日本人成人男性における脚伸展筋力と メタボリックシンドロームに関する横断的研究：仙台卸商研究

南島大輔^{1,2)} 牛 凱軍³⁾ 門間陽樹¹⁾ 小林順敏¹⁾ 関 磊¹⁾
佐藤美加¹⁾ 郭 輝¹⁾ 石井賢治³⁾ 永富良一^{1,3)}

THE RELATION BETWEEN ISOTONIC LEG EXTENSION STRENGTH AND THE PREVALENCE OF METABOLIC SYNDROME IN MALE ADULTS

DAISUKE MINAMISHIMA, KAIJUN NIU, HARUKI MOMMA, YORITOSHI KOBAYASHI, LEI GUAN,
MIKA SATO, HUI GUO, KENJI ISHII and RYOICHI NAGATOMI

Abstract

【Purpose】To investigate the relation between isotonic leg extension strength (ILES) and the prevalence of metabolic syndrome (MS) in Japanese male adults.

【Methods】This cross-sectional study included 395 Japanese men. Metabolic syndrome was determined according to the criteria of International Diabetes Federation (IDF), Japan Society for the Study of Obesity (JASSO), or National Cholesterol Education Program's Adults Treatment Panel III (NCEP-ATP III). Muscular strength was measured on a horizontal dynamometer. Subjects were divided into tertile levels according to ILES (watts/kg). Multiple logistic regression analysis was used to examine the relation between ILES levels and the prevalence of MS.

【Results】The prevalence of MS were 14.4% (IDF), 17.0% (JASSO), and 20.0% (NCEP-ATP III). After adjustment for confounding factors, the odd's ratios (95% confidence interval) of MS (IDF) compared with the lowest ILES level were 0.90 (0.48-1.68) and 0.31 (0.13-0.64) in the middle and high levels of ILES (p for trend=0.03). The association between the level of ILES and the prevalence of MS by JASSO and NCEP-ATP III criteria were similar.

【Conclusion】The prevalence of MS was associated with the level of ILES.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2010, 59 : 349~356)

key word : Metabolic syndrome, Isotonic leg extension strength, physical activity

I . は じ め に

メタボリックシンドローム（以下MS）は中心性肥満、脂質異常、高血圧、インスリン抵抗性や糖耐能低下などを含んだ脂質異常に関連する症候の集積を指し、世界的に重要な健康問題の一つである¹⁾。MSはこの20年間に世界中で急激に増加している。さらに、MSは糖尿病未発症者の2型糖尿病や心血管病変²⁾、様々な原因による死亡の予測因子でもある³⁾。

従ってMSの改善は世界規模の緊急課題である。

MSの改善には生活習慣の改善が必要とされ、大きく2つに分け食事と運動があげられる。食事に関してはエネルギー制限による介入によって内臓脂肪が減少することが報告されている^{4,5)}。また、食事を腹八分目に控えることが5年後のMS発症リスクの低下に関係がある⁶⁾など食習慣が関係している。

運動に関しては、身体活動量とMSの関係が数多く報告^{7~9)}されており、ある一定以上の身体活動を行

¹⁾ 東北大学大学院医学系研究科運動学分野
〒980-0872 宮城県仙台市青葉区星陵町2-1

²⁾ 東北大学病院リハビリテーション部
〒980-8574 宮城県仙台市青葉区星陵町1-1

³⁾ 東北大学大学院医工学研究科健康維持増進医工学分野
〒980-0872 宮城県仙台市青葉区星陵町2-1

Department of Medicine & Science in Sports & Exercise, Tohoku University Graduate School of Medicine
2-1, seiryō-machi, aoba-ku, sendai

Department of Rehabilitation, Tohoku University Hospital
1-1, seiryō-machi, aoba-ku, sendai

Division of Biomedical Engineering for Health and Welfare, Tohoku University Graduate School of Biomedical Engineering
2-1, seiryō-machi, aoba-ku, sendai

うことで, 体重は減少し⁷⁾, HDLコレステロールも増加する⁸⁾. その他にも降圧作用, インスリン感受性改善, 血糖コントロール改善⁹⁾がみられる. 従って, 一定水準以上の, 身体活動量の増加はMSの改善には重要である.

