

博 士 論 文

高齢女性における移動能力の制限因子に関する検討

平成 25 年度

筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻

鄭 松 伊

目 次

図表中の略語一覧

第 1 章 序論	1
----------	---

第 1 節 研究の背景

第 2 節 研究の意義

第 3 節 研究の目的

第 4 節 用語の定義

第 2 章 文献研究と研究課題の設定	15
--------------------	----

第 1 節 移動能力制限

第 1 項 移動能力制限と body mass index

第 2 項 移動能力制限と筋力

第 3 項 移動能力制限と併存疾患

第 2 節 欧米人と日本人における BMI の差異

第 3 節 研究課題の設定

第 3 章 測定項目と測定方法	35
-----------------	----

第1節 形態

第2節 質問紙法による調査項目

第3節 面接法による調査項目

第4節 身体機能測定項目と方法

第4章 研究課題1 42

高齢女性の移動能力の制限因子に関する横断的検討

研究課題 1-1：移動能力制限に対する BMI と筋力の横断的関連

研究課題 1-2：移動能力制限に対する BMI と併存疾患の横断的関連

第1節 研究目的

第2節 方法

第3節 結果

第4節 考察

第5章 研究課題2 66

高齢女性の移動能力の制限因子に関する縦断的検討

研究課題 2-1：移動能力制限に対する BMI と筋力の縦断的関連

研究課題 2-2：移動能力制限に対する BMI と併存疾患の縦断的関連

第1節 研究目的

第2節 方法

第3節 結果

第4節 考察

第6章 研究課題3 90

運動の習慣化による身体機能の改善が移動能力制限に及ぼす効果

第1節 研究目的

第2節 方法

第3節 結果

第4節 考察

第7章 総括 104

第1節 総合討論

第2節 結語

第3節 研究限界

謝辞

文献 112

図表中の略語一覧

ML: mobility limitation (移動能力制限)

BMI: body mass index (体格指数)

HGS: hand-grip strength (握力)

QoL: quality of life (生活の質)

OR: odds ratio (オッズ比)

CI: confidence interval (信頼区間)

ADL: activities of daily living (日常生活動作)

KCL: kihon check list (基本チェックリスト)

SF-36: The Medical Outcomes survey Short-form 36 Physical Function (SF-36)

WHO: World Health Organization (世界保健機関)

第 1 章 序論

第1節 研究の背景

1) 高齢者における移動能力制限と健康長寿

日本では世界に例をみない速度で高齢化が進行しており、2013 年現在、人口に占める 65 歳以上の高齢者の割合が 24.1%となっている（前期高齢者 12.2%，後期高齢者 11.9%）。また、日本人の平均寿命は 83 歳（男性 79.6 歳，女性 86.4 歳）に上昇し、1980 年代から世界で最も高い平均寿命を維持している（WHO, 2013b）。このような長寿傾向は、日本の高い教育・経済水準，保健・医療水準に支えられ、国民全体の努力によって達した成果であると報告されている（厚生労働省, 2000）。

その一方で、平均寿命から介護および疾患などの期間を差し引いた健康寿命（厚生労働省, 2012）が減少していることから、介護および疾患を有する期間の増加も懸念される。日本では要介護認定者が年々増加していることから（厚生労働省, 2013），2006 年 4 月から介護保険制度改革の一環として要支援・要介護状態に陥る恐れのある虚弱高齢者の要介護状態への移行を防ぐ，二次予防事業が展開されてきた（介護予防マニュアル改訂委員会 2012）。現在，日本における虚弱高齢者の選定には，「手段的日常生活動作」，「運動器の機能向上」，「口腔機能の向上」，「閉じこもり予防・支援」，「認知症予防・支援」，「うつの予防・支援」

の計25項目から構成される基本チェックリスト (厚生労働省, 2009) が用いられている。基本チェックリストの中で、該当数の最も多い項目は階段昇段、椅子からの立ち上がり、歩行、転倒、転倒不安といった「運動器の機能向上」であり (厚生労働省, 2010), 移動能力制限に着目している。また、老年症候群 (Tinetti et al., 1995, Inouye et al., 2007) および虚弱 (Fried et al., 2001) などの概念のなかでも移動能力に関する要素が含まれている (Table 1)。

移動能力制限 (mobility limitation: ML) (Guralnik et al., 1993) は、ある場所から他の場所まで自立して安全に移動する能力 (移動能力) が制限された状態 (Woollacott et al., 2002) で、加齢に伴う障害発生過程の初期兆候 (Fried et al., 1997, Guralnik 1997) であり、老年症候群 (Inouye et al., 2007), 虚弱 (Fried et al., 2001), 日常生活動作 (activities of daily living: ADL) 障害 (Wolinsky et al., 2011), 施設入所 (Schneider et al., 1990), 死亡率 (Gill et al., 2012) など重篤な健康問題を惹起すると報告されている。したがって、ML の保有割合 (Sallinen et al., 2010) や発生率 (Nagi 1976, Visser et al., 2005, Fried et al., 2001) が著しく高い高齢期における ML の早期把握と早期対処が、健康寿命 (厚生労働省, 2012) 延伸のための重要な目標として掲げられている。

Brown et al. (2013) のクリニカルレビューでは、ML の予測因子を年齢、身体活動、BMI、筋力、疾患の 5 つに集約できるとしている。その中でも、多数の

先行研究において、BMI、筋力、疾患の3つがMLに対して独立する強力な予測因子であると報告されている (Ayis et al., 2006, Bannerman et al., 2002, Cesari et al., 2006, Clark et al., 1997, Davison et al., 2002, Ferrucci et al., 2002, Fried et al., 1999, Fried et al., 2004, Fried et al., 2001, Gijssen et al., 2001, Gill et al., 2012, Guralnik et al., 2001, Guralnik et al., 1993, Hirvensalo et al., 2000, Inouye et al., 2007, Jenkins 2004, Kim et al., 2010, Koster et al., 2008, Koster et al., 2007, Lamb et al., 2000, Launer et al., 1994, Lauretani et al., 2003, Manini et al., 2007, Matteo et al., 2005, Newman et al., 2008, Pai et al., 2011, Penninx et al., 2009, Rantanen et al., 1994, Rantanen et al., 1999, Roubenoff 2003, Sallinen et al., 2010, Shumway-Cook et al., 2005, Stenholm et al., 2007a, Stenholm et al., 2007c, Vincent et al., 2010b, Visser et al., 2005, Wolinsky et al., 2011).

さらに、BMIにより判定される肥満は、関節痛や関節痛を伴う身体機能低下および身体機能障害を引き起こす可能性が高く、筋力低下を引き起こす可能性が大きい。実際、肥満の中・高齢者では、歩行速度が遅く (Stenholm et al., 2007b, Angleman et al., 2006, Stenholm et al., 2007c)、歩行と椅子立ち上がる動作などの下肢機能低下 (Janssen et al., 2002)、階段昇段の困難感 (Zoico et al., 2004) を有する者が多い。日本 (Tsuritani et al., 2002) を含め、多くの国において報告されているように (Hemmingsson et al., 2007, Lidstone et al., 2006, Stenholm et al., 2007b, Woo

et al., 2007, Zoico et al., 2004, Guallar-Castillon et al., 2007, Bannerman et al., 2002, Al Snih et al., 2005, Koster et al., 2008, Davis et al., 1998), 肥満が ML の発生や悪化の予測因子であると言えよう。なお、BMI の肥瘦の基準は欧米と日本で異なっている観点から、必ずしも欧米の考え方が日本に当てはまるとは言えない。

近年では、肥満かつ低筋量の状態の dynapenic-obese 研究で、dynapenia (筋力低下 (loss of muscle strength), 低筋力 (low muscle strength)) と obese (肥満) を併持することが ML に対して相乗的に高める可能性があると示唆されている (Bouchard et al., 2010, Clark et al., 2008)。特に女性において筋力は、ML である可能性を判断できるとされているが、身体機能により判断された ML との間に差がある。したがって、身体的虚弱段階を評価する際には、筋力と身体機能の両手法を活用する必要性がある (清野ら, 2011)。さらに肥満は、糖尿病、高血圧、心疾患、関節痛など (Stenholm et al., 2008, Alley et al., 2007, Gregg et al., 2005, Ferraro et al., 2002, Flegal et al., 2005, Fontaine et al., 2003, Krauss et al., 1998b, Krauss et al., 1998a), 疾患と関連しており、肥満は併存疾患の状態、すなわち、2 つ以上の疾患を保有しやすい (Fillenbaum et al., 2000, Coebergh et al., 1999)。先行研究を例に挙げると、Hoffman et al. (1996) は、65 歳以上地域在住高齢者のうち 48% が関節炎、高血圧、心疾患、糖尿病、脳卒中などの疾患を有していることを、Adams (1999) は 65-79 歳高齢者の併存疾患の割合が 35.3% で、80 歳以上高齢者

では 70.2%であったと報告している．以上のとおり，併存疾患状態には，肥満と年齢の影響が大きいと考えられる．

以上のとおり，**ML** は肥満，低筋力および併存疾患と関連していることが明らかであり，また，肥満であることは，低筋力および併存疾患と関連している．

したがって，**ML** について検討する際は，肥満であることと，肥満と低筋力，肥満と併存疾患との組み合わせで考察するべきであろう．

Table 1. A conceptual model of Kihon check list, geriatric syndrome, and frailty.

Kihon check list	Locomotorium	Do you usually walk up stairs without holding on to the banister or wall?
		Do you usually get up from a chair without help?
		Do you walk about 15 min without a break?
		Have you fallen during the past year?
		Do you have significant anxiety about falls?
Geriatric syndrome		Older age
		Baseline cognitive impairment
		Baseline functional impairment
		Impaired mobility
Frailty	Shrinking: Weight loss (unintentional)	Baseline: > 10 lbs lost unintentionally in prior year
	Sarcopenia (loss of muscle strength)	
	Weakness	Grip strength: lowest 20% (by gender, body mass index)
	Poor endurance and energy Exhaustion	"Exhaustion" (self-report)
	Slowness	Walking time/15 feet: slowest 20% (by gender, height)
	Low activity	Kcals/week: lowest 20%
		males: < 383 Kcals/week females: < 270 Kcals/week

2) 移動能力制限の保有割合と発生率

米国人地域在住高齢者の ML の保有割合は、65 歳以上の者で約 40% (Shumway-Cook et al., 2005), 60 歳以上の者で 25.0-51.5%であったと報告されている (Center for Disease Control and Prevention, 1999-2002). また, Health, Aging and Body Composition Study (Cesari et al., 2009a) によると, 5 年間の新規 ML の発生率が 44%であったことを報告している. アジア地域在住高齢者の ML の保有割合は, 65 歳以上の日本人高齢女性で 37.5% (Kim et al., 2009) や 44.9% (鄭ら, 2013) と報告されている. 移動能力が低下または抑制することによる惹起される老年症候群 (Tinetti et al., 1995) や虚弱 (Fried et al., 2001), activities of daily living (ADL) (Fried et al., 2004) 障害の保有割合および発生率は女性で高いことが明らかになっている (Strawbridge et al., 1993, Langlois et al., 1996, Merrill et al., 1997, Oman et al., 1999, Fried et al., 2001, Puts et al., 2005). 近年, 介護を必要としない自立した生活を送ることのできる生存期間を健康寿命と定義し, 平均寿命との差から”非健康期間”を算出している. 日本人の非健康期間は, 男性で 9.02 歳, 女性で 12.28 歳であり (厚生労働省, 2012), 男性と比較して女性では健康でない期間が長い傾向にあった.

以上のとおり女性では, ML の保有割合 (Sallinen et al., 2010) や発生率 (Nagi

1976, Visser et al., 2005, Fried et al., 2001) が著しく高く, 非健康期間の長いことから, 高齢女性において, ML に対する関連要因およびその強さについて再度検討することで, 健康長寿・元気長寿の達成の一助となろう.

第2節 研究の意義

MLの主因子として肥満、低筋力、併存疾患が注目されており、従来の肥満、低筋力、併存疾患の単独よりも組み合わせて検討することで、よりMLの強力な予測因子となり得る。加えて、ML因子は肥満、低筋力、併存疾患であり、MLと強く関連すると報告されているが、欧米と日本人の特性が異なるため、日本人特性を考慮し、移動能力の制限因子を検討することは非常に有益であり、学術的意義は高い。また、横断研究だけではなく、追跡調査や、短期間の運動介入研究により、移動能力の制限因子の関連や予防方法についても検討するとともに、虚弱高齢者のML予防を進める際の効果的な把握・対処法の創出に寄与できると考えられる。

第3節 研究の目的

本研究では、ML 予防の把握と一次予防対策法を目指して、地域在住高齢女性における移動能力の制限因子に関する検討であり、肥満、低筋力、併存疾患の単独および組み合わせの観点から ML との関連を検討することを目的とした。

第4節 用語の定義

本論文において扱う主要用語の定義を以下に示す.

1) Older adults (高齢者)

日本の厚生労働省は人口の年齢構造を説明する際、65 歳以上を高齢人口としている. Suzman et al. (1985) は45-64 歳を middle-aged adult, 65-74 歳を younger-old, 75-84 歳を old, 85-99 歳を old-old, そして100 歳以上を oldest-old とし、65 歳以上から高齢という意味の「old」という言葉を使用している. また、WHO (1985) では、65-74 歳を前期高齢者、75 歳以上を後期高齢者と定義づけている. したがって、本研究においても65 歳以上の者を高齢者と定義する.

2) Mobility limitation: ML (移動能力制限)

ML (Guralnik et al., 1993) とは、ある場所から他の場所まで自立して安全に移動する能力（移動能力）が制限された状態 (Woollacott et al., 2002) のこととされている. Guralnik et al. (1993) は、Rosow-Breslau functional status questionnaire (Rosow et al., 1966) を用い、ML を歩行および階段昇段といった2つの動作に分

類され、国内外の多くの先行研究で共通に用いられている (Bannerman et al., 2002, Bean et al., 2002, Clark et al., 1997, Davison et al., 2002, Gill et al., 2012, Guralnik et al., 2001, Hirvensalo et al., 2000, Koster et al., 2008).

本研究では、Guralnik et al. (1993) の定義に基づいた上で、国内先行研究 (清野ら, 2011, Kim et al., 2009) で扱われている日本語の表現をもって、ML と定義づけて論述を展開する.

3) Body mass index (BMI)

BMI は「体格指数」と日本語で訳されている. 体格指数は、身長や体重などの計測値により計算される. Ascher 指数, Broca 指数, Hirata 指数, Katsura 指数, Kaup 指数, Matsuzawa 指数, Nishiwaki 指数, Ohgushi 指数, Quetlet 指数, Rohrer 指数, Tsurumi and Nakadate 指数のように非常に類似性の高い体格指数が提案されている (Nakadomo et al., 1990). したがって、本研究では 1) WHO における肥瘦の基準として使用されていること, 2) 日本で国民栄養調査の肥瘦の基準に使用されていることから、体重 (kg) を身長 (m) の 2 乗で除すことにより BMI (kg/m^2) を算出する Quetlet 指数と定義した. また、BMI を用いて対象者を標

準体重群 ($< 25.0 \text{ kg/m}^2$) , 肥満群 ($\geq 25.0 \text{ kg/m}^2$) に分類した (Japan Society for the Study of Obesity, 2002).

4) Muscle strength (筋力)

全身の筋力を簡便に反映する指標として握力 (Rantanen et al., 1994) を用いた. Sallinen et al. (2010) は, 握力による ML に対するカットオフ値の検討を試みている. その結果, 握力が 21 kg となると ML の保有割合が上がる事が明らかとされており, 握力が ML を把握するための有用な指標であると言える.

本研究では, 清野ら (2011) の握力による ML のカットオフ値を用いて対象者を低筋力群 ($< 19.6 \text{ kg}$) , 高筋力群 ($\geq 19.6 \text{ kg}$) に分類した.

5) Comorbidity (併存疾患)

加齢とともに慢性疾患の有病率は著しく増加すると報告されている (Newman et al., 2008). 併存疾患とは, 同時に複数の疾患と診断された状態 (Fried et al., 2004) であり, 臨床的に確立された言葉とされている. 本研究では過去 1 年以内において, 医師の診断および調査時点において治療中である疾患について聴取し, 疾患を 2 つ以上有することを併存疾患と定義 (Fried et al., 2004) した.

さらに、先行研究から ML や ADL、死亡リスクに対して強い関連のある因子と報告されている (Stenholm et al., 2007b, McGee et al., 1996, Kadam et al., 2007, Diederichs et al., 2011, Felson et al., 2000) 心疾患、高血圧、糖尿病、呼吸器疾患、骨粗鬆症の 5 項目および慢性的な関節痛として腰痛、膝関節痛の 2 項目、計 7 項目のうち該当していない者を疾患無し (D0 群)、1 つ有している者は単独疾患 (D1 群)、2 つまたは 2 つ以上を有している者を併存疾患 (D2⁺群) (Fried et al., 2004) とした。

第2章 文献研究と研究課題の設定

第1節 移動能力制限 (mobility limitation: ML)

移動能力とは、自立した生活や活動を営むため、生きることや Quality of life (QoL) (田中ら, 2004) の重要な健康関連のアウトカム (Guralnik et al., 2001, Cesari et al., 2009b) である。ML を惹起させる強力な予測因子として、肥満、筋力、慢性疾患の3つが挙げられている (Ayis et al., 2006, の, Cesari et al., 2006, Clark et al., 1997, Davison et al., 2002, Ferrucci et al., 2002, Fried et al., 1999, Fried et al., 2004, Fried et al., 2001, Gijsen et al., 2001, Gill et al., 2012, Guralnik et al., 2001, Guralnik et al., 1993, Hirvensalo et al., 2000, Inouye et al., 2007, Jenkins 2004, Kim et al., 2010, Koster et al., 2008, Koster et al., 2007, Lamb et al., 2000, Launer et al., 1994, Lauretani et al., 2003, Manini et al., 2007, Matteo et al., 2005, Newman et al., 2008, Pai et al., 2011, Penninx et al., 2009, Rantanen et al., 1994, Rantanen et al., 1999, Roubenoff 2003, Sallinen et al., 2010, Shumway-Cook et al., 2005, Stenholm et al., 2007a, Stenholm et al., 2007b, Vincent et al., 2010b, Visser et al., 2005, Wolinsky et al., 2011). これらの3つの因子は ADL 障害との関連も強く (Inouye et al., 2007, Fried et al., 2001, Tinetti et al., 1995, Nagi 1976), 加齢に伴う障害発生過程の初期兆候としても位置づけられる (Fried et al., 2001).

ML は老年症候群 (Inouye et al., 2007) の状態となり、さらなる虚弱化を引き起こす。高齢者の虚弱化を表わす概念やモデルはいくつか提唱されており、その代表なものは、Nagi (1976) の disablement process (Figure 2-1) による障害発生過程によると、生活習慣や不活動が疾患と相互に関連することで、筋力や全身持久力、柔軟性などの身体的因子に障害を来とし、機能障害 (impairment) を引き起こす状況が図示されている。Gill et al. (2006) は 5 年間の追跡調査で 70 歳以上の高齢者 745 名を対象として自立と ML の変化を毎月調査をおこなった。さらに、年齢、性別、身体的虚弱による ML の変化を調査した結果、加齢、女性、身体的虚弱といった 3 つの要因が機能障害 (impairment) を引き起こす可能性が高く、これらの要因を保有していることは、ML を改善させる可能性も低いことが報告されている。一方、高齢者における ML は動的プロセスであり、移動能力の自立と制限の間を頻繁に移行する可能性が高いため (Figure 2-2)、ML に陥らないためには、移動能力の維持、回復に関連する要因に着目し、それらに対するアプローチが必要となろう。

日本人高齢者を対象とした ML に関する報告は極めて少ないのが現状であり、多くの海外における研究と同様に、BMI、筋力、疾患に着目して検討することが必要である。また、高齢女性は高齢男性に比べ、ML の保有割合や発生率が著し

く高いことから (Sallinen et al., 2010, Visser et al., 2005, Nagi 1976, Fried et al., 2001), 高齢女性における ML についての検討が急務となろう。

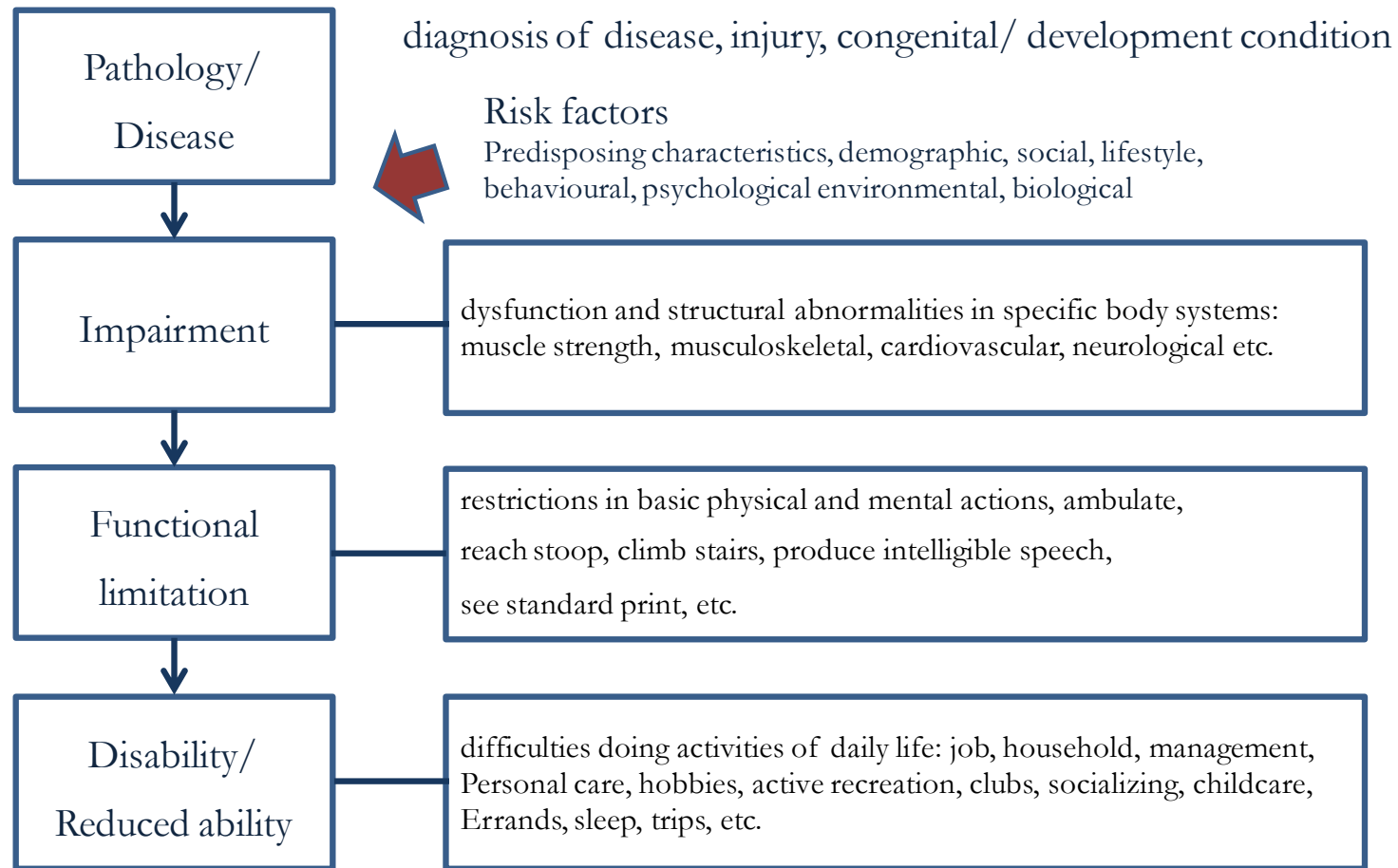


Figure 2-1. Disablement process
(Nagi, 1965; 1976, Verbrugge and Jette, 1994, Rikli and Jones, 1997)

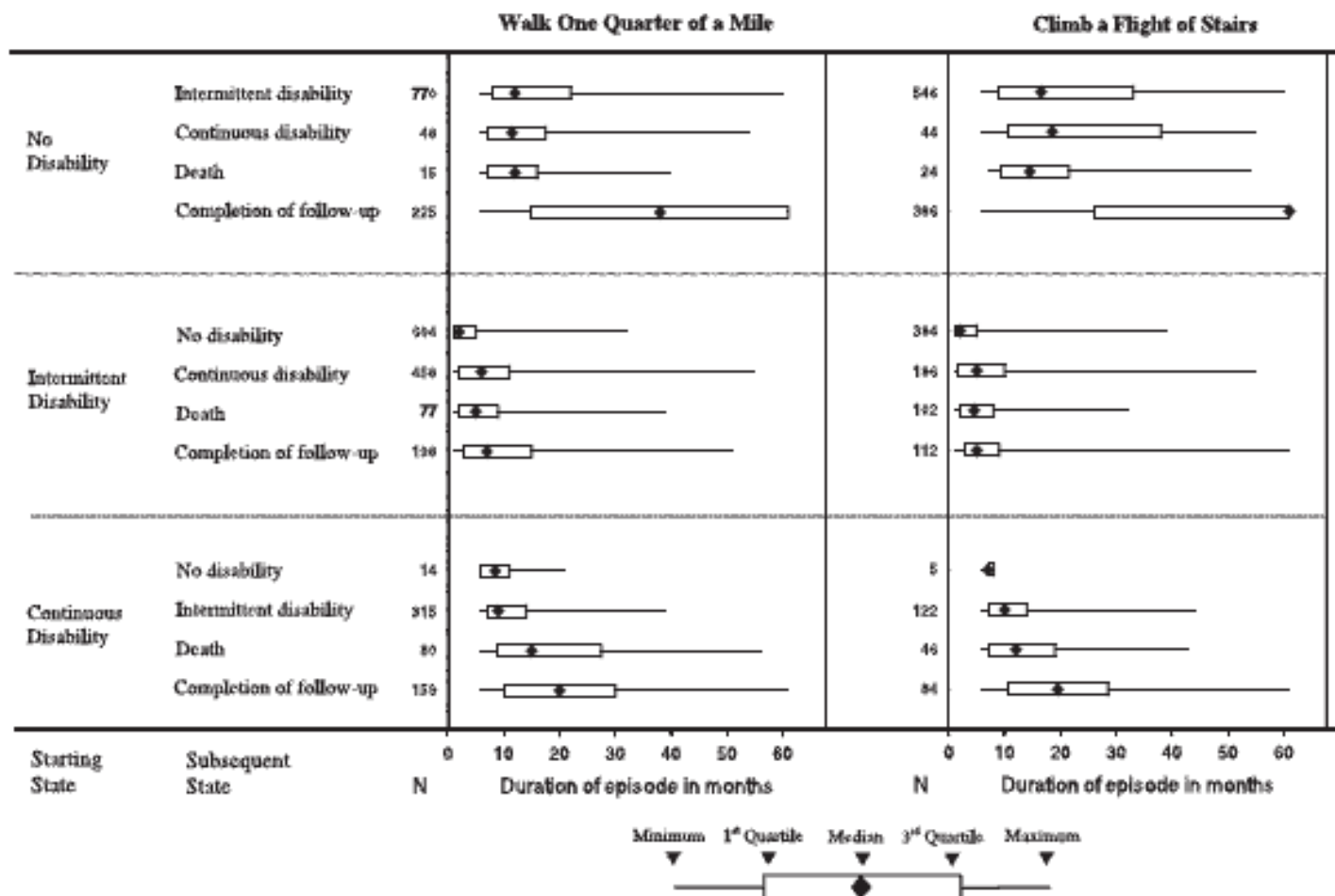


Figure 2-2. The dynamic nature of mobility limitation.

