

博士論文

高齢者の筋量および筋力が
要介護状態と関連する身体的指標に及ぼす影響
—Sarcopenia と Dynapenia に着目した検討—

平成 28 年度

筑波大学大学院
人間総合科学研究科 体育科学専攻

金 美 珍

目次

第 I 章 序論

第 1 節 諸言	1
第 2 節 研究の目的.....	6
第 3 節 用語の定義.....	7

第 II 章 文献研究

第 1 節 加齢に伴う筋量および筋力に関する研究.....	13
第 2 節 筋量・筋力と身体機能に関する研究.....	15
第 3 節 筋量・筋力と起居・移動の動作能力に関する研究.....	19
第 4 節 筋量・筋力と転倒に関する研究.....	22

第 III 章 検討手順

第 1 節 研究課題の設定.....	25
第 2 節 研究の限界.....	28

第 IV 章 方法

第 1 節 コホート研究の対象者の募集.....	30
第 2 節 基本的属性.....	31
第 3 節 筋量・筋力の測定法.....	35

第 V 章

研究課題 1-1. 高齢者における四肢の筋量・筋力と身体機能との関連性	44
第 1 節 諸言	44
第 2 節 方法.....	46
第 3 節 結果.....	52
第 4 節 考察.....	64
第 5 節 要約.....	68

第 VI 章

研究課題 1-2. 高齢者における四肢の筋量・筋力と

起居移動動作能力，転倒との関連性 69

第 1 節 諸言 69

第 2 節 方法 71

第 3 節 結果 77

第 4 節 考察 93

第 5 節 要約 99

第 VII 章

研究課題 2-1. 高齢者における四肢の筋量・筋力が身体機能の変化に及ぼす影響 100

第 1 節 諸言 100

第 2 節 方法 102

第 3 節 結果 107

第 4 節 考察 119

第 6 節 要約 122

第 VIII 章

研究課題 2-2. 高齢者における四肢の筋量・筋力が

起居移動動作能力の制限および転倒の発生リスクに及ぼす影響 123

第 1 節 諸言 123

第 2 節 方法 125

第 3 節 結果 131

第 4 節 考察 147

第 5 節 要約 151

第 IX 章 総合討論	
第 1 節 本研究と先行研究との比較—本研究の意義および新規性—	152
第 2 節 介護予防現場への提言	157
第 3 節 今後の研究	159
第 X 章 総括	162
結 語	164
謝辞	165
文 献	166
関連論文	182

第 I 章 序論

第 1 節 諸言

1. 背景

平成 27 年度の調査によると、我が国の 65 歳以上の高齢者人口は約 3410 万人となり、総人口に占める割合（高齢化率）は 26.8%となっている。また、高齢化の進行に伴い、要支援・要介護の認定者数も増加しており、今後もさらなる増加が見込まれている（厚生労働省，2016）。高齢者が要支援に認定される主な原因は、「関節疾患（20.7%）」、「高齢による衰弱（15.4%）」、「骨折・転倒（14.6%）」が挙げられており、要介護では、「脳血管疾患（21.7%）」、「認知症（21.4%）」、「高齢による衰弱（12.6%）」が主要原因となっている（厚生労働省，2013）。中でも「高齢による衰弱」は、筋量の減少や筋力の低下と強く関連していることから（山田ら，2012），それらを早期に発見し、身体的側面からの介入をおこなう必要がある。また、筋量の減少および筋力の低下のうちどちらが「高齢による衰弱」に対して影響が強いかを明確にすることで効果的な介入を提案することができると考えられる。

加齢に伴う筋量の減少と筋力の低下は、ヒトにとって不可避な身体構造および身体機能の変化であり、加齢の影響を強く受ける（Frontera et al., 1991）。筋量は 25 歳頃から減少し始め、50 歳を過ぎると減少がさらに加速し、20 代から 80 代までで平均 40%減少する（Lexell et al., 1988）。筋量の減少は、上肢より下肢が速く、下肢のうち大腿部前面の筋量が急激に低下する（安部と福永，1995）。筋力は、健常な男性高齢者では 1 年あたり 1.4～2.5%低下することが明らかになっている（Frontera et al., 2000）。また日本人を対象とした研究で

は、20代の運動機能（筋力、歩行能力）を100%とすると、80代では握力は44%、膝伸展筋力は43%、最大歩行速度は44%程度の値であることが報告されている（衣笠ら, 1994）。

このような「加齢に伴う骨格筋量の減少」を指す概念として1989年に初めて「Sarcomalacia or Sarcopenia」という言葉がRosenberg（1989）によって提唱された。「Sarcopenia」はギリシャ語の「sarx = 筋肉」と「penia = 損失」を組み合わせたものである。さらに2008年には、筋量の減少と筋力の低下を区別した概念として「加齢に伴う筋力・筋パワーの低下」を指す「Dynapenia」が新たに提唱された（Clark and Manini, 2008）。その後、欧州のEuropean working group on sarcopenia（以下、EWGSOP）（Cruz-Jentoft et al., 2010）やアジアのAsian working group for sarcopenia（以下、AWGS）（Chen et al., 2014）からは、上述の定義を改め、「Sarcopenia は加齢に伴う筋量の減少と筋力の低下の両方を伴う症候群である」という複合的な定義が提案された。このような sarcopenia および dynapenia の定義を用いて、将来の手段的日常生活動作（instrumental activity of daily living: IADL）の低下（Janssen, 2006; Tanimoto et al., 2012）や移動能力の制限（Visser et al., 2000; Visser et al., 2005; Dufour et al., 2013）、低い身体機能（Bouchard and Janssen, 2010; Chen et al., 2014）、転倒率の増加（Graafmans et al., 1996; Landi et al., 2012; Tanimoto et al., 2014）、死亡率の増加（Newman et al., 2006a）との関連が明らかにされている。

しかし、EWGSOP や AWGS の提案に基づいて sarcopenia を定義すると、①「低筋量と低筋力」または②「低筋量と低い身体機能」の両方に該当することになる。すなわち、これらの定義を用いると低筋力または低い身体機能のどちらを原因とする sarcopenia かを明確にはできない。また、様々な先行研究から sarcopenia の判定基準値が提案されているが、それぞれ判定基準値が異なる

ため、どの判定基準値を適用するかによって対象者の sarcopenia および dynapenia への該当状況が変わり、それにより研究の結果が異なってくる可能性が高い。そのため、いくつかの先行研究では、筋量と筋力の変数を分位数により分けて低い群を sarcopenia および dynapenia と判定している。分位数では、四分位、三分位法が多くの研究で適用されている。しかし、筋量の減少と筋力の低下のどちらかを分位数で分けて検討している報告はあるものの、それらを区別した上で同時に用いて身体的指標との関連性を検討した研究は見当たらない。これに対し、筋量と筋力をそれぞれ三分位し、それらを組み合わせて身体的指標（身体機能、起居移動動作能力、転倒）との関連性を検討することで、「低筋量または低筋力」のどちらの影響が大きいかを明らかにできると考えられる。また、筋量の減少と筋力の低下が「併存した場合」や、それぞれが「単独で生じた場合」にどのように身体的指標と関連するかを検討することで、身体的側面への具体的な介入方法を提案するための貴重な知見となり得る。

2. 着想に至った経緯

著者の所属する研究室では、茨城県笠間市において地域在住高齢者を対象とした大規模な健診事業（コホート研究）を毎年おこなっている。その健診において、著者は筋量と筋力の測定を担当した。多くの参加者の筋量と筋力を測定する中で、「筋量が多くても筋力が上手く発揮できない者」と「筋量が少なくても筋力が強く発揮できる者」がいることを知った。このような経験から、「高齢者の筋量と筋力の構成とタイプ」について興味を持った。

高齢者の場合、筋肉の再生能力が徐々に低下することから、筋量を増やすより、筋力を向上させる方が有効であることがよく知られている。すなわち、筋量が少なくても筋力を向上させることで、日常生活動作の改善に役立つと考えられる。

そこで、筋量・筋力の組み合わせ別（筋量を維持しているにもかかわらず筋力が低い、筋力を維持しているにもかかわらず筋量が少ない）に身体的指標（身体機能、移動能力、転倒）の特徴を明らかにすることで、筋力トレーニングをおこなう際の有益な知見が得られるのではないかと考え、このような着想に至った。

3. 研究の意義

これまでの先行研究では、筋量の減少または筋力の低下のそれぞれに焦点を置いて身体的指標との関連性を検討されているが、筋量と筋力を組み合わせたタイプ別（筋量が少なくても筋力の発揮をうまくできる者または筋量が多くても筋力の発揮をうまくできない者）についてどのような関連性があるかはまだ明らかになっていない。

したがって本研究では、筋量・筋力を組み合わせて4群「①低筋量と低筋力、②低筋量と中・高筋力、③中・高筋量と低筋力、④中・高筋量と中・高筋力」を設定し、身体的指標（身体機能、起居移動動作能力、転倒）との関連性を明らかにする。これにより、先行研究よりも正確に筋量・筋力と身体的指標のリスクとの関連性を明らかにすることが可能となる。

さらに、これらの縦断的な関係性を明らかにすることで、筋量と筋力を組み合わせたどのタイプが、身体機能を低下させる危険要因であるかについて把握できる。これらは“筋量と筋力を区別して身体的指標への影響を検討する”という新たな視点を当該領域の研究にもたらすと考えられる。

本研究の知見により、筋量と筋力のどちらにより重点を置いた支援が望ましいのかについての示唆が得られ、「介護予防現場における有効な取り組み」および「要介護化予防に向けた運動プログラムの開発」に貢献することが期待される。これらの総合的な成果として、高齢者の *successful aging* (Rowe and Kahn, 1997) の実現に寄与することが期待される。

第2節 研究の目的

本研究の目的は、地域在住高齢者の低筋量と低筋力に焦点を当て、「両方を併せ持つ」またはそれぞれを「単独に有する」場合に、身体的指標（身体機能、起居移動動作能力、転倒）の低下にどの程度影響を及ぼすかを横断および縦断研究により明らかにすることとした。

本研究の仮説は、低筋量と低筋力両方を併せ持つ場合に最も身体的指標（身体機能、起居移動動作能力、転倒）の低下と強く関連すること、次いで、筋量を維持しているにもかかわらず筋力が低い場合に身体的指標の低下と強く関連することとした。

第3節 用語の定義

1. 筋量（骨格筋）と筋力（筋収縮）

～ 筋肉の構成から筋力を発揮させるメカニズムまで ～

骨格筋とは、骨格の可動部分に付いている筋肉であり、主に横紋筋の組織で構成されており、中枢神経の支配下において骨格を動かす筋肉のことを指す。人体の骨格筋は、筋肉全体の約40%を占めている。人体には、約600個以上の骨格筋が存在し、一つの骨格筋は数千個の筋線維で成り立っている。骨格筋は筋繊維とこれを結合する結合組織で構成されている。

筋収縮は、アクチンフィラメントがミオシンフィラメントの交差連結することによって展開される。大脳皮質から出された運動命令は電気信号として脊髄を下りた後に運動神経の軸索の終末に到達し、神経終末のシナプス小胞からアセチルコリンを放出させる。運動神経の末端から分泌されたアセチルコリンが筋肉細胞表面のアセチルコリンレセプターに結合して受容体が開き、T細管を介して小胞体からカルシウムイオンが筋細胞質へ放出され、また、外液からナトリウムイオンが筋細胞内に流入されて興奮電位が発生する。カルシウムイオンとトロポニンが結合し、アクチンの結合部位が露出され、ミオシンの頭部とアクチンとが結合する。その時、ミオシンの頭部がアデノシン三リン酸 (adenosine triphosphate: ATP) と結合した後に ATP が加水分解されると、ミオシンの頭部がアクチンと結合してアクチンフィラメントを引き寄せる。アクチンフィラメントがミオシンフィラメントの間滑り込み筋線維節が収縮することになる。そしてミオシンの頭部が再び新しい ATP と結合すると、アクチンから分離される。このような循環を繰り返すことで筋肉の動きが起こし、筋力が発揮される (Mark L, 1980; Park and Kim, 2002)。

この筋収縮過程（muscle contraction process）を興奮収縮連関（excitation-contraction coupling: ECC）と呼び、これは、生理的な刺激によって引き起こされた神経の興奮が筋細胞膜への電気変異から筋収縮に至るまでの一連の過程と説明される（Sandow, 1952）。先行研究の見解は一致していないが、筋量が多くても筋力がうまく発揮できないことは、神経から筋の ECC 過程において問題が生じている可能性が考えられる。

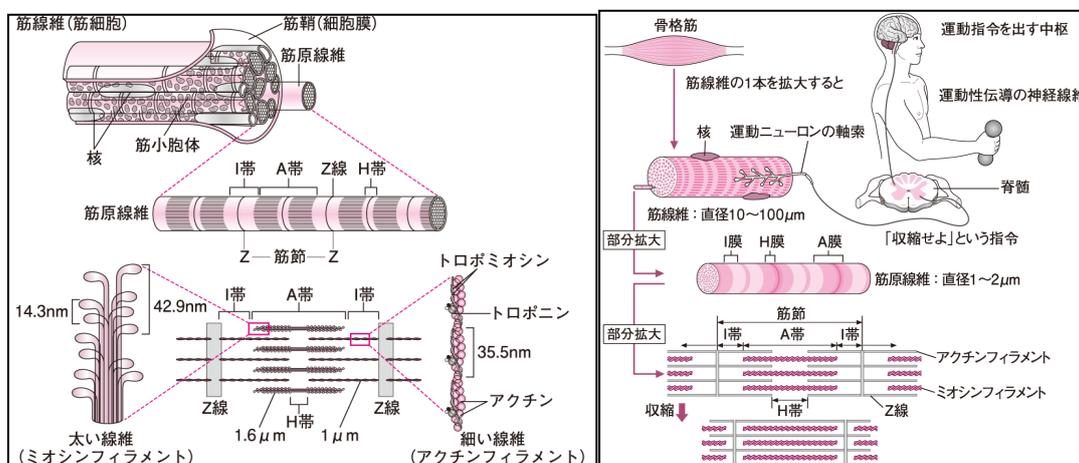


Fig. I-1. 身体のおくみとはたらき—楽しく学ぶ解剖生理 (増田敦子, 2015 出典)

2. 低筋量 (sarcopenia) と低筋力 (dynapenia)

第1章第1節諸言において記載された「Sarcopenia」は Rosenberg (1989) によって加齢に伴う骨格筋量の減少と定義され、「Dynapenia」は Clark and Manini (2008) によって加齢に伴う筋力・筋パワーの低下と定義されている。そこで本研究では、上記の定義に基づき低筋量を sarcopenia, 低筋力を dynapenia とした視点から論じることとする。また、筋繊維と結合体組織の重さを合わせて「筋肉の量 (以下, 筋量と記す)」と定義し、筋繊維の収縮運動によって発揮される力を「筋力」と定義する。本研究では、筋量と筋力の組み合わせごとに身体的指標との関連性を検討するため、ヒトが日常生活の中で機能的動作をおこなうために重要な役割を果たす「四肢 (両腕と両脚) の筋量・筋力」を測定する。

低筋量 (sarcopenia) は、両腕の筋量と両脚の筋量を足して四肢筋量を求める。その四肢筋量を身長²で除した「四肢筋量指数」を本研究の筋量の変数として用い、第1三分位に該当する者を低筋量者と定義する。低筋力 (dynapenia) は、上肢筋力を反映するものとして握力を用い、下肢筋力を反映するものとしては椅子からの立ち上がり動作時における地面反力の最大値を用いる。これらの値をそれぞれ体重で除した後で Z-score を求め、上肢と下肢の Z-score を足して「四肢筋力標準得点」を算出し、本研究における筋力変数として用いる。そして、第1三分位に該当する者を低筋力 (dynapenia) と定義する。

各項目の詳細な測定方法については後述する。

3. 身体機能（身体パフォーマンステスト）

身体の各器官は、様々な器官の相互作用により生物学的な機能を遂行している。本研究では、日常生活動作に必要な身体の働きを身体機能と定義する。身体機能には、バランスと姿勢の調節（Balance, Postural control）、心肺体力（Cardiopulmonary fitness）、協調性（Coordination）、柔軟性（Flexibility）、移動性（Mobility）、筋発揮力（Muscle performance）、神経筋調節（Neuromuscular control）、安定性（Stability）などが含まれている。身体機能の多次元的な側面は、これらの多様な機能の密接な関連によって成り立っている。身体機能は、これらの機能に力あるいは圧力が加えられると反応し、それに適応して発達する（Kisner and Colby, 2007; Jang, 2010）。なお、加齢に伴い身体機能（平衡性、敏捷性、柔軟性、瞬発力、筋力、持久力）は低下することが報告されている（木村, 1991）。高齢者の「身体機能」を評価するためには、客観的な評価（身体パフォーマンステスト）および主観的な評価（質問紙調査）が用いられている。

本研究では、身体機能の測定に開眼片足立ち時間（バランス能力）、長座体前屈（柔軟性）、Timed up and go（移動・歩行能力）、5 m 通常歩行時間（歩行能力）、48 本ペグ移動時間（巧緻性）、4 方向選択反応時間（反応能力）の 6 項目の身体パフォーマンステストを用いた。詳細な測定方法は後述する。

4. 起居移動動作能力の制限

「起居移動動作能力」は、ヒトが日常生活の中「起居動作」、「移動動作」をおこなう能力を表す。

本研究における起居移動動作能力の制限の判別は先行研究（Visser et al., 2005; 辻ら, 2011a; 辻ら, 2011b; Yang et al., 2015）を参考に、「階段昇段、椅子立ち上がり、歩行」の三つの動作について質問紙調査をおこない、3動作のうち1動作以上で「不良」となった者を「起居移動動作能力制限あり」とした。詳細な質問紙調査の方法は後述する。

5. 転倒

転倒は、「自分の意思とは関係なく、足底部以外の身体の一部が地面またはそれよりも低いところに接触した場合」と定義されている（Gibson et al., 1987; Gibson, 1990）。本研究においてもこの定義に従い、質問紙により調査した。詳細な質問紙調査の方法は後述する。

6. 用語の省略語

本博士論文で用いる省略語は以下の通りである。先行研究で省略語が用いられているものに関しては、それに従って省略した（Table I-1）。

英語	省略語	日本語
ワーキンググループ		
European working group on sarcopenia	EWGSOP	欧州のサルコペニアワーキンググループ
Asian working group for sarcopenia	AWGS	アジアのサルコペニアワーキンググループ
変数		
Hand grip strength per body weight	HS/w	体重で調整した握力
Peak reaction force per body weight	F/w	体重で調整した地面反力の最大値
Appendicular skeletal muscle mass index	AMI	四肢筋量指数
Appendicular skeletal muscle strength z-score	ASZ	四肢筋力標準得点
Body mass index	BMI	ボディマス指数
Timed up and go	TUG	タイムドアップアンドゴー
Excitation-contraction coupling	ECC	興奮収縮連関
Short physical performance battery	SPPB	簡易身体能力バッテリー
Lower extremity performance	LEP	下肢のパフォーマンス
Activity of daily living	ADL	日常生活動作
Instrumental activity of daily living	IADL	手段的日常生活動作
測定法		
Meteorological research institute	MRI	磁気共鳴画像
Computed tomography	CT	コンピューター断層撮影
Dual-energy x-ray absorptiometry	DEXA	二重X線吸収測定
Bioelectrical impedance analysis	BIA	生体電気インピーダンス
統計用語		
Standard error of estimate	SEE	推定の標準誤差
Area under the curve	AUC	曲線下面積
Confidence interval	CI	信頼区間
Relative risk	RR	相対危険度
Odds ratio	OR	オッズ比
Harzard ratio	HR	ハザード比

Table. I - 1 . Abbreviations used in this doctoral thesis

第 II 章 文献研究

第 1 節 加齢に伴う筋量および筋力に関する研究

筋量と筋力は加齢に伴い徐々に衰えるものであり、筋・神経メカニズムの老化による機能的な問題が原因の一つとして挙げられている (Frontera et al., 1991)。先行研究では、筋量と筋力の関連性について線形の関係であるという主張と非線形の関係であるとする主張があり、見解は一致していない。線形関係を主張する先行研究では、筋量の減少は生理学的側面から見て筋力低下の直接的な原因であるため、筋量を維持することで筋力の低下を防ぐことができると報告されている (Newman et al., 2003a)。一方、筋量の減少が筋力低下に与える影響は 5~10%とわずかであるという報告もある (Hughes et al., 2001; Clark et al., 2006)。

筋量に関する先行研究では、15 歳から 83 歳までの健康な男性 43 名を対象として右脚の外側広筋を筋生検し、年齢と筋面積、総筋繊維数との関連性を検討した。その結果、筋面積は 23.7 歳、総筋繊維数は 24.2 歳でピーク値を示し、それ以降は減少し、いずれも 50 歳を過ぎると減少はさらに加速し、80 歳では 20 歳の時より平均 39 - 40%減少していることを報告した (Lexell et al., 1988)。また、誕生後約 6 ヶ月から 80 歳までの男女を対象者として、超音波 B モード法を用いて筋組織厚の測定をおこなった研究がいくつかある。その結果、加齢に伴い筋組織が著しく萎縮することに加え、体の部位で見ると上肢部より下肢部が減少しやすく (谷本ら, 2010)、下肢のうち大腿部前面が急激に低下することを明らかにしている (安部と福永, 1995)。また年代にみると、若年女性 (平均年齢 20 歳) に比べ、高齢女性 (平均年齢 80 歳) で大腿筋厚、筋横断面積、膝伸展筋力の値が有意に低いことも報告されている (池添ら, 2007)。なお性差

については、20歳から95歳までの1507名を対象とした調査で、すべての年代で女性（15.3%）より男性（23.1%）の筋量が有意に高かったことが報告されている（Abe et al., 2011）。

筋力に関する先行研究では、男性高齢者を対象とした12年間の縦断研究の結果、筋力は約1年あたり1.4～2.5%低下し、12年間で肘伸展筋力は19%、肘屈曲筋力は16%、膝伸展筋力は24%、膝屈曲筋力は29%低下していた（Frontera et al., 2000）。また、18歳から83歳までの男性150名を対象として、上・下肢の筋力（握力、膝伸展筋力）を測定した結果、20代を100%として80代では握力は44%、膝伸展筋力は43%程度の値であることが明らかとなり、さらに握力は他の運動機能に比べて加齢に伴う低下が加速しやすいことが分かっている（衣笠隆ら, 1994）。

これら筋量の減少と筋力の低下について、複数人の研究者およびワーキンググループにより「老年症候群（Geriatric syndrome）」と定義することが提案されている。さらに「第1章第1節の諸言」に述べたように「加齢に伴う筋肉の減少」（Rosenberg, 1989）あるいは「筋量（四肢筋量）、筋力（握力）または身体機能（歩行能力）の全般的な低下」（Cruz-Jentoft et al., 2010; Chen et al., 2014）は「Sarcopenia」という定義が提案され、「加齢に伴う筋力の低下」は「Dynapenia」（Clark and Manini, 2008）が提案されている。

以上のように筋量の減少および筋力の低下は加齢に伴って進行することが確認されている。一方、それら二つの変数の関係（線形あるいは非線形）については、先行研究によって見解が異なっている。

第2節 筋量・筋力と身体機能に関する研究

加齢に伴い、身体機能のうち平衡性、敏捷性、柔軟性、瞬発力、筋力、持久力が有意に低下することが報告されている（木村, 1991）。このような身体機能の低下は、様々な慢性疾患および身体障害（Verbrugge and Jette, 1994; Janssen et al., 2004; Newman et al., 2006b）と強く関連している。ヒトの身体障害発生までの過程（The disablement process）のモデル（Fig. II-1）によると（Verbrugge and Jette, 1994）、病理・疾患の状態（pathology）から機能の損傷（impairment）に移行し、その後機能の制限（functional limitation）が生じ、身体障害（disability）につながっていることが理解できる。身体機能を悪化させる原因から予防対策案を模索すると、身体障害までつながることを防ぐことができる。これに関連して、947名の男女高齢者における体重で補正した握力（cut-off値：男性 0.43 kg/w, 女性 0.31 kg/w）と膝伸展筋力（cut-off値：男性 0.40 kg/w, 女性 0.31 kg/w）は、身体機能の低下を予測するための有用な指標（area under the curve (AUC) : 0.75 - 0.90）として提案されている（Martien et al., 2015）。なお上述の身体障害は、身体機能の低下を原因とするものに限定して述べている。

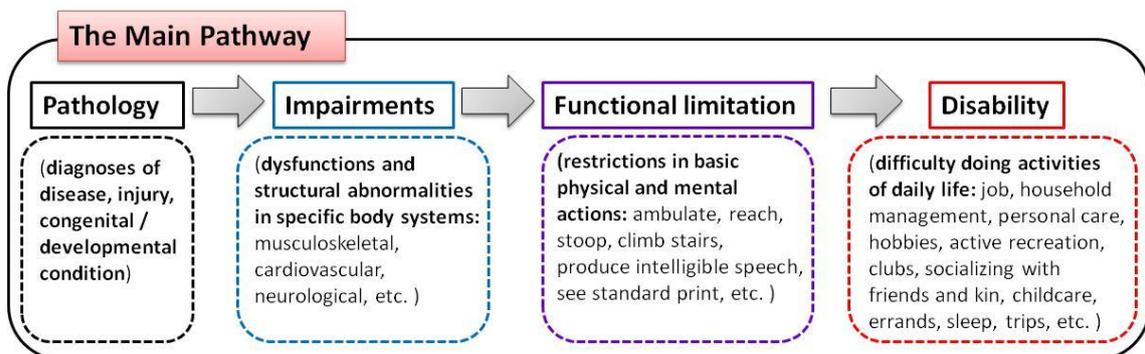


Fig. II-1. A model of the disablement process (Verbrugge and Jette, 1994)

筋量と身体機能との関連性を検討した先行研究では、アメリカの Health ABC 研究に参加した 2984 名の男女高齢者を対象者とし、四肢筋量を四分位して①身長で補正、②身長と脂肪量で補正して下肢の機能（椅子立ち上がる能力、歩行能力、バランス能力）との関連性を検討した。その結果、②の分析において女性のみ四肢筋量（odds ratio（以下、OR）：1.9, 95% confidence interval（以下、CI）：1.4 - 2.5）が低い下肢機能と有意に関連した（Newman et al., 2003b）。また、1308 名の女性高齢者における sarcopenia（身長で補正した四肢筋量）と obesity（脂肪量）を組み合わせた 4 群（healthy, purely sarcopenic, purely obese, sarcopenic-obese）と自己申告の身体機能（歩行、階段の昇降、椅子またはベッドからの立ち上がり、床の物を拾う、重いもの持ち上げる）との関連性の検討では、purely sarcopenic 群より sarcopenic-obese の群が、階段の昇段（OR:2.45, 95% CI:0.99 - 6.04）、下段（OR:3.41, 95% CI:1.35 - 8.57）、椅子またはベッドから立ち上がり（OR：2.89, 95% CI：1.01 - 8.30）の困難のリスクが有意に高いと報告されている（Rolland et al., 2009）。このように筋量の減少（sarcopenia）に脂肪が増加しているタイプ（sarcopenic-obese）は、身体機能がもっと低いことが認められている。Janssen. (2006) の報告によると、5036 名の男女高齢者いずれにおいても、normal 群（高い四肢筋量）に対し、moderate sarcopenia 群（中程度四肢筋量）より severe sarcopenia 群（低い四肢筋量）が IADL の制限をより多く有し、そのうち、女性（OR：1.77, 95% CI：1.28 - 2.44）より男性（OR：2.17, 95% CI：1.35 - 3.55）の方が IADL の制限のリスクが高かった。また、Meteorological Research Institute (MRI) 法を用いて下肢筋量を測定した研究では、下腿部よりも大腿部の筋量が身体機能（Short physical performance battery（以下、SPPB）、歩行速度とより強く関連したことが報告されている（Buford et al., 2012）。

筋力と身体機能との関連性を検討した先行研究では、男女高齢者を対象に上肢筋力に基づいて群分けを行い、**dynapenia**（三分位により低握力）群は、**normal** 群より歩行速度が有意に遅い値を示したが、男女いずれにおいてもバランス能力とは有意な関連性が見られなかったことを報告している（Yang et al., 2015）。また、イギリスの八つの研究所でおこなったコホート研究では、参加した中・高齢者 16444 名のうち、低握力（五分位）の者は、TUG と椅子から立ち上がる能力が有意に不良な値を示したが、開眼片足立ち時間では有意な関連が見られなかった（Hardy et al., 2013）。

55 歳以上の男女高齢者 2039 名を対象とし、下肢筋力に基づいて **dynapenia**（膝伸展筋力）と **obesity**（体脂肪量）をそれぞれ三分位して組み合わせた 4 群（**non-dynapenia and non-obese**, **obese alone**, **dynapenic alone**, **dynapenic-obese**）と身体機能（客観的評価：6 m 歩行速度，主観的評価：400 m 歩行，10 段の階段昇段，4.5 kg の者を持ち上げるあるいは運ぶ，2 時間の立位保持の困難感）との関連性が検討されている。その結果、男女いずれにおいても **non-dynapenia and non-obese** 群に比べ、**obese alone**, **dynapenic alone**, **dynapenic-obese** の 3 群が身体機能の困難のリスクが有意に高く、4 群のうち **dynapenic-obese** 群がもっとも不良な状態であることが報告された（Bouchard and Janssen, 2010）。すなわち、低筋力に肥満が加わると、身体機能が不良な状態となっていることが認められた。また、低い下肢筋力（レッグプレスの 1 - Repetition Maximum）は低い身体機能と強く関連することも報告されている（Puthoff and Nielsen, 2007）。

身体機能と強く関連する日常生活動作能力と筋力との関連についていくつかの報告がなされている。低い上肢筋力（握力）は日常生活動作能力（Activity of Daily Living : ADL）の制限と関連し（Snih et al., 2004），**dynapenia**（三分

位により低握力) (Yang et al., 2014) および低い膝伸展筋力 (Kojima et al., 2014) は, それぞれ不良な IADL と強く関連することが報告されている。

筋量と筋力を同時に比較しつつ身体機能との関連性を検討した先行研究では, 男女高齢者いずれにおいても四肢筋量より等速性膝伸展筋力が身体機能と関連することが確認された (Kim et al., 2012)。また, 70歳の男性高齢者において, 自己申告の身体機能 (階段昇段, 1 km歩行) と身体パフォーマンステスト (5回椅子立ち上がり能力, 6 m歩行能力) の制限を有する者が四肢筋量, 四肢筋力 (上肢: 握力, 下肢: 大腿四頭筋力) が有意に低いことが認められた (Hairi et al., 2010)。

以上より, 筋量あるいは筋力を維持・向上させることで, 身体機能の低下や身体障害を予防できることが分かる。しかしながら, 筋量, 筋力, 身体機能の三つの変数の因果関係については, 上述したように筋量の減少により身体機能が低下するのか, 不活動 (病気や入院) により筋量の減少や機能的能力 (functional capacity) が低下するかは (Hughes et al., 2004; Evans, 2010), 原因によってそれぞれ異なる。今後, それらに関連している様々な生理的メカニズムの解明や危険要因などを明らかにするための研究がさらに必要である。

第3節 筋量・筋力と起居・移動の動作能力に関する研究

高齢者を対象として「起居動作」、「移動動作」あるいはそれらを併せた「起居移動動作能力」を評価する方法は、質問紙による自己申告式の主観的な方法と検者により測定される客観的なパフォーマンステストがある。我が国で「起居移動動作能力」について検討した先行研究（池添ら，1997）では、「Barthel index の Mobility index」を参考に、①階段昇降、②入浴動作、③歩行、④トイレ動作、⑤車椅子からベッドへの移乗動作についての5項目の調査をおこなっている。また、（浅川ら，1997）は、「機能的自立度評価表：Functional Independence Measure；FIM」を用いて①移動、②階段、③ベッド、椅子、車椅子への移乗、④トイレへの移乗、⑤浴槽、シャワー使用場所への移乗についての調査をおこなっている。上記の二つの先行研究で用いた起居移動動作能力評価は、すべてがADLを評価する項目に含まれる。この他にも、高齢者の起居移動動作能力あるいは日常生活動作能力を評価するためのADL、IADL、自己申告式の移動能力制限の質問紙が広く用いられている。これらの評価法の具体的な項目は、階段の昇降・降段の能力、歩行能力、椅子またはベッドから立ち上がり能力、バランス能力などの動作の可否を主観・客観の両方の方法で評価するため、いくつかの項目が重複している。老研式活動能力指標（Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology, TMIG）を用いた高齢者のIADL評価と起居動作能力の関連を調査した報告では、起き上がり動作（ $r = -0.61$ ）、床からの立ち上がり動作（ $r = -0.70$ ）、5回連続の椅子立ち上がり動作（ $r = -0.78$ ）と高い相関が認められたと報告した（井戸田ら，2009）。日本の男女高齢者を対象として横断的（363名）および、縦断的（76名）に椅子立ち上がり動作時の地面反力と起居移動動作能力（階段昇段能力、椅子立ち上がり能力、歩行能力）の制限との関連性を検討した結果、起居移動動作能力の制限を有す

る者が有しない者よりも、下肢の地面反力（最大値，最大増加率）が有意に低いことも明らかとなっている（辻ら，2011a；辻ら，2011b）。また，70代の男女高齢者 3075 名とした研究では，下肢の筋量（大腿四頭筋断面積）と下肢の筋力（膝伸展筋力）が低いほど自己申告式の移動能力の制限（Self-reported Mobility Limitation，以下，ML）のリスクが有意に高いことが報告された（Visser et al., 2005）。

このように先行研究において「10 段の階段昇段」と「400 m 歩行」の困難についての質問紙を用いて ML が評価されている。本研究では，上記（Visser et al., 2005；辻ら，2011a；辻ら，2011b；Yang et al., 2015）の先行研究を参考にして「10 階段の昇段能力，椅子立ち上がり能力，15 分間の歩行能力」の項目を用いて「起居移動動作能力の制限」を調査することとした（第 1 章第 3 節を参考）。これらの質問のうち，15 分間の連続歩行の距離は，高齢者では 650～800 m になることが報告されている（厚生労働省，1997）。

また，筋量を用いた先行研究によると，男性高齢者において ML を有する OR は，正常群に対し，身長で補正した四肢筋量が低い群が 6.31（95% CI：2.48 - 16.05），身長と脂肪で補正した四肢筋量が低い群が 4.55（95% CI：1.96 - 10.53）であった一方，女性高齢者では有意な関連性は見られなかったと報告されている（Dufour et al., 2013）。一方，70代の男女高齢者 2976 名を対象とした 5 年間の縦断研究によると，ML を有するハザード比（Hazard Ratio, HR）は，女性において正常群に対し，身長と脂肪で補正した四肢筋量が低い群が 1.34（95% CI：1.11 - 1.61）となり有意に発生リスクが高かったが，男性では有意な発生リスクは見られなかった。さらに，正常群に対し，身長で補正した四肢筋量が低い群において男性が 0.76（95% CI：0.60 - 0.96），女性が 0.75（95% CI：0.60 - 0.93）と予想外に低い発生リスクを示した（Delmonico et al., 2007）。予想に反する結果となった理由としては，追跡期間が異なるこ

とからサンプルバイアスがあること、70歳代のみを対象にしたこと、任意の分位数で sarcopenia 群と normal 群を分類したことなどが挙げられる。以上より、四肢筋量をどの変数で補正するかによって結果が異なる可能性が示唆された。ゆえに今後は、補正する変数や用いる基準値の妥当性や適切性を慎重に検討した上で分析（研究）を進める必要があると言えよう。

筋力を用いた先行研究では、中国における男女高齢者 616 名を対象とし、dynapenia（三分位により低握力）と obesity（高 BMI $\geq 25\text{kg/m}^2$ ）を組み合わせたタイプと ML との関連を検討した。その結果、重篤な ML を有する OR は、dynapenic-obesity 群に対し、dynapenia のみの群において男性では 0.61（95% CI : 0.16 - 0.85）、女性では 0.51（95% CI : 0.27 - 0.96）であり、dynapenic-obesity 群が有意に ML のリスクが高いことが認められた（Yang et al., 2015）。

以上より、筋量の減少および筋力の低下と起居移動動作能力の制限との間に有意な線形の関連があることが確認され、筋量および筋力を維持・向上させることで起居移動動作能力の制限も予防できることが示唆された。

第4節 筋量・筋力と転倒に関する研究

高齢者における転倒発生率は、アメリカでは約 30% (Prudham and Evans, 1981; Tinetti et al., 1988) , 我が国では約 20%を示しており (新野, 1998; 新野ら, 2003) , 高齢者の 3 人のうち 1 人は 1 年間 1 回以上転倒を経験することが報告されている。要支援に認定される原因として、「骨折・転倒 (14.6%)」が挙げられており (厚生労働省, 2013) , さらに, 要介護認定される HR は, 1 年間の転倒歴なし群に対し, あり群の男性が 2.58 (95% CI : 1.76 - 3.78) , 女性が 2.05 (95% CI : 1.43 - 2.95) と有意に高いリスクを示した (平井ら, 2009) 。転倒の危険要因として, 筋力が低下している場合 4.4 倍転倒が発生しやすいことが報告されている (Society et al., 2001) 。また, いくつかの先行研究では sarcopenia (EWGSOP 基準 : 四肢筋量の減少, 握力の低下ならび遅い歩行速度) と転倒との関連性を検討している。イタリアの高齢者を対象として sarcopenia と転倒との関連性について 2 年間にわたって検討した結果, 転倒を有する HR は, non-sarcopenia に対し, sarcopenia の者が 3.23 (95%CI : 1.25 - 8.29) で有意にリスクが高かったと報告している (Landi et al., 2012) 。また, 我が国において男女高齢者 1882 名を対象とした報告によると, 転倒の発生 OR は, non-sarcopenia に対し, sarcopenia の男性が 3.16 (95%CI : 2.04 - 4.89) , 女性が 1.45 (95%CI : 1.09 - 1.93) と有意に高いことが確認された (Yamada et al., 2013) 。この先行研究では, 筋量の減少, 筋力の低下, 歩行能力の低下のうち, どの要因が転倒発生の最も強いリスク要因であるかは, 明らかにされていない。

筋量と筋力をそれぞれ単独で転倒との関連性を検討した研究では, 四肢筋量で判定された sarcopenia は, non-sarcopenia より 2.58 倍高い転倒発生リスクを示したが, 女性では有意な関連性は見られなかった (Baumgartner et al.,

1998)。また、5年間の縦断研究で筋量および筋力と転倒との関連性を検討した結果、normal 群に対し dynapenia (三分位による低い下肢筋力) は転倒発生リスクのスコアが有意に高かったが、sarcopenia (三分位による低い四肢筋量) では有意な関連性は認められなかった (Scott et al., 2014)。多数の研究によって、低い膝伸展筋力 (Ikezoe et al., 2003; Takazawa et al., 2003)、低い下肢筋量 (Frank-Wilson et al., 2016)、低い握力 (Sayer et al., 2006) は、転倒リスクと有意に関連していることが確認されている。また、本研究で用いた椅子立ちあがり動作時の地面反力と転倒率との関連性を横断・縦断的に検討した報告では、下肢の地面反力 (最大値, 最大増加率) が低いほど、転倒経験率が有意に高かった (辻ら, 2011a; 辻ら, 2011b)。

一方、Tanimoto et al. (2014) は、sarcopenia 群 (低い四肢筋量+低握力ならび遅い歩行速度)、pre-sarcopenia 群 (低い四肢握力)、low strength or performance 群 (低握力または遅い歩行速度) と転倒リスクとの関連性を検討した。その結果、男女いずれにおいても sarcopenia 群と low strength or performance 群で有意に転倒リスクが高かったが、pre-sarcopenia 群では転倒リスクの有意な上昇は見られなかった。これは、低筋量のみより低筋力のみの方において転倒リスクが高いことを示唆する結果である。

転倒を経験し怪我したことがある者は 80%という報告がある (Yasumura and Hasegawa, 2009)。転倒で怪我した者は怪我してない者より、転倒に対する不安感が大きく、これは転倒の不安「fear of falling」または転倒の後遺症「post-fall syndrome」と定義されている (Murphy and Isaacs, 1982)。

転倒不安に関する研究によると、転倒不安を有する OR は、non-sarcopenia に対し、sarcopenia の男性が 6.23 (95%CI: 4.04 - 9.60)、女性が 5.30 (95%CI: 3.78 - 7.43) と有意に高いことが認められている (Yamada et al., 2013)。また、転倒不安がない者よりも転倒不安がある者の方が、ADL と quality of life

(以下, QOL) が有意に低いことが確認されている (Yasumura and Hasegawa, 2009)。転倒不安のリスクが増加するにつれ筋量, 筋パワー, 身体機能が顕著に低下することも報告されている (Trombetti et al., 2016)。

以上より, 低筋量および低筋力は, 高い転倒発生率と関連することが確認された。また, 転倒による怪我・骨折および入院は, 転倒の不安感が大きくなり, これらは外出頻度, 活動量の低下につながり, 身体機能の低下を招くことが示唆された。

第 III 章 検討手順

第 1 節 研究課題の設定

本博士論文では、加齢に伴う筋量の減少および筋力の低下と身体的指標（身体機能、起居移動動作能力、転倒）との関連性を横断・縦断的に検討するため、下図の通り課題を設定した（Fig. III-1）。

