

令和 3 年 5 月 26 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K10873

研究課題名(和文)筋の質的指標である筋輝度の応用可能性の検討(妥当性強化と現場での活用に向けて)

研究課題名(英文) Investigating the applicability of echo intensity as a muscle quality index (to strengthen validity and to use in the field)

研究代表者

渡邊 裕也 (Watanabe, Yuya)

同志社大学・スポーツ健康科学部・助教

研究者番号：70644376

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は骨格筋の質を簡便に評価できる筋輝度の有効性の強化を図るとともに、スポーツ現場への応用可能性を検討することを目的とした。低体力高齢者と高体力高齢者の大腿前部の筋輝度には有意な差が検出された。また、高齢男性においては、大腿前部の筋輝度が要支援・要介護認定発生を予測できることが示された。女性においては、筋輝度の影響力が小さく、認定の予測には他の指標との組み合わせが必要と考えられる。一方、筋輝度と競技能力の関連性は認められなかった。筋輝度は高齢者の身体機能や自立維持を議論するうえで有効な指標といえるが、スポーツ現場におけるコンディショニング指標としての活用は難しいかもしれない。

研究成果の学術的意義や社会的意義

骨格筋の主要な加齢変化として萎縮、すなわち量の減少が知られているが、筋は質的にも変化する。本研究の結果、筋輝度は骨格筋の質的狀態を適切に評価できる指標であることが示された。また、筋輝度が高齢男性の要支援・要介護認定の新規発生の予測因子であることが明らかになった。筋輝度と新規認定発生の関係を追跡した本研究の意義は大きい。今後、サルコペニアやフレイルの関連指標として筋輝度の活用が期待される。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to enhance the effectiveness of echo intensity (EI), which can easily evaluate the skeletal muscle quality, and to examine its applicability to sports situations. There was a significant difference in EI of front thigh muscle between high and low physical fitness older adults. In addition, it was found that EI in front thigh muscle could predict the occurrence of newly certified cases of long-term-care insurance service requirements in older men. In women, the effect of EI was small, and it was considered necessary to combine it with other indicators for prediction. On the other hand, no relation between EI and sports performance was observed. EI is an effective index for discussing physical function and maintenance of physical independence in older adults, but it may be difficult to use it as a conditioning index in sports situations.

研究分野：応用健康科学

キーワード：筋内組成 超音波 フレイル サルコペニア

## 1. 研究開始当初の背景

筋の萎縮つまり量的な減少は骨格筋に生じる主要な加齢変化であるが、その一方で質的な変化も生じる。具体的には、筋線維数の減少、TypeII線維の選択的萎縮、骨格筋内の脂肪組織や結合組織の増加、相対的な細胞外液量の増加等が挙げられる。このような筋の質的变化は骨格筋組織に含まれる収縮要素の割合低下を意味しており、筋機能を論じる上で極めて重要である。しかしながら、コンピュータ断層装置 (Computed Tomography: CT)、磁気共鳴画像装置 (Magnetic Resonance Imaging: MRI)、超音波画像診断装置を用いた一般的な画像法による骨格筋量評価法では筋の質の状態を考慮することができない。

骨格筋の質的要素、すなわち骨格筋内組成を評価する手法として MRI の信号強度<sup>1)</sup>や CT 画像における骨格筋平均 CT 値<sup>2)</sup>を用いた手法が知られている。ところが、これらの手法は設備の面で測定そのものが容易ではないことや放射線被曝等の問題も生じるため、一般的な検査には適さない。一方近年、骨格筋超音波画像から画像処理ソフトを用いて算出する平均ピクセル輝度 (筋輝度) が筋内組成を非侵襲的にかつ簡便に推定できる方法として注目されている<sup>3)</sup>。