(Gill et al., 2006)

第 1 項 移動能力制限と BMI

Body mass index (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 (WHO, 2004), 有病率や死亡率との有意な関連が報告されている (Flegal et al., 2005, Calle et al., 2005, Adams et al., 2006, McGee et al., 2005).

ML 因子のうち、筋力と慢性疾患は、老年症候群 (Inouye et al., 2007), 虚弱 (Fried et al., 2001) および ML の共通因子であるが、肥満は老年症候群 (Inouye et al., 2007) および虚弱 (Fried et al., 2001) に含まれてない。したがって、肥満は ML の単独因子であり、肥満高齢者においては移動や旅行を含む ADL, 自己管理などが身体的に難しくなる (Vincent et al., 2010b). さらに、肥満は、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 (Stenholm et al., 2008), ML の発生リスクが高い。実際、Alley et al. (2007) は、1988-1994 年および 1999-2004 年の国民栄養調査において、60 歳以上の高齢男女 9928 名を対象に、BMI, ML を含む機能制限 (functional limitation) (質問 4 項目のうち ML に関する内容が 2 項目), ADL 障害を調査した。その結果、肥満は標準体重に比べ、ADL 障害はみられなかったが、機能制限 (functional limitation) の保有割合が 43%であったことを示している。このように肥満は、肥満から引き起こされる問題と重なっ

てさらなる危険因子を惹起すると考えられる。そして、最終的には ADL 障害 (Wolinsky et al., 2011), 施設入所 (Schneider et al., 1990), 死亡率 (Gill et al., 2012) など重篤な健康問題が引き起こされることが先行研究により明らかにされている。ML を予測する因子として、肥満のエビデンスを調査したレビューによると (Vincent et al., 2010b), 横断研究では 13 編のすべてが、縦断研究では 15 編中 14 編において肥満が歩行速度の低下、歩行の困難感から不活動などにつながって ML 状態となっていたと報告していた (Table 2-1, 2-2)。

ML と肥満の関連においては高齢男性より高齢女性においてリスクが高く、BMI $\geq 35.0 \text{ kg/m}^2$ の場合は歩行、階段昇降、椅子から立ち上がりの身体機能測定において著しく機能制限 (functional limitation) がみられた。また、Stenholm et al. (2007b) の報告においても、55 歳以上の高齢女性 2055 名を対象とし、肥満で ML を有する者の肥満関連疾患との関連を検討した。その結果、1) 肥満が ML の発生率を増加させること、2) 肥満関連疾患は ML に独立して関連することを明らかにした。このように、肥満は ML の発生や悪化の予測因子であることを一貫的に示唆されている。一方、日本人高齢者の BMI は欧米と異なっているため、先行研究と異なった知見が得られる可能性が高い。

Table 2-1. Cross-sectional studies examining mobility disability in obese older individuals

Authors	N	Patients	Functional assessment	Main Outcome
Angleman et al. (2006)	1918	Longitudinal Study of Health Survey For England; men and women (55-74 years)	Self-report (difficulty walking, mobility); physical performance test (timed gait speed)	In all subjects, \uparrow BMI to $>30 \text{ kg m}^{-2}$ was related with \uparrow difficulty with mobility, and slow gait speed; a \uparrow proportion of subjects self-reported difficulty with ADL and IADL with high BMI than lower BMI.
Apovian et al. (2002)	90	Geisinger Clinic patients; women (71 ± 5 years)	Physical Performance Test tasks; ADLs; balance tasks, stairs, 50-foot walk	Obese women had greater difficulty performing upper and lower body activities (eating, Cross-sectional dressing, writing, walking, standing, climbing) than women with BMI < 27 .
Davis et al. (1998)	705	HOS Study women (55-93 years)	6-m walking speed; get up and go test; self-report (difficulty with mobility and ADL)	For every increase in BMI bracket, walking and get up and go test scores were \downarrow 5–6% and chair stand scores \downarrow by 7%; difficulty with ADL \uparrow walking, yard work, steps, shopping and car transfers ranged increased with obesity.
Hemmingsson and Ekelund (2007)	278	Outpatients from an obesity unit; Swedish men, women (20-69 years)	Physical activity capture (accelerometer)	Physical activity is a barrier for obese individuals; vigorous physical activity is inversely related with BMI (R^2 quadratic = 0.131).
Lamb et al. (2000)	769	WHAS study women (65-101 years)	Muscle strength 4-m walking velocity, chair rise time, self-reported pain, walking	Women with BMI > 31.58 reported severe pain with walking and chair rise activity at a odd risk ratios of 2.2–3 (1.3–5.0 CI) compared with non-obese women.
Lang et al. (2007)	1507	ELSA study men, women (50-69 years)	Chair rise test, balance tests; self-reported function	The incidence of measured functional impairment in persons with BMI > 30 who did not exercise regularly was 31.6 (27.5–35.6 CI) compared with those who had BMI < 4.9 21.1 (17.4–24.7).
Okoro et al. (2006)	835	NHANES men and women (62-64 years)	Maximal walking speed in a 20-foot walk test	Abdominal obesity was not related with gait speed impairment of $<0.713 \text{ m s}^{-1}$ in men or women.
Stenholm et al. (2007)	3392	Finnish men and women (> 55 years)	Maximal walking speed during a 6.1-m walk; self-reported difficulty in walking 500 m	Walking limitations occurred with severe obesity in men and women OR = 4.33 (2.2–8.52 CI) and 5.80 (3.52–9.54 CI) respectively Obesity \uparrow risk if walking limitation independent from other comorbidities.
Stenholm et al. (2007)	3392	Finnish men and women (> 55 years)	Maximal walking speed during 6.1-m walk; self-reported difficulty in walking 0.5 km without rest	Persons with a history of obesity over 30 years had an OR = 8.97 (3.06–26.29 CI) of developing walking limitations compared with persons who had a shorter history of obesity.
Sternfeld et al. (2002)	2092	Men and women (≥ 55 years)	Walking distance in 60 s; self-reported functional limitation with ADL specific tasks	\uparrow Fat mass level was associated with poorer walking ability and self-reported functional limitation with selected physical tasks.
Valentine et al. (2009)	134	Men and women (69.6-70.3 years)	7-m walk test, TUG stair climb, obstacle walk	% Body fat was correlated with all functional test scores in women (r range 0.24–0.38) but only for the TUG test in men ($r = 0.29$).
Woo et al. (2007)	4000	Chinese men, women (≥ 65 years)	6-m walk test, self-report (difficulty with IADL and level of physical activity)	Walking speed was lowest in persons with BMI $> 30 \text{ kg m}^{-2}$ and IADL disability compared with lower BMI groups.
Yamakawa et al. (2004)	82	American men, women (55-79 years)	Distance walked/day; steps walked/day, assessed by pedometer	Average walking distance was lower in $\geq 30 \text{ kg m}^{-2}$ group than ≤ 25 group (2.4 km d^{-1} vs. 6.1 km d^{-1}); steps walked per day was lowest in the 30 kg m^{-2} group (3325 vs. 5362 or 7385 steps).

All confidence intervals (CI) are 95% CI values.

ADL, activities of daily living; BMI, body mass index; ELSA, English Longitudinal Study of Aging; HOS, Hawaii Osteoporosis Study; IADL, instrumental activities of daily living; NHANES, National Health and Nutrition Examination Survey; NS, not specified; OR, odds ratio; TUG, timed-up-and-go test; WHAS study, Women's Health and Aging Study.

Table 2-2. Longitudinal studies examining mobility disability in obese older individuals

Authors	Duration	N	Patients	Functional assessment	Main outcomes
Al Snih et al. (2005)	2 years	1737	Hispanic EPESE; men Women (> 65 years)	8-foot walk difficulty and time; difficulty with ADL	Weight gain or loss (5%) over 2 years was associated with ↑ risk of walking limitation, OR = 1.24 (0.91–1.70 CI) and 1.28 (0.93–1.76 CI) compared with normal weight.
Atkinson et al. (2007)	3 years	2349	Healthy Aging and Body Composition Study; men,	20-m walk; self-report (difficulty walking, 10 stairs, basic ADL)	Walking speed was ↓ by 0.006 m s ⁻¹ when BMI was an influence in nested models of gait speed reduction.
Ferraro et al. (2002)	20 years	6833	NHANES I–III men, women (24–77 years)	Self-reported SHAQD survey; upper and lower body activities	Lower body disability (chair rise, walking, errands, carrying groceries, toileting) was significantly ↑ at 20 years of follow-up in obese compared with normal weight persons.
Focht et al. (2005)	18 months	316	ADAPT study men, women (≥ 60 years)	6-min walk test, stair climb time; WOMAC score	Stair climb time and 6-min walk test time and distances were most improved in the diet + exercise group compared with remaining groups; self-efficacy of these tasks predicted changes in these functional scores.
Lang et al. (2008)	5 years	3793	ELSA study; men, women (≥ 65 years)	Physical battery chair stand test balance test; self-reported difficulty with functional tests	The proportions of men and women with measured disability with BMI > 35 were 36.8 (22.8–53.5 CI) and 49.0 (40.9–57.1 CI), respectively; functional impairment ↑ with ↑ BMI by year 5 in men and women.
Mendes de Leon et al. (2006)	6 years	4195	CHAP study men, women (≥ 65 years)	8-foot walk test; self-reported difficulty with walking, stairs and walking 1/2 mile	Curvilinear response existed between BMI and self-reported mobility (concave) at baseline; BMI was not related to a ↓ mobility over time.
Messier et al. (2000)	6 months	24	men, women (≥ 60 years)	6-min walk test, stair climb time, gait analysis self-reported disability	All participants made functional gains in tasks with no difference between groups; the exercise + diet group showed greater improvements in gait-related braking
Messier et al. (2004)	18 months	316	ADAPT study men, women (≥ 60 years)	6-min walk test stair climb, WOMAC scores	Weight loss was highest in the exercise and exercise + diet groups (4.9–5.7% body weight); greatest change in walk test and stair climb scores occurred in the exercise and exercise + diet groups; 11–15% improvement in walk and 15–23% improvement in stair climb in these groups, respectively.
Miller et al. (2006)	6 months	87	PAIBCT study men, women (≥ 60 years)	6-min walk test, stair climb time	The weight loss group lost 8.5% weight; walk test distance ↑ by 2.3% and 16.6% in the weight stable and loss groups; stair climb time changed by +7% and –16% in these groups, respectively; moderate correlations existed between functional changes and body weight and fat loss ($r = 0.157$ to -0.528 , all $P < 0.05$).
Ortega-Alonso et al. (2009)	29 years	217	Women, twin study (68.6 ± 3.2 years)	6-min walk test	Average BMI ↑ 17% over the 29-year follow-up; BMI gain predicted walking decrements in late life; genes that ↑ predisposition to BMI in midlife related to ↓ mobility in late life.
Sartorio et al. (2004)	3 weeks	1273	Men, women (≥ 50 years)	Stair climb test	Body weight ↓ 4.2% over 3 weeks; stair climb time ↓ by 9.42% and leg power ↑ by 9.7%.
Sharkey et al. (2006)	1 year	253	Physical Function Study; men, women (≥ 60 years)	8-foot walk test, chair rise time, dynamic pivot-turn test of 360°; a lower extremity function score was calculated	Overall lower extremity function scores were poorest in ≥ 35 kg m ⁻² (70.7 vs. 32.1–41.5 points), where high scores indicate longer times to do the task; severe obesity predicted declines in abilities to perform all tasks.
Stenholm et al. (2007)	22 years	840	Mini-Finland Follow-up Survey men, women (> 55 years)	Squatting difficulty; self-rated difficulty with running >0.5 km; 6.1-m walk speed	After 22 years of follow-up, 28% of overweight/obese persons developed walking limitation compared with 15% of non-obese persons; excessive BMI ↑ the odds ratio of walking limitations to 1.53 (1.27–1.85 CI).
Stenholm et al. (2009)	6 years	930	InCHIANTI men, women (≥ 65 years)	4-m walking speed; self-reported difficulty with ADL	At year 6, walking speed progressively ↓ across the age spectrum, with the greatest incidence of walking speed decreases occurring in obese persons with low muscle strength.
Zoico et al. (2007)	2 years	145	Italian men and women (66–78 years)	800-m walk, stair climb; self-reported difficulty with ADL	At 2 years, the OR of total disability, lower body ability, stair climbing ↑ were 1.69–3.96 (0.69–12.99 CI) in women who were overweight; in men the OR were 2.33–2.36 (0.53–10.61 CI) for lower body abilities and stairs.

ADAPT, Arthritis, Diet and Activity Promotion Trial; ADL, activities of daily living; BMI, body mass index; CHAP, Chicago Health and Aging Project; CI, confidence intervals; ELSA, English Longitudinal Study of Aging; EPESE, Epidemiologic Study of the Elderly; InCHIANTI, Invecchiare, Aging in the Chianti area; NHANES I–III, National Health and Nutrition Examination Survey phases I–III; OR, odds ratio; PAIBCT, Physical Activity, Inflammation and Body Composition Trial; RCT, randomized controlled trial; RT, randomized trial; WOMAC, Western Ontario McMaster University Osteoarthritis Index.

第2項 移動能力制限と筋力

近年, sarcopenic-obese (Baumgartner, 2000) および dynapenic-obese (Clark et al., 2008) という概念が提唱されている. 加齢に伴う骨格筋の減少を sarcopenia (Rosenberg, 1989) と呼び, 筋量低下 (loss of muscle mass), 低筋量 (low muscle mass) を意味するが, 筋量のみでは体重や脂肪量が考慮されていない問題点があり, sarcopenia と obese の併持は, 虚弱 (Fried et al., 2001) のスクリーニング指標として用いられている. 一方, dynapenia (Clark et al., 2008) とは, 筋力低下 (loss of muscle strength), 低筋力 (low muscle strength) のことを意味しているが, 筋量の減少と筋力低下の度合いが必ずしも一致しない可能性が考えられる. また, 加齢に伴う筋力低下は, 筋量より障害や機能制限の発生においてリスクが高い (Clark et al., 2008). さらに, dynapenic-obese (Clark et al., 2008) は低筋力かつ肥満の状態 (Bouchard et al., 2010) であり, dynapenia と obese を併持することが ML に対して相乗的に高める可能性が示唆されている. Dynapenic-obese (Clark et al., 2008) は, sarcopenic-obese (Baumgartner, 2000) よりも ML を含む身体機能制限 (Bouchard et al., 2010) のリスクや健康関連アウトカムの高リスクが高い (Manini et al., 2012). Marsh et al. (2011) は, 70-89 歳の活動量が少ない高齢者 406 名を対象とし, ML の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、低筋力群では、高筋力群に比べて ML の発生リスクが約 6 倍であること、BMI ≥ 30 kg/m²群に比べて、BMI 25-29.9 kg/m²群では ML の発生リスクが約半分であることを報告した。一方、BMI ≤ 25 kg/m²群では BMI ≥ 30 kg/m²群と同等な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、肥満では低体重および標準体重に比べて身体動作を遂行するために高い筋力発揮が必要となることが報告されている (Maffiuletti et al., 2007, Lafortuna et al., 2005, Ringsberg et al., 1999)。Manini et al. (2007) は、平均年齢 73.6 歳の男性 1355 名、女性 1429 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、膝伸展筋力が女性で 1.01 Nm/kg および 1.34 Nm/kg であり、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、多くの研究で肥満と低筋力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。しかしながら、清野ら (2011) は、男性に比べ、女性の移動能力に対する筋力の寄与率が低く、相対的な筋量も少ないため、女性の移動能力には筋力以外の身体機能の能力を組み合わせる必要性を示唆している。したがって、肥満と低筋力を併持することによって、ML の発生率を相乗的に高める可能性も考えられる。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。

第3項 移動能力制限と併存疾患

併存疾患（comorbidity）とは、同時に複数の疾患（疾患を2つ以上有する）を診断された状態（Fried et al., 2004）であり、医学的に確立された定義である。

Fried et al. (2001) は、Cardiovascular Health Study の地域在住高齢者 4317 名のうち、虚弱（frailty）を有する者は 368 名、ADL を含む障害（disability）を有する者は 27%、併存疾患を有する者は 68%であり、虚弱、障害（disability）、併存疾患、すべてを有する者は 21.5%であったと報告した。

加齢に伴い疾患の保持や併持（comorbidity）率が著しく増加、Hoffman et al. (1996) は 65 歳以上の地域在住高齢者の 48%が関節炎、高血圧、心疾患、糖尿病、脳卒中など疾患を有していることを、Adams (1999) は 65-79 歳高齢者の併存疾患割合が 35.3%で、80 歳以上高齢者では 70.2%であることを報告した。

高齢者において疾患を有することは当然なことであるが、2 つ以上の疾患を保有することで、身体機能の障害発生率が高くなり、QoL（quality of life）は低下し、死亡率は増加する（Gijssen et al., 2001, Hoffman et al., 1996, Groll et al., 2005, Tooth et al., 2008, Charlson et al., 1987, Field et al., 2004）。または、各疾患から発生

する異常や危険リスクが高くなることで、障害（disability）や死亡率を増加させる可能性が高い（Fried et al., 1997, Stuck et al., 1999, Fried et al., 1998, Fried et al., 1999, Verbrugge et al., 1989, Ettinger et al., 1994). Cesari et al. (2006) 併存疾患の有無と身体機能、ADL の関連を検討し、ADL 以外すべての項目で併存疾患との関連があると報告している。実際、ML に対するオッズ比は疾患を有していない者に比べ、心疾患で 2.3、関節炎で 4.4、心疾患と関節炎を併持することで 13.6 であった（Ettinger et al., 1994). Newman et al. (2008) は、平均年齢 74.5 歳の 2928 名（女性 60%）を対象とし、簡単に評価できる併存疾患指標を作成した。最大 9 年間の死亡率、ML、ADL 障害の予測に対する併存疾患指標の妥当性を検討した結果、死亡率、ML、ADL 障害のハザード比が有意に高値であったことを報告した。また、女性ではうつ、慢性閉塞性肺疾患、関節炎、男性では糖尿病、血管疾患の割合が多く、疾患数は女性に多かった（Newman et al., 2008).

第2節 欧米人と日本人における BMI の差異

Body mass index (BMI) は、「体格指数」と日本語で訳され、肥瘦の基準として使用されている。疫学分野で広く用いられ、BMI によって罹患率や死亡率が異なる。主に、BMI の低い（痩せ）群および高い（肥満）群において死亡率が U 字型であり、罹患率および死亡率との関連が強く (Adams et al., 2006, Ferraro et al., 2002, Flegal et al., 2005, Fontaine et al., 2003, Gregg et al., 2005, Krauss et al., 1998a, Krauss et al., 1998b, Alley et al., 2007, Baumgartner 2000, Calle et al., 2005, Davison et al., 2002, Jenkins 2004, Koster et al., 2007, Launer et al., 1994, Matsuo et al., 2008, McGee et al., 2005, Stenholm et al., 2008, Stenholm et al., 2007c, Villareal et al., 2005, Vincent et al., 2010a, Vincent et al., 2010b, Zheng et al., 2013, 下方, 2001, Tokunaga et al., 1991, 田中ら, 1987), 世界では毎日発生する死亡原因の 2.3% が肥満関連疾患であると報告されている (WHO, 2013a).

欧米と日本における BMI の基準は異なっている (Table 2-3). WHO (2013a) の調査結果によると過体重は男性で 34%, 女性で 35%, 肥満は男性で 10%, 女性で 14% であり, 20 年の間に肥満者が 2 倍増加している。また, アメリカにおいて過体重は 62%, 肥満は 26% であるが, 東南アジアにおいて過体重は 14%, 肥

満は 3%である。ヨーロッパおよび東地中海地域では女性の 50%が過体重で、アメリカ (29%), ヨーロッパ (23%), 東地中海地域 (24%) の過体重の半数以上が肥満であり (Figure 2-3), 男性に比べ, 女性では肥満になる可能性が高いとされている。実際, アフリカ, 東地中海地域, 東南アジアの肥満女性の保有割合は男性の 2 倍である。Lang et al. (2007) は, 50-69 歳の中・高齢者 8692 名を対象とした U. S. Health and Retirement Study (HRS)の調査で BMI 20.0-24.9 kg/m² が 30.0%, BMI 25.0-29.9 kg/m² が 42.8%, BMI ≥ 30.0 kg/m² が 27.2%であったこと, 50-69 歳の中・高齢者 1507 名を対象とした English Longitudinal Study of Ageing (ELSA) の調査で BMI 20.0-24.9 kg/m² で 33.6%, BMI 25.0-29.9 kg/m² で 46.5%, BMI ≥ 30.0 kg/m² で 19.9%であったと報告している。

一方, Woo et al. (2007) の中国の研究では, 高齢者の 65-69 歳 (664 名) では BMI ≤ 18.5 kg/m² が 4.67%, BMI 18.5-25.0 kg/m² が 63.86%, BMI 25.0-30.0 kg/m² が 28.61%, BMI ≥ 30.0 kg/m² が 2.86%, 70-74 歳 (708 名) では BMI ≤ 18.5 kg/m² が 4.66%, BMI 18.5-25.0 kg/m² が 64.13%, BMI 25.0-30.0 kg/m² が 29.52%, BMI ≥ 30.0 kg/m² が 1.69%, 75 歳以上 (628 名) では BMI ≤ 18.5 kg/m² が 8.12%, BMI 18.5-25.0 kg/m² が 64.85%, BMI 25.0-30.0 kg/m² が 25.96%, BMI ≥ 30.0 kg/m² が 1.27%であった。また, 日本の国民健康・栄養調査では (厚生労働省, 2011), BMI

$\leq 18.5 \text{ kg/m}^2$ が 8.2%, BMI 18.5-25.0 kg/m^2 が 67.1%, BMI 25.0-30.0 kg/m^2 が 24.7%

(うち BMI $\geq 30.0 \text{ kg/m}^2$ が 3.9%)であった。70 歳以上の高齢女性では, BMI $\leq 18.5 \text{ kg/m}^2$ が 9.7%, BMI 18.5-25.0 kg/m^2 が 63.9%, BMI 25.0-30.0 kg/m^2 が 26.4% (うち BMI $\geq 30.0 \text{ kg/m}^2$ が 2.8%)であった。以上のように, 中国人と日本人の BMI 状況は類似していたが, 欧米人と日本人の体格には大きな差があった。

しかし, 体格には差があったとしても, 欧米と日本の体格には大きな差がある。一方, 血圧, コレステロール, 中性脂肪, インスリン抵抗性などの代謝異常が過体重や肥満を引き起こすことは, 欧米およびアジアの共通な問題であることは変わらない。

Table 2-3. The International Classification of adult underweight, overweight and obesity according to BMI.

