

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18年度 総括研究報告書

主任研究者 田辺 解

平成19(2007)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

中年勤労者に対する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	8
---	---

田辺 解、久野 譜也、前田 清司

II. 研究成果の刊行に関する一覧表	15
--------------------	----

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（COE）

研究要旨

- ・健康な中年者男女における筋力および筋量（筋横断面積）とメタボリックシンドローム関連因子との関係性について検討し、特に中年男性における筋力や筋量がメタボリックシンドロームと関連する可能性を示唆した。
- ・多人数の中年勤労者を対象とした筋力トレーニングを含めたメタボリックシンドローム予防のための運動プログラム及びシステムを構築し、その運動プログラムの効果について検証した。結果として、集団のMS該当者の割合が大きく低減し、この予防効果は筋力トレーニングによる筋量や筋力の増加と関連していた。

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

生活習慣病は、我が国における死亡原因の約6割及び国民医療費の約3割を占めており、このことは医療保険に係わる国民負担の増加や生活習慣病重症化より生じる介護保険財政の圧迫を亢進させている。

ゆえに、我が国における生活習慣病患者の増加は社会的な問題となっており、その対策は急務である。メタボリックシンドロームは、虚血性心疾患の危険因子を重複して発症する病態を言い、各因子の症状が軽い場合でも、重積することで虚血性心疾患のリスクが飛躍的に増大する。この概念からもわかるように、従来のような糖尿病、高血圧等の単独の危険因子への対策という枠を超えて、今後は複数の要因を考慮したメタボリックシンドロームという一つの疾患単位を意識した対策が重要である。

運動トレーニングは虚血性心疾患のリスクを軽減させるというエビデンスが数多く報告されて

いる。しかしながら、その大部分が糖尿病、高血圧等といった独立した各危険因子に対する効果についてのエビデンスであり、メタボリックシンドロームに対する運動の効果についてのエビデンスは希薄である。特に運動効果の一つである筋肉の質的、量的な維持・増進は、そのリスクを軽減させるために重要であると一般的に認識されながらも、実際にこれらの因果関係及びそのメカニズムについては十分に検証されてこなかった。

そこで本研究は、メタボリックシンドローム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メタボリックシンドローム関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、量的な変化がメタボリックシンドロームの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メタボリックシンドロームの予防のための筋力・筋量の基準値が示される。

②メタボリックシンドローム予防として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

対象者：

①民間企業に属する勤労者

茨城県つくば市の民間企業S社による研究協力の下、この企業に属する20歳代～60歳代の健康な135名（男性128名、女性7名）を対象者とした。

対象者の年齢は下記の通りであった。

全体（136名）：平均46.0±8.7歳（23～65歳）

男性（128名）：平均46.9±7.9歳（25～65歳）

女性（7名）：平均30.0±6.5歳（23～40歳）

②一般広告募集より集められた中年者

茨城県つくば市周辺に在住する健康な中年者38名（男性4名、女性34名）を対象とした。対象者の年齢は下記の通りであった。

全体（38名）：平均46.9±7.5歳（31～58歳）

男性（4名）：平均45.5±8.3歳（36～55歳）

女性（34名）：平均47.1±7.5歳（31～58歳）

測定項目：

①筋横断面積と腹腔内横断面積

MRI（磁気共鳴映像法）を用いて、腹部臍位及び大腿部50%部位の横断画像を撮影した。腹部画像からは大腰筋及び腹部内腔の横断面積（CSA）を、大腿部画像からは大腿筋CSAを測定した。

②全身筋肉量及び体脂肪量

インピーダンス体組成測定器（オムロン社製）により、全身の筋肉量、体脂肪量を測定し、それらの値から全身の筋肉率と体脂肪率を算出した。

③筋力

・等速性筋力

等速性筋力測定機器 (Biodex system3、Biodex medical systems) を用い、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、ピークトルクを評価した。

・握力

・上体起こし回数

30秒間内に実施可能な上体起こしの最大回数を測定した。

・椅子立ち上がり時間

規定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。

④メタボリックシンドローム関連因子

・臍位周囲径

・収縮期/拡張期血圧

・血液検査

空腹時血糖、HbA1c、中性脂肪、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

⑤形体計測

身長、体重、及び腕・胸・腹・腰・大腿部の周囲径を計測した。

⑥有酸素性能力

有酸素性能力については、下記のいずれかの方法を用いて評価した。

・最大酸素摂取量

自転車エルゴメータによる漸増負荷試験時

に呼気ガスを採取し、最高酸素摂取量 (VO_{2peak}) を算出した。

・2分間腿上げ回数

2分間に実施した腿上げ回数を測定した。

⑦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。

⑧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。

⑨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。

(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トレーニング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. 研究結果