筋輝度の筋内組成指標としての妥当性はすでに確認されている。筋バイオプシーを用いた研究や動物実験では、筋輝度が骨格筋内の脂肪組織および結合組織を反映していることが示されている<sup>4,5)</sup>。加えて、筋輝度と MRI 法あるいは CT 法を用いた従来の筋内組成評価指標との関連性も複数の研究グループが報告している<sup>6,7)</sup>。こういった知見に基づいて、筋輝度は骨格筋の質を反映した指標として活用されている。しかしながら、これらの報告は若齢者と高齢者を比較することで筋輝度の筋の質的指標としての妥当性を検討している点に注意が必要である。前述の先行研究では、健康な高齢者と身体機能が低い高齢者との比較はされていないため、筋輝度のサルコペニアあるいはフレイル関連指標としての応用可能性には議論の余地が残る。今後、筋輝度を現実的に利用可能な指標として定着させるには、体力レベルの異なる高齢者における有効性を明確に示すとともに、サルコペニアやフレイルの周辺要素との関係ならびに将来の要支援・要介護認定 (認定) 発生の予測可能性を検証する必要がある。加えて、筋内の状況を簡便に評価しうる筋輝度は競技スポーツ等におけるコンディショニングへ応用できるかもしれない。筋に生じた微細な筋損傷等はスポーツパフォーマンスに負の影響をもたらす。したがって、筋輝度はスポーツパフォーマンスと関連している可能性がある。

## 2. 研究の目的

本研究は、簡便で非侵襲的な筋内組成評価法としての筋輝度の妥当性および有効性の強化を図るとともに、スポーツ現場でのコンディショニング指標としての応用可能性の探索を目的とし、以下の実験を行った。

- ・低体力高齢者と高体力高齢者を対象とした従来法 (CT 法) との比較 (実験 1)
- ・運動機能や筋活動動態との関連性の検討 (実験 2 および 3)
- ・口腔機能との関連性の検討 (実験 4)
- ・新規認定発生を予測できるか否かの検討 (実験 5)
- ・スポーツパフォーマンスとの関連の確認 (実験 6)

## 3. 研究の方法

### (実験 1)

高体力高齢者と低体力高齢者の大腿部を超音波法と CT 法で評価し、両手法で得られた量的、質的指標を比較した。対象者は高体力群 15 名 (男性 9 名、女性 6 名) および低体力群 16 名 (男性 9 名、女性 7 名) で、測定部位は右大腿部中央とした。超音波法では大腿前部筋組織厚を量的指標、筋輝度を質的指標とした。超音波画像は立位で撮影し、取得した画像上で筋組織厚 (大腿直筋・中間広筋) ならびに皮下脂肪厚を評価した。また、記録した単一超音波画像から画像処理ソフトを用いて大腿直筋の筋輝度を算出した<sup>3,7)</sup>。筋輝度算出のための超音波画像上の選択領域は大腿直筋を可能な限り含めた範囲とし、大腿直筋以外の部分、すなわち骨や筋膜は除外した。選択領域内の筋輝度は 0 (黒) ~ 255 (白) の数値で表示した。CT 法では骨格筋横断面積を量的指標、骨格筋平均 CT 値 (Hounsfield Unit : HU) を質的指標とした。本研究では、0 ~ 100HU を骨格筋と判断した。身体機能として、等尺性膝伸展筋力等を測定した。

### (実験 2)

地域在住高齢者約 1,400 名の大腿前部の筋輝度と総合的な運動機能との関連を検討した。筋輝度の評価は実験 1 と同様の方法で行った。運動機能の総合的な指標として、高齢者の体力年齢指標である Fitness Age Score (FAS) を用いた<sup>8)</sup>。FAS は 10m 歩行時間、ファンクショナルリーチ、開眼片足立ち時間、垂直跳び高、握力の 5 項目の体力測定結果から算出される。なお、5 項目の体力測定値に欠損がない者を分析の対象とした。

(実験3)

高齢者の実動作における筋活動態と下肢骨格筋の筋内組成の関連を検討した。対象者は要支援・要介護認定高齢者5名および自立高齢者4名であった(全員男性)。実動作中の筋活動態として、ファンクショナルリーチを実施した際の大腿部の共収縮の程度を評価した。対象者の外側広筋および大腿二頭筋に表面筋電図電極を貼付し、両筋の筋放電の様子から共収縮の程度を算出した。筋内組成指標として大腿前部の筋輝度を評価した。測定は実験1と同様の方法で行った。

