

地域在住高齢女性の body mass index および筋力と移動能力制限との横断的関連性

鄭松伊¹, 清野 諭^{2,3}, 藪下 典子⁴, 金 美芝², 根本 みゆき^{3,4},
大須賀 洋祐^{1,3}, 大久保 善郎^{1,3}, 田中 喜代次⁴

Cross-sectional association between body mass index and muscle strength, and mobility limitation in community-dwelling older women

Songee Jung¹, Satoshi Seino^{2,3}, Noriko Yabushita⁴, Miji Kim², Miyuki Nemoto^{3,4},
Yosuke Osuka^{1,3}, Yoshiro Okubo^{1,3} and Kiyoji Tanaka⁴

¹筑波大学大学院人間総合科学研究科, 〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1 (*Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan*)

²東京都健康長寿医療センター研究所, 〒173-0015 東京都板橋区柴町35番2号 (*Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital and Institute of Gerontology, 35-2 Sakae-cho, Itabashi-ku, Tokyo 173-0015, Japan*)

³日本学術振興会, 〒102-8472 東京都千代田区一番町8番地 (*Japan Society for the Promotion of Science, 8 Ichibancho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8472, Japan*)

⁴筑波大学体育系, 〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1 (*Faculty of Health & Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan*)

Received: January 4, 2013 / Accepted: June 26, 2013

Abstract This study aimed to examine the association between body mass index (BMI) and muscle strength, and mobility limitation (ML). A cross-sectional analysis was conducted on data from 570 community-dwelling older Japanese women aged 65-91 years [mean age, 73.9 ± 5.8 (SD) years]. Muscle strength was assessed by hand-grip strength (HGS). ML was assessed using self-reported difficulty level in walking 400 m and ascending 10 steps without resting. BMI and muscle strength were divided into tertiles (high: BMI ≥ 25.1 kg/m², HGS ≥ 22.5 kg; middle: BMI 22.4-25.0 kg/m², HGS 18.8-22.4 kg; low: BMI ≤ 22.3 kg/m², HGS ≤ 18.7 kg) respectively, and logistic regression analysis was used to determine the association between BMI and muscle strength with ML. 256 participants (44.9%) were identified as having ML. Adjusted odds ratios of BMI for ML were 1.64 (95% confidence interval (CI): 1.00-2.68) in the middle group and 1.89 (95% CI: 1.15-3.12) in the high group when compared to the low group. Adjusted odds ratios of muscle strength for ML were 1.25 (95% CI: 0.77-2.04) in the middle group and 1.85 (95% CI: 1.11-3.09) in the low group when compared to the high group. Compared to the low BMI plus high muscle strength group, adjusted odds ratio for ML was significantly higher in the high BMI plus low muscle strength group (2.65, 95% CI: 1.02-6.87) and the high BMI plus middle muscle strength group (3.09, 95% CI: 1.25-7.61). Our findings indicate that the combination of overweight plus muscle weakness is more predictive for having ML than overweight or muscle weakness alone.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 62(4): 323-330 (2013)

Keywords : older adults, mobility limitation, body mass index, muscle strength

緒 言

移動能力制限 (mobility limitation: ML)¹⁾とは、ある場所から他の場所まで自分の足で移動する能力 (移動能力) が制限された状態²⁾をいう。高齢者のMLは、加齢に伴う障害発生過程の初期兆候で、障害や総死亡を含む負の健康アウトカムに強く関連する^{3,4)}。先行研究によると、MLを有する高齢者では、activities of daily living (ADL)

障害の発生率が男性で約5倍、女性では約3倍高くなることが報告されている⁵⁾。MLの早期把握は、ADL低下の一次予防策として重要であると考えられる。

MLには身体・心理・社会的要因が関連⁶⁾するが、特に、身体的要因である筋力の低下や高BMIはMLを説明する上で重要な評価項目の一つであると考えられる⁷⁻⁹⁾。Sallinen et al.¹⁰⁾は、55歳以上の男女2646名を対象に握力によるMLのカットオフ値を検討しており、握力がMLを

把握するための有用な指標となることを報告した。筋力とMLの関連性は強く、筋力低下はその後のMLの発生を助長する¹¹⁾ことから、高齢者における筋力の保持は、機能障害予防の観点から重要な課題である。また、高BMIもMLの発生に有意に関連すると報告されている¹²⁻¹⁴⁾。高BMIでは糖尿病、高血圧、心疾患および関節痛などの保有割合が高く、ML発生リスクが高い。Marsh et al.⁸⁾は、70-89歳の活動量が少ない高齢者406名を対象とし、ML発生に対する低筋力と肥満のハザード比を検討している。その結果、筋力が最も低い群では、最も高い群に比べてMLの発生リスクが約6倍であること、BMI $\geq 30\text{kg/m}^2$ の群に比べて、BMI 25-29.9 kg/m^2 の群ではMLの発生リスクが約半分である一方、BMI $\leq 25\text{kg/m}^2$ の群ではBMI $\geq 30\text{kg/m}^2$ の群と同等の発生リスクを有しており、MLとBMIにはU字型の関連があることが示されている。また、高BMIでは低BMIに比べて身体動作を遂行するために高い筋力が必要となる¹⁵⁻¹⁷⁾。Manini et al.¹⁸⁾は、平均年齢73.6歳の男性1,355名と女性1,429名を対象とし、膝伸展筋力におけるMLのカットオフ値の検討を試みている。その結果、膝伸展筋力がMLを把握するための有用な指標となることが確認された。

このように、多くの研究で低筋力と高BMIがそれぞれ独立してMLに関連することが報告されているが、低筋力と高BMIを合併することによってMLの発生率を相乗的に高める可能性も考えられる。一方で、高BMIであっても十分な筋力を保持することで、制限なく移動動作を遂行できると予測できる。さらに、日本人高齢者を対象とした移動能力制限についての報告は極めて少ないのが現状である。欧米と日本人高齢者の体格は大きく異なるため、日本人の高齢者を対象にしてBMIと筋力との組み合わせの観点からMLとの関連を検討する必要がある。

また、高齢男性に比べて高齢女性では、MLの保有率¹⁰⁾や発生率^{6,7,19)}が著しく高く、女性におけるML対処法の解明が急務である。そこで本研究は、地域在住高齢女性において、BMIと筋力の組み合わせとMLとの関連を横断的に検討した。

方 法

対象者 本研究は、65~91歳の地域在住高齢女性626名を対象とした横断研究である。対象者は、2008~2010年の間に茨城県、千葉県、福島県内の公民館や保健センターで開催された体力測定会および地域支援事業に参加した地域住民である。募集方法は、各自治体の広報誌や募集チラシ、自治体職員による参加推奨であり、参加者は本人の意思で参加した。対象者のうち、杖や支えなどの補助器具を必要とし、自力での体力測定が困難であった者(6名)、パーキンソン病やリウマチの既往があった者(4名)、データに欠損のあった者(46名)を除外し、最終

的に570名(平均73.9 \pm 5.8歳)を解析の対象とした。対象者には研究の目的および体力測定や質問紙調査内容、さらには測定を随時拒否できることを口頭で説明した後、測定データの使用許可について書面で同意を得た。本研究は、筑波大学大学院人間総合科学研究科に帰属する倫理委員会の承認を受けた(承認番号:696,承認日:平成20年9月18日)。

測定項目および測定方法

1. 基本情報および健康関連情報 性、年齢、服薬数、過去1年間の既往歴、関節痛、運動習慣を個別に聴取した。服薬数は、医師から処方された医療用医薬品とし、薬局等で購入した一般用医薬品や医薬部外品、サプリメントは除外した。既往歴として脳血管疾患(脳卒中)、心疾患(不整脈、心不全、虚血性心疾患)、高血圧、糖尿病、呼吸器疾患、骨粗鬆症の6項目について、関節痛として腰痛、膝関節痛の2項目について、それぞれの有無を確認した。運動実践状況の調査より、何らかの運動を週1回以上実践している者を運動習慣者と定義した。

自己報告による身体機能の評価として、Medical outcomes study 36-item short form survey (SF-36) 日本語版²⁰⁾のphysical function scaleを用いた。移動能力や日常的な身体動作に関連する10項目に対して、とてもむずかしい(0点)、少しむずかしい(5点)、全然むずかしくない(10点)のいずれかを選択するよう求め、その合計を100点満点で得点化した。

高次生活機能を老研式活動能力指標(Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Index of Competence: TMIG-IC)²¹⁾によって評価した。「手段的自立」、「知的能動性」、「社会的役割」の3つの活動能力に関する13項目の質問に対し、「はい」1点、「いいえ」0点の2件法で回答を求め、13点満点で評価した。

2. 移動能力制限(mobility limitation: ML) MLの評価に、自己報告による階段昇段、歩行の困難性¹⁾を用いた。階段昇段は「手すりや壁をつたわずに階段を続けて10段昇ることができますか」という問に対して、歩行の困難性は「休まずに400mを続けて歩くことができますか」という問に対して、それぞれ「十分できる」、「少しむずかしい」、「全然できない」の3件法で回答を求めた。両質問とも「十分できる」と回答した者を非ML群(Non-ML)、1項目でも「少しむずかしい」か「全然できない」と回答した者をML群(ML)と定義した^{22,23)}。

3. body mass index (BMI) 身長計(YG-200, ヤガミ社製)を用いて0.1cm単位で身長を、体重計(Digital Bathroom Scale HD-316, TANITA社製)を用いて0.1kg単位で体重を測定し、体重(kg)を身長(m)の2乗で

除すことによりBMI (kg/m^2) を算出した。BMIの3分位点を用いて対象者を低BMI群 ($\leq 22.3\text{kg}/\text{m}^2$)、中BMI群 ($22.4\text{--}25.0\text{kg}/\text{m}^2$)、高BMI群 ($\geq 25.1\text{kg}/\text{m}^2$) に分類した。BMIは体格を評価する最も簡便な方法の一つであり、高齢者を対象とした多くの研究で基本情報として用いられている²⁴⁾。

4. 筋力 全身の筋力を簡便に反映する指標¹⁴⁾として握力を測定した。対象者に対して、スドレー式デジタル握力計 (GRIP-D, T.K.K5401, 竹井機器工業社製) を手に持ち、両腕を体側で自然に下げ、リラックスした姿勢をとるよう求めた。握り幅は対象者が握りやすいよう調整し、持ち手は身体に触れないように、かつ動かさないように教示した。次に、呼息しながら握力計を可能な限り強く握るよう求めた。本研究では、安定した測定値が得られるよう、0.1kg単位で左右交互に2回ずつ (計4回) 計測し、その平均値を採用とした。握力の3分位点を用いて対象者を低筋力群 ($\leq 18.7\text{kg}$)、中筋力群 ($18.8\text{--}22.4\text{kg}$)、高筋力群 ($\geq 22.5\text{kg}$) に分類した。

統計解析 対象者の特徴については、平均値 \pm 標準偏差または割合 (%) を算出した (Table 1)。ML群とNon-ML群の形態指標、体力測定値、健康関連情報の比較には、対応のない *t* 検定およびMann-Whitneyの *U* 検定を、割合の比較には χ^2 検定を適用した (Table 1)。BMIの3分位と筋力の3分位による組み合わせを (I : 高BMI・高筋力群, II : 高BMI・中筋力群, III : 高BMI・低筋力群, IV : 中BMI・高筋力群, V : 中BMI・中筋力群, VI : 中BMI・低筋力群, VII : 低BMI・高筋力群, VIII : 低BMI・中筋力群, IX : 低BMI・低筋力群) の9つに分け、グループごとにMLの保有割合 (%) を算出した (Fig. 1)。

MLとBMIおよび筋力単独との関連およびBMIと筋力の交互作用の検討には、MLの有無 (有 : 1, 無 : 0) を従属変数、BMIの3分位 (低BMI群が基準)、筋力の3分位 (高筋力群が基準) およびBMIの3分位と筋力の3分位の組み合わせ (上記 I ~ IX : 低BMI・高筋力群が基準) を独立変数とし、年齢 (連続変数)、運動習慣、脳血管疾患、心疾患、高血圧、糖尿病、呼吸器疾患、骨粗鬆症、腰痛、膝関節痛の有無 (それぞれ、有 : 1, 無 : 0)、調査地域 (1 : 茨城県, 2 : 福島県, 3 : 千葉県) を調整変数としたロジスティック回帰分析によってオッズ比 (odds ratio: OR) と95%信頼区間 (confidence interval: CI) を算出した (Table 2, Table 3, Fig. 2)。それぞれの調整変数間の相関係数は-0.17~0.39であり、多重共線性の指標 (VIF) も許容できる値であることを確認した。

すべての統計処理には統計解析ソフトSPSS Statistics 18.0を用い、統計的有意水準は5%とした。

結 果

ML群は44.9% (256名)、Non-ML群は55.1% (314名) であった。Table 1に、2群間の諸特性を比較した。Non-ML群と比較してML群では、年齢およびBMIが有意に高く、服薬、脳血管疾患、高血圧、心疾患、骨粗鬆症、腰痛、膝関節痛を有する者の割合が有意に高い一方、身長、握力、TMIG-IC得点、physical function scale得点が有意に低く、運動習慣者の割合も有意に低かった。

Table 2に、MLに対するBMI単独の調整済みORと95% CIを示した。MLに該当する者はそれぞれ低BMI群で35.3% (67名)、中BMI群で46.3% (88名)、高BMI群で53.2% (101名) であった。低BMI群を基準としたMLに対する調整済みORは、中BMI群で1.64 (95% CI: 1.00-2.68)、高BMI群で1.89 (95% CI: 1.15-3.12) であり、高BMI群のみがMLに有意に関連していた。

Table 3に、MLに対する筋力単独の調整済みORと95% CIを示した。MLに該当する者は高筋力群で30.9% (58名)、中筋力群で46.9% (90名)、低筋力群で56.8% (108名) であった。高筋力群を基準としたMLに対する調整済みORは、高筋力群に比べて、中筋力群では1.25 (95% CI: 0.77-2.04)、低筋力群では1.85 (95% CI: 1.11-3.09) であり、低筋力群のみがMLに有意に関連していた。

Fig. 1に、BMIおよび筋力3分位の組み合わせごとに、各群のML保有割合を示した。ML保有割合は、低BMI・高筋力群で27.6% (16名)、低BMI・中筋力群で32.4% (22名)、低BMI・低筋力群で45.3% (29名)、中BMI・高筋力群で33.3% (18名)、中BMI・中筋力群で47.8% (32名)、中BMI・低筋力群で55.1% (38名)、高BMI・高筋力群で31.6% (24名)、高BMI・中筋力群で63.2% (36名)、高BMI・低筋力群で71.9% (41名) であり、BMIが高く筋力が低いほど高値を示した。

Fig. 2に、MLに対するBMIと筋力3分位の組み合わせによる調整済みORと95% CIを示した。低BMI・高筋力群を基準としたMLに対するORは、高BMI・低筋力群で2.65 (95% CI: 1.02-6.87)、高BMI・中筋力群で3.09 (95% CI: 1.25-7.61) であり、MLに対するBMIと筋力の有意な交互作用がみられた。

考 察

本研究では、MLとBMIおよび筋力の組み合わせとの関連を横断的に検討した。その結果、BMI単独または筋力単独よりも、高BMIと低筋力を合併することでMLに対する関連を相乗的に高めることが示唆された。米国人地域在住高齢者のML保有割合は、65歳以上の者で約40%²⁵⁾、60歳以上の者で25.0~51.5%²⁶⁾であったことが報告されている。また、Health, Aging and Body Composition Study²⁷⁾では、5年間のML発生率が44%であった。

Table 1. Characteristics of the study population, mean \pm SD or % (number of cases)

Characteristics	Total n = 570	ML n = 256	Non-ML n = 314	P-value
Age, yr	73.9 \pm 5.8	76.0 \pm 5.6	72.2 \pm 5.3	<.000
Height, cm	147.2 \pm 5.9	145.4 \pm 5.9	148.6 \pm 5.5	<.001
Weight, kg	51.6 \pm 7.9	51.7 \pm 8.3	51.5 \pm 7.5	0.721
BMI, kg/m ²	23.8 \pm 3.3	24.5 \pm 5.0	23.3 \pm 3.0	<.001
Hand-grip strength, kg	20.4 \pm 4.5	19.2 \pm 4.3	21.4 \pm 4.4	<.001
Exercise habit, yes	71.8 (409)	63.3 (162)	78.7 (247)	<.001
Using medications, yes	78.9 (450)	86.9 (232)	71.9 (218)	<.001
TMIG-IC (0-13)	11.6 \pm 2.1	10.9 \pm 2.4	12.2 \pm 1.5	<.000
SF-36, physical function scale (0-100)	73.7 \pm 20.7	59.9 \pm 19.5	84.2 \pm 14.4	<.000
Stroke, yes	3.9 (22)	7.0 (18)	1.3 (4)	<.001
Hypertension, yes	43.2 (246)	50.0 (128)	37.6 (118)	<.005
Diabetes, yes	7.4 (42)	6.6 (17)	8.0 (25)	0.548
Heart disease, yes	8.4 (48)	13.3 (34)	4.5 (14)	<.001
Respiratory disease, yes	3.7 (21)	2.3 (6)	4.8 (15)	0.125
Osteoporosis, yes	11.9 (68)	16.0 (41)	8.6 (27)	<.01
Lower back pain, yes	37.2 (212)	47.7 (122)	28.7 (90)	<.001
Knee pain, yes	37.9 (216)	50.0 (128)	28.0 (88)	<.001

SD: standard deviation. ML: mobility limitation. BMI: body mass index. TMIG-IC: Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Index of Competence. SF-36: Medical Outcomes Study 36-item Short Form Survey; physical function scale.

Table 2. Odds ratios for prevalent mobility limitation according to body mass index (BMI) tertiles.

	ML % (n)	Unadjusted odds ratio (95% confidence intervals)	Adjusted odds ratio ¹ (95% confidence intervals)
BMI, kg/m ²			
Low (\leq 22.3)	35.3 (67)	1 (reference)	1 (reference)
Middle (22.4-25.0)	46.3 (88)	1.58 (1.05-2.39) *	1.64 (1.00-2.68)
High (\geq 25.1)	53.2 (101)	2.08 (1.38-3.15) *	1.89 (1.15-3.12) *

¹ Adjusted for age, exercise habit, hypertension, diabetes, stroke, heart disease, respiratory disease, osteoporosis, lower back pain, knee pain, and study area. * $P < 0.05$

本研究対象者におけるML保有割合は44.9%であり、これらの先行研究と同等の値であった。

本研究においても、高BMIは独立してMLに有意に関連しており、欧米の先行研究⁸⁾を支持するものであった。高BMIがMLに有意に関連する理由として、肥満が心疾患²⁸⁾や高血圧²⁹⁾、糖尿病³⁰⁾、慢性関節痛^{31,32)}の発症率を高めることや、重心移動や姿勢変換を伴う動作の困難性を高めることが考えられる。Stenholm et al.^{33,34)}は、男性では糖尿病、女性では膝関節痛を伴うことで肥満と

MLの関連の強さが相乗的に高まると報告している。肥満によって惹起された関節痛³¹⁾や骨格筋痛³²⁾が不活動およびMLにつながる事が報告されており、高BMIは間接的および直接的にML発生に影響を及ぼすと考えられる。また、本研究では、低筋力群も独立してMLに有意に関連していた。加齢に伴う筋力低下は直接的MLに関連するだけでなく、その後のADL障害や死亡率に強く関連すると報告³⁵⁾されている。Kim et al.³⁶⁾は75歳以上の高齢者を対象者とし、握力による移動能力障害カッ

Table 3. Odds ratios for prevalent mobility limitation according to muscle strength tertiles.

	ML % (n)	Unadjusted odds ratio (95% confidence intervals)	Adjusted odds ratio ¹ (95% confidence intervals)
Hand-grip strength, kg			
High (≥ 22.5)	56.8 (108)	1 (reference)	1 (reference)
Middle (18.8-22.4)	46.9 (90)	1.98 (1.30-3.01) *	1.25 (0.77-2.04)
Low (≤ 18.7)	30.9 (58)	2.95 (1.94-4.50) *	1.85 (1.11-3.09) *

¹ Adjusted for age, exercise habit, hypertension, diabetes, stroke, heart disease, respiratory disease, osteoporosis, lower back pain, knee pain, and study area. * $P < 0.05$

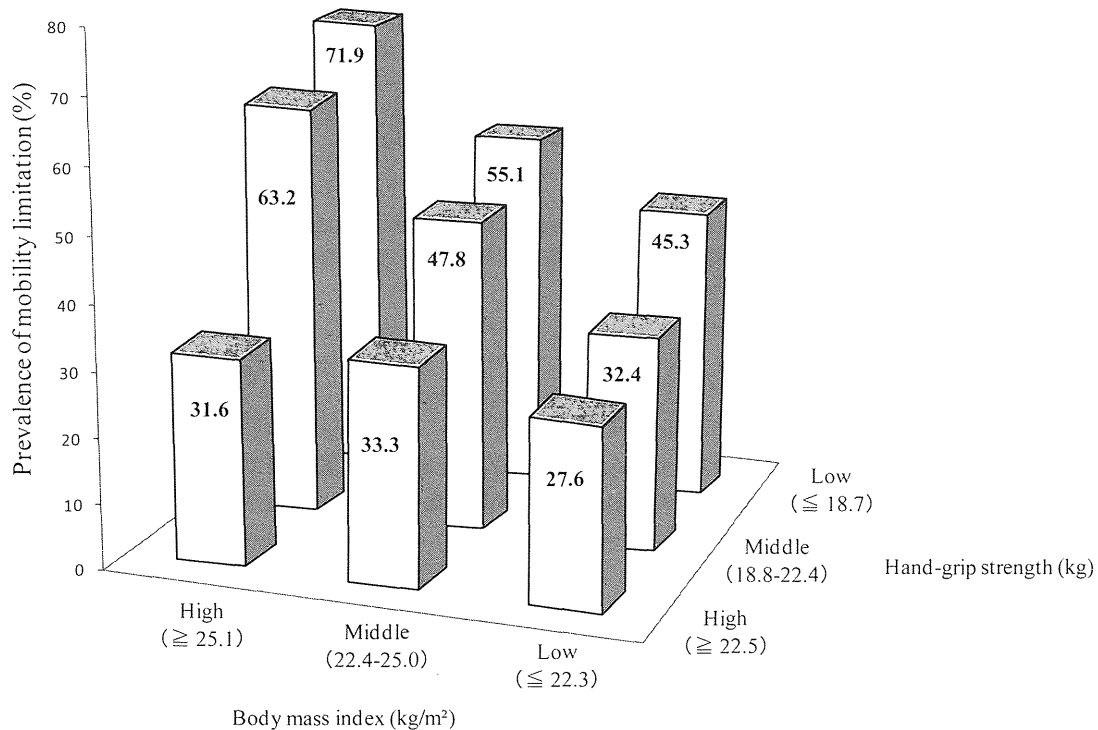


Fig. 1 The prevalence of mobility limitation according to body mass index and hand-grip strength categories.

トオフ値を19.5kg, ADL障害カットオフ値を16.3kgと報告しているが, 本研究の筋力の平均値は高筋力群 25.2 ± 2.3 kg, 中筋力群 20.6 ± 1.1 kg, 低筋力群 15.6 ± 2.6 kgであり, 低筋力群では, MLとともにADLの困難性を有していることが考えられる.

本研究では, MLに対する高BMI・低筋力群と高BMI・中筋力群の調整済みオッズ比は, それぞれ有意な値を示した. Stenholm et al.³⁷⁾は, 65歳以上の高齢者930名を対象に6年間の追跡調査をおこない, 低筋力と肥満を合併する「サルコペニア肥満」が, 肥満単独または低筋力単独に比べて, ML発生の強力な予測因子であったことを報告している. 移動能力の保持には一定水準の筋力

が必要であり, 特にBMIの高い者では低い者に比べて, 身体動作を遂行するためにより高い水準の筋力が必要となる. 一方, 高BMI・高筋力群はMLに対する有意な関連がみられなかった. BMIが高くとも, 重い体重を支えて移動できるだけの十分な筋力が保持されていればMLの発生が抑制される可能性が考えられる. また, Stenholm et al.³⁷⁾の研究対象者は, BMI 30kg/m^2 以上の肥満者が25%であった. 平成23年国民健康・栄養調査報告³⁸⁾によると70歳以上高齢女性のBMI 30kg/m^2 以上は2.8%であり, 本研究の対象者では5.6% (32名)であったことから, 欧米と日本のBMI分布が異なっている. 本研究は横断研究であり因果関係には言及できないが, 高齢者が

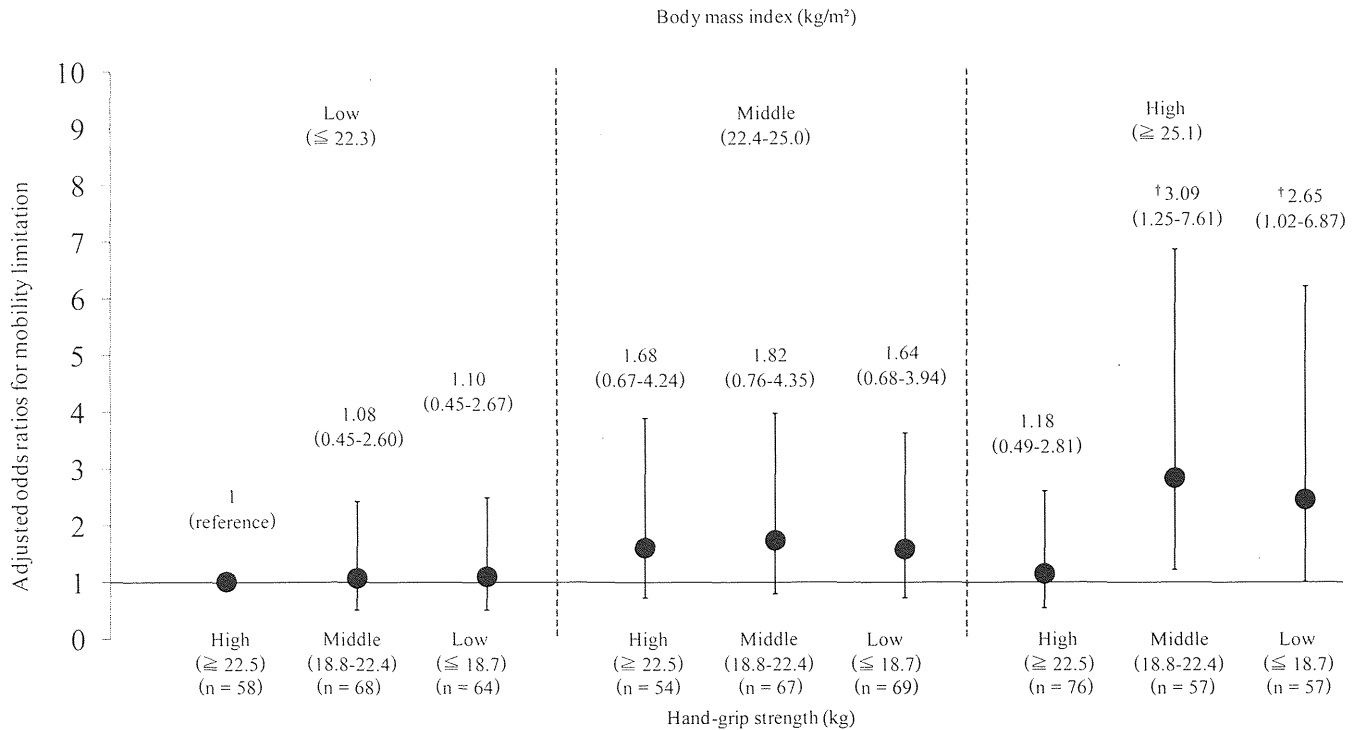


Fig. 2 Adjusted* odds ratios for mobility limitation according to body mass index and muscle strength categories.
*Adjusted for age, exercise habit, hypertension, diabetes, stroke, heart disease, respiratory disease, osteoporosis, lower back pain, knee pain and study area. † $P < 0.05$

自身の体格に見合った筋力を保持することが、ML発症を抑制するために重要であると考えられる。MLの効果的な予防策を考える際には、BMIや筋力のみからリスクを評価するよりも、両者のバランスを考慮して評価すべきであると考えられる。

