

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

「健康づくりのための運動指針」に関する研究

-身体活動量増加による生活習慣病の一次予防効果-

(H18-循環器等（生習）一般-002)

平成18年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 田畑 泉

平成19（2007）年 3月

目 次

I. 総括研究報告	
「健康づくりのための運動指針」に関する研究-身体活動量増加による 生活習慣病の一次予防効果- 田畑 泉	1
II. 主任者の個別研究報告と分担研究報告	
1. 生活習慣病予防のための最大酸素摂取量基準を維持するために必要な筋量----- 宮地元彦, 宮谷昌枝, 田畑泉 (独立行政法人 国立健康・栄養研究所)	9
2. レジスタンス (筋力) トレーニングと動脈コンプライアンス----- “効果”を維持し“硬化”を最小限に 河野寛, 宮地元彦, 田畑 泉 (独立行政法人 国立健康・栄養研究所)	17
3. 中高年女性の身体組成に対するウォーキングと食品成分の併用効果----- 石見佳子, 田畑 泉 (独立行政法人 国立健康・栄養研究所)	21
4. 各性年齢別の身体活動量 (エクサイズ) に関する研究 ----- 高橋恵理, 高田和子, 田畑 泉 (独立行政法人 国立健康・栄養研究所)	26
分担研究者報告	
1. 高齢ローイング愛好者のローイング運動とその他の身体活動 ----- 樋口 満	33
2. 身体活動量向上法としての在宅型ステップ運動プログラムの有効性 ----- 田中宏暁	39
3. チェア・エクササイズを用いた生活習慣病の予防と対策に関する研究 ----- 中齢肥満女性における有用性の検討 林 達也	47
4. 身体活動量と肥満度に関する研究 ----- 檜垣 靖樹	57
5. 運動が骨代謝に及ぼす影響に関する研究 ----- 戸山 芳昭	62
III. 研究成果の刊行に関する一覧表 -----	64
IV. 研究成果の刊行物・別刷 -----	65

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研究事業）

総括研究報告書

「健康づくりのための運動指針」に関する研究-
身体活動量増加による生活習慣病の一次予防効果-

- 主任研究者 田畑 泉（（独）国立健康・栄養研究所 健康増進プログラム プログラムリーダー）
分担研究者 樋口 満（早稲田大学 スポーツ科学学術院 教授）
田中宏暁（福岡大学スポーツ科学部 教授）
林 達也（京都大学 大学院 人間・環境科学研究科 助教授）
檜垣靖樹（佐賀大学医学部 助教授）
戸山芳昭（慶應義塾大学 医学部 教授）
研究協力者 宮地元彦（独立行政法人 国立健康・栄養研究所 プロジェクトリーダー）
石見佳子（独立行政法人 国立健康・栄養研究所 プロジェクトリーダー）
高田和子（独立行政法人 国立健康・栄養研究所 上級研究員）

平成18年に策定された健康づくりのための運動基準2006-身体活動・運動・体力-（運動基準）と健康づくりのための運動指針2006（エクササイズガイド2006）で示された身体活動量について、エクササイズを単位として国民の実際の身体活動量がいかにあるかを明らかにし、運動基準と運動指針の妥当性と有効性を検討した。また、運動量、身体活動量を増やすための方策について検討した。その結果、①女性についてエクササイズガイド2006で示された健康づくりのための最大酸素摂取量の基準を満たすためには、年齢に関係なく、体重の28.5%の四肢筋量を保持することが必要であること、②動脈硬化を振興させる可能性のある、筋力トレーニングによる動脈コンプライアンスの低下を予防するには、有酸素性トレーニングを併用すればよいこと、③閉経後女性におけるウォーキングの介入効果は、脂質代謝については介入中止後も維持されるが、骨代謝は維持されにくいこと、④国民の身体活動量は、エクササイズガイド2006で推奨される23エクササイズ/週をほとんどすべての年代で満たしていないこと、⑤ローイング運動をする高齢者は、ローイング運動以外にも非常に活発な日常生活を送り、結果として一般高齢者に比べ非常に心肺フィットネスレベルも高いこと、⑥非監視型のステップ運動プログラムは、日常生活活動量を低下させることなく、一日の身体活動量を向上させる運動習慣の形成に有効な方法であり、さらに有酸素性作業能を著しく改善させ、それに伴いメタボリックシンドロームを予防・改善する可能性があること、⑦3メッツ以上の身体活動の増加が低い水準での変化であっても肥満予防の効果が期待でき、肥満予防に有効と考えられる身体活動量は7メッツ・時/週以上、目標とする身体活動量は10メッツ・時/週以上が妥当であること、⑧I型糖尿病モデルラットにおいて走行運動、ビタミンD、PTHは、II型糖尿病のモデルラットにおいて腰椎の骨塩量を増加させることを明らかとした。これらの研究の結果は、次の運動基準及びエクササイズガイドの改定に資するものである。

A. 研究目的

国民の運動不足による生活習慣病罹患率の上昇を予防するために10年前（平成5年）に初めて制定された「健康づくりのための運動指針」では、運動習慣のない世代を対象にウォーキングを中心とする低い強度の運動（いわゆる有酸素性運動）を処方することにより、国民の運動量増加の基礎を築き、一定の成果をあげた。しかし、運動継続率の高いスポーツ活動や、エネルギー消費速度が高く肥満予防に有効である比較的高い強度の運動、高齢者のQOLを維持するのに有効であるとして国民の多くが実施しているレジスタンス・トレーニング（いわゆる筋力トレーニング）などの処方については、ほとんど触れられていない。また、アクティブ80ヘルスプランの施策のために厚生労働省が認定した健康増進施設（平成63年厚生省告知273号）における運動処方もウォーキング中心である現行の運動指針では、対象者の欲求の多様性に対応できていない。そこで本研究では、比較的高い強度の運動を含むスポーツ活動やレジスタンス・トレーニングを含む新しい「健康作りのための運動指針」策定をするため、各種強度の運動による生活習慣病の一次予防効果のエビデンスを明らかにすることを目的とする。

さらに、最終年度においては、平成18年に策定された健康づくりのための運動基準2006～身体活動・運動・体力～で示された身体活動量について、エクササイズを単位として国民の実際の身体活動量がいかにあるかを明らかにし、健康づくりのための運動基準2006～身体活動・運動・体力～の妥当性と有効性を検討した。

これらの目的を持つ研究を1a. 「生活習

慣病予防のための最大酸素摂取量基準を維持するために必要な筋量」、1b. 「レジスタンス（筋力）トレーニングと動脈コンプライアンス」、1c. 「中高年女性の身体組成に対するウォーキングと食品成分の併用効果」、1d.

