

博士論文

女性高齢者における関節可動域、
筋力、運動能力および転倒との関係

2018年3月

広島大学大学院総合科学研究科

鄭勳九

博士論文

女性高齢者における関節可動域、
筋力、運動能力および転倒との関係

2018年3月

広島大学大学院総合科学研究科
総合科学専攻

鄭勳九

目次

第 1 章 緒言	1
1.1 高齢者の関節可動域	2
1.1.1 自動関節可動域と他動関節可動域	2
1.1.2 加齢に伴う関節可動域の変化	2
1.2 高齢者の筋力	3
1.2.1 加齢に伴う筋力の変化	3
1.2.2 筋力と日常生活	3
1.3 高齢者の運動能力	4
1.3.1 パフォーマンステスト	4
1.3.2 運動能力の変化が日常生活に及ぼす影響	5
1.4 高齢者の転倒	6
1.4.1 転倒の現状	6
1.4.2 筋力および運動能力と転倒	7
1.4.3 関節可動域と転倒	7
1.5 女性高齢者の関節可動域の特徴	7
1.6 先行研究における問題点および本研究の目的	8
1.6.1 問題点	8
1.6.2 本研究の目的	10
1.7 本研究の意義	10
第 2 章 関節可動域と膝伸展・屈曲力との関係 (実験 1)	13
2.1 目的	14

2.2 方法	14
2.2.1 被験者	14
2.2.2 身体および体重の計測	15
2.2.3 関節可動域の測定	15
2.2.4 筋力の測定	17
2.2.5 アンケート	17
2.2.6 統計	19
2.3 結果	19
2.3.1 身体的特徴	19
2.3.2 関節可動域	21
2.3.3 膝伸展・屈曲力	21
2.3.4 身体的特性と関節可動域および筋力との関係	21
2.3.5 関節可動域と筋力との関係	30
2.4 考察	30
2.5 総括	37
第 3 章 関節可動域および筋力と運動能力との関係 (実験 2)	38
3.1 目的	39
3.2 方法	40
3.2.1 被験者	40
3.2.2 身長、体重および身体的特性	40
3.2.3 関節可動域の測定	40
3.2.4 筋力の測定	42
3.2.5 運動能力の測定	42

3.2.6 統計	43
3.3 結果	43
3.3.1 パフォーマンステスト	43
3.3.2 身体的特性とパフォーマンステストとの関係	45
3.3.3 関節可動域および筋力とパフォーマンステストとの関係	45
3.3.4 重回帰分析	45
3.4 考察	54
3.5 総括	55
第4章 関節可動域、筋力、運動能力および転倒との関係 (実験3)	57
4.1 目的	58
4.2 方法	59
4.2.1 被験者	59
4.2.2 身体的特性、関節可動域、筋力および運動能力の測定	59
4.2.3 転倒状況	59
4.2.4 統計	60
4.3 結果	60
4.3.1 転倒状況	60
4.3.2 身体的特性	60
4.3.3 関節可動域	62
4.3.4 筋力	62
4.3.5 関節可動域と筋力を説明変数とした判別分析	62
4.3.6 パフォーマンステスト	62
4.3.7 パフォーマンステストを説明変数とした判別分析	73

4.4 考察	73
4.5 総括	75
第5章 総合考察	77
5.1 本研究の特徴	78
5.2 関節可動域、筋力、運動能力および転倒との関係	78
5.2.1 関節可動域、運動能力および転倒との関係	78
5.2.2 関節可動域と転倒との関連	80
5.2.3 筋力、関節可動域および転倒との関連	80
5.3 転倒防止にむけて	80
5.4 今後の課題	81
第6章 結語	82
6.1 関節可動域と膝伸展・屈曲力との関係（実験 1）	83
6.2 関節可動域および筋力と運動能力との関係（実験 2）	83
6.3 関節可動域、筋力、運動能力および転倒との関係（実験 3）	83
6.4 結論	84
文献	85

謝辞

第 1 章

緒 言

1.1 高齢者の関節可動域

1.1.1 自動関節可動域と他動関節可動域

関節可動域とは関節が可動可能な最大角度を指し、測定方法の違いから自動関節可動域 (Active Range of Motion) と他動関節可動域 (Passive Range of Motion) とに分けられる。前者は、他者の助けなしで自ら関節運動を行った時の最大可動域であり、後者は、他者が関節を能動的に動かした時の最大可動域である。両者を比較すると、「自動関節可動域より他動関節可動域の方が、測定値の再現性が低い」(Amis and Miller, 1982; Bird and Stowe, 1982)、「自動関節可動域より、他動関節可動域の方が大きい」(James and Parker, 1989; Ball and Johnson, 1993) などの特徴がみられる。

1.1.2 加齢に伴う関節可動域の変化

加齢に伴い関節可動域が漸減することは、多くの研究で認められている (Moll and Wright, 1971; Roach and Miles, 1991; Grimston et al., 1993; Stubbs et al., 1993; Sullivan et al., 1994)。例えば、5 歳から 92 歳までの 6,000 人を対象とした Medeiros et al. (2013) の研究では、測定した 20 か所 (腰椎関節、肘関節、膝関節、股関節、手首関節、足首関節および肩関節) 全てで、30 歳を過ぎた時点から、男女ともに可動域が減少することが示されている。また、腰椎関節や頸椎関節でも減少が生ずること (Loebl, 1967; Youdas et al., 1992)、可動域の減少率は最大で約 30%にも及ぶこと (Stubbs et al., 1993)、あるいは股関節伸展運動における減少率が、他と比べ大きいことなども報告されている (James and Parker, 1989)。関節可動域の変化が問題視されるのは、減少の度合いが大きくなると、運動能力が低下し、日常生活に支障をきたすようになるためである (Norkin and White, 2011)。

関節可動域に影響を及ぼす組織としては、関節包、骨膜、結合組織 (筋膜、靭帯、腱など)、軟部組織あるいは筋などがあげられる。関節可動域が低下する主な原因は、これらの組織の短縮性や伸展性が低下することにあるが、加齢に伴う可動域の減少に、どの組織の

変化が大きく関与しているのかについては、明確にはなっていない。

1.2 高齢者の筋力

1.2.1 加齢に伴う筋力の変化

関節可動域と同様に、筋力も加齢に伴い減少することは周知の事実である（Overstall et al., 1977; Aniansson et al., 1983; Faulkner et al., 1990; Rogers and Evans, 1993）。加齢に伴う筋力の低下には、筋線維の委縮と筋線維数の減少の 2 つの現象が関与する。また、筋線維が委縮する原因の 1 つとして、活性酸素種の作用により、筋タンパク質の分解速度が増加することが近年示されている（Powers et al., 2011）。

筋力の減少率を上肢と下肢で比較すると、後者の方が大きい（Hunter et al., 2000; Hughes et al., 2001）。46～78 歳までの 120 名を対象とした研究では、男女とも 10 年間に、膝伸展力で約 14%、膝屈曲力で約 16%の低下が起こること（Hughes et al., 2001）、また、20 歳の青年との比較では、高齢者（60 歳）の膝伸展力は、男女とも青年の半分程度であることが示されている（丸山, 2002）。これに対して、肘関節伸展・屈曲力の 10 年低下率は、2～10%程度である（Hughes et al., 2001）。下肢の関節や筋に痛みを抱えている高齢者の数は少なくはない（Escalante et al., 2001; Messier et al., 2002）。痛みを抱える人では、筋の活動量が減少し、筋力の低下が招来される（Fisher et al., 1991; McAlindon et al., 1993）。

1.2.2 筋力と日常生活

高齢者において、日常生活に必要とされる動作ができなくなる主要因の一つが、筋力の低下にある（McAlindon et al., 1993; Rantanen et al., 2001）。例えば、Rantanen et al. (1994) は、「ベッドやトイレの出入り」、「室内外での歩行」および「階段の昇り降り」などの動作に、「困難を感じない高齢者」と「感じる高齢者」とを比較すると、前者の方が、肘屈曲力、胴体伸展力、胴体屈曲力および膝伸展力が大きいことを報告している。

日常生活で主導的に働く筋は下肢の大筋群（大腿四頭筋、大腿二頭筋など）であり、これらの筋力低下は、特に深刻な事態を誘起する（Beissner et al., 2000; Hasegawa et al., 2008; Visser et al., 2005）。高齢者 3075 名を対象に、2 年半に渡って追跡調査し、正常な移動行動（1/4 マイルあるいは 10 段の階段を休まずに歩行できること）ができなくなることの主要因が、膝伸展力の低下にあることを示す Visser et al. (2005) の研究は、このことを端的に示している。痛みも日常動作が円滑にできなくなる原因となるが、痛みそのものが直接の要因となる場合と（Benvenuti et al., 1995; Menz et al., 2013）、前述のように筋力の低下を介する場合とがある（Messier et al., 2002）。

1.3 高齢者の運動能力

1.3.1 パフォーマンステスト

ここでは、運動能力を「活動体力（筋力、瞬発力、持久力、柔軟性、敏捷性、調整力など）を基盤とした、日常生活を営むために必要な身体活動能力」と定義する。高齢者において重要視される運動能力は、激しい運動（スポーツなど）を高い水準で行う能力ではなく、基本的な日常生活に必要な動作を遂行する能力である。高齢者の運動能力を評価するために、次のようなパフォーマンステストが一般的に用いられている。

(1) Usual Gait Speed Test (歩行能力の評価)

平坦な歩行路 4～6 m を普通の歩行速度で歩き、それに要した時間（Brach et al., 2008）。

(2) Timed Up and Go Test (移動能力の評価)

椅子から立ち上がり、3 m 歩き椅子まで戻って座るまでに要する時間（Mathias et al., 1986）。

(3) Functional Reach Test (バランス能力の評価)

直立姿勢で足部を固定し、腕を地面と水平になるように持ち上げ、できるだけ前方に

手を伸ばした際の到達距離 (Duncan et al. 1990)。

(4) Five Times Sit-to-Stand Test (立ち上がり能力の評価)

椅子から立ち上がり座る動作を 5 回繰り返すのに要する時間 (Kelly et al., 1976; Rodosky et al., 1989)。

(5) Chair Stands in 30 Seconds (立ち上がり能力の評価)

30 秒間に椅子から立ち上がることのできる回数。

1.3.2 運動能力の変化が日常生活に及ぼす影響

(1) 歩行能力

加齢に伴い、歩幅、ピッチの両方の低下に起因して歩行速度が低減する。歩行速度が低下すると、屋外活動での安全性が低下するとともに (危険な場面に遭遇したとき、安全を確保するために、素早く移動できない)、移動可能な範囲が狭まり (Kim et al., 2009)、地域社会から孤立しやすくなる (伊藤ら, 1990; 衣笠ら, 1994; 古名ら, 1995; Langois et al., 1997; Robinett and Vondran, 1988; 金ら, 2000 ; Steffen et al., 2002; 田井中ら, 2004)。Usual Gait Speed Test を実施した先行研究では、テストの成績から、身体機能の喪失の度合いや死亡率を予測できることが示されている (Guralnik et al., 2000; Shinakai et al., 2000)。

(2) 移動能力

高齢者にとっての基本的移動能力 (Basic Mobility Skills) とは、「椅子やベッドに座ったり立ったりできること」、「トイレの出入りができること」および「数メートルの歩行ができること」と定義されている (Isaacs, 1985)。Podsiadlo and Richardson (1991) は、Timed Up and Go Test の成績から、基本的移動能力低下が起こるか否かを予測できることを示している。

(3) バランス能力

両足を揃えて直立姿勢を維持するためには、神経・筋の複雑な調整機能が必要とされる (Nashner and McCollum, 1985)。直立姿勢でのバランス能力が低下すると、転倒する確率が上昇し、日常生活に支障がみられるようになる (Baker and Harvey, 1985; 衣笠ら, 2005)。Functional Reach Test の加齢変化を検討した先行研究では、テストの成績は 20~40 歳と比較して、41~69 歳では 5.4%、70~87 歳では 28%低いこと (Duncan et al., 1990)、あるいは年齢と成績との間に負の相関関係があることなどが認められている (中村, 2006)。

(4) 立ち上がり能力

椅子から立ち上がる動作の遂行能力は、高齢者の身体的自立 (Physical Independent) の維持に特に重要である (Kelly et al., 1976; Rodosky et al., 1989)。Five Times Sit-to-Stand Test の成績が低い高齢者ほど、移動能力が低いこと (Guralnik et al., 2000)、あるいは転倒確率が高いことなどが示されている (Tiedemann et al., 2008)。

1.4. 高齢者の転倒

1.4.1 転倒の現状

転倒は、「自らの意志ではなく、膝、上肢、尻あるいは腰などが床面や地面などより低いレベルに接触すること」と定義されている (Gibson et al., 1990)。「自立した生活を送ることができる高齢者」と「できない高齢者」とで、転倒経験がある人の割合を比較すると、前者では 10~25%であるのに対して、後者では 20~37%である (安村ら, 1991; 新野ら, 1995; 柴田, 1997; Beissner et al., 2000)。

重篤な外傷 (骨折、重度の軟部組織損傷など) を引き起こす確率が高い高齢者の転倒は、寝たきりの状態となる大きな要因の一つである (厚生労働省, 2007)。さらに、一回でも転倒したことがある高齢者は、転倒に対して恐怖感を覚え、日常の身体活動量が減少することがある (この現象は、転倒後症候群と呼ばれる; 柴田, 1997)。このように、高齢者の転倒は、重

大な身体的・心理的障害を与えることがあり、軽視することができない問題である。

1.4.2 筋力および運動能力と転倒

高齢者を対象に、転倒と身体機能との関係について検討した研究は多い。筋力および運動能力との関係では、以下の報告がなされている。

- (1) 過去1年間に転倒を経験した高齢者（以下、転倒高齢者）と経験のない高齢者（以下、非転倒高齢者）とを比較すると、上肢筋力（握力、肘屈曲力など）、下肢筋力（膝伸展力、足関節底屈力）ともに、転倒高齢者の方が低い（Moreland et al., 2004）。
- (2) 非転倒高齢者と比べ転倒高齢者では、股関節、膝関節、足関節の筋力および片脚立ちのバランス能力が低い（Gehlsen and Whaley, 1990）。
- (3) 非転倒高齢者と比べ転倒高齢者では、Chair Stands in 30 Seconds および Five Times Sit-to-Stand Test の成績が低い（Graafmans et al., 1996; Davis et al., 1999; Tromp et al., 2001）。
- (4) 歩行速度が一定以下に低下すると、転倒する確率が高まる（鈴木ら, 1999）。

1.4.3 関節可動域と転倒

筋力だけではなく関節可動域も、運動能力に影響する要因である（Beissner et al., 2000; Spink et al., 2011; Odonkor et al., 2013）、したがって、加齢に伴う関節可動域の減少も転倒の原因となると考えられる。この点についての数少ない先行研究では、非転倒高齢者と比べ転倒高齢者では、股関節屈曲、足関節背屈のどちらか一方、あるいは両方の可動域が狭いことが示されている（Gehlsen and Whaley, 1990; Menz et al., 2006）。

1.5 女性高齢者の関節可動域の特徴

関節可動域を女性と男性とで比較すると、全ての年齢層において女性の方が広い

(Allander et al., 1974; Bell and Hoshizaki, 1981; Walker et al., 1984)。しかしながら、女性高齢者では、加齢による関節可動域の減少率が、男性高齢者より大きい傾向にある (Vandervoort et al., 1992)。前述のように、運動能力には筋力と関節可動域の 2 つが関与する。男性より女性において筋力が低いことを考慮すると (中ら, 1997)、男性高齢者と比べ女性高齢者では、関節可動域が運動能力に寄与する割合が高く、加齢による関節可動域低下が運動能力に及ぼす影響が大きいものと考えられる。

1.6 先行研究における問題点および本研究の目的

1.6.1 問題点

(1) 筋力と関節可動域との関係

既に述べたように、一定以上の膝伸展力および膝屈曲力を維持することは、自立した生活を営むうえで不可欠である (Ding and Yang, 2016)。高齢者の筋力低下には、生物学的な体の衰えと廃用性萎縮 (筋の活動量低下に起因する萎縮) の 2 つの要因が関与する。「ある関節の可動域が低下することによって、体のバランスを維持する機能などが低下し、そのことが筋活動量の低下を誘起する」すなわち「関節可動域の低下が筋力低下の原因となる」ことが考えられる。Beissner et al. (2000) は、平均 81 歳の高齢者を対象に、下肢関節可動域 5 項目の合計が筋力 3 項目の合計と正の相関関係にあることを示しており、これは関節可動域と筋力との間に因果関係があることを示唆する知見である。しかしながら、個々の関節可動域が筋力に及ぼす影響については不明である。

(2) 筋力および関節可動域と運動能力との関係

関節可動域の大小が運動能力に影響を及ぼすことが、幾つかの関節運動において示されている。そのような関節部位としては、股関節屈曲 (Gerety et al., 1993; Beissner et al., 2000; Escalante et al., 2001)、膝関節屈曲 (Gerety et al., 1993; Beissner et al., 2000; Escalante et

al., 2001)、足関節背屈 (Gerety et al., 1993; Beissner et al., 2000; Mecagni and Smith, 2000) あるいは足関節底屈 (Gerety et al., 1993; Beissner et al., 2000; Mecagni and Smith, 2000) などがあげられる。しかしながら、股関節伸展、股関節外・内転、股関節外旋および股関節内旋の可動域と運動能力との関係、あるいは膝伸展力および膝屈曲力と運動能力との関係などについては明確ではない。

(3) 筋力および関節可動域と転倒との関係

前述のように、股関節屈曲あるいは足関節背屈の可動域が狭まると転倒の確率が高まることが示されているが (Gehlsen and Whaley, 1990; Menz et al., 2006)、他の関節との関連についての報告はなされていない。上述の2つの関節以外で、転倒の確率に影響を及ぼす関節としては、股関節の外・内旋があげられる。その根拠は、これらの関節可動域が小さいと骨盤が歪み、歩行中に骨盤の動きが不安定になることにある (Mascal et al., 2003)。また、膝関節筋力(膝伸展力と膝屈曲力)は、歩行中のバランス維持に大きく貢献していることが示されているが (Ding and Yang, 2016)、膝伸展力と膝屈曲力のどちらが転倒に直結するかについては、明らかにはなっていない。

(4) 筋力、関節可動域、運動能力および転倒との関係

前述のように、高齢者にとって転倒は要支援者あるいは要介護者に繋がる大きな要因の一つであり、その発生を未然に防止する策を講ずることは社会的に重要な事項である。若齢者と比べ高齢者で転倒が発生しやすい主要因が、身体の運動能力 (歩行能力、移動能力、バランス能力、立ち上がり能力など) の低下にあることは、一般に認められている事実である。運動能力には、神経系の機能と四肢の移動機能 (筋力と関節可動域が関与) の両方が関与するが、このうち、介入処置によりその機能を維持することが容易なのは後者である。そのため、高齢者を対象とした先行研究では、(1) 筋力と転倒との関係、(2) 関節可動域と

転倒との関係、(3) 関節可動域および筋力と運動能力との関係、(4) 運動能力と転倒との関係などが検討されてきた。そして、ある項目（例えば、ある関節の可動域）と転倒との間に、関連が認められると、「その項目を改善することが転倒防止に直結する」との結論をくだしている場合が散見される。

しかしながら、転倒自体が極めて複雑な身体運動であることを考慮すると、たとえ、統計的分析によって因果関係が示されたとしても、転倒の原因をその限定された数少ない項目に帰すことは、必ずしも正しい結論ではない可能性がある。高齢者の転倒の真の原因を探究するためには、筋力、関節可動域、運動能力および転倒との関係を包括的に検討する必要があると考えられるが、これまでそのような観点に立った報告はなされていない。

1.6.2 本研究の目的

本研究では、先行研究における問題点を踏まえ、女性高齢者を対象に、(1) 関節可動域と筋力との関係を明らかにすること（実験1）、(2) 関節可動域および筋力が運動能力に及ぼす影響を検討すること（実験2）、(3) 関節可動域、筋力、運動能力および転倒との関連性を検討すること（実験3）を目的とした（図1.1）。

1.7 本研究の意義

1984年に、国際保健機関は65歳以上を高齢者と定義した。2016年に内閣府の実施した調査では、高齢者の約13%の人が、病気や怪我などのために、日常生活に支障をきたしていることが認められている。2015年における総人口に占める高齢者の割合（高齢者率）は、日本で26.7%、イタリアで22.4%、ドイツで21.2%であることに示されるように、日本は高齢化が進んでいる国の1つであるといえる（内閣府, 2016）。日本の高齢者率は今後さらに高まり、2040年には36.1%に達すると推定されており、「自立した生活を営むことのできる高齢者の割合をいかに増加させるか」が、日本の社会を支えていくうえで重要な課題となる。関節可動