Classification (WHO)	BMI (kg/m^2)	Classification (JAPAN)	BMI (kg/m^2)
	Principal cut-off points		Principal cut-off points
Underweight	<18.50	Underweight	<18.50
Normal range	18.50 - 24.99	Normal range	18.50 - 24.99
Pre-obese	25.00 - 29.99	Obese class I	25.00 - 29.99
Obese class I	30.00 - 34.99	Obese class II	30.00 - 34.99
Obese class II	35.00 - 39.99	Obese class III	35.00 - 39.99
Obese class III	≥ 40.00	Obese class IV	≥ 40.00

Source: Adapted from WHO 1955, WHO 2000, WHO 2004 and JASSO 2002

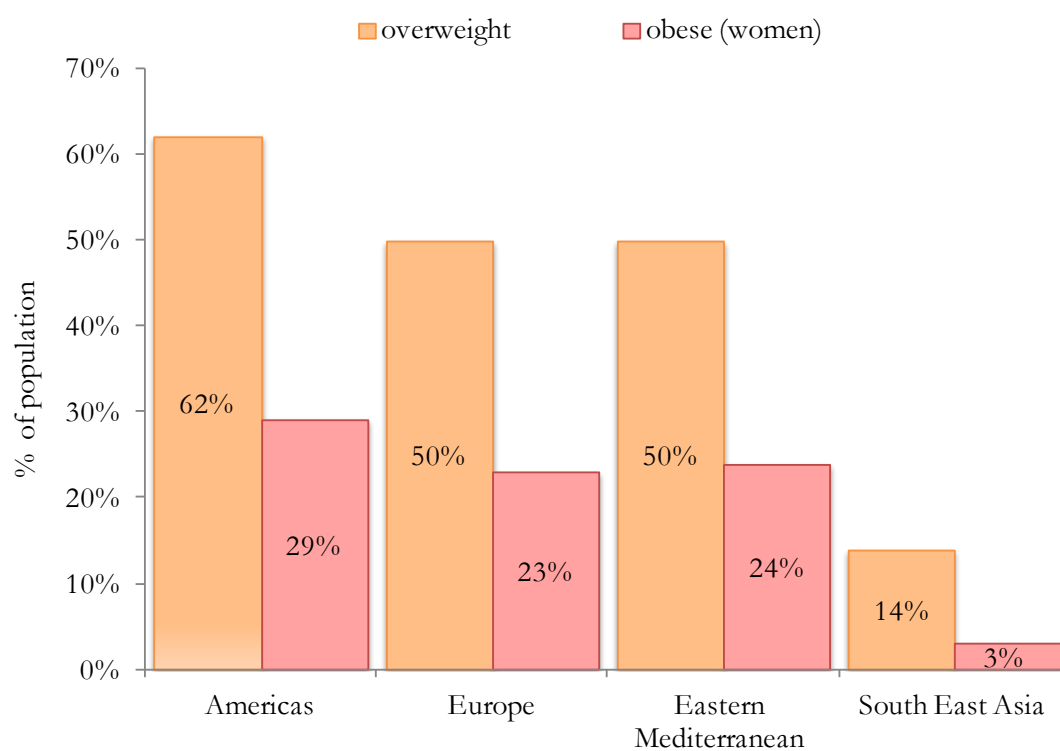


Figure 2-3. The prevalence of overweight and obesity in the WHO Regions of the Americas, Europe, Eastern Mediterranean and South East Asia.

第3節 研究課題の設定

本博士論文の目的を達成するに当たり，研究課題を以下のように設定した．また，研究のフローチャートを Figure 2-4 に示した．

課題1 高齢女性の移動能力の制限因子に関する横断的検討

1-1. 移動能力制限に対する BMI と筋力の横断的関連

1-2. 移動能力制限に対する BMI と併存疾患の横断的関連

ML には，肥満，低筋力，併存疾患が単独に関連していることは，前章までに述べてきた．本研究では，各因子の単独よりも，肥満と因子を組み合わせることで ML の保有リスクが高くなるとの仮説のもと，肥満と低筋力を組み合わせた場合の ML の保有リスク，および，肥満と併存疾患を組み合わせた場合の ML の保有リスクについて検討した．

課題2 高齢女性の移動能力の制限因子に関する縦断的検討

2-1. 移動能力制限に対する BMI と筋力の縦断的関連

2-2. 移動能力制限に対する BMI と併存疾患の縦断的関連

ML には、肥満、低筋力、併存疾患が単独に関連していることは、前章までに述べてきた。本研究では、各因子の単独よりも、肥満と因子を組み合わせることで 2 年後に ML リスクが高くなるとの仮説のもと、肥満と低筋力を組み合わせた場合の 2 年後の ML リスク、および、肥満と併存疾患を組み合わせた場合の 2 年後の ML リスクについて検討した。

課題 3 運動実践による身体機能改善が移動能力制限に及ぼす効果

高齢者の ML の保有割合や発生率を抑制するに当たり、運動が ML リスク減少に効果的であるとの仮説をもとに、運動実践による身体機能改善が移動能力制限に及ぼす効果を検討した。

【本研究課題】

高齢女性における移動能力の制限因子に関する検討

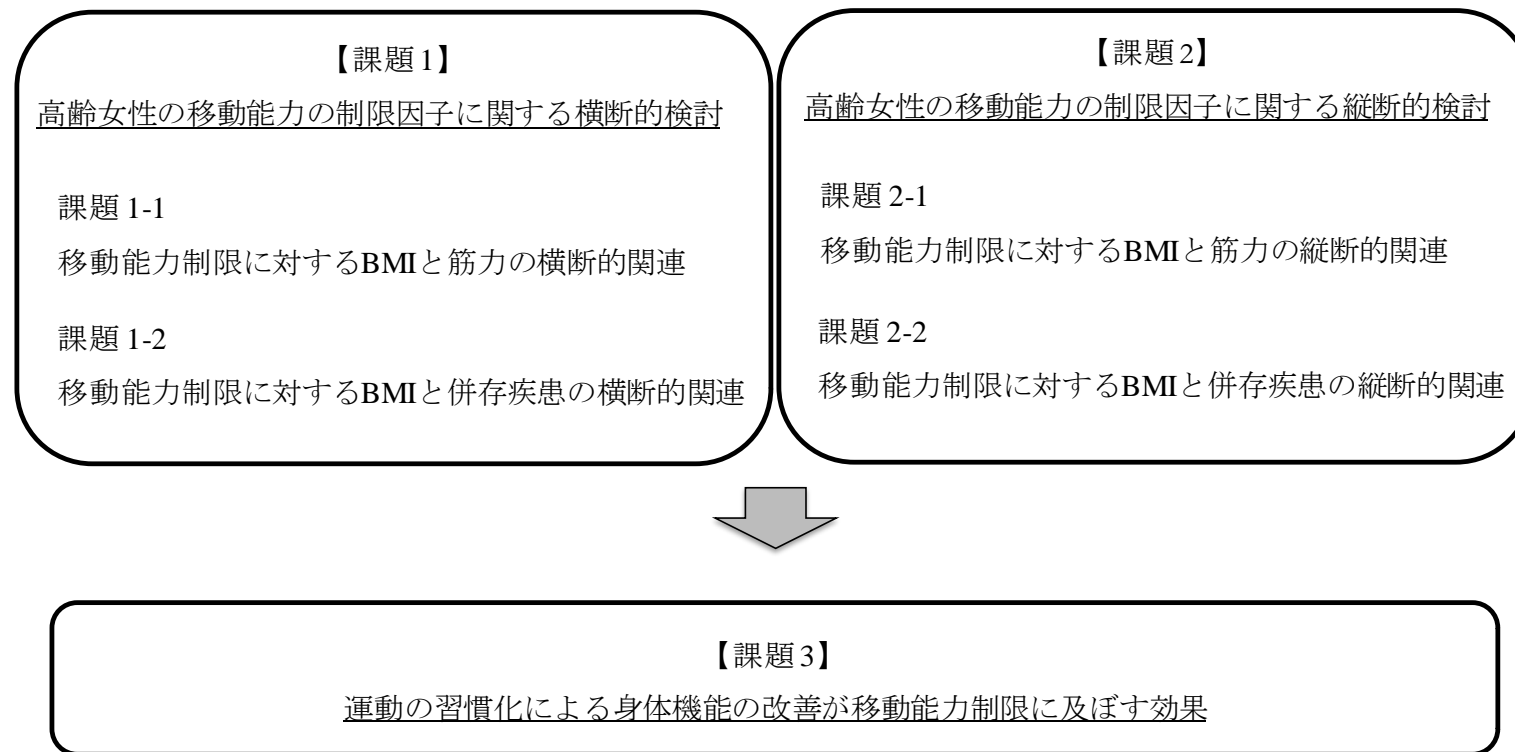


Figure 2-4. 研究フローチャート

第3章 測定項目と測定方法

本章では、一連の課題において頻出する測定項目とその測定方法について記述する。

第1節 形態

形態指標として、身長計（YG-200, ヤガミ社製）を用いて 0.1 cm 単位で身長を、体重計（Digital Bathroom Scale HD-316, TANITA 社製）を用いて 0.1 kg 単位で体重を測定した。そして、求めた体重（kg）を身長（m）の 2 乗で除すことにより body mass index: BMI（kg/m²）を算出した。また、身長測定時に脊柱の湾曲の有無を「あり，なし」の二件法で記録した。

第2節 質問紙法による調査項目

1) 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 (Guralnik et al., 1993) 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 段昇ることが出来ますか」という問に対して、歩行の困難性は「休まずに 400 m 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 (Guralnik et al., 1994, Kim et al., 2009)。

2) 生活機能と機能評価

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) (古谷野, 1987) 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.

3) QoL (身体機能領域)

自己報告による身体機能領域の QoL の評価として, Medical outcomes study 36-item short form survey (SF-36) 日本語版 (福原ら, 2004) 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 3 件法で回答を求め, その合計を 100 点満点で得点化した.

4) 虚弱高齢者の評価

虚弱高齢者の把握として基本チェックリスト (厚生労働省, 2009) を用いた. 基本チェックリストは, うつ予防・支援関係を除いた計 20 項目に「はい」, 「いいえ」の 2 件法で回答を求め, 本研究では「運動器の機能向上」(階段昇段, 椅子から立ち上がり, 歩行, 過去 1 年間の転倒有無, 転倒不安の有無) の 5 項目中 3 項目以上に該当する者を虚弱高齢者とした.

5) 日常生活活動能力

歩行や食事，入浴，着替えなどの ADL の評価に Barthel index (Mahoney et al., 1965) を用いた．各質問項目の総得点を求め，100 点満点で評価した．

第3節 面接法による調査項目

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（有：1，無：2）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．

第4節 身体機能測定項目と方法

本研究では、握力、5 m 通常歩行、5 回いす立ち上がり、ステップテスト、開眼片足立ち、タイムドアップアンドゴーの 6 項目を測定した。測定の際には、問診によって当日の体調を確認するとともに、いずれの測定も、体力測定に精通したスタッフが安全の確保に十分に留意した。

1) 握力 (Grip strength)

対象者に対して、スメ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。0.1 kg 単位で左右交互に 2 回ずつ (計 4 回) 計測し、その平均値を記録とした。

2) 5 m 通常歩行 (5-m usual gait)

測定区間 5 m の前後に予備路を 1 m ずつとり、7 m の歩行路上をいつも歩い

ている速さで歩くよう教示した．体幹の一部（腰または肩）が測定区間始まりのテープ（1 m）を超えた時点から，測定区間終わり辞典を超えるまでの時間を0.01 秒単位で2 回計測し，平均値を記録とした．

第4章 研究課題1

高齢女性の移動能力の制限因子に関する横断的検討

関連論文

鄭松伊 他．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．体力科学 62：323-330，2013．

鄭松伊 他．地域在住高齢女性の body mass index および併存疾患と移動能力制限との関連性．健康支援 (in press)

第 1 節 研究目的

研究課題 1 では、BMI と筋力または併存疾患を組み合わせることによる ML の保有リスクについて、横断的に検討することを目的とした。

研究課題 1 の目的を達成するために、以下のとおり、2 つの副課題を設定した。

課題 1-1：移動能力制限に対する BMI と筋力の横断的関連

課題 1-2：移動能力制限に対する BMI と併存疾患の横断的関連

第2節 方法

1. 対象者と研究デザイン

本研究は、65-91歳の地域在住高齢女性1269名を対象とした。すべての対象者はすべて2008-2012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。全対象者のうち、1) データに欠損のあった者(17名)、2) 軽・重度脊柱後湾症を有する者(94名)、3) BMIの 18.5 kg/m^2 未満の者(46名)、4) 脳血管疾患を有する者(25名)を除外し、最終的に1087名(72.9 ± 5.5 歳)を解析の対象とした。なお、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後、書面にてデータ使用の同意を得た。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。

2. 測定・調査方法

年齢、身長、体重、BMI、服薬、疾患、関節痛の状況、身体機能の各項目、質

問紙，MLの有無について個別に聴取した．身体機能測定は，握力，5 m 通常歩行の2項目を測定した．質問紙は Barthel index (ADL)，基本チェックリスト，老研式活動能力指標 (TMIG-IC)，SF-36 を用いた．これらはすべて，第3章「測定項目と測定方法」に示した手法によりおこなった．

3. 統計解析

対象者の特徴について，平均値 \pm 標準偏差または割合 (%) を算出した．MLを有する者 (ML 群) および ML を有していない者 (Non-ML 群) の2群に分け，ML と Non-ML の群間比較には，事前に Shapiro-Wilk test により各変数の正規性を検定した．形態指標，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．

1) 研究課題 1-1 における統計解析

肥満基準は BMI を用いて標準体重群 ($< 25.0 \text{ kg/m}^2$)，肥満群 ($\geq 25.0 \text{ kg/m}^2$) に分類し (Japan Society for the Study of Obesity, 2002)，低筋力は握力による ML のカットオフ値を用いて低筋力群 ($< 19.6 \text{ kg}$)，高筋力群 ($\geq 19.6 \text{ kg}$) に分類した．BMI と筋力による組み合わせ (I：標準体重・高筋力群，II：標準体重・

低筋力群，Ⅲ：肥満・高筋力群，Ⅳ：肥満・低筋力群）の 4 つに分け，グループごとに ML の保有割合（%）を算出した．

ML に対する BMI および筋力の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 2 群（標準体重群を基準），筋力の 2 群（高筋力群を基準）および BMI と筋力の組み合わせ（上記Ⅰ～Ⅳ：標準体重・高筋力群を基準）を独立変数とし，年齢（連続変数），運動習慣，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），を調整変数としたロジスティック回帰分析によって各群のオッズ比（odds ratio: OR）と 95%信頼区間（confidence interval: CI）を算出した．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．

2) 研究課題 1-2 における統計解析

肥満は BMI を用いて標準体重群（ $< 25.0 \text{ kg/m}^2$ ），肥満群（ $\geq 25.0 \text{ kg/m}^2$ ）に分類し，併存疾患は疾患数を用いて該当しない者を疾患無し（D0 群），1 つある者

を単独疾患（D1 群）、2 つ以上ある者を併存疾患（D2⁺群）に分類し、BMI と併存疾患の組み合わせ（I：標準体重・D0 群、II：標準体重・D1 群、III：標準体重・D2⁺群、IV：肥満・D0 群、V：肥満・D1 群、VI：肥満・D2⁺群）の 6 つに分け、グループごとに ML の保有割合（%）を算出した。

ML に対する BMI および併存疾患の単独との関連および BMI と併存疾患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 2 群（標準体重群を基準）、併存疾患の 3 群（D0 群を基準）および BMI の 2 群と併存疾患の 3 群の組み合わせ（上記 I～VI：標準体重・D0 群を基準）を独立変数とし、年齢（連続変数）、運動習慣、喫煙、飲酒の有無（それぞれ、有：1，無：0）を調整変数とした多変量ロジスティック回帰分析によって各群のオッズ比（odds ratio: OR）と 95%信頼区間（confidence interval: CI）を算出した。

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。

第3節 結果

1. ML 群と Non-ML 群の比較

ML 群は 28.4% (309 名), Non-ML 群は 71.6% (778 名) であった.

Table 4-1 に, 2 群間の諸特性を示した. Non-ML 群と ML 群を比較した結果, ML 群では, 年齢が高く, 身長が低い一方で, 体重は重く, BMI は高かった ($P < 0.05$). また, 握力および 5 m 通常歩行の測定値や ADL, TMIG-IC および SF-36 の得点が低かった. さらに, 運動習慣者, 肥満者, 服薬の有無, 高血圧, 糖尿病, 心疾患, 骨粗鬆症, 腰痛, 膝関節痛の保有割合が有意に高かった ($P < 0.05$).

2. ML に対する BMI および筋力の単独, BMI と筋力の組み合わせによる関連 (課題 1-1)

Table 4-2 に, ML に対する BMI の単独の調整済み OR と 95% CI を示した.

ML に該当する者はそれぞれ標準体重群で 23.9% (177 名), 肥満群で 38.3% (132 名) であった. 標準体重群を基準とした ML に対する調整済み OR は, 肥満群で 1.87 (95% CI: 1.36-2.56) であり, 肥満群は, ML の保有リスクが有意に高かった.

Table 4-3 に、ML に対する筋力の単独の調整済み OR と 95% CI を示した。ML に該当する者は高筋力群で 22.2% (180 名)、低筋力群で 46.7% (129 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、低筋力群で 1.96 (95% CI: 1.41-2.72) であり、低筋力群は、ML の保有リスクが有意高かった。

Figure 4-1 に、BMI および筋力の組み合わせごとに、各群の ML の保有割合を示した。ML の保有割合は、標準体重・高筋力群で 17.9% (97 名)、標準体重・低筋力群で 40.0% (80 名)、肥満・高筋力群で 30.9% (83 名)、肥満・低筋力群で 64.5% (49 名) であり、肥満・低筋力群において高値を示した。

Figure 4-2 に、ML に対する BMI と筋力の組み合わせによる調整済み OR と 95% CI を示した。標準体重・高筋力群を基準とした OR は、標準体重・低筋力群で 1.99 (95% CI: 1.33-2.97)、肥満・高筋力群で 1.90 (95% CI: 1.30-2.77)、肥満・低筋力群で 4.21 (95% CI: 2.39-7.39) であり、BMI と筋力の有意な交互作用がみられ、BMI と筋力の組み合わせによる ML の保有リスクが高かった。

3. ML に対する BMI および併存疾患の単独、BMI と併存疾患の組み合わせによる関連 (課題 1-2)

Table 4-4 に、ML に対する BMI の単独の調整済み OR と 95% CI を示した。

MLに該当する者はそれぞれ標準体重群で 23.9% (177 名), 肥満群で 38.3% (132 名)であった。標準体重群を基準とした ML に対する調整済み OR は, 肥満群で 2.20 (95% CI: 1.56-3.09) であり, 肥満群は ML の保有リスクが有意に高かった。

Table 4-5 に, ML に対する併存疾患の単独の調整済み OR と 95% CI を示した。併存疾患の単独の ML に該当する者は D0 群で 18.6% (59 名), D1 群で 26.1% (106 名), D2⁺群で 39.6% (144 名)であった。D0 群を基準とした ML に対する調整済み OR は, D1 群では 1.17 (95% CI: 0.75-1.81), D2⁺群では 2.24 (95% CI: 1.45-3.46) であり, D2⁺群のみが ML に有意に関連し, D2⁺群は ML の保有リスクが高い結果であった。

Figure 4-3 に, BMI および併存疾患の組み合わせごとに, 各群の ML の保有割合を示した。ML の保有割合は, 標準体重・D0 群で 18.1% (45 名), 標準体重・D1 群で 22.7% (63 名), 標準体重・D2⁺群で 32.1% (69 名), 肥満・D0 群で 20.6% (14 名), 肥満・D1 群で 33.6% (43 名), 肥満・D2⁺群で 50.3% (75 名)であった。標準体重であっても肥満であっても併存疾患を有することで ML の保有割合が多い傾向にあった。

Figure 4-4 に, ML に対する BMI と併存疾患の組み合わせによる調整済み OR と 95% CI を示した。標準体重・D0 群を基準とした ML に対する OR は, 標準

体重・D1 群で 0.96 (95% CI: 0.56-1.64), 標準体重・D2⁺群で 1.82 (95% CI: 1.06-3.11), 肥満・D0 群で 1.57 (95% CI: 0.71-3.47), 肥満・D1 群で 2.20 (95% CI: 1.21-3.98), 肥満・D2⁺群で 3.72 (95% CI: 2.11-6.56) であり, 標準体重・D2⁺群および肥満・D1 群, 肥満・D2⁺群では ML に有意な交互作用がみられ, BMI と併存疾患の組み合わせによる ML の保有リスクが高かった.

Table 4-1. Characteristics of the study population, mean \pm SD or % (number of cases)

Characteristics	Total n = 1087	Non-ML n = 778	ML n = 309	P-value
Age, yr	72.9 \pm 5.5	71.7 \pm 5.0	75.8 \pm 5.5	0.000
Height, cm	148.5 \pm 5.3	149.2 \pm 5.0	146.5 \pm 5.5	0.000
Weight, kg	52.5 \pm 7.5	52.2 \pm 6.9	53.3 \pm 8.4	0.031
BMI, kg/m ²	23.8 \pm 3.1	23.4 \pm 2.8	24.8 \pm 3.5	0.000
Obese, presence	30.7 (334)	26.6 (207)	41.1 (127)	0.000
Exercise habit, presence	78.8 (841)	83.2 (635)	67.8 (206)	0.000
Using medications, presence	78.1 (849)	74.2 (577)	88.0 (272)	0.000
hand-grip strength, kg	22.5 \pm 4.1	23.2 \pm 3.9	20.9 \pm 4.2	0.000
5-m usual gait, s	3.9 \pm 1.1	3.7 \pm 0.8	4.6 \pm 1.5	0.000
KCL, locomotorium, presence	43.2 (469)	35.7 (278)	62.0 (191)	0.001
KCL, locomotorium, (0-6)	1.3 \pm 1.3	0.8 \pm 1.0	2.4 \pm 1.2	0.000
ADL (0-100)	97.0 \pm 16.0	98.8 \pm 10.3	92.6 \pm 24.7	0.000
TMIG-IC (0-13)	12.2 \pm 1.4	12.4 \pm 1.1	11.7 \pm 1.7	0.000
SF-36, physical function scale (0-100)	82.4 \pm 17.3	88.3 \pm 12.6	67.8 \pm 18.6	0.000
Hypertension, presence	42.3 (406)	38.6 (300)	51.8 (160)	0.000
Diabetes, presence	6.6 (72)	5.3 (41)	10.0 (31)	0.004
Heart disease, presence	7.8 (85)	5.9 (46)	12.6 (39)	0.000
Respiratory disease, presence	2.9 (32)	3.1 (24)	2.6 (8)	0.663
Osteoporosis, presence	8.5 (92)	7.1 (55)	12.0 (37)	0.009
Lower back pain, presence	11.7 (127)	9.1 (71)	18.1 (56)	0.000
Knee pain, presence	15.1 (164)	10.9 (85)	25.6 (79)	0.000

Values are mean \pm standard deviation or % (*n*). ML: mobility limitation. BMI: body mass index. KCL: kihon check list. ADL: activities of daily living. TMIG-IC: Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Index of Competence. SF-36: Medical Outcomes Study 36-item Short Form Survey; physical function scale.

Table 4-2. Odds ratios for prevalence mobility limitation according to body mass index.

	ML	Unadjusted odds ratio	Adjusted odds ratio ¹	Adjusted odds ratio ²
	% (n)	(95% confidence intervals)	(95% confidence intervals)	(95% confidence intervals)
BMI, kg/m ²				
Normal weight (< 25.0)	23.9 (177)	1 (reference)	1 (reference)	1 (reference)
Obese (≥ 25.0)	38.3 (132)	1.98 (1.50-2.60) [†]	2.14 (1.59-2.87) [†]	1.87 (1.36-2.56) [†]

¹Adjusted for age. ²Adjusted for age, exercise habit, hypertension, diabetes, heart disease, respiratory disease, osteoporosis, lower back pain and knee pain. [†]*P* < 0.05

Table 4-3. Odds ratios for the prevalence of mobility limitation according to hand-grip strength.