「各性年齢別の身体活動量（エクササイズ）に関する研究」、2. 「高齢ローイング愛好者のローイング運動とその他の身体活動」、3.

「身体活動量向上法としての在宅型ステップ運動プログラムの有効性」、4. 「チェア・エクササイズを用いた生活習慣病の予防と対策に関する研究」、5. 「身体活動量と肥満度に関する研究」、6 「運動が骨代謝に及ぼす影響に関する研究」を行った。

B. 研究方法

1.a. 生活習慣病予防のための V_{O_2max} 基準を維持するために必要な四肢筋量について検討することを目的とした。20-69歳の健康な女性403名を対象とし、自転車エルゴメーター負荷漸増法により V_{O_2max} を、DXA法により四肢の筋量を測定した。

1. b 循環器疾患発症の独立した危険因子である頸動脈に代表される中心動脈コンプライアンスに対する中強度筋トレとコンバインドトレーニングが頸動脈コンプライアンスに及ぼす影響を見るために、39名の健康な成年男子を、中強度筋トレ（6種目、60%1RM、15回、3セット）かコンバインドトレーニング（6種目、80%1RM、10回、3セット+60%HRmaxのジョギング30分）を4ヶ月、週3回実施する群、運動介入を受けない群の3群に無作為に割り付けられた。4ヶ月の介入期間の後に、運動介入効果を確認するために4ヶ月の脱トレ期間を置いた。

1.c. 閉経後女性の身体組成に対するウォーキングと大豆イソフラボンの効果を明らかにするために閉経後5年以内の健常女性128名を対象に、ウォーキングと大豆イソフラボン摂取の併用が身体組成に及ぼす影響を検討した。前年度までの研究において、1年間の速歩（1回45分、週3回、時速6km/h：9 Met・時/週）と大豆イソフラボン（アグリコン換算47mg/d）の介入は、閉経後女性の身体組成および脚力を改善する可能性が示唆された。今年度は2年間の介入を終了して1年後の生活活動度と身体組成の変化について追跡調査を行った。

1.d. 平成17年度に策定された健康づくりのための運動基準2006-身体活動・運動・体力と健康づくりのための運動指針2006（エクササイズガイド2006）が推奨する新しい尺度（メッツ・時/週）で示された生活習慣病発症予防のための身体活動量の国民の実際の実施量を明らかにすることを目的に、都市在住の2つの群（研究1：女子大学生、研究2：20歳から80歳代の男女）を対象に加速時計を用いた身体活動計で3メッツ以上の強度の身体活動量を測定した。

2. ローイング運動を日常的にする人のローイング運動をしている時間以外の活動と一般高齢者のエネルギー消費活動を比較することを目的に、加速度計法と行動時間記録（生活時間調査）法を併用しローイング運動を日常的にする人の行動を記録すると共に、各種文献より一般高齢者の1日の消費エネルギーを調べ、比較した。

3. 「健康づくりのための運動基準2006」の

実効性向上のための健康づくりの運動の形成を支援するプログラム開発を目的として、65歳未満の生産年齢人口を対象とし（男女75名、40.8±11.6歳）、主として在宅で行うステップ運動プログラムの有効性を検討した。トレーニングは、踏み台を用い、乳酸閾値の強度に相当する台高と昇降頻度で行われた。

4. 中年肥満女性（26名）に対して、チェア・エクササイズを用いた17週間の生活習慣介入を実施した。チェア・エクササイズのプログラムは、有酸素運動、レジスタンス・トレーニング、ストレッチングの3要素を取り入れたものとし、介入は集団での運動実技実習と家庭内での自主的なトレーニングを併用した。

5. 住民基本台帳より40歳から69歳の地域住民を抽出し、該当するすべての対象者に対して郵送による研究参加を募り、同意の得られた5,303名に対して身体活動量と肥満度の関連性を検討した。

6. 23週齢のGK/Jc1雄性ラット32匹を無治療群（NT群）、運動群（Ex群）、活性型ビタミンD3投与群（ALF群）、副甲状腺ホルモン投与群（PTH群）の4群に分けた。Ex群では小動物用トレッドミル装置を用いた走行運動を走行速度12m/分、60分間/日、週5日間行った。ALF群ではalfacalcidol 0.1 μg/kg、連日経口投与した。PTH群ではPTH(1-34) 50 μg/kgを1日おきに皮下注射した。運動開始12週後に屠殺し、腰椎と大腿骨の骨密度（BMD）を測定した。また腰椎では圧迫試験、大腿骨中央部では3点折り曲げ強度試験による最大破断強度を求めた。

C. 研究結果

1.a. 体重あたりの V_{O_2max} は年齢と体重あたりの四肢筋量と有意な正の相関が見られ、重回帰分析により、 $V_{O_2max}/\text{体重} = -0.134 \times \text{年齢} + 1.344 \times \text{四肢筋量}/\text{体重} - 2.035$ ($R^2 = 0.56$, $P < 0.001$) との重回帰式が得られた。生活習慣病予防のための V_{O_2max} に対応する体重あたりの四肢筋量は、20～60歳代の各年代でそれぞれ、28.3, 28.6, 28.9, 28.4, 28.6%であり、年代間で差がなく、また全ての年代の平均値は28.5%であった。

1.b 4ヶ月の中強度筋トレは、有意に頸動脈コンプライアンスを低下させた。4ヶ月のコンバインドトレーニングでは、頸動脈コンプライアンスを増加させる傾向が見られた ($P=0.06$, 図参照)。さらに、4ヶ月のトレーニング後の4ヶ月の脱トレ期間中に、両群の頸動脈コンプライアンスは介入開始前の水準に完全に戻った。対照群ではこれらのような頸動脈コンプライアンスの変化は見られなかった。

1.c. 2年間の介入を中止して1年後のウォーキング介入群の生活活動度は、介入を中止しても非運動群に比べて有意に高く、全身、体幹部、下肢の体脂肪量も対象群に比べて有意に低かった。一方、介入中止1年後の大腿骨及び腰椎骨密度は、運動及びイソフラボン摂取の有無に関わらず低下した。

1.d. 20歳代女性と50歳代女性のみが平均値で、健康づくりのための運動指針2006 (エクササイズガイド2006) で推奨されている身体活動量23メッツ・時/週を越えていた。