(実験4)

地域在住高齢者1,243名(男性612名、女性631名)の下肢骨格筋の量的、質的指標と咀嚼能力との関連を検討した。実験1と同様の方法で大腿前部の超音波画像を取得し、筋組織厚を量的指標、筋輝度を質的指標とした。咀嚼能力は色変わりチューインガムを用いて判定した<sup>9)</sup>。対象者にガムに関する十分な説明を行った後、60秒間できるだけたくさん噛むように指示した。60秒間の咀嚼後、白いティッシュペーパーに吐き出したガムの色を1点(黄緑:最も低い)~5点(赤:最も高い)の範囲で点数化した。

(実験5)

下肢の筋内組成評価指標である大腿前部の筋輝度が将来の認定(要支援・要介護)発生を予測できるかどうかを検討した。対象者は地域在住高齢者893名(男性461名、女性432名)とした。大腿前部の筋輝度は実験1と同様の方法で評価した。認定発生の観察期間は筋輝度の測定(ベースライン測定)から5年間とした。

(実験6)

女子ソフトボール選手の下肢骨格筋を量的、質的に評価し、それらの指標と各種体力要素およびバットスイング速度との関連を検討した。対象者は女子大学生ソフトボール選手26名とした。下肢骨格筋の量および質は実験1と同様の方法で評価した。また、身長、体重、Body mass index(BMI)、体組成、各種体力指標(握力、膝伸展筋力、垂直跳び高ほか)とともにバットスイング速度を計測した。なお、垂直跳び高に体重を乗じて垂直跳びインデックスを算出した。

#### 4. 研究成果

(実験1)

超音波指標では、高体力群で筋組織厚が有意に高値、筋輝度が有意に低値であった。CT指標では、高体力群で筋横断面積が有意に高値を示したが、骨格筋平均CT値は高体力群で低い傾向が観察されるにとどまった( $P=0.071$ )。

性および年齢を調整し、膝伸展筋力を従属変数とした重回帰分析を行ったところ、超音波指標では、筋組織厚の有意な関連( $P=0.018$ )および筋輝度の傾向性( $P=0.062$ )が確認された。一方、CT指標では筋横断面積の有意性のみが認められた( $P=0.004$ )。また、筋力に対する説明力は超音波法で強いという結果が得られた。骨格筋の量的、質的な加齢変化を簡便に評価できる超音波法はサルコペニアやフレイルの関連指標としての活用が期待される。

(実験2)

FASの算出に用いる5項目の体力測定値に欠損がない者は男性597名、女性570名、合計1,167名であった。対象者をFASで四分位に分け、筋輝度との関連を確認したところ、男女ともにFASが高い者は筋輝度が良好である傾向が観察された。得られた結果は先行研究を支持するものであり、筋内組成を良好に保つことが身体機能の維持に寄与することが確認された。

(実験3)

筋組織厚は自立高齢者で高値、筋輝度は低値であり、ファンクショナルリーチは自立高齢者で高値であった。また、共収縮の程度は認定高齢者で大きかった。本研究では、サンプルサイズの影響もあり、共収縮の程度と筋輝度に有意な関連は観察されなかった。今後、十分なサンプルサイズを確保することが必要と考えられる。

(実験4)

男女別に対象者を筋輝度で四分位に分け、ベースライン測定から5年間追跡したところ、男性で筋輝度が認定発生に関連することがわかった( $P=0.040$ )。一方女性では、有意な差は認められず( $P=0.286$ )他の因子の影響が大きいことが示唆された。男性においては、下肢骨格筋の筋内組成を良好に保つアプローチが介護予防につながる可能性が示された。筋の質的指標である筋輝度と筋の量的指標や筋機能の指標を組み合わせることで認定の発生を効果的に予測することができるかもしれない。

(実験5)

