

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：84420

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K20140

研究課題名（和文）骨格筋の質の評価のための骨格筋細胞膜のコンデンサ特性の検証

研究課題名（英文）Examining skeletal muscle cell membranes as capacitor to assess quality

研究代表者

吉田 司（Yoshida, Tsukasa）

国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所・国立健康・栄養研究所 身体活動研究部・研究員

研究者番号：20822175

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、生体電気インピーダンス法の応用法の一つである分光法を用いて、骨格筋の細胞膜のコンデンサ特性を検証するものである。分光法はその測定手法の特性上データ量が膨大になる。本研究課題を通して開発に取り組んだデータ処理プログラムを用いてデータを処理し解析したところ、コンデンサ特性を示すと考えられる電気パラメータといくつかの身体機能指標との間に有意な相関関係が認められた。コンデンサ特性は骨格筋の質を反映している可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高齢期の筋機能の低下は、骨格筋量の低下のみではなく骨格筋の質の低下も影響していると考えられている。生体電気インピーダンス法（BIA）やその応用法は、骨格筋の量も質も評価できるツールとして注目されている。本研究課題では特定の電気パラメータが骨格筋の質を評価できる可能性を示唆する結果を得た。多くのBIA測定器は小型で軽量であり、様々な施設での健康づくりや介護予防プログラムを作成・検証するための事前・事後評価などでの利用が期待される。

研究成果の概要（英文）：I tried verifying cell membrane of skeletal muscle as capacitor using bioelectrical impedance spectroscopy. The amount of data in spectroscopy is enormous due to the characteristics of the measurement method. I tried developing such data processing program. The analysis showed the result that a significant correlation between an electrical parameter which might be capacitor characteristic and some physical function. It was suggested that the parameter might reflect the skeletal muscle quality.

研究分野：健康科学

キーワード：骨格筋 インピーダンス

1. 研究開始当初の背景

フレイルは、自立から介護が必要な状態に陥るまでの中間的な状態で、適切な介入によって自立状態に戻ることができる (Clegg: Lancet 2013)。フレイルには身体的、精神心理的、社会的ドメインがあり、身体的フレイルの中核はサルコペニアと呼ばれる、骨格筋の量と機能が減少した状態であると考えられている。通常は骨格筋量と筋力は比例する関係にあるが、レビュー論文では、老化によって筋力は1年で約3%低下するのに対し、骨格筋量は約1%しか低下しないことが指摘されている (Mitchell: Front Physiol 2012)。加齢により骨格筋組織に異質性 (heterogeneity) を有する状態になることが原因の一つと考えられている (Ferrucci: J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2012)。そのため、フレイル・サルコペニア予防において骨格筋を正確に評価することは重要である。骨格筋量の測定は、磁気共鳴画像法 (MRI) や二重 X 線吸収法 (DXA) が用いられるが、測定環境が限られることや、検査費用が高価であることなど、使用に多くの制限がある。

家庭用の体脂肪計などに用いられる技術である生体電気インピーダンス法では、骨格筋の量とともに質の指標である細胞内液と細胞外液を評価できる。細胞内液と細胞外液を評価する方法は複数あるが、生体電気インピーダンス法の応用法の一つである分光法を用いる場合は、体内に微量の電流を通電し多く周波数の情報を取得し、得られた情報のうちそれぞれの周波数のレジスタンス値とリアクタンス値を用いて Cole-Cole Plot (図1) を作成し、回帰曲線を外挿することによって細胞内液と細胞外液の指標を評価する。

一連の作業を通して、ある電気パラメータが骨格筋の細胞膜のコンデンサ特性を示す可能性があると考え、本研究課題を設定した。

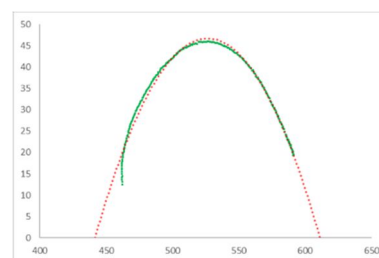


図1. レジスタンス(横軸)とリアクタンス(縦軸)の Cole-Cole Plot (Cole: J Chem Phys 1941) plot を基に外挿し、横軸との交点となるレジスタンス値から細胞内/外液を推定する

2. 研究の目的

本研究は生体電気インピーダンス法を応用した分光法を用いて得られた特定の電気パラメータは骨格筋の細胞膜のコンデンサ特性を示すという仮説をたて、電気パラメータと各種身体機能との関連から、骨格筋の質の評価指標となり得るかを検証することを目的とした。

3. 研究の方法

地域在住で要支援・要介護認定を受けていない自立した65歳以上高齢男性を対象に、生体電気インピーダンス分光法の測定を行い、特定の電気パラメータを算出するとともに、四肢骨格筋量を推定し身長²で除した骨格筋量指数 (SMI: Skeletal Muscle mass Index) を計算した。併せて、筋力、筋パワー、筋機能等に関する各種身体機能測定を実施した。

