

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～20年度 総合研究報告書

主任研究者 田辺 解

平成21(2009)年 4月

目 次

I. 総合研究報告	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. 研究成果の刊行に関する一覧表	13
III. 研究成果の刊行物・別刷	14

総合研究報告書

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-

平成18年度～20年度

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

前田 清司 筑波大学大学院人間総合科学研究科 講師

研究協力者 横山 典子 筑波大学大学院人間総合科学研究科 研究員

膳法 浩史 筑波大学大学院人間総合科学研究科

研究要旨

本研究は、主に中年者を対象にして、①筋力・筋量とメタボリックシンドローム（MS）との関係を明らかにし、筋力・筋量の基準を作成すること、そして②筋力トレーニングによる筋力・筋量の変化が、MS 予防にどのような影響をもたらすかを明らかにした上で、具体的なプログラムを開発することを目的とした。

24～64 歳の成人男女約 760 名のデータベースにおいて、筋力や筋量は MS に影響を及ぼす可能性が示された。つまり、MS リスクを多くもつ者ほど、筋力や筋量が低値を示すことが示唆された。これらのことから、若年～中年者において、筋の量的・質的維持は、MS 予防に重要となると考えられた。筋因子の指標の中で、特に MS との関連性が強かった筋肉率（体重あたりの全身筋肉量）について MS 予防のための基準値を作成することを試みた結果、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、男性では筋肉率が 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。

筋力トレーニング、有酸素性運動、及び食事摂取制限という 3 つの MS 改善プログラムについて、これらをそれぞれ組み合わせ介入の効果を比較した結果、筋力トレーニングを併用して行うことで、より一層 MS を改善させるような効果は認められなかった。一方、体重が減少すると筋量の減少が生じてしまうことが明らかとなり、この筋量減少は有酸素性運動や食事摂取制限のみの介入では防げないが、筋力トレーニングを併用して行うことで予防できることが示された。

MS 改善・予防のための具体的な筋力トレーニング法として、個人のライフスタイルに合わせてプログラムを実施するライフスタイル型運動プログラムを開発し、その効果について中年勤労者を対象として検証したところ、3ヶ月という短期間で大きなMS 関連因子、アディポサイトカイン、及び内臓脂肪量の改善が認められ、9 か月後には精神健康度の向上もみられた。さらに、その改善効果は介入2年後においても維持された。ライフスタイル型運動プログラムは、特定の施設や機器、あるいは特定の運動・栄養指導者を擁さなくても実施可能であることから、比較的低コストでより多人数を対象とできるプログラムであるといえる。したがって、MS 予防のためのポピュレーションアプローチとして、ライフスタイル型運動プログラムは有用であり、今後、実際の保健指導現場等で推進できるプログラムであると位置づけられた。

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、生活習慣病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

これらの目的を達成するために、次の研究を実施した。

1. 「メタボリックシンドローム予防のための筋力・筋量の基準の作成に関する研究」、2-1. 「減量をともなう中強度の筋力トレーニングがMSに及ぼす影響に関する研究」、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に関する研究」、2-3. 「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」、2-4. 「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」、3. 「加齢性筋萎縮に影響を及ぼす遺伝子多型の探索に関する研究-ACTN3 遺伝子多型の影響」

上記の研究の方法について、以下に示した。

1. メタボリックシンドローム予防のための筋力・筋量の基準の作成に関する研究

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を用いた。

- 2-1. 減量をともなう中強度の筋力トレーニングがMSに及ぼす影響に関する研究

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、介入前後に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（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）、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測定した。

- 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に関する研究

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ィフネスを示し、大腿動脈-足首動脈間の脈波伝播速度は末梢動脈のスティフネスを示す。同時に収縮期血圧と拡張期血圧も測定した。

2-3. 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

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。

2-4. 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

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(研究2-3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。

3. 加齢性筋萎縮に影響を及ぼす遺伝子多型の探索に関する研究-ACTN3遺伝子多型の影響-

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。

C. 研究結果

1. メタボリックシンドローム予防のための筋力・筋量の基準の作成に関する研究

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、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。なお、それは特に男性において顕著にみられた。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。

