

体組成計の計測データから要介護化リスクが高い高齢者を予測可能に

体組成計は乗るだけで体重や体脂肪量、筋肉量などさまざまなデータが計測できる便利な機械です。その計測データから筋肉の質を示す指標（筋細胞の状態や細胞外内の水分比率）を評価すると、要介護化リスクが高い高齢者を予測可能なことを、最長12年間の追跡研究で明らかにしました。

世界的に高齢化が進む中、高齢者の機能低下や要介護化の予防は喫緊の課題となっています。簡単に行える身体状態の測定方法に、体組成計を用いた筋肉量の評価があります。しかし、近年の研究では筋肉量と健康の関係性に疑問が呈され、「筋肉の質」にも注目する必要性が指摘されています。

体組成計では、生体に微弱な交流電流を流し、その電気抵抗を計測しています。複数の周波数の電流を流すことで、細胞膜の状態(phase angle)や細胞外内の水分比率を評価できます。これにより、筋肉の収縮に貢献する組織とそうでない組織、つまり「筋肉の質」を評価できるとされています。日常生活動作には筋肉の収縮が欠かせないため、当指標が将来の要介護化リスクと関連する可能性があります。

そこで、本研究では、茨城県笠間市の高齢者(858人)を対象に、二つの指標(phase angleと細胞外内の水分比率)を体組成計の計測データから算出しました。そして、最長で12年間、これら的高齢者を追跡し、要介護化との関連性を検証しました。

その結果、下肢の筋肉の質を反映するphase angleや細胞外内の水分抵抗比率が低値である人は将来の要介護化リスクが高いこと、特に各指標の中央値より低値である場合にその傾向が高まることが分かりました。また、調査結果に基づき、それぞれの指標について、4年間と10年間のうちに、要介護化しやすいかどうかを示す基準値を算出しました。なお、従来の筋肉量の指標は要介護化に対し、有意な関連を認めませんでした。

体組成計は乗るだけでさまざまな項目が計測でき、装置を操作する測定者も必要ありません。医療現場や公民館など地域の交流場に設置し、広く利用してもらうことで、要介護化リスクが高い高齢者を効率よく大規模に把握できるようになることが期待されます。

研究代表者

筑波大学体育系

大藏 倫博 教授

研究の背景

高齢化が世界的に加速する中、高齢者の機能低下や要介護化の予防は喫緊の課題です。個人のアクティブで豊かな生活を送るため、さらに増大する社会保障費や医療負担の抑制のためにも、リスクの高い高齢者を早期に発見し、支援することが重要です。

簡単な身体状態の測定方法として、体組成計を用いた筋肉量の評価があります。しかし、近年の研究では筋肉量と健康の関係性に疑問が呈され、「筋肉の質」にも注目する必要性が指摘されています。体組成計では、生体に微弱な電気を流した時の電気抵抗でさまざまな指標を算出します。細胞膜の状態を評価する phase angle^{注1)} や細胞外内の水分比率^{注2)} は、筋肉の収縮に貢献する組織とそうでない組織を区別でき、筋肉の質的側面を評価できると言われています。そして、これらの指標は筋力、身体機能、転倒、フレイルなどに関連することが報告されています^{文献1、2)}。しかし、これらの研究のほとんどはある一時点における関連性の検討に留まっており、追跡調査により将来の要介護化との関連性を示す知見は限られていました。

そこで本研究では、高齢者を対象とした長期追跡研究により、体組成計による筋肉の質指標（phase angle と細胞外内の水分抵抗比率）と将来の要介護化との関連性を検証しました。

研究内容と成果

2011年から2019年までに茨城県笠間市で実施された体力測定会に参加した65歳以上かつ要支援・要介護認定歴がない858人（平均年齢73.9±5.4歳、女性53.7%）を対象に体組成計（TANITA 980-A model、TANITA）を用いて、全身および上肢と下肢の筋肉の質指標（phase angle と細胞外内の水分抵抗比率^{注1)}）を算出しました（図1）。また比較のために、従来から利用されている筋肉量の指標（全身の除脂肪量と下肢の筋肉量指数）も評価しました。これらの対象を笠間市の介護認定情報に関するデータベースにより2023年まで追跡し（最長12年、平均7.1年）、要介護化（要支援1^{注3)}以上）の状況について調査しました。

