

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20509007

研究課題名(和文) 加齢に伴う筋腱複合体の形態・力学特性の変化

研究課題名(英文) Changes in morphological and mechanical properties of muscle-tendon unit with aging

研究代表者

衣笠 竜太 (KINUGASA RYUTA)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・助教

研究者番号：10409378

研究成果の概要(和文)：

本研究は、等尺性収縮時、腱組織における鉛直方向(近位-遠位方向)のストレイン(ひずみ)は若齢者よりも高齢者で大きいという仮説を立てた。その結果、腓腹筋を覆う腱膜のストレインは高齢者で顕著に小さく、筋束の短縮量も若年者の4割しかなかった。また、筋束の短縮量に対する腱膜の変位量の比率(ギア比)も高齢者で小さく、1.0未満であった。このことから、高齢者は筋束長変化の絶対量が小さい上、筋束の短縮を効率良く腱膜の変位に増幅するシステムを有しておらず、腱膜のストレインが小さく、その結果、足底屈動作の可動範囲(=踵骨の変位)が小さくなっていることが推察された。

研究成果の概要(英文)：

I hypothesized that during an isometric contraction, elderly people have greater longitudinal strain than young people. Aponeurosis longitudinal strain was greater in young people than in elderly people. The magnitude of fascicle shortening was significantly lower in elderly people than in young people. The "amplification" of muscle fascicle length changes into aponeurosis displacement has been termed the "gear ratio". The lower than unity value of the ratio implies that the aponeurosis displacement is lower than the fascicle length change. These results suggest that movement of the calcaneus would be constrained by due to lower aponeurosis longitudinal strain without amplification of the muscle fascicle length change.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,600,000	0	2,600,000
2009年度	400,000	120,000	520,000
2010年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	240,000	3,640,000

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：歪み、高齢者、腓腹筋、腱膜

1. 研究開始当初の背景

本研究では、等尺性収縮時、腱組織における鉛直方向（近位-遠位方向）のストレイン（ひずみ）は若齢者よりも高齢者で大きいという仮説を立てた。その根拠として、

- (1) 高齢者における筋束（筋線維の束）の走行角度は同一部位における若齢者のものよりも低い(Narici et al. 2003). 筋束角度が低い場合（つまり高齢者の場合）、筋線維の短縮に伴って生じる腱組織の移動量が大きくなる
- (2) 筋束角度の低下は筋線維の直径の減少に起因すると考えられている(Narici et al. 2003). 筋萎縮（筋線維の直径と数の減少）の程度は筋長に沿って不均一であり、筋腹中央付近で最も顕著である(Akima et al. 1997). したがって、高齢者における筋全体の筋束角度のバラつきは若齢者のものよりも大きくなる
- (3) 加齢に伴って腱組織は萎縮する(Onambele et al. 2006). 腱組織は加齢により肥大するという報告(Magnusson et al. 2003)があるものの、高齢者のスティッフネスは 40%減少することを考慮すれば(Onambele et al. 2006), 腱組織は加齢に伴って萎縮していると考えられるべきである。腱萎縮に伴う直径の減少は腱組織の伸張性を高めるので(Valour & Pousson 2003), 収縮時における腱組織の移動量が大きくなる。腱組織の萎縮の程度には部位差があると予想できるので、鉛直方向における腱組織の移動量のバラつきは若齢者よりも高齢者で高くなる

ことが考えられた。

2. 研究の目的

本研究は、等尺性収縮時、腱組織における鉛直方向（近位-遠位方向）のストレイン（ひずみ）は若齢者よりも高齢者で大きい、という仮説を検証した。

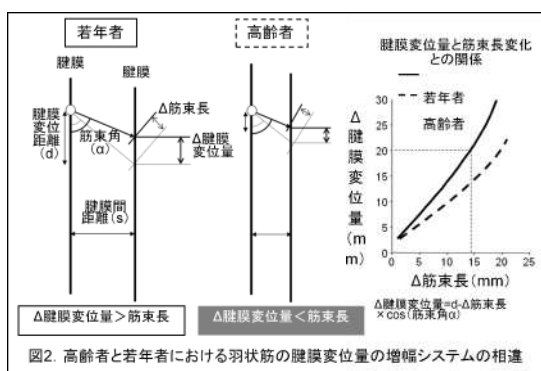
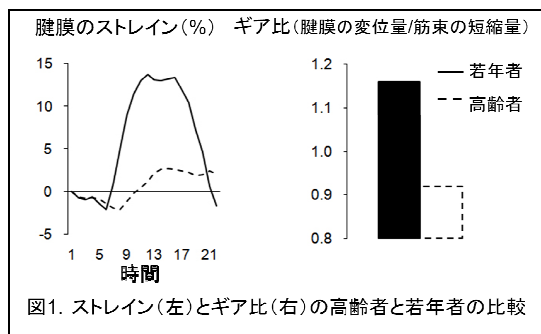
3. 研究の方法

