

200722032A

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19年度 総括研究報告書

主任研究者 田辺 解

平成20(2008)年 4月

## 目 次

I. 総括研究報告	
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-	1
田辺 解	
II. 分担研究報告	6
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	21
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 開発に関する研究 田辺 解、久野 譜也、前田 清司	
IV. 研究成果の刊行に関する一覧表	43

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）  
総括研究報告書

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、メタボリックシンドロームの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2年目として以下の課題について研究を実施した。

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

前年度の同テーマについて、対象者を追加して再度検討を行った。健康な（軽度異常者を含む）中年男女約 360 名を対象として、MS 群、予備群、及び非該当群に分類し、各群の筋因子を比較した。いくつかの筋の量的、質的指標について、MS 群と予備群に比べて非該当群で高い傾向にあったことから、メタボリックシンドロームは筋の質的・量的因子に影響を及ぼす可能性が示唆された。今後は、より対象者数を増加した後、最終的には各筋因子について MS 予防のための基準値を設定する予定である。

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

特定保健指導などの現場における具体的な運動指導を想定し、食事制限、有酸素性トレーニング、及び筋力トレーニングを組み合わせたプログラムにおいて、プログラム後の筋因子の変化が MS に及ぼす影響を検討した。健康な中年女性を対象とした 12 週間の介入実験において、筋力トレーニングが顕著に MS を改善させることはみられなかったものの、筋因子の変化と MS 因子の改善に関係性が認められたことから、筋力トレーニングは MS 予防に重要である可能性が示された。今後は、筋力トレーニングによる筋因子の維持・増加が、長期的な MS 予防に及ぼす影響について明らかにする予定である。

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)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が初めて報告された。この報告を発端として、いくつかの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。

30～60歳の健康な中年男女359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、及び非該当群の三群に分類した。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。これらの筋量と筋力をMS群、予備群、及び非該当群の三群で比較した。

### 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。

30～60歳の中年女性121名を対象とし、食事制限だけ行う群(食事群)、持久性トレーニングを行う群(持久群)、筋力とトレーニングを行う群(筋トレ群)、持久性トレーニングと筋力トレーニングの両方を行う群(複合群)、及び対照群の五群に分類した。なお、運動トレーニングを実施する群は、食事制限と身体活動量の増加(1日1万歩)をトレーニングと並行して行った。介入期間は12週間とし、MS関連因子、筋量の指標としてインピーダンス法で評価した全身筋肉量、筋肉

率、及びMRIで測定した大腿筋と大腰筋の横断面積(CSA)、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、そして有酸素性能力の指標として最大酸素摂取量を介入前後に測定した。

## 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

体重あたりの全身筋量(筋肉率)、体重あたりの筋CSA、及び体重あたりの下肢等速性筋力は、MS群や予備群で非該当群に比べてより低い値となる傾向がみられた。これらのことは、体重あたりの筋量や筋力が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、増進の重要性が示唆された。しかし、本研究の結果からは基準値を定めるには至らなかった。最終年度において、データベースをより充実させた上で、筋量及び筋力の基準値を設定する予定である。

### 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

食事制限を伴う運動介入が、メタボリックシンドロームに及ぼす影響について、筋力トレーニングが顕著にMSを改善させることはみられなかったものの、筋肉率や体重あたりの筋横断面積の増加とMS因子の改善に関係性が認められたことから、体重に対する筋量の割合の維持、増加はMS予防に重要である可能性が示唆された。

また、食事制限を行った四つの介入群で全身筋肉量の減少がみられ、その減少は筋力トレーニングを実施していない群で顕著であった。さらに、筋横断面積については比較的大きな減少(約3.5%)が認められた。

今後は、筋力トレーニングによる筋肉量や筋肉率の維持・増加が、長期的な体重維持や健康維持に及ぼす影響について検討する必要がある、最終年度ではそれらの点を明らかにする。

## D. 結論

MS予防のための筋量・筋力の基準の作成については、約360名の対象者に関して、MSのリスクを多く保有する群ほど体重あたりの筋肉量、筋横断面積及び筋力が低い傾向にあった。これらの結果は、最終目的である筋量・筋力の基準値を作成する上で重要な基礎資料となった。特に筋肉率については、測定方法が簡便であり、多くの国民に対して適用可能であることから、基準値の設定が期待される。基準の作成については、より厳密で詳細な検討が必要であり、そのためには現段階のデータベースでは不十分であると判断したため、基準値の作成は最終年度に委ねるものとした。最終年度では、対象者の性・年齢バランスを考慮した上で対象者を募り、データベースを充実させた後、基準値を作成する。

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開発に関しては、実際の運動指導現場を想定したより具体的なMS予防プログラムについて、いくつかの異なる介入群を設けてより詳細に検討した。結果として食事制限、有酸素性運動、及び筋力トレーニングを組み合わせた運動プログラムのメリット及びデメリットが明らかとなった。そのデメリットには、減量にともなう筋量の減少や筋力トレーニング効果の抑制があげられ、より効果的かつ具体的な筋力トレーニングを開発する上で、重要な知見が得られた。