筋量及び筋力がメタボリックシンドローム（以下、MSと表記）関連因子に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、中年男女を対象に筋因子とMS関連因子の関係性について横断的に検討した。

①対象者のMS該当者とMS予備群の割合

民間企業S社に所属する勤労者において、全てのデータが得られた男性99名に対し、MS判定を行った。MS判定には2005年日本動脈硬化学会等の診断基準を用いた。なお、MS該当者は、臍位周囲径が基準以上で、3つの項目（高脂血、高血圧、高血糖）のうち2つ以上に該当する者とし、MS予備群は、3つの項目のうち1つに該当する者とした。

中年勤労男性におけるMS該当者の割合は、48%であり、MS予備群は20%であった（表1）。

表1. 男性対象者におけるMS該当者の人数と割合

MS判定項目 (男性99名)	基準 以上	基準 未満	割合 (%)
	(名)	(名)	
臍位周囲径 (85 cm 以上)	74	25	75
収縮期血圧 (130 mmHg 以上)	59	40	60
拡張期血圧 (85 mmHg 以上)	70	29	71
空腹時血糖 (110 mg/dL 以上)	46	53	46
中性脂肪 (150 mg/dL 以上)	34	65	34
HDL-CHO (40 mg/dL 未満)	7	92	7
MS 該当者	47 名		48
MS 予備群	20 名		20
非該当者	32 名		32

MS判定項目別にみると、臍位周囲径と拡張期血圧の基準値を上回る者が、全対象者の70%以上と非常に高い割合で認められた。

一般募集の中年女性34名においても同様に、MS判定を実施した。その結果、MS該当者の割合は21%であり、MS予備群は23%であった（表2）。MS判定項目別にみると、臍位周囲径の基準値を上回る者が、全対象者の50%以上と高い割合で認められた。

本研究の対象者において、MS該当者は女性に比べて男性でより高い割合で認められた。MS判定項目別にみると、男女共に臍位周囲径の基準値を超える対象者が多く、次いで高血圧、高血糖の順で高い割合を占めた。

表2. 女性対象者におけるMS該当者の人数と割合

MS判定項目 (女性34名)	基準 以上	基準 未満	割合 (%)
	(名)	(名)	
臍位周囲径 (90 cm 以上)	18	16	53
収縮期血圧 (130 mmHg 以上)	10	24	29
拡張期血圧 (85 mmHg 以上)	10	24	29
空腹時血糖 (110 mg/dL 以上)	9	25	26
中性脂肪 (150 mg/dL 以上)	6	28	18
HDL-CHO (40 mg/dL 未満)	0	34	0
MS 該当者	7 名		21
MS 予備群	8 名		23
非該当者	19 名		56

②中年男女における筋因子とMS関連因子の関係

①で分類されたMS該当者 (MS(+))、予備群 (MS(R))、非該当者 (MS(-)) の三群について、筋力及び筋CSAの相違を検討した。

表3に男性対象者におけるMS三群の筋力及び筋CSA等のデータを示した。

年齢はMS(+)群で最も高く、体重と体脂肪率はMS(-)が最も小さい値を示した。また、インピーダンス法により測定された全身の筋肉率は、MS(-)群で最も高かった。最大等速性筋収縮時のピークトルク (股関節屈曲、膝関節伸展・屈曲) の絶対値は、三群間で有意な差はなかったが、体重当たりのピークトルクは股関節屈曲及び膝関節伸展動作時において、MS(-)群で最も有意に高かった。

MRIにより測定した大腰筋及び大腿筋50%部位のCSAは、三群間で有意な差は認められなかった。一方、腹腔内CSAは、MS(-)で最も小さかった。

なお、三群の年齢に有意差が認められ、年齢は筋因子に影響を及ぼすことから、年齢を共変量とした共分散分析により、各因子の群間差を検討した。その結果、体重当たりの股関節屈曲筋力と体重当たりの大腿筋CSAにおいてのみ三群間に有意差が認められた ($p < 0.05$)。体重当たりの股関節屈曲筋力は、MS(R)群に比べてMS(-)で有意に高く、体重当たりの大腿筋CSAは、MS(+)とMS(R)群に比べてMS(-)群で有意に高かった (図1、図2)。