域や筋力が高齢者の身体機能に及ぼす影響を検討する本研究は、この課題に対する1つの解となるであろう。

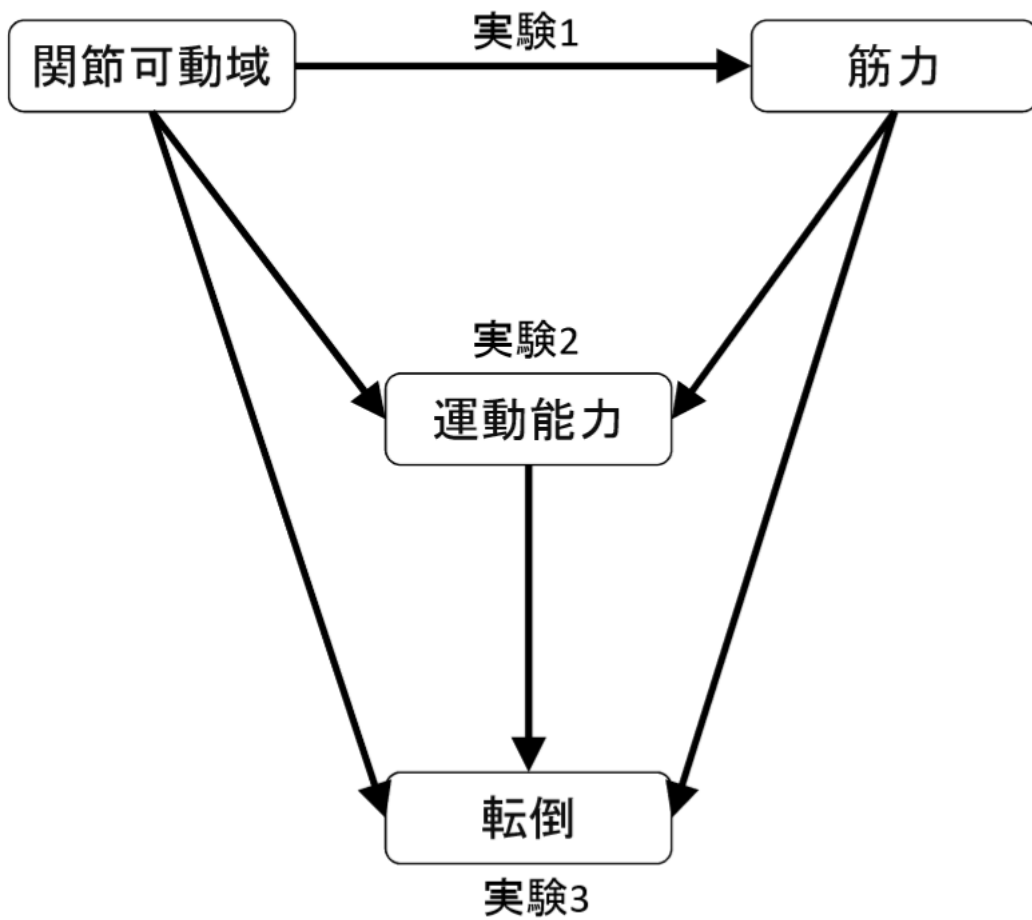


図 1.1 本研究の構成.

第 2 章

関節可動域と膝伸展・屈曲力との関係

(実験 1)

2.1 目的

先行研究において、「着替える」、「入浴する」、「階段を昇る」あるいは「椅子から立ち上がる」などの日常生活動作を円滑に遂行するためには、一定以上の下肢関節可動域および下肢筋力が必要とされること（Bergström et al., 1985; Rantanen et al., 1994; Visser et al., 2005; Stathokostas et al., 2012）、また、膝伸展・屈曲力が低下すると、体を支持する機能が低下するため、転倒の確率が増すことなどが報告されている（Ding and Yang, 2016）。これらの知見は、関節可動域および筋力の低下が著しい高齢者では、これらの機能について、一定以上の値をできうる限り長く維持することが、自立した生活を継続することに直結することを示すものである。

ある関節の可動域が低下すると、体のバランスを維持する機能などが低減し、そのことが筋活動量の低下を誘起する可能性があることを考慮すると、関節可動域の低下が筋力低下の原因になっていることが推察される。関節可動域と筋力との間に正の相関関係があることを、高齢者を対象に示した Gerety et al. (1993) および Beissner et al. (2000) の研究は、この推察を支持するものである。しかしながら、この 2 つの研究では、数項目の関節可動域および筋力を測定し、合計した数値について検討しており、個々の関節可動域が筋力に及ぼす影響については不明である。介護施設などでは、関節可動域の維持あるいは増加を促す介入により、高齢者の生活をサポートする試みが行われている。そのような試みを効果的に行ううえで、「どの関節の可動域が筋力に大きな影響を及ぼしているのか」は極めて重要な情報である。そこで本実験では、膝伸展・屈曲力に影響を及ぼす可能性が高い股関節と膝関節の可動域とそれら（膝伸展・屈曲力）との関係を検討することを目的とした。

2.2 方法

2.2.1 被験者

被験者は、体に深刻な障害がなく、他者の補助なしで生活できる 65 歳以上の女性高齢者

95名であった。測定は、2014年8月から2015年10月の間に実施した。測定前に、全ての被験者に研究目的、測定項目およびアンケートの内容を詳細に説明し、研究に協力する旨の同意を得た。また、個人が特定されないことがないようデータを取り扱うこと、研究参加に同意した後であっても、参加を拒否できることも説明した。本実験は、広島大学大学院総合科学研究科に設置されている研究倫理委員会から承諾を得て実施した。

2.2.2 身体および体重の計測

身長測定は、被験者に両足先を30度を開き、頭位を耳眼水平に合わせた直立姿勢をとらせて、また、体重測定は、軽装のまま体重計の上に乗って直立姿勢をとらせて行った。体重と身長から、Body Mass Index (BMI) を算出した。

2.2.3 関節可動域の測定

関節可動域の測定は、関節可動域測定法 (Norkin and White, 2011) に基づき、関節角度計東大式 (堤製作所) を用いて実施した。本実験では、測定値の再現性が高い自動関節可動域を用いた。股関節 (屈曲、外転、内転、伸展、内旋、外旋) および膝関節 (屈曲) について、7項目の可動域の測定を行った。被験者には、自力でできる限り大きく関節を動かすよう指示した。左右両側を測定し、平均値をその被験者の値とした。また、検者の違いによる測定値の変動を防ぐために、測定は全て著者が行った。それぞれの測定における詳細を下記に示す。

(1) 股関節屈曲

被験者に仰臥位をとらせ、角度計の支点は大腿骨の大転子とした。角度計の一方の軸は骨盤の外側中央線に、もう一方の軸は大腿骨外側中央線に合わせた。被験者は膝を曲げながら、膝が胸の方に近づくように持ち上げ、股関節が曲がった角度を測定した (図 2.1a)。

(2) 股関節伸展

被験者に腹臥位をとらせ、角度計の支点を大腿骨の大転子とし、角度計の両軸を骨盤と大腿の外側面の中央線においた。膝を伸展させたまま、脚を上の方に持ちあげるように指示し、脚が持ち上がった角度を測定した（図 2.1b）。

(3) 股関節外転

被験者に仰臥位で、膝関節伸展および股関節が屈曲・伸展・回旋 0 度の姿勢をとらせた。角度計の一方の軸は両上前腸骨刺に、もう一方の軸は膝蓋骨の方向に合わせた。骨盤の側方傾斜と脊椎の測屈が起こるまでの脚の外転の可動域を測定した（図 2.1c）。

(4) 股関節内転

被験者に仰臥位で、膝関節伸展および股関節が屈曲・伸展・回旋 0 度の姿勢をとらせた。角度計の一方の軸は両上前腸骨刺に、もう一方の軸は膝蓋骨の方向に合わせた。骨盤の側方傾斜が起こるまでの脚の内転の可動域を測定した（図 2.1d）。

(5) 股関節外旋

被験者に座位で、膝関節を 90 度屈曲した姿勢をとらせた。角度計の支点は膝蓋骨前面上とし、角度計の一方は垂直になるように、もう一方の軸は脛骨稜の midpoint を指標に下腿前面になるように合わせた。大腿骨の遠位端を固定し、下腿が内側に移動した角度を測定した（図 2.1e）。

(6) 股関節内旋

被験者に座位で、膝関節を 90 度屈曲した姿勢をとらせた。角度計の支点は膝蓋骨前面上

とし、角度計の一方は地面に垂直になるように、もう一方の軸は脛骨稜の midpoint を指標に下腿前面に合わせた。骨盤を固定したまま、下腿が外側に移動した角度を測定した（図 2.1f）。

(7) 膝関節屈曲

被験者に伏臥位をとらせ、角度計の支点を膝関節の真ん中とし、角度計の一方は大腿の外側面の中央線に、もう一方の軸は下腿の外側面の中央線に合わせた。大腿部が地面についたまま、膝が曲った角度を測定した（図 2.1g）。

2.2.4 筋力の測定

膝伸展・屈曲力の測定には、Dynamometer（ミュータス F-1, アニマ）を用いた。被験者に座位で、股関節および膝関節を 90 度屈曲した姿勢を取らせた。また、測定時に上半身と大腿部が動かないように、胸部および腰部をベルトで固定した。Dynamometer と繋いだベルトを足首にかけ、最大努力で 5 秒間の等尺性運動を行わせた。1 分間の休憩を挟み 2 回測定を行い、2 回の平均値をその被験者の値とした（図 2.1h および i）。

2.2.5 アンケート

被験者の体や生活の状態を把握するために、下記の 3 項目についてアンケート調査を実施した。

(1) 主観的健康感

「あなたの現在の健康状態はいかがですか？」という問いに対し、「全く健康ではない」、「あまり健康ではない」、「やや健康である」、「とても健康である」の 4 評定から 1 つを選択させた。



図 2.1 関節可動域および膝伸展・屈曲力測定の様子. a, 股関節屈曲; b, 股関節伸展;
 c, 股関節外転; d, 股関節内転; e, 股関節外旋; f, 股関節内旋; g, 膝関節屈曲; h, 膝伸
 展力; i, 膝屈曲力.

(2) 慢性疾患

「あなたは医者から疾患を診断されたことがありますか？」という問いに対し、「特にない」、「脳血管疾患」、「高血圧」、「骨粗鬆症」、「心疾患」、「糖尿病」、「関節炎」、「肺疾患」、「ガン」、「その他」から選択させた（複数回答可）。

(3) 身体の痛みの影響

「過去 1 カ月間に、身体の痛みがありましたか」という問いに対し、「ある」、「ない」から選択させた。「ある」と答えた被験者には、McGill Pain Map (Escalante et al., 1996) (図 2.2) を用い、痛みのある部位に○をつけるように指示した。腰 (19) から足 (33) までに○を付けた被験者を下肢に痛みがある者とみなした。下肢に痛みがある被験者には、「過去 1 カ月間に、身体の痛みによって、日常生活や仕事が妨げられたことがありますか？」という問いに対し、「まったくない」、「わずかに妨げられた」、「少し妨げられた」、「かなり妨げられた」、「非常に妨げられた」の 5 評定から 1 つを選択させた。

2.2.6 統計

統計量は、平均±標準偏差で示した。測定項目間の関係は、Pearson の相関係数を用いて検討した。また、膝伸展力および膝屈曲力を従属変数、関節可動域を独立変数とし、ステップワイズ重回帰分析を行った。有意水準は $P < 0.05$ とした。

2.3 結果

2.3.1 身体的特徴

年齢、身長、体重および BMI における平均値は、年齢では 70.7 歳、身長では 152.4 cm、体重では 53.2 kg、BMI では 23.0 であった (表 2.1)。また、過去 1 か月間に痛みを感じたことのある人の割合は 74.7%、痛みによって生活が「かなり妨げられた」と「非常に妨げられた」と答

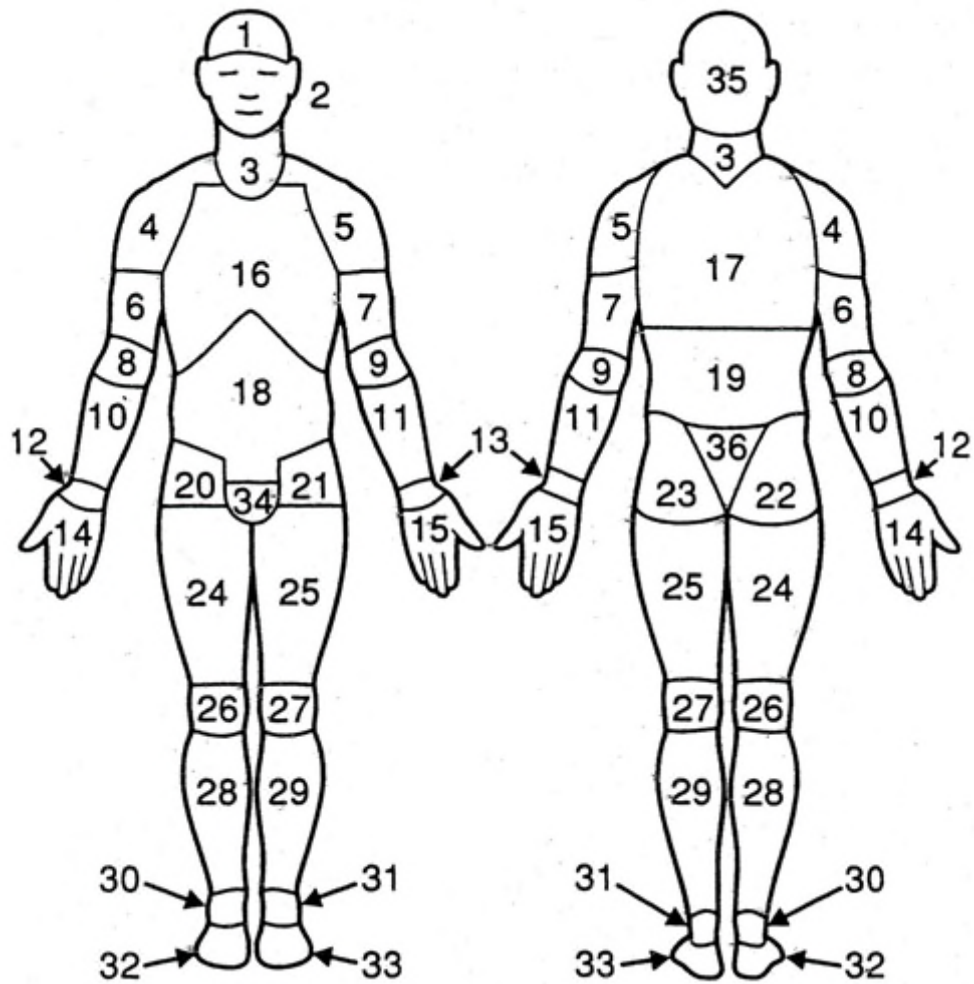


图 2.2 McGill Pain Map.

えた人の合計は 11.5%であった（図 2.3a）。主観的健康感では、「やや健康である」と「とても健康である」と答えた人の合計は 89.5%であった（図 2.3b）。慢性疾患の種類では、高血圧と関節炎が最も多く、約 30%の人が過去に罹患した経験を持っていた。また、2 つ以上の慢性疾患に罹患したことのある人は 39.0%であった（表 2.2）。

2.3.2 関節可動域

表 2.3 に、被験者の関節可動域を示した。被験者間でもっとも偏差が大きかった項目は股関節伸展であり、その変動係数は 26.8%であった。股関節伸展以外で変動係数が 20%を超えた項目は、股関節外転および股関節内旋であった。これに対して、変動係数が 10%以下であったものは、股関節屈曲および膝関節屈曲であった。図 2.4 に、膝伸展・屈曲力の説明変数（後述）となった股関節伸展関節可動域のヒストグラムを示した。ピークは平均値（16.8 度）より若干大きい角度（18～20 度）でみられた。

2.3.3 膝伸展・屈曲力

筋力の平均値は、膝伸展力では 174.1 N、膝屈曲力では 80.2 N であった（表 2.4）。変動係数は、関節可動域でみられた最大値（26.8%）より大きく、膝伸展力で 30.6%、膝屈曲力で 34.5%であった。図 2.5 に膝伸展力の、図 2.6 に膝屈曲力のヒストグラムを示した。両筋力ともに、ピークは平均値が包含される領域でみられた。

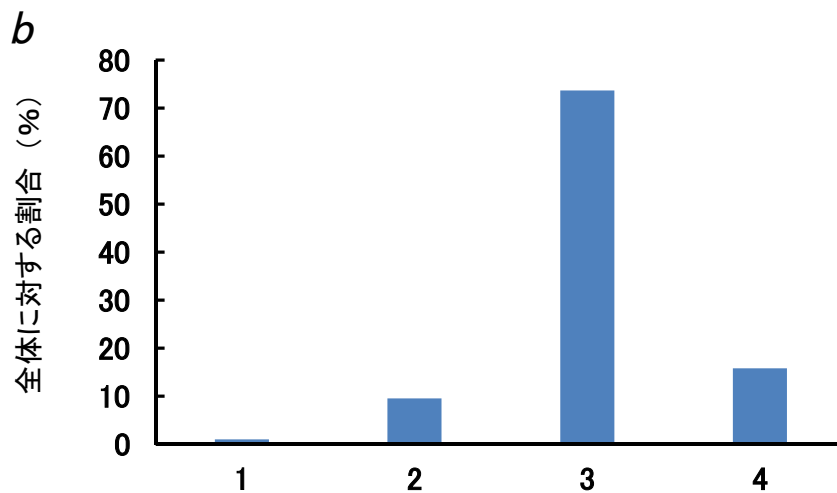
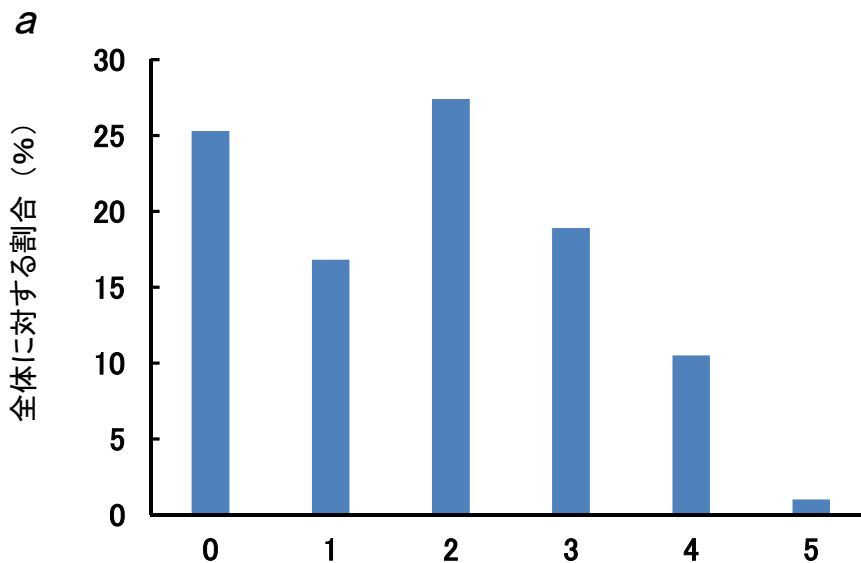
2.3.4 身体的特性と関節可動域および筋力との関係

表 2.5 に身体的特性と関節可動域との関係を、表 2.6 に身体的特性と筋力との関係を示した。年齢では 4 項目（股関節伸展、股関節外転、股関節内転および膝屈曲力）と、体重では 5 項目（股関節屈曲、股関節伸展、股関節外旋、股関節内旋および膝関節屈曲）と、また

表 2.1 身体的特性.

	平均 \pm 標準偏差	最小值	最大值
年齡 (歲)	70.7 \pm 4.7	65	83
身長 (cm)	152.4 \pm 5.0	138.6	165.0
体重 (kg)	53.2 \pm 6.9	38.6	72.0
BMI (kg/m^2)	23.0 \pm 3.0	17.6	32.1

BMI, Body Mass Index. n = 95



評 定

図 2.3 身体の痛みの影響 (a) および主観的健康観 (b). 評定は、身体の痛みによる影響では、「0ー痛みがない」、「1ー下肢の痛みによって、日常生活や仕事が妨げられたことがない」、「2ーわずかに妨げられた」、「3ー少し妨げられた」、「4ーかなり妨げられた」、「5ー非常に妨げられた」であった。また、主観的健康観では、「1ー全く健康ではない」、「2ーあまり健康ではない」、「3ーやや健康である」、「4ーとても健康である」であった。n = 95

表 2.2 慢性疾患罹患経験.

