

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 16 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350761

研究課題名(和文)超音波2波法によるスポーツ競技選手の骨組成の検討 - 特に骨質に注目して -

研究課題名(英文)Ultrasonic two-wave detection method of bone composition in athletes, focusing on bone quality

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) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、大学スポーツ選手を対象に、スポーツが骨構造に与える影響について、筋のトレーニング効果と関連して検討を加えるものである。特に本研究は、トレーニング課程における「骨」の変化を観察する目的から、超音波を使用した骨密度測定装置を使用した。その結果、トレーニングの過程における「筋」の変化を「骨」の変化とともに観察した場合、筋肥大を目的としたウェイト・トレーニングでは皮質骨骨密度と、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関係があることが判明した。今後は、各種スポーツ活動およびトレーニング方法の違いによる骨構造の変化を、超音波測定装置を用いて検討を加える。

研究成果の概要(英文)：We examined the investigation between the results of muscle training and bone composition in university athletes, using an ultrasonic bone densitometer to observe changes in bone during the training process. Observations of changes in muscle and bone during the training process revealed that weight training focused on physical strength was significantly correlated with cortical bone thickness, and weight training focused on power was significantly correlated with cancellous bone density. We will continue to investigate changes in bone composition due to differences in sporting activities and training methods in future, mainly by means of ultrasound densitometer.

研究分野：トレーニング科学、測定評価

キーワード：競技力向上 資質 骨強度 超音波 トレーニング

1. 研究開始当初の背景

我々は、現在まで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てきた。その対象は、研究開始当初はフェンシング競技を中心として、フェンシング選手に必要とされる身体的因子を科学的に収集および分析評価してきた。現在では、研究対象を広く大学生スポーツ競技選手に広げ、各種測定を実施し検討を加えている。これまでの先行研究において、骨密度や骨質をスポーツ活動による重力負荷と関連させた研究は我々の知る限りは少ない。そのため本研究は、スポーツ競技選手の「資質」を単に体力要素に注目するのではなく、「骨組成」という新たな視点から資質の判定を行うものである。

本研究の主たる測定項目は骨密度測定であるが、そこで使用する機器は、同志社大学理工学部超音波研究室で開発された、超音波2波法を用いた超音波骨密度測定装置LD-100である。この骨密度測定装置は、超音波により定量的骨質評価を行うもので、従来、主に使用されていたDEXAとの皮質骨厚と海綿骨骨密度の測定値間の相関関係は、図1と図2に示すとおり、非常に高いことからその信頼性は保証されている。また被曝の心配がない上、超音波の弾性波動を利用するため、骨の構造的弾性性質すなわち「骨質」を評価できる特性を持つ。そのため、従来のX線法では計測不可能な骨の構造的弾性を、評価することが可能である。スポーツ活動によって生じる重力負荷が「骨強度」および「骨質」にどのような影響を与えるのかを考究する。また、この研究の過程から、新たなスポーツ・トレーニングの方法やスポーツ傷害のリスクを発見する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。

本研究は、同志社大学スポーツ健康科学部の人的・物的資源を利用するだけでなく、総合大学としての同志社大学のメリットを最大限活用し、生命医科学部が所有する磁気共鳴画像測定装置によるMRI画像を用いることにより、筋肉の状態にも検討項目を加え、多角的にスポーツ競技選手に必要と考えられる外的・内的資質を検討する。また、スポーツ活動による骨形成のプロセスから発展的にスポーツ外傷のリスク要因の追求とともに、新たなトレーニング・メニューの開発もその視野に置く。

引用文献

T. Otani, et al., "Estimation of in vivo cancellous bone elasticity," Jpn. J. Appl. Phys., vol. 48, no. 7, art. no. 07GK05, 2009.