一方, 筋力とMSとの関連を指摘した報告もある. 先行研究において, 筋力が高い事とMSの有症率は逆相関する¹⁰⁾, 筋力と心肺能力はMSの有症率とそれぞれ独立して逆相関がある¹¹⁾ことが報告されている. また, 有酸素運動に加えて筋力トレーニングを行うことでMSのリスクが軽減する¹²⁾. 従って, 筋力を増強することで, MSの発症が抑制できることが知られている. しかしこれらの報告ではいずれもMSに影響を与える身体活動量が考慮されていない.

筋力とMSの関連を検討しているこれらの報告^{10~12)}は欧米人を対象とした研究であり, 本邦で検討した報告はないため, 本邦における詳細を知る必要がある. そこで本研究では, 身体活動量を補正しても, 筋力が高い人は, 低い人に比べMSの有症率は低いと仮説をたて, 身体活動量の影響を考慮して筋力とMSの関係を横断的に検討することを目的とした.

またMSの診断基準としては, 世界的な基準である国際糖尿病連合基準(International Diabetes Federation; IDF)¹³⁾, 日本人を対象とした日本肥満学会基準(Japan Society for the study of Obesity; JASSO)¹⁴⁾がある. これらの基準は, 腹囲の基準を必須項目としている. しかし, ウエスト周径が皮下脂肪蓄積に

強く依存し内臓脂肪の面積を必ずしも反映していないという報告¹⁶⁾や, 内臓脂肪面積と腹囲周径が合致していないという報告¹⁷⁾もあるため, 上記2つの診断基準に加え, 腹囲周径が必須項目ではない, 改訂NCEP-ATP III(National Cholesterol Education Program's Adults Treatment Panel III)基準¹⁵⁾の3基準を用いて検討を行うこととした.

Ⅱ. 方 法

1. 参加者

この研究は宮城県仙台市にある共同仙台卸商センターに勤務しており, 健康診断に参加した1253名の中から, 男性958名を対象に, 研究についての説明を行い, 同意の得られた881名を対象に行われた(図1). なお本研究は, 東北大学医学部倫理委員会の承諾のもとに行われた.

2. メタボリックシンドローム定義

MSの定義は国際糖尿病連合基準(International Diabetes Federation; IDF), 改訂NCEP-ATP III(National Cholesterol Education Program's Adults Treatment Panel III), 日本肥満学会基準(Japan Society for the study of Obesity; JASSO)を採用した. これらの基準は腹囲, 血圧(収縮期血圧と拡張期血圧), 中性脂肪, HDLコレステロール, 空腹時血糖値の5つの基準によって判定される(表1).

3. 筋力測定

筋力測定の対象者は, 同意の得られた男性881名から無作為抽出された395名(20~78歳)を対象に行われた. 測定の実施にあたっては, 対象者に対し研究の趣旨と測定内容を説明し承諾を得た. 除外基準としては, 膝や腰に痛みがある場合, 当日の収縮期血圧が200mmHg以上または90mmHg未満の場合は除外した.

筋力測定は先行研究に則り^{10,12)}, 脚伸展力を測定した. 脚伸展力はアネロプレス3500(東京; コンビ社)を用い測定した. 測定は座位にて膝関節を90度屈曲し, できるだけ強く, 速く蹴ってもらうように指導し, 脚伸展の等張性収縮を5回行った. その中で, 得られた最大値(watts)を体重で補正した値(watts/kg)を筋力の値として採用した.

図1: 健診参加者

表 1 . メタボリックシンドロームの診断基準

IDF		NCEP-ATPⅢ		JASSO	
危険因子	カットオフ値	危険因子	カットオフ値	危険因子	カットオフ値
1. 腹囲 (アジア人基準)		1. 腹囲 (東洋人基準)		1. 腹囲 (日本人基準)	
男性	≥ 90cm	男性	> 90cm	男性	≥ 85cm
女性	≥ 80cm	女性	> 80cm	女性	≥ 90cm
2. 中性脂肪	≥ 150mg/dL	2. 中性脂肪	≥ 150mg/dL	2. 中性脂肪	≥ 150mg/dL
3. HDL コレステロール		3. HDL コレステロール		かつ/または HDL コレステロール	
男性	< 40mg/dL	男性	< 40mg/dL		< 40mg/dL
女性	< 50mg/dL	女性	< 50mg/dL		
4. 血圧		4. 血圧		3. 血圧	
収縮期血圧	≥ 130mmHg	収縮期血圧	≥ 130mmHg	収縮期血圧	≥ 130mmHg
かつ/または		かつ/または		かつ/または	
拡張期血圧	≥ 85mmHg	拡張期血圧	≥ 85mmHg	拡張期血圧	≥ 85mmHg
5. 空腹時血糖	≥ 100mg/dL	5. 空腹時血糖	≥ 110mg/dL	4. 空腹時血糖	≥ 110mg/dL
1 は必須。2~5 のうち少なくとも 2 つは満たす。		1~5 のうち少なくとも 3 つを満たす。		1 は必須。2~4 のうち少なくとも 2 つは満たす。	