	ML	Unadjusted odds ratio	Adjusted odds ratio ¹	Adjusted odds ratio ²
	% (n)	(95% confidence interval)	(95% confidence interval)	(95% confidence interval)
Hand-grip strength, kg				
High (≥ 19.6)	22.2 (180)	1 (reference)	1 (reference)	1 (reference)
Low (< 19.6)	46.7 (129)	3.08 (2.31-4.11) [†]	2.07 (1.51-2.83) [†]	1.96 (1.41-2.72) [†]

¹Adjusted for age. ²Adjusted for age, exercise habit, hypertension, diabetes, heart disease, respiratory disease, osteoporosis, lower back pain and knee pain. [†] $P < 0.05$

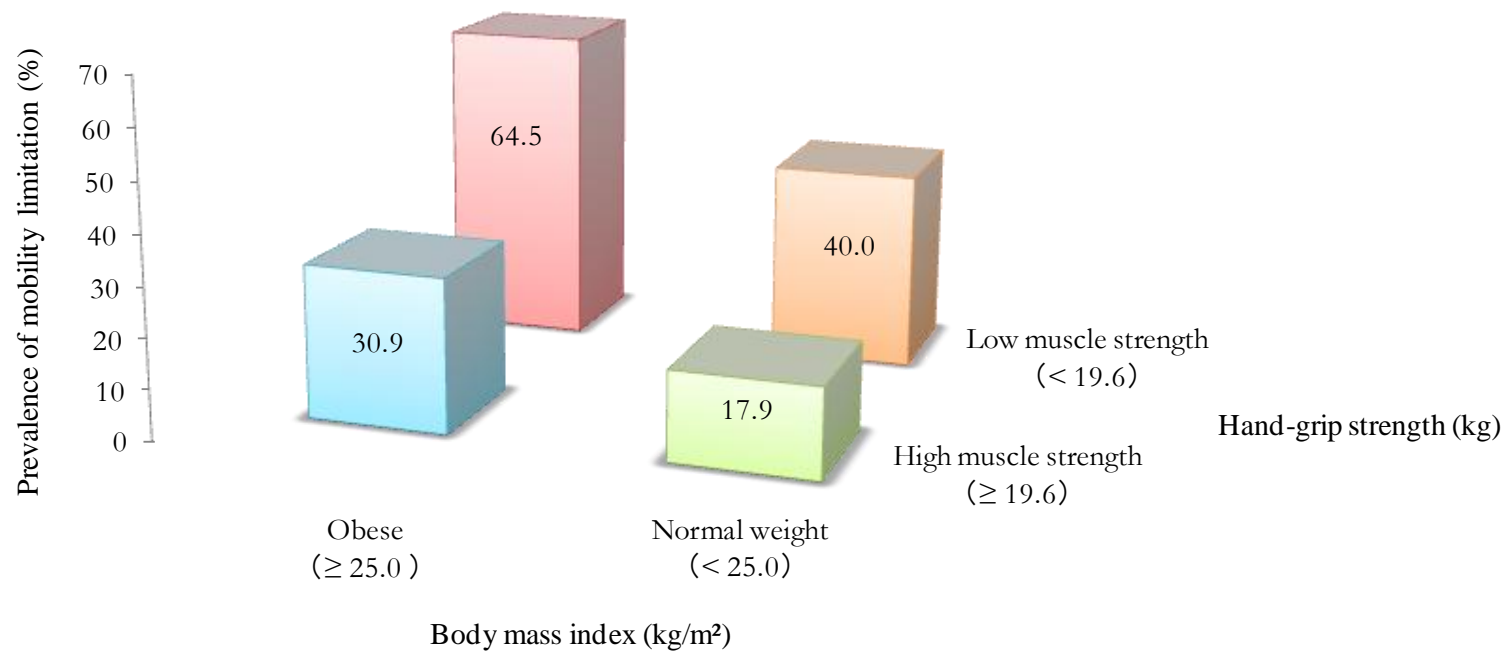


Figure 4-1. The prevalence of mobility limitation according to body mass index and hand-grip strength.

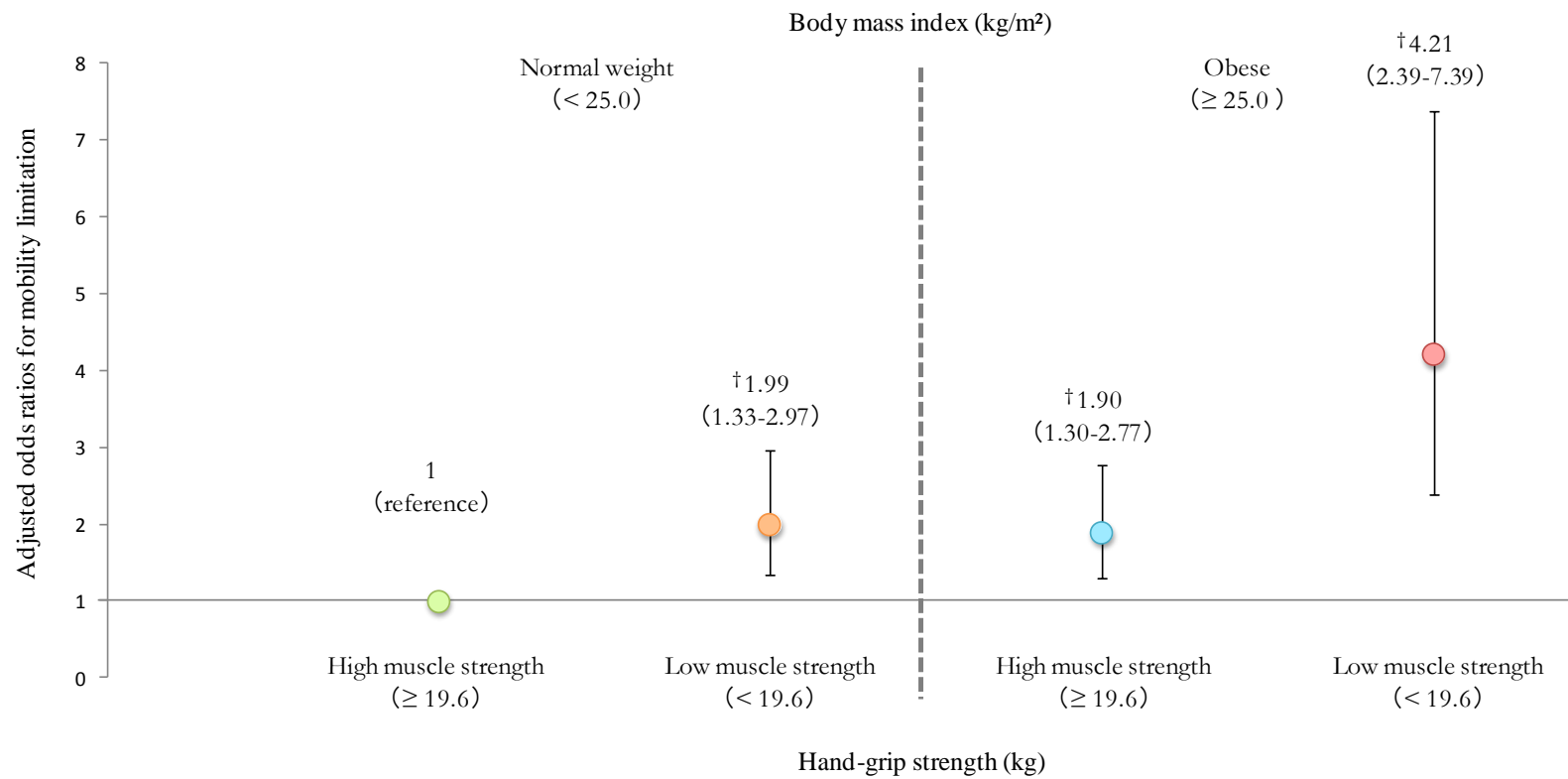


Figure 4-2. Adjusted* odds ratios for mobility limitation according to body mass index and hand-grip strength.

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

Table 4-4. Odds ratios for prevalence mobility limitation according to body mass index.

	ML	Unadjusted odds ratio	Adjusted odds ratio ¹	Adjusted odds ratio ²
	% (n)	(95% confidence intervals)	(95% confidence intervals)	(95% confidence intervals)
BMI, kg/m ²				
Normal weight (< 25.0)	23.9 (177)	1 (reference)	1 (reference)	1 (reference)
Obese (≥ 25.0)	38.3 (132)	1.98 (1.50-2.60) [†]	2.14 (1.59-2.87) [†]	2.20 (1.56-3.09) [†]

¹ Adjusted for age. ² Adjusted for age, exercise habit, smoke, and alcohol. [†] $P < 0.05$

Table 4-5. Odds ratios for prevalence mobility limitation according to comorbidity.

	ML	Unadjusted odds ratio	Adjusted odds ratio ¹	Adjusted odds ratio ²
	% (n)	(95% confidence intervals)	(95% confidence intervals)	(95% confidence intervals)
Disease, number				
0 disease (D0)	18.6 (59)	1 (reference)	1 (reference)	1 (reference)
1 disease (D1)	26.1 (106)	1.55 (1.08-2.21) [†]	1.32 (0.91-1.93)	1.17 (0.75-1.81)
2 or more disease (D2 ⁺)	39.6 (144)	2.86 (2.01-4.07) [†]	2.15 (1.48-3.13) [†]	2.24 (1.45-3.46) [†]

¹ Adjusted for age. ² Adjusted for age, exercise habit, smoke, and alcohol. [†] $P < 0.05$

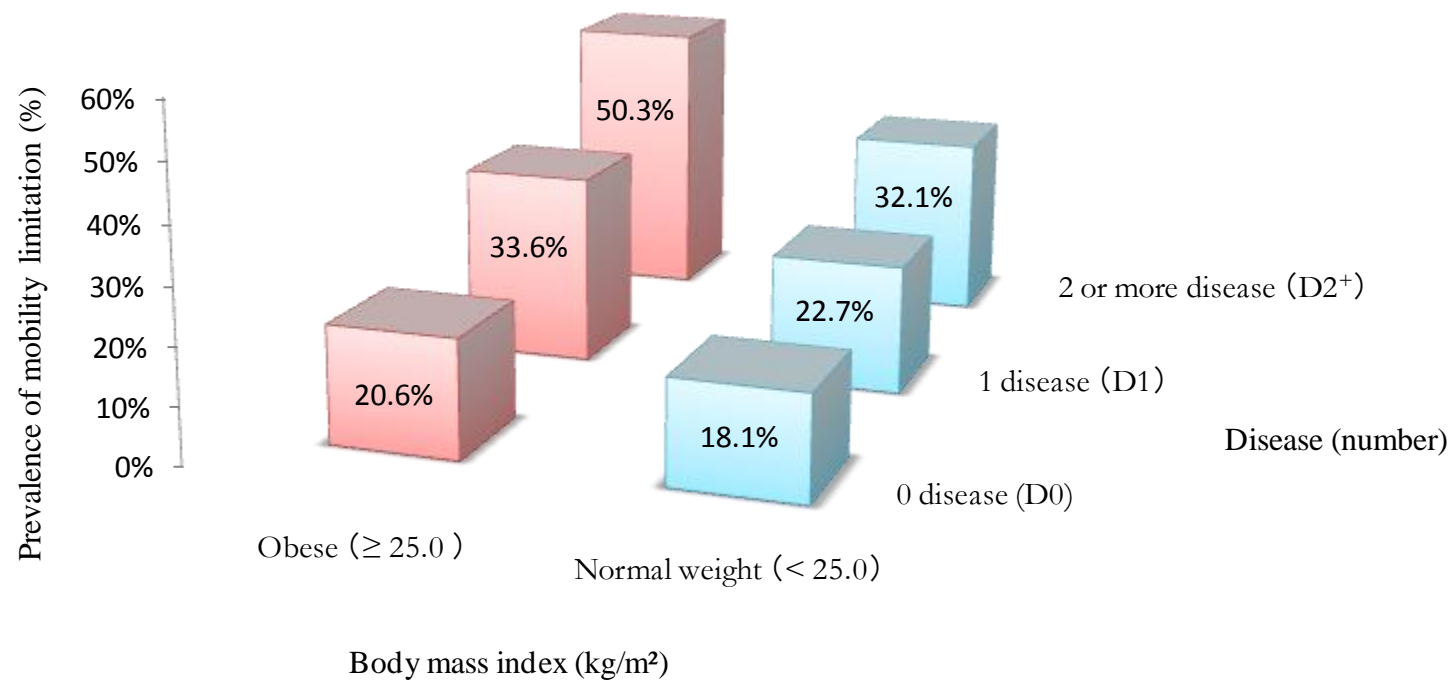


Figure 4-3. The prevalence of mobility limitation according to body mass index and disease.

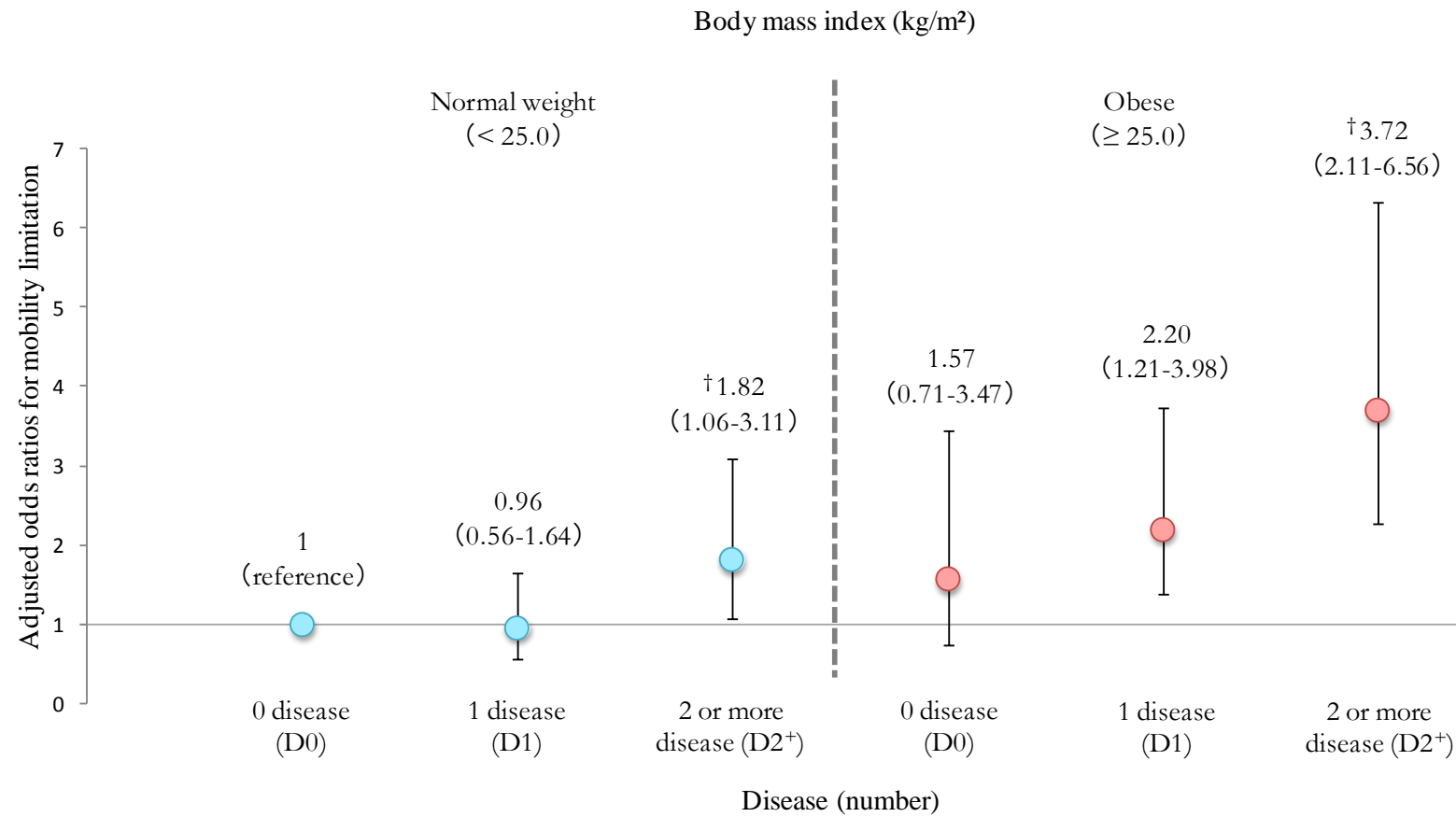


Figure 4-4. Adjusted* odds ratios for mobility limitation according to body mass index and disease.

*Adjusted for age, exercise habit, smoke, and alcohol. † $P < 0.05$

第4節 考察

本研究では、ML と BMI および筋力の組み合わせ、BMI および併存疾患の組み合わせによる ML の保有リスクについて横断的に検討した。その結果、BMI の単独、筋力の単独、併存疾患の単独よりも、標準体重および肥満と低筋力、標準体重および肥満と併存疾患を併持することで ML の保有リスクが高まることが示唆された。

1. ML の保有割合

横断研究の欧米人地域在住高齢者の ML の保有割合は、60 歳以上を対象とした研究では 25.0-51.5%であったことが報告されている (Center for Disease Control and Prevention, 1999-2002)。本研究の対象者における ML の保有割合は 28.4%であり、先行研究の保有率の範囲内であった。また、本研究の ML 群は、Non-ML 群に比べて握力が 20.9 ± 4.2 kg で有意に低く、5 m 通常歩行が 4.6 ± 1.5 秒で有意に遅かった。これらの結果は、国内外のいずれの先行研究 (Lauretani et al., 2003, Sallinen et al., 2010, 清野ら, 2011) とも一致する結果であり、本研究の ML は妥当に評価されているものと考えられる。

2. 肥満と低筋力, その組み合わせによる ML の保有リスク (課題 1-1)

本研究結果から, 肥満は独立して ML に有意に関連していたことから, 欧米の先行研究 (Apovian et al., 2002, Davis et al., 1998, Hemmingsson et al., 2007, Lamb et al., 2000, Lang et al., 2007, Okoro et al., 2006, Sternfeld et al., 2002, Valentine et al., 2009) を支持するものであった. 肥満が ML に関連する理由として, 心疾患 (Sohler et al., 2009) や高血圧 (Forman et al., 2009), 糖尿病 (Chiu et al., 2011), 慢性関節痛 (Vincent et al., 2010b, Shah et al., 2011) の発症率を高めることや, 肥満であることによる重心移動や姿勢変換を伴う動作が, 困難となることが考えられる. Stenholm et al. (2007a, 2007c) は, 男性では糖尿病, 女性では膝関節痛を伴うことによって, 肥満が ML となるリスクをさらに高める可能性について報告している. さらに, 肥満が原因となり惹起された関節痛 (Vincent et al., 2010b) や骨格筋痛 (Shah et al., 2011) によって, 不活動および ML につながることも報告されている. 本研究でも Non-ML 群に比べ, ML 群では, 肥満の割合, 服薬数の割合, 疾患の割合 (高血圧, 糖尿病, 心疾患, 骨粗鬆症, 腰痛, 膝関節痛) が有意に高かった. さらに, ML 群は運動習慣が有意に低かったことから, 不活動および疾患が ML に関連している可能性が考えられる. 特に ML であるとともに

に膝関節痛を有する者の割合が、標準体重群では 20.9% (38 名) に対し、肥満群は 32.3% (41 名) と有意に多かった。したがって、本研究結果から肥満と関連の強い疾患および不活動が ML につながる可能性とともに、肥満は間接的および直接的に ML に関連すると考えられた。

加齢に伴う筋力低下は直接的 ML に関連するだけではなく、その後の ADL 障害や死亡率に強く関連すると報告されている (Roubenoff 2003)。移動能力および身体活動では、最低限の筋力が必要であり、Kim et al. (2010) は 75 歳以上の高齢者を対象者とし、握力による ML カットオフ値を 19.5 kg、ADL 障害カットオフ値を 16.3 kg と提案している。本研究では ML 群の握力平均値が 20.9 ± 4.2 kg で有意に低く、Kim et al. (2010) の ML カットオフ値に近づいていたことから、筋力は ML と強く関連していたと考えられる。

本研究結果によると、ML に対する標準体重・低筋力群、肥満・低筋力群、肥満・高筋力群の調整済み OR は、それぞれ有意な値を示した。Zoico et al. (2004) の横断研究では、67-78 歳の高齢女性 167 名と対照群として 20-50 歳の閉経前の女性を対象にし、筋力、機能障害、脂肪量とサルコペニアとの関連を検討した。その結果、高齢女性の OR は、肥満 ($\text{BMI} \geq 30.0 \text{ kg/m}^2$) で 4.56 (95% CI: 1.51-13.77)、高い体脂肪で 3.06 (95% CI: 1.25-7.47) の機能障害リスクが高かった。一方、BMI

25-29.9 kg/m²と低筋量、高い体脂肪かつ低筋量は有意ではなかった。Stenholm et al. (2007a) は横断で 55 歳以上の中・高齢者を対象とし、肥満と ML の関連および CPR (C-reactive protein) と筋力との関連を調査した結果、低筋力と高い CPR は肥満 (OR 1.75, 95% CI; 1.19-2.57) と ML (OR 2.80 95% CI; 1.89-4.16) に関連していた。本研究の結果では、肥満・高筋力群で ML に有意な関連がみられたが、標準体重・低筋力と類似な OR を示していたため、BMI に関係なく自分の体重を支えて移動できるだけの十分な筋力が保持することの重要性が示唆され、高齢者が自身の体格に見合った筋力を保持することが、ML の発生を抑制するために重要であると考えられる。

3. 肥満と併存疾患、その組み合わせによる ML の保有リスク (課題 1-2)

併存疾患も独立して ML に有意に関連しており、ML に対する併存疾患の OR は、D1 群で 1.17 (95% CI: 0.75-1.81)、D2⁺群で 2.24 (95% CI: 1.45-3.46) となり、D2⁺群のみが有意に ML の保有リスクが高かった。すなわち、疾患を 2 つ以上保持することによって、ML の保有リスクが高まることが示唆された。老年医学では、加齢に伴う疾患および服薬も自然なことであるとしながらも、2 つ以上疾患を保有する、すなわち、併存疾患の状態は精神・身体・認知などの機能に影響

し (Stuck et al., 1999, Fried et al., 1998, Fried et al., 1999), その後の ADL 障害や死亡率に強く関連すると報告している (Fried et al., 2004, Shah et al., 2011, Fried et al., 1998, Fried et al., 1999). 本研究でも ML 群では自己報告による健康関連の質問紙において, 日常生活活動能力 (ADL), 基本チェックリストの運動器の機能向上, 高次生活機能 (TMIG-IC), 身体機能領域の QoL (SF-36), すべてが有意に低かったことから, 疾患の保有割合が高く, 自己報告による自分の健康満足感が低い可能性が考えられる.

ML に対する BMI と併存疾患の組み合わせによる結果は, 標準体重・D1 群で 0.96 (95% CI: 0.56-1.64), 標準体重・D2⁺群で 1.82 (95% CI: 1.06-3.11), 肥満・D0 群で 1.57 (95% CI: 0.71-3.47), 肥満・D1 群で 2.20 (95% CI: 1.21-3.98), 肥満・D2⁺群で 3.72 (95% CI: 2.11-6.56) であり, BMI と併存疾患を組み合わせることで ML の保有リスクを増加させることが明らかとなった. 特に肥満・D2⁺群で ML の保有リスクが高くなることは予想していたが, 標準体重・D2⁺群でも有意に ML の保有リスクが高かった. 興味深いのは, 肥満であっても疾患を有していなければ標準体重・D2⁺群より ML リスクが低かったことである. 高齢者の BMI は若年者や中年者と異なって BMI が 23.3 kg/m² (95% CI: 22.4 kg/m²-24.2 kg/m²) であれば死亡率が最も低くなると報告 (Matsuo et al., 2008) されている.

下方 (2001) は、疾患を有していなければ肥満を治療する必要がないこと、健康で長生きするには体重を維持することが重要であることを提案している。本研究でも D2⁺群では、標準体重と肥満に関係なく ML、高血圧、心疾患、糖尿病、骨粗鬆症、腰痛、膝痛の割合が有意に高かった。また、高齢者は、肥満であったとしても多数の疾患を保有していなければ、ML の発生になりにくいと考えられる。すなわち、高齢者では健康肥満の存在を考慮すべきであり (田中・梅田, 2001)、肥満の有無と併存疾患の有無を同時に確認することが、ML の保有リスクを把握することに役立つと言える。

4. まとめ

日本人の地域在住高齢女性における移動能力制限 (ML) には、肥満、低筋力、併存疾患がそれぞれ独立して関連していた。さらに、肥満と低筋力、肥満と併存疾患を組み合わせると、ML の保有リスクを高めることが明らかになった。一方、標準体重と低筋力、標準体重と併存疾患の組み合わせでも ML の保有リスクが高かったため、BMI のみならず筋力や併存疾患をチェックしながら、ML を把握すべきであることが示唆された。

第 5 章 研究課題 2

高齢女性の移動能力の制限因子に関する縦断的検討

第1節 研究目的

研究課題2では、BMIと筋力または併存疾患を組み合わせることによるMLリスクについて、縦断的に検討することを目的とした。

研究課題2の目的を達成するために、以下のとおり、2つの副課題を設定した。

課題2-1：移動能力制限に対するBMIと筋力の縦断的関連

課題2-2：移動能力制限に対するBMIと併存疾患の縦断的関連

第2節 方法

1. 対象者と研究デザイン

本研究は、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を対象とした2年にわたる縦断研究である。対象者は、2008-2010年に身体機能を測定し、2年後の2010-2012年に再度、身体機能を測定した高齢女性とした。

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。65-87歳の地域在住高齢女性662名のうち、1) ベースライン（2008-2010年）時に65歳未満の者（40名）、2) 2年後の体力測定会に参加していない者（248名）、3) ベースライン（2008-2010年）時にMLを有していた者（91名）を除外し、最終的に283名（平均72.2±5.0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にて同意を得た。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。

2. 測定・調査項目

年齢，身長，体重，BMI，服薬，運動習慣，疾患，関節痛の状況，身体機能の各項目，質問紙，MLの有無について個別に聴取した．身体機能は，握力，5 m 通常歩行の2項目を測定した．質問紙は Barthel index (ADL)，老研式活動能力指標 (TMIG-IC)，SF-36 を用いた．これらはすべて，第3章「測定項目と測定方法」に示した手法によりおこなった．

3. 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．MLの発生群 (ML 群) と ML の発生なし群 (Non-ML 群) のベースライン時の形態指標，体力測定値，健康関連情報の比較には，連続変数については Mann-Whitney の U 検定を，割合の比較には χ^2 検定を適用した．各群内の2年間の身長，体重，BMI，体力測定値，疾患など，情報の変化については Wilcoxon signed rank test を用いた．ML 群と Non-ML 群の交互作用を検証するために，年齢を共変量とし，時間および群を要因とする二元配置の分散分析 (two-way repeated measures analysis of variance, ANOVA) を適用した．

1) 研究課題 2-1 における統計解析

肥満は BMI を用いて標準体重群 ($< 25.0 \text{ kg/m}^2$) , 肥満群 ($\geq 25.0 \text{ kg/m}^2$) に分類し (Japan Society for the Study of Obesity, 2002), 筋力は握力による ML のカットオフ値を用いて対象者を低筋力群 ($< 19.6 \text{ kg}$) , 高筋力群 ($\geq 19.6 \text{ kg}$) に分類した. BMI の 2 群と筋力の 2 群による組み合わせ (I : 標準体重・高筋力群, II : 標準体重・低筋力群, III : 肥満・高筋力群, IV : 肥満・低筋力群) の 4 つに分け, グループごとに ML の発生割合 (%) を算出した.