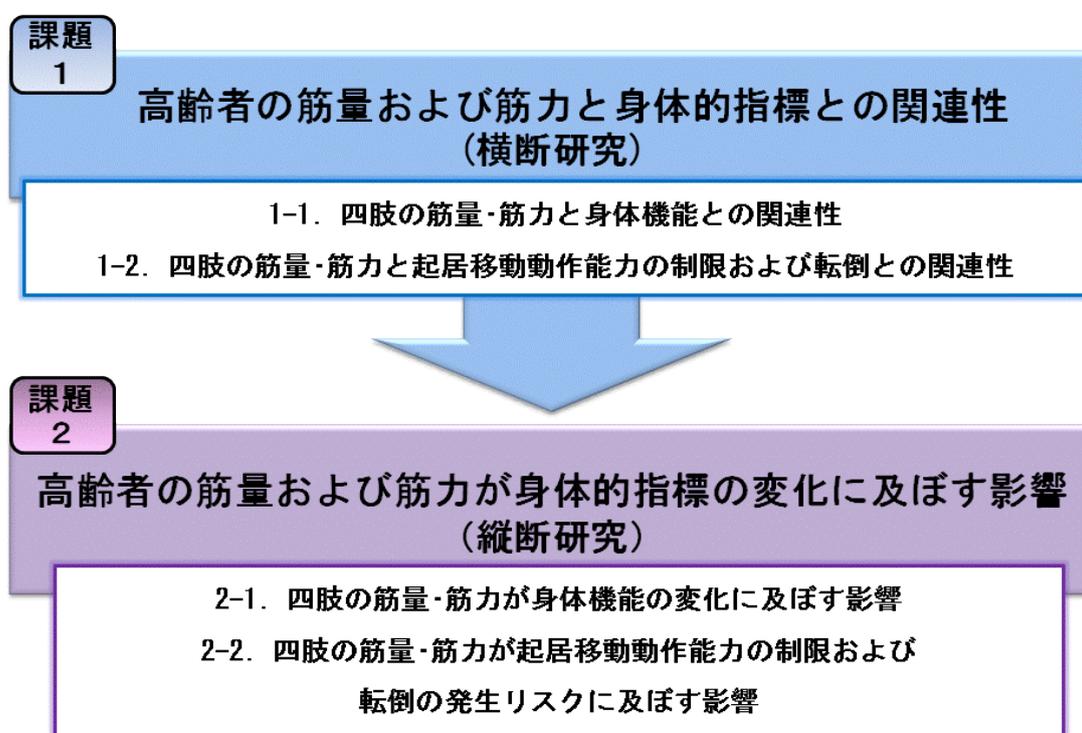


Fig. III-1. The procedure of the doctoral thesis

研究課題 1：横断データを用いた高齢者の筋量および筋力と身体的指標（身体機能，起居移動動作能力，転倒）との関連性の検討

課題 1-1. 高齢者における四肢の筋量・筋力と身体機能との関連性

加齢に伴い筋機能や身体機能は徐々に低下していくことが知られている。筋量の減少と筋力の低下は，それぞれ身体機能の低下と強く関連しており，これらは，寝たきりや要介護状態への移行の原因になりうる。しかしながら，筋量減少と筋力低下が併存した場合またはそれぞれが単独で生じる場合に身体機能とどのように関連するのかを報告した研究は見当たらない。筋量と筋力を組み合わせたタイプと身体機能との関連性を検討することで，より正確に筋量・筋力と身体機能の関係性を把握することができる。以上のことから，本課題では四肢の筋量・筋力を組み合わせたタイプと身体機能との関連性を検討する。

課題 1-2. 高齢者における四肢の筋量・筋力と起居移動動作能力の制限および転倒との関連性

加齢に伴う筋量の減少および筋力の低下は，起居移動動作能力の制限および転倒発生を引き起こす可能性が高い。しかし，筋量・筋力のどちらが起居移動動作能力の制限および転倒とより強く関連するかは，先行研究によって結果が異なっている。また，筋量と筋力を組み合わせたタイプと起居移動動作能力の制限および転倒との関連性を検討した研究は見当たらない。これを検討することで，筋量・筋力を組み合わせたどのタイプが起居移動動作能力の制限および転倒と強く関連するかを評価することができる。以上のことから，本課題では四肢の筋量・筋力を組み合わせたタイプと起居移動動作能力および転倒との関連性を検討する。

研究課題 2：縦断データを用いた高齢者の筋量及び筋力が身体的指標（身体機能，起居移動動作能力，転倒）の変化に及ぼす影響の検討

課題 2-1. 高齢者における四肢の筋量・筋力が身体機能の変化に及ぼす影響

これまで，筋量と筋力の組み合わせたどのタイプが身体機能の変化に影響を及ぼすかについては，まだ明らかになってない。そこで本課題では，3年間の追跡調査により，対象者のベースラインの筋量と筋力の組み合わせたタイプが将来の身体機能の変化にどのように影響を及ぼすかを検討する。

課題 2-2. 高齢者における四肢の筋量・筋力が起居移動動作能力の制限および転倒の発生リスクの変化に及ぼす影響

筋量と筋力の組み合わせたどのタイプが起居移動動作能力の制限および転倒のリスクの変化に影響を及ぼすかについては，まだ明らかになっていない。そこで本課題では，3年間および4年間の追跡調査により，対象者のベースラインの筋量と筋力の組み合わせたタイプが将来の起居移動動作能力の制限および転倒の発生リスクにどのように影響を及ぼすかを検討する。

第2節 研究の限界

本研究では得られた結果の一般化を目指しているが、各研究課題においてサンプリングバイアス、筋量・筋力の測定および評価等に関する限界が存在する。本研究の主な限界は以下のとおりである。

1. サンプリングバイアス

対象者の居住地域が茨城県笠間市に限定されるため、日本の全高齢者を代表するデータとは言い難い。また、要介護認定を受けておらず、自らの意思で調査に参加した者であるため、比較的健康水準が高い集団であった可能性がある。これにより、設定した4群のうち「中・高筋量と中・高筋力」群より「低筋量と低筋力」群の人数が大幅に少なく、4群間の対象者数に偏りが出てしまった。

また、一部地域（茨城県笠間市）の高齢者の特性より得られた結果であるため、本研究の知見の一般化を進めるためには、他の地域において交差妥当性を検証する必要がある。

2. 低筋量と低筋力の群の分類

先行研究では低筋量、低筋力または *sarcopenia*, *dynapenia* などを判定するための様々な基準値が提案されているが、どの基準値を研究に適用するかによって、異なる結果となる可能性がある。低筋量と低筋力の群分けについて標準的な方法が存在していないことから、本研究では三分位による便宜的な定義を用いた。また、本研究で用いた四肢筋量や握力に関しては、身体的指標に関するいくつかの cut-off 値が提案されているが、椅子立ち上がり動作時の地面反

力の cut-off 値はまだ設定されていない。今後は、明確な cut-off 値を用いて低筋量および低筋力を定義して分析をおこなう必要がある。

3. 四肢筋量の測定の限界

本研究において四肢筋量の計測に用いた多周波数体組成計「MC-980A」は比較的新しい機種であり、十分なサンプル数で機器間の信頼性および妥当性を検証した報告がなされていない。しかし、本研究で使用した BIA 法は、DXA 法によって測定した筋肉量 ($r = 0.98$)、体脂肪量 ($r = 0.92$) に対する優れた妥当性が報告されている (株式会社タニタ HP[†])。今後、MC-980A モデルの機器について検証する研究が期待される。

[†]業務用マルチ周波数体組成計 MC-980A の特徴, 株式会社タニタ

(http://www.tanita.co.jp/product/g/_MC98001101/)

4. 質問紙調査のバイアス (転倒経験の有無)

本研究において起居移動動作能力の制限および転倒経験の有無の調査は、先行研究を参考にし、質問紙を用いて調査した。このような質問紙調査は、主観的な回答を求めるものであるため、いくつかの情報バイアスが生じる可能性があると考えられる。

転倒経験の有無の調査は、過去 1 年間における転倒経験の記憶を想起することであるため、その記憶の不完全さから生ずる想起バイアス (recall bias) を挙げられる。また、研究者側が示した転倒の定義を参加者が正確に理解しているか否かによって、回答に対する判断・選択基準が異なるため、報告バイアス (reporting bias) も生ずる可能性がある。

第 IV 章 方法

第 1 節 コホート研究の対象者の募集

本研究は、茨城県笠間市で 2009 年から 2015 年の毎年 7～8 月に実施された健診事業（コホート研究）のデータを用いた。健診事業の対象者は、要介護認定を受けていない 65 歳以上の地域在住高齢者である。この健診事業は 2009 年から 2012 年および 2015 年に住民基本台帳から系統抽出法により対象者を選出して参加案内を送り（4200 名）、参加を希望した者を対象にベースライン調査および追跡調査（縦断研究）をおこなっている。本研究では、これらの対象者のうち、2011 年から 2015 年の健診事業に初めて参加した時点のデータを横断研究で使い、それを追跡調査のベースラインとした。なお、2013 年と 2014 年は新規の抽出はおこなわず、追跡調査のみおこなった (Abe et al., 2016) (Fig. IV-1)。本研究では、これらのデータのうち筋量、筋力、身体機能、起居移動動作能力、転倒のすべての測定および調査が可能であった者のデータを用いた。

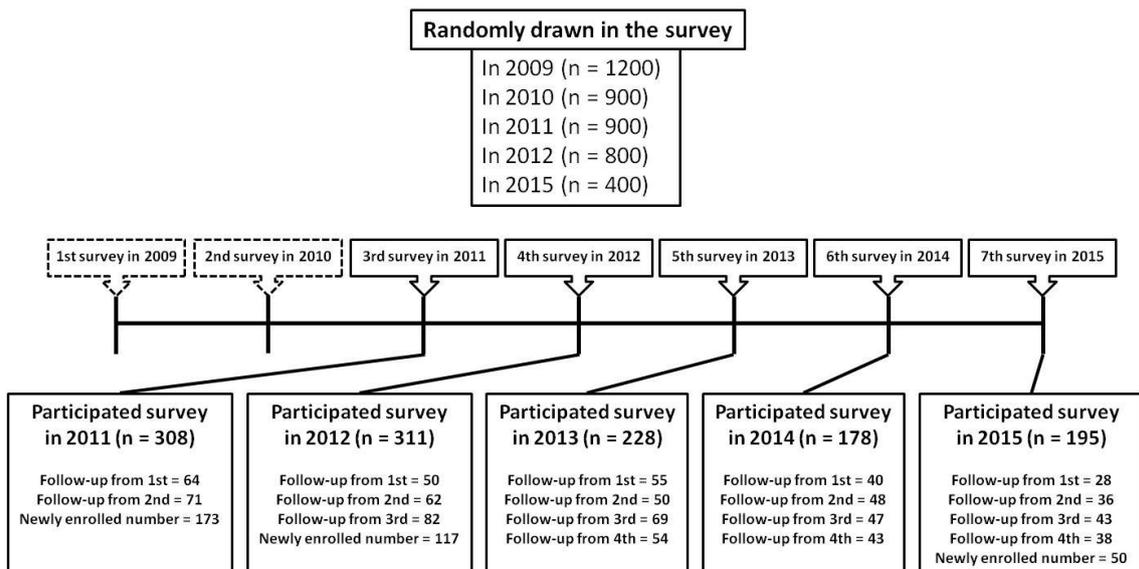


Fig. IV-1. Flow of Kasama prospective cohort study

第2節 基本的属性

1. 対象者の基本的属性の調査および計測

対象者の基本的属性の調査を以下の通りおこなった。

(1) 既往歴

既往歴は筋力発揮および身体パフォーマンスに大きな影響を及ぼす膝関節痛、腰痛を調査した。過去に医師から膝関節痛、腰痛と判定された者を既往歴「あり」とした。各既往歴は「あり=1」、「なし=0」にダミー変数化した。

(2) 形態

身長は、身長計を用いて 0.1 cm 単位で計測した。靴を脱ぎ、裸足の状態で踵・臀部・背部を尺柱につけ、耳眼水平面を保った状態で床面から頭頂点間の鉛直距離を測った。

体重は、体重計を用いて 0.1 kg 単位で計測した。着衣量を考慮して 0.5 kg を引いた補正体重の値を用い、身長と体重の値より body mass index (BMI) を算出した。なお、 $BMI (kg/m^2) = \text{体重 (kg)} / \text{身長 (m}^2)$ とした。

体脂肪率は、多周波数体組成計 (MC-980A, TANITA, Tokyo, JAPAN) を用いた BIA 法によって計測し、単位は%で示した。対象者には裸足で体組成計に乗り、電極を両手で握った状態で立位姿勢を約 30 秒間保持するよう教示した。

(3) 血圧, 心拍数

安静座位で, 左腕に血圧センサーが上腕動脈の上に接するようカフを巻きつけた。その時, 指が 2 本入る程度のゆとりを持たせた。2 回深呼吸をさせたのち, 測定ボタンを押し, 収縮期血圧, 拡張期血圧, 心拍数を記録した。

血圧の単位は mmHg, 心拍数の単位は bpm とした。普段の血圧を確認しておき, 高すぎる場合は時間を空けて再度測定をおこなった。

2. 本研究と国民健康・栄養調査への高齢者の基本的属性を比較

本研究の対象者は、2011年から2015年に茨城県笠間市で開催された健診事業に参加した要介護認定を受けていない65歳以上の地域在住男女高齢者であった。本研究の対象者は、茨城県笠間市という特定の地域で募集されたため、必ずしも日本の全ての高齢者を代表するとは言えない。そこで、本研究で得られた知見を一般化するために、基本的属性に関して本研究の対象者と日本の高齢者の代表値と考えられるデータとの比較をおこなう。

本研究の対象者である茨城県笠間市の男女高齢者502名と平成26年の国民健康・栄養調査（厚生労働省、2016）に参加した男女高齢者2409名の基本属性（身長、体重、BMI）を以下の表に示した（Table IV-1）。

本研究と国民健康・栄養調査の結果において身長は、男性の65-69歳が165~166cm、70歳以上が162cmであり、女性の65-69歳が152~153cm、70歳以上が148cmであった。体重は、男性の65-69歳が63~65kg、70歳以上が61kgであり、女性の65-69歳が53kg、70歳以上が50~51kgであった。BMIは、男性の65-69歳が23~24kg/m²、70歳以上が23kg/m²であり、女性の65-69歳と70歳以上が23kg/m²であった。また、本研究と国民健康・栄養調査の結果の差における身長、体重、BMIの効果量は0.22以下を示したため、ほぼ同程度の値であり、類似した体格であることが予想された。

Table. IV-1. Characteristics of older adults with this study survey and National Health - Nutrition survey

Variable	Unit	The current study (Data of Kasama research in 2011-2015)		National Health- Nutrition survey		Effect size (d)
		Age of 65-69 (n = 66)	Mean ± SD	Age of 65-69 (n = 369)	Mean ± SD	
Height	(cm)	164.9 ± 5.5	165.5 ± 6.3			0.10
Weight	(kg)	62.7 ± 8.5	64.8 ± 9.7			0.22
Body mass index	(kg/m ²)	23.1 ± 2.9	23.6 ± 3.0			0.17
Men						
		The current study (Data of Kasama research in 2011-2015)		National Health- Nutrition survey		Effect size (d)
		Age of ≥70 (n = 172)	Mean ± SD	Age of ≥70 (n = 769)	Mean ± SD	
Height	(cm)	161.8 ± 5.6	161.9 ± 6.3			0.02
Weight	(kg)	61.1 ± 8.2	60.7 ± 9.4			0.04
Body mass index	(kg/m ²)	23.4 ± 2.8	23.1 ± 3.1			0.10
Women						
		The current study (Data of Kasama research in 2011-2015)		National Health- Nutrition survey		Effect size (d)
		Age of 65-69 (n = 90)	Mean ± SD	Age of 65-69 (n = 382)	Mean ± SD	
Height	(cm)	151.5 ± 4.9	152.6 ± 5.2			0.22
Weight	(kg)	53.1 ± 6.9	53.4 ± 8.3			0.04
Body mass index	(kg/m ²)	23.1 ± 3.1	23.0 ± 3.5			0.05
		The current study (Data of Kasama research in 2011-2015)		National Health- Nutrition survey		Effect size (d)
		Age of ≥70 (n = 174)	Mean ± SD	Age of ≥70 (n = 889)	Mean ± SD	
Height	(cm)	148.2 ± 5.5	148.3 ± 6.2			0.01
Weight	(kg)	50.6 ± 7.2	50.1 ± 8.7			0.06
Body mass index	(kg/m ²)	23.0 ± 3.0	22.8 ± 3.6			0.07

Note: SD: standard deviation, Effect size (Cohen's d): The current study VS. National Health- Nutrition survey, 0.2: small, 0.5: medium, 0.8: large

第3節 筋量・筋力の測定法

本研究における筋量・筋力は、四肢をそれぞれ測定した。四肢の筋量・筋力は、両腕と両脚から得られる値である (Heymsfield et al., 1990; Gallagher et al., 1997)。Sarcopenia (Baumgartner et al., 1998) や dynapenia (Manini and Clark, 2012) を判定する際は、四肢の筋量・筋力を用いることが提案されている。

1. 様々な筋量の測定法

四肢筋量を測定するためには、magnetic resonance imaging (MRI), computed tomography (CT), dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA), bioelectrical impedance analysis (BIA) などの方法がある。これらの方法は、正確に筋量値を得られる長所があるが、放射線への暴露の危険性、費用が高いこと、測定時間が長いこと、容易に持ち運びができないなどの短所がある。一方、BIA法は上記の方法より正確性は劣るが、放射線への暴露がなく、低費用であり、機器の持ち運びが比較的容易であること、短時間で測定が可能であるため現場で多くの対象者を効率的に測定できることなどの長所がある (Malafarina et al., 2012)。

BIA法 (生体インピーダンス法) は、機器から体に微弱な交流電流を流し、生体組織の電気抵抗を計測において、脂肪および筋肉組織の違いによる電気抵抗の相違 (脂肪は電気が流れにくい、筋肉などの電解質で構成されている組織は電気が流れやすい) を利用することで体組成を推定する非侵襲の筋量測定法である。先行研究では、BIA法とMRI法との妥当性 ($r^2 = 0.86$, standard error of estimate (以下, SEE) = 2.7 kg, 9%) (Janssen et al., 2000), ($r^2 = 0.95$,

SEE = 1.56 kg, 7%) (Chien et al., 2008) が検証されている。BIA 法は、筋量を評価 (sarcopenia を判定) する様々な研究・運動・健康関連のフィールドで広く用いられている。

本研究の BIA 法に用いた Tanita 社 MC-980A モデルについて検証がおこなわれている。小児から高齢者を対象とし、BIA 法と DEXA 法との関連性を検討した結果、高い相関関係 (筋肉量 : $r=0.98$, 体脂肪量 : $r=0.92$) †が認められている。この機器はマルチ周波数 8 電極で 6 つの周波数 (1・5・50・250・500・1000 kHz) による BIA 測定で、正確な筋肉量, 体水分量, 体脂肪率の算出が可能となっている (Fig. IV-2)。測定範囲は 75 - 1500 Ω であり, 測定時間は約 30 秒で全身および右腕, 左腕, 右脚, 左脚の部位別の計測がなされる。

†業務用マルチ周波数体組成計 MC-980A の特徴, 株式会社タニタ (http://www.tanita.co.jp/product/g/_MC98001001/)

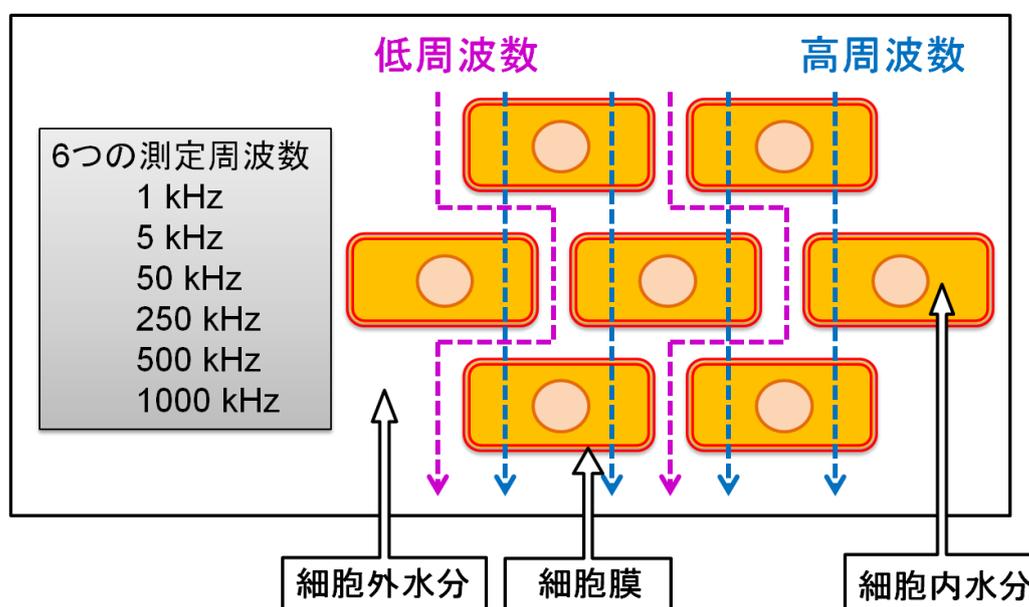


Fig. IV-2. Electricity at frequencies of six (kHz)

2. 本研究の筋量の測定

本研究では、多周波数体組成計（MC-980A, TANITA, Tokyo, JAPAN）を用い、BIA法によって四肢筋量を計測した（Fig. IV-3）。

対象者に対し、裸足で体組成計に乗り、電極を両手で握った状態で立位姿勢を約30秒間保持するよう教示した。これにより得られた上肢（両腕）と下肢（両脚）の筋量（kg）の和を身長²で除した「四肢筋量指数（appendicular skeletal muscle mass index : AMI）」を求めた。

※ AMI (kg/m²)

$$= (\text{両腕の筋量 (kg)} + \text{両脚の筋量 (kg)}) / \text{身長}^2 \text{ (m}^2\text{)}$$



Fig. IV-3. Measuring muscle mass by devices of MC980A model

3. 様々な筋力の測定法

筋力を測定するためには、biodex, cybex, kin-com (全身の等速性・等尺性の筋力), hand-held dynamometer や tensiometer (全身の等尺性筋力), 握力計 (上肢の等尺性筋力), 立ち上がりパワー測定器 (椅子立ち上がり動作時の地面反力) などの測定法があり, これらは, 様々な研究・運動・健康関連のフィールドで広く用いられている。

握力計は, 費用が安く, 持ち易く, どこでも簡単に測定できる長所があり, 日常生活動作能力の制限 (Rantanen et al., 1999; Al Snih et al., 2004; Sugiura et al., 2013) を予測できる有用な指標として挙げられている。さらに, 握力と膝伸展筋力との間に中から強い相関 ($r = 0.58, P < 0.001$) (Avlund et al., 1994) ($r = 0.77 - r = 0.81, P < 0.001$) (Bohannon et al., 2012) も認められている。

Hand-held dynamometer や tensiometer はベッドなどの身体を固定できる測定場所が必要である。これに対し, 立ち上がりパワー測定器は椅子さえあれば立ち上がり動作により筋力の測定ができ, biodex, cybex, kin-com に比べて低費用であり, 持ち運びが容易であること, 短時間で測定できることなどの長所があるため (辻ら, 2011a; 辻ら, 2011b), 有用な測定法であると考えられる。また, 立ち上がりパワー測定器から得られた値と biodex (Tsuji et al., 2015) や cybex (Lindemann et al., 2003) から得られた値との関連性が確認されている。本研究で用いた椅子立ち上がり動作時の地面反力の最大値と biodex から得られた等速性膝伸展筋力との関連性について, 65 歳以上の男女高齢者 47 名を対象とした報告では, 女性では, 中程度の相関 (partial- $r = 0.43, P = 0.05$) が認められたが, 男性では有意な相関が認められなかった (Tsuji et al., 2015)。

4. 本研究の筋力の測定

本研究では四肢筋力を評価するために、上肢筋力は握力 (T.K.K.5401, Takei Scientific Instruments, Niigata, JAPAN)、下肢筋力は椅子立ち上がり動作時の地面反力 (BM-101, TANITA, Tokyo, JAPAN) を用いた。

握力の測定では、対象者に対し立位姿勢で握力計を体側に保持し、呼吸しながら最大努力で握力計を握るように指示した。0.1 kg 単位で左右 2 回ずつ計測し、左右それぞれの最大値の平均値を採用値とした上で、体重で補正した値 (hand grip strength per body weight : 以下, HS/w と記す) を上肢筋力とした (金ら, 2015) (Fig. IV-4)。

椅子立ち上がり動作時の地面反力では、高さ 40 cm の椅子と立ち上がりパワー測定器を用いた。対象者は椅子に座り、測定器のプラットフォーム上に両足を置いた。座位姿勢は、両脚を腰幅に広げ、両腕を胸の前で組み、背筋を床面に対して垂直に伸ばし、足関節を 90° に保持した姿勢とした。座位姿勢を保持した状態から、測定者の合図のあと、最大努力で素早く立ち上がり、直立姿勢を 2 秒間保持した後、通常速度による着座動作をおこない、座位姿勢を 2 秒間保持した。これを 1 試行とし、連続して 3 試行することとした。対象者への実験手順の理解を十分に深めるため、事前に練習を 2 回おこなった (辻ら, 2011a; 辻ら, 2011b)。椅子立ち上がり動作時の地面反力の最大値を体重で補正した値 (peak reaction force per body weight : 以下, F/w と記す) を下肢筋力とした (Fig. IV-5)。

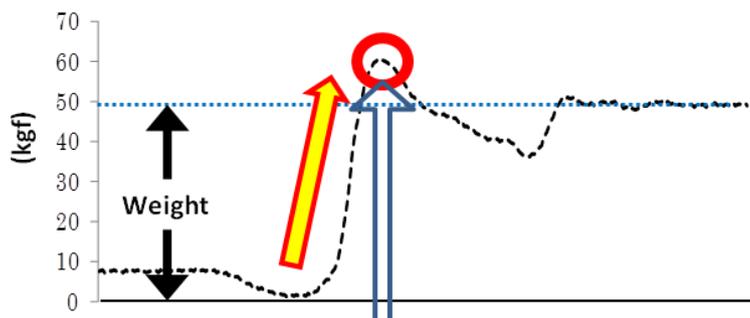
以上より得られた上肢筋力 (HS/w) と下肢筋力 (F/w) の値を標準化した得点を足して四肢筋力標準得点 (appendicular muscle strength Z-score : ASZ) を求め、四肢筋力の値とした。

※ ASZ (Z-score)

= (握力/体重の Z-score + 地面反力の最大値 / 体重の Z-score)



Fig. IV-4. Hand grip strength



椅子立ち上がり動作時の地面反力の最大値
: 下肢の力発揮を評価
peak reaction force per body weight: F/w

Fig. IV-5. Ground reaction force in sit-to-stand movement, peak reaction force

5. 四肢筋量と四肢筋力の組み合わせた4群の分類

上述の方法で得られたAMIとASZの値を男女別にそれぞれ三分位し、第1三分位を低群、第2三分位を中群、第3三分位を高群として分類した。その後、AMIとASZのそれぞれの三分位を組み合わせ、①低筋量と低筋力のいずれにも該当するLow AMI and Low ASZ群、②低筋量と中・高筋力に該当するLow AMI群、③中・高筋量と低筋力に該当するLow ASZ群、④中・高筋量と中・高筋力に該当するNormal群の4群に分類した (Fig. IV-6)。

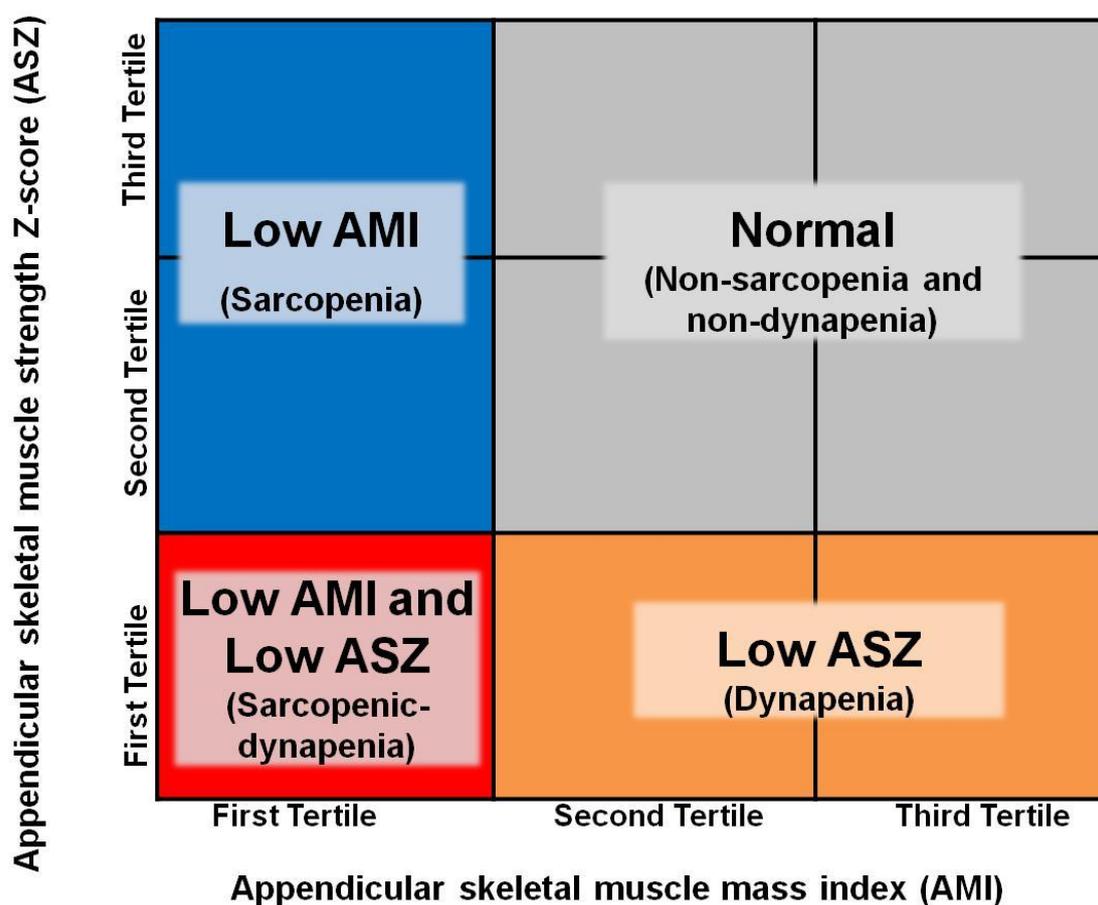


Fig. IV-6. Classification of the 4 groups by muscle mass and muscle strength

6. 本研究と先行研究における低筋量・低筋力の Cut-off 値の比較

本研究では、四肢筋量と四肢筋力の値をそれぞれ三分位に分けたため、第 1 三分位に該当する群を低群としたが、その低群を定義するための cut-off 値が低筋量や低筋力の cut-off 値として妥当である否かを検討する必要がある。Cut-off 値の妥当性が確認されたならば、本研究で得られた知見をさらに強化することができると考えられる。

本研究の対象者である茨城県笠間市の男女高齢者 502 名の四肢筋量指数と男女別の握力の第 1 三分位の cut-off 値および先行研究における低い四肢筋量指数 (Janssen et al., 2004; Chien et al., 2008; Tanimoto et al., 2012; Yamada et al., 2013) と低握力 (Lauretani et al., 2003; Sallinen et al., 2010; Tanimoto et al., 2012; Liu et al., 2013) の cut-off 値を以下の表に示した (Table IV-2)。

低い四肢筋量指数の cut-off 値は、本研究の男性が $7.47\text{kg}/\text{m}^2$ 、女性が $6.19\text{kg}/\text{m}^2$ であり、先行研究を総じて男性が $6.75\sim 8.87\text{kg}/\text{m}^2$ 、女性が $5.07\sim 6.42\text{kg}/\text{m}^2$ であった。

また、低い握力の cut-off 値は、本研究の男性が 31.8kgf 、女性が 21.1kgf であり、先行研究を総じて男性が $22.5\sim 37\text{kgf}$ 、女性が $14.5\sim 21\text{kgf}$ であったため、本研究で提示した cut-off 値は先行研究の低筋量・低筋力に該当する cut-off 値と概ね同様であることがわかった。

Table. IV-2. Cut-off value of muscle mass and muscle strength with this study and previous study

The current study (Data of Kasama research in 2011-2015)	Cut-off value							
	Men		Women					
Low appendicular skeletal muscle mass index, (kg/m ²)	7.47		6.19					
Low hand grip strength, (kgf)	31.8		21.1					
Previous study	Cut-off value							
	Men	Women	Men	Women	Men	Women	Men	Women
Low appendicular skeletal muscle mass index, (kg/m ²)	8.50	5.75	8.87	6.42	7.00	5.80	(Yamada et al., 2013)	
	(Janssen et al., 2004)		(Chien et al., 2008)		(Tanimoto et al., 2012)			
Low hand grip strength, (kgf)	30.0	20.0	37.0	21.0	30.3	19.3	22.5	14.5
	(Lauretani et al., 2003)		(Sallinen et al., 2010)		(Tanimoto et al., 2012)		(Liu et al., 2013)	

Note: Low appendicular skeletal muscle mass index; height squared (kg/m²)

第 V 章

研究課題 1-1. 高齢者における四肢の筋量・筋力と身体機能との関連性

第 1 節 諸言

平均寿命の延伸により，要支援や要介護の認定者数も増加しており，それらの原因として挙げられている筋量の減少，筋力の低下および身体機能の低下の予防の重要性が注目されている。加齢と筋量の減少，筋力の低下はそれぞれ強く関連しており（Frontera et al., 1991），筋量の減少は筋力低下に直接的な影響を及ぼすため，筋量を維持することで筋力の低下を防ぐことが可能である（Newman et al., 2003a）。

筋量，筋力，身体機能の三つの変数の関連性を同時に検討した先行研究によると，筋量より筋力が身体機能との関連性が強いことが確認された（Kim et al., 2012）。また，日常生活動作能力の制限を有している者は，筋量（四肢筋量），筋力（握力，大腿四頭筋筋力）が有意に低いことも認められている（Hairi et al., 2010）。

加齢に伴う筋量の減少は「Sarcopenia」（Rosenberg, 1989），筋力の低下「Dynapenia」（Clark and Manini, 2008）と定義されており，さらに筋量，筋力ならび身体機能の低下を併せて「Sarcopenia」を定義することも提案されている（Cruz-Jentoft et al., 2010; Chen et al., 2014）。sarcopenia（低筋量）およびdynapenia（低筋力）の判定は，様々な基準値や三分位の値を用いて判定が行われている。このようにして定義されたsarcopeniaは，高齢者のADLやIADLの自立度の低下と関連しており（Janssen, 2006; Tanimoto et al., 2012），dynapeniaも低い身体機能と強く関連することが報告されている（Bouchard

and Janssen, 2010)。

しかし、先行研究では低筋量と低筋力を組み合わせたタイプと身体機能との関連性を検証した報告は見当たらない。例えば、低筋量と低筋力が併存することで、いずれか単独の場合と比べて身体機能がどのように異なるかは明らかになっていない。そこで、筋量と筋力を組み合わせた4群「低筋量と低筋力、低筋量と中・高筋力、中・高筋量と低筋力、中・高筋量と中・高筋力」を設定し、身体機能との関連性を検討する必要がある。

以上のより本課題の目的は、高齢者の低筋量と低筋力に焦点を当て、「両方を併せ持つ」またはそれぞれを「単独に有する」場合に、身体機能がどの程度低いかを明らかにすることとした。なお、低筋量と低筋力を併発している場合に身体機能が最も低い状態であるという仮説を設定した。

第2節 方法

1. 研究対象者

本課題では、「第IV章第1節：コホート研究の対象者の募集」のうち、2011年から2015年までの調査で得られた1220名の横断データを用いた。

1220名のうち、データの重複があった653名を除外し、567名（2011年：308名、2012年：156名、2013年：21名、2014年：25名、2015年：57名）となった。また、測定項目に欠損があった65名（筋量43名、筋力16名、身体機能6名）を除外し、最終的な分析対象者は502名（ 73.2 ± 5.5 歳、男性238名、女性264名）とした（Fig. V-1）。

すべての対象者に対して研究の目的および測定に関する説明を文書と口頭によりおこなった上で、測定データの使用許可について書面で同意を得た。なお本研究は、筑波大学大学院人間総合科学研究科に帰属する体育系倫理委員会の承認を受けて実施した（承認番号：体23-36号、承認日：平成24年2月29日、体26-31、承認日：平成26年8月9日）。

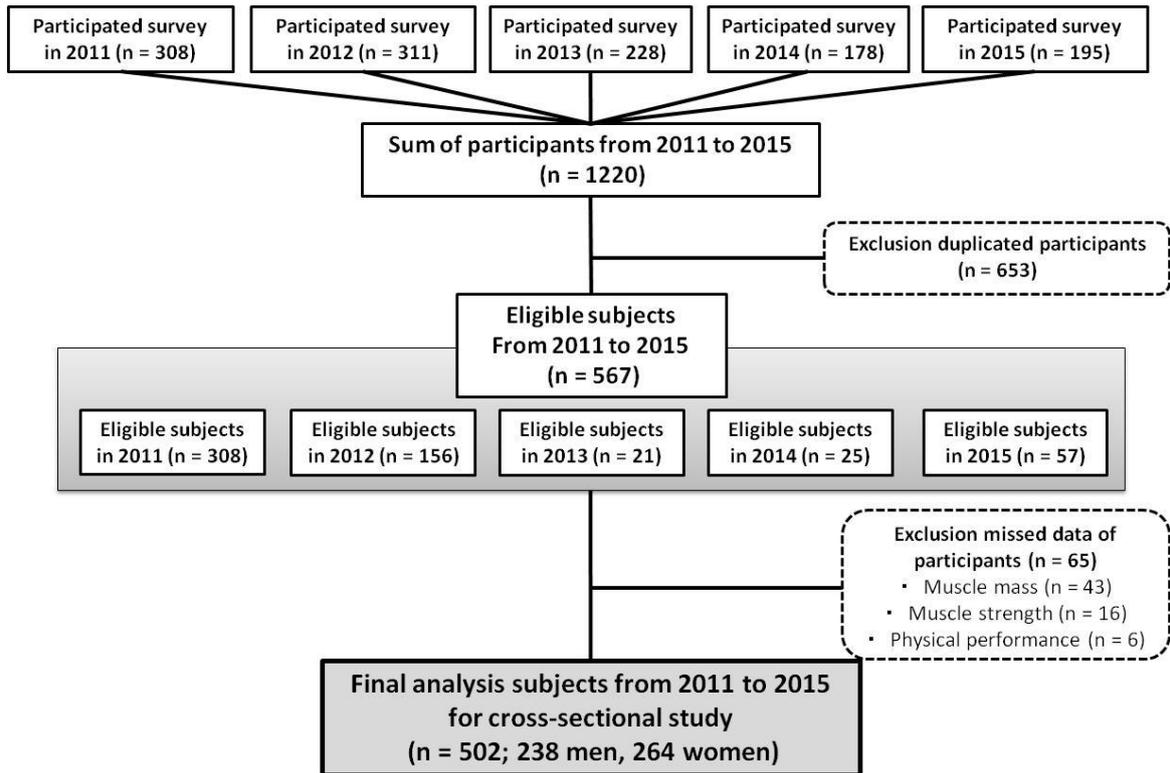


Fig. V-1. Sampling procedure in cross-sectional study (research task 1-1)

2. 測定項目

(1) 基本的属性

対象者の基本的属性を把握するための、1) 問診、2) 形態、3) 血圧の調査および測定については、「第IV章第2節：基本的属性」に記載した。

(2) 身体機能（6項目の身体パフォーマンステスト）

身体機能の評価には6項目の身体パフォーマンステストを用いた。用いた項目は、①開眼片足立ち時間（バランス能力）、②長座体前屈（柔軟性）、③timed up and go（移動・歩行能力）④5 m 通常歩行時間（歩行能力）、⑤48本ペグ移動時間（巧緻性）、⑥4方向選択反応時間（反応能力）である。各項目の測定方法を以下に示した。

1) 開眼片足立ち時間（バランス能力）

両手を腰に当て、片方の足を床面から10 cm程度挙げた状態でできるだけ長く立ち続けるよう教示した。支持脚は参加者のおこないやすい方とした。計測は足を上げた時点から、バランスが崩れた時点までの時間とし、最大値は60秒とした。バランスが崩れたとみなす基準として、腰に当てた手が離れる、上げた足が地面に着地する、支持脚が移動する場合と定義した。ストップウォッチにより0.01 s単位で2回計測し、最良値を記録とした。

2) 長座体前屈（柔軟性）

壁に臀部と背中をつけ、長座姿勢をとらせた。両手を伸ばし、手のひらを長座体前屈計（T.K.K.5112, Takei, Takei Scientific Instruments, Tokyo, JAPAN）の上においたまま、膝を曲げないように上体を前屈させた。このときの長座体前屈計の移動距離を 0.5 cm 単位で 2 回計測し、最良値（遠い距離の値）を記録とした。

