

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年4月25日現在

機関番号：82632

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22800089

研究課題名（和文） 筋硬度評価法の確立—筋サイズと筋力との関係の再検討を目指して—

研究課題名（英文） Establishing a method for assessment of muscle hardness

研究代表者

赤木 亮太 (AKAGI RYOTA)

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・スポーツ科学研究部・契約研究員

研究者番号：20581458

研究成果の概要（和文）：本研究では、既知の硬さを持つ2つの参照体（硬い参照体と軟らかい参照体）を用いて、超音波エラストグラフィにより筋硬度を定量する方法を考案した。この方法を用いて、下腿三頭筋（ヒラメ筋及び腓腹筋）の筋硬度を測定し、筋力及び筋体積（筋サイズの指標）との関係を検討した。その結果、筋硬度は筋体積に依存するものの、筋力との間には有意な相関がみられず、筋硬度が筋サイズ-筋力関係に及ぼす影響は小さいことが示唆された。

研究成果の概要（英文）：In this study, the muscle hardness of the plantar flexors was determined using ultrasound real-time tissue elastography and two types of custom-made tissue mimicking materials of known hardness and its relations with muscle strength and volume were examined. It was shown that the muscle hardness with no passive tension depends on the muscle size but does not relate to the muscle strength. Thus, it is suggested that interindividual differences in muscle strength per size are not significantly influenced by differences in muscle hardness.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,040,000	312,000	1,352,000
2011年度	1,040,000	312,000	1,352,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,080,000	624,000	2,704,000

研究分野：スポーツ科学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 ・ スポーツ科学

キーワード：筋硬度，筋力，筋サイズ

1. 研究開始当初の背景

(1) これまで、筋サイズが筋力の決定要因であることが明らかにされている一方で、筋サイズあたりの筋力に大きな個人差がみられることも報告されている。その理由の1つに、筋のコンディションの良し悪しが挙げられるものの、この点を検討する研究はこれまでなされていない。

(2) 筋硬度は、筋のコンディションの客観的指標として考えられている。それ故、筋硬度が筋サイズ-筋力関係及び筋の力発揮特性（筋サイズあたりの筋力）に及ぼす影響を検討することは、それらの個人差の要因を明らかにする上で不可欠である。

(3) 内部組織を正確に識別した上で、筋

硬度評価が可能な方法として、超音波エラストグラフィが考案されている。関心領域内における組織の硬さの違いをカラーで表示するリアルタイム画像技術であるエラストグラフィは、これまで癌の検出や血栓の性状評価など、主に医療現場で用いられてきた。しかしながら、近年、収縮中の腱伸長の測定に超音波エラストグラフィを用いるなど、ヒトの身体運動を理解するための研究においても使用されている。

2. 研究の目的

(1) 超音波エラストグラフィを用いて筋硬度を定量化する方法を確立すること。

(2) 確立した筋硬度評価法を用いて実際に筋硬度を定量し、筋硬度が筋サイズ-筋力関係及び筋の力発揮特性（筋サイズあたりの筋力）に及ぼす影響を検討すること。

3. 研究の方法

(1) 超音波エラストグラフィを用いた筋硬度測定法の確立（実験1）

本研究では、日立メディコ社の超音波エラストグラフィ（EUB-7500）を使用した。上述の通り、関心領域内における組織の硬さの違いが、異なるカラーによって表されるため、筋硬度を正確に定量するには、基準となる硬さが不可欠となる。そこで、既知の硬さを持つ2つの参照体（7 kPa：W 60 mm × L 110 mm × H 10 mm，30 kPa：W 60 mm × L 110 mm × H 5 mm，OST社）を併せて使用し、筋硬度の定量を目指した。

実際に筋硬度を定量する前に、30-60 kPaの既知の硬さを持つ4つの物体（10 kPa毎，W 80 mm × L 130 mm × H 40 mm，OST社）を対象に、硬度測定を実施した。図1のように、硬度測定対象の物体上に硬い参照体を、さらにその上に軟らかい参照体を乗せた。超音波診断装置のプロブを、参照体上で繰り返し圧迫することで、物体及び2つの参照体の歪み速度を測定し、2つの参照体の硬さから、物体の硬さを算出した。この値と、既知の30-60 kPaの値とを比較することで、筋硬度測定法の妥当性を検証した。

