

が明らかとなった。なお、女性における MS リスク発現確率に対する筋肉率・年齢の関係性について、男性のような線形性は認められなかった。

女性では GLIM により MS リスクと筋肉率及び年齢の関係に線形性が認められなかったことから、非線形モデルである GAM に当てはめて分析を行った。なお、GLIM の結果で MS リスク発現確率に対して年齢が及ぼす影響が、筋肉率が及ぼす影響に比べて非常に小さかったことから、GAM の分析には年齢の影響を加味せずに分析を進めた。結果として、男女ともに、筋肉率が高くなるほど、MS リスク発現確率が低くなるというような関係性が認められた (図 8-A&B)。

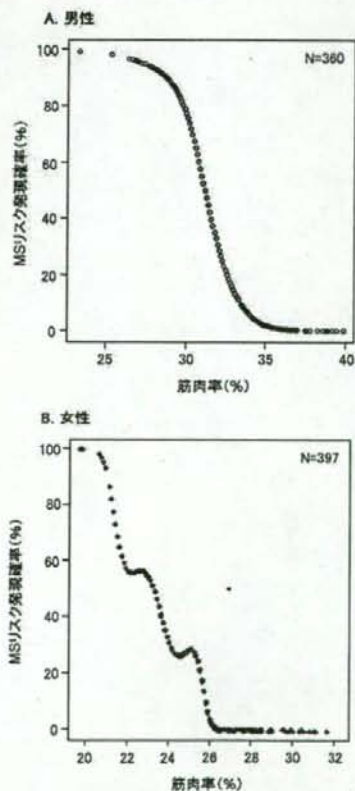


図 8. MS リスク発現確率と筋肉率の関係 (GAM による検討)

以上をまとめると、MS リスク発現確率には、性別、筋肉率、年齢が影響を及ぼし、特に性別と

筋肉率が大きく影響していることが明らかとなった。また、性別に検討した場合、筋肉率が高いほど、MS リスク発現確率が低くなることが示唆された。

これまでの統計的解析を踏まえて、性別に関わらず MS リスク発現確率と筋肉率の関係性を説明することができた GAM による分析結果を採用し、MS 予防のための筋肉率の基準値に関する検討を行った。

日本臨床検査医学会標準委員会基準値・基準範囲特別委員会 (2002) によると、「基準値 (reference value) は基準個体から得られた測定値」とされ、基準範囲 (reference interval) は「その基準分布の中心の 95% の基準値が含まれる範囲」と定義されている。この場合、基準個体は一般的に健康な個人とされる。つまり、健康な個人の母集団における平均値又はその 95% 範囲が、特定の指標の基準値と基準範囲ということになる。しかしながら、医学分野では診断に関して意志決定をするために基準となる値を定めることがしばしば必要とされ、「意志決定値」、「診断値」、「病態識別値」、「臨床判断値」、「カットオフ値」、あるいは「治療閾値」などと呼ばれる値が個人の状態を判別する基準値として利用されている。

本研究で評価した筋肉率という指標に関して、いわゆる一次予防のために利用することを考えた場合に、MS の疑いがある者 (MS になりやすい者) とそうでない者の筋肉率をスクリーニングすることを第一の目的とするのであれば、前者の基準値というよりも後者の基準値、つまり判別するためのカットオフ値を求める方がより適していると考えられる。

カットオフ値の設定には、疾患群の 2SD (95%) の範囲の上方値または下方値、健康群と疾患群の

二つの分布の交点の座標の値、及び検査値の感度と特異度から ROC 曲線を求めて基準値を判断する方法などが用いられる。また、最近では、医学分野で扱われるリスク解析において、検査値の分布が正規分布でない場合や、線形関係で表現できない場合が多く存在するため、正規分布以外の分布が扱える一般化線型モデル (GLIM) や、非線形関係を扱える一般化加法モデル (GAM) が用いられるケースが増えている。なお、本研究において、GLIM と GAM による分析を用いたが、性別に関わらず、当てはまりが良かったのは GAM であった。このモデルの場合、例えばリスク発現確率を 5%未満としたいのであれば、筋肉率が男性で 34.2%以上、女性で 26.0%以上が必要となり、確率を 10%未満としたければ、筋肉率が男性で 33.5%以上、女性で 25.8%以上が必要となること が示された (表 7-A&B)。

一次予防のための基準値を定めるという目的を考えれば、カットオフポイントを高めに設定し、リスク発現確率を低くすることが適当であると思われるが、基準値が高すぎると偽陽性者 (メタボ群ではないが、筋肉率ではメタボ群と判断されてしまう者) の割合が高くなるという問題が生じる。偽陽性者が陽性と判断されたことで不安となり、精神的苦痛となる (陰性ラベリング効果) 可能性も指摘されていることから、単純にリスク発現確率のみでカットオフポイントを定めることはできない。また、筋肉率が低いと判定された対象者が、その後の改善プログラムによってどの程度、基準値に近づくことができるかについても考慮すべきである。当研究プロジェクトにおいて、筋力トレーニングを行わせ、縦断的に筋肉率の変化を検討した実験では、トレーニング 9 ヶ月後に筋肉率は有意に増加したが、その変化量は 0.5%程度であった (平成 18 年度総括研究報告書)。ゆえ

に、筋肉率の基準値が高いと、元々筋肉率が低い対象者にとっては、改善プログラムを行った努力が報われないように感じてしまうかもしれない。

表 7-A. MS リスク発現確率と筋肉率 (男性)

| | 平均値 | SE | 95%信頼区間 |
|--------------------------|--------|-------|-----------|
| 非該当群 | 32.7 | ± 0.1 | 32.5-33.0 |
| メタボ群 | 30.4 | ± 0.1 | 30.1-30.6 |
| <i>MS リスク発現確率に対する筋肉率</i> | | | |
| MS リスク発現確率 | 筋肉率 | | |
| 5%未満 | 34.2 % | | |
| 10%未満 | 33.5 % | | |
| 20%未満 | 32.6 % | | |
| : | : | | |
| 50%未満 | 31.2 % | | |

平均値は年齢で補正された数値を示す。

表 7-B. MS リスク発現確率と筋肉率 (女性)

| | 平均値 | SE | 95%信頼区間 |
|--------------------------|--------|-------|-----------|
| 非該当群 | 25.5 | ± 0.1 | 25.3-25.7 |
| メタボ群 | 23.7 | ± 0.2 | 23.4-24.0 |
| <i>MS リスク発現確率に対する筋肉率</i> | | | |
| MS リスク発現確率 | 筋肉率 | | |
| 5%未満 | 26.0 % | | |
| 10%未満 | 25.8 % | | |
| 20%未満 | 25.6 % | | |
| : | : | | |
| 50%未満 | 23.3 % | | |

平均値は年齢で補正された数値を示す。

いずれにせよ、最終的にカットオフポイントをどこに定めるかについては、実際に基準値を利用する組織における複数の研究者や医師等の専門家の判断に委ねられるのが通例である。本研究では、そのような組織の有識者による討論を行うま