3) timed up and go（以下、TUG；移動・歩行能力）

椅子に腰掛けた姿勢から合図とともに立ち上がり、可能な限り速く歩き、3 m 前方のコーンを回って着座するまでの時間をストップウォッチにより 0.01 s 単位で 2 回計測し、最良値（速い時間の値）を記録とした。

4) 5 m 通常歩行時間（歩行能力）

全長 11 m の歩行路を日常生活における通常の早さで歩くように教示した。歩行路の両端 3 m を予備路とし、中間 5 m 歩行した際に要した時間をストップウォッチにより 0.01 s 単位で 2 回計測し、最良値（速い時間の値）を記録した。

5) 48 本ペグ移動時間（巧緻性）

対象者からみて、手腕作業検査器（T.K.K.1336, Takei Scientific Instruments, Tokyo, JAPAN）の遠位の盤にペグを 48 本さした状態から準備をする。48 本ペグを合図とともに左右それぞれの手にペグを 1 本ずつ持ち、手前の盤に最大

努力で素早く移すよう教示した。0.01 s 単位で 1 回計測して記録した。

6) 4 方向選択反応時間 (反応能力)

対象者は、マットの中心に立ち、発光器 (ヤガミ社製 SW-4) が点灯したのと同じ方向 (4 方向のいずれか) のマットにできるだけ素早く片足ずつ移動するよう教示した。1 ms 単位で計 12 回 (4 方向 × 3 回) 計測し、各方向の最長値を除いた 8 回の平均値を記録した。

(3) 四肢筋量および四肢筋力

本検討課題においては、「第IV章第3節：筋量・筋力の測定法」に記載した。四肢筋量指数 (appendicular skeletal muscle mass index : AMI) と四肢筋力標準得点 (appendicular muscle strength z-score : ASZ) を分析に用いた。

(4) 群の分類

前述した筋量の AMI と筋力の ASZ の値をそれぞれ三分位して低、中、高の 3 群に分けた。AMI と ASZ のそれぞれの 3 群の組み合わせにより、「①低筋量と低筋力のいずれにも該当する Low AMI and Low ASZ 群 (男 22 名, 女 25 名), ②低筋量と中・高筋力に該当する Low AMI 群 (男 58 名, 女 63 名), ③中・高筋量と低筋力に該当する Low ASZ 群 (男 58 名, 女 63 名), ④中・高筋量と中・高筋力に該当する Normal 群 (男 100 名, 女 113 名)」の 4 群に分類した (Fig. IV-6)。

3. 統計解析

男女別の4群間の基本的特徴の比較には一要因分散分析を用い、既往歴（膝関節痛、腰痛）の割合はカイ二乗検定により検討した。一要因分散分析の多重比較検定には Bonferroni 法を用いた。

偏相関分析を用い、男女別の筋量・筋力の変数（両腕・両脚の筋量、AMI、握力、椅子から立ち上がり動作時の地面反力、ASZ）と、年齢（共変量：BMI、膝関節痛・腰痛の有無）および身体機能（共変量：年齢、BMI、膝関節痛・腰痛の有無）との関連性を検討した。

男女別の4群間の身体機能の比較には、年齢、BMI、膝関節痛・腰痛の有無を共変量とした共分散分析を用いた。有意差が確認された場合は、Bonferroni 法を用いて多重比較検定をおこなった。統計処理には、IBM SPSS Statistics version 22.0 (Armonk, NY, USA) を用い、統計的有意水準は危険率 5%未満とした。

第3節 結果

1. 筋量・筋力を組み合わせた4群の基本的属性の比較

男女それぞれにおける各群の基本的属性の比較を Table. V-1 と V-2 に示した。

男性においては、年齢、拡張期血圧、体重、BMI、体脂肪率、筋量と握力に有意な群間差が認められた。女性においては、年齢、身長、体重、BMI、体脂肪率、筋量と握力の変数、心拍数、膝関節痛に有意な群間差が認められた。

多重比較検定の結果、男女いずれも Low AMI and Low ASZ 群と Low ASZ 群が高年齢と高い体脂肪率を、Low ASZ 群と Normal 群で高い体重を示した。また、Low AMI and Low ASZ 群と Low AMI 群では、全身筋量、体重、BMI が低値を示した。

また、女性において膝関節痛を有する者は、Low AMI and Low ASZ 群 (24.0%)、Low AMI 群 (12.7%)、Low ASZ 群 (30.2%)、Normal 群 (15.0%) であったが ($P=0.04$)、多重比較検定では群間の有意差は見られなかった。

Table. V -1. Characteristics of participants by AMI and ASZ groups in Men

Variable	Unit	MEN (n = 238)		Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 22)			Low AMI ² (n = 58)		Low ASZ ³ (n = 58)		Normal ⁴ (n = 100)		ANOVA P-value	Post hoc test with Bonferroni correction
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD			
Age	(years)	73.9 ± 5.6	79.2 ± 5.8	74.0 ± 5.8	74.0 ± 5.8	75.2 ± 5.8	71.9 ± 4.2						P < 0.01	2, 3, 4 < 1; 4 < 3
Systolic blood pressure	(mmHg)	142.8 ± 18.3	136.4 ± 17.0	140.2 ± 21.0	140.2 ± 21.0	143.2 ± 19.5	145.5 ± 15.6						0.11	
Diastolic blood pressure	(mmHg)	78.0 ± 10.9	69.8 ± 9.3	76.9 ± 11.9	76.9 ± 11.9	77.5 ± 11.0	80.8 ± 9.6						P < 0.01	1 < 2, 3, 4
Heart rate	(bpm)	74.4 ± 12.2	72.6 ± 14.0	76.4 ± 12.1	76.4 ± 12.1	72.3 ± 10.6	74.8 ± 12.5						0.28	
Height	(cm)	162.6 ± 5.7	161.5 ± 5.0	161.8 ± 6.2	161.8 ± 6.2	162.7 ± 6.4	163.4 ± 5.2						0.30	
Weight	(kg)	61.5 ± 8.3	55.7 ± 7.5	53.8 ± 6.0	53.8 ± 6.0	66.5 ± 7.1	64.4 ± 6.2						P < 0.01	1, 2 < 3, 4
Body mass index	(kg/m ²)	23.3 ± 2.8	21.4 ± 3.0	20.6 ± 1.8	20.6 ± 1.8	25.2 ± 2.4	24.2 ± 2.0						P < 0.01	1, 2 < 3, 4; 4 < 3
Total body fat	(%)	20.7 ± 5.7	22.3 ± 6.4	17.5 ± 5.2	17.5 ± 5.2	24.2 ± 5.4	20.2 ± 4.7						P < 0.01	2 < 1, 3, 4; 4 < 3
AMI	(kg/m ³)	7.87 ± 0.96	6.82 ± 0.74	6.88 ± 0.45	6.88 ± 0.45	8.39 ± 0.66	8.38 ± 0.68						P < 0.01	1, 2 < 3, 4
HS/w	(kgf/kg)	0.56 ± 0.10	0.49 ± 0.06	0.63 ± 0.08	0.63 ± 0.08	0.47 ± 0.08	0.59 ± 0.08						P < 0.01	1, 3 < 2, 4; 4 < 2
F/w	(kgf/kg)	1.42 ± 0.11	1.29 ± 0.07	1.45 ± 0.09	1.45 ± 0.09	1.33 ± 0.08	1.48 ± 0.09						P < 0.01	1, 3 < 2, 4
[†] Medical history of knee pain	%(n)	6.7 (16)	9.1 (2)	5.2 (3)	5.2 (3)	3.4 (2)	9.0 (9)						0.52	
[†] Medical history of back pain	%(n)	23.1 (55)	31.8 (7)	15.5 (9)	15.5 (9)	27.6 (16)	23.0 (23)						0.32	

Note: ANOVA: analysis of variance, SD: standard deviation, [†]Chi-square test, HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

AMI: appendicular skeletal muscle mass index; height squared (kg/m²), ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of z-score (HS/w) and z-score (F/w)

Table. V-2. Characteristics of participants by AMI and ASZ groups in Women

Variable	Unit	WOMEN (n = 264)		Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 25)				Low AMI ² (n = 63)		Low ASZ ³ (n = 63)		Normal ⁴ (n = 113)		ANOVA P-value	Post hoc test with Bonferroni correction
		Mean ± SD		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD		
Age	(years)	72.7 ± 5.3		75.3 ± 5.2	72.5 ± 5.2	75.5 ± 5.8	70.7 ± 4.0						P < 0.01	4 < 1, 3; 2 < 3	
Systolic blood pressure	(mmHg)	138.7 ± 17.5		141.0 ± 16.4	134.6 ± 15.9	142.8 ± 21.3	138.2 ± 16.0						0.06		
Diastolic blood pressure	(mmHg)	75.3 ± 10.2		74.2 ± 10.0	74.4 ± 9.1	76.2 ± 11.4	75.5 ± 10.2						0.75		
Heart rate	(bpm)	76.7 ± 11.5		78.2 ± 11.3	79.6 ± 10.3	77.8 ± 12.8	74.2 ± 11.2						0.02	4 < 2	
Height	(cm)	149.3 ± 5.5		148.4 ± 7.0	151.1 ± 5.1	147.7 ± 5.5	149.5 ± 5.1						P < 0.01	3 < 2	
Weight	(kg)	51.4 ± 7.2		49.3 ± 6.0	46.2 ± 5.8	56.5 ± 7.2	52.0 ± 6.0						P < 0.01	1, 2, 4 < 3; 2 < 4	
Body mass index	(kg/m ²)	23.1 ± 3.0		22.3 ± 1.6	20.2 ± 2.1	25.9 ± 3.1	23.3 ± 2.1						P < 0.01	2 < 1, 3, 4; 1, 4 < 3	
Total body fat	(%)	31.1 ± 7.1		33.3 ± 4.2	26.1 ± 6.3	37.3 ± 6.0	30.0 ± 5.9						P < 0.01	2 < 1, 3, 4; 1, 4 < 3	
AMI	(kg/m ²)	6.48 ± 0.65		5.84 ± 0.33	5.75 ± 0.26	6.93 ± 0.55	6.79 ± 0.41						P < 0.01	1, 2 < 3, 4	
HS/w	(kgf/kg)	0.45 ± 0.08		0.39 ± 0.06	0.51 ± 0.06	0.37 ± 0.06	0.48 ± 0.06						P < 0.01	1, 3 < 2, 4	
F/w	(kgf/kg)	1.31 ± 0.09		1.21 ± 0.04	1.35 ± 0.06	1.23 ± 0.07	1.36 ± 0.07						P < 0.01	1, 3 < 2, 4	
[†] Medical history of knee pain	%(n)	18.9 (50)		24.0 (6)	12.7 (8)	30.2 (19)	15.0 (17)						0.04		
[†] Medical history of back pain	%(n)	21.2 (56)		24.0 (6)	17.5 (11)	25.4 (16)	20.4 (23)						0.72		

Note: ANOVA: analysis of variance, SD: standard deviation, [†]Chi-square test, HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

AMI: appendicular skeletal muscle mass index; height squared (kg/m²), ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of z-score (HS/w) and z-score (F/w)

2. 筋量・筋力，年齢，身体機能との偏相関関係

男女別に筋量・筋力の変数，年齢，身体機能との関連性を，偏相関分析を用いて検討した（Table. V-3 と V-4）。

年齢と筋量，筋力，身体機能との関連性については，それぞれの変数間に弱～中程度の有意な相関が認められた。しかし，男性における年齢と長座体前屈は，有意な関連性がなかった。また，女性では年齢と長座体前屈，AMI と体重で補正した握力は相関が見られなかった。

群の設定に用いた AMI, ASZ と身体機能との相関関係をそれぞれ検討した。男女いずれにおいても AMI と身体機能のすべての項目との関連性は見られなかった。一方，男性の ASZ とすべての身体機能の項目の間に弱～中程度の有意な相関が認められた。女性では ASZ と長座体前屈以外のすべての身体機能の項目との間に弱い程度の有意な相関が認められた。

Table. V -3. Association of muscle mass, muscle strength, age and physical function in Men

MEN (n = 238)	†Age		Arms of muscle mass		Legs of muscle mass		AMI		Hand grip strength		Peak reaction force		ASZ	
	partial-r		partial-r		partial-r		partial-r		partial-r		partial-r		partial-r	
†Age														
‡One-leg balance with eyes open		-.343**												
‡Sit and reach		-.181												
‡Timed up and go		.402**												
‡5-m habitual walk		.307**												
‡Hand working with pegbord		.421**												
‡Choice stepping reaction time		.256**												

Note: Partial correlation coefficient, * P < 0.05, ** P < 0.01,  | partial-r | ≥ 0.4,  0.4 > | partial-r | ≥ 0.3,  0.3 > | partial-r |

†Adjusted for body mass index (kg/m³), medical history of knee pain and low back pain, ‡Adjusted for age, body mass index (kg/m³), medical history of knee pain and low back pain

AMI: appendicular skeletal muscle mass index; sum of arms muscle mass and legs muscle mass per height squared (kg/m³), HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of z-score (HS/w) and z-score (F/w), F/w: peak reaction force per body weight

Table. V-4. Association of muscle mass, muscle strength, age and physical function in Women

Variable	†Age		Arms of muscle mass		Legs of muscle mass		AMI		Hand grip strength		Peak reaction force		ASZ	
	partial-r		partial-r		partial-r		partial-r		partial-r		partial-r		partial-r	
†Age														
‡One-leg balance with eyes open		-.471**												
‡Sit and reach		-.189**												
‡Timed up and go		.571**												
‡5-m habitual walk		.489**												
‡Hand working with pegbord		.476**												
‡Choice stepping reaction time		.417**												

Note: Partial correlation coefficient, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, \square | partial-r | ≥ 0.4 , \square 0.4 > | partial-r | ≥ 0.3 , \square 0.3 > | partial-r |

†Adjusted for body mass index (kg/m²), medical history of knee pain and low back pain, ‡Adjusted for age, body mass index (kg/m²), medical history of knee pain and low back pain

AMI: appendicular skeletal muscle mass index; sum of arms muscle mass and legs muscle mass per height squared (kg/m²), HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of z-score (HS/w) and z-score (F/w), F/w: peak reaction force per body weight

3. 筋量・筋力を組み合わせた4群と身体機能との関連性

身体機能の群間比較の結果を、男女別に Table. V-5 と V-6 に示した。

男性では、長座体前屈以外のすべての項目（開眼片足立ち時間、TUG、5 m 通常歩行時間、48 本ペグ移動時間、4 方向選択反応時間）で有意差が認められた。女性において、開眼片足立ち時間と長座起立時間以外のすべての項目（TUG、5 m 通常歩行時間、48 本ペグ移動時間、4 方向選択反応時間）において有意差が認められた。上述の有意差が認められた身体機能項目においての多重比較検定の結果、男女いずれもすべての項目で Low AMI and Low ASZ 群と Low ASZ 群は、Normal 群と Low AMI 群より有意に不良な身体機能の値を示した。

Table. V-5. Comparison in physical performance tests results among groups of AMI and ASZ in Men

Variable	Unit	Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 22)			Low AMI ² (n = 58)		Low ASZ ³ (n = 58)		Normal ⁴ (n = 100)		ANCOVA P-value	Post hoc test with Bonferroni correction
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD			
One-leg balance with eyes open	(sec)	13.9	± 12.7	34.9	± 22.2	28.9	± 22.2	41.2	± 19.9	P < 0.01	1 < 2, 4; 3 < 4	
Sit and reach	(cm)	29.6	± 13.0	34.9	± 10.7	29.8	± 9.8	34.8	± 9.1	0.13		
Timed up and go	(sec)	7.14	± 1.09	5.84	± 1.05	7.05	± 1.45	5.60	± 0.87	P < 0.01	2, 4 < 1, 3	
5-m habitual walk	(sec)	4.46	± 0.96	3.53	± 0.48	4.01	± 0.66	3.60	± 0.52	P < 0.01	2, 4 < 1, 3	
Hand working with pegboard	(sec)	42.0	± 6.2	38.1	± 5.2	41.4	± 6.0	36.5	± 5.0	P < 0.01	4 < 3	
Choice stepping reaction time	(msec)	1140.5	± 153.9	1047.0	± 146.7	1119.2	± 148.1	1011.2	± 121.7	P < 0.01	4 < 3	

Note: ANCOVA: analysis of covariance, SD: standard deviation, Adjusted for age, body mass index (kg/m²), medical history of knee pain and low back pain

AMI: appendicular skeletal muscle mass index; height squared (kg/m²), ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of Z-score (HS/w) and Z-score (F/w)

HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

Table. V-6. Comparison in physical performance tests results among groups of AMI and ASZ in Women

Variable	Unit	Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 25)				Low AMI ² (n = 63)		Low ASZ ³ (n = 63)		Normal ⁴ (n = 113)		ANCOVA P-value	Post hoc test with Bonferroni correction
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD				
One-leg balance with eyes open	(sec)	21.1 ± 17.2	37.6 ± 22.5	20.0 ± 18.6	38.4 ± 21.1	0.07							
Sit and reach	(cm)	37.2 ± 9.4	40.1 ± 8.4	36.8 ± 9.1	39.9 ± 7.8	0.60							
Timed up and go	(sec)	7.08 ± 1.23	5.89 ± 1.03	7.33 ± 1.66	5.82 ± 1.05	P < 0.01						2, 4 < 1; 4 < 3	
5-m habitual walk	(sec)	4.05 ± 0.76	3.54 ± 0.57	4.13 ± 0.88	3.47 ± 0.53	0.02						4 < 3	
Hand working with pegboard	(sec)	40.4 ± 7.3	35.2 ± 4.5	38.8 ± 5.8	35.0 ± 4.1	P < 0.01						2, 4 < 1	
Choice stepping reaction time	(msec)	1168.7 ± 185.9	1030.0 ± 118.2	1162.6 ± 160.3	1027.4 ± 126.5	P < 0.01						2, 4 < 1; 4 < 3	

Note: ANCOVA: analysis of covariance, SD: standard deviation, Adjusted for age, body mass index (kg/m²), medical history of knee pain and low back pain

AMI: appendicular skeletal muscle mass index; height squared (kg/m²), ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of Z-score (HS/w) and Z-score (F/w)

HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

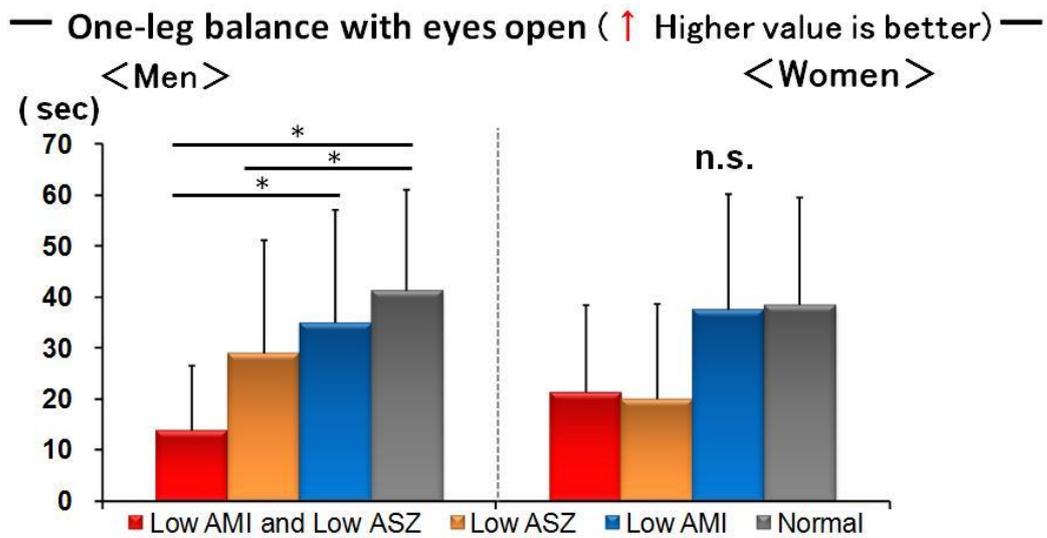


Fig. V-1. One-leg balance with eyes open test results among 4 groups of AMI and ASZ in men and women

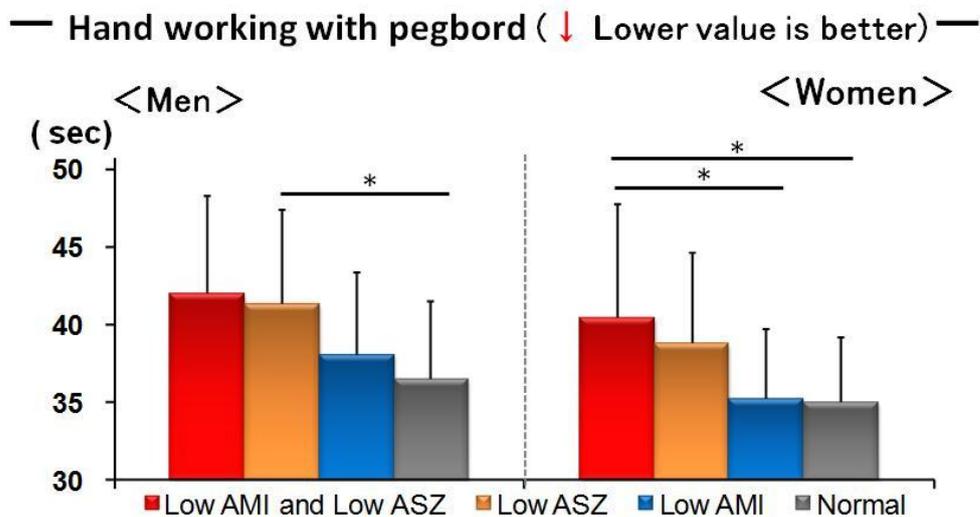


Fig. V-2. Hand working with pegbord test results among 4 groups of AMI and ASZ in men and women

— Choice stepping reaction time (↓ Lower value is better) —

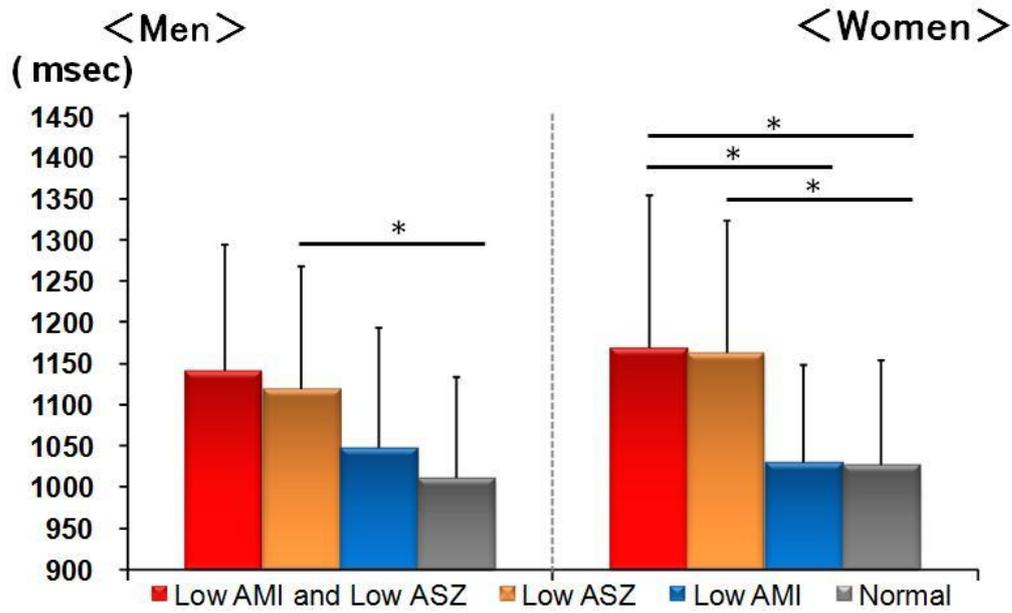


Fig. V-5. Choice stepping reaction time test results among 4 groups of AMI and ASZ in men and women

第4節 考察

1. 筋量・筋力を組み合わせた4群の基本的属性

年齢に関して、男女いずれも「低筋量と低筋力」のタイプと「中・高筋量と低筋力」のタイプが、正常な者よりも高かったことから、加齢の影響を受けやすいことが示唆された。

中国人高齢者を対象とした2年間の追跡調査では、筋量の減少(男性:-0.66%, 女性:-0.93%)より筋力の低下(男性:-3.85%, 女性:-10.04%)の方が有意に大きい低下率を示している(Auyeung et al., 2014)。また、アメリカの70歳代の高齢者1889名を対象とした3年間の追跡調査によると、筋力の低下率において白人男性が-3.4%/年、黒人男性が-4.1%/年、白人女性が-2.6%/年、黒人女性が-3.0%/年であったことに対して、筋量の減少率は男女いずれの人種とも約-1%/年であることが報告されている(Goodpaster et al., 2006)。本研究は横断調査であるため個人の経年変化を把握していないが、先行研究を部分的に支持する結果であった。BMIは、男女いずれもLow AMI and Low ASZ群とLow AMI群が、Low ASZ群とNormal群より低値を示していた。一方、体脂肪率については4群のうちLow ASZ群が高値を、Low AMI群が低値を示した。すなわち、筋力のみが低下した者よりも筋量のみが減少した者がやせている傾向にあり、体脂肪率は低いことが示唆された。41-85歳の日本人を対象としたsarcopeniaの調査によると、BMIと体脂肪率はnormal群に比べ、sarcopenia(低い四肢筋量指数)が有意に少ないことが報告されている(Sanada et al., 2010)。したがって、本研究結果は先行研究の報告を部分的に支持していた。

2. 筋量・筋力，年齢，身体機能との相関関係

身体機能は，男女いずれにおいても全ての項目が筋力と有意な弱～中程度の相関関係を示したが，筋量との間には有意な相関関係が見られなかった。加えて，四肢筋量よりも，四肢筋力が身体機能とのより強い相関関係が認められた。このことから，身体機能は四肢筋量より四肢筋力と強く関連することが確認された。

和が国の地域在住女性高齢者において筋量，筋力，バランス能力，歩行能力のそれぞれの相関関係を検討した結果，片足立ち保持時間は握力 ($r = 0.47$)，大腿四頭筋筋力 ($r = 0.45$)，足把持力 ($r = 0.58$) と，最大歩行速度は足把持力 ($r = 0.55$) との有意な相関が認められている (甲斐ら, 2008)。しかし，この報告では骨格筋量との有意な相関は見られなかった。また，オーストラリアの女性高齢者を対象とした研究では，四肢筋量指数 (AMI) は，TUG と 6 m 歩行テストとの間に有意な相関は見られなかったが，足関節背屈筋力と TUG ($r = -0.31$)，歩行速度 ($r = 0.34$)，膝伸展筋力と歩行速度 ($r = 0.23$) の間に有意な相関関係が認められている (Woods et al., 2011)。本研究においても，四肢筋力標準得点は TUG (男性： $r = -0.49$ ，女性： $r = -0.39$)，5 m 通常歩行時間 (男性： $r = -0.36$ ，女性： $r = -0.30$) との間に有意な相関関係を示しており，先行研究を支持した。

3. 筋量および筋力と身体機能との関連性

四肢筋量と四肢筋力を組み合わせた4群間の身体機能の比較には、年齢、BMI、膝関節痛、腰痛を調整した共分散分析を行った。その結果、男女における長座体前屈（柔軟性）と女性のみにおける開眼片足立ち時間（バランス能力）以外のすべての項目で有意差が認められた。

本課題において注目すべき結果として、TUG（歩行・移動能力）、5 m 通常歩行時間（歩行能力）、4方向選択反応時間（反応能力）などの、いわゆる下肢パフォーマンスとの間に強い関連性が確認された点がある（Table. V-3とV-4）。これらの項目は男女いずれにおいてもLow AMI and Low ASZ群とLow ASZ群で不良な値を示した。なお、4群間の開眼片足立ち時間（バランス能力）について男性では有意な関連性が認められており、女性では有意な傾向（ $P = 0.07$ ）が見られた（Table. V-5とV-6）。このような下肢を中心としたパフォーマンス（Lower extremity performance, LEP）と筋量や筋力との関連性については、いくつかの先行研究から相反する結果が報告されている。sarcopenia（低い四肢筋量指数）と身体機能テスト（short physical performance battery, SPPB）およびLEPテスト（5回椅子立ち上がる能力、歩行能力、片足立ち能力）との関連性を検討した研究では、男女いずれもnon-sarcopeniaの者より、sarcopeniaの者の下肢機能が有意に低いと報告した（Delmonico et al., 2007）。また、下肢筋量および握力とLEPテスト（5回椅子立ち上がる能力、歩行能力）との関連を検討した研究では、低い下肢の筋量よりも、低い握力の方が不良な下肢機能との関連が強いと報告した（Visser et al., 2000）。

このように、低筋量（sarcopenia）と低筋力（dynapenia）のいずれか一方と、身体機能との関連性を検討した報告は散見される。本研究では、低筋量と低筋力を同時に併せもつ状態が、それぞれ単独で保有している状態よりも身体

機能が低いという仮説を立て、筋量と筋力の両方を考慮に入れた関連性の検証をおこなった。その結果、男女いずれにおいても、筋量のみ低い者よりも、筋量と筋力の両方低い者と筋力のみ低い者の身体機能が低いことを改めて確認した。

最後に、男女とも長座体前屈（柔軟性）には群間の有意差が認められなかったことから、低筋量と低筋力は柔軟性と関連しないことが示唆された。60歳以上の420名の男女高齢者を対象とした先行研究によると、柔軟性は年齢、筋量との関連が示されなかった（Silva et al., 2013）。また、75歳以上の1308名の女性高齢者を対象とした柔軟性（picking up object from floor）テストの結果は、sarcopenia（低い四肢筋量指数）の有無による有意差は見られなかった（Rolland et al., 2009）。柔軟性を評価するパフォーマンステストを遂行する際に大きな筋力発揮が求められないことは明らかであり、筋量や筋力が測定値に及ぼす影響は小さいことが推察される。

第5節 要約

本課題 1-1 では、高齢者の低筋量と低筋力に焦点を当て、いずれかを単独に有する、または両方を併せ持つ場合に、身体機能との関係性がどのように示されるかを明らかにすることとした。

その結果、男女いずれにおいても四肢筋量（AMI）より四肢筋力（ASZ）が身体機能と強い相関関係を示した。また、四肢筋量（AMI）と四肢筋力（ASZ）を組み合わせた四つのタイプにおける「中・高筋量と中・高筋力」と「低筋量と中・高筋力」のタイプに比べ、「低筋量と低筋力」と「中・高筋量と低筋力」のタイプにおいて身体機能が有意に低いこと明らかとなった。

以上より、本課題では横断研究から得られた結果のため、今後の課題では、高齢者の筋量・筋力を組み合わせたどのタイプが身体機能の変化に影響を及ぼすかを縦断的な疫学調査により検討する必要がある。

第 VI 章

研究課題 1-2. 高齢者における四肢の筋量・筋力と起居移動動作能力，転倒との関連性

第 1 節 諸言

高齢者では 3 人に 1 人が 1 年に 1 回以上の転倒経験を有すると報告されている (Tinetti et al., 1988)。また，要介護状態になる身体的な要因として高齢である，1 年間の転倒歴がある，外出頻度が少ない，歩行時間 30 分未満などが主に占めている (平井ら，2009)。転倒発生率はアメリカとヨーロッパでは 30~40% であり，日本では 10~20% 以上であり，転倒によりケガをしたことがある者は 80% に上る (Yasumura and Hasegawa, 2009)。

起居移動動作能力は，高齢者において ADL, IADL, QOL, などと強く関連していると報告されている (井戸田ら，2009)。起居移動動作能力のうち，階段昇段，歩行能力，立ち上がり能力は，様々な先行研究で下肢機能や移動能力を評価する項目として用いられている。それらを用いた先行研究によると，低筋量の者より低筋力の者は，歩行能力や椅子から立ち上がる能力が低く (Visser et al., 2000)，転倒率が高い (Graafmans et al., 1996; Landi et al., 2012; Tanimoto et al., 2014) ことが示されている。一方，依然として低筋量もまた起居移動動作能力の低下 (Dufour et al., 2013; Trombetti et al., 2016) や転倒率を高める (Woo and Kim, 2014; Frank-Wilson et al., 2016) という報告もなされている。

このことから，加齢に伴う筋量の減少または筋力の低下は，日常生活動作能力の制限を引き起こすだけでなく，転倒や転倒による骨折および入院にまでつながる。そのため，起居移動動作能力や転倒を引き起こす危険要因を早期に発

見し、それを向上させることに努める必要があると考えられる。

しかしながら、先行研究では「筋量減少と筋力低下が併存した場合」や、それぞれが「単独で生じる場合」と起居移動動作能力および転倒との関連性については、まだ明らかになっていない。そこで、筋量と筋力を組み合わせた4群「低筋量と低筋力、低筋量と中・高筋力、中・高筋量と低筋力、中・高筋量と中・高筋力」を設定し、起居移動動作能力および転倒との関連性を検討する必要がある。

以上のより本課題の目的は、高齢者の低筋量と低筋力に焦点を当て、「両方を併せ持つ」またはそれぞれを「単独に有する」場合に、起居移動動作能力の制限（モデルⅠ）および転倒（モデルⅡ）とどの程度関連するかを明らかにすることとした。なお、低筋量と低筋力両方を併せ持つことが最も起居移動動作能力の制限および転倒と強く関連するという仮説を設定した。

第2節 方法

1. 研究対象者

本課題では、「第IV章第1節：コホート研究の対象者の募集」のうち、2011年から2015年までの調査で得られた1220名の横断データを用いた。

1220名のうち、データの重複がある者653名（第V章第2節：方法）と測定項目に欠損があった71名（筋量43名、筋力16名、起居移動動作能力8名、転倒4名）を除外し、最終的な分析対象者は496名（73.3±5.5歳、男性233名、女性263名）とした（Fig. VI-1）。

本研究課題1-2の研究倫理の承認については、「第V章第2節：方法」に記載した。

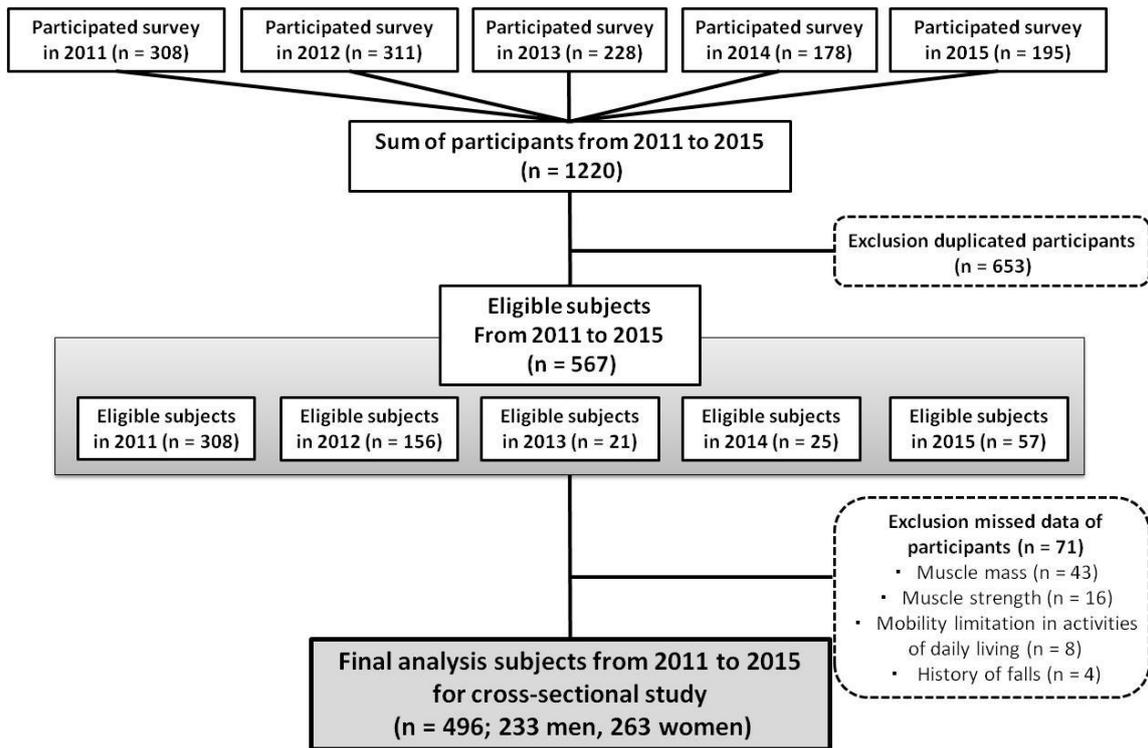


Fig. VI-1. Sampling procedure in cross-sectional study (research task 1-2)

2. 測定項目

(1) 基本的属性

対象者の基本的属性を把握するための、1) 問診、2) 形態、3) 血圧の調査および測定については、「第IV章第2節：基本的属性」に記載した。

(1) 下肢パフォーマンステスト

(Lower extremity performance : LEP)

LEP テストをおこない、下肢の機能が低いほど筋量 (Delmonico et al., 2007; Newman et al., 2003b) および筋力 (Visser et al., 2000) が有意に低いことが明らかになっている。

本研究では、上記の先行研究を参考に LEP テストとして 1) 開眼片足立ち時間 (バランス能力)、2) **timed up and go** (移動・歩行能力)、3) 5 m 通常歩行時間 (歩行能力) を測定した。各項目の測定方法については、「第V章第2節：方法」に記載した。

(2) 起居移動動作能力の制限の評価

起居移動動作能力の制限を判別するため、階段昇段能力、椅子立ち上がり能力、歩行能力について質問紙調査をおこなった (Visser et al., 2005; Yang et al., 2015)。質問紙は、「**階段昇段能力**：手すりや壁をつたわずに続けて階段を10段昇ることができますか」、「**椅子立ち上がり能力**：椅子に座った状態から何もつかまらずに立ち上がることができますか」、「**歩行能力**:15分間(約400m)

くらい休まずに続けて歩くことができますか」の問いに対し、「十分にできる」、「少しむずかしい」、「全くできない」の 3 件法で回答を求めた。「十分にできる」と回答した場合は「良好」、「少しむずかしい」、「全くできない」とした場合は「不良」として、それぞれカテゴリー化した。3 動作のうち 1 動作以上で「不良」となった者を「起居移動動作能力の制限あり」とした（辻ら, 2011a; 辻ら, 2011b）。

(3) 過去 1 年間の転倒経験の有無

転倒経験の調査は、「過去 1 年間に転倒したことがありますか」の問いに対し、「ある」または「ない」で回答を求め、「ある」と答えた者を「転倒経験あり」とした（辻ら, 2011a; 辻ら, 2011b）。また、転倒経験を有する者に対し、転倒時の状況（転倒経験の時期、転倒経験の時間帯、転倒した場所、転倒時の履物、転倒時の動作、転倒の原因、転倒による怪我）を調査した。

(4) 四肢筋量および四肢筋力

本検討課題においては、「第IV章第 3 節：筋量・筋力の測定法」に記載した。四肢筋量指数（AMI）と四肢筋力標準得点（ASZ）を分析に用いた。

(5) 群の分類

AMI と ASZ の値をそれぞれ三分位して低、中、高の 3 群に分けた。AMI と ASZ のそれぞれの 3 群の組み合わせにより、「①低筋量と低筋力のいずれにも該当する Low AMI and Low ASZ 群（男 21 名，女 25 名），②低筋量と中・高

筋力に該当する Low AMI 群 (男 57 名, 女 63 名), ③中・高筋量と低筋力に該当する Low ASZ 群 (男 57 名, 女 63 名), ④中・高筋量と中・高筋力に該当する Normal 群 (男 98 名, 女 112 名)」の 4 群に分類した (Fig. IV-6)。

3. 統計解析

AMI と ASZ を組み合わせた 4 群間の基本的特徴の比較には一要因分散分析を、既往歴（膝関節痛、腰痛）の有無、起居移動動作能力の制限（階段昇段能力、椅子立ち上がり能力、歩行能力）の有無、転倒経験の有無の割合についてはカイ二乗検定を用いて検討し、有意差が確認された場合は、Bonferroni 法を用いて多重比較検定をおこなった。

AMI および ASZ と起居移動動作能力、転倒経験との関連性を検討するため、従属変数に起居移動動作能力の制限の有無（モデル I）および転倒経験の有無（モデル II）を、独立変数に 4 群（①Low AMI and Low ASZ 群、②Low AMI 群、③Low ASZ 群、④Normal 群）を、共変量に年齢、BMI、既往歴（膝関節痛、腰痛）の有無を投入したポアソン回帰分析をおこない、相対危険度 (relative risk : RR) と 95%信頼区間 (confidence interval : CI) を算出した。すべての統計処理には、IBM SPSS Statistics version 22.0 (Armonk, NY, USA) を用い、有意水準は危険率 5%とした。