文献 32)~34)より引用

4 . 血液, 血圧, 腹囲データ

血圧測定, 身体計測, 血液データの解析は筋力測定と同じ日に行われた。すべての血液サンプルは速やかに検査機関にて分析され, 血糖値, HDL コレステロールの値を測定した。血圧は少なくとも 5 分間安静座位を保持した後に 2 回測定し平均値を採用した。

5 . 質問紙 (アンケート)

身体活動量の評価には国際標準化身体活動質問表 (IPAQ; International Physical Activity Questionnaire) 日本語版を使用した¹⁸⁾。栄養の評価には簡易型自記式食事歴法質問票 (BDHQ; brief-type self-administered diet history questionnaire; 国立健康・栄養研究所版) を用い摂取カロリーを求めた (kcal/day)。その他の喫煙, 飲酒の有無について, 最終学歴, 仕事, 年齢を自記式アンケート用紙にて調査した。

6 . 統計解析

対象者の身体特性の各群間の比較については, 年齢, 体重, 腹囲, 中性脂肪, HDL コレステロール, 空腹時血糖, 収縮期血圧, 拡張期血圧の連続尺度については一元配置の分散分析によって, 喫煙 (現在吸っている, 吸っていない), 飲酒 (現在飲んでいる, 飲んでいない), 食事 (エネルギー摂取量の 3 分位),

身体活動量 (3 分位) の名義尺度についてはカイニ乗検定を行いベースラインの比較を行った。

健診参加者を体重で除した脚伸展力の値 (watts/kg) によって 3 分位に群分けを行った。3 分位にした各群と MS の関係を多重ロジスティック解析によって解析した。また, モデル 1 では補正因子を年齢とし, モデル 2 では年齢, 喫煙の有無, 教育歴 (大学卒業以上, または高卒以下), 飲酒の有無, 食事, 職業 (座業, それ以外), モデル 3 はモデル 2 に身体活動量を加えて補正因子として MS との関係を解析した。

Ⅲ . 結 果

1 . 対象者の特性

対象者の特性を表 2 に示す。脚伸展力によって 3 分位された群間において, 年齢, 腹囲, 空腹時血糖, 収縮期血圧, 拡張期血圧に有意な差を認めた。また, 体重, 中性脂肪, HDL コレステロール, 喫煙率, 飲酒率, 摂取カロリー, 身体活動量には差を認めなかった。また MS 各基準における MS の診断の割合は, IDF で 14.4%, JASSO で 17.0%, NCEP-ATPⅢ で 20.0% であった。

2 . 筋力レベルにおける各群と MS 有症率のオッズ比
各基準における筋力 3 分位間と MS 有症率のオッズ比を表 3 に示す。身体特性で有意差を認めた年齢で

補正したモデル1で解析した結果, 脚伸展力とMSの関係は, オッズ比(95%信頼区間)はIDFにおいて脚伸展力が低い群に対して中間群で0.96(0.51-1.83), 高い群で0.36(0.16-0.84), 改訂のNCEP-ATPⅢにおいても同様の結果を呈し, 脚伸展力が高いほどMS

の有症率が低かった. 一方で, JASSOにおいては傾向性P値において有意性は認められなかった.

