

## 虚弱高齢者の転倒リスクアセスメントと地域での活用

### Risk assessment of fall for frail elderly and usage of community activities

- 山下和彦(東京医療保健大学), 中嶋香奈子(お茶の水女子大学), 安在絵美(お茶の水女子大学), 岩上優美(東京医療保健大学), 川澄正史(東京電機大学), 太田裕治(お茶の水女子大学)

Kazuhiko YAMASHITA, Tokyo Healthcare University,  
Kanako NAKAJIMA, Ochanomizu University,  
Emi ANZAI, Ochanomizu University,  
Yumi IWAKAMI, Tokyo Healthcare University,  
Masashi KAWASUMI, Tokyo Denki University,  
Yuji OTA, Ochanomizu University

**Abstract:** Falls are the major cause of bone fractures in the elderly. Fractures due to falls increase medical expenses and decrease the quality of life of the elderly. Thus, effective prevention is needed. This study was developed an indicator of fall risk by lower limb muscle strength, balance function, ambulatory function on the data of 1000 elderly subjects include frail elderly. In addition, this study found some parameters related with osteoporosis by multi-regression analysis with bone mineral density and lower limb muscle strength on 276 subjects participated medical examination. In the results, bone mineral density was estimated body weight, fall risk value of knee gap force and basic disease. In other words, it was possible to create a population-wide approach, based on quantitative measurement, for screening those elderly at high risk of falling, and the possibility of using this approach to determine a high-risk state of lower limb muscle strength of an individual can be anticipated.

**Key Words:** Fall risk, lower limb muscle strength, osteoporosis

#### 1. はじめに

高齢者の転倒骨折が社会的問題である。高齢者にとって最も重篤な骨折の1つである大腿骨頸部骨折は1年間に14万人に発生していると報告されている<sup>(1)</sup>。特に女性は閉経などのホルモンバランスに変化に伴い、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ている。そこで地域では40歳~74歳の女性を対象に骨粗鬆症検診を実施している。

骨粗鬆症の治療には運動療法や食事療法が採用されることが多いが、手法や効果が十分に確立されておらず、薬物療法についてもそれぞれの対象者のタイプによって骨量を確実に増加させることは容易ではない。そのため、骨粗鬆症と診断される前の予防の段階から骨粗鬆症に起因する要因を推定し、転倒骨折予防の対策を取る必要が考えられる。

本研究では、特に骨粗鬆症と運動機能の観点から転倒骨折のリスク推定に必要な定量的評価項目としてa.骨密度などの骨自体の要素, b.筋肉量などの体組成の要素, c.身体機能(下肢筋力・歩行機能)の評価に着目した。これらのうちcの身体機能は介入により他の項目よりも比較的容易に改善が見込める要素でもある。

そこで本研究では、独自に開発した計測システムを用いて、骨粗鬆症検診の結果の骨密度と転倒骨折リスク指標の構築に利用可能な下肢筋力を計測し、骨粗鬆症と転倒リスクに関連する項目を見出すことを目的とした。

#### 2. 対象者

対象者は骨粗鬆症検診を受診した中で、本研究に同意の得られた対象者276名(平均年齢58.1±9.9歳, 34~70歳)とした。Table 1には体格の指標として年齢ごとの身長, 体重, BMIの平均と標準偏差を示した。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。

Table 1 Basic data of the subjects

	人数	身長 [cm]	体重 [kg]	BMI
40歳以下	24	160.9±3.6	54.3±8.8	21.0±3.3
65歳未満	176	155.7±5.9	57.2±8.9	23.6±3.6
75歳未満	76	152.5±4.1	56.5±8.9	24.2±3.8
合計	276	155.3±5.8	56.7±8.9	23.5±3.7

#### 3. 実験方法

骨粗鬆症検診における骨密度検査はDXA法を用いて実施した。骨密度と下肢筋力の関係を調べるために, Fig.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。股関節内転筋群は, 歩行中等の骨盤の支持, 階段の上り下りなどの日常生活に密接な動作に関係している<sup>(2,3,4)</sup>。

膝間力の計測は2回を行い, より大きい膝間力の値を計測値として記録した。計測の際には, 足位置を動かさないこと, 椅子などを手で持たないこと, 息を止めないことを指示した。

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。

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。



Fig.1 Knee gap force measurement device

#### 4. 結果

##### 4.1 加齢による骨密度と股関節内転筋力の関係

Fig.2 に各年齢群における股関節内転筋力である膝間力と骨密度のYAM(young adult mean)の結果を示した。YAMとは若年成人平均であり若年齢の平均骨密度を100%としたときの割合を示すものである。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。