2. 研究の目的

一般的に、骨粗鬆症等の骨の医学的診断は、

主にDEXA等のX線測定で得られる骨密度によって行われている。しかし、2000年以後は、骨強度は骨密度だけではなく骨質にも大きく依存するとされている。また、X線法は、被曝の心配とともに高コスト、専門技術者の必要性などが指摘されていることから、被曝のリスクが無く簡便な超音波法による骨密度測定装置が注目されている。この超音波骨密度測定装置LD-100は、弾性波動を利用することから、骨質を反映する骨の弾性的性質を評価出来る。

骨は、大別すると網膜状骨梁構造を持つ海綿骨と固体状の皮質骨に分類される。海綿骨は骨の表面積が大きく、骨の代謝の影響が顕著に表れるため「骨代謝マーカー」として利用される。また皮質骨は、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」として利用できるものである。このように、スポーツ選手の骨代謝と骨強度および骨質を測定することは、スポーツ特性の違いが骨形成に与える影響を解明する上で重要な要素である。以上の研究は、すでにフランスのオルレアン・フランス国立保健医学研究機構(INSERM)やパリ第6大学パラメトリック・イメージ研究所等の関係機関と共同研究を実施していることから、研究期間内にフランス並びに諸外国の研究施設とも連携し研究を実施する予定である。また、骨の形成とともにスポーツ・トレーニングで変化が予想される筋の状態を同志社大学生命医科学部所有のMRIにより撮影し、画像解析モニタにより解析することにより、さらに深くスポーツ活動による重力負荷が骨組成に与える影響を解明する。このようなトレーニング過程における筋の変化が骨組成に与える影響を解明することも、本研究における重要なファクターである。

本研究は、以上の研究内容を、整形外科医、アスレチックトレーナーおよび超音波法骨密度測定装置の開発技術者と共同で実施し、スポーツ競技選手の資質、特にスポーツと骨組成の関係について多角的な視野から検討を加える。

本研究メンバーの所属機関は、中学校から大学に至るまで、数多くのスポーツ・クラブを有しており、特に大学体育会所属クラブには全国大会レベルで活躍する選手が数多く在籍している。そのため、スポーツ競技選手のデータ収集に必須である被験者の調達が可能である。このような環境で、今回はスポーツ選手の骨組成に注目し、スポーツと骨組成との関係について検討を加えることにした。一般的に骨密度はX線法が主流となっている。また、長年骨質としての骨の弾性定数や機械的強度は、in vitro 資料でのみ測定が可能であり、in vivo 骨(生体骨)での弾性的性質を評価できる超音波法はパルス法のみである。しかし、このパルス法による骨密度の測定は、その測定精度も含め、その進展は期待できる

ものでない。そこで、同志社大学超音波研究室は、骨の物性を正しく把握し、図3に示す通り、超音波の高速波と低速波の2波の伝搬特性を生かした新しい超音波法によって、骨の内部構造と骨強度、骨密度及び弾性定数すなわち骨質を定量的に計測する測定機器を開発した。この新骨組成測定装置を用いることにより、特に従来では不可能であったスポーツと骨質の関係について注目し、検討を加えることが可能になった。また、本研究グループが所属するスポーツ健康科学部は、医療を支えるエンジニアや研究者の育成を目的とした生命医科学部と隣接しており、そこが所有するMRIを使用して筋肉の画像を撮影する。それにより、筋が肥大する過程における骨組成の変化の観測が可能となり、スポーツ活動による重力負荷と筋収縮の強弱が骨に与える影響について検討する。また、その結果から、選手毎の骨・筋の状況に適した、骨・筋の機能を強化する新しいトレーニングメニューの作成が可能となり、競技力向上や外傷予防に貢献できるものと考えられる。

3. 研究の方法

スポーツ競技選手の超音波骨密度測定装置LD-100による骨組成測定およびMRI画像撮影に先行し、被験者の身体的特徴を詳細に調査する。

調査項目は従来の一般的計測に加えて、多用途筋機能評価運動装置BIODEXによる等速性筋力、インピーダンス法測定装置を用いて体脂肪量、筋量、体水分量等の体組成等を調査する。また、共同研究者である医師、アスレチックトレーナーの協力を得て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。最終的に、それらの研究成果を競技力向上のための新しいトレーニングメニューのためのデータとして運用する。

