

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 21 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11602

研究課題名(和文) 体幹部骨格筋と内臓脂肪の分布を評価指標とした身体機能・代謝疾患リスクの予測

研究課題名(英文) Prediction of physical function and metabolic risk by using distribution of trunk skeletal muscle and visceral fat

研究代表者

田中 憲子(石黒憲子)(Tanaka-Ishiguro, Noriko)

名古屋大学・総合保健体育科学センター・准教授

研究者番号：70439280

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：若年者の体幹部骨格筋における質的指標と栄養摂取状況との関連には男女差が認められた。具体的には、若年男性においてのみ、飽和脂肪酸のエネルギー比率とエコー強度との間に有意な正相関が認められた。男性における長座体前屈の値、ならびに女性における動脈硬化度の指標も、体幹部骨格筋における質的指標との間に有意な相関を示した。

一方、横断的および縦断的検討により、若年男性におけるインスリン抵抗性の指標は、内臓脂肪蓄積度の指標(腹腔厚)ではなく、体幹部の皮下脂肪厚と有意な正相関を示すことが明らかとなった。女性においては、腹斜筋群の筋厚と腹腔厚との比が、インスリン抵抗性の指標と有意な正相関を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般に、メタボリックシンドロームなどの代謝疾患は、中年期以降における内臓脂肪の蓄積に伴い発症するものと認識されている。しかしながら、本研究で対象とした若年女性のうち20%において、インスリン抵抗性の指標が基準値を超えていた。また、若年男性においては、内臓脂肪蓄積度の指標ではなく、皮下脂肪の量が、インスリン抵抗性と有意に関連していた。本研究の成果により、若年期から代謝疾患リスク低減にむけた取り組みを始めることの重要性が示唆された。また、超音波画像から評価した体幹部の骨格筋、皮下脂肪、腹腔内組織などの分布状況によりインスリン抵抗性の指標を評価可能となる可能性も示唆された。

研究成果の概要(英文)：There were sex differences in the association between nutritional status and quality indices in the trunk skeletal muscles of young adults. Namely, a significant positive correlation was found between the energy ratio of saturated fatty acids and echo intensity of trunk skeletal muscles only in young men. Sit-and-reach in men and arterial stiffness indices in women also showed significant correlations with echo intensities of trunk skeletal muscles. Cross-sectional and longitudinal studies revealed that the index of insulin resistance (HOMA-IR) in young men was significantly and positively correlated with trunk subcutaneous fat thickness, but not with intraabdominal thickness. In women, the ratio of the oblique abdominal muscles thickness to intraabdominal thickness was significantly and positively correlated with the index of insulin resistance.

研究分野：応用健康科学

キーワード：超音波画像 腹部骨格筋 腹腔内 皮下脂肪 エコー強度 インスリン抵抗性

1. 研究開始当初の背景

世界でも稀にみる早さで少子高齢化が進む日本において、労働世代の健康維持・増進は喫緊の課題である。しかし、日本の若年女性は、低栄養や運動不足に起因する痩身者が多いという健康問題を抱えている。30歳代以降の男性の半数以上は、メタボリックシンドロームをはじめとする代謝疾患の罹患者あるいは予備群である(平成29年国民健康・栄養調査)。さらに、2018年に改定されたサルコペニア(加齢に伴う筋減弱症)判定ガイドライン(Cruz-Jentoft et al. 2019)では、若い年代においても、サルコペニアと同様の状況に陥っている者が数多く存在すると指摘されている。つまり、高齢期に至る前から個々人が抱えている健康リスク(骨格筋量の低下に伴う身体機能の低下や代謝疾患リスク、あるいはその双方)を把握し、適切な対策を講じていく必要がある。しかしながら、若齢者から高齢者における健康リスクに対して共通して利用できる指標は、現在までのところ存在しない。特定健診では腹囲が利用されているが、腹囲を独立変数として内臓脂肪面積を推定すると、内臓脂肪面積が大きい個人ほど過小評価される傾向が認められることから(n=30, 田中ら未発表データ)、新たな指標の確立が必要である。