2. 定期的にローイング (ボート漕ぎ) をしている高齢者のローイング練習の回数は、男女とも週に2回、1回の練習時間は1～2時間であった。また、ローイング練習以外の運動については、男性で週に約3回、女性で週に2回であり、1回の練習時間も約1時間となっており、一般の高齢者よりも高い頻度で長時間の運動をしていた。また、1日当たりの平均歩数も9千歩を上回っていた。最大酸素摂取量は一般高齢者よりも男性で約17%、女性では約70%高くなっていた。

3. 運動トレーニングは、平均 87.5 ± 75.4 分/週と比較的少なかったにも関わらず、有酸素性作業能が有意に向上し、それに伴い腹囲周径が減少していた。さらに、有酸素能と腹囲周径の両方が有意に改善した男性対象者に関しては、危険閾値に近かった動脈硬化指数が有意に改善した。

4. チェア・エクササイズによる運動量は平均 4.5 Ex/wk と比較的少ないものであったが、並行して、ウォーキングなど他の運動による運動量増加が認められたため (5.9 Ex/wk)、計 10.4 Ex/wk の運動量増加 (介入前 5.5 Ex/wk 、介入後 15.9 Ex/wk) となった。介入後、肥満指標 (体重・BMI・臍周囲径)、収縮期・拡張期血圧、抑鬱度スコア (CES-D)・空腹時血糖・インスリン抵抗性指数 (HOMA-R) に有意の低下を認め、体力的指標 (イス立ち座り試験、座位足開閉試験、ファンクショナルリーチ試験) についても有意の向上を得た。これらのうち、体重・BMI・臍周囲径・抑鬱度スコア・ファンクショナルリーチでは、非介入対照群 (22名) を含めて行った分散分析にて有意の交互作用を認めた。

5. 歩数の平均は男性;8,060歩/日、女性;7,945歩/日であった。BMI25以上を示す者は1,234名で全体の約24%であった。ライフコーダの強度及び頻度記録を用いて週当たりのメッツ・時の推定値を算出した。3メッツ以上の身体活動としてライフコーダ強度3以上を抽出して得られた推定値は、男性:15.2(メッツ・時/週)、女性12.8(メッツ・時/週)であった。身体活動量を低い水準から5分位し、肥満度との関連性を検討した結果、肥満リスクに対する性及び年齢による調整オッズ比は、最も低い群(6.6メッツ・時/週以下)を基準に2番目以上のすべての群において有意に低かった。

6. 腰椎のBMDはNT群に対して運動群で3%、ALF群で12%、PTH群で10%それぞれ増加した。圧縮強度試験ではNT群に対してEx群で18%、ALF群で25%、PTH群で70%それぞれ増加した。大腿骨骨幹部のBMDはPTH群でのみ非治療群に対して4%の増加を認めた。3点折り曲げ強度試験による大腿骨骨幹部最大破断強度ではPTH群で非治療群に対して9%の増加が見られた。

D. 考察

1.a. 本研究の問題点は、横断的研究であることと生活習慣病の発症やそれらによる死亡との関連を調べたものではないということの2点である。したがって、本研究で得られた28.5%という体重あたりの四肢筋量の基準の妥当性を確認するためには、生活習慣病の発症やそれらによる死亡をエンドポイントとした、大規模前向き介入研究が、今後必要である。

1.b 有酸素性トレーニングによる内皮機能の改善や酸化ストレスを低下させる効果が、筋トレにより誘発される頸動脈コンプライアンス低下に代償的に働いたものと推測される。

1.c. 体脂肪は運動刺激に対して閾値が低く、これに対して骨密度は運動刺激に対する閾値が高いため、体脂肪は維持されたが、骨密度は低下した可能性が示唆される。

1.d. 男性で、50歳代と60歳代の歩数はそれほど差がないが身体活動量は60歳代から急激に低下する。これは、それらの年代で高い強度の身体活動が低下することによると推測される。

2. ローイング運動をする高齢者では高い V_{O_2max} が認められた。また、この値は、「健康づくりのための運動基準2006」による健康づくりのための最大酸素摂取量基準値の同年齢層の男性(33 ml/kg/min)、女性(28ml/kg/min)の値を超えている。この値はローイング運動を定期的に行っていることも原因と考えられるが、加えて日常的に運動をする習慣が付いている人が多いということも原因として上げられると思われる。

3. 本プログラム介入により歩数が有意に増加しており(8549±3154歩/日 vs 9860±3605歩/日; n=59)、歩数計の計測誤差を考慮すると実質的に増加した歩数は約1750歩/日と推定され、平均的には運動基準で一日の身体活動量の目標と定められている10,000歩/日以上の活動量を達成できていた。

4. 本研究の重要な特徴は、介入群に対してチェア・エクササイズを導入したにもかかわらず、それ以外の習慣的運動、とくにウォーキングによる運動量が顕著に増加したことがある。これは、最初から意図したものではなかったが、結果的にメタボリックシンドローム対策として推奨される10 Ex/wk以上の運動量増加（健康づくりのための運動指針2006）が確保されることとなった（介入前より10.4 Ex/wkの増加）。

5. 身体活動量の評価はライフコーダを用いて10日間調査し、有効解析者数は5,234名であった。歩数の平均は男性;8,060歩/日、女性;7,945歩/日であった。BMI25以上を示す者は1,234名で全体の約24%であった。ライフコーダの強度及び頻度記録を用いて週当たりのメッツ・時の推定値を算出した。3メッツ以上の身体活動としてライフコーダ強度3以上を抽出して得られた推定値は、男性:15.2(メッツ・時/週)、女性12.8(メッツ・時/週)であった。身体活動量を低い水準から5分位し、肥満度との関連性を検討した結果、肥満リスクに対する性及び年齢による調整オッズ比は、最も低い群(6.6メッツ・時/週以下)を基準に2番目以上のすべての群において有意に低かった。

6. Q2群の週当たりのメッツ・時推定値の範囲は、ほぼ7~10メッツ・時/週に相当する。このような低い水準に対する増加でさえ有意な肥満度リスク低下が認められたことは、日常生活活動に3メッツ以上の生活活動あるいは運動を少しでも取り入れることで効果が期待できることを示唆している。

E. 結論

1.a. 生活習慣病予防のための V_{O_2max} の基準を満たすためには、女性では年齢に関係なく、体重の28.5%の四肢筋量を保持することが必要であることが示唆された。