慢性疾患の種類	% (n)
高血圧	31.6 (30)
関節炎	31.6 (30)
骨粗鬆症	17.9 (17)
糖尿病	10.6 (10)
ガン	9.5 (9)
心疾患	9.5 (9)
脳血管疾患	4.2 (4)
肺疾患	2.1 (2)
1人が罹患を経験した慢性疾患数	% (n)
0	30.5 (29)
1	30.5 (29)
2	24.2 (23)
3	11.6 (11)
4以上	3.2 (3)

表 2.3 關節可動域.

	平均 ± 標準偏差 (度)	變動係數 (%)	最小值 (度)	最大值 (度)
股關節屈曲	122.6 ± 10.8	8.8	53	144
股關節伸展	16.8 ± 4.5	26.8	8	27
股關節外轉	32.2 ± 7.4	23.0	15	55
股關節內轉	18.3 ± 3.6	19.7	6	27
股關節外旋	28.5 ± 4.9	17.2	17	42
股關節內旋	27.9 ± 6.1	21.9	14	47
膝關節屈曲	127.6 ± 8.3	6.5	104	144

n = 95

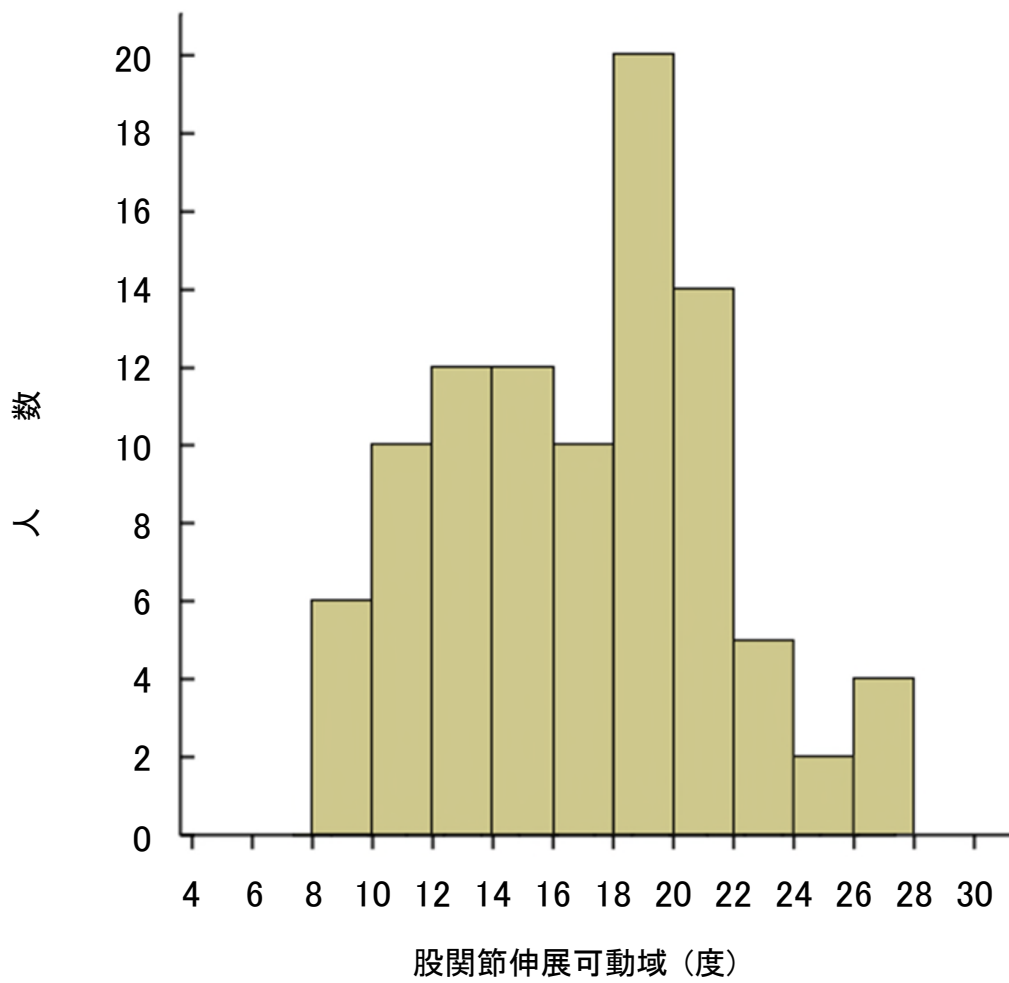


図 2.4 股関節伸展可動域のヒストグラム. n = 95

表 2.4 膝伸展・屈曲力.

	平均 ± 標準偏差 (N)	変動係数 (%)	最小値 (N)	最大値 (N)
膝伸展力	174.1 ± 53.3	30.6	71.8	339.5
膝屈曲力	80.2 ± 27.7	34.5	27.0	164.5

n = 95

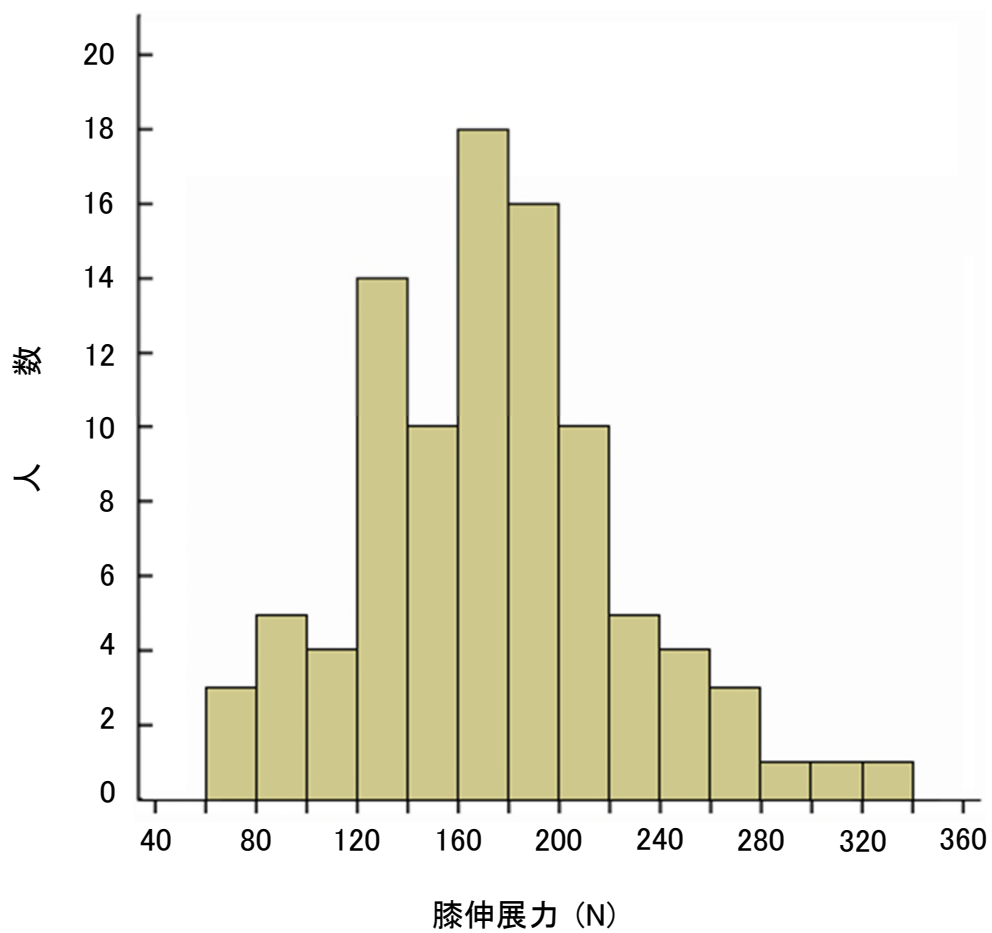


図 2.5 膝伸展力のヒストグラム. n = 95

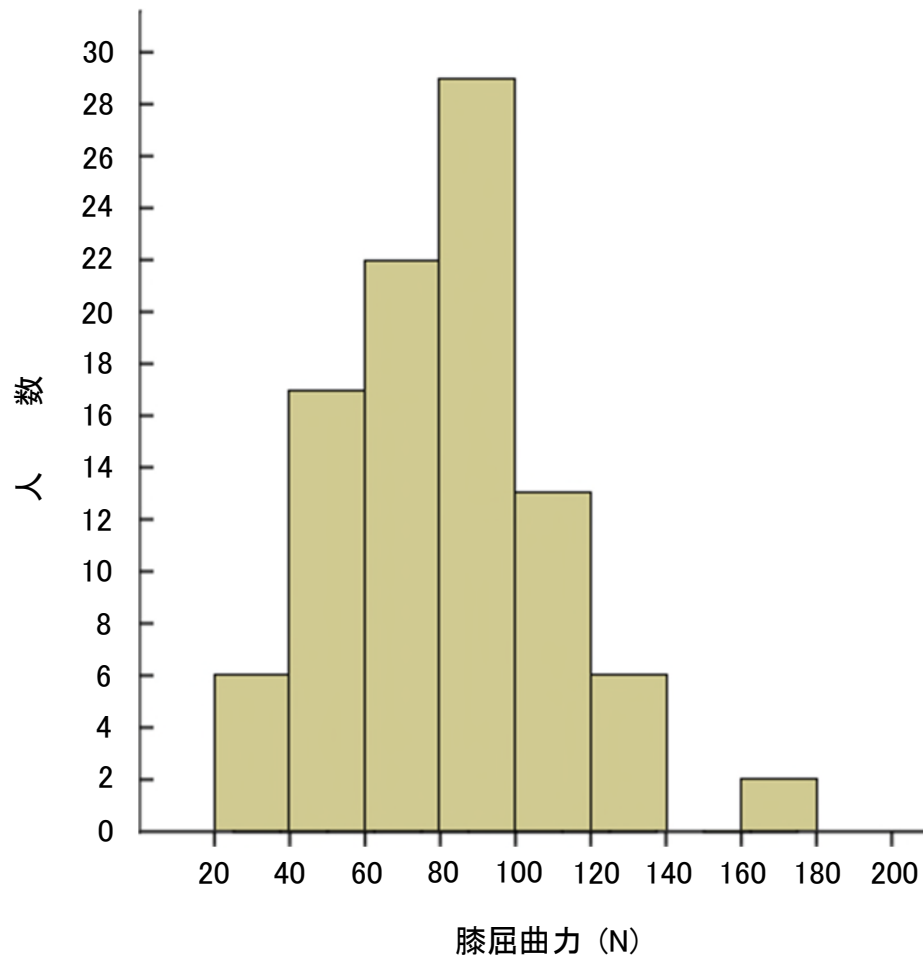


図 2.6 膝屈曲力のヒストグラム. n = 95

BMI では 6 項目（股関節屈曲、股関節伸展、股関節内旋、膝関節屈曲、膝伸展力および膝屈曲力）と有意な負の相関関係にあった。身長については、いずれの項目とも有意な関係は観察されなかった。

2.3.5 関節可動域と筋力との関係

表 2.7 に、関節可動域と筋力との関係を示した。股関節屈曲、股関節伸展、股関節外旋および股関節内旋では、膝伸展力と膝屈曲力の両方の間に有意な正の相関に観察された。一方、股関節外転、股関節内転および膝関節屈曲と両筋力との間には、有意な関係はみられなかった。膝伸展力あるいは膝屈曲力を従属変数とし、関節可動域を独立変数としたステップワイズ重回帰分析を行ったところ、両筋力に対して、股関節伸展可動域が有意な説明変数（膝伸展力, $\beta=0.295$; 膝屈曲力, $\beta=0.418$ ）となることが示された。両筋力に対する股関節伸展可動域の寄与率は、膝伸展力では 8%、膝屈曲力では 17%であった。図 2.7 に股関節伸展可動域と膝伸展力とを、図 2.8 に股関節伸展可動域と膝屈曲力とをプロットした図を示した。

2.4 考察

高齢者では、年齢が類似していても、被験者の健康状態、生活環境などが異なれば、身体的特性にも大きな違いが生まれる。また、関節可動域の測定値は、検者によっても差異が生じる。さらに、老化による体の変化には、個人差あるいは人種差も存在するため、高齢者に関する研究間で測定値を比較し、値の持つ意味を洞察することは難しい場合が多い。例えば、関節可動域について本実験と 60~74 歳の高齢者を対象とした Roach and Miles (1991) の報告とを比較すると、股関節伸展では類似しているが（本実験-17 度 vs. Roach and Miles-17 度）、股関節外旋では本実験の方が大きく（本実験-32 度 vs. Roach and Miles-29 度）、股関節内旋で逆に本実験の方が小さい（本実験-18 度 vs. Roach and Miles-30 度）。また、筋力について 60 歳以上の女性を対象とした McKay et al. (2017) の報告と比較すると、膝伸展

表 2.5 身体的特性と関節可動域との関係.

	股関節屈曲		股関節伸展		股関節外転		股関節内転		股関節外旋		股関節内旋		膝関節屈曲	
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
年齢	-0.198	n.s	-0.309	**	-0.335	**	-0.292	**	0.026	n.s	-0.144	n.s	-0.137	n.s
身長	0.187	n.s	0.123	n.s	0.191	n.s	0.101	n.s	-0.078	n.s	0.154	n.s	0.102	n.s
体重	-0.336	**	-0.330	**	-0.040	n.s	-0.125	n.s	-0.203	*	-0.249	*	-0.535	***
BMI	-0.448	***	-0.401	***	-0.154	n.s	-0.177	n.s	-0.166	n.s	-0.339	**	-0.598	***

BMI, body Mass Index. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, n.s 有意差なし.

表 2.6 身体的特性と筋力との関係.

	膝伸展力		膝屈曲力	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
年齢	-0.168	n.s	-0.228	*
身長	0.166	n.s	0.145	n.s
体重	-0.180	n.s	-0.146	n.s
BMI	-0.284	**	-0.224	*

BMI, Body Mass Index. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, n.s 有意差なし.

表 2.7 関節可動域と筋力との関係.

	膝伸展力		膝屈曲力	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
股関節屈曲	0.298	* *	0.276	* *
股関節伸展	0.303	* *	0.419	* * *
股関節外転	0.114	n.s	0.101	n.s
股関節内転	0.107	n.s	0.118	n.s
股関節外旋	0.243	*	0.282	* *
股関節内旋	0.288	* *	0.237	*
膝関節屈曲	0.201	n.s	0.164	n.s

* $P < 0.05$, * * $P < 0.01$, * * * $P < 0.001$, n.s 有意差なし.

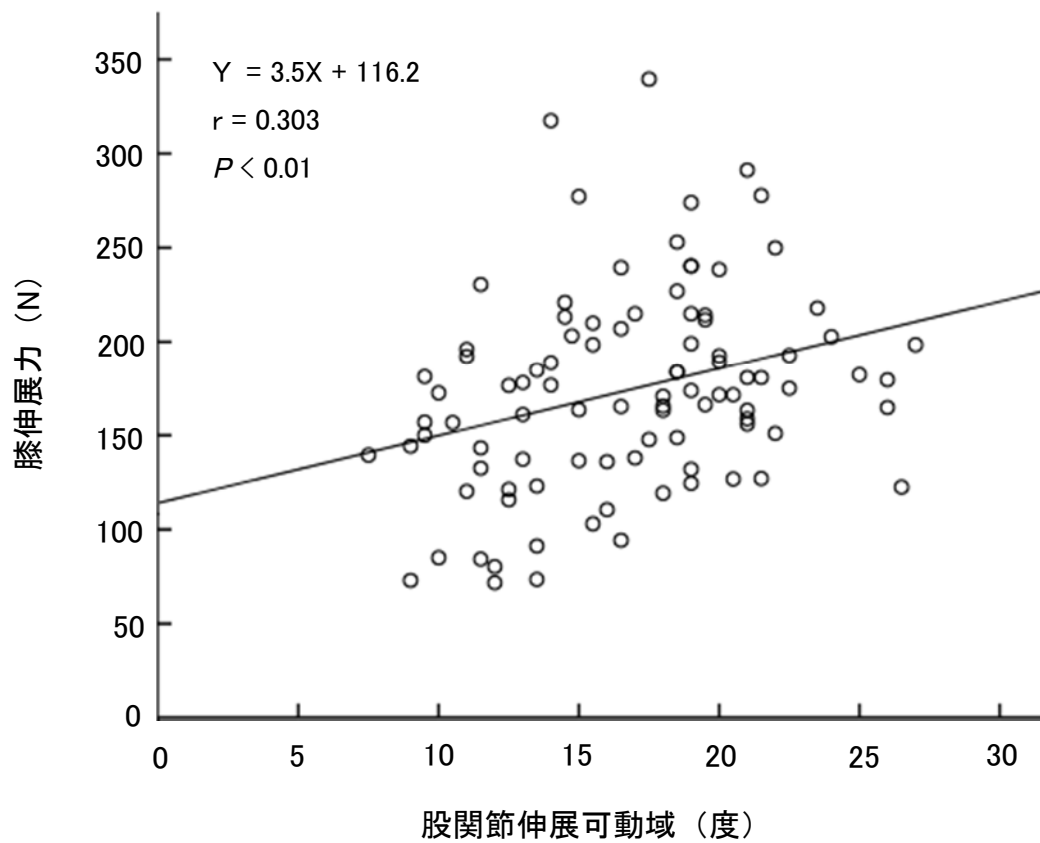


図 2.7 股関節伸展可動域と膝伸展力との関係. n = 95

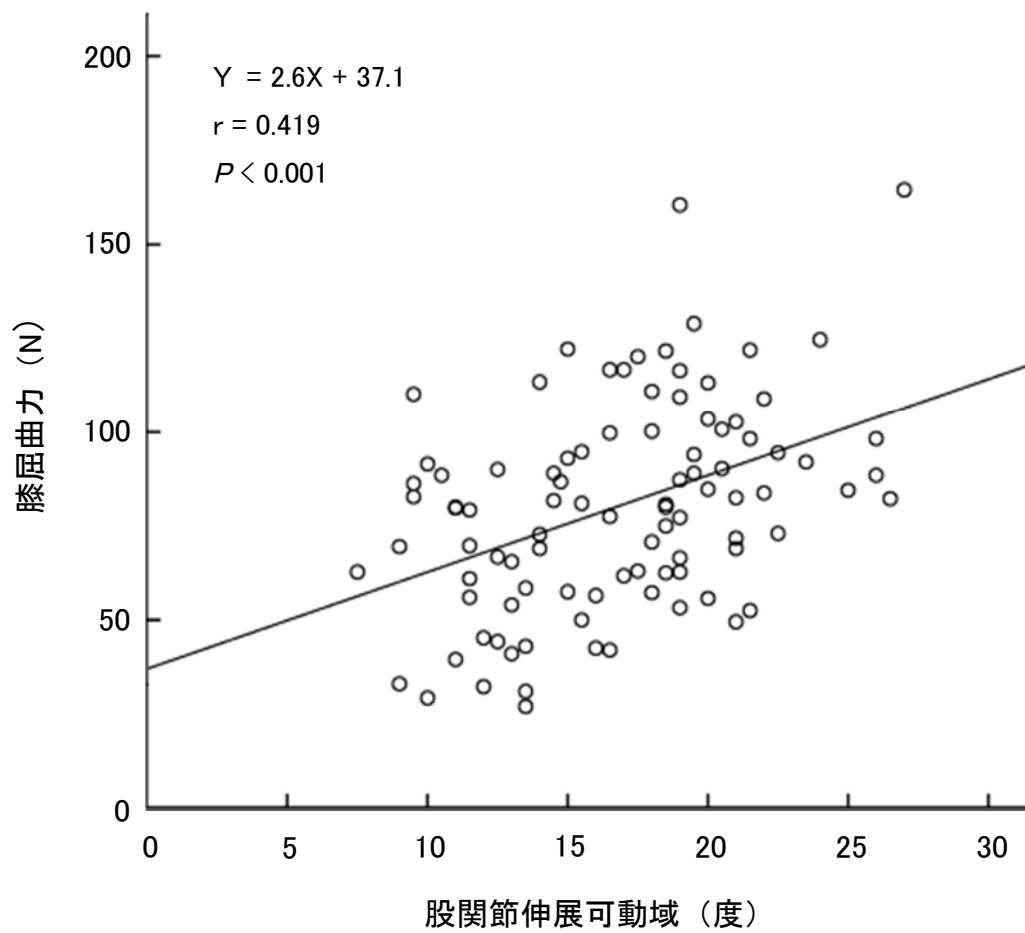


図 2.8 股関節伸展可動域と膝屈曲力との関係. n = 95

力（本実験-174 N vs. - McKay et al.-82 N）、膝屈曲力（本実験-80 N vs. - McKay et al.-46 N）ともに、本実験で観察された値の方が著しく大きい。