表3. 男性対象者のMS三群の筋力および筋CSAの相違

項目	MS(-)		MS(R)		MS(+)		統計 P値
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	
n	32		20		47		
年齢(歳)	44.3	7.8	44.1	7.8	48.1	6.6	*
体重(kg)	66.4	8.3	80.1	16.5	77.2	8.4	*
体脂肪率 (%)	20.7	3.4	28.2	4.9	26.7	2.8	*
筋肉率(%)	32.1	1.5	29.3	2.1	29.9	1.5	*
HFトルク (Nm)	111.1	32.9	98.9	25.5	108.4	24.3	n.s
KEトルク (Nm)	165.0	35.1	164.9	23.7	167.0	33.4	n.s
KFトルク (Nm)	85.5	21.6	87.6	21.0	87.6	17.5	n.s
HFトルク /wt(Nm/kg)	1.65	0.43	1.27	0.34	1.41	0.31	*
KEトルク /wt(Nm/kg)	2.43	0.43	2.10	0.34	2.17	0.42	*
KFトルク /wt(Nm/kg)	1.27	0.31	1.12	0.31	1.14	0.22	n.s
握力(kg)	42.7	4.7	42.7	5.5	42.1	6.2	n.s
上体起こし (回)	20.0	4.9	18.8	6.1	18.4	4.8	n.s
椅子立ち上がり(秒)	11.3	2.3	11.9	2.7	12.4	3.5	n.s
2分腿上げ (回)	112.1	13.0	108.3	15.7	112.5	12.3	n.s

筋・腹腔内 CSA	(n=7)		(n=6)		(n=14)		
大腰筋 CSA(cm ²)	29.0	6.7	29.3	4.3	29.0	6.4	n.s
大腿筋 CSA(cm ²)	129.5	23.1	122.1	20.4	133.8	15.4	n.s
大腰筋 CSA/cm ²	0.41	0.07	0.40	0.05	0.38	0.07	n.s
大腿筋 CSA/wt (cm ² /kg)	1.84	0.24	1.64	0.15	1.75	0.13	n.s
腹腔内 CSA(cm ²)	90.3	17.2	129.6	30.2	126.7	27.5	*

HF: Hip Flexion, KE: Knee Extension, KF: Knee Flexion

CSA: Cross Sectional Area, wt: weight

MS(-): 非該当群, MS(R): 予備群, MS(+): MS該当群

大腰筋、大腿筋及び腹腔内CSAは、全対象者の中から第三者により無作為抽出された27名のデータを使用した。

三群間の差の検定はANOVAを用いた (* $p < 0.05$)。

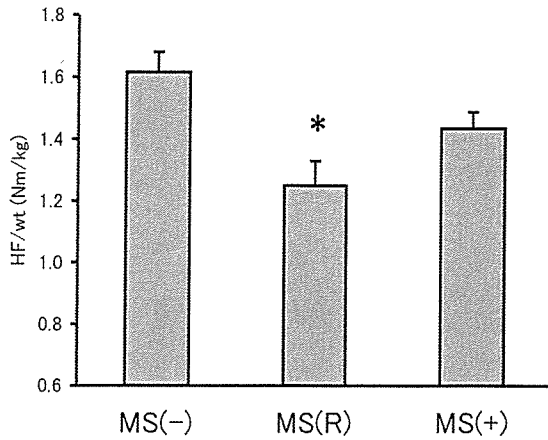


図1. MS三群の体重当たりの股関節屈曲筋力
年齢で補正された値を示した。*p<0.05 vs MS(-)

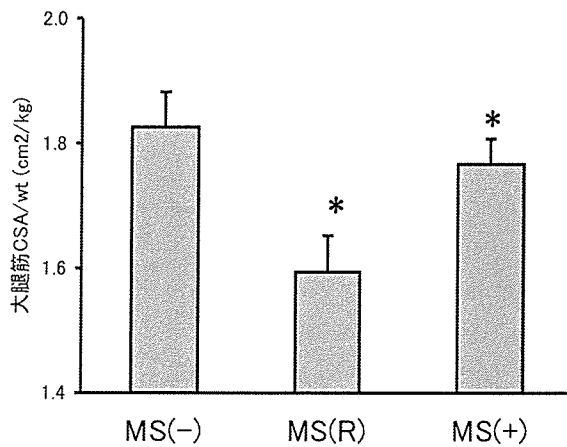


図2. MS三群の体重当たりの大腿筋CSA
年齢で補正された値を示した。*p<0.05 vs MS(-)