ML に対する BMI および筋力の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 2 群 (標準体重群を基準), 筋力の 2 群 (高筋力群を基準) および BMI の 2 群と筋力の 2 群による組み合わせ (上記 I ~ IV : 標準体重・高筋力群を基準) を独立変数とし, 年齢 (連続変数), 運動習慣, 服薬数, 膝関節痛の有無 (それぞれ, 有 : 1, 無 : 0) を調整変数としたロジスティック回帰分析によって各群のオッズ比 (odds ratio: OR) と 95%信頼区間 (confidence interval: CI) を算出した.

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.

2) 研究課題 2-2 における統計解析

BMI を用いて標準体重群 ($< 25.0 \text{ kg/m}^2$) , 肥満群 ($\geq 25.0 \text{ kg/m}^2$) に分類し, 併存疾患を用いて該当していない者を疾患無し (D0 群), 2 つ以上を疾患有している単独疾患 (D1 群), 2 つ以上を疾患有している者を併存疾患 (D2⁺群) に分類し, BMI の 2 群と併存疾患の 3 群による組み合わせ (I : 標準体重・D0 群, II : 標準体重・D1 群, III : 標準体重・D2⁺群, IV : 肥満・D0 群, V : 肥満・D1 群, VI : 肥満・D2⁺群) の 6 つに分け, グループごとに ML の割合 (%) を算出した.

ML と BMI および併存疾患の単独との関連および BMI と併存疾患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 2 群 (標準体重群を基準), 併存疾患の 3 群 (D0 群を基準) および BMI の 2 群と併存疾患の 3 群による組み合わせ (上記 I ~ VI : 標準体重・D0 群を基準) を独立変数とし, 年齢 (連続変数), 運動習慣, 喫煙, 飲酒を調整変数としたロジスティック回帰分析によって各群のオッズ比 (odds ratio: OR) と 95%信頼区間 (confidence interval: CI) を算出した.

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.

第3節 結果

1. 2年後における ML 群と Non-ML 群の比較

283 名の対象者のうち、2 年後フォローアップ調査時における ML の割合は、29.0%（82 名）であった。

Table 5-1 に、ML 群と Non-ML 群の特性を示した。ベースライン時において、Non-ML 群と比較して ML 群では、年齢、BMI、服薬、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、ADL、TMIG-IC、SF-36 の得点が有意に低く、5 m 通常歩行が有意に遅く、運動習慣者の割合が有意に低かった ($P < 0.05$)。2 年後における身長、体重、TMIG-IC はベースラインと比較し、両群とも有意に低く変化し、BMI、握力は Non-ML 群で、SF-36 は ML 群で有意に低く変化した ($P < 0.05$)。また、分散分析の結果、握力、SF-36 で有意な交互作用がみられた ($P < 0.05$)。

2. 2 年後の ML に対する BMI および筋力の単独、BMI と筋力の組み合わせによる関連（課題 2-1）

Table 5-2 に、ML に対する BMI の単独の調整済み OR と 95% CI を示した。2

年後では、標準体重群の 25.8% (49 名)、肥満群の 35.5% (33 名) が ML となっていた。標準体重群を基準とした ML に対する調整済み OR は、肥満群で 1.45 (95% CI: 0.81-2.61) であり、肥満群は ML と関連していなかった。

Table 5-3 に、ML に対する筋力の単独の調整済み OR と 95% CI を示した。2 年後では、高筋力群で 24.1% (53 名)、低筋力群で 46.0% (29 名) が ML となっていた。高筋力群を基準とした ML に対する調整済み OR は、低筋力群で 1.95 (95% CI: 1.02-3.74) であり、低筋力群は ML リスクが有意に高かった。

Figure 5-1 に、BMI および筋力の組み合わせごとに、各群の ML の割合を示した。ML の割合は、標準体重・高筋力群で 20.0% (28 名)、標準体重・低筋力群で 42.0% (21 名)、肥満・高筋力群で 31.3% (25 名)、肥満・低筋力群で 61.5% (8 名) であり、肥満・低筋力群において高値を示した。

Figure 5-2 に、ML に対する BMI と筋力の組み合わせによる調整済み OR と 95% CI を示した。標準体重・高筋力群を基準とした ML に対する OR は、標準体重・低筋力群で 2.33 (95% CI: 1.09-4.99)、肥満・高筋力群で 1.78 (95% CI: 0.91-3.45)、肥満・低筋力群で 3.38 (95% CI: 1.08-13.91) であり、標準体重・低筋力群および肥満・低筋力群において ML リスクが有意に高かった。

3. ML に対する BMI および併存疾患の単独, BMI と併存疾患の組み合わせによる関連 (課題 2-2)

Table 5-4 に, ML に対する BMI の単独の調整済み OR と 95% CI を示した. 2 年後では, 標準体重群で 25.8% (49 名), 肥満群で 35.5% (33 名) が ML となっていた. 標準体重群を基準とした ML に対する調整済み OR は, 肥満群で 1.53 (95% CI: 0.86-2.73) であり, 肥満群は ML と関連していなかった.

Table 5-5 に, ML に対する併存疾患の単独の調整済み OR と 95% CI を示した. 2 年後では, D0 群で 25.3% (24 名), D1 群で 23.30% (28 名), D2⁺群で 44.1% (30 名) が, ML となっていた. D0 群を基準とした ML に対する調整済み OR は, D1 群で 0.71 (95% CI: 0.32-1.54), D2⁺群で 1.35 (95% CI: 0.58-3.17) であり, D2⁺群は ML と関連していなかった.

Figure 5-3 に, BMI および疾患の組み合わせごとに, 各群の ML の割合を示した. ML の割合は, 標準体重・D0 群で 22.2% (16 名), 標準体重・D1 群で 23.8% (20 名), 標準体重・D2⁺群で 44.4% (20 名), 肥満・D0 群で 34.8% (8 名), 肥満・D1 群で 22.2% (8 名), 肥満・D2⁺群で 43.5% (10 名) であり, BMI が高く, 疾患が多いほど高値であった.

Figure 5-4 に, ML に対する BMI と疾患の組み合わせによる調整済み OR と

95% CIを示した。標準体重・D0群を基準としたMLに対するORは、標準体重・D1群で1.09 (95% CI: 0.52-2.31)、標準体重・D2⁺群で2.80 (95% CI: 1.25-6.29)、肥満・D0群で1.87 (95% CI: 0.67-5.19)、肥満・D1群で1.00 (95% CI: 0.38-2.62)、肥満・D2⁺群で2.69 (95% CI: 1.00-7.28)であり、標準体重・D2⁺群においてMLリスクが有意に高かった。

Table 5-1. Characteristics of the study population, mean \pm SD or % (number of cases)

Characteristics		Total n = 283	ML n = 82	Non-ML n = 201	P for interaction
Age, yr [†]	baseline	72.2 \pm 5.0	74.7 \pm 4.9	71.2 \pm 4.7	
Height, cm [†]	baseline	149.3 \pm 6.3	147.7 \pm 5.9	149.9 \pm 6.4	0.790
	after 2 year	148.9 \pm 6.4	147.1 \pm 6.0	149.6 \pm 6.5	
	change	-0.4 \pm 1.3	-0.6 \pm 1.2 *	-0.4 \pm 1.3 *	
Weight, kg	baseline	52.6 \pm 8.1	52.5 \pm 7.7	52.6 \pm 8.3	0.626
	after 2 year	51.8 \pm 8.1	51.7 \pm 7.8	51.9 \pm 8.2	
	change	-0.7 \pm 2.9	-0.8 \pm 3.6 *	-0.7 \pm 2.6 *	
BMI, kg/m ² [†]	baseline	23.6 \pm 3.3	24.1 \pm 3.5	23.4 \pm 3.2	0.957
	after 2 year	23.4 \pm 3.3	23.9 \pm 3.3	23.2 \pm 3.2	
	change	-0.2 \pm 1.4	-0.2 \pm 1.7	-0.2 \pm 1.2 *	
Hand-grip strength, kg [†]	baseline	23.2 \pm 4.7	21.3 \pm 4.4	23.9 \pm 4.6	0.043
	after 2 year	22.7 \pm 4.5	21.2 \pm 3.9	23.2 \pm 4.6	
	change	-0.5 \pm 2.3	0.0 \pm 2.5	-0.6 \pm 2.2 *	
5-m usual gait, s	baseline	3.8 \pm 0.7	4.0 \pm 0.7	3.7 \pm 0.7	0.589
	after 2 year	3.8 \pm 0.7	4.1 \pm 0.8	3.6 \pm 0.6	
	change	0.0 \pm 0.7	0.1 \pm 0.8	0.0 \pm 0.7	
ADL, Barthel index (0-100) [†]	baseline	99.2 \pm 3.9	98.2 \pm 6.3	99.6 \pm 2.1	0.481
	after 2 year	99.4 \pm 3.4	98.5 \pm 5.0	99.7 \pm 2.4	
	change	0.1 \pm 4.1	0.3 \pm 6.4	0.0 \pm 2.6	
TMIG-IC (0-13) [†]	baseline	12.1 \pm 1.3	11.7 \pm 1.6	12.3 \pm 1.1	0.173
	after 2 year	12.4 \pm 1.2	12.1 \pm 1.6	12.6 \pm 0.9	
	change	0.2 \pm 1.2	0.3 \pm 1.5 *	0.2 \pm 1.0 *	
SF-36, physical function scale (1-100) [†]	baseline	82.0 \pm 17.1	70.6 \pm 19.5	86.8 \pm 13.4	0.008
	after 2 year	81.7 \pm 18.2	66.5 \pm 19.6	87.8 \pm 13.5	
	change	-0.6 \pm 16.3	-3.8 \pm 19.5 *	0.8 \pm 14.6	
Exercise habit, yes [†]	baseline	81.6 (231)	70.7 (58)	86.1 (173)	
	after 2 year	78.1 (221)	63.4 (52)	84.1 (169)	
Using medications, yes [†]	baseline	74.9 (212)	82.9 (68)	71.6 (144)	
	after 2 year	79.4 (224)	86.4 (70)	76.6 (154)	
Hypertension, yes	baseline	41.3 (117)	43.9 (36)	40.3 (81)	
	after 2 year	45.6 (129)	53.7 (44)	42.3 (85)	
Diabetes, yes	baseline	7.1 (20)	6.1 (5)	7.5 (15)	
	after 2 year	5.7 (16)	3.7 (3)	6.5 (13)	
Heart disease, yes	baseline	10.2 (29)	14.6 (12)	8.5 (17)	
	after 2 year	11.0 (31)	13.4 (11)	10.0 (20)	
Respiratory disease, yes	baseline	2.5 (7)	3.7 (3)	2.0 (4)	
	after 2 year	2.1 (6)	3.7 (3)	1.5 (3)	
Osteoporosis, yes	baseline	10.2 (29)	12.2 (10)	9.5 (19)	
	after 2 year	11.3 (32)	19.5 (16)	8.0 (16)	
Lower back pain, yes [†]	baseline	12.8 (36)	20.7 (17)	9.5 (19)	
	after 2 year	8.5 (24)	12.2 (10)	7.0 (14)	
Knee pain, yes [†]	baseline	15.6 (44)	25.6 (21)	11.5 (23)	
	after 2 year	12.0 (34)	19.5 (16)	9.0 (18)	

SD: standard deviation. ML: mobility limitation. BMI: body mass index. ADL: activity of daily living. TMIG-IC: Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Index of Competence. SF-36: Medical Outcomes Study 36-item Short Form Survey; physical function scale. * Significant change within group by Wilcoxon signed-rank test ($P < 0.05$). [†] Significant difference between the groups at baseline by Mann-Whitney U-test or chi-square test ($P < 0.05$).

Table 5-2. Odds ratios for the prevalence of mobility limitation according to body mass index.

	ML	Unadjusted odds ratio	Adjusted odds ratio ¹	Adjusted odds ratio ²
	% (n)	(95% confidence interval)	(95% confidence interval)	(95% confidence interval)
BMI, kg/m ²				
Normal weight (< 25.0)	25.8 (49)	1 (reference)	1 (reference)	1 (reference)
Obese (≥ 25.0)	35.5 (33)	1.58 (0.93-2.70)	1.63 (0.92-2.86)	1.45 (0.81-2.61)

¹Adjusted for age. ²Adjusted for age, exercise habit, medications, and knee pain. [†]*P* < 0.05

Table 5-3. Odds ratios for the prevalence of mobility limitation according to hand-grip strength.

	ML	Unadjusted odds ratio	Adjusted odds ratio ¹	Adjusted odds ratio ²
	% (n)	(95% confidence interval)	(95% confidence interval)	(95% confidence interval)
Hand-grip strength, kg				
High (≥ 19.6)	24.1 (53)	1 (reference)	1 (reference)	1 (reference)
Low (< 19.6)	46.0 (29)	2.69 (1.50-4.82) [†]	1.96 (1.05-3.65) [†]	1.95 (1.02-3.74) [†]

¹Adjusted for age. ²Adjusted for age, exercise habit, medications, and knee pain. [†] $P < 0.05$

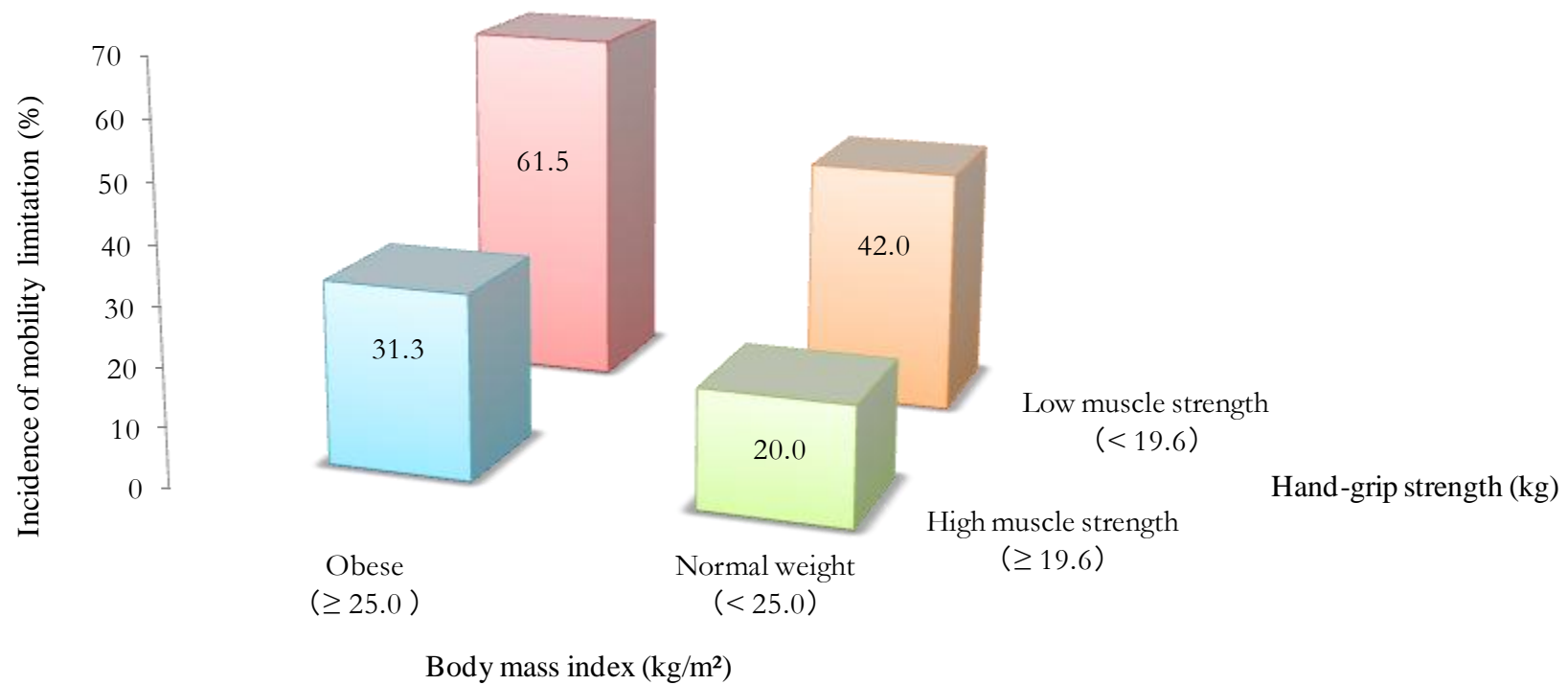


Figure 5-1. Incidences of mobility limitation according to body mass index and hand-grip strength.

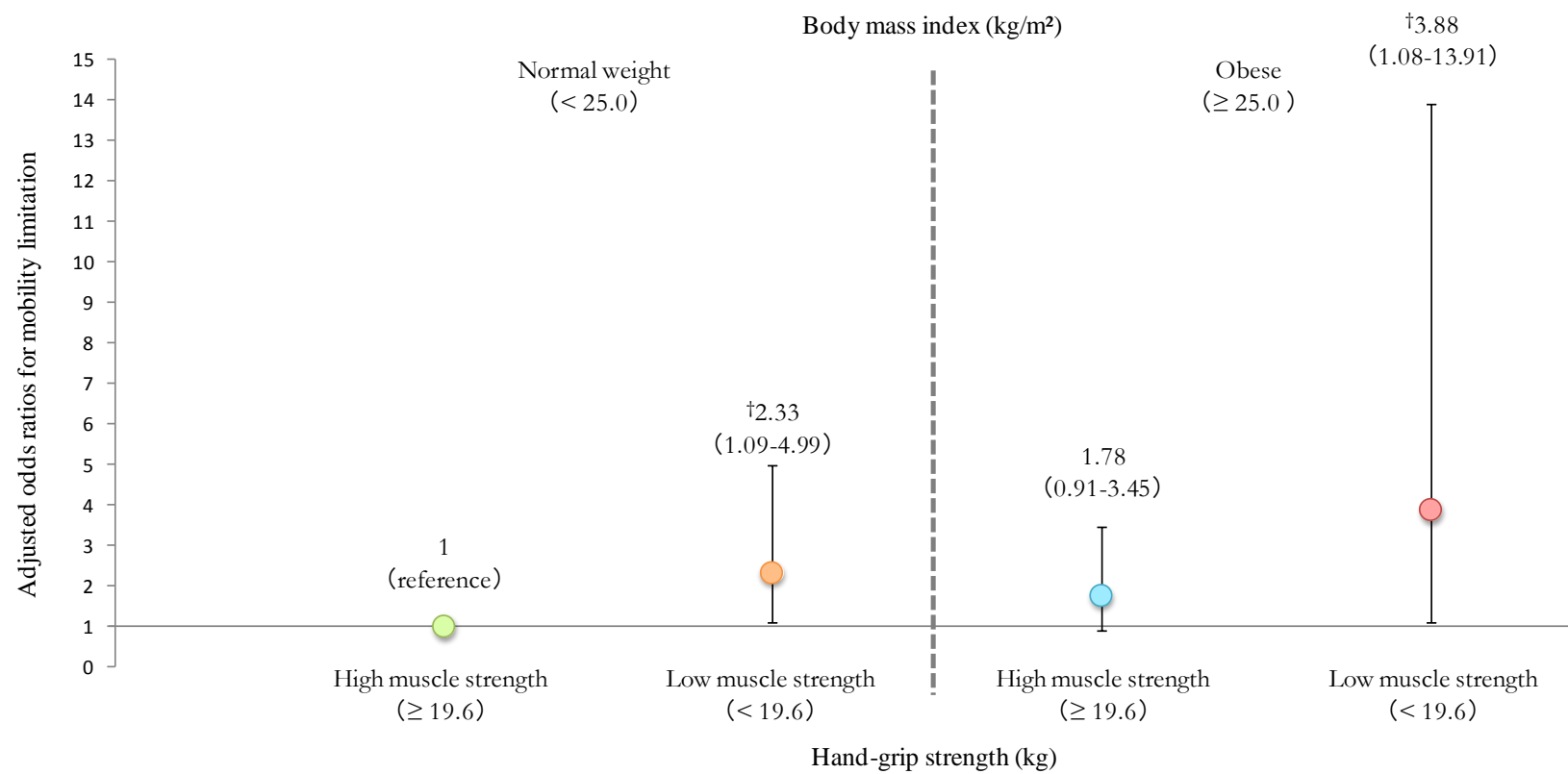


Figure 5-2. Adjusted* odds ratios for mobility limitation according to body mass index and hand-grip strength.

*Adjusted for age, exercise habit, medications, and knee pain. † $P < 0.05$

Table 5-4. Odds ratios for the prevalence of mobility limitation according to body mass index.

	ML	Unadjusted odds ratio	Adjusted odds ratio ¹	Adjusted odds ratio ²
	% (n)	(95% confidence intervals)	(95% confidence intervals)	(95% confidence intervals)
BMI, kg/m ²				
Normal weight (< 25.0)	25.8 (49)	1 (reference)	1 (reference)	1 (reference)
Obese (≥ 25.0)	35.5 (33)	1.58 (0.93-2.70)	1.63 (0.93-2.86)	1.39 (0.71-2.71)

¹Adjusted for age. ²Adjusted for age, exercise habit, smoke, and alcohol. [†]P < 0.05

Table 5-5. Odds ratios for the prevalence of mobility limitation according to disease.

	ML	Unadjusted odds ratio	Adjusted odds ratio ¹	Adjusted odds ratio ²
	% (n)	(95% confidence intervals)	(95% confidence intervals)	(95% confidence intervals)
Disease, number				
0 disease	25.3 (24)	1 (reference)	1 (reference)	1 (reference)
1 disease	23.3 (28)	0.90 (0.48-1.69)	0.67 (0.35-1.32)	0.71 (0.32-1.54)
2 or more disease	44.1 (30)	2.34 (1.20-4.55) [†]	1.98 (0.98-4.02)	1.35 (0.58-3.17)

¹Adjusted for age. ²Adjusted for age, exercise habit, smoke, and alcohol. [†] $P < 0.05$

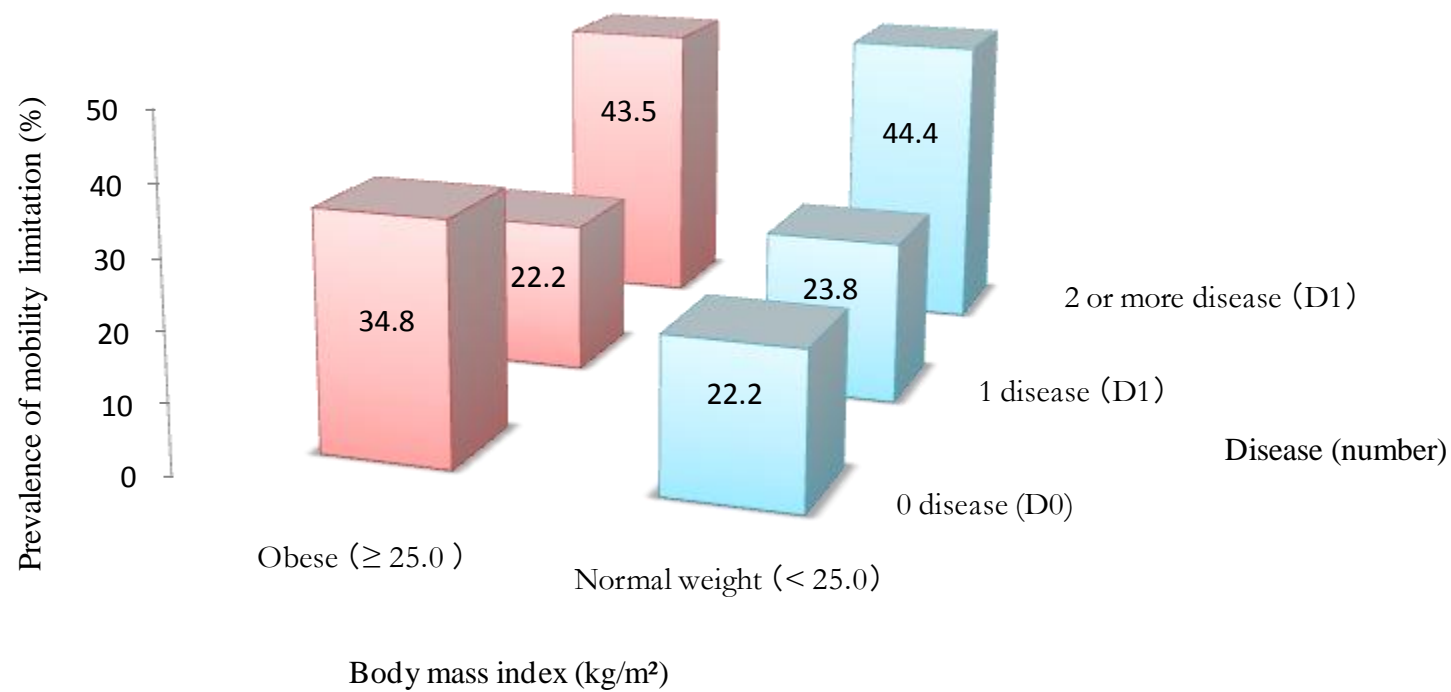


Figure 5-3. The prevalence of mobility limitation according to body mass index and disease.

