

新制

人

111

学位審査報告書

(ふりがな)	やまだ ようすけ
氏名	山田 陽介
学位(専攻分野)	博士(人間・環境学)
学位記番号	人博 第 454号
学位授与の日付	平成21年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	人間・環境学研究科 共生人間学専攻
(学位論文題目)	
高齢者の身体組成と身体活動量の簡便で精確な推定法：二重標識水法を用いた検証	
論文調査委員	主査 教授 小田 伸午 副査 教授 森谷 敏夫 副査 准教授 林 達也 副査 准教授 神崎 素樹

人間・環境学研究科

(論文内容の要旨)

1982 年に Schoeller と Vansanten が初めてヒトに適用した二重標識水 (doubly labeled water, DLW) 法は、身体組成と日常生活のエネルギー消費量を精確に測定することを可能としたが、DLW 法は測定コストが極めて高いことに加え、DLW 法では詳細な身体組成やエネルギー消費の内訳がわからない。運動処方や食事指導を考える場合、多人数を対象に迅速に測定することが必要となることから、簡便法の開発が急がれる。身体組成と身体活動量測定の簡便法には多くの仮定が必要であり、その仮定が成立する条件でのみ正しい測定が可能となる。高齢者では若齢者、中年齢者と比べて形態、動作に関するバイオメカニクス、生理応答、生活行動パターンなどが異なる。したがって、それらの年齢群で成立した簡便法の仮定が高齢者で成立する可能性は低く、現在のところ高齢者を対象として高い妥当性を示す簡便法は存在していない。本学位申請論文は、高齢者に適用可能な身体組成および身体活動量測定の簡便法を確立することを目的としている。

第 1 章では、身体組成と身体活動量の推定に関わる概念の発展と測定原理についてまとめ、各種簡便法の理論的背景と測定が成立する仮定を検証した。

第 2 章では、部位別生体電気インピーダンス (bioelectrical impedance, BI) 法において、水分あるいは筋の情報を反映する BI インデックスの大腿に対する大腿の比 (大腿下腿比) が、男女ともに加齢に伴って一律に低下し、体格と独立して年齢と相関する老化指標であることを示した (第 2 章 1 節)。BI インデックスの大腿下腿比は、移動機能が低下した高齢者では低値を示し (第 2 章 2 節)、高齢肥満者でも低値を示した (第 2 章 3 節)。さらに、従来の BI 法による身体組成推定では、大腿下腿比の大小によって、全身の身体組成推定に系統的な誤差が生じる。そこで大腿下腿比をモデルに組み込んだ新しい身体組成測定法を開発し妥当性を検討した。その結果、従来用いられてきた年齢、性、体重といった変数を組み込むことなく、電気抵抗値のみを用いて精確な身体組成推定ができる可能性を示した (第 2 章 3 節)。

生体内の体水分量は、リン脂質二重層から成る細胞膜によって細胞内液と細胞外液に分かれている。細胞膜は電気回路上のコンデンサーとして機能するため、多数の周波数を用いた BI 法 (多周波 BI 法) を用いることで、体水分量を細胞内液と細胞外液に弁別することができる。そこで第 3 章では、多周波 BI 法を用いた 3 つの実験を行った。多周波 BI 法を下肢に適用し、健常な男性集団を対象に加齢に伴う下肢の細胞内外液量を評価した。その結果、体水分量に占める細胞内液量が老化に伴って相対的に減少することを明らかにし、体水分量に対する細胞内液の割合が下肢の筋力や筋パワーを予測する変数であることを示した (第 3 章 1 節)。さらに、自立した高齢者群と介護を要する高齢者群を対象に実験を行い、体水分量に対する細胞内液の低下が移動機能低下と関連

していることを明らかにした。これらのことより、多周波 BI 法による下肢の細胞内外液量推定が、高齢者の身体機能の評価に有効であることが示唆された（第 3 章 2 節）。

第 4 章では、加速度計と生活記録表を用いた身体活動量の測定方法の妥当性を検証した。高齢者では、歩行中の横方向の加速度変動が増大することや、軽強度の活動が身体活動レベル全体に影響を与えることを示し、3 軸加速度計を用いることで、1 軸加速度計で評価できない身体活動量を推定できることを明らかにした（第 4 章 1 節）。記入漏れがないように工夫した簡易版生活記録表を用いた方法も、精度の高い身体活動量の推定を可能にすることを実証した（第 4 章 2 節）。

本学位申請論文は、部位別多周波 BI 法、3 軸加速度計法および簡易版生活活動記録法が、高齢者の身体組成および身体活動量の推定に有効な簡便法であることを明らかにし、推定値が、高齢者の身体機能や行動パターンと高い相関性を持つことを示した。これらの方法は、いずれも比較的簡便に、多数の被験者を対象とした測定が可能となる利点を有すると同時に、単なる簡便法にとどまることなく、従来の方法では評価できなかった筋や身体活動の質的な側面と関連性を有することも明らかにした。

