

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：32809

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300213

研究課題名(和文) 虚弱高齢者の定量的身体機能計測に基づいた縦断的転倒リスク評価指標の構築

研究課題名(英文) Development of fall risk index by the measurement of physical function on the frail elderly

研究代表者

山下 和彦 (YAMASHITA, Kazuhiko)

東京医療保健大学・医療保健学部・教授

研究者番号：00370198

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,500,000円、(間接経費) 1,950,000円

研究成果の概要(和文)：高齢者において転倒骨折は要介護や寝たきりの要因であり転倒予防が急務である。転倒予防には身体機能の観点から1.下肢筋力、2.歩行機能、3.バランス機能が密接に関連している。

本研究では、これら3項目の定量的計測システムを開発し、虚弱高齢者を含む500名近い高齢者の身体機能について横断的、縦断的観点から計測を行った。本成果より定量的計測結果に基づいた転倒リスク指標の構築が行えた。本転倒リスク指標を用いて、足部ケアと運動の介入研究を実施した。その結果、3項目の改善が認められ、並行して行った医療費分析より、前年よりも平均5万円の減少、特に転倒リスク群は11万円減少することが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Fall fractures in elderly individuals require nursing care and thus the prevention of falls is an urgent matter. From the perspective of physical functioning, the prevention of falls is closely associated with 1. lower limb strength, 2. walking function and 3. balance function. In the present study we developed a measurement system to quantify these 3 items and then measured the physical functioning of close to 500 elderly individuals including frail elderly from a cross-sectional and longitudinal perspective. We subsequently created a fall risk index on the basis of the resulting quantitative measurements.

Using our fall risk index, we performed an interventional study of foot care and exercise. Our results showed an improvement in the 3 examination items, while a simultaneous analysis of medical expenses with subjects revealed that a mean decrease of 50,000 yen from the previous year with a particular decrease of 110,000 yen in the fall risk group.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：転倒予防 介護予防 転倒リスク評価 虚弱高齢者 下肢筋力 歩行機能 バランス機能 足部のケア

1. 研究開始当初の背景

2010年の日本の高齢化率は23.1%, 2055年には40.5%を超えると予測されている。さらに2025年には団塊の世代が後期高齢者となり、効果の高い介護予防の対策が急務である。介護予防に求められる課題の1つとして、転倒骨折が挙げられる。転倒はADLが確保され、歩行能力が維持されている対象者に多く発生し、骨折によりQOLを著しく低下させる要因である。骨折の最も重篤なものは大腿骨頸部骨折であり、年間14万人に発生し、その要因の9割が転倒と報告されている。

特に女性は閉経などホルモンバランスの影響により、骨粗鬆症を発生することが多く、男性の4倍の大腿骨頸部骨折が発生すると報告される。そのため、女性の骨粗鬆症のリスク評価は転倒骨折のリスク評価と並行して確立することが求められる。

転倒リスクを高める因子には、年齢、女性、移動機能障害、転倒歴が挙げられ、身体機能の観点からは①バランス機能、②歩行機能、③下肢筋力の低下が挙げられる。それ以外の項目には、薬やパーキンソン病などの疾病が挙げられる。米国老年医学会の転倒予防のガイドラインでは下肢筋力の低下が最も転倒に寄与すると報告している。

年齢や性別という因子は修正不可能であるが、①～③の身体機能に関連する項目は、効果的な支援により改善可能だと期待できる。そこで①～③に着目した効果的な介護予防方法の開発が求められる。そのため、①～③の項目を定量的に計測・評価し、大勢の高齢者の中から転倒リスクの高い人をスクリーニングするとともに、それぞれの対象者の特性に整合した支援を提供すべきである。

2. 研究の目的

高齢者の転倒にはバランス機能、歩行機能、下肢筋力が密接に関連するがこれらを定量的かつ簡便に計測するシステムは確立されていない。さらに、効果的な介護予防の手法についても十分に言及されていない。

これら3項目を評価するために、10m歩行や開眼片足立ち等が行われている。これら計測項目は、日常生活での活動度を推測する点では有用だと考えられるが、①～③の項目を定量的に反映するかという点で疑問が残る。