特定の電気パラメータと、年齢、SMI、身体機能との相関を確認した。次に、身体機能を従属変数、特定のパラメータを独立変数とし、年齢およびSMIで調整した重回帰分析を実施した。有意水準は5%とした。

4. 研究成果

図2に電気パラメータと年齢、およびSMIの散布図を示す。電気パラメータは年齢とは負の相関を示し、SMIとは正の相関を示した。

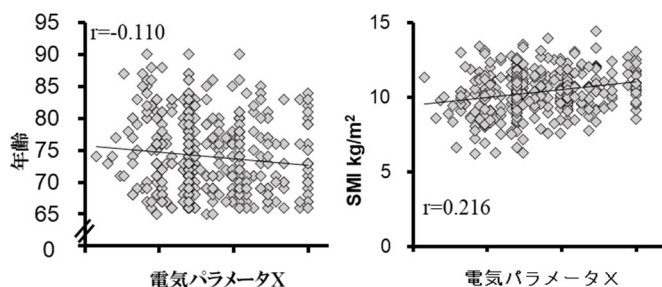


図2. 特定の電気パラメータ(X)と年齢(左)、骨格筋指数(右)の相関

図3に電気パラメータと歩行速度、等尺性膝伸展筋力、および垂直跳の散布図を示す。電気パラメータは、垂直跳（筋パワー）と歩行速度（筋機能）と有意な相関関係が認められたが、膝伸展筋力（筋力）とは有意な相関は認められなかった。

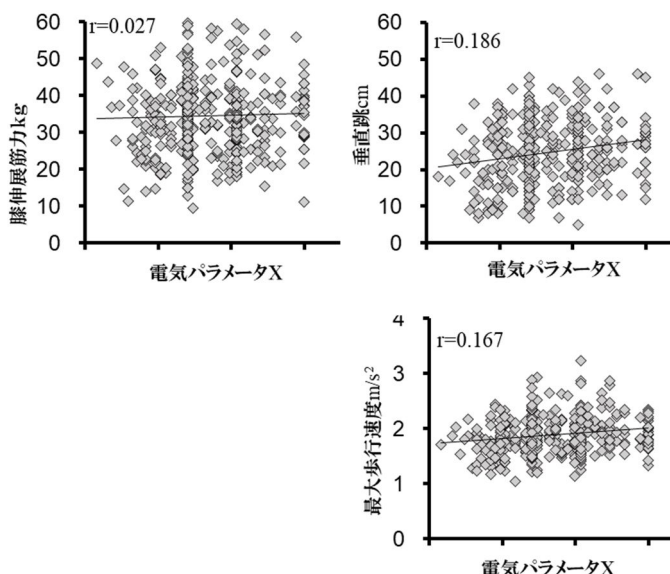


図3. 特定の電気パラメータ(X)と膝伸展筋力(左上)、垂直跳(右上)、歩行速度(右下)の相関

表1に身体機能を従属変数、特定のパラメータを独立変数とし、年齢およびSMIで調整した重回帰分析の結果を示す。年齢および骨格筋量の指標であるSMIで調整しても電気パラメータと垂直跳と歩行速度は有意な相関関係が認められた。

表1. 身体機能を従属変数とした重回帰分析の結果

	非標準化係数		標準化係数		
	B	95%CI	β	P value	VIF
膝伸展筋力:kg					
定数	62.35	(45.23 to 79.46)		0.00	
parameter	-0.01	(-0.01 to 0.00)	-0.08	0.08	1.05
年齢	-0.62	(-0.79 to -0.46)	-0.35	0.00	1.25
SMI	2.22	(1.53 to 2.91)	0.30	0.00	1.30
$R^2 = 0.292$					
垂直跳:cm					
定数	55.83	(43.20 to 68.46)		0.00	
parameter	0.01	(0.00 to 0.01)	0.09	0.03	1.05
年齢	-0.65	(-0.77 to -0.53)	-0.46	0.00	1.25
SMI	1.22	(0.71 to 1.73)	0.21	0.00	1.30
$R^2 = 0.371$					
最大歩行速度:m/s²					
定数	2.71	(2.13 to 3.29)		0.00	
parameter	0.00	(0.00 to 0.00)	0.11	0.02	1.05
年齢	-0.02	(-0.02 to -0.01)	-0.31	0.00	1.25
SMI	0.03	(0.00 to 0.05)	0.11	0.03	1.30
$R^2 = 0.166$					

本研究は横断データの解析結果であるため個人間変動を示したに過ぎず、いくつかの追加解析が必要であるため、本研究助成期間終了後も研究を継続し、結果が公表可能となった時点で成果として公表する予定である。

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 Yamada Yosuke, Itoi Aya, Yoshida Tsukasa, Nakagata Takashi, Yokoyama Keiichi, Fujita Hiroyuki, Kimura Misaka, Miyachi Motohiko	4. 巻 150
2. 論文標題 Association of bioelectrical phase angle with aerobic capacity, complex gait ability and total fitness score in older adults	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Experimental Gerontology	6. 最初と最後の頁 111350 ~ 111350
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.exger.2021.111350	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
---------	---------