待できるがんとして、乳がん、卵巣がん、小細胞肺がん、大腸がん、多発性骨髄

腫、骨肉腫など、症状の緩和が期待できるがんとして、軟部腫瘍、頭頸部がん、食道がん、子宮がん、非小細胞肺がん、胃がん、前立腺がん、腎がん、膀胱がんなどが挙げられる²⁾。

がん薬物療法では、治療の効果 (腫瘍の縮小) が現れるまでに数日から数ヶ月要し、治療の効果が現れても、症状の緩和、再発率の低下、延命効果などを自覚するのに時間を要することが多いため、治療によるリスク (有害事象) とベネフィット (治療効果) を常に確認しながら対応する必要がある。

がん薬物療法の有害事象には、高頻度に生じるものとして、悪心・嘔吐、骨髄抑制、末梢神経障害、全身倦怠感などが挙げられる。また、重篤な有害事象としては、白金化合物やメトトレキサートによる腎機能障害、ドキソルビシンやダウノルビシンなどによる心筋毒性、ゲフィチニブなどによる間質性肺炎などが挙げられる (表1)。

2. 放射線療法

放射線療法は、放射線の細胞分裂を阻害する作用により腫瘍を縮小させる治療法である。放射線は細胞のDNAに直接作用し、細胞分裂の能力を失わせたり、細胞が自ら死んでいく過程であるアポトーシスを増強させることで細胞を死に至らしめる。その効果としては、①治癒 (放射線療法単独、がん薬物療法や手術との併用)、②症状の緩和 (脳転移、骨転移、腫瘍による多臓器の圧迫などの改善) に分けられる。治癒を目指すためには病巣に十分な線量を照射する必要があるが、重篤な有害事象を避けるためには、耐容線量以下に抑える必要がある。単純分割照射では60~70Gy/30~35回行うことが多い。一方、症状緩和のための照射では、できるだけ早く治療効果をもたらすために、1回の線量を増やして短時間で治療を完了するようにすることが多い。骨転移による疼痛の緩和目的では30Gy/10回や20Gy/5回などの分割照射や、8Gy/1回のような単回照射が行われている³⁾。

放射線療法は手術とは異なり、組織や臓器の機能を維持しながら治療が行えることが特徴であるが、有害事象を伴うことが多い。有害事象には、治療中から治療直後に起こる急性期の有害事象 (急性反応) と、治療終了後数ヶ月から数年経ってから起こる有害事象 (晩期反応) がある

表1. がん薬物療法の有害事象

症状	特徴
悪心・嘔吐	投与後数十分～数時間以内に出現し、数日～1週間で軽快するが、個人差も大きい。対症療法としてセロトニン受容体拮抗薬の投与や食事内容の変更が行われる。
骨髄抑制	白血球減少に伴う易感染性、血小板減少に伴う易出血性、貧血に伴う動悸、頻脈、息切れなどが出現する。顆粒球コロニー刺激因子（G-CSF）製剤の投与や血小板・赤血球輸血が行われる。
末梢神経障害	タキサン系薬剤（パクリタキセル、ドセタキセルなど）で頻度が高く、投与後2～3週で手指や足底の痺れとして出現する。蓄積性で治療回数とともに増悪することが多い。通常は治療終了後数か月～数年で消失もしくは軽快するが、ときに不可逆性となることもある。知覚異常や機能障害による転倒や熱傷・低温やけどなどの二次障害に注意が必要である。
筋肉痛・関節痛	タキサン系薬剤の投与により、数時間～2日前後で出現し、数日以内に消失する。
腎機能障害	白金化合物（シスプラチン）、メトトレキサートなどで出現する。腎機能低下があると急性心不全や急性呼吸不全のリスクが高まるため、血液検査データや尿量、体重変化、水分バランスの確認、臨床症状の把握が必要である。腎障害の予防として大量輸液と利尿を行うため、心不全徴候に注意が必要である。
心機能障害	アンスラサイクリン系薬剤であるドキシソルピシンやダウノルビシンなどで出現する。薬剤による心筋ミトコンドリア障害を機序とし、蓄積性かつ不可逆性である。ドキシソルピシンでは、累積投与量が450mg/m ² に達すると5%の心筋毒性が出現する。継続的な心エコー検査や累積投与量の把握が必要である。
肺障害	薬剤性間質性肺炎による発熱・呼吸困難・咳嗽や、アナフィラキシーによる喘息様の症状、喀血・肺泡出血・血栓塞栓症が出現する。ゲフィチニブによる薬剤性肺炎の発生率は5%程度であるが、根本的な治療法はなく重篤化しやすく致死率も高い。

