

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月24日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23650435

研究課題名（和文） 超音波エコー画像のテクスチャ情報から筋力を推定する手法の開発

研究課題名（英文） Development of methods for predicting muscle strength using the texture information of Ultrasound echo image

研究代表者 村木 里志（MURAKI SATOSHI）

九州大学・大学院芸術工学研究院・准教授

研究者番号：70300473

研究成果の概要（和文）：

筋力は筋の量と質によって決まる。本研究では大腿前部の筋（大腿直筋および中間広筋）を対象に、Bモード超音波エコーによって得られた筋の画像テクスチャに筋の質を表す情報（特徴量）が含まれるかを検討した。画像テクスチャには、年齢や膝伸展筋力に関連するいくつかの特徴量が認められた。このことから、画像テクスチャ特徴量と筋の量的な情報（筋厚など）を組み合わせることにより、筋力や筋の老化度を評価できることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

Muscle strength is determined by muscle quantity and quality. The present study examined whether image textures seen by B-mode ultrasound echo include information of muscle quality in the anterior thigh (rectus femoris and vastus intermedius muscles). Some parameters in the image textures showed a relationship to age and muscle strength of knee extension. These findings suggested that combination of information from the image textures and muscle quality (e.g. muscle thickness) can assess muscle strength and aging.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・応用健康科学

キーワード：加齢・老化

1. 研究開始当初の背景

筋は身体活動のエンジンであり、特に筋力の評価は体力維持・向上や介護予防において重要となる。その筋力の評価は①全身の筋を評価できる、②安全である、③容易である、④場所を問わない、ことの条件を満たすことが望ましい。

その筋力は筋の「量」と「質」で決まる。筋の量（筋量）の指標には筋横断面積や筋厚が用いられ、筋力と高い相関関係を示す¹⁾。また、その筋量は高齢になると低下しやすく、

筋の老化度の指標としても用いられている。それに対して単位筋面積当たりの筋力、すなわち筋の質は高齢になると低下する²⁾。よって、量的な面に質的な面の評価も加えることにより、より正確に筋力を捉えることができる。

一方、筋量の指標である筋横断面積や筋厚は超音波エコーによって計測されることが多い^{3,4)}。超音波は異なる組織間の境界で反射する特性があり、筋の厚みや面積が計測できる。その一方、超音波は組織の性質によって減衰したり反射したりし、それらは画像の「模様」

や「濃淡」、すなわちテクスチャに反映される。人間の筋を超音波エコーによって撮影すると、画像テクスチャは人それぞれ異なっており、画像テクスチャから筋の質を予測できる可能性がある。

2. 研究の目的

超音波エコーによって得られた筋の画像テクスチャ情報から筋の質を評価できるかを検討することを目的とし、大腿前部の筋を対象として下記の研究を行った。

①筋の超音波エコー画像テクスチャ特徴量の若年者と高齢者の比較(実験1、平成23年度)

②膝伸展筋力値と関係する超音波エコー画像テクスチャ特徴量の探索(実験2、平成24年度)

3. 研究の方法

実験1

(被験者)

下肢に障害がなく、日常歩行が可能な18から26歳の男性41名(若年群、平均年齢22.1±1.69歳)、60から79歳の男性60名(高齢群、平均年齢69.7±4.77歳)を対象とした。

(測定)

超音波エコー画像の撮影

被験者はマットレスもしくは簡易診察用ベッドにて仰臥位になり、膝蓋骨が真上を向くように脚の姿勢を調節した。股関節の外旋が伴い、膝が真上を向かない場合は補助者もしくは補助具(クッション等)により下腿部を支えた。さらに被験者には計測中、下肢の筋を弛緩させ、リラックスした状態を保つように指示した(図1)。

