

# 高齢者の転倒予防に関する研究 —重心動搖と歩行分析を通して—

泉 キヨ子 平松 知子 山上 和美 \*

## 要 旨

歩行可能な入院高齢者31人の静止時および振動時の重心動搖および歩行分析を転倒者と非転倒者で行い、転倒関連要因についても検討した。

(1)重心動搖面積は転倒者は非転倒者に比べて大きく、特に静止開眼、0.3 Hz の左右、前後の面積、0.7 Hz の前後の面積に差がみられた。

(2)歩行分析では、歩行不良群は歩行良好群に比べて、歩幅が小さく、歩行速度がおそかった。しかし転倒者と非転倒者では差はみられなかった。

## KEY WORDS

fall, elderly, postural sway, gait

### はじめに

高齢者の転倒は日常的なできごとの一つであるが、転倒による損傷で骨折などの損傷を受けると寝たきりをおこしやすい。また高齢者の転倒経験は、致命的な損傷がなくても自信をなくし、その後の日常生活への不安や制限につながる<sup>1)</sup>。ところで、高齢者の転倒は老化に伴う機能の低下により、障害物の大きさを誤認したり、意図した運動を発揮しえなかつた場合につまづき易く、その場合に立位姿勢を保つための反射制御が不十分であると動搖が大きいので起こる<sup>2)</sup>とされている。また高齢者の外乱に対する重心動搖は、重心動搖の大きさを指標として分析されてきた。我々はこれまで、高齢者の転倒は加齢に伴う姿勢歩行障害と患者側、環境側の転倒要因が加わることで起ると考え、転倒に関する患者・環境側要因や転倒時の患者の意図を中心に1年間prospectiveに検討し<sup>3)4)</sup>、高齢者の重心動搖については、最も転倒しやすい入院老人や健康老人の重心動搖を中心と報告してきた<sup>5)-7)</sup>。しかし、入院高齢者の重心動搖は移動能力別でも車椅子や歩行器などさまざまであり、データの個別性も大きいことを認めた<sup>6)</sup>ので、日常生活がなんとか介助なく行え、歩

行可能な入院高齢者の重心動搖と歩行との関係について明らかにしたいと考えた。

そこで本研究は、歩行可能な入院高齢者の静止時及び振動時の重心動搖や歩行分析を行い、転倒要因との関係について検討した。

### 対 象

対象者は、富山県のG養護老人ホームに入所中で、痴呆がなく、日常生活が介助なく行え、本研究に同意が得られた比較的健康な65歳以上の高齢者31名（男10名、女21名）である。平均年齢±標準偏差は $76.4 \pm 6.6$ 歳（62～91歳）である。31名中過去3年間における転倒経験者（以下転倒者）は14名（45.2%）であり、転倒未経験者（以下非転倒者）は16名（51.6%）であった。1名は転倒の有無が確認できなかった。過去に骨折ありの者は5名（16.7%）、現在めまいありの者が7名（22.6%）であった。

なお、転倒とは身体の足底以外の部分が床についた場合と定義した。

金沢大学医学部保健学科

\* 金沢大学医学部附属病院

表1 静止時と振動時の重心動搖面積( $n = 31$ )

重心 動 搖 面 積 (cm <sup>2</sup> )	静 止 時	開 眼	$15.51 \pm 1.93$	
		閉 眼	$26.11 \pm 3.24$	*
振 動 時	0.3Hz左右	30.98 ± 2.41	**	
		0.3Hz前後	24.00 ± 1.80	**
	0.7Hz左右	50.06 ± 5.44	**	
		0.7Hz前後	61.18 ± 5.60	**

値は平均±標準誤差

\* p&lt;0.05 \*\* p&lt;0.01 (閉眼との検定)

## 方 法

### 1) 重心動搖の測定と分析：

重心動搖の測定には重心動搖システム（ワミー、東京）を用いた。これは重心計と水平移動刺激装置との組合せで、各種刺激時における体重心の移動を測定できる装置である。すなわち、重心計を振動台に乗せることにより外的刺激として左右方向へ水平刺激をあたえるもので、外的刺激が与えられた時に人がどのような重心動搖を起こすかを計測し、解析処理が可能な計測システムである。検出台は3個のストレンゲージの釣り合いから足蹠に投影された身体の重心の位置を対象者の左右方向(X)、および前後方向(Y)に出力する。出力は1cmに対して0.1Vに調整されている。具体的な測定は、対象者を検出台に閉足位に直立させ、2m先の固視標を注視させながら落ち着きを図り、検出台を静止の状態で、開眼と閉眼時の重心動搖を20秒間の測定を行なった。さらに検出台を0.3Hz、0.7Hzで水平に前後・左右振動させた時の開眼時の重心動搖を測定した。