以上のことから、3年計画の2年目である本年度の研究成果は、最終的な目的の達成に向けて重要な基礎資料となったと言える。

## E. 健康危険情報

該当なし

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 前田有美, 横山典子, 高橋康輝, 土居達也, 松元圭太郎, 上野裕文, 久野譜也: 肥満中年女性の身体組成に及ぼす複合トレーニングとタンパク質摂取の併用効果. 体力科学, 56: 269-278, 2007.
- 2) Kodama Satoru, Miao Shu, Haruka Murakami, Kiyoji Tanaka, Shinya Kuno, Rhuichi Ajisaka, Yasulo Sone, Fumiko Onitake, Akimitsu Takahashi, Hitoshi Shimano, Kazuo Kondo, Nobuhiro Yamada and Hirohito Sone: Even low-intensity and low-volume exercise training may improve insulin resistance in the elderly. Internal Medicine, 46(14):1071-7, 2007.
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) 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
- 3) 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, 神戸, 2007. 9

- 4) 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
- 5) 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
- 6) 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
- 7) 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
- 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

## 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

3. その他

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 譜也 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。

30～60歳の健康な中年者359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診断基準に基づき、メタボリックシンドローム該当群（MS群）、予備群、及び非該当群の三群に分類した。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。これらの筋量と筋力をMS群、予備群、及び非該当群で比較した。

結果として、体重あたりの全身筋量（筋肉率）、体重あたりの筋CSA、及び体重あたりの下肢等速性筋力は、MS群や予備群でより低い値となる傾向がみられた。これらのことは、体重あたりの筋量や筋力が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。しかし、本研究の結果からは基準値を定めるには至らなかった。最終年度において、データベースをより充実させた上で、筋量及び筋力の基準値を設定する。

#### A. 研究目的

筋の量的・質的維持、増進は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。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

30～60歳の中年者359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健常者であった。なお、対象者は地域情報誌の広告と茨城県つくば市の民間企業 S 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(359名) : 46.7±7.7歳 (30-60歳)

男性(138名) : 46.6±7.5歳 (30-60歳)

女性(221名) : 46.8±7.7歳 (31-60歳)

また、各年齢層における対象者数を表 1 に示した。

表 1. 各年齢層における対象者数(単位:人)

	男性	女性	合計
30-39 歳	19	49	68
40-49 歳	72	73	145
50-60 歳	47	99	146
合計	138	221	359

## 2. 測定項目

### ①MS 関連因子と MS 判別

・臍位周径囲：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：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)、酸化 LDL、高感度 CRP

### <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 (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 つ以上を対象者を 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。

### 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、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。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: 規定の椅子から立ち上がり一座る動作を 10 回繰り返したときに要する時間を測定した。

#### ⑥身体活動量

加速度計付き歩数計 (ライフコーダ、スズケン社製) を対象者の腰部に 1 週間装着し、一日当たりの活動消費エネルギー量及び歩数を算出した。また、同期間内に実施した自転車と水中の運動時間を対象者に記録させ、その記録から推計した活動消費エネルギー量を歩数計で計測した消費エネルギー量に追加した。

#### ⑦栄養摂取量

任意に作成した記録用紙に 3 日間の食事内容を記入させ、その記録から一日当たりの摂取エネルギー量、たんぱく質、炭水化物、脂質等の栄養素摂取量を分析した。分析は、すべて同一の栄養素解析ソフト (エクセル栄養君、健帛社製) を用いて管理栄養士が実施した。なお、栄養摂取量のデータについては、現在分析中であるため、本研究課題においては、その影響を考慮しなかった。

#### ⑧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

統計量は平均値±標準偏差で示した。三群間の差の検定には一元配置分散分析を実施した。なお、Post-hoc テストには、Fisher's PLSD を用いた。また、変数が年齢の影響を受ける場合には、年齢を共変量とした共分散分析を実施した。各変数間における関連性を検討するにあたって、単回帰分析を行い、各変数間の回帰係数を求めた。相関係数の検定には Fisher の z 変換を用いた。全ての統計処理には、統計解析ソフトウェア StatView ver. 5.0 for Mac (SAS Institute Inc.) 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る。

・個人情報の保護のために最大限の努力を払う。  
・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する。

・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なければならないものとする。

### C. 結果及び考察

#### 1. 対象者の特性

MS 群、予備群、及び非該当群における対象者の特性を表 2-A、2-B に示した。男女ともに年齢に三群間の差は認められなかったものの、BMI と体脂肪率は非該当群に比べて MS 群と予備群で有意に高く、MS 群と予備群は肥満傾向にあった。男性における MS 群の割合は、約 48% であり、予備群を含めると 68% であった。これは平成 16 年国民健康・栄養調査において推計された全国の男性における MS 割合の約 26% (40 歳-75 歳での割

