

厚生労働科学研究費補助金

循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業

筋肉の量的、質的維持がメタボリックシンドロームの予防に及ぼす効果に関する研究

-具体的な筋力トレーニングプログラムの開発-

平成20年度 総括研究報告書

主任研究者 田辺 解

平成21(2009)年 4月

## 目 次

I. 総括研究報告	1
筋肉の量的、質的維持がメタボリックシンドロームの予防に及ぼす効果に関する研究 -具体的な筋力トレーニングプログラムの開発-	
田辺 解	
II. 分担研究報告	10
メタボリックシンドローム予防のための筋力・筋量の基準の作成に関する研究	
田辺 解、久野 譜也	
III. 分担研究報告	33
短期間のライフスタイル型運動プログラムが中年勤労男性におけるメタボリックシンドローム及びア ディポサイトカインに及ぼす影響と2年間の長期的介入効果	
田辺 解、久野 譜也、前田 清司	
IV. 分担研究報告	54
中年勤労男性におけるライフスタイル型運動プログラムと精神健康度及び運動セルフエフィカシーの 変化	
久野 譜也	
V. 分担研究報告	61
中強度の筋力トレーニングが動脈ステイフネスに及ぼす影響	
田辺 解、前田 清司	
VI. 分担研究報告	67
加齢性筋萎縮に影響を及ぼす遺伝子多型の探索 -ACTN3 遺伝子多型の影響-	
田辺 解、久野 譜也、前田 清司	
VII. 研究成果の刊行に関する一覧表	76

筋肉の量的、質的維持がメタボリックシンドロームの予防に及ぼす効果に関する研究  
-具体的な筋力トレーニングプログラムの開発-

主任研究者： 田辺 解 筑波大学大学院人間総合科学研究科 研究員

研究要旨

本研究は、中年者を対象として筋力・筋量とメタボリックシンドローム（MS）の関係を明らかにし、MS 予防のための筋力・筋量の基準を作成すること、及び筋力トレーニングによる筋力・筋量の変化が、MS 予防に及ぼす影響を検討し、具体的なプログラムを開発することを目的とした。本年度は、3 年計画の 3 年目として以下の課題について研究をまとめた。

1. メタボリックシンドローム予防のための筋力・筋量の基準の作成

前年度と同テーマについて、対象者を追加して再度検討を行った。24～64 歳の成人男女 757 名を対象として、MS 群、予備群、及び非該当群に分類し、MS 群と予備群を合わせた「メタボ群」と非該当群の二群について、筋因子を比較した。いくつかの筋の量的、質的指標について、非該当群に比べてメタボ群で低い値を示したことから、筋の質的・量的因子は MS に影響を及ぼす可能性が示唆された。また、筋量の相対的な指標である筋肉率と MS リスク発現確率との間に有意な関係性が認められ、MS 予防のための筋肉率の基準値を定める上で、重要な基礎的データが得られた。

2. メタボリックシンドローム予防のための具体的な筋力トレーニングプログラムの開発

前年度までは、特定保健指導等の指導現場での利用を想定した上で、ライフスタイルに合わせて行う筋力トレーニングプログラム（ライフスタイル型プログラム；職域等の多人数組織への同時介入を想定）や施設内で指導員のもとで行う筋力トレーニングプログラム（施設型プログラム；少人数への積極的介入を想定）が MS に及ぼす効果について検討し、各プログラムが MS 改善あるいは予防に有効であることを確認した。本年度は、それらのプログラムにおける MS 改善効果のメカニズムを明らかにするために、中年者を対象とした筋力トレーニングを含む運動プログラムが、アディポサイトカイン、動脈ステイフネス、精神健康度、及びセルフエフィカシー（身体活動実施の自信）に及ぼす影響について検討した。また、ライフスタイル型プログラムの MS 予防効果について、初年度では短-中期的（3ヶ月、9ヶ月間）な効果を検討したが、本年度では長期間（2年間）に渡る実施の効果を検討した。

さらに、遺伝的な観点から、筋力や筋量に影響を及ぼすとされる遺伝子多型とサルコペニア（加齢に伴う筋量減少）の関係性について検討し、MS 予防に関与する遺伝子の探索を試みた。

中年勤労者を対象としたライフスタイル型運動プログラムは、アディポサイトカインの分泌状態を

改善させることが示唆され、内臓脂肪の減少も促進される可能性が示された。なお、ライフスタイル型運動プログラムの長期的なMS改善・予防効果について、3ヶ月で認められたMS改善効果は、2年後も維持されていた。また、同プログラムにより、精神健康度やセルフエフィカシーが改善されることも明らかとなった。

高強度の筋力トレーニングは、動脈スティフネスを増大させると危惧されているが、本研究で実施したMS予防のための施設型の中強度筋力トレーニングプログラムは、動脈スティフネスに影響を及ぼさないことが示された。

加齢性筋萎縮（サルコペニア）は、加齢にともなう筋力や歩行機能の低下、及び代謝異常に影響を及ぼす可能性があることから、MS予防または介護予防においてサルコペニアに対する対策を検討することは重要である。本研究では $\alpha$ アクチニン3遺伝子のXX型をもつ対象者は、サルコペニアを生じやすい可能性が示唆された。

#### 分担研究者

久野 譜也  
筑波大学大学院人間総合科学研究科 准教授

前田 清司  
筑波大学大学院人間総合科学研究科 講師

#### A. 研究目的

生活習慣病対策を推進するにあたって「予防」の重要性は十分に認識されている点であり、ハイリスクアプローチだけではなくポピュレーションアプローチとしての具体的な生活習慣病予防法の確立が望まれている。特に、軽度の症状であっても重複化すると脳・心血管疾患のリスクが高まるというメタボリックシンドローム（MS）のような病態に対する予防策の必要性が高まっている。

運動は脳・心血管疾患リスクを軽減させることから、生活習慣症予防策の一つとして期待される。一般的に予防効果が期待される運動トレーニングには、有酸素性トレーニングと筋力トレーニングが挙げられるが、筋力トレーニングが生活習慣病に及ぼす影響を検討した研究は有酸素性トレーニングに比べて少なく、中でも生活習慣病予防

やMS予防という観点での検討は僅かである。最近になってJurcaら（2004, 2005）が米国人を対象とした大規模な疫学研究により、有酸素性能力だけでなく筋力の高い者ほどMSの有病率が低くなる可能性を初めて報告した。このように少しずつエビデンスが蓄積され始めたところであるが、現時点では筋力トレーニングによる筋肉の質的、量的な維持・増進がMS予防に重要であると一般的に認識されながらも、これらの因果関係及びメカニズムについては十分に検証されていないというのが実状であり、特に日本人を対象とした研究はほとんどない。

そこで本研究は、MSのリスクが高まる中年者を対象として、筋力・筋量を中心とした体力要因とMS連因子との関係性を明らかにするとともに、筋力トレーニングに伴う筋肉の質的、量的な変化がMS予防にどのような影響を及ぼすかについて詳細なメカニズムを踏まえながら検討することを目的とした。本研究の結果として、下記の2点の成果が期待される。