本実験で得られた最も重要な知見は、膝伸展・屈曲力に対して、股関節伸展可動域が説明変数になることである。これまで、複数の関節可動域の合計値と筋力との間に正の相関関係が存在することは示されてきたが（Gerety et al., 1993; Beissner et al. 2000）、個々の関節の可動域と筋力との関係を検討したものはなく、本研究が最初の報告となる。股関節伸展可動域と膝伸展・屈曲力との間に、このような関係が存在する原因は明らかではない。しかしながら、股関節伸展可動域が小さいほど、ストライドが縮まり歩行速度が遅くなること、またそのために行動範囲が狭まることなどを考慮すると、股関節伸展可動域が小さい高齢者では、日常の生活において、大腿四頭筋あるいは大腿二頭筋に十分な負荷をかけることができず、廃用性萎縮が生じやすいことが推察される。

また、説明変数とはならなかったが、股関節外旋・内旋と膝伸展・屈曲力との間にも有意な正の相関関係が認められた。股関節外旋・内旋の可動域が小さいと、階段を上がる動作が円滑にできないことが報告されており（Mascal et al., 2003）、股関節伸展可動域の場合と同様に、股関節外旋・内旋の可動域が小さい高齢者では、大腿の筋に大きな負荷をかけることができないものと考えられる。

上述のように、統計学的には、股関節伸展可動域は膝伸展・屈曲力の説明変数にはなったが、図 2.7 および図 2.8 に示されるように、同じ可動域を有する者であっても、筋力の違いは大きく、このことは筋力に対して、股関節伸展可動域以外の他の要因も関与していることを示唆する。また、筋力が大きいことが、関節可動域を大きくする要因になっている可能性も排除できない。今後、高齢者を対象に、関節可動域を広げる介入が筋力に及ぼす影響を検討し、関節可動域と筋力との因果関係を明確にする必要がある。

以上の結果から、女性高齢者では、股関節伸展可動域の減少が、大腿四頭筋および大腿二頭筋の発揮張力低下の要因になっていることが示唆された。

2.5 総括

本実験では、平均年齢 70.7 歳の女性高齢者 95 名を対象に、股関節および膝関節 7 項目の関節可動域と膝伸展・屈曲力との関係を検討し、以下の結果を得た。

- (1) 股関節屈曲、股関節伸展、股関節外旋および股関節内旋の可動域と膝伸展・屈曲力との間に、正の相関関係が認められた。
- (2) 股関節外転、股関節内転および膝関節屈曲の可動域と膝伸展・屈曲力との間には、有意な関係はみられなかった。
- (3) 膝伸展力あるいは膝屈曲力を従属変数とし、関節可動域を独立変数としたステップワイズ重回帰分析を行ったところ、両筋力に対して、股関節伸展可動域が説明変数となることが示された。

これらのことから、女性高齢者では、股関節伸展可動域の減少が、大腿四頭筋および大腿二頭筋の発揮張力低下の要因になっていることが示唆された。

第 3 章

関節可動域および筋力と運動能力との 関係（実験 2）

3.1 目的

日常生活動作 (Activity of Daily Living: ADL) とは、食事、更衣、移動、排泄あるいは入浴など、日常生活を営むうえで必要不可欠な基本的な行動を指す。自立した生活を営んでいた高齢者が、要支援者あるいは要介護者になってしまうのは、運動能力が低下し、ADLを一人で遂行することができなくなるためである。

これまで高齢者の運動能力 (立ち上がり能力、移動機能、歩行機能、バランス能力など) を評価するために、多くのパフォーマンステストが考案されてきた (1 章参照)。運動能力が、下肢の筋力、特に膝伸展・屈曲力に左右されることはもちろんであるが、下肢の関節可動域にも影響を受けることが、これらのパフォーマンステストを用いた研究において示されている。例えば、Gerety et al. (1993) は、下肢における複数の関節の可動域の合計 (以後、総関節可動域と記す) と Locomotion Test (50 フィートを移動する速度) あるいは Supine to Sit Test (仰臥位から座位に移動する時間) の成績との間に、また、Beissner et al. (2000) は、総関節可動域と Physical Performance Test (文章を書く、食べる、および服を脱いで壁にかけ動作を評価するテスト) の成績との間に、正の相関関係があることを報告している。

これらの先行研究では関節可動域として、総関節可動域を用いており、個々の関節可動域と運動能力との関係については明らかにはなっていない。そこで本実験では、この点について、ステップワイズ重回帰分析を用いて明らかにすることを目的とした。従属変数は、(1) 立位姿勢でのバランス能力を評価する Functional Reach Test、(2) 歩行能力を評価する 5-m Gait Test、(3) 移動能力を評価する Timed Up and Go Test、および (4) 椅子から立ち上がる能力を評価する Five Times Sit-to-Stand Test とした。実験1において、股関節伸展関節可動域が膝伸展・屈曲力の説明変数になることが示唆されたが、両者が相互に作用を及ぼしていることも考えられる。そこで本実験では、独立変数は下肢関節可動域 9 項目および膝伸展・屈曲力とした。

3.2 方法

3.2.1 被験者

被験者は、本実験 1 で示した 95 名であった。測定は、2014 年 8 月から 2015 年 10 月の間に実施した。測定前に、全ての被験者に研究目的および測定項目について詳細に説明し、研究に協力する旨の同意を得た。また、個人が特定されないことがないようデータを取り扱うこと、研究参加に同意した後であっても、参加を拒否できることも説明した。本実験は、広島大学大学院総合科学研究科に設置されている研究倫理委員会から承諾を得て実施した。

3.2.2 身長、体重および身体的特性

身長、体重および身体的特性については、実験 1 で示した値を用いた。

3.2.3 関節可動域の測定

股関節（屈曲、外転、内転、伸展、内旋、外旋）可動域および膝関節屈曲可動域については、実験 1 に示した値を用いた。パフォーマンステストの成績には、これらの関節可動域に加え、足関節背屈・底屈可動域も影響することが報告されている。そこで本実験では、この 2 項目の測定を実施した。測定方法は、実験 1 で示したものと同様であった。足関節背屈・底屈可動域測定の詳細は、以下のようなものである。

(1) 足関節背屈

被験者に座位をとらせ、角度計の支点を腓骨外果の外側面上とし、角度計の一方の軸は腓骨小頭を指標に腓骨外側中央線に当て、もう一方の軸は第 5 中足骨の外側面に平行に当てた。下腿を動かさずに足を上方に上げるよう指示し、曲がった角度を測定した（図 3.1a）。

(2) 足関節底屈

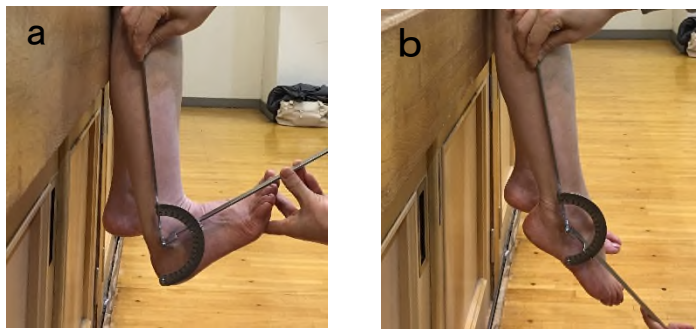


図 3.1 関節可動域測定の様子. a, 足関節背屈; b, 足関節底屈

被験者に座位をとらせ、角度計の支点を腓骨外果の外側面上においた。角度計の一方の軸は腓骨小頭を指標に腓骨外側中央線に合わせ、もう一方の軸は第 5 中足骨の外側面に平行になるように合わせた。下腿を動かさずに足を下方に下げるよう指示し、曲がった角度を測定した（図 3.1b）。

3.2.4 筋力の測定

膝伸展・屈曲力については、実験1で示した値を用いた。

3.2.5 運動能力の測定

本実験では、4 種類のパフォーマンステストを実施した。測定の詳細を下記に示す。全ての測定は 2 回行い、2 回の平均値をその被験者の値とした。なお、測定前に練習を 1 回行った。また、所要時間の測定にはストップウォッチを用い、1/10 秒単位で計測した。

(1) Functional Reach Test

Functional Reach Test は、立位姿勢でのバランス能力を評価するテストである。両足を密着した立位姿勢で、肘を伸展した状態で両腕を肩の高さまで前方にあげさせ、その時の第 3 指の先端の位置を起点とした。腕を肩と同じ高さに保ち、踵が浮かないような姿勢で、可能な限り上体を前傾するよう指示し、両方の指先が起点から前方に移動した距離を測定した。

(2) 5-m Gait Test

5-m Gait Test は、歩行能力を評価するテストである。床に、5 m の間隔でスタートとゴールを示すテープを貼り、遊脚相の脚部がスタートテープを超えた時点から、ゴールテープを超えるまでの所要時間を測定した。なお、被験者には通常で歩くよう指示した。

(3) Timed Up and Go Test

Timed Up and Go Test は、移動能力を評価するテストである。まず、被験者を肘かけのない高さ 43 cm の椅子に座らせた。合図とともに椅子から立ち上がり、3 m 前方のコーンまで歩行、180 度方向転換し、再び椅子に座るまでに要した時間を測定した。なお、被験者には出来るだけ素早く動作を行うよう指示した。

(4) Five Times Sit-to-Stand Test

Five Times Sit-to-Stand Test は、椅子から立ち上がる能力を評価するテストである。被験者に、背中を伸ばした状態で両腕を胸の前で交差した姿勢を取らせ、背もたれの付いた高さ 43cm の椅子に浅く腰かけさせた。合図とともに、椅子から立ち上がり直立姿勢をとり、再び椅子に腰かける動作を 5 回繰り返すのに要した時間を測定した。なお、被験者には出来るだけ素早く動作を行うよう指示した。

3.2.6 統計

統計量は、平均±標準偏差で示した。測定項目間の関係は、Pearson の相関係数を用いて検討した。また、関節可動域 9 項目および膝伸展・屈曲力を独立変数、パフォーマンステストの成績を従属変数としたステップワイズ重回帰分析を行った。有意水準は $P < 0.05$ とした。

3.3 結果

3.3.1 パフォーマンステスト

本実験で測定した 4 種類のパフォーマンステストの中で、最も被験者間の偏差が大きかった項目は Five Times Sit-to-Stand Test であり、その変動係数は 26.7%であった（表 3.1）。以下、変動係数は、Timed Up and Go Test、5-m Gait Test、Functional Reach Test の順であった。図 3.2～3.5 に、それぞれの成績のヒストグラムを示した。Functional Reach Test（図 3.2）、

表 3.1 パフォーマンステスト

	平均 ± 標準偏差	変動係数	最小値	最大値
Functional Reach Test	30.1 ± 4.9 cm	16.3%	18.5 cm	45.0 cm
5-m Gait Test	3.3 ± 0.7 秒	21.2%	2.5 秒	6.9 秒
Timed Up and Go Test	6.9 ± 1.5 秒	21.7%	4.6 秒	15.7 秒
Five Times Sit-to-Stand Test	7.5 ± 2.0 秒	26.7%	4.3 秒	14.7 秒

n = 95

Timed Up and Go Test (図 3.4) および Five Times Sit-to-Stand Test (図 3.5) では、平均値の領域をピークとした分布が認められた。これに対して、5-m Gait Test では、ピークは平均値より左の領域に観察された (図 3.3)。また、平均値から 2SD 以上離れた値も認められた。

3.3.2 身体的特性とパフォーマンステストとの関係

表 3.2 に、身体的特性とパフォーマンステストとの関係を示した。年齢では 3 項目 (5-m Gait Test、Timed Up and Go Test および Five Times Sit-to-Stand Test) と、身長および BMI では 1 項目 (Functional Reach Test) と、痛みでは 4 項目全て (Functional Reach Test、5-m Gait Test、Timed Up and Go Test および Five Times Sit-to-Stand Test) と有意な相関関係にあった。体重については、いずれの項目とも有意な関係は観察されなかった。

3.3.3 関節可動域および筋力とパフォーマンステストとの関係

足関節背屈可動域の平均±標準偏差は 17.7 ± 6.0 度 (変動係数, 33.9%; 最小値, 5 度; 最大値, 31 度)、足関節底屈可動域では 58.0 ± 7.9 度 (変動係数, 14.2%; 最小値, 28 度; 最大値, 74 度) であった。表 3.3 に、関節可動域とパフォーマンステストとの関係を示した。股関節屈曲、股関節伸展、股関節内旋および足関節底屈では、4 項目全てのパフォーマンステストとの間に有意な相関関数が示された。また、股関節外旋および膝関節屈曲では 3 項目と、股関節内転では 2 項目と、股関節外転では 1 項目との間に相関関係が観察された。

表 3.4 に、膝伸展力および屈曲力とパフォーマンステストとの関係を示した。両筋力とも 4 項目全てのパフォーマンステストとの間に有意な相関関数が認められた。

3.3.4 重回帰分析

表 3.5 に、パフォーマンステストの成績を従属変数と、関節可動域および筋力を独立変数としたステップワイズ重回帰分析の結果を示した。Functional Reach Test では、股関節伸展

