

平成 21 年 5 月 30 日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18500408  
 研究課題名（和文） 動的立位バランス機能が時間帯により変動する原因の解明を高齢者の転倒予防に導く研究  
 研究課題名（英文） FALL PREVENTION STRATEGY FOR THE ELDERLY ACCOUNTING FOR THE DIURNAL DIFFERENCES IN PHYSICAL FUNCTIONS AND DYNAMIC BODY BALANCE  
 研究代表者  
 新小田 幸一（SHINKODA KOICHI）  
 広島大学・大学院保健学研究科・教授  
 研究者番号：70335644

研究成果の概要：本研究は、高齢者の特に午前中の転倒発生を予防するための方策を検討したものである。高齢者の関節可動域、筋力、バランス、立ち上がり動作等を、午前と午後の2つの時間帯に評価し、午前は午後よりも身体機能とバランス能力が低く、転倒の危険性が高い可能性が示された。この結果を基に、午前中の転倒予防を目指す運動をパンフレットによって指導し、ふらつき感の軽減、歩行時の下肢の振り出し機能と自己効力感の向上等を得た。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,100,000	0	1,100,000
2007年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	720,000	4,220,000

研究分野：総合領域

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：高齢者・転倒・身体機能・バランス・時間帯

## 1. 研究開始当初の背景

高齢者の転倒予防のアプローチは、日本を含む多くの国で多角的に行われてはきたが、時間帯による身体機能やバランス能力の変動性に基づく方策はとられてこなかった。これまで報告者らは、立位バランス機能の日内変動に関する研究で、若年者は、午前は機能が低いことを明らかにしてきた。一方、地域居住の高齢者の転倒は、午前に多いとする報告がある。このような現状とこれまでの研究に関する背景から、高齢者の転倒予防の運動介入には、身体機能と動的立位バランスの日内変動の要素を反映すべきであると考えた。

## 2. 研究の目的

午後に比べ活動度が低いにもかかわらず、午前中に転倒する高齢者の数は少なくないことは、見逃せない現実である。本研究は、保健学の立場から、高齢者の身体機能・動的立位バランスの時間帯による変動性に着目した評価を行い、特に午前中に発生する高齢者の転倒予防を目指した効率的なアプローチを考案することを目的として行った。

## 3. 研究の方法

(1)第1段階（予備実験）

### ①被験者

地域居住の数名の高齢者を被験者とした。

### ②評価

午前と午後の動的バランスの変動性を確認するのに適切と思われる、いくつかの評価(身体機能と課題動作)を実施した。

### ③結果

#### 1)身体機能評価

下肢関節可動域と膝関節伸展トルクは、午前は低い傾向があった。

床面の揺動では、大きな危険性はなかったものの、姿勢保持のために下肢を踏み出す試行や転倒防止用ハーネスにもたれる試行が認められた。また、どちらへ動くか分からず「怖い」「怖いので初めから構えてしまう」などの感想が寄せられた。

#### 2)課題動作

椅子からの立ち上がり動作(Sit-to-stand: STS), 立ち上がった後に数 m の歩行に移行する動作(Sit-to-walk: STW)

STS と STW は、高齢者が転倒し易いとされるが、全員が不安なく動作を完遂できた。

#### 3)高齢者転倒関連評価テスト

Timed up and go(TUG)テストと、機能的リーチテスト(Functional reach test: FRT)では、午前は能力が低い傾向が得られた。

#### ④評価項目の選定

以上のような理由から、本実験では下肢関節可動域と筋力、課題動作は STS と STW の計測、TUG と FRT の測定を評価項目として選定した。

### (2)第2段階(本実験)

#### ①被験者

被験者は、地域に居住し、日常生活活動が自立している高齢者 22 名(男性 5 名, 女性 17 名。平均年齢  $73.5 \pm 5.7$  歳)であった。

#### ②評価項目

3-①の結果に基づき、以下のような項目を選定して評価した。

##### 1)身体機能

身長・体重の測定に加え、握力、下肢関節可動域、膝伸展トルクを測定した。

握力は、堤製作所社製スメドレー型握力計を使用し、握りの長さを示指基根部から示指先端までに設定して測定した。測定値は体重にて正規化を行った。

膝伸展トルクは、膝関節 60 度屈曲位の座位で、検者が下腿遠位部に筋力計(アニマ社製  $\mu$  Tas MT1)をあて、被験者には最大努力で等尺性の膝伸展運動を指示して測定した(図 1)。

