

ト後半3分間における呼吸代謝を計測した(歩行時)。安静時ならびに歩行時の酸素摂取量(平均値)は、6分間歩行の平均歩行速度で除することによってエネルギー効率(ml/kg/m)に換算された。

歩行速度は、全長6.5mの歩行路を通常速度で歩き、その中間路(2.4m)における所要時間を計測して歩行速度を算出した。歩行テストは通常速度で10回試行し、杖や歩行器などの補助具の使用はできる限り控えた。

歩容評価には、シート式足圧接地足跡計測装置(ウォーク Way MW-1000, ANIMA社)を用いた。指標として採用したのは、スピード(m/s)、ケーデンス(歩/min)、ストライド長(cm)とそれぞれの変動係数(CV)とした。

各評価指標における介入の効果判定には線形混合モデルを用いた。群と期間の交互作用が認められた場合は、Bonferroniの方法で単純主効果の有無を判定した。統計ソフトはSPSS19.0を用い、すべての統計解析は有意水準を5%未満とした。

要介護高齢者に対する歩行支援機器の適用可能性について

【対象者】

株式会社ツクイの通所サービスを利用する65歳以上の要支援・要介護認定者(要介護3以上は除外)とした。研究協力が得られた全国20事業所を対照施設(10事業所)と介入施設(10事業所)に無作為割付し、各事業所で対象者条件を満たす137名を決定した。対象者決定までのフローを図2に示す。

【介入】

介入事業所では、通所サービス利用時に通常の機能訓練に加えて歩行アシストを用いた介入プログラムを実施した。歩行介入は各施設専任の理学療法士が担当し、対象者に応じた個別の介入プログラムを実施した。施設間の介入プログラムに統一性をもたせるため、担当者は事前の研修会を受講し介入プログラムの基本指針についての理解を深めた。

対照施設では、同一期間中は通常のケア・サービスと機能訓練のみ実施した。

【評価項目】

握力、開眼片足立ち時間、6mの通常ならびに最大歩行速度、歩行の安定性評価としてDynamic gait indexを実施した

握力はスメドレー式握力計を用いて利き手の最大筋力を1回測定し、これを測定値とした。開眼片足立ち時間は、片足での立位保持時間を2回計測し、良い方(最大1分)の記録を測定値に採用した。歩行速度は、前後に2mずつの予備路を設けた6mの歩行路を通常および最大速度で歩き、その際の所要時間を歩行速度に換算した。いずれも試行回数は1回とし、必要に応じて歩行補助具を使用した。DGIは、さまざまな条件下で歩行した際の適応能力を得点化する評価尺度で、点数が高いほど歩行の安定性が高いことを表す。

すべての検査は、機能評価に精通した各事業所の理学療法士もしくは作業療法士が担当した。また、検査者間における測定バイアスを最小限にするため、担当者は事前の研修を受講し、同一の測定マニュアルに従って検査を実施した。

各評価指標における介入の効果判定に

は線形混合モデルを用いた。群と期間の交互作用が認められた場合は、Bonferroniの方法で単純主効果の有無を判定した。統計ソフトはSPSS19.0を用い、すべての統計解析は有意水準を5%未満とした。

(倫理面への配慮)

本研究は、国立長寿医療研究センター倫理・利益相反審査の承認を得て実施した。

C. 研究結果

虚弱高齢者に対する歩行支援機器の長期効果について

握力、開眼片足立ち時間、TUG、椅子起立時間、6分間歩行距離の変化を介入前後で比較した。その結果、開眼片足立ち時間 ($p = 0.12$)、TUG ($p = 0.09$)、椅子起立時間 ($p = 0.05$) はいずれも群と期間の交互作用を認めなかった。これに対して、握力 ($p < 0.01$) と6分間歩行距離 ($p < 0.01$) では交互作用が認められ、このうち6分間歩行距離では、歩行群とアシスト群において介入前後における単純主効果が認められた (図3)。

次に、6分間歩行テストにおける酸素摂取量の結果から歩行効率を算出し、介入前後で比較した。その結果、群と期間の交互作用は認められず ($p = 0.94$)、介入後の歩行効率は介入前より悪化する傾向を示した (図3)。

歩行機能ならびに歩容評価として歩行速度、ケーデンス、ストライド長とそれぞれのCV値の変化を介入前後で比較した。その結果、歩行速度 ($p < 0.01$) とストライド長 ($p < 0.01$) では群と期間の交互作用が認められ、歩行群とアシスト群

においては介入前後における単純主効果が認められた (図4)。

要介護高齢者に対する歩行支援機器の適用可能性について

握力 ($p = 0.16$)、開眼片足立ち時間 ($p = 0.21$)、最大歩行速度 ($p = 0.07$) はいずれも群と期間の交互作用を認めなかった。これに対して、通常歩行速度 ($p = 0.05$) とDGI ($p = 0.02$) では交互作用が認められ、部分的ではあるが介入群の歩行機能が有意に向上した (図5)

D. 考察

虚弱高齢者に対する歩行支援機器の長期効果を検証した結果、運動群 (歩行群とアシスト群) の歩行速度とストライド長は介入3ヶ月後を過ぎても改善し、介入前と比較すると大きな変化を示した。また、歩行速度とストライド長の経時変化は極めて類似性が高いことから、歩行速度の改善はストライド長の増加によるものと推察された。今回の介入プログラムでは、開始3か月後から介入頻度を半減させたが、歩行機能は低下せずむしろ向上しており、この結果は効率的な介入プログラムを開発するうえで有益な成果といえる。また、歩行速度は将来のADL障害をよく予測することが知られており (Furuna et al. 1998, Shinkai et al. 2000)、長期的には将来の要介護状態を予防できる可能性が高いと思われる。今後は、今回用いた介入プログラムが機能面だけでなく将来の要介護状態を予防できるか否かについても検証する必要がある。

一方、歩行群とアシスト群に認められ

た歩行機能の改善は、両者の間で有意な違いを認めず、この点では短期（3 か月間）の介入結果と概ね一致した。すなわち、運動による介入効果は認められたが、歩行支援機器を用いた運動が通常の運動と比較して有効であるかどうかは、今回の介入試験からも明らかにならなかった。本研究で使用した歩行アシストは、身体に負荷をかけてトレーニングするための機器ではなく、歩行時のリズムを整えて歩行効率を向上させるための運動学習に有効な機器であり、その効果は装着下での運動時間に比例すると考えられる。今回の介入試験では、9 か月間という長期の介入期間を設けたが、後半 6 か月間の介入頻度は週 1 回と少なく、総運動量(実施頻度と時間)としては不十分であった可能性がある。また、対象者に前虚弱状態の比較的健康的な高齢者が含まれていたため、今回実施した低負荷でのトレーニングでは効果が十分に認められなかった可能性もある。歩行アシストを用いた介入効果を最大限引き出すためには、介入対象や方法について更なる検討が必要であろう。

次に、要介護高齢者に対する歩行支援機器の介入効果を検証した結果、歩行速度に加えて歩行の安定性を評価する DGI の得点が有意に改善した。虚弱高齢者を対象とした介入結果との共通点として、歩行速度の向上が挙げられ、このような歩行機能の改善効果は今回使用した歩行支援機器の注目すべき効果といえるだろう。また、歩行の安定性を評価する DGI の得点が有意に改善した点は興味深い。本研究で使用した歩行支援機器は、歩行

