

平成 21 年 6 月 4 日現在

研究種目：基盤研究 (B)  
 研究期間：2006 年度 ～ 2008 年度  
 課題番号：18300210  
 研究課題名 (和文) 転倒経過局面からみた高齢者の「転び方」の練習効果に関する実証的研究  
 研究課題名 (英文) A study for the effects of the "squat protective response" and training on impact during backward falls in older people.

研究代表者  
 岡田 修一 (OKADA SHUICHI)  
 神戸大学・大学院人間発達環境学研究所・教授  
 研究者番号：70152303

研究成果の概要：後方への転倒時における高齢者のスクワット動作についてバイオメカニクスの分析を行った結果、高齢者の後方への転倒時のスクワット動作は、若年者に比べて膝及び腰関節の反応時間が遅く、足関節が伸展し、膝関節が伸びた状態のまま、腰関節を中心に行う動作であることが明らかになった。また、足及び膝関節を大きく早く背屈、屈曲させるスクワット動作を 16 週間練習することによって、若年者の値に近づくことが実証された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
2007年度	900,000	270,000	1,170,000
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
総計	9,600,000	2,880,000	12,480,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：高齢者・転倒経過局面・スクワット動作・練習効果

## 1. 研究開始当初の背景

転倒によって大腿骨骨折を起こす高齢者は、日本では年間 10 万人になると言われている。また、この骨折によって「寝たきり」となる問題も生じている。一方では、転倒への恐怖心から、日常生活における行動範囲を制限している高齢者も数多くみられる。

これまで、転倒・骨折予防に関する研究は数多く報告され、その対策として、いろいろな方法が提案されている。例えば、筋力や柔

軟性を向上したり、すり足で歩かないように注意したり、骨を丈夫にするための栄養摂取や運動実施を推奨している。また、生活環境のなかでのバリアフリーを実施することによって、転倒を予防することも行われている。

しかし、自立した生活やよりアクティブな生活を送るなかでは、直立二足歩行を行い続ける人間にとって、転倒は避けられない現象である。柔道では投げられた時に頭部の保護や衝撃の緩和のた

めに「受け身」を練習していること、また相撲やラグビーでも柔道の受身に似た動作をして、障害を防いでいることを参考にして、転倒を予防するという観点ではなく、転倒した時でもできるだけ傷害を軽減するという、これまでの転倒研究にはみられない新しい観点から研究を行った。

すなわち、本研究では、高齢者においても転倒時に衝撃を軽減するような動作（転び方）を練習することによって、転倒時の障害予防に繋がるのではないかと考え、安全な転び方を探求するための基礎資料を得るために実験を計画した。高齢者に対する安全な転び方を考えるためには、高齢者は転倒過程においてどのような動作をしているのか、あるいは若年者の転び方とどこがちがうのかということ明らかにする必要がある。しかし、これまでの研究は転倒中の動作に着目して検討したものはきわめて少ない。

そのなか、Robinovitch et al. (2000) は若年者を対象として、後方への転倒実験をした結果、体全体を伸ばした場合に比べ、足・膝・腰関節を曲げながらのスクワット動作を行いながら倒れた時に衝撃力が小さくなることを明らかにした。このことは、後方への転倒時にスクワット動作をすることによって、傷害を軽減できる可能性を示している。この知見から、高齢者にとって安全な転び方を考える場合、高齢者のスクワット動作を検討する必要性が示唆される。

Hayes (1997) は、転倒を「転倒開始」、「転倒経過」、「接地衝撃」の3つの局面に分けている。筆者がこれまで実施してきた一連の研究は、高齢者を転ばないようにさせるための研究、換言すれば「転倒開始」を起こさせない研究であった。近年、高齢者の大きな問題として、転倒による骨折（傷害）の増加があげられていること、及び転倒は避けられない

ことを考えると、「転倒開始」を防ぐための研究ばかりでは、「転倒」→「骨折」→「寝たきり」という負の連鎖を断ち切ることは困難である。

## 2. 研究の目的

本研究では、高齢者の転倒時の衝撃力を軽減させる転倒過程における動作（転び方）を考案するための基礎的研究として、後方への転倒時における高齢者のスクワット動作についてバイオメカニクスの分析を行い、若年者と比較検討することによって、高齢者の動作特徴を明らかにすることを目的とした。すなわち、後方への転倒状況を設定し、転倒の1局面である「転倒経過」に焦点をあて、高齢者及び若年者の転倒時の反応動作について体幹筋・下肢筋の筋放電開始時間、足関節・膝関節・股関節変動開始時間及び変動値を比較・検討することによって、転倒時における傷害予防のためのスクワット動作を考案する（目的1）。次に、そのスクワット動作を16週間定期的に練習させることによって、スクワット動作の効果判定を行うことを目的とする（目的2）。