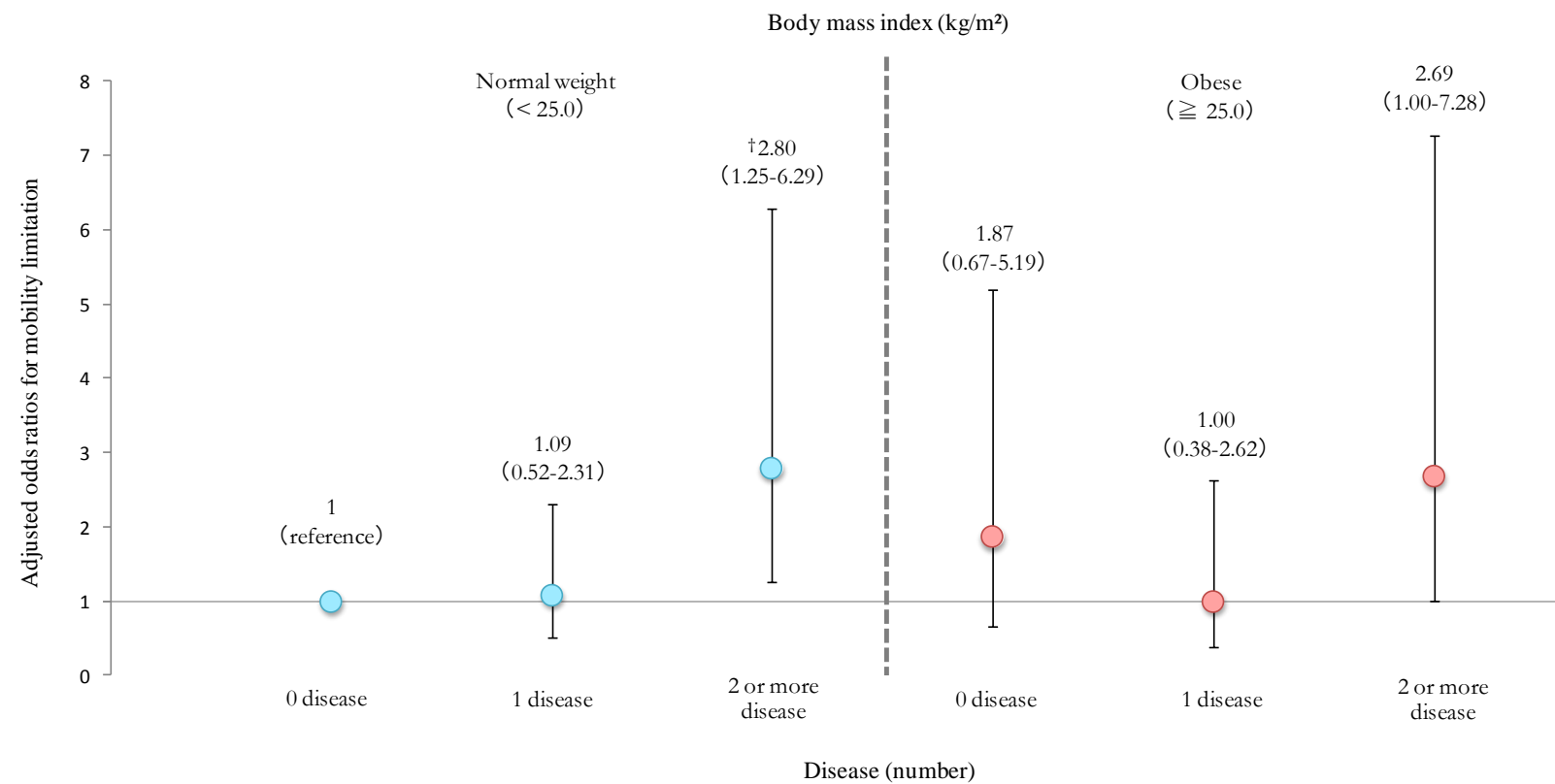


Figure 5-4. Adjusted* odds ratios for mobility limitation according to body mass index and disease categories.

*Adjusted for age, exercise habit, smoke, and alcohol. † $P < 0.05$

第4節 考察

本研究では、BMI、筋力、併存疾患の単独およびBMIと筋力、BMIと併存疾患の組み合わせによるMLリスクについて検討した。その結果、低筋力の単独、標準体重または肥満と低筋力の併持、標準体重または肥満と併存疾患の併持は、2年後のMLリスクを高めることが明らかとなった。

1. MLの発生率

欧米人のMLの割合は、70-79歳以上の高齢女性を対象とした2年半後のMLの発生率は31.8%（年12.7%）であったと報告されている（Visser et al., 2005）。また、Health, Aging and Body Composition Study (Cesari et al., 2009a) では、5年間のMLの発生率が44%（年8.8%）であった。本研究対象者におけるMLの発生率は29.0%（年14.5%）であり、先行研究より本研究におけるMLの発生率は高いと考えられる。

2. 肥満と低筋力、その組み合わせによるMLリスク

本研究において、肥満は独立因子としてMLと関連しなかった。その理由と

して2年間で体重とBMIにおいて変化しなかったこと、身体機能（5 m 通常歩行）の変化がなかったことが挙げられる。すなわち、2年間の身体的な変化がなければ、2年後のMLの発生との関連は低くなると考えられる。Marsh et al. (2011) は、70-89歳の身体活動量が少ない高齢者406名を対象とし、MLの発生に対する低筋力と肥満のハザード比を検討するため、6ヵ月、1年、1年半後の計3回、追跡調査をおこなった。その結果、BMI ≥ 30 kg/m²の群に比べて、BMI 25-29.9 kg/m²群ではMLの発生リスクが約半分である一方、BMI ≤ 25 kg/m²群ではBMI ≥ 30 kg/m²群と同等な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を報告し、肥満とMLの関連を明らかにした。Marsh et al. (2011) のBMI 25-29.9 kg/m²は、本研究の肥満群とBMI範囲が同じであり、先行研究と同様に、肥満が独立してMLへ関連しなかったと考えられた。

本研究では、低筋力は独立してMLに有意に関連していた。Visser et al. (2005) は70-79歳の高齢者3075名を対象として2年半の追跡調査で、低筋量と低筋力によるMLの識別力を検討した。その結果、筋量より筋力の識別力が高かく、体脂肪の多い人ではMLリスクが増加することを明らかにした。また、Marsh et al. (2011) は、高筋力群に比べ、低筋力群はMLの発生リスクが約6倍に高くなること、Rantanen et al. (1994) は疾患と関節痛の発生や身体活動低下が筋力低下

につながると報告している。本研究において、ML 群は握力を維持していた。一方、運動習慣の割合が 70.7%から 63.4%に減少していることや高血圧と骨粗鬆症の割合が 43.9%から 53.7%に増加していたことから、疾患の発生率や身体活動低下が ML と関連した可能性がある。

本研究では、ML に対する調整済み OR は、標準体重・低筋力群で 2.33 (95% CI: 1.09-4.99)、肥満・高筋力群で 1.78 (95% CI: 0.91-3.45)、肥満・低筋力群で 3.88 (95% CI: 1.08-13.91) であり、標準体重・低筋力群および肥満・低筋力群が ML リスクと有意に関連していた。本研究の結果は、Stenholm et al. (2009) は 65 歳以上の高齢者 930 名を対象とした 6 年間の追跡調査で、肥満と低筋力を併持する「サルコペニア肥満」が、ML の単独因子より強力な ML の予測因子であることを明らかにしている。本研究では、Stenholm et al. (2009) と類似な結果を得られているが、本研究では肥満・低筋力に比べ、標準体重・低筋力が有意に高かった。標準体重は肥満と同等な結果を得られている。これらの結果から、BMI の単独では ML と関連しないが、筋力を併持することで ML と強く関連すると考えられる。筋力は単独因子として 2 年後の ML と有意に関連していたため、2 年後の ML は BMI より低筋力の影響が反映している可能性が高い。高齢女性の ML を縦断的に評価するためには、BMI と筋力による組み合わせによって評価す

ることの重要性が示唆された。

3. 肥満と併存疾患、その組み合わせによる ML リスク

ML に対する併存疾患の OR は, D1 群で 0.71 (95% CI: 0.32-1.54), D2⁺群で 1.35 (95% CI: 0.58-3.17) であり, ML に有意な関連はなかった。これらの結果から, 横断研究では併存疾患と ML との関連が高いと考えられるが, 縦断研究では併存疾患と ML との関連が低く, 欧米の先行研究 (Stuck et al., 1999, Fried et al., 1998, Fried et al., 1999) と異なって長期的な影響は弱くなる可能性があると言える。

Fried et al. (2004) のレビューでは 65-79 歳のアメリカ高齢者の併存疾患の保有割合は 35.3%で, 80 歳以上になると 70.2%に達している。医療データ分析では, 65 歳以上の高齢者の 3 分の 2 が併存疾患の状態であるため, 虚弱高齢者の割合が増えていることを裏付けた結果であり, 併存疾患の状態は, 虚弱や障害を遂行する独立因子であると考えられる。Theou et al. (2012) による 65 歳以上の高齢者 2305 名を対象者としたコホート研究で, frailty index (ADL と Instrumental ADL) に対する障害と併存疾患との関連を検討した。その結果, frailty index score に障害および併存疾患を加えると frailty index score の 0.1 増加し, ADL 障害や死亡率が 25-30%高くなると報告している。本研究においても併存疾患の割合は先行研

究と類似な割合を示しており, Non-ML 群(18.9% (38 名))に比べ, ML 群は(36.6% (30 名)) 併存疾患の割合が有意に高かった. 一方, ADL や TMIG-IC の変化がなかったことから, 身体的または自己健康度のレベルが高い可能性もある.

ML に対する BMI と併存疾患の組み合わせによる結果は, 標準体重・D1 群で 1.09 (95% CI: 0.52-2.31), 標準体重・D2⁺群で 2.80 (95% CI: 1.25-6.29), 肥満・D0 群で 1.87 (95% CI: 0.67-5.19), 肥満・D1 群で 1.00 (95% CI: 1.38-2.62), 肥満・D2⁺群で 2.69 (95% CI: 1.00-7.28) であり, 標準体重・D2⁺群のみが有意に高かった. また, 肥満・D0 群と肥満・D1 群と肥満・D2⁺群では U 字型の関連をしていた. 肥満・D2⁺群の OR (2.69, 95% CI: 1.00-7.28) は有意ではなかった. 肥満・D2⁺群はサンプルサイズが少なかったため, サンプルサイズを増やして再度検討する必要がある. 下方 (2001) は疾患を有していなければ肥満を治療する必要がなく, 健康で長生きするには体重を維持することの重要性を議論している. 2 年後では肥満および併存疾患の単独は ML と関連してなかったが, 肥満と併存疾患を組み合わせることで ML リスクは有意に高かったため, 高齢女性の ML を縦断的に評価するためには, BMI と併存疾患の組み合わせによる評価が重要であると示唆された.

4. 研究課題 2 のまとめ

日本人の地域在住高齢女性における ML には、低筋力のみが独立して関連していた。標準体重・低筋力、標準体重・併存疾患を併持すると、ML に対する関連を高めていた。さらに、肥満と低筋力、肥満と併存疾患を併持すると、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。一方、課題 1 と異なって BMI、併存疾患は単独して関連していなかったため、縦断的な評価する際には BMI と低筋力および併存疾患の組み合わせによる評価が必要である。

第 6 章 研究課題 3

運動の習慣化による身体機能の改善が移動能力制限に及ぼす効果

第1節 研究目的

課題1, 課題2を通して, 1) ML 因子 (BMI, 筋力, 併存疾患) を維持すれば ML の保有割合や発生リスクは減少すること, 2) ML 因子の併持状況が ML に強く関連しており, 標準体重あっても肥満あっても, 低筋力と併存疾患を組み合わせることで ML の保有割合やリスクが高くなることを明らかにした. したがって, BMI, 筋力, 併存疾患は ML を把握するための重要な因子であり, ML を効果的に予防するには組み合わせの観点から評価する必要性が示唆された.

ML を改善する方法の1つとして運動実践が有効であると考えられる. 先行研究によると, レジスタンス (Bean et al., 2004), 筋力 (Fahlman et al., 2007, Topp et al., 2005, Thompson et al., 2004, Wood et al., 2001), バランス (Simons et al., 2006), 柔軟性 (Wood et al., 2001) を用いたプログラムを提供することで ML を改善できると報告している. 特に, 高齢女性では, 高齢男性よりも相対的な移動能力に対する筋力の寄与率および筋量が少なく (Janssen et al., 2000), 多くの体力要素が ML へ影響している可能性があり (清野ら, 2011), 筋力運動のみといった単一要素による運動では予防効果が得られにくいと報告されている (Daniels et al., 2008). したがって, さまざまな運動様式を組み合わせた総合的な運動を実践す

ることによって,MLの改善が期待できる (King et al., 2000, van Gool et al., 2005).

そこで,本研究では,MLおよびML因子(肥満,低筋力,併存疾患)を有している者を対象とし,運動の習慣化による身体機能の改善がMLに及ぼす効果について検討することとした.

第2節 方法

1. 対象者と研究デザイン

本研究は、茨城県阿見町および八千代町において 2008-2012 年に開催された介護予防運動教室に参加した地域住民を対象とした介入研究である。対象者は、1) 要介護認定を受けてない、2) 65 歳以上である、3) 主治医から運動実践の同意を得ることができた 65-91 歳の高齢女性 389 名とした。

対象者のうち、1) 教室開始時に移動能力制限のない者 (143 名)、2) 肥満、筋力、併存疾患のいずれにも該当しない者 (29 名)、3) データに欠損のあった者 (38 名)、4) 数年にわたり運動教室に参加した者 (74 名) を除外し、最終的に 105 名 (78.4 ± 6.3 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。

2. 運動教室概要介入前後の調査を含め、週 1 回、計 14 週間 (全 14 回) の教

室を開催した。毎回教室時間は 90 分であり、そのうち運動実践時間は約 50 分である。各回の教室内容は、1) 体調チェック（血圧、服薬、関節痛の有無など）、2) レクリエーション、3) 準備運動、4) 主運動（下肢筋力・バランス・歩行を含めた複合運動）、5) 整理運動により構成した。また、運動実践への意欲を高めることを目的とした健康講話を併せておこなった。

さらに、教室では「在宅運動」と称して自宅でできる運動プログラムを提供した。在宅運動プログラム内容は、自重による下肢・上肢機能の筋力を高める内容を中心とした運動とし、ML への影響する低筋力の改善および日常生活動作の円滑な遂行を目指した。

3. 測定項目および測定方法

年齢、身長、体重、BMI、服薬、運動習慣、疾患、関節痛の状況、身体機能の各項目、質問紙、ML の有無について個別に調査・測定した。身体機能測定は、握力、5 m 通常歩行、5 回いす立ち上がり、ステップテスト、タイムドアップアンドゴー、タンデムバランスの 6 項目を測定した。質問紙は ADL, IADL, TMIG-IC, SF-36 を用いた。これらはすべて、第 3 章「測定項目と測定方法」に示した手法によりおこなった。

1) 身体機能得点算出 (lower extremity performance score: LEPS)

身体機能低下を総合的に評価するため、LEPS (清野ら, 2011) を用いた。LEPS は、タンデムバランス (X_1), 5 回いす立ち上がり (X_2), ステップテスト (X_3), タイムドアップアンドゴー (X_4) の 4 項目から構成され、その総合得点を算出したものである (清野ら, 2009, Seino et al., 2012)。LEPS の推定式は以下のとおりである。

$$\text{LEPS} = 0.031X_1 - 0.106 X_2 - 0.192 X_3 - 0.096 X_4 + 1.672$$

4. 統計解析

すべての測定値は、平均値 \pm 標準偏差または割合 (%) で示した。介入前後における身体機能測定値の変化には対応のある t 検定を適用した。また、介入前後の ML, BMI, 低筋力, 併存疾患の割合変化の比較には、McNemar 検定を施した。

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。

第3節 結果

Table 6-1 に、対象者の特徴を示した。対象者の平均年齢は 78.4 ± 6.3 歳、ML の保有割合は歩行の困難感を有する者が 52.4% (55 名)、階段昇段の困難感を有する者が 91.7% (102 名) であった。ML へ影響を及ぼす因子の保有割合は、肥満 46.7% (49 名)、低筋力 64.8% (68 名)、併存疾患 51.4% (54 名) であった。ML 因子を 1 つ保有する者は 50.5% (53 名)、2 つ保有する者は 36.2% (38 名) であった。

Figure 6-1 に、介入前後における ML の割合の変化を示した。計 14 週間の運動によって、ML の該当者 (A) は 100% (105 名) から 82.9% (87 名) と有意に減少した。ML の診断項目である階段昇段の困難感は 97.1% (102 名) から 80.0% (84 名) へと有意に減少したが、歩行の困難性は 52.4% (55 名) から 48.6% (51 名) であり、有意に変化しなかった。

Figure 6-2 に、介入前後における肥満、低筋力、併存疾患に該当者の割合の変化を示した。運動後において、肥満、低筋力、併存疾患については、統計的に有意な変化しなかった。

Figure 6-3 に、介入前後における握力、5 m 通常歩行、LEPS の変化を示した。

握力は 18.4 ± 3.9 kg から 18.8 ± 4.0 kg へ, 5 m 通常歩行は 6.7 ± 4.5 秒から 6.2 ± 5.1 秒へ, LEPS は -1.4 ± 1.4 点から -0.9 ± 1.0 点へと有意に改善し, LEPS を算出するために必要なすべての体力項目において (タンデムバランス, 5 回椅子立ち上がり, ステップテスト, タイムドアップアンドゴー) は, 有意に改善した.

Table 6-1. Characteristics of the study population (n = 105)

Characteristics	Mean \pm standard deviation or % (number of cases)
Age, yr	78.4 \pm 6.3
Height, cm	143.9 \pm 6.1
Weight, kg	52.0 \pm 9.6
Body mass index, kg/m ²	25.0 \pm 3.9
Life style	
Using medications, number	4.1 \pm 2.8
Exercise habit, presence	63.8 (67)
Self-reported questionnaire	
Kihon check list, locomotorium (0-6)	2.8 \pm 1.0
Activity of daily living (ADL), Barthel index (0-100)	96.8 \pm 10.8
Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Index of Competence (0-13)	10.3 \pm 2.8
Medical Outcomes Study 36-item Short Form Survey, PF (1-100)	60.3 \pm 21.9
Stairs climbing 10 steps without help, presence	97.1 (102)
Difficult walking one-half mile without resting, presence	52.4 (55)
Risk factor of mobility limitation (obese, low muscle strength, comorbidity)	
Obese (BMI \geq 25.0 kg/m ²), presence	46.7 (49)
Hand-grip strength (\geq 19.6 kg), presence	64.8 (68)
Comorbidity, presence	51.4 (54)
One of risk factor, presence	50.5 (53)
Two of risk factor, presence	36.2 (38)
All of risk factor, presence	13.3 (14)
Physical performance test	
Hand-grip strength, kg	18.4 \pm 3.9
5-m usual gait, s	6.8 \pm 4.5
Lower extremity performance score	-1.4 \pm 1.5
Tandem stance, s	19.5 \pm 10.4
Chair stand test, s	12.0 \pm 4.5
Alternate step, s	7.4 \pm 3.5
Timed up and go, s	11.6 \pm 7.3

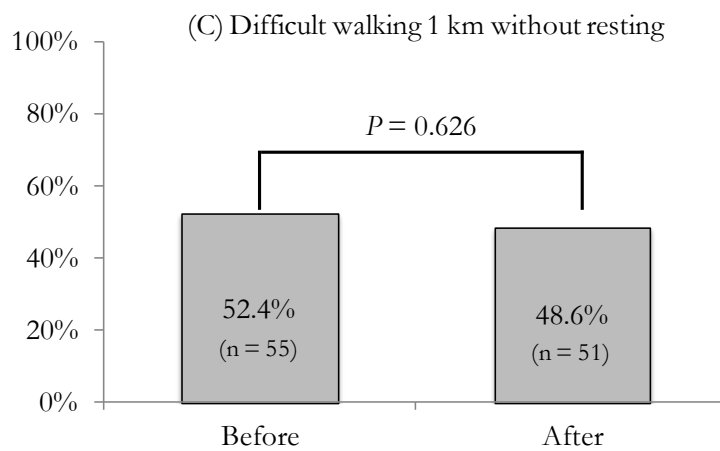
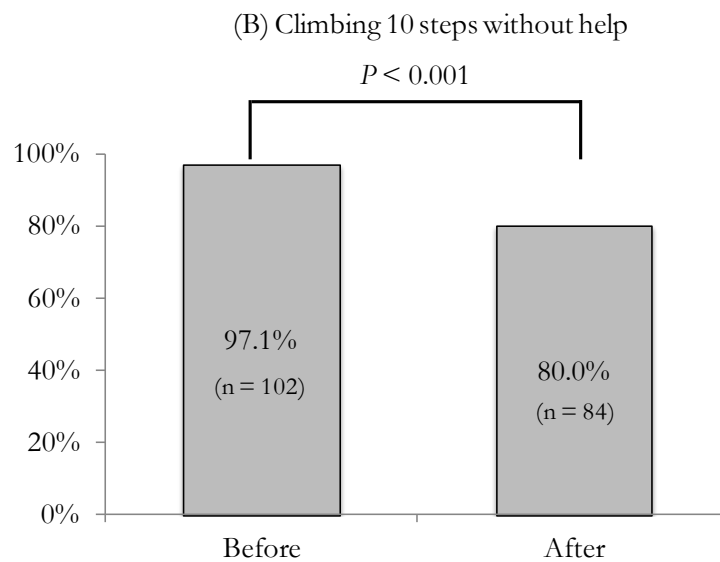
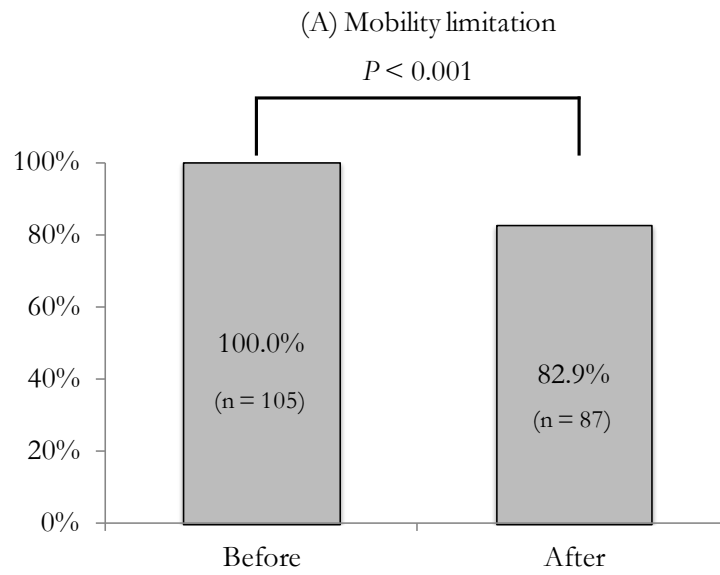


Figure 6-1. The prevalence of mobility limitation decreased from before and after in the intervention.