動作の左右差を均一化する機能がある。過去の予備実験では、ストライド長や歩調の左右差がアシスト歩行中に減少することを確認しており、結果として歩行の安定性が向上する可能性は予想されていたが、今回の結果はその仮説を裏付けるものであった。その一方で、静的なバランス機能の評価する開眼片足立ち時間では介入効果が認められず、歩行時の動的なバランス機能のみが改善したことからも、アシスト歩行によるバランス機能の改善効果は歩行動作に限定した特異的变化といえるかもしれない。このような歩行支援機器の使用効果とその作用機序を明らかにするためにも、より客観的かつ詳細な介入評価が今後も望まれる。

E. 結論

今回、歩行アシストを用いた運動介入によって運動機能が改善するか、様々な条件下で検証した。その結果、虚弱高齢者では歩行速度やストライド長が有意に増大し、このような変化は介入 3 か月を過ぎても認められたが、歩行支援機器を用いた運動が通常の運動と比較して有効であるかどうかは明らかにならなかった。一方、要介護高齢者では歩行速度に加えて歩行の安定性が有意に改善した。今回の介入プログラムは、虚弱ならびに要介護高齢者の歩行機能改善に有効である可能性が示唆されたが、歩行アシストを用いた介入効果を最大限引き出すためには、介入対象や方法について更なる検討が必要であろう。

F. 研究発表

1. 論文発表

Shimada H, Ishii K, Ishiwata K, Oda K, Suzukawa M, Makizako H, Doi T, Suzuki T. Gait adaptability and brain activity during unaccustomed treadmill walking in healthy elderly females. *Gait Posture*, 38: 203-208, 2013.

Shimada H, Makizako H, Doi T, Yoshida D, Tsutsumimoto K, Anan Y, Uemura K, Ito T, Lee S, Park H, Suzuki T. Combined prevalence of frailty and mild cognitive impairment in a population of elderly Japanese people. *JAMDA*, 14: 518-524, 2013.

Shimada H, Suzuki T, Suzukawa M, Makizako H, Doi T, Yoshida D, Tsutsumimoto T, Anan Y, Uemura K, Ito T, Lee S, Park H. Performance-based assessments and demand for personal care in older Japanese people. *BMJ Open*, 3: e002424, 2013.

Yoshida D, Suzuki T, Shimada H, Park H, Makizako H, Doi T, Anan Y, Tsutsumimoto K, Uemura K, Ito T, Lee S. Using two different algorithms to determine the prevalence of sarcopenia. *Geriatr Gerontol Int*, 14 (Suppl. 1): 46-51, 2014.

Yoshida D, Shimada H, Park H, Anan Y, Ito T, Harada A, Suzuki T. Development of an equation for estimating appendicular skeletal muscle mass in Japanese older adults using bioelectrical impedance

analysis. *Geriatr Gerontol Int*, (in press).

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

Hashidate H, Shimada H, Shiomi T, Shibata M, Sawada K, Sasamoto N. Measuring indoor life-space mobility at home in frail older adults with difficulty to perform outdoor activities. *J Geriatr Phys Ther*, 36: 109-114, 2013.

Yoshimatsu T, Yoshida D, Shimada H, Komatsu T, Harada A, Suzuki T. Relation between near-infrared spectroscopy and subcutaneous fat and muscle thickness measured by ultrasonography in Japanese community-dwelling elderly. *Geriatr Gerontol Int*, 13: 351-357, 2013.

島田裕之, 吉田大輔. サルコペニア診断のための筋量、筋力の評価法. *Bone Joint Nerve*, 3(1): 61-66, 2013.

Shimada H. Glucose uptake during exercise in skeletal muscles evaluated by positron emission tomography, Chia-Hung Hsieh (Ed.), *Positron Emission Tomography - Current Clinical and Research Aspects*. InTech, Croatia, 2012, pp319-336.

島田裕之. Part-6 その他の介入法: 運動,

葛谷雅文・雨海照祥（編），栄養・運動で予防するサルコペニア．医歯薬出版株式会社，東京，2013，pp134-139

2. 学会発表

小林修，林悠太，波戸真之介，鈴木芽久美，石本麻友子，今田樹志，秋野徹，島田裕之．独居高齢者の在宅生活継続に重要な生活機能．第 48 回日本理学療法学術大会，名古屋，2013 年 5 月 24 日．

阿南祐也，吉田大輔，牧迫飛雄馬，島田裕之，朴眩泰，土井剛彦，堤本広大，上村一貴，李相侖，伊藤忠，鈴木隆雄．地域在住高齢者における虚弱評価の再考．要介護認定および転倒と虚弱の各構成要素との関連．第 48 回日本理学療法学術大会，名古屋，2013 年 5 月 24 日．

吉田大輔，阿南祐也，伊藤忠，島田裕之，牧迫飛雄馬，朴眩泰，李相侖，土井剛彦，堤本広大，上村一貴，鈴木隆雄．生体インピーダンス値によって高齢者の四肢筋量を推定する回帰式の作成．第 48 回日本理学療法学術大会，名古屋，2013 年 5 月 24 日．

牧迫飛雄馬，島田裕之，吉田大輔，阿南祐也，伊藤忠，土井剛彦，堤本広大，上村一貴，Brach Jennifer，朴眩泰，李相侖，鈴木隆雄．日本語版一改訂 Gait Efficacy Scale の信頼性および妥当性．第 48 回日本理学療法学術大会，名古屋，2013 年 5 月 25 日．

波戸真之介，林悠太，石本麻友子，今田

樹志，小林修，秋野徹，鈴木芽久美，島田裕之．要介護高齢者における認知機能の低下が運動機能の変化に及ぼす影響の検討．第 48 回日本理学療法学術大会，名古屋，2013 年 5 月 25 日．

伊藤忠，島田裕之，吉田大輔，牧迫飛雄馬，阿南祐也，土井剛彦，堤本広大，上村一貴，朴眩泰，李相侖，鈴木隆雄．地域在住高齢者における転倒経験者と非経験者の近赤外線分光法(NIRS)を利用した筋量評価．第 48 回日本理学療法学術大会，名古屋，2013 年 5 月 25 日．

石本麻友子，林悠太，鈴木芽久美，波戸真之介，今田樹志，小林修，秋野徹，島田裕之．世帯構成からみた要介護高齢者の心身機能の特徴．第 48 回日本理学療法学術大会，名古屋，2013 年 5 月 25 日．

平井達也，島田裕之，牧公子，梅木将史，関谷真紀子，壹岐英正，岩田容子．施設入所高齢者の移乗による転倒要因調査に関する多施設間研究．転倒回避能力評価の有用性．第 48 回日本理学療法学術大会，名古屋，2013 年 5 月 26 日．

鈴木芽久美，林悠太，金谷勇歩，島田裕之．転倒による下肢骨折者における 1 年半後の歩行能力に影響を及ぼす要因．第 48 回日本理学療法学術大会，名古屋，2013 年 5 月 26 日．

林悠太，鈴木芽久美，波戸真之介，石本麻友子，今田樹志，秋野徹，小林修，島田裕之．要介護高齢者における排泄関連

動作の低下と心身機能との関連. 第 48 回日本理学療法学術大会, 名古屋, 2013 年 5 月 26 日.

今田樹志, 波戸真之介, 鈴川芽久美, 林悠太, 石本麻友子, 小林修, 秋野徹, 島田裕之. 要介護高齢者における上下肢機能と ADL との関連. 第 48 回日本理学療法学術大会, 名古屋, 2013 年 5 月 26 日.

秋野徹, 波戸真之介, 鈴川芽久美, 林悠太, 石本麻友子, 今田樹志, 小林修, 島田裕之. 要介護高齢者の介護度の悪化に影響を及ぼす要因の検討～4212 名を対象とした 2 年間の追跡調査～. 第 48 回日本理学療法学術大会, 名古屋, 2013 年 5 月 26 日.

