

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K13057

研究課題名(和文) 体幹部の内臓脂肪・皮下脂肪分布の定量：3次元解析と脂肪量の高精度推定式の開発

研究課題名(英文) Evaluation of visceral and subcutaneous adiposity in humans: 3D analysis and establishment of prediction equations

研究代表者

田中 史子(Tanaka, Fumiko)

早稲田大学・重点領域研究機構・次席研究員(研究院講師)

研究者番号：20756184

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：MRI法を用いて、180名の中・高齢者及び青年を対象として体幹部における内臓脂肪と皮下脂肪の蓄積状態を可視化・定量した。脂肪のみならず筋組織、体幹全体についての評価を試み、骨格・骨格筋の発達度合いの計測と併せて体幹部の「からだつき」を評価した。スマホアプリ「メタウォッチ」を開発・リリースし、食習慣、運動習慣、睡眠、労働状況など、日本人の体型や生活習慣、運動習慣をITを活用しデータを収集した。ビッグデータから日本人の生活スタイル、食習慣、運動習慣、睡眠、労働など、相互の関係性を明らかにすることを目的として情報科学的解析を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の最大の特色は、健診・指導現場でこれまで「推測」「予想」の範囲で行われている内臓脂肪蓄積の評価に「精確な定量」という視点を導入したことである。本研究は、メタボリスクの評価や、的確な介入方法の策定や運動・生活指導方法の構築に極めて有用な知見をもたらすものと期待される。超高齢化社会を迎えているわが国では健康寿命の延伸が喫緊の課題となっており、高齢者のQOL(生活の質)を担保するためには、加齢に伴う疾病や身体運動能力低下を予防・改善する必要がある。そのためには、まずは中年から高齢に至る身体組成(脂肪組織・筋骨格系の構成比率)の変化を捉える必要があり、本研究はその点に大きく貢献し得る。

研究成果の概要(英文)：Using MRI, we visualized the accumulation of visceral and subcutaneous adipose tissues within the trunk for 180 middle-aged, elderly and younger adult population. Evaluation was carried out not only for the adipose tissue but also muscular tissue on the entire trunk, in order to assess the "body build" from the trunk composition, along with the measurement of the degree of skeletal and skeletal muscle development. In another study we developed and released an iPhone application "MetaboWatch" and collected big data from Japanese adults, for their body shape, lifestyle (exercise and diet habits, sleep, and working conditions). The data were processed through the information technology scheme to clarify inter-relationships among body shape parameters and lifestyle measures.

研究分野：複合領域(健康・スポーツ科学)

キーワード：生活習慣病 生体計測 内臓脂肪 皮下脂肪 筋組織 体幹 メタウォッチ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の日本人の死亡原因のおよそ 1/3 を占める心疾患および脳血管疾患を引き起こすとされる動脈硬化は、高血圧症や耐糖能異常、脂質代謝異常に関連し、これらの異常は肥満、特に内臓脂肪蓄積が原因のひとつであると考えられている (Carey ら, 1997)。これらの症状が合併したメタボリックシンドロームの予防施策に関して、40 歳以上の国民を対象として行われている特定健康診査・保健指導では、メタボリックシンドロームの診断にあたり、内臓脂肪蓄積を臍部ウエスト周径囲で基準化している。しかし、その数値は国際基準とは異なり、妥当性には異論が存在する (辻内, 2012)。また、ウエスト周径囲は同レベルの内臓脂肪横断面積に相関すると考えられているものの、腹腔内で大網を中心に広く分布する内臓脂肪を臍部一断面のみで評価するアプローチは些か乱暴である。事実、MRI 法により求めた内臓脂肪体積と相関が強いのは男性の場合は臍レベルよりも上部の内臓脂肪横断面積であることが示されている (高柳ら, 2013)。また、内臓脂肪量に加え、腹部の皮下脂肪量や体幹の筋・骨格量によって決まるウエスト周径囲に、年齢や体力の違いに寄らず同一の内臓脂肪量の基準を設定することの妥当性には検証の余地がある。

2. 研究の目的

人間の体幹の内臓脂肪・皮下脂肪を 3 次元的に評価し、年齢や性別、身体組成、種々の形態計測値との関連性を調べたうえで、体幹の脂肪量の簡易・高精度推定法を開発することを本研究の目的とした。対象は中・高齢男女とし、MRI 法を用いて体幹部の内臓脂肪・皮下脂肪全体を可視化し、それぞれの腹腔内分布状態とともに体積を定量することを目指した。同時に、身体組成の推定に加えて身体各セグメントの形状を詳細に計測するとともに、超音波法によって身体各部の皮下脂肪厚と筋厚の計測を計画した。これらの計測値から、体幹の皮下脂肪量・内臓脂肪量と年齢、体格、身体組成、骨格筋量、性差などとの関連性を多変量解析によって明らかにしたうえで、簡便な身体計測値から体幹の脂肪量を高精度に求めることができる推定式を開発し、公表することを目的とした。

