

令和 6 年 4 月 26 日現在

機関番号：34417

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2022～2023

課題番号：22K21223

研究課題名（和文）超音波診断装置を用いた新たな筋の伸張量の評価指標の開発

研究課題名（英文）Development of a new index for quantifying muscle elongation using ultrasonography

研究代表者

中尾 彩佳（Nakao, Sayaka）

関西医科大学・リハビリテーション学部・助教

研究者番号：30967253

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：若年者を対象として、足関節角度を他動的に変化させ、筋を伸張した際の腓腹筋の輝度の変化を調べた。輝度の評価には超音波診断装置を用いて縦断面で撮像したB-mode画像を用い、関心領域内のグレースケールの平均値を求めた。解析は、筋内に最大の関心領域を設定する方法と全被験者の全画像で深度と大きさを統一した四角形を関心領域とする方法の2種類で実施した。その結果、他動的足関節背屈による筋の伸張に伴い、腓腹筋の輝度が増加することが示された。特に縦断面で撮像し、筋内に最大の関心領域を設定して解析した輝度を筋の伸張量の指標として応用できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

各筋の効果的なストレッチング方法の開発や効果検証のため、個別の筋の伸張量を非侵襲的に定量化できる指標が必要である。本研究の結果、筋伸張に伴い腓腹筋の輝度が増加することが、若年男性だけでなく、元々筋内脂肪が多く輝度が高いとされる女性においても明らかとなった。本研究の成果は、一般的な超音波診断装置でも算出可能な輝度を新たな筋の伸張量の指標として利用できる可能性を示すものであり、臨床現場での応用につながる可能性が考えられる。

研究成果の概要（英文）：We investigated whether echo intensity of the gastrocnemius muscle would change with muscle elongation by passive ankle angle change. To evaluate echo intensity, B-mode images were scanned longitudinally using ultrasonography. The echo intensity was determined as the average grayscale values of the region of interest (ROI). Grayscale analysis was performed using two ROIs: one that included as much of the muscle as possible, and a rectangular one with size and depth identical for all images captured from all participants. The results indicated that echo intensity increased with muscle elongation via passive ankle dorsiflexion. The echo intensity of the longitudinal images, calculated using the ROI that included as much of the muscle as possible, may be useful for quantifying muscle elongation.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：超音波診断装置 ストレッチング 筋輝度

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

リハビリテーションやスポーツの現場において、筋の柔軟性向上目的にストレッチングはよく用いられる。各筋の効果的なストレッチング方法の開発や効果検証のため、個別の筋の伸張量を非侵襲的に定量化できる指標が必要である。個別の筋の伸張量の評価方法として、近年、超音波診断装置のせん断波エラストグラフィ機能を用いて算出される弾性率が注目されている。従来の受動的トルク等の指標は筋だけでなく靭帯や関節包等も含めた関節構成体全体の変化しか評価できなかったが、弾性率を用いることで、各筋の伸張量を個別に評価することが可能となった。ただし、弾性率測定が可能な超音波診断装置は非常に高価であるため、多くの臨床現場や研究施設に普及することが困難である。ゆえに、より簡便で汎用性の高い、非侵襲的に筋の伸張量を評価できる指標の開発が必要である。

超音波診断装置で撮像した B-mode 画像から求めた輝度を用いた先行研究において、他動的足関節背屈に伴いアキレス腱の輝度が増加したと報告されている (Ishigaki et al., 2016)。超音波を入射すると音響インピーダンスの異なる組織間の境界面で反射が生じる。輝度は、超音波の反射波の振幅の大きさを画像化した B-mode 画像の関心領域内のグレースケール 0[白]から 255[黒]の平均値で定量化される。反射波の振幅が大きい部分は白く高輝度で表示され、反射波の振幅が小さい部分は黒く低輝度で表示される。若年男性を対象とした我々の先行研究では、他動的な関節角度変化による筋伸張により腓腹筋やハムストリングスの輝度が増加することが明らかとなった (中尾ら, 2018 年, 2019 年)。以上から筋の輝度を新たな筋の伸張量の指標として用いることができる可能性が示されたが、女性や高齢者では輝度が高いことが報告されているため (Caresio et al., 2015; Ryan et al., 2015)、ベースラインにおいて高輝度である対象者でも同様の結果を得られるかは不明である。また、輝度は超音波 B-mode 画像の撮像および解析方法の違いによっても変化するため、筋の伸張量の指標とするための最適な方法は不明である。