合)を上回っていた。また、予備群を合わせた割合についても全国の割合の約 52%と比較して高かった。一方、女性における MS 群の割合は約 11%で、予備群を合わせると約 25%であった。全国調査の割合の MS 群 約 10%、予備群 約 20%と比較するとそれぞれ同程度であった。

## 2. 筋肉率の比較

表 3 に各群の筋肉率と全身筋肉量を示した。なお、筋肉率とは体重に対する全身筋重量の割合である。男性において、筋肉率は非該当群に比べて予備群と MS 群で有意に低い値を示した(表 3-A、図 1-A)。年齢と筋肉率の間には負の相関関係があることから、年齢を共変量とした共分散分析を行ったところ、年齢で補正した場合でも 3 群間に有意な差が認められた。このことは、女性の筋肉率についても同様の結果が得られた(表 3-B、図 1-B)。一方、全身筋肉量は、男女ともに非該当群に比べて予備群と MS 群で有意に高い値を示した(表 3-A、3-B)。この結果に関しては、MS 群や予備群の体重が非該当群よりも重かったことが影響していると考えられる(表 2-A、2-B)。一般的に筋重量は体重と相関関係にあることが知られている。本研究においても、全身筋肉量や大腿筋 CSA は体重と正の相関関係がみられた(全身筋肉量：男性  $R=0.90$ 、女性  $R=0.92$ 、大腿筋 CSA：男性  $R=0.73$ 、女性  $R=0.78$ )。本研究の対象者でもそうであったように、MS に該当する者は過体重や肥満であることが多く(表 2-A、2-B)、必然的に筋量が大きくなると予想される。したがって、筋量が MS に及ぼす影響や筋量の基準値を横断的に検討する上で、筋の絶対量を比較するよりも、筋肉率のような相対値で比較することが適当であると考えられる。

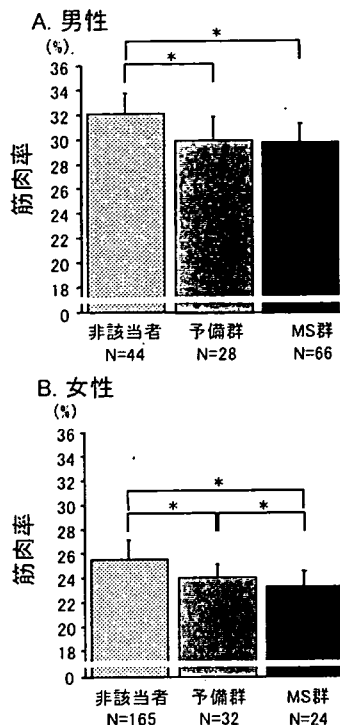


図 1. 各群における筋肉率

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、オムロン社製)を用いて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高い相関関係があることを確認している(図 2-A、2-B)。これらのことから、インピーダンス値より推定された筋量は、ある程度全身筋肉量を反映していると考えられる。インピーダンス法のメリットは、CT、MRI及びDEXAなどの機器に比べて、安価で簡便に測定・評価が可能なことである。筋量を評価することを国民に広く普及・啓発するという側面から考えれば、インピーダンス法による評価は適当であると思われる。

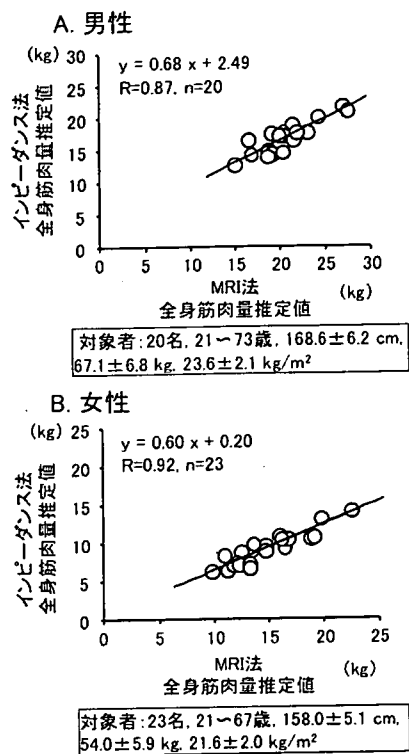


図 2. インピーダンス法とMRI法による全身筋肉量推定値の関係

以上のことから、インピーダンス値で評価された筋肉率は、MS と関連性がある可能性が示唆され、MS 群や予備群は非該当群に比べて筋肉率が低いことが示された。本研究課題の目的は、筋の量的、質的基準値を定めることである。筋肉率はその評価の簡便性からより多くの国民に普及・啓発することが可能となるため、筋肉率の基準値を定めることはMS 予防策を検討する上で大変有意義であると思われる。したがって、本研究の最終年度においては、改めて筋肉率の基準値を定めることを目標とする。現段階のデータベースでは、年代別の対象者数にばらつきがみられる、あるいは全体の対象者数やMS 各群の対象者数が男女によって異なるなどの問題があることから、最終年度においては主にこれらの点を改善しながら、基準値の設定の仕方を含めて検討を加えていく。