氏 名	山田 陽介
-----	-------

(論文審査の結果の要旨)

本学位申請論文は、高齢者の身体組成と身体活動量の推定法の妥当性を、二重標識水 (doubly labeled water, DLW) 法を比較基準として検証した応用生理学的研究である。身体組成と身体活動量の推定に関わる学問的概念の発展について述べた第 1 章、体水分量の部位間分布に関する 3 つの研究から成る第 2 章、体水分量の細胞内外液分布に関する 3 つの研究から成る第 3 章、身体活動量推定に関する 3 つの研究から成る第 4 章、および結語から構成されている。

第 1 章では、ヒトの身体組成と身体活動量の推定に関わる学問的概念の発展と測定原理について、周辺領域の先行研究を網羅的に調査し、各種間接法の理論的背景と測定が成立する仮定を丁寧に検証している。

第 2 章では、部位別生体電気インピーダンス (BI) 法を用いた身体組成推定に関して 3 つの研究を行った。BI 法は要求される特別な測定技術が少なく、持ち運びの利便性が高く、比較的安価であり、条件を同一にすれば測定値の再現性が高いことなどから、大規模な集団に対して測定が可能となる。しかし、現在の BI 法では、アスリートや高齢者など体筋量分布や体水分分布が一般成人と異なる場合に、身体組成推定において大きな測定誤差が生じる。申請者は、若齢から高齢までの健常な日本人男女 1006 名を対象とし、体肢各部位の水分量および筋量に関連した指標である生体電気インピーダンス (BI) インデックスを測定した。その結果、BI インデックスの下腿に対する大腿の比 (大腿下腿比) が、男女ともに加齢に伴って一律に低下し、体格に依存しない老化指標であることを明らかにした (第 2 章 1 節)。この研究成果は、日本体力医学会の機関誌である「体力科学」(2007)に掲載されている。さらに、BI インデックスの大腿下腿比が、移動機能が低下した高齢者において低値を示し (第 2 章 2 節)、高齢肥満者においても低値を示すことを報告した (第 2 章 3 節)。そこで申請者は、BI インデックスの大腿下腿比をモデルに組み込んだ新しい BI 法を開発し、DLW 法で求めた体水分量を比較基準として妥当性を検討した。その結果、従来の BI 法で必須であった年齢、性、体重といった変数を組み込むことなく電気抵抗値のみを用いることで、精確な身体組成の推定が可能であることを示した (第 2 章 3 節)。

第 3 章では、多周波部位別 BI 法を用いて下肢の細胞内外液量を評価し、加齢や身体機能低下との関連性を明らかにした。まず健常な日本人男性 119 名を対象に実験を行い、下腿部の体水分量に対する細胞内液量の割合が老化に伴って減少することを明らかにした (第 3 章 1 節)。さらに、申請者は体水分量に対する細胞内液量の割合が、高齢者の歩行能力の低下と強く関連することを示した (第 3 章 2 節)。加えて、細胞内外液分布を考慮したモデルを BI 法に適用する測定法を考案し、DLW 法と臭化ナトリウム (NaBr) 法を比較基準として、その高い妥当性を明らかにした (第 3 章 3 節)。

第4章では、身体活動量推定に関する3つの実験を行った。高齢者では歩行中の横方向の加速度変動が増大すること、および軽強度の活動が身体活動レベル全体に影響を与えることが明らかとなった。これを踏まえて、3軸加速度計と1軸加速度計による高齢者のエネルギー消費量推定の妥当性について、DLW法を比較基準として検証した。その結果、3軸加速度計は1軸加速度計に比較して、エネルギー消費量の推定精度が高いことを示し、日常生活の身体活動量評価の簡便法の発展に貢献した（第4章1節）。この研究成果は、応用生理学の国際学術雑誌である *European Journal of Applied Physiology* (2009) に掲載された。さらに、生活活動をカテゴリー化してマークシート方式で記入する、簡易版生活記録表を用いた測定法に対して、DLW法を比較基準として検討を行い、この方法によっても精確なエネルギー消費量推定が可能であることを示した（第4章2節）。一日の身体活動量と行動の内訳との関連性を明らかにしたことで、高齢者の生活活動パターンの改善指導に対して有益な基礎資料が得られたものと評価できる（第4章2, 3節）。

本学位申請論文は、一連の手堅い研究手法によって着実に成果を重ねており、高齢者の身体組成と身体活動量の推定において、多周波部位別BI法、3軸加速度計法、簡易版生活活動記録法といった簡便法の妥当性を検証し、新たな知見を得た点において独創性がみられる。これらの研究成果は、応用生理学の発展に寄与するにとどまらず、本格的な高齢社会を迎えた21世紀の健康医療の改善に寄与する内容を備えている。上記の研究成果は、共生人間学専攻認知・行動科学講座に相応しい内容を備えている。

よって、本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成21年2月2日、論文内容とそれに関連した事項について諮問を行った結果、合格と認めた。