

平成 22 年 5 月 28 日現在

研究種目：基盤研究(B)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19300229  
 研究課題名(和文) メタボリックシンドローム予防を可能とする世代別の筋力水準及び運動プログラムの開発  
 研究課題名(英文) Optimal level of muscle strength, muscle mass and physical activity for preventive of metabolic syndrome in middle-aged Japanese - Develop of effective health promotion program for preventive of metabolic syndrome -  
 研究代表者  
 久野 譜也 (KUNO SHINYA)  
 筑波大学・大学院人間総合科学研究科・准教授  
 研究者番号：70242021

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、日本人中年者における MetS 予防のための筋力、筋量、及び身体活動量の基準を明らかにするとともに、MetS 予防のための具体的な健康増進プログラムを作成することである。本研究の成果から、我々は次のような MetS 予防プログラムを提案する：筋力トレーニングの実行(マシンを用いた 60% 1RM での筋力トレーニング 週 2 回、又は自体重負荷での筋力トレーニング 週 3～5 回)、筋力と筋量の増加(筋肉率：男性  $\geq 33.5\%$ 、女性  $\geq 25.8\%$ )、身体活動量の増加( $\geq 26.9$  METs $\cdot$ h/week)、食事摂取カロリーの減少(約 200 kcal/日)。

研究成果の概要(英文)：The goal of this study was to examine optimal level of muscle strength, muscle mass and physical activity for preventive of MetS, and develop health promotion program to prevent MetS for middle-aged Japanese. On the basis of these results, we suggest the program for preventive MetS as follows: perform strength training (60% 1RM resistance exercise using training machine completed 2 days/week or weight-bearing resistance exercises completed 5 days/week), improve muscle strength and muscle mass (%muscle mass: male  $\geq 33.5\%$ , female  $\geq 25.8\%$ ), increase physical activity ( $\geq 26.9$  METs $\cdot$ h/week), and reduce calorie intake (about 200 kcal/day).

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	6,400,000	1,920,000	8,320,000
2008 年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2009 年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
年度			
年度			
総計	15,200,000	4,560,000	19,760,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、応用健康科学

キーワード：生活習慣病、運動、メタボリックシンドローム、筋力

## 1. 研究開始当初の背景

生活習慣病は、我が国における死亡原因の

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。事実、厚生労働省は平成 19 年 6 月に医療制度改革の法案を成立させ、今後メタボリックシンドローム (MetS) の予防を健康政策の骨太政策と位置づけ、40 歳以上のその予備群及び該当者に対して、運動と食事を中心とした保健指導を義務化することを位置づけている。

MetS 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とが明らかにされている。この事実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 MetS という一つの疾患単位を意識した対策が重要であることが示されている。

これまでの多くの研究により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、高血圧症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、MetS 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。また、数少ないエビデンスのほとんどは、有酸素的運動によるものであり、MetS 予防と筋力の関係、及び筋力トレーニングによる MetS 軽減効果に関しては、あまり検討されてこなかった。最近、Jurcaら (2004) は、アメリカ人男性を対象とした大規模な疫学調査により有酸素的能力及び筋力と MetS との関係性がある可能性を初めて明らかにしており、有酸素的能力だけでなく筋力の高い者ほど MetS の有病率が低くなることが報告されているが、それ以外にはほとんどエビデンスがみられないのが現状である。特に介護予防において我々の研究グループがその有用性を明らかにした筋力トレーニングによる筋肉の質的、量的な維持・増進の重要性は、MetS に対しても、基礎代謝の維持・増進という観点から、そのリスクを軽減させるために重要であると予想されながらも、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ほとんど検証されていないのが現状である。さらに、MetS に対する日常的な身体活動量 (日常生活活動の量) の効果についても同様にエビデンスは希薄である。

さらに、厚生労働省が平成 18 年に示した今後の保健指導のための運動基準・運動指針の内容は、主に欧米人のデータを基準に作成されている。それゆえ早急に運動効果に関しての日本人を対象としたエビデンス作りの必

要性が、厚生労働省・厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会の答申にも明示されている。

## 2. 研究の目的

本研究は、MetS の発生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及び日常身体活動量と MetS 関連因子との関係性を明らかにし、筋力・筋量、及び日常身体活動量の基準を作成するとともに、MetS 予防のための具体的なプログラムを開発することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### 1) MetS と筋力・筋量レベルの関係性の検討