そこで本研究では、①～③のための計測システムを開発し、虚弱高齢者を含む幅広い高齢者に活用できる転倒リスク指標の構築を横断的、縦断的観点から開発することを目的とした。さらに、開発した計測システムと転倒リスク指標の有用性を検証するとともに、本手法を用いて、骨折のリスクが高まると考えられる女性の骨粗鬆症に着目し、本計測システムを用いた新しい指標を開発した。そして、効果が高いと考えられる介入を実施し、介入効果の有用性について言及することとする。

3. 研究の方法

(1) 骨粗鬆症のリスク評価に向けた下肢筋力計測の研究

対象者は表1に示した骨粗鬆症検診受診者女性対象者257名(平均年齢57.6±10.0歳, 34~70歳)とした。

表1には年齢群の体格の指標を示した。体格の基礎データについて一元配置分散分析を行ったところ、身長はすべての群間で有意差(p<0.05)が確認され、体重はすべての群間で有意差が確認されなかった。BMIは40歳以下群において他群と有意差(p<0.05)が確認された。

表1 骨粗鬆症検診対象者の属性と体格

	人数	身長[cm]	体重[kg]	BMI
40歳以下	24	160.3±3.6	54.3±8.8	21.0±3.3
65歳未満	163	155.9±6.1	57.0±8.7	23.5±3.4
65歳以上	70	152.6±3.9	56.1±8.8	24.0±3.8
全体	257	155.5±5.8	56.5±8.8	23.4±3.6

骨粗鬆症検診の骨密度検査はDXA法を用いて腰椎について実施した。骨粗鬆症の診断は骨密度の若年成人平均値(YAM: young adult mean)を用いて行われる。YAMは22~44歳の平均骨密度を100%としたときの割合を示すものであり、骨粗鬆症検診ではこの基準に基づいて評価が行われる。すなわち、YAMは80%以上が正常群、70~80%を骨減少症、70%未満を骨粗鬆症と定義される。そこで本実験でも骨密度をYAMの基準に基づき評価を行った。

下肢筋力の計測は、図1に示した本研究で開発した股関節内転筋力を計測する膝間力計測器を用いた。先行研究では握力と骨密度などの比較が行われているが、骨粗鬆症検診において腰椎、脊椎、大腿骨頸部の骨密度を調べることが多いこと、さらに転倒予防を視野に入れたいことから、本研究では握力ではなく下肢筋力と骨密度(YAM)を調べることとした。

対象者の基礎特性を調べるためにアンケートを行った。アンケートは、①基礎疾患の有無(あり、なし、複数あり)、②自覚症状(なし、あり)、③運動習慣(十分、やや少ない、少ない)、④カルシウムの摂取の有無(十分、やや少ない、少ない)、⑤閉経年数(現存、5年未満、10年未満、10年以上)について調べた。

統計解析は、SPSS(ver.18)のソフトを用い、年齢群による骨密度、下肢筋力、閉経期間の関係について一元配置分散分析を用い、有意差が確認されたものについて、Games-Howellを用いて検定を行った。計測した各パラメータ間の相関係数はピアソンの積率相関係数を用いた。

なお本研究は東京医療保健大学の倫理委員会の承認のもとに実施し、対象者には事前に同意を得るとともに、書面に署名を得て実施した。

(2) 地域高齢者における本計測システムと転倒リスク指標を用いた効果的な介入研究

転倒リスクに影響を与える因子として下肢筋力等を挙げたが、歩行中に効果的に地面に力を伝達する部位として本研究では、足部や足爪に着目した。そこで、下肢筋力やバランス機能の向上と転倒リスクの低減に効果が高いと考えられる介入方法として足部のケアを導入した。

介入の対象者は地域に在住の高齢者 33 名 (75.2±6.0 歳, 65~87 歳, 3 年以上追跡) である。33 名の対象者のうち 14 名が高血圧, 4 名が糖尿病 (うち 2 名が高血圧との重複罹患), 7 名が骨粗鬆症 (うち 3 名が高血圧との重複罹患, 1 名が糖尿病との重複疾患), 5 名が変形性膝関節症, 1 名がパーキンソン病であった。何らかの薬を定期的に服用している対象者は 28 名であった。足指, 足爪など足部に痛みがある対象者は 16 名であった。過去 1 年間に転倒歴がある対象者は 9 名であった。