重心動搖の分析は、動搖を左右方向成分(X軸)と前後方向成分(Y軸)にわけて、データーレコーダーR-60(TEAC、東京)を用いて、テープに収録した。重心動搖はX軸、Y軸ごとに最大振幅、面積で評価した。面積はX軸とY軸の最大振幅の積で求めた。重心動搖の入力はシグナルプロセッサー7T23S(日本電気三栄、東京)を用いた。

### 2) 歩行測定とその分析：

歩行測定は被験者を素足で、10×1mのカーペットの上を1往復させ、歩行状態を前後、左右2カ所

から8ミリビデオで撮影した。前後はカーペットの先端約5m先でカメラを固定し、全身が写せる場所から撮影した。左右はカーペットの横幅中央から約5m離れてカメラを固定し、被験者の往復(右から左、左から右)の歩行時に、主に上肢の振りや肩の動き、下肢の関節可動域や足の接地が判明しやすい位置で撮影した。安全の目的で1人は被験者につきそって歩行した。

分析はビデオテープをスローモーションで再生してGait Abnormality Rating Scale<sup>3)</sup>を用いて2人の評価者が別々に評価した。本スケールはビデオによる歩行評価スケールで、16変数よりなり、各変数ごとに4段階(0-3)の評価で、高い得点ほど歩行障害の強度を表わす。具体的には一般的なカテゴリーとして、腕の動きと足の動きのリズムの変化、平衡保持能力、動搖性、基底面の広さ、バランス喪失の具合などの5変数、下肢のカテゴリーに遊脚時間の百分率、足部の接地、股関節の関節可動域、膝関節の関節可動域の4変数、体幹・頭・上肢のカテゴリーには肘の伸展、肩の伸展、肩の外転、腕と反対側の脚の動きの非同期性の程度、頭の前方偏位、肩甲骨が正常よりも高く位置している度合い、脊椎後弯の程度の7変数であり、それぞれ4段階の具体的な状況が示されている。ここでは、異常歩行評価スケールの総点で平均値を求めたところ12点でありそれを基準として、12点以上を歩行不良群とし、11点以下を歩行良好群とした。また、ビデオテープを再生して、歩幅、歩行時間を算定した。

### 3) 転倒関連要因：

表2 年齢別重心動搖面積

年 齡 (歳)		74歳以下 (n=11)	75歳以上 (n=20)	
重心 動 搖 面 積 (cm <sup>2</sup> )	静 止 時	開 眼	9.91±0.94	18.59±2.74 **
		閉 眼	22.88±6.51	27.89±3.63
	振 動 時	0.3Hz左右	24.00±2.44	34.82±3.21 *
		0.3Hz前後	19.50±1.55	27.89±2.42 **
	0.7Hz左右	35.98±4.58	60.91±7.41 **	
		0.7Hz前後	37.82±2.67	73.47±7.11 **

値は平均±標準誤差

\* p&lt;0.05 \*\* p&lt;0.01 (74歳以下との検定)

表3 転倒の有無別年齢・重心動搖面積との関係

		転倒者群 (n=14)	非転倒者群 (n=16)	
年 齡 (歳)		79.79±1.18	73.81±1.80 *	
重心 動 搖 面 積 (cm <sup>2</sup> )	静 止 時	開 眼	21.06±3.49	10.66±1.38 *
		閉 眼	27.67±4.41	21.22±3.31
	振 動 時	0.3Hz左右	39.33±3.67	24.40±2.19 **
		0.3Hz前後	28.57±3.03	21.67±1.93 *
	0.7Hz左右	62.22±9.37	44.34±6.28	
		0.7Hz前後	72.80±9.33	50.33±6.08 **

値は平均±標準誤差

\* p&lt;0.05 \*\* p&lt;0.01 (転倒者群との検定)

入所高齢者の背景、転倒経験の有無、めまいの有無、骨折、視力障害等は本人と半構成的な面接で聞き取り、あとで診療記録や看護婦に再度確認した。

#### 4) 統計的分析：

統計パッケージ『HALBAU 4』を使用した。2群の平均値の差の検定には、分散が等しいときにStudent-t-testを、等しくないときにはWelch-t-testを用いた。一元配置分散分析法で有意な差が認められたときに、基準となる群との比較のために多重比較を行なった。また多変量解析には、判別分析