また, 年齢, 喫煙の有無, 教育歴(大学卒業以上, または高卒以下), 飲酒の有無, 食事, 職業(座業, それ以外)で補正したモデル2でもモデル1と同様の結果を呈した. モデル2に身体活動量を加えたモデル3におけるオッズ比は, IDF基準において脚伸展力中間群では1.08(0.56-2.08), 脚伸展力高い群で0.36(0.15-0.84)となり, 補正後も脚伸展力が高いほどMSの有症率が低かった. 改訂版NCEPにおいても中間群で1.30(0.72-2.36), 高い群で0.47(0.22-0.97)と同様の結果を呈した. 一方JASSOでは, モデル1, 2同様に脚伸展力が高いほどMSのリスクが軽減する傾向を示したものの, 傾向性P値において有意性は認められなかった.

3. 筋力レベルにおける各群とMS判定項目との関係

各基準における筋力3分位間とMS判定項目との関係を表4に示す. 交絡因子の補正を行わずに脚伸展力とMS判定項目の関係をみると, 空腹時血糖($\geq 100\text{mg/dl}$), 腹囲($\geq 90\text{cm}$, $\geq 85\text{cm}$)に関連を認め, オッズ比(95%信頼区間)は空腹時血糖において脚伸展力が低い群に対して中間群で0.92(0.54-1.57),

表2. 対象者身体特性

	低	中間	高	
脚伸展力[watt/kg]	5.3 - 16.2	16.3 - 20.4	20.4 - 32.5	
年齢	51.1 $\pm$ 10.8	46.9 $\pm$ 9.7	42.1 $\pm$ 9.6	*
体重[kg]	68.7 $\pm$ 12.2	68.1 $\pm$ 10.9	66.7 $\pm$ 8.9	
腹囲[cm]	86.2 $\pm$ 9.9	84.3 $\pm$ 8.6	81.0 $\pm$ 8.4	*
中性脂肪[mg/dl]	138.3 $\pm$ 101.1	136.9 $\pm$ 88.0	122.3 $\pm$ 72.3	
HDL[mg/dl]	52.8 $\pm$ 12.4	55.4 $\pm$ 14.1	53.4 $\pm$ 12.5	
空腹時血糖[mg/dl]	98.3 $\pm$ 21.9	98.6 $\pm$ 20.9	92.2 $\pm$ 11.1	*
収縮期血圧[mmHg]	130.9 $\pm$ 16.9	130.6 $\pm$ 15.9	125.8 $\pm$ 16.2	*
拡張期血圧[mmHg]	81.9 $\pm$ 11.8	81.7 $\pm$ 11.6	78.2 $\pm$ 10.7	*
喫煙率[%]††	51.9	43.9	55.3	
飲酒率[%]††	81.7	84.8	80.3	
食事(高cal)[%]†‡	38.2	35.6	39.4	
食事(中cal)[%]†‡	33.6	37.1	40.2	
身体活動量(高)[%]†‡	32.1	32.6	33.3	
身体活動量(中)[%]†‡	29.0	36.4	34.8	

††: 現在の喫煙者、飲酒者の割合

*: $P < 0.05$

†‡: エネルギー摂取量3分位

†‡: 身体活動量3分位

表3. 各基準における筋力3分位間とMS有症率のオッズ比(95%信頼区間)

筋力3分位 (watt/kg)				
	低 5.34 - 16.21	中間 18.32 - 20.41	高 20.42 - 32.50	傾向性 P値
国際糖尿病連合				
人数 (MS 該当者)	131 (25)	132 (23)	132 (9)	
モデル 1*	1.00 (基準)	0.96(0.51 - 1.83)	0.36(0.16 - 0.84)	0.04
モデル 2**	1.00 (基準)	1.04(0.54 - 2.01)	0.35(0.15 - 0.83)	0.03
モデル 3***	1.00 (基準)	1.08(0.56 - 2.08)	0.36(0.15 - 0.84)	0.03
改訂 NCEP-ATPⅢ基準				
人数 (MS 該当者)	131 (33)	132 (33)	132 (13)	
モデル 1*	1.00 (基準)	1.18(0.66 - 2.10)	0.45(0.22 - 0.94)	0.03
モデル 2**	1.00 (基準)	1.26(0.69 - 2.29)	0.45(0.21 - 0.95)	0.02
モデル 3***	1.00 (基準)	1.30(0.72 - 2.36)	0.47(0.22 - 0.97)	0.06
日本肥満学会				
人数 (MS 該当者)	131 (29)	132 (23)	132 (15)	
モデル 1*	1.00 (基準)	0.89(0.47 - 1.66)	0.54(0.31 - 1.33)	0.29
モデル 2**	1.00 (基準)	0.90(0.47 - 1.73)	0.58(0.32 - 1.43)	0.37
モデル 3***	1.00 (基準)	0.91(0.48 - 1.75)	0.54(0.32 - 1.43)	0.32