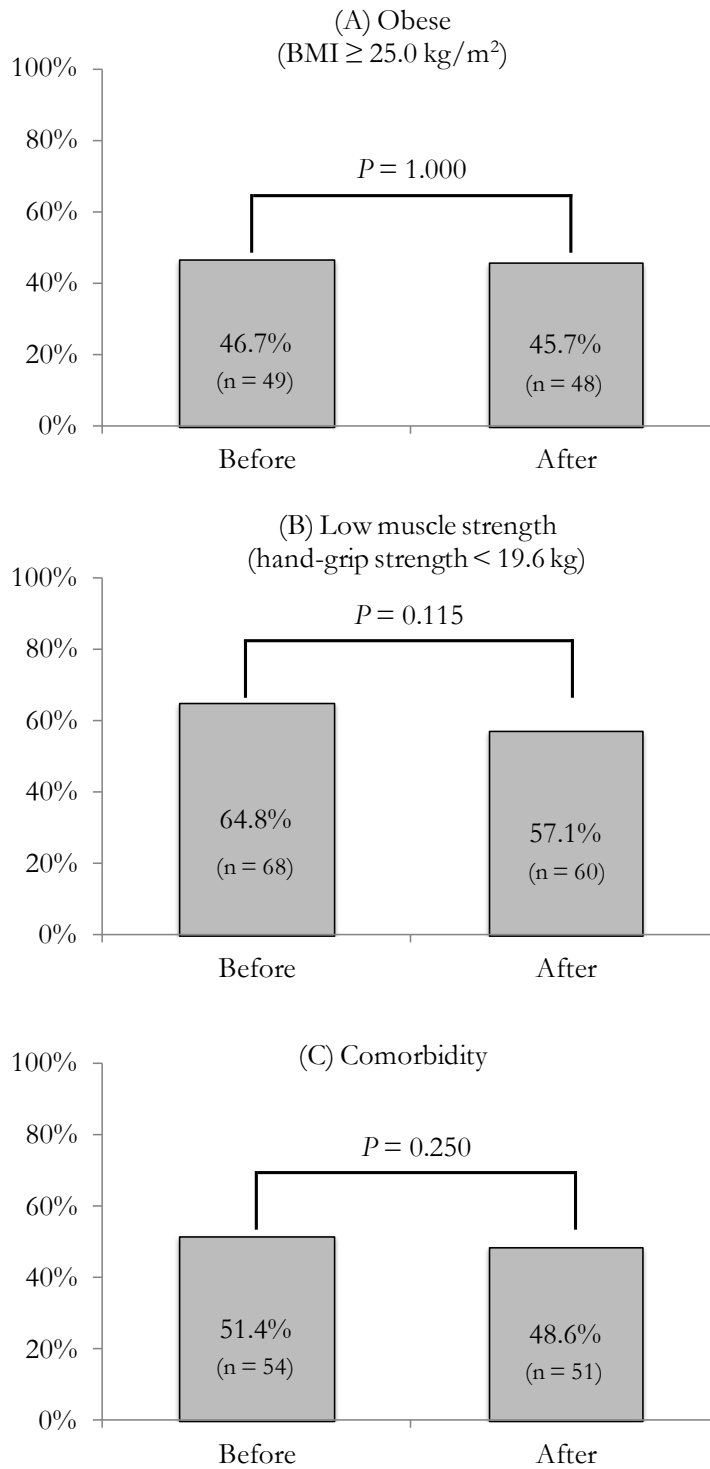


Figure 6-2. The prevalence of participants having obese, low muscle strength and comorbidity.

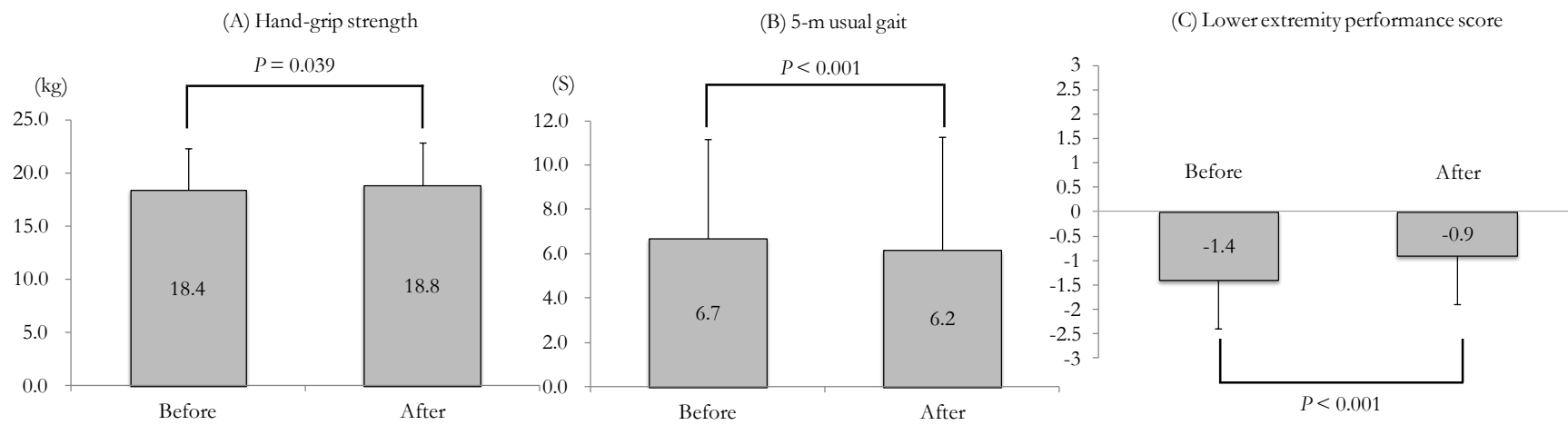


Figure 6-3. Physical performance test of before and after in the intervention.

第4節 考察

本研究課題では、計 14 週間にわたる運動教室を開催し、運動実践による身体機能改善によって、ML への改善効果を検討した。その結果、運動教室参加および在宅での運動実践によって、ML の保有割合は有意に減少し、さらに、ML 因子である低筋力においても該当者の割合が有意に減少した。

本研究では、ML の保有割合が有意に改善していた。先行研究によると、運動実践が ML の改善に有効であることが報告されており、Bean et al. (2004) は、筋力運動が筋力だけではなく、身体機能や歩行速度の改善に効果があったと報告している。他にもレジスタンス運動は筋力 (Fahlman et al., 2007, Topp et al., 2005, Thompson et al., 2004, Wood et al., 2001)、バランス (Simons et al., 2006)、柔軟性 (Wood et al., 2001) の向上にもつながると報告されている。このようにレジスタンス運動は筋力（特に下肢機能）や身体機能向上に効果的であるが、ストレッチや柔軟性を組み合わせた運動の方が全身に与える運動効果が大きく (King et al., 2000, van Gool et al., 2005)、特に、高齢者の身体機能は融合していくため (金ら, 1993)、単一要素を取り入れた運動より、複数の要素を組み合わせた運動が効果的であると考えられる (Daniels et al., 2008)。本研究では、週 1 回の運動教室

と運動習慣化を身につけるための自重による筋力運動を中心とした (Bean et al., 2002, Bean et al., 2004) 在宅運動を組み合わせた総合的な運動プログラムを提供した。その結果、平均年齢 84 歳の高齢者であるにもかかわらず、身体機能改善や ML の改善につながっていた。すなわち、本研究の運動は ML の改善に効果的であり、運動実践は ML の改善として有効であった。

ここで、ML を診断するために必要な「歩行」および「階段昇段」の困難感に着目する。歩行困難感を有していた者の割合は、有意に改善しなかったが（介入前：52.4%，介入後：48.6%），階段昇段の困難感を保有していた者の割合が有意に減少していた（介入前：97.1%，介入後：80.0%）。これらの結果は、階段昇段の困難感が緩和されることにより ML が改善する可能性を示しており、自立して階段昇段ができる水準の身体機能や下肢機能を保持すれば ML の保有割合が減少する可能性が示唆された。

次に、身体機能と ML の保有割合について着目する。本研究では、全身の筋力を評価していると考えられる握力 (Rantanen et al., 1994), 日常生活内での歩行能力を評価していると考えられる 5 m 通常歩行 (Cooper et al., 2011), 下肢筋力とバランス、階段昇段能力を総合的に評価した身体機能得点 (LEPS) (清野ら, 2009) で構成された項目を用いて身体機能の評価した。その結果、すべての項目

が有意に改善していた。Gudlaugsson et al. (2013) は 71-90 歳の高齢者 117 名を対象とした 1 年間（6 ヶ月介入クロス）の多面的運動介入の結果、女性において身体活動：39%，身体機能：7%，筋力増加：13%，動的バランス：10%，歩行能力：5-6%の変化があったこと、また、1 年後も身体機能を維持していたと報告している。Gudlaugsson et al. (2013) は、長期にわたる運動実践によって、身体機能の改善よりも身体活動量が大きく改善していた。したがって、身体活動の維持を目的とした長期間継続できる運動実践が ML の発生を予防し、改善・抑制できると推察できる。高齢者における ML はその発生過程において、改善や発生の間を頻繁に移行するとされているため (Gill et al., 2006), ML 群におけるリスク減少と逆戻り予防、運動介入後も身体機能をリバウンドさせない方策が必要である。これらについての報告は 1 編のみであり (Gill et al., 2006), 長期間の介入で ML と ML 因子の変化に着目した報告は見当たらず、本研究は短期間の介入であったことから、今後では長期にわたる検討が必要であると考えられる。

本研究課題 3 では、地域在住高齢女性の運動の習慣化による身体機能の改善が ML の維持や改善に効果的であった。さらに、ML との関連が強い筋力においても改善がみられたため、運動実践は ML の改善に有効であることが示唆された。

第 7 章 総括

第1節 総合討論

移動能力制限（ML）に関連する BMI，筋力，併存疾患によって，ML を把握できるとされてきた．本研究課題においても，ML 因子の組み合わせによる観点から ML の予測に有用な BMI，筋力，併存疾患の 3 つの因子を検討してきた．

本博士論文では，肥満と低筋力，および肥満と併存疾患を合わせることで，単独因子より ML の保有割合や発生率を高めるとの研究仮説を検証した．その結果，課題 1 では「BMI の単独，筋力の単独，併存疾患の単独よりも，標準体重および肥満と低筋力，標準体重および肥満と併存疾患を組み合わせることで ML の保有リスクが高まること」を，課題 2 では「標準体重または肥満と低筋力の併持，標準体重または肥満と併存疾患の併持は，2 年後の ML リスクを高めることが明らかとなった．標準体重および肥満と低筋力，標準体重および肥満と併存疾患を組み合わせることで ML リスクが高まること」を明らかにした．肥満，筋力および併存疾患の状態を把握することで，ML の保有可能性を見出したり，将来的に ML の発生リスクを予測できることが明らかとなった．特に，低筋力や併存疾患に肥満を併せ持つことが ML リスクをさらに高めることから，ML は，ML 因子を組み合わせの観点から評価することが重要であろう．

本研究のみならず、多くの先行研究が ML の予測における肥満、低筋力、併存疾患の有用性を報告し、ほとんどの研究では、肥満・低筋力（サルコペニア）に着目したものが多く、その重要性を示唆されている（Stenholm et al., 2008, Stenholm et al., 2007）。しかし、Marsh et al. (2011) の報告では BMI ≥ 30 kg/m²群に比べて、BMI 25-29.9 kg/m²群で ML リスクが 0.5 倍低くなっていた。本研究結果において、標準体重であっても ML 因子を組み合わせることで ML リスクが高くなっていたため、BMI ≤ 18.5 kg/m²の対象者を加え、ML に対する BMI と筋力の組み合わせの関連を検討することが必要であると考えられる。

肥満、低筋力、併存疾患を把握することで、ML の保有割合や発生リスクを予測することができるが、課題 3 では、運動を中心とした介入によって、ML の改善について検討した結果、ML の保有割合は有意に減少することが明らかになった。さらに、ML の保有割合は、低筋力である者の割合が減少したものの、肥満および併存疾患者の割合は変化しなかったため、ML 因子は、短期間の運動介入によって改善しやすい因子と、改善の見込めない因子があると考えられる。例えば、肥満や併存疾患は、運動のみでは変化しにくく、食生活や服薬状況、医師の診断基準に大きく左右される一方、筋力は運動実践によって改善することが明らかである（課題 3）。ML を評価のための指標として ML 因子を用い、対

処方の一つとして長期間の運動支援をおこなう必要性があると考えられる。

本研究では、対象者の割合が少なかったため BMI < 18.5 kg/m² 未満および BMI 30 以上の対象者を除外した。Troiano et al. (1996) は、30 年間のフォローアップ調査をおこない、BMI と死亡率が U 字型であると報告している。同様の報告をしている研究は数多い。日本においても、(U 字、J 字カーブについて説明) そのため、本研究で除外した BMI18.5 未満や BMI30 以上の高齢者の ML について検討できることが望ましい。老年症候群や虚弱を判断する指標では、体重の減少や低体重を重要視していること、多くの研究で肥満と ML リスクの関係について述べられてきた。したがって、今後の課題として、極度の痩せや肥満者にも焦点をあてた検討をすることが必要である。

老年症候群 (Inouye et al., 2007) および虚弱 (Fried et al., 2001) の指標では、体重減少や低体重を用いている。しかしながら、多くの研究は、肥満に着目した研究が多く、痩せのデータは少ない傾向である。また、痩せは ML 因子を保有した場合に、ML リスクが高くなり、虚弱化が急激に高まるという可能性の仮説を裏付ける結果としても解釈できることから、日本人においては、肥満と共用に痩せも含めて検討する必要がある。痩せを対象とした支援策の構築が急務となる可能性が高く、痩せに対する本研究の知現の適用可能性に着目した検討

が重要課題といえよる.

第2節 結語

本研究は、高齢女性を対象にして BMI と筋力および併存疾患の組み合わせの観点から移動能力制限（ML）との関連を検討し、ML の把握・対処法に向けた有益な知見を見出すことであった。

これらの一連の検討をおこなった結果、以下に示す知見が得られた。

1) 高齢女性における ML には、肥満、低筋力、併存疾患がそれぞれ独立して関連していた。さらに、肥満と低筋力、肥満と併存疾患を併持すると、ML の保有リスクを相乗的に高めることが明らかになった。一方、標準体重と低筋力、標準体重と併存疾患を併持しても ML の保有リスクを高めていたため、ML を効果的に把握するためには、BMI と筋力、BMI と併存疾患の組み合わせによる観点から評価する必要性が示唆された。

2) 高齢女性における ML には、低筋力のみが独立して関連していた。標準体重・低筋力、標準体重・併存疾患を併持すると、ML リスクを高めていた。さらに、肥満と低筋力、肥満と併存疾患と併存疾患を併持すると、ML リスクを相乗

的に高めることが明らかになった．一方，**ML** の単独因子として低筋力のみが **ML** と関連していた．これらの結果は，課題 1 と異なって **BMI** と併存疾患の変化がなければ **ML** の発生リスクは減少することを示唆するものである．

3) 地域在住高齢女性における運動実践は **ML** の身体機能維持や改善に効果的であった．また，**ML** 因子の中で **ML** との関連が強い筋力においても改善がみられたため，**ML** の改善に有効であると言えよう．

第3節 研究の限界

研究成果を導く過程で、以下に示す限界の存在が明らかになった。本博論文の学術的な位置づけを明確にし、一般化可能性を考察するため、本研究成果の一般化を制限する諸条件を記述する。

1) 定義による限界

第1章の第4節にて、本研究を通じて使用する用語の定義を明確にした。本研究における結論は、この定義の範囲内で検討をおこない、導き出したものである。

2) 標本抽出に伴う限界

本研究は、茨城県、千葉県、福島県およびその周辺に在住する高齢者を対象としており、対象者の抽出を全国的規模で無作為におこなっていない。そのため、本研究で得られた結果は、これらの標本内で得られたものであり、必ずしも幅広い地域やライフスタイルの異なる集団にも当てはまるとは限らない。また、各地域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、対象者の多くは測定会に自身で参加した。したがって、本研究対象者の身体的レベルは比較的高水準であると考えられる。

3) 高齢者の ML の定量化における限界

本研究では、BMI、筋力、併存疾患の組み合わせによって ML が十分に把握できる可能性を示した。高齢者の ML に関連する個々の因子の中で BMI、筋力、併存疾患は、比較的高い説明率を有すると考えられる。しかし、高齢者の ML は、身体的要因だけではなく、心理的・社会的要因の影響も考えられるため、BMI、筋力、併存疾患の 3 つの因子のみで ML のすべてを説明するには限界が伴うことも踏まえておくべきである。

4) 測定・調査における限界

本研究では、面接および身体機能の測定担当者は、検者間誤差を少なくするための研修を定期的に受けている。また、質問紙調査や形態、握力の測定では、高齢者の調査・測定に熟練した者を担当とすることで、可能な限り誤差範囲の最小化に努めた。しかし、必ずしも検者間誤差以外に測定時期、地域、対象者の性格、などの誤差要因を除去できるとは限らないため、この点は測定に伴う

限界である.

また, 本研究では簡便な調査項目を用いたため, ML および併存疾患の詳細な症状を把握しきれていない可能性があり, このような測定・調査に伴う限界を有している.

5) 交絡による限界

本研究では, 運動習慣や既往歴, 関節痛などの健康関連情報を聴取し, 調整変数として扱った. しかしながら, すべての交絡要因を聴取できていない可能性もあり, 限られた情報による解析結果であることに留意が必要である.

謝辞

博士論文を綴り終えるあたり、筑波大学体育系（スポーツ医学専攻）教授田中喜代次先生に心より感謝申し上げます。指導教官である田中喜代次先生には、2006 年筑波大学大学院の研究生として入学して以来、8 年間にわたって懇篤なご指導を賜りました。研究だけではなく、研究者としての心がまえや倫理観、社会や国民に対して果たすべき今後の役割など、多くのことをご教授いただきました。また、多岐にわたって貴重な体験をさせていただき、人間的に大きく成長することができました。田中喜代次先生のもとで習得したことは多大であり、今後の活動に活かすべく、より一層精進いたします。筑波大学体育系教授西平賀昭先生、前田清司先生、医学医療系小林裕幸先生には、博士論文作成にあたり、貴重なご指摘・ご指導を賜りましたことに深く感謝申し上げます。

本論文のデータは、茨城県、千葉県、福島県において多くの方のご協力によって収集されました。教室や測定会の開催、データ収集にあたり、多大なるご協力をいただいた各自治体職員の皆様に心より感謝申し上げます。また、研究フィールドの確保やデータ収集から論文執筆まですべてにわたり、筑波大学体育系研究員藪下典子先生、筑波大学田中研究室の先輩、同輩、後輩の皆様に多大なるご尽力と助言を賜りました。ここに記して、感謝を申し上げます。そして、膨大な量の測定・調査にも関わらず、最後までお付き合いいただいた本研究の参加者の皆様に敬意と感謝の意を表します。

最後に、根気よく見守って下さいました筑波大学金尚泰先生、李銀植氏、金榮瑞氏、金映里氏、金瑛賀氏、応援してくださいました先輩の金美芝先生、親友の辛成敏氏、蘇リナ氏、大須賀洋祐氏、趙仁瑛氏、朱文率氏に深く感謝いたします。そして愛する家族、学位取得まで暖かく励まし、あらゆる面で支援してくれた鄭正福（父）、李貞義（母）、鄭相旭（兄）に深く感謝いたします。

2014 年 3 月 鄭 松伊

文献

- Adams KF, Schatzkin A, Harris TB, Kipnis V, Mouw T, Ballard-Barbash R, Hollenbeck A, Leitzmann MF. (2006) Overweight, obesity, and mortality in a large prospective cohort of persons 50 to 71 years old. *The New England journal of medicine*, 355 (8): 763-778.
- Adams P. (1999) Clinical priorities. Points make prizes. *Health Serv J*, 109 (5682): 30-31.
- Al Snih S, Raji MA, Markides KS, Ottenbacher KJ, Goodwin JS. (2005) Weight change and lower body disability in older Mexican Americans. *J Am Geriatr Soc*, 53 (10): 1730-1737.
- Alley DE, Chang VW. (2007) The changing relationship of obesity and disability, 1988-2004. *JAMA*, 298 (17): 2020-2027.
- Angleman SB, Harris TB, Melzer D. (2006) The role of waist circumference in predicting disability in periretirement age adults. *Int J Obes (Lond)*, 30 (2): 364-373.
- Apovian CM, Frey CM, Wood GC, Rogers JZ, Still CD, Jensen GL. (2002) Body mass index and physical function in older women. *Obesity research*, 10 (8): 740-747.
- Ayis S, Gooberman-Hill R, Bowling A, Ebrahim S. (2006) Predicting catastrophic decline in mobility among older people. *Age Ageing*, 35 (4): 382-387.
- Bannerman E, Miller MD, Daniels LA, Cobiac L, Giles LC, Whitehead C, Andrews GR, Crotty M. (2002) Anthropometric indices predict physical function and mobility in older Australians: the Australian Longitudinal Study of Ageing. *Public health nutrition*, 5 (5): 655-662.
- Baumgartner RN. (2000) Body composition in healthy aging. In *Vivo Body Composition Studies*, 904: 437-448.
- Bean J, Herman S, Kiely DK, Callahan D, Mizer K, Frontera WR, Fielding RA. (2002)

- Weighted stair climbing in mobility-limited older people: a pilot study. *J Am Geriatr Soc*, 50 (4): 663-670.
- Bean JF, Herman S, Kiely DK, Frey IC, Leveille SG, Fielding RA, Frontera WR. (2004) Increased Velocity Exercise Specific to Task (InVEST) training: a pilot study exploring effects on leg power, balance, and mobility in community-dwelling older women. *J Am Geriatr Soc*, 52 (5): 799-804.
- Bouchard DR, Janssen I. (2010) Dynapenic-obesity and physical function in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 65 (1): 71-77.
- Brown CJ, Flood KL. (2013) Mobility limitation in the older patient: a clinical review. *JAMA*, 310 (11): 1168-1177.
- Calle EE, Teras LR, Thun MJ. (2005) Obesity and mortality. *The New England journal of medicine*, 353 (20): 2197-2199.
- Center for Disease Control and Prevention. (1999-2002) Mobility Limitation Among Persons Aged > 40 Years With and Without Diagnosed Diabetes and Lower Extremity Disease - United States.
<http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5446a4.htm/> Last accessed June, 2013
- 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. (2009a) 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 (2): 251-259.
- Cesari M, Onder G, Russo A, Zamboni V, Barillaro C, Ferrucci L, Pahor M, Bernabei R, Landi F. (2006) Comorbidity and physical function: results from the aging and longevity study in the Sirente geographic area (ilSIRENTE study). *Gerontology*, 52 (1): 24-32.

- Cesari M, Pahor M, Lauretani F, Zamboni V, Bandinelli S, Bernabei R, Guralnik JM, Ferrucci L. (2009b) Skeletal muscle and mortality results from the InCHIANTI Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 64 (3): 377-384.
- Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. (1987) A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis*, 40 (5): 373-383.
- Chiu CJ, Wray LA. (2011) Physical disability trajectories in older Americans with and without diabetes: the role of age, gender, race or ethnicity, and education. *Gerontologist*, 51 (1): 51-63.
- Clark BC, Manini TM. (2008) Special article "Green Banana" - Sarcopenia not equal dynapenia. *J Gerontol a-Biol*, 63 (8): 829-834.
- Clark DO, Mungai SM. (1997) Distribution and association of chronic disease and mobility difficulty across four body mass index categories of African-American women. *Am J Epidemiol*, 145 (10): 865-875.
- Coebergh JW, Janssen-Heijnen ML, Post PN, Razenberg PP. (1999) Serious co-morbidity among unselected cancer patients newly diagnosed in the southeastern part of The Netherlands in 1993-1996. *J Clin Epidemiol*, 52 (12): 1131-1136.
- Cooper R, Kuh D, Cooper C, Gale CR, Lawlor DA, Matthews F, Hardy R, Falcon, Teams HAS. (2011) Objective measures of physical capability and subsequent health: a systematic review. *Age Ageing*, 40 (1): 14-23.
- Daniels R, van Rossum E, de Witte L, Kempen GI, van den Heuvel W. (2008) Interventions to prevent disability in frail community-dwelling elderly: a systematic review. *Bmc Health Serv Res*, 8: 278.
- Davis JW, Ross PD, Preston SD, Nevitt MC, Wasnich RD. (1998) Strength, physical activity, and body mass index: relationship to performance-based measures and

- activities of daily living among older Japanese women in Hawaii. *J Am Geriatr Soc*, 46 (3): 274-279.
- Davison KK, Ford ES, Cogswell ME, Dietz WH. (2002) 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 (11): 1802-1809.
- Diederichs C, Berger K, Bartels DB. (2011) The measurement of multiple chronic diseases--a systematic review on existing multimorbidity indices. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 66 (3): 301-311.
- Ettinger WH, Davis MA, Neuhaus JM, Mallon KP. (1994) Long-term physical functioning in persons with knee osteoarthritis from NHANES. I: Effects of comorbid medical conditions. *J Clin Epidemiol*, 47 (7): 809-815.
- Fahlman M, Morgan A, McNevin N, Topp R, Boardley D. (2007) Combination training and resistance training as effective interventions to improve functioning in elders. *J Aging Phys Act*, 15 (2): 195-205.
- Felson DT, Lawrence RC, Dieppe PA, Hirsch R, Helmick CG, Jordan JM, Kington RS, Lane NE, Nevitt MC, Zhang Y, Sowers M, McAlindon T, Spector TD, Poole AR, Yanovski SZ, Ateshian G, Sharma L, Buckwalter JA, Brandt KD, Fries JF. (2000) Osteoarthritis: new insights. Part 1: the disease and its risk factors. *Ann Intern Med*, 133 (8): 635-646.
- Ferraro KF, Su YP, Gretebeck RJ, Black DR, Badylak SF. (2002) Body mass index and disability in adulthood: a 20-year panel study. *Am J Public Health*, 92 (5): 834-840.
- Ferrucci L, Penninx BW, Volpato S, Harris TB, Bandeen-Roche K, Balfour J, Leveille SG, Fried LP, Md JM. (2002) Change in muscle strength explains accelerated decline of physical function in older women with high interleukin-6 serum levels. *J Am Geriatr Soc*, 50 (12): 1947-1954.