計測は下肢筋力を図 1, 2 の計測器, バランス機能を図 3 の本研究で開発したインソール型重心動揺計にて評価した。インソール型重心動揺計測システムは, 本研究により通信距離の向上と自動解析システムを開発し, 精度向上を含めて成果が得られた。

インソール型重心動揺計測器を用いたバランス機能評価の計測方法は, 両足の爪先の幅を 12cm, 踵の幅を 8cm の距離で立ち, 開眼両足立ちにて 45 秒間の静止立位姿勢を保持した。その際の, COP(center of pressure) と両足 14 点の圧力値を取得した。

インソール型重心動揺計測器の計測結果より, 足指接地比率, COP の総軌跡長, 矩形面積を算出した。足指接地比率とは, 静止立位時に足指に加わる荷重の体重に対する割合を示している。姿勢制御に関与する足指が接地していなければ足指接地比率はゼロであり, 足指接地比率が高いほど姿勢制御に足指が機能していることを意味している。COP の総軌跡長, 矩形面積は先行研究でもバランス機能の指標として多く採用されていることから, 本研究でも採用した。

足部ケアはメディカルフットケア JF 協会の技術者 (以下, フットケアワーカー) により行われた。フットケアワーカーは看護師資格を持ち, 高齢者の問題のある足爪の切り方, 足部ケアについて専門的技術を有している。

介入内容は, 巻爪のケア, 肥厚のケア, 足爪の表面のケア, 足底部や踵部の胼胝のケアなどである。また対象者には, 日常的に行うべき足部や足爪のケアの指導が行われた。対象者の中には, 巻爪や肥厚が悪化した状態が見られた。これらの対象者に対し, 6 か月程度の間で改善するようケアが行われた。

介入は, 毎月決められた曜日に足部ケアを実施した。対象者は月に 1 回の頻度で 10 か月間の介入が行われた。計測は足部ケアの介入前と 10 か月後の終了時に行った



図 1 膝間力計測器



図 2 足指力計測器



図 3 インソール型重心動揺計測器

4. 研究成果

(1) 骨粗鬆症のリスク評価に向けた下肢筋力計測の研究の結果

図 4 に年齢群における膝間力と YAM の変化を示した。図 4 より, YAM は 40 歳以下群で 96%, 65 歳未満群で 89%, 75 歳未満群で 80% であった。膝間力は 40 歳以下群で 15.2kgf, 65 歳未満群で 14.7kgf, 75 歳未満群で 13.0kgf であった。一元配置分散分析の結果, YAM はすべての群間で有意差が確認され ($F=13.90, p<0.01$), 膝間力は 40 歳以下および 65 歳未満と 75 歳未満の間に有意差が確認された ($F=6.40, p<0.05$)。

骨密度は閉経の影響を受けることがわかっている。そこで, 年齢と YAM の関係をアンケート調査⑤で得られた閉経年数に分けて検討した。40 歳以下群は全員現存群に該当するため, 結果から除外した。その結果, 現存群の平均年齢は 47.3±4.0 歳 (47 名), 閉経 5 年未満群は 52.7±3.4 歳 (19 名), 閉経 10 年未満群は 60.7±2.3 歳 (45 名), 閉経 10 年以上群は 65.2±3.2 歳 (122 名) であった。各群における一元配置分散分析の結果, すべての年齢群間に有意差が認められた ($p<0.01$)。YAM の評価からは, 現存群に比べ, 閉経 5 年未満群では 5%, 閉経 10 年未満群では 16%, 閉経 10 年以上群では 19%, 骨密度 (YAM) が低下していることがわかった。閉経期間における一元配置分散分析の結果, 現存群と 5 年未満間に有意差は確認されず, それ以外のすべての群間に有意差が確認され, YAM が有意に低下していることがわかった。

