

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01701

研究課題名(和文)超音波2波法を用いたトレーニングと骨密度・骨質の関連性の検討

研究課題名(英文) Study for training using ultrasonic 2-wave method and examination of bone density

研究代表者

藤澤 義彦 (FUJISAWA, YOSHIHIKO)

同志社大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：20209042

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、超音波骨密度測定装置を使用して、トレーニング過程における筋肥大が骨に与える変化について検証する。現在まで「骨」に関する先行研究は、X線CT法を使用した「運動」と「骨密度」との関係のみを扱ったものが大半を占めていた。本研究は、超音波を用いた骨密度測定装置を使用することから、「骨質」すなわち骨の「構造的弾性特性」の評価が可能であり、「骨密度」と「骨質」を総合した、骨組成とスポーツとの関連性について検討する。本研究ではスポーツ選手の体力要素に代表される「外的資質」とともに、骨組成という「内的資質」にも注目し、新たな視点からスポーツ選手の競技力に関する「資質」について検討を加える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

骨強度は、70%の骨密度と30%の骨質により構成されていることから、骨組成とスポーツ選手の資質を検討する場合は、骨密度とともに骨質にも注目する必要があると考えられる。そのため本研究は、超音波2波法を用いた骨組成測定装置により、X線CT法では不可能な、骨質すなわち「構造的弾性特性」を測定し、スポーツ活動による重力負荷とを関連付ける研究は例数が少ないものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study using the ultrasound bone densitometry device examined how hypertrophy caused by training effected on bone density. As far as we know, most of the previous studies regarding the quality of bone focused on how resistance training was related to "bone density" using X-ray CT. In this study, since we use the ultrasound bone densitometry device which can evaluate the "structural elasticity" of bone as well as "bone quality", we will examine the relationship between bone composition and sports by integrating "bone density" and "bone quality". In this study, we focus on the "external qualities" represented by the physical fitness elements of athletes, as well as the "internal qualities" of bone composition, and study the "qualities" related to the competitive power of athletes from a new perspective.

研究分野：トレーニング科学(測定・方法論)

キーワード：競技力 資質 骨組成 超音波 トレーニング

1. 研究開始当初の背景

本研究は、競技力向上を目的として、「スポーツ競技選手の資質」について多角的に検討を加えるものである。その対象は、研究開始当初はフェンシング選手のみとして、フェンシング競技に必要とされる形態および体力的因子に関する各種資料を収集し分析・評価してきた。

その後、対象を大学体育会に所属する全スポーツ競技選手とし、各種の測定からスポーツ選手に必要と考えられる「資質」について検討を加えてきた。周知の通り、大学スポーツは日本の競技力を支える重要なカテゴリーである。そのため、将来的な国際的な競技力向上を視野に入れた場合、大学生スポーツ選手を科学的に分析し強化することは、競技スポーツにとって重要な課題であると考え本研究を実施した。現在、本研究は体力要素に代表される「外的資質」とともに、骨組成という「内的資質」に注目し、新たな視点からスポーツ選手の競技力について検討を加えている。

今後、トレーニングと骨組成との関連が、スポーツの競技力向上に何らかの示唆を与えるものと考え研究を継続する。また本研究の過程で得られた成果をスポーツ外傷リスク要因の追求に運用することも視野におく。

2. 研究の目的

本研究の目的は、トレーニングが骨組成に与える要因から、競技力向上に必要とされる「資質」を考究するとともに、トレーニング過程におけるスポーツ外傷リスク要因の追求である。