筋力計で表示された値は膝伸展トルクに変換し、体重で正規化を行った。

下肢関節可動域の測定は、日本リハビリテーション医学会と日本整形外科学会による「関節可動域表示ならびに測定法」に従った。

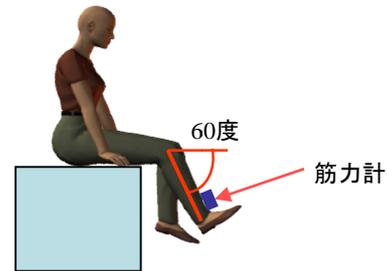


図 1. 膝伸展トルクの測定法

##### 2)高齢者転倒関連評価テスト

TUG テストは背もたれ付きの一般的椅子から立ち上がり、3m 先まで歩いてポールを回って戻り、再度の着座をできるだけ「素早く」行うよう指示した。FRT は自作の装置で測定し、測定値は身長で正規化を行った。

##### 3) 課題動作

下腿長の座面高をもつ台を使用し、STS と STW を実施した。これら 2 つの動作を、AMTI 社製床反力計 AccuGait (サンプリング周波数 540 Hz) とキッセイコムテック社製動作解析装置 Kinema Tracer (フレームサンプリングレート 60 frame/s) にて計測した(図 2)。

両課題動作とも裸足にて、「通常のスピード」条件と、できるだけ「素早いスピード」条件の 2 条件で実施した。

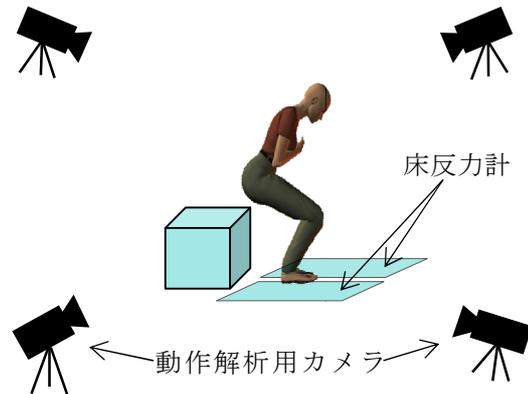


図 2. STS と STW の計測システム

### ③評価時間帯と試行回数、統計学的解析法

#### 1)評価日と時間帯

平日の午前は 9:30 を、午後は 15:30 を中心とする時間帯に評価した。身長と体重、下肢関節可動域の測定と FRT の試行回数は 1 回、その他の項目の試行回数は 2 回とした。なお、被験者宅と実験場所の間は送迎を行った。

#### 2)統計学的解析

1 回試行のデータはその値を、2 回試行によるデータは平均し、測定値が正規化分布に従うときは対応のある t 検定を、従わないときは Wilcoxon の符号付順位検定を用いて解析した。有意水準を  $P<0.05$  とし、解析ソフトウェアは、エス・ピー・エス・エス社製 SPSS 14.0 J for Windows を使用した。

### 3) 運動のパンフレット作成と運動指導、運動介入効果に関する調査

評価結果を基に、朝の起床後に 15 分程度で実施可能な転倒予防のための運動を考案し、それらを反映したパンフレットを作成した。パンフレットに従って運動指導を行い、聞き取りによりその効果を調査した。

## 4. 研究成果

### (1) 身体機能

#### ① 下肢関節可動域

下肢関節可動域は表 1 のように、午前の方が有意に狭かった。このため、午前には足関節戦略と股関節戦略の遂行に支障が出たり、転倒の危険性がより高いことが示唆された。