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

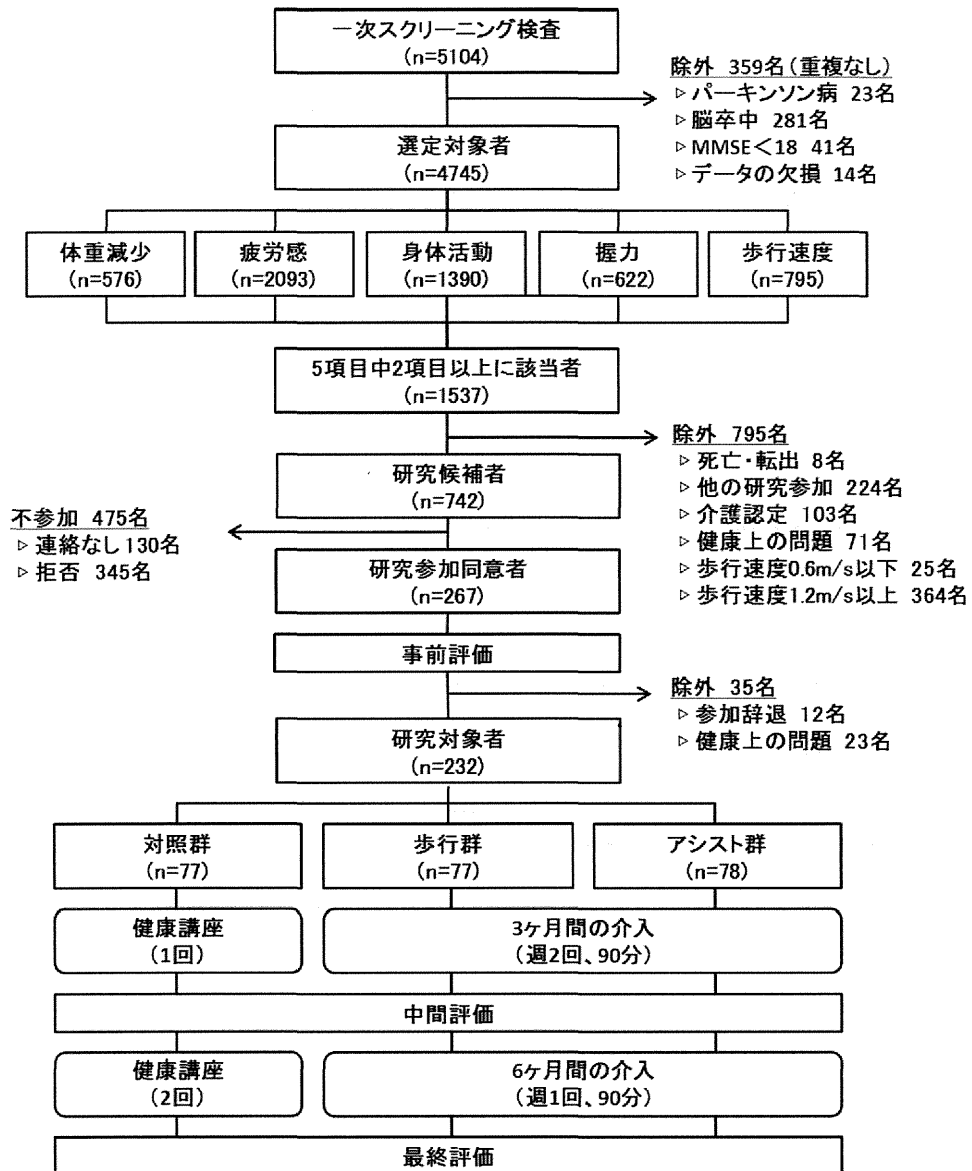


図 1 虚弱高齢者の介入フロー

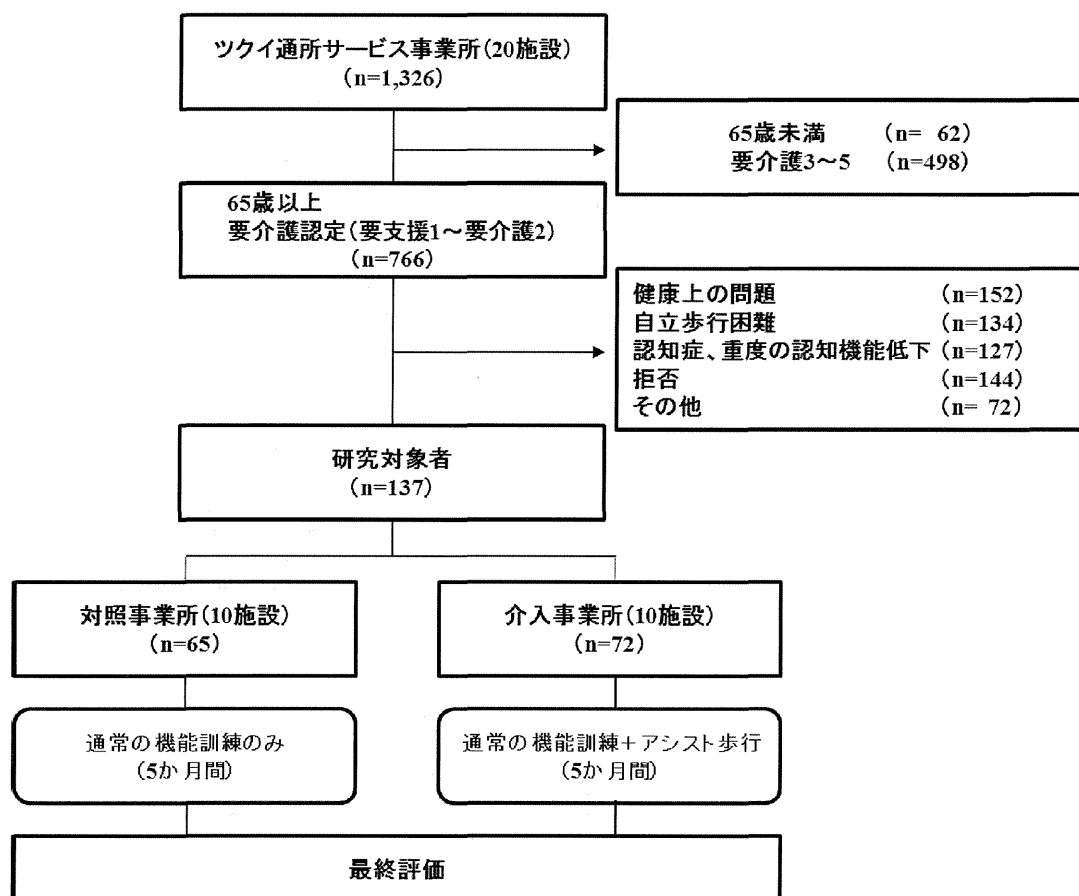
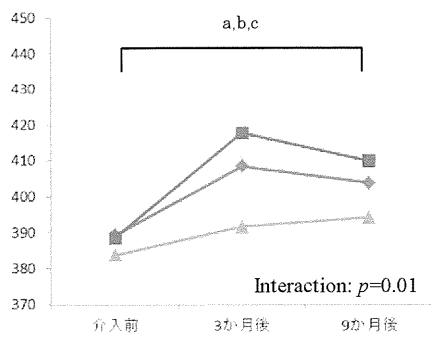
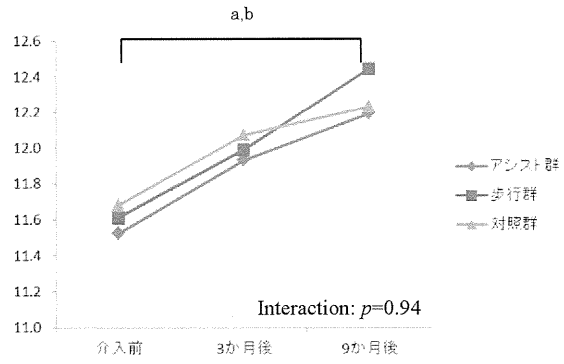