2-1. 減量をとまなう中強度の筋力トレーニングが MS に及ぼす影響に関する研究

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、中強度の筋力トレーニング実施群が顕著に MS を改善させることはみられなかった。しかしながら、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。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

いない群でより顕著であった。

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に関する研究

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。動脈ステイ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。

2-3. 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。

2-4. 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。

3. 加齢性筋萎縮に影響を及ぼす遺伝子多型の探索に関する研究—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、対象者を中年群 (82 名、50.6±8.5 歳) と高齢群 (80 名、66.8±4.5 歳) に分け、ACTN3 遺伝子多型が大腿部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部筋横断面積が有意に小さかった。

D. 考察

1. メタボリックシンドローム予防のための筋力・筋量の基準の作成に関する研究

筋量や筋力は、非該当群に比べてメタボ群でより低い値となる傾向にあった。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、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。

2-1. 減量をとまなう中強度の筋力トレーニングが MS に及ぼす影響に関する研究

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、中強度の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、体重が減少すると筋量の減少が生じてしまうことが明らかとなり、この筋量減少は有酸素性運動や食事摂取制限のみの介入では防げ

ないが、筋力トレーニングを併用して行うことで予防できることが示された。

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に関する研究

高強度の筋力トレーニングは、有酸素性運動の効果とは逆に、中心動脈のステイフネスを増大させることが危惧されている。しかしながら、本研究で実施した中年女性における中強度の筋力トレーニングは、中心動脈ステイフネスを変化させないことが明らかとなった。すなわち、健康の維持・増進やメタボリックシンドローム予防を目的とした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イフネスの増大を惹起しないことが示唆された。これらの結果から、中強度の筋力トレーニングは、健康の維持・増進やメタボリックシンドローム予防に大きな意義を有する可能性が考えられる。

2-3. 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

MS改善・予防のための具体的な筋力トレーニング法として、個人のライフスタイルに合わせてプログラムを実施するライフスタイル型運動プログラムを開発し、その効果について中年勤労者を対象として検証したところ、3ヶ月という短期間で大きなMS改善効果が認められ、その改善効果は介入2年後においても維持された。

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。

ライフスタイル型運動プログラムは、特定の施設や機器、あるいは特定の運動・栄養指導者を擁さなくても実施可能であることから、比較的 low コストでより多人数を対象とできるプログラムであるといえる。したがって、MS予防のためのポピュレーションアプローチとして、ライフスタイル型運動プログラムは有用であり、今後、実際の保健指導現場等で推進できるプログラムであると位置づけられた。

2-4. 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

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、MSを改善するだけでなく、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が明らかとなった。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。

3. 加齢性筋萎縮に影響を及ぼす遺伝子多型の探索に関する研究-ACTN3 遺伝子多型の影響-

大腿部筋横断面積は、加齢とともに減少することが明らかとなっているが、その筋量減少に対して、中高齢期（60歳）以降から ACTN3 R577X 遺伝子多型が影響を及ぼす可能性が示唆された。特に α アクチニン3 を欠損した XX 型をもつ者は、筋量の減少がより大きくなる可能性がある。ゆえに、ACTN3 R577X の遺伝子多型はそれぞれの遺伝子型における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かもしれない。

筋量の減少が MS の発症や寝たきりの要因となるのであれば、加齢にともなう筋量減少の進行スピードを早期に把握し、早期に対処することは、個人と社会のヘルスプロモーションにおいて重要である。我が国では、XX 型の多型をもつ者は 4 人に 1 人の頻度で存在するといわれることから、XX 型の多型をもつ者に対しては、高齢期になる前段階で、筋量を維持する対策を講じる必要があるかもしれない。

E. 結論

1. メタボリックシンドローム予防のための筋力・筋量の基準の作成に関する研究

若年～中年の日本人成人男女において、筋量や筋力は、MS に影響を及ぼす。ゆえに、MS 予防のためには筋量や筋力を維持・向上させることは重要である。

インピーダンス法で測定される筋肉率は、高値であるほど MS リスク発現確率が高まる。リスク発現確率を 10%未満とするならば、男性では

33.5%以上、女性では 25.8%以上が必要となる。

2-1. 減量をともなう中強度の筋力トレーニングが MS に及ぼす影響に関する研究

MS 改善プログラムとして、食事摂取制限や有酸素性運動に加えて筋力トレーニングを併用して行うことでは、より一層 MS を改善させるような効果は認められない。

体重を減少させることは、MS 改善の程度と強く関係するが、大きな体重の減少は筋量の減少をもたらす。この筋量減少は、有酸素性運動や食事摂取制限のみの介入では防げないが、筋力トレーニングを併用して行うことで抑制できる。