本研究は、大学体育会所属クラブのスポーツ競技選手を対象として各種測定を実施し、スポーツ選手の資質を明らかにし、大学スポーツの競技力向上に貢献することを目的とする。大学スポーツは、社会人スポーツとともに日本の国際的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・強化することが、我が国の競技力を向上させることになると考え本研究を実施する。また平行して、スポーツ選手の測定値を比較・検討する目的から、競技経験の無い一般学生にも各種測定を実施する。

測定は、まず被験者の身体的特徴および筋力等を詳細に調査することから開始する。調査項目は、形態計測と体組成測定(体脂肪量・筋量・体水分量等)。BIODEXを用いて四肢の等速性筋力測定を行う。次いで、超音波

骨密度測定装置を用いて、骨塩量、骨弾性等を詳細に調査し、骨とスポーツ傷害の関連性について検証する。今回は、骨の生成と筋形質の変化を調査するため、MRIにより検査を行う。MRI画像は画像解析モニタを用いて分析を行う。また、この研究期間中に、共同研究者である医師、アスレチックトレーナーにより、各スポーツ競技のトレーニング期および試合期に発生した外傷の記録を行う。スポーツ選手の資質を多角的に検討することで、トレーニング効果の向上および競技力向上につながるデータを導く。

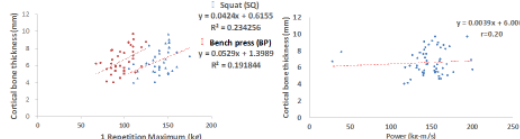
4. 研究成果

本研究は、将来的な国際的競技力向上を視野に入れたことから、大学スポーツ競技選手を対象として、スポーツが骨組成に与える影響について、筋のトレーニング効果と対比して、検討を加えた。特に本研究は、トレーニング課程における「骨」の変化を観察する目的から、超音波を使用した骨密度測定装置を使用した。また筋形質の変化の観察は、MRI検査装置を用いた。その成果を効果的なトレーニング作成のための資料とし、競技力向上に貢献することもその目的とした。

以上の測定の結果、現在まで、トレーニング過程における筋の変化と対比して「骨」の変化を観察した場合、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みられ(fig 1.)、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.)。

本研究で使用した超音波骨密度測定装置は、超音波の弾性波動を利用し、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」を評価できるため、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について検討を加えることが可能である。その結果、野球選手における検討では、ボールスピードの向上と骨の弾性的特性において、相反する結果が見られたことは興味深いものであった。

今後は、各種スポーツ活動およびトレーニング方法の違いによる骨組成の変化を、超音波測定装置の特長を生かした、特に、スポーツ活動と骨質、すなわち骨の弾性的性質との関係に注目し検討を加える。



Physical strength (kg) were significantly correlated with cortical bone thickness ($r=0.44, 0.48; P < 0.05$, respectively.)

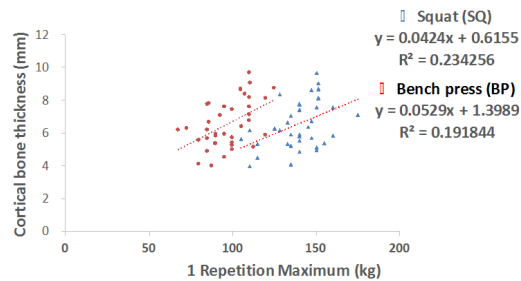


Fig1. Significantly correlated with Physical strength training And Cortical bone thickness

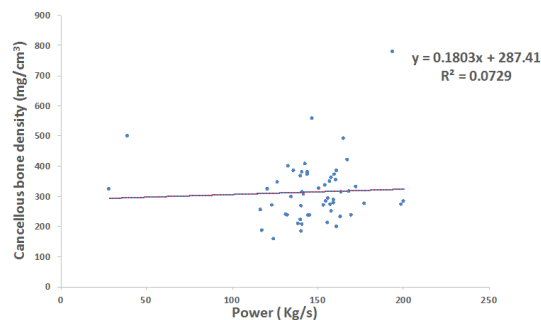


Fig2. Significantly correlated with Power training and Cancellous bone density

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 5 件)