約 700 名の地域・職域の中年者を対象とし、MetS 該当者、MetS 予備群の者、非該当者に分類した上で、MetS 該当群と予備群を合わせた群をメタボ群と定義し、メタボ群と非該当者における筋力及び筋量を比較した。なお、筋力については、握力、30 秒間の上体起こし回数、10 回の椅子座り立ち時間、及び等速性筋力測定機器 (Biodex) により評価した下肢筋力を評価指標とした。筋量については、磁気共鳴画像撮影装置 (MRI) により評価した大腿部及び大腰筋横断面積、そして生体電気インピーダンス測定装置により測定された筋重量、及び体重あたりの筋重量の割合 (筋肉率) を評価指標とした。

### 2) MetS 予防のための筋力・筋量基準の作成

MetS 該当者又は予備群になるリスク確率と筋力及び筋量との関係性を統計的に明らかにした上で MetS 予防のための筋力・筋量の基準を作成した。

### 3) MetS リスク低減及びその予防を可能とする筋力トレーニングの効果の検証

#### ①マシンを用いた筋力トレーニングが MetS リスク関連因子に及ぼす影響

マシンを用いた高負荷の筋力トレーニング (60%1RM) と食事制限の併用 (筋トレ群) が MetS リスク関連因子に及ぼす影響を明らかにするために、有酸素的運動 (60-70%VO<sub>2peak</sub>) と食事制限を実行した群 (有酸素的運動群) と食事制限のみを実行した群 (食事制限群) における MetS 改善効果の相違を検討した。対象者は中年女性 105 名とし、介入期間は 12 週間であった。

#### ②自体重負荷の筋力トレーニングが MetS リスク関連因子に及ぼす影響

実生活で行える筋力トレーニングプログラムを想定して自体重負荷による筋力トレーニングが MetS リスク関連因子に及ぼす影響を検討した。なお、筋力トレーニング効果と減量の実行をサ

ポートするサプリメント（大豆含有サプリメントバー）の効果の検証も併せて検証した。

#### 4) MetS と日常身体活動量の関係性の検討

中年男女212名における日常生活での身体活動量を3軸加速度センサ内蔵歩数計により計測し、実測した身体活動量とMetSの関係性について明らかにした。さらに、MetS予防のための日常身体活動量の基準値を作成した。

#### 4. 研究成果

##### 1) MetS と筋力・筋量レベルの関係性の検討

フィールドテストで測定できる握力、上体起こし回数、及び椅子座り立ち時間の三項目について、メタボ群と非該当群に違いが認められたのは、男性における上体起こし回数のみであり、非該当群に比べてメタボ群で有意に回数が少なかった ( $p < 0.05$ )。女性ではこれら三項目の全てにおいて両群間で有意な違いはみられなかった。

一方、等速性筋力測定装置で評価した筋力に関しては、男女ともに体重あたりの膝伸展・屈曲筋力、及び股関節屈曲筋力が、非該当群に比してメタボ群で有意に低いことが示された ( $p < 0.01$ )。

本研究でMetSとの関連性が認められた筋力指標は、体重あたりの下肢筋力、及び上体起こし回数（男性のみ）であり、いずれもメタボ群で有意に低かったことから、下肢筋力や体幹の筋持久力がMetSに関係する可能性が示唆された。一方、これまでいくつかの疫学調査により、総死亡や冠動脈性疾患の発症率との関連性が示されてきた握力に関しては、日本人の中年者におけるMetSとの関係性は認められなかった。

MRIで評価した筋横断面積について、メタボ群と非該当群に違いが認められたのは、男性における大腿部筋横断面積のみであり、非該当群に比べてメタボ群で有意に小さかった ( $p < 0.05$ )。

生体電気インピーダンス測定装置で評価した筋重量と筋肉率は、男女ともに非該当群に比べてメタボ群で有意に低かった ( $p < 0.01$ )。

本研究で評価した筋量指標のうちMetSとの関連性が認められたのは、生体電気インピーダンス測定装置で評価した筋重量と筋肉率、及び大腿部筋横断面積（男性のみ）であり、いずれもメタボ群で有意に低かったことから、筋量がMetSに影響を及ぼす可能性が示された。

総じて、日本人中年者の筋力や筋量はMetSに影響を及ぼす可能性があり、筋力や筋量が低いほどMetSになりやすい可能性が示唆された。また、これらの筋力・筋量とMetSの

関係性は、女性よりも男性においてより顕著に認められることが明らかとなった。女性については、その他の要因（食習慣、月経状態等）を考慮した解析を行うなど、さらなる検討を加える必要がある。