分析の結果、男女の両方において、下肢の筋肉の質指標（phase angle と細胞外内の水分抵抗比率）が不良である人は要介護化リスクが高いことが分かりました。一方で、従来の筋肉量の指標は要介護化に対し、有意な関連を認めませんでした。

さらに、全身および下肢の各筋肉の質指標が中央値^{注4)}よりも不良である場合に要介護化リスクが高まることが分かりました（図2）。また、それぞれの指標について、4年間と10年間のうちに、要介護化しやすいかどうかを示す基準値を算出しました（表1）。

本研究の結果から、体組成計で評価できる筋肉の質指標（phase angle と細胞外内の水分抵抗比率）は高齢者の要介護化予測に有用で、要介護化の予測という点では、従来の筋肉量の評価よりも優れた指標であることが示唆されました。これらの指標の計算は容易で、phase angle については表示機能がある体組成計も多くあります。体組成計は測定者が不要で操作も簡単なことから、医療現場や地域の交流場に設置することで要介護化リスクが高い高齢者を効率よく大規模に把握可能となることが期待されます。

今後の展開

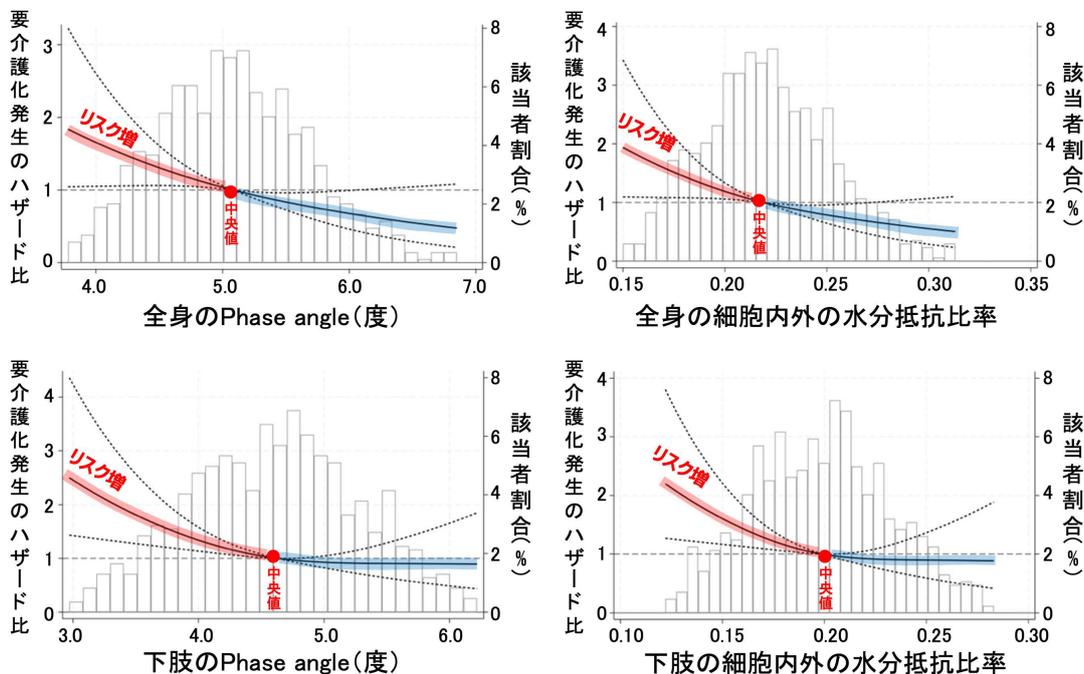
本研究を通して、体組成計で測定できる筋肉の質指標（phase angle と細胞外内の水分抵抗比率）は要介護化予測に有用であることが分かりました。本研究チームでは、運動プログラムの前後評価などで当機器を活用しています。今後は、筋肉量だけでなく、筋肉の質にも注目し、これらを効果的に維持・改善できる運動プログラムの開発を目指します。



- ・体組成計は簡単に操作ができ、乗るだけで、体重だけでなく、体脂肪量や筋肉量、筋肉の質指標などを測定できます。
- ・電流を流す経路を変えることで全身だけでなく部位ごとに測定できます。