## 3. 研究の方法

(1) 高齢者と若年者の後方転倒時のスクワット動作に関する実験（実験1）

被験者は、整形外科的疾患や神経-筋系の既往症がない65歳以上の高齢者15名（高齢者群）及び若年者16名（若年者群）を対象とした。被験者には本研究への同意を得た。

両群の転倒中の動作を多角的に検討するために、図1に示す後方転倒計測システムを用いて、後方への転倒経過局面における動作及び筋活動を測定・分析した。

試技条件は、自分で転倒を開始する自発的転倒（VOL）、後傾角度5度（5deg）及び後傾角度10度（10deg）の3条件とした。被験者には、安全性の確保のため、VOLでの動作を繰り返し実施させた。被験者の腹直筋、外側広筋、大腿二頭筋に筋電図を貼付し、足関節、膝関節及び股関節にゴニオメ

一タを装着した。また、側方からビデオ映像を撮った。

すべての実験条件ごとに、足関節・膝関節・股関節角度変化、筋電図からみた筋放電開始時間、各関節変動からみた反応時間を計測した。側方からのビデオ映像から、頭部及び体幹の傾斜角度を求めた。

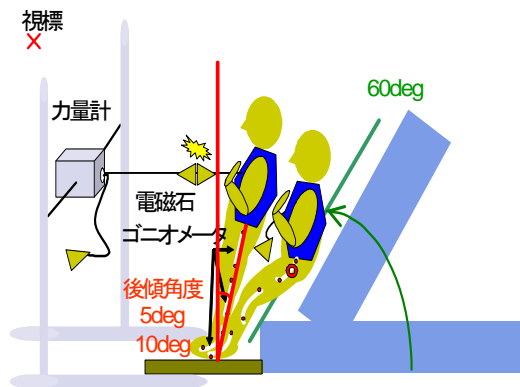


図1 後方転倒計測システム

(2) 高齢者における 16 週間のスクワット練習が後方転倒時のスクワット動作に及ぼす影響に関する実験 (実験 2)

被験者は、整形外科的疾患や神経-筋系の既往症がない 65 歳以上の活動的な高齢者 24 名を対象に、無作為にスクワット練習群 12 名及び対照群 12 名の 2 群に分けた。被験者には本研究への同意を得た。

練習群は、実験 1 の知見をもとに、足及び膝関節を大きく速く背屈、屈曲させるスクワット動作を週 3 日の頻度で、1 日 10 回の動作回数にて 16 週間実施した。この動作は、ソファー・ベッドもしくは安定した椅子に座ることで実施した。

実験条件及び分析パラメータは、実験 1 と同じである。

#### 4. 研究成果

(1) 高齢者と若年者の後方転倒時のスクワット動作の比較

高齢者と若年者の転倒中の動作を多角的に検討するために、後方転倒計測システムを用いて、後方への転倒経過局面における体幹筋・下肢筋の筋放電開始時間、足関節・膝関節・股関節変動開始時間及び変動値を比較・検討した。その結果を以下にまとめる。

① 高齢者群及び若年者群の 5deg 条件、10deg 条件において足関節の反応開始時間に有意な差異はみられなかったが、高齢者群の膝関節の反応開始時間は若年者群に比べ有意に遅い値を示した。また、股関節の反応開始時間でも高齢者群の方が有意に遅い値を示した (図 2)。