1.b 本研究の結果から、介護や生活習慣病予防を目的とした運動を実践・指導する際に、筋トレのみを指導するよりも、有酸素性トレーニングと筋トレをバランスよく実施することが重要であると考えられる。

1.c. 閉経後女性におけるウォーキングの介入効果は、脂質代謝については介入中止後も維持されるが、骨代謝は維持されにくい。

1.d. 現在ほとんどすべての年代で23メッツ・時/週を満たしていない。今後、すべての性・年齢でほとんどすべてのひとがこの基準値を上回る身体活動を行うこと期待される。

2. ローイング運動をする高齢者は、ローイング運動以外でも非常に活発な日常生活を送り、結果として一般高齢者に比べ非常に心肺フィットネスレベルも高いことが明らかになった。

3. 非監視型のステップ運動プログラムは、①日常生活活動量を低下させることなく、一日の身体活動量を向上させる運動習慣の形成に有効な方法であり、②有酸素性作業能を著しく改善させ、それに伴いメタボリックシンドロームを予防・改善する可能性がある。

4. チェア・エクササイズを取り入れた生活習慣介入が、チェア・エクササイズにどまらない運動習慣を惹起する作用とともに、抗

肥満・抗メタボリックシンドローム作用や心理的・体力的な健康度を並行して向上させる作用を有することが示唆された。

5. 3メッツ以上の身体活動の増加が低い水準での変化であっても肥満予防の効果が期待でき、肥満予防に有効と考えられる身体活動量は7メッツ・時/週以上、目標とする身体活動量は10メッツ・時/週以上が妥当であることが示唆された。

6. I型糖尿病モデルラットにおいて走行運動、ビタミンD、PTHは、II型糖尿病のモデルラットにおいて腰椎の骨塩量を増加させることを明らかとした。

E. 研究発表

1. 論文発表

1. Sanada K, Kuchiki T, Miyachi M, McGrath K, Higuchi M, Ebashi H, Effects of age on ventilatory threshold and peak oxygen uptake normalised for regional skeletal muscle mass in Japanese men and women aged 20- 80 years. *European Journal of Applied Physiology*: 99(5): 475-483, 2007.

2. Kawano H, Tanaka H, Miyachi M. Resistance Training and Arterial Compliance: Keeping the Benefits While Minimizing the Stiffening. *Journal of Hypertension*: 24(9): 1753-1759, 2006

3. Wu J, Oka J, Tabata I, Higuchi M, Toda T, Fuku N, Ezaki J, Sugiyama F, Uchiyama S, Yamada K, Ishimi Y. Effects of isoflavone and exercise on bone and lipid metabolism in postmenopausal Japanese women: One-year randomized placebo-controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research* 21 : :780-9, 2006

4. 山本英彦, 武友麻衣, 田中宏暁, 田中

宏暁, 吉田るみ子, 萱島誠, 小野敦子, 名取省一, 橋口照人, 丸山征郎. 生活習慣病の予防・改善のための運動療法- ベンチステップ運動を用いた無作為化比較試験. *人間ドック*. 21(4): 18-23. 2006

2. 学会発表.

1. Sanada K, Miyachi M, Usui C, Miyatani M, Kawano H, Tabata I, Higuchi M. Absence of Age-Related Increases in the Risk of Lifestyle-Related Diseases in Male Rowers.: *American College of Sports Medicine 53rd Annual Meeting*: 2006.6.2: Denver, Colorado

2. Miyatani M, Miyachi M, Usui C, Kawano H, Ishikawa-Takata K, Higuchi M, Tabata I. The relationship between physical activity, cardiovascular fitness, muscle strength and Age-related Change In Body Composition. *American College of Sports Medicine 53rd Annual Meeting*: 2006.6.2: Denver, Colorado

3. 真田樹義、宮地元彦、田畑泉、鈴木克彦、樋口満. 中高年男性を対象としたメタボリックシンドロームの発症と体力および身体組成との関係: 第61回日本体力医学会大会: 2006.9.25: 神戸

4. 石見佳子、呉堅、岡純、田畑泉、戸田登志也、江崎潤子、大友拓弥、内山成人、山田和彦: 閉経後女性における大豆イソフラボンと運動の併用効果: 第60回日本・栄養食糧学会: 2006.5.21: 静岡

5. Ishimi Y, Oka J, Tabata I, Toda T, Uchiyama S, Yamada K, Wu J: Effects of isoflavone and exercise on bone mineral density and fat mass in postmenopausal Japanese women. *28th Annual Meeting of the American Society for Bone and Mineral Research*: 2006.9.17: Philadelphia

6. 高橋恵理、薄井澄誉子、樋口満、田畑泉：若年女性の身体組成と基礎代謝量：第53回日本栄養改善学会学術総会：2006.10.26

7. Miyatani M, Miyachi M, Usui C, Kawano H, Ishikawa-Takata K, Higuchi M, Tabata I: The relationship between physical activity, cardiovascular fitness, muscle strength and age-related change in body composition. American College of Sports Medicine 53rd Annual Meeting, Denver, U.S.A., June 2, 2006.

8. Usui C, Miyatani M, Sanada K, Miyachi M, Tabata I, Higuchi M: Regularly performed swimming exercise does not induce increase of basal metabolic rate associated with soft lean tissue mass in postmenopausal women. 11th Annual Congress European College of Sport Science, Lausanne, Switzerland, July 6, 2006.

9. Sanada K, Miyachi M, McGrath KF, Usui C, Higuchi M: Associations between regional muscle mass, muscle function, and bone mineral density in postmenopausal women. 11th Annual Congress European College of Sport Science, Lausanne, Switzerland, July 7, 2006.

10. Yashiro K, Sanada K, Usui C, Tabata I, Higuchi M: Abdominal skeletal muscle and adipose tissue cross-sectional area measured by magnetic resonance imaging

in older female swimmer. 11th Annual Congress European College of Sport Science, Lausanne, Switzerland, July 7, 2006.

11. Kumahara H, Taketomo M, Nakamura A, Hirata A, Doi Y, Mori S, Tobina T, Yamamoto H, Yoshida R, Kayashima M, Maruyama I, Hashiguchi T, Kiyonaga A, Shindo M, Tanaka H. Home based bench step exercise attenuates metabolic syndrome risk in middle-aged and older adults. Physical Activity+Obesity, International Congress of Obesity Satellite Conference. 200.8.月 (Brisbane, Australia)

12. 鶴田佳津子, 梅田陽子, 藤原兌子, 中嶋貞枝, 椿野美穂, 林 達也. 椅子を用いた家庭用運動プログラムビデオの有用性と生活習慣病関連指標への効果. 第43回日本糖尿病学会近畿地方会, 京都, 11月18日, 2006.