- ① MS予防のための筋力・筋量の基準値が示される。
- ② MS予防のための具体的な運動の指針、特に

筋力トレーニングのプログラムが開発される。

## B. 研究方法

### 1. メタボリックシンドローム予防のための筋力・筋量の基準の作成

本課題は、健康な中年者における筋量、及び筋力がMSに及ぼす影響について横断的に検討し、最終的には筋量、及び筋力の基準値を設定することを目的として計画された。

24-64歳の成人男女757名を対象として、日本人のMS診断基準に基づき、MS群、予備群、及び非該当群に分類しMS群と予備群を合わせたメタボ群と非該当群の二群について、筋因子を比較した。筋量の指標には、インピーダンス法で評価した全身筋肉量、筋肉率(体重あたりの全身筋肉量)、及びMRIで測定した大腿筋と大腰筋の横断面積(CSA)を用いた。筋力の指標として、最大等速性膝関節、股関節筋力、握力、上体起こし回数、及び椅子座り立ち時間を用いた。

### 2. メタボリックシンドローム予防のための具体的な筋力トレーニングプログラムの開発

本課題では、保健指導現場等で実際に実施されるMS解消又は予防のための運動指導を想定した上で、筋力トレーニングがMS予防や解消に及ぼす影響を検討し、MS予防のための具体的な筋力トレーニングプログラムを開発することを目的として計画された。

#### 2-1-1. ライフスタイル型運動プログラムの短期的及び長期的MS予防効果とそのメカニズムに関する研究

運動習慣のない多忙な中年勤労者を対象としたメタボリックシンドローム(MS)改善又は予防のための筋力トレーニングプログラムの開発を念頭において、筋力トレーニング、有酸素性運動

トレーニング、及び体重コントロールを組み合わせたライフスタイル型運動プログラムの短期的(3ヶ月間)なMS改善・予防効果とそのメカニズムについて検討を行った。また、このプログラムについて、長期的(2年間)なMS改善・予防効果についても検討を加えた。

25-61歳の中年勤労男性84名を対象とし、無作為に介入群68名(45.9±7.7歳)と、対照群16名(49.3±7.9歳)に分類された。介入群は、自体重負荷の筋力トレーニング(7種目、週5回)、身体活動量の増加(1日8,000~10,000歩)及び体重コントロール(BMIの標準値に近づくことを目標とした摂取カロリー制限と消費カロリーの増加を併せた減量)の3つを組み合わせたライフスタイル型運動プログラムを24ヶ月間実施した。筋力トレーニング及び身体活動量の増加は、個人のライフスタイルに合わせて、仕事の休憩時間や休日などで実施した。なお、対象者の管理及び動機づけは、ITシステムにより一括管理された。

介入前と3ヶ月後に体組成、MS関連因子(MS判定因子及びアディポサイトカイン等)、体力、筋・腹腔内脂肪横断面積、食事摂取量、及びトレーニング実施状況と時間帯を評価した。さらに、介入24ヶ月後において、体組成、MS関連因子、体力、食事摂取量、及びトレーニング実施状況を評価した。

#### 2-1-2. ライフスタイル型運動プログラムと精神的健康度及び運動セルフエフィカシーの変化に関する研究

中年男性は、運動不足や肥満者の割合が多く、また不安や抑うつなど精神面の不調を訴える者も多い。また運動は、身体的のみならず精神的にも効果を与えることが示されてきているが、就業

内容や通勤などの影響が大きい勤労者の生活習慣において運動を習慣化させることは容易ではなく、時間的及び環境的に実施可能で、かつ効果的な運動プログラムの開発が求められている。

そこで本研究では、中年勤労男性を対象とし、勤労者の生活スタイルに配慮したライフスタイル型の運動プログラムを提供し、精神健康度及び運動セルフエフィカシーに及ぼす影響を検討した。

民間企業に所属する40歳から59歳までの中年勤労男性97名(47.7±5.9歳)を対象とし、ライフスタイル型運動プログラム(2-1-1の項と同様のプログラム)を9ヶ月間実施させた。

9ヶ月間の介入前後に、精神健康度と運動セルフエフィカシーを調査した。精神健康度は、精神健康調査票(日本版 General Health Questionnaire 28: GHQ28)を用いて、運動セルフエフィカシーは、運動セルフエフィカシー尺度(岡, 2003 に準拠して作成)を使用して評価した。

## 2-2. 中強度の筋力トレーニングが動脈ステイフネスに及ぼす影響

筋力トレーニングは、筋力の増強や骨粗鬆症の予防などの観点から重要である。高強度の筋力トレーニングは、大動脈などの中心動脈の硬化度(ステイフネス)を増大させる。しかし、健康の維持・増進やMS予防のために実施する中強度の筋力トレーニングが中心動脈のステイフネスに及ぼす影響について不明である。本研究では、健康の維持・増進やMS予防を目的とした中強度の筋力トレーニングが中心動脈のステイフネスに及ぼす影響について検討した。

32-59歳の中年女性35名を対象とし、筋力トレーニング群(11名)、有酸素性運動トレーニン

グ群(12名)、コントロール群(12名)の3群に分けた。筋力トレーニング群および有酸素性運動トレーニング群は、中強度のそれぞれの運動トレーニングを週に2日の頻度で、12週間実施した。

トレーニングの前後に血圧脈波検査装置(form PWV/ABI, オムロンコーリン社製)を用いて、頸動脈-大腿動脈間の脈波伝播速度および大腿動脈-足首動脈間の脈波伝播速度を測定した。頸動脈-大腿動脈間の脈波伝播速度は中心動脈のステイフネスを示し、大腿動脈-足首動脈間の脈波伝播速度は末梢動脈のステイフネスを示す。同時に収縮期血圧と拡張期血圧も測定した。

## 2-3. 加齢性筋萎縮に影響を及ぼす遺伝子多型の探索 -ACTN3 遺伝子多型の影響-

筋量の維持・増加は、MS予防に繋がるとされているが、筋量は加齢とともに減少することがわかっている。この現象を「加齢性筋萎縮(サルコペニア)」といい、加齢にともなう筋力や歩行機能の低下、及び代謝異常に影響を与えている可能性がある。したがって、MS予防または介護予防においてサルコペニアに対する対策を検討することは重要である。

本研究課題では、サルコペニアに影響を及ぼす遺伝子多型としてACTN3 遺伝子多型に注目し、この多型がサルコペニアに影響を与えるかについて検討を行った。

29歳から78歳までの明らかな疾患を有さない女性162名を対象として、血液から抽出したDNAを用いてReal-time PCR法によりACTN3 R577X 遺伝子型の分類を行なった。下肢の筋量はMRIによる大腿部筋横断面積で評価した。また、対象の特徴として、身長や体重、BMI、身体活動量、血液成分濃度を測定した。

### 3. 倫理面への配慮

- ・実験に先立ち、全ての対象者に実験の趣旨と内容を十分に説明し、インフォームドコンセントを得た。
- ・個人情報の保護のために最大限の努力を払った。
- ・医師による問診・メディカルチェックを行い運動実施が可能であるかを判断した。
- ・本研究実施計画書の全体面については、筑波大学大学院人間総合科学研究科の倫理委員会にて承認された。なお、遺伝情報を扱う研究については、筑波大学大学院人間総合科学研究科医の倫理委員会 ヒトゲノム・遺伝子解析研究及び疫学研究の倫理審査の承認を受けたものである。対象者に対し本研究がヘルシンキ宣言の趣旨に沿った倫理的配慮のもとに行われることを理解させた上で文書による同意を得た。