##### 2) MetS 予防のための筋力・筋量基準の作成

性別に関わらずメタボ群と非該当群の間に有意差が認められた筋肉率について、MetS予防のための基準値を定めることを試みた。決定木分析及び一般化加法モデルといった統計手法により、年齢に関わらず筋肉率が高いほどMetSとなる確率が低くなることが示され、MetS発現確率を10%未満と考えるならば、男性では33.5%、女性では25.8%という基準値が示された。

##### 3) MetS リスク低減及びその予防を可能とする筋力トレーニングの効果の検証

###### ①マシンを用いた筋力トレーニングがMetS リスク関連因子に及ぼす影響

12週間の介入後において、筋トレ群、有酸素的運動群、及び食事制限群の全ての介入群で対照群に比して有意な体重減少とMetSリスク因子の低減が認められた。しかしながら、それらの効果について、筋トレ群が有酸素的運動群や食事制限群よりも顕著であるという結果は得られなかった。

一方、介入後における筋量の変化を比較すると、有酸素的運動群及び食事制限群では筋量の有意な減少がみられたものの、筋トレ群ではその減少が抑制された。

以上のことから、食事制限（-200 kcal/日）とともに実行する筋力トレーニングは、MetSリスクを低減する上で促進要因とはならないものの、減量にともなう筋量減少を抑制できることが示唆された。

これまで、食事制限のみの減量がMetSリスクを低減することは明らかとなっていたが、大幅な減量に伴い筋量が低下するデメリットについてはあまり言及されてこなかった。筋量の減少は、基礎代謝量の減少をもたらすことから、減量後における長期間の体重維持において障害となる可能性がある。このことは、食事制限に有酸素的運動を併用した場合にも同様であると思われる。本研究の結果と考え合わせれば、MetS改善を目的とした減量プログラムには、筋力トレーニングを併用することが望ましいと考えられる。

###### ②自体重負荷の筋力トレーニングがMetS リスク関連因子に及ぼす影響

中年勤労男性 84 名を対象として、自体重負荷による筋力トレーニング(週 5 回)、身体活動量の増加、及び食事制限(-200 kcal/日)を併用して実行させるプログラムを 12 週間に渡り課したところ、対照群に比べて有意な体重減少と MetS リスク因子の改善が認められた。介入前の MetS 該当者の割合は 45.6%であったのに対し、介入後には 19.1%と有意に減少した ( $p < 0.01$ )。また、MRI で評価した大腿部筋・大腰筋横断面積が介入前後で変化しなかったこと、及び筋肉率が有意に増加した ( $p < 0.01$ ) ことから、自体重負荷の筋力トレーニングにより体重減少に伴う筋量減少が抑制されることが示唆された。

同様の結果は中年女性 65 名でも得られることが確認され、マシンに比べると低負荷である自体重負荷の筋力トレーニングでも減量に伴う筋量減少を抑制できる可能性が示唆された。

さらに、上述した筋力トレーニングプログラムに加えて、大豆を含むサプリメントバーを摂取した時の減量実行のサポート効果を検証した実験では、大豆を含むサプリメントバーの摂取がより大きな体重減少効果をもたらすことに加えて、減量に伴う筋量の減少を抑制できることを示唆した。このことから、より大きな減量効果を期待する場合には、本研究で使用したようなサプリメントをプログラム実行時に活用することも MetS 改善に有効となることが示された。

#### 4) MetS と日常身体活動量の関係性の検討

3 軸加速度センサ内蔵歩数計により計測した中年男女における身体活動量を MetS 該当者+予備群(メタボ群)と非該当群の二群間で比較したところ、非該当群に比べてメタボ群の身体活動量は有意に少なかった ( $p < 0.05$ )。

これらのことから中年者における身体活動量と MetS は関係性があることが示された。つまり、身体活動量が多いほど MetS になりにくくなることが示唆された。なお、これらの関係性は女性に比べて男性で強く、女性は MetS に対して身体活動量よりも年齢の方がより強く影響を及ぼす因子であることが明らかとなった。

決定木分析により MetS 予防のための身体活動量の基準値を検討したところ、男性では 26.9 METs・時/週が基準として設定された。一方、女性では MetS の発現に対して身体活動量よりも年齢が大きく影響を及ぼしていたことから、明確な基準値は定められなかった。女性の身体活動量の基準については、さ