では至らなかったため、それぞれの MS リスク発現確率に対する筋肉率の水準を表記するに留めた。

以上に示した筋肉率と MS との関係性についてはいくつかの限界点がある。それは、①65 歳以上の高齢者や 20 歳未満の若年者に対し本研究の結果は適用されないこと、②筋肉率の数値は本研究で使用した特定メーカーの体組成測定装置のアルゴリズムに依存すること、③性別・年齢以外の交絡因子を考慮していないこと、④横断的調査のみの見解であることなどが挙げられる。特に④について、本研究のような横断的調査から得られる情報は、ある時点における特定集団の特性であり、個人の時系列変化については言及できない。より正確な基準値を定めるという視点では、アウトカムを MS とした縦断的な調査、例えば 10-20 年の期間でのプロスペクティブな調査等を行う必要があると考えられる。

D. 結論

本研究課題は、筋の量的・質的因子が MS に及ぼす影響について明らかにし、MS 予防のための筋の量的・質的な基準値を定めることを目的とした。

重度な疾患を有さない 23-62 歳の成人男女 757 名のデータベースにおいて、全身筋肉量、筋肉率、大腿筋 CSA、体重あたりの下肢等速性筋力、上体起こし回数の筋因子が、非該当群に比べて MS リスクを多く有する群 (MS 群+予備群) で有意に低い値を示した。これらのことは、筋の量的・質的因子が MS に影響を及ぼしている可能性を示している。

MS 予防のための筋因子の基準値については、インピーダンス法により推定した筋肉率を代表指標として、MS 予防のための筋因子の基準値を

作成することを試みた。結果として、筋肉率が高いほど、MS リスク発現確率が高くなることが示唆され、例えば、リスク発現確率を 10%未満と考えるならば、筋肉率が男性で 33.5%以上、女性で 25.8%必要となることが示された。

筋力や筋量が MS や生活習慣病の発症に影響を及ぼす独立した因子であることは明らかにされているものの、MS 予防のための筋量・筋力の基準値についての報告は、国内外においてみられない。したがって、MS 予防をターゲットとした基準を定めることが至急の課題と考えられる。

本研究では、インピーダンス法で評価した筋肉率 (体重に対する全身筋肉量の割合) を筋因子の指標として用いた。筋量や筋力を評価する方法は多種多様であるが、標準化及び一般化されている指標は少ない。将来的に保健指導や運動指導の現場で活用することを想定すると、簡易で汎用性の高い評価指標が必要となる。そのような点で、インピーダンス法で測定される筋肉率は、簡便性が高く、操作が容易で、かつ測定装置が比較的安価であり、大きなメリットがあると言えよう。さらに、測定値の信頼性や妥当性も比較的高いことも考え合わせると、筋肉率は一次的なスクリーニング指標としての必要条件を備えていると思われる。将来的には健康診断や保健指導の現場において活用されることも大いに期待できると考えられる。

(引用文献)

1. 運動所要量・運動指針の策定検討委員会. 健康づくりのための運動指針 2006 (エクササイズガイド 2006), 厚生労働省, 2006
2. メタボリックシンドローム診断基準検討委員会. メタボリックシンドロームの定義と診断基準. 日本内科学会雑誌, 94 (4),

794-809, 2005

3. 厚生労働省健康局総務課生活習慣病対策室.
平成 18 年国民健康・栄養調査結果の概要.
厚生労働省, 2006
4. Pietrobelli A, Morini P, Battistini N,
Chiumello G, Nuñez C, Heymsfield SB.
Appendicular skeletal muscle mass:
prediction from multiple frequency
segmental bioimpedance analysis. *Eur J
Clin Nutr.* 52 (7), 507-511, 1998
5. Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN,
Ross R. Estimation of skeletal muscle
mass by bioelectrical impedance analysis.
J Appl Physiol. 89 (2), 465-71, 2000
6. Treuth MS, Hunter GR, Figueroa-Colon R,
Goran MI. Effects of strength training on
intra-abdominal adipose tissue in obese
prepubertal girls. *Med Sci Sports Exerc.*
30 (12), 1738-1743, 1998
7. Miller JP, Pratley RE, Goldberg AP,
Gordon P, Rubin M, Treuth MS, Ryan AS,
Hurley BF. Strength training increases
insulin action in healthy 50- to
65-yr-old men. *J Appl Physiol.* 77 (3),
1122-1127, 1994
8. Andersen JL, Schjerling P, Andersen LL,
Dela F. Resistance training and insulin
action in humans: effects of de-training.
J Physiol. 15: 551 (Pt 3), 1049-1058, 2003
9. Jurca R, Lamonte MJ, Church TS, Earnest
CP, Fitzgerald SJ, Barlow CE, Jordan AN,
Kampert JB, Blair SN. Associations of
muscle strength and fitness with
metabolic syndrome in men. *Med Sci Sports
Exerc.* 36 (8), 1301-1307, 2004
10. Jurca R, Lamonte MJ, Barlow CE, Kampert
JB, Church TS, Blair SN. Association of
muscular strength with incidence of
metabolic syndrome in men. *Med Sci Sports
Exerc.* 37 (11), 1849-1855, 2005
11. Miyatake N, Wada J, Saito T, Nishikawa H,
Matsumoto S, Miyachi M, Makino H, Numata
T. Comparison of muscle strength between
Japanese men with and without metabolic
syndrome. *Acta Med Okayama.* 61 (2),
99-102, 2007
12. Metter EJ, Talbot LA, Schragger M, Conwit
R. Skeletal muscle strength as a
predictor of all-cause mortality in
healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.*
57 (10), B359-365, 2002
13. 日本臨床検査医学会標準委員会基準値・基
準範囲特別委員会. 「基準値」, 「基準範囲」
について—日本臨床検査医学会からの提言
—. *臨床病理.* 45, 1154-1159, 2002

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) 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

- 3) 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
- 4) 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

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)

| | N= | 全体 | 非該当群 | メタボ群 | 群間差 |
|--------|----------------------|--------------|--------------|---------------|--------|
| | | 380 | 192 | 168 | |
| 年齢 | (歳) | 43.9 ± 9.2 | 41.3 ± 9.5 | 46.8 ± 8.0 | P<0.01 |
| 身長 | (cm) | 171.1 ± 5.8 | 171.4 ± 5.8 | 170.7 ± 5.8 | n.s. |
| 体重 | (kg) | 72.3 ± 11.2 | 65.8 ± 7.9 | 79.8 ± 9.8 | P<0.01 |
| BMI | (kg/m ²) | 24.7 ± 3.6 | 22.4 ± 2.4 | 27.4 ± 2.9 | P<0.01 |
| 体脂肪率 | (%) | 23.0 ± 5.4 | 19.6 ± 4.8 | 26.9 ± 2.9 | P<0.01 |
| 臍位周径 | (cm) | 86.9 ± 9.5 | 80.7 ± 6.8 | 94.0 ± 6.7 | P<0.01 |
| SBP | (mmHg) | 124.6 ± 16.9 | 116.4 ± 14.2 | 134.0 ± 14.6 | P<0.01 |
| DBP | (mmHg) | 82.0 ± 13.6 | 74.7 ± 10.9 | 90.3 ± 11.4 | P<0.01 |
| TG | (mg/dl) | 132.7 ± 87.4 | 97.1 ± 48.9 | 173.6 ± 102.9 | P<0.01 |
| HDL | (mg/dl) | 57.3 ± 14.9 | 61.8 ± 14.7 | 52.0 ± 13.4 | P<0.01 |
| LDL | (mg/dl) | 122.3 ± 30.0 | 117.6 ± 29.0 | 127.7 ± 30.3 | P<0.01 |
| T-CHO | (mg/dl) | 203.0 ± 34.1 | 196.9 ± 31.7 | 210.0 ± 35.6 | P<0.01 |
| FG | (mg/dl) | 102.3 ± 19.1 | 94.5 ± 12.7 | 111.3 ± 21.1 | P<0.01 |
| HbA1c | (%) | 5.1 ± 0.7 | 5.0 ± 0.4 | 5.3 ± 0.9 | P<0.01 |
| MS 保有数 | (個) | 1.7 ± 1.3 | 0.6 ± 0.7 | 2.8 ± 0.8 | P<0.01 |