## C. 結果及び考察

### 1. メタボリックシンドローム予防のための筋力・筋量の基準の作成

筋肉率、大腿筋 CSA、及び体重あたりの下肢等速性筋力は、非該当群に比べてメタボ群でより低い値となる傾向がみられた。これらのことは、筋量や筋力が MS に影響を及ぼしている可能性を示しており、MS 予防において筋の量的・質的維持の重要性が示唆された。なお、インピーダンス法を用いて評価した筋肉率は、性別に関わらずメタボ群と非該当群の間に大きな違いが認められた。したがって、筋肉率について MS 予防のための基準値を定めることを試みた。結果として筋肉率が高いほど、MS となるリスク発現確率が低くなることが示唆され、例えば MS リスク発現確率を 10%未満と考えるならば、男性では 33.5%以上、女性では 25.8%以上が必要となるというような基準値が示された。基準値をその程度のリスク発現確

率で定めるかについては、詳細な議論が必要であるが、これらの成果は MS 予防のための筋肉率の基準値を決定する上で重要な基礎データとなった。

### 2. メタボリックシンドローム予防のための具体的な筋力トレーニングプログラムの開発

#### 2-1-1. ライフスタイル型運動プログラムの短期的及び長期的 MS 予防効果とそのメカニズムに関する研究

介入 3 ヶ月後において、介入群における MS 該当者の割合が有意に減少した (46%→19%)。MS 関連因子の中でも、臍位周径と血圧が対照群と比べて介入群で有意に変化した。筋横断面積に有意な変化は認められなかったものの、腹腔内脂肪面積が介入群でより大きく減少する傾向がみられた。さらに、アディポネクチンは介入群で増加する傾向がみられ、レプチンは有意に減少した。また、介入群では筋力と持久力の向上も認められた。なお、MS 関連因子の改善程度は、食事の変化よりも筋力トレーニングの実施頻度や身体活動量の変化と顕著な相関性がみられ、筋力トレーニングの頻度が多い、あるいは身体活動量が多いほど MS の改善が大きかった。

介入 24 ヶ月後において、MS 該当者の割合は、介入 3 ヶ月後の MS 該当者の割合に比べてやや増加したものの、介入前と比べて有意に低値を示したままであった。

以上のことから、中年勤労者を対象に行ったライフスタイル型運動プログラムは、短期的な MS 改善・予防効果だけでなく、長期的な効果もあることが確認された。また、当プログラムは、内臓脂肪を減少させ、アディポサイトカインの分泌状態を改善させることで、MS 改善が促された可能性が示唆された。

## 2-1-2. ライフスタイル型運動プログラムと精神健康度及び運動セルフエフィカシーの変化に関する研究

介入9ヶ月後に、開始前の精神健康度が悪化傾向にあった者(23名)では、精神健康度、その下位尺度である身体的症状、不安と不眠が有意に改善していた。また、期間中の歩数、10分以上連続歩行時間、筋力トレーニング実施回数が多い者では、運動実施の自信である運動セルフエフィカシーが大きく向上していた。

以上より、中年勤労者に対するライフスタイル型の運動プログラムは、悪化傾向にあった精神健康度を改善させる効果を持つこと、さらに、ライフスタイル型の運動プログラムで身体活動量を高く維持するためには運動セルフエフィカシーを変化させることが重要である可能性が示唆された。

## 2-2. 中強度の筋力トレーニングが動脈スティフネスに及ぼす影響

中強度の筋力トレーニング群では、介入後に最大筋力が有意に増大した。動脈スティフネスの指標として測定した頸動脈-大腿動脈間および大腿動脈-足首動脈間の脈波伝播速度は、筋力トレーニングの介入前後で変化しなかった。有酸素性運動トレーニング群では、頸動脈-大腿動脈間の脈波伝播速度が介入後に有意に低下した。すなわち、中強度の筋力トレーニングは、高強度の筋力トレーニングで観察される中心動脈スティフネスの増大を惹起せずに筋力を増大させることが示唆された。

## 2-3. 加齢性筋萎縮に影響を及ぼす遺伝子多型の探索 -ACTN3 遺伝子多型の影響-

全対象者における年齢の中央値である60歳を

境として、中年群(82名、50.6±8.5歳)と高齢群(80名、66.8±4.5歳)に分け、ACTN3 遺伝子多型が筋横断面積に及ぼす影響を検討した結果、中年群の筋横断面積は、遺伝子多型の影響がみられなかったものの、高齢群ではαアクチニン3を欠損しているXX型の多型をもつ対象者において、RR&RX型を持つ者よりも大腿筋筋横断面積が有意に小さかった。

以上のことから、ACTN3 遺伝子多型は高齢期以降の下肢筋量に影響を与えることが示唆され、特にXX型の多型をもつ対象者はサルコペニアを生じやすい可能性が示された。

## D. 結論

一つ目の課題であるMS予防のための筋量・筋力の基準の作成については、24-64歳の成人男女757名のデータベースにおいて、MSのリスクを多く保有する群ほど筋肉率、大腿筋CSA、及び体重あたりの下肢等速性筋力が非該当群に比べてメタボ群でより低い値となる傾向にあった。これらの結果は、筋量や筋力がMSに影響を及ぼす可能性を示している。また、最終目標である基準値の作成については、インピーダンス法で測定される筋肉率について、MS予防のための基準値となりうるデータが男女別に示された。

二つ目の課題である、MS予防のための具体的な筋力トレーニングプログラムの作成について、ライフスタイル型運動プログラムは、3ヶ月という短期間で、大きなMS改善効果が得られることが明らかとなり、その改善効果は2年後まで維持された。MS改善効果について、詳細に検討したところ、臍位周径の減少のみならず、内臓脂肪量の減少及びアディポサイトカインの分泌量の改善も認められることがわかった。また、介入9ヶ月後には、精神健康度の改善効果もみられた。



個人のライフスタイルに合わせて運動を行うようなプログラムであっても、MS 発症の主要因である内臓脂肪蓄積を改善・予防することが可能であるという科学的根拠が示されたこと、これに加えて長期間にわたって効果が維持されることが明らかとなったことは、当プログラムを普及・推進する上で重要なデータが示された。さらに、勤労者にとって、近年、問題となっている精神健康度に対しても、本プログラムによって改善されることが明らかとなり、勤労者に対する MS 予防プログラムとして、ライフスタイル型運動プログラムは有用であると考えられた。

また、従来、高強度の筋力トレーニングは動脈スティフネスを増加させると報告されているが、本研究で検証した中強度の筋力トレーニングここでは、動脈スティフネスを増加させなかった。これらの結果は、健康の維持・増進や MS 予防に、中強度の筋力トレーニングが大きな意義を有する可能性があると考えられた。

加齢性筋萎縮（サルコペニア）の予防は、MS 予防や介護予防において重要である。本研究では、ACTN3 遺伝子多型が高齢期以降の下肢筋量に影響を与えることが示唆され、 $\alpha$  アクチニン 3 を欠損している XX 型の多型をもつ対象は、サルコペニアが生じやすい可能性が示された。ゆえに、この遺伝子多型はサルコペニアの進行度を予測するための一つの指標と成りえる可能性がある。