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に関する研究

健康の維持・増進やメタボリックシンドローム予防を目的とした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イフネスの増大を惹起しない。

2-3. 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

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、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。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に導く。

2-4. 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

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。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。

3. 加齢性筋萎縮に影響を及ぼす遺伝子多型の探索に関する研究-ACTN3 遺伝子多型の影響-

健康な日本人において、ACTN3 遺伝子多型は、高齢期以降の下肢筋量に影響を与える。

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, Ryuichi 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.

- 3) 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，筋カトレ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. α 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, 斉藤陽子, 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ィ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
- 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
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, <u>久野譜也</u>	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
Kodama Satoru, Miao Shu, Haruka Murakami, Kiyoji Tanaka, <u>Shinya Kuno</u> , 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)	1071-1077	2007
Mutsuko Yoshizawa, <u>Seiji Maeda</u> , Asako Miyaki, Maiko Misono, Yoko Saito, <u>Kai Tanabe</u> , <u>Sinya Kuno</u> , Ryuichi Ajisaka	Effect of 12 weeks of moderate-intensity resistance training on arterial stiffness: A randomized controlled trial in women aged 32-59.	British Journal of Sports Medicine			In press

Full Paper

Effect of 12 weeks of moderate-intensity resistance training on arterial stiffness:

A randomized controlled trial in women aged 32-59

Mutsuko YOSHIZAWA¹⁾, Seiji MAEDA^{1),2)}, Asako MIYAKI¹⁾, Maiko MISONO¹⁾,
Yoko SAITO¹⁾, Kai TANABE¹⁾, Sinya KUNO¹⁾, and Ryuichi AJISAKA¹⁾

¹⁾ Division of Sports Medicine, Graduate School of Comprehensive Human Sciences and ²⁾
Center for Tsukuba Advanced Research Alliance, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan

Running head: Resistance Training and Arterial Stiffness

Grants: This work was supported by a Grant-in-Aid for Scientific Research (18300215, 18650186) and Special Coordination Funds from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology of Japan and in part by Health and Labour Sciences Research Grants from the Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan.

Address for correspondence:

Seiji Maeda, Ph.D.
Division of Sports Medicine
Graduate School of Comprehensive Human Sciences
University of Tsukuba
Tsukuba, Ibaraki 305-8577
Japan
(TEL) +81 29-853-2683
(FAX) +81 29-853-2986
E-mail: smaeda@tara.tsukuba.ac.jp

(15pages [3 Tables and 2 Figures])

Abstract

Background: Resistance training has been increasingly incorporated into the overall exercise program because of its impact on muscle strength, functional capacity, and osteoporosis. High-intensity resistance training increases arterial stiffness. However, the effect of moderate-intensity resistance training on arterial stiffness is unknown. **Objective:** To determine whether 12 weeks of moderate-intensity resistance training increases arterial stiffness in middle-aged women. **Methods:** Thirty-five middle-aged women (32–59 years old) volunteered to participate. The subjects were randomly assigned to one of the following interventions: resistance training group, aerobic exercise training group, or control group. Resistance training group and aerobic exercise training group performed 12 weeks of moderate-intensity resistance training or aerobic exercise training (two days a week). **Results:** In resistance training group, one-repetition maximal strength significantly increased after the intervention. Interestingly, aortic (carotid-femoral) pulse wave velocity (PWV), an index of arterial stiffness, and peripheral (femoral-ankle) PWV did not change with moderate-intensity resistance training. On the other hand, in aerobic exercise training group, carotid-femoral PWV significantly decreased after the intervention. Resistance training and aerobic exercise training did not affect blood pressure. **Conclusions:** The present study demonstrated that moderate-intensity resistance training did not increase arterial stiffness in middle-aged women, which may have great significance for health promotion with resistance training.