* : 年齢で補正

** : モデル 1+喫煙の有無、教育歴、飲酒の有無、食事、職業で補正

*** : モデル 2+身体活動量で補正

表4. 脚伸展力とMS判定項目との関係

		筋力3分位(watt/kg)		
		低(131)	中間(132)	高(132)
中性脂肪 オッズ比(95%信頼区間) 該当者数: 116/395				
補正後†	1.00(基準)	0.97(0.57-1.63)	0.64(0.36-1.14)	
補正後‡	1.00(基準)	1.25(0.70-2.23)	0.92(0.48-1.74)	
HDL オッズ比(95%信頼区間) 該当者数: 44/395				
モデル1†	1.00(基準)	1.10(0.48-2.54)	1.73(0.76-3.92)	
モデル2‡	1.00(基準)	1.22(0.50-2.98)	2.43(0.99-5.96)	
空腹時血糖(110mg/dl) オッズ比(95%信頼区間) 該当者数: 40/395				
モデル1†	1.00(基準)	1.40(0.62-3.11)	1.03(0.39-2.72)	
モデル2‡	1.00(基準)	1.70(0.72-4.00)	1.52(0.53-4.32)	
空腹時血糖(100mg/dl) オッズ比(95%信頼区間) 該当者数: 93/395				
モデル1†	1.00(基準)	1.44(0.79-2.63)	0.93(0.46-1.87)	
モデル2‡	1.00(基準)	1.64(0.87-3.07)	1.23(0.59-2.60)	
血圧 オッズ比(95%信頼区間) 該当者数: 198/395				
モデル1†	1.00(基準)	1.75(0.65-1.75)	0.97(0.58-1.64)	
モデル2‡	1.00(基準)	1.06(0.63-1.78)	1.18(0.68-2.04)	
腹囲(90cm) オッズ比(95%信頼区間) 該当者数: 107/395				
モデル1†	1.00(基準)	0.76(0.45-1.29)	0.40(0.22-0.74)**	
モデル2‡	1.00(基準)	0.78(0.44-1.40)	0.46(0.24-0.88)*	
腹囲(85cm) オッズ比(95%信頼区間) 該当者数: 176/395				
モデル1†	1.00(基準)	0.68(0.42-1.12)	0.45(0.27-0.76)**	
モデル2‡	1.00(基準)	0.69(0.40-1.20)	0.48(0.27-0.85)*	
† モデル1: 年齢補正			*: p<.05	
‡ モデル2: 年齢、項目以外のMS基準、身体活動量のレベルで補正			**: p<.01	

高い群で0.41(0.22-0.76), 腹囲(≥90cm)においてはそれぞれ, 0.75(0.44-1.26), 0.39(0.22-0.69), 腹囲(≥85cm)においても, それぞれ0.66(0.41-1.08), 0.42(0.26-0.70)であった。

年齢や身体活動量, その他のMS判定項目での交絡因子の補正後においては腹囲のみに関連を認めた。オッズ比(95%信頼区間)は腹囲(≥90cm)で, 脚伸展力が低い群に対して中間群で0.78(0.44-1.40), 高い群で0.46(0.24-0.88), 腹囲(≥85cm)においてはそれぞれ, 0.69(0.40-1.20), 0.48(0.27-0.85), であった。

Ⅳ. 考 察

1. MSの有症率

本研究は宮城県在住の男性を対象に, 脚伸展力とMSの有症率の関係を検討した。我が国では中年男性を対象とした生活習慣病の疫学調査として, 久山町研究と端野・壮瞥町研究が実施されている。久山町研究は40歳以上の男性1050名を対象とした調査であり, 男性のMS発症率は16.6%(NCEP)¹⁹⁾であった。

一方, 端野・壮瞥町研究は, 男性808名, 平均年齢60.3±11.9歳を対象とした調査であり, MSの有症率は26.4%(JASSO)²⁰⁾であった。本研究では, MS有症率(NCEP: 20.0%, JASSO: 17.0%)であり, 対象者数や年齢に違いがあるものの, MS有症率に大きな偏りは認められなかった。

