

別紙1-1

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 小川 (矢部) まどか

論 文 題 目

身体活動量の増減が筋組織および脂肪組織へ及ぼす影響

論文審査担当者

主 査

名古屋大学総合保健体育科学センター教授 秋間 広
名古屋大学総合保健体育科学センター教授 蛭田秀一
名古屋大学総合保健体育科学センター教授 佐々木 康
名古屋大学総合保健体育科学センター准教授 田中憲子

別紙 1 - 2

論文審査の結果の要旨

本博士論文の目的は、骨格筋内の脂肪組織を測定する方法の妥当性を検討した上で、身体活動量の増減が筋組織量と骨格筋内の脂肪量へ及ぼす影響を考察することであった。1) 身体活動を制限し、身体活動量を著しく減少させたベッドレストと 2) ベッドレストをしながら、さらにトレーニングによって身体活動の強度や量を増加させた場合の筋組織量と骨格筋内の脂肪量の変化、3) 日常の身体活動量と筋組織量および骨格筋内の脂肪量との関係について検討する。身体活動量の増減による骨格筋内の脂肪量の変化が解明されれば、蓄積部位による脂肪組織の特性を理解する上で有用な情報になると考えられる。

実験 I : 異なる MRI 法による筋内脂肪割合の妥当性の検討 (第 4 章)

MRI を用いた筋内脂肪の評価には、スピンエコー法による T1 強調画像 (Ryan ら 2013, Yoshiko ら 2017) や脂肪抑制法の 1 つである Dixon 法などが用いられてきた (Alizai ら 2012, Horgel ら 2015)。Dixon 法では、強磁場内において筋組織と脂肪組織に含まれるプロトンの共鳴周波数の違いを利用し、この 2 つの組織を分離することができる。しかしながら、Dixon 法での撮影には、高度な画像処理アルゴリズムが必要となるため低磁場の MR 装置で利用することが困難であり (Alizai ら 2012)、その汎用性は T1 強調画像に劣る。本実験では、2 つの撮像法で同一被験者の同一箇所での撮影を行い、その撮像画像から算出した筋内脂肪の割合を比較して、方法間の一致性を検証した。その結果、筋内脂肪の割合は、Dixon 法よりも T1 強調画像で有意に高値を示し、この差は T1 強調画像で筋組織と脂肪組織を分けるために設定する閾値と、Dixon 法によるその閾値の差異によって生じることが示された。これらの結果から、MRI 法で筋内脂肪を評価する際には、対象とする被験者や測定目的に応じた撮像法の選択の必要性が示唆された。

実験 II : 身体不活動とその期間のトレーニングが大腿部筋組織と脂肪組織へ及ぼす影響 (第 5 章)

ベッドレストによる身体不活動によって、筋量の減少や体脂肪量の増加がみられる (Miokovic ら 2014, Belavy ら 2014)。レジスタンストレーニングは、ベッドレストによる下肢筋量の減少を軽減する効果的な対抗措置である (Pavy-Le Traon ら 2007)。近年、レジスタンストレーニングにバイブレーションを付加することによって、内臓脂肪量が減少し、皮下脂肪量の変化はみられなかったことが報告されている (Belavy ら 2014)。さらに、内臓脂肪量の変化と筋内や筋間の脂肪量の変化は、密接に関係することが明らかにされていることから (Boettcher ら 2009)、脂肪組織の蓄積する部位によって身体活動の増減による適応は異なる可能性が考えられる。本実験では、健常若齢者を対象に、56 日間のベッドレストとその期間中のレジスタンスおよびバイブレーショントレーニングが大腿部筋群の筋組織量と筋内脂肪量へ及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。また、大腿部

論文審査の結果の要旨

の筋間や皮下脂肪量を測定し、蓄積部位の異なる脂肪組織の量的変化も併せて検討した。その結果、ベッドレストによって筋組織量と筋内脂肪量の減少が認められ、特に大腿四頭筋とハムストリングスの筋組織量、大腿四頭筋の筋内脂肪量で顕著であった。レジスタンストレーニングは、大腿四頭筋の筋組織量の維持とハムストリングスおよび内転筋群の筋内脂肪量の減少をもたらした。レジスタンストレーニングにバイブレーションを付加すると、全ての筋群の筋組織量は維持されるが、その付加による筋内脂肪量のさらなる減少はみられず、レジスタンストレーニングのみと同程度の効果であることが示された。

一方、ベッドレストのみあるいはベッドレスト中のトレーニングを負荷した際の大腿部の脂肪組織の量的変化は、蓄積する部位によって異なることが示され、筋内、筋間、皮下脂肪の変化に関連性はみられなかった。筋内脂肪量および皮下脂肪量の変化率は、実験前の蓄積量と関連し、筋間脂肪量の変化率は筋組織量の変化率に関連することが示唆された。