#### E. 健康危険情報

該当なし

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

- 1) Mutsuko Yoshizawa, Seiji Maeda, Asako Miyaki, Maiko Misono, Yoko Saito, Kai

Tanabe, Sinya Kuno, Ryuichi Ajisaka. Effect of 12 weeks of moderate-intensity resistance' training on arterial stiffness: A randomized controlled trial in women aged 32-59. Br J Sports Med. (in press)

##### 2. 学会発表

- 1) 田辺解, 横山典子, 坂戸洋子, 前田有美, 前田清司, 久野譜也. 中年勤労者男性におけるメタボリックシンドローム関連因子と体力の関係. 日本体力医学会大会, 神戸, 2006.9
- 2) 横山典子, 前田有美, 長谷部佳奈子, 田辺解, 前田清司, 久野譜也. 中年勤労男性における精神健康度及び身体活動の習慣化. 日本体力医学会大会, 兵庫, 2006.9
- 3) 田辺解, 前田有美, 坂戸洋子, 大槻毅, 家光素行, 久野譜也. 減量を伴う複合的運動プログラムが中年女性のメタボリックシンドロームに及ぼす影響. 日本運動生理学会, 弘前, 2007.7
- 4) 横山典子, 田辺解, 大塚貞明, 前田清司, 久野譜也. メタボリックシンドローム予防を目的としたライフスタイル型運動プログラムが中年勤労男性における精神健康度に及ぼす影響. 日本体力医学会大会, 秋田, 2007.9
- 5) 田辺解, 横山典子, 膳法浩史, 坂戸洋子, 大塚貞明, 前田清司, 家光素行, 久野譜也. メタボリックシンドローム予防のためのライフスタイル型運動プログラムが中年勤労者の筋因子に及ぼす影響. 日本体力医学会大会, 秋田, 2007.9
- 6) 坂戸洋子, 田辺解, 横山典子, 齋藤直美,

- 福田佳奈子, 松村千夏, 久野譜也. 1食を低エネルギー量に固定化した減量プログラムの効果に関する研究. 日本体力医学会大会, 秋田, 2007.9
- 7) 横山典子, 田辺解, 大塚貞明, 前田清司, 久野譜也. メタボリックシンドローム予防を目的としたライフスタイル型運動プログラムが中年勤労男性における精神健康度に及ぼす影響. 日本体力医学会大会, 秋田, 2007.9
- 8) 膳法浩史, 田辺解, 村上晴香, 家光素行, 前田清司, 福永哲夫, 久野譜也. アクチニン3遺伝子多型が中高齢女性における大腿筋横断面積に及ぼす影響-SATプロジェクト193-. 日本体力医学会大会, 秋田, 2007.9
- 9) 家光素行, 前田清司, 田辺解, 大槻毅, 横山典子, 久野譜也. メタボリックシンドロームにおけるライフスタイル型運動プログラムは動脈 stiffness とアディポサイトカインを改善する. 日本体力医学会大会, 秋田, 2007.9
- 10) 前田有美, 田辺解, 横山典子, 膳法浩史, 大槻毅, 前田清司, 久野譜也. 筋力トレーニングの強度の違いが中年女性の精神的要素に及ぼす効果. 日本体力医学会大会, 秋田, 2007.9
- 11) 田辺解, 横山典子, 前田清司, 家光素行, 坂戸洋子, 難波秀行, 膳法浩史, 久野譜也. ライフスタイル型運動プログラムが中年勤労者のメタボリックシンドロームに及ぼす影響. 日本体育学会大会, 神戸, 2007.9
- 12) Kai Tanabe, Noriko Yokoyama, Seiji Maeda, Motoyuki Iemitsu, Yoko Sakato, Hideyuki Nanba, Hirofumi Zempo, and Shinya Kuno. Development of a metabolic syndrome preventive program for office workers: effects of 3 months exercise intervention. Korean Association of Certified Exercise Professionals 9th Annual Meeting, Daegu, Korea, June 2008
- 13) Kai Tanabe, Noriko Yokoyama, Seiji Maeda, Motoyuki Iemitsu, Yoko Sakato, Hideyuki Nanba, Hirofumi Zempo, and Shinya Kuno. Effects of a lifestyle-based physical activity program on metabolic syndrome in Japanese male office workers. 13th Annual Congress of the European College of Sport Science, Estoril, Portugal, July 2008
- 14) Hirofumi Zempo, Kai Tanabe, Haruka Murakami, Motoyuki Iemitsu, Seiji Maeda, and Shinya Kuno. Association of muscle related factor polymorphisms and thigh muscle cross-sectional area in Japanese postmenopausal women. 13th Annual Congress of the European College of Sport Science, Estoril, Portugal, July 2008
- 15) Hirofumi Zempo, Kai Tanabe, Haruka Murakami, Motoyuki Iemitsu, Seiji Maeda, Tetsuo Fukunaga, and Shinya Kuno. Effects of ACTN3 R577X polymorphism on static torque of knee extensor muscle and leg extension power in postmenopausal women. 7th World Congress on Aging and Physical Activity, Tsukuba, Japan, July 2008
- 16) Noriko Yokoyama and Shinya Kuno. 'Exercise Adherence Promotion to Resistance Training in the Elderly', Workshop (invited) on 7th World Congress on Aging and Physical Activity, Tsukuba, Japan, July 2008

- 17) 金正訓, 田辺解, 佐藤広徳, 大島秀武, 志賀利一, 大塚貞明, 久野譜也. メタボリックシンドローム予防及び改善に有効な身体活動量の検討. 日本体力医学会大会, 大分, 2008.9
- 18) 佐藤広徳, 田辺解, 難波秀行, 大島秀武, 志賀利一, 久野譜也. インピーダンス法による下肢筋量測定の有用性について. 日本体力医学会大会, 大分, 2008.9
- 19) 横山典子, 田辺解, 大塚貞明, 前田清司, 久野譜也: ライフスタイル型運動プログラムに参加した中年勤労男性における運動の習慣化を促進させる要因. 日本体力医学会大会, 大分, 2008.9
- 20) 膳法浩史, 田辺解, 村上晴香, 家光素行, 前田清司, 中野由香利ダニエーラ, 久野譜也.  $\alpha$ アクチニン 3 遺伝子多型がサルコペニアに与える影響. 日本体力医学会大会, 大分, 2008.9
- 21) 吉澤睦子, 前田清司, 齊藤陽子, 田辺解, 久野譜也, 鯉坂隆一. 中年女性における中等度レジスタンストレーニングが動脈ステイフネスに及ぼす影響. 日本体育学会大会, 東京, 2008.9
- 22) 田辺解, 横山典子, 前田清司, 膳法浩史, 久野譜也. 中年者における筋の量的・質的因子とメタボリックシンドロームの関係. 日本体育学会大会, 東京, 2008.9
3. その他  
該当なし

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業）  
分担研究報告書

メタボリックシンドローム予防のための筋力・筋量の基準の作成に関する研究

主任研究者： 田辺 解 筑波大学大学院人間総合科学研究科 研究員

分担研究者： 久野 謙也 筑波大学大学院人間総合科学研究科 准教授

### 研究要旨

本研究課題では、健康な中年者における筋量、及び筋力がメタボリックシンドローム（MS）に及ぼす影響について横断的に検討し、最終的には筋量、及び筋力の基準値を設定することを目的とした。