### 3. 筋横断面積の比較

筋量の評価法は様々あるが、MRI による評価は、CT やDEXA とならび標準的な手法とされる。本研究では、大腿筋と大腰筋のCSA が筋量を反映する指標として評価し、その値をMS 分類間で比較した。

三群における大腿筋及び大腰筋 CSA を表 4-A と 4-B に示した。なお、MRI を用いて筋 CSA を評価した対象者の数は、男性 79 名（データ欠損数 59）、女性 219 名（データ欠損数 2）であった。

男性の大腿筋 CSA について、三群間に有意な差はなかったが、体重あたりの筋 CSA は、非該当群に比べて予備群と MS 群で有意に低い値を示した（表 4-A、図 3-A）。なお、年齢で補正した場合は差のある傾向が認められた（ $p=0.06$ ）。男性の大腰筋 CSA については、絶対値及び体重あたりの相対値の両方とも三群間の差はみられなかった（表 4-A）。一方、女性の大腰筋 CSA と大腿筋 CSA の絶対値は三群間に有意な差がみられ、予備群や MS 群がより大きい値であった（表 4-B）。これは全身筋肉量の結果と同様であり、筋 CSA は体重の影響を大きく受けることが関係していると思われる。また、女性における体重あたりの筋 CSA は、大腿筋も大腰筋も三群間に有意差が認められ、予備群や MS 群がより小さい値であった（表 4-B、図 3-B）。ただし、年齢で補正して比較した場合は三群間に有意差はみられなかった。

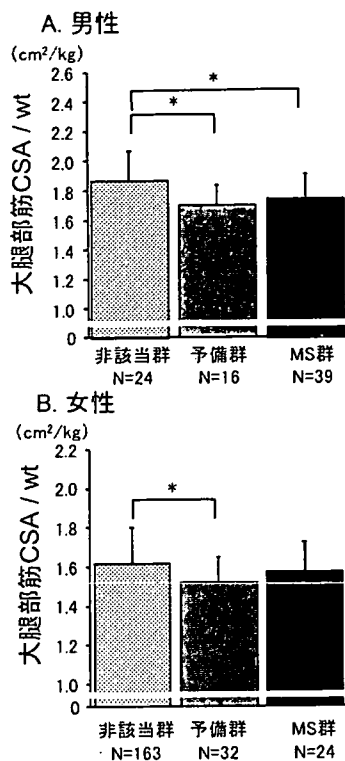


図3. 各群における体重あたり的大腿筋 CSA

以上の結果は、体重あたりの筋 CSA が MS に影響を及ぼす可能性を示唆している。筋肉率の結果と同様に体重あたりの筋量（今回は筋 CSA）と MS との間に少なからず関係性が認められたことは興味深い。しかしながら、MS と筋 CSA との間にみられたこれらの関係性について、年齢で補正した場合は顕著な違いが認められなかったことや、男性において対象者数が少ないこと、MS 群別の対象者数にばらつきがあることなど、いくつかの問題について検討の余地があるため筋 CSA と MS の関係について結論づけるには時期尚早である。最終年度は、データベースの対象者数を増やすなどして、さらなる検討を行う。

#### 4. 筋力の比較

本研究では、スポーツ科学や運動生理学の分野において、しばしば筋力の指標として用いられる等速性筋力により筋力を評価した。なお、加齢に

伴う筋力の低下は上肢に比べて下肢でより大きいことから、本研究では下肢の等速性筋力を評価した。また、運動指導の現場や国民自ら筋力の評価を実施することを想定して、フィールドでの体力テストで用いられる握力、上体起こし回数、及び椅子座り立ち時間も測定し、筋力の指標として評価した。

三群における筋力を表 5-A と 5-B に示した。なお、等速性筋力を評価した対象者の数は男性 128 名（データ欠損数 10）、女性 216 名（データ欠損数 5）であり、フィールドテストを実施した対象者の数は男性 137 名（データ欠損数 1）、女性 219 名（データ欠損数 2）であった。

男性の等速性筋力に関して、絶対値に三群間の有意差はなかったものの、体重あたりに示した相対値は、非該当群に比べて予備群や MS 群で有意に低かった（表 5-A、図 4-A）。体重あたりの膝関節屈曲筋力と股関節屈曲筋力に関しては、年齢で補正した場合も有意差が認められた（表 5-A）。女性における等速性筋力の絶対値は三群間に有意差がみられ、予備群が最も高い値を示した。体重あたりに示した相対値は、非該当群に比べて MS 群でより低い傾向にあった（表 5-B、図 4-B）。体重あたりの膝関節伸展・屈曲筋力、及び股関節屈曲筋力に関しては、年齢で補正した場合に有意差、又は差のある傾向が認められた（表 5-B）。