2. 筋力とMS

日本人と欧米人では, 腹囲など体格の違いや, 耐糖能の違いはあるが^{21,22)}, 欧米の研究^{10~12)}と同様に, 本研究における日本人中年男性においても筋力とMSの間に関連を認めた。

身体活動量で補正しても, 筋力が高いほどMSの有症率は小さかった。各MS判定項目については腹囲, 空腹時血糖と筋力との間に有意な関連を認めたが, その他の項目については有意な関連は認められなかった。

本研究において, 筋力が高い群はウエスト周径が小さかった。これは, 先行する横断的研究において, 筋力と骨格筋量の相関が示されていること²³⁾, 骨

格筋量が基礎代謝量と相関すること²⁴⁾を考慮すると、筋力が大きいことが骨格筋、基礎代謝の大きさに相関し、結果内臓脂肪の蓄積が少なくなっている可能性がある。内臓脂肪とウエスト周径は相関するため²⁵⁾、筋力が高い群は内臓脂肪が少ないため、ウエスト周径が小さかったと考えられる。

一方、筋力が高いことは、骨格筋量が多い事を反映している^{23,26)}。骨格筋量が多ければインスリン抵抗性に陥りにくく、血中ブドウ糖の筋肉内への取り込みが促進されるため²⁷⁾、空腹時血糖の低下につながると考えられる。骨格筋量の増大はインスリン感受性の改善と同時に、動脈硬化、高脂血症のリスクの低下に繋がっている²⁸⁾。そのため、高い筋力は高血圧の抑制、中性脂肪の減少、HDLコレステロールの上昇に繋がることが期待される^{28~30)}。しかしながら、今回の参加者において筋力は腹囲に関連を認めるに過ぎなかったのは、今回の参加者において腹囲85cm以上に該当する対象者が176名もいるのに対し、HDLコレステロールが40mg/dl未満は44名、空腹時血糖が110mg/dlを超えるものは40名とMS判定基準を満たす参加者が少なかったことが一つの原因であると考えられる。また、今回各群間におけるHDLコレステロールの平均値は有意差を認めなかったが、年齢は筋力高い群が有意に若かった。そのため、HDLコレステロールは加齢により低下するため、年齢補正した際にHDLコレステロールのオッズ比が上昇したことも考えられる。

今回の研究の限界として、横断研究であるため因果関係について言及をすることはできない。また、MS該当者数が少なかったため、筋力と中性脂肪、HDLコレステロール、血圧といった判定項目との間に関連が認められなかったと考えられる。今後は大規模にデータを取り、十分な数を満たすことが必要であると考え。また、介入研究をデザインし、筋力とMSの関係を見ていきたいと考える。

運動量を維持し、身体活動の量を増やすことでMSのリスクが抑制されることは周知の事実である。しかし、現代の日本において身体活動の量を増やすことは容易ではない^{31,32)}。筋力トレーニングによりMSのリスクを軽減することができる¹²⁾ことから、短時間、高負荷運動により、筋力を改善すればMSのリスクが軽減する効果があると考えられる。筋力を高めるためには、身体にある一定以上の負荷をかけ

る必要がある。筋力の増強に必要な負荷は過去の報告によって様々であるが、最大筋力の50%から80%まで漸次負荷を増やしトレーニングした結果、筋力が改善したという報告³³⁾や、40%MVC以上の負荷強度によるトレーニングが必要であると指摘している報告³⁴⁾がある。しかし、日常生活において大腿四頭筋の筋活動はMVCの17~18%低い水準であると推定されていること^{35,36)}、階段昇降を除いて歩行などの有酸素運動を主体とした日常生活のみでは下肢筋力の維持には不十分であると考えられている^{6,34,35)}。そのため、運動時間を増やせない場合は、歩行などを長時間行うよりも、短時間に高負荷運動を行い、筋力の改善を図る方がMSリスクの抑制という点では有利ではないかと考えられる。

身体活動量にかかわらず、筋力とMS有症率に関連を認めたため、身体に対し一定以上の高強度の負荷を与え、高い筋力を維持することができれば、MSの有症率が少なくなる可能性が今回の研究で示唆された。そのため、今後は筋力増強が可能な介入方法によるMS抑制効果を検討していきたい。