表4に女性対象者における三群の筋力及び筋CSA等のデータを示した。

MS三群において、年齢に有意な差はなかったが、体重と体脂肪率はMS(-)が最も小さい値を示した。また、インピーダンス法により測定された全身の筋肉率は、三群間に有意な差はなかった。最大等速性筋収縮時のピークトルクについても、三群間で有意な差はなかった。MRIにより測定した筋CSAは、大腿筋CSAがMS(-)群で最も小さかったものの、体重当たり

表4. 女性対象者のMS三群の筋力および筋CSAの相違

項目	MS(-)		MS(R)		MS(+)		統計 p 値
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	
n	19		8		6		
年齢(歳)	44.3	7.5	50.8	4.3	50.2	8.8	n.s
体重(kg)	59.3	5.8	69.3	7.6	66.2	8.0	*
体脂肪率(%)	32.6	3.0	36.1	2.2	34.8	2.7	*
筋肉率(%)	24.4	1.6	23.4	0.8	23.9	1.1	n.s
HF(Nm)	72.7	13.2	75.4	14.2	65.9	12.0	n.s
KE(Nm)	93.8	22.4	110.2	23.0	95.6	13.1	n.s
KF(Nm)	46.0	11.2	50.5	11.5	44.4	8.5	n.s
HF/wt (Nm/kg)	1.23	0.21	1.09	0.17	1.02	0.25	n.s
KE/wt (Nm/kg)	1.58	0.34	1.59	0.32	1.47	0.29	n.s
KF/wt (Nm/kg)	0.78	0.19	0.72	0.09	0.68	0.17	n.s
握力(kg)	26.1	4.2	27.1	3.5	26.3	2.8	n.s
上体起こし(回)	12.5	5.3	11.0	5.8	12.5	7.9	n.s
椅子立ち上がり(秒)	12.6	2.4	12.9	2.8	11.8	1.7	n.s
VO ₂ peak/wt (ml/min/kg)	23.3	2.9	22.0	2.0	21.8	2.3	n.s
大腰筋 CSA (cm ²)	16.4	2.8	18.4	4.0	18.6	4.0	n.s
大腿筋 CSA (cm ²)	88.8	11.2	104.3	14.1	102.3	16.3	*
大腰筋 CSA/wt (cm ² /kg)	0.28	0.04	0.26	0.05	0.28	0.04	n.s
大腿筋 CSA/wt (cm ² /kg)	1.50	0.16	1.51	0.11	1.54	0.12	n.s

HF: Hip Flexion, KE: Knee Extension, KF: Knee Flexion
CSA: Cross Sectional Area, wt: weight
MS(-): 非該当群, MS(R): 予備群, MS(+): MS該当群
三群間の差の検定はANOVA群を用いた(*p<0.05)。

のCSAは三群間で有意な差は認められなかった。大腰筋CSAについては、絶対値と相対値(体重当たり)共に三群間に有意な差はなかった。

D. 考察

健康な中年男性におけるMS該当者の割合は、全体の48%であり、平成16年 国民健康・栄養調査において推計された全国の割合（40歳～75歳で25.7%）を上回っていた。また、MS予備群を合わせると全体の68%と半分以上を占めており、非常に高い割合であったといえる。また、一般募集で集めた中年女性においても全体の21%がMS該当者であり、同じく推計された全国女性の10%に比べて高かった。ゆえに、本研究の対象者は、比較的メタボリックシンドロームの症状が多い集団であったといえるであろう。

このような対象者において、特に中年男性の筋力あるいは筋量（筋横断面積）がメタボリックシンドロームと関連性がある可能性が示唆された。一方、女性に関しては男性ほど顕著な関係性は認められなかった。これらの相違が性差によるものなのか、あるいは対象人数の少なさによるものなのかは今後検討していく必要がある。また、関係性が認められた男性についても、目的に掲げた筋力及び筋量の基準値を設定するまでには至らなかった。今後は、より対象者を増やし、性差や年齢差も含めて検討していく必要がある。

E. 結論

中年男性における筋力及び筋量は、メタボリックシンドロームの症状と関連性がある。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

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. 第60回日本体力医学学会大会, 2006. 9

H. 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

中年勤労者に対する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

主任研究者 田辺 解 筑波大学大学院人間総合科学研究科
分担研究者 久野 譜也、前田 清司 筑波大学大学院人間総合科学研究科

研究要旨

多人数の中年勤労者を対象としたライフスタイル型の運動プログラム及びその管理運用システムが、メタボリックシンドローム予防に有用であるか、そしてプログラムに含まれる筋力トレーニングが、メタボリックシンドロームの改善にどの程度寄与しているかについて検討した。結果として、メタボリックシンドローム該当者及び予備群の割合が大幅に低下し、筋力トレーニングによる筋力又は筋量の増大効果もメタボリックシンドローム改善に関係している可能性が示された。