第3節 結果

1. 筋量・筋力を組み合わせた4群の基本的属性の比較

男女それぞれにおける各群の基本的属性および LEP テストの結果を Table. VI-1 と VI-2 に示した。

年齢について、男性では Low AMI and Low ASZ 群が、女性では Low AMI and Low ASZ 群と Low ASZ 群が有意に高齢であった。体重、BMI、体脂肪率は、男女いずれも Low ASZ 群が有意に高値を示した。LEP テスト結果のうち、TUG、5 m 通常歩行時間、開眼片足立ち時間は、両性において Low AMI 群と Normal 群に比べ、Low AMI and Low ASZ 群と Low ASZ 群が有意に不良な値を示した。

既往歴のうち、女性において膝関節痛を有する割合は、Low AMI and Low ASZ 群が 24.0%、Low AMI 群が 12.7%、Low ASZ 群が 30.2%、Normal 群が 15.2%であったが ($P < 0.05$)、多重比較検定の結果では、群間に有意差は見られなかった。また、男性において膝関節痛や腰痛を有する割合は、4 群間に有意な差は見られなかった。

起居移動動作能力の制限を判断するために用いた階段昇段能力、椅子立ち上がり能力、歩行能力の3動作についてそれぞれの「不良」となった者の割合を4群間で比較した。その結果、男女いずれにおいても Low AMI 群と Normal 群に比べ、Low AMI and Low ASZ 群と Low ASZ 群が階段昇段能力、椅子立ち上がり能力、歩行能力の「不良」の割合が有意に高かった。

Table. VI-1. Characteristics of participants by AMI and ASZ groups in Men

Variable	Unit	MEN (n = 233)		Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 21)		Low AMI ² (n = 57)		Low ASZ ³ (n = 57)		Normal ⁴ (n = 98)		ANOVA P-value	Post hoc test with Bonferroni correction
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		
Age	(years)	73.9	± 5.6	79.0	± 5.9	74.2	± 5.9	75.4	± 5.7	71.8	± 4.2	P < 0.01	2, 3 < 1; 4 < 1, 2, 3
Systolic blood pressure	(mmHg)	142.9	± 18.3	137.0	± 17.2	140.5	± 20.9	143.8	± 19.9	145.0	± 15.7	0.20	
Diastolic blood pressure	(mmHg)	78.1	± 10.9	70.2	± 9.4	76.9	± 12.0	77.3	± 11.0	80.9	± 9.6	P < 0.01	1 < 4
Heart rate	(bpm)	74.7	± 12.1	73.6	± 13.7	76.6	± 12.1	73.3	± 11.0	74.6	± 12.4	0.51	
Height	(cm)	162.7	± 5.7	161.4	± 5.1	161.7	± 6.2	162.4	± 6.3	163.7	± 5.1	0.10	
Weight	(kg)	61.5	± 8.4	56.1	± 7.5	53.6	± 6.0	66.7	± 7.3	64.3	± 6.1	P < 0.01	1, 2 < 3, 4
Body mass index	(kg/m ²)	23.3	± 2.8	21.6	± 2.9	20.6	± 1.8	25.3	± 2.6	24.0	± 1.9	P < 0.01	1, 2 < 3, 4; 4 < 3
Body fat	(%)	20.8	± 5.7	23.1	± 5.4	17.5	± 5.3	24.6	± 5.5	20.0	± 4.5	P < 0.01	2 < 1, 3, 4; 4 < 3
AMI	(kg/m ²)	7.87	± 0.96	6.79	± 0.74	6.87	± 0.46	8.43	± 0.72	8.35	± 0.66	P < 0.01	1, 2 < 3, 4
HS/w	(kgf/kg)	0.56	± 0.10	0.48	± 0.06	0.63	± 0.08	0.46	± 0.07	0.59	± 0.07	P < 0.01	1, 3 < 2, 4
F/w	(kgf/kg)	1.42	± 0.12	1.28	± 0.07	1.45	± 0.08	1.33	± 0.08	1.48	± 0.10	P < 0.01	1, 3 < 2, 4
Timed up and go	(sec)	6.12	± 1.27	7.24	± 1.08	5.81	± 0.99	7.05	± 1.45	5.56	± 0.86	P < 0.01	2, 4 < 1, 3
5-m habitual walk	(sec)	3.73	± 0.64	4.38	± 0.94	3.53	± 0.48	4.05	± 0.67	3.55	± 0.48	P < 0.01	2, 4 < 1, 3
One-leg balance with eyes open	(sec)	34.7	± 22.1	12.3	± 12.3	36.6	± 22.3	29.2	± 22.4	40.6	± 20.1	P < 0.01	1 < 2, 3, 4; 3 < 4
[†] Medical history of knee pain	%(n)	6.4	(15)	9.5	(2)	3.5	(2)	3.5	(2)	9.2	(9)	0.36	
[†] Medical history of low back pain	%(n)	22.7	(53)	33.3	(7)	14.0	(8)	28.1	(16)	22.4	(22)	0.19	
[†] Difficulty in climbing 10 stair steps	%(n)	16.7	(39)	57.1	(12)	12.3	(7)	33.3	(19)	1.0	(1)	P < 0.01	2, 4 < 1, 3; 4 < 2
[†] Difficulty in standing up from a chair	%(n)	8.2	(19)	33.3	(7)	5.3	(3)	12.3	(7)	2.0	(2)	P < 0.01	2, 4 < 1
[†] Difficulty in walking for 15 minutes	%(n)	11.6	(27)	38.1	(8)	7.0	(4)	22.8	(13)	2.0	(2)	P < 0.01	2, 4 < 1; 4 < 3
[†] Mobility limitation in activities of daily living	%(n)	22.3	(52)	66.7	(14)	14.0	(8)	43.9	(25)	5.1	(5)	P < 0.01	2, 4 < 1, 3
[†] History of falls: Has fallen once or more times	%(n)	18.0	(42)	28.6	(6)	10.5	(6)	29.8	(17)	13.3	(13)	0.01	—

Note: ANOVA: analysis of variance, SD: standard deviation, [†]P-value for Chi-square test, HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

AMI: appendicular skeletal muscle mass index; muscle mass divided by height squared (kg/m²), ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of HS/w Z-score and F/w Z-score

Table. VI-2. Characteristics of participants by AMI and ASZ groups in Women

Variable	Unit	WOMEN (n = 263)		Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 25)			Low AMI ² (n = 63)			Low ASZ ³ (n = 63)			Normal ⁴ (n = 112)		ANOVA P-value	Post hoc test with Bonferroni correction
		Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean		
Age	(years)	72.7	± 5.3	75.3	± 5.2	72.5	± 5.2	75.3	± 5.9	70.7	± 4.0			P < 0.01	2, 4 < 3; 4 < 1	
Systolic blood pressure	(mmHg)	138.7	± 17.5	141.0	± 16.4	134.6	± 15.9	142.9	± 21.1	138.1	± 16.0			0.06		
Diastolic blood pressure	(mmHg)	75.3	± 10.2	74.2	± 10.0	74.4	± 9.1	76.2	± 11.3	75.5	± 10.3			0.73	1 < 4	
Heart rate	(bpm)	76.7	± 11.5	78.2	± 11.3	79.6	± 10.3	77.7	± 12.7	74.2	± 11.2			0.02	4 < 2	
Height	(cm)	149.3	± 5.5	148.4	± 7.0	151.1	± 5.1	147.7	± 5.5	149.5	± 5.1			P < 0.01	3 < 2	
Weight	(kg)	51.4	± 7.2	49.3	± 6.0	46.2	± 5.8	56.5	± 7.2	52.0	± 6.0			P < 0.01	1, 2 < 3; 4; 4 < 3	
Body mass index	(kg/m ²)	23.1	± 3.0	22.3	± 1.6	20.2	± 2.1	25.9	± 3.1	23.3	± 2.1			P < 0.01	1, 2 < 3; 4; 4 < 3	
Body fat	(%)	31.1	± 7.1	33.3	± 4.2	26.1	± 6.3	37.3	± 6.1	30.0	± 5.9			P < 0.01	2 < 1, 3; 4; 1, 4 < 3	
AMI	(kg/m ²)	6.48	± 0.65	5.84	± 0.33	5.75	± 0.26	6.94	± 0.55	6.78	± 0.41			P < 0.01	1, 2 < 3, 4	
HS/w	(kg/kg)	0.45	± 0.08	0.39	± 0.06	0.51	± 0.06	0.37	± 0.06	0.48	± 0.06			P < 0.01	1, 3 < 2, 4	
F/w	(kgf/kg)	1.31	± 0.09	1.21	± 0.04	1.35	± 0.06	1.23	± 0.07	1.36	± 0.07			P < 0.01	1, 3 < 2, 4	
Timed up and go	(sec)	6.27	± 1.37	7.03	± 1.22	5.88	± 1.03	7.22	± 1.69	5.82	± 1.03			P < 0.01	2, 4 < 1, 3	
5-m habitual walk	(sec)	3.69	± 0.71	4.05	± 0.75	3.52	± 0.57	4.10	± 0.87	3.47	± 0.54			P < 0.01	2, 4 < 1, 3	
One-leg balance with eyes open	(sec)	32.9	± 22.1	22.8	± 18.7	37.9	± 22.5	20.9	± 18.9	38.6	± 21.0			P < 0.01	1, 3 < 2, 4	
†Medical history of knee pain	%(n)	19.0 (50)		24.0 (6)		12.7 (8)		30.2 (19)		15.2 (17)				0.04	—	
†Medical history of low back pain	%(n)	21.3 (56)		24.0 (6)		17.5 (11)		25.4 (16)		20.5 (23)				0.72		
†Difficulty in climbing 10 stair steps	%(n)	25.9 (68)		40.0 (10)		19.0 (12)		49.2 (31)		13.4 (15)				P < 0.01	4 < 1, 3; 2 < 3	
†Difficulty in standing up from a chair	%(n)	17.9 (47)		44.0 (11)		11.1 (7)		28.6 (18)		9.8 (11)				P < 0.01	2 < 1; 4 < 1, 3	
†Difficulty in walking for 15 minutes	%(n)	14.4 (38)		16.0 (4)		7.9 (5)		36.5 (23)		5.4 (6)				P < 0.01	2, 4 < 3	
†Mobility limitation in activities of daily living	%(n)	32.3 (85)		52.0 (13)		23.8 (15)		55.6 (35)		19.6 (22)				P < 0.01	4 < 1, 3; 2 < 3	
†History of falls: Has fallen once or more times	%(n)	25.9 (68)		36.0 (9)		20.6 (13)		31.7 (20)		23.2 (26)				0.29		

Note: ANOVA: analysis of variance; SD: standard deviation, †P-value for Chi-square test, HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

AMI: appendicular skeletal muscle mass index; muscle mass divided by height squared (kg/m²), ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of HS/w Z-score and F/w Z-score

2. 筋量・筋力を組み合わせた 4 群と起居移動動作能力の制限との関連性 (モデル I)

男女それぞれ 4 群の起居移動動作能力の制限を有する者の割合を Table. VI-1 と VI-2 に、その RR の結果を Table. VI-3 に示した。

男性において起居移動動作能力の制限を有する者の割合は、Low AMI and Low ASZ 群が 66.7%、Low AMI 群が 14.0%、Low ASZ 群が 43.9%、Normal 群が 5.1%で群間に有意差が見られた。多重比較検定の結果、Low AMI 群と Normal 群より Low AMI and Low ASZ 群と Low ASZ 群が、起居移動動作能力の制限を有する割合が有意に高かった。起居移動動作能力の制限の調整済みの RR は、Normal 群に対し、Low AMI and Low ASZ 群が 7.20 (95% CI : 2.67 - 19.41)、Low ASZ 群が 6.24 (95% CI : 2.53 - 15.40) と有意に高かった。

女性における起居移動動作能力の制限を有する者の割合は、Low AMI and Low ASZ 群が 52.0%、Low AMI 群が 23.8%、Low ASZ 群が 55.6%、Normal 群が 19.6%で群間に有意差が見られた。多重比較検定の結果、Normal 群より Low AMI and Low ASZ 群と Low ASZ 群が、Low AMI 群より Low ASZ 群が、起居移動動作能力の制限を有する割合が有意に高かった。起居移動動作能力の制限の調整済みの RR は、Normal 群に対し、Low AMI and Low ASZ 群が 1.78 (95% CI : 1.04 - 3.03)、Low ASZ 群が 1.70 (95% CI : 1.04 - 2.78) と有意に高かった。

Table. VI-3. Association of mobility limitation in activities of daily living with 4 groups of AMI and ASZ in men and women

Independent variable	Mobility limitation in activities of daily living % (n)			Crude RR (95% CI)	P-value	Adjusted RR [†] (95% CI)	P-value
	Normal (n = 98)	Low AMI and Low ASZ (n = 21)	Low AMI (n = 57)				
MEN (n = 233)	Normal (n = 98)	5.1 (5)		1.00 (reference)			
	Low AMI and Low ASZ (n = 21)	66.7 (14)	13.07 (5.28 - 32.33)	P < 0.01	7.20 (2.67 - 19.41)	P < 0.01	
	Low AMI (n = 57)	14.0 (8)	2.75 (0.94 - 8.01)	0.06	2.53 (0.85 - 7.49)	0.09	
	Low ASZ (n = 57)	43.9 (25)	8.60 (3.48 - 21.21)	P < 0.01	6.24 (2.53 - 15.40)	P < 0.01	
WOMEN (n = 263)	Normal (n = 112)	19.6 (22)		1.00 (reference)			
	Low AMI and Low ASZ (n = 25)	52.0 (13)	2.65 (1.56 - 4.50)	P < 0.01	1.78 (1.04 - 3.03)	0.03	
	Low AMI (n = 63)	23.8 (15)	1.21 (0.68 - 2.16)	0.52	1.07 (0.60 - 1.91)	0.81	
	Low ASZ (n = 63)	55.6 (35)	2.83 (1.83 - 4.37)	P < 0.01	1.70 (1.04 - 2.78)	0.03	

Note: poisson regression analysis, RR = relative risk, 95% CI = 95% Confidence Interval, [†]Adjusted for age, body mass index, medical history of knee pain and low back pain
Independent variable: 4 groups (Normal, Low ASZ, Low AMI and Low ASZ), Dependent variable: Mobility limitation in activities of daily living
Definition of mobility limitation in activities of daily living : has difficulty either climbing 10 stair steps, standing up from a chair or walking for 15 minutes

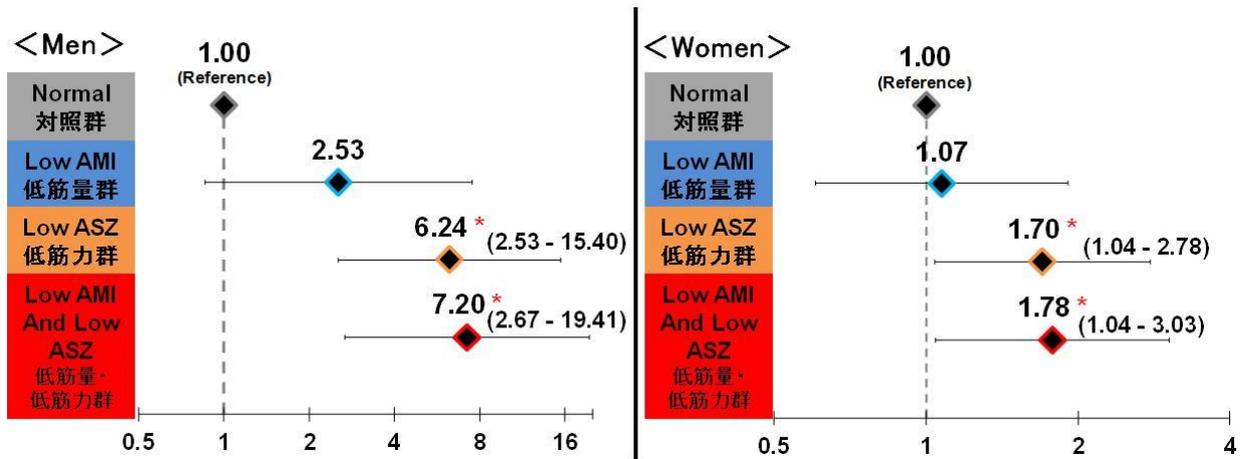


Fig. VI-1. Association of mobility limitation in activities of daily living with 4 groups of AMI and ASZ in men and women

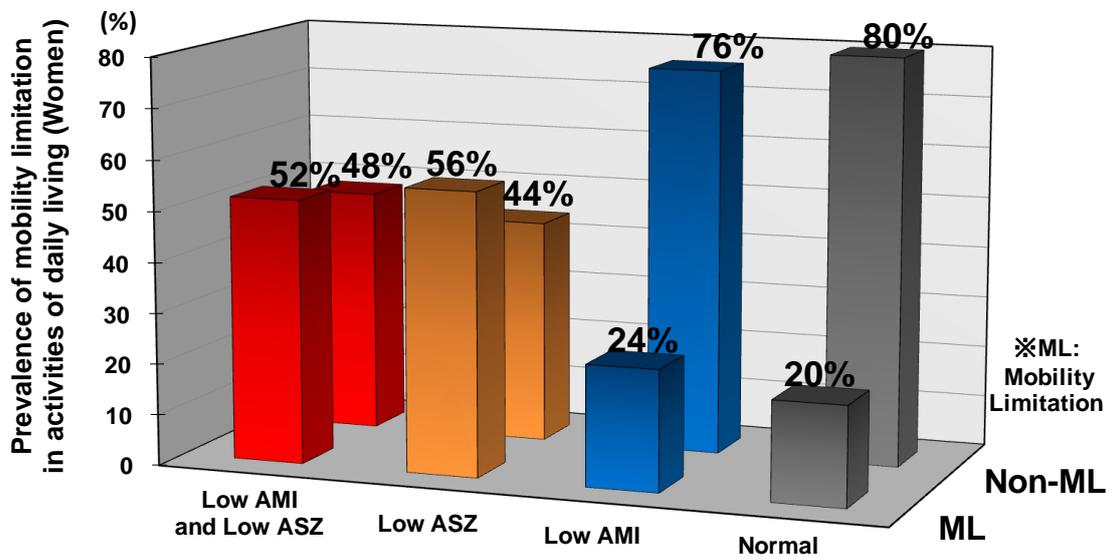
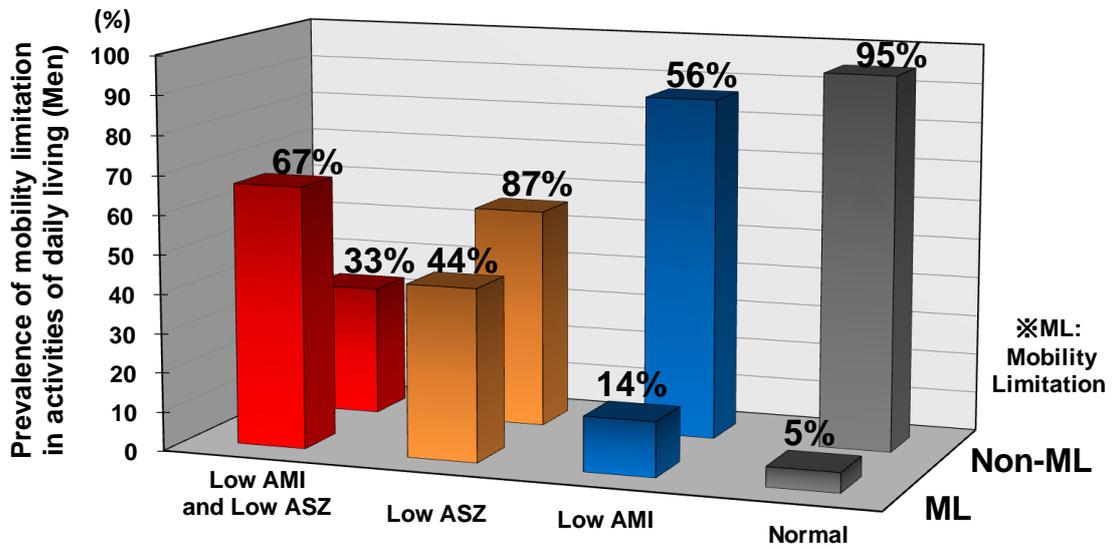


Fig. VI-2. The prevalence of mobility limitation in activities of daily living by 4 groups of AMI and ASZ in men and women

3. 筋量・筋力を組み合わせた4群と転倒経験との関連性(モデルII)

男女それぞれ4群の転倒経験を有する者の割合は Table. VI-1 と VI-2 に、その RR を Table. VI-4 に示した。

男性における転倒経験を有する者の割合は、Low AMI and Low ASZ 群が 28.6%、Low AMI 群が 10.5%、Low ASZ 群が 29.8%、Normal 群が 13.3%を示したが ($P < 0.05$)、多重比較検定の結果では、群間に有意差は見られなかった。転倒経験の調整済みの RR は、Normal 群に対し、Low ASZ 群が 2.20 (95% CI : 1.15 - 4.22) となり、有意な差が認められた。

女性における転倒経験を有する者の割合は、Low AMI and Low ASZ 群が 36.0%、Low AMI 群が 20.6%、Low ASZ 群が 31.7%、Normal 群が 23.2%であったが、4 群間には有意差が見られなかった。また、転倒経験の調整済みの RR にも有意差は認められなかった。

Table. VI-4. Association of history of falls with 4 groups of AMI and ASZ in men and women

Independent variable	History of falls % (n)	Crude RR (95% CI)	P-value	Adjusted RR [†] (95% CI)	P-value
MEN (n = 233)					
Normal (n = 98)	13.3 (13)			1.00 (reference)	
Low AMI and Low ASZ (n = 21)	28.6 (6)	2.15 (0.93 - 5.01)	0.08	1.68 (0.61 - 4.65)	0.32
Low AMI (n = 57)	10.5 (6)	0.79 (0.32 - 1.97)	0.62	0.73 (0.28 - 1.88)	0.51
Low ASZ (n = 57)	29.8 (17)	2.25 (1.18 - 4.28)	0.01	2.20 (1.15 - 4.22)	0.02
WOMEN (n = 263)					
Normal (n = 112)	23.2 (26)			1.00 (reference)	
Low AMI and Low ASZ (n = 25)	36.0 (9)	1.55 (0.83 - 2.89)	0.17	1.30 (0.63 - 2.64)	0.48
Low AMI (n = 63)	20.6 (13)	0.89 (0.49 - 1.60)	0.70	0.79 (0.40 - 1.54)	0.48
Low ASZ (n = 63)	31.7 (20)	1.37 (0.83 - 2.24)	0.21	1.21 (0.68 - 2.15)	0.52

Note: poisson regression analysis, RR = relative risk, 95% CI = 95% Confidence Interval, [†] Adjusted for age, body mass index, medical history of knee pain and low back pain
Independent variable: 4 groups (Normal, Low ASZ, Low AMI, Low AMI and Low ASZ), Dependent variable: history of falls
Definition of history of falls : Has fallen once or more times in last years

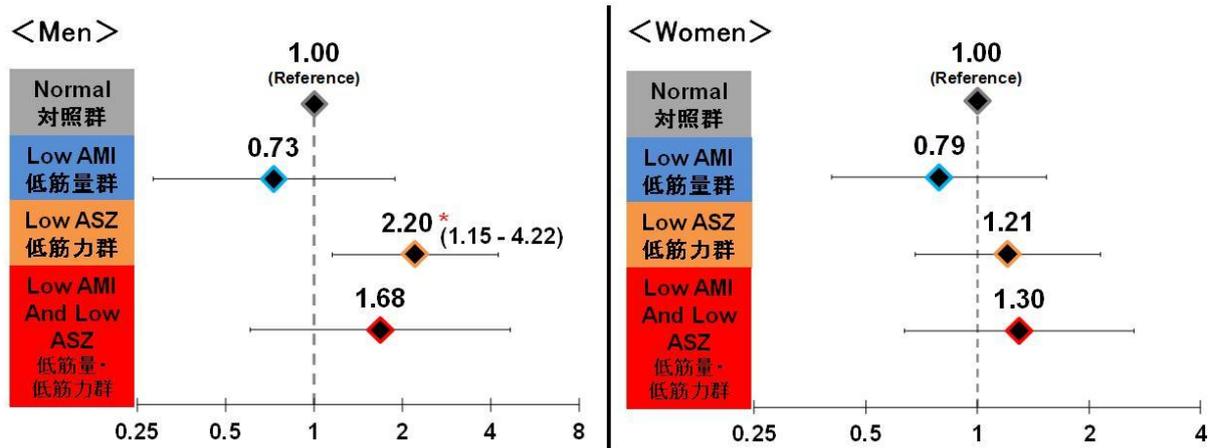


Fig. VI-3. Association of history of falls with 4 groups of AMI and ASZ in men and women

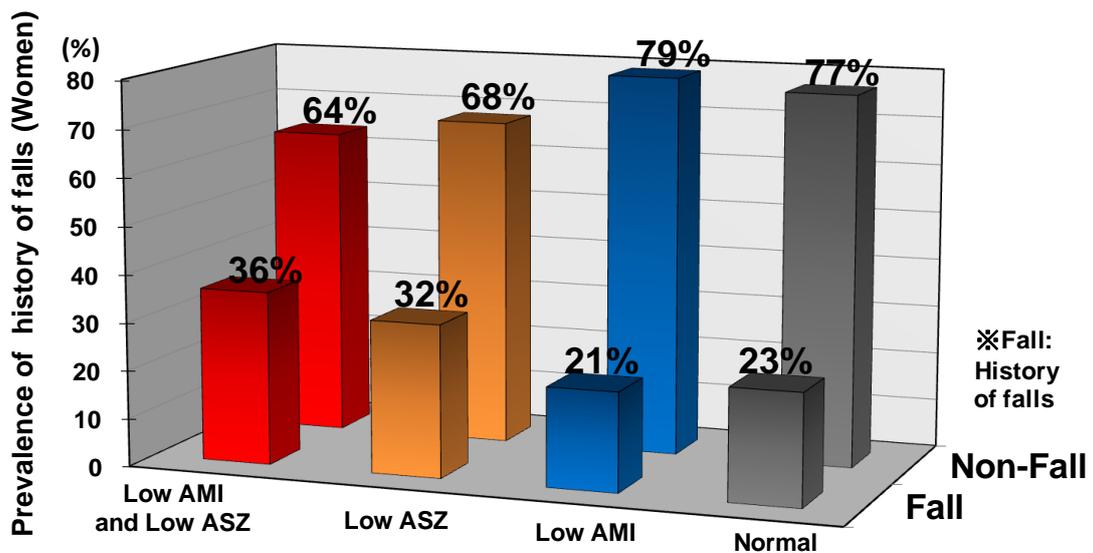
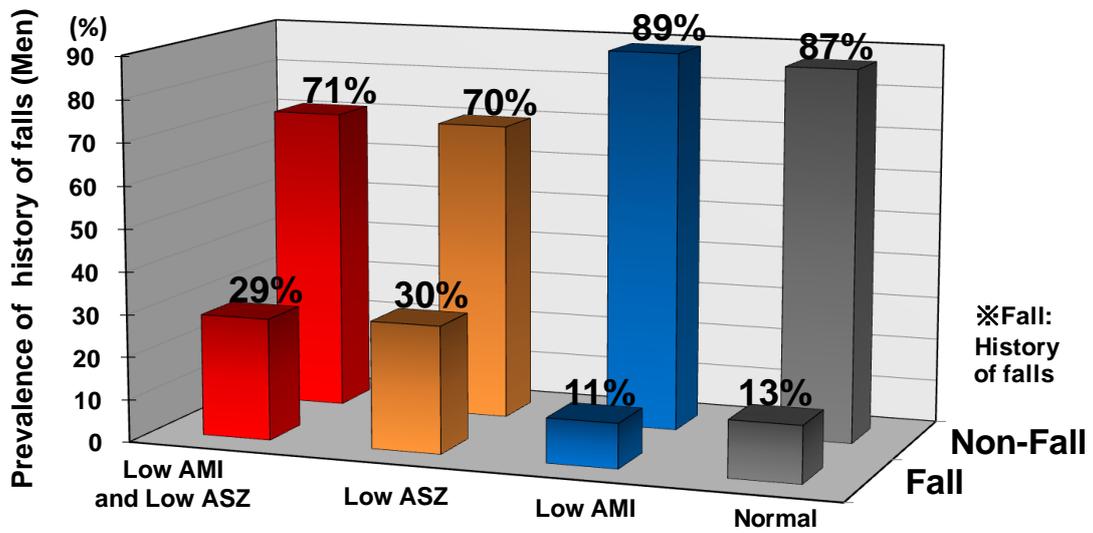


Fig. VI-4. The prevalence of history of falls by 4 groups of AMI and ASZ in men and women

4. 転倒の状況（モデルⅡ）

転倒経験を有する者に対して転倒発生時の状況について調査をおこなった。

分析の対象者 496 名のうち、転倒経験がある者は 110 名（男性 42 名、女性 68 名）であった。110 名のうち、転倒の状況について回答不十分の者 15 名（男性 6 名、女性 9 名）を除外し、95 名（男性 36 名、女性 59 名）の転倒の状況を示した。

転倒経験の時期（1 月～12 月）において男性は 2 月と 5 月（各 13.9%）、女性は 6 月（16.9%）と 7 月（15.3%）に最も高い割合を示した（表VI-5）。転倒経験の時間帯においては、男女いずれにおいても午前より午後の方が転倒の発生率が高かった（表VI-6）。転倒した場所について男性では、玄関（19.4%）と底（16.7%）が、女性では、底（25.4%）と平らな道（20.3%）で高い割合を示した。また、その他に山、洗濯場、段差などの回答があった（表VI-7）。転倒時の履物について男女いずれにおいても靴（男性 44.4%、女性 44.1%）を履いていたという回答が最も多かった。次いで男性では、ぞうり・サンダル、靴下・たび（22.2%）を、女性では、ぞうり・サンダル（35.6%）を履いていたという回答が多かった（表VI-8）。転倒時の動作については、男女いずれにおいても歩いている時（男性 55.6%、女性 50.8%）が最も高い割合を示した。また、その他に農作業時、家事の時（洗濯、荷物運ぶ、掃除、雪かき）などの回答があった（表VI-9）。転倒の原因としては、男女いずれにおいても躓いた（男性 47.2%、女性 52.5%）の回答が最も多かった。次いで男女ともにすべった（男性 22.2%、女性 15.3%）の回答が多かった（表VI-10）。転倒時に怪我をした者の割合は、男性 44.4%、女性 62.7%であった。怪我のうち、打撲（男性 25%、女性 39%）が最も高い割合を示し、男性では、肋骨の骨折（8.3%）、女性では、股関節の

骨折と腰の骨折（各 1.7%），手・腕の骨折（8.5%）も含まれていた。その他に擦り傷，顔から出血，軽い捻挫の回答があった（表VI-11）。

表VI-5. 転倒経験の時期

	男性 (36名)		女性 (59名)	
	(人数)	(%)	(人数)	(%)
1	3	8.3	3	5.1
2	5	13.9	7	11.9
3	4	11.1	4	6.8
4	3	8.3	4	6.8
5	5	13.9	7	11.9
6	4	11.1	10	16.9
7	2	5.6	9	15.3
8	1	2.8	3	5.1
9	1	2.8	1	1.7
10	—	—	1	1.7
11	2	5.6	3	5.1
12	2	5.6	2	3.4
欠損値	4	11.1	5	8.5

表VI-6. 転倒経験の時間帯

	男性 (36名)		女性 (59名)	
	(人数)	(%)	(人数)	(%)
午前	14	38.9	22	37.3
午後	18	50.0	27	45.8
欠損値	4	11.1	10	16.9

表VI-7. 転倒した場所

場所	男性 (36名)		女性 (59名)	
	(人数)	(%)	(人数)	(%)
	玄関	7	19.4	7
居間、部屋	2	5.6	4	6.8
風呂場	3	8.3	—	—
廊下	—	—	2	3.4
階段	—	—	1	1.7
室内中でその他	1	2.8	1	1.7
庭	6	16.7	15	25.4
平らな道	5	13.9	12	20.3
坂道	1	2.8	3	5.1
田畑	5	13.9	4	6.8
屋外の階段	1	2.8	1	1.7
乗り物	—	—	3	5.1
その他	5	13.9	6	10.2

表VI-8. 転倒時の履物

履物	男性 (36名)		女性 (59名)	
	(人数)	(%)	(人数)	(%)
	くつ	16	44.4	26
ぞうり、サンダル	8	22.2	21	35.6
スリッパ	1	2.8	3	5.1
靴下、たび	8	22.2	2	3.4
はだし	2	5.6	4	6.8
その他	1	2.8	3	5.1

表VI-9. 転倒時の動作

	男性 (36名)		女性 (59名)		
	(人数)	(%)	(人数)	(%)	
動作	歩いている時	20	55.6	30	50.8
	走っている時	—	—	2	3.4
	階段を上っている時	1	2.8	—	—
	階段を下りている時	2	5.6	3	5.1
	立ち止まっている時	2	5.6	—	—
	立ち上がった時	1	2.8	1	1.7
	座ろうとした時	2	5.6	—	—
	スポーツ時	—	—	1	1.7
	自転車に乗っている時	1	2.8	8	13.6
	その他	7	19.4	14	23.7

表VI-10. 転倒の原因

	男性 (36名)		女性 (59名)		
	(人数)	(%)	(人数)	(%)	
原因	つまずいた	17	47.2	31	52.5
	すべった	8	22.2	9	15.3
	めまいがした ・気が遠くなった	2	5.6	2	3.4
	からだがふらついた	3	8.3	4	6.8
	人や物に衝突した	—	—	2	3.4
	段差があった	2	5.6	3	5.1
	足を踏み外した ・転落した	4	11.1	5	8.5
	その他	—	—	3	5.1

表VI-11. 転倒による怪我

	男性 (36名)		女性 (59名)	
	(人数)	(%)	(人数)	(%)
何もなかった	20	55.6	22	37.3
打撲	9	25.0	23	39.0
股関節の骨折	—	—	1	1.7
腰の骨折	—	—	1	1.7
手・腕の骨折	—	—	5	8.5
肋骨の骨折	3	8.3	—	—
その他	4	11.1	7	11.9

第4節 考察

1. 筋量・筋力を組み合わせた4群の基本的属性

対象者の基本的特徴については、男女いずれにおいても「低筋量と低筋力」のタイプが年齢と体脂肪率が高かった。また、男女いずれにおいても「中・高筋量と低筋力」のタイプが体重とBMIが有意に高かった。

570名の女性高齢者を対象とした横断研究によると、高BMIと低筋力を合併した群は、他の群に比べて移動能力の制限を保有する割合（71.9%）が有意に高値を示し、移動能力を高めるためにはBMIの適正化と筋力の向上の両方が必要であると示唆されている（鄭ら, 2013）。また、オーストラリアにおける中年・高齢者（51-79歳）を対象とした筋量、筋力、肥満と転倒との関連性を検討した5年間の縦断研究において、低筋量型肥満（sarcopenic - obesity）よりも低筋力型肥満（dynapenic - obesity）が転倒を増加させる予測因子であることが示されている（Scott et al., 2014）。加齢による筋・神経の細胞損傷は、興奮収縮連関（以下、ECC；「第1章第3節の用語の理論および定義」に具体的に記述しておく。）の活動を阻害させ、力発揮に直接的な悪影響を及ぼす（Sandow, 1952）。加えて、筋繊維に対する脂肪細胞の過多浸潤は、筋力を発揮するECCのプロセスを弱化させる一つの危険要因であることも報告されている（Manini and Clark, 2012）。本研究の結果も、筋力のみが低い群は他の群に比べ、体脂肪率とBMIが最も高値を示したため、低筋力型肥満（dynapenic - obesity）の者が含まれていた可能性がある。70歳代の男女高齢者を対象とした体重、筋量、筋力の5年間の変化を追跡した調査において、体重の減少に伴い筋量よりも筋力が著しく減少する一方、体重の増加とともに筋量は増加する傾向にあるが、筋力は低下することが確認された（Delmonico et

al., 2009)。したがって、適正体重を保ちつつ筋力の向上を目指すことが重要であると言える。

2. 筋量および筋力と起居移動動作能力の制限との関連性(モデル I)

本研究は、男女別に筋量と筋力の水準を組み合わせた 4 群を設定して起居移動動作能力の制限との関連性を検討した。その結果、「中・高筋量と中・高筋力」のタイプに対し、「低筋量と低筋力」のタイプの男性が 7.20 倍、女性が 1.78 倍であり、「中・高筋量と低筋力」のタイプの男性が 6.24 倍、女性が 1.70 倍となり、有意な関連性が認められた。また、男女いずれも「低筋量と中・高筋力」には、有意な関連性が見られなかった。このことは、筋力の低下が起居移動動作能力の制限に強く関連していることを示唆された。

高齢者を対象とした筋量、筋力、歩行能力の変化を 4 年間追跡調査した研究において、男女いずれも四肢筋量より筋力（握力）や歩行能力が急激に低下すると報告されている (Auyeung et al., 2014)。握力は、移動能力の制限 (Sallinen et al., 2010) や日常生活動作能力の制限 (Rantanen et al., 1999; Al Snih et al., 2004) を予測できる有用な指標であり、ヨーロッパの 449 名の高齢者を対象とした研究においても、下肢筋量が少ないことよりも上肢筋力（握力）が低いことが、低い下肢のパフォーマンス（歩行能力、椅子から立ち上がる能力）と強く関連したと報告されている (Visser et al., 2000)。また、日本人高齢者 363 名を対象とした横断研究でも、下肢筋力（椅子から立ち上がり動作時の地面反力）が低いほど起居移動動作能力の制限を有する者の割合が高くなることが示されている (辻ら, 2011b)。本研究における低筋量と低筋力の観点でみると、筋量のみが低い者より筋力のみが低い者が起居移動動作能力の制限との関連性が強かったため、この結果は先行研究を支持するものであると言える。

先行研究によると、低筋量と低筋力に加えて、特に筋への脂肪蓄積が多い者が移動能力（歩行能力、階段昇段の能力）の制限と強く関連することも報告されている (Visser et al., 2005)。本研究でも 4 群のうち筋量・筋力の両方が低

い者と筋力のみが低い者の体脂肪率が高く、起居移動動作能力の制限との関連性が強かったため、体脂肪の影響を受けている可能性も考えられる。

本研究では、起居移動動作能力の制限を調査するために自己申告式の質問紙を用いたため、参加者によって過小ならびに過大評価があった可能性がある。しかし、移動・歩行能力のテスト（TUGと5 m 通常歩行時間）の結果をみると、4群のうち起居移動動作能力の制限の相対危険度が高い Low AMI and Low ASZ 群と Low ASZ 群は、有意に遅い値を示していた。つまり、質問紙による起居移動動作能力の制限の評価と移動・歩行能力を評価するパフォーマンステストの双方で同様の傾向があったことから、過小あるいは過大評価が本研究の結果に与える影響は小さいと考えられる。また、金ら（2015）は筋量のみ低い者より、筋力のみ低い者が移動・歩行能力（TUGと5 m 通常歩行時間）が有意に遅いことを報告しており、本研究はこれを支持する結果となった。

3. 筋量および筋力と転倒経験との関連性（モデルⅡ）

同様に4群を設定し、筋量および筋力と転倒経験との関連性を検討した。

その結果、転倒経験と有意な関連が見られたタイプは、男性の「中・高筋量と低筋力」のタイプであった（RR = 2.20, 95% CI : 1.15 - 4.22）。一方、女性では筋量・筋力を組み合わせたタイプと転倒経験との間に有意な関連を認めなかった。

Tanimoto et al. (2014) による我が国の高齢者を対象とした筋量、筋力、歩行能力と転倒との関連性を検討した研究では、normal 群に比べ、sarcopenia 群（低い四肢筋量、低い握力または低い歩行能力）の男性が 4.42 倍、女性が 2.34 倍であり、low strength or performance 群（低い握力または低い歩行能力）の男性が 2.34 倍、女性が 2.44 倍で、有意に高いリスクを示した。一方、pre-sarcopenia 群（低い四肢筋量）においては、転倒との関連性は認められなかったことが報告されている。つまり、低筋量、低筋力、低い歩行能力三つの変数のうち、低筋量より低筋力もしくは低い歩行能力の者は転倒との関連性が強いことを示しており、本研究の結果も男性においてはこれと類似した結果であった。さらに、本研究の結果は、転倒経験を有する者は、その後、筋力が低下する可能性があることを示唆するものかもしれない。

しかしながら、女性では低筋量や低筋力と転倒経験との間に関連性が見られなかった。また、転倒の危険要因であるバランス能力 (Hurvitz et al., 2000) (開眼片足立ち時間) についても、女性では4群間に有意差は見られなかった。すなわち、筋量・筋力タイプと転倒との関連性は、男性よりも女性の方が弱いことが推察される。本研究の男女の異なる結果に関して、男女の全員の転倒経験率をみると、男性（18.0%）より、女性（25.9%）の方が高い割合を示していた。また、4群においても男性（10.5%～29.8%）は女性（20.6%～36.0%）

よりも、群間の差が大きかった。この結果からは、女性の高齢者は筋量と筋力のレベルに関わらず全員の転倒率がほぼ同じ程度であり、男性よりも転倒率が高いことが確認された。また、転倒の要因については、大きく内的要因（身体的疾患、薬物、加齢）と外的要因（物的環境）の二つの要因が報告されている（鈴木, 2003）。女性の高齢者は、心理社会的要因や環境要因の影響を受けているかもしれないため、今後はそれらの要因を考慮に入れたさらなる検討が必要である。また、女性では調整変数（年齢、膝関節痛、腰痛、BMI）によつての結果が異なつたため、それらの影響を受けている可能性も考えられる。