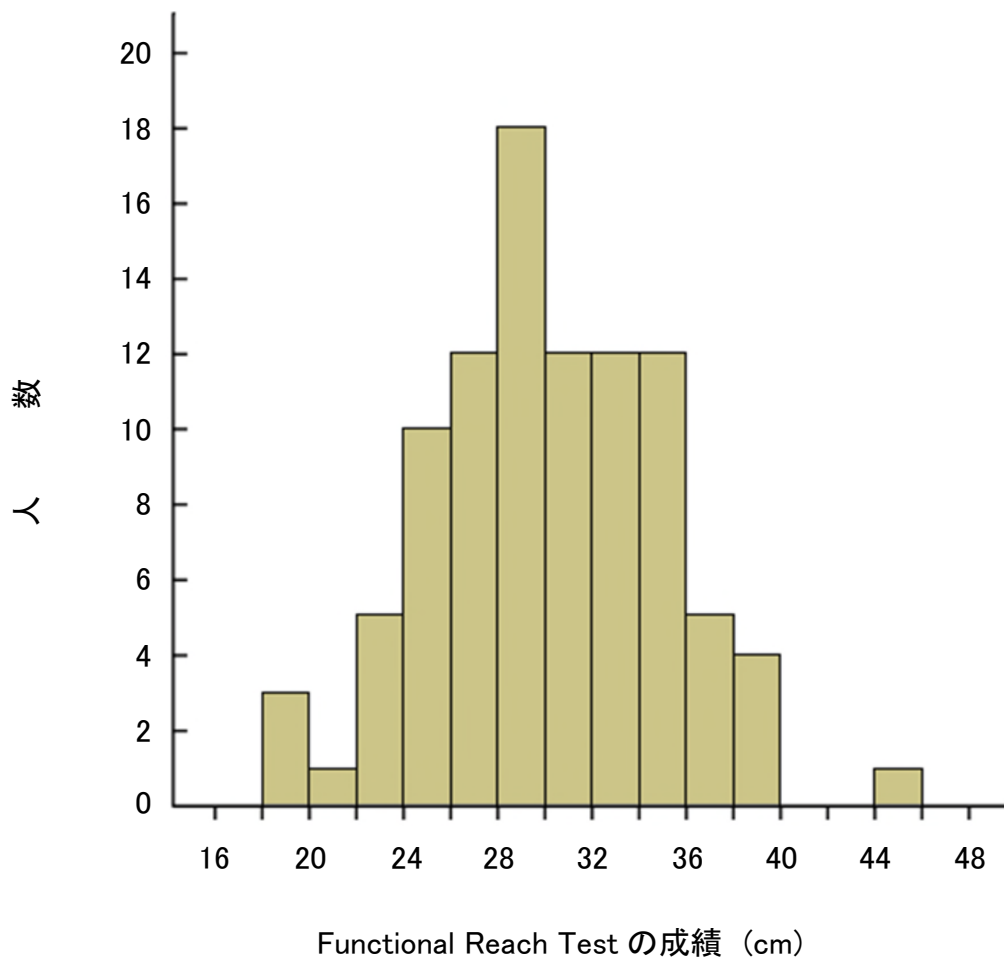


図 3.2 Functional Reach Test における成績のヒストグラム. $n = 95$

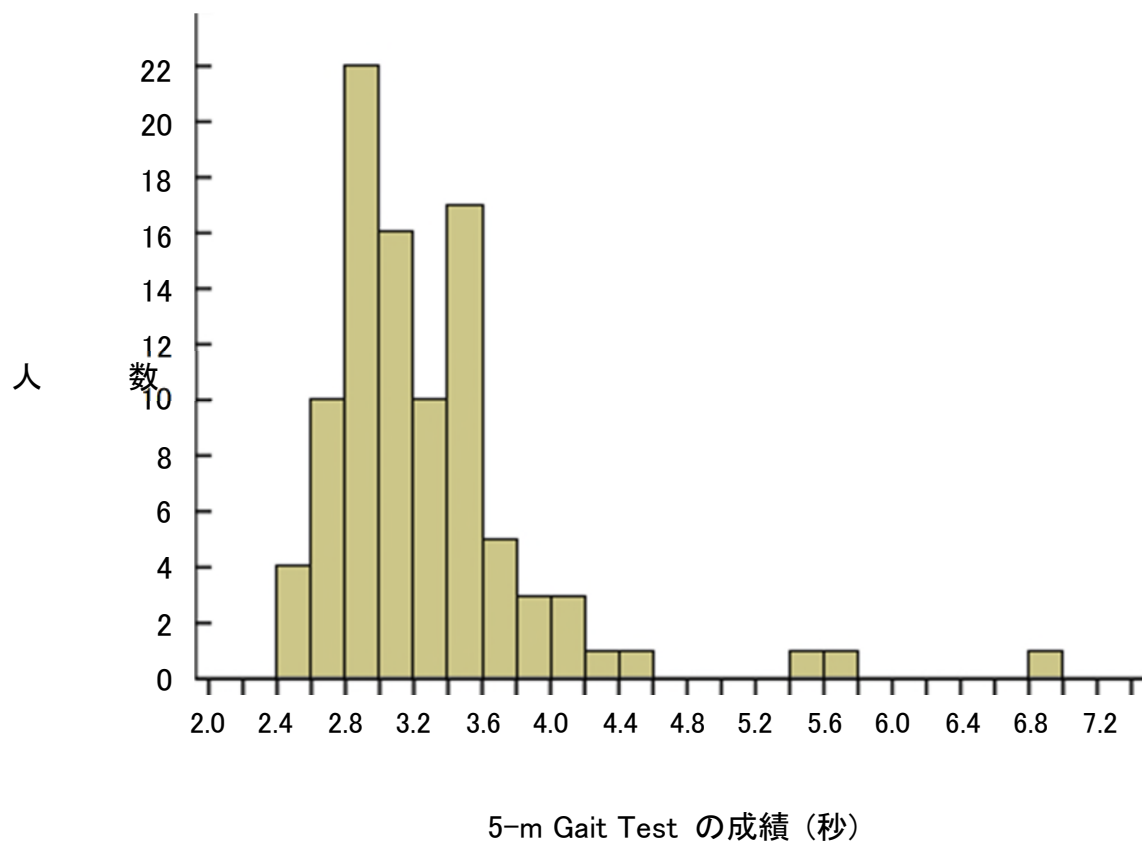


図 3.3 5-m Gait Test における成績のヒストグラム. $n = 95$

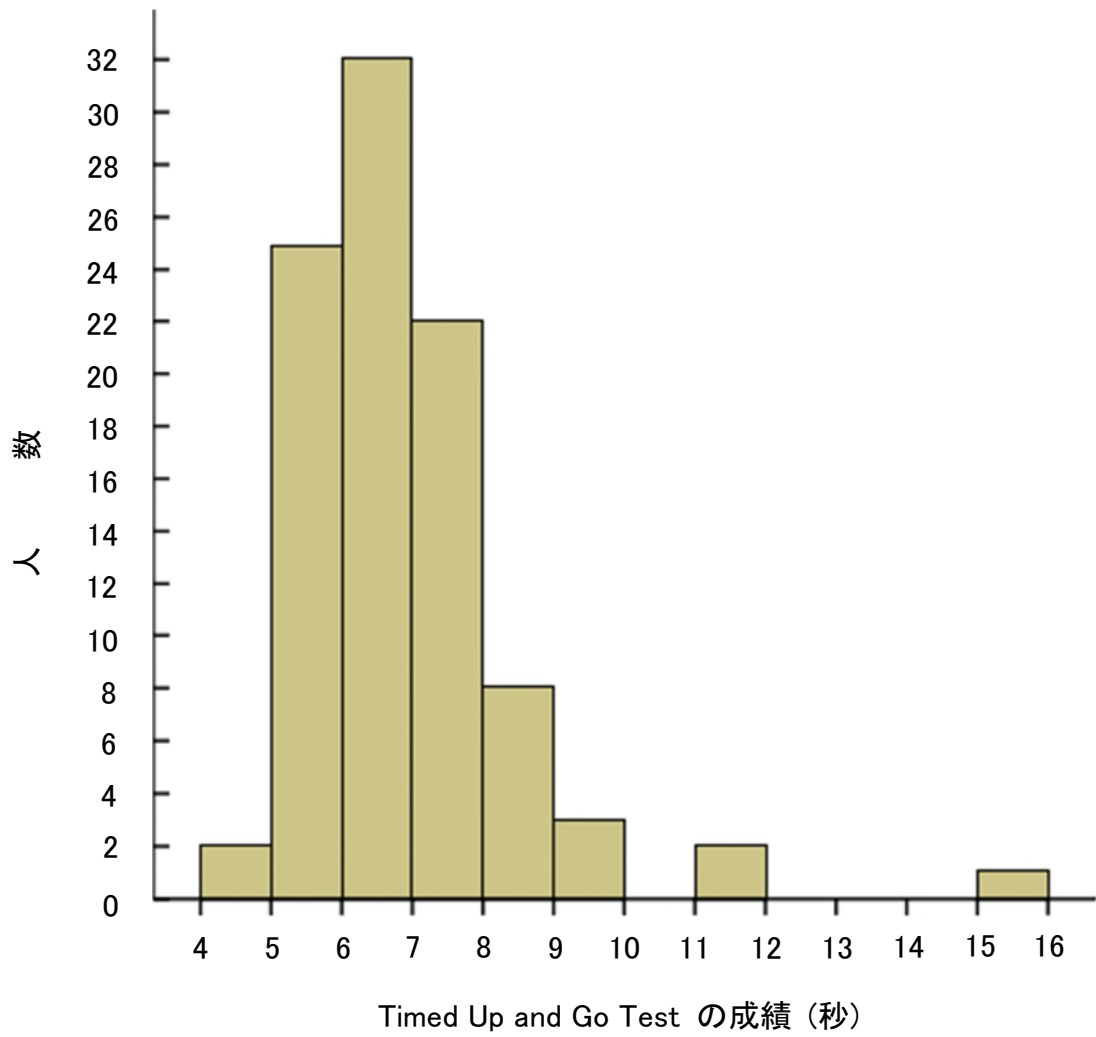


図 3.4 Timed Up and Go Test における成績のヒストグラム. $n = 95$

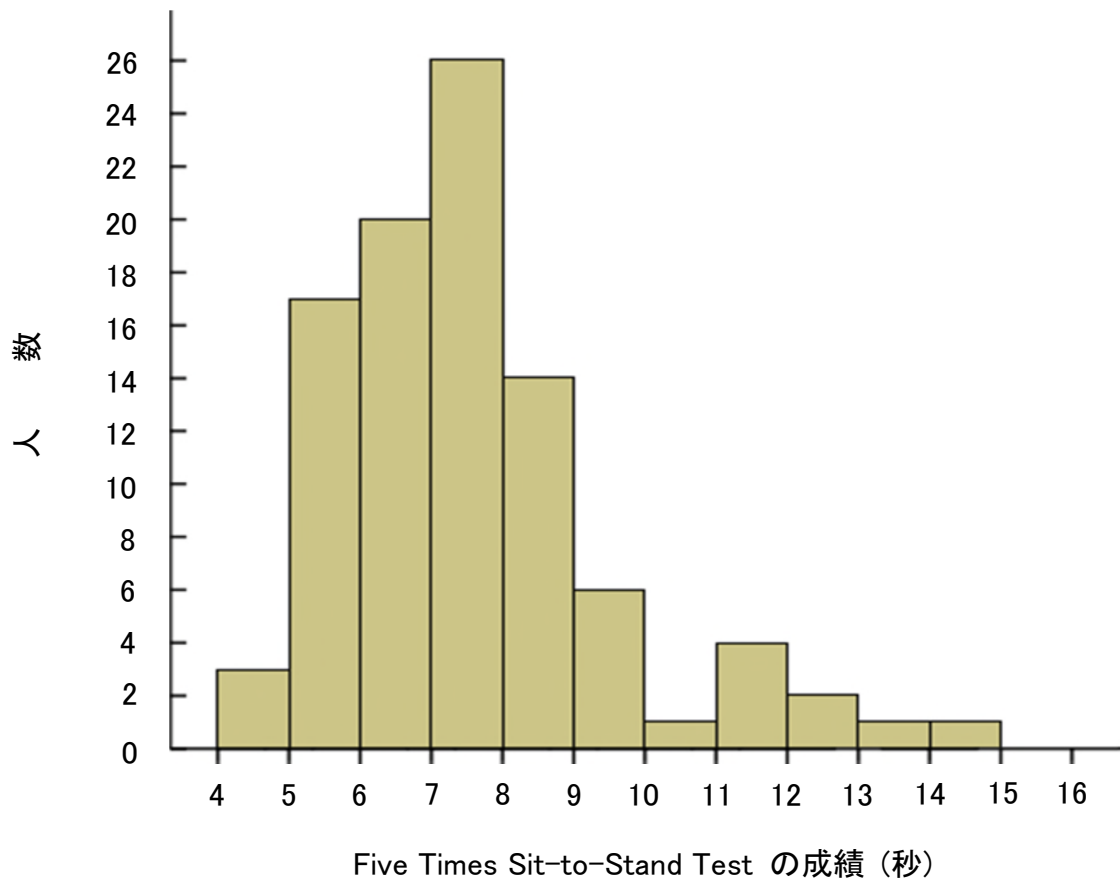


図 3.5 Five Times Sit-to-Stand Test における成績のヒストグラム. $n = 95$

表 3.2 身体的特性とパフォーマンステストとの関係。

	Functional Reach Test		5-m Gait Test		Timed Up and Go Test		Five Times Sit-to-Stand Test	
	r	P	r	P	r	P	r	P
年齢	-0.192	n.s	0.338	***	0.361	***	0.239	*
身長	0.316	**	-0.184	n.s	-0.200	n.s	0.028	n.s
体重	-0.183	n.s	0.109	n.s	0.080	n.s	0.194	n.s
BMI	-0.345	***	0.199	n.s	0.180	n.s	0.177	n.s
痛み	-0.252	*	0.227	*	0.218	*	0.258	*

BMI, body Mass Index. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, n.s 有意差なし.

表 3.3 関節可動域とパフォーマンステストとの関係.

	Functional Reach Test		5-m Gait Test		Timed Up and Go Test		Five Times Sit-to-Stand Test	
	r	P	r	P	r	P	r	P
股関節屈曲	0.320	**	-0.299	**	-0.315	**	-0.255	*
股関節伸展	0.556	***	-0.332	**	-0.349	***	-0.457	***
股関節外転	0.272	**	-0.178	n.s	-0.263	*	-0.119	n.s
股関節内転	0.302	**	-0.030	n.s	-0.225	*	-0.135	n.s
股関節外旋	0.377	***	-0.239	*	-0.140	n.s	-0.280	**
股関節内旋	0.251	*	-0.324	**	-0.384	***	-0.337	***
膝関節屈曲	0.445	***	-0.268	**	-0.253	*	-0.197	n.s
足関節背屈	0.452	***	-0.165	n.s	-0.205	*	-0.180	n.s
足関節底屈	0.279	**	-0.379	***	-0.508	***	-0.293	**

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, n.s 有意差なし.

表 3.4 筋力とパフォーマンステストとの関係.

	Functional Reach Test		5-m Gait Test		Timed Up and Go Test		Five Times Sit-to-Stand Test	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
膝伸展力	0.301	**	-0.466	***	-0.505	***	-0.423	***
膝屈曲力	0.427	***	-0.422	***	-0.410	***	-0.475	***

*** $P < 0.01$, ** $P < 0.001$.

表 3.5 ステップサイズ重回帰分析の結果.

	説明変数	B	SE	β	t	P	Adjusted R ²	F	P
Functional Reach Test	股関節伸展	0.383	0.098	0.356	3.908	***			
	足関節背屈	0.254	0.068	0.313	3.755	***			
	膝屈曲力	0.043	0.015	0.243	2.783	**	0.42	23.588	***
5-m Gait Test	膝伸展力	-0.005	0.001	-0.417	-4.716	***			
	足関節底屈	-0.026	0.007	-0.314	-3.554	**	0.30	20.557	***
Timed Up and Go Test	足関節底屈	-0.085	0.015	-0.439	-5.518	***			
	膝伸展力	-0.013	0.002	-0.436	-5.476	***	0.43	35.815	***
Five Times Sit-to-Stand Test	膝屈曲力	-0.025	0.007	-0.344	-3.558	**			
	股関節伸展	-0.140	0.043	-0.313	-3.239	**	0.29	19.905	***

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

($\beta = 0.356$)、足関節背屈 ($\beta = 0.313$) および膝屈曲力 ($\beta = 0.243$) の 3 項目が、5-m Gait Test では、膝伸展力 ($\beta = -0.385$) および足関節底屈 ($\beta = 0.279$) の 2 項目が、Timed Up and Go Test では、足関節底屈 ($\beta = -0.405$) および膝伸展力 ($\beta = -0.404$) の 2 項目が、また Five Times Sit-to-Stand Test では、膝屈曲力 ($\beta = -0.344$) および股関節伸展 ($\beta = -0.313$) の 2 項目が有意な説明変数となることが示された。従属変数の寄与率は、Timed Up and Go Test では 43%、Functional Reach Test では 42%、5-m Gait Test では 30%、Five Times Sit-to-Stand Test では 29%であった。

3.4 考察

これまで、高齢者の ADL 能力を維持するためには、「関節可動域あるいは筋力を一定以下に低下しないような処置を講ずる必要がある」ことは指摘されてきたが (Beissner et al. 2000)、どの関節可動域や筋力が、どのような運動能力に影響するのかについては明確ではなかった。本研究は、女性高齢者を対象に、この点を明らかにした最初の報告である。

先行研究において、(1) 股関節伸展可動域が狭い女性では、階段を上ったり下りたりするとき、同関節可動域が広い女性と比べ、骨盤が異なる位置にあること (Mascal et al., 2003)、(2) 足関節背屈可動域が狭い者ほど、上半身を垂直に維持したまま、腰部を動かすことのできる範囲が小さいこと (Menz et al., 2005)、あるいは (3) 膝屈曲力が低下し転倒を経験した高齢者では、静・動的に体の姿勢を維持する能力が低いこと (Ozyemisci-Taskiran et al., 2011) などが報告されている。立位姿勢でのバランス能力を評価する Functional Reach Test では、(1) 股関節伸展可動域、(2) 足関節背屈可動域および (3) 膝屈曲力が、その成績の説明変数になることを認めた本実験の結果は、これらの先行研究と一致する (表 3.5)。これらの知見からは、この 3 つの要因 (股関節伸展可動域、足関節背屈および膝屈曲力) が、体のバランスを保つ能力を規定していることが示唆される。

椅子から立ち上がるためには、体重に抗して膝関節を伸展する必要があり、膝伸展力がそ

の能力を大きく左右するかと思われた。しかしながら、この能力を評価する Five Time Sit-to-Stand Test では、膝伸展力ではなく、股関節伸展可動域と膝屈曲力が説明変数となることが認められた (表 3.5)。この 2 つの要因が Functional Reach Test の説明変数であることを考慮すると、高齢者にとって、椅子から立ち上がる動作では、膝関節を力強く伸展すること以上に体のバランスを維持することが要求されるものと推測される。

既に述べたように、5-m Gait Test は歩行能力を評価するテストである。また、Timed Up and Go Test では、歩行動作が占める割合が大きい。本実験では、この 2 つのテストに共通して、足関節底屈可動域と膝伸展力が、成績の説明変数になることが認められた (表 3.5)。足関節底屈可動域が狭い高齢者では、約 1.5 m の間隔に置いた 2 個のコーンの間を 8 の字を描くように歩行する速度が低いことを示す Odonkor et al. (2013) の報告、あるいは膝伸展力が低下すると、1/4 マイルを継続して歩行することが困難になること示す Visser et al. (2005) の報告は、本実験の結果と合わせ、足関節底屈可動域および膝伸展力が、歩行能力の規定因子になっていることを示すものである。

以上の結果から、バランス能力に対しては、股関節伸展可動域および膝屈曲力が、歩行能力に対しては、膝伸展力および足関節底屈可動域が大きく影響することが示唆された。また、高齢者にとって、椅子から立ち上がる動作では、膝関節を力強く伸展すること以上に体のバランスを維持することが要求されるものと推測された。

3.5 総括

本実験では、平均年齢 70.7 歳の女性高齢者 95 名を対象に、股関節、膝関節および足関節 9 項目の可動域および膝伸展・屈曲力が運動機能に及ぼす影響を検討し、以下の結果を得た。

(1) 立位姿勢でのバランス能力を評価する Functional Reach Test では、股関節伸展可動域、

足関節背屈可動域および膝屈曲力が、その成績の説明変数になることが示された。

- (2) 椅子から立ち上がる能力を評価する Five Times Sit-to-Stand Test では、股関節伸展可動域および膝屈曲力が、その成績の説明変数になることが示された。
- (3) 歩行能力を評価する 5-m Gait Test では、膝伸展力および足関節底屈可動域が、その成績の説明変数になることが示された。
- (4) 移動能力を評価する Timed Up and Go Test では、5-m Gait Test と同様に、膝伸展力および足関節底屈可動域が、その成績の説明変数になることが示された。

以上の結果から、バランス能力に対しては、股関節伸展可動域および膝屈曲力が、歩行能力に対しては、膝伸展力および足関節底屈可動域が大きく影響することが示唆された。また、高齢者にとって、椅子から立ち上がる動作では、膝関節を力強く伸展すること以上に体のバランスを維持することが要求されるものと推測された。

第 4 章

関節可動域、筋力、運動能力および 転倒との関係（実験 3）

4.1 目的

日本人高齢者では、1年間に約5人に1人が転倒を経験しており、そのうち3人に2人が何らかの負傷を負っている（内閣府、2010）。負傷の種類では、打撲が最も多く、次いで、擦り傷、切り傷の順であり（内閣府、2010）、深刻な場合、骨折が発生したり死亡に至ったりすることもある（Sattin et al., 1990）。また、転倒を1回でも経験した高齢者のうち、30～50%の人では、「再度転倒するのでは」という不安から（Tinetti et al., 1988; Tinetti and Powell, 1993; Hill, 1997; Vellas et al., 1997）、身体活動量が約25%減少することが報告されている（Tinetti et al., 1988; Nevitt et al., 1991; Tinetti and Powell, 1993）。これらのことは、高齢者において、転倒は、要支援・要介護者になる大きな要因の1つであり（厚生労働省、2013）、自立した生活を長く送るためには、転倒の発生を未然に防ぐ必要があることを示唆する。

高齢者について転倒経験のない者とある者とを比べると、後者の方が、移動能力（Criter and Honaker, 2016）、歩行能力（Callisaya et al., 2016）、バランス能力（O'Brien et al., 1997）あるいは椅子からの立ち上がり能力（Tromp et al., 2001）などが低いことが示されており、これらの知見からは、特定の運動能力の低下が転倒を誘起すると考えられる。しかしながら、これらの先行研究のいずれにおいても、ある運動能力を反映する1つだけのテストとの関係が検討されており、どの運動能力が特に転倒と関連するのかについては明らかになっていない。

転倒と関節可動域あるいは筋力との関係もについても、幾つかの報告がなされており、足関節背屈可動域（Gehlsen and Whaley, 1990; Nitz and Low-choy, 2004; Menz et al., 2006）、股関節屈曲可動域（Gehlsen and Whaley, 1990）あるいは膝関節筋力（膝伸展力と膝屈曲力; Ding and Yang, 2016）が小さい高齢者ほど、転倒のリスクが高いことが示されている。これらの先行研究における問題点は、関節可動域に関するものでは、数少ない関節の可動域だけを対象にしていること、膝関節筋力に関するものでは、膝伸展力と膝屈曲力のどちらが転倒に直結するのかを検討していないことにある。

また、実験 2 では、特定の関節の可動域や筋力が運動能力の規定因子となることが認められたが、「関節可動域あるいは筋力」、「運動能力」、「転倒」の三者の関係について示した報告はこれまでなされていない。そこで本実験では、転倒と下肢の複数の関節可動域および膝伸展・屈曲力との関係を検討し、実験 2 の結果と合わせ、三者の関係を検討することを目的とした。

4.2 方法

4.2.1 被験者

被験者は、体に深刻な障害がなく、他者の補助なしで生活できる 65 歳以上の女性高齢者 81 名であった。測定は、2014 年 8 月から 2015 年 10 月の間に実施した。測定前に、全ての被験者に対して、研究目的、測定項目およびアンケートの内容を詳細に説明し、研究に協力する旨の同意を得た。また、個人が特定されることがないようにデータを取り扱うこと、研究参加に同意した後であっても、参加を拒否できることも説明した。本実験は、広島大学大学院総合科学研究科に設置されている研究倫理委員会から承諾を得て実施した。

4.2.2 身体的特性、関節可動域、筋力および運動能力の測定

身長、体重、股関節（屈曲、外転、内転、伸展、内旋、外旋）可動域、膝関節屈曲可動、足関節背屈・底屈可動域、膝伸展・屈曲力および運動能力（Functional Reach Test、5-m Gait Test、Timed Up and Go Test および Five Times Sit-to-Stand Test）の成績については、実験 1 および 2 で示した値（95 名分）のうち、本実験に参加した 81 名分を用いた。

4.2.3 転倒状況

アンケートによって、過去 1 年間における転倒の発生状況を調べた。転倒の定義は、「自分の意志ではなく、膝、上肢（手、腕など）、尻あるいは腰などの身体部分が床面や地面など

の、より低いレベルに接触すること」とした (Gibson et al., 1990)。「あなたは過去 1 年間に転倒したことがありますか？」の問いに対し、「ない」、「1 回」、「2 回」、「3 回」、「4 回以上」の 5 つから選択させた。また、「転倒の原因を記入してください」の質問に対し、「躓き」、「滑り」、「回転（身体の方向を変える時）」、「その他」の中で、該当する項目に転倒回数を、また、「転倒した時に怪我はしましたか」の質問に対し、「ない」、「打撲」、「擦り傷」、「その他」の中で、該当する項目に経験回数を記入させた。アンケートは本人に直接記入させ、質問紙を回収する時に、口頭で内容に誤りが無いかを確認した。

4.2.4 統計

箱ひげ図以外の項目は、平均値±標準偏差で示した。転倒群と非転倒群間における身体的特性、筋力、関節可動域および運動能力の比較には、対応のない t 検定を用いた。両群間に有意差がみられた項目は、判別分析の説明変数として投入した。判別分析は、全変数投入法を用いて実施した。なお、有意水準は $P < 0.05$ とした。

4.3 結果

4.3.1 転倒状況

81 名のうち、1 回以上転倒した被験者は 29 名（全体の 35.8%）であり、これを転倒群とした。転倒群における 1 名の平均転倒回数は 1.7 回、また、転倒 1 回は 20 名（転倒者の 70.0%）、2 回は 5 名（17.2%）、3 回は 3 名（10.3%）、4 回以上は 1 名（3.4%）であった。なお、4 回以上と答えた被験者の転倒回数は 10 回であった。

転倒の原因としては、滑りが最も多く（24 回）、次いで、躓き（22 回）、ふらつき（2 回）、回転（1 回）の順であった。また、怪我の内容では、打撲が最も多く（7 回）、次いで、擦り傷（4 回）、骨折（3 回）、捻挫（2 回）の順であった。

表 4.1 身体的特性.

	転倒群 (n = 29)	非転倒群 (n = 52)	<i>P</i>
	平均 ± 標準偏差	平均 ± 標準偏差	
年齢 (歳)	69.9 ± 4.7	70.6 ± 4.5	n.s
身長 (cm)	153.6 ± 4.7	152.4 ± 4.8	n.s
体重 (kg)	54.3 ± 7.7	52.9 ± 5.6	n.s
BMI (kg/m ²)	23.0 ± 3.1	22.8 ± 2.3	n.s

BMI, Body Mass Index, n.s 有意差なし.