A. 目的

生活習慣病は我が国の死因の約6割、国民医療費の約3割を占め、その対策は急務である。平成16年国民健康・栄養調査によれば、40歳以上になると、性別に関わらずメタボリックシンドローム（MS）の該当者及び予備群の割合が急増することが報告されている。40歳～74歳における男性の2人に1人、女性の5人に1人がMS該当者又は予備群とされる現代において、40～50歳代の中年者、あるいはその前段階の30歳代をターゲットとし、より積極的にMS予防策を講じる必要がある。

近年、MS予防には、有酸素性運動トレーニングによる消費エネルギー量の増加や脂質・糖質代謝の亢進に加え、筋力トレーニングによる筋の質的、量的な維持・増進が効果的である可能性が指摘されている。しかしながら、予防効果が確認されている運動プログラムが不足しており、特に筋力トレーニングによる筋の質的、量的な維持・増進がMS予防に与える効果、及びそのメカニズムについては十分に実証されていない。また、日本人の中年者（特に勤労者）に対するMS予防のための具体的かつ効果的な筋力トレーニングプログラムに

関する検討は我々の知る限りみられない。

そこで本研究では、中年勤労者を対象とした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及び機能的なシステムを開発することを念頭に置いて、多人数の中年勤労者に対する筋力トレーニングプログラムがメタボリックシンドロームに及ぼす影響を検討した。

B. 研究方法

対象者：民間企業に属する勤労者135名

茨城県つくば市の民間企業S社による研究協力の下、この企業に属する20歳代～60歳代の健康な135名（男性128名、女性7名）を対象者とした。

対象者の年齢は下記の通りであった。

全体（136名）：平均46.0±8.7歳（23～65歳）

男性（128名）：平均46.9±7.9歳（25～65歳）

女性（7名）：平均30.0±6.5歳（23～40歳）

介入プロトコール：

介入期間は9ヶ月（2006年4月～）とし、介入前及び9ヶ月後にトレーニング効果の検証を行った。

運動プログラム：

筋力トレーニング

自体重、又はチューブ負荷による筋力トレーニングを10回×1-3セット、週5回実施した。なお、トレーニングの種目、負荷及びセット数は介入前に評価した体力に応じて個別に設定した（基本は7種目、3セット、週5回）。また、トレーニングの実施については特定の実施場所は設けず、個々のライフスタイルに合わせ、任意の場所と時間帯に実施した。

有酸素性トレーニング

介入期間中は毎日、歩数計（ヘルスカウンタ、オムロン社製）を携帯し、8000-10000歩/日を目標として、日常歩行や踏み台を利用したステップ運動により歩数を増加した。

食事コントロール：

BMIに基づく目標体重及び摂取カロリーを提示した上で、管理栄養士による食事に関する講習会を期間中に2回開催した。なお、介入3ヶ月後時点で肥満傾向にある対象者には、2006年11月から12月までの6週間栄養補助食品を用いた摂取カロリー制限を実施した。

測定項目：

①メタボリックシンドローム関連因子

- ・臍位周囲径
- ・収縮期/拡張期血圧
- ・血液検査（分析中のものも列挙）。

空腹時血糖、HbA1c、中性脂肪、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、アディポサイトカイン（Adiponectin、Leptin、Plasminogen activator inhibitor（PAI）-1、Tumor necrosis factor（TNF）-alpha）、ADMA、Nitrite/Nitrate

②筋横断面積と腹腔内横断面積

MRI（磁気共鳴映像法）を用いて、腹部臍位及び大腿部50%部位の横断画像を撮影した。腹部画像からは大腰筋及び腹部内腔の横断面積（CSA）を、大腿部画像からは大腿部筋CSAを測定した。なお、これらの測定は第三者が無作為に抽出した30名に対して実施した。

③全身筋肉量及び体脂肪量

インピーダンス体組成測定器（オムロン社製）により、安静時における全身の筋肉量、筋肉率、体脂肪量及び体脂肪率を測定した。

④筋力

・等速性筋力

等速性筋力測定機器（Biodex system3、Biodex medical systems）を用いて、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、ピークトルクを評価した。