らなる検討が必要と考えられる。

2006 年に厚生労働省から発表された運動基準によると、生活習慣病予防のための身体活動量の基準として 23 METs・時/週が、基準範囲として 19-26 METs・時/週が示されている。この基準は、主に欧米人を対象とした研究成果を元に定められており、日本人を対象としていないこと、かつ MetS をアウトカムとしていないことが今後の検討課題としてあげられている。

本研究は、日本人中年者を対象として、MetS リスクに対する身体活動量の基準を検討した初めての研究である。本研究で示された基準の 26.9 METs・時/週は、23 METs・時/週よりもやや高めではあるが、基準範囲の最大値(26 METs・時/週)に相当する量であった。今後は、この基準の妥当性について追跡調査や縦断的な調査を行い、検証する必要がある。

#### 5) MetS 予防のための具体的なプログラムの開発

本研究の成果より、中年者における筋力、筋量、及び身体活動量が MetS に影響を及ぼす可能性が示されるとともに、MetS 予防のための筋力、筋量、及び身体活動量の基準も明らかとなった。さらに、減量プログラム時に筋力トレーニングを併用することにより、体重減少に伴う筋量減少のデメリットを抑制することが可能となることが示唆された。また、筋力トレーニングの方法として、スポーツジムや特定の運動施設で行うようなマシンを用いた筋力トレーニングだけでなく、自宅や職場でも実施できるような自体重負荷の筋力トレーニングによっても、同様の筋量減少抑制効果が認められることが明らかとなった。

我々は、本研究の成果を総括して、次のような MetS 予防・改善プログラムを提案する。

- ・筋力トレーニングの実行  
マシン負荷 (60%1RM、週 2 回) 又は  
自体重負荷 (週 5 回)
- ・筋肉率の増加  
目標値：男性 33.5%、女性 25.8%
- ・身体活動量の増加  
目標値：26.9 METs・時/週
- ・食事制限の実行  
-200 kcal/日

これらのプログラムを少なくとも 8 週間継続することで MetS 予防・改善効果が得られると考えられる。なお、これらのプログラムに加えて大豆含有サプリメントバーのよう

な高タンパクのサプリメントを使用することでより効率的に MetS 予防・改善が可能となると思われる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 13 件)

- 1) Oshima Yoshitake, Toshikazu Shiga, Hideyuki Namba and Shinya Kuno: Estimation of whole-body skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis in the standing position. *Obesity Research & Clinical Practice*, 2009. (in press) (査読有)
- 2) Yoshizawa Mutsuko, Seiji Maeda, Asako Miyaki, Maiko Misono, Yoko Saito, Kai Tanabe, Shinya Kuno and 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*. 43: 615-618, 2009. (査読有)
- 3) 今井智子, 清水和弘, 坂戸洋子, 飯田薫子, 久野譜也, 今川重彦, 目崎登, 河野一郎: エアロビック運動とレジスタンス運動の複合トレーニングが高齢女性のアディポサイトカインに与える影響. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 17: 283-290, 2009. (査読有)
- 4) 久野譜也: 運動による生活習慣病予防システムの方向性—健康投資社会を目指して—. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 17: 405-412, 2009. (査読有)
- 5) 久野譜也: 糖尿病の予防と運動の役割 (巻頭言). *体育の科学*, 59: 444-445, 2009. (査読無)
- 6) 久野譜也: これからの予防を中心とした地域・職域における健康づくりシステムの方向性. *関節外科*, 27: 104-113, 2008. (査読無)
- 7) 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. (査読有)
- 8) 前田有美, 横山典子, 久野譜也: 肥満中年女性における複合トレーニングの実施が身体的および精神的要素に及ぼす効果. *女性心身医学*, 12: 481-491, 2007. (査読有)
- 9) 難波秀行, 福田佳奈子, 坂戸洋子, 渡邊理津子, 大島秀武, 志賀利一, 中瀬雄三, 久野譜也: 1日あたりの総歩数における連続歩数が持久力および体重に与える影響. *体力科学*, 56: 736, 2007. (査読

有)

- 10) 久野譜也: ビジネスモデルとしても成立可能な保健指導の提供—介護及び生活習慣病予防を目指して—. *新医療*, 4: 115-118, 2007. (査読無)

[学会発表] (計 44 件)