2. 研究の目的

本研究の最終目的は、年代を問わず利用できる健康リスク(骨格筋量の低下に伴う身体機能の低下や代謝疾患リスク、あるいはその双方)評価指標を確立し、各種生活習慣病の一次・二次予防に貢献することである。その手段として、本研究では、超音波画像から取得した体幹部骨格筋と内臓脂肪の分布状況や、体幹部骨格筋内への非収縮要素の蓄積度(骨格筋の質的指標。本研究では、筋エコ強度により評価)に着目した検討を行う。

なお、本研究課題が採択された2020年度は新型コロナウイルスの感染が初めて確認された年であり、全研究期間を通じて同ウイルス感染症のパンデミック下にあった。新型コロナウイルスは高齢者や基礎疾患のある中年者にとって命に係わる感染症であったため、部局の医師の助言に従い、当初予定を変更し、基礎疾患のない若年男女のみを対象としたデータ収集を行うこととした。

3. 研究の方法

本研究の構成は、以下の通りである。

【研究1】超音波画像を用いて評価した体幹部の組成と、身体機能・代謝疾患リスクとの関連(横断的検討)

研究1-1)体幹部骨格筋のエコ強度と関連する因子の探索-栄養摂取を考慮した包括的検討-

研究1-2)体幹部骨格筋および内臓脂肪の分布状況と代謝疾患リスクや身体機能との関連

【研究2】超音波画像を用いて評価した体幹部の組成と、身体機能・代謝疾患リスクとの関連(縦断的検討)

いずれの研究も、方法は以下の通りである。なお、研究1の対象者に対し、初回測定から1年後にも同一項目のデータ収集を依頼した。

(対象者)運動実施に制限のない20~26歳の男性27名および女性24名(体格指数:21.0±1.9 kg/m²および19.5±2.0 kg/m²)。

(形態学的項目)身長、体重、腹囲、体脂肪率および四肢骨格筋量(生体電気インピーダンス法:ITO-InBody370, 伊藤超短波社製を利用)

(超音波画像)第3腰椎レベルにおける体幹部骨格筋(腹直筋:RA, 腹斜筋群:AO, 腰部多裂筋:LM)の筋厚(MT)およびエコ強度(筋内への非収縮要素蓄積度の指標)、腹部・側腹部・背部における皮下脂肪厚(SCAT)、腹腔厚(IAT, 内臓脂肪蓄積度の指標, Stoner et al. 2015)。(いずれもLogiq Pro, GEヘルスケア社製を利用)

(血液性状)空腹時血糖, 中性脂肪, 総コレステロール, HDL, インスリン, HOMA-IR(インスリン抵抗性の指標)(LSIメディエンスに分析を依頼)

(動脈硬化度)上腕足首間血圧脈波伝播速度(baPWV.FORM-5, フクダコーリン社製を利用)

(身体機能)握力, 椅子座り立ち, 床立ち上がり, 2ステップテスト, 閉眼片足立ち

(質問紙)身体活動量(GPAQ), 栄養調査(BDHQ), 問診

4. 研究成果

本研究で得られた主な知見は、以下の通りである。

- ・若年者の体幹部骨格筋における質的指標と栄養摂取状況との関連には男女差が認められた。具体的には、若年男性においてのみ、飽和脂肪酸のエネルギー比率とエコー強度との間に有意な正相関が認められた。男性における長座体前屈の値、ならびに女性における動脈硬化度の指標も、体幹部骨格筋における質的指標との間に有意な相関を示した。
- ・横断的および縦断的検討により、若年男性におけるインスリン抵抗性の指標は、内臓脂肪蓄積度の指標ではなく、体幹部の皮下脂肪厚と有意な正相関を示すことが明らかとなった。女性においては、腹斜筋群の筋厚と内臓脂肪指標との比が、インスリン抵抗性の指標と有意な正相関を示した。