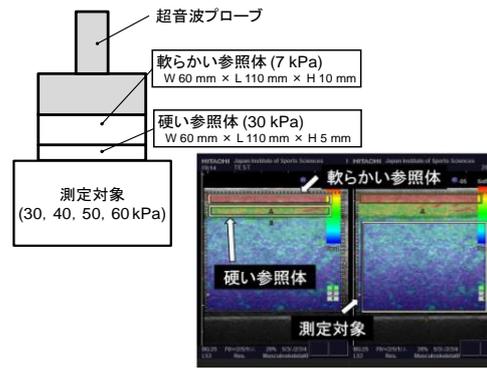


図1 実験1における設定及び超音波エラストグラフィ画像

(2) 腓腹筋内側頭の筋厚と筋硬度の関係（実験2）

上述の方法を用いて、3つの足関節角度における腓腹筋内側頭の筋硬度を測定した。併せて、超音波法により、筋サイズの指標として筋厚を測定し、両者の関係を検討した。

被検者は健康な成人男性12名（年齢：25 ± 4歳，身長：173 ± 5 cm，体重：65 ± 8 kg）であった。被検者は伏臥位となり、足関節角度底屈30度，0度および背屈20度の3角度において、下腿長の近位30%の位置における腓腹筋内側頭の筋硬度及び筋厚を測定した（図2）。

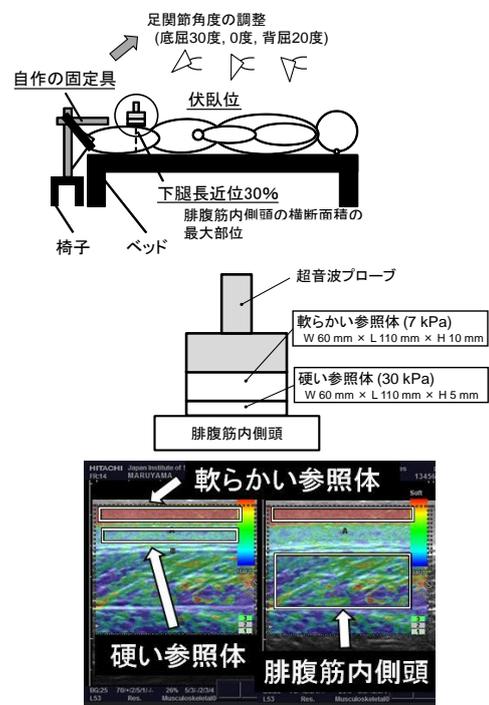


図2 実験2における設定及び超音波エラストグラフィ画像

(3) 下腿三頭筋の筋硬度、筋体積及び筋力の関係

(1) で確立した方法を用いて、下腿三頭筋（ヒラメ筋及び腓腹筋：足関節底屈筋群）の筋硬度を測定し、足関節底屈トルク及び下腿三頭筋筋体積との関係を検討した。

被検者は健常な成人男性17名（年齢：28 ± 5歳，身長：173 ± 6 cm，体重：68 ± 7 kg）であった。被検者は筋力計（Biodex System 3, Biodex社）の上で伏臥位となり、足関節角度底屈30度，0度および背屈20度において，下腿長の近位30%の位置における下腿三頭筋の筋硬度を測定した（図3）。その後，足関節角度0度において，最大随意収縮時の足関節底屈トルクを測定した。また，MRI法を用いて，下腿三頭筋の筋体積を算出した。

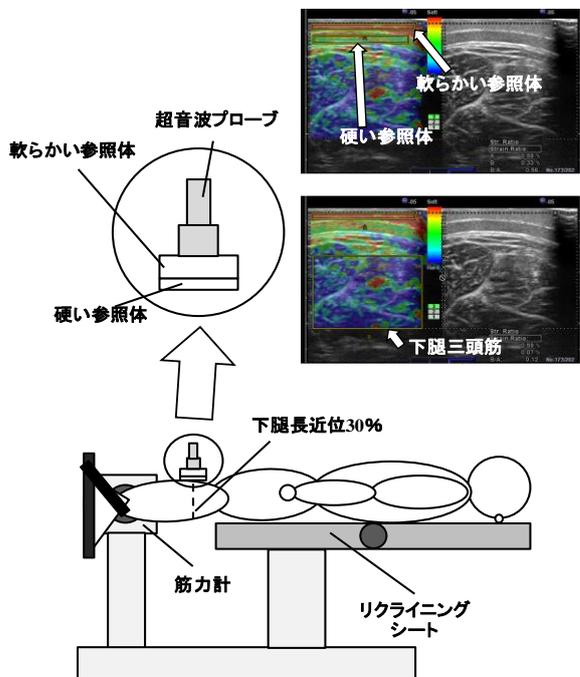


図3 実験3における設定及び超音波エラストグラフィ画像

4. 研究成果

(1) 超音波エラストグラフィを用いた筋硬度測定法の確立

30, 40, 50及び60 kPaの既知の硬さを持つ4種類の物体の硬さを測定した結果，いずれも，これらの値に近い値を得られた。すなわち，上述の方法を用いて，筋硬度を測定することが可能であることが示された。