および数量化I類を用いた。なお、危険率5%以下を有意な差とした。

#### 結 果

##### 1. 重心動搖面積について

静止時(開眼、閉眼)と振動時(0.3Hz左右・前後、0.7Hz左右・前後)の重心動搖面積を表1に示した。開眼時に比べて閉眼時の面積が大きく、差が認められた。また、振動時では0.3Hzの左右の面積が約31cm<sup>2</sup>であり、0.7Hzでは左右が約50cm<sup>2</sup>

表4 歩行分析と歩幅・歩行速度との関係

	歩行不良群 (n=14)	歩行良好群 (n=17)
歩 幅 (cm)	39.05±1.07	50.17±2.38 **
歩行速度 (sec/20m)	16.71±3.52	12.06±3.09 **

値は平均±標準誤差

\*\* p&lt;0.01 (歩行不良群との検定)

表5 歩行分析と年齢・重心動揺面積との関係

		歩行不良群 (n=14)	歩行良好群 (n=17)
年 齡 (歳)		77.79±1.75	75.29±1.63
重心動揺面積 (cm <sup>2</sup> )	静止時	開 眼	16.12±3.09
		閉 眼	25.59±3.22
	振動時	0.3Hz左右	32.37±3.75
		0.3Hz前後	25.33±2.08
	振動時	0.7Hz左右	58.33±7.99
		0.7Hz前後	62.60±8.43
			29.84±3.20
			24.68±3.09

値は平均±標準誤差

で前後が約61cm<sup>2</sup>であった。開眼時および0.3 Hzと0.7 Hzの振動時に差がみられた。

年齢74歳以下と75歳以上の2群に分けた場合の重心動揺面積を表2に示した。全体的にみて、75歳以上の群の面積は74歳以下に比べて大きく、特に開眼、0.3 Hz(左右と前後)の振動時、0.7 Hz(左右と前後)の振動時に差がみられた。

## 2. 転倒経験と年齢および重心動揺面積との関係

転倒経験の有無と年齢および重心動揺面積との関係を表3に示した。転倒者と非転倒者の平均年齢はそれぞれ79.8歳、73.8歳であり、両者に差が認められた。重心動揺面積の比較では、転倒者は非転倒者に比べて面積が大きく、とくに開眼、0.3 Hzの左右の面積および前後の面積、0.7 Hzの前後面積に差がみられた。年齢を共変量とした共分散分析に於ても、非転倒者の開眼時と0.3 Hz左右の面積の値が低く、差を認めた。

## 3. 歩行について

### 1) 歩行分析と歩幅・歩行速度との関係

歩行良好群と歩行不良群の歩幅・歩行速度の平均値を表4に示した。歩幅は歩行良好群は50.17cmであり、歩行不良群は39.05cmであり、歩行速度はそれぞれ12.06秒と16.71秒で、両者に差が認められた。また、転倒者の歩幅は非転倒者より小さく、歩行速度はやや遅かったが差はみられなかった。

### 2) 歩行分析と重心動揺面積との関係

歩行良好群と歩行不良群の重心動揺面積との比較を表5に示した。歩行良好群は歩行不良群に比し、わずかに重心動揺面積が大きいものの特徴的な関係はみられなかった。

## 4. 他の転倒要因との関係

### 1) 重心動揺面積と肥満度との関係

肥満度10%未満群と10%以上群に分けて肥満度と重心動揺面積との関係をみた。肥満度10%未満群が

表 6 転倒経験者の判別分析

変 数	判別係数	F 値
年 齡	0.448	13.42 **
開眼面積	0.017	2.69
閉眼面積	0.004	0.01
0.3Hz左右面積	0.019	4.87 *
0.3Hz前後面積	0.002	0.06
0.7左右面積	-0.002	0.42
0.7前後面積	-0.007	4.36 *

判別関数の定数およびF値(p値)はそれぞれ-37.6と

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

表 7 転倒要因と0.3Hzの左右面積に対する数量化I類の結果

変数	カテゴリー スコア		単相関係数	偏相関係数
	カテゴリー-1	カテゴリー-2		
年齢 (1, ≥ 75; 2, < 74)	6.58	-13.2	0.369	0.069
肥満 (1, >10%; 2, ≤ 10%)	-20.44	35.31	0.112	0.239
転倒 (1, あり; 2, なし)	73.86	-64.62	0.563	0.434
めまい (1, あり; 2, なし)	52.82	-16.07	0.162	0.249
視力障害 (1, あり; 2, なし)	3.04	-5.25	0.263	0.032
歩行分析 (1, ≥ 12; 2, < 12)	9.96	-8.71	0.071	0.082

定数は313.67であり、重相関係数は0.625

10%以上群に比べて概ね重心動搖面積が大きく、特に閉眼では肥満度10%未満群が32cm<sup>2</sup>であり、10%以上群が19cm<sup>2</sup>であり、両者に差がみられた。

