

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成30年6月25日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16500

研究課題名(和文)超音波エラストグラフィを用いて測定した筋硬度に基づく筋のコンディション評価

研究課題名(英文) Assessment of muscle condition based on muscle stiffness measured by ultrasound elastography

研究代表者

千野 謙太郎 (Chino, Kentaro)

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ研究部・契約研究員

研究者番号：30443245

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、非侵襲的に組織の弾性(硬さ)を生体計測することができる超音波エラストグラフィを用いて骨格筋や腱膜の弾性を測定した。その結果、1) 一般人に比べてスポーツ選手の大腿直筋は肥大しているが、その弾性には明確な違いが見られないこと、2) 上腕二頭筋の弾性は筋損傷を引き起こす運動の翌日以降ではなく、運動直後に最も高い値を示すこと、3) 足底腱膜の弾性を測定するには適切なプローブと初期設定を選択することが重要であることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Ultrasound elastography is an imaging technique that can non-invasively measure tissue elasticity (tissue stiffness) in vivo. By using ultrasound elastography, this study measured tissue elasticity of skeletal muscle and aponeurosis in humans. We found that 1) muscle thickness of the rectus femoris was greater in athletes than non-athletes, but the muscle elasticity was not clearly different between them, 2) the maximum muscle elasticity of the biceps brachii was not observed on the day or later after the exercise that caused muscle damage, but observed immediately after the exercise, and 3) adequate ultrasound probe and imaging pre-set should be selected when measuring tissue elasticity of the plantar fascia.

研究分野：健康・スポーツ科学

キーワード：超音波エラストグラフィ 筋硬度 筋スティフネス コンディショニング スポーツ傷害

## 1. 研究開始当初の背景

スポーツ競技者が自身のベストパフォーマンスを発揮するためには、パフォーマンスの発生源である骨格筋のコンディションが良好であることが不可欠である。そのため、スポーツ競技者は筋のコンディションを整えるコンディショニングを行うが、その際に客観的な筋コンディションの指標が有用なものとなる。疲労や損傷、神経筋疾患による変化が報告されている筋の組織弾性（筋硬度）は、筋コンディションの指標としてスポーツ競技者のコンディショニングに有用である可能性がある。

筋硬度を非侵襲的に生体計測する方法として、超音波エラストグラフィが挙げられる。超音波エラストグラフィは組織外部から加えた力によって組織内部に生じたひずみや弾性波の速度を観測する画像診断技術である。超音波エラストグラフィを用いた先行研究では、筋硬度が筋損傷やストレッチングによって変化することが報告されており、超音波エラストグラフィによって測定された筋硬度が筋コンディションの評価に役立つ可能性が示されている。しかし、それらの先行研究は単関節運動を測定の対象としたものであり、実際の競技動作を行った際の筋コンディションの評価に超音波エラストグラフィを用いたものではない。

## 2. 研究の目的

(1) 長期間に渡る日常的なトレーニングがスポーツ競技者の骨格筋に及ぼす影響を明らかにすること、(2) 超音波エラストグラフィを用いて筋損傷に伴う筋コンディションの変化を評価すること、(3) 超音波エラストグラフィを用いて足底腱膜の弾性の測定を試みることにした。

## 3. 研究の方法

(1) 日本人一流スポーツ競技者(男性 278 名、女性 200 名)および一般人(男性 35 名、女性 35 名)を対象とした。Bモード超音波法を用いて大腿直筋の筋厚を測定し、超音波エラストグラフィを用いて大腿直筋の筋硬度を測定した。筋厚を体重の 1/3 乗で除すことで、各被験者の体重を考慮した。

(2) 健常男性 7 名を対象とし、伸張性肘関節屈曲運動を最大努力で 30 回実施させた。運動前後の上腕二頭筋の筋硬度を超音波エラストグラフィによって測定した。その他の間接的な筋損傷の指標として、最大随意等尺性肘屈曲トルク、血漿クレアチンキナーゼ活性値、MRI-T<sub>2</sub>緩和時間を測定した。

(3) 健常男性を対象とし、4~15MHz リニアプローブと筋骨格系用の初期設定の組み合わせ、2~10MHz リニアプローブと組織全般用の初期設定の組み合わせ、2~10MHz リニアプローブと筋骨格系用の初期設定の組み合わせ