表 1. 下肢関節角度 (度), n=22

	午前	午後
股関節屈曲		
右	125.4±8.8**	131.5±10.2
左	120.4±26.0**	127.1±22.5
股関節伸展		
右	17.8±5.5**	21.8±6.1
左	16.6±4.5**	20.5±5.5
股関節内転		
右	16.2±4.9 <sup>NS</sup>	17.7±7.4
左	15.3±3.9**	19.4±4.6
股関節外転		
右	36.4±7.9*	39.9±9.2
左	32.2±8.5 <sup>NS</sup>	35.2±9.4
膝関節屈曲		
右	147.7±6.4**	151.0±6.1
左	148.1±5.9**	152.0±5.9
膝関節伸展		
右	-1.93±3.34*	-0.93±3.69
左	-2.93±2.99**	-1.64±3.22
足関節背屈		
右	12.7±6.6**	17.8±8.1
左	11.5±6.5**	14.7±6.5
足関節底屈		
右	49.1±9.0 <sup>NS</sup>	49.0±7.1
左	45.0±9.4**	51.6±8.4

平均値±標準偏差, \*\*:  $P<0.01$ ; \*:  $P<0.05$ ; NS: 有意差無し

#### ② 握力

握力は表 2 のように、左右のいずれも午前の方が有意に弱かった。このため、午前は、例えばバランスを失いそうになり、家具やカーテンなどに掴まって転倒を回避しようとしても、十分な把持力を発揮できず、崩れるようにして倒れてしまうタイプの転倒が発生する危険性がより高いことが示唆された。

表 2. 握力 (%BW), n=22

	午前	午後
右	46.2±12.9*	48.1±13.7
左	42.9±12.7*	45.0±12.7

平均値±標準偏差, \*:  $P<0.05$ ; NS: 有意差無し, BW: Body weight(体重)

#### ③ 膝伸展トルク

膝伸展トルクは下肢筋により産生される下肢の支持性を示す指標である。膝伸展トルクは表 3 のように、午前の方が有意に低いため、下肢の支持性が低く、転倒の危険性がより高いことが示唆された。

表 3. 膝伸展トルク (Nm/kg), n=22

	午前	午後
右	1.33±0.56*	1.43±0.52
左	1.35±0.42 <sup>NS</sup>	1.45±0.51

平均値±標準偏差, \*:  $P<0.05$ ; NS: 有意差無し, 値は体重で正規化後の値

#### (2) 高齢者転倒関連評価テスト

##### ① TUG

TUG は表 4 のように、午前の方が有意に長く、動作の俊敏性が低いことが伺えた。TUG の測定された値には、姿勢変換時の動的立位バランス要素も反映されているため、午前は動的なバランス能力が低く、転倒の危険性がより高いことが示唆された。

表 4. TUG (s), n=22

午前	午後
6.4±1.4**	6.0±1.4

平均値±標準偏差, \*\*:  $P<0.01$

##### ② FRT

FRT は表 5 のように、午前の方が有意に短かった。このため、床面が不安定であったり、あるいは滑り易いために、外乱に対して踏み出し戦略を採用することが困難な条件下では、股関節戦略と足関節戦略で対応することが難しく、午前は転倒の危険性がより高いことが示唆された。

表 5. FRT (%BH), n=22

午前	午後
21.4±2.3**	22.3±2.7

平均値±標準偏差; \*\*: P<0.01; BH: Body height(身長)

(3)課題動作

①STS

表 6 のように, STS 中の左右を合成した鉛直床反力 Fz の最大値 Fzmax は, 「素早いスピード」条件で午前の方が有意に低かった. 床反力は重心加速度の挙動を反映しており, このことは, STS で午前は動的な立ち上がり能力がより低いことを示唆していた.