SBP: 収縮期血圧, DBP: 拡張期血圧, FG: 空腹時血糖, TG: トリグリセリド, HDL: HDL コレステロール,

LDL: LDL コレステロール, T-CHO: 総コレステロール, MS: メタボリックシンドロームリスク

表 2-B. 各群における身体的特性及び MS 関連指標(女性)

| | N= | 全体 | | 非該当群 | | メタボ群 | | 群間差 |
|--------|----------------------|--------------|--------------|--------------|-----|------|--------|-----|
| | | 397 | 291 | 291 | 106 | | | |
| 年齢 | (歳) | 44.7 ± 9.5 | 43.2 ± 9.9 | 48.8 ± 6.8 | | | P<0.01 | |
| 身長 | (cm) | 157.8 ± 5.5 | 157.8 ± 5.4 | 157.8 ± 5.8 | | | n.s. | |
| 体重 | (kg) | 60.9 ± 11.4 | 56.6 ± 8.4 | 72.8 ± 10.0 | | | P<0.01 | |
| BMI | (kg/m ²) | 24.5 ± 4.4 | 22.7 ± 3.2 | 29.2 ± 3.6 | | | P<0.01 | |
| 体脂肪率 | (%) | 31.5 ± 5.4 | 29.5 ± 4.7 | 36.9 ± 3.1 | | | P<0.01 | |
| 臍位周径圍 | (cm) | 85.6 ± 11.9 | 80.7 ± 8.9 | 99.3 ± 7.9 | | | P<0.01 | |
| SBP | (mmHg) | 116.3 ± 17.0 | 111.2 ± 13.5 | 130.4 ± 17.7 | | | P<0.01 | |
| DBP | (mmHg) | 77.9 ± 13.1 | 73.7 ± 11.1 | 89.5 ± 11.0 | | | P<0.01 | |
| TG | (mg/dl) | 91.7 ± 67.1 | 74.1 ± 48.1 | 141.1 ± 85.8 | | | P<0.01 | |
| HDL | (mg/dl) | 64.4 ± 15.0 | 67.3 ± 14.4 | 56.3 ± 13.9 | | | P<0.01 | |
| LDL | (mg/dl) | 121.5 ± 31.4 | 117.4 ± 29.4 | 133.0 ± 34.1 | | | P<0.01 | |
| T-CHO | (mg/dl) | 204.0 ± 35.4 | 199.9 ± 32.6 | 215.4 ± 40.4 | | | P<0.01 | |
| FG | (mg/dl) | 98.7 ± 17.2 | 95.1 ± 13.6 | 108.5 ± 21.7 | | | P<0.01 | |
| HbA1c | (%) | 5.1 ± 0.6 | 5.0 ± 0.5 | 5.3 ± 0.7 | | | P<0.01 | |
| MS 保有数 | (個) | 1.0 ± 1.1 | 0.4 ± 0.6 | 2.5 ± 0.6 | | | P<0.01 | |

SBP: 収縮期血圧, DBP: 拡張期血圧, FG: 空腹時血糖, TG: トリグリセリド, HDL: HDL コレステロール,

LDL: LDL コレステロール, T-CHO: 総コレステロール, MS: メタボリックシンドロームリスク

表 3-A. 各群における筋肉率及び全身筋肉量(男性)

| 男性 | | 非該当群 | | メタボ群 | | 群間差 |
|--------------------|------|------------|--|------------|--|--------|
| | N= | 192 | | 168 | | |
| 筋肉率 ^a | (%) | 32.7 ± 0.1 | | 30.4 ± 0.1 | | p<0.01 |
| 全身筋肉量 ^b | (kg) | 23.3 ± 0.1 | | 22.2 ± 0.1 | | p<0.01 |

a: 年齢を共変量とした共分散分析による推定値を示す。

b: 年齢と体重を共変量とした共分散分析による推定値を示す。

表 3-B. 各群における筋肉率及び全身筋肉量(女性)

| 女性 | | 非該当群 | | メタボ群 | | 群間差 |
|--------------------|------|------------|--|------------|--|--------|
| | N= | 291 | | 106 | | |
| 筋肉率 ^a | (%) | 25.5 ± 0.1 | | 23.7 ± 0.2 | | p<0.01 |
| 全身筋肉量 ^b | (kg) | 15.2 ± 0.1 | | 14.9 ± 0.1 | | p<0.01 |

a: 年齢を共変量とした共分散分析による推定値を示す。

b: 年齢と体重を共変量とした共分散分析による推定値を示す。

表 4-A. 各群における筋横断面積(男性)

| 男性 | | 非該当群 | | メタボ群 | | 群間差 |
|----------------------|--------------------|-------------|--|-------------|--|--------|
| | N= | 34 | | 80 | | |
| 大腿筋 CSA ^a | (cm ²) | 148.9 ± 3.3 | | 139.1 ± 2.1 | | p<0.05 |
| 大腿筋 CSA ^a | (cm ²) | 30.6 ± 0.9 | | 29.5 ± 0.5 | | n.s. |

平均値±標準誤差

a: 体重を共変量とした共分散分析による推定値を示す。

CSA: 横断面積

表 4-B. 各群における筋横断面積(女性)

| 女性 | | 非該当群 | | メタボ群 | | 群間差 |
|----------------------|--------------------|------------|--|------------|--|------|
| | N= | 211 | | 68 | | |
| 大腿筋 CSA ^b | (cm ²) | 96.6 ± 0.8 | | 98.1 ± 1.6 | | n.s. |
| 大腿筋 CSA ^b | (cm ²) | 17.0 ± 0.2 | | 17.4 ± 0.4 | | n.s. |