転倒と sarcopenia または移動能力との関連性は様々な先行研究で検討されている。イタリアの 80 歳以上の高齢者 260 名を対象として、筋量および筋力と転倒との関連性を検討した縦断研究では、non-sarcopenia 群に比べて sarcopenia 群（低上腕周囲長、低握力もしくは低い歩行能力）の転倒発生は 3.23 倍となることが報告されており（Landi et al., 2012）、他の研究でもバランス能力、下肢能力、移動・歩行能力もまた転倒に大きな影響を与えていることが示されている（Graafmans et al., 1996）。

本研究においても「筋力のみが低い者」では、移動・歩行能力が低く、男性では転倒と有意な関連が見られた。筋力と移動・歩行能力をあわせて向上させることで、男性高齢者の転倒予防に寄与することが期待される。

第5節 要約

本課題 1-2 では、高齢者の低筋量と低筋力に焦点を当て、いずれかを単独に有する、または両方を併せ持つ場合に、起居移動動作能力の制限や転倒とどの程度関連するかを明らかにすることとした。

その結果、四肢筋量（AMI）と四肢筋力（ASZ）の組み合わせたそれぞれのタイプにおける「中・高筋量と中・高筋力」のタイプに比べ、性を問わず「低筋量と低筋力」と「中・高筋量と低筋力」が起居移動動作能力の制限を受けやすかった。また、転倒経験と有意な関連が見られたタイプは、男性の「中・高筋量と低筋力」のタイプであることが認められた。

以上より、本課題では横断研究から得られた結果のため、今後の課題では、高齢者の筋量・筋力を組み合わせたどのタイプが起居移動動作能力の制限や転倒率を高める危険要因となるかを縦断的な疫学調査により検討する必要がある。

第 VII 章

研究課題 2-1. 高齢者における四肢の筋量・筋力が身体機能 の変化に及ぼす影響

第 1 節 諸言

先行研究から低筋量および低筋力と低い身体機能は、有意に関連していることが明らかになっている（第 II 章第 2 節）。縦断的な調査をおこなった先行研究から低い四肢筋量は、自己申告の身体機能および ADL の自立度（Broadwin et al., 2001; Janssen, 2006; Woo et al., 2009）や下肢の機能（Delmonico et al., 2007）を有意に低下させることが報告されている。筋力を用いた縦断的な調査によると、握力の低下は、身体機能の低下に影響を及ぼすことに加えて

（Shinkai et al., 2000）、さらに身体機能障害も予測できる因子であると報告されている（Rantanen et al., 1999）。また、下肢の膝伸展筋力が低い群（三分位）において 2 年後に身体機能（歩行能力）が有意に低下することが報告されている（Batsis et al., 2015）。

これらの研究では、筋量と筋力の組み合わせによる様々なタイプ別、すなわち「筋量が少なくても筋力が強い」または「筋量が多くても筋力が弱い」のどちらのタイプが、より身体機能の低下に影響を及ぼすかは明らかにできていない。一方、本研究課題 1-1 横断的な調査では、筋量と筋力を組み合わせたそれぞれのタイプうち、「低筋量と低筋力」と「中・高筋量と低筋力」のタイプは身体機能が有意に低いことが確認された（第 V 章; 金ら, 2015）。本研究課題 1-1 の結果において「低筋量と中・高筋力」と「中・高筋量と低筋力」のタイプの観点から解析すると、筋量を維持しているにもかかわらず筋力が低い者は身体機能がより低いと言える。

しかしながら、この知見は横断研究で得られた結果であり、筋量・筋力を組み合わせた4群が身体機能の変化に影響を及ぼすかについては、明らかになってない。そのため、縦断的な疫学調査により、筋量および筋力と身体機能の変化との関係性を明らかにする必要がある。本研究課題1-1の知見に加えて、これらの縦断的な関係性を明らかにすることで、筋量と筋力を組み合わせたどのタイプが、身体機能を低下させる危険要因であるかについて把握できる。

以上より本課題の目的は、高齢者における筋量と筋力を組み合わせたどのタイプが、将来的な身体機能の変化に影響を与えるかを縦断的に検討し、それらの関係性を明らかにすることとした。なお、本研究課題1-1の横断調査の結果を根拠に「低筋量と低筋力」タイプに加えて「中・高筋量と低筋力」タイプが身体機能の低下に影響を与えるという仮説を設定した。

第2節 方法

1. 研究対象者

本課題では、「第IV章第1節：コホート研究の対象者の募集」のうち、2011年から2015年までの調査で得られた1220名の横断データを用いた。

①2011年度のベースライン調査への参加を郵送により呼びかけたところ308名が参加し、この参加者のうち、3年後の2014年に実施する追跡調査にも参加をした者が102名（追跡率33.1%）であった。

②また、2012年度のベースライン調査への参加を郵送により呼びかけたところ311名が参加し、この参加者のうち、3年後の2015年に実施する追跡調査にも参加をした者が114名（追跡率36.7%）であった。

この①と②のベースラインから3年後の身体機能の追跡が可能であった216名（2011年－2014年：102名，2012年－2015年：114名）のうち、データの重複がある者55名，測定項目に欠損がある者9名（筋量5名，筋力4名）を除外したところ，最後分析対象者は男女高齢者152名（72.7±4.6歳，男性85名，女性67名）となった（Fig. VII-1）。

本研究課題 1-2 の研究倫理の承認については、「第V章第2節：方法」に記載した。

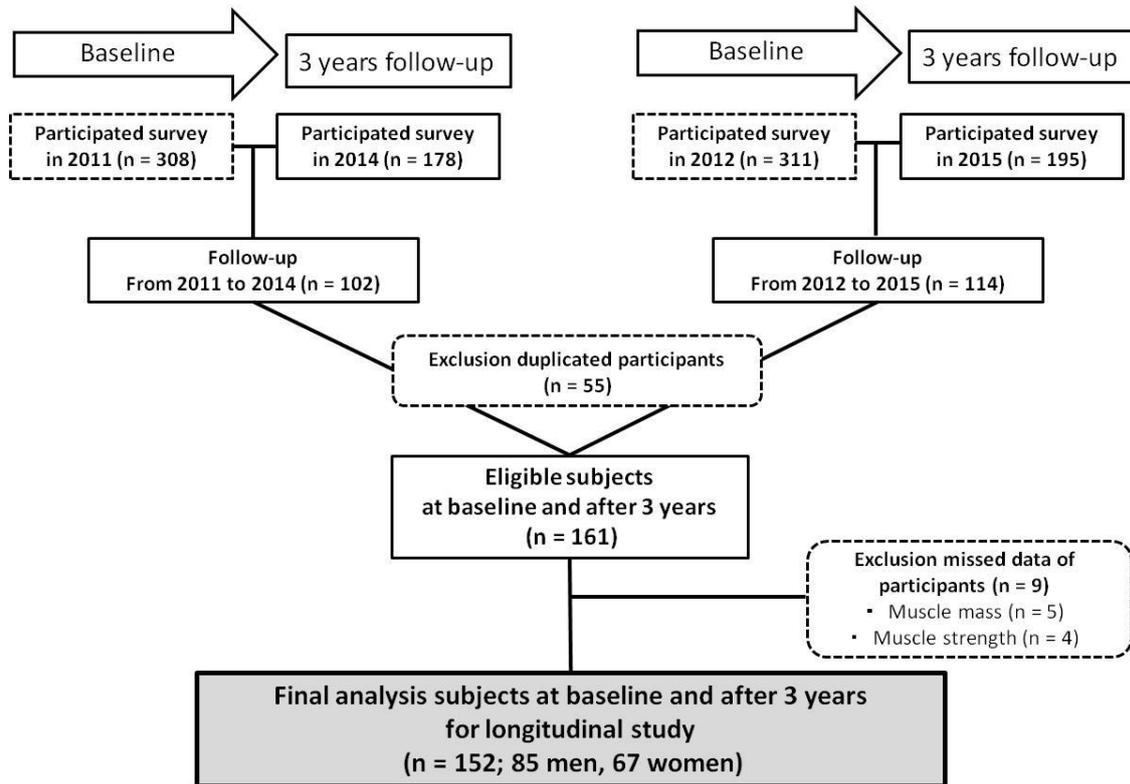


Fig. VII-1. Sampling procedure in longitudinal study (research task 2-1)

2. 測定項目

ベースライン調査と追跡調査時に以下のすべての項目について調査および測定をおこなった。

(1) 基本的属性

対象者の基本的属性を把握するための、1) 問診、2) 形態、3) 血圧の調査および測定については、「第IV章第2節：基本的属性」に記載した。

(1) 身体機能（6項目の身体パフォーマンステスト）

身体機能を評価する身体パフォーマンステストとして、①開眼片足立ち時間（バランス能力）、②長座体前屈（柔軟性）、③TUG（移動・歩行能力）④5 m 通常歩行時間（歩行能力）、⑤48本ペグ移動時間（巧緻性）、⑥4方向選択反応時間（反応能力）の計6項目を測定し、各項目の測定方法については、「第V章第2節：方法」に記載した。

(2) 四肢筋量および四肢筋力

本検討課題においては、「第IV章第3節：筋量・筋力の測定法」に記載した。四肢筋量指数（AMI）と四肢筋力標準得点（ASZ）を分析に用いた。

(3) 群の分類

ベースライン調査で得られた AMI と ASZ の値をそれぞれ三分位し低，中，高の 3 群に分けた。AMI と ASZ のそれぞれの 3 群の組み合わせにより，「①低筋量と低筋力のいずれにも該当する Low AMI and Low ASZ 群（男 13 名，女 11 名），②低筋量と中・高筋力に該当する Low AMI 群（男 19 名，女 14 名），③中・高筋量と低筋力に該当する Low ASZ 群（男 19 名，女 14 名），④中・高筋量と中・高筋力に該当する Normal 群（男 34 名，女 28 名）」の 4 群に分類した（Fig. IV-6）。

3. 統計解析

男女別の筋量と筋力を組み合わせた4群のベースラインの基本的属性の比較には、一要因分散分析を用いた。また、4群のベースラインの既往歴（膝関節痛、腰痛）の割合は、カイ二乗検定により検討した。有意差が確認された場合は、Bonferroni法を用いて多重比較検定をおこなった。

4群におけるベースラインから3年後の筋量・筋力の変化の比較には、二要因分散分析を用いた。また、ベースラインから3年後の身体機能の変化の比較には、モデルIに年齢、BMI、既往歴（膝関節痛、腰痛）の有無を、モデルIIには、モデルIに加えて4群のベースライン調査時の身体機能の項目を調整変数とした二要因共分散分析（筋量・筋力の4群×時間）を用いた。有意な交互作用が見られた場合、Bonferroni法を用いて多重比較検定（群ごとに時間の単純主効果）をおこない、また対象者全員における時間による主効果も検定した。

モデルIにおいて群ごとの身体機能の変化を検討するため、ベースラインの身体機能の測定値の平均から3年後の身体機能の測定値の平均を減じ、ベースラインおよび3年後の身体機能を統合した標準偏差で除すことで効果量（Cohen's *d*）を算出した。この効果量は、0.2以上は小さい、0.5以上は中程度、0.8以上は大きいとされる。すべての統計処理には、IBM SPSS Statistics version 22.0 (Armonk, NY, USA) を用い、統計的有意水準は危険率5%未満とした。

第3節 結果

1. 筋量・筋力を組み合わせた4群のベースラインの基本的属性の比較

男女それぞれにおける各群のベースライン時の基本的属性の比較を Table. VII-1 と VII-2 に示した。

4群のベースライン調査時の基本的属性を比較した結果、男女いずれにおいても体重、BMI、体脂肪率で群間に有意な差が認められた。

多重比較検定の結果、男性において Low AMI 群と Normal 群に比べ、Low ASZ 群と Normal 群の体重と BMI が有意に高く、さらに Low AMI 群より Low ASZ 群の体脂肪率が有意に高かった。女性においては、Low AMI 群と Normal 群に比べ、Low ASZ 群と Normal 群の BMI と体脂肪率が有意に高く、さらに Low AMI 群より Low ASZ 群の体重が有意に高かった。4群のうち、Low ASZ 群は体重、BMI、体脂肪率が有意に高値を示した。

既往歴の膝関節痛と腰痛を有する割合は、男女いずれにおいても4群間に有意な差は見られなかった。

Table. VII-1. Baseline characteristics by AMI and ASZ groups in Men

Variable	Unit	MEN (n = 85)		Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 13)			Low AMI ² (n = 19)		Low ASZ ³ (n = 19)		Normal ⁴ (n = 34)		ANOVA P-value	Post hoc test with Bonferroni correction
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD					
Age	(years)	73.2 ± 4.8	73.2 ± 5.4	72.9 ± 3.9	73.3 ± 5.6	72.4 ± 4.5	73.3 ± 5.6	72.4 ± 4.5	72.4 ± 4.5	72.4 ± 4.5	72.4 ± 4.5	0.29		
Systolic blood pressure	(mmHg)	141.0 ± 19.8	136.1 ± 21.4	140.5 ± 18.3	142.4 ± 24.5	142.5 ± 17.6	142.4 ± 24.5	142.5 ± 17.6	142.5 ± 17.6	142.5 ± 17.6	142.5 ± 17.6	0.78		
Diastolic blood pressure	(mmHg)	78.7 ± 10.5	75.2 ± 8.6	79.2 ± 11.6	77.1 ± 13.2	80.6 ± 8.6	77.1 ± 13.2	80.6 ± 8.6	80.6 ± 8.6	80.6 ± 8.6	80.6 ± 8.6	0.40		
Heart rate	(bpm)	74.2 ± 13.3	70.5 ± 10.2	75.8 ± 14.8	72.0 ± 12.7	76.0 ± 13.8	72.0 ± 12.7	76.0 ± 13.8	76.0 ± 13.8	76.0 ± 13.8	76.0 ± 13.8	0.50		
Height	(cm)	163.0 ± 6.0	162.7 ± 8.7	161.8 ± 6.1	162.7 ± 6.2	163.9 ± 4.5	162.7 ± 6.2	163.9 ± 4.5	163.9 ± 4.5	163.9 ± 4.5	163.9 ± 4.5	0.66		
Weight	(kg)	62.3 ± 8.0	58.1 ± 8.2	55.0 ± 5.4	67.4 ± 6.1	65.2 ± 6.4	67.4 ± 6.1	65.2 ± 6.4	65.2 ± 6.4	65.2 ± 6.4	65.2 ± 6.4	P < 0.01	1, 2 < 3, 4	
Body mass index	(kg/m ²)	23.4 ± 2.5	21.9 ± 2.3	21.0 ± 1.5	25.5 ± 2.0	24.2 ± 1.8	25.5 ± 2.0	24.2 ± 1.8	24.2 ± 1.8	24.2 ± 1.8	24.2 ± 1.8	P < 0.01	1, 2 < 3, 4	
Total body fat	(%)	20.1 ± 5.1	20.8 ± 5.7	16.5 ± 4.6	23.4 ± 4.9	20.0 ± 3.8	23.4 ± 4.9	20.0 ± 3.8	20.0 ± 3.8	20.0 ± 3.8	20.0 ± 3.8	P < 0.01	2 < 3	
†Medical history of knee pain	%(n)	8.2 (7)	—	—	5.3 (1)	17.6 (6)	5.3 (1)	17.6 (6)	17.6 (6)	17.6 (6)	17.6 (6)	0.07		
†Medical history of back pain	%(n)	27.1 (23)	15.4 (2)	10.5 (2)	42.1 (8)	32.4 (11)	42.1 (8)	32.4 (11)	32.4 (11)	32.4 (11)	32.4 (11)	0.10		

Note: ANOVA: analysis of variance, SD: standard deviation, †Chi-square test, AMI: appendicular skeletal muscle mass index; height squared (kg/m²) ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of z-score (HS/w) and z-score (F/w), HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

Table. VII-2. Baseline characteristics by AMI and ASZ groups in Women

Variable	Unit	WOMEN (n = 67) Mean ± SD	Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 11)				Low AMI ² (n = 14)		Low ASZ ³ (n = 14)		Normal ⁴ (n = 28)		ANOVA P-value	Post hoc test with Bonferroni correction
			Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD		
Age	(years)	72.1 ± 4.1	73.3 ± 4.3	71.6 ± 3.8	71.6 ± 3.8	72.8 ± 5.0	71.6 ± 3.6	71.6 ± 3.6	71.6 ± 3.6	71.6 ± 3.6	0.60			
Systolic blood pressure	(mmHg)	137.0 ± 17.4	134.4 ± 20.5	135.6 ± 20.0	135.6 ± 20.0	141.6 ± 17.2	136.4 ± 15.5	136.4 ± 15.5	136.4 ± 15.5	136.4 ± 15.5	0.75			
Diastolic blood pressure	(mmHg)	76.1 ± 9.8	76.3 ± 13.5	74.7 ± 7.8	74.7 ± 7.8	79.9 ± 7.5	75.0 ± 10.3	75.0 ± 10.3	75.0 ± 10.3	75.0 ± 10.3	0.47			
Heart rate	(bpm)	75.1 ± 10.3	76.9 ± 5.9	74.5 ± 10.7	74.5 ± 10.7	76.8 ± 13.4	74.1 ± 10.2	74.1 ± 10.2	74.1 ± 10.2	74.1 ± 10.2	0.84			
Height	(cm)	150.3 ± 4.9	151.5 ± 2.2	152.6 ± 4.9	152.6 ± 4.9	150.4 ± 4.4	148.6 ± 5.5	148.6 ± 5.5	148.6 ± 5.5	148.6 ± 5.5	0.07			
Weight	(kg)	50.9 ± 6.2	49.7 ± 5.6	46.6 ± 6.7	46.6 ± 6.7	54.8 ± 3.8	51.5 ± 6.0	51.5 ± 6.0	51.5 ± 6.0	51.5 ± 6.0	P < 0.01	2 < 3		
Body mass index	(kg/m ²)	22.5 ± 2.7	21.7 ± 2.6	20.0 ± 2.5	20.0 ± 2.5	24.2 ± 1.3	23.3 ± 2.3	23.3 ± 2.3	23.3 ± 2.3	23.3 ± 2.3	P < 0.01	1, 2 < 3; 2 < 4		
Total body fat	(%)	29.5 ± 6.9	29.6 ± 6.3	23.3 ± 8.5	23.3 ± 8.5	34.2 ± 2.9	30.1 ± 5.4	30.1 ± 5.4	30.1 ± 5.4	30.1 ± 5.4	P < 0.01	2 < 3, 4		
[†] Medical history of knee pain	% (n)	14.9 (10)	36.4 (4)	7.1 (1)	7.1 (1)	14.3 (2)	10.7 (3)	10.7 (3)	10.7 (3)	10.7 (3)	0.17			
[†] Medical history of back pain	% (n)	17.9 (12)	9.1 (1)	14.3 (2)	14.3 (2)	7.1 (1)	28.6 (8)	28.6 (8)	28.6 (8)	28.6 (8)	0.26			

Note: ANOVA: analysis of variance, SD: standard deviation, [†]Chi-square test, AMI: appendicular skeletal muscle mass index; height squared (kg/m²) ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of z-score (HS/w) and z-score (HS/w), HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

2. 筋量・筋力を組み合わせた4群の筋量・筋力の変数の変化

男女それぞれ4群のベースラインから3年後の筋量・筋力の変化の比較をTable. VII-3とVII-4に示した。

本研究で独立変数として用いられた筋量・筋力の変数（両腕の筋量，両脚の筋量，身長で補正した四肢筋量指数，握力，体重で補正した握力，地面反力の最大値，体重で補正した地面反力の最大値）の各群のベースラインから3年後の変化を比較した結果，男性では，すべての筋量・筋力の変数で有意な時間による主効果が認められた。また女性では，体重で補正された握力と地面反力の最大値以外のすべての筋量・筋力の変数で有意な時間による主効果が認められた。しかし，男女いずれにおいても交互作用は，認められなかった。

このことから，男女いずれにおいても筋量・筋力が有意に低下したことが認められた。

Table. VI-3. Changes of muscle mass and muscle strength at baseline and after 3 years by AMI and ASZ groups in Men

Variable	Unit	Time	MEN (n = 85)		Low AMI and Low ASZ (n = 13)			Low AMI (n = 19)			Low ASZ (n = 19)			Normal (n = 34)			Main effect of time P-value (Baseline - After 3 years)	Interaction P-value (Groups*Time)
			Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD		
Arms muscle mass	(kg)	Baseline	4.91	±0.66	4.34	±0.64	4.49	±0.49	5.11	±0.54	5.25	±0.55	P < 0.01	0.91				
		After 3 years	4.72	±0.64	4.19	±0.55	4.31	±0.43	4.94	±0.54	5.04	±0.58						
		Change	-0.19	±0.28	-0.15	±0.25	-0.19	±0.29	-0.17	±0.24	-0.21	±0.32						
Legs muscle mass	(kg)	Baseline	16.3	±2.4	14.5	±2.4	14.4	±1.4	17.4	±1.6	17.5	±2.0	P < 0.01	0.73				
		After 3 years	15.9	±2.4	14.0	±2.0	14.1	±1.5	17.0	±1.9	17.0	±2.1						
		Change	-0.45	±0.75	-0.47	±0.76	-0.31	±0.63	-0.40	±0.80	-0.55	±0.81						
AMI	(kg/m ²)	Baseline	7.98	±0.87	7.07	±0.63	7.19	±0.37	8.49	±0.49	8.47	±0.69	P < 0.01	0.55				
		After 3 years	7.78	±0.91	6.85	±0.63	7.09	±0.57	8.30	±0.70	8.22	±0.74						
		Change	-0.20	±0.33	-0.22	±0.33	-0.11	±0.31	-0.20	±0.33	-0.25	±0.35						
Hand-grip strength	(kgf)	Baseline	36.1	±5.9	30.1	±3.6	37.1	±4.5	33.7	±4.5	39.1	±5.8	P < 0.01	0.70				
		After 3 years	33.6	±7.0	28.7	±4.2	33.6	±9.2	31.3	±5.2	36.7	±5.9						
		Change	-2.48	±4.93	-1.42	±2.54	-3.51	±8.89	-2.43	±2.30	-2.35	±3.51						
HS/w	(kgf/kg)	Baseline	0.58	±0.10	0.53	±0.08	0.68	±0.08	0.50	±0.07	0.60	±0.08	P < 0.01	0.53				
		After 3 years	0.55	±0.12	0.51	±0.09	0.62	±0.17	0.48	±0.09	0.57	±0.08						
		Change	-0.03	±0.08	-0.01	±0.05	-0.06	±0.15	-0.03	±0.03	-0.03	±0.06						
Peak reaction force	(kgf)	Baseline	91.4	±12.8	80.6	±11.3	84.3	±9.3	91.3	±9.5	98.7	±10.7	P < 0.01	0.85				
		After 3 years	87.8	±12.3	77.3	±12.7	80.5	±9.1	89.2	±10.3	95.3	±9.4						
		Change	-3.19	±6.05	-3.28	±4.76	-3.87	±5.59	-2.13	±5.64	-3.37	±7.08						
F/w	(kgf/kg ⁻¹)	Baseline	1.47	±0.10	1.39	±0.04	1.52	±0.09	1.36	±0.07	1.52	±0.08	P < 0.01	0.42				
		After 3 years	1.43	±0.11	1.36	±0.09	1.47	±0.12	1.36	±0.08	1.49	±0.09						
		Change	-0.03	±0.09	-0.03	±0.08	-0.06	±0.10	-0.01	±0.07	-0.03	±0.10						

Note: two-way repeated measures ANOVA, SD: standard deviation, Change: after 3 years - baseline, AMI: appendicular skeletal muscle mass index; height squared (kg/m²)
ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of z-score (HS/w) and z-score (F/w), HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

Table. VII-4. Changes of muscle mass and muscle strength at baseline and after 3 years by AMI and ASZ groups in Women

Variable	Unit	Time	WOMEN (n = 67)		Low AMI and Low ASZ (n = 11)			Low AMI (n = 14)			Low ASZ (n = 14)			Normal (n = 28)			Main effect of time P-value (Baseline - After 3 years)		Interaction P-value (Groups*Time)	
			Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	P					
			Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	P					
Arms muscle mass	(kg)	Baseline	3.19	±0.34	3.01	±0.30	3.01	±0.30	3.01	±0.30	3.01	±0.30	3.01	±0.30						
		After 3 years	3.07	±0.37	2.94	±0.39	2.94	±0.39	2.94	±0.39	2.94	±0.39	2.94	±0.39						
		Change	-0.12	±0.18	-0.06	±0.13	-0.06	±0.13	-0.06	±0.13	-0.12	±0.20	-0.12	±0.20	-0.14	±0.21				0.62
Legs muscle mass	(kg)	Baseline	11.4	±1.1	10.7	±0.8	10.7	±0.8	10.7	±0.8	10.7	±0.8	10.7	±0.8						
		After 3 years	11.1	±1.2	10.2	±1.0	10.2	±1.0	10.2	±1.0	10.2	±1.0	10.2	±1.0						
		Change	-0.38	±0.60	-0.44	±0.44	-0.44	±0.44	-0.44	±0.44	-0.31	±0.64	-0.31	±0.64	-0.43	±0.66				0.83
AMI	(kg/m ²)	Baseline	6.48	±0.59	5.86	±0.32	5.86	±0.32	5.86	±0.32	5.86	±0.32	5.86	±0.32						
		After 3 years	6.29	±0.60	5.65	±0.37	5.65	±0.37	5.65	±0.37	5.65	±0.37	5.65	±0.37						
		Change	-0.19	±0.32	-0.22	±0.21	-0.22	±0.21	-0.22	±0.21	-0.13	±0.36	-0.13	±0.36	-0.26	±0.34				0.37
Hand-grip strength	(kgf)	Baseline	24.0	±3.4	25.6	±2.6	25.6	±2.6	25.6	±2.6	25.6	±2.6	25.6	±2.6						
		After 3 years	22.7	±3.8	24.0	±3.4	24.0	±3.4	24.0	±3.4	20.9	±5.0	20.9	±5.0	23.4	±3.4				0.44
		Change	-1.29	±2.21	-1.56	±1.61	-1.56	±1.61	-1.56	±1.61	-1.00	±2.83	-1.00	±2.83	-1.63	±1.81				
HS/w	(kgf/kg)	Baseline	0.48	±0.08	0.56	±0.07	0.56	±0.07	0.56	±0.07	0.56	±0.07	0.56	±0.07						
		After 3 years	0.46	±0.09	0.53	±0.09	0.53	±0.09	0.53	±0.09	0.39	±0.08	0.39	±0.08	0.47	±0.07				0.30
		Change	-0.01	±0.05	-0.03	±0.04	-0.03	±0.04	-0.03	±0.04	-0.01	±0.06	-0.01	±0.06	-0.02	±0.04				
Peak reaction force	(kgf)	Baseline	68.2	±8.8	64.9	±8.9	64.9	±8.9	64.9	±8.9	64.9	±8.9	64.9	±8.9						
		After 3 years	65.5	±9.2	62.8	±10.0	62.8	±10.0	62.8	±10.0	69.3	±8.0	69.3	±8.0	67.1	±8.6				0.89
		Change	-2.84	±5.17	-2.07	±5.24	-2.07	±5.24	-2.07	±5.24	-2.61	±5.18	-2.61	±5.18	-3.39	±5.98				
F/w	(kgf/kg)	Baseline	1.34	±0.08	1.39	±0.06	1.39	±0.06	1.39	±0.06	1.39	±0.06	1.39	±0.06						
		After 3 years	1.33	±0.09	1.37	±0.08	1.37	±0.08	1.37	±0.08	1.32	±0.07	1.32	±0.07	1.34	±0.10				0.72
		Change	-0.02	±0.07	-0.02	±0.09	-0.02	±0.09	-0.02	±0.09	0.00	±0.07	0.00	±0.07	-0.02	±0.08				

Note: two-way repeated measures ANOVA, SD: standard deviation, Change: after 3 years - baseline, AMI: appendicular skeletal muscle mass index; height squared (kg/m²)
ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of z-score (HS/w) and z-score (HS/w), HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

3. 筋量・筋力を組み合わせた4群の身体機能の変化

男女それぞれの各群のベースラインから3年後の身体機能の変化の比較をするため、二要因分散分析（共変量によるモデルIとII）をおこない、その結果Table. VII-5とVII-6に示した。

モデルIでは、男女ともにTUG（男性： $P < 0.01$ ，女性： $P < 0.05$ ）で、女性においては4方向選択反応時間でも有意な交互作用が認められた。また、有意な時間の主効果は認められなかった。

TUGにおける多重比較検定の結果、男女いずれにおいても、Low AMI and Low ASZ群（男性： $d = 0.54$ ，女性： $d = 0.66$ ）とLow ASZ群（男性： $d = 0.51$ ，女性： $d = 0.45$ ）がベースラインより3年後に有意に遅くなった。また、4方向選択反応時間における多重比較検定の結果、女性のLow ASZ群（ $d = 0.82$ ）はベースラインより3年後に有意に遅くなった。

モデルIIでは、男性の開眼片足立ち時間（ $P = 0.01$ ）と女性の長座体前屈（ $P = 0.03$ ）で有意な時間による主効果が認められた。また、男女いずれにおいてもTUG、5m通常歩行時間、4方向選択反応時間で有意な交互作用が認められた。

TUGにおける多重比較検定の結果、男女いずれにおいてもLow AMI and Low ASZ群とLow ASZ群がベースラインから3年後に有意に遅くなり、男性のみNormal群が有意に早くなった。5m通常歩行時間における多重比較検定の結果、男女いずれにおいてもLow AMI and Low ASZ群がベースラインから3年後に有意に遅くなった。4方向選択反応時間における多重比較検定の結果、男女いずれにおいてもLow ASZ群がベースラインから3年後に有意に遅くなり、女性のみLow AMI and Low ASZ群がベースラインから3年後に有意に遅くなった。

このことから、男女いずれにおいても Low AMI and Low ASZ 群ならびに Low ASZ 群の身体機能（TUG, 5 m 通常歩行時間, 4 方向選択反応時間）が有意に低下したことが確認された。

Table. VII-5. Changes of physical performance tests at baseline and after 3 years by groups of AMI and ASZ in Men

MEN (n = 65)	Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 13)		Low AMI ² (n = 19)		Low ASZ ³ (n = 19)		Normal ⁴ (n = 34)		†Main effect of time P-value (Baseline - After 3 years) (Time*Groups)	†Interaction P-value (Time*Groups)	†Post hoc test with Bonferroni correction	‡Main effect of time P-value (Baseline - After 3 years) (Time*Groups)	‡Interaction P-value (Time*Groups)	‡Post hoc test with Bonferroni correction
	Time	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD						
One-leg balance with eyes open (sec)	Baseline	29.1 ± 21.5	42.8 ± 21.4	35.0 ± 20.8	46.1 ± 17.2				0.19	0.30		0.01	0.42	
	After 3 years	28.8 ± 19.9	33.9 ± 20.4	26.6 ± 21.3	40.3 ± 21.6									
	Effect size	0.01	0.43	0.40	0.30									
Sit and reach (cm)	Baseline	30.6 ± 9.7	36.9 ± 11.9	33.3 ± 12.6	35.0 ± 8.3				0.48	0.43		0.83	0.53	
	After 3 years	28.8 ± 9.9	35.9 ± 11.6	32.6 ± 12.5	33.4 ± 10.4									
	Effect size	0.19	0.08	0.06	0.18									
Timed up and go (sec)	Baseline	6.28 ± 0.89	5.75 ± 0.86	6.44 ± 0.96	5.40 ± 0.86				0.70	P < 0.01	1: Base < 3yr 3: Base < 3yr	0.98	P < 0.01	1: Base < 3yr 3: Base < 3yr 4: 3yr < Base
	After 3 years	6.95 ± 1.55	5.32 ± 0.73	6.96 ± 1.07	5.21 ± 0.54									
	Effect size	0.54	0.53	0.51	0.26									
5-m habitual walk (sec)	Baseline	3.89 ± 0.69	3.58 ± 0.59	3.87 ± 0.67	3.54 ± 0.52				0.60	0.23		0.66	P < 0.01	1: Base < 3yr
	After 3 years	4.31 ± 1.27	3.49 ± 0.45	4.03 ± 0.59	3.46 ± 0.44									
	Effect size	0.41	0.17	0.24	0.16									
Hand working with pegboard (sec)	Baseline	40.2 ± 4.1	36.3 ± 4.1	39.0 ± 4.6	36.0 ± 3.8				0.55	0.36		0.88	0.07	
	After 3 years	41.6 ± 6.1	35.1 ± 4.2	38.3 ± 5.3	35.7 ± 4.1									
	Effect size	0.27	0.29	0.14	0.08									
Choice stepping reaction time (msec)	Baseline	1108.3 ± 150.4	1015.1 ± 110.4	1092.1 ± 122.2	1000.3 ± 87.4				0.95	0.33		0.13	P < 0.01	3: Base < 3yr
	After 3 years	1129.6 ± 154.9	1010.4 ± 98.2	1116.2 ± 95.3	983.2 ± 96.5									
	Effect size	0.14	0.05	0.22	0.19									

Note: two-way repeated measures ANCOVA, SD: standard deviation, Effect size (Cohen's *d*): Baseline VS. After 3 years, 0.2: small, 0.5: medium, 0.8: large
¹Model I: adjusted for age, body mass index (kg/m²), medical history of knee pain and low back pain, ²Model II: adjusted for ¹Model I, physical performance tests at baseline of 4 groups
AMI: appendicular skeletal muscle mass index; height squared (kg/m²), ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of z-score (HS/w) and z-score (F/w), HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

Table. VII-6. Changes of physical performance tests at baseline and after 3 years by groups of AMI and ASZ in Women

WOMEN (n = 67)	Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 11)			Low AMI ² (n = 14)			Low ASZ ³ (n = 14)			Normal ⁴ (n = 28)			†Main effect of time P-value (Baseline - After 3 years) (Time*Groups)	†Interaction P-value (Time*Groups)	†Post hoc test with Bonferroni correction	‡Main effect of time P-value (Baseline - After 3 years) (Time*Groups)	‡Interaction P-value (Time*Groups)	‡Post hoc test with Bonferroni correction
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD							
Physical performance test	Unit																	
	Time																	
	Baseline																	
One-leg balance with eyes open (sec)	After 3 years	34.2 ± 23.4	37.1 ± 22.5	37.1 ± 21.2	37.9 ± 21.2	37.9 ± 21.2	37.9 ± 21.2	28.0 ± 23.5	35.7 ± 21.0	39.4 ± 20.3	39.4 ± 20.3	39.4 ± 20.3	0.91	0.63		0.10	0.76	
	Effect size	0.12	0.04	0.04	0.15	0.15	0.15	0.15	0.18	0.18	0.18	0.18						
	Baseline	41.7 ± 11.7	41.9 ± 13.6	41.9 ± 13.6	41.9 ± 13.6	41.9 ± 13.6	41.9 ± 13.6	37.1 ± 7.7	38.1 ± 8.0	38.1 ± 8.0	38.1 ± 8.0	38.1 ± 8.0	0.53	0.40		0.03	0.35	
Sit and reach (cm)	After 3 years	41.1 ± 10.2	43.5 ± 12.4	43.5 ± 12.4	43.5 ± 12.4	43.5 ± 12.4	37.9 ± 10.8	37.1 ± 8.6	37.1 ± 8.6	37.1 ± 8.6	37.1 ± 8.6	37.1 ± 8.6	0.94	0.04		0.76	<0.01	
	Effect size	0.05	0.12	0.12	0.08	0.08	0.08	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24						
	Baseline	6.50 ± 0.62	5.66 ± 0.93	5.66 ± 0.93	5.66 ± 0.93	5.66 ± 0.93	5.66 ± 0.93	6.42 ± 1.06	5.71 ± 0.90	5.71 ± 0.90	5.71 ± 0.90	5.71 ± 0.90	0.28	0.09		0.23	<0.01	
Timed up and go (sec)	After 3 years	7.18 ± 1.32	5.66 ± 0.69	5.66 ± 0.69	5.66 ± 0.69	5.66 ± 0.69	6.93 ± 1.23	5.61 ± 0.73	5.61 ± 0.73	5.61 ± 0.73	5.61 ± 0.73	5.61 ± 0.73	0.94	0.04		0.76	<0.01	
	Effect size	0.66	0.13	0.13	0.45	0.45	0.45	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13						
	Baseline	3.77 ± 0.59	3.58 ± 0.53	3.58 ± 0.53	3.58 ± 0.53	3.58 ± 0.53	3.76 ± 0.52	3.56 ± 0.50	3.56 ± 0.50	3.56 ± 0.50	3.56 ± 0.50	3.56 ± 0.50	0.28	0.09		0.23	<0.01	
5-m habitual walk (sec)	After 3 years	4.20 ± 0.46	3.38 ± 0.41	3.38 ± 0.41	3.38 ± 0.41	3.38 ± 0.41	3.98 ± 0.75	3.47 ± 0.33	3.47 ± 0.33	3.47 ± 0.33	3.47 ± 0.33	3.47 ± 0.33	0.62	0.22		0.62	0.24	
	Effect size	0.82	0.43	0.43	0.34	0.34	0.34	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21						
	Baseline	37.7 ± 5.0	34.4 ± 3.8	34.4 ± 3.8	34.4 ± 3.8	34.4 ± 3.8	36.1 ± 4.4	36.1 ± 3.8	36.1 ± 3.8	36.1 ± 3.8	36.1 ± 3.8	36.1 ± 3.8	0.62	0.22		0.62	0.24	
Hand working with pegboard (sec)	After 3 years	38.8 ± 6.5	35.2 ± 5.1	35.2 ± 5.1	35.2 ± 5.1	35.2 ± 5.1	36.1 ± 4.2	35.2 ± 4.7	35.2 ± 4.7	35.2 ± 4.7	35.2 ± 4.7	35.2 ± 4.7	0.62	0.22		0.62	0.24	
	Effect size	0.19	0.19	0.19	0.00	0.00	0.00	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21						
	Baseline	1033.8 ± 99.0	998.5 ± 111.1	998.5 ± 111.1	998.5 ± 111.1	998.5 ± 111.1	1084.9 ± 122.7	1021.0 ± 111.5	1021.0 ± 111.5	1021.0 ± 111.5	1021.0 ± 111.5	1021.0 ± 111.5	0.43	0.03		0.30	<0.01	
Choice stepping reaction time (msec)	After 3 years	1121.0 ± 112.7	988.2 ± 96.9	988.2 ± 96.9	988.2 ± 96.9	988.2 ± 96.9	1111.0 ± 61.9	1023.5 ± 130.2	1023.5 ± 130.2	1023.5 ± 130.2	1023.5 ± 130.2	1023.5 ± 130.2	0.43	0.03		0.30	<0.01	
	Effect size	0.82	0.10	0.10	0.27	0.27	0.27	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02						
	Baseline	1033.8 ± 99.0	998.5 ± 111.1	998.5 ± 111.1	998.5 ± 111.1	998.5 ± 111.1	1084.9 ± 122.7	1021.0 ± 111.5	1021.0 ± 111.5	1021.0 ± 111.5	1021.0 ± 111.5	1021.0 ± 111.5	0.43	0.03		0.30	<0.01	

Note: two-way repeated measures ANCOVA, SD: standard deviation, Effect size (Cohen's d): Baseline VS. After 3 years, 0.2: small, 0.5: medium, 0.8: large
¹Model I: adjusted for age, body mass index (kg/m²), medical history of knee pain and low back pain, ²Model II: adjusted for ¹Model I, physical performance tests at baseline of 4 groups
AMI: appendicular skeletal muscle mass index; height squared (kg/m²), ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of z-score (HS/w) and z-score (F/w), HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

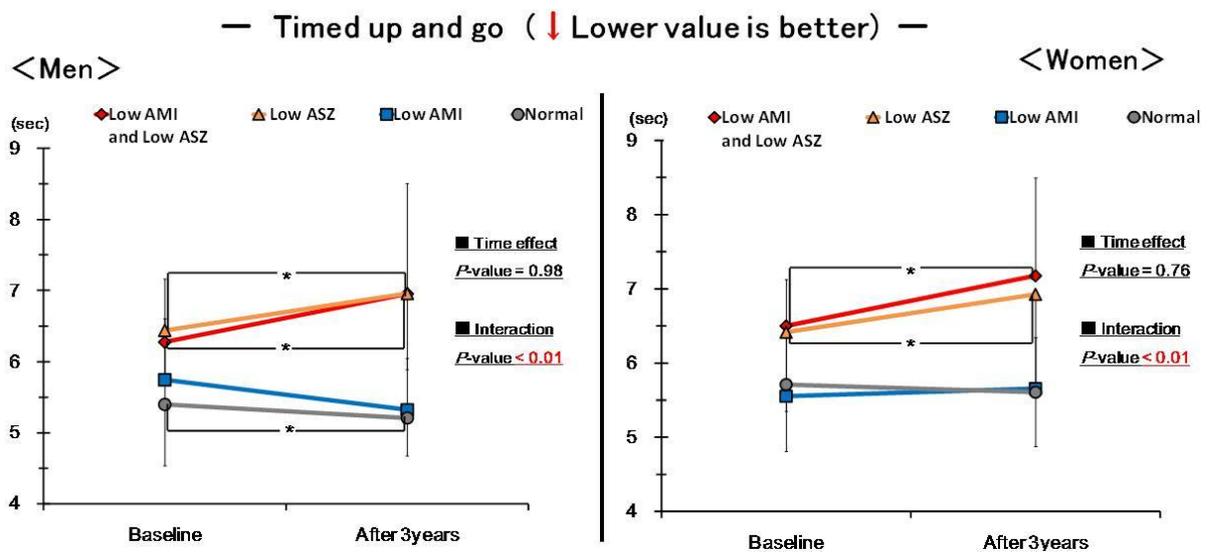


Fig. VII-1. Changes of timed up and go test results at baseline and after 3 years by 4 groups of AMI and ASZ in men and women