図 2 要介護認定者の介入フロー

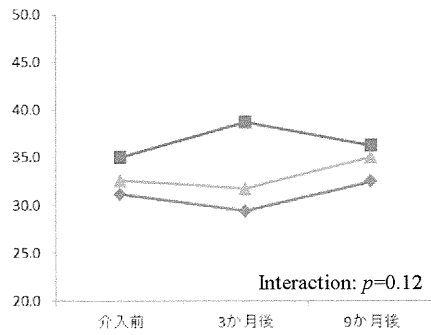
6分間歩行距離 (m)



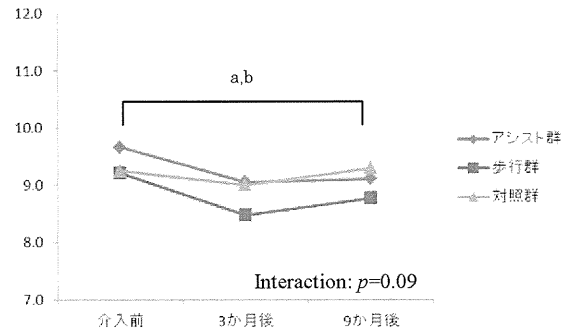
歩行効率 (ml/kg/m)



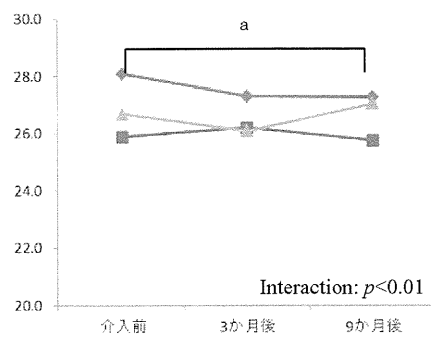
開眼片足立ち (sec)



Timed up & go test (sec)



握力 (kg)



椅子起立時間 (sec)

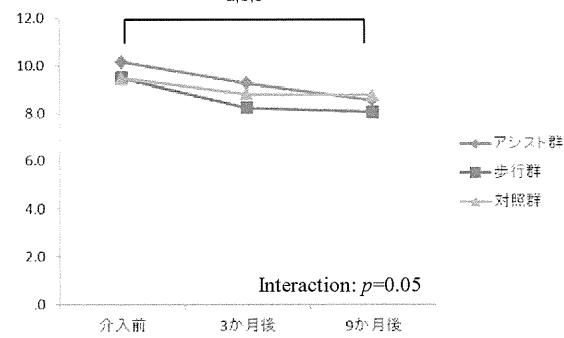
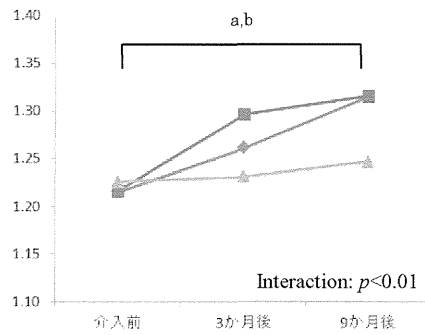
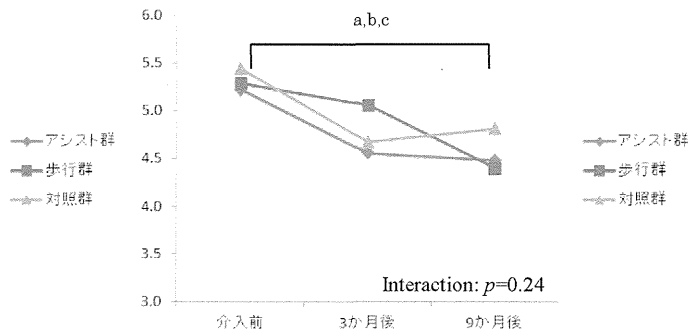


図3 虚弱高齢者に対するアシスト歩行の介入効果
(運動機能と歩行効率の比較)

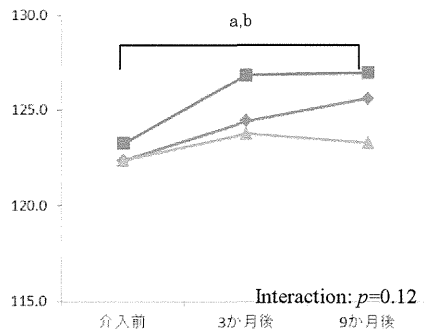
歩行速度 (m/s)



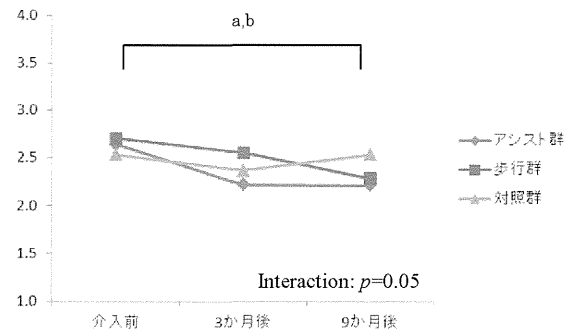
歩行速度の変動係数



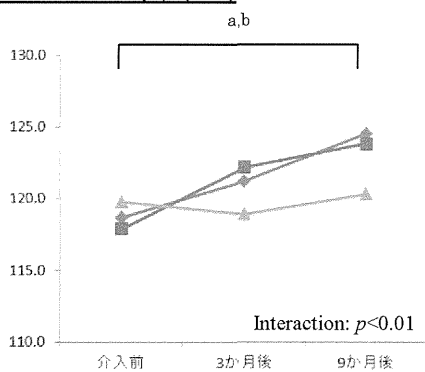
ケーデンス (step/min)



ケーデンスの変動係数



ストライド長 (cm)



ストライド長の変動係数

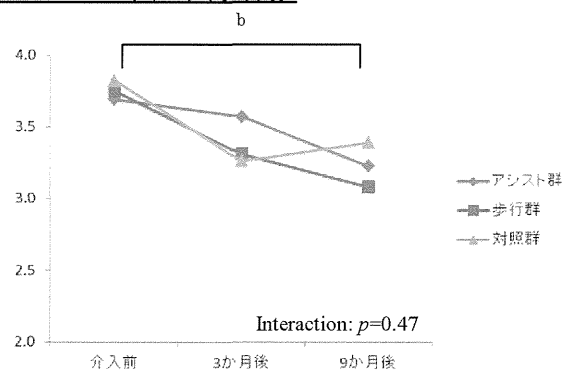
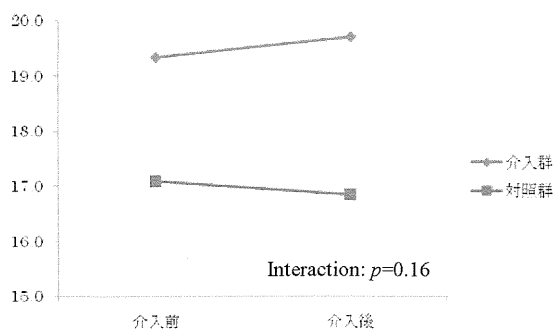
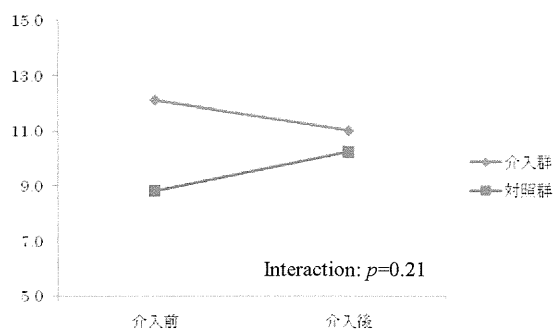