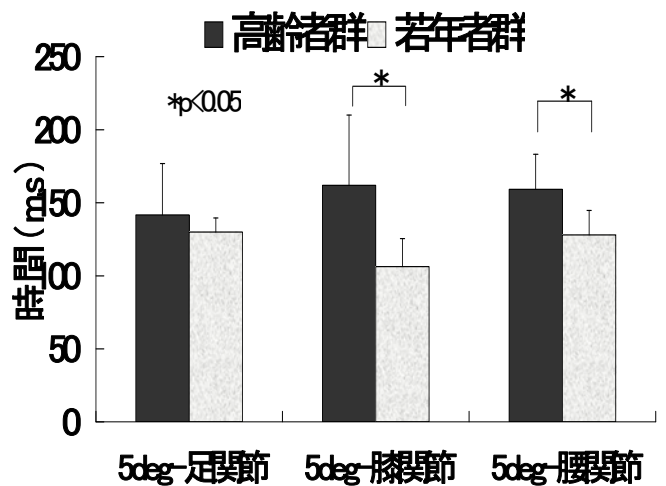


図2 5deg 条件での関節反応開始時間

② 5deg 条件、10deg 条件ともに高齢者群の腹直筋、外側広筋、大腿二頭筋の筋放電開始時間が、若年者群に比べ有意に遅くなる値を示した。

③ 5deg、10deg 条件、及び VOL 条件の足・膝・股関節の関節角度において、高齢者群が若年者群に比べ有意に小さな値を示した。

④ 両群の 5deg 条件での角度変化を比較した結果、足及び膝の関節角度で高齢者群が若年者群に比べ有意に小さな値を示した (図 3)。

⑤ 両群の 10deg 条件での角度変化を比較した結果、5deg 条件と同様に、足及び膝の関節角度で高齢者

群が若年者群に比べ有意に小さな値を示した。

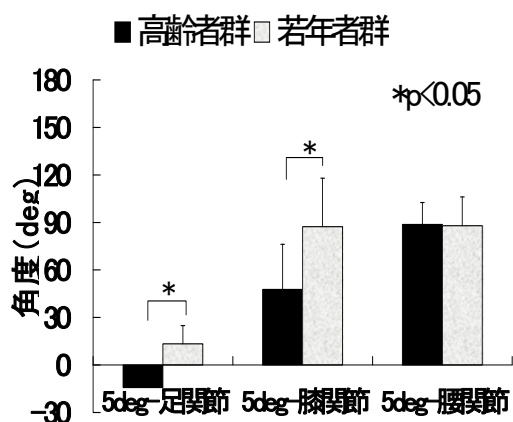


図3 5deg条件での関節角度変化

⑥両群の首の傾斜角度、体幹の傾斜角度及び首と体幹のなす角度を比較した結果、5deg条件の体幹の傾斜角度において、高齢者群が若年者群に比べ有意に小さな値を示したが、それ以外の項目では、両群間に有意な差異はみられなかった（表1）。

表1 首の傾斜角度、体幹の傾斜角度及び首と体幹のなす角度の比較

測定項目	高齢者群(deg)		若年者群(deg)	
	Mean	SD	Mean	SD
VOL-首の傾斜	0.37	8.70	-8.20	11.37
VOL-体幹の傾斜	-5.58	9.65	-1.77	9.01
VOL-首と体幹	195.22	11.47	189.97	19.64
5deg-首の傾斜	-8.09	13.68	-7.14	11.96
5deg-体幹の傾斜	-8.00	2.80	3.13	5.47 *
5deg-首と体幹	196.09	13.56	184.01	11.24
10deg-首の傾斜	-7.93	9.73	-2.27	11.28
10deg-体幹の傾斜	4.15	3.79	8.28	3.95
10deg-首と体幹	183.78	8.33	174.00	12.06

(\* p < 0.05)

(2) 高齢者における16週間のスクワット練習が後方転倒時のスクワット動作に及ぼす影響

16週間にわたる足関節と膝関節を大きく速く屈曲させるスクワット動作（転び方）の練習効果を明らかにするために、高齢者練習群に対し、スクワット動作を週3日、1日10回練習させ、練習前後の転倒中の動作を多角的に比較検討した。すなわち、後方転倒計測システムを用いて、後方への転倒経過局面における体幹筋・下肢筋の筋放電開始時間、足関節・膝関節・股関節変動開始時間及び変動値（角度、角速度）を分析し、練習前後で比較した。分析方法として、後傾角度5度条件における、筋電図からみた筋放電開始時間、ゴニオメータを用いた足関節・膝関節・股関節角度変動からみた反応時間を計測した。側方からのビデオ映像から、頭部及び体幹の傾斜角度及び角速度を求めた。結果を以下にまとめる。

①練習群及び対照群ともに練習前後の股関節の反応開始時間に変化はみられなかったが、練習群の足関節・膝関節の反応開始時間は練習後に有意に早くなった。対照群では、すべての反応開始時間に変化はみられなかった。

②練習群の腹直筋、大腿二頭筋の筋放電開始時間は練習後に有意に早くなった。対照群では練習後に変化はみられなかった。

③練習群の足及び膝の関節角度及び角速度は練習後で有意に大きな値を示した。対照群では、すべての関節角度及び角速度において練習後に変化はみられなかった。

④体幹の傾斜角度及び首と体幹のなす角度を練習前後に比較した結果、練習群の体幹の傾斜角度は練習後に有意に小さい値を示した。対照群では、関節角度・角速度ともに練習後に変化はみられなかった。

⑤これらの結果から、16週間の足関節と膝関節を大きく速く屈曲させるスクワット動作の練習は、転倒接地時の衝撃力を軽減する可能性が示唆された。

以上の結果から、高齢者にとって転倒時の衝撃力を軽減させる転び方に向けた練習方法を考えると、まず、足及び膝関節を大きく速く背屈、屈曲させることが大切であるといえる。具体的な方法としては、ソファやベッドの上に目印となるものを敷き、その目印上に尻を下ろす動作を行い、初めは踵から少し離れた場所に目印を置き、試技を重ねるごとに目印を踵に近づけていく方法などがあげられる。この動作を繰り返すことによって、足関節と膝関節を十分に、しかも速く背屈、屈曲するという動作が習得できるものと期待される。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[図書] (計1件)

①岡田修一、ナカニシヤ出版、do for から do with へ、2009年、151-164

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岡田 修一 (OKADA SHUICHI)  
神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・教授  
研究者番号：70152303

### (2) 研究分担者

柳田 泰義 (YANAGIDA YASUYOSHI)  
神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・教授  
研究者番号：50031373