本研究では、1点および2点の該当者が少なかったため、1+2群としてまとめた。したがって、対象者1,243名は5点群351名、4点群629名、3点群188名、1+2点群75名に分類された。分析の結果、ガムのスコアが良好な者は筋組織厚が有意に高値を示した。一方、筋輝度には有意な差が認められなかった。交絡因子を調整した後でも、ガムのスコアが高い群は筋組織厚が高値であった ( $P$  for trend = 0.005)。本研究により、地域在住高齢者の咀嚼能力が下肢骨格筋量と密接に関連することが明らかになった。咀嚼能力を適切に保ち、日常の食事から十分な栄養素を摂取できることが骨格筋量の保持に貢献すると考えられる。

(実験6)

女子大学生ソフトボール選手において、筋組織厚は膝伸展筋力 ( $r=0.528$ )、垂直跳びインデックス ( $r=0.390$ ) との間に有意な正の相関関係が、筋輝度は握力 ( $r=-0.527$ ) ならびに膝伸展筋力 ( $r=0.450$ ) との間に有意な負の相関関係が認められた。一方、バットスイング速度は体重、BMI、上肢および体幹除脂肪量、皮下脂肪厚、握力、膝屈曲筋力との間に有意な正の相関関係を有していた ( $r=0.414-0.625$ )。しかしながら、両超音波指標はいずれもバットスイング速度との関連が認められなかった。下肢骨格筋の量的、質的要素がパフォーマンス指標に及ぼす作用は小さいものと推測される。

<引用文献>

- 1) Kent-Braun JA, Ng AV, Young K. Skeletal muscle contractile and noncontractile components in young and older women and men. *J Appl Physiol.* 2000; 88(2): 662-668.
- 2) Goodpaster BH, Carlson CL, Visser M, Kelley DE, Scherzinger A, Harris TB, Stamm E, Newman AB. Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The Health ABC Study. *J Appl Physiol.* 2001; 90 (6):2157-2165.
- 3) Watanabe Y, Yamada Y, Fukumoto Y, Ishihara T, Yokoyama K, Yoshida T, Miyake M, Yamagata E, Kimura M. Echo intensity obtained from ultrasonography images reflecting muscle strength in elderly men. *Clin Interv Aging.* 2013; 8: 993-998.
- 4) Reimers K, Reimers CD, Wagner S, Paetzke I, Pongratz DE. Skeletal muscle sonography: a correlative study of echogenicity and morphology. *J Ultrasound Med.* 1993; 12(2): pp. 73-77.
- 5) Pillen S, Tak RO, Zwarts MJ, Lammens MM, Verrijp KN, Arts IM, van der Laak JA, Hoogerbrugge PM, van Engelen BG, Verrips A. Skeletal muscle ultrasound: correlation between fibrous tissue and echo intensity. *Ultrasound Med Biol.* 2009 Mar; 35(3): pp. 443-446.
- 6) Akima H, Hioki M, Yoshiko A, Koike T, Sakakibara H, Takahashi H, Oshida Y. Intramuscular adipose tissue determined by T1-weighted MRI at 3T primarily reflects extramyocellular lipids. *Magn Reson Imaging.* 2016; 34(4): 397-403.
- 7) Watanabe Y, Ikenaga M, Yoshimura E, Yamada Y, Kimura M. Association between echo intensity and attenuation of skeletal muscle in young and older adults: a comparison between ultrasonography and computed tomography. *Clin Interv Aging.* 2018; 13: 1871-1878.
- 8) Kimura M, Mizuta C, Yamada Y, Okayama Y, Nakamura E. Constructing an index of physical fitness age for Japanese elderly based on 7-year longitudinal data: sex differences in estimated physical fitness age. *Age (Dordr)* 2012; 34: 203-214.
- 9) Watanabe D, Yoshida T, Yokoyama K, Yoshinaka Y, Watanabe Y, Kikutani T, Yoshida M, Yamada Y, Kimura M. Association between mixing ability of masticatory functions measured using color-changing chewing gum and frailty among Japanese older adults: The Kyoto-Kameoka Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17(12): 4555.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 渡邊裕也	4. 巻 11
2. 論文標題 要介護等認定高齢者における下肢骨格筋の量および質と運動機能の関係	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 同志社スポーツ健康科学	6. 最初と最後の頁 16-23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 -