握力、上体起こし回数、及び椅子立ち座り時間といったフィールドテストによる筋力の指標について、男性ではいずれの項目も三群間に有意な差がみられなかった（表 5-A）。一方、女性では全ての項目で有意差がみられ、握力は予備群が最も高く、上体起こし回数と椅子座り立ち時間は MS 群が最も劣っていた（表 5-B）。しかしながら、年齢で補正した場合には、三群間の差は顕著でなかった。

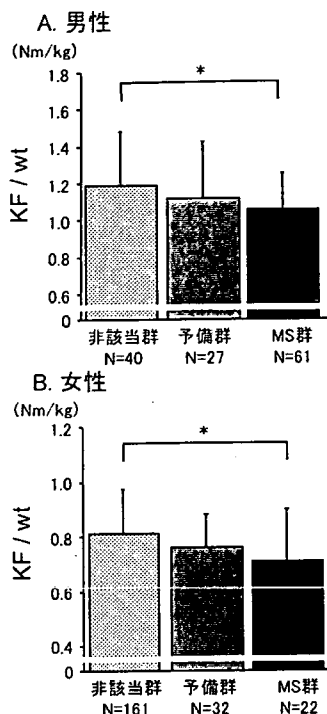


図3. 各群における体重あたりの膝関節屈曲筋力

等速性筋力は男女ともに体重あたりの相対値がMS群や予備群で非該当群に比べてより低い値を示したことから、体重あたりの等速性筋力はMSに影響を及ぼす可能性が示唆された。等速性筋力について、最終年度ではデータベースをより充実させ、基準値の設定を行う予定である。一方、フィールドテストの筋力指標については、女性のみ上体起こし回数と椅子座り立ち時間がMS群でより劣っているという結果が得られたが、年齢で補正した場合に顕著な差が認められなかったこと、及び男性においては関係性がみられなかったことから、最終年度で対象者数を増やして再検討することに加えて、基準値を設定する指標となり得るかについても議論する必要がある。

##### 5. 筋因子とMS関連因子の間の相関関係

表6-Aと6-Bに筋因子とMS関連因子の間の相関関係を示した。MS群、予備群、及び非該当群の三群で有意差が認められた筋因子についての

み以下に記した。

筋肉率について、男性では臍位周径囲、収縮期血圧、拡張期血圧、LDLコレステロール、及びHbA1cと負の相関関係、HDLコレステロールと正の相関関係が認められた(表6-A)。女性では、筋肉率と臍位周径囲、収縮期血圧、拡張期血圧、TG、LDLコレステロール、FG、及びHbA1cと負の相関関係、HDLコレステロールと正の相関関係が認められた(表6-B)。

体重あたり的大腿筋CSAに関して、男性では臍位周径囲、及び収縮期血圧と負の相関関係が認められた(表6-A)。女性では、体重あたり的大腿筋CSAと臍位周径囲、及びFGと負の相関関係、HDLコレステロールと正の相関関係が認められた(表6-B)。

体重あたりの等速性膝関節屈曲筋力(KF/wt)は、男性において臍位周径囲、及びTGと負の相関関係、HDLコレステロールと正の相関関係が認められた(表6-A)。女性では、KF/wtと臍位周径囲、TG、LDLコレステロール、FG、及びHbA1cと負の相関関係、HDLコレステロールと正の相関関係が認められた(表6-B)。

上体起こし回数に関して、男性では臍位周径囲、FG、及びHbA1cと負の相関関係が認められた(表6-A)。女性では、上体起こし回数と臍位周径囲、収縮期血圧、拡張期血圧、TG、LDLコレステロール、FG、及びHbA1cと負の相関関係、HDLコレステロールと正の相関関係が認められた(表6-B)。

総じて、筋因子と臍位周径囲の関係性が多くの筋因子にみられ、体重あたりの筋量や筋力が大きくなるほど、臍位周径囲が小さくなるという結果であった。中でも筋肉率と臍位周径囲の関係性は他の因子に比べてより強かった。また、上体起こし回数は、MS群、予備群、及び非該当群の三群で比較した場合に顕著な差は認められなかった

ものの、いくつかのMS関連因子と有意な相関関係がみられた。

#### D. 結論

本研究課題は、筋因子がMSに及ぼす影響について横断的に検討し、MS予防のための筋の量的・質的基準値を定めることを目的とした。

健康な中年男女合計 359 名のデータベースにおいて、体重あたりの全身筋量（筋肉率）、体重あたりの筋CSA、及び体重あたりの下肢等速性筋力は、MSリスクを多く有する群でより低い値となる傾向がみられた。これらのことは、体重あたりの筋量や筋力が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。しかしながら、本研究結果から筋の量的・質的基準値を定めるまでには至らなかった。本研究の目的は基準値を定めることであるため、最終年度においては、年代別・性別の対象者数やMS分類別の対象者数のバランスを配慮しながら、さらにデータベースを充実させた上で、MS予防のための筋の量的・質的基準値の設定を行う予定である。