本研究の中心的なキーワードである「骨組成」である。一般的に骨は、大別すると固体状の「皮質骨」と網膜状骨梁構造を持つ「海綿骨」とに分類される。皮質骨は、生体の荷重を支える強度が要求される部位であるため、「骨強度マーカー」として利用できる。一方、海綿骨は骨の表面積が大きく、骨の代謝の影響が顕著に現れるため「骨代謝マーカー」として利用される。また、海綿骨は骨粗鬆症の早期発症を判定するマーカーであることも報告されている。この皮質骨と海綿骨の代謝促進に好影響を与える一要因として、身体活動による重力刺激があげられることは周知の通りである。この身体活動による重力刺激の影響を検証するためには、日常生活活動を観察するだけでなく、重力刺激の大きなスポーツ・トレーニングの過程において、その変化をみることで、運動と骨組成の関係がより明確に把握できると考える。また、異なったスポーツ種目の競技選手を対象とし、スポーツ特性の違い、すなわち様々な動作や行動が骨組成に与える影響を解明することにより、スポーツによる重力刺激と骨形成の関係を多角的に検討することが可能になる。このような、骨形成に関係する「行動」や「動作」から、新たな身体的に負担の少ない新たなトレーニング方法を開発する。結果的にこれらのトレーニングが、競技力向上に貢献できるものになると考える。

本研究は、骨形成を「超音波」を用いた骨密度測定装置により観察する。超音波を利用した測定装置は、被爆の心配がなく、DEXA等に代表されるX線CT法では実現しなかった、「骨質」すなわち骨の「弾性的特性」が評価できる特徴を持つ。この超音波の特性を利用し、トレーニングによる重力および筋収縮による負荷が、骨密度・骨質双方に及ぼす影響を観察し、その研究過程から競技力向上のための新しいトレーニング方法を模索する。また、各種分析によって得られた成果を「スポーツ外傷リスク要因の追求」にも運用する。

現在まで、スポーツと骨の関係を示した先行研究においては、スポーツと骨密度のみに注目した報告が大半であったが、本研究のように、骨密度とともに骨質とをスポーツ活動に関連させた研究の例数は少ないことから、スポーツ選手の「骨組成の分析」という新たな視点から、スポーツ選手の資質の判定を行うことも競技力の向上の方策を検討するカテゴリーとして必要であるものと考えられる。

3. 研究の方法

本研究の被験者の主体は、大学体育会に所属するスポーツ競技選手である。

研究方法は、スポーツ競技選手の骨組成測定に並行して、被験者の身体的特徴および体力的特性を詳細に調査する。

本研究で使用する骨組成の測定装置は、OYO電気社製LD-100である。この装置は、超音波の高速波と低速波の2波を用いて定量的骨組成評価を行うとともに、超音波の弾性波動により骨質を反映する骨の弾性的性質を評価出来る特徴を持つ。測定に際しては、非利き腕の橈骨下端部を測定する。一般的に普及している超音波式骨密度測定装置は、測定部位を足踵部とするが、LD-100は、加齢による骨粗鬆症の多発部位である橈骨下端を測定し骨組成を判定する。また、LD-100は、X線CT法を用いた装置と比較した場合、骨密度測定において両者に有意な関係が見られることが報告されていることから信頼性は高く(OTANI at all, 20091)、骨質を評価できることから、今回は構造的弾性的特性を $E = c^2(E:弾性定数, \rho:骨密度, c:高速波音速)$ の

数式により導く。

骨組成測定に加え、本研究では、従来の一般的な形態測定やインピーダンス式体組成測定装置を用いた体組成測定および多用途筋機能評価運動装置 BIODEX による等速性筋力測定を実施する。特に本研究では、スポーツ・トレーニングで変化が予想される筋肉の変化と骨形成の関係をみるため、実際の競技特性に即した動作を再現して BIODEX により等速性筋力を測定し、トレーニング時の重力負荷とともに筋収縮による負荷が、骨形成に与える影響を観察し、筋肉量および筋力と骨組成の関係について検討を加える。

測定期間は、春期・秋期のトレーニング開始期と終了期の2回とし、その後、各種測定により得られたデータを比較検討する。また、研究成果を学術論文や学会発表およびHPを通じて一般公表する。

本研究は、医師免許を持つ大学教員やアスレチックトレーナー資格を持つ大学教員が含まれているため、シーズン中に発生した外傷の記録をとり、骨とスポーツ傷害の関連性についても検証を行う。このように、各種測定値の分析から、競技力向上のための新しいトレーニング方法の開発とスポーツ外傷リスク要因の追求を視野に置く。