表2. 放射線療法の有害事象

症状	特徴	
急性反応	放射線宿酔	二日酔いのような症状であり、原因ははっきりとはしていない。全身倦怠感、眩暈、嘔気・嘔吐、頭痛などの症状が出現し、2～3日で軽快することが多い。症状が重度のときには、制吐剤や抗ヒスタミン剤などの投与で対処する。
	皮膚炎	発赤、色素沈着、乾燥、皮膚剥離などが生じる。照射線量や部位により異なるが、多くは治療開始から2週間後に出現し、治療終了後2～4週間で改善する。
	口腔粘膜障害	口腔粘膜に急性炎症が生じ、潰瘍や出血がみられる。また、唾液分泌腺に障害が生じることで口腔内が乾燥することもあり、口内炎を悪化させる原因にもなる。治療終了後1～2週間で改善するが、がん薬物療法を併用している場合には遷延することもある。
	消化管障害	上腹部に照射されると胃や十二指腸の粘膜が炎症を起こし、胃の不快感・痛み、嘔気などが生じる。下腹部での照射では腸管粘膜の炎症により下痢が生じる。治療終了後1～2週間で改善するが、症状によっては制吐剤、胃粘膜保護剤、抗潰瘍薬などの投与で対処する。
	味覚障害	舌の味蕾細胞が損傷を受けると味覚が変化し、鈍くなったり、苦みを感じるようになる。通常は数ヶ月で改善し、長期に渡ることは少ない。
	脱毛	放射線療法では照射部位だけが脱毛する。脱毛は治療開始より1～3週間後に出現するが、一時的なもので、治療終了後数ヶ月で生え始める。
晩期反応	神経障害	脳や脊髄へ大量に照射した場合には、脳や脊髄の一部の組織が壊死や梗塞を起こすことがある。また、白内障や網膜症などの視力障害が出ることもあり、耳への照射では中耳炎や眩暈などが生じることがある。
	口腔・唾液腺障害	唾液腺機能が低下し、口腔内の乾燥や味覚の変化が生じることがある。また、開口障害が生じ、リハビリテーションが必要になる場合もある。
	骨障害	骨への照射により骨壊死や易骨折性が生じることがある。また、小児の場合には、少量の照射量でも骨の成長が止まることがある。
	胸腹部障害	胸部への照射では、肺の線維化が生じ呼吸困難となる場合がある。肋骨が脆弱となり骨折を起こしやすくなる。また、食道壁が線維化し食道の狭窄が生じ通過障害が生じることがある。腹部照射では、腎機能低下・腎炎、直腸・結腸の狭窄、潰瘍が生じる場合がある。
	その他	生殖器は放射線に対して敏感な器官であり、卵巣や精巣に照射されると不妊のリスクが高まる。骨盤照射ではリンパ浮腫が生じ、下肢の浮腫が出現することがある。

(表2)．急性反応は可逆性であるが、晩期反応は不可逆性であり回復が困難なことが多い。

がん患者・サバイバーに生じる機能障害

1. がん患者・サバイバーの特徴

① がん診断後の身体活動の低下

がん患者では、がんの診断前後で身体活動が低下すると報告されている。Fassierらは、がん診断前後の身体活動量の比較を行い、がん診断後では全体の身体活動量が -32.8 ± 36.8 METs-hour/week 低下しており、特に高強度の身体活動量の低下が顕著であったと報告している⁴⁾。また、近年の新型コロナウイルス・パンデミック下において、がんサバイバーの身体活動量は低下している。Faroらは、新型コロナウイルス・パンデミックにより、67.2%のがんサバイバーが身体活動量が低下し、座位（不活動）時間が増加したと報告している⁵⁾。Tabaczynskiらの調査では、がんサバイバーの中等度～高強度の身体活動量は、新型コロナウイルス・パンデミック前では平均 207.0 ± 237.9 分/週であったが、パンデミック中では平均 155.5 ± 195.1 分/週まで低下し、身体活動ガイドラインの目標値（中等度の強度の身体活動150分/週以上、もしくは、高強度の身体活動75分/週以上、および週2回以上のレジスタンスレーニング）を満たしていないがんサバイバーは44.3%から50.8%に増加したと報告している⁶⁾。つまり、がん患者・サバイバーにおいては、がん治療開始前より身体活動が低下し、全身体力も低下している可能性が高い。