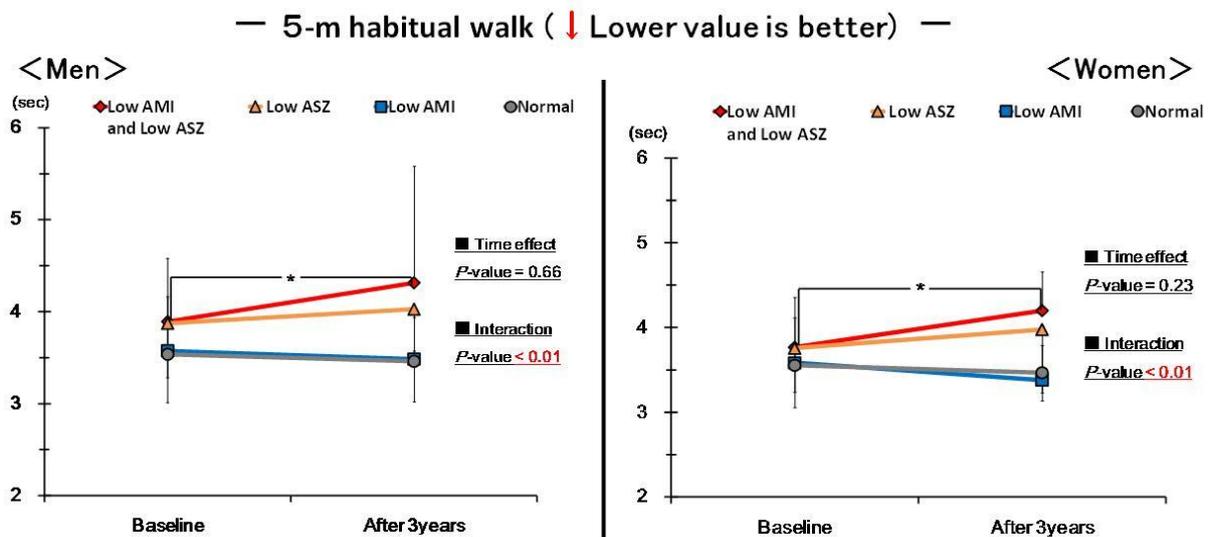


Fig. VII-2. Changes of 5-m habitual walk test results at baseline and after 3 years by 4 groups of AMI and ASZ in men and women

— Choice stepping reaction time (↓ Lower value is better) —

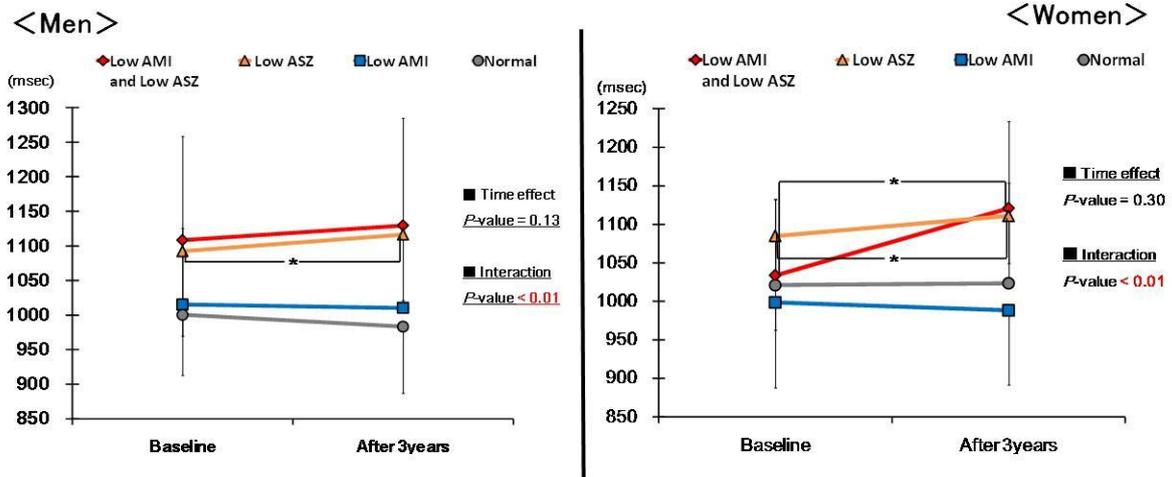


Fig. VII-3. Changes of Choice stepping reaction time test results at baseline and after 3 years by 4 groups of AMI and ASZ in men and women

第4節 考察

1. 筋量・筋力の変数の変化

男女それぞれの各群のベースラインから3年後の筋量・筋力の変数を比較した結果、男女いずれにおいても筋量・筋力が有意に低下したことが認められた。

筋量は、50歳を過ぎると著しく減少し、20歳代に比べ、80歳代では約39-40%減少するところ確認されている (Lexell et al., 1988)。また、上肢よりも下肢で減少する量が多く (谷本ら, 2010)、下肢のうち大腿部前面が急激に低下する (安部と福永, 1995)。本研究においてベースラインから3年後の筋量の変化量は、両腕の筋量 (男性: -0.19 , 女性: -0.12 , kg), 両脚の筋量 (男性: -0.45 , 女性: -0.38 , kg), 四肢筋量指数 (男女: -0.20 , 女性: -0.19 , kg/m²) で有意に低下したため (Table VII-3, VII-4, 時間による主効果: $P < 0.01$), 先行研究を支持する結果となった。

筋力の低下においては、12年間の縦断研究の結果、筋力は約1年あたり1.4~2.5%低下し (Frontera et al., 2000)、10代に比べて80代では握力が44%、膝伸展筋力が43%程度低いことが明らかとなり、筋力も加齢に伴い有意に低下することが確認されている (衣笠ら, 1994)。本研究において、ベースラインから3年後の筋力の変化量は、握力 (男性: -2.48 , 女性: -1.29 , kgf), 椅子から立ち上がり動作時の地面反力の最大値 (男性: -3.19 , 女性: -2.48 , kgf) が有意に低下したため (Table VII-3, VII-4, 時間による主効果: $P < 0.01$), 先行研究を支持する結果となった。このことから、筋量と筋力は、加齢に伴い徐々に低下し、女性より男性が、上肢より下肢の減少量は多いことが確認された。

2. 筋量・筋力を組み合わせた 4 群が身体機能の変化に及ぼす影響

男女における各群のベースラインから 3 年後の身体機能を比較した結果、男女いずれにおいても「低筋量と低筋力」と「中・高筋量と低筋力」のタイプは身体機能（TUG, 5 m 通常歩行時間, 4 方向選択反応時間）が有意に低下したことが確認された。本課題 1-1 で筋量・筋力を組み合わせた 4 群と身体機能との関連性を横断的に検討した結果、男女いずれにおいても「低筋量と低筋力」および「中・高筋量と低筋力」で TUG, 5 m 通常歩行時間, 48 本ペグ移動時間, 4 方向選択反応時間が有意に低かった（金ら, 2015）。そのため、横断研究同様の結果となり、性に関わらず、下肢機能を低下させる原因は、「筋量・筋力の両方が低いタイプ」、「筋量は維持しているにもかかわらず筋力のみが低いタイプ」であることが示唆された。

筋量を用いた 5 年間の縦断研究では、2976 名の男女の高齢者を対象に、四肢筋量を 4 分位し低い群を sarcopenia として LEP (5 回椅子立ち上がる能力, 歩行能力, 片足たち能力) との関連性を検討した。その結果、男女いずれも non-sarcopenia の者より、sarcopenia の者の LEP が有意に低下することが認められた（Delmonico et al., 2007）。

筋力に関しては男女高齢者 2025 名を対象とした 2 年間の縦断調査では、男女いずれも dynapenia（三分位による低い膝伸展筋力）群の歩行速度は有意に低下したが、400 m 歩行の低下は男女いずれにおいても有意な変化は見られなかったとされている（Batsis et al., 2015）。また、25 年間の男性中・高齢者 3218 名の握力を測定して三分位による低群, 中群, 高群に分けてどの群が身体機能の制限（歩行速度）に影響を及ぼすかを検討したところ、歩行速度の制限を有する OR は、高群に対し低群が 2.87 (95%CI : 1.76–4.67) であったと報告されている（Rantanen et al., 1999）。

加齢に伴い身体機能が低下すると、日常生活の活動量が減少し、身体障害または虚弱な状態につながることを報告されている (Verbrugge and Jette, 1994)。我が国の 736 名の男女後期高齢者 (75 歳以上) において ADL と 4 分位による身体機能 (歩行速度, 握力) のレベルとの関連性について 6 年間の縦断的な検討をおこなったところ, 高握力に対して低握力の HR が 2.21 (95%CI: 1.23–3.97) であり, 通常の歩行速度が速い群に対し遅い群の HR が 6.18 (95%CI: 3.16–12.1) であった (Shinkai et al., 2000)。また, 5036 名の男女高齢者を対象とし身長で補正した四肢筋量と ADL を用い身体意障害との関連を 8 年間の縦断的データから検討した結果, 女性において normal 群に対し, severe-sarcopenia 群 (低い四肢筋量) の HR が 1.37 (95%CI: 1.10–1.72) で有意にリスクが高かったことを報告している (Janssen, 2006)。

以上の先行研究から下肢機能の低下および身体機能を低下させる要因が低筋力 (握力, 膝伸展筋力) と低筋量 (四肢筋量) であることが確認されている。これらの先行研究の結果を本研究の一部の結果が支持しているが, 先行研究は筋量と筋力を組み合わせてはいないため, 低筋力の者において筋量のレベルまたは低筋量において筋力のレベルは分からない。本研究の結果では, 先行研究と比べ, 筋量・筋力を組み合わせたタイプと身体機能低下との関係をより明確にすることができた。

第6節 要約

本課題 2-1 では、高齢者の低筋量と低筋力に焦点を当てた 3 年間の縦断的調査から、筋量と筋力を組み合わせたどのタイプが、身体機能の変化に影響を与えるかを明らかにすることとした。

その結果、四肢筋量（AMI）と四肢筋力（ASZ）の組み合わせたそれぞれのタイプのうち、「中・高筋量と中・高筋力」と「低筋量と中・高筋力」のタイプに比べ、「低筋量と低筋力」と「中・高筋量と低筋力」のタイプは 3 年後に身体機能（TUG, 5 m 通常歩行時間, 4 方向選択反応時間）が有意に低下した。

以上の結果から、身体機能を低下させる危険要因は、「低筋量と低筋力」タイプと「中・高筋量と低筋力」タイプであることが認められ、それらの関係性が明らかになった。

今後、高齢者の身体機能の低下を予防するために、筋量と筋力の両方が低い者に加え、筋量を維持しているにもかかわらず筋力が低い者に対しても、筋力の維持・向上に重点を置いた介入をおこなうことの重要性が示唆された。

第 VIII 章

研究課題 2-2. 高齢者における四肢の筋量・筋力が起居移動動作能力の制限および転倒の発生リスクに及ぼす影響

第 1 節 諸言

先行研究から加齢に伴う筋量の減少および筋力の低下は、それぞれ起居移動動作能力の制限や転倒と有意に関連しており、これらはさらに、要支援および要介護につながる可能性も示唆されている。(第 I 章第 1 節と第 II 章第 3 節と 4 節)。

起居移動動作能力に関する縦断的な調査によると、起居移動動作能力の制限を有する者は、下肢の地面反力(辻ら, 2011b), 筋横断面積および下肢の筋パワー(Reid et al., 2014)が有意に低下したと報告された。それに加えて、下肢の低筋量と低筋力はそれぞれ自己申告式の質問紙を用いた移動能力(階段昇段の能力, 歩行能力)の低下に影響を及ぼすことが報告されている(Visser et al., 2005)。また、転倒に関する縦断的な調査から、EWGOSPの基準を用いた sarcopenia(Landi et al., 2012), 低い膝伸展筋力(Takazawa et al., 2003), 低い立ち上がり動作時の地面反力(辻ら, 2011b)は、転倒の発生リスクを有意に高かめることが認められた。さらに、sarcopenia(低筋量)より dynapenia(低筋力)の方が、転倒の発生リスクが有意に高いことが報告されている(Scott et al., 2014)。

このような縦断的な調査により低筋量と低筋力はそれぞれ起居移動動作能力の制限および転倒のリスクに影響を与えることが確認されているが、低筋量と低筋力を組み合わせたタイプ別についての影響は不明である。一方、本研究課題 1-2 横断的な調査では、筋量と筋力を組み合わせたタイプ別のうち、男女い

ずれにおいても「低筋量と低筋力」と「中・高筋量と低筋力」タイプが起居移動動作能力の制限と強く関連し、また、転倒経験と有意な関連が見られたタイプは、男性の「中・高筋量と低筋力」のタイプであることが確認された。(第VI; 金ら, 2016)。

しかしながら、この知見は横断研究で得られた結果であり、筋量・筋力の組み合わせたタイプ別のうち、どのタイプが起居移動動作能力の制限および転倒のリスクに影響を及ぼすかについては、明らかになってない。そのため、縦断的な疫学調査による筋量・筋力の組み合わせたタイプ別と起居移動動作能力の制限および転倒のリスクとの関係性を明らかにする必要がある。本研究課題 1-2 の知見に加えて、これらの縦断的な関係性を明らかにすることで、筋量と筋力を組み合わせたどのタイプが、起居移動動作能力の制限および転倒のリスク高める危険要因であるかを把握できる。

以上より本課題の目的は、高齢者における筋量と筋力を組み合わせたどのタイプが、起居移動動作能力の制限および転倒のリスクに影響を及ぼすかを縦断的に検討し、それらの関係性を明らかにすることとした。なお、本課題 1-2 の横断調査の結果を根拠に「低筋量と低筋力」タイプに加えて「中・高筋量と低筋力」タイプが、起居移動動作能力の制限および転倒のリスクを高めるという仮説を設定した。

第2節 方法

1. 研究対象者

本課題では、「第IV章第1節：コホート研究の対象者の募集」のうち、2011年から2015年までの調査で得られた1220名の横断データを用いた。

①2011年度のベースライン調査への参加を郵送により呼びかけたところ308名が参加し、この参加者のうち、4年間追跡が可能であった者が200名であった。

②また、2012年のベースライン調査への参加を郵送により呼びかけたところ311名が参加した。この参加者のうち、2011年度のベースライン調査のデータと重複がある者155名を除外し、156名を2012年のベースラインの参加者とした。その156名のうち、3年間追跡調査が可能であった者が84名であった。

この①と②のベースラインから3年間および4年間追跡調査が可能であった284名（2011年～2015年：200名，2012年～2015年：84名）を対象者とした。本課題2-2では、二つのモデル（起居移動動作能力の制限の発生リスク，転倒の発生リスク）を用いた。

モデルI（起居移動動作能力の制限の発生リスク）を検討するため、284名のうち測定項目に欠損がある者36名（筋量30名，筋力6名），ベースライン調査時に起居移動動作能力の制限を有する者54名を除外したところ，最終分析対象者は男女高齢者194名（ベースライン時の年齢：72.5±4.4歳，男性113名，女性81名）とした（Fig. VIII-1）。

モデルII（転倒の発生リスク）を検討するため、284名のうち測定項目に欠損がある者36名（筋量30名，筋力6名），ベースライン調査時の転倒経験がある者43名を除外したところ，最終分析対象者は男女高齢者205名（ベースライン時の年齢：73.2±4.7歳，男性108名，女性97名）とした（Fig. VIII-1）。

本研究課題1-2の研究倫理の承認については、「第V章第2節」に記載した。

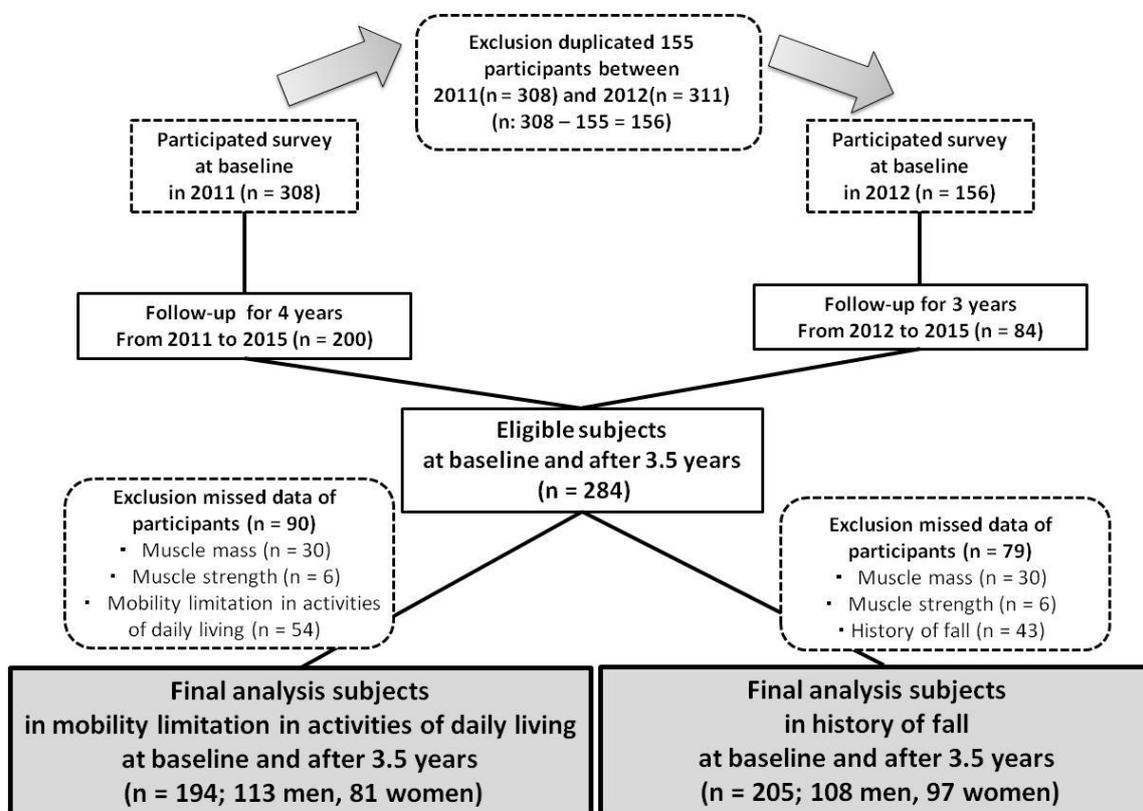


Fig. VIII-1. Sampling procedure in longitudinal study (research task 2-2)

2. 測定項目

ベースライン調査と追跡調査の時に以下のすべての項目を調査および測定をおこなった。

(1) 基本的属性

対象者の基本的属性を把握するための、1) 問診、2) 形態、3) 血圧の調査および測定については、「第IV章第2節：基本的属性」に記載した。

(2) 下肢パフォーマンステスト

(Lower extremity performance : LEP)

本課題 2-2 では、LEP のテストとして 1) 開眼片足立ち時間（バランス能力）、2) timed up and go（移動・歩行能力）、3) 5 m 通常歩行時間（歩行能力）を測定した。各項目の測定方法については、「第V章第2節：方法」に記載した。

(3) 起居移動動作能力の制限の評価

起居移動動作能力の制限を判別するため、階段昇段能力、椅子立ち上がり能力、歩行能力について質問紙調査をおこなった（Visser et al., 2005; 辻ら, 2011a, 辻ら, 2011b; Yang et al., 2015）。起居移動動作能力の制限が「あり」または「なし」の評価については、「第VI章第2節：方法」に記載した。

(4) 過去 1 年間の転倒経験の有無

過去 1 年間の転倒経験の有無の調査については、「第VI章第 2 節：方法」に記載した。

(5) 四肢筋量および四肢筋力

本検討課題においては、「第IV章第 3 節：筋量・筋力の測定法」に記載した。四肢筋量指数（AMI）と四肢筋力標準得点（ASZ）を分析に用いた。

(6) 群の分類

AMI と ASZ の値をそれぞれ三分位して低，中，高の 3 群に分けた。AMI と ASZ のそれぞれの 3 群の組み合わせにより 4 群に分類した（Fig. IV-6）。

本課題 2-2 では，二つのモデル（起居移動動作能力の制限の発生リスク，転倒の発生リスク）について 4 群を設定した。

1) モデル I（起居移動動作能力の制限の発生リスク）の 4 群

194 名の対象者（男性：113 名，女性：81 名）の AMI と ASZ を組み合わせてそれぞれ「①低筋量と低筋力のいずれにも該当する Low AMI and Low ASZ 群（男 10 名，女 8 名），②低筋量と中・高筋力に該当する Low AMI 群（男 28 名，女 21 名），③中・高筋量と低筋力に該当する Low ASZ 群（男 28 名，女 21 名），④中・高筋量と中・高筋力に該当する Normal 群（男 47 名，女 31 名）」とした。

2) モデルⅡ（転倒の発生リスク）の4群

205名の対象者（男性：108名，女性：97名）のAMIとASZを組み合わせ
てそれぞれ①低筋量と低筋力のいずれにも該当する Low AMI and Low ASZ 群
（男11名，女11名），②低筋量と中・高筋力に該当する Low AMI 群（男25
名，女22名），③中・高筋量と低筋力に該当する Low ASZ 群（男25名，女
22名），④中・高筋量と中・高筋力に該当する Normal 群（男47名，女42名）」
とした。

3. 統計解析

筋量と筋力を組み合わせた4群のベースラインの基本的属性（モデルⅠ：起居移動動作能力の制限の発生リスク，モデルⅡ：転倒の発生リスク）の比較には，一要因分散分析を用いた。また，4群のベースラインの既往歴（膝関節痛，腰痛）の有無，起居移動動作能力の制限（階段昇段能力，椅子立ち上がり能力，歩行能力）の有無，転倒経験の有無の割合についてはカイ二乗検定を用いて検討し，有意差が確認された場合は，Bonferroni法を用いて多重比較検定をおこなった。

筋量と筋力を組み合わせた4群が将来の起居移動動作能力の制限および転倒の発生に及ぼす影響を検討するため，Cox回帰分析を用い，エンドポイントは起居移動動作能力の制限または転倒リスクの報告があった場合とし，各々のハザード比（hazard ratio：HR）と95%信頼区間（CI）を算出した。

従属変数に起居移動動作能力の制限の有無（モデルⅠ）および転倒経験の有無（モデルⅡ）を，独立変数に4群（①Low AMI and Low ASZ群，②Low AMI群，③Low ASZ群，④Normal群）を，共変量に年齢，BMI，既往歴（膝関節痛，腰痛）の有無を投入した。さらに，男女を合わせておこなった分析には，上記の共変量に加えて性も投入した。

すべての統計処理には，IBM SPSS Statistics version 22.0（Armonk, NY, USA）を用い，有意水準は危険率5%とした。

第3節 結果

1. 筋量・筋力を組み合わせた4群のベースラインの基本的属性の比較

男女それぞれにおける各群のベースラインの基本的属性および LEP テストの比較をモデル I（起居移動動作能力の制限の有無，Table. VIII-1 と VIII-2），モデル II（転倒経験の有無，Table. VIII-3 と VIII-4）に分けて示した。

モデル I と II の 4 群の男女いずれにおいても体重，BMI，体脂肪率，AMI，HS/w，F/w で有意な差が見られた。そのうち，体重，BMI，体脂肪率は，男女いずれも Low ASZ 群が有意に高値を示した。

モデル I（Table. VIII-1 と VIII-2）では，4 群において男性では年齢，女性では収縮期血圧が有意な差が見られた。Normal 群より Low AMI and Low ASZ 群において男性では年齢が，女性では収縮期血圧が有意に高かった。

LEP テスト結果のうち，男女すべてにおいて TUG は，Low AMI 群と Normal 群に比べ，Low AMI and Low ASZ 群が有意に不良な値を示した。既往歴のうち，膝関節痛を有する割合において男性では Low AMI 群（3.6%），Normal 群（14.9%）（ $P=0.05$ ）が，女性では，Low AMI and Low ASZ 群（50.0%），Low ASZ 群（14.3%），Normal 群（12.9%）（ $P=0.01$ ）で群間の有意差が見られたが，男性の Low AMI and Low ASZ 群（0%）と Low ASZ 群（0%）と女性の Low AMI 群（0%）では，膝関節痛の既往歴を有する者はなかったため，多重比較検定はできなかった。

モデル II（Table. VIII-3 と VIII-4）では，男女いずれにおいても Normal 群より Low AMI and Low ASZ 群の年齢が有意に高かった。

LEP テスト結果のうち，男性の TUG 結果は，Normal 群に比べ，Low AMI

and Low ASZ 群と Low ASZ 群が有意に不良な値を示した。また、女性において TUG と 5 m 通常歩行時間の結果は、Normal 群と Low AMI 群に比べ、Low AMI and Low ASZ 群と Low ASZ 群が有意に不良な値を示した。

既往歴の結果において男性では、有意な差が見られなかった。しかし、女性では膝関節痛を有する割合において Low AMI and Low ASZ 群 (45.5%)、Low AMI (4.5%)、Low ASZ 群 (27.3%)、Normal 群 (14.3%) で群間の有意差が見られた。多重比較検定の結果では、LowAMI 群より Low AMI and Low ASZ 群で膝関節痛を有する割合が有意に高かった。

**Table. VIII-1. Baseline characteristics by AMI and ASZ groups in Men
(Mobility limitation in activities of daily living)**

Variable	Unit	MEN (n = 113)		Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 10)			Low AMI ² (n = 28)		Low ASZ ³ (n = 28)		Normal ⁴ (n = 47)		ANOVA P-value	Post hoc test with Bonferroni correction
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD					
Age	(years)	72.9 ± 4.8	77.1 ± 5.5	73.0 ± 5.0	72.5 ± 4.6	72.3 ± 4.4							0.03	4 < 1
Systolic blood pressure	(mmHg)	143.5 ± 18.8	146.0 ± 23.6	139.0 ± 19.1	146.1 ± 19.8	144.1 ± 17.0							0.50	
Diastolic blood pressure	(mmHg)	79.5 ± 10.7	77.3 ± 15.4	76.5 ± 10.1	78.5 ± 11.5	82.4 ± 9.0							0.10	
Heart rate	(bpm)	75.3 ± 13.3	72.4 ± 16.5	77.1 ± 14.2	72.0 ± 13.0	76.7 ± 12.0							0.36	
Height	(cm)	163.1 ± 5.3	163.1 ± 4.3	162.5 ± 5.4	162.7 ± 5.7	163.7 ± 5.3							0.78	
Weight	(kg)	62.4 ± 8.1	58.5 ± 7.3	54.4 ± 5.3	68.0 ± 6.3	64.6 ± 6.6							P < 0.01	1, 2 < 3, 4
Body mass index	(kg/m ²)	23.4 ± 2.7	22.0 ± 2.7	20.6 ± 1.5	25.7 ± 1.8	24.1 ± 1.9							P < 0.01	1, 2 < 3, 4; 4 < 3
Body fat	(%)	20.2 ± 5.4	20.5 ± 8.1	16.9 ± 4.9	24.4 ± 4.0	19.5 ± 4.1							P < 0.01	2, 4 < 3
AMI	(kg/m ²)	8.02 ± 0.90	7.29 ± 0.32	7.00 ± 0.47	8.62 ± 0.69	8.42 ± 0.65							P < 0.01	1, 2 < 3, 4
HS/w	(kgf/kg)	0.59 ± 0.09	0.50 ± 0.06	0.67 ± 0.07	0.51 ± 0.05	0.61 ± 0.07							P < 0.01	1, 3 < 2, 4
F/w	(kgf/kg)	1.46 ± 0.10	1.36 ± 0.07	1.49 ± 0.09	1.38 ± 0.06	1.52 ± 0.09							P < 0.01	1, 3 < 2, 4
Timed up and go	(sec)	5.70 ± 1.18	6.76 ± 2.49	5.45 ± 0.91	6.09 ± 0.91	5.39 ± 0.85							P < 0.01	2, 4 < 1
5-m habitual walk	(sec)	3.54 ± 0.54	3.71 ± 0.66	3.46 ± 0.52	3.68 ± 0.60	3.47 ± 0.48							0.24	
One-leg balance with eyes open	(sec)	39.4 ± 20.6	33.8 ± 18.0	38.7 ± 23.8	36.3 ± 21.0	42.8 ± 18.8							0.44	
[†] Medical history of knee pain	%(n)	7.1 (8)	—	3.6 (1)	—	14.9 (7)							0.05	—
[†] Medical history of low back pain	%(n)	21.2 (24)	20.0 (2)	14.3 (4)	25.0 (7)	23.4 (11)							0.76	

Note: ANOVA: analysis of variance, SD: standard deviation, [†]P-value for Chi-square test, HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

AMI: appendicular skeletal muscle mass index; muscle mass divided by height squared (kg/m²), ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of HS/w Z-score and F/w Z-score

**Table. VIII-2. Baseline characteristics by AMI and ASZ groups in Women
(Mobility limitation in activities of daily living)**

Variable	Unit	WOMEN (n = 81)		Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 8)			Low AMI ² (n = 21)		Low ASZ ³ (n = 21)		Normal ⁴ (n = 31)		ANOVA P-value	Post hoc test with Bonferroni correction
		Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean		
Age	(years)	72.0	± 3.6	73.9	± 3.1	72.5	± 3.9	72.3	± 4.1	70.9	± 2.9	0.14		
Systolic blood pressure	(mmHg)	138.7	± 19.2	156.4	± 28.4	137.0	± 15.3	138.7	± 20.7	135.3	± 16.1	0.05	4 < 1	
Diastolic blood pressure	(mmHg)	76.1	± 10.5	77.1	± 18.1	76.8	± 9.8	77.3	± 10.2	74.7	± 8.9	0.82		
Heart rate	(bpm)	76.0	± 10.7	79.9	± 12.7	76.8	± 10.4	75.3	± 12.2	75.1	± 9.7	0.73		
Height	(cm)	150.0	± 4.8	149.1	± 6.3	150.6	± 4.4	150.0	± 4.4	149.9	± 5.0	0.89		
Weight	(kg)	51.7	± 6.3	50.3	± 5.1	47.0	± 3.9	56.3	± 6.1	52.1	± 5.8	P < 0.01	2 < 3, 4; 4 < 3	
Body mass index	(kg/m ²)	23.0	± 2.5	22.6	± 1.0	20.7	± 1.9	25.0	± 2.3	23.2	± 2.0	P < 0.01	2 < 3, 4; 1, 4 < 3	
Body fat	(%)	30.6	± 6.0	31.7	± 4.2	26.4	± 5.2	35.6	± 4.4	29.7	± 5.3	P < 0.01	2, 4 < 3	
AMI	(kg/m ²)	6.50	± 0.55	6.11	± 0.22	5.89	± 0.31	6.82	± 0.42	6.79	± 0.37	P < 0.01	1, 2 < 3, 4	
HS/w	(kgf/kg)	0.46	± 0.07	0.42	± 0.04	0.52	± 0.06	0.40	± 0.05	0.48	± 0.06	P < 0.01	1, 3 < 2, 4	
F/w	(kgf/kg)	1.34	± 0.08	1.25	± 0.04	1.37	± 0.06	1.29	± 0.05	1.39	± 0.06	P < 0.01	1, 3 < 2, 4	
Timed up and go	(sec)	5.89	± 1.00	6.64	± 1.04	5.77	± 1.07	6.15	± 0.97	5.61	± 0.87	0.03	2, 4 < 1	
5-m habitual walk	(sec)	3.47	± 0.49	3.81	± 0.49	3.40	± 0.47	3.54	± 0.49	3.38	± 0.48	0.13		
One-leg balance with eyes open	(sec)	37.2	± 20.5	36.0	± 19.1	38.2	± 22.0	29.1	± 17.4	42.3	± 20.8	0.15		
[†] Medical history of knee pain	%(n)	13.6	(11)	50.0	(4)	—	—	14.3	(3)	12.9	(4)	0.01	—	
[†] Medical history of low back pain	%(n)	13.6	(11)	25.0	(2)	9.5	(2)	14.3	(3)	12.9	(4)	0.75		

Note: ANOVA: analysis of variance, SD: standard deviation, [†]P-value for Chi-square test, HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight

AMI: appendicular skeletal muscle mass index; muscle mass divided by height squared (kg/m²), ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of HS/w Z-score and F/w Z-score

**Table. VIII-3. Baseline characteristics by AMI and ASZ groups in Men
(History of falls)**

Variable	Unit	MEN (n = 108)		Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 11)			Low AMI ² (n = 25)		Low ASZ ³ (n = 25)		Normal ⁴ (n = 47)		ANOVA P-value	Post hoc test with Bonferroni correction
		Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD			
Age	(years)	73.6	± 5.0	78.1	± 5.8	73.9	± 5.2	73.8	± 4.7	72.3	± 4.3	P < 0.01	4 < 1	
Systolic blood pressure	(mmHg)	143.5	± 19.9	143.4	± 24.9	138.2	± 20.0	145.4	± 22.4	145.4	± 17.3	0.49		
Diastolic blood pressure	(mmHg)	79.7	± 11.3	75.1	± 16.6	76.8	± 10.3	78.7	± 11.8	82.8	± 9.3	0.06		
Heart rate	(bpm)	75.0	± 12.3	68.7	± 9.6	76.1	± 13.0	73.9	± 13.0	76.6	± 12.0	0.27		
Height	(cm)	162.8	± 6.2	163.2	± 6.8	161.3	± 6.7	162.6	± 6.4	163.6	± 5.7	0.52		
Weight	(kg)	62.2	± 8.6	56.8	± 6.6	54.0	± 5.7	68.2	± 7.8	64.7	± 6.6	P < 0.01	1, 2 < 3, 4	
Body mass index	(kg/m ²)	23.4	± 2.7	21.3	± 1.8	20.7	± 1.4	25.8	± 2.5	24.1	± 1.9	P < 0.01	1, 2 < 3, 4; 4 < 3	
Body fat	(%)	20.3	± 5.3	19.3	± 6.3	17.7	± 4.7	24.6	± 4.9	19.7	± 4.3	P < 0.01	1, 2, 4 < 3	
AMI	(kg/m ²)	8.00	± 0.93	7.22	± 0.28	6.94	± 0.49	8.61	± 0.74	8.43	± 0.65	P < 0.01	1, 2 < 3, 4	
HS/w	(kgf/kg)	0.59	± 0.09	0.52	± 0.07	0.66	± 0.07	0.50	± 0.04	0.61	± 0.07	P < 0.01	1, 3 < 2, 4	
F/w	(kgf/kg)	1.46	± 0.11	1.36	± 0.06	1.49	± 0.10	1.37	± 0.08	1.50	± 0.10	P < 0.01	1, 3 < 2, 4	
Timed up and go	(sec)	5.79	± 1.26	6.71	± 2.37	5.55	± 0.94	6.25	± 1.17	5.45	± 0.89	P < 0.01	4 < 1, 3	
5-m habitual walk	(sec)	3.58	± 0.57	3.73	± 0.62	3.49	± 0.56	3.73	± 0.64	3.51	± 0.52	0.29		
One-leg balance with eyes open	(sec)	40.0	± 20.7	33.4	± 17.8	38.2	± 24.0	36.2	± 22.1	44.6	± 18.0	0.21		
[†] Medical history of knee pain	%(n)	7.4	(8)	9.1	(1)	—		4.0	(1)	12.8	(6)	0.22		
[‡] Medical history of low back pain	%(n)	19.4	(21)	27.3	(3)	16.0	(4)	16.0	(4)	21.3	(10)	0.82		

Note: ANOVA: analysis of variance, SD: standard deviation, [†]P-value for Chi-square test, HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight
AMI: appendicular skeletal muscle mass index; muscle mass divided by height squared (kg/m²), ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of HS/w Z-score and F/w Z-score

Table. VIII-4. Baseline characteristics by AMI and ASZ groups in Women (History of falls)

Variable	Unit	WOMEN (n = 97)		Low AMI and Low ASZ ¹ (n = 11)			Low AMI ² (n = 22)		Low ASZ ³ (n = 22)		Normal ⁴ (n = 42)		ANOVA P-value	Post hoc test with Bonferroni correction
		Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean		
Age	(years)	72.6	± 4.3	76.1	± 4.8	72.9	± 4.0	73.4	± 5.1	71.2	± 3.3		P < 0.01	4 < 1
Systolic blood pressure	(mmHg)	136.9	± 19.1	134.1	± 16.2	138.6	± 25.1	140.5	± 19.1	134.9	± 16.3		0.66	
Diastolic blood pressure	(mmHg)	74.9	± 10.9	71.6	± 10.4	76.5	± 11.8	75.4	± 12.4	74.7	± 9.8		0.69	
Heart rate	(bpm)	75.0	± 10.7	73.9	± 10.1	78.3	± 11.1	74.8	± 12.0	73.7	± 10.1		0.47	
Height	(cm)	149.8	± 5.2	150.8	± 7.6	149.9	± 3.7	148.6	± 5.6	150.1	± 4.9		0.65	
Weight	(kg)	51.3	± 6.4	49.8	± 6.6	46.3	± 5.1	54.8	± 6.8	52.4	± 5.3		P < 0.01	2 < 3, 4
Body mass index	(kg/m ²)	22.8	± 2.6	21.8	± 1.6	20.6	± 2.4	24.8	± 2.4	23.2	± 2.0		P < 0.01	1 < 3; 2 < 3, 4
Body fat	(%)	30.6	± 6.2	32.7	± 3.0	26.3	± 7.0	34.7	± 5.4	30.2	± 5.3		P < 0.01	2 < 1, 3, 4; 4 < 3
AMI	(kg/m ²)	6.44	± 0.62	5.65	± 0.34	5.81	± 0.27	6.87	± 0.38	6.76	± 0.41		P < 0.01	1, 2 < 3, 4
HS/w	(kgf/kg)	0.45	± 0.08	0.39	± 0.05	0.51	± 0.06	0.38	± 0.05	0.48	± 0.06		P < 0.01	1, 3 < 2, 4
F/w	(kgf/kg)	1.32	± 0.09	1.23	± 0.04	1.35	± 0.07	1.26	± 0.08	1.37	± 0.06		P < 0.01	1, 3 < 2, 4
Timed up and go	(sec)	6.19	± 1.41	7.13	± 1.64	5.82	± 1.02	7.02	± 1.83	5.70	± 0.92		P < 0.01	2, 4 < 1, 3
5-m habitual walk	(sec)	3.63	± 0.69	4.00	± 0.82	3.46	± 0.47	3.94	± 0.86	3.46	± 0.58		P < 0.01	2, 4 < 1, 3
One-leg balance with eyes open	(sec)	35.1	± 21.5	25.2	± 22.0	37.4	± 21.8	30.6	± 23.0	38.6	± 20.1		0.21	
[†] Medical history of knee pain	%(n)	18.6 (18)		45.5 (5)		4.5 (1)		27.3 (6)		14.3 (6)			0.02	2 < 1
[†] Medical history of low back pain	%(n)	20.6 (20)		36.4 (4)		13.6 (3)		27.3 (6)		16.7 (7)			0.35	

Note: ANOVA: analysis of variance, SD: standard deviation, [†]P-value for Chi-square test, HS/w: hand grip strength per body weight, F/w: peak reaction force per body weight
AMI: appendicular skeletal muscle mass index; muscle mass divided by height squared (kg/m²), ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of HS/w Z-score and F/w Z-score

2. 筋量・筋力を組み合わせた 4 群の起居移動動作能力の制限の発生リスク (モデル I)

男女各群のベースラインから 3 年間および 4 年間における起居移動動作能力の制限を有する者の割合と HR を Table. VIII-5 に示した。

男性における 4 群のベースラインから 3 年間および 4 年間の起居移動動作能力の制限が発生した者の割合は, Low AMI and Low ASZ 群が 50.0%, Low AMI 群が 10.7%, Low ASZ 群が 25.0%, Normal 群が 14.9%であり, 群間に有意差が見られた。また, 起居移動動作能力の制限の調整済みの HR は, Normal 群に対し, Low AMI and Low ASZ 群が 5.95 (95% CI : 1.62 - 21.88) と有意に高かった。

女性における起居移動動作能力の制限が発生した者の割合, Low AMI and Low ASZ 群が 50.0%, Low AMI 群が 4.8%, Low ASZ 群が 23.8%, Normal 群が 19.4%であり, 群間に有意差が見られた。また, 起居移動動作能力の制限の調整済みの HR は, Normal 群に対し, Low AMI and Low ASZ 群が 5.13 (95% CI : 1.32 - 19.95) で有意に高かった。

男女を合わせて分析をおこなった結果, 起居移動動作能力の制限の調整済みの HR は, Normal 群に対し, Low AMI and Low ASZ 群が 5.54 (95% CI : 2.24 - 13.69) で有意に高かった。

