

- MC, et al : Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev* **3** : CD000340, 2003
- 6) Wolf SL, Barnhart HX, Kutner NG, et al : Reducing frailty and falls in older persons ; An investigation of Tai Chi and computerized balance training. *J Am Geriatr Soc* **44** : 489-497, 1996
- 7) Low S, Ang LW, Goh KS, et al : A systematic review of the effectiveness of Tai Chi on fall reduction among the elderly. *Arch Geront Geriatr*, on line 16 April : 2008
- 8) Suzuki T, Kim H, Yoshida H, et al : Randomized controlled trial of exercise intervention for the prevention of falls in community-dwelling elderly Japanese women. *J Bone Miner Metab* **22** : 602-611, 2004
- 9) Nashner LM : Practical biomechanics and physiology of balance. *Handbook of Balance Function Testing*, NY, Thomson Learning, 261-279, 1997
- 10) 高橋美絵 : “太極拳”を応用した転倒予防体操. 武藤芳照 監, 高齢者指導に役立つ転倒予防の知識と実践プログラム. 東京, 日本看護協会出版会, 58-63, 2006
- 11) Sakamoto K, Nakamura T, Hagino H, et al : Effects of unipedal standing balance exercise on the prevention of falls and hip fracture among clinically defined high-risk elderly individuals ; a randomized controlled trial. *J Orthop Sci* **11** : 467-472, 2006
- 12) 高橋美絵, 山田美穂, 岡田真平, 他 : 楽しむ運動のプログラム. 武藤芳照, 他 編, 転倒予防教室—転倒予防への医学的対応—第二版. 東京, 日本医事新報社, 296-313, 2002
- 13) Glerup H, Eriksen ER : Chapter 102 Muscles and Falls. Vitamin D second edition. Burlington, MA, Elsevier Academic Press, 1805-1820, 2005
- 14) 建内宏重, 池添冬芽, 市橋則明, 他 : 高齢者の転倒予防訓練の理論と実際. *MB Med Reha* **89** : 35-44, 2008
- 15) Weatherall M : Prevention of falls and fall-related fractures in community-dwelling older adults ; a meta-analysis of estimate of effectiveness based on recent guidelines. *Int Med J* **34** : 102-108, 2004
- 16) Chang JT, Morton SC, Rubenstein LZ, et al : Interventions for the prevention of falls in older adults ; systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *Brit Med J* **328** : 680-686, 2004
- 17) Parker MJ, Gillespie WJ, Gillespie LD : Hip protectors for preventing of hip fractures in older people. *Cochrane Syst Rev* **3** : CD001255, 2005
- 18) Kiel DP, Megaziner J, Zimmerman S, et al : Efficacy of a hip protector to prevent hip fracture in nursing home residents ; the HIP PRO randomized controlled trial. *JAMA* **298** : 413-422, 2007
- 19) van Schoor NM, Deville WL, Bouter LM, et al : Acceptance and compliance with external hip protectors ; A systematic review of the literature. *Osteoporos Int* **13** : 917-924, 2002

奥泉 宏康(Hiroyasu Okuizumi)

昭和61年 名古屋大学医学部卒業
 東京厚生年金病院, 国立療養所中部病院, 国立長寿医療センターを経て, 現職に至る. 2001年, 米国ミシガン大学バイオメカニクス教室に1年間留学し, 転倒のバイオメカニクスを研究. 主な研究対象は, ヒッププロテクター, 転倒予防教室, ビタミンDによる転倒予防.



Single task ジャンプ反応時間・Dual task ジャンプ反応時間の 加齢変化と地域在住高齢者における転倒歴との関連

名古屋大学医学部保健学科理学療法学専攻 吉水久恵
指導教員 加藤智香子

【要旨】

若年成人女性 9 名と地域在住高齢女性 17 名を対象として single task によるジャンプ反応時間(STRT)と dual task によるジャンプ反応時間(DTRT)の加齢変化と、高齢者における STRT、DTRT と転倒歴の関連を検討した。STRT は光刺激からジャンプ応答までの時間を測定し、DTRT はこれに加えて計算課題を課した。STRT は若年者群と高齢者群で有意な差はなかったが、DTRT は両群間に有意差が認められた。また、高齢者において転倒群・非転倒群に有意な差は見られなかった。計算課題負荷による DTRT は STRT で検知できなかった加齢変化を検知できた可能性が示唆されたが、転倒歴との関連はみられなかった。