超音波エコー装置(Logiq e、GEヘルスケア)を用い、仰臥位の右大腿前面中央(大腿骨50%位置)をBモードにより撮影した。大腿部前面中央には大腿直筋および中間広筋が位置する。皮膚上に適量の超音波ジェルを塗布後、超音波プローブを大腿骨に向けて、かつ組織を圧迫しないように皮膚上に接触させた。プローブの向きは筋線維の方向に対して垂直に向けた。フォーカスを大腿直筋および中間広筋それぞれの中央に合わせるため、撮影は2回行った。超音波エコー装置の各種パラメーターの設定は全て統一した。

筋厚の計測

撮影したBモード画像の組織境界を利用し、皮下脂肪厚、大腿直筋および中間広筋それぞれの厚みを計測した。大腿直筋と中間広筋の和を総筋厚とした。

画像テクスチャ解析

大腿直筋および中間広筋それぞれの中心部の画像を対象にテクスチャ解析を行った。解析した画像の形状は正方形とし、7.5×7.5mm(48×48ピクセル)および10×10mm(64

×64ピクセル)とした。当領域が組織境界に重なる場合は分析から除外した(図2)。

テクスチャ解析は、濃度ヒストグラム法(Gray level difference method: GLHM)により「平均」、「分散」、「歪度」、「尖度」、濃度差分レベル法(Gray level histogram moment analysis: GLDM)により「角度別2次モーメント」、「エントロピー」、「平均」、空間濃度レベル依存法(Spatial gray level dependence method (analysis: SGLDM)により「エネルギー」、「エントロピー」、「相関」、「局所一様性」、「慣性」を求めた。解析方向は0、45、90、135°とした。



図1 超音波エコー画像の撮影の様子

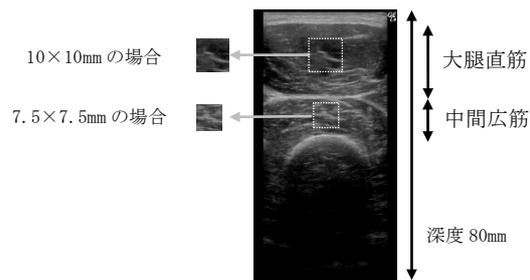


図2 画像テクスチャ解析の分析領域

実験2

(被験者)

下肢に障害がなく健康な若年男性56名(18~25歳)を対象とした。30名はほぼ毎日、定期的にスポーツ活動(野球、陸上等)を実施していた。

(測定)

超音波エコーによる筋の撮影

実験1と同じ方法を用いた。

画像テクスチャ解析

実験1と同じ方法を用いた。

膝関節伸展筋力の計測

右側の膝関節伸展運動時の最大等尺性(0°/sec)および最大等速性筋力(60、180、300°/sec)を等速性筋力測定装置(CYBEX NORM)により測定した(図3)。最大等尺性筋力は2回、最大等速性筋力は角速度別にそれぞれ4回行い、いずれも最高値を用いた。尚、練習や休憩を適宜行った。



図3 膝関節伸展筋力の計測の様子

(倫理的配慮)

実験1および実験2とも、被験者には事前に研究の背景、内容等を説明し、同意書を得た。本研究は九州大学大学院芸術工学研究院の実験倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号62)

4. 研究成果

(実験1)

表1に若年群および高齢群の身体的特性および大腿前部組織厚を示す。大腿直筋および中間広筋とも若年群の方が有意に高値を示した。大腿直筋および中間広筋の画像テクスチャ特徴量平均値を群間で比較し、有意な差が認められた項目を表2にまとめた(解析領域7.5×7.5mmの場合)。有意が認められた項目は筋によって異なった。多くの特徴量において有意差が認められたが、いくつかの特徴量は筋厚値と相関関係がみられた。つまり、皮膚からの深度が深くなるとテクスチャ特徴量もその影響を受けたと考えられる。筋厚値との相関が認められなく、年齢の違いが認められた項目としては、大腿直筋のGLHMの平均、GLDMの平均、中間広筋のGLDMの角度2次モーメント、エントロピー、SGLDMの局所一様性であった。これらの特徴量は筋の質を反映していることが示唆された。