平均値±標準誤差

b: 年齢と体重を共変量とした共分散分析による推定値を示す。

CSA: 横断面積

表 5-A. 各群における筋力(男性)

| | | 非該当群 | メタボ群 | 群間差 |
|---------------------|---------|-------------|-------------|--------|
| | N= | 58 | 135 | |
| KE ^a | (Nm) | 169.0 ± 4.4 | 167.3 ± 2.7 | n.s. |
| KF ^a | (Nm) | 88.6 ± 2.7 | 84.8 ± 1.7 | n.s. |
| HF ^a | (Nm) | 118.2 ± 3.6 | 111.5 ± 2.2 | n.s. |
| KE/wt ^a | (Nm/kg) | 2.32 ± 0.05 | 2.14 ± 0.03 | P<0.01 |
| KF/wt ^a | (Nm/kg) | 1.23 ± 0.03 | 1.08 ± 0.02 | P<0.01 |
| HF/wt ^a | (Nm/kg) | 1.65 ± 0.04 | 1.42 ± 0.03 | P<0.01 |
| | N= | 61 | 141 | |
| 握力 ^b | (kg) | 43.9 ± 0.6 | 42.7 ± 0.5 | n.s. |
| 上体起こし ^b | (回) | 20.8 ± 0.6 | 18.8 ± 0.4 | P<0.05 |
| 椅子座り立ち ^b | (秒) | 11.5 ± 0.4 | 11.7 ± 0.3 | n.s. |

平均値±標準誤差, a: 年齢を共変量とした共分散分析による推定値を示す。

b: 年齢と体重を共変量とした共分散分析による推定値を示す。

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

表 5-B. 各群における筋力(女性)

| | | 非該当群 | メタボ群 | 群間差 |
|---------------------|---------|-------------|-------------|--------|
| | N= | 244 | 104 | |
| KE ^a | (Nm) | 98.9 ± 1.6 | 95.7 ± 2.7 | n.s. |
| KF ^a | (Nm) | 48.8 ± 0.8 | 47.6 ± 1.4 | n.s. |
| HF ^a | (Nm) | 66.7 ± 1.1 | 68.1 ± 1.9 | n.s. |
| KE/wt ^a | (Nm/kg) | 1.62 ± 0.02 | 1.48 ± 0.04 | P<0.01 |
| KF/wt ^a | (Nm/kg) | 0.80 ± 0.01 | 0.73 ± 0.02 | P<0.01 |
| HF/wt ^a | (Nm/kg) | 1.11 ± 0.02 | 1.03 ± 0.02 | P<0.01 |
| | N= | 241 | 103 | |
| 握力 ^b | (kg) | 26.9 ± 0.3 | 26.1 ± 0.5 | n.s. |
| 上体起こし ^b | (回) | 12.2 ± 0.4 | 12.2 ± 0.7 | n.s. |
| 椅子座り立ち ^b | (秒) | 11.6 ± 0.2 | 11.3 ± 0.3 | n.s. |

平均値±標準誤差, a: 年齢を共変量とした共分散分析による推定値を示す。

b: 年齢と体重を共変量とした共分散分析による推定値を示す。

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

表 6-A. 筋因子と MS 関連因子の間の偏相関関係 (男性)

| | 筋肉率 | 全身筋肉量 | 大腿筋 CSA | 大腿筋 CSA | KE | KF | HF | 握力 | 上体起こし | 椅子座り立ち |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| WC | -0.72 ** | -0.58 ** | -0.32 ** | -0.20 * | -0.29 ** | -0.38 ** | -0.38 ** | -0.38 ** | -0.37 ** | 0.19 ** |
| N= | 357 | 339 | 110 | 109 | 188 | 188 | 187 | 199 | 197 | 177 |
| SBP | -0.37 ** | -0.21 ** | -0.06 | 0.13 | 0.05 | -0.05 | -0.09 | -0.03 | 0.02 | 0.01 |
| N= | 357 | 339 | 110 | 109 | 188 | 188 | 187 | 199 | 197 | 177 |
| DBP | -0.45 ** | -0.25 ** | -0.16 * | 0.18 * | 0.00 | -0.08 | -0.10 | -0.05 | 0.09 | 0.01 |
| N= | 357 | 339 | 110 | 109 | 188 | 188 | 187 | 199 | 197 | 177 |
| FG | -0.30 ** | -0.14 ** | -0.34 ** | -0.39 ** | -0.12 | -0.09 | -0.21 ** | -0.15 * | -0.28 ** | 0.02 |
| N= | 356 | 338 | 110 | 109 | 187 | 187 | 186 | 198 | 196 | 176 |
| TG | -0.33 ** | -0.15 ** | 0.05 | -0.18 * | -0.03 | -0.19 ** | -0.01 | 0.04 | -0.19 ** | 0.18 ** |
| N= | 356 | 338 | 110 | 109 | 187 | 187 | 186 | 198 | 196 | 176 |
| HDL | 0.36 ** | 0.16 ** | 0.31 ** | 0.11 | 0.12 * | 0.24 ** | 0.00 | 0.17 ** | 0.13 * | 0.02 |
| N= | 356 | 338 | 110 | 109 | 187 | 187 | 186 | 198 | 196 | 176 |

上段の数値は偏相関係数、下段は N 数を示す(制御変数: 年齢、体重(筋肉率は制御変数を年齢のみとした))、*: P<0.05, **: P<0.01

CSA: 横断面積, WC: 臍位周径, 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, SBP: 収縮期血圧,

DBP: 拡張期血圧, FG: 空腹時血糖, TG: トリグリセリド, HDL: HDL コレステロール, LDL: LDL コレステロール, T-CHO: 総コレステロール

表 6-B. 筋因子と MS 関連因子の間の偏相関関係(女性)

| | 筋肉率 | 全身筋肉量 | 大腿筋 CSA | 大腿筋 CSA | KE | KF | HF | 握力 | 上体起こし | 椅子座り立ち |
|-----|----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|
| WC | -0.69 ** | -0.43 ** | -0.06 | -0.19 ** | -0.10 * | -0.15 ** | -0.09 | -0.27 ** | -0.18 ** | 0.10 * |
| N= | 394 | 384 | 275 | 275 | 343 | 343 | 341 | 342 | 337 | 299 |
| SBP | -0.39 ** | -0.15 ** | 0.13 * | 0.00 | -0.02 | 0.02 | 0.01 | -0.05 | -0.01 | -0.15 ** |
| N= | 394 | 384 | 275 | 275 | 343 | 343 | 341 | 342 | 337 | 299 |
| DBP | -0.44 ** | -0.16 ** | 0.13 * | 0.02 | -0.01 | -0.02 | -0.01 | -0.07 | -0.02 | -0.11 * |
| N= | 394 | 384 | 275 | 275 | 343 | 343 | 341 | 342 | 337 | 299 |
| FG | -0.32 ** | -0.17 ** | -0.05 | 0.00 | -0.11 * | -0.11 * | -0.11 * | -0.08 | -0.06 | -0.02 |
| N= | 393 | 383 | 274 | 274 | 343 | 343 | 341 | 341 | 336 | 299 |
| TG | -0.34 ** | -0.15 ** | 0.03 | -0.19 ** | -0.04 | -0.08 | -0.08 | -0.16 ** | -0.02 | 0.03 |
| N= | 392 | 382 | 273 | 273 | 342 | 342 | 340 | 340 | 335 | 299 |
| HDL | 0.24 ** | -0.06 | -0.02 | 0.02 | -0.02 | 0.06 | 0.04 | -0.02 | 0.01 | 0.05 |
| N= | 392 | 382 | 273 | 273 | 342 | 342 | 340 | 340 | 335 | 299 |