Iguchi J, Kuzuhara K, Katai K, Hojo T, Fujisawa Y, Kimura M, Yanagida Y, Yamada Y, Seasonal changes in anthropometric, physiological, nutritional, and performance factors in collegiate rowers, Journal of Strength and Conditioning Research, 査読あり, 2017, In prin.
DOI: 10.1519/JSC.0000000000002521.
J Iguchi, Y Watanabe, M Kimura, Y Fujisawa, T Hojo, Y Yuasa, S Higashi, Kuzuhara K, Risk Factors for Injury among Japanese Collegiate Players of American Football Based on Performance Test Results, 査読有, 30(12), 2016, 3405-3411.
DOI: 10.1519/JSC.0000000000001429
J. Iguchi, Y. Yamasa, M. Kimura, Y. Fujisawa, T. Hojo, K. Kuzuhara, N. Ichihashi, Injuries in a Japanese division 1 collegiate American football team: A three-season prospective study, Journal of Athletic Training, 査読有, Vol. 48, No. 6, 2014, 818-825, DOI: なし.

井口順太, 藤澤義彦, 大学アメリカンフットボール選手における筋力・パワーと外傷の関連性についての考察, 京都学園大学経営学部論集, 査読有, 第 23 巻, 第 2 号, 2014, 49-57. DOI: なし.

井口順太, 藤澤義彦, 真野功, 大学アメリカンフットボール選手を対象としたレジスタンストレーニングによる骨形成への影響についての考察, 同志社スポーツ健康科学, 査読有, vol. 6, 2014, 1-6. DOI: なし.

〔学会発表〕(計 6 件)

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, Wien Austria, 2016 July.

藤澤義彦, 真野 功, 松川真美, 井口順太, 北條達也, スポーツ選手の骨密度, 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 (招待講演), 京都市左京区グランドプリンスホテル京都, 2016.

Hojo T, Morihara T, Kida Y, Kotoura Y, Tachiiri H, Sukenari T, Furukawa R, Nakamura M, Takeuchi T, Iguchi J, Fujisawa Y, Kubo T, Prevalence and Characteristics of Osteochondritis Dissecans of the Elbow among Adolescent Baseball Players, 20th Annual Congress of the European College of Sport Science, Clarion Hotel and Congress Malmo Live, Sweden, 2015 Jun.

Nakamura M, Sakabe T, Nakamura Y, Hojo T, Takeuchi K, Tsukuda F, Fujisawa Y, 20th Annual Congress of the European College of Sport Science, Clarion Hotel and Congress Malmo Live, Sweden, 2015 Jun.

Iguchi J, Hojo T, Fujisawa Y, The Analysis for the Relationship between Bone Formation and Physical and Performance Characteristics of Japanese Collegiate American Football Players, 20th Annual Congress of the European College of Sport Science, Clarion Hotel and Congress Malmo Live, Sweden, 2015 Jun.

中島健太郎, 中村雅俊, 井口順太, 若原 卓, 藤澤義彦, 北條達也, レジスタンストレーニングによる筋力向上が柔軟性に与える影響, 第 70 回日本体力医

学会，和歌山県民文化会館・ホテルアバ
ローム紀の国，2015.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)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・大学院ス
ポーツ健康科学研究科・教授
研究者番号：20209042

(2)研究分担者

北條 達也 (HOJO Tatsuya)
同志社大学スポーツ健康科学部・大学院ス
ポーツ健康科学研究科・教授
研究者番号：40298740

真野 功 (MANO Isao)

同志社大学・研究開発推進機構・嘱託研究
員
研究者番号：50581352

井口 順太 (IGUCHI Junta)

京都学園大学・健康医療学部・講師
研究者番号：70727479

(3)連携研究者

(4)研究協力者