12. 梅田陽子, 藤林真美, 園田幸子, 林みつる, 橘 千鶴, 林 達也, 森谷敏夫. 有疾患者・高齢者向け有酸素運動“ココから体操”の有用性の検討. 第43回日本糖尿病学会近畿地方会, 京都, 11月18日, 2006.

F. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

生活習慣病予防のための最大酸素摂取量基準を維持するために必要な筋量

宮地 元彦、宮谷昌枝、田畑泉（独立行政法人 国立健康・栄養研究所）

研究要旨：厚生労働省は、生活習慣病予防のための V_{O_2max} 基準を提唱した。 V_{O_2max} は運動に用いられる四肢の筋量と強い関連がある。本研究では、生活習慣病予防のための V_{O_2max} 基準を維持するために必要な四肢筋量について検討することを目的とした。20-69歳の健康な女性403名を対象とし、自転車エルゴメーター負荷漸増法により V_{O_2max} を、DXA法により四肢の筋量を測定した。体重あたりの V_{O_2max} は年齢と体重あたりの四肢筋量と有意な正の相関が見られ、重回帰分析により、 $V_{O_2max}/\text{体重} = -0.134 \times \text{年齢} + 1.344 \times \text{四肢筋量}/\text{体重} - 2.035$ ($R^2=0.56$, $P<0.001$) との重回帰式が得られた。生活習慣病予防のための V_{O_2max} に対応する体重あたりの四肢筋量は、20-60歳代の各年代でそれぞれ、28.3、28.6、28.9、28.4、28.6%であり、年代間で差がなく、また全ての年代の平均値は28.5%であった。以上の結果から、生活習慣病予防のための V_{O_2max} の基準を満たすためには、女性では年齢に関係なく、体重の28.5%の四肢筋量を保持することが必要であることが示唆された。

A. 研究目的

最大酸素摂取量 (V_{O_2max}) で評価される心肺体力が低い者は、糖尿病、高血圧、肥満症等の生活習慣病の発症や、循環器疾患による死亡や総死亡のリスクが高いことが多くの大規模前向き研究で示されている。2006年に厚生労働省は、これらの文献をシステマティックレビューすることにより、生活習慣病の発症やそれらによる死亡のリスクを減少させる、すなわち、生活習慣病予防のための V_{O_2max} の基準を、性年齢別に提案した（表1）。

V_{O_2max} は心臓ならびに活動筋の大きさや機能と関連している。さらに、 V_{O_2max} は加齢に伴い低下して行くが、その要因として、最大心拍数と活動筋量の減少の両方が関与することも報告されている。そこで我々は、運動遂行に重要な四肢の筋量を測定することで、 V_{O_2max} が推定でき、生活習慣病予防のための V_{O_2max} の基準に該当する筋量を示すことがで

きると考えた。

V_{O_2max} を測定するためには、最大運動を負荷しなければならないが、筋量は安静状態で測定することができる。最近では、DXA法やインピーダンス法の普及により、簡便に全身ならびに部位別の筋量を測定できるようになった。そこで本研究では、生活習慣病予防のための V_{O_2max} 基準に該当する四肢の筋量について検討することを目的とした。20-69歳の健康な女性403名を対象とし、自転車エルゴメーター負荷漸増法により V_{O_2max} を、DXA法により四肢の筋量を測定し、 V_{O_2max} と年齢と四肢筋量との関連を横断的に検討した。

B. 研究方法

<被験者>

被験者は、定期的な運動を実施している者、および実施していない者を含む、女性403名（20歳-69歳）であった。彼らを201名と202

名の二つのグループに年齢や $VO_2\max$ の値に差が出ないように分類し、一つの群のデータから $VO_2\max$ を従属変数とし、年齢と四肢筋量を独立変数とした重回帰式を作成した（バリデーション群）。残りの一つの群は、この重回帰式の妥当性を検討するために、年齢と四肢筋量の結果から、 $VO_2\max$ の予測値を計算した（クロスバリデーション群）。全ての被験者は、研究参加の前に書面での説明を受け、研究内容を十分に理解し、研究参加に同意した。

< $VO_2\max$ の測定>

$VO_2\max$ の測定は自転車エルゴメーター (Monark 818 E) を使用し、多段階負荷漸増法で実施した。運動は被験者が運動を随意に継続できなくなり、疲労困憊に至るまで実施した。呼吸はダグラスバック法により30秒ごとに採取し、ガスメーター（品川製作所製）にて換気量を測定するとともに質量分析計（アルコシステム社製）を用いて酸素および二酸化炭素濃度を分析した。これらの最大値を $VO_2\max$ とし、体重当たりに表した。

<身体組成の測定>

身体組成は、DXA法(QDR-4500, Hologic, Waltham, MA, USA)を用いて、上肢、下肢、体幹におけるそれぞれの体脂肪率(%FM)および筋量の指標として除脂肪軟組織（筋量）、全身除脂肪体重(LBM)を求めた。両上肢と両下肢の筋量の足し、四肢筋量を算出した。

<筋力の測定>

筋力としては握力を測定した。スメドレー式握力計を用いて右左の最大等尺性筋力を測定し、分析には左右のそれぞれにおける最大値の平均値を用いた。

<血圧検査>

血圧は血圧脈波検査装置(form PWV/ABI, COLIN社製)を用いて測定した。分析には上腕部測定値の左右の平均値を用いた。

<血液生化学的指標の測定>

採血は、空腹時に実施し、血糖値、インスリン、ヘモグロビンA1c、血中総コレステロール、HDLコレステロール、中性脂肪の濃度を測定した。インスリン抵抗性の指標としてHOMA指数（空腹時血糖値×インスリン/405）を算出した。

<統計>

$VO_2\max$ と年齢、四肢筋量との関係を相関分析、回帰分析で検討した。また、 $VO_2\max$ を従属変数とするステップワイズ重回帰分析を行い、重回帰式を求めた。有意水準は危険率5%未満とした。