24～64歳の成人男女757名を対象として、日本動脈硬化学会等により定められた日本人のMS診断基準（2005）に基づき、MS該当群+予備群（メタボ群）と非該当群の二群に分類した。筋量の指標には、インピーダンス法で評価した全身筋肉量、筋肉率（体重あたりの全身筋肉量）、及びMRIで測定した大腿筋と大腰筋の横断面積（CSA）を用い、筋力の指標には、最大等速性膝関節・股関節筋力、握力、上体起こし回数、及び椅子座り立ち時間を用いた。これらの筋量と筋力を、メタボ群及び非該当群の二群で比較した。

結果として、筋肉率、大腿筋CSA、体重あたりの下肢等速性筋力、及び上体起こし回数は、非該当群に比べてメタボ群でより低い値となる傾向がみられた。これらのことは、筋量や筋力がMSに影響を及ぼしている可能性を示しており、MS予防において筋の量的・質的維持の重要性が示唆された。なお、インピーダンス法を用いて評価した筋肉率は、性別に関わらずメタボ群と非該当群の間に大きな違いが認められたことから、筋肉率についてMS予防のための基準値を定めることを試みた。筋肉率が高いほど、MSとなるリスク発現確率が低くなることが示唆され、例えばMSリスク発現確率を10%未満と考えるならば、男性では33.5%以上、女性では25.8%以上が必要となるというような基準値が示された。

#### A. 研究目的

筋の量的・質的維持、増進はメタボリックシンドローム（MS）予防に重要であることは認識されながらも、筋の量的・質的因子がMSに及ぼす影響についてのエビデンスは少ない。特に日本人を対象としたものはほとんどない。また、2006年に厚生労働省より発表された運動基準において、体力要素としての筋力の重要性が記されている

ものの、筋力の基準値は「性・年齢別の平均値」といった定性的な表現にとどめられている（運動所要量・運動指針の策定検討委員会 2006）。一方、全身持久力の基準値は、性・年代別の具体的な数値が定められており、筋量や筋力についても具体的な基準値の設定が期待される。本研究課題では、健康な中年者における筋量、及び筋力がMSに及ぼす影響について横断的に検討し、最終的には

MS 予防のための筋量、及び筋力の基準値を設定することを目的とした。

## B. 研究方法

### 1. 対象者

23-64 歳の成人男女 757 名を対象とした。対象者は代謝性疾患の軽度異常者（薬物治療）が含まれるものの、重篤な疾病を有さない自立した生活を送る者であった。なお、対象者は茨城県つくば市の地域情報誌の広告による募集と茨城県つくば市の民間企業 S 社、及び東京都江戸川区の民間企業 L 社の研究協力によって集められた。

対象者の性別及び年齢は下記の通りであった。

全体(757名) : 44.3±9.4 歳 (23-62 歳)

男性(360名) : 43.9±9.2 歳 (24-62 歳)

女性(397名) : 44.7±9.5 歳 (23-60 歳)

また、各年齢層における対象者数を表 1 に示した。

表 1. 各性別・年齢層における対象者数(単位:人)

	男性	女性	合計
23-29 歳	28	29	57
30-39 歳	87	95	182
40-49 歳	143	122	265
50-59 歳	92	146	238
60-62 歳	10	5	15
合計	360	397	757

### 2. 測定項目

#### ①MS 関連因子と MS 判別

・臍位周径囲：安静・空腹時に立位で軽呼吸時に臍位の周径囲を巻き尺により 3 回計測し、それらの平均値を測定値とした。

・収縮期/拡張期血圧：10 分以上安静にした後、座位姿勢で自動血圧計 (HEM-780、オムロン社製) を用いて上腕の血圧を測定した。血圧は安定する

まで数回測定した後、2 回測定してより低い方を採択値とした。

・血液検査：10 時間以上の絶食後に早朝安静空腹時に採血を実施し、血液試料から以下の MS 関連指標を分析した。

空腹時血糖 (FG)、HbA1c、トリグリセリド (TG)、HDL コレステロール (HDL-CHO)、LDL コレステロール (LDL-CHO)、総コレステロール (T-CHO)

#### <MS の判別>

日本動脈硬化学会等により定められた日本人の MS 診断基準 (メタボリックシンドローム診断基準検討委員会 2005) に基づき、MS を判別した。

臍位周径囲が男性 85 cm、女性 90 cm 以上で、かつ血圧 (収縮期/拡張期 130/85 mmHg)、血中脂質 (TG 150 mg/dl 以上、HDL-CHO 40 mg/dl 未満)、及び血糖 (110 mg/dl 以上) の基準を超える項目が 1 つの対象者を予備群、2 つ以上の対象者を MS 群、それ以外を対象者を非該当群とした。なお、高 TG 血症、低 HDL-C 血症、高血圧、糖尿病に対する薬物治療を受けている場合は、それぞれの項目に含めた。予備群の定義については、平成 18 年国民健康・栄養調査における分類に基づいた。また、本研究では、MS 群と予備群を併せた群を「メタボ群」と定義し、筋因子について非該当群との比較を行った。

#### ②体組成 (筋肉率、全身筋肉量など)

生体電気インピーダンス測定装置 (HBF-352 prototype、オムロン社製) により、両手間及び両手-両足間のインピーダンス値を測定した。なお、測定は食後 5 時間以上経過した安静時に実施した。測定姿勢は、両足と両手に電極を接触させたうえで、立位姿勢にて両腕を地面と水平にかつ正面に伸ばした状態とした。測定されたインピーダンス値から、全身の筋肉量及び体脂肪量を算出し、それぞれを体重当たりに換算した筋肉率と体

脂肪率を求めた。なお、体重と身長も併せて測定した。

### ③筋横断面積

MRI装置(0.25 T 永久磁石コイル型磁気共鳴画像撮影装置: AIRIS mate, Hitachi Medical Co.)を用いて、腹部(脊椎4-5番の椎間板の中心位置)及び大腿部50%部位(右脚大転子と頸骨頭外側顆間結節の間の50%部位)の横断画像を撮影した。腹部画像からは大腰筋(左右合計)の横断面積(CSA)を、大腿部画像からは大腿筋CSAを画像解析ソフトウェア(NIH image ver. 1.62, National Institute of Health)により算出した。

### ④筋力

・等速性筋力: 等速性筋力測定機器(Biodex system3, Biodex medical systems inc.)を用い、右脚における等速性(60°/秒)の膝関節伸展/屈曲及び股関節屈曲筋力を測定した。各種目について、対象者に最大努力での筋力発揮を5回行わせ、ピークトルクを等速性筋力として評価した。

・握力: デジタル握力計(GRIP-D、竹井機器工業)により立位姿勢で握力を左右2回測定し、左右それぞれ良い方の記録の平均値を測定値とした。

・上体起こし回数: 仰臥姿勢で膝を90°に曲げ、両腕を組んだ状態で30秒間内に上体を起こした(大腿部と両肘が付いた)回数を測定した。

・椅子座り立ち時間: 規定(座面の高さ42 cm)の椅子から立ち上がり-座る動作を10回繰り返したときに要する時間を測定した。

### ⑤健康状態及び生活習慣の調査

任意に作成した調査票を用いて喫煙習慣、運動習慣、関節痛・腰痛症状、月経の状態などの健康状態及び生活習慣について調査した。

## 3. 統計解析

統計量は、基本的に平均値±標準偏差で示した。

ただし、共分散分析を行った場合は、平均値±標準偏差で示した。二群間の差の検定には、等分散にあることを確認した後、対応のないT検定を実施した。各変数について、メタボ群と非該当群の比較を行う際に、二群間で年齢や体重に有意な差が認められた場合は、差がみられた変数を共変数とした共分散分析により比較を行った。