以下に、結果の詳細を示す。

【研究 1】超音波画像を用いて評価した体幹部の組成と、身体機能・代謝疾患リスクとの関連（横断的検討）

1) 体幹部骨格筋のエコー強度と関連する因子の探索 - 栄養摂取を考慮した包括的な検討 -

1) では、体幹部骨格筋の質的指標として、RA, AO, LM の 3 つの骨格筋群の平均エコー強度を採用した（エコー強度が高値を示すほど、骨格筋内への非収縮組織の蓄積度が高い。Pillen et al. 2008）。栄養摂取状況の指標が非正規分布を示したため、ノンパラメトリック検定を実施した。その結果、若年者の体幹部骨格筋のエコー強度と関連する因子には男女差が認められた。すなわち、男性では長座体前屈 ($r_s = -0.488$) と飽和脂肪酸のエネルギー比率 ($r_s = 0.414$) が、女性では baPWV ($r_s = 0.504$) が、エコー強度と有意な相関を示した（北川ら、日本体力医学会第 77 回大会, 2022 年; Kitagawa et al. The 70th American College of Sports Medicine 2023）。

2) 体幹部骨格筋および内臓脂肪の分布状況と代謝疾患リスクや身体機能との関連

2) の結果において、男女ともに代謝疾患リスクに関わる指標（血中脂質や HOMA-IR）の平均値は基準値（1.6 以下）内であったものの、男性対象者のうち 2 名（7.4%）、女性対象者のうち 5 名（20.8%）の HOMA-IR が、基準値を超えていた。また、女性の体格指数が男性のそれに比べ有意に低値を示したことに加え、女性のうち 33.3% の体格指数が、低体重（体格指数が 18.5 kg/m^2 未満）と判定された。近年、日本の低体重女性における糖代謝異常が報告されている（Sato et al. 2021）ことから、男性における体格指数の下限値（ 17.3 kg/m^2 ）と女性における体格指数の上限値（ 23.3 kg/m^2 ）の範囲内にある男性 24 名と女性 21 名を抽出し、以後の統計解析を実施した。

男性の HOMA-IR は、IAT、ならびに体幹部骨格筋の筋厚の総和（ MT_{total} ）と IAT の比（ MT_{total} / IAT ）との間に有意な相関を示さなかったが、体格指数および $SCAT_{total}$ との間に有意な正相関（ $r = 0.497$ および 0.513 ）を示した。また、 MT_{total} / IAT は、身長で補正した 2 ステップ長（歩行機能の指標）と有意な正相関を示した（ $r = 0.405$ ）。この結果は、筋群別の検討においても同様であった（ $MT_{RA} / IAT : r = 0.542$, $MT_{AO} / IAT : r = 0.486$ ）。

女性の HOMA-IR は、 MT_{total} / IAT と有意な負相関（ $r = -0.444$ ）を示した。この結果は、筋群別の検討においても同様であった（ $MT_{AO} / IAT : r = -0.492$, $MT_{LM} / IAT : r = -0.585$ ）。女性の MT / IAT と身体機能との間には、いずれの骨格筋群においても、有意な相関が認められなかった。

【研究 2】超音波画像を用いて評価した体幹部の組成と、身体機能・代謝疾患リスクとの関連（縦断的検討）

研究 1 の対象者のうち、男性 20 名（体格指数： $20.8 \pm 2.0 \text{ kg/m}^2$ ）と女性 16 名（ $19.6 \pm 2.0 \text{ kg/m}^2$ ）から、初回測定から 1 年後にもデータを取得することができた。

0 年目と 1 年目のデータにおいて、男性の体重には有意な変化が認められなかった。しかし対象者のうち 6 名に 2 kg を超える体重低下が認められ、1 年後測定時には、男性対象者のうち 30% が、低体重と判定された。一方、男性対象者のうち 7 名に 2 kg 以上の体重増加が認められ、そのうち 1 名が過体重（体格指数が 25.0 kg/m^2 以上）と判定された。男性における体重の変化量（体重）は、腹囲、IAT、 $SCAT_{total}$ 、血中の中性脂肪と総コレステロールそれぞれとの間に有意な正相関を（ $r = 0.514 \sim 0.927$ ）、 MT_{AO} および MT_{AO} / IAT との間に有意な負相関（ $r = -0.508$ および -0.450 ）を示した。