4.3.2 身体的特性

表 4.1 に、転倒群と非転倒群における身体的特性を示した。測定した全ての項目に、転倒群と非転倒群の間に統計的に有意な差異はみられなかった。

4.3.3 関節可動域

表 4.2 に、転倒群と非転倒群における関節可動域を示した。股関節屈曲、股関節外旋および足関節背屈の可動域において、非転倒群と比べ転倒群で有意な低値が認められた。図 4.1、図 4.2 および図 4.3 に、これらの箱ひげ図を示した。

4.3.4 筋力

表 4.3 に、転倒群と非転倒群における筋力を示した。非転倒群と比べ転倒群において、膝伸展力に有意な低値が認められた。図 4.4 に、転倒群と非転倒群における膝伸展力の箱ひげ図を示した。

4.3.5 関節可動域と筋力を説明変数とした判別分析

関節可動域と筋力が転倒に及ぼす影響度を検討するために、判別分析を行った。判別分析の説明変数として、転倒群と非転倒群との間に有意な差異が認められた股関節屈曲可動域、股関節外旋可動域、足関節背屈可動域および膝伸展力を投入した。表 4.4 に、全変数投入法を用いた判別分析の結果を示した。有意な予測因子として全ての説明変数が採用された。判別分析による正正確率は 72.8%であった。また、標準化正準判別係数は、股関節外旋可動域が最も高く (0.470)、以下、足関節背屈可動域 (0.415)、股関節屈曲可動域 (0.413)、膝伸展力 (0.300) の順であった。

4.3.6 パフォーマンステスト

表 4.2 転倒群と非転倒群の関節可動域.

	転倒群 (n = 29)		非転倒群 (n = 52)		P
	平均 ± 標準偏差 (度)	変動係数 (%)	平均 ± 標準偏差 (度)	変動係数 (%)	
股関節屈曲	119.3 ± 14.4	12.1	125.6 ± 6.9	5.5	**
股関節伸展	15.8 ± 4.6	29.1	17.5 ± 4.1	23.4	n.s
股関節外転	35.2 ± 5.9	16.8	33.7 ± 5.5	16.3	n.s
股関節内転	18.4 ± 3.1	16.8	19.1 ± 3.2	16.8	n.s
股関節外旋	26.5 ± 4.7	17.7	29.4 ± 4.7	16.0	**
股関節内旋	27.2 ± 5.9	21.7	29.0 ± 6.1	21.0	n.s
膝関節屈曲	128.5 ± 7.1	5.5	127.3 ± 7.8	6.1	n.s
足関節背屈	15.5 ± 6.0	38.7	19.0 ± 5.7	30.0	*
足関節底屈	57.9 ± 8.9	15.4	60.5 ± 6.1	10.1	n.s

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, n.s 有意差なし.

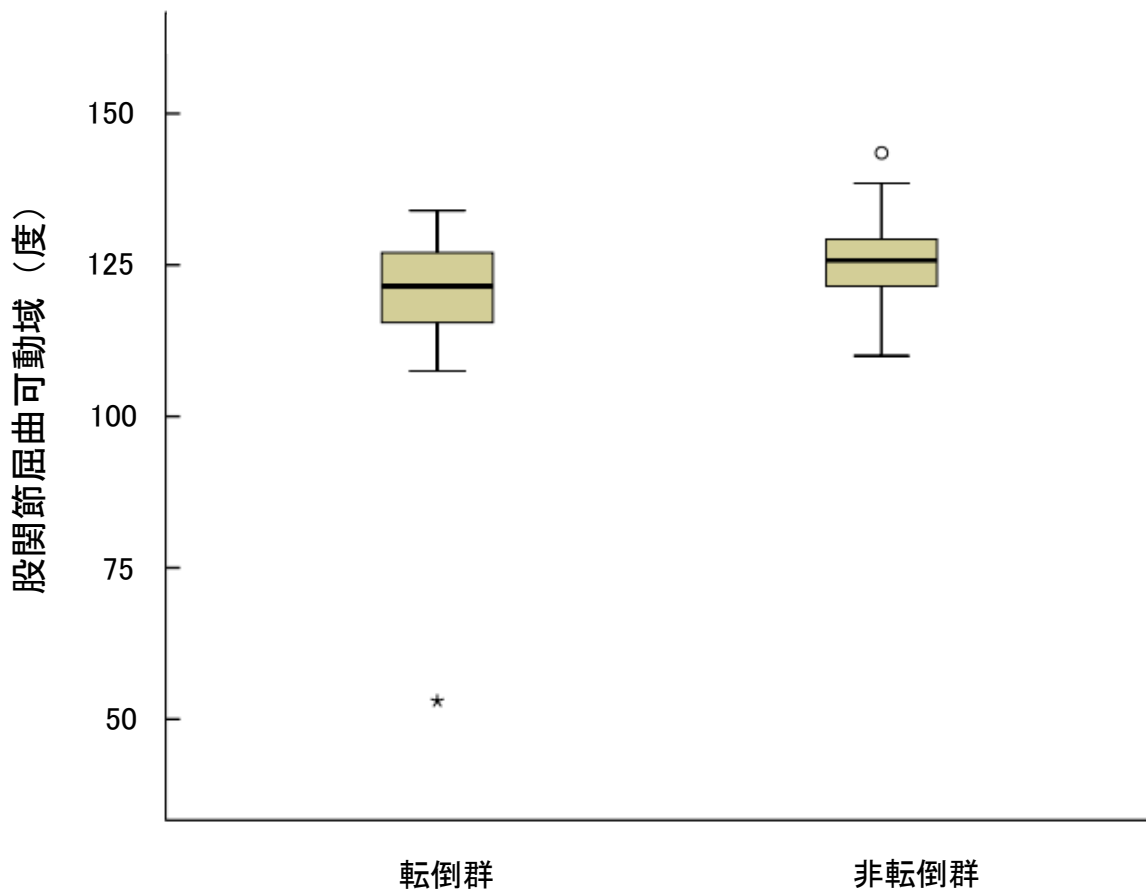


図 4.1 転倒群と非転倒群における股関節屈曲可動域の箱ひげ図. ○は箱の高さの 1.5 倍を超える外れ値を、★は箱の高さの 3 倍を超える外れ値を示す.

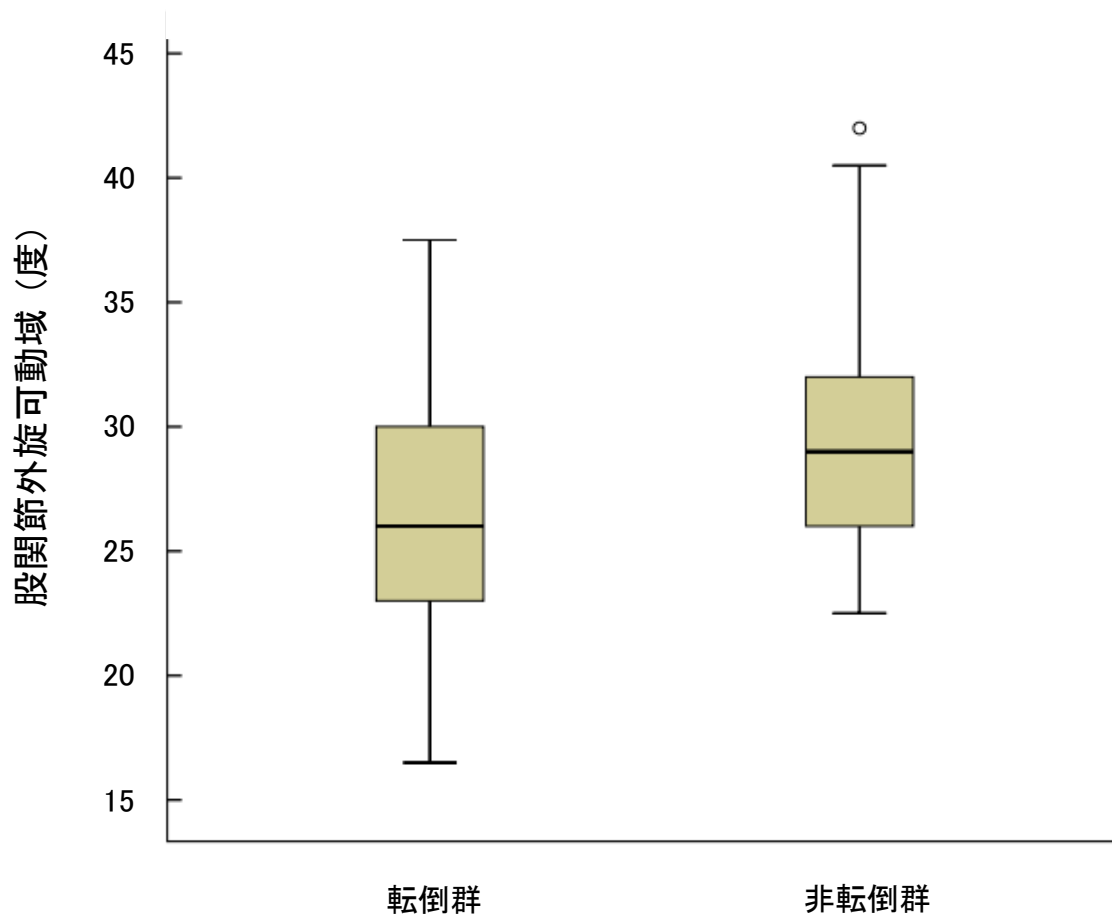


図 4.2 転倒群と非転倒群における股関節外旋可動域の箱ひげ図. ○は箱の高さの 1.5 倍を超える外れ値を示す.

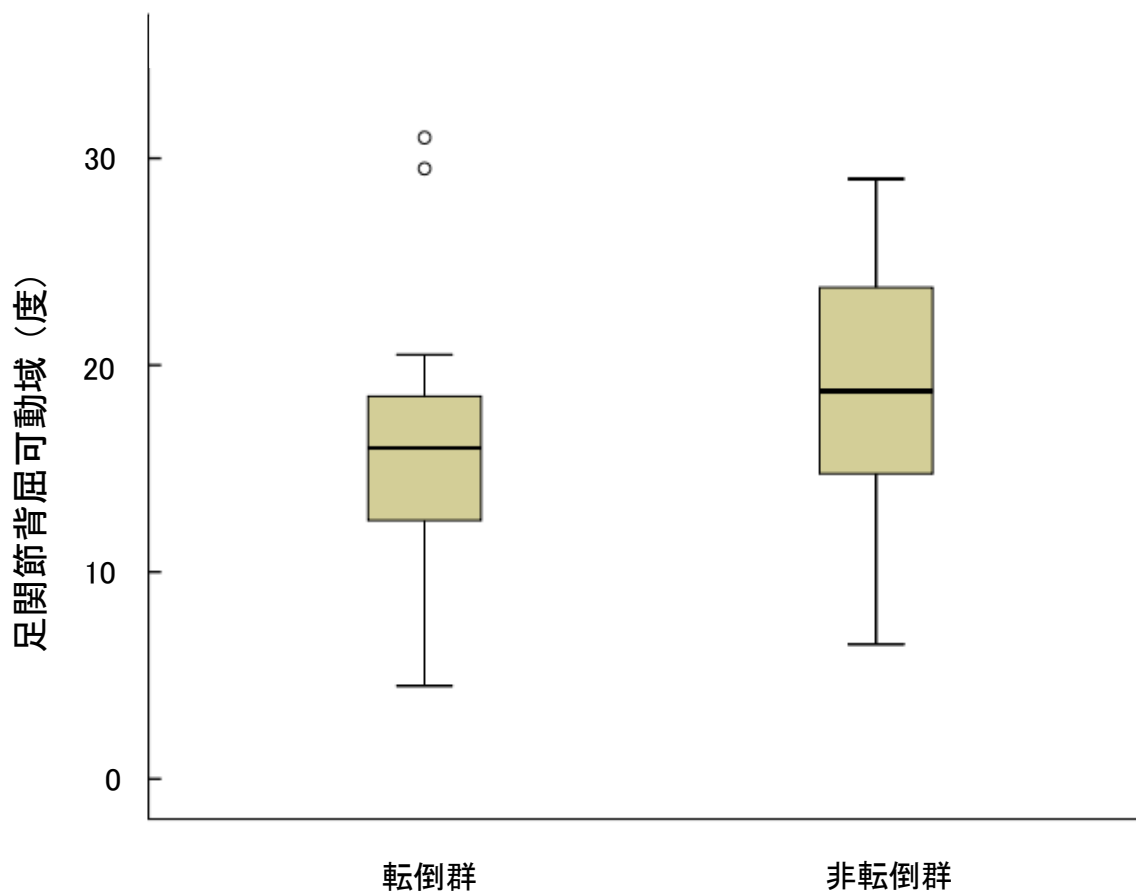


図 4.3 転倒群と非転倒群における足関節背屈可動域の箱ひげ図. ○は箱の高さの 1.5 倍を超える外れ値を示す.

表 4.3 転倒群と非転倒群の筋力.

	転倒群 (n = 29)		非転倒群 (n = 52)		P
	平均 ± 標準偏差 (N)	変動係数 (%)	平均 ± 標準偏差 (N)	変動係数 (%)	
膝伸展力	154.1 ± 47.1	30.6	180.9 ± 51.1	28.2	*
膝屈曲力	70.8 ± 25.9	36.6	80.3 ± 24.8	30.9	n.s

* $P < 0.05$, n.s 有意差なし.

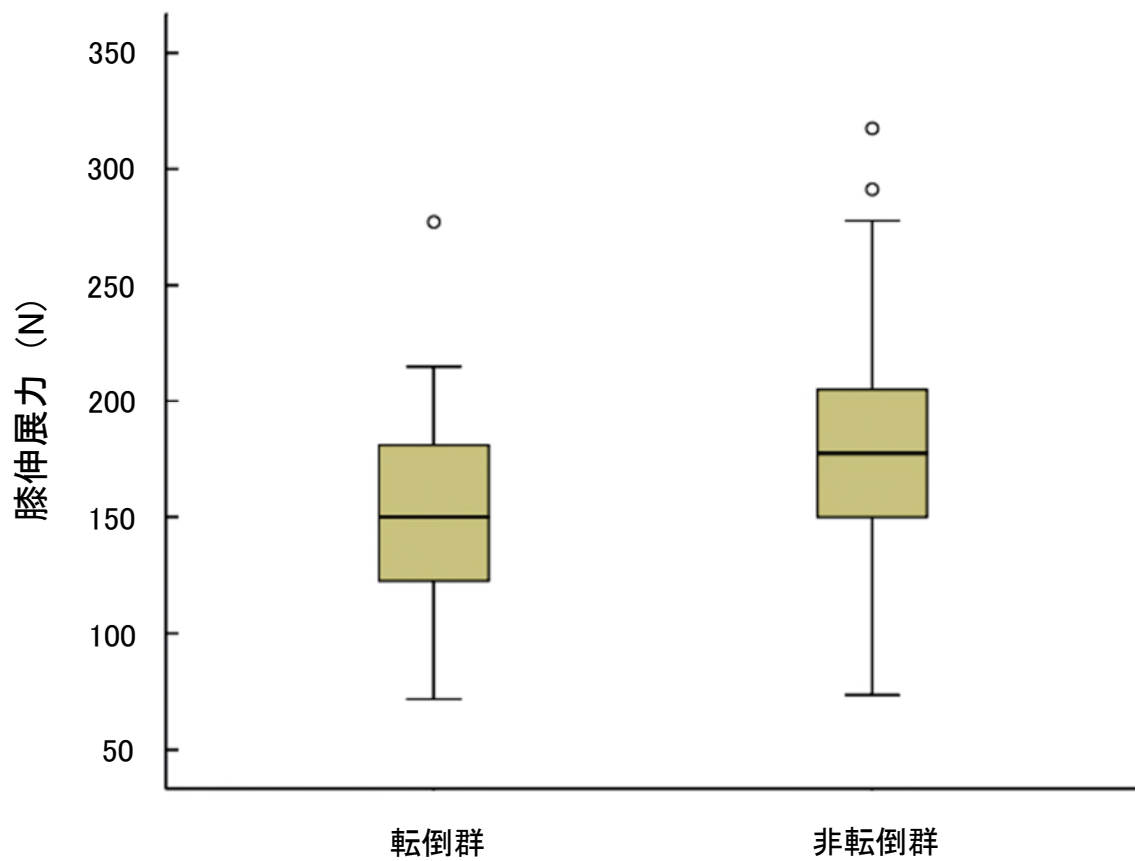


図 4.4 転倒群と非転倒群における膝伸展力の箱ひげ図. ○は箱の高さの 1.5 倍を超える外れ値を示す.

表 4.4 関節可動域および筋力に関する判別分析の結果.

	Model	標準化正準判別計数	<i>P</i>
予測因子	股関節外旋可動域	0.470	* *
	足関節背屈可動域	0.415	* *
	股関節屈曲可動域	0.413	* *
	膝伸展力	0.300	*
ウィルクスのラムダ	0.819		*
正準相関	0.425		
判別確率	72.8%		

* $P < 0.05$, * * $P < 0.01$.

表 4.5 転倒群と非転倒群のパフォーマンステストの成績.

	転倒群 (n = 29)		非転倒群 (n = 52)		P
	平均 ± 標準偏差	変動係数 (%)	平均 ± 標準偏差	変動係数	
Functional Reach Test	29.1 ± 5.7 cm	19.6%	31.1 ± 4.3 cm	13.8%	n.s
5-m Gait Test	3.5 ± 0.9 秒	25.7%	3.2 ± 0.6 秒	30.6%	n.s
Timed Up and Go Test	7.3 ± 2.2 秒	30.1%	6.5 ± 1.1 秒	18.8%	*
Five Times Sit-to-Stand Test	8.4 ± 2.6 秒	31.0%	7.1 ± 1.7 秒	23.9%	*

* P < 0.05, n.s 有意差なし.

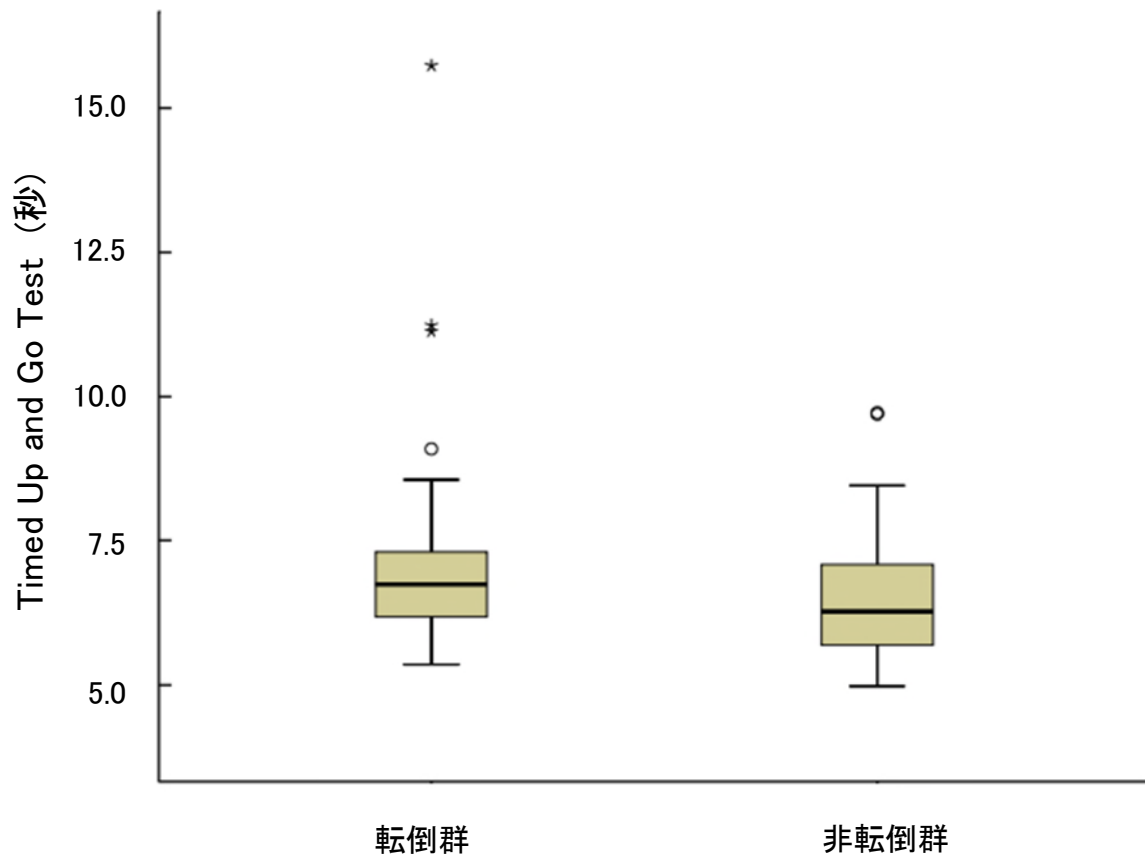


図 4.5 転倒群と非転倒群における Timed Up and Go Test の箱ひげ図. ○は箱の高さの 1.5 倍を超える外れ値を、★は箱の高さの 3 倍を超える外れ値を示す.