筋因子とMS関連因子の関係性を検討するにあたり、年齢あるいは体重を制御変数とした偏相関分析を行った。

MSリスク発現確率と筋肉率の関係性を検討するために、決定樹分析、一般化線形モデル(GLIM: Generalized Linear Models)、あるいは一般化加法モデル(GAM: Generalized Additive Models)を用いて各変数間の関係性を表した。

基本統計量、T検定、共分散分析、及び偏相関分析の統計処理には、統計解析ソフトウェアDr. SPSS II for Windows (SPSS Japan, Inc.)を、決定樹分析、一般化線形モデル(GLIM)、及び一般化加法モデル(GAM)の統計分析にはR-2.8.0 (Free Software Foundation, Inc., GNU General Public License)を用いた。有意水準は $p < 0.05$ とした。

## 4. 倫理面への配慮

- ・実験に先立ち、全ての対象者に実験の趣旨と内容を十分に説明し、インフォームドコンセントを得た。
- ・個人情報の保護のために最大限の努力を払った。
- ・医師による問診・メディカルチェックを行い運動実施が可能であるかを判断した。
- ・本研究実施計画書の全体面については、筑波大学大学院人間総合科学研究科の倫理委員会にて承認された。

## C. 結果及び考察

### 1. 対象者の特性

メタボ群、及び非該当群における対象者の特性を表2-A&Bに示した。年齢は、非該当群に比べて男女ともにメタボ群で有意に高かった。また、身長に二群間の差はみられなかったが、BMI、体脂肪率、及びMS関連因子は非該当群に比べてメタボ群で有意に高かった。

男性におけるMS群の割合は、約35%であり、予備群を含めると約47%であった。一方、女性におけるMS群の割合は約15%で、予備群を合わせると約27%であった。平成18年国民健康・栄養調査において調査された20歳～59歳の男性におけるMS群の割合は約12%で、予備群を含めると約33%であり、女性におけるMS群の割合は約3%、予備群を含めた割合は約7%であった(厚生労働省, 2006)。したがって、本研究の対象者は、男女ともにMS群・予備群の割合が比較的大きい集団であったと言える。

### 2. 筋肉率と全身筋肉量の比較

筋肉率及び全身筋肉量のデータが得られた対象者(男性360名、女性397名)の身体的特徴を表2-A&Bに示した。メタボ群と非該当群の間に年齢及び体重差が認められたため、筋肉率は年齢を、全身筋肉量は年齢と体重を共変量とした共分散分析により二群を比較した。

結果として、筋肉率及び全身筋肉量は、男女ともに非該当群に比べてメタボ群で有意に低い値を示した(表3-A&B、図1-A&B)。

インピーダンス法より推定された筋量の妥当正については議論の余地があるが、いくつかの研究でその妥当性が明らかになっている(Pietrobelli et al. 1998, Janssen et al. 2000)。また、我々は本研究で用いた生体電気イ

ンピーダンス測定装置(HBF-352 prototype、オムロン社製)を用いて、測定されたインピーダンス値から推定した筋量とMRIで評価した筋量との間に有意な高い相関関係があることを確認した(図2-A、2-B)。なお、測定値の変動係数(CV: coefficient of variation)は、0.3%であった。これらのことは、全身のインピーダンス値から全身筋肉量を推定することが妥当であり、比較的精度良く評価が可能であることを示唆している。

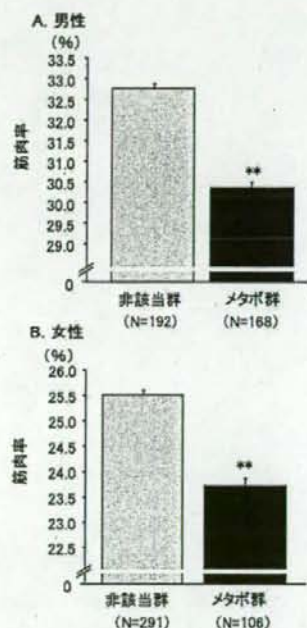


図1. 各群における筋肉率

平均値±SE, 年齢で補正した値を示す。\*\*: P<0.01 vs 非該当群

以上のことを勘案すると、本研究においてインピーダンス法で測定された全身筋肉量や筋肉率が、非該当群に比べてメタボ群(MS該当者+予備群)で有意に低値を示したことは、筋量の絶対的・相対的量がMSに影響を及ぼす可能性を示唆している。

メタボ群と非該当群の全身筋肉量の差は、男性で約1.0kg、女性で約0.3kgであり、筋肉率の差

は男女ともに約 2%であった。これらの絶対的・相対的な筋量の差が、MS 発症にどの程度影響を及ぼし、どのようなメカニズムで影響を及ぼしているかについては、本研究の結果からは明らかにすることはできない。しかしながら、筋量の増加が内臓脂肪減少 (Treuth et al. 1995)、またはインスリン抵抗性減少 (Miller et al. 1994, Andersen et al. 2003) と関連性があるという報告もあるように、全身筋肉量が多いことは、糖・脂質代謝異常を引き起こすリスクを低下させる可能性がある。したがって、本研究の結果は想定しうる結果であったと思われる。

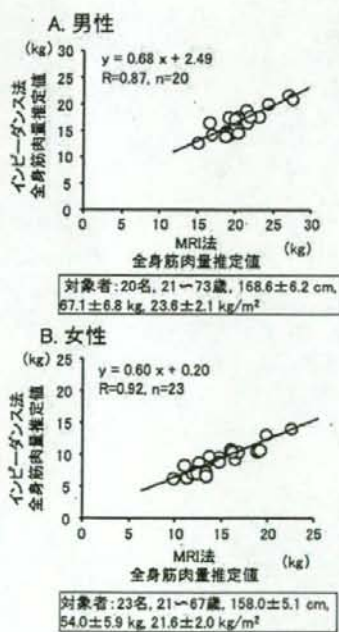


図 2 インピーダンス法と MRI 法による全身筋肉量推定値の関係

### 3. 筋横断面積の比較

MRI を用いて筋 CSA を評価した対象者の数は、男性 114 名、女性 279 名であり、それらの対象者の体重は男女ともに非該当群に比べてメタボ群

で有意に大きかった。年齢について、男性では二群間に有意な差がなく、女性ではメタボ群において有意に高かった (付表 1)。したがって、二群の筋 CSA を比較するにあたって、男性では体重を、女性では体重と年齢を共変量とした共分散分析を行った。

男性の大腿筋 CSA は、非該当群に比べてメタボ群で有意に低かった (表 4-A、図 3-A)。一方、大腰筋 CSA は、二群間の差は認められなかった。女性では、大腿筋及び大腰筋 CSA ともに二群間で有意な差はみられなかった (表 4-B、図 3-B)。