図4 虚弱高齢者に対するアシスト歩行の介入効果
(歩行速度、ケーデンス、ストライド長とその変動係数の比較)

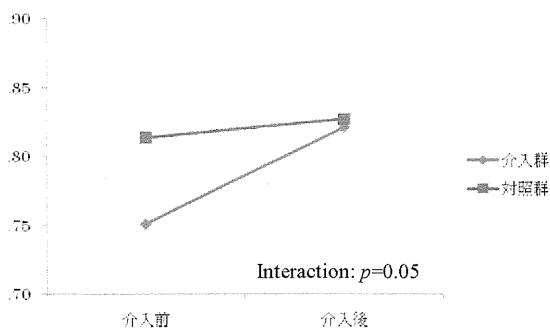
握力 (kg)



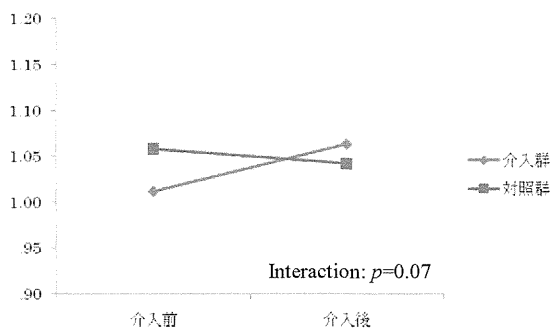
開眼片足立ち時間 (sec)



通常歩行速度 (m/s)



最大歩行速度 (m/s)



Dynamic gait index (score)

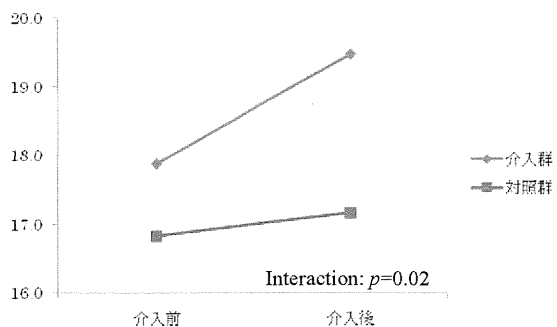


図5 要介護高齢者に対するアシスト歩行の介入効果

分担研究報告書

転倒の危険因子としての関節動揺性

分担研究者 大瀧 修一

東京都健康長寿医療センター研究所 研究副部長

研究要旨 本研究ではロジスティック回帰分析を用い、歩行時の動揺性が転倒に対して独立した影響を持つのかどうかを検討することにした。分析対象を平成 23 年度に歩行の三次元動作分析器による評価を受け、平成 24 年度の追跡調査で転倒経験の回答をした 509 名とした。転倒の調査は 1 年間の振り返りとした。Spearman の相関係数で転倒の発生と各種の身体機能に関する指標との相関を見ると、転倒の予測因子としてよく知られる、片足立ち時間($r=.125$)を除いて、歩行速度、膝関節伸展筋力、TUG とは相関が見られず、膝関節の動揺量を示す、上下動揺標準偏差($r=.178$)、側方動揺標準偏差($r=.116$)との相関が認められた。前後方向の動揺量との相関は認められなかった。このようなことから、膝関節の動揺性は転倒の予測因子として大きいことが分かった。これは、関節の動揺によって、関節からの感覚入力が減り、それによって歩行の安定性が損なわれるのではないかと考えられた。リズムアシストによる介護予防効果の傍証になると考えられる

A. 研究目的

歩行は、高齢者の高次機能の維持に重要であり (Furuna et al.1998)、介護予防のためには、歩行機能を維持することが一義的な目標となる。要介護の主要な原因の一つに転倒が挙げられるが、これは加齢により神経筋単位が減少し、歩行が不安定になる結果として生じると考えられる。現在の介護予防では、神経筋単位の減少を残された運動機能を筋力増強などによって高めることによって代償することを目指しているが、心疾患患者など、必ずしもこのような介入に適応が有る者ばかりではない。むしろ高齢者は疾病を持っているといて良く、鍛え

ることによってではなく補うことによって歩行の安定性を高めることも必要である。つまり下肢障害者にとっての車いすに匹敵するような、疾病を抱える虚弱高齢者を支える先進的な支援機器が必要と考えられる。

歩行の支援機器は、脊髄損傷への適用を中心に開発されてきた経緯があり、従来の歩行支援機器は、筋力を補うパワーアシストの視点から開発されたものが多かった。しかし、高齢者では筋力そのものは残存しているもののその調整力が衰えている場合も多く、パワーアシストの外挿は必ずしも高齢者の身体状況やニーズに叶うものとは言えない。我々は、二足歩行

のコンピュータシミュレーションにより、筋力の低下よりも、感覚器の入力が歩行の不安定性に関与していることを明らかにしており(長谷, 大淵他, 2002)、高齢期の歩行の安定性を高めるにはパワーアシストより、むしろ感覚器の入力を支援する装置がより有効ではないかと考えている。また、パワーアシスト装置は大きな出力を発生させるために、大きな電源を必要とすることから、虚弱高齢者が日常的に使うためには、装着や重量などの点で課題が残る。一方、感覚入力を支援する機器は、感覚閾値をやや超えるトリガーとなる出力を発生させれば良いだけなので、大きなパワーを必要としないことから、小さな電源で済む。すなわち、高齢者に重い支援機器を装着させない利点がある。

ところで、歩行時の感覚入力には視覚、筋の固有受容感覚、関節覚がある。とくに女性では、閉経後に性ホルモンの分泌の減少と関連して関節の動揺性が増加することが知られており、この関節の動揺性と転倒の発生に関係が認められれば、リズムアシスト機器の有用性を示す根拠となる。昨年度、我々は関節動揺性と転倒の関係を示したが、転倒は関節動揺性以外にも多くの要因が関連するため、これらの影響を排除しても関節の動揺性が転倒に影響するかを検討する必要があった。すなわち、関節動揺性が他の要因に独立して転倒に影響を与えていることを証明する必要があった。本研究では、二項ロジスティック回帰分析を用いて、関節動揺性と転倒の関係性を他の関連要因を調整した上で明らかにすることを目的とした。

膝関節動揺性の定義は現在なお議論されているところであるが(Heijink A et al. 2012)、本研究では、歩行時の大腿の下腿に対する前後移動量、上下移動量、側方移動量、内反・外反角、内旋・外旋角の標準偏差を膝関節の動揺性と定

義した。

今回用いた三次元動作解析装置(OPTOTRAK Certus, Canada)は、3m離れた測定空間で約0.01mmの分解能で一般的なビデオベースの測定器の100倍の精度を持つ。これにより、従来の測定装置では測りにくかった、歩行時の膝関節の動揺といった微少事象を測定することが可能となった。また、剛体モデルを用いることによって臨床的な下腿・大腿の動揺性と良く一致する。