V. 結 論

本邦のデータにおいても筋力とMSとの間に関係が見られた。また、身体活動量等で補正した筋力とMSとの間にも関係が見られた。

謝 辞

本研究は文部科学省の広域仙台地域先進予防型健康社会仙台クラスター創成事業の一環として行われました。

(受理日 平成22年5月12日)

参 考 文 献

- 1) Eckel, R. H., S. M. Grundy, P. Z. Zimmet. The metabolic syndrome. *Lancet*, 365, 1415-1428, 2005.
- 2) Laaksonen, D. E., H. M. Lakka, L. K. Niskanen, G. A. Kaplan, J.T. Salonen, T. A. Lakka. Metabolic syndrome and development of diabetes mellitus: application and validation of recently suggested definitions of the metabolic syndrome in a prospective cohort study. *Am. J. Epidemiol.* 156, 1070-1077, 2002.
- 3) Lakka HM, Laaksonen DE, Lakka TA, Niskanen LK, Kumpusalo E, Tuomilehto J, Salonen JT. The metabolic syndrome and total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men. *JAMA*, 288, 2709-2716, 2002.
- 4) Ross R, Rissanen J, Pedwell H, Clifford J, Shragge P. Influence of diet and exercise on skeletal muscle and

- visceral adipose tissue in men, *J Appl Physiol.* 81, 2445-55, 1996.
- 5) Janssen I, Fortier A, Hudson R, Ross R. Effects of an energy-restrictive diet with or without exercise on abdominal fat, intermuscular fat, and metabolic risk factors in obese women, *Diabetes Care*, 25, 431-8, 2002.
 - 6) Izquierdo M, Ibañez J, Häkkinen K, Kraemer WJ, Larrión JL, Gorostiaga EM, Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med Sci Sports Exerc.* 36, 435-43, 2004.
 - 7) Ross R, Janssen I. Physical activity, total and regional obesity: dose-response considerations. *Med Sci Sports Exerc.* 33, S521-7, 2001.
 - 8) Kodama S, Tanaka S, Saito K, Shu M, Sone Y, Onitake F, Suzuki E, Shimano H, Yamamoto S, Kondo K, Ohashi Y, Yamada N, Sone H. Effect of aerobic exercise training on serum levels of high-density lipoprotein cholesterol: a meta-analysis. *Arch Intern Med.* 167, 999-1008, 2007.
 - 9) 勝川史憲, メタボリックシンドロームの運動療法, *Life Style Medicine*, 3, 60-64, 2009.
 - 10) Jurca R, Lamonte MJ, Barlow CE, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Associations of muscle strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37, 1849-1855, 2005.
 - 11) Jurca R, Lamonte MJ, Church TS, Earnest CP, Fitzgerald SJ, Barlow CE, Jordan AN, Kampert JB, Blair SN. Associations of muscle strength and aerobic fitness with metabolic syndrome in men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36, 1301-1307, 2004.
 - 12) Wijndaele K, Duvigneaud N, Matton L, Duquet W, Thomas M, Beunen G, Lefevre J, Philippaerts RM. Muscular strength, aerobic fitness, and metabolic syndrome risk in Flemish adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39, 233-240, 2007.
 - 13) Alberti KG, Zimmet P, Shaw J. Metabolic syndrome--a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabet Med.* 23, 469-80, 2006.
 - 14) 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基準, *日本内科学会誌*, 94, 188-203, 2005.
 - 15) Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, And Treatment of High Blood Cholesterol In Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA.* 285, 2486-97, 2001.
 - 16) 加瀬澤信彦, 合田敏尚, 内臓脂肪および皮下脂肪の増減に關与するライフスタイルは何か? *日本未病システム学会雑誌*, 13, 148-150, 2007.