上段の数値は偏相関係数、下段は N 数を示す(制御変数:年齢、体重(筋肉率は制御変数を年齢のみとした))。*: P<0.05, **: P<0.01

CSA: 横断面積, WC: 臍位周径, KE: 等速性膝伸筋力, KF: 等速性膝屈筋力, HF: 等速性股関節屈筋力, SBP: 収縮期血圧,

DBP: 拡張期血圧, FG: 空腹時血糖, TG: トリグリセリド, HDL: HDL コレステロール, LDL: LDL コレステロール, T-CHO: 総コレステロール

付表 1. 筋 CSA を測定した対象者の身体的特性及び MS 関連指標

| | | 男性 | | | | | 女性 | | | | | |
|---------|----------------------|-------|--------|-------|---------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|-----|
| | | N= | 非該当群 | | メタボ群 | | 群間差 | 非該当群 | | メタボ群 | | 群間差 |
| | | | 34 | | 80 | | | 211 | | 68 | | |
| 大腿筋 CSA | (cm ²) | 136.4 | ± 24.9 | 144.4 | ± 23.4 | n.s. | 92.6 | ± 13.7 | 110.7 | ± 16.0 | P<0.01 | |
| 大腰筋 CSA | (cm ²) | 28.5 | ± 5.2 | 30.4 | ± 5.4 | n.s. | 16.7 | ± 2.9 | 18.6 | ± 3.5 | P<0.01 | |
| 年齢 | (歳) | 43.0 | ± 6.7 | 45.8 | ± 8.8 | n.s. | 45.1 | ± 8.6 | 48.7 | ± 6.1 | P<0.01 | |
| 身長 | (cm) | 171.7 | ± 4.9 | 171.3 | ± 5.6 | n.s. | 157.4 | ± 5.5 | 157.5 | ± 6.0 | n.s. | |
| 体重 | (kg) | 70.4 | ± 7.3 | 80.7 | ± 10.1 | P<0.01 | 56.8 | ± 7.9 | 71.3 | ± 10.0 | P<0.01 | |
| BMI | (kg/m ²) | 23.9 | ± 2.2 | 27.5 | ± 3.1 | P<0.01 | 22.9 | ± 3.0 | 28.7 | ± 3.5 | P<0.01 | |
| 体脂肪率 | (%) | 22.5 | ± 3.8 | 26.8 | ± 2.8 | P<0.01 | 30.0 | ± 3.9 | 36.0 | ± 2.5 | P<0.01 | |
| 臍位周径 | (cm) | 84.4 | ± 5.7 | 94.2 | ± 7.6 | P<0.01 | 81.3 | ± 8.2 | 97.9 | ± 7.2 | P<0.01 | |
| SBP | (mmHg) | 122.5 | ± 10.4 | 134.4 | ± 15.3 | P<0.01 | 112.6 | ± 13.2 | 130.0 | ± 16.4 | P<0.01 | |
| DBP | (mmHg) | 81.1 | ± 7.5 | 90.3 | ± 11.4 | P<0.01 | 74.5 | ± 10.3 | 88.9 | ± 11.7 | P<0.01 | |
| TG | (mg/dl) | 103.4 | ± 45.9 | 183.4 | ± 118.7 | P<0.01 | 77.3 | ± 44.9 | 137.1 | ± 78.1 | P<0.01 | |
| HDL | (mg/dl) | 55.0 | ± 11.2 | 49.4 | ± 12.5 | P<0.05 | 65.4 | ± 13.8 | 55.7 | ± 14.1 | P<0.01 | |
| LDL | (mg/dl) | 122.1 | ± 29.4 | 122.1 | ± 29.3 | n.s. | 119.7 | ± 28.7 | 128.2 | ± 32.2 | P<0.05 | |
| T-CHO | (mg/dl) | 197.9 | ± 27.4 | 203.8 | ± 33.5 | n.s. | 202.0 | ± 32.0 | 210.9 | ± 41.0 | n.s. | |
| FG | (mg/dl) | 104.3 | ± 12.6 | 116.6 | ± 25.6 | P<0.01 | 97.0 | ± 14.1 | 106.8 | ± 22.4 | P<0.01 | |
| HbA1c | (%) | 5.0 | ± 0.4 | 5.5 | ± 1.1 | P<0.01 | 5.1 | ± 0.6 | 5.3 | ± 0.7 | P<0.05 | |
| MS 保有数 | (個) | 1.1 | ± 0.7 | 3.0 | ± 0.8 | P<0.01 | 0.4 | ± 0.6 | 2.5 | ± 0.6 | P<0.01 | |