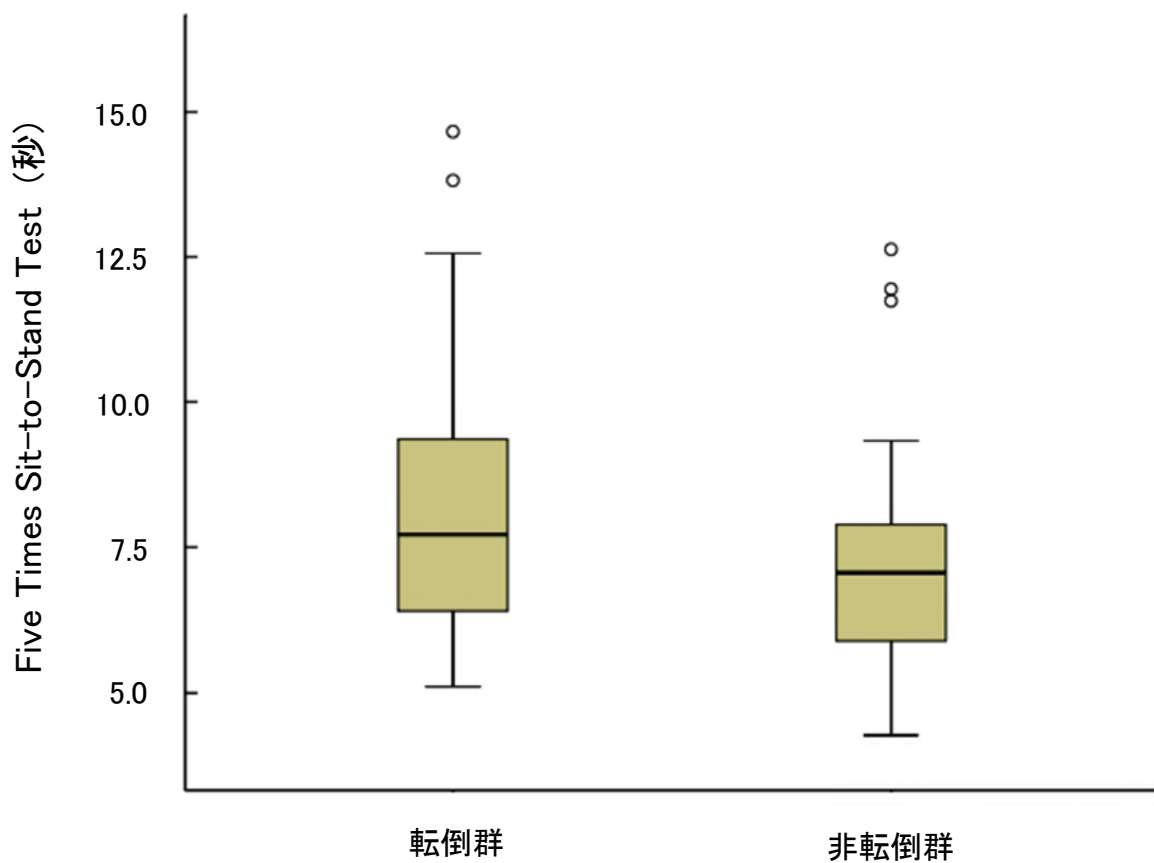


図 4.6 転倒群と非転倒群における Five Times Sit-to-Stand Test の箱ひげ図. ○は箱の高さの 1.5 倍を超える外れ値を示す.

表 4.5 に、転倒群と非転倒群のパフォーマンステストの結果を示した。Timed Up and Go Test および Five Times Sit-to-Stand Test では、非転倒群と比較して転倒群において、統計的に有意な高値が観察された。図 4.5 および図 4.6 に、この 2 項目の箱ひげ図を示した。

4.3.7 パフォーマンステストを説明変数とした判別分析

非転倒群と転倒群との間に有意な差異が示された Timed Up and Go Test および Five Times Sit-to-Stand Test が転倒に対する影響度を明らかにするために、判別分析を実施した。説明変数として、両テストの成績を投入した（表 4.6）。有意な予測因子として両テストが選ばれた。判別分析による正正確率は 64.2%であり、標準化正準判別係数は、Five Times Sit-to-Stand Test で 0.680、Timed Up and Go Test で 0.436 であった。

4.4 考察

本実験では、バランス能力（Functional Reach Test によって評価）、歩行能力（5-m Gait Test によって評価）、移動能力（Timed Up and Go Test によって評価）、立ち上がり能力（Five Times Sit-to-Stand Test によって評価）の 4 項目うち、移動能力と立ち上がり能力の 2 項目が転倒の予測要因となること、および 2 項目の中では特に立ち上がり能力が重要な要因であることが明らかとなった（表 4.6）。これまで、個々の能力と転倒との関連についての検討はなされてきたが、4 つの能力を同時に測定し、それぞれの重要度を示した報告は本研究が最初である。

一般に転倒は、身体の移動中、重心が支持面から逸脱することによって生じる、すなわち動的なバランスを維持できなくなるために起こる現象であるとされている。実験 2 では、高齢者にとって、立ち上がり能力測定に用いられる Five Times Sit-to-Stand Test では、体のバランスを維持する必要があることを示す結果が得られた。また、移動能力測定に用いられる Timed Up and Go Test には、立ち上がる動作および歩きながら方向を 180 度変換する動

表 4.6 パフォーマンステストに関する判別分析の結果.

	Model	標準化正準判別計数	<i>P</i>
予測因子	Five Times Sit-to-Stand Test	0.680	*
	Timed Up and Go Test	0.436	*
ウィルクスのラムダ	0.918		*
正準相関	0.287		
判別確率	64.2%		

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

作が含まれている。このようにこの 2 つのテストでは、筋力だけではなく動的バランスが試される動作を含むため、このような結果が得られたものと思われる。

関節可動域および筋力に関しては、股関節外旋可動域、足関節背屈可動域、股関節屈曲可動域および膝伸展力の 4 項目が、転倒の予測因子となることが認められた (表 4.4)。これまで、股関節外旋可動域の減少が転倒の発生率に影響することを示した報告はなされておらず、本研究が初の報告となる。また、足関節背屈可動域、股関節屈曲可動域および膝伸展力の結果については、非転倒者と転倒者を比較し、後者の方がこれら 3 項目の測定値が低いことを観察した先行研究の知見とよく一致する (Nitz and Low-Choy, 2004; Menz et al., 2006; Gehlsen and Whaley, 1990; Asakawa et al., 1996)。本実験の結果からは、股関節外旋可動域の低下を抑制する処置を施すことによって、転倒のリスクが大きく低下することが示唆され、今後これを実証する研究を行う必要がある。

転倒、運動能力、関節可動域・筋力の三者の関係では、一貫した結果は得られなかった。実験 2 では、パフォーマンステストの説明変数は、Five Times Sit-to-Stand Test では股関節伸展可動域と膝屈曲力、Timed Up and Go Test では足関節底屈可動域と膝伸展力であることが観察された。実験 2 で説明変数となった 4 項目の中で、本実験の転倒予測因子となったものは、標準化正準判別係数が最も低い膝伸展力だけであった。この原因については、現段階ではよく分からない。

以上の結果から、股関節外旋可動域の低下を抑制する処置を施すことによって、転倒のリスクが大きく低下することが示唆された。転倒、運動能力、関節可動域・筋力の三者の関係については、一貫した結果は得られなかった。

4.5 総括

本実験では、65 歳以上の女性高齢者 81 名を、過去 1 年間に転倒経験がある転倒群と転倒経験がない非転倒群と分類し、関節可動域、筋力および運動能力が転倒に及ぼす影響を

検討し、以下の結果を得た。

- (1) 関節可動域については、非転倒群と比べ転倒群において、股関節屈曲可動域、股関節外旋可動域および足関節背屈可動域が低値であることが示された。
- (2) 筋力については、非転倒群と比べ転倒群において、膝伸展力が低値であることが示された。
- (3) 関節可動域および筋力では、1) 股関節外旋可動域、2) 足関節背屈可動域、3) 股関節屈曲可動域および 4) 膝伸展力が転倒の予測因子となること、また、標準化正準判別係数は、1) > 2) > 3) > 4) の順であることが示された。
- (4) 運動能力では、立ち上がり能力および移動能力が転倒の予測因子となること、また、標準化正準判別係数は、立ち上がり能力 > 移動能力の順であることが示された。

以上の結果から、股関節外旋可動域の低下を抑制する処置を施すことによって、転倒のリスクが大きく低下することが示唆された。関節可動域・筋力、運動能力および転倒の三者の関係については、一貫した結果は得られなかった。

第 5 章

総合考察

5.1 本研究の特徴

若齢者と比べ高齢者では、転倒が発生する確率が高く、また、転倒によって重傷を負う事例が多くみられる (Sattin et al., 1990)。そのため、高齢者にとって転倒は、要支援・要介護となる大きな要因の一つであり (厚生労働省, 2013)、転倒の発生を未然に防ぐ策を講じることは、高齢者の QOL を担保するうえで重要な事項である。

体の重心が支持面から逸脱することによって生じる転倒が、高齢者に発生しやすいのは、主として運動能力が低下しているためであると考えられている (Callisaya et al., 2016; Criter and Honaker, 2016; O'Brien et al., 1997; Tromp et al., 2001)。運動能力の大小は、下肢の筋力や関節可動域によって大きく規定されることが認められている (Menz et al., 2013)。先行研究では、「筋力と関節可動域との関係」(Gerety et al., 1993)、「関節可動域と運動能力との関係」(Spink et al., 2011)、「運動能力と転倒との関係」(Graafmans et al., 1996)あるいは「関節可動域と転倒との関係」(Gehlsen and Whaley, 1990)などが個々に検討されてきた。また、関節可動域に関する研究では、関節可動域のパラメーターとして、下肢関節可動域数項目の合計が用いられてきた (Beissner et al., 2000)。このような先行研究に対して、本研究では、「関節可動域、筋力、運動能力および転倒との関係」を包括的に検討したこと、また、個々の関節可動域を対象に分析したことに特徴がある。

5.2 関節可動域、筋力、運動能力および転倒との関係

5.2.1 関節可動域、運動能力および転倒との関係

図 5.1 は、本研究の結果をまとめたものであり、各矢印は、矢印の始まりの項目が矢印の指す項目に対して説明変数あるいは予測因子になることを示している。転倒を運動能力との関連からみた場合、その予測因子となる項目は、立ち上がり能力および移動能力であり、この結果は、非転倒高齢者と比べ転倒高齢者ではこれらの能力が低いことを示す、Graafmans et al. (1996)、Davis et al. (1999) および Tromp et al. (2001) の先行研究と一致する。転倒

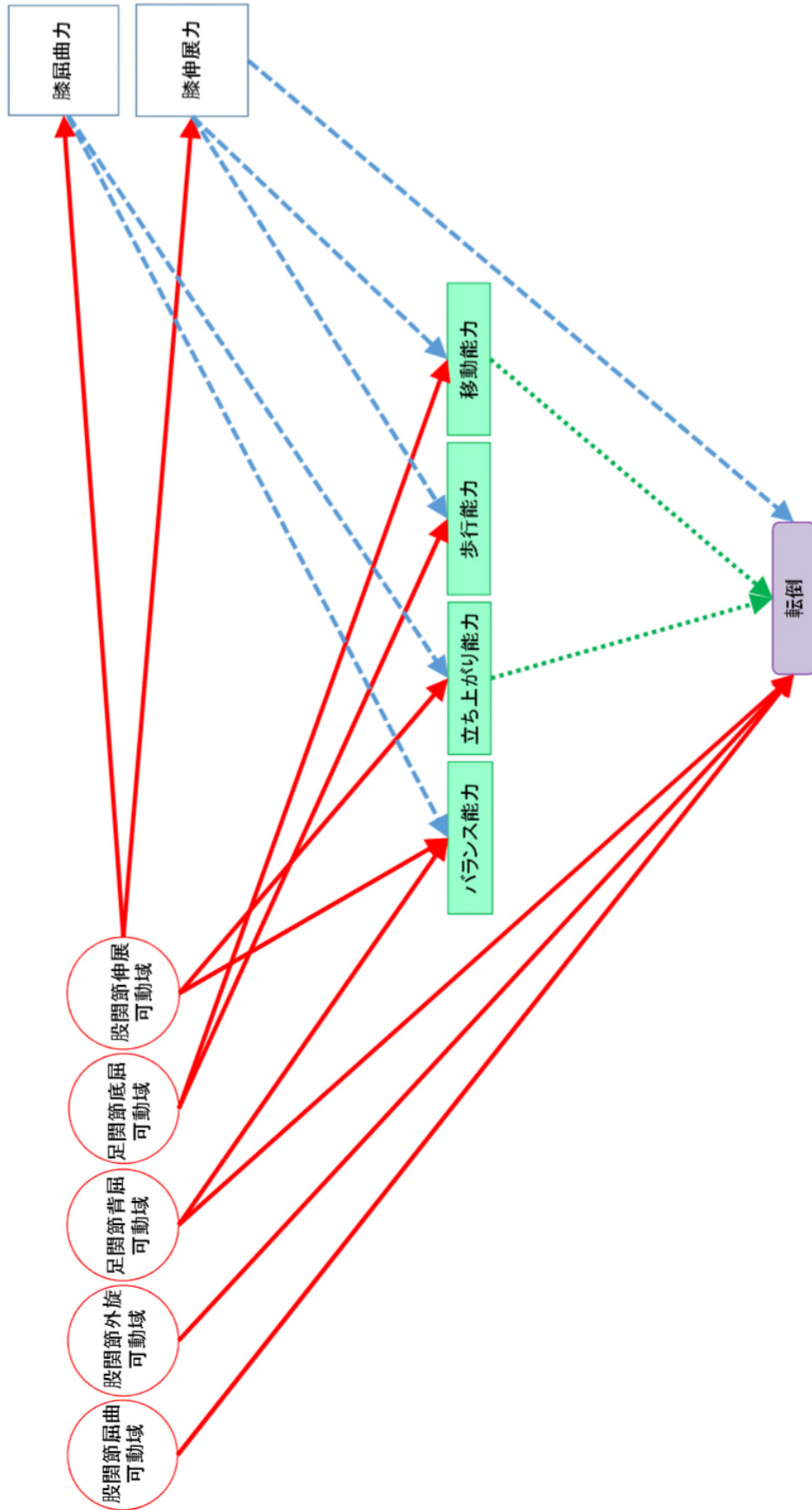


図 5.1 関節可動域、筋力、運動能力および転倒との関係。

の予測因子にはならなかったバランス能力および歩行能力について Wennie Huang et al. (2010) は、高齢者が ADL を維持するためには、本研究で検討した 4 項目全ての運動能力の低下を招かないことが重要であると指摘している。関節可動域と運動能力との関係については、立ち上がり能力に対しては股関節伸展可動域が、また、移動能力に対しては足関節底屈可動域が説明変数となることが示された。一方、転倒の予測因子にはならなかったバランス能力および歩行能力では、前者に対しては股関節伸展可動域と足関節背屈可動域が、後者に対しては足関節底屈可動域が説明変数となることが示された。

5.2.2 関節可動域と転倒との関係

転倒と関節可動域との関連からみると、転倒の予測因子となるものは、足関節背屈可動域、股関節屈曲可動域および股関節外旋可動域の 3 つであることが認められた。これらの 3 項目は、いずれも(転倒の予測因子となった)立ち上がり能力あるいは移動能力の説明変数ではなく、したがって、「関節可動域－運動能力－転倒」の間に一貫した関係は存在しないことになる。

5.2.3 筋力、関節可動域および転倒との関係

本研究では、ADL の維持に大きな役割を担う膝伸展・屈曲力 (Hasegawa et al., 2008; Rantanen et al., 2001) について検討し、膝伸展力は歩行能力と移動能力の、膝屈曲力はバランス能力と立ち上がり能力の説明変数になることが示された。このうち、移動能力と立ち上がり能力は、前述のように、転倒の予測因子である。また、膝伸展力は、転倒の直接の予測因子となることも認められた。しかしながら、膝伸展・屈曲力の説明変数となった股関節伸展可動域は転倒の直接の予測因子とはならず、ここでも一貫した関係は認められなかった。

5.3 転倒防止にむけて

本研究は関節可動域に焦点を当て、どの動作における関節可動域が運動能力や転倒に関与するののかについて明らかにしようとしたが、特定するには至らなかった。しかしながら、転倒防止あるいはADLの維持に対しては、少なくとも、股関節と足関節の種々の可動域および膝伸展・屈曲力を一定以上に保つことが重要であることが示された。

関節可動域、筋力、運動能力および転倒との間に一貫した関係が認められなかった成因については、推測の域を出ないが、運動能力に対する関節可動域と筋力の関与率に、大きな個人差があること、あるいは他の機能が一定以上であっても、1つの機能だけが極端に低く、それが転倒を誘起していることなどが考えられる。

先行研究では、高齢者において転倒が発生する要因を、数少ない項目との関連から検討してきた (Gehlsen and Whaley, 1990; Nitz and Low-Choy, 2004)。本研究の知見は、ある項目と転倒の間に因果関係が存在することを示すデータが得られたとしても、そのことから転倒の要因を断定することは危険であることを示すものである。一貫した結果が認められなかったことは、転倒発生の要因を最大公約数的に抽出することはできず、転倒防止を目的に何らかの処置を施す場合、個々人の身体的特性に目を向けることが重要であることを示唆する。

5.3 今後の課題

本研究では、関節可動域、筋力および運動能力に着目して転倒との関連を検討し、上述のような結果を得た。今後の課題としては、(1) これらの身体機能を規定する要因 (運動習慣、生活環境、神経機能など) を明らかにすること、(2) 運動能力の向上あるいは転倒予防のための運動介入プログラムを、個々人の身体的特性に応じて作成し、その効果を検討することなどがあげられる。

第 6 章

結 語

本研究では、女性高齢者を対象とし、関節可動域、筋力、運動能力および転倒との関連性を3つの実験から検討し、以下の結果を得た。

6.1 関節可動域と膝伸展・屈曲力との関係（実験1）

本実験の目的は、下肢の関節可動域7項目と脚筋力との関係を検討することであった。95名の女性高齢者（65～83歳）を対象に、筋力については、膝伸展および屈曲力を、また、関節可動域については、股関節屈曲、股関節伸展、股関節外転、股関節内転、股関節外旋、股関節内旋および膝関節屈曲の可動域を測定した。膝伸展力あるいは膝屈曲力を従属変数と、関節可動域を独立変数としたステップワイズ重回帰分析を行ったところ、両筋力に対して、股関節伸展可動域が説明変数となることが示された。

6.2 関節可動域および筋力と運動能力との関係（実験2）

本実験の目的は、下肢の関節可動域9項目および脚筋力と運動能力との関係を検討することであった。95名の女性高齢者（65～83歳）を対象に、関節可動域については、足関節背屈および足関節底屈の可動域を測定した。また、運動能力については、バランス能力、歩行能力、立ち上がり能力および移動能力を反映するパフォーマンステストを行った。関節可動域7項目および膝伸展・屈曲力については、実験1で得られた値を用いた。パフォーマンステストの成績を従属変数と、関節可動域および膝伸展・屈曲力を独立変数としたステップワイズ重回帰分析を行ったところ、バランス能力に対しては股関節伸展可動域、足関節背屈可動域および膝屈曲力が、立ち上がり能力に対しては股関節伸展可動域および膝屈曲力が、歩行能力に対しては足関節底屈可動域および膝伸展力が、また移動能力に対しては足関節底屈可動域および膝伸展力が説明変数になることが示された。