C. 研究結果

<被験者特性>

二つの群の生理学的特徴を表2に示した。両群の生理学的指標に有意差は見られなかった。

<バリデーション群における回帰分析>

$VO_2\max$ は 16.4~56.9ml/min/kg に分布し、平均値は 33.5ml/min/kg であった。 $VO_2\max$ は予想通り年齢と強い負の相関にあった（図1）。10歳毎に 2.6ml/min/kg ずつ低下して行く。図1には、実線で生活習慣病予防のための $VO_2\max$ 基準値を挿入した。体重あたりの四肢筋量は 18.7~37.3%の範囲に分布し、平均は 30.3%であった。体重あたりの四肢筋量は $VO_2\max$ と強い正の相関関係にあった（図

2)。

重回帰分析の結果、年齢と体重あたりの四肢筋量ともに独立変数として有意に寄与した。 VO_2max の予測重回帰式は以下の通りである： $VO_2max / 体重 = -0.135 \times 年齢 + 1.315 \times 四肢筋量 / 体重 - 0.799$ ($R^2=0.52$, $P<0.001$)

<クロスバリデーション群での重回帰分析>

バリデーション群で得られた重回帰式を用いて、クロスバリデーション群の VO_2max の予測を試みた (図 3)。この予測値と実測値との重回帰分析を行ったところ、重回帰直線の傾きは 1 と、切片は 0 と統計的有意差はなかった。

最終的に全ての 403 名の被験者で、重回帰分析を行った結果、 $VO_2max / 体重 = -0.134 \times 年齢 + 1.344 \times 四肢筋量 / 体重 - 2.035$ ($R^2=0.56$, $P<0.001$) の式が得られた (図 4)。

< VO_2max 基準値に該当する四肢筋量>

生活習慣病予防のための VO_2max 基準値と年齢から、403 名の重回帰式を用いて、生活習慣病予防のための VO_2max 基準値に該当する四肢筋量を求めた (表 3)。生活習慣病予防のための VO_2max 基準値に該当する四肢筋量に、年代別の差は見られなかった。全ての被験者の生活習慣病予防のための VO_2max 基準値に該当する四肢筋量の平均値は 28.5% であった。

D. 考察

生活習慣病予防のための VO_2max 基準値が加齢に伴って段階的に低く設定されているに

も関わらず、生活習慣病予防のための VO_2max 基準値に該当する四肢筋量は全ての年代で体重の 28.5% であったことは大変興味深い。我々の被験者の 68% がこの値を満たし、残りの 32% が満たさなかったが、 VO_2max の最も低い者たちの生活習慣病リスクが最も高いことを考慮すると、この水準に基準値が設定されたことは、筋量の少ない人がこの基準値を目標にする上で、実現可能性の高い目標であると言える。また、四肢筋量は DXA 法やあるいはより簡便なインピーダンス法により、安静時に測定することが可能なので、最大運動負荷をかけた VO_2max 測定と比較すると、測定が容易であるという利点がある。これらの観点から、生活習慣病予防のための VO_2max 基準値に該当する体重あたりの四肢筋量を提案したことは価値があると考えられる。

VO_2max と四肢筋量の間での 403 名の相関の決定係数が 0.56 なので、四肢筋量だけでは VO_2max の予測がたった 6 割足らずしかできないことを示唆している。 VO_2max の決定因子は、筋量に加えて心臓の大きさや機能にも依存するので、残りの 40% あまりはこれらの中心循環要因が関連すると、生理学的には考えられる。

四肢に限らず、加齢による筋量低下を抑制したり、さらには増加させるためには、単に身体活動量を増やしたり、低い強度の有酸素性運動を行うだけでは不十分であり、比較的高い強度の有酸素運動や筋力トレーニングが必要である。したがって、生活習慣病予防のための VO_2max 基準値に該当する四肢筋量を維持するためには、心肺機能を高めるための

有酸素運動と、筋量を増加させ、維持するための筋力トレーニングの両方が必要であろう。

本研究の問題点は、横断的研究であることと生活習慣病の発症やそれらによる死亡との関連を調べたものではないということの2点である。したがって、本研究で得られた28.5%という体重あたりの四肢筋量の基準の妥当性を確認するためには、生活習慣病の発症やそれらによる死亡をエンドポイントとした、大規模前向き介入研究が、今後必要であろう。

E. 結論

本研究は、厚生労働省が2006年に発表した生活習慣病予防のための VO_2max 基準値に該当する四肢筋量を女性被験者を用いて明らかにした。その結果、生活習慣病予防のための VO_2max 基準値に該当する四肢筋量は、20～60歳代の全てで体重の28.5%であった。生活習慣病の発症やそれによる死亡のリスクを低下させるためには、四肢筋量をこれらの値に保つことが推奨される。今後、この指標の妥当性をさらに検討するためには、生活習慣病の発症やそれによる死亡をエンドポイントとした、大規模前向き研究が必要である。

F. 研究発表

1. 論文発表

- Effects of age on ventilatory threshold and peak oxygen uptake normalised for regional skeletal muscle mass in Japanese men and women aged 20–80 years. Sanada K, Kuchiki T, Miyachi M, McGrath K,

Higuchi M, Ebashi H, *European Journal of Applied Physiology*: 99(5): 475-483, 2007.

2. 学会発表

- Absence of Age-Related Increases in the Risk of Lifestyle-Related Diseases in Male Rowers. Sanada K, Miyachi M, Usui C, Miyatani M, Kawano H, Tabata I, Higuchi M: American College of Sports Medicine 53rd Annual Meeting: 2006.6.2: Denver, Colorado
- The relationship between physical activity, cardiovascular fitness, muscle strength and Age-related Change In Body Composition. Miyatani M, Miyachi M, Usui C, Kawano H, Ishikawa-Takata K, Higuchi M, Tabata I, American College of Sports Medicine 53rd Annual Meeting: 2006.6.2: Denver, Colorado
- メタボリックシンドロームと血管の加齢、シンポジウム1「メタボリックシンドロームとアンチエイジング」、宮地元彦：第6回日本坑加齢医学会総会：2006.5.19：ホテルニューオークラ（東京）
- 特別講演2 「健康スポーツについて」宮地元彦：第2回日本スポーツ栄養研究会：2006.7.1：女子栄養大学（東京）
- 高齢者の運動による健康増進に関する学術文献データベースの構築、中村容一、増田和茂、柳川尚子、宮地元彦、田畑泉：健康増進プログラム：第61回

日本体力医学会大会： 2006. 9. 25： 神戸市

プログラム： 第61回日本体力医学会大会： 2006. 9. 25： 神戸

- 運動に対する生体ストレス応答と適応機構の解析-体力医学への応用- 自律神経・循環器応答、宮地元彦、山元健太、第61回日本体力医学会大会： 2006. 9. 25： 神戸
- 中高年男性を対象としたメタボリックシンドロームの発症と体力および身体組成との関係、真田樹義、宮地元彦、田畑泉、鈴木克彦、樋口満： 健康増進