SBP: 収縮期血圧, DBP: 拡張期血圧, FG: 空腹時血糖, TG: トリグリセリド, HDL: HDL コレステロール,

LDL: LDL コレステロール, T-CHO: 総コレステロール, MS: メタボリックシンドロームリスク

付表 2. 等速性筋力を測定した対象者の身体的特性及び MS 関連指標

| | | 男性 | | | | | 女性 | | | | |
|--------|----------------------|--------------|---------------|--------|--------------|--------------|--------|--|------|--|-----|
| | | 非該当群 | | メタボ群 | | 群間差 | 非該当群 | | メタボ群 | | 群間差 |
| | | N= | 58 | 135 | 244 | | 104 | | | | |
| KE | (Nm) | 161.4 ± 33.7 | 170.6 ± 33.7 | n.s. | 94.5 ± 24.9 | 105.7 ± 26.2 | P<0.01 | | | | |
| KF | (Nm) | 84.7 ± 20.1 | 86.4 ± 18.5 | n.s. | 46.6 ± 12.2 | 52.7 ± 13.5 | P<0.01 | | | | |
| HF | (Nm) | 116.0 ± 28.8 | 112.6 ± 25.4 | n.s. | 64.3 ± 15.9 | 73.6 ± 17.6 | P<0.01 | | | | |
| KE/wt | (Nm/kg) | 2.35 ± 0.45 | 2.13 ± 0.38 | P<0.01 | 1.63 ± 0.37 | 1.46 ± 0.33 | P<0.01 | | | | |
| KF/wt | (Nm/kg) | 1.24 ± 0.28 | 1.08 ± 0.23 | P<0.01 | 0.81 ± 0.18 | 0.73 ± 0.17 | P<0.01 | | | | |
| HF/wt | (Nm/kg) | 1.69 ± 0.40 | 1.40 ± 0.30 | P<0.01 | 1.11 ± 0.25 | 1.02 ± 0.22 | P<0.01 | | | | |
| 年齢 | (歳) | 43.9 ± 7.8 | 46.5 ± 7.8 | P<0.01 | 44.9 ± 9.1 | 48.7 ± 6.8 | P<0.01 | | | | |
| 身長 | (cm) | 170.6 ± 5.8 | 170.9 ± 5.7 | n.s. | 157.5 ± 5.4 | 157.8 ± 5.8 | n.s. | | | | |
| 体重 | (kg) | 68.9 ± 7.8 | 80.5 ± 10.0 | P<0.01 | 57.9 ± 8.3 | 72.4 ± 9.8 | P<0.01 | | | | |
| BMI | (kg/m ²) | 23.7 ± 2.2 | 27.5 ± 3.0 | P<0.01 | 23.3 ± 3.1 | 29.1 ± 3.4 | P<0.01 | | | | |
| 体脂肪率 | (%) | 22.1 ± 3.7 | 27.0 ± 2.8 | P<0.01 | 30.5 ± 4.1 | 36.7 ± 3.0 | P<0.01 | | | | |
| 臍位周径 | (cm) | 83.6 ± 6.5 | 94.2 ± 6.9 | P<0.01 | 82.2 ± 8.5 | 98.9 ± 7.6 | P<0.01 | | | | |
| SBP | (mmHg) | 124.1 ± 10.9 | 135.0 ± 14.5 | P<0.01 | 113.2 ± 12.9 | 129.5 ± 16.9 | P<0.01 | | | | |
| DBP | (mmHg) | 81.1 ± 7.3 | 91.0 ± 10.5 | P<0.01 | 75.3 ± 10.5 | 89.1 ± 10.7 | P<0.01 | | | | |
| TG | (mg/dl) | 106.3 ± 46.7 | 175.2 ± 108.2 | P<0.01 | 78.9 ± 50.4 | 141.1 ± 86.2 | P<0.01 | | | | |
| HDL | (mg/dl) | 57.4 ± 12.9 | 51.6 ± 12.7 | P<0.01 | 65.4 ± 14.0 | 56.6 ± 13.8 | P<0.01 | | | | |
| LDL | (mg/dl) | 125.6 ± 31.1 | 127.2 ± 30.1 | n.s. | 120.1 ± 29.6 | 133.2 ± 34.2 | P<0.01 | | | | |
| T-CHO | (mg/dl) | 203.2 ± 29.8 | 209.2 ± 36.0 | n.s. | 202.3 ± 33.0 | 215.7 ± 40.5 | P<0.01 | | | | |
| FG | (mg/dl) | 105.2 ± 14.2 | 114.2 ± 22.0 | P<0.01 | 97.3 ± 13.5 | 107.2 ± 16.1 | P<0.01 | | | | |
| HbA1c | (%) | 5.0 ± 0.5 | 5.4 ± 0.9 | P<0.01 | 5.0 ± 0.6 | 5.3 ± 0.5 | P<0.01 | | | | |
| MS 保有数 | (個) | 1.1 ± 0.7 | 2.9 ± 0.8 | P<0.01 | 0.5 ± 0.6 | 2.5 ± 0.6 | P<0.01 | | | | |

付表 3. フィールドテストで筋力を測定した対象者の身体的特性及び MS 関連指標

| | | 男性 | | | 女性 | | |
|--------|----------------------|--------------|---------------|--------|--------------|--------------|--------|
| | | 非該当群 | メタボ群 | 群間差 | 非該当群 | メタボ群 | 群間差 |
| | | N= 61 | 141 | | 241 | 103 | |
| 握力 | (kg) | 42.5 ± 5.1 | 43.4 ± 6.4 | n.s. | 26.5 ± 3.9 | 27.0 ± 4.6 | n.s. |
| 上体起こし | (回) | 21.1 ± 4.5 | 18.7 ± 5.2 | P<0.01 | 13.2 ± 5.9 | 9.9 ± 6.5 | P<0.01 |
| 椅子座り立ち | (秒) | 11.4 ± 2.1 | 11.8 ± 2.9 | n.s. | 11.3 ± 2.4 | 12.1 ± 2.8 | P<0.05 |
| 年齢 | (歳) | 43.9 ± 7.3 | 46.9 ± 7.9 | P<0.05 | 45.1 ± 9.0 | 48.8 ± 6.7 | P<0.01 |
| 身長 | (cm) | 170.6 ± 5.4 | 170.7 ± 5.7 | n.s. | 157.4 ± 5.4 | 157.8 ± 5.8 | n.s. |
| 体重 | (kg) | 68.7 ± 7.7 | 80.3 ± 9.9 | P<0.01 | 57.7 ± 8.3 | 72.6 ± 10.0 | P<0.01 |
| BMI | (kg/m ²) | 23.6 ± 2.2 | 27.5 ± 3.0 | P<0.01 | 23.3 ± 3.1 | 29.1 ± 3.6 | P<0.01 |
| 体脂肪率 | (%) | 22.1 ± 3.6 | 27.1 ± 2.8 | P<0.01 | 30.5 ± 4.1 | 36.8 ± 3.0 | P<0.01 |
| 臍位周径 | (cm) | 83.4 ± 6.4 | 94.2 ± 6.9 | P<0.01 | 82.1 ± 8.5 | 99.1 ± 8.0 | P<0.01 |
| SBP | (mmHg) | 124.5 ± 10.7 | 135.8 ± 14.7 | P<0.01 | 113.1 ± 12.9 | 130.1 ± 17.7 | P<0.01 |
| DBP | (mmHg) | 81.3 ± 7.4 | 91.7 ± 11.0 | P<0.01 | 75.2 ± 10.5 | 89.5 ± 11.1 | P<0.01 |
| TG | (mg/dl) | 106.0 ± 45.6 | 173.4 ± 106.3 | P<0.01 | 77.5 ± 44.0 | 140.5 ± 86.0 | P<0.01 |
| HDL | (mg/dl) | 57.7 ± 12.9 | 51.7 ± 12.4 | P<0.01 | 65.5 ± 14.0 | 56.4 ± 14.0 | P<0.01 |
| LDL | (mg/dl) | 124.7 ± 30.5 | 128.5 ± 30.6 | n.s. | 119.9 ± 29.5 | 132.7 ± 34.1 | P<0.01 |
| T-CHO | (mg/dl) | 202.7 ± 29.5 | 210.4 ± 36.0 | n.s. | 202.4 ± 32.8 | 215.0 ± 40.5 | P<0.01 |
| FG | (mg/dl) | 105.6 ± 14.1 | 114.1 ± 21.5 | P<0.05 | 97.3 ± 13.5 | 108.7 ± 21.8 | P<0.01 |
| HbA1c | (%) | 5.0 ± 0.5 | 5.3 ± 0.9 | P<0.05 | 5.0 ± 0.6 | 5.3 ± 0.7 | P<0.01 |
| MS 保有数 | (個) | 1.1 ± 0.7 | 2.9 ± 0.8 | P<0.01 | 0.5 ± 0.6 | 2.6 ± 0.6 | P<0.01 |

SBP: 収縮期血圧, DBP: 拡張期血圧, FG: 空腹時血糖, TG: トリグリセリド, HDL: HDL コレステロール,

LDL: LDL コレステロール, T-CHO: 総コレステロール, MS: メタボリックシンドロームリスク

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

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

分担研究者： 前田 清司 筑波大学大学院人間総合科学研究科 講師

研究要旨

本研究課題では、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。

介入3ヶ月後において、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、臍位周径囲と血圧が対照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。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。

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改善を促している可能性が示唆された。

A. 研究目的

近年、メタボリックシンドローム (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・糖質代謝の充進に加え、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な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。