(2) 腓腹筋内側頭の筋厚と筋硬度の関係
筋厚（底屈30度：21.2 ± 3.5 mm，0度：21.2 ± 2.9 mm，背屈20度：21.4 ± 2.9 mm）は足関節角度間で有意な差が認められなかったものの，筋硬度（底屈30度：28.3 ± 1.3 kPa，0度：31.0 ± 2.4 kPa，背屈20度：33.1 ± 1.5 kPa）は背屈位になるほど有意に高い値を示した。それ故，筋厚と筋硬度の関係は各足関節角度で異なり，底屈30度のみに有意な相関がみられた（図4）。

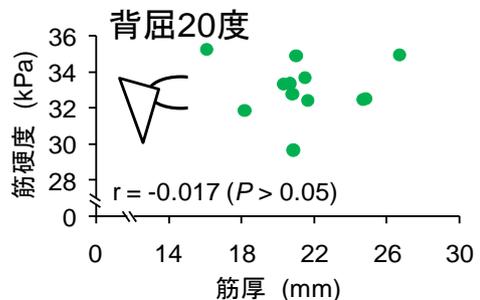
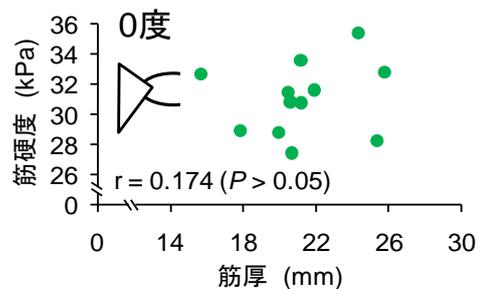
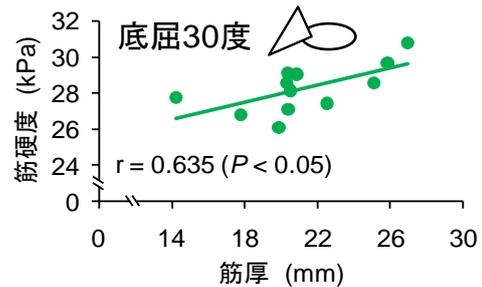


図4 腓腹筋内側頭の筋厚と筋硬度の関係

(3) 下腿三頭筋の筋硬度，筋体積及び筋力の関係

筋硬度は，腓腹筋内側頭と同様に，背屈位になるほど有意に高い値を示した（底屈30度：35.3 ± 3.6 kPa，0度：43.8 ± 6.2 kPa，背屈20度：51.3 ± 7.5 kPa）。足関節底屈トルク（図5(a)）及び底屈30度の筋硬度（図5(b)）は，いずれも筋体積と有意な相関がみられ，その結果，底屈30度の筋硬度と関節トルクの間にも有

意な相関がみられた (図6(a)) . しかしながら, 筋体積を制御変数として偏相関係数を算出した場合には, 両者の間には有意な相関がみられなかった. また, 筋体積あたりの関節トルク (関節トルク/筋体積) を固有筋力の指標として算出し, これと筋硬度との関係を検討したところ, いずれの足関節角度においても有意な相関はみられなかった (図6(b)) . 以上のことから, 筋硬度の個人間の差異が, 筋の力発揮特性における個人間の差異に大きな影響を及ぼさないことが明らかにされた.

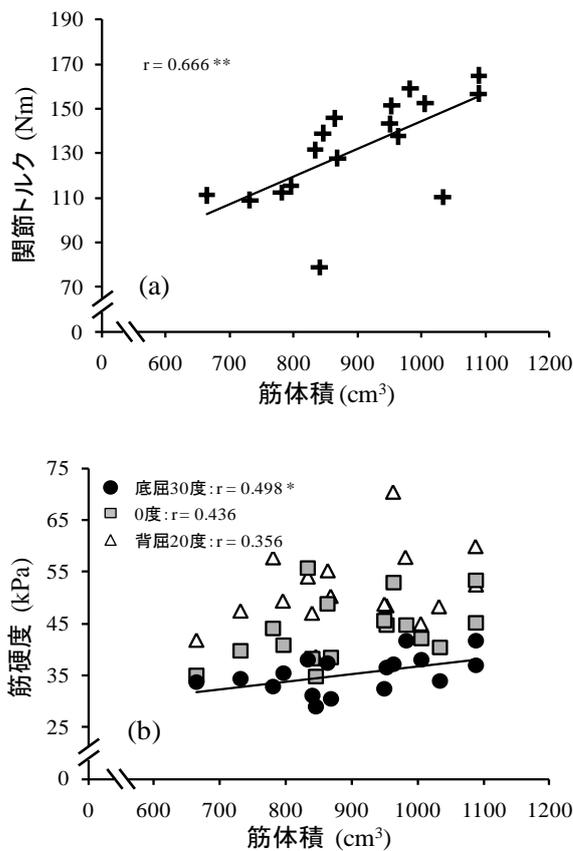


図5 下腿三頭筋の筋体積－関節トルク関係 (a)および筋体積－筋硬度関係 (b)
* : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$