結果より, 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( $F < 13.48$ ,  $p < 0.01$ ), 膝間力は65歳未満と75歳未満の間に有意差が確認された( $F < 3.14$ ,  $p < 0.05$ )。

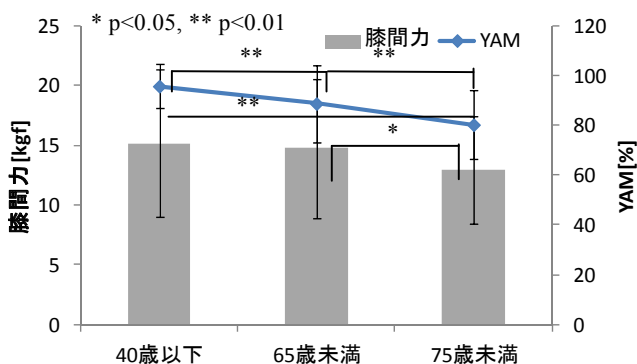


Fig.2 Results of bone mineral density and knee gap force by population age

##### 4.2 各パラメータの相関係数

Table 2には年齢, 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および身長はどちらも0.5の逆相関が認められた。体重はBMIと強い相関( $r=0.9$ )が認められ, YAMとも相関が認められた( $r=0.4$ )。膝間力は年齢, 体重と弱い相関が認められた( $r=0.14$ )。

Table 2 Correlation coefficient between each parameter

	年齢	YAM [%]	身長 [cm]	体重 [kg]	BMI	膝間力 [kgf]
年齢	1	-0.48**	-0.5**	-0.001	0.23**	-0.14*
YAM [%]	-0.48**	1	0.33**	0.39**	0.25**	0.06
身長 [cm]	-0.5**	0.33**	1	0.25**	-0.22**	0.18
体重 [kg]	-0.001	0.39**	0.25**	1	0.89**	0.14*
BMI	0.23**	0.25**	-0.22**	0.89**	1	0.06
膝間力 [kgf]	-0.14*	0.06	0.18	0.14*	0.06	1

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

##### 4.3 重回帰分析による骨密度に寄与するパラメータの解析

骨密度の低下はちょっとした転倒でも骨折を引き起こす可能性があるため, 転倒に密接に関係するといえる。そこで, 骨密度に寄与するパラメータを抽出することを重回帰分析により行った。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したために, YAMが80%以下で, かつ40歳以上の対象者で解析を行った。

骨密度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。Table 3より, 骨密度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。膝間力の転倒リスク評価は, 膝間力の転倒リスクラインを10[kgf]と設定した場合を意味する。

Table 3 Multi-regression analysis with bone mineral density (YAM) and each parameters

従属変数	独立変数	$\beta$	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

##### 5. 考察

骨粗鬆症は, 骨強度の低下を特徴とし骨折のリスクが増大しやすくなる骨格疾患と定義されている<sup>(5)</sup>。骨密度は骨粗鬆症の診断の際の評価基準に大きな影響をおよぼす。すなわち, 骨量の定量化は骨粗鬆症による骨折予防に重要だと考えられる。しかし, 大腿骨頸部骨折者群とコントロール群の大腿骨頸部の骨密度を調べた先行研究では, 両者の差は0.5 SDの範囲に含まれ, 骨密度から骨折リスク者をスクリーニングすることは適切ではないとも報告されている<sup>(6)</sup>。そのため, 骨粗鬆症による転倒骨折予防を目的として, 骨密度の結果から栄養指導などを進めることは有益である一方で, 骨密度の推移のみで骨折リスクを評価せず, 身体機能にも着目し, 運動指導など

の身体機能向上による転倒予防とも連携することが望ましいと考えられる<sup>(7)</sup>。

対象者群の基礎的特性として、Fig.2より加齢により骨密度(YAM)が低下しており、合わせて股関節内転筋力である膝間力も低下していることが明らかになった。つまり加齢に伴い、骨密度と膝間力が低下する。その理由として、女性の場合、骨密度は閉経による女性ホルモンの影響が挙げられる。骨密度の減少パターンは骨量低減少期と減少加速期に分けられ、減少加速期は閉経により引き起こされ閉経 8~10年で低減少期に移行することが報告されている<sup>(8,9)</sup>。