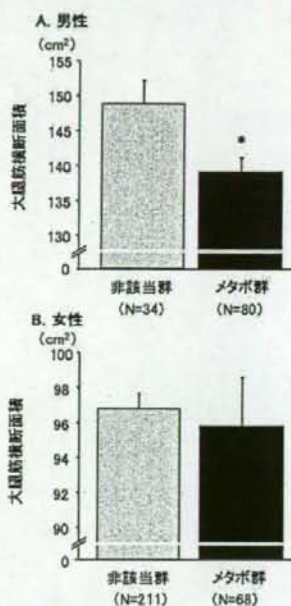


図 3. 各群における大腿筋横断面積

平均値 ± SE, 体重で補正した値を示す。\*: P < 0.05 vs 非該当群

男性の大腿筋 CSA において、メタボ群で非該当群に比べて小さかったことから、男性の筋量は MS に影響を及ぼす可能性が示唆された。この見解は、インピーダンスにより評価した全身筋肉量の見解と同様であった (表 3-A)。これまで、筋量が MS に及ぼす影響について検討した研究は、我々の知る限りみられない。本研究において、簡



易で汎用性の高いインピーダンス法を用いて測定した筋量だけでなく、より標準的な手法であるMRIを用いて測定した筋CSAともMSと関連性が認められたことは、筋量がMSに及ぼす影響を明らかにする上で、非常に重要なデータが示されたと考えられる。

女性においては、局所(大腿部)の筋量の違いはMSに影響を及ぼさなかったこと、及び大腰筋CSAは男女ともにメタボ群と非該当群の間に違いはみられなかったことから、筋量とMSの関係性には、性別や筋の部位の違いによる特性があるのかもしれない。これらの点については、今後、身体各部位の筋量を評価し、MSに及ぼす影響力の違いを、性別あるいは筋の部位別に確認する必要がある。

## 5. 筋力の比較

### 5-1. 等速性筋力の比較

Biodexを用いて等速性筋力を評価した対象者数は、男性193名、女性348名であり、それらの対象者の年齢と体重は男女ともに非該当群に比べてメタボ群で有意に大きかった(付表2)。したがって、二群を比較するにあたり、男女ともに体重と年齢を共変量とした共分散分析を用いた。

各群における等速性筋力を、表5-A&Bに示した。男性の等速性筋力に関して、絶対値に二群間の差はなかったものの、体重あたりに示した相対値は、非該当群に比べてメタボ群で有意に低かった(表5-A、図4-A)。女性における等速性筋力も、男性と同様の結果が認められた(表5-B、図4-B)。

Biodexで測定される等速性筋力は、標準的な筋力の指標として用いられる。本研究では、男女ともに、体重当りの等速性下肢筋力が、非該当群に比べてメタボ群で有意に低かったことから、筋力がMSに影響を及ぼす可能性が示された。

これまで、大規模な疫学研究において、筋力が独立してMSに影響を及ぼすことが報告されている(Jurca et al. 2004, 2005)。また、日本人における体重あたりの等尺性膝伸筋力が、MS該当者で非該当者よりも有意に低いことが示され、下肢筋力がMSに影響を及ぼす可能性が示唆されている(Miyatake et al. 2007)。本研究の結果は、それらの先行研究の見解と一致し、筋力がMSに影響を及ぼす可能性が示された。

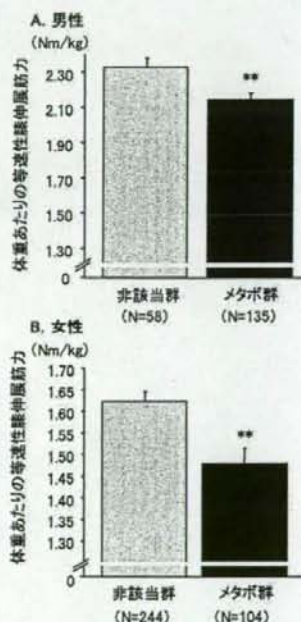


図4. 各群における体重あたりの膝関節屈曲筋力  
平均値±SE、年齢で補正した値を示す。\*\*: P<0.01 vs 非該当群

### 5-2. フィールドテストで測定した筋力の比較

フィールドテストで筋力を評価した対象者の数は男性202名、女性344名であった(付表3)。男女ともに年齢と体重が非該当群に比べてメタボ群で有意に大きかったことから、各変量についての二群間比較には、年齢あるいは体重を共変量とした共分散分析を行った。

結果として、男性では上体起こし回数が非該当

群に比べてメタボ群で有意に少なく、握力と椅子座り立ち時間に有意な差はなかった(表 5-A)。女性では、全ての項目で二群間に有意な差はみられなかった(表 5-B)。

本研究では、運動指導現場で実施することを想定して、フィールドで実施可能な筋力指標(厳密には筋持久力の指標も含む)について MS との関連性を検討したところ、男性における上体起こし回数のみが MS との関連性がみられた。

上体起こし回数と MS の関係性を示した研究はこれまでにないが、本研究における Biodex で評価した等速性下肢筋力の結果と同様にメタボ群で筋力が低い傾向が認められた。上体起こし回数は、厳密には筋持久力の指標であるが、フィールドで実施できる比較的再現性の高い筋力評価法がないこと、そして文部科学省における新体力テストの一種目であること等を考え合わせると、MS リスクを判定する筋力指標として、有用であると思われる。

なお、女性の上体起こし回数と MS の間に関係性はみられなかった。Biodex で評価した等速性下肢筋力では、女性においても非該当群とメタボ群で有意な差があり、上体起こし回数で認められた性差について、原因は明らかでない。筋 CSA の結果でもそうであったように、女性においては、筋力以外の要因が MS により強く影響をしているのかもしれない。

握力は、筋力の代表的な指標として用いられ、疫学的な調査では総死亡リスクとの関連性も認められるなど、医科学的にも有意義な筋力指標である(Metter et al. 2002)。しかしながら、本研究の対象者においては、MS リスクと握力の間に関係性は認められなかった。これまで、Miyatake ら(2007)が、日本人男性の握力と MS の関係性を検討し、握力の絶対値は MS に影響を

及ぼさないことを報告している。本研究もこれと同様に、握力と MS の関係性は認められなかった。握力は、再現性が高く、広く実施されているものの、MS リスクを推定するという面では不十分な指標であると考えられる。

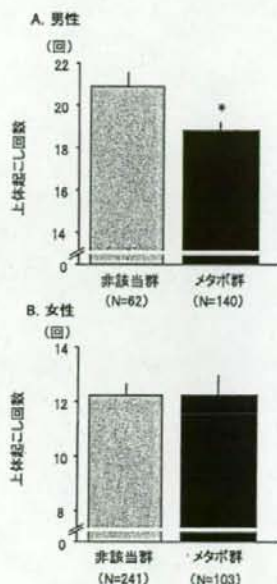


図 5. 各群における上体起こし回数

平均値±SE, 年齢と体重で補正した値を示す。

\* $P < 0.05$  vs 非該当群

椅子座り立ち時間は、エクササイズガイド 2006(運動所要量・運動指針の策定検討委員会 2006)において、筋力の評価方法の一つとして紹介されている。本研究において、椅子座り立ち時間は、男女ともにメタボ群と非該当群の間に有意な差はなく、MS リスクを推定する筋力指標としては、不十分である可能性が示された。