- 1) 金正訓, 田辺解, 横山典子, 膳法浩史, 菅洋子, 久野譜也: 8週間の身体活動量の変化がメタボリックシンドロームリスクおよび体組成に与える影響. 第64回日本体力医学会大会, 2009年9月18日, 朱鷺メッセ, 新潟.
- 2) 田辺解, 横山典子, 膳法浩史, 金正訓, 前田清司, 久野譜也: メタボリックシンドローム予防のための筋肉率基準値の開発. 第64回日本体力医学会大会, 2009年9月18日, 朱鷺メッセ, 新潟.
- 3) 田辺解, 横山典子, 前田清司, 家光素行, 菅洋子, 難波秀行, 膳法浩史, 久野譜也: 2年間の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. 第60回日本体育学会, 2009年8月27日, 広島大学, 広島.
- 4) 田辺解, 久野譜也: 肥満予防における筋量維持及び筋力トレーニングの重要性 (シンポジスト). 第2回日本肥満症治療学会学術集会, 2009年7月10日, ニッショーホール, 東京.
- 5) 久野譜也: e-wellnessによる肥満予防のためのハイリスク及びポピュレーション戦略 (シンポジスト). 第2回日本肥満症治療学会学術集会, 2009年7月10日, ニッショーホール, 東京.
- 6) 久野譜也: 職域におけるMetS予防のための科学的根拠に基づく運動指導の最前線—有酸素性運動に加えて筋肉トレーニングの重要性— (招待講演). 第82回日本産業衛生学会, 2009年5月21日, 福岡国際会議場, 福岡.
- 7) 田辺解, 横山典子, 膳法浩史, 前田清司, 久野譜也: 減量及び筋力トレーニングが中年女性のメタボリックシンドロームと筋因子に及ぼす影響. 第63回日本体力医学会大会, 2008年9月19日, 別府ビーコンプラザ, 大分.
- 8) Tanabe Kai, Noriko Yokoyama, Seiji Maeda, Motoyuki Iemitsu, Yoko Sakato, Hideaki Nanba, Hirofumi Zempo and Shinya Kuno: Effects of a lifestyle-based physical activity program on metabolic syndrome in Japanese male office workers. 13th ECSS Congress in Portugal, July 11, 2008, Portugal.
- 9) 久野譜也: e-wellnessシステムとメタボリックシンドロームの予防 (招待講演). 平成19年度京都医療センター臨床研究セ

ンター予防医学研究部 2007 年学術研究  
発表会, 2007 年 12 月 22 日, 京都医療セ  
ンター, 京都.

- 10) 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. 第 62 回日本体力  
医学会, 2007 年 9 月 14 日, ノースアジ  
ア大学, 秋田.

[図書] (計 2 件)

- 1) 久野譜也, 鯉坂隆一, 前田清司, 田辺解  
他: 杏林書院, 保健指導に求められる個  
別運動プログラム作成・実践ガイドー専  
門職が指導するメタボリックシンドロ  
ーム・介護予防プログラムとはー (久野譜  
也編), 2009 年, 230 頁 (1-21, 81-89).
- 2) 久野譜也, 鯉坂隆一, 金岡恒治, 宮川俊  
平, 竹村雅裕他: 社会保険研究所, 運動  
による介護予防計画を作成するための基  
本コンセプト. 転倒予防と若返りを可能  
とするプログラム. 運動の継続を可能と  
する地域システムと指導のポイント. 老  
化と筋肉量. 老化と運動効果を高める食  
事のあり方. 医療経済効果からみた街づ  
くり. 運動器の機能向上のための介護予  
防実践マニュアルー科学的根拠に基づく  
効果的かつ安全な実績に向けてー (久野  
譜也, 松田光生, 福永哲夫, 川口毅, 烏  
帽子田彰編), 2007 年, 179 頁 (5-11, 15-20,  
21-25, 76-80, 129-134, 172-179).

[その他]

ホームページ等

<http://www.taiiku.tsukuba.ac.jp/~kuno/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

久野 譜也 (KUNO SHINYA)  
筑波大学・大学院人間総合科学研究科・  
准教授  
研究者番号 : 70242021

### (2) 研究分担者

前田 清司 (MAEDA SEIJI)  
筑波大学・大学院人間総合科学研究科・  
講師  
研究者番号 : 30282346  
今川 重彦 (IMAGAWA SHIGEHICO)  
筑波大学・大学院人間総合科学研究科・  
教授  
研究者番号 : 60231164 (H19-20)

田辺 解 (TANABE KAI)

筑波大学・大学院人間総合科学研究科・  
研究員

研究者番号 : 60231164