不活動であったり、推奨される運動量を実施できなかつたりする人々にとって、運動実施の障壁となる原因は、時間がない、社会的支援が不足している、習慣化されない、運動施設へのアクセスが不便、激しい運動が嫌い、等があげられる (Dishman & Sallis 1994)。ライフスタイル型運動プログラムは、個人に対してそれらの障壁を乗り越えるように行動を変容する技術を向上させることで、身体活動を増加させ、習慣化させる効果があるとされ、スポーツジム等の特定の運動施設や運動指導者がいる場で行う施設型の運動プログラムに代わるもう一つの運動プログラムとして注目されている (Blair et al. 1992, Epstein et al. 1985)。また、多人数を対象とするようなヘルスポモーション策を想定する場合に、運動施設の確保、運動指導者の確保の面を考えると、施設型の運動介入は最適ではない。費用効率、実行のしやすさ、継続のしやすさ、対象人数などを考えれば、ライフスタイル型や自宅型の身体活動介入が適していると考えられる。

一方、ワークサイトでの身体活動を促進させる

ようなヘルスポモーション効果に関するシステマティックレビューでは、身体活動量や体力を増加させる効果が認められるものの、その効果は比較的小さく、たとえ結果的に活動量を増加させたとしても、体重や血圧、コレステロールを大きく変える効果はみられないと報告している (Dishman et al. 1998, Engbers et al. 2005)。

しかしながら、筋力トレーニング、有酸素性運動トレーニング、及び食事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について、勤労者を対象としたヘルスポモーションの効果及びそのメカニズムについて検討した研究はみられない。

そこで本研究では、MS をアウトカムとした中年勤労者に対するヘルスポモーションプログラムとして、筋力トレーニング、有酸素性運動トレーニング、及び食事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とこのプログラムを運営し、参加者を支援するシステムを開発し、このプログラムとシステムについて短期的 (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。さらに、このプログラムの長期的 (2年間) な介入成果についても検討を加えた。

B. 研究方法

1. 対象者

本研究の参加者は、重篤な疾患を有しておらず、習慣的な高強度の身体活動・運動を行っていない日本人の中年男性 130 名 (46.7±7.9 歳、25-65 歳) であった。これらの全参加者は、茨城県内にある一つの民間企業 (労働者数: 約 3000 名) に所属していた。彼らは、会社側の管理者により、測定者側の意志とは無関係に介入群と対照群に分類された (図 1)。

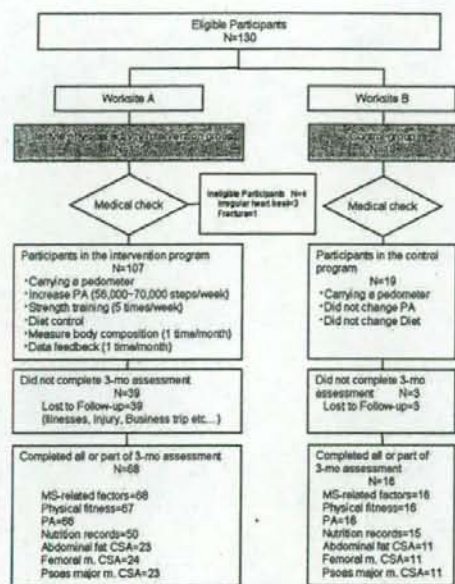


図 1. 研究デザイン

除外条件は、1) 心筋梗塞、脳梗塞、1 型糖尿病、骨粗鬆症、及び変形性関節症の病歴を持つことを任意に申告した者、2) 医師により運動実施を止められている者、3) BMI が 40 kg/m^2 を超える者、4) 少なくとも週 3 回、20 分/回以上の高強度運動を習慣的に行っている者、5) 65 歳以上の者とした。

本研究のプロトコールは、筑波大学人間総合科学研究科研究倫理委員会の承認を得て行われた。なお、実験に先立ち被験者に実験の趣旨と内容を十分に説明し、書面による実験参加の同意を得た。

2. 測定項目

①運動の可否判定

全参加者は、研究の趣旨と内容を説明するオリエンテーションセッションに招待された。このセッションで、研究参加の同意を書面で得た後、参加者は健康に関する質問紙（病歴、投薬状況、関節痛の有無、及び喫煙状況について）を記入した。

1 人の内科医が、参加者の健康に関する情報及び定期健康診断の結果を元に、運動実施の可否を判定した。この時、運動実施が困難と判断された者は、かかりつけの医者に本研究の運動トレーニングへの参加について了解を得た上で実験に参加した。

②形態計測

身長と体重と BMI は、標準的な方法で測定された。体脂肪率と筋肉率は、生体電気インピーダンス測定装置（HBF-352 prototype, Omron Healthcare Co., Ltd., Kyoto）により、両手間及び両手-両足間のインピーダンス値が測定された。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、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、それぞれを体重当りに換算した筋肉率と体脂肪率を求めた。

③メタボリックシンドローム（MS）関連因子

臍位周径囲は、食後 5 時間以上経過した安静時に立位、軽呼吸時、及び臍位レベルで三回計測し、その平均値を測定値とした。

血圧は、10 分以上安静にした後、座位で自動血圧計（an automated oscillometric devise: HEM-780, Omron Healthcare Co., Ltd., Kyoto）を用いて少なくとも 2 回計測し、収縮期血圧が最も小さい回の値を測定値とした。

血液サンプルは 10 時間絶食後の朝（AM9:00-10:00）に採取した。全てのサンプルは、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）、高感度 CRP（Hs-RP）、アディポネクチン（total adiponectin and high molecular weight-adiponectin（HMW-Adiponectin））、及び

レプチンを分析するために使用された。アディポサイトカイン以外の検査項目は、標準的な臨床検査研究所において分析された。アディポネクチンは、ヒト多量体アディポネクチン分別測定キット (No. 376405, SEKISUI MEDICAL CO.; LTD.; Ebinuma et al. 2006) を用いて ELISA 法により分析し、レプチンはヒトレプチン定量キット (The Quantikine human Leptin Immunoassay kit (No. DLP00), R&D SYSTEMS INC.) を用いて ELISA 法により分析を行った。

<メタボリックシンドローム (MS) の判定>

MS の判定には、2005 年のメタボリックシンドローム診断基準検討委員会による基準を用いた (臍位周径囲: ≥ 85 cm, 血圧: SBP ≥ 130 mmHg or DBP ≥ 85 mmHg, FG: 110mg/dl, 血中脂質: TG ≥ 150 mg/dl or HDL-CHO ≤ 40 mg/dl, 投薬治療をしている場合もリスクにカウントする)。なお、臍位周径囲の異常に加えて 2 項目以上のリスクを有する場合を MS 該当群、臍位周径囲に加えて 1 項目のリスクを有する場合を予備群、それ以外を非該当群と定義した (厚生労働省 2006)。