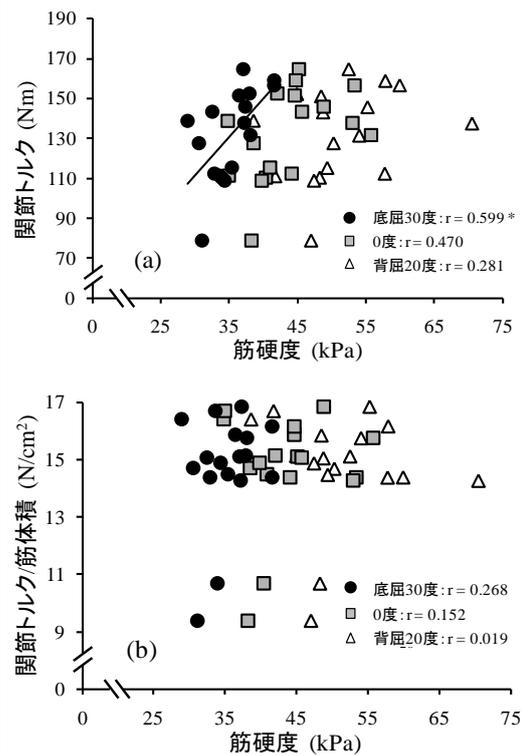


図6 下腿三頭筋の筋硬度－関節トルク関係 (a)および筋硬度－関節トルク/筋体積関係 (b)

* : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$

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8件)

① Akagi R, Chino K, Dohi M, Takahashi H, Relationships between muscle size and hardness of the medial gastrocnemius at different ankle joint angles in young men, Acta Radiologica, 査読有, Vol. 53, 2012, 307-311,

DOI:10.1258/ar.2011.110481

② Akagi R, Tohdoh Y, Takahashi, H, Muscle strength and size balances between reciprocal muscle groups in the thigh and lower leg for young men, International Journal of Sports Medicine, 査読有, Vol. 33, 2012, 386-389,

DOI:10.1055/s-0031-1299700

③ Akagi R, Iwanuma S, Hashizume S,

Kanehisa H, Yanai T, Kawakami Y, In vivo measurements of moment arm lengths of three elbow flexors at rest and during isometric contractions, Journal of Applied Biomechanics, 査読有, Vol. 28, 2012, 63-69,

<http://journals.humankinetics.com/jab-back-issues/jab-volume-28-issue-1-february/in-vivo-measurements-of-moment-arm-lengths-of-three-elbow-flexors-at-rest-and-during-contractions>

④ Akagi R, Takai Y, Ohta M, Kanehisa H, Fukunaga T, Kawakami Y, Size-strength relationships of the elbow flexors and extensors are not affected by age or gender, European Journal of Sport Science, 査読有, Vol. 11, 2011, 277-282,

DOI:10.1080/17461391.2010.509890.

⑤ Akagi R, Iwanuma S, Fukuoka M, Kanehisa H, Fukunaga T, Kawakami Y, Methodological issues related to thickness-based muscle size evaluation, Journal of Physiological Anthropology, 査読有, Vol. 30, 2011, 169-174,

DOI:10.2114/jpa2.30.169

〔学会発表〕（計12件）

① 赤木亮太, 千野謙太郎, 土肥美智子, 高橋英幸, 異なる足関節角度における腓腹筋内側頭の筋量と筋硬度の関係, 第66回日本体力医学学会大会, 2011年9月16日-18日, 山口

② 赤木亮太, 太田めぐみ, 高井洋平, 金久博昭, 福永哲夫, 川上泰雄, 肘関節屈曲筋群および伸展筋群の筋体積-関節トルク関係は年齢と性の影響を受けない, 日本体育学会第61回大会, 2010年9月8日-10日, 愛知

③ 赤木亮太, 岩沼聡一郎, 橋詰賢, 金久博昭, 矢内利政, 川上泰雄, 安静時および等尺性収縮時の肘関節屈曲筋群のモーメントアーム長, 第21回バイオメカニクス学会大会, 2010年8月28日-30日, 東京

6. 研究組織

(1) 研究代表者

赤木 亮太 (AKAGI RYOTA)

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・研究員

研究者番号: 20581458

(2) 研究分担者
該当なし

(3) 連携研究者
該当なし