Key Words: arterial stiffness; exercise training; moderate-intensity; pulse wave velocity; resistance training

Introduction

Increased central arterial stiffness reduces arterial buffering function of the pulsation of blood pressure and blood flow. Reduction in this buffering function contributes to elevation of systolic blood pressure and increased pulse pressure. The increased arterial stiffness is an independent predictor of adverse cardiovascular disease and mortality (1). Indeed, the prevention and treatment of increased arterial stiffness are important.

Regular aerobic exercise and resistance training are recommended by health organizations such as the American Heart Association and the American College of Sports Medicine for the prevention and treatment of cardiovascular disease and frailty associated with aging (2,3). It has been well established that regular aerobic (endurance) exercise inhibits the increase of central arterial stiffness that typically occurs with aging (4–7). In contrast to the beneficial effects of aerobic exercise, it has been reported that high-intensity resistance training increases arterial stiffness in young and middle-aged healthy men (8–11). Few data are available related to this issue in premenopausal women (12). Thus, it is likely that high-intensity resistance training has undesirable effect on arterial stiffness. On the other hand, resistance training is effective training for maintenance of functional capacity and prevention of sarcopenia and osteoporosis (13). Especially, resistance training is important in middle-aged and older women, because the risk for osteoporosis is higher in women than in men and it increases after menopause (14). Furthermore, high-intensity resistance training is not commonly recommended for health promotion in middle-aged and elderly population. However, the effect of moderate-intensity resistance training on arterial stiffness in middle-aged and elderly adults is unknown.

Accordingly, the major aim of the present study was to determine effect of moderate-intensity resistance training on arterial stiffness in middle-aged women. We measured aortic (carotid–femoral) pulse wave velocity (PWV), an established measure of arterial stiffness, and peripheral (femoral–ankle) PWV before and after a period of moderate-intensity resistance training. We also confirmed the effect of moderate-intensity aerobic exercise training on arterial stiffness. We hypothesized that moderate-intensity resistance training would not increase arterial stiffness in middle-aged women.

Methods

Subjects. Thirty-five healthy, sedentary middle-aged women (32–59 years old) volunteered to participate. Subjects were randomly assigned to one of the following interventions: resistance training group ($n = 11$), aerobic exercise training group ($n = 12$), or control group ($n = 12$). Candidates who smoked regularly or took regular medication were excluded. All subjects were free from the signs and symptoms of any overt chronic diseases. Resistance training group was included 2 post-menopause subjects and aerobic training group was contained 2 post-menopause subjects.

This study was approved by the ethical committee of the University of Tsukuba. This study conformed to the principles outlined in the Helsinki Declaration. All subjects gave their written informed consent before participation in the study.

Exercise interventions. Subjects in the resistance training and aerobic exercise training groups exercised on 2 days/week for a 12-week period. The resistance training group performed 3 sets of 10 repetitions of the following six exercises using variable resistance training equipment: leg curl (hamstring), leg press (quadriceps), hip adduction (mesogluteus),

hip flexion (iliopsoas), vertical press (greater pectoral muscle), and sit-ups (abdominal muscle). The intensity of resistance training was set at 60% of their one-repetition maximal (1RM). The aerobic exercise training group submitted to a 12-week aerobic exercise training program on cycle ergometer for 30 min/day at 60–70% of their individual $\dot{V}O_2\text{max}$. In American College Sports Medicine guidelines, moderate loading in resistance exercise is defined as 60% of 1RM (15,16) and moderate intensity in aerobic training is defined as 60–70% of individual $\dot{V}O_2\text{max}$ (16). Therefore, we accepted the intensity of 60% of 1RM as moderate-intensity resistance training and the intensity of 60–70% of individual $\dot{V}O_2\text{max}$ as moderate-intensity aerobic training.

Experimental design. All exercise training group subjects completed the resistance exercise or aerobic exercise intervention. All measurements were done after an overnight fast. The subjects abstained from alcohol, caffeine, and vigorous physical activity for at least 24h before the experiments. Measurements after the resistance training or aerobic exercise training program were performed after subjects had rested for at least two days in order to rule out any acute affects from the recent bout of resistance or aerobic exercise. All of the measurements were performed at a constant room temperature (25 °C).