3. 研究の方法

健常で、様々な体力レベルを有する中・高齢者男女を対象として、以下の研究を段階的に進めた。

(1) MRI 法を用いて、体幹の内臓脂肪・皮下脂肪の分布様相を明らかにする。撮像方法や撮像後の画像解析等に工夫を凝らすことで、内臓・皮下脂肪量の定量精度を向上させる。

(2) 一部被験者には並行して脂肪組織の検出力に優れる CT 法による腹部撮像も行い、MRI 法との比較分析を通じて、体幹の脂肪組織量 (体積) の高精度定量評価手法を確立する。

(3) 体幹を中心とする身体形状 (長さ、周径囲、横断面積) を精密に計測し、脂肪組織の分布状態との対応関係を検討する。また、B モード超音波法によって体幹・体肢のセグメントの皮下脂肪厚と筋厚を計測する。これらの計測値に年齢や性差、身体組成を加味して、多変量解析を通じて体幹の内臓・皮下脂肪組織体積の推定式を開発し、公表する。

4. 研究成果

平成 28 年度においては、体幹における脂肪量評価法の確立を行った。非侵襲的とされる MRI 法を用いて、中・高齢男女を対象として体幹部における内臓脂肪と皮下脂肪の蓄積状態を可視化した。脂肪のみならず筋組織についても体幹全体について可視化を試み、骨格・骨格筋の発達度合いの計測と併せて体幹部の「からだつき」を評価した。体幹部の内臓脂肪、皮下脂肪全体像の MRI 法による可視化を検討。MRI の撮像手法には、T1 強調、T2 強調、脂肪抑制など種々のものが存在する体幹部の脂肪を描出するにあたり、最適なプロトコルを模索し決定した。対象部位は胸骨下端から大転子までを FSE、T1 強調にてスライス厚 10mm、スライス間ギャップ 0mm で連続撮像を行った。より精密な分析のため、内臓脂肪の多い臍から上下 5cm については Dixon 法を用いることに決定した。トータル撮像時間は 20 分、高齢の被験者でも姿勢維持が可能な時間であるかを男女 20 名について測定し確認した。内臓脂肪、皮下脂肪の分布パターンを評価するため分析を行い、プロトコルに問題がないことを確認し、オリジナリティの高い撮像が可能となった。

平成 29 年度においては、28 年度に確立したプロトコルを使用し、自立した生活が可能であるが、健康診断等においてメタボリックシンドロームの基準に該当する方、体格を含めた体力レベルの高い方を含む健常な中・高齢男女計 80 名について、MRI 法による体幹の脂肪量、骨・筋量の計測を行った。また同時に、生体電気インピーダンス法 (Ohta, Kawakami ら, 2005) による身体組成 (体脂肪率、除脂肪組織比率) 推定、テープメジャーによる体肢、体幹のセグメント長および周径囲計測、超音波 B モード法による全身の皮下脂肪・筋厚の計測を行った。その精度を超音波計測においては、体幹 2 箇所、上肢 3 箇所、下肢 4 箇所の部位について、熟練した検者が、申請者の研究グループによって確立された手法 (Abe, Tanaka, Kawakami ら, 1996) によって皮下脂肪厚と筋厚を測定した。放射線被曝を伴う CT の計測は撮像環境の設定や被験者から同意を得ることが予想以上に難しく、得られたデータは 2 名のみとなったが、貴重な CT 2 名のデータから MRI でも解析できるよう分析の手法を検討し、MRI でも十分体積を算出することは可能であることがわかったため、MRI での撮像を中心とした。光学 3 次元人体形状計測法においては、体幹・体肢をセグメント分けするための解剖学的ランドマークの精確な自動認識をコンピュータ上で

行うために、全身の 18 ヶ所の皮膚上に反射マーカ―を貼付したうえで計測を行い、セグメントの長さ、周径分布、表面積、体積を求めるという方法を 40 名に対して実施した。

平成 30 年度においては、内臓脂肪の推定式を開発のために、継続的にデータを分析し、研究を遂行した。開発したプロトコルの MRI 法で、中・高齢男女計 110 名に加えて、青年の男女の MRI を撮像を 70 名に対して行い、成人の全年齢のデータを使用する計画に変更した。