Table. VIII-5. Hazard ratios of mobility limitation in activities of daily living by AMI and ASZ groups

	Independent variable	Mobility limitation in activities of daily living for 3 and 4 years % (n)	Crude HR (95% CI)	P-value	Adjusted HR [†] (95% CI)	P-value
MEN (n = 113)	Normal (n = 47)	14.9 (7)		1.00 (reference)		
	Low AMI and Low ASZ (n = 10)	50.0 (5)	4.94 (1.55 - 15.76)	P < 0.01	5.95 (1.62 - 21.88)	P < 0.01
	Low AMI (n = 28)	10.7 (3)	0.72 (0.19 - 2.79)	0.63	1.36 (0.28 - 6.62)	0.70
	Low ASZ (n = 28)	25.0 (7)	2.02 (0.71 - 5.77)	0.19	1.89 (0.58 - 6.14)	0.29
WOMEN (n = 81)	Normal (n = 31)	19.4 (6)		1.00 (reference)		
	Low AMI and Low ASZ (n = 8)	50.0 (4)	6.65 (1.77 - 24.94)	P < 0.01	5.13 (1.32 - 19.95)	0.02
	Low AMI (n = 21)	4.8 (1)	0.27 (0.033 - 2.27)	0.23	0.54 (0.05 - 5.53)	0.61
	Low ASZ (n = 21)	23.8 (5)	1.59 (0.48 - 5.21)	0.45	0.81 (0.20 - 3.36)	0.78
MEN+WOMEN[‡] (n = 194)	Normal (n = 78)	16.7 (13)		1.00 (reference)		
	Low AMI and Low ASZ (n = 18)	50.0 (9)	5.33 (2.24 - 12.70)	P < 0.01	5.54 (2.24 - 13.69)	P < 0.01
	Low AMI (n = 49)	8.2 (4)	0.51 (0.17 - 1.56)	0.24	0.97 (0.27 - 3.43)	0.96
	Low ASZ (n = 49)	24.5 (12)	1.82 (0.83 - 4.01)	0.13	1.43 (0.61 - 3.33)	0.41

Note: cox regression analysis, HR = hazard ratio, 95% CI = 95% Confidence Intervals

[†] Adjusted for baseline of age, body mass index, medical history of knee pain and back pain

[‡] Adjusted for gender, baseline of age, body mass index, medical history of knee pain and back pain

Independent variable: 4 groups (Normal, Low ASZ, Low AMI, Low AMI and Low ASZ), Dependent variable: Mobility limitation in activities of daily living
 Definition of mobility limitation in activities of daily living : had difficulty either climbing 10 stair steps, standing up from a chair or walking for 15 minutes

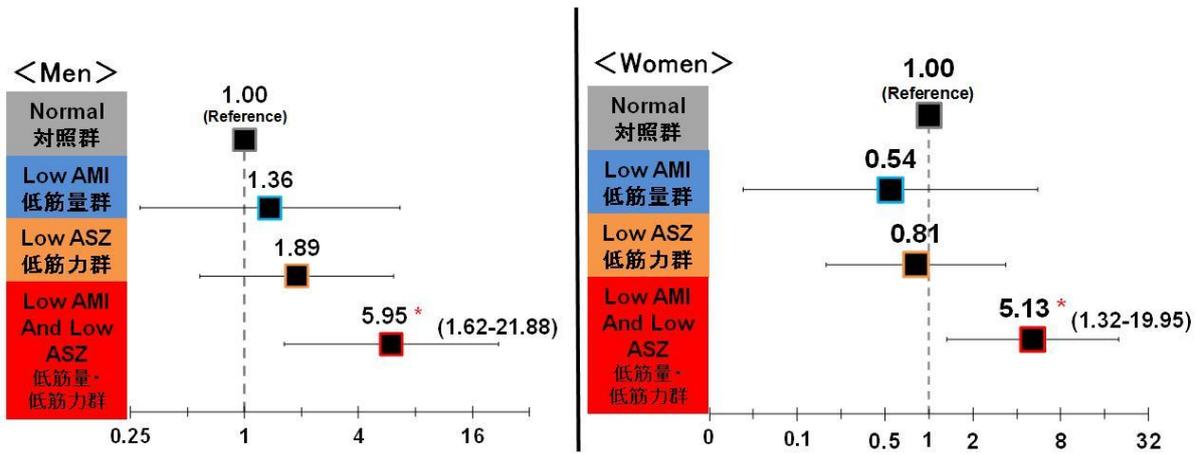


Fig. VIII-1. Hazard ratios of mobility limitation in activities of daily living by 4 groups of AMI and ASZ in men and women (Model I)

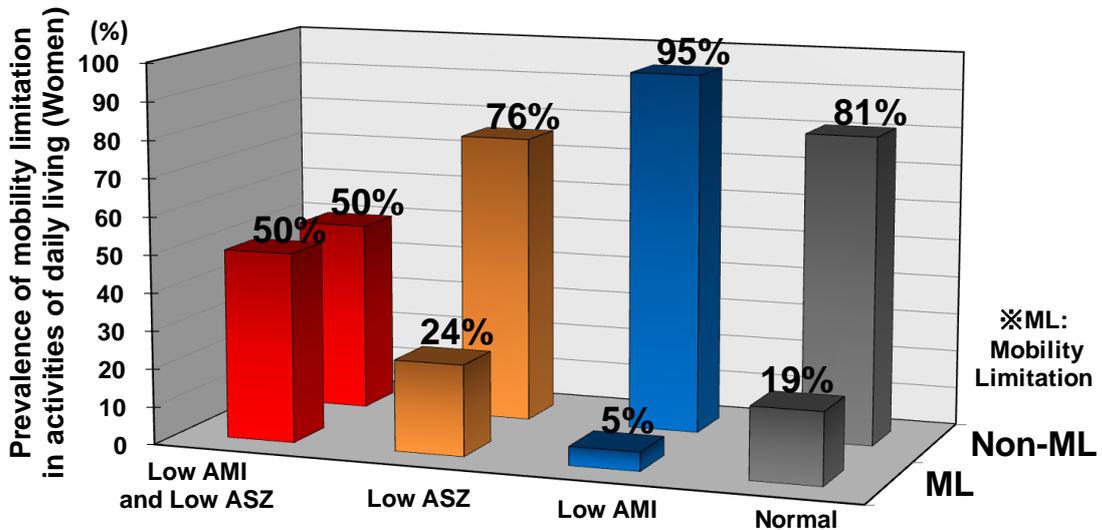
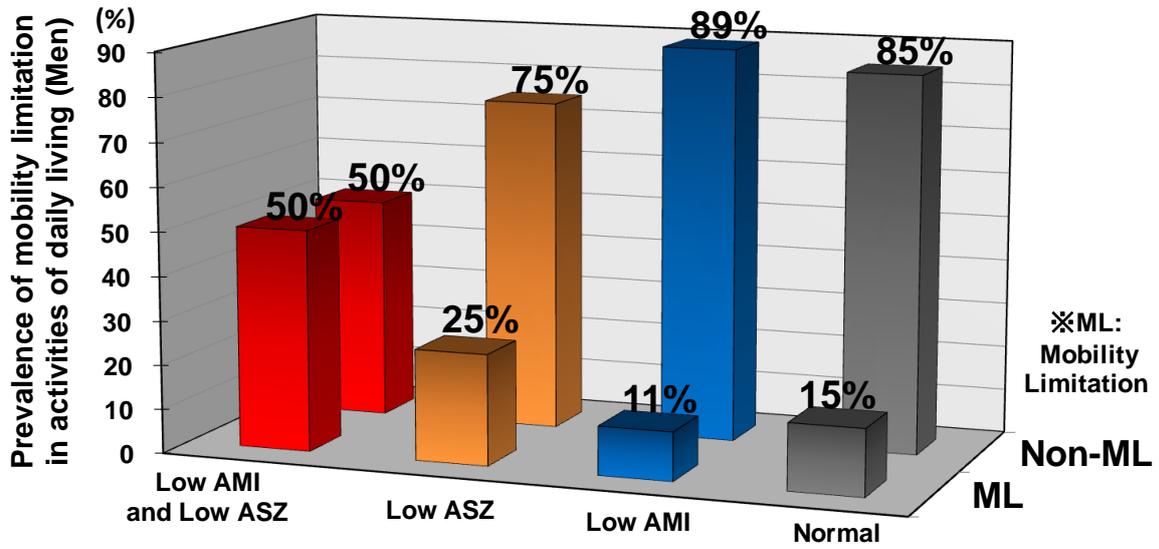


Fig. VIII-2. The prevalence of mobility limitation in activities of daily living after 4 years by 4 groups of AMI and ASZ in men and women (Model I)

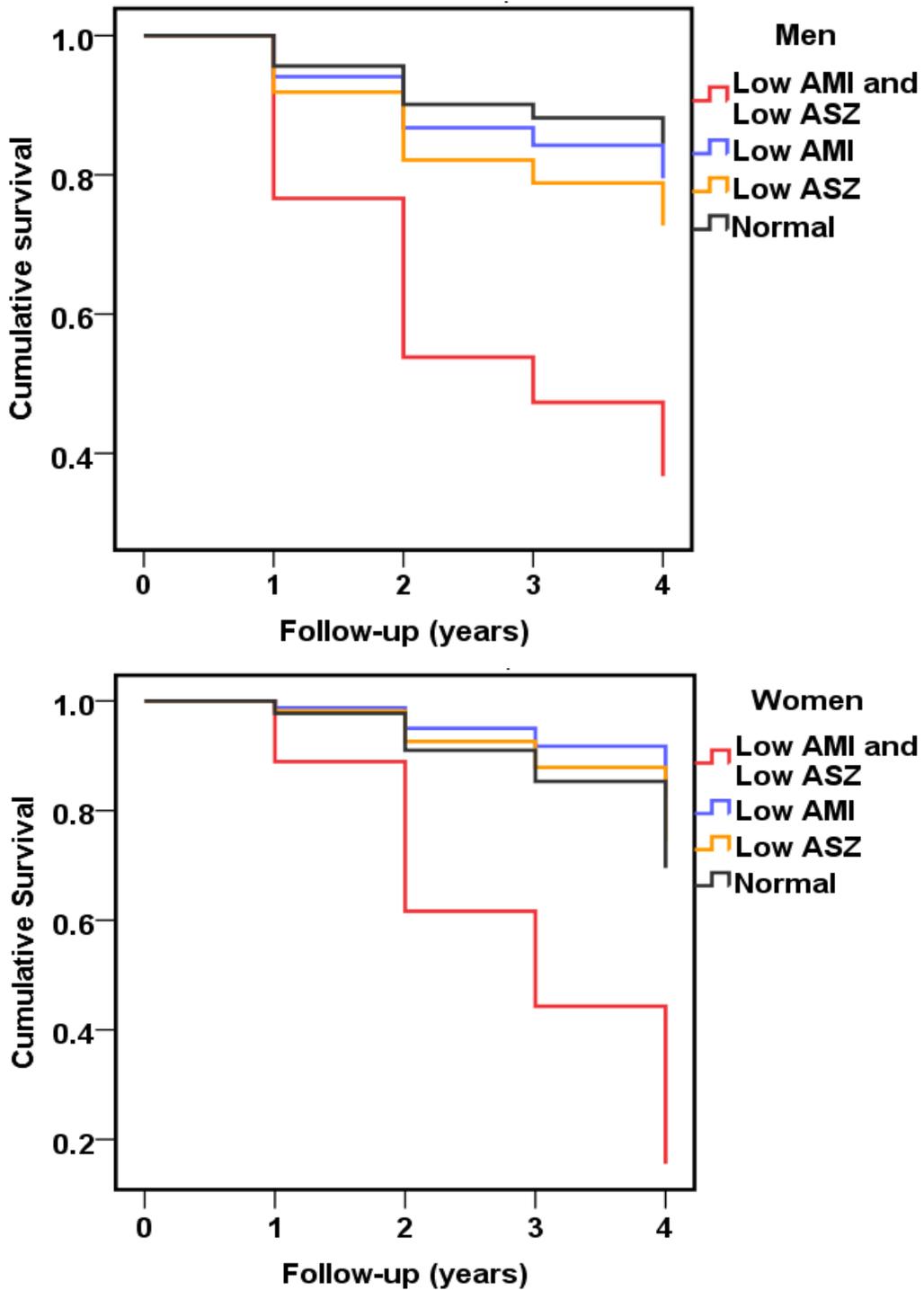


Fig. VIII-3. Cumulative survival of non- mobility limitation in activities of daily living by 4 groups of AMI and ASZ for follow-up of 3 years and 4 years (Model I)

3. 筋量・筋力を組み合わせた 4 群の転倒の発生リスク (モデル II)

男女の各群のベースラインから 3 年間および 4 年間における転倒経験を有する者の割合と HR を Table. VIII-6 に示した。

男性における 4 群のベースラインから 3 年間および 4 年間の転倒が発生した者の割合, Low AMI and Low ASZ 群が 54.5%, Low AMI 群が 28.0%, Low ASZ 群が 52.0%, Normal 群が 25.5%であり, 群間に有意差が見られた。また, 転倒経験の調整済みの HR は, Normal 群に対し, Low ASZ 群が 2.48 (95% CI : 1.05 - 5.88) と有意に高かった。

女性における転倒が発生した者の割合, Low AMI and Low ASZ 群が 54.5%, Low AMI 群が 40.9%, Low ASZ 群が 45.5%, Normal 群が 33.3%であり, 群間に有意差が見られた。また, 転倒経験の調整済みの HR は, Normal 群に対し, Low AMI and Low ASZ 群が 5.00 (95% CI : 1.61 - 15.51) で有意に高かった。

男女を合わせて分析をおこなった結果, 転倒経験の調整済みの HR は, Normal 群に対し, Low AMI and Low ASZ 群が 4.01 (95% CI : 1.83 - 8.82), Low ASZ 群が 2.05 (95% CI : 1.11 - 3.77) で有意に高かった。

Table. VIII-6. Hazard ratios of history of falls by AMI and ASZ groups

	Independent variable	History of falls for 3 and 4 years % (n)	Crude HR (95% CI)	P-value	Adjusted HR [†] (95% CI)	P-value
MEN (n = 108)	Normal (n = 47)	25.5 (12)		1.00 (reference)		
	Low AMI and Low ASZ (n = 11)	54.5 (6)	3.89 (1.44 - 10.49)	P < 0.01	2.82 (0.86 - 9.17)	0.09
	Low AMI (n = 25)	28.0 (7)	1.10 (0.43 - 2.79)	0.85	0.88 (0.29 - 2.68)	0.82
	Low ASZ (n = 25)	52.0 (13)	2.37 (1.08 - 5.21)	0.03	2.48 (1.05 - 5.88)	0.04
WOMEN (n = 97)	Normal (n = 42)	33.3 (14)		1.00 (reference)		
	Low AMI and Low ASZ (n = 11)	54.5 (6)	4.01 (1.45 - 11.06)	P < 0.01	5.00 (1.61 - 15.51)	P < 0.01
	Low AMI (n = 22)	40.9 (9)	1.68 (0.72 - 3.91)	0.23	2.21 (0.84 - 5.78)	0.11
	Low ASZ (n = 22)	45.5 (10)	2.22 (0.98 - 5.03)	0.06	2.07 (0.83 - 5.19)	0.12
MEN+WOMEN[‡] (n = 205)	Normal (n = 89)	29.2 (26)		1.00 (reference)		
	Low AMI and Low ASZ (n = 22)	54.5 (12)	3.85 (1.91 - 7.78)	P < 0.01	4.01 (1.83 - 8.82)	P < 0.01
	Low AMI (n = 47)	34.0 (16)	1.35 (0.72 - 2.52)	0.35	1.47 (0.71 - 3.05)	0.30
	Low ASZ (n = 47)	48.9 (23)	2.28 (1.30 - 4.01)	P < 0.01	2.05 (1.11 - 3.77)	0.02

Note: cox regression analysis, HR = hazard ratio, 95% CI = 95% Confidence Intervals

[†] Adjusted for baseline of age, body mass index, medical history of knee pain and back pain

[‡] Adjusted for gender, baseline of age, body mass index, medical history of knee pain and back pain

Independent variable: 4 groups (Normal, Low ASZ, Low AMI, Low AMI and Low ASZ), Dependent variable: history of falls

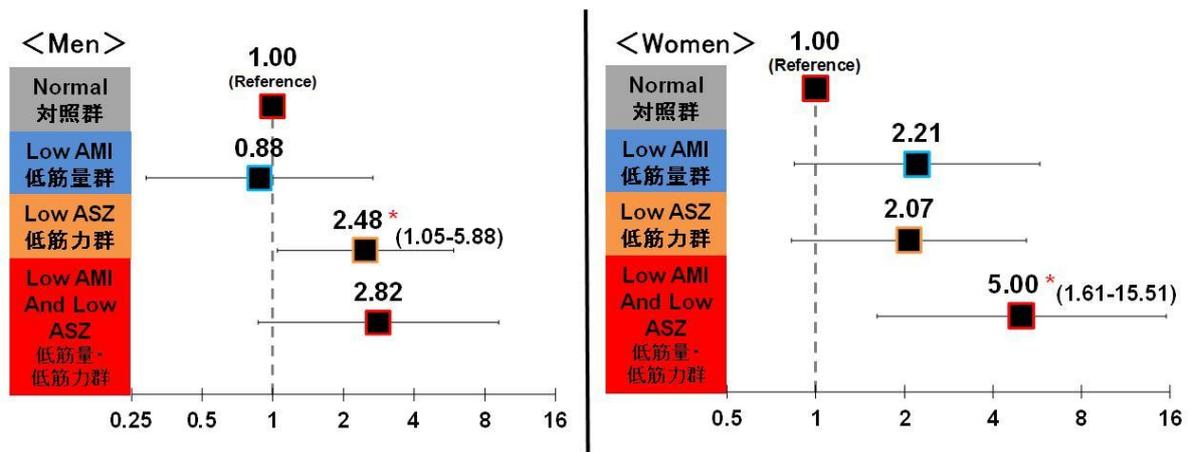


Fig. VIII-4. Hazard ratios of history of falls by by 4 groups of AMI and ASZ in men and women (Model II)

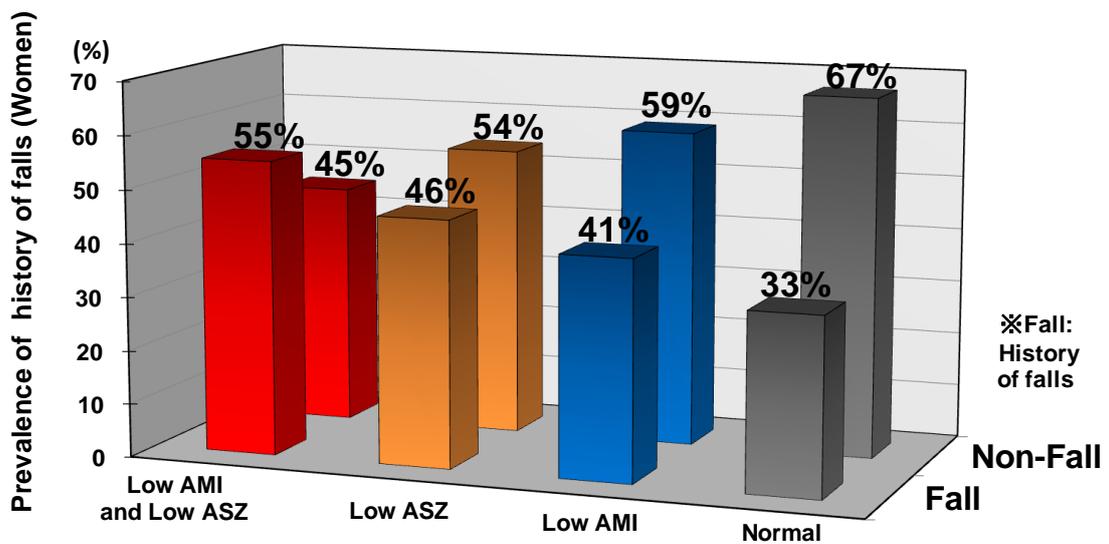
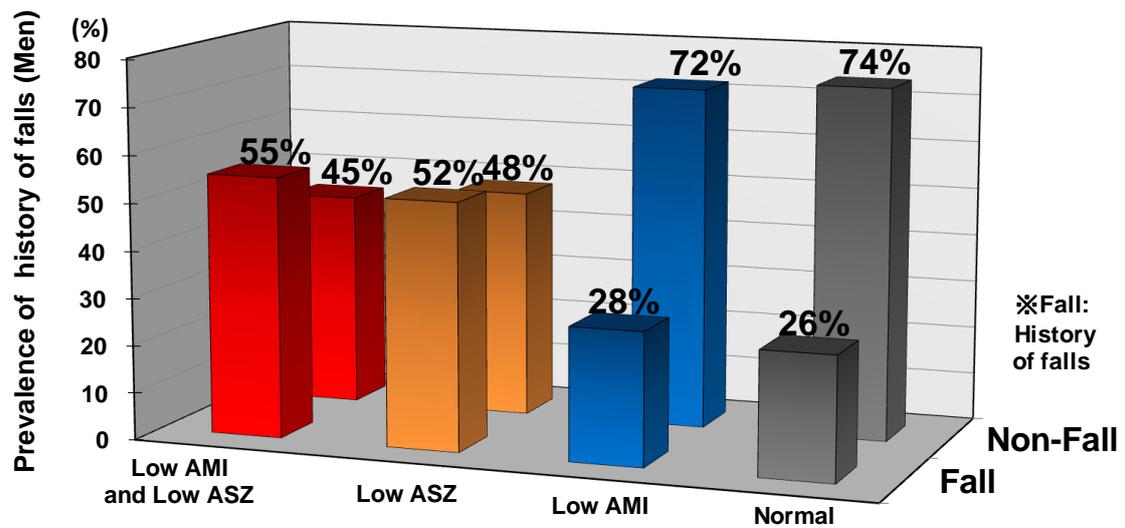


Fig. VIII-5. The prevalence of history of falls after 4 years by 4 groups of AMI and ASZ in men and women (Model II)

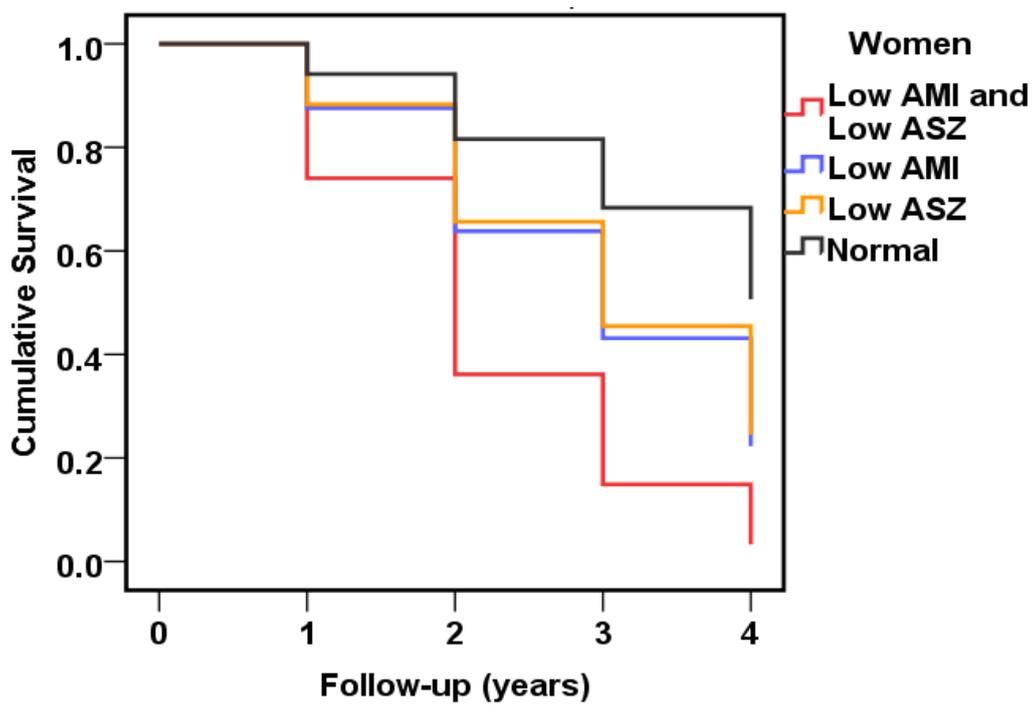
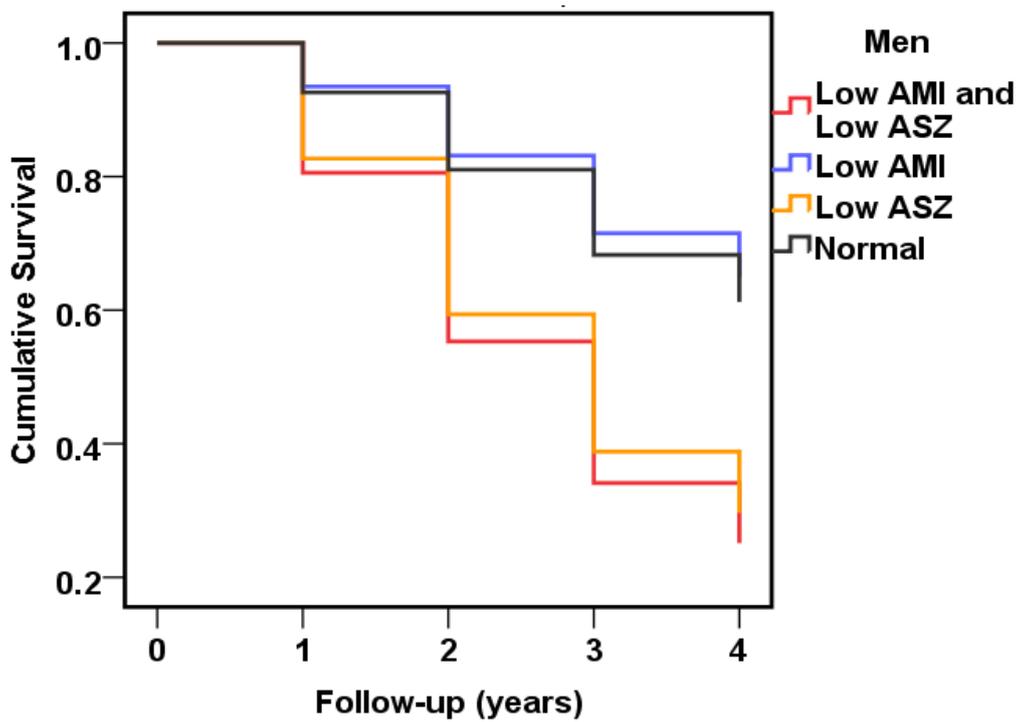


Fig. VIII-6. Cumulative survival of non- fall by 4 groups of AMI and ASZ for follow-up of 3years and 4years (Model II)

第4節 考察

1. 筋量・筋力を組み合わせた4群が起居移動動作能力の制限の発生リスクに及ぼす影響（モデルI）

筋量・筋力を組み合わせた4群のベースラインから3年間および4年間において起居移動動作能力の制限の発生リスクを検討した。その結果、「中・高筋量と中・高筋力」のタイプに対し、「低筋量と低筋力」のタイプは男性でHRが5.95（95% CI：1.62 - 21.88）、女性でHRが5.13（95% CI：1.32 - 19.95）であり、追跡期間における起居移動動作能力の制限を発生するリスクが有意に高いことが確認された。

筋量に関して、sarcopenia（身長と脂肪で補正した四肢筋量の低い群）が移動能力の制限（自己申告式の質問紙：歩行または階段昇段への難しさ）に及ぼす影響を検討した5年間の縦断研究では、下肢機能の制限が発生するHRは、non-sarcopenia群に対してsarcopenia群の女性が1.34（95% CI:1.11 - 1.61）で有意に高いことが認められた（Delmonico et al., 2007）。また、低筋量と低筋力を用いた2年間の縦断的な調査では、移動能力の制限（自己申告式の質問紙：歩行または階段昇段への難しさ）が発生するリスクは、低筋量の男性が1.90倍、女性が1.68倍、低筋力の男性が2.02倍、女性が1.91倍であり、低筋量より低筋力のリスクのほうが高いと報告されている（Visser et al., 2005）。

このような先行研究から、低筋量と低筋力はそれぞれ移動能力の制限を発生させる危険要因であることが確認されており、本研究の結果もこれらの結果を支持することになった。一方、移動能力の制限の有無により筋量や筋力の変化を縦断的に検討した報告もある。その報告によると、ベースライン時点で健常な者より、移動能力の制限（バランス、歩行、椅子立ち上がりのテストの低い

点数)を有する者は、3年後に下肢の筋量が有意に低下(−0.38%, $P=0.08$)するが、下肢の筋力や筋パワーには、有意な変化が見られなかったとされている(Reid et al., 2014)。この縦断研究の結果は、移動能力の制限が筋量の低下に影響を与えるという本研究とは逆の関係性を示している。このような関係性の検討については、どちらを目的変数または説明変数にするかによって解析が異なり、両方の視点で分析をおこなう必要があると考えられる。また、本課題の3年間および4年間の縦断的な調査においては、対象者数が少なかったため、限界としてサンプリングバイアスが生じていることが挙げられる(第III章第2節)。今後、サンプル数を増やし、両側面からの関係性を検討する必要があると考えられる。

以上のことから、筋量または筋力の「いずれかが単独で低下した」タイプより、「両方が低下した」タイプは起居移動動作能力の制限の発生リスクが高いことが示唆された。

2. 筋量・筋力を組み合わせた4群が転倒の発生リスクに及ぼす影響（モデルⅡ）

筋量・筋力を組み合わせた4群のベースラインから3年間および4年間における転倒発生リスクを検討した。その結果、「中・高筋量と中・高筋力」のタイプに対し、男性では「中・高筋量と低筋力」のタイプのHRが2.48（95% CI：1.05 - 5.88）、女性では「低筋量と低筋力」のタイプのHRが5.00（95% CI：1.61 - 15.51）であり、3年間および4年間における転倒発生リスクが有意に高いことが確認された。また、男性において「低筋量と低筋力」のタイプのHRは2.82（95% CI：0.86 - 9.17）で有意な傾向が見られた（ $P = 0.09$ ）。一方、共変量を投入しなかった場合の「低筋量と低筋力」のタイプにおけるHRは3.89（95% CI：1.44 - 10.49）と有意な値を示していたため、共変量（年齢、BMI、膝関節痛、腰痛）の影響があると考えられる。

転倒のリスクとしては、低い膝伸展筋力（Takazawa et al., 2003）、低い下肢筋量（Frank-Wilson et al., 2016）、低い握力（Sayer et al., 2006）が挙げられている。さらに、移動・歩行能力の低下により転倒のリスクが増加することも報告されている（Graafmans et al., 1996）。本研究のベースラインにおいても男女いずれも「低筋量と低筋力」と「中・高筋量と低筋力」のタイプにおいてTUG（移動・歩行能力）が有意に低く、さらに女性においてはこの二つのタイプで5 m歩行速度も有意に遅いことが認められた。すなわち、「低筋量と低筋力」と「中・高筋量と低筋力」のタイプは、移動・歩行能力が不良であり、転倒の発生リスクも有意に高いと言え、先行研究の報告と同一な結果が得られた。

低筋量および低筋力が転倒発生リスクに与える影響を検討した研究では、normal群に対し、sarcopenia（低筋量のみ）群より dynapenia（低筋力のみ）

群が、さらに dynapenia 群の男性より女性で転倒発生リスクが有意に高いことが報告されている (Scott et al., 2014)。また、2年間の縦断的な調査により EWGSOP の基準 (低筋量に加えて低握力ならび遅い歩行速度) に基づき sarcopenia と転倒の発生リスクとの関連性を検討した結果、non-sarcopenia 群よりも、sarcopenia 群では HR が 3.23 (95%CI : 1.25 - 8.29) と有意に高いことが認められた (Landi et al., 2012)。これらの先行研究では、転倒の発生リスクが有意に高かった「低筋力群」および「低筋量と低筋力ならび低い身体機能群」における筋力や筋量のレベルはどの程度であるか分からない。

以上のことから、本課題では筋量・筋力の組み合わせたタイプのうち、男性の「中・高筋量と低筋力」のタイプと、女性の「低筋量と低筋力」のタイプが転倒の発生リスクが高いことが示唆された。

また、モデル I (起居移動動作能力の制限) で上述したようにモデル II (転倒のリスク) においても限界としてサンプリングバイアスが生じていることが挙げられる (第Ⅲ章第 2 節)。そのため今後は、より多くの人数を対象で転倒の発生リスクを検討する必要があると考えられる。

第5節 要約

本課題 2-2 では、高齢者の低筋量と低筋力に焦点を当てた 3 年間および 4 年間の縦断的調査により、筋量と筋力を組み合わせたどのタイプが、起居移動動作能力の制限や転倒の発生リスクを高める危険要因であるかを明らかにするとこにした。

その結果、四肢筋量 (AMI) と四肢筋力 (ASZ) の組み合わせたそれぞれのタイプのうち、男女いずれにおいても「中・高筋量と中・高筋力」のタイプに対し、「低筋量と低筋力」のタイプが将来的に起居移動動作能力の制限が発生するリスクが有意に高かった。また、「中・高筋量と中・高筋力」のタイプに対し、男性では「中・高筋量と低筋力」のタイプ、女性では「低筋量と低筋力」のタイプが将来的に転倒が発生するリスクが有意に高いことが認められた。

以上の結果より、起居移動動作能力の制限が発生するリスクを高める危険要因は、男女ともに「低筋量と低筋力」のタイプであった。また、転倒の発生リスクを高める危険要因として男性では「中・高筋量と低筋力」のタイプ、女性では、「低筋量と低筋力」のタイプであることが認められ、それらの関係性が明らかになった。

今後、高齢者の起居移動動作能力を向上させ、転倒を効果的に予防するためには、筋量と筋力の両方が低い者に加え、筋量を維持しているにもかかわらず筋力が低い者に対しても、筋力の維持・向上に重点を置いた介入をおこなうことの重要性が示唆された。

第 IX 章 総合討論

本研究は、高齢者の四肢筋量と四肢筋力を組み合わせた 4 群と身体的指標（身体機能、起居移動動作能力、転倒）との関連性を横断研究および縦断研究により明らかにすることを目的におこなわれた。本章では、これらの知見をまとめ、先行研究を交えた討論をおこなう。

第 1 節 本研究と先行研究との比較—本研究の意義および新規性—

低筋量（sarcopenia）および低筋力（dynapenia）と身体機能、移動能力、転倒との関連性を検討した先行研究と比較し、本研究の新規性として強調できるのは次の点である。第一に、筋量と筋力を組み合わせてそれぞれのタイプ別（①低筋量と低筋力、②低筋量と中・高筋力、③中・高筋量と低筋力、④中・高筋量と中・高筋力）に検討した点である。第二に、それらのタイプ別に身体機能、起居移動動作能力、転倒について横断的な関連性を検討したに留まらず、3 年間および 4 年間の追跡調査により縦断的な観点からも検討した点である。

これまでの先行研究の多くは、低筋量または低筋力のいずれか一方だけの要因と身体機能、起居移動動作能力、転倒との関連性を検討するに留まっていた。一方、いくつかの先行研究では筋量と筋力の両方を同時に勘案し、低い四肢筋量の者より、低い等速性膝伸展筋力の者の方が身体機能は有意に不良であることを確認している（Kim et al., 2012）。また、起居移動動作能力に制限を有する者は握力と大腿四頭筋における伸展筋力が有意に低い値を示した（Hairi et al., 2010）。さらに、四肢筋量が少ない（sarcopenia）者より、下肢筋力が弱い（dynapenia）者は転倒発生リスクが有意に高いことが報告されている（Scott et al., 2014）。しかし、これらの先行研究では、低筋量の者の筋力がどの程度であ

るか、また低筋力の者の筋量がどの程度であるかについては、検討されていない。これらのことから、本研究において、筋量と筋力を組み合わせたどのタイプが身体機能、起居移動動作能力、転倒に影響を与えるかを横断的かつ縦断的な疫学調査により明らかにした点は、先行研究にはなかった視点であり、本研究の意義は非常に大きいと言える。

1. 横断研究および縦断研究から得られた異なる知見に関する考察

ここでは、筋量・筋力と身体機能との関連性に関して、横断研究（課題 1-1）と縦断研究（課題 1-2）から得られた異なる知見について比較・検討しつつ論じる。

横断研究（課題 1-1）の結果において、男女いずれにおいても TUG, 5 m 通常歩行時間, 4 方向選択反応時間で、また男性の開眼片足立ち時間で 4 群間の有意差が認められた。そして、縦断研究（課題 2-1）のモデルⅡの結果において、男女いずれにおいても TUG, 5 m 通常歩行時間, 4 方向選択反応時間で有意な交互作用が認められた。また、男性の開眼片足立ち時間のみ有意な時間による主効果が認められた。身体機能において TUG, 5 m 通常歩行時間, 4 方向選択反応時間は、横断研究の知見に加えて 3 年後にも「低筋量と低筋力」のタイプと「中・高筋量と低筋力」のタイプが有意に低下したことが認められた。しかし、横断研究で 4 群間の有意差が認められた男性の開眼片足立ち時間では、3 年後の縦断研究の結果では時間による主効果のみ認められ、交互作用が認められなかった。四つのタイプいずれにおいてもバランス能力が低下したことが見て取れるため縦断的には、筋量・筋力のレベル（低, 中, 高）がバランス能力の維持, 低下に及ぼす影響は小さいことが推察される。

さらに、先行研究において全身の骨格筋量は、開眼片足立ち時間と有意な相関が認められ（甲斐ら, 2008）、バランス能力と筋力との相関における性差、年齢の差があることも報告された（平瀬ら, 2008）。また、他の観点としては、本研究の横断調査（課題 1-1 と 1-2）より、縦断調査（課題 2-1 と 2-2 のベースライン）において、①対象者の人数が少なく、②バランス能力の平均値が有意に低かったため、今後はこの点を補完してから比較する必要がある。

2. 低筋量・低筋力の視点に肥満の視点を組み合わせて検討することに関する考察

近年、筋量・筋力の視点だけでなく、肥満の観点からも併せて身体機能、起居移動動作能力、転倒との関連性について検討することの重要性が指摘されている。いくつかの先行研究では、低筋量型肥満を *sarcopenic-obesity* (Heber et al., 1996)、低筋力型肥満を *dynapenic-obesity* (Bouchard and Janssen, 2010) とそれぞれ定義した検討がおこなわれている。本研究の男女いずれにおいても 4 群のうち、「中・高筋量と低筋力」は身体機能、起居移動動作能力、転倒のリスクが有意に高く、体脂肪率も有意に高値を示した。さらに本研究の課題の 1-1, 1-2, 2-1, 2-2 において体脂肪率の平均値をみると、Low ASZ 群（中・高筋量と低筋力）において男性が 24.2%、女性が 35.8%で最も高い割合を示していることが分かる（Table. IX-1）。そのため、本研究の「中・高筋量と低筋力」のタイプは、*dynapenic-obesity* が含まれていたことが予想される。これは、すなわち横断・縦断研究の全課題において「中・高筋量と低筋力」のタイプの者は体脂肪率が高い可能性を意味しており、一つの新たな知見（低筋力型肥満 *dynapenic-obesity* のタイプ）が得られたと言える。

2010年から Dynapenic-obesity に対する研究が開始され、これまでに約 12 個の論文が掲載されており、Dynapenic-obesity は近年着目されている研究テーマである。Dynapenic-obesity の状態は、dynapenia (低い筋力) と obesity (肥満) をいずれか単独で有している状態よりも、身体機能の低下 (Bouchard and Janssen, 2010) や日常生活動作、手段的日常生活動作の低下 (Yang et al., 2014) に大きな影響を及ぼすことが報告されている。また、sarcopenic-obesity より dynapenic-obesity において転倒リスクが有意に高いことも報告されている (Scott et al., 2014)。これらのメカニズムとしては、筋細胞への脂肪の蓄積が、筋力を著しく低下させる要因であると考察されている (Manini and Clark, 2012)。

また肥満については、高体重や高 BMI との関係が強く、本研究でも「中・高筋量と低筋力」のタイプが高体脂肪率であった。先行研究において体重の変化による筋量の減少と筋力の低下を 5 年間検討した結果、体重の減少に伴い筋量と筋力ともに減少するが、体重の増加に伴い筋量は増加したものの、筋力は低下することが報告された。さらに、5 年間で筋量よりも筋力が急速に低下することも確認された (Delmonico et al., 2009)。

研究の限界として述べたが、本研究は BIA 法で得られた筋量と体脂肪率なので、今後 Dynapenic-obesity に関する研究をおこなうためには、DEXA 法および MRI 法による検査をおこなう必要があると考えられる。

Table. IX-1. Body fat (%) on the current study of all research task by 4 groups of AMI and ASZ in men and women

The current study		Body fat (%)			
Men					
		Low AMI and Low ASZ	Low AMI	Low ASZ	Normal
research task 1-1		22.3	17.5	24.2	20.2
research task 1-2		23.1	17.5	24.6	20.0
research task 2-1		20.8	16.5	23.4	20.0
research task 2-2 (Mobility Limitation)		20.5	16.9	24.4	19.5
research task 2-2 (Fall)		19.3	17.7	24.6	19.7
Mean of all research task		21.2	17.2	24.2	19.9
Women					
		Low AMI and Low ASZ	Low AMI	Low ASZ	Normal
research task 1-1		33.3	26.1	37.3	30.0
research task 1-2		33.3	26.1	37.3	30.0
research task 2-1		29.6	23.3	34.2	30.1
research task 2-2 (Mobility Limitation)		31.7	26.4	35.6	29.7
research task 2-2 (Fall)		32.7	26.3	34.7	30.2
Mean of all research task		32.1	25.6	35.8	30.0

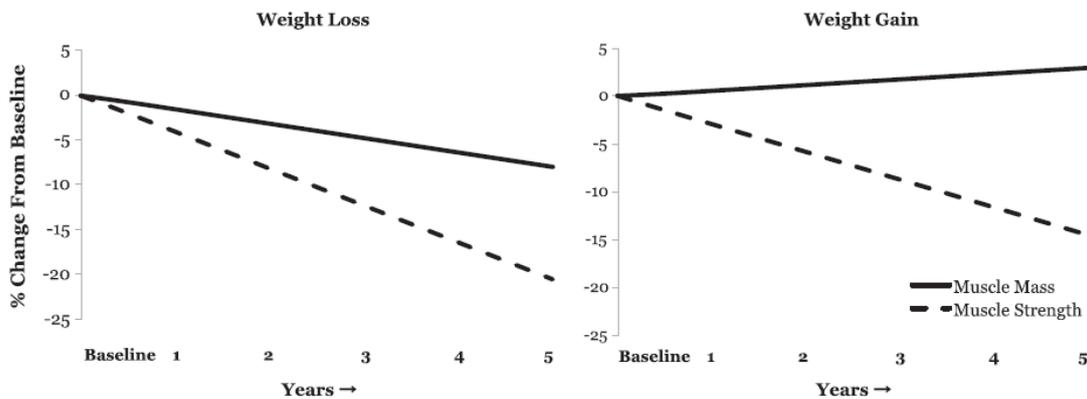


Fig. IX-1. The age-related loss of muscle strength, loss of muscle mass by change of weight for 5 years.