加齢が進むことで閉経期間が長くなることから、骨密度の減少が起こっていると推察された。

次に体重や体格の指標であるBMIは骨密度と相関を示すことが報告されている<sup>(10)</sup>。また骨量と運動などにより加えられる力学的負荷により骨量に変化することがWolffの法則として100年以上前から報告されている。

Table 2より、YAMと体重やBMIの相関は0.4と0.3であり、中等度の相関が認められた。また本研究の対象者においては、BMIは身長よりも体重と強い相関があることも明らかになった。今回の対象者は地域の骨粗鬆症検診を受診した特別に問題がある群ではない。そのためTable 1を見ても明らかのように、病的に太っている対象者は含まれていないことがわかる。

このような対象者群の中で、Table 3に示した重回帰分析を用いたYAMの予測因子は、体重、基礎疾患の有無、膝間力の転倒リスクがステップワイズ法により抽出された。調整済みR<sup>2</sup>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、上記に述べたYAMに影響を与えると考えられる体重と股関節内転筋を表す膝間力が関与し、基礎疾患の有無が関係することが示唆された。

膝間力の転倒リスク値は10 kgfであり、これを下回ることはオッズ比5.73で転倒リスクが高まることが報告されている<sup>(11)</sup>。Fig.2より加齢とともに膝間力が低下し、さらに骨密度が低下することはTable 3のYAMに関係する因子という観点からも転倒骨折のリスクを高める要因であることが明らかとなった。

転倒という観点からは、転倒骨折に起因する身体的要素の第1位は下肢筋力であると報告されている<sup>(12)</sup>。運動は筋力向上やバランス機能の向上には明らかに影響を与えるため、間接的に転倒リスクの低減に有効であるとの報告もある<sup>(13,14)</sup>。

本研究より骨密度に下肢筋力が寄与することが明らかになったことから、健康な対象者の骨粗鬆症予防に、下肢筋力まで視野に入れた支援が求められると考えられる。

謝辞：

本研究の一部は、JSPS 科研費 23300213, JSPS 科研費 24500658, 2011年度 財団法人骨粗鬆症財団の研究助成, 2012年度 財団法人精密測定技術振興財団の研究助成にて行われた。

## 参考文献

- (1) 介護予防の推進に向けた運動疾患対策に関する検討会：介護予防の推進に向けた運動疾患対策について報告書。2008, p. 3
- (2) 山下和彦, 今泉一哉, 岩上優美, 佐藤満, 中島佐和子, 井野秀一, 小山裕徳, 川澄正史, 伊福部達：高齢者の定量的下肢筋力評価のための膝間力計測器の開発。電学誌 C, 130(2)：2010
- (3) Jacquelin Perry, 武田功 (監訳)：ペリー歩行分析, 医歯薬出版社, 2007, pp. 67-76
- (4) Runge CF, Shupert CL, Horak FB, Zajac FE: Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. Gait posture, 10, pp. 161-170, 1999.
- (5) NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy: JAMA 285(6), pp. 785-795, 2001
- (6) Law MR, Wald NJ, Meade TW Strategies for prevention of osteoporosis and hip fracture, BMJ, 303, pp. 453-459, 1991
- (7) Lord SR, Ward JA, Williams P, et al: The effects of a community exercise program on fracture risk, Osteoporos Int, 6, pp. 361-367, 1996
- (8) Mazess RB: On aging bone loss, Clin Orthop, 165, pp. 239-252, 1982
- (9) Lindsay R, Hart DM, Forrest C, et al: Prevention of spinal osteoporosis in oophorectomized women, Lancet, 29, pp. 1151-1154, 1980
- (10) 鈴木隆夫, 楠本綾乃, 永井晴美, 吉田英世, 渡辺修一郎, 熊谷修, 天野秀紀, 柴田博：閉経期女性の骨密度測定法の差異による骨量評価についての研究:DXA法と超音波法の比較, 日公衛誌, 43(1), pp. 16-27, 1996
- (11) 山下和彦, 岩上優美, 今泉一哉, 佐藤満, 中島佐和子, 井野秀一, 川澄正史, 伊福部達：定量的下肢筋力計測による虚弱高齢者のスクリーニング手法の開発, 電気学会論文誌 C, 130(12), pp. 2210-2218, 2010
- (12) Guideline for the Prevention of Falls in Older Persons, JAGS, .49, pp. 664-672, 2001
- (13) Lewis RD, Modlesky CM: Nutrition, physical activity, and bone health in women, Int J sport Nutr, 8, pp. 250-284, 1998
- (14) Evans WJ: Effects of exercise on body composition and functional capacity of the elderly, J Gerontol, 50, pp. 147-150, 1995