2. 研究の目的

筋の伸張に伴う輝度の変化を捉えるのに適した輝度の解析方法を調べ (研究 1)、その解析方法を用いて、女性および高齢者において筋の伸張に伴い筋の輝度が増加するかを検証する (研究 2) ことを目的とした。

3. 研究の方法

【研究 1】

対象:

足関節および下腿後面 (腓腹筋やアキレス腱) に疾患の既往のない健常若年男性 16 名 (年齢 24.1 ± 2.8 歳) を対象とした。対象者には口頭と文書にて事前に研究内容を説明し、本研究への参加に同意と署名を得た。

測定方法:

超音波診断装置 Aixplorer (SuperSonic Imagine, Aix-en-Provence, France) を用いて、足関節底屈 20°、10°、0°、背屈 10°、20° における右側内側腓腹筋の弾性率と輝度を測定した。多用途筋機能評価運動装置 Biodex system 4.0 (Biodex Medical Systems Inc., Shirley, New York, USA) 上に腹臥位、膝関節完全伸展位とし、右側の足部をフットプレートに固定した。事前に決定されたランダムな順に右足関節底背屈角度を他動的に変化させ、弾性率と輝度を測定した。輝度の評価には、超音波診断装置を用いて縦断面で撮像した B-mode 画像を用い、関心領域内のグレースケールの平均値を求めた。解析は、筋内に最大の関心領域を設定する方法 (maximum RoI) と全被験者の全画像で深度と大きさを統一した四角形を関心領域とする方法 (rectangular RoI) の 2 種類で実施した。

統計解析:

各被験者の輝度および弾性率と足関節角度との Pearson の相関分析を行い、相関係数 r を算出した。なお、相関分析において、足関節角度は底屈を-、背屈を+として底屈 20°、10°、0°、背屈 10°、20° をそれぞれ -20、-10、0、+10、+20 と表した。結果は 16 名の被験者における相関係数 r の平均値 ± 標準偏差で示した。

【研究 2】

対象:

足関節および下腿後面 (腓腹筋やアキレス腱) に疾患の既往のない健常若年女性 15 名 (年齢 20.4 ± 3.6 歳) を対象とした。対象者には口頭と文書にて事前に研究内容を説明し、本研究への参加に同意と署名を得た。

測定方法：

超音波診断装置 Aixplorer を用いて、足関節底屈 20°、10°、0°、背屈 10°、20° における右側内側腓腹筋の弾性率と輝度を測定した。関節角度の設定には多用途筋機能評価運動装置 Biodex system 4.0 を用い、事前に決定されたランダムな順に右足関節底背屈角度を他動的に変化させ、弾性率と輝度を測定した。輝度の評価に用いる B-mode 画像の解析方法は、研究 1 で明らかとなった方法を採用した。

統計解析：

各被験者の輝度および弾性率と足関節角度との Pearson の相関分析を行い、相関係数 r を算出した。なお、相関分析において、足関節角度は底屈を－、背屈を＋として底屈 20°、10°、0°、背屈 10°、20° をそれぞれ－20、－10、0、＋10、＋20 と表した。結果は 15 名の被験者における相関係数 r の平均値±標準偏差で示した。

4. 研究成果

【研究 1】

各被験者の弾性率と足関節角度との Pearson の相関係数は 0.904 ± 0.021 であり、強い正の相関を示した。各被験者の maximum RoI で解析した輝度と足関節角度との相関係数 r は 0.797 ± 0.137 、rectangular RoI の輝度と足関節角度との相関係数 r は 0.698 ± 0.249 であり、比較的強い正の相関を示した。それぞれの被験者における弾性率および輝度と足関節角度との相関係数 r の箱ひげ図を図 1 に示す。