B. 研究方法

1. 対象者

被験者は、東京都健康長寿医療センターにおいて平成23年10月3日～10月14日に実施した、包括的な生活機能検査「お達者健診2011」の受診者であった。受診者は、東京都板橋区の9地区に在住する65歳～84歳の全高齢者(男女7,162名)から、施設入所者や過去の健診受診者を除外した6,699名に対して案内状を送付し募集した。健診の受診者は913名で、全員が研究目的によるデータの利用に同意した。これらの対象について、1年後の平成24年9月25日～10月5日(第1回)、2年後の平成25年10月7日～10月18日(第2回)に、追跡調査を実施した。また、招へい型の健診に来場できなかった者に対しては、平成26年2月3日～2月20日に郵送調査を行った。

ベースライン調査、追跡調査ともに転倒歴の回答があった763名を本研究の分析対象者とした。

分析対象者の性・年齢階級の分布を表1、身長、体重、握力の平均値および標準偏差を表2に示す。

表 1 被験者の性・年齢階級の分布

		65-69歳	70-74歳	75-79歳	80-84歳	合計
男性	人	70	87	96	47	300
	%	23.3%	29.0%	32.0%	15.7%	100.0%
女性	人	116	184	102	61	463
	%	25.1%	39.7%	22.0%	13.2%	100.0%
合計	人	186	271	198	108	763
	%	24.4%	35.5%	26.0%	14.2%	100.0%

表 2 被験者の基本特性

		平均値	標準偏差	N
男性	身長(cm)	163.3	5.9	298
	体重(kg)	62.4	9.4	298
	握力(kgf)	32.5	6.8	295
女性	身長(cm)	150.7	5.6	463
	体重(kg)	51.1	8.2	463
	握力(kgf)	21.3	4.8	459

2. 各指標の測定

① 三次元動作解析

三次元動作解析には、OPTOTRAK Certus (Northern Digital 社製, Canada) を用いた。

1.5mm 厚のアルミプレートに 5 個の赤外線マーカを貼付した大腿用・下腿用カフを作成し、幅ゴムにて落下防止処理を施したベルクロで大腿の下中 1/3 部、下腿の上中 1/3 部にしっかりと固定した。2 つのカフの基準点として用いるため、腓骨の長軸で膝裂隙と交差する点に赤外線マーカを貼付した。合計 11 個の赤外線マーカをサンプリング周波数 100Hz で測定した。

被験者は測定路の中心部で足踏みをし、ゆっくりと歩を緩め、自然な立位となったところで、静止立位の大腿と膝の位置を測定した。この静止立位時の前額矢状軸を y 軸、前額水平軸を z 軸、矢状水平軸を x 軸と定義し、大腿・下腿の局座標を求めた。それぞれ上方、外側、前方を+とした。

被験者には、加速路 1.5m、測定路 2m、減速路 1.5m の歩行路を自然な速度で歩くように指示し、十分慣れたところで 2 回測定した。

測定終了後、静止立位の計測値を基に剛体モデルを作成し、大腿の局座標を基準に下腿の局座標に変換し、すなわち大腿に対する下腿の前後移動、側方移動、上下移動、内反・外反角、内旋・外旋角を求めた。この測定を 2 回実施した際の級内相関は、前方移動 0.950、後方移動 0.931、内側移動 0.883、外側移動 0.805、内反角 0.738、外反角 0.763、内旋角 0.860、外旋角 0.864 であり、高い再現性が確認された。

② 転倒経験

聞き取り調査により、過去 1 年間の転倒経験、転倒回数、転倒による受傷の有無を聴取し、追跡調査における転倒経験の有無は、2 回実施した調査のいずれかで複数回転倒を経験している者、いずれの調査でも転倒している者を転倒有りと定義した。

③ 運動機能検査

膝伸展筋力、開眼片足立ち時間、歩行速度、Timed Up & Go 時間 (以下、TUG とする) を測定した。

膝伸展筋力は、被験者に十分な高さのある椅子で端座位姿勢をとらせ、下腿部を下垂させ膝関節を 90 度屈曲させた開始姿勢で、等尺性最大膝関節伸展筋力を測定した。測定には、膝関節の角度、測定位置を自由に変えることのできる専用のフレームに力量計 (IsoforceGT610S : OG 技研社製) を固定した装置を用いた。さらに、関節裂隙から脛骨長軸上で筋力測定器の中央までの距離 (下腿長) をメジャーにて測定した。被験者には「ぐっと力を入れて、もっともっと」と声をかけ、最大筋力が発揮できるようにした。測定は十分な休憩を挟んで 2 回行い、長い方を測定値とした。得られた測定値は、下腿長を乗じて膝伸展トルク

(Nm) に換算した。

開眼片足立ち時間は、60cm 先の指標を注視させ、60 秒間片足で立ち続けるように指示した。足の挙げ方は自由だが、挙げた足を支持脚に接触させないこととした。2 回測定し、最大値のみを採用した。

歩行時間は加速路 3m、減速路 3m を設けた歩行路の中間 10m に要した時間をストップウォッチで計測した。通常歩行時間では、被験者に「いつも歩いている速さで歩いてください」と指示し、1 回測定した。最大歩行時間では、「できるだけ速く歩いてください」と指示し、2 回測定のうち短い方を測定値とした。

TUG 時間は、40cm の肘なし椅子から立ち上がり、3m 先の指標を回って戻ってくるまでの時間を測定した。測定は動作開始から、臀部が椅子に接触するまでの時間とした。十分な練習の後、2 回測定しいずれか速い方を測定値とした。

3. 倫理的配慮

この研究は、厚生労働省の疫学研究に関する倫理指針に則り計画し、東京都健康長寿医療センター研究所の倫理委員会の承認を得て行った。被験者は、調査内容の説明を受け、十分な質問の機会を得たうえで承諾し、書面により研究参加に同意した。

4. 統計解析

転倒の有無を従属変数、関節の動揺性・運動機能を独立変数とした二項ロジスティック回帰分析を用いた。変数の選択には尤度比を用いた変数減少法を用いた。統計解析には IBM SPSS Statistics Version 22.0.0J を用い、有意水準は 5%未満とした。

C. 研究結果

ベースライン調査では 132 名に 1 回を含む転倒経験があり、追跡調査では 89 名に複数回の転倒経験があった。このうち 49 名 (6.4%) は、追跡調査で新規に複数回の転倒を経験したものであった。

表 3. 転倒経験の有無

	追跡調査(複数転倒)		合計	
	あり	なし		
ベースライン調査 (転倒経験)	あり	40	92	132
	なし	49	582	631
合計		89	674	763

膝関節動揺性は、最大上方移動量で転倒経験なしが転倒ありに比較して小さく、最大屈曲角で大きかった (表 4、 $p<.05$)。

運動機能は、膝伸展トルクを除き全てで転倒経験による差を認めた (表 5、 $p<.05$)

ロジスティック回帰分析の結果、最大上方移動 ($p=.099$)、最大屈曲角 ($p=.006$)、開眼片足立ち時間 ($p=.014$) が独立した因子として残った (表 6)。しかし Cox-Snell、Nagalkerke の R^2 はそれぞれ 0.30、0.59 とモデルの適合度は低かった。