以上より, 閉経は加齢と関係があり, 高齢であるほど閉経期間が長くなると予測できる。そこで, 図 5 に年齢と YAM の関係を閉経期間別に示した。図 5 の結果を年齢について word 法によるクラスター分析にかけたところ, 年齢群は 4 群に分けられることがわかり, その結果に基づき, 一元配置分散分析を行った。すなわち, 年齢の分類結果を独立変数, 年齢, YAM, 膝間力を従属変数として分析を行ったところ, 年齢は①群が 44.7±2.0 歳 (41-49 歳:31 名), ②群が 51.9±1.4 歳 (50-54 歳:31 名), ③群が 61.9±2.4 歳 (55-65 歳:118 名), ④群が 68.2±1.4 歳 (66-70 歳:53 名) で分類されることがわかった ($p<0.001$)。

YAM は①群が 100.8±9.0%, ②群が 100.1±15.0%, ③群が 82.1±13.5%, ④群が 79.6±14.0%であることがわかった(①②と③④の間に有意差が確認された: p<0.001).

膝間力は①群が 15.6±6.0 kgf, ②群が 15.6±6.4 kgf, ③群が 14.1±5.5 kgf, ④群が 12.9±4.4 kgf であった. ④群が他群よりも有意に低下していた(p<0.05).

表 2 に年齢, YAM, 膝間力等の各パラメータの相関係数を示した. 年齢と YAM, 身長は 0.5 の逆相関が認められた. 体重は BMI と強い相関(r=0.89)が認められ, YAM とも相関が認められた(r=0.39). 膝間力は年齢と逆相関, YAM, 身長, 体重, BMI と相関が認められた.

骨密度低下は軽微な転倒でも骨折を引き起こす可能性がある. そこで, 骨密度低下に寄与するパラメータを重回帰分析により抽出した. 本研究の対象者の 40 歳未満は全員閉経前であること, 骨粗鬆症検診では YAM が 80%以下を骨減少症, あるいは骨粗鬆症と定義していることから, ここでは, 特に骨密度が低下しつつある対象者の抽出に着目するために, YAM が 80%以下で, かつ 40 歳以上の対象者で解析を行った.

そこで, YAM を従属変数に各パラメータを独立変数に設定し, ステップワイズ法による重回帰分析を行った. 表 3 より, YAM に寄与する因子として体重, 膝間力の転倒リスク評価, 基礎疾患の有無が抽出された. ここで膝間力の転倒リスクラインを設定しているが, 膝間力の転倒リスク値を 10 [kgf]と設定した場合, これを下回るとはオッズ比 5.73 で転倒リスクが高まることを本研究により導出できたため, これを採用した.

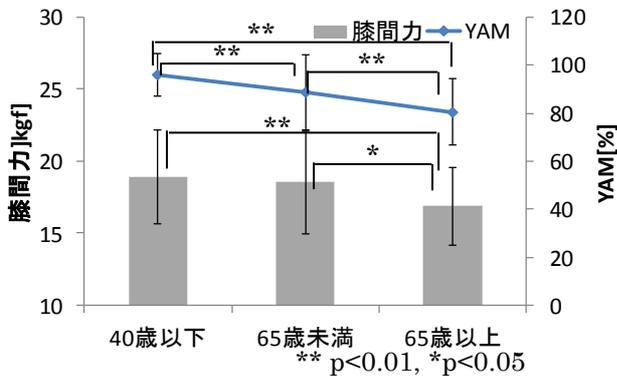


図 4 年齢別の膝間力と YAM の変化

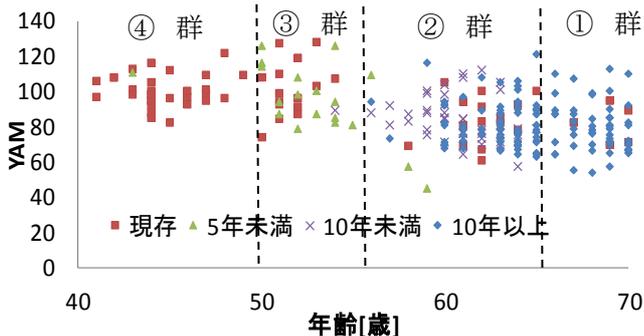


図 5 閉経期間別の年齢と YAM の関係

表 2 各パラメータの相関係数

	年齢	YAM [%]	身長 [cm]	体重 [kg]	BMI	膝間力 [kgf]
年齢	1	-0.49 **	-0.51 **	-0.02	0.22 **	-0.22 *
YAM [%]	-0.49 **	1	0.35 **	0.39 **	0.24 **	0.19 **
身長 [cm]	-0.51 **	0.35 **	1	0.29 **	-0.19 **	0.24 **
体重 [kg]	-0.02	0.39 **	0.29 **	1	0.88 **	0.32 **
BMI	0.22 **	0.24 **	-0.19 **	0.88 **	1	0.22 **
膝間力 [kgf]	-0.22 *	0.19 **	0.24 **	0.32 *	0.22 **	1