- Field TS, Gurwitz JH, Harrold LR, Rothschild J, DeBellis KR, Seger AC, Auger JC, Garber LA, Cadoret C, Fish LS, Garber LD, Kelleher M, Bates DW. (2004) Risk factors for adverse drug events among older adults in the ambulatory setting. *J Am Geriatr Soc*, 52 (8): 1349-1354.
- Fillenbaum GG, Pieper CF, Cohen HJ, Cornoni-Huntley JC, Guralnik JM. (2000) Comorbidity of five chronic health conditions in elderly community residents: determinants and impact on mortality. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55 (2): M84-89.
- Flegal KM, Graubard BI, Williamson DF, Gail MH. (2005) Excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. *JAMA*, 293 (15): 1861-1867.
- Fontaine KR, Redden DT, Wang C, Westfall AO, Allison DB. (2003) Years of life lost due to obesity. *JAMA*, 289 (2): 187-193.
- Forman JP, Stampfer MJ, Curhan GC. (2009) Diet and lifestyle risk factors associated with incident hypertension in women. *JAMA*, 302 (4): 401-411.
- Fried LP, Bandeen-Roche K, Kasper JD, Guralnik JM. (1999) Association of comorbidity with disability in older women: the Women's Health and Aging Study. *J Clin Epidemiol*, 52 (1): 27-37.
- Fried LP, Ferrucci L, Darer J, Williamson JD, Anderson G. (2004) Untangling the concepts of disability, frailty, and comorbidity: implications for improved targeting and care. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 59 (3): 255-263.
- Fried LP, Guralnik JM. (1997) Disability in older adults: evidence regarding significance, etiology, and risk. *J Am Geriatr Soc*, 45 (1): 92-100.
- Fried LP, Kronmal RA, Newman AB, Bild DE, Mittelmark MB, Polak JF, Robbins JA, Gardin JM. (1998) Risk factors for 5-year mortality in older adults: the Cardiovascular Health Study. *JAMA*, 279 (8): 585-592.

- Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, Seeman T, Tracy R, Kop WJ, Burke G, McBurnie MA. (2001) Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 56 (3): M146-156.
- Gijsen R, Hoeymans N, Schellevis FG, Ruwaard D, Satariano WA, van den Bos GA. (2001) Causes and consequences of comorbidity: a review. *J Clin Epidemiol*, 54 (7): 661-674.
- Gill TM, Allore HG, Hardy SE, Guo Z (2006) The dynamic nature of mobility disability in older persons. *J Am Geriatr Soc*, 54 (2): 248-254.
- Gill TM, Gahbauer EA, Murphy TE, Han L, Allore HG. (2012) Risk factors and precipitants of long-term disability in community mobility: a cohort study of older persons. *Ann Intern Med*, 156 (2): 131-140.
- Gregg EW, Cheng YJ, Cadwell BL, Imperatore G, Williams DE, Flegal KM, Narayan KM, Williamson DF. (2005) Secular trends in cardiovascular disease risk factors according to body mass index in US adults. *JAMA*, 293 (15): 1868-1874.
- Groll DL, To T, Bombardier C, Wright JG. (2005) The development of a comorbidity index with physical function as the outcome. *J Clin Epidemiol*, 58 (6): 595-602.
- Guallar-Castillon P, Sagardui-Villamor J, Banegas JR, Graciani A, Fornes NS, Lopez Garcia E, Rodriguez-Artalejo F. (2007) Waist circumference as a predictor of disability among older adults. *Obesity (Silver Spring)*, 15 (1): 233-244.
- Gudlaugsson J, Aspelund T, Gudnason V, Olafsdottir AS, Jonsson PV, Arngrimsson SA, Johannsson E. (2013) [The effects of 6 months' multimodal training on functional performance, strength, endurance, and body mass index of older individuals. Are the benefits of training similar among women and men?]. *Laeknabladid*, 99 (7-8): 331-337.
- Guralnik JM. (1997) Assessment of physical performance and disability in older persons. *Muscle Nerve*, 5: S14-16.

- Guralnik JM, Ferrucci L, Balfour JL, Volpato S, Di Iorio A. (2001) Progressive versus catastrophic loss of the ability to walk: implications for the prevention of mobility loss. *J Am Geriatr Soc*, 49 (11): 1463-1470.
- Guralnik JM, LaCroix AZ, Abbott RD, Berkman LF, Satterfield S, Evans DA, Wallace RB. (1993) Maintaining mobility in late life. I. Demographic characteristics and chronic conditions. *Am J Epidemiol*, 137 (8): 845-857.
- Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, Scherr PA, Wallace RB (1994) 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 (2): M85-94.
- Hemmingsson E, Ekelund U. (2007) Is the association between physical activity and body mass index obesity dependent? *Int J Obes (Lond)*, 31 (4): 663-668.
- Hirvensalo M, Rantanen T, Heikkinen E. (2000) Mobility difficulties and physical activity as predictors of mortality and loss of independence in the community-living older population. *J Am Geriatr Soc*, 48 (5): 493-498.
- Hoffman C, Rice D, Sung HY. (1996) Persons with chronic conditions. Their prevalence and costs. *JAMA*, 276 (18): 1473-1479.
- Inouye SK, Studenski S, Tinetti ME, Kuchel GA. (2007) Geriatric syndromes: clinical, research, and policy implications of a core geriatric concept. *J Am Geriatr Soc*, 55 (5): 780-791.
- Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. (2002) Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *J Am Geriatr Soc*, 50 (5): 889-896.
- Japan Society for the Study of Obesity. (2002) The Examination Committee of Criteria for 'Obesity Disease' in Japan Japan Society for the Study of Obesity.

- Jenkins KR. (2004) Obesity's effects on the onset of functional impairment among older adults. *Gerontologist*, 44 (2): 206-216.
- Jensen GL, Friedmann JM. (2002) Obesity is associated with functional decline in community-dwelling rural older persons. *J Am Geriatr Soc*, 50 (5): 918-923.
- Kadam UT, Croft PR. (2007) Clinical multimorbidity and physical function in older adults: a record and health status linkage study in general practice. *Fam Pract*, 24 (5): 412-419.
- Kim MJ, Seino S, Kim MK, Yabushita N, Okura T, Okuno J, Tanaka K. (2009a) Validation of lower extremity performance tests for determining the mobility limitation levels in community-dwelling older women. *Aging Clin Exp Res*, 21 (6): 437-444.
- Kim MJ, Yabushita N, Kim MK, Matsuo T, Okuno J, Tanaka K. (2010) 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 (4): 302-310.
- King AC, Pruitt LA, Phillips W, Oka R, Rodenburg A, Haskell WL. (2000) Comparative effects of two physical activity programs on measured and perceived physical functioning and other health-related quality of life outcomes in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55 (2): M74-83.
- Koster A, Patel KV, Visser M, van Eijk JT, Kanaya AM, de Rekeneire N, Newman AB, Tykavsky FA, Kritchevsky SB, Harris TB, Health A, Body Composition Study. (2008) Joint effects of adiposity and physical activity on incident mobility limitation in older adults. *J Am Geriatr Soc*, 56 (4): 636-643.
- Koster A, Penninx BW, Newman AB, Visser M, van Gool CH, Harris TB, van Eijk JT, Kempen GI, Brach JS, Simonsick EM, Houston DK, Tykavsky FA, Rubin SM, Kritchevsky SB. (2007) Lifestyle factors and incident mobility limitation in

obese and non-obese older adults. *Obesity* (Silver Spring), 15 (12): 3122-3132.

Krauss RM, Eckel RH. (1998a) The obesity problem. *The New England journal of medicine*, 338 (16): 1156; author reply 1158.

Krauss RM, Winston M, Fletcher BJ, Grundy SM. (1998b) Obesity : impact on cardiovascular disease. *Circulation*, 98 (14): 1472-1476.

Lafortuna CL, Maffiuletti NA, Agosti F, Sartorio A. (2005) Gender variations of body composition, muscle strength and power output in morbid obesity. *Int J Obes (Lond)*, 29 (7): 833-841.

Lamb SE, Guralnik JM, Buchner DM, Ferrucci LM, Hochberg MC, Simonsick EM, Fried LP. (2000) Factors that modify the association between knee pain and mobility limitation in older women: the Women's Health and Aging Study. *Ann Rheum Dis*, 59 (5): 331-337.

Lang IA, Guralnik JM, Melzer D. (2007) Physical activity in middle-aged adults reduces risks of functional impairment independent of its effect on weight. *J Am Geriatr Soc*, 55 (11): 1836-1841.

Langlois JA, Maggi S, Harris T, Simonsick EM, Ferrucci L, Pavan M, Sartori L, Enzi G. (1996) Self-report of difficulty in performing functional activities identifies a broad range of disability in old age. *J Am Geriatr Soc*, 44 (12): 1421-1428.

Launer LJ, Harris T, Rumpel C, Madans J. (1994) Body mass index, weight change, and risk of mobility disability in middle-aged and older women. The epidemiologic follow-up study of NHANES I. *JAMA*, 271 (14): 1093-1098.

Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Di Iorio A, Corsi AM, Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L. (2003) Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol*, 95 (5): 1851-1860.

- Lidstone JS, Ells LJ, Finn P, Whittaker VJ, Wilkinson JR, Summerbell CD. (2006) Independent associations between weight status and disability in adults: results from the Health Survey for England. *Public Health*, 120 (5): 412-417.
- Maffiuletti NA, Jubeau M, Munzinger U, Bizzini M, Agosti F, De Col A, Lafortuna CL, Sartorio A. (2007) Differences in quadriceps muscle strength and fatigue between lean and obese subjects. *Eur J Appl Physiol*, 101 (1): 51-59.
- Mahoney F, Barthel D. (1965) Functional Evaluation: The Barthel Index. *Maryland state medical journal*, 14: 61-65.
- Manini TM, Clark BC (2012) Dynapenia and aging: an update. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 67 (1): 28-40.
- Manini TM, Visser M, Won-Park S, Patel KV, Strotmeyer ES, Chen H, Goodpaster B, De Rekeneire N, Newman AB, Simonsick EM, Kritchevsky SB, Ryder K, Schwartz AV, Harris TB. (2007) Knee extension strength cutpoints for maintaining mobility. *J Am Geriatr Soc*, 55 (3): 451-457.
- Marsh AP, Rejeski WJ, Espeland MA, Miller ME, Church TS, Fielding RA, Gill TM, Guralnik JM, Newman AB, Pahor M (2011) 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 (12): 1376-1383.
- Matsuo T, Sairenchi T, Iso H, Irie F, Tanaka K, Fukasawa N, Ota H, Muto T. (2008) Age- and gender-specific BMI in terms of the lowest mortality in Japanese general population. *Obesity*, 16 (10): 2348-2355.
- Matteo C, B KS, Penninx BWHJ, J NB, M SE, B NA, A TF, S BJ, Suzanne S, C BD, Marjolein V, M RS, B HT, Marco P. (2005) Prognostic value of usual gait speed in well-functioning older people--results from the Health, Aging and Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc*, 53 (10): 1675-1680.

- McGee D, Cooper R, Liao Y, Durazo-Arvizu R. (1996) Patterns of comorbidity and mortality risk in blacks and whites. *Ann Epidemiol*, 6 (5): 381-385.
- McGee DL, Diverse Populations C. (2005) Body mass index and mortality: a meta-analysis based on person-level data from twenty-six observational studies. *Annals of epidemiology*, 15 (2): 87-97.
- Merrill SS, Seeman TE, Kasl SV, Berkman LF. (1997) Gender differences in the comparison of self-reported disability and performance measures. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52 (1): M19-26.
- Nagi SZ. (1976) An epidemiology of disability among adults in the United States. *Milbank Mem Fund Q Health Soc*, 54 (4): 439-467.
- Nakadomo F, Tanaka K, Hazama T, Maeda K (1990) Assessment of body composition by bioelectrical impedance analysis: effects of skin resistance on impedance. *Ann Physiol Anthropol*, 9 (2): 109-114.
- Newman AB, Boudreau RM, Naydeck BL, Fried LF, Harris TB. (2008) A physiologic index of comorbidity: relationship to mortality and disability. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 63 (6): 603-609.
- Okoro CA, Zhong Y, Ford ES, Balluz LS, Strine TW, Mokdad AH. (2006) Association between the metabolic syndrome and its components and gait speed among U.S. adults aged 50 years and older: a cross-sectional analysis. *BMC Public Health*, 6: 282.
- Oman D, Reed D, Ferrara A (1999) Do elderly women have more physical disability than men do? *Am J Epidemiol*, 150 (8): 834-842.
- Pai Y, Butchart C, Lunt CJ, Musonda P, Gautham N, Soiza RL, Potter JF, Myint PK. (2011) Age, co-morbidity and poor mobility: no evidence of predicting in-patient death and acute hospital length of stay in the oldest old. *QJM : monthly journal of the Association of Physicians*, 104 (8): 671-679.

- Penninx BW, Nicklas BJ, Newman AB, Harris TB, Goodpaster BH, Satterfield S, de Rekeneire N, Yaffe K, Pahor M, Kritchevsky SB. (2009) Metabolic syndrome and physical decline in older persons: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 64 (1): 96-102.
- Puts MT, Lips P, Deeg DJ. (2005) Sex differences in the risk of frailty for mortality independent of disability and chronic diseases. *J Am Geriatr Soc*, 53 (1): 40-47.
- Rantanen T, Era P, Heikkinen E. (1994) Maximal isometric strength and mobility among 75-year-old men and women. *Age Ageing*, 23 (2): 132-137.
- Rantanen T, Guralnik JM, Foley D, Masaki K, Leveille S, Curb JD, White L. (1999) Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA*, 281 (6): 558-560.
- Ringsberg K, Gerdhem P, Johansson J, Obrant KJ. (1999) Is there a relationship between balance, gait performance and muscular strength in 75-year-old women? *Age Ageing*, 28 (3): 289-293.
- Rosenberg IR. (1989) Summary comments. *Am J Clin Nutr*, 50 (5): 1231-1233.
- Rosow I, Breslau N. (1966) A Guttman health scale for the aged. *Journal of gerontology*, 21 (4): 556-559.
- Roubenoff R. (2003) Sarcopenia: effects on body composition and function. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 58 (11): 1012-1017.
- Sallinen J, Stenholm S, Rantanen T, Heliovaara M, Sainio P, Koskinen S. (2010) Hand-grip strength cut points to screen older persons at risk for mobility limitation. *J Am Geriatr Soc*, 58 (9): 1721-1726.
- Schneider EL, Guralnik JM. (1990) The aging of America. Impact on health care costs. *JAMA*, 263 (17): 2335-2340.

- Seino S, Kim M-J, Yabushita N, Matsuo T, Jung S, Nemoto M, Osuka Y, Okubo Y, Okura T, Tanaka K. (2011) Discrimination of mobility limitation by hand-grip strength among community-dwelling older adults. *Jpn J Phys Fitness Sports Med*, 60 (3): 259-268.
- Seino S, Kim MJ, Yabushita N, Nemoto M, Jung S, Osuka Y, Okubo Y, Matsuo T, Tanaka K. (2012) Is a composite score of physical performance measures more useful than usual gait speed alone in assessing functional status? *Arch Gerontol Geriatr*, 55 (2): 392-398.
- Shah RC, Buchman AS, Boyle PA, Leurgans SE, Wilson RS, Andersson GB, Bennett DA. (2011) Musculoskeletal pain is associated with incident mobility disability in community-dwelling elders. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 66 (1): 82-88.
- Shumway-Cook A, Ciol MA, Yorkston KM, Hoffman JM, Chan L. (2005) Mobility limitations in the Medicare population: prevalence and sociodemographic and clinical correlates. *J Am Geriatr Soc*, 53 (7): 1217-1221.
- Simons R, Andel R. (2006) The effects of resistance training and walking on functional fitness in advanced old age. *J Aging Health*, 18 (1): 91-105.
- Sohler N, Lubetkin E, Levy J, Soghomonian C, Rimmerman A. (2009) Factors associated with obesity and coronary heart disease in people with intellectual disabilities. *Soc Work Health Care*, 48 (1): 76-89.
- Stenholm S, Alley D, Bandinelli S, Griswold ME, Koskinen S, Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L. (2009) 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 (6): 635-644.
- Stenholm S, Rantanen T, Alanen E, Reunanen A, Sainio P, Koskinen S. (2007a) Obesity history as a predictor of walking limitation at old age. *Obesity (Silver Spring)*, 15 (4): 929-938.

- Stenholm S, Rantanen T, Heliovaara M, Koskinen S. (2008) The mediating role of C-reactive protein and handgrip strength between obesity and walking limitation. *J Am Geriatr Soc*, 56 (3): 462-469.
- Stenholm S, Sainio P, Rantanen T, Alanen E, Koskinen S. (2007b) Effect of co-morbidity on the association of high body mass index with walking limitation among men and women aged 55 years and older. *Aging Clin Exp Res*, 19 (4): 277-283.
- Stenholm S, Sainio P, Rantanen T, Koskinen S, Jula A, Heliovaara M, Aromaa A. (2007d) 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 (8): 859-865.
- Sternfeld B, Ngo L, Satariano WA, Tager IB (2002) Associations of body composition with physical performance and self-reported functional limitation in elderly men and women. *Am J Epidemiol*, 156 (2): 110-121.
- Strawbridge WJ, Camacho TC, Cohen RD, Kaplan GA. (1993) Gender differences in factors associated with change in physical functioning in old age: a 6-year longitudinal study. *Gerontologist*, 33 (5): 603-609.
- Stuck AE, Walthert JM, Nikolaus T, Bula CJ, Hohmann C, Beck JC. (1999) Risk factors for functional status decline in community-living elderly people: a systematic literature review. *Soc Sci Med*, 48 (4): 445-469.
- Suzman R, Riley MW. (1985) Introducing the "oldest old". *Milbank Mem Fund Q Health Soc*, 63 (2): 177-186.
- Theou O, Rockwood MR, Mitnitski A, Rockwood K. (2012) Disability and co-morbidity in relation to frailty: how much do they overlap? *Arch Gerontol Geriatr*, 55 (2): e1-8.

- Thompson CJ, Osness WH. (2004) Effects of an 8-week multimodal exercise program on strength, flexibility, and golf performance in 55- to 79-year-old men. *J Aging Phys Act*, 12 (2): 144-156.
- Tinetti ME, Inouye SK, Gill TM, Doucette JT. (1995) Shared risk factors for falls, incontinence, and functional dependence. Unifying the approach to geriatric syndromes. *JAMA*, 273 (17): 1348-1353.
- Tokunaga K, Matsuzawa Y, Kotani K, Keno Y, Kobatake T, Fujioka S, Tarui S. (1991) Ideal body weight estimated from the body mass index with the lowest morbidity. *Int J Obes*, 15 (1): 1-5.
- Tooth L, Hockey R, Byles J, Dobson A. (2008) Weighted multimorbidity indexes predicted mortality, health service use, and health-related quality of life in older women. *J Clin Epidemiol*, 61 (2): 151-159.
- Topp R, Boardley D, Morgan AL, Fahlman M, McNevin N. (2005) Exercise and functional tasks among adults who are functionally limited. *West J Nurs Res*, 27 (3): 252-270.
- Troiano RP, Frongillo EA, Jr., Sobal J, Levitsky DA. (1996) The relationship between body weight and mortality: a quantitative analysis of combined information from existing studies. *International journal of obesity and related metabolic disorders* : *Int J Obes Relat Metab Disord*, 20 (1): 63-75.
- Tsuritani I, Honda R, Noborisaka Y, Ishida M, Ishizaki M, Yamada Y. (2002) Impact of obesity on musculoskeletal pain and difficulty of daily movements in Japanese middle-aged women. *Maturitas*, 42 (1): 23-30.
- Valentine RJ, McAuley E, Vieira VJ, Baynard T, Hu L, Evans EM, Woods JA. (2009) Sex differences in the relationship between obesity, C-reactive protein, physical activity, depression, sleep quality and fatigue in older adults. *Brain Behav Immun*, 23 (5): 643-648.

- van Gool CH, Penninx BWJH, Kempen GJIM, Rejeski WJ, Miller GD, van Eijk JTM, Pahor M, Messier SP. (2005) Effects of exercise adherence on physical function among overweight older adults with knee osteoarthritis. *Arthrit Rheum-Arthr*, 53 (1): 24-32.
- Verbrugge LM, Lepkowski JM, Imanaka Y. (1989) Comorbidity and its impact on disability. *Milbank Q*, 67 (3-4): 450-484.
- Villareal DT, Apovian CM, Kushner RF, Klein S, American Society for N, Naaso TOS. (2005) Obesity in older adults: technical review and position statement of the American Society for Nutrition and NAASO, The Obesity Society. *Obesity research*, 13 (11): 1849-1863.
- Vincent HK, Lamb KM, Day TI, Tillman SM, Vincent KR, George SZ. (2010a) Morbid obesity is associated with fear of movement and lower quality of life in patients with knee pain-related diagnoses. *PMR*, 2 (8): 713-722.
- Vincent HK, Vincent KR, Lamb KM (2010b) Obesity and mobility disability in the older adult. *Obes Rev*, 11 (8): 568-579.
- Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Newman AB, Nevitt M, Rubin SM, Simonsick EM, Harris TB. (2005) 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 (3): 324-333.
- World Health Organization. (2004) Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet Infect Dis*, 363: 157–163.
- World Health Organization. (2013a) Mean Body Mass Index (BMI).
http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/bmi_text/en/
- World Health Organization. (2013b) World Health Statistics 2013.
http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/EN_WHS2013_

Full.pdf

Wolinsky FD, Bentler SE, Hockenberry J, Jones MP, Obrizan M, Weigel PA, Kaskie B, Wallace RB. (2011) Long-term declines in ADLs, IADLs, and mobility among older Medicare beneficiaries. *BMC Geriatr*, 11: 43.

Woo J, Leung J, Kwok T. (2007) BMI, body composition, and physical functioning in older adults. *Obesity (Silver Spring)*, 15 (7): 1886-1894.

Wood RH, Reyes R, Welsch MA, Favaloro-Sabatier J, Sabatier M, Matthew Lee C, Johnson LG, Hooper PF. (2001) Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 33 (10): 1751-1758.

Woollacott M, Shumway-Cook A (2002) Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture*, 16 (1): 1-14.

Zheng H, Tumin D, Qian Z. (2013) Obesity and Mortality Risk: New Findings From Body Mass Index Trajectories. *Am J Epidemiol*, 178 (11): 1591-1599.

Zoico E, Di Francesco V, Guralnik JM, Mazzali G, Bortolani A, Guariento S, Sergi G, Bosello O, Zamboni M. (2004) Physical disability and muscular strength in relation to obesity and different body composition indexes in a sample of healthy elderly women. *International journal of obesity and related metabolic disorders : Int J Obes Relat Metab Disord*, 28 (2): 234-241.

金禧植, 松浦義行, 田中喜代次, 稲垣敦. (1993) 高齢者の日常生活における活動能力の因子構造と評価のための組テスト作成. *体育學研究*, 38 (3): 187-200.

厚生労働省. (2000) 健康日本 21.

http://www1.mhlw.go.jp/topics/kenko21_11/pdf.html

厚生労働省. (2009) 「介護予防のための生活機能評価に関するマニュアル」 分担研究班（主任研究者 鈴木隆雄）.

http://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1c_0001.pdf

厚生労働省. (2010) 平成 21 年度 介護予防事業（地域支援事業）の実施状況に関する調査結果. <http://www.mhlw.go.jp/topics/2010/10/dl/tp1029-1a.pdf>

厚生労働省. (2011) 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/eiyou/dl/h23-houkoku-05.pdf>

厚生労働省. (2012) 総合的介護予防システムについてのマニュアル（改訂版）. http://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1_1.pdf

厚生労働省. (2012) 健康寿命のページ. <http://toukei.umin.jp/kenkoujyumyou/>

厚生労働省. (2013) 平成 25 年度介護保険事業状況報告
<http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/jigyo/m13/1306.html>

古谷野亘. (1987) 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.

下方浩史. (2001) 長寿のための肥満とやせの研究. 肥満研究, 7: 98-102.

鄭松伊, 清野諭, 藪下典子, 金美芝, 根本みゆき, 大須賀洋祐, 大久保善郎, 田中喜代次. (2013) 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. 体力科学, 62 (4): 323-330.

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. (2009) 特定高齢者の体力を把握するためのテストバッテリー. 日本公衆衛生雑誌, 56 (10): 724-736.

清野諭, 金美芝, 藪下典子, 松尾知明, 鄭松伊, 根本みゆき, 大須賀洋祐, 大久保善郎, 大藏倫博, 田中喜代次. (2011) 地域在住高齢者の握力による移動能力制限の識別 体力科学, 60 (3): 259-268.

田中喜代次, 梅田典子. (2001) 肥瘦の新基準設定に思うこと—中年女性に着目し

て 肥満研究, 7 (2): 182-183

田中喜代次, 喜多尾浩代, 中塘二三生. (1987) 肥満改善効果の再検討 一般成人女性との比較から. 大阪市立大学保健体育学研究紀要, 23: 33-41.

田中喜代次, 中村容一, 坂井智明. (2004) ヒトの総合的 QoL (qualiti of life) を良好に維持するための体育科学・スポーツ医学の役割. 体育学研究, 49: 209-229.

福原俊一, 鈴嶋よしみ. (2004) 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.