図 1 体組成計のイメージ

各筋肉の質指標が中央値よりも低い値の場合に要介護化リスクが高まる



- ・グラフは、858人の分析結果に基づいています。
- ・グラフは、調査年、年齢、ボディマス指数、学歴、慢性疾患の既往歴(高血圧、高脂血症、糖尿病、腎疾患、心臓疾患)、身体活動で調整後の結果を示しています。
- ・実線は予測の代表値(ハザード比)、点線は予測の幅(95信頼区間)、棒は該当者割合を示しています。

図 2 筋肉の質指標と要介護化との量反応関係

表1 各期間での要介護化の高リスク者を判別するための筋肉の質指標の基準値

各期間での要介護化の高リスク者を判別するための基準値

筋肉の質指標	性	予測:4年間	予測:10年間
		基準値 (対象者=844人)	基準値 (対象者=375人)
全身の Phase angle(度)	男性	5.04	5.53
	女性	4.48	5.07
下肢の Phase angle(度)	男性	4.64	4.70
	女性	3.91	3.91
全身の 細胞外内の水分抵抗比率	男性	0.216	0.249
	女性	0.192	0.215
下肢の 細胞外内の水分抵抗比率	男性	0.201	0.203
	女性	0.164	0.164

・基準値以下の場合に要介護化リスクが高まります。

用語解説

注1) Phase angle

50kHzの抵抗値から算出した。水分由来の抵抗(レジスタンス)と細胞膜由来の抵抗(リアクタンス)を測定し、電流が細胞膜通過時に遅れる角度(位相差: phase angle)を計算する。この指標は細胞膜の量や細胞膜の完全性、細胞膜の生理機能レベルを反映するとされ、筋肉の質を表す指標として注目されている。50kHzという周波数は、多くの体組成計で採用されており、計算も容易なため、今後の体組成計開発において広く活用されることが期待される。

注2) 細胞外内の水分抵抗比率

5kHzと250kHzの抵抗値を組み合わせて算出した(細胞外水分の電気抵抗値/細胞内水分の電気抵抗値)。5kHzのような低い周波数は細胞膜を通過しにくいいため、主に細胞外液の電気抵抗を反映する。250kHzのような高い周波数は細胞膜を通過しやすいため、細胞外内液全体の電気抵抗を反映する。電気抵抗値は水分が多いほど低くなる性質があるため、筋肉の収縮に貢献しない組織(筋細胞外水分)の電気抵抗値に対して、筋肉の収縮に貢献する組織(筋細胞内水分)の電気抵抗値が高い(水分が少ない)場合は、筋肉の収縮に貢献しない組織割合が相対的に高い(筋肉の質が悪い)ことを表すとされている。

注3) 要支援1

要介護認定の中で最も軽度な状態であり、「要介護認定等基準時間が25分以上32分未満またはこれに相当する状態」を指す。日常生活の基本的な動作はほとんど自立しているものの、部分的な支援が必要な状態で、多くの研究で機能障害の定義として扱われている。

注4) 中央値

データを値の小さいほうから順にならべた時に真ん中に位置する値のこと。

参考文献

- 文献1) Norman, K., Herpich, C., & Müller-Werdan, U. (2023). Role of phase angle in older adults with focus on the geriatric syndromes sarcopenia and frailty. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 24(3), 429-437.
- 文献2) Yamada, Y. (2018). Muscle mass, quality, and composition changes during atrophy and sarcopenia. *Muscle Atrophy*, 47-72.

研究資金

本研究は科研費（23KJ0273）と国立研究開発法人科学技術振興機構（JPMJPF2017）による研究プロジェクトの一環として実施されました。

掲載論文

- 【題名】 Segmental phase angle and the extracellular to intracellular water ratio are associated with functional disability in community-dwelling older adults: A follow-up study of up to 12 years（部位別の phase angle と細胞内外の水分比率は、地域在住高齢者の要介護化と関連する：最長 12 年間の追跡調査）
- 【著者名】 Yujiro Asano, Kenji Tsunoda, Koki Nagata, Namhoon Lim, Taishi Tsuji, Kyohei Shibuya, and Tomohiro Okura
- 【掲載誌】 *Nutrition*
- 【掲載日】 2025 年 2 月 7 日（オンライン先行公開）
- 【DOI】 10.1016/j.nut.2025.112709

問合わせ先

【研究に関すること】

大藏 倫博（おおくら ともひろ）
筑波大学体育系 教授
URL: <https://okuralab.jp/>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局
TEL: 029-853-2040
E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp