体力科学，60(3)：259～268(2011)

地域在住高齢者の握力による移動能力制限の識別

清野　諭[1,2]　金　美芝[3]　藪下典子[1]　松尾知明[1]
鄭　松伊[1]　根本みゆき[1]　大須賀洋祐[1]　大久保善郎[1]
大藏倫博[1]　田中喜代次[1]

DISCRIMINATION OF MOBILITY LIMITATION BY HAND-GRIP STRENGTH AMONG COMMUNITY-DWELLING OLDER ADULTS

SATOSHI SEINO, MI-JI KIM, NORIKO YABUSHITA, TOMOAKI MATSUO, SONGEE JUNG, MIYUKI NEMOTO, YOSUKE OSUKA, YOSHIRO OKUBO, TOMOHIRO OKURA and KIYOJI TANAKA

(Received January 31, 2011; Accepted February 25, 2011)

Abstract

The purpose of this study was to determine whether hand-grip strength (HGS) can be a significant discrimination factor of mobility limitation (ML) among older adults. Cross-sectional analysis was conducted on data from 939 community-dwelling older adults, aged 65-96 years (74.4 ± 6.4 yr, 266 men, 673 women). ML was defined as self-reported difficulty in walking 400 m, climbing 10 steps, and rising from a chair. Trained testers assessed standardized measurements of HGS and lower extremity performance score (LEPS) calculated by four tests (i.e., tandem stance, 5-chair sit-to-stand, alternate step, and timed up & go). Receiver operating characteristic (ROC) analysis was conducted to identify discrimination power of HGS and LEPS for ML. The areas under the ROC curves (AUCs) of HGS and LEPS for ML were 0.82 and 0.87 in men; 0.70 and 0.85 in women, respectively. No significant difference was detected between the AUCs of HGS and LEPS ($P = 0.12$) in men, whereas in women, the AUC was significantly lower in HGS than LEPS ($P < 0.001$). The optimal HGS cut-off values for ML were 31.0 kg (sensitivity 75%, specificity 81%) for men and 19.6 kg (sensitivity 73%, specificity 57%) for women. In men, the HGS test could be as useful as LEPS for identifying ML. In women, discrimination power for ML by HGS alone was considered acceptable; however, a combination of HGS and lower extremity performance tests could be more useful for monitoring the hierarchical levels of physical frailty.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med., 60(3)：259～268(2011))

Key words：hand-grip strength, older adults, mobility limitation, ROC curve, AUC

Ⅰ．緒　　言

高齢者における移動能力の制限（mobility limitation: ML）[1]は，加齢に伴う障害段階の初期兆候として認識されている[2]．歩行，階段昇段，いす立ち上がり動作に代表される基本的移動能力の低下は，主観的健康感の悪化[3]や転倒[4]，入院[5]，施設入所[6]，障害[7]，総死亡[8]などの危険因子である．したがって，これらの一次予防策の１つとして早期にMLを把握し，適切な支援につなげることが重要となる．

[1]筑波大学大学院人間総合科学研究科　*Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba*
〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1　*1-1-1 Tennoudai, Tsukuba, Ibaraki, Japan*
[2]日本学術振興会　*The Japan Society for the Promotion of Science*
〒102-8472 東京都千代田区一番町8　*8 Ichiban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan*
[3]東京都健康長寿医療センター研究所　*Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital and Institute of Gerontology*
〒173-0015 東京都板橋区栄町35-2　*35-2 Sakae-cho, Itabashi-ku, Tokyo, Japan*

MLの標準的な評価のあり方として，歩行や階段昇段の困難性を問う方法[1]や実際のパフォーマンスから評価する方法[5,7]があり，われわれのグループでも，MLを識別可能な下肢パフォーマンス（lower extremity performance: LEP）テストやテストバッテリに関する検討結果を報告してきている[9~11]．

これまで，MLには脚筋力の低下が強く影響することが示されてきた[12]．その一方で，握力がこれらを含めた全身の筋力と関連するため[13]，握力によってMLを把握できる可能性が考えられる．握力測定の最大の強みは，握る動作のみで測定が可能な簡便性と，高い信頼性，安全性である．パフォーマンステストと健康予後との関連をみたシステマティックレビュー[14]においても，握力は最も汎用性の高いフィールドテストであることが示されている．また，虚弱[15]や健康関連quality of life[16]，activities of daily living（ADL）障害[17]，総死亡[18]など，MLよりもさらに進行した障害段階と関連することからも，握力が初期兆候であるMLを反映できる可能性は高い．

近年Sallinen et al.[19]は，フィンランドの55歳以上の男女2646名を対象に，握力におけるMLのカットオフ値の検討を試みている．その結果，握力がMLを把握するための有用な指標となることが確認され，男女でそれぞれ37kg（感度：62%，特異度：76%），21kg（感度：67%，特異度：73%）というカットオフ値が示されている．しかし，Sallinen et al.[19]は，body mass index（BMI）が20.0kg/m^{2}未満の対象者を除外しており，対象者のBMIおよび握力の平均値が顕著に高値を示している（男性：28.1kg/m^2，41kg；女性：27.6kg/m^2，23kg）．また，欧米の握力測定では，肘関節を90～110°に屈曲させた座位肘屈曲姿勢での測定が主流であるのに対し[18~20]，本邦では立位で持ち手を体側に下げた姿勢（立位肘伸展姿勢）での測定が通例である．渡邊ら[21]はこの姿勢の違いによって握力測定値が異なることを示しており，これらの差異が本邦地域在住高齢者におけるカットオフ値の外的妥当性を低下させる要因の1つと考えられる．さらに，健康支援現場で活用するに当たっては，MLに対してすでに妥当性が確認されているLEPテスト[10]と比較して，握力がどの程度のMLの識別能を有しているかを明らかにすることが必要である．

そこで本研究の目的は，LEPテストとの比較から握力による高齢者のMLの識別力を検討することとし，十分な識別力が確認できた場合は，MLに対する握力の基準値をあわせて提案することとした．現在本邦で展開されている健康支援事業では，MLに関する項目の聴取はしていなくとも，握力を測定しているケースは極めて多い．握力のみでLEPテストと同等にMLを識別できれば，これまで握力との関連が示されている種々の健康関連情報に加え，MLに関する情報のフィードバックも可能となる．握力の疫学的指標としての有用性もさらに高まると考えられる．

Ⅱ．方　　法

A．対象者

本研究では，65～96歳の地域在住高齢者1043名（男性307名，女性736名）を対象とした．対象者はすべて2006～2010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，デイサービスセンターで開催された体力測定会，地域支援事業に参加した地域住民であり，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などを通して本人の意思で参加した．対象者のうち，1）体力測定および質問紙調査の教示を理解できなかった者（12名），2）体力測定前の問診において脳血管疾患やパーキンソン病，リウマチなどの神経性疾患の既往があった者（77名），3）データに欠損のあった者（15名）を除外し，最終的に939名（74.4 ± 6.4歳，男性：266名，73.7 ± 6.4歳，女性：673名，74.8 ± 6.5歳）を解析の対象とした．すべての対象者に研究の目的や体力測定および質問紙調査内容を説明し，随時，測定を拒否できることを確認した．研究での測定データ使用に関する説明を個別に口頭でおこない，書面にてデータ使用の同意を得た．本研究は，筑波大学に帰属する倫理委員会の承認を受けた．

B．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，および服薬，疾患，関節痛の状況を個別に聴取した．薬は，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て数を確認した．疾患は，高血圧，糖尿病，腎疾患，心疾患（不整脈，心

不全，虚血性心疾患など），呼吸器疾患，骨粗鬆症，脂質異常症，関節症の有無（有：1，無：0）をそれぞれ確認し，単純合計した．関節痛は，肩関節痛，腰痛，膝関節痛の有無（有：1，無：0）をそれぞれ確認し，単純合計した．

形態指標として，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た．また，体重（kg）を身長（m）の2乗で除すことによりBMIを算出した．

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日本語版[22]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の質問項目に対して，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3件法により回答を求め，その合計を100点満点で得点化した．

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[1,12]とともに，いすからの立ち上がりの困難性を用いた．これら3つの生活課題は，本邦の地域支援事業において二次予防事業の対象者を把握するための項目としても用いられている．それぞれ「手すりや壁をつたわらずに階段を続けて10段昇ることができますか」，「休まずに400mを続けて歩くことができますか」，「いすに座った状態から何もつかまらずに立ち上がることができますか」の質問に対して，「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，1項目でも「少しむずかしい」か「全然できない」がある場合をMLありとした[10,12]．

3．体力測定

握力によるMLの識別力を検討するに当たり，比較対照としてLEPの総合指標[11]を用いることとした．この指標[11]はタンデムバランス，5回いす立ち上がり，ステップテスト，タイムドアップ&ゴーの4項目によって構成されており，各測定値を第一主成分得点の推定式に代入することによって，標準正規曲線（平均0，標準偏差1）で表わされる総合得点を算出することが可能である[23]．本研究ではこの得点をLEP得点（lower extremity performance score: LEPS）として用いた．LEPSは，以下の式によって算出した[11]．

LEPS = 0.031×タンデムバランス－0.106×5回いす立ち上がり－0.192×ステップテスト－0.096×タイムドアップ&ゴー＋1.672

タンデムバランス，5回いす立ち上がり，ステップテスト，タイムドアップ&ゴーのML識別に対する妥当性については，すでにKim et al.[10]によって詳細に検討されている．各項目の測定方法は下記のとおりである．

1）握力

スメドレー式握力計（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教示した．0.1kg単位で左右交互に2回ずつ計測し，平均値を記録とした．級内相関係数（intraclass correlation coefficient: ICC）による握力の信頼性は0.98であり，極めて良好な値であった．

2）タンデムバランス

両手を腰に当てて片足を一足分前に出し，前足のかかとと後ろ足のつま先をつけて直線上に立った状態で，可能な限り長く立ち続けるよう教示した．両足に均等に体重をかけることとし，足の裏が動いたり，腰に当てた手が離れたり，下肢のみで姿勢の維持が不可能になった時点でバランスが崩れたものとみなした．計測は，前足のかかとと後ろ足のつま先をつけて直線上に立った時点からバランスが崩れた時点までの時間とした．左右の足を入れ替えて1回ずつ0.01秒単位で最大30秒まで計測し，平均値を記録とした．ICCは0.79であり，良好な値であった．

3）5回いす立ち上がり

両腕を胸の前で交差し，背中を伸ばした状態で背もたれのついたいすに浅く腰かけるよう求めた．合図とともに，いすから立ち上がり直立姿勢をとり，再びいすに腰掛ける動作を可能な限り速く5回繰り返すよう教示した．合図してから5回目の直立姿勢をとるまでの時間を0.01秒単位で2回計測し，平均値を記録とした．ICCは0.96であり，極めて良好な値であった．

4）ステップテスト

立位姿勢をとるよう求め，その20cm前方に19cmの高さの台を設置した．足の裏が台の高さ（19cm）

まで上がるよう，可能な限り速くその場で足踏みをおこなうよう教示し，左右の足を交互に8回上げ下ろしするまでの時間を計測した．測定は0.01秒単位で2回計測し，平均値を記録とした．ICCは0.96であり，極めて良好な値であった．

5）タイムドアップ&ゴー

いすに深い座位姿勢をとり，両手を膝の上に置くよう教示した．合図とともに立ち上がり，3m前方のコーンを回って着座するまでの時間を0.01秒単位で2回計測し，平均値を記録とした．一連の動作は可能な限り速くおこなうよう教示した．ICCは0.99であり，極めて良好な値であった．

測定の際は，問診によって当日の体調を確認するとともに，体力測定に精通したスタッフが安全性に十分に留意した．また，測定で補助や支えを必要とした場合はその旨を記録した．

C．統計解析

すべての測定項目は，平均値 ± 標準偏差または割合（%）で示し，男女別に解析した．MLなし（Non-ML群）とMLあり（ML群）の健康関連情報，形態指標，体力測定値の比較には，対応のないt検定およびMann-WhitneyのU検定を適用した．体力測定において補助や支えを必要とした者の割合は，x^2検定によって比較した．

握力とLEPSにおけるMLの識別力の判断基準には，receiver operating characteristic（ROC）曲線を描くことによって得られるROC曲線下面積（area under the ROC curve: AUC）とその95%信頼区間（95% confidence interval：95% CI）を用いた．握力とLEPSの識別力を比較するため，両者のAUCをDeLong法[24]によって比較した．握力とLEPSにおけるMLの最適なカットオフ値は，ROC曲線上で最も左上（1－特異度=0，感度=1）に近いポイントとし，$(1-\text{感度})^2+(1-\text{特異度})^2$が最小になる値を求めた[25]．また，Youden index[25]を算出し，この値が最大になるポイントからも最適なカットオフ値を確認した．

握力およびLEPSがカットオフ値を下回った場合のMLへの該当可能性を検討するため，MLの有無（有：1，無：0）を従属変数，カットオフ値に対する測定値の高低（カットオフ値未満：1，カットオフ値以上：0）を独立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% CIを算出した．

DeLong法による握力とLEPSのAUCの比較にはエクセル用統計解析ソフトAnalyse-Itを，その他のすべての統計処理には統計解析ソフトPASW Statistics 18.0を用い，統計的有意水準はすべて5%とした．

Ⅲ．結　　果

Table 1に，すべての測定値と，体力測定で補助や支えを必要とした者の割合を男女別に示した．ML群は男性で67名（25%），女性で305名（45%）であった．ML群では，男女とも年齢，疾患数，関節痛数が有意に高値を示し，身長，体重，physical function scale，握力，LEPSが有意に低値を示した．握力測定ではすべての対象者が補助を必要としなかったが，LEPS測定では男女あわせて89名（9.5%）に壁や杖など何らかの補助が必要であった．LEPS測定の際に補助や支えを必要とした者の割合は男女ともML群で有意に高かった．

Fig 1には，MLの有無に対する握力とLEPSのROC曲線を男女別に示した．男性では，握力とLEPSのAUCはそれぞれ0.82（95% CI: 0.76-0.88），0.87（95% CI: 0.81-0.93）であり，両者に有意差はみられなかった（$P = 0.12$，差の95% CI: －0.11-0.01）．女性では，握力とLEPSのAUCはそれぞれ0.70（95% CI: 0.66-0.74），0.85（95% CI: 0.82-0.88）であり，握力のAUCがLEPSのAUCよりも有意に低値を示した（$P < 0.001$，差の95% CI: －0.19-－0.11）．

Table 2には，握力とLEPSにおけるMLの最適なカットオフ値を男女別に示した．それぞれ男性では31.0kg（感度：75%，特異度：81%），0.20（感度：81%，特異度：84%），女性では19.6kg（感度：73%，特異度：57%），-0.01（感度：81%，特異度：77%）であった．

Table 3に，握力およびLEPSがカットオフ値を下回った場合のMLに対するORと95% CIを示した．男性では，年齢調整後も握力，LEPSともにMLに極めて強い関連度を示した．女性では，LEPSはMLに極めて強い関連度を示したものの，握力はLEPSや男性の握力に比べて弱い関連度を示した．

Table 1. Characteristics of the study population, mean ± SD or n (%)

Characteristics	Men			Women		
	Overall (n = 266)	Non-ML (n = 199)	ML (n = 67)	Overall (n = 673)	Non-ML (n = 368)	ML (n = 305)
Age, yr	73.7 ± 6.4	72.2 ± 5.4	78.1 ± 6.9 *	74.8 ± 6.5	72.4 ± 5.4	77.6 ± 6.6 *
Height, cm	160.4 ± 6.7	161.4 ± 6.4	157.4 ± 6.6 *	146.7 ± 6.2	148.5 ± 5.2	144.6 ± 6.6 *
Weight, kg	60.9 ± 9.1	61.7 ± 8.5	58.6 ± 10.7*	50.9 ± 8.1	51.0 ± 7.7	50.8 ± 8.6 *
BMI, kg/m^2	23.6 ± 3.1	23.6 ± 2.9	23.6 ± 3.7	23.7 ± 3.5	23.1 ± 3.1	24.3 ± 3.8
No. of diseases	1.0 ± 0.9	0.9 ± 0.9	1.4 ± 0.9 *	1.3 ± 1.1	1.0 ± 1.0	1.6 ± 1.1 *
Joint pain, sum	0.6 ± 0.7	0.5 ± 0.7	0.9 ± 0.8 *	0.8 ± 0.8	0.6 ± 0.8	1.0 ± 0.8 *
Physical function scale, point (SF-36, 0-100)	85.0 ± 17.4	90.9 ± 10.8	66.1 ± 20.7*	73.7 ± 23.0	86.9 ± 12.8	57.5 ± 22.4*
Hand-grip strength, kg	32.2 ± 7.5	34.4 ± 5.9	25.6 ± 7.7 *	20.5 ± 4.7	22.1 ± 4.1	18.7 ± 4.8 *
LEPS, point	0.11 ± 1.03	0.45 ± 0.47	-0.93 ± 1.49*	-0.17 ± 1.04	0.32 ± 0.53	-0.81 ± 1.18*
+Tandem stance, s	26.9 ± 7.1	28.6 ± 4.8	21.7 ± 10.2*	25.2 ± 8.2	27.5 ± 5.9	22.3 ± 9.7 *
−5-chair sit-to-stand, s	7.9 ± 3.6	7.0 ± 1.5	10.7 ± 5.8 *	8.6 ± 3.6	7.0 ± 1.9	10.6 ± 4.3 *
−Alternate step, s	4.7 ± 1.8	4.2 ± 0.9	6.4 ± 2.6 *	5.1 ± 1.7	4.4 ± 0.8	6.1 ± 2.1 *
−Timed up & go, s	7.0 ± 3.5	5.9 ± 1.2	10.3 ± 5.6 *	8.2 ± 4.5	6.4 ± 1.7	10.4 ± 5.7 *
Number of participants who needed any assistance						
Hand-grip strength, n (%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
LEPS, n (%)	20 (7.5)	4 (2.0)	16 (23.9) *	69 (10.3)	7 (1.9)	62 (20.3) *
+Tandem stance, n (%)	4 (1.5)	1 (0.5)	3 (4.5)	21 (3.1)	1 (0.3)	20 (6.6) *
−5-chair sit-to-stand, n (%)	6 (2.3)	1 (0.5)	5 (7.5) *	25 (3.7)	1 (0.3)	24 (7.9) *
−Alternate step, n (%)	13 (4.9)	0 (0)	13 (19.7) *	47 (7.0)	5 (1.4)	42 (13.8) *
−Timed up & go, n (%)	5 (1.9)	0 (0)	5 (7.5) *	20 (3.0)	1 (0.3)	19 (6.2) *

Notes: SD = standard deviation; ML = mobility limitation; BMI = body mass index
LEPS = lower extremity performance score: 0.031 × tandem stance − 0.106 × 5-chair sit-to-stand − 0.192 × alternate step − 0.096 × timed up & go + 1.672
No. of diseases: the sum of hypertension, diabetes mellitus, kidney disease, heart disease, breathing difficulties, osteoporosis, dyslipidemia, arthritis, resulting in a score from 0 to 8
Joint pain: the sum of shoulder pain, low bac pain, knee pain, resulting in a score from 0 to 3
+: Higher values signify better performance, −: Lower values signify better performance
* $P < 0.05$ vs Non-ML

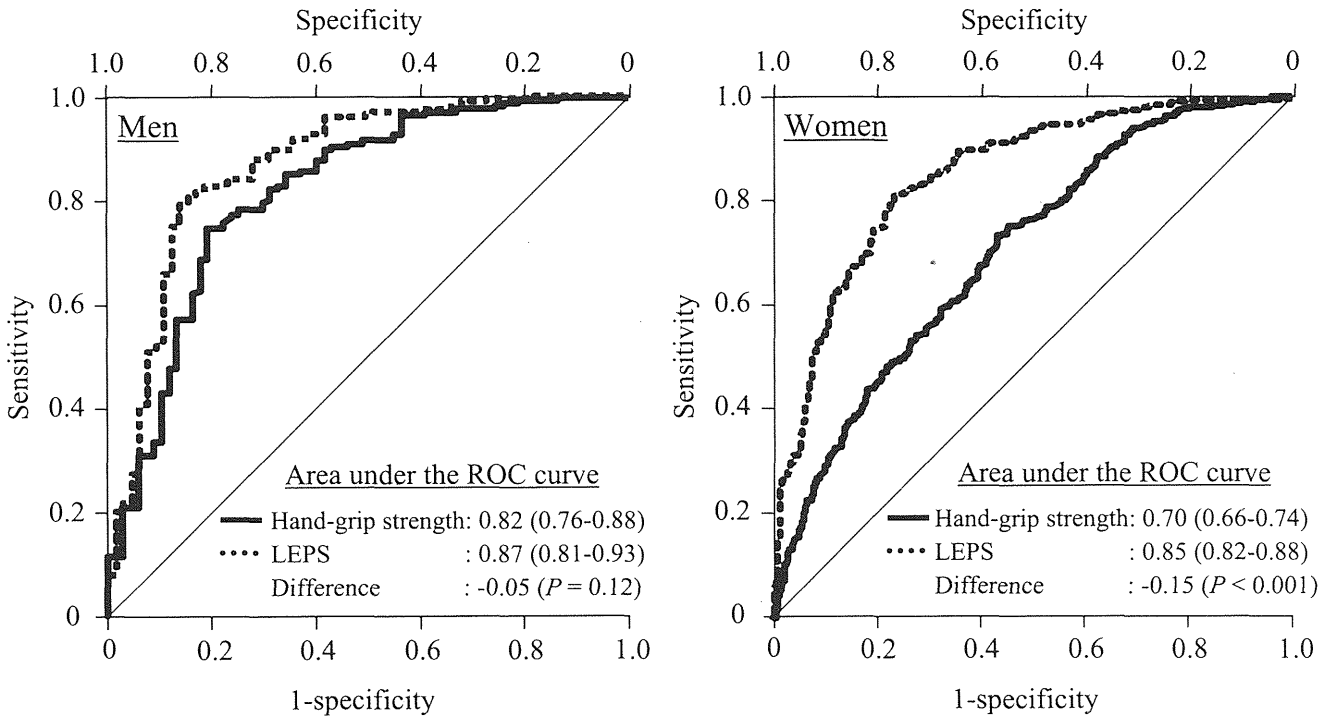

Fig 1. Receiver operating characteristic (ROC) curves plot for identifying mobility limitation (ML) according to hand-grip strength and lower extremity performance score (LEPS).

Table 2. Optimal cut-off values of hand-grip strength and LEPS to distinguish ML

	Cut-off value	sensitivity (%)	specificity(%)
Men			
Hand-grip strength, kg	31.0	75	81
LEPS, point	0.20	81	84
Women			
Hand-grip strength, kg	19.6	73	57
LEPS, point	-0.01	81	77

Notes: LEPS = lower extremity performance score; ML = mobility limitation

Table 3. Odds raito and 95% confidence interval at cut-off value for hand-grip strength and LEPS for ML

	OR at cut-off value	Age adjusted OR at cut-off value
Men		
Hand-grip strength	12.4 (6.2-24.6)	8.1 (3.9-16.7)
LEPS	18.2 (9.0-36.7)	12.9 (6.2-26.8)
Women		
Hand-grip strength	3.6 (2.6-5.0)	2.3 (1.6-3.3)
LEPS	10.1 (7.0-14.4)	6.7 (4.6-9.8)

Notes: LEPS = lower extremity performance score; ML = mobility limitation; OR = Odds ratio

Ⅳ．考　　察

A．握力によるMLの識別力

本研究は，フィールドテストの中で最も汎用性の高い握力によるMLの識別可能性を検討した．識別能を表わすAUCは，0.7から0.8であれば十分な識別力であることを，0.8から0.9であれば優れた識別力であることを，0.9以上であれば極めて優れた識別力であることを示す[26]．LEPSはMLに対して男女とも優れた識別力を有していた．男性では，握力とLEPSのAUCに有意差がなく，握力のみでLEPSと同等にMLの識別力を有することが示された．一方，女性では握力が一定の識別力を有するものの，LEPSの識別力との間に著差がみられたこと，そして最適なカットオフ値の特異度が低いことを勘案すると，握力のみでMLを識別するには限界を有すると考えられる．

これまで，握力を用いてMLの識別を試みた研究は，Sallinen et al. [19]の他に1編のみ報告されている．Lauretani et al. [27]は，イタリアの20～102歳の男女1030名を対象にサルコペニアの指標として等尺性膝伸展筋力，握力，下肢筋パワー，腓腹筋断面積を測定し，歩行速度0.8m/s未満と1km歩行の困難性に対する識別力をそれぞれ検討している．Lauretani et al. [27]の対象者は，年齢層が幅広いものの肥満者の割合が小さく，Sallinen et al. [19]の対象者に比べると日本人の特徴にやや近い集団であった．また，本研究同様，筋力を過小評価する可能性のある神経性障害や認知障害を有する対象者を除外して分析している．歩行速度0.8m/s未満に対する握力のAUCは，男女でそれぞれ0.90，0.79であり，1km歩行の困難性に対する握力のAUCは，男女でそれぞれ0.83，0.75と，いずれも男性で高い識別力を有するという本研究と同様の結果が得られている．

本研究における握力の識別力の性差は，ORにも反映されている（Table 3）．男性では，加齢に伴い

下肢筋力と並行して上肢筋力も同様に低下する一方で，女性では下肢筋力に比べて上肢筋力は低下しにくいことが横断研究[28]と縦断研究[29]のいずれにおいても示されている．特に男性の上肢筋力は女性よりも急勾配で低下するため[28]，握力が虚弱過程の初期段階であるMLを強く反映したのかもしれない．Lynch et al. [28]によると，加齢に伴って下肢筋力は男女とも同程度の割合で低下する．そのため，MLも男女で同様に出現すると仮定できるが，女性の握力低下が下肢筋力の低下に伴わないことが女性で識別力の低かった要因の１つとして考えられる．

しかし，女性において上肢筋力と下肢筋力の低下様相が異なる点については，必ずしもコンセンサスが得られていない[30,31]．また，Lauretani et al. [27]の研究では，女性においてもMLに対する握力（0.75）と膝伸展筋力（0.76）の識別力が同程度であった．したがって，上述した上肢筋力と下肢筋力の低下様相の相違という要因が当てはまらない可能性もある．

特筆すべき特徴は，握力（男性：0.83，女性：0.75）と膝伸展筋力（男性：0.85，女性：0.76）の識別力が一貫して男性よりも女性で低いことである[27]．先行研究におけるこの結果は，女性の移動能力に対する筋力の寄与率が，男性よりも低いことを示唆するものである．実際に，女性では男性よりも相対的な筋量も少ないため[32]，女性の移動能力にはバランス能力や協調性（コーディネーション）など，筋力以外の要素の補完的な影響度が強くなると考えられる．そのため，本研究において，女性のMLに対する握力の識別力が男性に比べて顕著に低値を示した可能性がある．一方，本研究で用いたLEPSは，下肢筋力のみならず，バランスや協調性を含めた広範なLEPを据えられるため[11]，女性のLEPSの識別力が男性と同等に高値を示した可能性が考えられる．

以上を鑑みると，男性では握力によってLEPと同等に身体的虚弱化の段階を評価できるのかもしれない．女性では身体的虚弱化の段階を握力のみで評価することは不十分である可能性が高く，他の上肢パフォーマンス（upper extremity performance: UEP）テストやLEPテストの併用から総合的に評価していく必要があろう．Wennie Huang et al. [33]は，高齢女性を対象とした縦断研究の中で，ADL障害発生に対する上肢・下肢の機能低下との関連について更なる検討の必要性を示唆しており，今後UEP・LEP低下と身体的虚弱段階との関係を性別に検討することが求められる．

B. カットオフ値の妥当性

これまで示されたカットオフ値をみると，Lauretani et al. [27]は，歩行速度0.8m/s未満に対する握力の最適なカットオフ値を男女でそれぞれ30.3kg，19.3kg，１km歩行の困難性に対するカットオフ値をそれぞれ32.8kg，20.5kg（感度，特異度いずれも不記載）と示している．Kim et al. [34]は，75歳以上の本邦地域在住高齢女性306名を対象に，障害の程度を確認するためのパフォーマンステストについて検討している．歩行および階段昇段動作ができない，または補助を要する場合を移動能力障害とし，握力の移動能力障害，ADL障害のカットオフ値をそれぞれ19.5kg（感度：66%，特異度：65%），16.3kg（感度：69%，特異度：66%）と報告している．Wennie Huang et al. の縦断研究[33]では，女性のADL障害のカットオフ値が16kg（感度：59%，特異度：59%）と報告されている．女性では，肥満者において握力と脚筋力との関連が弱くなるものの[35]，体格（BMI）が異なってもカットオフ値の精度は変わらない[19]．したがって，上述した先行研究の値を考慮すると，測定姿勢の差異[21]を踏まえたとしても本研究で得られたMLのカットオフ値（19.6kg）は妥当な値と考えられる．厚生労働省介護予防継続的評価支援事業のデータベースから作成された二次予防事業の対象者（旧：特定高齢者）と要支援者の運動器関連指標評価基準[36]に照らし合わせると，男性のカットオフ値も概ね妥当と考えられ，感度，特異度も良好であった．しかし，比較可能な先行研究が極めて少ない上に，体格の影響を受けやすいことが示唆されている[19]．本研究では，肥満者数が少なかったため体格を考慮せず解析しているが，男性においては今後対象者を増やし，体格ごとにカットオフ値を求めることの必要性を検討したい．

C. 本研究の限界と課題

本研究の対象者は，茨城県およびその近隣の県（千葉県，福島県）に在住する高齢者である．また，デイサービスセンターでの測定もおこなっているものの，大多数が体力測定会に参加した高齢者であるこ

とを考慮すると，相対的に体力レベルの高い集団であった可能性がある．

Table 3において，年齢調整後のORが大きく変動したことを踏まえると，MLには年齢の影響も大きいといえる．ML群では年齢に性差がみられなかったが（$P = 0.56$），男性ではML群がほぼ平均寿命に相当する年齢であったのに対し，女性ではML群の年齢が平均寿命よりも10歳程若かった．識別力の性差を厳密に検討するに当たっては，男女の平均余命に対する年齢差を考慮することが必要かもしれない．ただし，個人差が大きいため，このような年齢の整合は極めて難しい．また，身体的自立を長期にわたって維持するには，年齢に関係なく，一定の能力を維持していることが重要である．これらの観点から，本研究では，平均余命までをも考慮した年齢整合の必要性は乏しいと考えた．

自己報告による機能障害の評価は，対象者本人の日常的な生活状況を忠実に反映するため妥当な方法として用いられているものの，男性では障害を過小に報告し，女性では過大に報告する可能性が示唆されている[37]．本研究結果を他の研究に適用する際は，上述したこれらの点を踏まえておく必要があるだろう．

カットオフ値そのものは妥当な値と考えているが，感度と特異度が表わす通り，完全にMLを識別可能なものではない．本研究では，解析に際し十分な対象者数を用いることができたが，横断研究であるため，握力の低下がMLにつながるという因果関係を踏まえた検討まで至らなかった．また，握力は疫学的な指標として極めて有用だが，運動介入では必ずしも握力の向上のみを目的とするわけではなく，短期間での変化が見込める項目ではない．したがって，介入によるMLの変化を反映しない可能性がある．これらも含めて，カットオフ値の妥当性は，縦断研究によってさらに検討を重ねる余地がある．それとともに，感度および特異度が顕著に高値でない限り，カットオフ値を健康支援現場へ適用することが実用的か否かについても検討すべきであろう．

以上のような限界と課題を有するものの，約1000名の本邦地域在住高齢者を対象に，握力によるMLの識別可能性と基準値を提案した点で，本研究の意義は大きい．LEPテストはMLを妥当に評価できるものの，対象者が虚弱であるほど完遂できない者も多く[34]，転倒などの危険を少なからず伴う．握力測定は簡便性，安全性，汎用性が非常に高いことから，研究フィールドや健康支援現場においてMLの指標としても有効活用が可能と考えられる．

V．結　　語

男性では，握力によってLEPと同等にMLを識別することが可能である．一方，女性では握力がMLに対して一定の識別力を有しているものの，LEPSの識別力との間に著差があり，身体的虚弱段階を評価するためには握力とLEPテストを併用していく必要性が示唆された．

謝　辞

本研究は，文部科学省科学研究費補助金研究事業：基盤研究A「要介護化予防を目的とした中・高齢期の身体機能改善のための包括的指針づくり」（代表：田中喜代次）の支援を受けておこなったものである．本研究は，研究にご参加いただいた対象者をはじめ，各自治体および施設職員の方々，筑波大学田中研究室の大学院生の協力によって遂行できた．ここに記して感謝の意を表わす．

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) Fried LP, Guralnik JM. Disability in older adults: evidence regarding significance, etiology, and risk. *J Am Geriatr Soc,* 45(1): 92-100, 1997.
3) Jylha M, Guralnik JM, Balfour J, Fried LP. Walking difficulty, walking speed, and age as predictors of self-rated health: the women's health and aging study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci,* 56: M609-617, 2001.
4) Manty M, Heinonen A, Viljanen A, Pajala S, Koskenvuo M, Kaprio J, Rantanen T. Self-reported preclinical mobility limitation and fall history as predictors of future falls in older women: prospective cohort study. *Osteoporos Int,* 21: 689-693, 2010.
5) Volpato S, Cavalieri M, Sioulis F, Guerra G, Maraldi C, Zuliani G, Fellin R, Guralnik JM. Predictive value of the short physical performance battery following hospitalization in older patients. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci,* 66: 89-96, 2011.
6) Woo J, Ho SC, Yu ALM. Walking speed and stride length predicts 36 months dependency, mortality, and institutionalization in Chinese aged 70 and older.

J Am Geriatr Soc, 47: 1257-1260, 1999.

7) Guralnik JM, Ferrucci L, Pieper CF, Leveille SG, Markides KS, Ostir GV, Studenski S, Berkman LF, Wallace RB. Lower extremity function and subsequent disability: Consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci,* 55A: M221-M231, 2000.
8) Guralnik JM, Ferrucci L, Balfour JL, Volpato S, Di lorio A. Progressive versus catastrophic loss of the ability to walk: implications for the prevention of mobility loss. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci,* 49: 1463-1470, 2001.
9) Kim MJ, Yabushita N, Kim MK, Nemoto M, Seino S, Tanaka K. Mobility performance tests for discriminating high risk of frailty in community-dwelling older women. *Arch Gerontol Geriatr,* 51: 192-198, 2010.
10) 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. *Aging Clin Exp Res,* 21: 437-444, 2009.
11) 清野諭，藪下典子，金美芝，根本みゆき，松尾知明，深作貴子，奥野純子，大藏倫博，田中喜代次．特定高齢者の体力を把握するためのテストバッテリ．日本公衆衛生雑誌, 56: 724-736, 2009.
12) 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.
13) Rantanen T, Era P, Kauppinen M, Heikkinen E. Maximal isometric muscle strength and socioeconomic status, health, and physical activity in 75-year-old persons. *J Aging Phys Act,* 2: 206-220, 1994.
14) Cooper R, Kuh D, Cooper C, Gale CR, Lawlor DA, Matthews F, Hardy R; the FALCon and HALCyon study teams. Objective measures of physical capability and subsequent health: a systematic review. *Age Ageing,* 40: 14-23, 2011.
15) Syddall H, Cooper C, Martin ZF, Briggs R, Sayer AA. Is grip strength a useful single marker of frailty? *Age Ageing,* 32: 650-656, 2003.
16) Sayer AA, Syddall HE, Martin HJ, Dennison EM, Roberts HC, Cooper C. Is grip strength associated with health-related quality of life? Findings from the Hertfordshire cohort study. *Age Ageing,* 35: 409-415, 2006.
17) Al Snih S, Markides KS, Ottenbacher KJ, Raji MA. Hand grip strength and incident ADL disability in elderly Mexican Americans over a seven-year period. *Aging Clin Exp Res,* 16: 481-486, 2004.
18) Rantanen T, Volpato S, Ferrucci L, Heikkinen E, Fried LP, Guralnik JM. Handgrip strength and cause-specific and total mortality in older disabled women: exploring the mechanism. *J Am Geriatr Soc,* 51: 636-641, 2003.
19) Sallinen J, Stenholm S, Rantanen T, Heliovaara 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.
20) Fess FE. Grip strength. In: Casanova JS *clinical assessment recommendations,* Chicago, IL: American society of hand therapists, 41-45, 1992.
21) 渡邊忠良, 金内ゆみ子, 井田英雄. 握力測定姿勢・肢位の違いによる握力値と再現性の検討. 臨床整形外科, 40, 665-671, 2005.
22) 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.
23) Nakamura E, Miyao K, Oseki T. Assessment of biological age by principal component analysis. *Mech Ageing Dev,* 46: 1-18, 1988.
24) DeLong ER, DeLong DM, Clarke-Pearson DL. Comparing the areas under two or more correlated receiver operationg characteristic curves: a nonparametric approach. *Biometrics,* 44: 837-845, 1988.
25) Perkins NJ, Schisterman EF. The inconsistency of 'optimal' cutpoints obtained using two criteria based on the receiver operating characteristics curve. *Am J Epidemiol,* 163: 670-675, 2006.
26) Hosmer DW, Lemeshow S. *Applied logistic regression,* 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000.
27) Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Dilorio A, Corsi AM, Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol,* 95: 1851-1860, 2003.
28) Lynch NA, Metter EJ, Lindle RS, Fozard JL, Tobin JD, Roy TA, Fleg JL, Hurley BF. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J Appl Physiol,* 86: 188-194, 1999.
29) Hughes VA, Frontera WR, Wood M, Evans WJ, Dallal GE, Roubenoff R, Fiatarone Singh MA. Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci,* 56: B209-B217, 2001.
30) Rantanen T, Era P, Heikkinen E. Physical activity and the changes in maximal isometric strength in men and women from the age of 75 to 80 years. *J Am Geriatr Soc,* 45: 1439-1445, 1997.
31) Bassey EJ. Longitudinal changes in selected physical capabilities: Muscle strength, flexibility and body size. *Age Ageing,* 27: 12-16, 1998.

32) Janssen I, Heymsfield SB, Wang ZM, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol,* 89: 81-88, 2000.
33) Wennie Huang WN, Perera S, VanSwearingen J, Studenski S. Performance measures predict onset of activity of daily living difficulty in community-dwelling older adults. *J Am Geriatr Soc,* 58: 844-852, 2010.
34) 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.
35) Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens AL, Muls E, Brumagne S. Study of differences in peripheral muscle strength of lean versus obese women: an allometric approach. *Int J Obes Relat Metab Disord,* 25: 676-681, 2001.
36) 大渕修一, 小島基永, 三木明子, 伊藤和彦, 新井武志, 辻一郎, 大久保一郎, 大原里子, 杉山みち子, 鈴木隆雄, 曽根稔雅, 安村誠司. 介護予防対象者の運動器関連指標評価基準. 日本公衆衛生雑誌, 57: 988-995, 2010.
37) Merrill SS, Seeman TE, Kasl SV, Berkman LF. Gender differences in the comparison of self-reported disability and performance measures. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci,* 52A: M19-M26, 1997.