#### E. 健康危険情報

該当なし

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

該当なし

##### 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) 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，アクトニン 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

#### 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

##### 3. その他

該当なし

表 2-A. 各群における身体的特性及び MS 関連指標(男性)

男性		全体	非該当群	予備群	MS 群	群間差
	N=	138	44	28	66	
年齢	(歳)	46.6 ± 7.5	45.4 ± 6.8	45.0 ± 8.6	48.0 ± 7.4	n.s.
身長	(cm)	170.5 ± 5.7	170.4 ± 5.9	171.3 ± 5.6	170.1 ± 5.6	n.s.
体重	(kg)	76.4 ± 11.8	67.8 ± 8.4	81.6 ± 14.4 <sup>a</sup>	79.8 ± 9.3 <sup>a</sup>	*
BMI	(kg/m <sup>2</sup> )	26.3 ± 3.8	23.3 ± 2.0	27.9 ± 5.3 <sup>a</sup>	27.6 ± 2.7 <sup>a</sup>	*
体脂肪率	(%)	25.3 ± 4.2	21.3 ± 3.6	27.2 ± 4.0 <sup>a</sup>	27.1 ± 2.6 <sup>a</sup>	*
臍位周径围	(cm)	91.2 ± 9.7	83.2 ± 6.7	94.7 ± 12.7	95.0 ± 6.3 <sup>a</sup>	*
収縮期血圧	(mmHg)	133.1 ± 15.5	125.8 ± 14.1	129.2 ± 16.7 <sup>c</sup>	139.7 ± 13.1 <sup>a,b</sup>	*
拡張期血圧	(mmHg)	89.0 ± 11.9	81.7 ± 8.9	87.5 ± 13.3 <sup>a,c</sup>	94.5 ± 10.2 <sup>a,b</sup>	*
TG	(mg/dl)	149.5 ± 97.6	104.4 ± 43.2	136.0 ± 78.5 <sup>c</sup>	185.9 ± 116.4 <sup>a,b</sup>	*
HDL-CHO	(mg/dl)	54.3 ± 13.9	58.8 ± 13	52.3 ± 12.1 <sup>a,c</sup>	52 ± 14.7 <sup>a</sup>	*
LDL-CHO	(mg/dl)	130.4 ± 31.3	127.2 ± 29.6	131.8 ± 33.3	132.0 ± 31.9	n.s.
空腹時血糖	(mg/dl)	113.9 ± 22.8	107.5 ± 15.9	105.5 ± 18.4 <sup>c</sup>	121.8 ± 25.8 <sup>a,b</sup>	*
HbA1c	(%)	5.3 ± 1.0	5.1 ± 0.6	5.1 ± 0.7 <sup>c</sup>	5.6 ± 1.2 <sup>a,b</sup>	*
高感度 CRP	(mg/dl)	0.10 ± 0.15	0.06 ± 0.09	0.13 ± 0.16 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.17 <sup>a</sup>	*
MDA-LDL	(U/L)	129.8 ± 39.2	116.8 ± 41.3	122.0 ± 30.2 <sup>c</sup>	140.7 ± 38.4 <sup>a,b</sup>	*

\*: p<0.05, a: p<0.05 vs 非該当群, b: p<0.05 vs 予備群, c: p<0.05 vs MS 群



表 2-B. 各群における身体的特性及び MS 関連指標(女性)

女性	N=	全体		非該当群		予備群		MS 群		群間差
		221		165		32		24		
年齢	(歳)	46.8 ± 7.7		46.3 ± 8.1		47.1 ± 6.3		50.4 ± 5.8		n.s.
身長	(cm)	157.2 ± 5.7		157.2 ± 5.6		159 ± 5.8 <sup>c</sup>		154.7 ± 5.5 <sup>a,b</sup>		*
体重	(kg)	60.0 ± 10.6		56.2 ± 7.7		73.1 ± 9.9 <sup>a</sup>		68.8 ± 10.0 <sup>a</sup>		*
BMI	(kg/m <sup>2</sup> )	24.3 ± 4.0		22.7 ± 2.8		28.9 ± 3.4 <sup>a</sup>		28.7 ± 3.7 <sup>a</sup>		*
体脂肪率	(%)	31.4 ± 4.5		29.8 ± 4.0		35.9 ± 2.3 <sup>a</sup>		36.2 ± 2.6 <sup>a</sup>		*
臍位周径围	(cm)	84.8 ± 11.4		80.4 ± 9.1		97.8 ± 6.5 <sup>a</sup>		97.5 ± 7.3 <sup>a</sup>		*
収縮期血圧	(mmHg)	115.7 ± 18.0		111.0 ± 15.9		127.0 ± 14.8 <sup>a</sup>		132.9 ± 19.0 <sup>a</sup>		*
拡張期血圧	(mmHg)	77.2 ± 13.2		73.4 ± 11.6		86.8 ± 10.9 <sup>a</sup>		90.3 ± 12.4 <sup>a</sup>		*
TG	(mg/dl)	91.9 ± 58.2		77.8 ± 47.8		106.9 ± 44.1 <sup>a,c</sup>		168.1 ± 75.6 <sup>a,b</sup>		*
HDL-CHO	(mg/dl)	62.1 ± 14.4		64.6 ± 13.5		55.4 ± 14.8 <sup>a</sup>		53.2 ± 13.3 <sup>a</sup>		*
LDL-CHO	(mg/dl)	122.9 ± 30.0		120.4 ± 28.9		122.3 ± 28.6 <sup>c</sup>		140.8 ± 34.6 <sup>a,b</sup>		*
空腹時血糖	(mg/dl)	99.6 ± 18.1		97.0 ± 15.2		99.4 ± 7.1 <sup>c</sup>		117.7 ± 32.0 <sup>a,b</sup>		*
HbA1c	(%)	5.1 ± 0.6		5.1 ± 0.6		5.0 ± 0.3 <sup>c</sup>		5.6 ± 0.8 <sup>a,b</sup>		*
高感度 CRP	(mg/dl)	0.08 ± 0.21		0.05 ± 0.08		0.13 ± 0.18 <sup>c</sup>		0.25 ± 0.53 <sup>a,b</sup>		*
MDA-LDL	(U/L)	106.0 ± 38.7		101.6 ± 34.7		105.0 ± 32.4 <sup>c</sup>		136.0 ± 56.5 <sup>a,b</sup>		*