次に、横断的検討（研究 1 - 2）の結果を踏まえ、男性における体格指数や皮下脂肪厚と HOMA-IR、ならびに MT / IAT と 2 ステップテストの関連を検討した。その結果、背部における $SCAT$ の絶対値ならびに体重^{1/3}で補正した $SCAT$ が、HOMA-IR と有意な正相関（ $r = 0.495$ および 0.511 ）を示した。一方、 MT / IAT ではなく、外腹斜筋における $SCAT$ エコー強度が、2 ステップテストと有意な負相関（ $r = -0.473$ ）を示した。

女性の 1 年目における体重は、0 年目に比べ有意に低値を示し（体重： $-1.5 \pm 2.1 \text{ kg}$ ）、女性対象者のうち 37.5% が 1 年後測定時に低体重と判定された。女性における体重は、腹囲および

MT_{RA} との間に有意な正相関 ($r=0.805$ および 0.526) を、LM の エコー強度との間に有意な負相関 ($r = -0.537$) を示した。

次に、横断的検討 (研究 1 - 2) の結果を踏まえ、女性における MT/IAT と $HOMA-IR$ の変化量との関連を検討した。その結果、 $MTAO/IAT$ が、 $HOMA-IR$ と有意な負相関を示した ($r = -0.607$)。

【得られた成果の国内外における位置づけとインパクト】

一般に、メタボリックシンドロームなどの代謝疾患は中年齢期以降に発症するものと認識されている。しかしながら、本研究で対象とした基礎疾患のない若年男女においても、インスリン抵抗性の指標が基準値を超える者が存在した。特に若年女性のうち 20%におけるインスリン抵抗性の指標が基準値を超えていたことから、先行研究 (Sato et al. 2021) で指摘されている若齢低体重女性の糖代謝異常は、深刻であると考えられた。この観点において、若齢女性の体幹部骨格筋、特に腹斜筋群の量を腹腔厚に対して高く保つことが、糖代謝機能の悪化を予防するうえで重要となる可能性がある。この点については、今後のさらなる検討が必要である。一方、若齢男性においては、内臓脂肪の蓄積度ではなく、体幹部の皮下脂肪が、インスリン抵抗性の指標と有意に関連していた。この結果は、非肥満者における代謝疾患リスクが腹部の皮下脂肪量と最も関連することを報告した先行研究 (Tai et al. 2000; Tsai et al. 2009) を指示している。Tai et al. (2000) は、アジア人におけるインスリン抵抗性は、腹部皮下脂肪細胞のサイズが大きいことと関連すると示唆している。その一方で、我々の研究グループでは、体幹部骨格筋内への筋内脂肪蓄積度が中年齢男性におけるメタボリックシンドロームの発症率と関連することを見出した (Tanaka et al. 2023)。インスリン抵抗性の指標が基準値以上であった若齢男性の割合は若齢女性ほど高くなかったものの、日本人男性におけるインスリン抵抗性と関与する因子が、体幹部の皮下脂肪から内臓脂肪あるいは体幹部骨格筋内の異所性脂肪へと推移する年齢やメカニズムについても、今後のさらなる検討が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 北川 芙南, 小川まどか, 秋間広, 田中 恵子
2. 発表標題 医用画像を用いて評価した体幹部骨格筋の質と関連する因子の検討—栄養素等摂取量の観点から—
3. 学会等名 第26回 日本体力医学会東海地方会シンポジウム「医用画像を用いた健常者および患者における生体内情報の評価」（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kitagawa F, Akima H, Tanaka N
2. 発表標題 Factors related to echo intensity of trunk skeletal muscle in younger men and women
3. 学会等名 The 70th American College of Sports Medicine (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 北川 芙南, 秋間広, 田中 恵子,
2. 発表標題 若齢男女における体幹部骨格筋エコー強度と関連する因子の検討
3. 学会等名 第77回日本体力医学会大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔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
研究協力者	秋間 広 (Akima Hiroshi)	名古屋大学・総合保健体育科学センター・教授 (13901)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	北川 芙南 (Kitagawa Funa)	名古屋大学 / 日本学術振興会・教育発達科学研究科 / 特別研究員・博士後期課程1年 / DC1 (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関