

生体の電気特性を利用してアスリートの骨格筋量を測定できることを実証

家庭用の体組成計などにも用いられる生体電気インピーダンス技術により、アスリートのような、一般的な成人とは異なる筋質を持つ場合でも、骨格筋量や細胞内水分量を適切に推定できることを明らかにしました。

身体組成を推定する方法の一つに、生体電気インピーダンス技術があります。この技術は、体内の電流の流れやすさの程度から身体組成を推測するもので、家庭用の体組成計などにも用いられており、非侵襲的かつ迅速な測定が可能です。しかしながら、現状の推定方法では、アスリートや活動的な男性など、一般的な成人と骨格筋質や組成が異なる場合には、骨格筋量を適切に推定できない可能性があります。

本研究では、一般的な体組成計などに用いられる生体電気インピーダンス技術が、アスリートや活動的な男性の骨格筋量を推定する方法として妥当かどうかを検証しました。その結果、骨格筋量と生体電気インピーダンス指標の間に強い相関が見られ、この技術が骨格筋量の推定に有用であることが示されました。

さらに、この技術が、細胞内水分量の推定において実用的な手法であることも分かりました。これにより、身体組成測定において、生体電気インピーダンス技術がより広く活用され、医療機関やフィットネス施設などで簡便かつより正確に身体組成を評価できると考えられます。

今後、より具体的な推定式の確立や、アスリートのトレーニング、栄養介入の効果検証、さまざまな集団に対する適用性などが探求されることが期待できます。

研究代表者

筑波大学体育系

下山 寛之 助教

研究の背景

アスリートのパフォーマンス向上や健康維持において、トレーニングや栄養摂取の効果を確認するためには骨格筋量の正確な評価が重要です。これまでは、磁気共鳴画像法（MRI）を用いて骨格筋量を推定してきましたが、近年では、より骨格筋に特化した測定技術である重水素標識クレアチン（D₃）希釈法^{注1}も有望な手法とされています（Sagayama H., *et al.*, 2023）。しかしながら、これらの手法には、測定からサンプルを分析してデータを出力するまでに時間を有するといった制約があり、日常的に骨格筋量を評価できる、より便利で信頼性の高い測定法が求められていました。

生体電気インピーダンス技術は、体内に微弱な電流を流し、電流の流れやすさの程度（インピーダンス値、レジスタンス値、リアクタンス値）を計測し、身体組成を推定する方法で、低コストかつ侵襲なく、5分程度で測定が可能です。しかしながら、より骨格筋量が多く、その質も異なるアスリートに対しても、同じ方法で適切に推定できるかの検証が不十分であるという課題も存在しました。すなわち、生体電気インピーダンス技術を用いた身体組成評価の方法には、単一周波数、多周波数、分光技術という3種類がありますが、アスリートは一般的な健康成人とは異なる骨格筋質や組成を持つことから、使用する評価方法によって、異なる評価結果が得られる可能性があります。

研究内容と成果

本研究では、重水素標識クレアチン（D₃）希釈法を用いて、アスリートを含む活動的な若者の全身骨格筋量を調査しました。また、筋の機能に関わる細胞内水分量（ICW）^{注2}の測定も行いました。このようにして得られた骨格筋量と細胞内水分量を基準として、単一周波数生体電気インピーダンス、多周波数生体電気インピーダンス、生体電気インピーダンス分光で得られる各インピーダンス指標との関連を分析しました。その結果、骨格筋と細胞内水分は、身長²（L²）からそれぞれのレジスタンス値（R）を除いた、単一周波数生体電気インピーダンス（L²/R₅ および L²/R₅₀）、多周波数生体電気インピーダンス（L²/R₂₅₀₋₅）、および生体電気インピーダンス分光（L²/R_{ICW}）と、いずれも有意な相関関係を示しました（参考図）。

また、骨格筋量と細胞内水分量はそれぞれのインピーダンス指標との相関係数（r）は、単一周波数生体電気インピーダンスの L²/R₅₀ で L²/R₅ よりも強い相関を示す一方で、単一周波数生体電気インピーダンス（L²/R₅₀）、多周波数生体電気インピーダンス（L²/R₂₅₀₋₅）、および生体電気インピーダンス分光（L²/R_{ICW}）の骨格筋量と細胞内水分量との相関関係の強さには違いがみられなかったことから、L²/R₅₀、L²/R₂₅₀₋₅、L²/R_{ICW} は、いずれも同程度の精度で評価が可能であることが示されました。以上のことから、生体電気インピーダンス法は、一般的な成人とは骨格筋質の異なるアスリートにおいても、骨格筋量や細胞内水分量を適切に推定できることが実証されました。

今後の展開

単一周波数生体電気インピーダンス（L²/R₅₀）、多周波数生体電気インピーダンス（L²/R₂₅₀₋₅）、および生体電気インピーダンス分光（L²/R_{ICW}）と骨格筋量との関連性の強さに違いがなかったことは、生体電気インピーダンス技術を用いた将来的なデータベース研究の推進に役立つ知見になると考えられます（Silva AM., *et al.*, 2023）。

生体電気インピーダンス技術を使用した身体組成評価は世界的に広く行われており、本研究結果は、競技によってさまざまな骨格筋質を持つアスリートに対して、さらに検証される必要があります。今後、生体電気インピーダンス技術のデータから特定の集団に最適な推定式を確立し、その妥当性の確認を進める予定です。