② がん患者の高齢化

わが国のがん患者を年代別に概観すると、65歳未満のがん患者は全体の24.5%、65～74歳が30.1%、75歳以上が45.4%と全体の75.5%が65歳以上の高齢者であり、その割合は年々増加している⁷⁾。高齢者では加齢に伴い生物学的・生理学的な機能が低下する。高齢がん患者においても、がん治療開始前より老年症候群や併存疾患、サルコペニアやフレイルなど何らかの身体的、精神・心理的、社会的な問題を抱えていることが多い。治療開始前からそのような問題を抱えている患者では、術後合併症の増加、がん薬物療法・放射線療法の完遂率の低下、治療関連毒性の増大、死亡率の増大など治療後の転帰に悪影響を及ぼすことが明らかにされている⁸⁾。そのため、高齢がん患者では治療開始前に高齢者機能評価（Geriatric Assessment：GA）を用いて全身状態を総合的に判断することが重要である。

GAでは、ADL、手段的ADL（instrumental activities of daily living：IADL）、身体機能、認知機能、情緒・気分・幸福度、コミュニケーション、栄養状態、服薬状況、社会的環境などを総合的に評価する⁹⁾。高齢がん患者に対して治療開始前にGAを実施することは、術後合併症や生命予後、さらにはがん薬物療法の有害事象発生の予測に有用であり、また、がん治療の治療計画の立案にも用いられる¹⁰⁾。

したがって、高齢がん患者では、治療開始前にGAを用いて全身状態を総合的に評価し、治療方針の決定に役立てるとともに、何らかの問題がある患者に対しては、身体・精神機能およびADL・IADL改善のために、できるだけ早期からリハビリテーションを実施することが重要である。

2. がん患者・サバイバーの機能障害

がん患者・サバイバーに生じる障害の頻度は、精神・心理的問題、ADL制限、疼痛、体力低下、移動能力制限、家事能力制限の順に多い¹¹⁾。特にがん薬物療法や放射線療法の治療中および治療後のがん患者・サバイバーでは、治療に伴う有害事象や、疼痛や栄養障害、睡眠障害、不安・抑うつなどの精神的要因も重複することにより、身体活動や身体機能の低下が生じるリスクが高い。これらは活動時の疲労感を増大させ、身体活動のさらなる低下や二次的な体力低下を引き起こすなど悪循環を形成し、ADLや家事、就労、余暇活動などのIADLや社会活動を制限し、QOLを低下させる。

そのため、リハビリテーションにより治療中・治療後のがん患者・サバイバーが陥る悪循環を断ち切り、機能障害やADLの低下をできるだけ早期から予防する必要がある。がん罹患と就労に関する調査においても、がんによって就労の継続に影響を及ぼした身体的な要因として、「体力が低下したため」、「薬物療法に伴う後遺症」、「手術に伴う後遺症」、「慢性的な痛み」が上位に挙げられており¹²⁾、社会復帰の観点からも機能障害への積極的なアプローチが重要である。

がん患者・サバイバーにおける身体活動・運動の意義

がん患者・サバイバーの身体活動の増進や積極的な運動が、がんの再発予防や生命予後の改善につながることで種々の調査により明らかになってきている。閉経後乳がんサバイバーにおいては、診断前の身体活動が低くても、診断後に9METs-hour/week以上の身体活動を維持したサバイバーは、全死亡リスクの低下が認められたと報告されている¹³⁾。また、診断後に身体活動を高く維持した乳がんサバイバーでは死亡リスクが28%低下し、大腸がんサバイバーでは26%低下することが報告されている^{14) 15)}。前立腺がんサバイバーにおいても、身体活動が再発や死亡リスクを低下させる可能性があるが、報告にばらつきがある¹⁶⁾。さらに、Morishitaらのシステマティックレビューでは、運動療法はがんサバイバーの死亡リスクを減少させ（リスク比0.76；95%信頼区間0.40-0.93）、再発リスクも減少させること（リスク比0.52；95%信頼区間0.29-0.92）が報告されており¹⁷⁾、がん診断後の身体活動や運動が再発や死亡リスクの低下を最大化することが示されており、がん患者・サバイバーにおいては診断後よりシームレスな身体活動の維持・増進、積極的な運動の実施が望まれる。