表1 身体的特性および大腿前部組織厚の群間比較

	若年群 (N=41)	高齢群 (N=60)
年齢(歳)	22.1±1.69	69.7±4.77*
身長(cm)	170.4±5.9	164.0±5.52*
体重(kg)	62.2±9.81	61.3±8.34
皮下脂肪(mm)	6.71±2.84	6.70±1.68
大腿直筋(mm)	22.23±3.04	17.94±3.13*
中間広筋(mm)	17.99±3.65	14.48±3.34*

* p<0.05 vs. 若年者 (unpaired t-test)

12のテクスチャ特徴量を筋別に、また両筋の全テクスチャ特徴量(12×2=24特徴量)に主成分分析を適用し因子得点を求め、それらの得点を用いて判別分析により年齢群の

予測を行った。その正解率を表3に示す。両筋の特徴量を用いた場合、その正解率は最大87%に達した。

表2 若年群と高齢群の間に有意な差が認められたテクスチャ特徴量

筋	方法	特徴量	大小	有意性
大腿直筋	GLHM	平均	Y>E	P<0.05
		分散	Y>E	P<0.01
		歪度	Y<E	P<0.01
		尖度	Y<E	P<0.01
	GLDM	平均	Y>E	P<0.05
	SGLDM	エネルギー	Y>E	P<0.01
		エントロピー	Y<E	P<0.01
相関		Y<E	P<0.01	
中間広筋	GLDM	角度2次モーメント	Y<E	P<0.01
		エントロピー	Y>E	P<0.01
	平均	Y>E	P<0.01	
	SGLDM	相関	Y<E	P<0.01
		局所一様性	Y>E	P<0.01

※Y:若年者、E:高齢者

※群間の平均値の比較: unpaired t-test

※分析方向: 0°、解析領域: 7.5×7.5mm

表3 画像テクスチャ特徴量による群の予測正解率(%)

対象筋	画像テクスチャ分析方向			
	0°	45°	90°	135°
大腿直筋	73.3	70.3	76.2	74.3
中間広筋	70.0	73.0	72.0	70.0
大腿直筋 中間広筋	87.0	84.0	82.0	87.0

※解析領域: 7.5×7.5mm

(実験2)

表4に被験者の体型値、大腿部組織厚および膝伸展筋力値を示す。大腿前部の筋厚値と膝伸展筋力値との相関係数は筋や角速度によって増減があるが、全て有意な正の相関関係が認められた。総筋厚値と膝伸展筋力値の相関係数は0.423~0.551の範囲であった(表5)。

画像テクスチャ特徴量と筋力値との相関を算出したところ、有意な相関を示す特徴量が多く認められた。表6には相関係数の絶対値が0.35を超える特徴量をまとめた。ただし、いくつかの特徴量は筋厚とも有意な相関が観察されたことから、画像の深度が影響していると考えられる。そのため、筋厚と有意な相関関係を示す特徴量は表6から除外した。

尚、今回は仰臥位の結果のみを取り上げているが、座位、立位のデータも解析しており、相関係数が0.45を超える特徴量も認められて

いる。今後、詳細な検討を進める。

表4 体型値、大腿部組織厚および膝伸展筋力値 (n=56)

計測項目	平均±標準偏差
身長 (cm)	172.8±5.8
体重 (kg)	67.0±9.4
大腿囲 (cm)	62.2±4.4
皮下脂肪厚 (mm)	6.2±2.3
筋厚 (mm)	
大腿直筋	23.4±4.5
中間広筋	18.2±3.3
総筋厚	41.6±6.4
膝伸展筋力 (N·m)	
0° /sec	223.5±42.1
60° /sec	181.1±35.6
180° /sec	129.4±23.4
300° /sec	100.4±19.0

表5 筋厚値と膝伸展筋力値との相関係数

角速度 (° /sec)	筋厚		
	大腿直筋	中間広筋	総筋厚
0	0.450	0.287	0.460
60	0.465	0.427	0.551
180	0.355	0.330	0.423
300	0.373	0.329	0.435