4. 研究成果

本研究は、中心的な学術的問いを「競技能力の向上やスポーツ障害リスク回避のために重要な骨組成のメカニズムは何か」と定義し、スポーツによる重力負荷と筋肥大がもたらす筋収縮による負荷の増大が骨組成に与える影響を解明するものである。そのため、本研究はスポーツの運動特性およびトレーニング方法の違いをスポーツ選手の骨密度と骨質という「骨組成」から解明する点が、他のトレーニング関連研究との相違である。

本研究は、スポーツ競技選手の骨密度だけでなく、骨の構造的「弾性的特性」である骨質にも注目するため、新しい視点からスポーツ活動による重力負荷および筋収縮と骨組成との関係を見ることが可能である。

現時点では、トレーニング過程における筋の変化と対比して骨組成の変化を観察した場合(Iguchi et al, 2016²⁾)、筋肥大を目的としたウェイト・トレーニングにおいては、皮質骨厚との間に有意な関係が(Fig1)、パワー向上を目的としたウェイト・トレーニングでは、海面骨骨密度との間に有意な関係がみられた(Fig.2)。

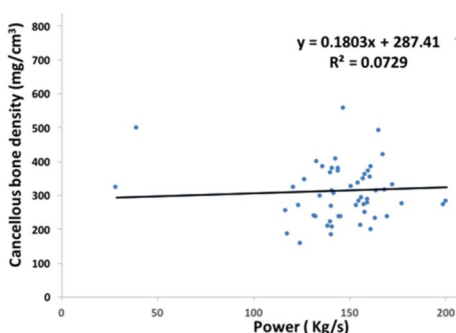


Fig.1. 筋力系 TR と皮質骨骨密度の関係

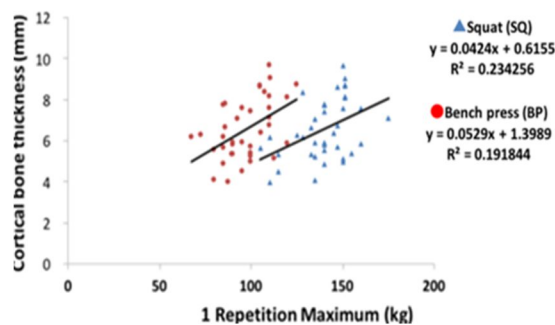


Fig.2. パワー系 TR と海面骨骨密度の関係

他方、トレーニングにおける経時的な骨組成とトレーニング効果の関係をみた場合

(Fujisawa, 2016³⁾, Furukawa, 2016⁴⁾)、硬式野球の投手を対象とした2月の春期シーズン開始時とシーズン終了時の6月の4ヶ月間の骨組成と投球スピードの関係においては、皮質骨骨密度(fig.3)と海綿骨弾性定数(fig.4)はシーズンの進行に伴い低下傾向を示したが、投球スピード(fig.5)は向上していた。

この結果から、トレーニングによる投球スピードが向上するという“ポジティブ”な状況を示す反面、骨密度の低下と弾性傾向が進行する、いわゆるオーバー・トレーニングによる運動障害の危険性を予告する“ネガティブ”な一面が示されたことは、シーズン中の過度なトレーニングの危険性を示すとともに、シーズン中の骨組成測定が、適切なトレーニング負荷の検証という、スポーツ選手のコンディショニングに運用できることが示唆された。