## 2) 重心動搖面積とめまいとの関係

めまいのある群とない群に分けて、めまいと重心動搖面積との関係をみた結果、めまいありの群が閉眼時の面積が大であったが有無差はなかった。一方、閉眼時の重心動搖はめまいなしとめまいありの群より大であったが差は認められなかった。

## 3) 転倒要因間の関係

転倒者を基準変数として、年齢・それぞれの重心動搖面積を説明変数とした判別分析の結果を表6に

示した。その結果、年齢の高い者、0.3 Hz 左右振動時の面積の大きい者、0.7 Hz 前後振動時面積の小さい者が転倒ありの方向に判別できた。そこで、0.3 Hz の左右面積に着目し、年齢、肥満、転倒、めまい、視力障害、歩行分析のカテゴリーを説明変数とした数量化I類の結果を表7に示した。カテゴリー1は転倒との負の関連が予想される方向に分類したものであるが、この時カテゴリー1に正の値を認めたのは年齢、転倒あり、めまいあり、視力障害あり、歩行不良のときであった。特に比較的大きい偏相関係数を示したのは、転倒、めまいであった。肥満度では肥満度が小さい方が転倒ありの方向に認

められ、その偏相関係数は0.239であった。

## 考 察

本研究は歩行可能な入院高齢者の静止時および振動時の重心動搖や歩行分析を行い、転倒との関係を探求した。すなわち、静止の状態と不意の外乱刺激を想定して、0.3 Hz と 0.7 Hz の 2 つの周波数での振動時の解析を行った。その結果、0.3 Hz の周波数で左右、前後に水平振動させた時のそれぞれの重心動搖面積ともに転倒者の方が非転倒者の重心動搖面積に比べて差が認められた。周波数が0.7 Hz の振動では前後に振動させた面積に差が認められ、転倒者が大であった。すなわち転倒者は比較的遅い周波数の動搖の方が前後振動、左右振動ともに重心動搖面積が非転倒者より大きく、速い周波数では前後の揺れが大きいといえる。とくに振動時の0.3 Hz、すなわち10秒間に3回の遅い動きでは左右の動きに、0.7 Hz の比較的速い動きでは前後の動きに差がみられた。転倒者が非転倒者に比べて、速い振動時の前後の重心動搖面積が大きいことは、人体は左右にはほぼ対称であるが、前後には非対称であり、また前後方向への自由度は左右方向のそれに比して高いので<sup>8)</sup>、0.7 Hz の振動負荷時に転倒者の方がよりバランスが悪くなり、姿勢が保ちにくくなるためと考える。さらに転倒に関連する要因として、肥満度が10%以下の者の閉眼時に重心動搖面積が大であった。肥満と転倒との関係についての報告は少ないが、痩せ傾向の高齢者は、老化とともに体細胞数の減少により肥満傾向の者に比べて立位時の重心の位置が高くなるので、体格の安定性が悪くなり、閉眼により不安定になり、面積が大きくなる<sup>9)</sup>とも考えられる。まためまいについては、めまいは転倒の高齢者に多い訴えであるが、今回めまいありと重心動搖とに特徴的な関係が認められなかった。これはめまいを主観的に確認したことにもよるが、その発生には前庭機能障害、起立性低血圧、薬物作用などさまざまな原因があり、訴えも個人差があるので、めまいに対する評価の難しさ<sup>10)</sup>も一因であると考えられた。

歩行については、歩行不良群と歩行良好群との比較では、歩幅、歩行速度に特徴的な差が認められたが、転倒との関係では、転倒者は非転倒者より歩幅・歩行速度は小さく、やや遅いものの差は認められなかった。高齢者の歩行の特徴としては、歩幅が小さく、股関節の屈曲・伸展が減少し、後方の下肢の足関節伸展と踵の挙上が少なく、前方の下肢の足関節

の背屈が小さく爪先の挙上がりが小さい。そのうえ上肢の振りは肩関節の前方屈曲と肘関節の後方伸展<sup>11)</sup>などがあり、極めて転倒しやすい。高齢者の転倒に対して重心動搖に加え、歩行を同時に分析する重要性は指摘されている<sup>12)13)</sup>。しかし今回特徴的な差異は認められなかった。このことは、今回の対象には日本人の高齢者にみられる前屈の強い者もあり、このカテゴリーは今回使用したスケールにないことや、転倒者は上肢の振り、上肢と下肢の協調運動、平衡保持能力が最も障害されている<sup>14)</sup>との報告もあり、他の分析方法も加えてさらに検討を重ねたい。