6.3 関節可動域、筋力、運動能力および転倒との関係（実験3）

本実験の目的は、下肢関節可動域 9 項目、脚筋力および運動能力と転倒との関係を検討することであった。81 名の女性高齢者（65～81 歳）を対象に、転倒経験の有無を問うアンケート調査を実施し、被験者を過去 1 年間に転倒を経験した転倒群と、経験しなかった非転倒群に類別した。関節可動域、脚筋力および運動能力については、実験 1 および 2 で得られた値を用いた。判別分析を行ったところ、関節可動域および筋力では、股関節外旋可動域、足関節背屈可動域、股関節屈曲可動域および膝伸展力が、運動能力では、立ち上がり能力および移動能力が転倒の予測因子となることが示された。

6.4 結論

本研究の結果から、(1) 転倒を防止するためには、股関節と足関節の種々の可動域および膝伸展・屈曲力を一定以上に保つことが重要であること、(2) ある項目と転倒との因果関係を示すデータが得られたとしても、それだけから転倒の要因を断定することは危険であること、および (3) 転倒防止を目的に何らかの処置を施す場合、個々人の身体的特性に目を向けることが重要であることが示唆された。本論文が、高齢者の健康寿命延長の一助となれば幸いである。

文献

1. Allander E, Björnsson OJ, Olafsson O, Sigfússon N, and Thorsteinsson J: Normal range of joint movements in shoulder, hip, wrist and thumb with special reference to side: a comparison between two populations. *Int J Epidemiol*, 3: 253–261, 1974.
2. Amis AA and Miller JH: The elbow. *Clin Rheum Dis*, 8: 571–593, 1982.
3. Aniansson A, Sperling L, Rundgren A, and Lehnberg E: Muscle function in 75-year-old men and women: a longitudinal study. *Scand J Rehabil Med Suppl*, 9: 92–102, 1983.
4. Asakawa Y, Ikezoe T, Hazaki K, Kawano I, Irie S, and Kanzaki H, Aoki N: Relationship between Falls and Knee Extension. *J Phys Ther Sci*, 8: 45–48, 1996.
5. Baker SP and Harvey AH: Fall injury in the elderly. *Clin Geriatr Med*, 1: 501–512, 1985.
6. Ball P and Jhonson GR: Reliability of hindfoot goniometry when using a flexible electrogoniometer. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 8: 13–19, 1993.
7. Beissner KL, Collins JE, and Holmes H: Muscle force and range of motion as predictors of function in older adults. *Phys Ther*, 80: 556–563, 2000.
8. Bell RD and Hoshizaki TB: Relationships of age and sex with range of motion of seventeen joint actions in humans. *Can J Appl Sport Sci*, 6:202–206, 1981.
9. Benvenuti F, Ferrucci L, Guralnik JM, Gangemi S, and Baroni A: Foot pain and disability in older persons: an epidemiologic survey. *J Am Geriatr Soc*, 43: 479–484, 1995.
10. Bergström G, Aniansson A, Bjelle A, Grimby G, Lundgren–Lindquist B, and Svanborg A: Functional consequences of joint impairment at age 79. *Scand J Rehabil Med*, 17: 183–190, 1985.
11. Bird HA and Stowe J: The wrist. *Clin Rheum Dis*, 8: 559–569, 1982.
12. Brach JS, Perera S, Studenski S, and Newman AB: The reliability and validity of measures of gait variability in community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 89: 2293–

2296, 2008.

13. Callisaya ML, Blizzard L, Martin K, and Srikanth VK: Gait initiation time is associated with the risk of multiple falls—A population-based study. *Gait and Posture*, 49: 19–24, 2016.
14. Criter RE and Honaker JA: Identifying balance measures most likely to identify recent falls. *J Geriatr Phys Ther*, 39: 30–37, 2016.
15. Davis JW, Ross PD, Nevitt MC, and Wasnich RD: Risk factors for falls and for serious injuries on falling among older Japanese women in Hawaii. *J Am Geriatr Soc*, 47: 792–798, 1999.
16. Ding L and Yang F: Muscle weakness is related to slip-initiated falls among community-dwelling older adults. *J Biomech*, 49: 238–243, 2016.
17. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, and Studenski, S: Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol*, 45: M192–M197, 1990.
18. Escalante A, Lichtenstein MJ, and Hazuda HP: Walking velocity in aged persons: its association with lower extremity joint range of motion. *Arthritis Rheum*, 45: 287–294, 2001.
19. Faulkner JA, Brooks SV, and Zerba E: Skeletal muscle weakness and fatigue in old age: underlying mechanisms. In: Cristofalo CJ, editor. *Special focus on the biology of aging*. New York: Springer, 1990.
20. Fisher NM, Pendergast DR, Gresham GE, and Calkins E: Muscle rehabilitation: its effect on muscular and functional performance of patients with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil*, 72: 367–374, 1991.
21. 古名丈人, 長崎浩, 伊藤元, 橋詰謙, 衣笠隆, 丸山仁司 : 都市および農村地域における高齢者の運動能力. *体力科学*, 44: 347–356, 1995.
22. Gehlsen GM and Whaley MH: Falls in the elderly: Part II, Balance, strength, and flexibility.

- Arch Phys Med Rehabil, 71: 739–741, 1990.
23. Gerety MB, Mulrow CD, Tuley MR, and Hazuda HP, Lichtenstein MJ, Bohannon R, Kanten DN, O'Neil MB, and Gorton A: Development and validation of a physical performance instrument for the functionally impaired elderly: the Physical Disability Index (PDI). *J Gerontol*, 48: M33–M38, 1993.
 24. Gibson MJ, Kane R, Evans JG, and Macfadyen D: *Improving the health of older people: A World View*. New York: Oxford Univ Press, 1990.
 25. Graafmans WC, Ooms ME, Hofstee HM, Bezemer PD, Bouter LM, and Lips P: Falls in the elderly: A prospective study of risk factors and risk profiles. *Am J Epidemiol*, 143: 1129–1136, 1996.
 26. Grimston SK, Nigg BM, and Engsberg JR: Difference in ankle joint complex range of motion as a function of age. *Foot Ankle*, 14: 215–222, 1993.
 27. Guralnik JM, Ferrucci L, Pieper CF, Leveille SG, Markides KS, Ostir GV, Studenski S, Berkman LF, and Wallace RB: Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the Short Physical Performance Battery. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55: M221–M231, 2000.
 28. Hasegawa R, Islam MM, Lee SC, Koizumi D, Rogers ME, and Takeshima N: Threshold of lower body muscular strength necessary to perform ADL independently in community-dwelling older adults. *Clin Rehabil*, 22: 902–910, 2008.
 29. Hill KD: *Studies of balance in older people [dissertation]*. Melbourne (Aust): Univ Melbourne, 1997.
 30. Hunter SK, Thompson MW, and Adams RD: Relationships among age-associated strength changes and physical activity level, limb dominance, and muscle group in women. *J*

- Gerontol A Biol Sci Med Sci, 55: B264–B273, 2000.
31. Isaacs B: Clinical and laboratory studies of falls in old people. Clin Geriatr Med, 1: 513–524, 1985.
 32. 伊藤元, 長崎浩, 丸山仁司, 橋詰謙, 中村隆一 : 健常老年者における最大歩行速度低下の決定因, -重心動揺と歩行率の関連-. 理学療法学, 17: 123–125, 1990.
 33. James B and Parker AW: Active and passive mobility of lower limb joints in elderly men and women. Am J Phys Med Rehabil, 68: 162–167, 1989.
 34. Kelly DL, Dainis A, and Wood GK: Mechanics and muscular dynamics of rising from a seated position. in: P.V. Komi (Ed.) Biomechanics V–B. Baltimore: University Park Press, 1976.
 35. 金俊東, 久野譜也, 相馬りか, 増田和実, 足立和隆, 西嶋尚彦, 石津雅雄, 岡田守彦 : 加齢による下肢筋量の低下が歩行能力に及ぼす影響. 体力科学, 49: 589–596, 2000.
 36. Kim MJ, Seino S, Kim MK, Yabushita N, Okura T, Okuno J, and Tanaka K: Validation of lower extremity performance tests for determining the mobility limitation levels in community-dwelling older women. Aging Clin Exp Res, 21: 437–444, 2009.
 37. 衣笠隆, 芳賀脩光, 江崎和希, 古名丈人, 杉浦美穂, 勝村俊仁, 大野秀樹 : 低体力高齢者の体力、生活機能、健康度に及ぼす運動介入の影響 (無作為化比較試験による場合). 日本運動性学雑誌, 12: 63–73, 2005.
 38. 衣笠隆, 長崎浩, 伊藤元, 橋詰謙, 古名丈人, 丸山仁司 : 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, 1994.
 39. 厚生労働省: 国民生活基礎調査, 2007.
 40. 厚生労働省: 国民生活基礎調査, 2013.
 41. Langois JA, Keyl PM, Guralnik JM, Foley DJ, Mareottoli RA, and Wallace RB: Characteristics of older pedestrians who have difficulty crossing the street. Am J Publ

- Health, 87: 393–397, 1997.
42. Loeb1 WY: Measurement of spinal posture and rang of spinal movement. *Ann Phys Med*, 9: 103–110, 1967.
 43. Mascal CL, Landel R, and Powers C: Management of patellofemoral pain targeting hip, pelvis, and trunk muscle function: 2 case reports. *J Orthop Sports Phys Ther*, 33: 647–660, 2003.
 44. 丸山仁司 : 虚弱高齢者の体力. *理学療法学*, 19: 984–989, 2002.
 45. Mathias S, Nayak US, and Isaac B: Balance in elderly patients: the “Get-up and Go” test. *Arch Phys Med Rehabil*, 67: 387–389, 1986.
 46. McAlindon TE, Cooper C, Kirwan JR, and Dieppe PA: Determinants of disability in osteoarthritis of the knee. *Ann Rheum Dis*, 52: 258–262, 1993.
 47. McKay MJ, Baldwin JN, Ferreira P, Simic M, Vanicek N, Burns J: Normative reference values for strength and flexibility of 1,000 children and adults. *Neurology*, 88: 36–43, 2017.
 48. Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, and O’ Sullivan SB: Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: a correlational study. *Phys Ther*, 80: 1004–1011, 2000.
 49. Medeiros HB, De Araújo DS, and De Araújo CG: Age-related mobility loss is joint-specific: an analysis from 6,000 Flexitest results. *Age (Dordr)*, 35: 2399–2407, 2013.
 50. Menz HB, Dufour AB, Casey VA, Riskowski JL, McLean RR, Katz P, and Hannan MT: Foot pain and mobility limitations in older adults: the Framingham foot study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 68: 1281–1285, 2013.
 51. Menz HB, Morris ME, and Lord SR: Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60: 1546–1552, 2005.

52. Menz HB, Morris ME, and Lord SR: Foot and ankle risk factors for falls in older people: a prospective study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 61: 866–870, 2006.
53. Messier SP, Glasser JL, Ettinger WH, Craven TE, and Miller ME: Declines in strength and balance in older adults with chronic knee pain: a 30-month longitudinal, observational study. *Arthritis Rheum*, 47: 141–148, 2002.
54. Moll JHM and Wright V: Normal range of spinal mobility. *Ann Rheum Dis*, 30: 381, 1971.
55. Moreland JD, Richardson JA, Goldsmith CH, and Clase CM: Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*, 52: 1121–1129, 2004.
56. 内閣府 : 平成 22 年度高齢者の住宅と生活環境に関する意識調査結果, 2010.
57. 中比呂志, 出村慎一, 松沢甚三郎 : 高齢者における体格・体力の加齢に伴う変化及びその性差. *体育学研究*, 42: 84–96, 1997.
58. 中村一平, 奥田昌之, 鹿毛治子, 國次一郎, 杉山真一, 芳原達也, 浅海岩生 : ファンクショナルリーチテストとその他のバランス評価法との関係. *理学療法学*, 21: 335–339, 2006.
59. Nashner LM and McCollum G: The organization of human postural movements: a formal basis and experimental synthesis. *Behav Brain Sci*, 8: 135–172, 1985.
60. Nevitt MC, Cummings SR, and Hudes ES: Risk factors for injurious falls: a prospective study. *J Gerontol*, 46: M164–M170, 1991.
61. 新野直明, 安村誠司, 芳賀博, 上野春代, 太島美栄子, 樋口洋子 : 農村部在宅高齢者を対象とした転倒調査 —季節別にみた転倒者の割合と転倒発生状況—. *日本公衆衛生雑誌*, 42: 975–981, 1995.
62. Nitz JC and Low-Choy N: The relationship between ankle dorsiflexion range, falls and activity level in women aged 40 to 80 years. *NZ J Physiother*, 32: 121–125, 2004.

63. Norkin CC and White DJ: Measurement of joint motion: A guide to goniometry. Philadelphia, PA: FA Davis Co, 2011.
64. O' Brien K, Culham E, and Pickle B: Balance and skeletal alignment in a group of elderly female fallers and nonfallers. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52: B221–B226, 1997.
65. Odonkor CA, Thomas JC, Holt N, Latham N, VanSwearingen J, Brach JS, Leveille SG, Jette A, and Bean J: A comparison of straight- and curved-path walking tests among mobility-limited older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 68: 1532–1539, 2013.
66. Overstall PW, Exton-Smith AN, Imms FJ, and Johnson AL: Falls in the elderly related to postural imbalance. *Br Med J*, 1: 261–264, 1977.
67. Ozyemisci-Taskiran O, Gunendi Z, and Tas N: Assessment of isokinetic knee flexor and extensor strength and balance ability in the elderly. *Turk J Geriatr*, 14: 1–8, 2011.
68. Podsiadlo D and Richardson S: The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*, 39: 142–148, 1991.
69. Powers SK, Talbert EE, and Adhietty PJ. Reactive oxygen and nitrogen species as intracellular signals in skeletal muscle. *J Physiol*, 589: 2129–2138, 2011.
70. Rantanen T, Era P, and Heikkinen E: Maximal isometric strength and mobility among 75-year-old men and women. *Age Ageing*, 23: 132–137, 1994.
71. Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L, Penninx BW, Leveille S, Sipilä S, and Fried LP: Coimpairments as predictors of severe walking disability in older women. *J Am Geriatr Soc*, 49: 21–27, 2001.
72. Roach KE and Miles TP: Normal hip and knee active range of motion: the relationship to age. *Phys Ther*, 71: 656–665, 1991.
73. Robinett CS and Vondran MA. Functional ambulation velocity and distance requirements in rural and urban communities. *Phys Ther*, 68: 1371–1372, 1988.

74. Rodosky MW, Andricchi TP, and Anderson GB: The influence of chair height on lower limb mechanics during rising. *J Orthop Res*, 7: 266–271, 1989.
75. Rogers MA and Evans WJ: Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. *Exerc Sport Sci Rev*, 21: 65–102, 1993.
76. Sattin RW, Lambert Huber DA, DeVito CA, Rodriguez JG, Ros A, Bacchelli S, Stevens JA, and Waxweiler RJ: The incidence of fall injury events among the elderly in a defined population. *Am J Epidemiol*, 131: 1028–1037, 1990.
77. Shinakai S, Watanabe S, Kumagai S, Fujiwara Y, Amano H, Yoshida H, Ishizaki T, Yukawa H, Suzuki T, and Shibata H: Walking speed as a good predictor for onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing*, 20: 441–446, 2000.
78. 柴田博 : 地域高齢者における転倒・骨折に関する総合的研究. 平成7年度～平成8年度科学研究費補助金(基盤 研究A[1]) 研究成果報告書, 1997.
79. Spink MJ, Fotoohabadi MR, Wee E, Hill KD, Lord SR, and Menz HB: Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 92: 68–75, 2011.
80. Stathokostas L, Little RM, Vandervoort AA, and Paterson DH: Flexibility training and functional ability in older adults: a systematic review. *J Aging Res*, 2012:306818, 2012.
81. Steffen TM, Hacker TA, and Mollinger L: Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: six-minute walk test, berg balance scale, timed up and go test, and gait speeds. *Phys Ther*, 82: 128–137, 2002.
82. Stubbs NB, Fernandez JE, and Glenn WM: Normative data on joint ranges of motion for 25 to 54 year old males, *Int J Ind Ergonomics*, 12: 265–272, 1993.
83. Sullivan MS, Dickinson CE, and Troup JD: The influence of age and gender on lumbar spine sagittal plane range of motion. *Spine (Phila Pa 1976)*, 19: 682–686, 1994.

84. 鈴木隆雄, 杉浦美穂, 古名丈人, 西沢 哲, 吉田英世, 石崎達郎, 金憲経, 湯川晴美, 柴田博 : 地域高齢者の転倒発生に関連する身体的要因の分析的研究 : 5年間の追跡研究から. 日本老年医学会雑誌, 6: 472-478, 1999.
85. 田井中幸司, 船倉麻衣子, 青木純一郎 : 在宅高齢者の脚筋力および歩行能力の加齢変化. 理学療法学, 31: 385-390, 2004.
86. Tiedemann A, Shimada H, Sherrington C, Murray S, and Lord S: The comparative ability of eight functional mobility tests for predicting falls in community-dwelling older people. *Age Ageing*, 37: 430-435, 2008.
87. Tinetti ME and Powell L: Fear of falling and low self-efficacy: a case of dependence in elderly persons. *J Gerontol*, 48 Spec No: 35-38, 1993.
88. Tinetti ME: Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc*, 34: 119-126. 1986.
89. Tinetti ME, Speechley M, and Ginter SF: Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med*, 319: 1701-1706, 1988.
90. Tromp AM, Pluijm SMF, Smit JH, Deeg DJ, Bouter LM, and Lips P: Fall-risk screening test: a prospective study on predictors for falls in community-dwelling elderly. *J Clin Epidemiol*, 54: 837-844, 2001.
91. Vandervoort AA, Chesworth BM, Cunningham DA, Rechnitzer PA, Paterson DH, and Koval JJ: An outcome measure to quantify passive stiffness of the ankle. *Can J Public Health*, 83 (suppl 2): S19-S23, 1992.
92. Vellas B, Wayne S, Romero L, Baumgartner R, and Garry P: Fear of falling and restriction of mobility in elderly fallers. *Age Ageing*, 26: 189-193, 1997.
93. Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Newman AB, Nevitt M, Rubin SM, Simonsick EM, and Harris TB: Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors

- of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60: 324–333, 2005.
94. Walker JM, Sue D, Miles-Elkousy N, Ford G, and Trevelyan H: Active mobility of the extremities in older subjects. *Phys Ther*, 64:919–923, 1984.
95. Wennie Huang WN, Perera S, Vanswearingen J, and Studenski S: Performance measures predict onset of activity of daily living difficulty in community-dwelling older adults. *J Am Geriatr Soc*, 58: 844–852, 2010.
96. 安村誠司, 芳賀博, 永井晴美, 柴田博, 岩崎清, 小川裕, 阿彦忠之, 井原一成 : 地域の在宅高齢者における転倒発生率と転倒状況. *日本公衆衛生雑誌*, 38: 735–742, 1991.
97. Youdas J, Garrett T, Suman V, Bogard C, Hallman H, and Carey J: Normal range of motion of the cervical spine. An initial goniometric study. *Phys Ther*, 72: 16–26, 1992.

謝 辞

本稿を終えるにあたり、ご指導・ご鞭撻を頂いた多くの方々に深甚なる謝意を表します。博士課程の最初から、終始親切なご指導を頂いた山崎 昌廣 教授、論文の完成にあたり親切かつ丁寧なご指導を頂いた和田 正信 教授、最後まで激励とご指導を頂いた木庭 康樹 准教授に心から深く感謝いたします。また、論文の内容にあたり、ご観覧ならびご助言頂いた長谷川 博 教授、坂田 桐子 教授に感謝いたします。また、研究は自分だけで評価するのではなく、他者の視点や他分野・他領域の観点から見ること大事であることを先生方のご指導により学びました。

そして、論文作成にあたり、困った時にいつでも駆けつけてくださった三木 由美子先輩、竹内 亮先輩に深く感謝申し上げます。

寺西地域センターに体力測定実施を依頼する電話をかけたことをきっかけに、寺西女性会の片山 節子さんからご助力を頂いたことで、地域住民を対象とした研究をスタートさせることができました。引き続き、東広島市役所の健康増進課の坂見 晴子さん、東広島市総合福祉センターの中川 咲子さん、寺西地域センターの中島 郁子さん、八本松地域センターの寺江 紀子さんからもご協力頂いたことで、この博士研究を無事に完成させることができましたと思います。本当にありがとうございました。また、体力測定を受けて頂いた東広島市の住民の方々に心から感謝しております。

最後になりますが、三木 由美子先輩から聞いた「謙虚さを忘れずに前に進めばできる」という言葉、その通りに、頭をもっと下げ、自分の研究、自分の道を歩いていきます。