Blood biochemistry. Serum concentrations of cholesterol and insulin and plasma concentrations of glucose were determined by using the standard enzymatic techniques.

Arterial stiffness. PWV is the best available technique for assessing arterial stiffness (17). Carotid-femoral and femoral-ankle PWVs were measured (form PWV/ABI; Colin Medical Technology, Komaki, Japan) after a resting period of at least 20 minutes as previously described (18). Carotid-femoral PWV reflects central arterial stiffness (i.e., aortic arterial stiffness) and femoral-ankle PWV reflects peripheral arterial stiffness (i.e., leg arterial stiffness). Carotid and femoral arterial pulse waves were obtained in triplicate using arterial applanation tonometry incorporating an array of 15 transducers. Carotid-femoral PWV, a measure of the speed at which the pressure wave travels, was determined by measuring the distance between the carotid and femoral pulse and dividing by the time delay between the “foot” of the carotid and femoral pressure waves. Femoral-ankle PWV was obtained by the using the transit time between femoral artery site (tonometer) and ankle site. Ankle arterial pulse waves were obtained with the modified oscillometric pressure sensor method. During the measurement PWV, ankle blood pressure was inflated at a low pressure to obtain posterior tibial artery blood pressure waveforms. The distance traveled by the pulse waves was assessed in triplicate with a random zero-length measurement over the surface of the body with a nonelastic tape measure. Carotid-femoral and femoral-ankle PWVs were calculated as the distance divided by the transit time. We did not consider the phase of menstrual cycle on measurement of PWV, because PWV did not be affected by the menstrual cycle (19).

Muscular strength. 1RM strength was tested before and after 12-week resistance training program.

Aerobic capacity. All subjects underwent an incremental cycle exercise test (after 2 min at 40W, with 20W increases every 2 min) until they showed a symptom-limited (heart rate > [220-age] bpm, subjects felt exhausted, or SBP > 250mmHg).

Statistical Analyses. Data are expressed as means±SE. Continuous variables were analyzed by a two-way analysis of variance (ANOVA) with repeated measures before and after 12 weeks of each intervention. When a significant group-by-time interaction was observed, within-group comparisons between time points were performed using Tukey's post hoc analysis. Measurements of strength were compared using a paired Student's *t* test. Values of *p* < 0.05 were accepted as significant.

Results

Table 1 shows the characteristic parameters in middle-aged women before and after each intervention. Body weight and body mass index significantly decreased after resistance training or aerobic exercise training. There were no significant differences in total cholesterol, high density lipoprotein (HDL) cholesterol or low density lipoprotein (LDL) cholesterol before and after each intervention. There were no significant differences in systolic blood pressure, diastolic blood pressure, mean blood pressure, or pulse pressure at rest before and after each intervention (Table 2). Resting heart rate significantly decreased after aerobic exercise training (Table 2).

After aerobic exercise training, individual VO_2max were significantly increased (Table 1). In resistance training, 1RM strength for all muscular exercises significantly increased after resistance training (Table 3).

Figure 1 shows the carotid-femoral PWV before and after 12-week intervention programs. Carotid-femoral PWV significantly decreased after aerobic exercise training intervention program, whereas there was no significant difference in carotid-femoral PWV before and after resistance training or sedentary lifestyle. There was no significant difference in femoral-ankle PWV in any intervention (Fig. 2).

Discussion

The major finding of the present investigation is that the arterial stiffening previously observed with high-intensity resistance training in young and middle-aged adults did not occur with moderate-intensity resistance training in middle-aged women. This result suggests that moderate-intensity resistance training in middle-aged women would not produce any unfavorable effects on the vasculature, which may have great significance for health promotion with resistance training.

Resistance training is effective training for maintenance of functional capacity and prevention of sarcopenia and osteoporosis (13). Health organizations such as the American Heart Association and the American College of Sports Medicine recommend resistance training to promote the health (2,3). However, high-intensity resistance training has undesirable effect on arterial stiffness. High-intensity resistance training increases arterial stiffness in young and middle-aged healthy men (8–11). Few investigations have addressed effects of resistance training on arterial stiffness in women. Cortez-Cooper et al. (12) recently reported that high-intensity resistance training program followed 11 weeks increases aortic