表 6. STS での最大合成鉛直床反力 Fzmax (%BW), n=13

	午前	午後
通常のスピード	122.9±10.7 <sup>NS</sup>	126.9±11.2
素早いスピード	130.4±10.9*	152.3±46.6

平均値±標準偏差, \*: P<0.05; NS: 有意差無し, BW: Body weight(体重)

②STW

図 3 のように, STW の下肢振り出し開始で, 振り出し側下肢が床反力計から離れる瞬間(振り出し側の鉛直床反力がゼロとなる時)の股関節屈曲, 膝関節屈曲, 足関節背屈の角度を求めた.

その結果, 表 7 のように, 立ち上がった後に一歩目の下肢を振り出す側の股関節と膝関節の屈曲角度は, 通常のスピード条件では午前の方が有意に大きかった. このことから, 午前の方は爪先を引っかけないように下肢を大きく屈曲させる防御的な作用としても考えられるが, 下肢を後方に残したまま振り出そうとしていることも示唆しているものと思われた.

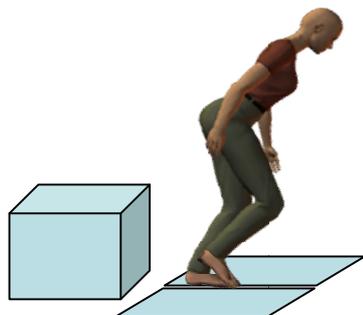


図 3. STW における下肢振り出し開始時姿勢

表 7. STW の振り出し側下肢関節角度(度), n=13

	午前	午後
通常のスピード		
股関節屈曲	45.5±8.5*	37.9±14.3
膝関節屈曲	55.7±4.0**	44.9±12.7
足関節背屈	14.1±41.6 <sup>NS</sup>	0.1±28.4
素早いスピード		
股関節屈曲	55.4±8.6 <sup>NS</sup>	52.5±12.4
膝関節屈曲	61.1±5.7 <sup>NS</sup>	57.7±8.2
足関節背屈	9.9±36.9 <sup>NS</sup>	3.0±27.7

平均値±標準偏差, \*: P<0.05; \*\*: P<0.01; NS: 有意差無し

(4)運動種目の考案とパンフレット作成

4-(1)~(3)で得た結果を基に, 朝起き後 15 分程度で完了できる運動を考案した. 運動は, 関節の柔軟性, 上下肢筋の収縮の賦活, 股関節戦略と足関節戦略の促通を図り, 朝の転倒防止に有効と思われる内容とし, 作成したパンフレット(写真で解説する形式で, 図 4~6 にそれらを抜粋)に反映させて指導した.



図 4. 布団上で行う運動

①: 下肢伸展挙上運動, ②: 股関節屈曲運動, ③: 足関節底背屈運動(底屈運動では箆筒が抵抗になる), ④: 手指の把握と開排運動.



図 5. 立位で行う運動

①: アキレス腱のストレッチ(上肢での箆筒把持は握力改善も兼ねる), ②: 下肢屈伸運動(スピード変化も加味), ③: 片脚起立でバランス練習(不安な場合は, 上肢で支持).



図 6. 立位で行う運動

①：足関節背屈（前頸骨筋の収縮，スピード変化も加味）②：爪先立ち（下腿三頭筋の収縮，スピードの変化も加味），③～⑤：股関節戦略と足関節戦略の賦活（不安な場合は椅子等を使用）

#### (5)運動介入の効果に関する聞き取り調査

高齢者にはパンフレット内容に従った運動を指導し，約 6 週間の運動介入を行った後に，その効果に関する聞き取り調査を行った。

その結果，22 名のうち 6 週間の間に転倒した者は，朝の運動をほとんどしていない 1 名のみであった。パンフレットに従った朝の運動を習慣としていた者は，1 週あたり「7 日」が 36.4%，「5 日」と「4 日」が各 13.6%，「3 日」が 4.5%であった。習慣的に「パンフレットの一部と合わせて，他の朝の運動も加えて行っている」が 36.4%であった。運動そのものを行っていない者は 3 名で，その理由は，「運動介入前に腰痛出現のため，近医で運動を止められていた」「運動自体に興味が無い」「体調不良」であった。