 - 17) Miyawaki T, Hirata M, Morimiya K, Metabolic syndrome in Japanese diagnosed with visceral fat measurement by computed tomography. *Proc Japan Acad.* 81, 471-479, 2005.
 - 18) Fogelholm M, Malmberg J, Suni J, Santtila M, Kyröläinen H, Mäntysaari M, Oja P. International physical activity questionnaire: Validity against fitness. *Med Sci Sports Exerc.* 38, 753-760, 2006.
 - 19) 大久保賢, 清原裕, 一般住民におけるメタボリックシンドロームの頻度, *臨床と研究*, 81, 1736-1740, 2004.
 - 20) Takeuchi H, Saitoh S, Takagi S, Ohnishi H, Ohhata J, Isobe T, Shimamoto K. Metabolic syndrome and cardiac disease in Japanese men: applicability of the concept of metabolic syndrome defined by the National Cholesterol Education Program-Adult Treatment Panel III to Japanese men--the Tanno and Sobetsu Study. *Hypertens Res.* 28, 203-208, 2005.
 - 21) 斎藤重幸, 古堅 真, 島本和明, 脳・心血管疾患の疫学と国際比較, *分子心血管病*, 9, 10-17, 2008.
 - 22) Hozawa A, Murakami Y, Okamura T, Kadowaki T, Nakamura K, Hayakawa T, Kita Y, Nakamura Y, Okayama A, Ueshima H, Relation of adult height with stroke mortality in Japan: NIPPON DATA80. *Stroke.* 38, 22-26, 2007.
 - 23) 甲斐義浩, 藤野英己, 村田伸, 竹井和人, 村田潤, 武田功, 身体組成と上・下肢筋力および四肢周径に關する研究, *理学療法科学*, 23, 241-244, 2008.
 - 24) Illner K, Brinkmann G, Heller M, Bosy-Westphal A, Müller MJ. Metabolically active components of fat free mass and resting energy expenditure in nonobese adults. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 278, 308-315, 2000.
 - 25) Examination Committee of Criteria for 'Obesity Disease' in Japan; Japan Society for the Study of Obesity. New criteria for 'obesity disease' in Japan. *Circ J.* 66, 987-992, 2002.
 - 26) Frontera WR, Hughes VA, Lutz KJ, Evans WJ. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol.* 71, 644-650, 1991.
 - 27) Saltin B, Henriksson J, Nygaard E, Andersen P, Jansson E. Fiber types and metabolic potentials of skeletal muscles in sedentary man and endurance runners. *Ann N Y Acad Sci.* 301, 3-29, 1977.
 - 28) Kim JK, Gimeno RE, Higashimori T, Kim HJ, Choi H, Punreddy S, Mozell RL, Tan G, Stricker-Krongrad A, Hirsch DJ, Fillmore JJ, Liu ZX, Dong J, Cline G, Stahl A, Lodish HF, Shulman GI. Inactivation of fatty acid transport protein 1 prevents fat-induced insulin resistance in skeletal muscle. *J Clin Invest.* 113, 756-63, 2004.
 - 29) 安藤克之, 藤田敏郎, 生活習慣改善・医学のあゆみ, 214, 363-368, 2005.
 - 30) 鈴木ひかり, 浦風雅春, 渡邊一之, メタボリックシンドロームの病態と診断, *心臓*, 40, 496-502, 2008.
 - 31) 星野武彦, 藤沼宏彰, 習慣となる運動の指導法, *Diabetes Frontier*, 18, 240-243, 2007.
 - 32) 松野恵, 山本裕之, 大國智司, 西木正照, 栗岡聡一, 西重生, 加藤讓, 超低エネルギー食療法を契機として耐糖能の著しい改善を示した運動療法困難な肥満

- NIDDMの1例, PRACTICE, 15, 542-546, 1998.
- 33) Ferri A, Scaglioni G, Pousson M, Capodaglio P, Van Hoecke J, Narici MV. Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensors in response to resistance training in old age. *Acta Physiol Scand.* 177, 69-78, 2003.
- 34) 島田美恵子, 吉武裕, 関子浩二, 西牟田守, 齊藤和人, 高齢女性における日常身体活動の酸素摂取量, および加速度計を用いた下肢筋の活動水準推定, 日本生理人類学会誌, 14, 7-13, 2009.
- 35) 沢井史穂, 実松寛之, 金久博昭, 角田直也, 福永哲夫, 日常生活動作における身体各部位の筋活動水準の評価—姿勢保持・姿勢変換・体重移動動作について—. 体力科学, 53, 93-106, 2004.
- 36) Kern DS, Semmler JG, Enoka RM, Long-term activity in upper-and lower-limb muscles of humans, *J Appl Physiol*, 91, 2224-32, 2001.