転倒関連要因では、年齢の高い者、0.3 Hz の左右面積の大きい者、0.7 Hz の前後面積の小さい者が転倒者に判別できた。また、0.3 Hz の左右面積を基準とした要因との関係では、転倒、めまいの偏相関係数が比較的大きかった。すなわち、転倒者は不意の左右の比較的遅い動きとの関係が明らかになった。

これらを通して、入院中の高齢者に前後、左右のバランスを良くし、歩行の質を高めるような運動やリハビリテーションを日課として意図的に取入れることが高齢者の転倒予防につながることが示唆された。

本研究の限界として、横断的研究であり、転倒者と非転倒者の年齢差が大きいことが挙げられる。今後は、縦断的に重心動搖の変化や、その後の転倒との関係について検討する必要がある。

## 結 論

歩行可能な入院高齢者31人（男性10人、女性21人）の静止時および振動時の重心動搖および歩行分析を転倒者と非転倒者で行い、転倒関連要因についても検討した。

転倒者は、非転倒者と比べて重心動搖面積が大きく、特に静止閉眼、0.3 Hz の左右振動時および前後振動時の面積、0.7 Hz の前後振動時の面積が大きいことが認められた。歩行分析では、転倒者と非転倒者に差はみられなかった。

本研究は平成5年度財団法人 木村看護教育振興財団の助成を受けたものを原著としてまとめた。

## 文 献

- 1) Tinetti, M.E. et al. : Falls Efficacy as a Measure of Fear of Falls. J Gerontol., 45(6) : 239-243, 1990.
- 2) 江藤文夫：老人の転倒の原因 神経系の異常. 別冊綜合

- ケア 老人の転倒と骨折（琵琶湖長寿科学シンポジウム実行委員会編），43-50，1991。
- 3) 泉キヨ子他：入院高齢者の転倒危険因子に関する研究，日看学会第20回集録 老人看護，52-55，1989。
- 4) 金川克子他：老人の転倒予防に関する看護ケアの研究—入院老人の転倒発生時の特徴についての検討—，日看科誌，9(3)：40-41，1989。
- 5) 金川克子他：高齢者の静止及び振動時の重心動搖の特徴について，金大医短紀要，14：75-80，1990。
- 6) 泉キヨ子他：老人の転倒予防に関する基礎的研究—高齢入院老人と健康老人の重心動搖を通して—，金大医短紀要，17：107-114，1993。
- 7) 平松知子，泉キヨ子他：老人の転倒予防に関する基礎的研究—重心動搖と転倒関連要因との関係—，第5回日本リハビリテーション看護学会集録，48-51，1993。
- 8) 三宅彰英：立位姿勢の保持および運動時における体重心位置と下肢筋の活動について，宇宙航空環境医，18：1-9，1981。
- 9) 鈴木みづえ他：高齢者の転倒経験に関する調査研究，日公衛誌，38：743-750，1993。
- 10) Drachmann D.A, Hart C.W. : An approach to the dizzy patient. Neurology., 22 : 323-334, 1972.
- 11) Murray M.P, Kory R.C, Clarkson B.H. : Walking patterns in healthy old men. J Gerontol, 24 : 169-178, 1969.
- 12) Tinetti, M.E. : Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. J Am Geriatr Soc., 34 : 119-126, 1986.
- 13) Tinetti, M.E. et al. : Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities. Am J Med., 80 : 429-423, 1986.
- 14) 江藤文夫：転倒の原因とその予防. Clinician, 386 : 73-76, 1989.

## Prevention of Falls in the Elderly —Assessment of Postural Sway and Gait—

Kiyoko Izumi, Tomoko Hiramatsu, Kazumi Yamagami

### ABSTRACT

In order to investigate prevention from falls in the elderly, we measured the postural sway and gait of 31 elderly who were institutionalized, 14 fallers and 16 nonfallers without any problem in daily living or walking. In the measurement of postural sway, the analyses of frequency were performed for subjects standing erect with eyes open and closed, and with the eyes open when the gravicorder was vibrated in the medial-lateral sway and anterior-posterior sway at frequency of 0.3 and 0.7Hz. In the gait analyses Gait Abnormality Rating Scale was performed for the videotaped data on the subjects who were walking at their own pace.

The results were as follows : The area of the subjects standing erect with eyes open without swaying, and with the medial-lateral sway and anterior-posterior sway at frequency of 0.3, and anterior-posterior sway at frequency of 0.7Hz were greater than those of nonfallers. The degree of step and walking speed in the gait were significantly impaired in the poor of gait, but fallers and nonfallers showed no difference in the Gait Abnormality Rating Scale.