1. 著者名 渡邊裕也, 吉田司, 吉中康子, 横山慶一, 山田陽介, 三宅基子, 木村みさか	4. 巻 13
2. 論文標題 軽費老人ホーム利用者における5年間の身体機能の変化 - 自立維持者と要介護等認定者の比較	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 応用老年学	6. 最初と最後の頁 44-53
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Y, Yamada Y, Yoshida Y, Yokoyama K, Miyake M, Yamagata E, Yamada M, Yoshinaka Y, Kimura M.	4. 巻 11
2. 論文標題 Comprehensive geriatric intervention in community-dwelling older adults: A cluster-randomized controlled trial	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Cachexia Sarcopenia Muscle	6. 最初と最後の頁 26-37
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/jcsm.12504.	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 -

1. 著者名 Watanabe Y, Ikenaga M, Yoshimura E, Yamada Y, Kimura M	4. 巻 13
2. 論文標題 Association between echo intensity and attenuation of skeletal muscle in young and older adults: a comparison between ultrasonography and computed tomography.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Clin Interv Aging	6. 最初と最後の頁 1871-1878
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2147/CIA.S173372. eCollection 2018.	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 -

1. 著者名 渡邊裕也, 山田陽介, 吉田司, 横山慶一, 山縣恵美, 吉中康子, 岡山寧子, 木村みさか	4. 巻 12
2. 論文標題 地域在住高齢者の日常の歩数と下肢骨格筋の量および質, 運動機能との関連	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 同志社スポーツ健康科学	6. 最初と最後の頁 29-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 渡邊裕也, 山縣恵美, 木村みさか	4. 巻 14
2. 論文標題 自立高齢者と要支援・要介護認定高齢者における下肢骨格筋の量, 質, 運動機能の比較	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 応用老年学	6. 最初と最後の頁 58-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計6件(うち招待講演 1件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Watanabe Y, Yamada Y, Yoshida T, Yokoyama K, Yamagata E, Miyake M, Yoshinaka Y, Kimura M.
2. 発表標題 Effects of comprehensive geriatric intervention on oral care and dietary habits among community-dwelling older adults.
3. 学会等名 5th Asian Conference for Frailty and Sarcopenia (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Watanabe Y, Yamada Y, Yoshida T, Yokoyama K, Yamagata E, Miyake M, Yoshinaka Y, Kimura M
2. 発表標題 Effects of comprehensive geriatric intervention on muscle quantity, quality, and function in community-dwelling older adults.
3. 学会等名 12th International Conference on Cachexia, Sarcopenia & Muscle Wasting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Watanabe Y, Yamada Y, Yoshida T, Yokoyama K, Yamagata E, Miyake M, Yoshinaka Y, Kimura M.
2. 発表標題 Long-term effects of comprehensive geriatric intervention in community dwelling older adults.
3. 学会等名 International Conference on Frailty and Sarcopenia Research 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊裕也, 山田実
2. 発表標題 骨格筋の加齢変化とサルコペニア肥満 骨格筋の加齢変化と肥満の関連
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Watanabe Y, Gyoba S, Yamagata E, Hara D, Kamada Y, Tsutsumi J, Fukuhara S
2. 発表標題 Comparison of muscle size, muscle composition and physical function between healthy and physically disabled older adults.
3. 学会等名 11th International Conference on Cachexia, Sarcopenia & Muscle Wasting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊裕也, 来田宣幸, 森原徹
2. 発表標題 女子大学生ソフトボール選手における下肢骨格筋の量的, 質的指標と各種体力要素ならびにバットスイング速度との関係
3. 学会等名 第31回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2020年

〔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
研究 分担 者	山縣 恵美  (Yamagata Emi)  (30570056)	同志社女子大学・看護学部・専任講師   (34311)	

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