表6 膝伸展筋力と 0.35 以上 (絶対値) の相関係数を示した画像テクスチャ特徴量

解析法	画像 テクスチャ 特徴量	筋	膝伸展 角速度 (° /sec)	解析 方向 (°)	相関 係数
SGLDM	相関	RF	300	90	-0.363
SGLDM	慣性	VI	60	45	-0.378
GLDM	モーメント	VI	60	90	0.368
GLDM	エントロピー	VI	60	90	-0.403

※解析領域は 7.5×7.5mm

※筋厚と有意な相関関係を示す画像テクスチャ特徴量は除外

※RF：大腿直筋、VI：中間広筋、モーメント：角度別 2 次モーメント

(結論)

実験 1 においては、年齢群の違いを反映する画像テクスチャ特徴量が抽出された。また、大腿直筋および中間広筋の両者の画像テクスチャ特徴量を用いることにより、高い正解率にて所属する年齢群を判別できた。実験 2 においては、筋力の大小を反映する画像テクスチャ特徴量を抽出できた。

以上のことより、超音波エコーによって撮影した B モード画像を用いることにより、筋

の質を評価できることが示唆された。今後はこれらに筋の量 (筋厚) を組み合わせ、年齢や筋力を予測するアルゴリズムを検討していく。

(その他)

本報告には記載していないが、成人女性、児童を対象とした研究を実施した。また、撮影姿勢による違いや、大腿前部以外の筋についても検討した。

(引用文献)

- 1) Fukunaga T, Miyatani M, Tachi M, Kouzaki M, Kawakami Y, Kanehisa H (2001): Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. Acta. Physiol. Scand., 172: 249-255.
- 2) Akima H, Kano Y, Enomoto Y, Ishizu M, Okada M, Oishi Y, Katsuta S, Kuno S (2001): Muscle function in 164 men and women aged 20-84 yr. Med. Sci. Sports Exerc., 33: 220-226.
- 3) 村木里志, 福元清剛, 福田 修 (2012) 日本人成人を対象とした仰臥位時における大腿前面筋厚の年齢別標準値の提案. 障害者スポーツ科学 10(1) 45-53
- 4) Fukumoto K, Fukuda O, Tsubai M, Muraki S (2011) Development of a flexible system for measuring muscle area using ultrasonography. IEEE Trans Biomed Eng 58(5): 1147-1155

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 2 件)

- ① 船津京太郎, 村木里志, 綱分憲明 (2013) 3-8 才児における下肢筋厚の発育と疾走能力との関係. 体力科学, 62(2):131-140 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jspfsm/62/2/62_131/_pdf
- ② 船津京太郎, 村木里志, 綱分憲明 (2012) 3-8 才児における下肢筋厚の発育と性差. 体力科学, 61(5):479-486 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jspfsm/61/5/61_479/_pdf

[学会発表] (計 2 件)

- ① Muraki S, Fukuda O: Texture analysis of B-mode ultrasound images in the anterior thigh muscle of young and elderly males. The 4th International Conference on Sport and Exercise Science. 2013年3月28日, バンコク, タイ
- ② 西川孝広, 中島弘貴, 福田 修, 船津京太郎, 村木里志: 大腿前部における

超音波エコー画像のテクスチャと筋力との相関. 日本人間工学会九州・沖縄支部第33回大会・人類動態学会西日本支部第37回大会, 2012年11月17日, 北九州市, ※優秀発表賞受賞

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村木 里志 (MURAKI SATOSHI)
九州大学・大学院芸術工学研究院・准教授
研究者番号: 70300473

(2) 研究分担者

福田 修 (FUKUDA OSAMU)
独立行政法人産業技術総合研究所・生産計測技術研究センター・研究員
研究者番号: 20357891

福元 清剛 (FUKUMOTO KIYOTAKA)
静岡大学・工学部・助教
研究者番号: 60600129

船津 京太郎 (FUNATSU KYOTARO)
九州共立大学・スポーツ科学部・准教授
研究者番号: 10259658

(3) 連携研究者

なし