表 3 YAM に対する重回帰分析

従属変数	独立変数	β	R	調整済みR2	p値
YAM	体重	0.44	0.41	0.16	0.001
	基礎疾患の有無	-0.24	0.47	0.21	0.001
	膝間力転倒リスク	0.12	0.48	0.23	0.04

以上の結果をまとめる.

- ・加齢による下肢筋力の低下により転倒リスクが高まり, さらに閉経による骨密度の減少により骨粗鬆症となり, 骨折リスクが高まることを示唆された.

- ・図 5 の結果から, YAM は閉経 10 年未満が多く含まれる③群から 19%低下した. すなわち, 55 歳から骨粗鬆症リスク期 (骨減少症期) に分類でき, 一方, ③群の膝間力の減少率は, ①群に比べて 10%程度であり, ④群になることで 17%と有意に低下することから, 55 歳を骨粗鬆症による転倒骨折予防のための対策を取ることを重要だと考えられた.

- ・重回帰分析を用いた YAM の低下予測因子は, 体重, 基礎疾患の有無, 膝間力の転倒リスクが抽出された. 調整済み R2 からこれら 3 つの因子の YAM に対する寄与率は高くはないが, YAM に影響を与える体重と膝間力が関与し, 基礎疾患の有無が関係することが示唆された. つまり, 加齢や閉経とともに骨密度 (YAM) が低下することで骨折リスクが向上し, 基礎疾患を持つことで YAM の低下が加えられ, 下肢筋力が低下することで転倒骨折リスクが高められることが示唆された.

以上より, 腰椎への荷重やメカニカルストレスと股関節周辺の筋活動は関連すると考えられることから, 膝間力の 10kgf を 1 つのリスクラインとして運動などを実施し, それを十分に上回る股関節周辺筋を維持することが提案できる. 転倒骨折に起因する身体的要素の 1 位は下肢筋力であることから, 転倒予防と骨粗鬆症対策に有効だと考えられた.

(2) 地域高齢者における開発した計測システムと転倒リスク指標を用いた効果的な介入研究の結果

表 4 の足部ケアの介入の結果より, 介入前に比べ, 足指力は 75 歳未満群において 1.4~1.6 倍, 75 歳以上群で 1.6~1.7 倍向上した. 膝間力は 75 歳未満群で 1.4 倍, 75 歳以上群で 1.5 倍向上した. 足指接地比率に着目すると, 介入により 75 歳以上群は 2 倍向上した. COP の矩形面積は, 75 歳未満群では 50%, 75 歳以上群では 45%減少し, バランス機能が向上した.

下肢筋力の計測結果に基づいて対象者の転倒リスク分類を行い、転倒リスク分類ごとの介入効果を表5に示した。転倒リスク群間における年齢差は確認されなかった(F値=2.08, p=0.16)。非転倒リスク群は、介入後には介入前に比べ足指力の左右足ともに1.3倍の向上、膝間力は1.2倍の向上が認められた。転倒リスク群は、介入前に比べ足指力の右足が1.7倍、左足が1.9倍に向上し、膝間力が1.6倍向上した。足指接地比率について介入前に比べ介入後では、非転倒リスク群では2.6倍、転倒リスク群では1.9倍であり、転倒リスク群について有意に改善することがわかった。矩形面積について、転倒リスク群では49%の改善が得られ、介入効果が確認された。総軌跡長について非転倒リスク群では16%改善が得られ、介入効果が認められた。

さらに介入前には9名(27.3%)が非転倒リスク群に該当し、24名(72.7%)が転倒リスク群に該当したが、介入後には転倒リスク群に該当した13名が非転倒リスク群に移行した。