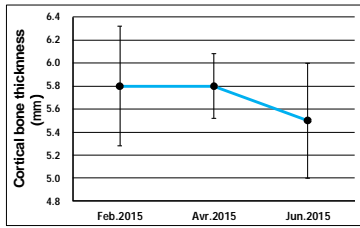


Fig.3. 皮質骨骨密度の経時的変化

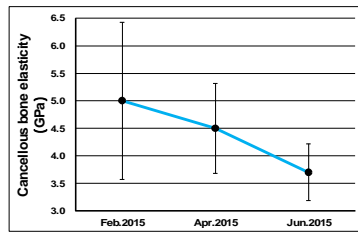


Fig.4. 海綿骨骨密度の経時的変化

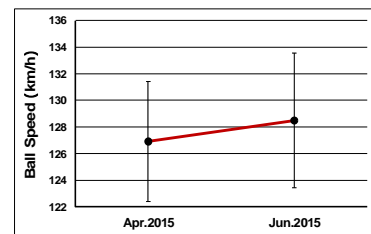


Fig.5. 投球スピードの経時的変化

今後は継続して各種スポーツ動作やトレーニング方法が骨組成に与える影響について観察し、スポーツ競技選手に必要と考えられる外的および内的資質について多角的に検討を加えるとともに、新たなスポーツ・トレーニング方法やスポーツ傷害のリスクを発見するためのスクリーニングテストの開発に貢献するための方策を検討する。

【参考文献】

- 1) T. Otani, et al., "Estimation of in vivo cancellous bone elasticity," Jpn. J. Appl. Phys. vol.48, no.7, art. no.07GK05, 2009.
- 2) Iguchi, J, Hojo, T, Fujisawa, Y. The comparison of bony structures between Japanese and French population according to the physical activity level, 21st annual Congress of the European College of Sport Science, Vienna-Austria, 6th -9th 2016.
- 3) Fujisawa Y, et al., Bone Strength in Athletes, シンポジウム運動器：最新の超音波技術で運動器を評価する，日本超音波医学会，第 89 回学術集会，2016。
- 4) 古川拓也，野球選手のボールスピードに関する身体的資質について - 筋力および体組成に注目して - ，2015 年度同志社大学修士論文集、2016。
(主査・指導教員：藤澤義彦)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 1) Iguchi J, Kuzuhara K, Katai K, Hojo T, Fujisawa Y, Kimura M, Yanagida Y, Yamada Y,	4. 巻 34(11)
2. 論文標題 Seasonal changes in anthropometric, physiological, nutritional, and performance factors in collegiate rowers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Strength and Conditioning Research	6. 最初と最後の頁 3225-3231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1519/JSC.0000000000002521.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hayato Yamamoto, Masanori Takemura, Junta Iguchi, Misato Tachibana, Junzo Tsujita, Tatsuya Hojo	4. 巻 6(1)
2. 論文標題 In-match physical demands on elite Japanese rugby union players using a global positioning system.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BMJ open sport & exercise medicine	6. 最初と最後の頁 e000659
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1136/bmjsem-2019-000659.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ozaki E, Matsukawa M, Mano I, Matsui D, Yoneda Y, Masumura M, Koyama T, Watanabe I, Maekawa M, Tomida S, Iwasa K, Umemura S, Kuriyama N, Uehara R	4. 巻 Vol. 141
2. 論文標題 Growth of cortical bone thickness and trabecular bone density in Japanese children.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bone	6. 最初と最後の頁 No.115669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bone.2020.115669	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Iguchi J, Hojo T, Fujisawa Y, Kuzuhara K, Yuasa Y
2. 発表標題 「The comparison of physical and performance characteristics of Japanese American collegiate football players by divisional level」
3. 学会等名 24th Annual Congress of the European College of Sports Science, Prague, Czech Republic. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Iguchi J, Akiko S, Hojo T, Fujisawa Y, Kuzuhara K
2. 発表標題 Physical and Performance Characteristics of Japanese Division Female Collegiate Basketball Players
3. 学会等名 The 23rd annual Congress of European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	北條 達也 (HOJO Tatsuya) (40298740)	同志社大学・スポーツ健康科学部・教授 (34310)	
研究分担者	真野 功 (MANO Isao) (50581352)	同志社大学・研究開発推進機構・嘱託研究員 (34310)	
研究分担者	井口 順太 (IGUCHI Junta) (70727479)	京都先端科学大学・健康医療学部・准教授 (34303)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------