\*: p<0.05, a: p<0.05 vs 非該当群, b: p<0.05 vs 予備群, c: p<0.05 vs MS 群

表 3-A. 各群における筋肉率及び全身筋肉量(男性)

男性		全体	非該当群	予備群	MS 群	群間差	群間差- 年齢補正
	N=	138	44	28	66		
筋肉率	(%)	30.5 ± 2.0	32.1 ± 1.6	29.9 ± 1.9 <sup>a</sup>	29.7 ± 1.6 <sup>a</sup>	*	*
全身筋肉量	(kg)	23.2 ± 3.2	21.7 ± 2.7	24.3 ± 3.3 <sup>a</sup>	23.8 ± 3.1 <sup>a</sup>	*	n.s.

a: p<0.05 vs 非該当群, b: p<0.05 vs 予備群, c: p<0.05 vs MS 群, \*: p<0.05

表 3-B. 各群における筋肉率及び全身筋肉量(女性)

女性		全体	非該当群	予備群	MS 群	群間差	群間差- 年齢補正
	N=	221	165	32	24		
筋肉率	(%)	25.0 ± 1.8	25.4 ± 1.7	24.0 ± 1.1 <sup>a</sup>	23.3 ± 1.3 <sup>a</sup>	*	*
全身筋肉量	(kg)	14.9 ± 2.4	14.3 ± 1.9	17.6 ± 2.5 <sup>a,c</sup>	16.0 ± 2.3 <sup>a,b</sup>	*	*

a: p<0.05 vs 非該当群, b: p<0.05 vs 予備群, c: p<0.05 vs MS 群, \*: p<0.05

表 4-A. 各群における筋横断面積(男性)

男性	N=	全体		非該当群		予備群		MS 群		群間差	群間差-
										年齢補正	
		79		24		17		39			
大腿筋 CSA	(cm <sup>2</sup> )	137.5 ± 20.1	131.6 ± 19.8	134.5 ± 21.2	142.3 ± 19.1	n.s.	n.s.				
大腰筋 CSA	(cm <sup>2</sup> )	29.5 ± 5.6	28.0 ± 5.2	30.0 ± 4.4	30.3 ± 6.1	n.s.	n.s.				
大腿筋 CSA/wt	(cm <sup>2</sup> /kg)	1.77 ± 0.18	1.87 ± 0.20	1.70 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.74 ± 0.17 <sup>a</sup>	*	p=0.06				
大腰筋 CSA/wt	(cm <sup>2</sup> /kg)	0.38 ± 0.06	0.40 ± 0.07	0.38 ± 0.05	0.37 ± 0.06	n.s.	n.s.				

a: p<0.05 vs 非該当群, b: p<0.05 vs 予備群, c: p<0.05 vs MS 群, \*: p<0.05, CSA: 横断面積, wt: 体重

表 4-B. 各群における筋横断面積(女性)

女性	N=	全体		非該当群		予備群		MS 群		群間差	群間差-
										年齢補正	
		219		163		32		24			
大腿部筋 CSA	(cm <sup>2</sup> )	95.6 ± 15.6	90.8 ± 12.3	110.7 ± 16.8 <sup>a</sup>	108.5 ± 14.7 <sup>a</sup>	*	*				
大腰筋 CSA	(cm <sup>2</sup> )	17.2 ± 3.7	131.6 ± 19.8	134.5 ± 21.2 <sup>a</sup>	142.3 ± 19.1	*	p=0.09				
大腿筋 CSA/wt	(cm <sup>2</sup> /kg)	1.60 ± 0.18	1.62 ± 0.19	1.51 ± 0.14 <sup>a</sup>	1.57 ± 0.15	*	n.s.				
大腰筋 CSA/wt	(cm <sup>2</sup> /kg)	0.29 ± 0.06	0.30 ± 0.07	0.25 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.26 ± 0.04 <sup>a</sup>	*	n.s.				