・握力

・上体起こし回数

30秒間内に実施可能な上体起こしの最大回数を測定した。

・椅子立ち上がり時間

規定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。

⑥有酸素性能力

- ・2分間腿上げ回数

2分間に実施した腿上げ回数を測定した。

⑦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。

⑧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。

⑨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。

C. 研究結果

①MS該当者及び予備群の対象者数の変化

図1に介入前後で有効な全データが得られた76名（男性71名、女性5名）におけるMS該当者及び予備群の対象者数の変化を示した。介入9ヶ月後に、MS該当者は約32%減少した（37名（49%）→25名（33%））。MS該当者とMS予備群を合わせた人数は、介入9ヶ月後に31%減少した（52名（68%）→36名（47%））。

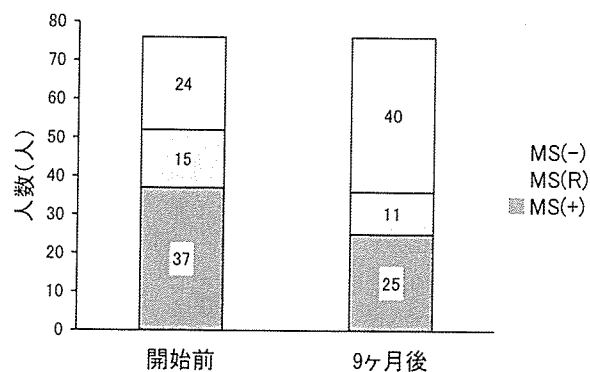


図1. 介入後のMS該当者及び予備群数の変化

MS(-):非該当者、MS(R):MS予備群、MS(+):MS該当者
介入前後で有効データが得られた76名（男71名、女5名）の結果を示した。

②MS関連因子の変化

表1に介入前後におけるMS関連因子の変化を示した。介入9ヶ月後には、MSの判定項目である臍位周囲径、血圧が有意に減少し、空腹時血糖が減少する傾向にあった（ $p < 0.1$ ）。その他MS関連指標であるLDLコレステロールも9ヶ月後に有意に減少した。

MS判定項目である臍位周囲径、収縮期・拡張期血圧、空腹時血糖、及び中性脂肪は、介入間9ヶ月後に基準値に近いレベルまで減少した。

③筋力及び筋CSAの変化

表2に介入前後における筋力及び筋CSA、及びその他の運動効果に関わる因子の値を示した。

筋力に関しては、握力、上体起こし回数、椅子立ち上がり時間、及び等速性股関節屈曲筋力が介入後に有意に増加し、それ以外の筋力指標については有意な変化がなかった。

筋CSAに関しては、大腰筋及び大腿筋のCSAが絶対値と体重当たりの相対値ともに有意に増大した。インピーダンスにより測定された筋肉率も介入後に有意に増加した。

介入後には、体重及び体脂肪率が有意に低下し、内臓脂肪蓄積の代用指標として評価した腹腔内面積も有意に減少していた。

有酸素性能力の指標として測定した2分間腿上げ回数は、介入後に有意に増加した。

介入期間中の平均歩数は約7500歩であり、筋力トレーニング実施頻度は週1.5回であった。介入前に目標として提示した8000歩/日、筋力トレーニング週5回実施には到達しなかった。

表1. 介入後におけるMS関連因子の変化

項目	介入前		9ヶ月後		t-test
	平均	SD	平均	SD	
臍位周囲径(cm)	89.6	11.7	85.6	9.4	*
収縮期血圧(mmHg)	135.2	16.2	130.2	15.8	*
拡張期血圧(mmHg)	90.2	12.3	86.5	11.9	*
空腹時血糖(mg/dL)	112.5	17.8	110.2	24.3	
中性脂肪(mg/dL)	131.4	76.6	128.5	85.0	
HDL-CHO(mg/dL)	59.7	15.4	59.5	15.2	
LDL-CHO(mg/dL)	137.3	29.4	127.3	30.9	*
T-CHO(mg/dL)	219.6	35.4	216.3	36.4	
HbA1c(%)	5.2	0.7	5.2	0.7	
高感度CRP(ng/mL)	1109	1506	1011	2249	
MDA-LDL(U/L)	144.8	49.8	143.3	47.1	