がん患者・サバイバーに対する身体活動への アプローチおよび運動療法

1. がんサバイバーに対する身体活動・運動の推奨

米国がん協会 (American Cancer Society: ACS) の「がんサバイバーのための栄養と身体活動のガイドライン」¹⁸⁾ では、がんの診断あるいは治療後のできるだけ早期から不活動を避け、定期的な身体活動や通常の日常生活を行うことを推奨している。運動を目的とした身体活動の目標は、成人は1週間あたり150～300分の中等度の強度の有酸素運動、もしくは、1週間あたり75～150分の高強度の有酸素運動とともに、週2回以上のレジスタンストレーニングを行うことが推奨されている。また、上限である300分を満たすか超えるように努めることが理想的であるとされている。また、65歳以上の高齢がんサバイバーにおいても、可能であれば同等の身体活動を維持すること、慢性疾患などで活動性に制限がある場合は、不活動の時間をできるだけ避け、身体活動を能力に応じて可能な限り維持・増進することが推奨されている。

2. がん患者・サバイバーに対する運動療法処方

米国スポーツ医学会 (American College of Sports Medicine: ACSM) の「がんサバイバーのための運動ガイドライン」¹⁹⁾ では、がん薬物療法や放射線療法などの治療中や治療後であっても、バイタルサインや血液・生化学検査、治療に伴う有害事象 (表1, 2)、身体症状などに基づくリスク管理を行えば運動は安全に実施でき、また、リンパ浮腫を有する、または、リンパ浮腫の発症リスクがある乳がんサバイバーにおいても安全にレジスタンストレーニングを実施することができると述べられている。治療中や治療直後では、治療に伴う有害事象などの影響で身体活動を低強度や短時間に制限する必要があるが出てくることもあるが、基本的には可能な限り身体活動を維持・増進させる必要がある。

運動療法処方には、有酸素運動、レジスタンストレーニング、またはその併用が推奨されている。また、FITT (頻度: frequency, 強度: intensity, 持続時間: time, 内容: type) を考慮する¹⁸⁾。ガイドラインで推奨されている運動療法処方例を表3に示す²⁰⁾。

① レジスタンストレーニング

レジスタンストレーニングでは、運動頻度を週3～5回に設定し、運動強度は1最大反復回数 (repetition maximum: RM) の60～70%の強度とする。各種の運動を8～12回を1～2セット行い、12回以上実施できるようになったら運動強度を10%ずつ漸増していく。運動の持続時間はレジスタンストレーニングでは設定しない。運動内容は大きい筋群 (膝・股関節周囲筋、下腿三頭筋、大胸筋・広背筋、上腕二頭筋・三頭筋、腹背筋など) を中心とした筋力トレーニングが推奨される。これは、がん患者に生じる筋力低下は廃用性筋萎縮や低栄養、悪液質による蛋白異化亢進が主体となって全身に生じるためである。

監視下での運動療法ではマシン等を使用したトレーニングが中心となるが、がんサバイバー自身が行う自主トレーニングでは、自重や重錘、エクササイズバンドなどを用いて簡単かつ効果的で継続可能なトレーニングを行うための工夫が必要である。具体的には、運動強度は自覚症状にて調整し、運動後に軽く筋疲労を自覚する程度が妥当である。運動強度の設定は自覚的運動強度であるBorgスケールを使用し、Borgスケールが14～16 (13「ややきつい」、15「きつい」) となるように運動を行うと効果的である²¹⁾。

② 有酸素運動

有酸素運動では、運動頻度は週3～5回、1回の運動の持続時間は20～30分とする。運動内容はエルゴメーターやトレッドミルだけでなく、ウォーキングも有効である。運動強度は自覚的運動強度や目標心拍数を参考に設定する。Borgスケールが6～11 (7「非常に楽である」、11「楽

表3. がんサバイバーに対する運動療法処方例 (文献20より引用)

内容	強度	時間 (分) / セット (回)	頻度 (回/週)	期間 (週)
有酸素運動	60～85% HR _{max} 60～85% VO _{2max} RPE 12～13	30～60分	3	8～12
レジスタンストレーニング	60～75% 1-RM RPE 13～15	2セット 8～12回	2～3	8～12
有酸素運動+ レジスタンストレーニング	60～85% HR _{max} 60～85% VO _{2max} RPE 12～13	20～40分	3	8～12
	60～75% 1-RM RPE 13～15	2セット 8～12回	2～3	

RPE: rating of perceived exertion (自覚的運動強度)

である)], 最大心拍数 (220 - 年齢) の 30 ~ 54% の運動強度が低強度, Borg スケールが 12 ~ 13, 最大心拍数の 55 ~ 70% の運動強度が中等度, Borg スケールが 14 ~ 19 (19「非常にきつい」), 最大心拍数の 71 ~ 95% の運動強度が高強度である. Borg スケールが 11 ~ 13, 目標心拍数が最大心拍数の 80% 程度の中程度~高強度の運動でもリスク管理を行えば安全に実施できる. 有酸素運動の効果には量-反応関係があるため, がんサバイバー個人の身体機能や運動時のリスク, がんやその他の併存疾患の状態や治療状況を確認したうえで, 許容される状態であれば高強度のトレーニングも考慮すべきである²⁰⁾.