表 4. ベースライン調査時の膝関節動揺性とその後 2 年間の複数転倒経験の差

	2年間の複数転倒経験						$p<.05$
	あり			なし			
	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	
最大前方移動(前方+)	8.0	16.3	85	9.7	14.3	665	
最大後方移動(後方-)	-15.9	12.4	85	-16.3	10.8	665	
最大上方移動(上方+)	2.6	13.4	85	-0.3	12.0	665 *	
最大下方移動(下方-)	-19.7	13.9	85	-22.9	14.8	665	
最大内側移動(内側+)	2.2	3.7	85	1.8	5.3	665	
最大外側移動(外側-)	-7.9	8.1	85	-8.4	4.4	665	
最大屈曲角(屈曲+)	51.2	9.7	85	54.7	7.5	665 *	
最大伸展角(伸展+)	-2.8	5.2	85	-2.3	4.6	665	
最大内旋角(内旋-)	-5.7	4.7	85	-5.1	4.4	665	
最大外旋角(外旋+)	4.8	4.0	85	5.3	4.0	665	
最大内反角(内反-)	-6.9	4.1	85	-7.5	4.0	665	
最大外反角(外反+)	5.3	4.1	85	5.1	4.3	665	

表 5. ベースライン調査時の運動機能とその後 2 年間の複数転倒経験

	2年間の複数転倒経験						p<.05
	あり			なし			
	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	
開眼片足立ち時間(秒)	32.7	25.2	86	42.0	22.5	670 *	
10m通常歩行時間(秒)	8.1	2.1	86	7.5	1.7	672 *	
10m最大歩行時間(秒)	6.0	1.7	86	5.6	1.3	683 *	
TUG(秒)	7.1	3.6	86	6.3	1.7	684 *	
膝伸張トルク(Nm)	67.5	25.9	86	69.5	25.4	683	

表 6. ロジスティック回帰分析により採択されたモデル

	B	標準誤差	Wald	df	有意確率	Exp(B)
最大上方移動	-0.014	0.009	2.722	1	0.099	0.986
最大屈曲角	0.039	0.014	7.686	1	0.006	1.040
開眼片足立ち時間	0.013	0.005	6.037	1	0.014	1.013
定数	-0.465	0.716	0.422	1	0.516	0.628

D. 考察

本研究では、膝関節動揺性とその後の転倒に独立して影響を及ぼしているのかどうかを検討する事を目的にコホート調査のデータを用い多重ロジスティック回帰分析を行った。

その結果、モデルの適合度は低いもののベースライン調査での関節動揺性はモデルに投入した 2 変数ともその後の転倒と独立して関連する要因として抽出された。また、その p 値はこれまで転倒の関連で良く報告されている片足立ち時間より高く、その関与は決して小さいものではないことが分かる。とはいえ、重回帰分析の寄与率に相当する Cox-Snell の R2、Nagalkerke の R2 とともに低く、転倒を予測するには不十分であることも分かった。そもそも転倒は身体機能以外に、社会的機能、環境要因といった複合要因によってもたらされる現象であり、身体機能単独の寄与率は低い。特に、要支援高齢者など虚弱な高齢者を含まないコホートではこの傾向は顕著である。このような中においても、この関節の動揺性に関わる変数が抽出されたことは、これまで関節の動揺性が転倒の要因として議論されることはなかったが、重要な要素である事を認識すべきである。

ところで、この因果関係は新規の転倒の相関を認め、因果関係があると考えられた。また、この関係は仮説に反し、関節動揺性が少ない者の方が、転倒し易い結果であった。これは関節動揺性の代償によって説明される。Andriacci

(1990) らは、膝前十字靭帯損傷患者に歩行の運動力学を変化させることによって膝関節の安定性を高める代償行動がある事を報告している。また、このような例では冗長性がなくなることにも観察されている。今回の例も不安定な膝関節の動きを運動力学的な代償によって少なくしたものと考えられる。このような場合、相対的に関節からの入力減り、すなわち足を棒足のように固めてしまうことによって、動揺を抑えようとするために、関節の入力はもはや必要がなくなってしまうことによって、仮説とは逆の動揺性が少ない方が転倒が多い結果となったと考えられる。いずれにしても、関節の動揺性の異常と転倒発生との間に明確な関連を認めたことは、従来の研究で指摘されておらず画期的であり、地域在住高齢者の転倒リスクの早期発見に関節を固めて冗長性を下げて歩くような歩容が見られるかといったような視点を取り入れることが有用であるのではないかと考えられる。

さて、リズムアシスト機能と今回の知見の関連であるが、歩行は生理学的に一種のリズムジェネレータにより生成されていると仮説されている。すなわち、中枢神経、末梢神経、筋、腱がシステムとなって構成されることによって、律動的なリズムを作り出していると考えられる。これまでこれを証明する解剖学的な中枢機能は発見されていなかったが、近年、リズム生成機能 (Guertin PA,2012) が下部脊柱までの至る所に存在することが報告されており、このリズム生成機能の加齢による不調が転倒の一

因となると考えられる。このリズム生成機能はシステムとして存在するものであり、システムを構成する要素の減少は歩行の安定性を低める。すなわち単純なシステムは外乱を吸収する機能を持ちにくい複雑なシステムになればなるほど、不意の外乱を吸収できる。高齢期ではこのシステムが単純化する事によって転倒しやすくなっているものと考えられる。今回の知見は、このシステムの主要な構成要素である関節の感覚器入力低下が転倒の発生に影響を与えることを示すものである。本研究で開発された装置によって、高齢期に破綻しがちなリズムを補助することが出来れば、歩行の安定性が高まると考えられる。このような事から、本研究はリズムアシストによる転倒予防へ有用性を示唆すると考えている。

E. 結論

膝関節の動揺性は転倒との関連性が見られ、歩行リズム生成機構の一部の破綻が転倒を引き起こすことが明らかとなった。介護予防機器としてのリズムアシスト機器は有用である事が示唆された。

F. 研究発表

1. 論文発表

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

稲葉康子, 大淵修一, 新井武志, 柴喜崇, 岡浩一郎, 渡辺修一郎, 木村憲, 長澤弘. 地域在住高齢者に対する運動介入が 1 年後の運動行動

に与える影響 ランダム化比較試験. *日老医雑*, 50(6): 788-796, 2013.

2. 学会発表

大淵修一. 歩行時の膝動揺性と JKOM 得点との関係. 第 48 回日本理学療法学会, 愛知, 2013 年 5 月 24-26 日.

新井武志, 大淵修一, 小島成実, 河合恒. 介護予防の 2 次予防事業参加者の身体機能と健康関連 QOL などの精神心理的評価との関連. 第 48 回日本理学療法学会, 愛知, 2013 年 5 月 24-26 日.

河合恒, 大淵修一, 光武誠吾, 吉田英世, 平野浩彦, 小島基永, 藤原佳典, 井原一成. 超音波画像による大腿前面筋エコー強度と運動器の機能低下リスクとの関係. 第 48 回日本理学療法学会, 愛知, 2013 年 5 月 24-26 日.

新井武志, 大淵修一, 小島成実, 河合恒. 運動器の機能向上プログラムが地域在住虚弱高齢者の精神心理面に及ぼす効果について. 第 72 回日本公衆衛生学会総会, 三重, 2013 年 10 月 23-25 日.