若年者 6 名と高齢者 6 名を対象に測定を行った。腓腹筋内側頭の筋束走行を可視化するため、プロトン密度強調によるスピネエコーシーケンス、繰り返し時間 600 ms, エコー時間 17 ms, 積算回数 3 回, バンド幅 122 Hz, スライス厚 5 mm, スライス間隔 7.5 mm, マトリクス 320×320, フリップ角度 90°, のシーケンスを用いた。その際、足関節角度を 90 度、膝関節角度を 180 度（伸展位）に固定した。続いて、MRI 内において、足関節を受動的に作動させるため、水圧式ダイナモメータを用いた。水圧式ダイナモメータはピストン運動するモーター部分と足首が動くダイナモメータ部分から構成され、モーター部分とダイナモメータ部分とをチューブで連結し、その中に水を通した。ダイナモメータの部分は MRI ガントリーに入れるため、全て非磁性体で構成された。モーター部分のストロークが 0.1 cm 変化した時点でトリガー信号を発生し、EKG ケーブルを介して MRI 装置へ送信することで、関節運動と画像を同期させた。撮影シーケンスは、グラディエントエコーシーケンス、繰り返し時間 13.3 ms, エコー時間 7.5 ms, フリップ角 20 度, スライス厚 3mm, マトリクス 256×128, エンコード速度 10 cm/s の設定であった。位相コントラスト法で撮影しながら、受動関節運動を計 64 回反復し、計 22 枚の位相画像を取得した。位相画像はピクセル毎に速度情報を持っており、時間で微分することで変位を算出した。画像解析には、Matlab (The Mathworks

社製)で作動する自作のアルゴリズムを用いて、筋束の短縮量、腱膜の変位量、腱膜のストレインを計測した。

4. 研究成果

足底屈動作中、腓腹筋を覆っている腱膜のストレイン(歪み)は高齢者で顕著に小さく(図1)、筋束の短縮量も若年者の4割しかなかった。また、筋束の短縮量に対する腱膜の変位量の比率(ギア比)も高齢者で小さく、1.0未満であった。このことから、高齢者は筋束長変化の絶対量が小さい上、筋束の短縮を効率良く腱膜の変位に増幅するシステム(図2)を有しておらず、腱膜のストレインが小さく、その結果、足底屈動作の可動範囲(=踵骨の変位)が小さくなることが推察された。



<参考文献>

- Akima et al. *J Gravit Physiol* 4:S15-21, 1997.
- Nirici et al. *J Appl Physiol* 95:2229-34, 2003.
- Onambele et al. *J Appl Physiol* 100:2048-56,

2006.

- Valour et al. *Pflugers Arch* 445:721-7, 2003.
- Magnusson et al. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 58:123-7, 2003.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

- ① Ryuta Kinugasa, John A. Hodgson, V. Reggie Edgerton, David D. Shin, Shantanu Sinha. Reduction in Tendon Elasticity from Unloading is unrelated to its Hypertrophy. *J Appl Physiol* 109: 870-877, 2010. (査読有り)
- ② Ryuta Kinugasa, Dongsuk Shin, Junichiro Yamauchi, Chandan Mishra, John A. Hodgson, V. Reggie Edgerton, Shantanu Sinha. Phase contrast MRI reveals the mechanical behavior of the superficial and deep aponeuroses in human medial gastrocnemius during isometric contraction *J Appl Physiol* 105: 1312-1320, 2008. (査読有り)

[学会発表] (計3件)

- ① Ryuta Kinugasa, John A. Hodgson, V. Reggie Edgerton, David D. Shin, Shantanu Sinha. Reduced Stiffness is Uncorrelated to Tendon Hypertrophy Resulting From Unloading of Lower Leg Limb. 15th annual Congress of the European College of Sport Science (Antalya, Turkey, June 23-26, 2010).
- ② Ryuta Kinugasa, Dongsuk Shin, John A. Hodgson, V. Reggie Edgerton, Shantanu Sinha. Velocity encoded phase contrast MRI reveals *in vivo* tissue dynamics of the human medial gastrocnemius during isometric

contraction. International Society for Magnetic Resonance in Medicine 16th Scientific Meeting and Exhibition (Toronto, Canada, May 3-9, 2008)

- ③ Ryuta Kinugasa, Dongsuk Shin, John A. Hodgson, V. Reggie Edgerton, Shantanu Sinha. Superficial and deep aponeuroses movements in the human medial gastrocnemius during isometric plantarflexion contraction. Experimental Biology 2008 (San Diego, CA, USA, April 5-9, 2008)

[図書] (計 1 件)

- ① 衣笠竜太: 神経・筋活動分布. In 運動生理学のニューエビデンス (宮村実晴 編集), p. 92-96, 真興交易 (株) 医書出版部, 東京, 2010. 11.

[その他]

受賞

- ① American College of Sport Medicine, Biomechanics Interest Group: Vendor's Innovation in Research Award, 2009.

ホームページ

<http://www.aoni.waseda.jp/rkinugasa/japn.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

衣笠 竜太 (RYUTA KINUGASA)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・助教

研究者番号 : 10409378