a: p<0.05 vs 非該当群, b: p<0.05 vs 予備群, c: p<0.05 vs MS 群, \*: p<0.05, CSA: 横断面積, wt: 体重

表 5-A. 各群における筋力(男性)

男性		全体		非該当群		予備群		MS 群		群間差	群間差- 年齢補正
		N=									
		N=	128	40	27	61					
KE	(Nm)		164.4 ± 32.8	156.1 ± 31.4	163.4 ± 28.6	170.2 ± 34.6	n.s.	n.s.			
KF	(Nm)		84.2 ± 17.7	81.0 ± 19.3	88.0 ± 18.5	84.6 ± 16.2	n.s.	n.s.			
HF	(Nm)		109.7 ± 24.5	109.4 ± 22.5	107.7 ± 27.8	110.8 ± 24.5	n.s.	p=0.06			
KE/wt	(Nm/kg)		2.18 ± 0.42	2.30 ± 0.45	2.03 ± 0.35 <sup>a</sup>	2.12 ± 0.40 <sup>a</sup>	*	n.s.			
KF/wt	(Nm/kg)		0.79 ± 0.16	1.20 ± 0.29	1.12 ± 0.31	1.06 ± 0.20 <sup>a</sup>	*	*			
HF/wt	(Nm/kg)		1.44 ± 0.34	1.61 ± 0.35	1.35 ± 0.36 <sup>a</sup>	1.38 ± 0.30 <sup>a</sup>	*	*			
		N=	137	43	28	66					
握力	(kg)		42.9 ± 5.9	42.2 ± 4.8	44.6 ± 5.8	42.6 ± 6.5	n.s.	n.s.			
上体起こし	(回)		18.9 ± 5.1	20.2 ± 4.6	19.1 ± 5.7	18.0 ± 5.1	n.s.	n.s.			
椅子座り立ち	(秒)		11.5 ± 2.4	11.4 ± 2.1	11.4 ± 2.5	12.4 ± 3.3	n.s.	n.s.			

a: p<0.05 vs 非該当群, b: p<0.05 vs 予備群, c: p<0.05 vs MS 群, \*: p<0.05

KE: 等速性膝伸展筋力, KF: 等速性膝屈筋力, HF: 等速性股関節屈筋力, wt: 体重

表 5-B. 各群における筋力(女性)

女性		全体		非該当群		予備群		MS 群		群間差	群間差- 年齢補正
		N=									
		N=	216	162	32	22					
KE	(Nm)		96.0 ± 23.5	93.1 ± 21.1	113.8 ± 27.1 <sup>a,c</sup>	91.8 ± 24.8 <sup>b</sup>	*	p=0.08			
KF	(Nm)		47.4 ± 11.4	45.7 ± 9.9	56.1 ± 13.3 <sup>a,c</sup>	47.7 ± 13.1 <sup>b</sup>	*	*			
HF	(Nm)		64.9 ± 15.5	62.1 ± 14.1	78.2 ± 16.5 <sup>a,c</sup>	66.0 ± 14.6 <sup>b</sup>	*	*			
KE/wt	(Nm/kg)		1.61 ± 0.34	1.65 ± 0.34	1.55 ± 0.30 <sup>c</sup>	1.37 ± 0.36 <sup>a,b</sup>	*	p=0.06			
KF/wt	(Nm/kg)		1.11 ± 0.26	0.81 ± 0.16	0.76 ± 0.12	0.71 ± 0.19 <sup>a</sup>	*	p=0.05			
HF/wt	(Nm/kg)		1.09 ± 0.23	1.11 ± 0.24	1.07 ± 0.17	0.99 ± 0.23 <sup>a</sup>	n.s.	*			
		N=	219	164	32	23					
握力	(kg)		26.7 ± 4.0	26.6 ± 3.7	28.4 ± 4.6 <sup>a,c</sup>	25.7 ± 4.8 <sup>b</sup>	*	n.s.			
上体起こし	(回)		13.0 ± 5.7	13.6 ± 5.5	12.0 ± 5.4	9.9 ± 6.5 <sup>a</sup>	*	n.s.			
椅子座り立ち	(秒)		11.9 ± 2.8	11.3 ± 2.3	11.7 ± 2.4	12.6 ± 3.1 <sup>a</sup>	*	n.s.			

a: p<0.05 vs 非該当群, b: p<0.05 vs 予備群, c: p<0.05 vs MS 群, \*: p<0.05

KE: 等速性膝伸展筋力, KF: 等速性膝屈筋力, HF: 等速性股関節屈筋力, wt: 体重