によって足底腱膜の弾性の測定を試みた(図 1)。

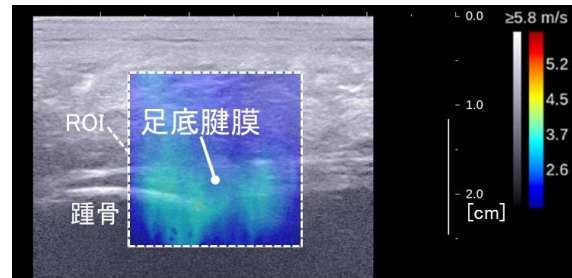


図 1: 踵骨付着部周辺の足底腱膜の超音波エラストグラフィ画像

超音波エラストグラフィでは関心領域 (ROI) 内の組織弾性がリアルタイムでカラー表示される(青: 柔らかい~赤: 硬い)。

## 4. 研究成果

(1) 男性競技者の筋厚(筋厚/体重<sup>1/3</sup>)と筋硬度(せん断弾性率)の関係は、有意だが無視できる程度の相関を示した( $P = 0.003$ ;  $r = -0.18$ )(図 2)。一方、女性競技者の筋厚と筋硬度の関係は、有意な相関を示さなかった( $P = 0.764$ ;  $r = 0.02$ )(図 3)。男性競技者は一般男性に比べて有意に大きな筋厚( $P < 0.001$ )、有意に低い筋硬度( $P = 0.020$ )を示した。一方、女性競技者は一般女性に比べて有意に大きな筋厚を示した( $P < 0.001$ )が、筋硬度には有意な群間差が見られなかった( $P = 0.412$ )。以上の結果より、長期間に渡る日常的なトレーニングがスポーツ競技者の骨格筋に及ぼす影響として、筋の肥大が示されたが、筋の硬さに及ぼす影響については明らかにすることができなかった。

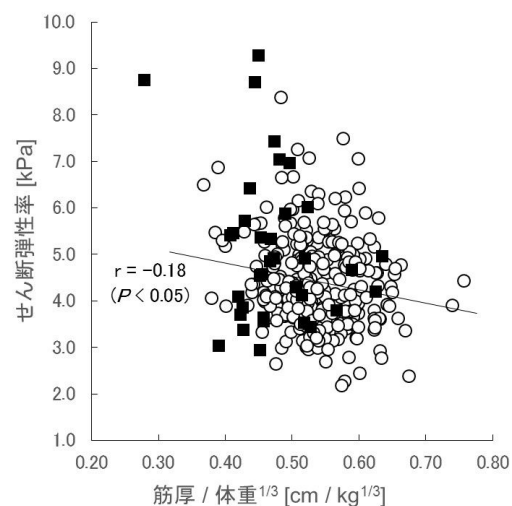


図 2: 男性競技者(○)および一般男性(■)における筋厚と筋硬度(せん断弾性率)の関係

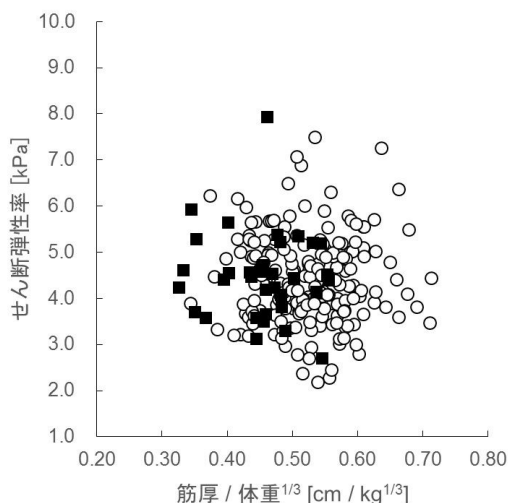


図3：女性競技者（○）および一般女性（■）における筋厚と筋硬度（せん断弾性率）の関係

(2) 上腕二頭筋の筋硬度は運動前に比べて運動直後に有意に高い値を示した ( $P = 0.04$ ) が、運動前と運動1日後、2日後、3日後の筋硬度には有意差が見られなかった ( $P > 0.84$ ) (図4)。また、運動直後の筋硬度は運動1日後および2日後の筋硬度に比べて有意に高い値を示した ( $P < 0.001$ )。筋硬度が運動直後にピークを示したのに対し、その他の筋損傷の指標は運動実施の翌日以降に顕著な変化を示した。このことから、超音波エラストグラフィは筋損傷に伴って生じる翌日以降の筋コンディションの低下を評価することはできないが、翌日以降の筋コンディションの低下を運動直後に予測できる可能性があることが示唆された。