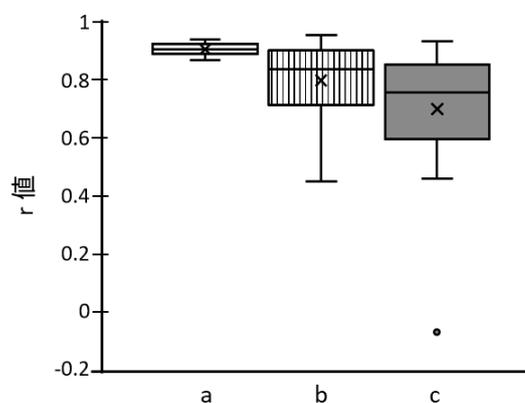


図 1 各男性被験者における足関節角度との相関係数 r の箱ひげ図
(a) 弾性率と足関節角度、(b) maximum RoI を用いて解析した輝度と足関節角度、
(c) rectangular RoI を用いて解析した輝度と足関節角度の相関係数の分布を示す。

縦断画像の輝度と足関節角度は、弾性率ほど相関係数が高くないものの比較的強い正の相関を示し、他動的足関節背屈により腓腹筋の輝度が増加することが示された。また解析方法について、maximum RoI の輝度と足関節角度の相関係数は、rectangular RoI の輝度と足関節角度の相関係数に比べて高かったことから、内側腓腹筋において他動的足関節背屈に伴う輝度の変化を捉えるには rectangular RoI より maximum RoI が推奨されることが示された。

【研究 2】

研究 1 の結果から、研究 2 では輝度の解析には maximum RoI を用いた。

各被験者の弾性率と足関節角度との Pearson の相関係数 r は 0.929 ± 0.021 、各被験者の maximum RoI の輝度と足関節角度との相関係数 r は 0.849 ± 0.186 であり、いずれも強い正の相関を示した。それぞれの被験者における弾性率および輝度と足関節角度との相関係数 r の箱ひげ図を図 2 に示す。

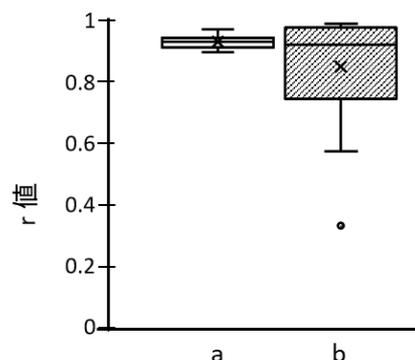


図2 各女性被験者における足関節角度との相関係数 r の箱ひげ図
 (a) 弾性率と足関節角度、(b) maximum RoI を用いて解析した輝度と足関節角度の相関係数の分布を示す。

以上の結果より、若年男性だけでなく女性においても、特に縦断面で撮像し、筋内に最大の関心領域を設定して解析した輝度を筋の伸張量の指標として応用できる可能性が示された。

【まとめ】

一連の研究結果から、他動的足関節背屈つまり腓腹筋が伸張されると、対象者の性別によらず、弾性率および縦断画像における輝度が増加することが示された。また、腓腹筋において他動的足関節背屈に伴う輝度の変化を捉えるには、解析方法として、全被験者の全画像で深度と大きさを統一した四角形の関心領域を設定するより、筋内に最大に設定した関心領域を用いることが推奨されることが示された。縦断画像において筋内に最大に設定した関心領域を用いて算出した輝度は、弾性率に比べて足関節角度変化との相関の強さは劣るものの、臨床現場においても広く応用可能な新たな筋の伸張量の指標として有用である可能性がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nakao Sayaka, Ikezoe Tome, Yagi Masahide, Umehara Jun, Nojiri Shusuke, Ichihashi Noriaki	4. 巻 14
2. 論文標題 Changes in echo intensity of the gastrocnemius muscle with passive ankle dorsiflexion: can echo intensity be used to assess muscle elongation?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 1197503
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fphys.2023.1197503	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0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------