## 5. 筋因子と MS 関連因子の関係

表 6-A&B に筋因子(筋肉率、全身筋肉量、大腿筋 CSA、大腰筋 CSA、等速性膝伸展筋力、等速性膝屈筋力、等速性股関節屈筋力、握力、上体

起こし回数、及び椅子座り立ち時間)とMS関連因子(臍位周径囲、収縮期・拡張期血圧、空腹時血糖、トリグリセリド、HDLコレステロール)の間の偏相関関係を示した。この偏相関分析には、制御変数として年齢と体重を投入した。なお、筋肉率は、元々体重で除した変数であるため、制御変数は年齢のみとした。

男性の臍位周径囲は、全ての筋因子と有意な相関関係が認められ、特に筋肉率と強い関係性がみられた( $R=-0.72$ ,  $P<0.01$ )。女性の臍位周径囲は、筋肉率、全身筋肉量、大腰筋 CSA、等速性膝伸展筋力、等速性膝屈曲筋力、握力、上体起こし回数、及び椅子座り立ち時間との間に相関関係がみられ、男性と同様に筋肉率との間に強い関係性が認められた( $R=-0.69$ ,  $P<0.01$ )。

収縮期血圧は、男性では筋肉率、及び全身筋肉量と、女性では筋肉率、全身筋肉量、大腿筋 CSA、及び椅子座り立ち時間との間に有意な関係性が認められた。

拡張期血圧は、男性では筋肉率、全身筋肉量、大腿筋 CSA、及び大腰筋 CSA と、女性では筋肉率、全身筋肉量、大腿筋 CSA、大腰筋 CSA、及び椅子座り立ち時間との間に有意な関係性が認められた。

空腹時血糖は、男性では筋肉率、全身筋肉量、大腿筋 CSA、大腰筋 CSA、等速性股関節屈曲筋力、握力、及び上体起こし回数と、女性では筋肉率、全身筋肉量、等速性膝伸展筋力、等速性膝屈曲筋力、及び等速性股関節屈曲筋力と有意な関係性がみられた。

トリグリセリドは、男性では筋肉率、全身筋肉量、大腰筋 CSA、等速性膝屈曲筋力、上体起こし回数、及び椅子座り立ち時間と、女性では筋肉率、全身筋肉量、大腰筋 CSA、及び握力と有意な関係性が認められた。

HDLコレステロールは、男性では筋肉率、全身筋肉量、大腿筋 CSA、等速性膝伸展筋力、等速性膝屈曲筋力、握力、及び上体起こし回数と有意な相関関係にあった。

以上のように、年齢や体重の影響を制御した偏相関分析の結果、筋の質的・量的な指標とMS関連因子の間に有意な相関関係が認められた。MSは、内臓脂肪蓄積をスクリーニング指標として、これに血圧異常、血糖異常、及び血中脂質異常のリスクを加算し、総合的なリスクから判定される。この際、内臓脂肪蓄積を判定する臍位周径囲のカットオフポイントが大きなウェイトを占めることから、臍位周径囲が基準値を超えていなくとも潜在的にMSリスクが高い対象を見誤る可能性が指摘されており、この点については議論の余地があるが、本項で示されたようにMSを判定する個々の指標と筋因子の間に関連性が認められたことは興味深い。特にメタボ群と非該当群の比較では、有意な差が認められなかった筋因子、例えば大腰筋 CSA、握力、及び椅子座り立ち時間においても臍位周径囲やトリグリセリド等と相関関係が認められた。これらのことは、筋の質的・量的因子がMSに影響を及ぼす可能性を示唆していると考えられる。

## 6. MS予防のための筋肉率の基準値

本研究では、いくつかの代表的な筋量と筋力の指標を評価し、MSとの関連性を明らかにした。中でも全身のインピーダンス値から推定される筋肉率は、メタボ群と非該当群での比較(図1-A&B、表3-A&B)やMS関連因子との偏相関分析において、MSとの間に顕著な関係性が認められた(表6-A&B)。そこで、我々はこの筋肉率に着目し、MSリスク発現確率と筋肉率の関係性を明らかにするとともに、MS予防のための筋肉率の

基準値を定めることを試みた。

筋肉率とMSリスク発現確率の関係性を明らかにする第一手段として、データに潜む論理構造を明らかにするため、従属変数をMSリスク発現(メタボ群となるか否か)、独立変数を筋肉率、年齢、及び性別とした決定樹分析を行った。結果として、MSリスク発現は、年齢、筋肉率、及び性別に左右されて分岐する構造にあることが明らかとなった(図6)。



図6. MSリスクに対する筋肉率、性別及び年齢の関係を検討した時のデシジョンツリー(決定樹分析による検討)

独立変数の右側に分岐値、従属変数(非該当群/メタボ群)の下側に各群のN数を示す。

続いて、GLIMにより男女別にMSリスク発現確率と筋肉率・年齢の関係について検討した。

図7-Aは、男性におけるMSリスク発現確率と筋肉率・年齢の関係をグラフ化したもので、縦軸が筋肉率、横軸が年齢、そしてグラフ内部の実線の左端に示された数値(-8~8)がMSリスク発現確率の倍率を示す。MSリスク発現確率の倍率が0(ゼロ)の実直線を基準にみると、男性の筋肉率は年齢とともに僅かながら減少する傾向にあった。一方、MSリスク発現確率をみると、筋肉率が高くなるほどMSリスクが下がり、低くなるほどリスクが高まることわかった。なお、男性においては、ロジットで表されたMSリスク発現確

率と筋肉率・年齢の関係に線形性が認められた。その回帰式は、

$$\log(P/(1-P)) = -1.038[\text{筋肉率}] - 0.046[\text{年齢}]$$

(P: MSリスク発現確率)

であり、筋肉率も年齢もMSリスク発現確率に有意に影響を及ぼすこと、及びMSリスク発現確率には、筋肉率が年齢に比べて約23倍も大きく影響していることが明らかとなった。

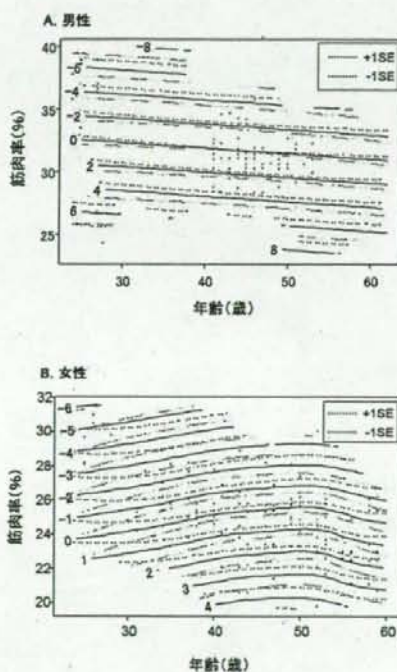


図7. MSリスク発現、筋肉率と年齢の関係(GLIMによる検討)

実線が実測値、点線は±1SEを示す。実線の左端の数値は、0(ゼロ)の実線に対するリスク発現確率の倍率を示す。

女性においては、男性とは異なり、50歳ごろまで年齢とともに筋肉率が増加し、50歳以降は年齢とともに筋肉率が低下する傾向がみられた(図7-B)。一方、MSリスク発現確率については、男性と同様に筋肉率が高くなるほどリスク確率が下がり、低くなるほどリスク確率が高まること