④身体活動量

身体活動量は、介入前と 3 ヶ月後に加速度計付き歩数計 (Lifecorder®, Suzuken CO., Ltd., Nagoya) を参加者の腰部に 1 週間装着させ、一日当たりの活動消費エネルギー量及び歩数を測定した。さらに、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。なお、介入期間中の身体活動量のモニターには、別の歩数計 (Walking Style® HJ720IT, Omron Healthcare Co., Ltd., Kyoto) を用い、介入期間中の平均歩数を算出した。

⑤食事調査

参加者は、3 日間の食事内容を記録し、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、栄養素解析ソフト (Excell Eiyokun®, Kenpakusya, Tokyo) を用いて管理栄養士によって実施された。

⑥体力

握力は、デジタル握力計 (GRIP-D, Takei Scientific Instruments Co., Ltd., Niigata) 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。

上体起こし回数は、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。

椅子座り立ち時間は、規定の椅子 (座面の高さ 42 cm) 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。

全身持久力は、2 分間にその場でステップした回数から評価した。

⑦腹腔内脂肪面積と筋横断面積

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., Ltd., Tokyo) 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。腹部画像からは腹腔内脂肪と大腰筋 (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, USA) により算出した。

⑧運動実施の時間帯調査

介入 3 ヶ月後に、参加者は、ウォーキングと筋力トレーニングを行った時間について、次の 6 つの項目「1) 仕事前、2) ランチタイム、3) 仕事前中、4) 仕事後、5) 休日、6) 実施しなかった。」

から当てはまる全ての項目を回答した。

3. 介入期間及び方法

介入期間は24ヶ月間とし、介入3ヶ月後と24ヶ月後にMS、体組成、体力、身体活動量、及び食事摂取状態を評価した。

介入群は、介入前に一回、運動と栄養の専門家によるグループ指導を受けた。その内容は、栄養、身体活動、及びMSに関する情報を含んでおり、主にMSのリスクを減らすための運動と食事についての情報（動機づけ）に焦点が当てられた。この時、参加者は、筋力トレーニング、身体活動量増加、及び食事摂取方法についても指導を受けた。介入群は、食事のコントロールをするとともに、ライフスタイルに合わせて規定の筋力トレーニングと日常的な身体活動量の増加のメニューを行った。

①筋力トレーニング

筋力トレーニングは、自体重による7種目のレジスタンスエクササイズを10回×1-3セット、週5回実施することとした。トレーニング種目は、Squat、Sit-up、Push up、Leg extension、Back extension、Leg curl、Hip extensionであった。なお、トレーニングの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。参加者は、個々のライフスタイルに合わせ、任意の場所と時間帯に筋力トレーニングを実施した。参加者は、トレーニングを実施した時に歩数計の任意のボタンを押すことで、筋力トレーニングの頻度を記録した。

②身体活動量の増加

参加者は、歩数計 (Walking Style® HJ720IT, Omron Healthcare Co., Ltd., Kyoto) を毎日携帯し、日常的な身体活動を増やすように心がけた。目標の歩数は、1週間で56,000-70,000歩(8000

~10000歩/日)とした。この目標値は、厚生労働省により示されたエクササイズガイド2006に基づいた。また、使用した歩数計は、10分以上連続して歩いた時間を記録できる機能が付いており、参加者に対し、その総数が1日30分を達成するように推奨した。なお、参加者はエレベータではなく階段を使用すること、及びランチタイムにウォーキングを行うことが勧められた。この歩数計はPCに直接USB接続できる機能を持ち、歩数計データをアップロードできる。参加者は、定期的に歩数計データをPCにアップロードし、管理者は身体活動状況を確認した。

③体重コントロール

参加者は、個人のBMIに基づいて目標体重及び摂取カロリーが提示され、減量を行うよう勧められた。なお、介入前に一回、管理栄養士による栄養アドバイスがグループ指導により行われた。参加者は、少なくとも月に1回は、体組成計 (HBF-352IT, Omron Healthcare Co., Ltd., Kyoto) により体組成を測定し、体重と体脂肪率を確認した。なお、体組成計はオフィス内に設置され、参加者がいつでも計測できるようにした。なお、この体組成計は歩数計 (Walking Style® HJ720IT, Omron Healthcare Co., Ltd., Kyoto) と赤外線接続できる機能を持っており、体組成計データは歩数計にアップロードされる仕組みとなっている。歩数計データをアップロードした際に、同時に体組成計データもアップロードされることから、管理者はそれらのデータを確認し、適宜体重コントロールについてアドバイスや動機付けを行った。

③管理システム

本研究の介入は、主にインターネットを使用したシステムで管理した(図2)。参加者は、少なくとも月に一回、歩数計のデータと体組成のデー

タを指定の PC にアップロードし、指定のサーバーに個人データを送信した。参加者は全てのデータを個人の PC で閲覧可能であり、定期的に自分のデータを確認した。

1名のシステム管理者が、全参加者の体組成やトレーニング状態を管理し、月に一回の頻度で参加者にそれらのデータフィードバックを行った。管理者は、トレーニングの実施状況が悪い参加者に対して、トレーニングを行うように促した。なお、管理者は、対象となった企業の労働者の1人であり、事前に運動や栄養の専門的な講義を受けた。

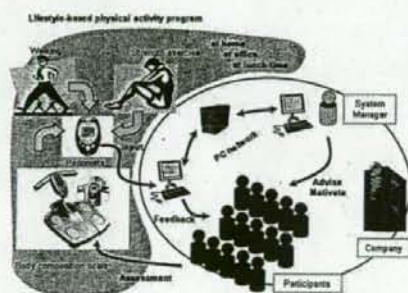


図2. 介入システム

④ 対照群への指示

対照群は、介入群と同様の健康に関するグループ指導を受けた。対照群は、3ヶ月の間、日常的な身体活動や食事を通常通りに行うよう指示された。さらに、対照群は、介入群と同様の歩数計 (Walking Style® HJ720IT, Omron Healthcare Co., Ltd., Kyoto) を毎日携帯し、期間中の身体活動量をモニターした。なお、対照群のコントロール期間は3ヶ月間のみとし、介入群と同様の測定をコントロール期間の前後に行った。

4. 統計分析

統計量は平均値±標準偏差で示した。2群間の差の検定には unpaired t-test を実施した。それ

ぞれの変数における群内変動と群間変動の有意性および交互作用を検定するために、two-way repeated measures ANOVA を行った。群内変動のみの検討には one-way repeated measures ANOVA を行った。なお、Post-hoc テストには、Fisher's PLSD を用いた。また、two-way repeated measures ANOVA にて交互作用が認められた場合には、各群内における時間的変動を paired t-test により検定した。各変数間における関連性を検討するにあたって、相関分析をおこなった。相関係数の算出には Fisher の z 変換を用いた。MS の比率の変化を検討する際には、 χ^2 検定を行った。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。

5. 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. 介入前の対象者の特徴

短期間 (3ヶ月) の介入前後の分析に用いた対象者数は、84名であり、介入群が68名 (年齢 45.9 ± 7.7 歳, 25-61歳)、対照群が16名であった (年齢 49.3 ± 7.9 歳, 34-59歳) (図1、表1)。なお、代謝性疾患の治療薬の服用者は、16名 (介入群の中では9名) おり、その内訳は血糖降下剤 (N=4)、