

生体電気インピーダンス法を用いた筋量および腱弾性測定法の開発とその応用
太田 めぐみ¹、増尾 善久²、石黒 憲子³、金久 博昭⁴、川上 泰雄¹、福永 哲夫¹

(¹早稲田大学スポーツ科学学術院、²マッスル・ラボ(有)、

³ 国士舘大学大学院、⁴ 東京大学大学院総合文化研究科)

Development of the method of estimating skeletal muscle volume and tendon elasticity
by means of bio-electrical impedance method

Megumi Ohta¹, Yoshihisa Masuo², Noriko Ishiguro³, Hiroaki Kanehisa⁴,

Yasuo Kawakami¹), Tetsuo Fukunaga¹)

(¹ Faculty of Sport Sciences, Waseda University, ² MUSCLE·LAB Ltd., ³ Graduate School of Sport System, Kokushikan University, and ⁴ Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo)

【目的】 ヒト生体における骨格筋量（以下、筋量）の測定には magnetic resonance imaging (MRI) 法や computed tomography (CT) 法が用いられている。また、筋力発揮中の腱伸長量を超音波法で測定することにより、腱弾性が定量されている。我々は、経済性、簡便性、安全性に優れ、多数の被検者を対象とした測定を可能にする新たな手法として、生体電気インピーダンス (bio-electrical impedance : BI) 法に着目し、筋量および腱伸長量測定法の開発を試みた。

【BI法を用いた筋量推定に関する研究】 発揮される関節トルクは筋量に比例する (Fukunaga et al. 2001) ことから、筋量の推定は身体能力を評価する上で重要である。また、加齢に伴う筋量の減少には部位差があり、大腿前部および腹部の減少が著しいことがわかってきた。したがってセグメント毎の筋量を簡便に知る方法の開発が必要と言える。生体に微弱な高周波電流を印加し、ある測定区間のインピーダンス (Z) を測定する BI 法は、身体組成の推定法として広く用いられてきた。近年、BI 法を四肢の筋量推定に応用する試みがなされ、四肢長の 2 乗を Z で除した値 (BI index) が筋体積と比例することが示されている (Miyatani et al. 2001)。本研究では、全身の重量のおよそ 50% を占める体幹を対象とし、新たに開発した BI 誘導法により体幹の筋量推定が可能かどうか検討した。被検者は競技者 12 名を含む 28 名であった (妥当性群 n = 20, 24.5 ± 2.8 歳、交差妥当性群 : n = 8, 25.3 ± 3.9 歳)。Z は肩峰～大転子間から 5 つの値を誘導し、体幹の BI index を算出した。体幹の BI index と MRI 法で求めた筋体積の間には有意な相関関係が認められた (r = 0.844, p < 0.05)。また得られた関係式 (体幹筋体積の推定値 = 143.6 × 体幹 BI index + 45.2) から算出した推定値と、MRI 法による基準値について検討したところ、推定式の交差妥当性を示す結果が得られた。さらに、高齢者 (n = 42, 73.4 ± 2.7 歳) においてもともに各セグメントの筋厚 (筋量の指標、Miyatani et al. 2002) と BI index には

有意な相関があることが確認された。また、中学生 (n = 19, 14.1 ± 0.5 歳) においても各セグメントの筋量と BI index には有意な相関があることが確認された。これらの結果は、年代を問わず BI 法を用いて四肢や体幹の筋量が推定可能であることを示すものであった。

【生体電気インピーダンス法を用いた腱弾性の推定に関する研究】 腱の弾性は超音波診断装置を用いて腱の伸長量を定量し、発揮した力との関係から求められている。これまでに、性差、年齢差、トレーニングや不活動による可塑性、スポーツパフォーマンスとの関係が検討・報告されている。我々は骨格筋が伝導体であることに着目し、より簡便に腱伸長量を測定する新たな方法として BI 法が適用可能かどうか検討した。関節角度変化や筋力発揮に伴う筋腱移行部の移動距離を超音波法で定量することにより筋長変化を算出し、Z 変化との関係を検討した。対象は上腕部とし、Z の測定区間は肩峰から上腕長の 70% 部位までの区間とした。関節角度変化に伴う Z 変化と筋腱複合体長変化の間には有意な直線関係があることが確認された (n = 11, r = 0.996, p < 0.001)。また、等尺性筋力発揮中の Z 変化と筋長変化には非線形の関係があることが確認された (y = -0.044x² + 0.704x + 0.111, R² = 0.988, p < 0.001)。これは筋長変化を BI 法で補足可能であることを示している。等尺性筋力発揮においては、筋長変化は腱長変化に置き換えることができる (Ito et al. 1998)。したがって、BI 法により腱長変化が推定可能となる。しかしながら、インピーダンス変化の感度には個人差が大きいことから (0.24 ~ 0.89% / mm)、腱伸長量の推定式確立に向けては、これを補正するための検討が必要である。BI 法では超音波法に比べて簡便に筋長 (腱長) 変化の推定が可能である。BI 法による腱長変化の推定式を確立することにより、スポーツ現場における定期的な腱弾性の測定やコンディショニングへの応用が期待できる。