おわりに

がん患者・サバイバーでは, 身体活動の維持・増進および積極的な運動が, 身体・精神機能や ADL, QOL 等の改善をもたらすだけでなく, 社会復帰やがんの再発, 生命予後などの転帰にも好影響を及ぼす. そのため, がん患者・サバイバーに対する身体活動・運動への積極的なアプローチが重要である.

参考文献

- 1) 公益財団法人 がん研究振興財団: がんの統計2023. https://ganjoho.jp/public/qa_links/report/statistics/pdf/cancer_statistics_2023.pdf (2023年8月11日閲覧)
- 2) 佐々木常雄, 岡元るみ子編: 新がん化学療法ベスト・プラクティス, pp 2-7, 2014, 照林社, 東京
- 3) 日本臨床腫瘍学会編: 骨転移診療ガイドライン改訂第2版, pp 60-61, 2022, 南江堂, 東京
- 4) Fassier P, et al.: Variations of physical activity and sedentary behavior between before and after cancer diagnosis: Results from the prospective population-based NutriNet-Santé cohort. *Medicine (Baltimore)*, 95(40): e4629, 2016
- 5) Faro JM, et al.: Physical activity, mental health and technology preference for support during COVID-19: a cross-sectional report of cancer survivors. *JMIR Cancer* 7(1): e25317, 2021
- 6) Tabaczynski A, et al.: Changes in physical activity and associations with quality of life among a global sample of cancer survivors during the COVID-19 pandemic. *J Cancer Surviv* 17(4): 1191-1201, 2023
- 7) 厚生労働省: 平成31年(令和元年) 全国がん登録罹患数・率報告. <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000942181.pdf> (2023年8月15日閲覧)
- 8) Handforth C, et al.: The prevalence and outcomes of frailty in older cancer patients- a systematic review. *Ann Oncol* 26: 1091-1101, 2015
- 9) Japan Clinical Oncology Group: Japan Clinical Oncology Group 高齢者研究. http://www.jcog.jp/basic/policy/A_020_0010_39.pdf (2023年8月15日閲覧)
- 10) Caillet P, et al.: Comprehensive geriatric assessment in the decision-making process in elderly patients with cancer: ELCAPA study. *J Clin Oncol* 29: 3636-3642, 2011
- 11) Lehmann JF, et al.: Cancer rehabilitation: assessment of need, development, and evaluation of a model of care. *Arch Phys Med Rehabil* 59(9): 410-419, 1978
- 12) 桜井なおみ: 「がん罹患と就労(当事者編) 2016」調査結果報告書. https://www.fpcr.or.jp/pdf/p11/sakurai_2.pdf (2023年8月15日閲覧)
- 13) Irwin ML, et al.: Physical activity and survival in postmenopausal women with breast cancer: results from the women's health initiative. *Cancer Prev Res* 4: 522-529, 2011
- 14) Schmid D, et al.: Association between physical activity and mortality among breast cancer and colorectal cancer survivors: a systematic review and meta-analysis. *Ann Oncol* 25(7): 1293-1311, 2014
- 15) Je Y, et al.: Association between physical activity and mortality in colorectal cancer: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Int J Cancer* 133(8): 1905-1913, 2013
- 16) Shephard RJ: Physical activity and prostate cancer: an updated review. *Sports Med* 47(6): 1055-1073, 2017
- 17) Morishita S, et al.: Effect of exercise on mortality and recurrence in patients with cancer: a systematic review and meta-analysis. *Integr Cancer Ther* 19: 1534735420917462, 2020
- 18) Rock CL, et al.: American Cancer Society nutrition and physical activity guideline for cancer survivors. *CA Cancer J Clin* 72: 230-262, 2022
- 19) Schmitz KH, et al.: American College of Sports Medicine roundtable on exercise guidelines for cancer survivors. *Med Sci Sports Exerc* 42: 1409-1426, 2010
- 20) Campbell KC, et al.: Exercise guidelines for cancer survivors: consensus statement from international multidisciplinary roundtable. *Med Sci Sports Exerc* 51: 2375-2390, 2019
- 21) Wiskemann J, et al.: Effects of a partly self-administered exercise program before, during, and after allogeneic stem cell transplantation. *Blood* 117: 2604-2613, 2011