全ての時点で有効データが得られた76名(男71名、女5名)の結果を示した。MDA-LDLは50歳代の対象者(19名)のみ分析した。

*p<0.05 vs 介入前

表2. 介入後における筋力、筋CSA及びその他の要因の変化

項目	介入前		9ヶ月後		t-test
	平均	SD	平均	SD	
歩数(歩/日)	7527±3663				
筋力Tr.実施(回/週)	1.5±1.8				
体重(kg)	73.7	13.5	71.4	12.6	*
筋肉率(%)	30.1	2.1	30.5	2.1	*
体脂肪率(%)	25.5	4.6	24.3	4.3	*
2分間腿上げ(回)	111.9	15.7	125.9	15.1	*
握力(kg)	40.6	7.0	41.7	6.6	*
上体起こし(回)	18.6	5.0	21.7	5.3	*
椅子立ち上がり(秒)	12.1	3.1	10.2	2.0	*
HF(Nm)	103.5	30.0	119.8	26.8	*
KE(Nm)	159.4	36.5	157.8	31.9	
KF(Nm)	83.1	19.9	82.9	17.2	
HF/wt(Nm/kg)	1.42	0.39	1.69	0.30	*
KE/wt(Nm/kg)	2.18	0.42	2.22	0.38	
KF/wt(Nm/kg)	1.14	0.25	1.17	0.20	
大腰筋 CSA(cm ²)	29.2	5.5	29.8	5.3	*
大腿筋 CSA(cm ²)	0.39	0.06	0.41	0.08	*
大腰筋 CSA/wt (cm ² /kg)	69.3	11.0	69.1	10.4	*
大腿筋 CSA/wt (cm ² /kg)	0.91	0.09	0.95	0.11	*
腹腔内 CSA(cm ²)	117.3	31.3	107.8	31.7	*

全ての時点で有効データが得られた76名(男71名、女5名)の結果を示した。CSAのデータは第三者が無作為抽出した30名のデータを示した。

HF: Hip Flexion, KE: Knee Extension, KF: Knee Flexion

CSA: Cross Sectional Area, wt: weight

*p<0.05 vs 介入前

④筋因子の変化量とMS関連指標の変化量の関係
運動トレーニングの結果生じた筋力・筋量の変化がメタボリックシンドロームに及ぼす影響を検討するために、介入9ヶ月後における筋因子の変化量とMS関連因子の変化量との関係について検証した（表3）。

体重当たりの大腰筋CSA変化量と臍位周囲径及びMS保有数の変化量との間に有意な負の相関関係が認められた。また、体重当たり的大腿筋CSA変化量と臍位周囲径の変化量との間にも負の相関関係が認められた。一方、大腰筋CSA変化量と収縮期血圧変化量、そして大腿筋CSA変化量と臍位周囲径、又は収縮/拡張期血圧変化量との間には、正の相関関係がみられた。さらに、体重

表3. 介入9ヶ月後における筋因子の変化量とMS関連指標の変化量の相関関係

	MS 関連指標の変化量						
	1	2	3	4	5	6	7
△大腰筋 CSA	n.s.	0.40	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
△大腰筋 CSA/wt	-0.47	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-0.67
△大腿筋 CSA	0.41	0.43	0.53	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
△大腿筋 CSA/wt	-0.43	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
△HF	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
△HF/wt	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-0.25
△KE	0.33	n.s.	n.s.	n.s.	0.28	n.s.	0.24
△KE/wt	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
△KF	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
△KF/wt	n.s.	n.s.	-0.23	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
△握力	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
△上体起こし	-0.23	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
△椅子立ち上がり	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
△2分間腿上げ	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

1: △臍位周囲径、2: △収縮期血圧、3: △拡張期血圧、4: △空腹時血糖、5: △中性脂肪、6: △HDL-CHO、7: △MS保有数
相関関係が有意であったもののみ相関係数を示した(p<0.05)。

当たりの等速性股関節屈曲筋力又は膝屈曲筋力の変化量と拡張期血圧又はMS保有数の変化量とそれぞれ負の相関関係にあった。また、上体起こし回数の変化量と臍位周囲径の変化量との間に負の相関関係が認められた。

⑤トレーニング実施状況とMS関連指標の変化

9ヶ月間のトレーニング期間中の平均歩数及び筋力トレーニング実施回数の平均値から、A群（6000歩/日未満、筋力Tr. 週4回未満）、B群（6000-8000歩/日、筋力Tr. 週4回未満）、C群（8000歩/日以上、筋力Tr. 週4回未満）、D群（8000歩/日以上、筋力Tr. 週4回以上）の4群に分類した。なお、この4群間の年齢、体重、及び体脂肪率に有意な差はなかった。この4群における介入9ヶ月後の体組成の変化、あるいはMS関連指標の変化を比較した所、トレーニング実施状況が最も良いD群は、その他の3群に比べて体重の減少、筋肉率の増加及び体脂肪率の減少程度が最も大きく、臍位周囲径の減少程度が最も大きかった（図2, 3）。