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

Table1. Reference values of $\dot{V}O_2\text{max}$ for each age group ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

Age group	20Y	30Y	40Y	50Y	60Y
Reference $\dot{V}O_2\text{max}$	33	32	31	29	28

Table2. Characteristics of validation and cross-validation group (mean \pm SD)

	V-group	CV-group
n	202	201
Age (yr)	41.4 \pm 16.7	41.6 \pm 16.9
Height (cm)	158.5 \pm 6.4	157.9 \pm 6.1
Body weight (kg)	54.4 \pm 7.4	53.9 \pm 7.3
Body mass index (kg/m^2)	21.6 \pm 2.7	21.7 \pm 2.9
Appendicular muscle mass (kg)	16.4 \pm 2.4	16.1 \pm 2.3
MMI	30.3 \pm 3.2	30.0 \pm 3.4
$\dot{V}O_2\text{max}$ ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	33.5 \pm 7.9	32.7 \pm 7.7

V-group, Validation group; CV-group, Cross-validation group; MMI, Muscle Mass In

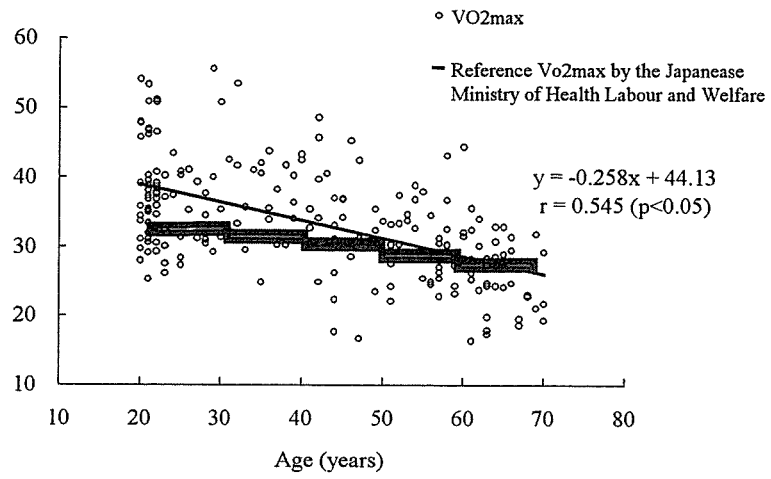


Fig1. The relationship between age and V_{O_2} max in the V-group. The reference V_{O_2} max values by the Japanese Ministry of Health Labour and Welfare were shown for reference.

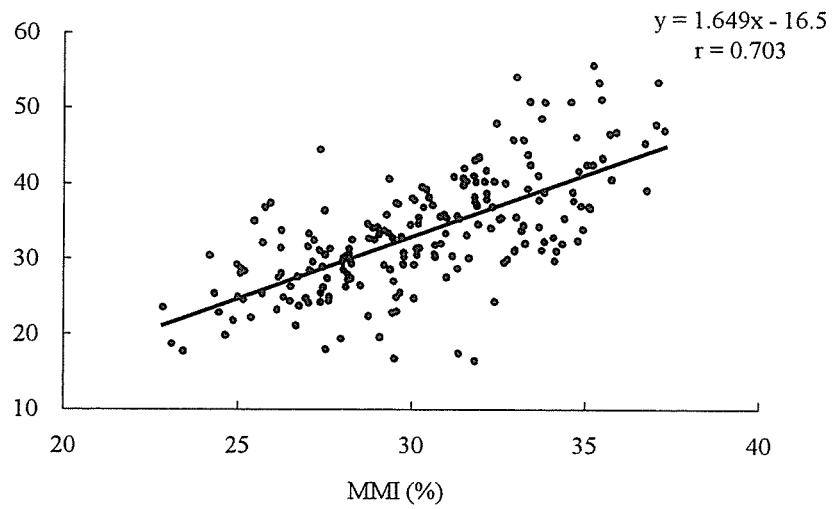


Fig2. The relationship muscle mass index (MMI) and V_{O_2} max in the V-group.

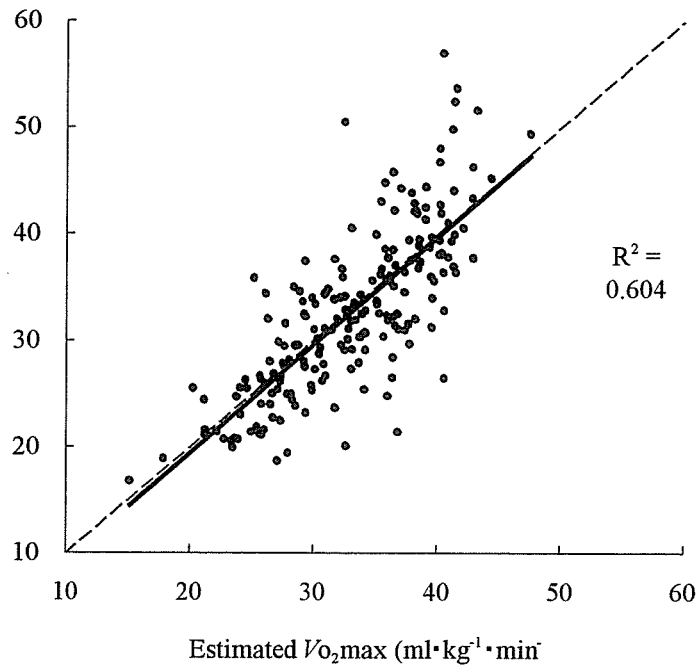


Fig 3. Regressions between the value of estimated $\dot{V}O_{2\max}$ by the multiple regression equation and that of measured $\dot{V}O_{2\max}$ for the CV-group. *Solid line* regression line, *dashed line* line of identity