パンフレットに従った朝の運動を習慣化した者のうち，行っている運動が午前中の転倒予防に効果が「有り」とする者は 66.7%，「変化無し」あるいは「分からない」は 33.3%であった。この中で，効果が「有り」とする理由は，以前のような「ふらつき感が少なくなった」「体が軽くなった」「歩行時に爪先が引っかけからなくなった」などであった。「変化無し」と回答した者は，少なくとも機能は維持されたとものと解釈された。

以上のように，運動習慣が形成され，午前中の転倒を予防するうえで，日常生活活動中の動的要素に朝の運動の効果が反映されたものと考えられた。また，朝起き後に運動することへの心の動きに関し，多くの高齢者が，「あらためて朝の転倒を意識するようになった」「自然に手すりを使ったり，できるだけ足を上げたりするようになってきた」「動作に自信がもてるようになった」など，自己

効力感の向上と行動変容に結びつく意識変化が認められた。日常的に朝の運動を行っている全員から，「今後も運動を継続する」とする回答を得た。

写真で運動を説明したこのパンフレットを，有用性が「大いに有り」あるいは「あり」と評価した者は，それぞれ 42.8%を占めた。そのほか，運動を「確かめながらできる」こと，忘れても「パンフレットで再確認できる」という点で受入は良好であった。

#### (6)まとめと今後の展望

これまでの運動介入による高齢者の転倒予防に関する研究で，時間帯のもつ身体機能や動的バランスを考慮したものは，報告者が渉猟する限り，国内も海外においても報告されていない。この点で，本研究の結果は，高齢者の転倒予防の運動介入法を，より効率的で，かつ妥当性をもつものに再構築するための新たな原点になるものと思われる。

本研究には将来に向けた 2 つの展望がある。1 つ目は，午前中に発生する高齢者の転倒が，これらの運動によって確実に減らせるかを，運動に参加する高齢者の数を増やし，男女別分類，日常生活活動のレベルや転倒歴および転倒の回数等による階層化を行って評価・検討し，各人個別の運動プログラムを構築することである。

2 つ目の展望は，人の動作遂行能力や動的立位バランスにも，何らかのかたちで概日リズムが影響を与えているものと思われるため，近年注目されている時間生物学的な視点を加え，本研究をさらに発展させることである。

現在，本研究に姿勢・運動制御と上述の新たな視点を加え，運動介入が高齢者の転倒予防に確実に寄与できるものとするための研究デザインの設計と，その実践を検討している。

#### 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）

〔雑誌論文〕（計 6 件）

- (1)甲田 宗嗣, 辻下 守弘, 川村 博文, 鶴見 隆正, 新小田 幸一, 山田 直樹: 骨関節疾患の理学療法とバイオメカニクス—日常生活動作, 応用動作を中心に. 理学療法ジャーナル, 査読無し, 42, 2008, 821-827
- (2)Munetsugu Kouta, Koichi Shinkoda: Differences in biomechanical characteristics of sit-to-walk motion between younger and elderly males dwelling in the community. Journal of

Physical Therapy Science, 査読有り, 20, 2008, 185-189

- (3) Masaya Anan, Koji Okumura, Nobuhiro Kito, Koichi Shinkoda: Effects of variation in cushion thickness on the sit-to-stand motion of elderly people. *Journal of Physical Therapy Science*, 査読有り, 20, 2008, 51-57
- (4) 甲田 宗嗣, 新小田 幸一: 地域在住高齢者における起立-歩行動作のバイオメカニクスと運動能力および転倒経験との関係. *理学療法科学*, 査読有り, 23, 2008, 125-131
- (5) 山崎 貴博, 木藤 伸宏, 金村 尚彦, 新小田 幸一: 慢性期脳卒中後片麻痺患者の Timed "Up & Go" test と 10m 歩行スピードに与える影響-静止立位保持時と椅子からの起立動作時の麻痺側下肢荷重率. *日本職業・災害医学会会誌*, 査読有り, 55, 2007, 266-272
- (6) Munetsugu Kouta, Koichi Shinkoda, Michele Eisemann Shimizu: Biomechanical analysis of the sit-to-walk series of motions frequently observed in daily living: effects of motion speed on elderly persons. *Journal of Physical Therapy Science*, 査読有り, 19, 2007, 267-271