Adapted from Delmonico and Colleagues (2009) and

Created figure approved by the corresponding author (M. J. Delmonico).

第2節 介護予防現場への提言

本研究では、高齢者における筋量と筋力を組み合わせたそれぞれのタイプ別に身体的指標との関連性について検討をおこなった。そこから得られた知見を踏まえ、高齢者を対象とした介護予防現場への提言を記載する。

低筋量と低筋力に焦点を当てると「筋量を維持しているにも関わらず筋力が低い」タイプにおいて身体機能の低下、起居移動動作能力の制限および転倒のリスクが高かった。このことから、高齢者は筋繊維数（筋断面積や筋量）を増やすことよりも、筋力発揮をスムーズにおこなえるようにしておくことが重要と言える。

近年、老年症候群（Geriatric syndrome）の重要性が注目を集めている。老年症候群とは、加齢に伴う身体的および精神的諸症状・疾患・徴候の総称である。また、老年症候群の代表的な症状・徴候としては、認知機能障害、身体機能障害、筋機能の低下、うつ病、貧血（めまい）、関節・神経痛、転倒、視力・聴力障害などが挙げられる（Inouye et al., 2007；佐竹と鳥羽，2012）。そして後期高齢者になると、このような症状・徴候のいくつかが併発するため、入院や死亡のリスクを増加させる可能性が高い。このような老年症候群は、要介護状態への移行速度を促進させることが予想される。したがって、加齢による原発性 sarcopenia より、活動や疾患や栄養に伴って生じる二次性 sarcopenia になることもあると考えられる。加齢に伴い体の様々機能が低下し、それらの因果関係については明確に証明されていないが、そのうち一つの要因を改善させることで、他の症状・徴候の併発を防ぐことができる。そのため、筋力を維持および向上させることで、生活機能も改善され、さらに要介護化予防にも貢献することが期待される。

本研究は、これらの特色や独創性により、研究的視点からさらに一步踏み込んだ「介護予防現場における有効な取り組みを提案していく研究」になると考えられる。

第3節 今後の研究

1. 低い四肢筋力（dynapenia）の判定・評価に関する研究

本研究では、四肢筋量と四肢筋力をそれぞれ三分位し低、中、高のレベルに分け、その三分位の結果を組み合わせることで4群を設定した。先行研究において低い四肢筋量を sarcopenia として定義および判定する cut-off 値が多数の研究により提案されている。また、低い四肢筋力を dynapenia と定義および判定するアルゴリズムは提案されているが、その判定に当たる cut-off 値はまだ見当たらない。本研究で得られた結果では、低い四肢筋量より低い四肢筋力の者が身体的指標（身体機能、起居移動動作能力、転倒）のリスクが有意に高いことが認められた。しかし、低い四肢筋力（dynapenia）の判定・評価を規定するための研究を進め、その結果が本研究の結果と一致するかを再検討する必要があると考えられる。

さらに今後は、cut-off 値を用いて低い四肢筋量（sarcopenia）および低い四肢筋力（dynapenia）を判定し、その結果を組み合わせることで身体的・認知的・社会的な面についても検討することが求められる。

2. 低筋力型肥満（dynapenic - obesity）に着目した研究

本研究において、「低筋量と低筋力」のタイプと「中・高筋量と低筋力」のタイプは身体的指標（身体機能、起居移動動作能力、転倒）に負の影響が生じるリスクが有意に高いことが認められた。また、四つのタイプのうち「中・高筋量と低筋力」のタイプにおいて体脂肪率が有意に高かったため、それに対する内的要因や外的要因についての検討も求められる。先行研究によると、高齢者

において低筋量型肥満（sarcopenic - obesity）のタイプよりも、低筋力型肥満（dynapenic - obesity）のタイプが身体機能を悪化させる要因として指摘されている。

今後は、高齢者における低筋力型肥満（dynapenic - obesity）に着目し、①MRI 法や DEXA 法により筋量、筋力、脂肪をより精密に測定し、②その三つの変数（筋量、筋力、肥満）についての関連性を疫学調査から明らかにする必要があると考えられる。これにより、将来的に低筋力型肥満（dynapenic - obesity）が身体的指標に及ぼす影響やそのタイプを改善させる方法論についての研究が深まると考えられる。

3. 虚弱な高齢者を対象とした運動と栄養の介入研究

本研究の全対象者のうち、Low AMI and Low ASZ（低筋力かつ低筋力）に該当する者は、男性が 10.5%、女性が 11.3%であった。この割合を日本の地域在住高齢者を対象とした多数の sarcopenia 研究と比較すると、sarcopenia（低筋量に加えて低筋力ならび低い歩行能力で判定）の該当率は、約 5~16%であり（佐竹ら, 2014）、上記の数値と同程度を示していることが分かる。

低筋量かつ低筋力タイプの虚弱な高齢者は、要介護認定→寝たきり→入院・死亡につながる可能性が他のタイプよりも高いことが推察されるため、筋機能を維持・改善させることが急務の問題になっている。そのため多数の先行研究では、筋量・筋力を向上、改善させるためには運動実践（筋力トレーニング、ウォーキング、器具運動、自重運動など）や栄養摂取（タンパク質、ビタミン D、アミノ酸など）が重要であることを報告している。しかしながら実際には、研究成果に基づくプログラムがうまく実践できない場合もあるため、高齢者が日常

生活で楽しく習慣的に継続することができる運動および栄養摂取のプログラムを開発されることが重要となる。

また、今後は「低筋量と低筋力」のタイプに加え、「中・高筋量と低筋力」のタイプにも着目し、これらのタイプの者のために、筋力の維持および向上を目的とした新たな運動プログラムの開発や栄養摂取の介入研究を実施する必要があると考えられる。介入研究で得られた成果は筋力を維持および向上させることで、身体機能の低下、起居移動動作能力の制限、転倒発生のリスクを低下させることにつながるであろう。

第 X 章 総括

本研究では、高齢者の四肢筋量と四肢筋力を組み合わせた 4 群と身体的指標（身体機能、起居移動動作能力、転倒）との関連性を横断・縦断研究により検討するため、以下の検討課題を設定して実施された。

研究課題 1-1. 高齢者における四肢の筋量・筋力と身体機能との関連性（横断研究）

本課題 1-1 では、高齢者における四肢の筋量・筋力の変数とそれを組み合わせた 4 群と身体機能との関連性をそれぞれ検討した。

その結果、男女いずれにおいても四肢筋量（AMI）よりも、四肢筋力（ASZ）が身体機能と強い相関関係を示した。また、「中・高筋量と中・高筋力」と「低筋量と中・高筋力」のタイプに比べ、「低筋量と低筋力」と「中・高筋量と低筋力」のタイプにおいて身体機能が有意に低いことが認められた。

研究課題 1-2. 高齢者における四肢の筋量・筋力と起居移動動作能力、転倒との関連性（横断研究）

本課題 1-2 では、高齢者における四肢の筋量・筋力を組み合わせた 4 群と起居移動動作能力の制限および転倒との関連性を検討した。

その結果、「中・高筋量と中・高筋力」のタイプに対し、男女ともに「低筋量と低筋力」と「中・高筋量と低筋力」のタイプにおいて起居移動動作能力の制限と有意な関連が認められた。なお、転倒経験と有意な関連が見られたタイプは、男性の「中・高筋量と低筋力」のタイプであることが認められた。

研究課題 2-1. 高齢者における四肢の筋量・筋力が身体機能の変化に及ぼす影響（縦断研究）

本課題 2-1 では、高齢者における四肢の筋量・筋力を組み合わせた 4 群を 3 年間追跡し、身体機能の変化について検討した。

その結果、男女ともに「中・高筋量と中・高筋力」と「低筋量と中・高筋力」のタイプに比べ、「低筋量と低筋力」と「中・高筋量と低筋力」のタイプは 3 年後に身体機能（TUG, 5 m 通常歩行時間, 4 方向選択反応時間）が有意に低下することが示唆された。

研究課題 2-2. 高齢者における四肢の筋量・筋力が起居移動動作能力の制限および転倒の発生リスクに及ぼす影響（縦断研究）

本課題 2-2 では、高齢者における四肢の筋量・筋力を組み合わせた 4 群を 3 年間および 4 年間追跡し、起居移動動作能力の制限および転倒の発生リスクについて検討した。

その結果、男女ともに「中・高筋量と中・高筋力」のタイプに対し、「低筋量と低筋力」のタイプが将来的に起居移動動作能力の制限を発生するリスクが有意に高いことが認められた。なお、「中・高筋量と中・高筋力」のタイプに対し、男性の「中・高筋量と低筋力」と女性の「低筋量と低筋力」のタイプが将来的に転倒を発生するリスクが有意に高いことが示唆された。

結 語

本博士論文では、65歳以上の地域在住高齢者を対象として、四肢筋量と四肢筋力を組み合わせて四つのタイプ（①低筋量と低筋力、②低筋量と中・高筋力、③中・高筋量と低筋力、④中・高筋量と中・高筋力）を設定した。その四つのタイプのうち、低筋量（sarcopenia）と低筋力（dynapenia）に焦点を当て、「両方を併せ持つ」または「単独に有する」場合の身体的指標（身体機能、起居移動動作能力、転倒）に及ぼす影響を横断および縦断研究により明らかにすることとした。

その結果、筋量と筋力を組み合わせた四つのタイプのうち、「低筋量と低筋力」タイプと「中・高筋量と低筋力」タイプが身体機能の低下、起居移動動作能力の制限および転倒の発生リスクを高める危険要因であることが認められた。

以上の結果により、高齢者における身体機能の向上、起居移動動作能力の制限や転倒の発生を予防するためには、「筋量と筋力の両方が低い者」に加え、「筋量を維持しているにも関わらず筋力のみが低い者」にも着目した評価または介入をおこなうことの重要性が示唆された。

本博士論文から得られた知見は、今後の「介護予防現場における有効な取り組み」および「要介護化予防に向けた運動プログラムの開発」に貢献することと、高齢者の successful aging の実現に寄与することが期待される。

謝辞

博士論文を終えるにあたり、私が日本に留学に来て研究生から博士取得までの5年間、高齢者の研究について色々なことをご指導いただいた筑波大学体育系の大藏倫博准教授に心より感謝申し上げます。そして、永遠に尊敬いたします。私が最初に日本に来た時、言語の壁があるにも関わらず、大藏先生はいつも親切にご指導してくださりました。大藏研究室に入研して超高齢社会に向けた高齢者の健康づくり・介護予防の研究（運動教室、長寿健診）と企業との共同プロジェクト等、多くのことを経験・勉強させていただきました。このような貴重な経験を活かし、今後の高齢社会に貢献する立派な研究者になるように努力します。

本博士論文を細かく査読していただき、貴重なコメントやご指導を賜りました筑波大学体育系の西嶋尚彦教授、麻見直美准教授、武田文教授に心より感謝いたします。本研究室で行われた「笠間長寿健診」に参加し、データ収集に同意していただいた笠間市の高齢者の皆様と測定機器を提供していただいた株式会社タニタに感謝いたします。本博士論文が完成できるまで測定・調査方法、運動指導法、研究計画、統計解析の方法、論文の作成など様々なコメントをいただいた先輩の皆様（辻，相馬，北濃），後輩の方々（神藤，阿部，佐藤，藤井）そして現在の研究室に所属されているメンバー皆様には、感謝の念にたえません。私に研究者としての心構えや人間として世界を生きていく方法についてご指導くださった尊敬するメンター千宇光教授，そしていつも暖かいメッセージで留学生活や勉強について応援し，励ましてくださった林基元教授，金奇珍教授，朴尚範教授，趙昶模教授に深く感謝申し上げます。そして困難な家庭環境の中でも私が博士号を取得するまで経済的に支援していただいた両親（金潤鍾，吳順南），いつも応援してくれた家族，そして常に私のそばで留学生活・勉強を助けてくれて，私を守ってくれた金泰浩にも感謝申し上げます。

文 献

- Abe, T., Sakamaki, M., Yasuda, T., Bembien, M.G., Kondo, M., Kawakami, Y., Fukunaga, T., 2011. Age-related site-specific muscle loss in 1507 Japanese men and women aged 20 to 95 years. *J Sports Sci Med.* 10: 145-150.
- Abe, T., Tsuji, T., Soma, Y., Shen, S., Okura, T., 2016. Composite variable of lower extremity muscle strength and balance ability for evaluating risks of mobility limitation and falls in community-dwelling older adults. *J Phys Fitness Sports Med.* 5: 257-266.
- 安部孝, 福永哲夫, 1995. 日本人の体脂肪と筋肉分布. pp36-39.
- Al Snih, S., Markides, K.S., Ottenbacher, K.J., Raji, M.A., 2004. Hand grip strength and incident ADL disability in elderly Mexican Americans over a seven-year period. *Aging Clin Exp Res.* 16: 481-486.
- 浅川康吉, 池添冬芽, 羽崎完, 黒木裕士, 河野一郎, 神先秀人, 1997. 高齢者における下肢筋力と起居・移動動作能力の関連性. *理学療法学.* 24: 248-253.
- Auyeung, T.W., Lee, S.W., Leung, J., Kwok, T., Woo, J., 2014. Age-associated decline of muscle mass, grip strength and gait speed: a 4-year longitudinal study of 3018 community-dwelling older Chinese. *Geriatr Gerontol Int.* 1: 76-84.
- Avlund, K., Schroll, M., Davidsen, M., Løvborg, B., Rantanen, T., 1994. Maximal isometric muscle strength and functional ability in daily activities among 75-year-old men and women. *Scand J Med Sci Spor.* 4: 32-40.

- Baumgartner, R.N., Koehler, K.M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S.B., Ross, R.R., Garry, P.J., Lindeman, R.D., 1998. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol.* 147, 755-763.
- Bohannon, R.W., Magasi, S.R., Bubela, D.J., Wang, Y.C., Gershon, R.C., 2012. Grip and knee extension muscle strength reflect a common construct among adults. *Muscle Nerve.* 46: 555-558.
- Bouchard, D.R., Janssen, I., 2010. Dynapenic-Obesity and Physical Function in Older Adults. *J Gerontol a-Biol.* 65: 71-77.
- Brouwer, B., Musselman, K., Culham, E., 2004. Physical function and health status among seniors with and without a fear of falling. *Gerontology.* 50: 135-141.
- Buford, T.W., Lott, D.J., Marzetti, E., Wohlgemuth, S.E., Vandeborne, K., Pahor, M., Leeuwenburgh, C., Manini, T.M., 2012. Age-related differences in lower extremity tissue compartments and associations with physical function in older adults. *Exp Gerontol.* 47: 38-44.
- Chen, L.K., Liu, L.K., Woo, J., Assantachai, P., Auyeung, T.W., Bahyah, K.S., Chou, M.Y., Chen, L.Y., Hsu, P.S., Krairit, O., Lee, J.S., Lee, W.J., Lee, Y., Liang, C.K., Limpawattana, P., Lin, C.S., Peng, L.N., Satake, S., Suzuki, T., Won, C.W., Wu, C.H., Wu, S.N., Zhang, T., Zeng, P., Akishita, M., Arai, H., 2014. Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc.* 15: 95-101.
- Chien, M.Y., Huang, T.Y., Wu, Y.T., 2008. Prevalence of sarcopenia estimated using a bioelectrical impedance analysis prediction equation in community-dwelling elderly people in Taiwan. *J Am Geriatr Soc.* 56:

1710-1715.

- Clark, B.C., Manini, T.M., 2008. Special article "Green Banana" - Sarcopenia not equal dynapenia. *J Gerontol a-Biol.* 63: 829-834.
- Clark, B.C., Manini, T.M., Bolanowski, S.J., Ploutz-Snyder, L.L., 2006. Adaptations in human neuromuscular function following prolonged unweighting: II. Neurological properties and motor imagery efficacy. *J Appl Physiol.* 101: 264-272.
- Cruz-Jentoft, A.J., Baeyens, J.P., Bauer, J.M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., Martin, F.C., Michel, J.P., Rolland, Y., Schneider, S.M., Topinkova, E., Vandewoude, M., Zamboni, M., 2010. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing.* 39: 412-423.
- Delbaere, K., Sturnieks, D.L., Crombez, G., Lord, S.R., 2009. Concern about falls elicits changes in gait parameters in conditions of postural threat in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 64: 237-242
- Delmonico, M.J., Harris, T.B., Lee, J.S., Visser, M., Nevitt, M., Kritchevsky, S.B., Tylavsky, F.A., Newman, A.B., 2007. Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. *J Am Geriatr Soc.* 55: 769-774.
- Delmonico, M.J., Harris, T.B., Visser, M., Park, S.W., Conroy, M.B., Velasquez-Mieyer, P., Boudreau, R., Manini, T.M., Nevitt, M., Newman, A.B., Goodpaster, B.H., 2009. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. *Am J Clin Nutr* 90: 1579-1585.

- Dufour, A.B., Hannan, M.T., Murabito, J.M., Kiel, D.P., McLean, R.R., 2013. Sarcopenia Definitions Considering Body Size and Fat Mass Are Associated With Mobility Limitations: The Framingham Study. *J Gerontol a-Biol.* 68: 168-174.
- Evans, W.J., 2010. Skeletal muscle loss: cachexia, sarcopenia, and inactivity. *Am J Clin Nutr.* 91: 1123-1127.
- Frank-Wilson, A.W., Farthing, J.P., Chilibeck, P.D., Arnold, C.M., Davison, K.S., Olszynski, W.P., Kontulainen, S.A., 2016. Lower leg muscle density is independently associated with fall status in community-dwelling older adults. *Osteoporos Int.* 27: 2231-2240.
- Frontera, W.R., Hughes, V.A., Fielding, R.A., Fiatarone, M.A., Evans, W.J., Roubenoff, R., 2000. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol.* 88: 1321-1326.
- Frontera, W.R., Hughes, V.A., Lutz, K.J., Evans, W.J., 1991. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol.* 71: 644-650.
- Gallagher, D., Visser, M., De Meersman, R.E., Sepulveda, D., Baumgartner, R.N., Pierson, R.N., Harris, T., Heymsfield, S.B., 1997. Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol.* 83: 229-239.
- Gibson, M.J., Andres, R.O., Isaacs, B., Radebaugh, T., Wormpetersen, J., 1987. The Prevention of Falls in Later Life - a Report of the Kellogg-International-Work-Group on the Prevention of Falls by the Elderly. *Dan Med Bull.* 34: 1-24.

- Gibson MJ, 1990. Falls in later life. In: Improving the Health of Older People: A World View., edited by Kane RL, Evans JG, Macfadyen D. New York: Oxford University Press, pp. 296-315.
- Goodpaster, B.H., Park, S.W., Harris, T.B., Kritchevsky, S.B., Nevitt, M., Schwartz, A.V., Simonsick, E.M., Tylavsky, F.A., Visser, M., Newman, A.B., 2006. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health, aging and body composition study. *J Gerontol a-Biol.* 61: 1059-1064.
- Graafmans, W.C., Ooms, M.E., Hofstee, H.M., Bezemer, P.D., Bouter, L.M., Lips, P., 1996. Falls in the elderly: a prospective study of risk factors and risk profiles. *Am J Epidemiol.* 143: 1129-1136.
- Hairi, N.N., Cumming, R.G., Naganathan, V., Handelsman, D.J., Le Couteur, D.G., Creasey, H., Waite, L.M., Seibel, M.J., Sambrook, P.N., 2010. Loss of Muscle Strength, Mass (Sarcopenia), and Quality (Specific Force) and Its Relationship with Functional Limitation and Physical Disability: The Concord Health and Ageing in Men Project. *J Am Geriatr Soc.* 58: 2055-2062.
- Hardy, R., Cooper, R., Sayer, A.A., Ben-Shlomo, Y., Cooper, C., Deary, I.J., Demakakos, P., Gallacher, J., Martin, R.M., McNeill, G., 2013. Body mass index, muscle strength and physical performance in older adults from eight cohort studies: the HALCyon programme. *Plos One.* 8: e56483 (1-13).
- Heber, D., Ingles, S., Ashley, J. M., Maxwell, M. H., Lyons, R. F., & Elashoff, R. M., 1996. Clinical detection of sarcopenic obesity by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr.* 64: 472-477.

- Heymsfield, S.B., Smith, R., Aulet, M., Bensen, B., Lichtman, S., Wang, J., Pierson, R.N., Jr., 1990. Appendicular skeletal muscle mass: measurement by dual-photon absorptiometry. *Am J Clin Nutr.* 52: 214-218.
- Hughes, V.A., Frontera, W.R., Wood, M., Evans, W.J., Dallal, G.E., Roubenoff, R., Fiatarone Singh, M.A., 2001. Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 56: 209-217.
- Hughes, V.A., Roubenoff, R., Wood, M., Frontera, W.R., Evans, W.J., Fiatarone Singh, M.A., 2004. Anthropometric assessment of 10-y changes in body composition in the elderly. *Am J Clin Nutr.* 80: 475-482.
- Hurvitz, E.A., Richardson, J.K., Werner, R.A., Ruhl, A.M., Dixon, M.R., 2000. Unipedal stance testing as an indicator of fall risk among older outpatients. *Arch Phys Med Rehabil.* 81: 587-591.
- 平井寛, 近藤克則, 尾島俊之, 村田千代栄, 2009. 地域在住高齢者の要介護認定のリスク要因の検討 AGES プロジェクト 3 年間の追跡研究. *日本公衆衛生雑誌.* 56: 501-512.
- 井戸田学, 杉山享史, 立松祥, 2009. 地域在住高齢者における起居動作能力と IADL の関係. *愛知県理学療法学会誌.* 21: 122-127.
- 平瀬達哉, 井口茂, 塩塚順, 中原和美, 松坂誠應, 2008. 高齢者におけるバランス能力と下肢筋力との関連性について性差・年齢・老研式活動能力指標別での検討. *理学療法科学.* 23: 641-646.
- 池添冬芽, 浅川康吉, 羽崎完, 神先秀人, 入江清五, 河野一郎, 森永敏博, 1997. 高齢者における起居移動動作自立に必要な膝伸展筋力について. *理学療法*

科学. 12: 179-181.

Ikezoe, T., Asakawa, Y., Tsutou, A., 2003. The relationship between quadriceps strength and balance to fall of elderly admitted to a nursing home. *J Phys Ther Sci.* 15: 75-79.

Inouye, S. K., Studenski, S., Tinetti, M. E., & Kuchel, G. A., 2007. Geriatric syndromes: clinical, research, and policy implications of a core geriatric concept. *J Am Geriatr Soc*, 55: 780-791.

Jang Jeong hun, 2010. 運動治療総論, 韓国語翻訳版. pp1-3, pp 7.

(版元: Kisner, C., Colby, L.A., 2007. *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques.* F.A. Davis)

Janssen, I., 2006. Influence of sarcopenia on the development of physical disability: the Cardiovascular Health Study. *J Am Geriatr Soc.* 54: 56-62.

Janssen, I., Baumgartner, R.N., Ross, R., Rosenberg, I.H., Roubenoff, R., 2004. Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. *Am J Epidemiol.* 159: 413-421.

Janssen, I., Heymsfield, S.B., Baumgartner, R.N., Ross, R., 2000. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol.* 89: 465-471.

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: 323-330.

甲斐義浩, 村田伸, 大田尾浩, 村田潤, 池田望, 富永浩一, 大山美智江, 溝田勝彦, 2008. 地域在住高齢者女性の身体組成と身体機能との関係. *理学療法科学.* 23: 811-815.

Kim, K.E., Jang, S.N., Lim, S., Park, Y.J., Paik, N.J., Kim, K.W., Jang, H.C.,
Lim, J.Y., 2012. Relationship between muscle mass and physical
performance: is it the same in older adults with weak muscle strength?
Age Ageing. 41: 799-803.

金美珍, 相馬優樹, 辻大士, 阿部巧, 北濃成樹, 佐藤文音, 藤井啓介, 國香想子,
大藏倫博, 2016. 高齢者における筋量・筋力と起居移動動作能力および転
倒との関連性. *体力科学*. 65: 491-501.

金美珍, 辻大士, 北濃成樹, 尹之恩, 相馬優樹, 神藤隆志, 大藏倫博, 2015. 地
域在住高齢者におけるサルコペニアおよびダイナペニアと身体機能との関
連性. *体育測定評価研究*. 15: 1-10.

木村みさか, 1991. 高齢者への運動負荷と体力の加齢変化および運動習慣. *Jap.
J. Sports. Sci.* 10: 722-728.

衣笠隆, 長崎浩, 伊東元, 橋詰謙, 古名丈人, 丸山仁司, 1994. 男性(18~83歳)
を対象にした運動能力の加齢変化の研究. *体力科学*. 43: 343-351.

Kojima, N., Kim, H., Saito, K., Yoshida, H., Yoshida, Y., Hirano, H., Obuchi,
S., Shimada, H., Suzuki, T., 2014. Association of knee-extension
strength with instrumental activities of daily living in
community-dwelling older adults. *Geriatr Gerontol Int*. 14: 674-680.

厚生労働省, 1997. 健康日本 21 (身体活動・運動)
(http://www1.mhlw.go.jp/topics/kenko21_11/pdf/b2.pdf)

厚生労働省, 2013. 平成 25 年国民生活基礎調査 (平成 28 年 4 月分)
(<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/dl/16.pdf>)

厚生労働省, 2016. 介護保険事業状況報告 (平成 28 年 4 月分)
(<http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/jigyom16/1604.html>)

厚生労働省, 2016. 国民健康・栄養調査報告 (平成 26 年 3 月分)

(http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kenkou_eiyoubou_chousa.html)

- Landi, F., Liperoti, R., Russo, A., Giovannini, S., Tosato, M., Capoluongo, E., Bernabei, R., Onder, G., 2012. Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals: results from the ilSIRENTE study. *Clin Nutr.* 31: 652-658.
- Lauretani, F., Russo, C. R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., ... & Ferrucci, L. 2003. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol.* 95: 1851-1860.
- Lexell, J., Taylor, C.C., Sjoström, M., 1988. What Is the Cause of the Aging Atrophy - Total Number, Size and Proportion of Different Fiber Types Studied in Whole Vastus Lateralis Muscle from 15-Year-Old to 83-Year-Old Men. *J Neurol Sci.* 84: 275-294.
- Lindemann, U., Claus, H., Stuber, M., Augat, P., Mücke, R., Nikolaus, T., Becker, C., 2003. Measuring power during the sit-to-stand transfer. *Eur J Appl Physiol.* 89: 466-470.
- Liu, L. K., Lee, W. J., Liu, C. L., Chen, L. Y., Lin, M. H., Peng, L. N., & Chen, L. K. 2013. Age - related skeletal muscle mass loss and physical performance in Taiwan: Implications to diagnostic strategy of sarcopenia in Asia. *Geriatr Gerontol Int*, 13: 964-971.
- Malafarina, V., Uriz-Otano, F., Iniesta, R., Gil-Guerrero, L., 2012. Sarcopenia in the elderly: diagnosis, pathophysiology and treatment. *Maturitas.* 71: 109-114.
- Manini, T.M., Clark, B.C., 2012. Dynapenia and Aging: An Update. *J Gerontol a-Biol.* 67: 28-40.

- Martien, S., Delecluse, C., Boen, F., Seghers, J., Pelssers, J., Van Hoecke, A.S., Van Roie, E., 2015. Is knee extension strength a better predictor of functional performance than handgrip strength among older adults in three different settings? *Arch Gerontol Geriatr.* 60: 252-258.
- Murphy, J., Isaacs, B., 1982. The post-fall syndrome. *Gerontology.* 28, 265-270.
- Newman, A.B., Haggerty, C.L., Goodpaster, B., Harris, T., Kritchevsky, S., Nevitt, M., Miles, T.P., Visser, M., 2003a. Strength and muscle quality in a well-functioning cohort of older adults: the Health, Aging and Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc.* 51: 323-330.
- Newman, A.B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E., Goodpaster, B., Nevitt, M., Kritchevsky, S.B., Tylavsky, F.A., Rubin, S.M., Harris, T.B., 2003b. Sarcopenia: alternative definitions and associations with lower extremity function. *J Am Geriatr Soc.* 51: 1602-1609.
- Newman, A.B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E.M., Goodpaster, B.H., Kritchevsky, S.B., Tylavsky, F.A., Rubin, S.M., Harris, T.B., 2006a. Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 61: 72-77.
- Newman, A.B., Simonsick, E.M., Naydeck, B.L., Boudreau, R.M., Kritchevsky, S.B., Nevitt, M.C., Pahor, M., Satterfield, S., Brach, J.S., Studenski, S.A., 2006b. Association of long-distance corridor walk performance with mortality, cardiovascular disease, mobility limitation, and disability. *Jama.* 295: 2018-2026.

- Park and Kim, 2002. 運動の神経生理学的の基礎,韓国語翻訳版. pp44-54.
(版元: Mark L, 1980. Neurophysiological basis for movement) .
- Prudham, D., Evans, J.G., 1981. Factors associated with falls in the elderly:
a community study. *Age Ageing*. 10: 141-146.
- Puthoff, M.L., Nielsen, D.H., 2007. Relationships among impairments in
lower-extremity strength and power, functional limitations, and
disability in older adults. *Phys Ther*. 87: 1334-1347.
- Rantanen, T., Guralnik, J.M., Foley, D., Masaki, K., Leveille, S., Curb, J.D.,
White, L., 1999. Midlife hand grip strength as a predictor of old age
disability. *Jama*. 281: 558-560.
- Reid, K.F., Pasha, E., Doros, G., Clark, D.J., Patten, C., Phillips, E.M.,
Frontera, W.R., Fielding, R.A., 2014. Longitudinal decline of lower
extremity muscle power in healthy and mobility-limited older adults:
influence of muscle mass, strength, composition, neuromuscular
activation and single fiber contractile properties. *Eur J Appl Physiol*.
114: 29-39.
- Rolland, Y., Lauwers-Cances, V., Cristini, C., van Kan, G.A., Janssen, I.,
Morley, J.E., Vellas, B., 2009. Difficulties with physical function
associated with obesity, sarcopenia, and sarcopenic-obesity in
community-dwelling elderly women: the EPIDOS Study. *Am J Clin
Nutr*. 89: 1895-1900.
- Rosenberg, I.H., 1989. Epidemiologic and Methodologic Problems in
Determining Nutritional-Status of Older Persons - Proceedings of a
Conference Held in Albuquerque, New Mexico, October 19-21, 1988 -
Summary Comments. *Am J Clin Nutr*. 50: 1231-1233.

- 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: 1721-1726.
- Sanada, K., Miyachi, M., Tanimoto, M., Yamamoto, K., Murakami, H., Okumura, S., Gando, Y., Suzuki, K., Tabata, I., Higuchi, M., 2010. A cross-sectional study of sarcopenia in Japanese men and women: reference values and association with cardiovascular risk factors. *Eur J Appl Physiol.* 110: 57-65.
- Sandow, A., 1952. Excitation-Contraction Coupling in Muscular Response. *Yale J Biol Med.* 25: 176-201.
- 佐竹昭介, 荒井秀典, 遠藤直人, 小川純人, 金憲経, 葛谷雅文, 神崎恒一, 権藤恭之, 島田裕之, 杉本研, 千田一喜, 田中栄, 橋本求, 松林公蔵, 山田実, 吉田英世, 2014. 長寿医療研究開発費平成 26 年度総括報告書. フレイルの進行に関わる要因に関する研究 (25-11) .
- 佐竹昭介, 鳥羽研二, 2012. 高齢者に特有な症候・症状「老年症候群」. レジデント. 5: 6-7
- Sayer, A.A., Syddall, H.E., Martin, H.J., Dennison, E.M., Anderson, F.H., Cooper, C., 2006. Falls, sarcopenia, and growth in early life: findings from the Hertfordshire cohort study. *Am J Epidemiol.* 164: 665-671.
- Scott, D., Sanders, K.M., Aitken, D., Hayes, A., Ebeling, P.R., Jones, G., 2014. Sarcopenic Obesity and Dynapenic Obesity: 5-Year Associations with Falls Risk in Middle-Aged and Older Adults. *Obesity.* 22: 1568-1574.
- 新野直明, 1998. 運動障害 (1.転倒) . *Geriatric Medicine* 36: 849-853.
- 新野直明, 小坂井留美, 江藤真紀, 2003. 在宅高齢者における転倒の疫学. *日本*

老年医学会雑誌. 40: 484-486.

Silva, N.D., de Menezes, T.N., de Melo, R.L.P., Pedraza, D.F., 2013.

Handgrip strength and flexibility and their association with anthropometric variables in the elderly. *Rev Assoc Med Bras.* 59: 128-135.

Snih, S.A., Markides, K.S., Ottenbacher, K.J., Raji, M.A., 2004. Hand grip

strength and incident ADL disability in elderly Mexican Americans over a seven-year period. *Aging Clin Exp Res.* 16: 481-486.

Society, A.G., Society, G., Prevention, O.F., Panel, O.S., 2001. Guideline for

the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc.* 49: 664-672.

総務省統計局, 2016. 人口推計 (平成 28 年 6 月報) .

([http : //www.stat.go.jp/data/jinsui/new.htm](http://www.stat.go.jp/data/jinsui/new.htm))

Sugiura, Y., Tanimoto, Y., Watanabe, M., Tsuda, Y., Kimura, M., Kusabiraki,

T., Kono, K., 2013. Handgrip strength as a predictor of higher-level competence decline among community-dwelling Japanese elderly in an urban area during a 4-year follow-up. *Arch Gerontol Geriatr.* 57: 319-324.

鈴木隆雄, 2003. 転倒の疫学. *日本老年医学会雑誌.* 40: 85-94.

Takazawa, K., Arisawa, K., Honda, S., Shibata, Y., Saito, H., 2003.

Lower-extremity muscle forces measured by a hand-held dynamometer and the risk of falls among day-care users in Japan: using multinomial logistic regression analysis. *Disabil Rehabil.* 25: 399-404.

谷本芳美, 渡辺美鈴, 河野令, 広田千賀, 高崎恭輔, 河野公一, 2010. 日本人筋

肉量の加齢による特徴. *日本老年医学会雑誌.* 47: 52-57.

- Tanimoto, Y., Watanabe, M., Sun, W., Hirota, C., Sugiura, Y., Kono, R., Saito, M., Kono, K., 2012. Association between muscle mass and disability in performing instrumental activities of daily living (IADL) in community-dwelling elderly in Japan. *Arch Gerontol Geriatr.* 54: 230-233.
- Tanimoto, Y., Watanabe, M., Sun, W., Sugiura, Y., Hayashida, I., Kusabiraki, T., Tamaki, J., 2014. Sarcopenia and falls in community-dwelling elderly subjects in Japan: Defining sarcopenia according to criteria of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Arch Gerontol Geriatr.* 59: 295-299.
- Tinetti, M.E., Speechley, M., Ginter, S.F., 1988. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med.* 319: 1701-1707.
- Trombetti, A., Reid, K.F., Hars, M., Herrmann, F.R., Pasha, E., Phillips, E.M., Fielding, R.A., 2016. Age-associated declines in muscle mass, strength, power, and physical performance: impact on fear of falling and quality of life. *Osteoporos Int.* 27: 463-471.
- 角田憲治, 辻大士, 尹智暎, 村木敏明, 大藏倫博, 2010. 地域在住高齢者の余暇活動量, 家庭内活動量, 仕事関連活動量と身体機能との関連性. *日老医誌.* 47: 592-600.
- 辻大士, 三ッ石泰大, 角田憲治, 尹智暎, 北濃成樹, 尹之恩, 大藏倫博, 2011a. 地域在住高齢者を対象とした椅子立ち上がり動作時の地面反力と身体機能, 転倒経験, 転倒不安, 起居移動動作能力との関連性. *体力科学.* 60: 387-399.
- 辻大士, 角田憲治, 大藏倫博, 2011b. 縦断調査における地域在住高齢者の椅子立ち上がり動作時の地面反力と転倒発生, 起居移動動作能力低下との関連. *体育測定評価研究.* 11: 13-23.

- Tsuji, T., Tsunoda, K., Mitsuishi, Y., Okura, T., 2015. Ground Reaction Force in Sit-to-stand Movement Reflects Lower Limb Muscle Strength and Power in Community-dwelling Older Adults. *Int J Gerontol.* 9: 111-118.
- Verbrugge, L.M., Jette, A.M., 1994. The disablement process. *Soc Sci Med.* 38: 1-14.
- Visser, M., Deeg, D.J., Lips, P., Harris, T.B., Bouter, L.M., 2000. Skeletal muscle mass and muscle strength in relation to lower-extremity performance in older men and women. *J Am Geriatr Soc.* 48: 381-386.
- Visser, M., Goodpaster, B.H., Kritchevsky, S.B., Newman, A.B., Nevitt, M., Rubin, S.M., Simonsick, E.M., Harris, T.B., Study, H.A., 2005. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol a-Biol.* 60: 324-333.
- Woo, N., Kim, S.H., 2014. Sarcopenia influences fall-related injuries in community-dwelling older adults. *Geriatr Nurs.* 35: 279-282.
- Woods, J.L., Iuliano-Burns, S., King, S.J., Strauss, B.J., Walker, K.Z., 2011. Poor physical function in elderly women in low-level aged care is related to muscle strength rather than to measures of sarcopenia. *Clin Interv Aging.* 6: 67-76.
- Yamada, M., Nishiguchi, S., Fukutani, N., Tanigawa, T., Yukutake, T., Kayama, H., Aoyama, T., Arai, H., 2013. Prevalence of sarcopenia in community-dwelling Japanese older adults. *J Am Med Dir Assoc.* 14: 911-915.
- 山田陽介, 山縣恵美, 木村みさか, 2012. フレイルティ & サルコペニアと介護予防. *京府医大誌.* 121: 535-547.

- Yang, M., Ding, X., Luo, L., Hao, Q.K., Dong, B.R., 2014. Disability Associated With Obesity, Dynapenia and Dynapenic-Obesity in Chinese Older Adults. *J Am Med Dir Assoc.* 15: 11-16.
- Yang, M., Jiang, J., Hao, Q., Luo, L., Dong, B., 2015. Dynapenic obesity and lower extremity function in elderly adults. *J Am Med Dir Assoc.* 16: 31-36.
- Yasumura, S., Hasegawa, M., 2009. Incidence of falls among the elderly and preventive efforts in Japan. *Jpn Med Assoc J.* 52: 231-236.

関連論文

本論文は，以下に示した関連論文および投稿中の論文，未発表の調査結果を加えてまとめられたものである。

課題 1-1 の関連論文

1. 金美珍，辻大士，北濃成樹，尹之恩，相馬優樹，神藤隆志，大藏倫博．地域在住高齢者におけるサルコペニアおよびダイナペニアと身体機能との関連性．
体育測定評価研究． 15: 1-10, 2015.

(※日本体育測定評価学会:2013年発表優秀賞受賞,2017年論文奨励賞受賞)

課題 1-2 の関連論文

2. 金美珍，相馬優樹，辻大士，阿部巧，佐藤文音，藤井啓介，國香想子，大藏倫博．高齢者における筋量・筋力と起居移動動作能力および転倒との関連性－
Sarcopenia と Dynapenia に着目した検討－．体力科学． 65(5): 491-501, 2016.