実験Ⅲ：日常身体活動量と大腿部の筋組織および脂肪組織の関係（第6章）

日常の身体活動量は、筋量や脂肪量と密接に関係するが(Parkら2010, Morishitaら2014)、日常の身体活動量と大腿部における脂肪組織の分布や量との関係は十分に明らかにされていない。例えば、大腿部は大腿四頭筋、ハムストリングス、内転筋群で構成されており、大腿四頭筋は膝伸展動作に貢献し、ハムストリングスは膝屈曲動作に貢献するといった異なる役割を持つ。そのため、日常生活において、それらの筋群を使用する頻度や強度によって、筋組織量や脂肪量に筋群差がみられる可能性がある。本実験では、若齢者と高齢者を対象に日常の身体活動量（1日あたりの歩数や強度別活動時間）と大腿部筋群の筋組織や筋内脂肪との関係を明らかにすることを目的とした。また、大腿部の筋間、皮下脂肪を測定し、蓄積部位の異なる脂肪量と身体活動量の関係も併せて検討した。

その結果、1日あたりの歩数や3から7METsの活動時間は、若齢者では大腿部全体と全ての筋群における筋内脂肪の割合と、高齢者では体重あたり的大腿部全体の筋組織横断面積とそれぞれ有意な関係性がみられた。一方、大腿部の筋間、皮下脂肪の割合と身体活動量との間に有意な相関関係はみられなかった。大腿部の筋内脂肪の割合を説明する変数として、若齢者と高齢者で体重あたり筋組織横断面積が選択された。それ以外の変数は若齢者で3から7METsの活動時間がさらに選択され、高齢者では年齢が選択された。筋組織量以外に筋内脂肪の割合を説明する変数は、若齢者と高齢者で異なることが示唆された。

本博士論文で得られた以上の結果から、1) 身体活動の増減による大腿部の脂肪組織の量的変化は蓄積部位によって異なり、筋組織量は筋内脂肪量や筋間脂肪量と関連することが

別紙 1 - 2

論文審査の結果の要旨

示された。2) 若齢者において、中等度以上の身体活動が大腿部の筋内脂肪の割合と関連することが示唆された。この 2 つのことから、身体活動の強度や量は、筋組織および脂肪組織の量的変化を左右する要因であり、身体活動の増減による筋組織量の変化は、筋内脂肪の割合の変化と密接に関連すると結論付けた。

本研究の特徴は以下の 3 点と言える、1) MRI の撮像法の違いが骨格筋量と筋内脂肪に及ぼす影響を調べた点、2) 56 日間のベッドレスト実験という極めて取得困難なデータについて、骨格筋と各種脂肪組織量の変化を詳細に検討した点、3) 高齢者と若齢者における日常身体活動量と骨格筋、各種脂肪量との関係を定量データに基づいて詳細に検討した点。

以上のように、身体活動量の増加と減少に注目して、それを変化させた際の骨格筋量と脂肪量について調べた結果いくつかの重要な知見が得られた。科学技術やインターネット等の発展により我々の日常生活が充実し、いつでもどこでも労せずして様々な情報が取得できる時代が到来している。このような科学技術の発展に反して、身体活動量や運動時間の減少が関係すると考えられる疾病および治療に必要な莫大な医療費による経済負担が先進国のみならず世界中の国々で大きな経済的問題となっている。したがって、この研究から得られた知見を適用することによって、スポーツ生理学や健康科学の点からこのような社会的問題を少しでも解決できる可能性が示唆される。

口述審査においては、本論文に対して審査委員からは以下のような疑問点、問題点や助言が出された。1) 博士論文全体にわたり男性が対象となっているが、得られた結果が女性に対しても同様なことが言えるのか？、2) 筋組織と筋内脂肪の閾値の差が対象とした筋で異なっていたが、何に起因していたのか？、3) 画像分析から体積を算出しているが、その算出法は？、4) 個人のプロットの提示と相関係数の両者の提示が読者には理解しやすい、5) 第 6 章に参加した高齢者の方が若齢者と同等の活動量を持つ活動的な高齢者であったことがデータに影響しないか？

これらの指摘について博士学位請求者は十分に認識しており、その対応も適切なものであった。また、指摘された課題についても今後の研鑽、研究によって補うことが十分に可能であると判断した。

以上のような審査結果を経て、審査員は全員一致して、本論文を博士（教育学）の学位に値するものと判断し、論文審査の結果を「可」と判断した。