参考図

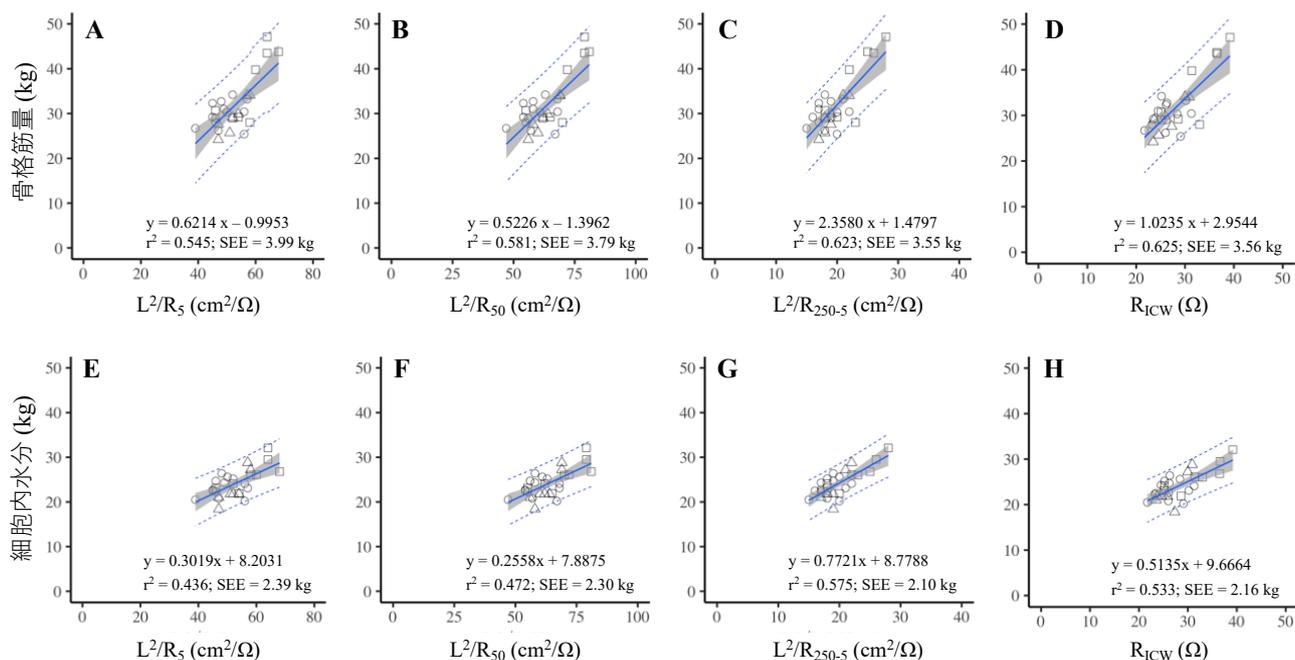


図 骨格筋量、細胞内水分および生体電気インピーダンス指標との相関関係

骨格筋量と L²/R₅ (図 A)、L²/R₅₀ (図 B)、L²/R₂₅₀₋₅ (図 C)、L²/R_{ICW} (図 D) との関係性、細胞水分量と L²/R₅ (図 E)、L²/R₅₀ (図 F)、L²/R₂₅₀₋₅ (図 G)、L²/R_{ICW} (図 H) との関係性を示している。

用語解説

注1) 重水素標識クレアチン (D₃) 希釈法

骨格筋量を推定するための非侵襲的な方法。クレアチンはエネルギー産生に関わるアミノ酸で、そのほとんどが骨格筋にほとんどが貯蔵されていることから、投与した D₃-クレアチンと排出された尿中の D₃-クレアチンの濃度から、骨格筋量を算出することができる。

注2) 細胞内水分

細胞膜の内側に存在する水分。生体内の骨格筋組織は多くの水分を含有しており、その中でも細胞内水分は、筋の機能と関連している。本研究では、重水素と臭化ナトリウムを体水分で希釈させる方法により測定した。

研究資金

本研究は、科研費による研究プロジェクト (16J11877, 18H03164, 19H04017, 20K19563)、筑波大学体育系ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター (ARIHHP) 研究プロジェクト、公益財団法人カシオ科学振興財団助成の一環として実施されました。

掲載論文

【題名】 Comparison of bioelectrical impedance indices for skeletal muscle mass and intracellular water measurements of physically active young men and athletes

(アスリートおよび活動的な若年男性の筋量と細胞内液の測定における生体インピーダンス指標の比較)

【著者名】 Hiroyuki Sagayama, Emi Kondo, Yoko Tanabe, Akiko Uchizawa, William J. Evans,

Mahalakshmi Shankaran, Edna Nyangau, Marc Hellerstein, Keisuke Shiose, Tsukasa Yoshida, Jun Yasukata, Yasuki Higaki, Takahiro Ohnishi, Hideyuki Takahashi, Yosuke Yamada

【掲載誌】 *Journal of Nutrition*

【掲載日】 2023年7月24日（オンライン先行公開）

【DOI】 10.1016/j.tjnut.2023.07.010

問合わせ先

【研究に関すること】

下山 寛之（さがやま ひろゆき）

筑波大学 体育系／ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター（ARIHHP） 助教

URL: <https://trios.tsukuba.ac.jp/researcher/0000004266>

<https://sites.google.com/view/tsukuba-exercise-nutrition/sagayama-lab?authuser=0>

【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