[学会発表] (計 7 件)

- (1) 新小田 幸一, 阿南 雅也, 中島 大悟, 柳沼 寛: 時間帯は高齢者の身体機能と転倒危険因子に影響を与えるか. 第 44 回日本理学療法学会大会, 2009 年 5 月 28-30 日, 東京都
- (2) Koichi Shinkoda, Toshiyasu Yamamoto, Masaya Anan, Daigo Nakashima, Hiroshi Yaginuma: Effects of Time of Day on Physical Functions and Standing Balance in the Elderly. 4th Asian Pacific Conference on Biomechanics, April 14-17, 2009, Christchurch, Newzealand
- (3) 中島 大悟, 石丸 和也, 山崎 貴博, 阿南 雅也, 木藤 伸宏, 金村 尚彦, 新小田 幸一: 加齢が立ち上がり動作における体幹運動に及ぼす影響. 第29回バイオメカニクス学術講演会, 2008年10月25-26日, 東広島市
- (4) 石丸 和也, 中島 大悟, 山崎 貴博, 木藤 伸宏, 金村 尚彦, 新小田 幸一: 立位における安定性限界と姿勢の関連性. 第43回日本理学療法学会大会2008年5月15-17日, 福岡市
- (5) 山崎 貴博, 木藤 伸宏, 金村 尚彦, 新小田 幸一: 慢性期脳卒中後片麻痺患者の静止立位保持および椅子からの立ち上がり動作時の麻痺側下肢荷重率が10m

歩行速度とTimed "Up & Go"テストに与える影響. 第43回日本理学療法学会大会 2008年5月15-17日, 福岡市

- (6) Koichi Shinkoda, Naohiko Kanemura: Phase plane analysis of sit-to-stand motion as a tool to identify fallers and non-fallers in hemiplegic people. The 15th International Congress of the World Confederation for Physical Therapy, June 3-6, 2007, Vancouver, USA
- (7) Munetsugu Kouta, Koichi Shinkoda, Naohiko Kanemura, Michele Eisemann Shimizu, Morihiro Tsujishita, Takamasa Tsurumi, Hirobumi Kawamura, Daisuke Okazaki: The biomechanical difference in the STW motion for the young and the elderly. The 15th International Congress of the World Confederation for Physical Therapy, June 3-6, 2007, Vancouver, USA

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

新小田 幸一 (SHINKODA KOICHI)  
広島大学・大学院保健学研究科・教授  
研究者番号: 70335644

### (2) 研究分担者

山本 敏泰 (YAMAMOTO TOSHIYASU)  
岡山理科大学・工学部・教授  
研究者番号: 20412158

阿南 雅也 (ANAN MASAYA)

広島大学・大学院保健学研究科・助教  
研究者番号: 10517080

### (3) 連携研究者

蜂須賀 研二 (HACHISUKA KENJI)  
産業医科大学・医学部・教授  
研究者番号: 00129602

金村 尚彦 (KANEMURA NAOHIKO)

埼玉県立大学・保健医療福祉学部・講師  
研究者番号: 20379895

### (4) 研究協力者

木藤 伸宏 (KITO NOBUHIRO)  
広島国際大学・保健医療学部・講師  
研究者番号: 40435061

山崎 貴博 (YAMASAKI TAKAHIRO)

広島国際大学・保健医療学部・助教  
研究者番号: 60435063

畑野 栄治 (HATANO EIJI)

はたのりハビリ整形外科・院長