図6に介入前後の足爪や足部の様子の一例を示す。図6のように本研究で行った足部のケアにより、外観の改善、巻爪などの機能性の改善が得られた。

これ以外にも姿勢制御能のメカニズム等にも踏み込んだ解析を行い、開発した計測システム、および転倒リスク評価を採用した分析結果より、介入の評価が実現できた。

表4 足部ケアによる転倒リスクに影響する身体機能の変化

		介入前	介入後	p value
足指力	75歳未満	2.84±1.14	4.05±1.19	<0.001
	75歳以上	2.06±1.16	3.29±0.95	<0.001
右足	75歳未満	2.28±1.18	3.62±1.55	<0.001
	75歳以上	1.76±1.01	3.02±1.02	<0.001
左足	75歳未満	18.6±6.7	26.3±5.6	<0.001
	75歳以上	18.8±5.9	27.4±6.7	<0.001
膝間力	75歳未満	5.58±4.14	11.4±11.29	0.08
	75歳以上	7.73±7.45	16.0±17.5	0.05
足指接地比率	75歳未満	3.80±4.22	1.90±1.43	0.05
	75歳以上	5.61±5.14	3.11±2.21	0.02
矩形面積	75歳未満	58.6±28.2	53.2±20.2	0.25
	75歳以上	81.1±26.2	56.5±19.9	0.22

表5 転倒リスク評価に基づいた足部ケアによる転倒リスクに影響する身体機能の変化

		介入前	介入後	p value
足指力	非転倒リスク群	3.80±0.70	4.77±0.62	0.002
	転倒リスク群	1.93±0.92	3.23±0.97	0.48
右足	非転倒リスク群	3.40±0.49	4.55±1.17	0.008
	転倒リスク群	1.49±0.77	2.85±1.05	<0.001
左足	非転倒リスク群	24.1±4.1	28.9±5.3	0.002
	転倒リスク群	16.7±5.6	26.1±6.3	<0.001
膝間力	非転倒リスク群	5.6±3.6	14.8±19.2	0.24
	転倒リスク群	7.3±7.0	13.6±13.5	0.007
足指接地比率	非転倒リスク群	4.49±4.51	2.70±2.15	0.12
	転倒リスク群	4.84±4.91	2.46±1.90	0.007
矩形面積	非転倒リスク群	66.8±26.9	56.1±18.4	0.01
	転倒リスク群	57.0±26.8	54.4±20.7	0.48
総軌跡長	非転倒リスク群	72.8±5.3		
	転倒リスク群	76.1±6.2		



図6 介入前後の巻き爪の改善の一例

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計5件)

- ① 山下和彦, 中嶋香奈子, 安在絵美, 楠田佳緒, 佐藤満, 岩上優美, 川澄正史, 太田裕治, 井野秀一, 伊福部達: 骨粗鬆症検診における骨密度と下肢筋力を用いた転倒リスクの基礎的評価, 生体医工学, 査読有, 51(1), pp.1-8, 2013
- ② M SAITO, K NAKAJIMA, C TAKANO, Y OHTA, C SUGIMOTO, R EZOE, K SASAKI, H HOSAKA, T IFUKUBE, S INO, K YAMASHITA: An in-shoe device to measure plantar pressure during daily human activity, Medical Engineering & Physics, 査読有, 33(5), pp.638-645, 2011

[学会発表] (計26件)

[図書] (計2件)

- ① kazuhiko YAMASHITA (編著): Evaluation of physical functions for fall prevention among the elderly, CRC Press, Advances in Therapeutic Engineering, pp.119-138, 2012
- ② 山下和彦 (編著): 人間健康福祉工学ハンドブック, 朝倉書店, 2012

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山下 和彦 (YAMASHITA Kazuhiko)
東京医療保健大学・医療保健学部・教授
研究者番号: 00370198

(2) 研究分担者

佐藤 満 (SATO Mitsuru)
昭和大学・保健医療学部・准教授
研究者番号: 10300047
太田 裕治 (OHTA Yuji)
お茶の水女子大学大学院・人間文化創成科学研究科・教授
研究者番号: 50203807
井野 秀一 (INO Shuichi)
産業技術総合研究所・身体的支援工学グループ・主任研究員
研究者番号: 70250511