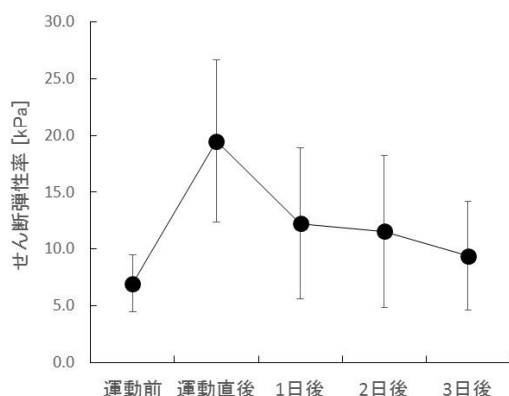


図4：伸張性肘関節屈曲運動に伴う上腕二頭筋の筋硬度（せん断弾性率）の変化

(3) 4~15MHz リニアプローブと筋骨格系用の初期設定の組み合わせによる測定では、組織弾性の分布を示すカラーマップを取得することができなかった。2~10MHz リニアプローブと組織全般用の初期設定の組み合わせによる測定では、足底腱膜は極めて低い弾性を示し、被検者6名のせん断波伝播速度は3.6

± 0.5 m/s であった。一方、2~10MHz リニアプローブと筋骨格系用の初期設定の組み合わせによる測定では、足底腱膜は極めて高い弾性を示し、13名すべての被検者において測定範囲内に測定の上限值 (16.3 m/s) を越える箇所が見られた。これらの結果から、超音波エラストグラフィを用いて足底腱膜の弾性を測定する際には、適切なプローブと初期設定を選択することが重要であることが明らかになった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

Chino K, Ohya T, Katayama K, Suzuki Y. Diaphragmatic shear modulus at various submaximal inspiratory mouth pressure levels. *Respir Physiol Neurobiol*. 2018;252-253:52-57. DOI: 10.1016/j.resp.2018.03.009. (査読有)

Chino K, Takahashi H. Association of Gastrocnemius Muscle Stiffness With Passive Ankle Joint Stiffness and Sex-Related Difference in the Joint Stiffness. *J Appl Biomech* (in press). DOI: 10.1123/jab.2017-0121. (査読有)

Chino K, Ohya T, Kato E, Suzuki Y. Muscle Thickness and Passive Muscle Stiffness in Elite Athletes: Implications of the Effect of Long-Term Daily Training on Skeletal Muscle. *Int J Sports Med*. 2018;39(3):218-224. DOI: 10.1055/s-0043-122737. (査読有)

Chino K, Takahashi H. Handheld Tissue Hardness Meters for Assessing the Mechanical Properties of Skeletal Muscle: A Feasibility Study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2016;39(7):518-22. DOI: 10.1016/j.jmpt.2016.07.002. (査読有)

Chino K, Takahashi H. Measurement of gastrocnemius muscle elasticity by shear wave elastography: association with passive ankle joint stiffness and sex differences. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116(4):823-30. DOI: 10.1007/s00421-016-3339-5. (査読有)

〔学会発表〕(計3件)

Chino K, Tanabe Y, Takahashi H. Investigation of contralateral arm design for assessing muscle damage in humans. 22nd Annual Congress of the European College of Sport Science. 2017年6月5~8日. Essen, Germany.

Chino K, Kato E, Takahashi H. Regional difference in gastrocnemius tension

during passive stretching as assessed with shear wave elastography. American College of Sports Medicine 63st Annual Meeting. 2016年5月31日～6月4日. Boston, Massachusetts, USA.

Chino K, Kato E, Takahashi H. Association of gender, tissue thickness, and tissue hardness with muscle elasticity measured by shear-wave elastography. American College of Sports Medicine 62st Annual Meeting. 2015年5月26～30日. San Diego, California, USA.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕  
該当なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

千野 謙太郎 (CHINO, Kentaro)  
独立行政法人日本スポーツ振興センター  
国立スポーツ科学センター・スポーツ研究部・契約研究員  
研究者番号：30443245

(2) 研究分担者  
該当なし

(3) 連携研究者  
該当なし

(4) 研究協力者  
該当なし