食生活や睡眠時間といった生活習慣をいれた多変量解析を行う手法で、精度高い推定式を作成している。平成 28 年度に、iPhone アプリ「メタボウォッチ」を開発・リリースし、食習慣、運動習慣、睡眠、労働状況など、日本人の体型や生活習慣、運動習慣を IT を活用しデータを収集した。収集したビッグデータから、日本人の生活スタイル、食習慣、運動習慣、睡眠、労働など、相互の関係性を明らかにすることを目的として情報科学的解析に入った。

平成 30 年度にて研究終了予定であったが、内臓脂肪の分析とビッグデータの解析に時間を要し、1 年継続して分析を行った。分析は終了したが、推定式を開発するところまでは至らず、継続して仕上げる予定である。

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 Yoshida Tsukasa, Yamada Yosuke, Tanaka Fumiko, Yamagishi Takaki, Shibata Shigenobu, Kawakami Yasuo	4. 巻 113
2. 論文標題 Intracellular-to-total water ratio explains the variability of muscle strength dependence on the size of the lower leg in the elderly	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Experimental Gerontology	6. 最初と最後の頁 120 ~ 127
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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9件（うち招待講演 0件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Hoshizora Ichinose, Pavlos Evangelidis, Takaki Yamagishi, Fumiko Tanaka, Shigenobu Shibata, Yasuo Kawakami
2. 発表標題 Musculature and composition of the thigh of the elderly: a new perspective
3. 学会等名 The 23rd Annual Congress of the European College of Sport Science
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasuo Kawakami, Fumiko Tanaka
2. 発表標題 Muscle size and function, and locomotion ability of the elderly in Japan: Assessment and intervention
3. 学会等名 de la Faculty of Sport Sciences de l'Universit de Waseda Universite Liebe De Bruxelles
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中史子
2. 発表標題 高齢者の身体能力に及ぼす運動×機能性食品の相乗効果 ~ 時間栄養学・運動学の観点から ~
3. 学会等名 第8回シンポジウム 未来志向の次世代食品機能性と自然免疫
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fumiko Tanaka, Shan Xiyao, Ates Filiz, Akira Saito, Ryoichi Ema, Mitsuru Higuchi, Shigenobu Shibata and Yasuo Kawakami
2. 発表標題 Age-Related Differences in Size and Deformability of the Rectus Femoris Muscle
3. 学会等名 The 8th Asia-Pacific Conference on Exercise and Sports Science 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Fumiko Tanaka, Shan Xiyao Shan, Ates Filiz, Mitsuru Higuchi, Shigenobu Shibata and Yasuo Kawakami
2. 発表標題 INTERRELATIONSHIPS AMONG DEFORMABILITY, ELASTICITY, AND SIZE OF THE UPPER- AND LOWER-LIMB MUSCLES IN THE ELDERLY
3. 学会等名 International Society of Biomechanics 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石川 詩苑, 田中 史子, 川上 泰雄, 浜田 道昭
2. 発表標題 ベイジアンネットワークによる生活習慣データの因果推論と特定項目の改善の提案
3. 学会等名 生命情報科学若手の会 第9回研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tanaka, F., Ates, F., Kawakami, Y.
2. 発表標題 Age-related increase in muscle deformability of the rectus femoris: relevance to sarcopenia
3. 学会等名 European Corrage of sports science (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大塚俊、齋藤輝、前大純朗、江間諒一、田中史子、柴田重信、川上泰雄
2. 発表標題 加齢が大腿部・腰部の個々の筋量・筋力に及ぼす加齢の影響とその性差
3. 学会等名 第29回日本トレーニング科学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ryo Osaki, Akira Saito, Fumiko Tanaka, Mitsuru Higuchi, Shigenobu Shibata, Yasuo Kawakami
2. 発表標題 The relationship between walking ability, dynamic balance and trunk muscle size in middle-aged and elderly individuals
3. 学会等名 The 3rd International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 SIP「時間栄養・運動レシピ開発」コンソーシアム 代表 柴田重信	4. 発行年 2019年
2. 出版社 農文協プロダクション	5. 総ページ数 80
3. 書名 菊芋×運動レシピでイキイキ！アクティブシニアライフのすすめ	

〔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
研究 分担者	森田 照正 (Morita Terumasa) (00570847)	順天堂大学・医学部・准教授 (32620)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	川上 泰雄 (Kawakami Yasuo) (60234027)	早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授 (32689)	