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

分担研究報告書

超音波法による踵骨の骨質定量法からみた二次予防事業対象者のリスク評価

分担研究者 吉田 英世

東京都健康長寿医療センター研究所 研究部長

研究要旨 後期高齢者とりわけ高齢女性では、身体の虚弱化に伴い要介護状態への増加が認められている。そこで、本研究の目的は、この要介護化につながる可能性が高い介護予防事業における二次予防事業対象者のリスクを測る指標として超音波法による踵骨骨量を採り上げ、その評価を試みた。

対象者は、2013年10月に介護予防を目指した包括的健康調査（お達者健診）を受診した東京都板橋区在住の高齢者（65～86歳）791名である。このうち、要介護認定を受けたことがない743名（男性；326名、女性；417名）を解析対象とした。そして、男女別に骨量（SOS: speed of sound [超音波伝播速度]）と「二次事業予防対象者」および、その選定基準に用いられる「運動器」、「栄養」、「口腔機能」の3点との関係も解析した。その結果、骨量4分位群別の「二次予防事業対象者」のオッズ比は、男性のQ1群（骨量；低値）のオッズ比は1.69倍（参照値；Q4群（骨量；高値））と高かったが有意ではなかった。同様に、女性のQ1群（骨量；低値）のオッズ比は2.85倍（参照値；同）と有意に高かった。また、女性では、「口腔機能（該当者）」においても、Q1群（骨量；低値）のオッズ比は3.18倍（参照値；Q4群（骨量；高値））と有意に高かった

以上より、特に高齢女性においては、低骨量になるほど、「二次事業予防対象者」に繋がるリスクが高いことが示された。

「二次予防事業対象者」のリスク評価に、超音波法による踵骨骨量を採り上げ、その関連性を探ることである。

A. 研究目的

後期高齢者とりわけ高齢女性では、身体の虚弱化に伴い要介護状態への増加が認められている。その背景としては、高齢女性における骨粗鬆症や筋肉虚弱症

（サルコペニア）等の運動器疾患の顕在化があり、これまでも骨量低下（骨粗鬆症）と生活機能低下は指摘されている。

そこで、本研究の目的は、この要介護化のリスクの高いとされる地域支援事業のひとつである介護予防事業における

B. 研究方法

1. 対象者

2013年10月7～18日（このうち11日間）に、東京都板橋区在住の高齢者（65～84歳）対象に、介護予防を目指した包括的健康調査（お達者健診；第5次コホート）を実施した。本調査は、2011年（初回調査）より縦断的に実施している研究

調査である。

健診受診者は、791名（男性；340名、女性；451名）で、受診開始年別の内訳は、2011年新規受診者（67～86歳；男女）；457名、2012年新規受診者（66～85歳；男女）；154名、2013年新規受診者（65～84歳；男女）；180名であった。受診者の平均年齢（±標準偏差）は、男性は、73.7±5.9歳、女性は、73.4±5.4歳であった。

2. 調査項目

当健診における測定・調査項目は、以下のとおりである。

- 自記調査（基本チェックリスト、SF-8）
- 身体計測（身長、体重、体組成）
- 血圧測定・問診（既往症、要介護度）
- 運動機能測定（筋力（握力、膝伸展力）、筋厚、歩行（骨盤加速度）、開眼片足立ち、膝関節動揺性、姿勢）
- 骨量測定（踵骨部；超音波法 CM-200）
- 歯科診査（歯数、咬合力、咬筋厚、唾液分泌量など）
- 血液検査（血清アルブミン、血算など）
- 面接聞き取り調査（健康度自己評価、日常生活動作能力、老研式活動能力指標、要介護の認定の有無、転倒・骨折歴、運動習慣、うつ、認知機能（MMSE））
- 聴力検査
- 栄養調査（食物摂取頻度調査；FFQ g）

3. 解析方法

すでに要介護認定を受けたことのある者48名（男性；14名、女性；34名）を除いた743名（男性；326名、女性；417名）を二次予防事業の対象とした。

次に、男女別に、骨量（SOS；speed of sound [超音波伝播速度]）と二次予防事業対象者との関係を探るために、ロジスティックモデルにより、従属変数に二次予防事業対象者の有無、独立変数には、骨量（SOS）の4分位カテゴリー値と年齢を用いた。男女ごとの4分位カテゴリー値を以下に示す。

【男性】

- Q1群（低値）；～1471cm/sec
- Q2群（やや低値）；1472～1487cm/sec
- Q3群（やや高値）；1488～1509cm/sec
- Q4群（高値）；1510～cm/sec

【女性】

- Q1群（低値）；～1466cm/sec
- Q2群（やや低値）；1467～1476cm/sec
- Q3群（やや高値）；1477～1492cm/sec
- Q4群（同）；1493～cm/sec

さらに、二次予防事業対象者を決定する際の基準として用いられる運動器（問6～10までのうち3項目以上該当）、栄養（問11、12の2項目該当）、口腔機能（問13～15までのうち2項目以上該当）について、それぞれの該当の有無を従属変数にして、前述と同様の解析を行った。

（倫理面への配慮）

調査参加者の個人情報保護のために、データには個人名はなく、データ解析用に設定された番号のみを用いてデータの連結ならびに統計解析を行った。

C. 研究結果

1. 性・年齢階級別の二次予防事業対象者数（率）および運動器、栄養、口腔機能の各該当者数（率）

二次予防事業対象率は女性が男性よりも高く、男女ともに年齢階級が上がるに従って対象率が高くなり、特に75歳以上では、男性は20%を超え、女性は約30%と高率であった。

運動器の該当率も女性が男性よりも高く、男女ともに年齢階級が上がるに従って高くなり、男性は80歳以上、女性は75歳以上で15%を超えていた。

栄養の該当率は、該当者数が他の項目に比べて極めて少ないため、比較検討することが困難であるが、女性が男性よりも該当率が高かった。

口腔機能の該当率は、他の項目に比べて男女差や年齢差は小さいが、女性が男性よりも高く、年齢階級が上がるにつれて該当率は高かった（表1-1～4）。

2. 骨量4分位別の二次予防事業対象者数（率）および運動器、栄養、口腔機能の各該当者数（率）およびオッズ比

・・・表2-1～表2-4（男性）

・・・表3-1～表3-4（女性）

4分位群別（Q1群→Q4群）に分けた二次予防事業対象者は、男性においてQ1群は19名（23.8%）、女性は33名（33.0%）と他の群に比べて高かった。さらに、男性におけるQ1群のオッズ比（対；Q4群）は、1.69倍で有意に高くはなかったが、女性におけるQ1群のオッズ比（同）は2.85倍、Q2群（同）のオッズ比は2.46倍といずれも有意に高かった（ $p<0.01$ ）。

運動器（該当）者数は、男性ではQ1群10名（12.5%）、女性は14名（14.0%）と他の群よりも高くなっているが、Q1のオッズ比（対；Q4）は男性2.84倍、女

性1.48倍で、有意に高くはなかった。

栄養（該当）者数は、男女とも該当者数が少ないが、女性でQ1群6名（6.0%）と他の群に比べかなり高かった。

口腔機能（該当）者数は、男性は14名（17.5%）、女性は21名（21.0%）と他の群よりも高かった。また、男性におけるQ1群のオッズ比（対；Q4群）は、1.35倍で有意に高くはなかったが、女性ではQ1群のオッズ比（同）は、3.18倍と有意に高かった（ $p<0.01$ ）。

D. 考察

平成22年国民生活基礎調査によれば、介護が必要になった主な原因のうち、女性では「高齢による衰弱」が15.3%、「関節疾患」の14.1%、「転倒・骨折」が11.7%で、これら「筋・骨格系の疾患や症状」による原因は41.1%にも及び、これらの原因はいわゆる骨粗鬆症や筋肉減少症の範疇に含まれるものである。

一方、超音波法によって測定された踵骨骨量（SOS）は、骨構造やハイドロキシアパタイトの結晶配向と密接な関係があることが明らかとなっており骨質を反映していると言われている。平成23年度の本研究班の報告にて、特に女性においては踵骨骨量（SOS）が要介護化の危険度を鋭敏に反映していることを明らかにした。今回、要介護に繋がる可能性が高い二次予防事業対象者においても同様の結果が得られたことは、その関連性が一連のものであることを示している。

本研究の結果から、介護予防事業において、特に高齢女性では、踵骨骨量測定が二次予防事業対象者をスクリーニング