D. 考察

特定の施設あるいは器具を必要とせず、個人のライフスタイルに合わせた形で実施できるような「ライフスタイル型」の運動プログラムとその管理システムが、多人数の中年勤労者におけるメタボリックシンドローム予防に有用であるか、そしてそのようなプログラムに組み込まれる筋力トレーニングがどの程度メタボリックシンドロームに影響を及ぼすかについて検証することが、本研究

の焦点であった。結果として、MS該当者の割合が大きく低減し（32%の減少）、このMS改善効果は、筋力トレーニングによる筋量や筋力の増加と関連していた。トレーニングの実施率が低いなど、動機付け等の面でいくつか課題はあるものの、本研究で用いたようなライフスタイル型の運動プログラムと管理システムが中年の勤労者の集団に適用でき、一定のMS予防効果が得られたことは、MS予防のためのより具体的かつ効果的な運動プログラムを開発するための基礎データとして重要であった。

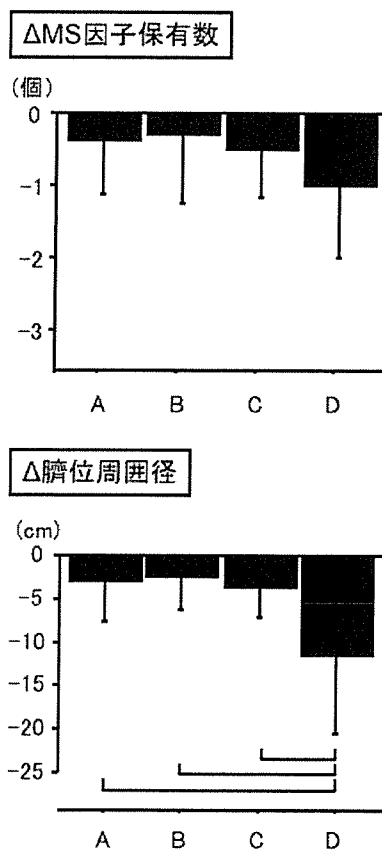


図2. トレーニング実施状況と介入9ヶ月後のMS

因子保有数及び臍位周囲径の変化

平均値±SD, $p < 0.05$

A: 6000歩/日未満、筋力Tr.4回/週未満 (n=30)

B: 6000-8000歩/日、筋力Tr.4回/週未満 (n=24)

C: 8000歩/日以上、筋力Tr.4回/週未満 (n=12)

D: 8000歩/日以上、筋力Tr.4回/週以上 (n=9)

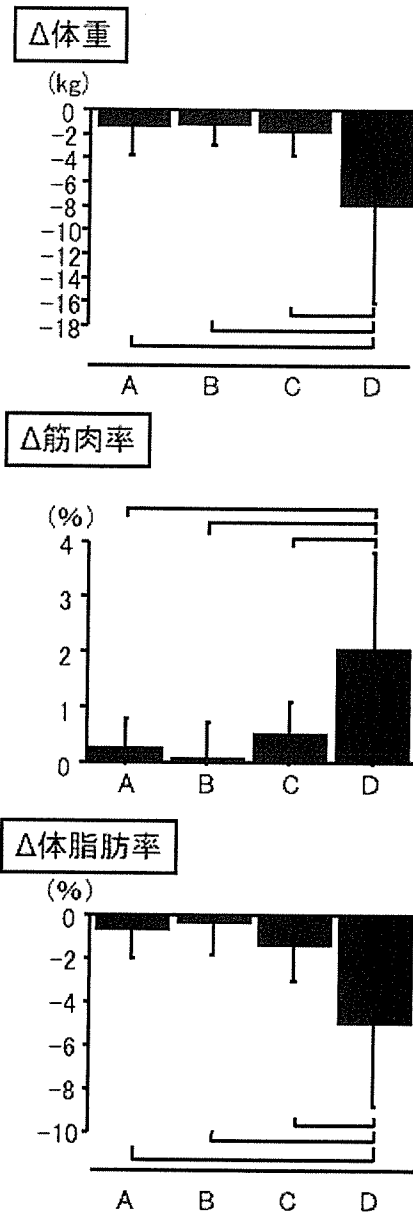


図3. トレーニング実施状況と介入9ヶ月後の体組成の変化

成の変化

平均値±SD, $p < 0.05$

A: 6000歩/日未満、筋力Tr.4回/週未満 (n=30)

B: 6000-8000歩/日、筋力Tr.4回/週未満 (n=24)

C: 8000歩/日以上、筋力Tr.4回/週未満 (n=12)

D: 8000歩/日以上、筋力Tr.4回/週以上 (n=9)

F. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

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

3. その他

該当なし

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ
	該当なし						

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
	該当なし				