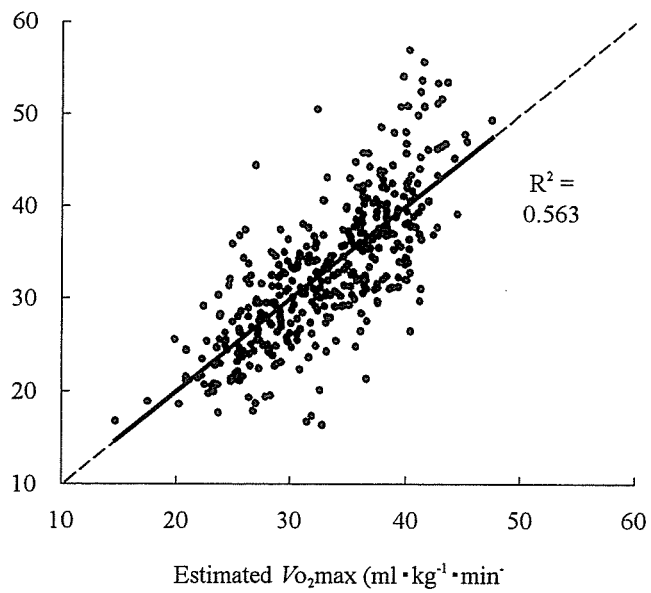


Fig 4. Regressions between the value of estimated $\dot{V}O_{2\max}$ by the multiple regression equation and that of measured $\dot{V}O_{2\max}$ for both the V-group and the CV-group. *Solid line* regression line, *dashed line* line of identity

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研究事業)

主任研究者個別研究報告書

レジスタンス（筋力）トレーニングと動脈コンプライアンス：“効果”を維持し“硬化”を最小限に

河野 寛、宮地元彦、田畑 泉（独立行政法人 国立健康・栄養研究所）

研究要旨：頸動脈に代表される中心動脈コンプライアンスの低下は循環器疾患発症の独立した危険因子である。有酸素性トレーニングは頸動脈コンプライアンスを増加させることが良く知られている。それとは対照的に、高強度の筋力トレーニングは頸動脈コンプライアンスを低下させることが我々の研究により近年明らかとなった。そこで本研究では、中強度筋トレとコンバインドトレーニングが頸動脈コンプライアンスに及ぼす影響を縦断的に検討した。39名の健康な成年男子を、中強度筋トレ（6種目、60%1RM、15回、3セット）かコンバインドトレーニング（6種目、80%1RM、10回、3セット+60%HRmaxのジョギング30分）を4ヶ月、週3回実施する群、運動介入を受けない群の3群に無作為に割り付けられた。4ヶ月の介入期間の後に、運動介入効果を確認するために4ヶ月の脱トレ期間を置いた。4ヶ月の中強度筋トレは、有意に頸動脈コンプライアンスを低下させた。4ヶ月のコンバインドトレーニングでは、頸動脈コンプライアンスを増加させる傾向が見られた（ $P=0.06$ ，図参照）。さらに、4ヶ月のトレーニング後の4ヶ月の脱トレ期間中に、両群の頸動脈コンプライアンスは介入開始前の水準に完全に戻った。対照群ではこれらのような頸動脈コンプライアンスの変化は見られなかった。本研究の結果から、有酸素性トレーニングを同時に行なうことで、高強度筋トレに伴う頸動脈コンプライアンス低下を抑制することが可能であることが示された。

A. 研究目的

頸動脈に代表される中心動脈コンプライアンスの低下は循環器疾患発症の独立した危険因子である。有酸素性トレーニングは頸動脈コンプライアンスを増加させることが良く知られている。それとは対照的に、高強度の筋力トレーニングは頸動脈コンプライアンスを低下させることが我々の研究により近年明らかとなった。一方で、筋力トレーニングは、加齢に伴うサルコペニア（筋力減弱症）を予防し介護リスクを著しく減少させることから、様々な学会のガイドラインにおいてその実施が推奨されている。したがって、循環器疾患リスクとしての頸動脈コンプライアンス低下を誘発

しない筋力トレーニングの実施方法を検討することは有意義である。

そのための戦略として二つの方向性が考えられた。一つは、血圧の上昇が比較的少ない中強度の筋力トレーニングを用いること。もう一つは頸動脈コンプライアンスを増加させる効果がある有酸素性運動を高強度筋力トレーニングとともに行なうコンバインドトレーニングを用いることである。そこで本研究では、中強度筋トレとコンバインドトレーニングが頸動脈コンプライアンスに及ぼす影響を縦断的に検討した。

B. 研究方法

39名の健康な成年男子が本研究に参加した。彼らは、中強度筋トレ（6種目、60%1RM、15回、3セット）を4ヶ月間、週3回、実施する群12名、コンバインドトレーニング（6種目、80%1RM、10回、3セット+60%HRmaxのジョギング30分）を4ヶ月、週3回実施する群11名、運動介入を受けない群16名の3群に無作為に割り付けられた。4ヶ月の介入期間の後に、運動介入効果を確認するために4ヶ月の脱トレ期間を置いた。超音波エコーとアプラネーショントノメトリーの併用により頸動脈のコンプライアンス、大腿動脈のコンプライアンス、動脈形態を測定した。

3群の8か月の介入期間の変化の差は、対応ありの2元配置分散分析で解析した。危険率5%未満を統計的有意とした。

C. 研究結果

4ヶ月の中強度筋トレは、我々の先行研究の高強度筋トレと同程度に、有意に頸動脈コンプライアンスを低下させた（ $P < 0.05$, 図参照）。我々の先行研究での高強度トレーニングでは2か月で頸動脈コンプライアンスが低下したが、中強度トレーニングでは4か月間低下し続け、高強度トレーニングと同程度まで低下した。一方、4ヶ月のコンバインドトレーニングでは、頸動脈コンプライアンスを増加させる傾向が見られた（ $P = 0.06$, 図参照）。さらに、4ヶ月のトレーニング後の4ヶ月の脱トレ期間中に、両群の頸動脈コンプライアンスは介入開始前の水準に完全に戻った。対照群では8ヶ月の期間中これらのような頸動脈コンプライアンスの変化は見られなかった。さらに全ての群で、末梢動脈である大腿動脈のコンプライアンスの変化は見られなかった。動脈形態は、介入期間中全ての群で

有意な変化は見られなかった。

D. 考察

本研究の結果から、有酸素性トレーニングを同時に行なうことで、高強度筋トレに伴う頸動脈コンプライアンス低下を抑制することが可能であることが示唆された。

従来、高強度筋力トレーニングは、急激な血圧の上昇を伴うことから、高齢者や循環器疾患のハイリスク者に対しては推奨されていなかった。その代わりに中強度の筋力トレーニングの実施が勧められていたが、本研究の結果は、中強度筋トレでも慢性的な効果として、頸動脈スティフネスの低下という好ましくない結果が得られた。強度に関わらず、筋力増強を目的として疲労困憊に至るような筋力トレーニングを単独で行