本研究の限界 本研究はいくつかの限界を有する。第1に、本研究の対象者は、各地域で開催された測定会や介護予防教室に自らの意志で参加した高齢者であり、地域在住高齢者の中でも体力レベルが比較的高い集団であった可能性がある。また、解析除外者が56名いたが、解析対象者との比較において基本情報、BMI、握力、MLに有意差はみられなかった。第2に、本邦ではBMI 18.5kg/m²未満の者をやせと定義する場合が一般的であるが、本研究では国民健康・栄養調査報告 (9.7%)³⁸⁾に比べてやせの割合が少なかったため (3.3%)、やせのMLに対するリスクを過小評価している可能性がある。第3に、BMIの評価に影響を与え得る軽度脊柱後湾症を有する者が49名含まれていたが、これらの者を除外した場合も解析結果に影響がないことを確認している。しかしながら、重度脊柱後湾症の者についてはBMI算出に留意が必要であろう。第4に、本研究で用いた握力はMLと密接に関わる下肢筋力を直接反映するものではない。しかし、握力は全身の筋力を反映する指標であることが報告されており¹⁴⁾、短時間で簡便に多人数を測定できるとい

う点で、地域での活用の可能性を有すると考えられる。第5に、本研究は横断研究であり因果関係の検討には至らなかった。今後は縦断研究による本研究結果の再吟味が求められる。

結 語

地域在住高齢女性のMLには、高BMIと低筋力がそれぞれ独立して関連していた。さらに、高BMIと低筋力を合併すると、MLに対する関連を相乗的に高めることが明らかになった。MLを効果的に予防するにはBMIと筋力のバランスを考慮して評価する必要性が示唆された。

文 献

- 1) Guralnik JM, LaCroix AZ, Abbott RD, Berkman LF, Satterfield S, Evans DA, Wallace RB. Maintaining mobility in late life. I. Demographic characteristics and chronic conditions. *Am J Epidemiol* 137: 845-857, 1993.
- 2) Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Journal of Aging and Physical Activity* 7: 7-9, 1998.
- 3) Fried LP, Guralnik JM. Disability in older adults: evidence regarding significance, etiology, and risk. *J Am Geriatr Soc* 45: 92-100, 1997.
- 4) Guralnik JM. Assessment of physical performance and disability in older persons. *Muscle Nerve* 5: S14-S16, 1997.

- 5) Koster A, Penninx BW, Newman AB, Visser M, Gool CH, Harris TB, van Eijk JT, Kempen GI, Brach JS, Simonsick EM, Houston DK, Tylavsky FA, Rubin SM, Kritchevsky SB. Lifestyle factors and incident mobility limitation in obese and non-obese older adults. *Obesity* 15: 3122-3132, 2007.
- 6) Nagi SZ. An epidemiology of disability among adults in the United States. *Milbank MemFund Q Health Soc* 54: 439-467, 1976.
- 7) Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Newman AB, Nevitt M, Rubin SM, Simonsick EM, Harris TB. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60: 324-333, 2005.
- 8) Marsh AP, Rejeski WJ, Espeland MA, Miller ME, Church TS, Fielding RA, Gill TM, Guralnik JM, Newman AB, Pahor M. Muscle strength and BMI as predictors of major mobility disability in the lifestyle interventions and independence for elders pilot (LIFE-P). *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 66: 1376-1383, 2011.
- 9) Rantanen T, Guralnik JM, Izmirlian G, Williamson JD, Simonsick EM, Ferrucci L, Fried LP. Association of muscle strength with maximum walking speed in disabled older women. *Am J Phys Med Rehabil* 77: 299-305, 1998.
- 10) Sallinen J, Stenholm S, Rantanen T, Heliövaara M, Sainio P, Koskinen S. Hand-grip strength cut points to screen older persons at risk for mobility limitation. *J Am Geriatr Soc* 58: 1721-1726, 2010.
- 11) Visser M, Deeg DJ, Lips P, Harris TB, Bouter LM. Skeletal muscle mass and muscle strength in relation to lower-extremity performance in older men and women. *J Am Geriatr Soc* 48: 381-386, 2000.
- 12) Stuck AE, Walther JM, Nikolaus T, Büla CJ, Hohmann C, Beck JC. Risk factors for functional status decline in community-living elderly people: A systematic literature review. *Soc Sci Med* 48: 445-469, 1999.
- 13) Davison KK, Ford ES, Cogswell ME, Dietz WH. Percentage of body fat and body mass index are associated with mobility limitations in people aged 70 and older from NHANES III. *J Am Geriatr Soc* 50: 1802-1809, 2002.
- 14) Rantanen T, Era P, Kauppinen M, Heikkinen E. Maximal isometric muscle strength and socio-economic status, health, and physical activity in 75-year-old persons. *J Aging Phys Act* 2: 206-220, 1994.
- 15) Maffiuletti NA, Jubeau M, Munzinger U, Bizzini M, Agosti F, De Col A, Lafortuna CL, Sartorio A. Differences in quadriceps muscle strength and fatigue between lean and obese subjects. *Eur J Appl Physiol* 101: 51-59, 2007.
- 16) Lafortuna CL, Maffiuletti NA, Agosti F, Sartorio A. Gender variations of body composition, muscle strength and power output in morbid obesity. *Int J Obes (Lond)* 29: 833-841, 2005.
- 17) Ringsberg K, Gerdhem P, Johansson J, Obrant KJ. Is there a relationship between balance, gait performance and muscular strength in 75-year-old women? *Age Ageing* 28: 289-293, 1999.
- 18) Manini TM, Visser M, Won-Park S, Patel KV, Strotmeyer ES, Chen H. Knee extension strength cutpoints for maintaining mobility. *J Am Geriatr Soc* 55: 451-457, 2007.
- 19) Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, Seeman T, Tracy R, Kop WJ, Burke G, McBurnie MA. Frailty in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56: 146-156, 2001.
- 20) 福原俊一, 鈴鴨よしみ. SF-36v2日本語版マニュアル, NPO健康医療評価研究機構, 京都, 89-97, 2004.
- 21) 古谷野 直: 地域老人における活動能力の測定-老研式活動能力指標の開発, 日本公衆衛生雑誌, 34: 109-114, 1987.
- 22) Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, Scherr PA, Wallace RB. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol* 49: M85-M94, 1994.
- 23) Kim MJ, Seino S, Kim MK, Yabushita N, Okura T, Okuno J, Tanaka K. Validation of lower extremity performance tests for determining the mobility limitation levels in community-dwelling older women. *Ageing Clin Exp Res* 21: 437-444, 2009.
- 24) WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet* 363: 157-163, 2004.
- 25) Shumway-Cook A, Ciol MA, Yorkston KM, Hoffman JM, Chan L. Mobility limitation in the medicare population: prevalence and sociodemographic and clinical correlates. *J Am Geriatr Soc* 53: 1217-1221, 2005.
- 26) Center for Disease Control and Prevention. Mobility Limitation Among Persons Aged > 40 Years With and Without Diagnosed Diabetes and Lower Extremity Disease - United States, 1999-2002. Available at: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5446a4.htm>. Last accessed June, 2013.
- 27) Cesari M, Kritchevsky SB, Newman AB, Simonsick EM, Harris TB, Penninx BW, Brach JS, Tylavsky FA, Satterfield S, Bauer DC, Rubin SM, Visser M, Pahor M. Added value of physical performance measures in predicting adverse health-related events: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc* 57: 251-259, 2009.
- 28) Sohler N, Lubetkin E, Lew J, Soqhomonian C, Rimmerman A. Factors associated with obesity and coronary heart disease in people with intellectual disabilities. *Soc Work Health Care* 48: 76-89, 2009.
- 29) Forman JP, Stampfer MJ, Curhan GC. Diet and lifestyle risk factors association with incident hypertension in women. *JAMA* 302: 401-411, 2009.
- 30) Chiu CJ and Wray LA. Physical disability trajectories in older Americans with and without diabetes: The

- role of age, gender, race or ethnicity, and education. *Gerontologist* 51: 51-63, 2011.
- 31) Vincent HK, Vincent KR, Lamb KM. Obesity and mobility disability in older adults. *Obes Rev* 11: 568-579, 2010.
- 32) Shah RC, Buchman AS, Boyle PA, Leurgans SE, Wilson RS, Andersson GB, Bennett DA. Musculoskeletal pain is associated with incident mobility disability in community dwelling elders. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 66: 82-88, 2011.
- 33) Stenholm S, Rantanen T, Heliovaara M, Koskinen S. The mediating role of C-reactive protein and hand-grip strength between obesity and walking limitation. *J Am Geriatr Soc* 56: 462-469, 2008.
- 34) Stenholm S, Sainio P, Rantanen T, Koskinen S, Jula A, Heliovaara M, Aromaa A. High body mass index and physical impairments as predictors of walking limitation 22 years later in adult Finns. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 62: 859-865, 2007.
- 35) Roubenoff R. Sarcopenia: effects on body composition and function. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 58A: M1012-M1017, 2003.
- 36) Kim MJ, Yabushita N, Kim MK, Matsuo M, Okuno J, Tanaka K. Alternative items for identifying hierarchical levels of physical disability by using physical performance tests in women aged 75 years and older. *Geriatr Gerontol Int* 10: 302-310, 2010.
- 37) Stenholm S, Alley D, Bandinelli S, Griswold ME, Koskinen S, Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L. The effect of obesity combined with low muscle strength on decline in mobility in older persons: results from the InCHIANTI study. *Int J Obes (Lond)* 33: 635-644, 2009.
- 38) 厚生労働省. 平成23年度 国民健康・栄養調査報告の身体状況調査の結果. <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyoudl/h23-houkoku-05.pdf>