キーワード： dual task, ジャンプ反応時間, 転倒

【はじめに】

転倒は、高齢者における骨折の最大の発生機転である。もっとも重篤な骨折である大腿骨頸部転子部・骨折は、90%以上が転倒によって生ずるとされている¹⁾。また転倒の経験は、不安や恐怖心から日々の活動範囲を狭めさせ、高齢者の Quality of Life(QOL)を低下させる要因となる²⁾。

転倒を予防するために、転倒のリスクを評価することは非常に重要である。国際的に妥当性が認められている転倒リスク評価には、Functional Balance Scale(以下 FBS)や Timed Up & Go Test(以下 TUG)などの方法がある。しかし地域在住高齢者の FBS 平均得点は 50-55/56 点であり、天井効果が生じていることが予想される³⁾。また TUG の転倒リスクのカットオフ値は 13.5 秒⁴⁾とされているが、地域在住の前期高齢女性の平均値は 8 秒以下であり⁵⁾、年齢階層別の基準値もない。このことから FBS や TUG は、運動能力がある程度維持できている高齢者の微細な能力低下の抽出には限界があり、地域在住高齢者の転倒リスク指標としては使いにくいことが考えられる。

齋藤⁶⁾、浅井⁷⁾は地域在住高齢者を対象とした研究でジャンプ反応時間(Reaction Time ;

以下 RT)と転倒歴との関連を報告した。ジャンプ RT は刺激を受容してから体重を負荷した時のジャンプにかかる時間を測定するパフォーマンステストである。単なる反射の要素とは異なり、上位中枢での情報処理、全身のバランスをとりながら運動発現に至る過程を総合的に評価するものである。徳森⁸⁾はジャンプ RT と FBS・TUG と強く関連したと報告している。このことからジャンプ RT が転倒リスク評価方法として有用であることが示唆される。

一方、Olsson は歩いている人に話しかけたとき、話しはじめると止まってしまう人はその後の転倒発生率が高いと報告している⁹⁾。ふたつの課題を同時に遂行するとき、中枢では注意を適切に配分することが求められる。しかし環境からの情報を処理できる容量(注意を配分できる容量)には制限があり、要求される情報処理がこの容量を越えたとき、課題の遂行に影響を及ぼしパフォーマンスが低下する。これは“二重課題干渉”と呼ばれ、易転倒傾向にある高齢者では二重課題への対応能力が低下して二重課題干渉を起こしやすくなると考えられる¹⁰⁾。

以上から、前述したジャンプ RT に二重課題条件を付加することによって比較的運動能力

が維持された高齢者において転倒をより早期に予測することができるのではないかと考えた。そこで、本研究では、single task (単一課題)によるジャンプ RT(以下 STRT)と dual task (二重課題)によるジャンプ RT(以下 DTRT)の加齢変化を検討すること、また地域在住高齢者において STRT、DTRT と転倒歴との関連を検討することを目的とした。

【方法】

1. 対象

本学学生である若年成人女性9名(22.1±2.7歳:20-29歳)と転倒予防教室に通う地域在住高齢女性17名(69.5±3.6歳:65-75歳)を対象とし、高齢者群を転倒群7名(70.6±3.5歳:65-75歳)と非転倒群10名(68.7±3.6歳:65-75歳)に群分けした。

検査前の飲酒を禁止したうえで、検査の遂行が困難と判断される疾患、体の痛み、高血圧(180/100mmHg以上)、Mini-Mental State Examination(MMSE)21点以下、視力低下(両眼矯正視力0.3未満)、下肢筋力低下(40cm踏み台昇降不可)がある者は除外した。

2. 調査・測定項目

1) 基礎データ

RTに影響を与える因子として年齢、身長、体重、Body Mass Index(BMI)、視力、認知機能、過去の計算の経験、下肢筋力を評価した。認知機能の評価にはMMSEを用いた。計算の経験は聞き取りによって過去の職業とそろばん経験の有無を調査した。下肢筋力は「健脚度」¹¹⁾の40cm踏み台昇降の方法に従って、楽に昇降できる:○/着地でふらつく、あるいは膝に手を当てればなんとか昇降できる:△/まったく昇降できない:×(除外)の3段階で評価した。

2) 転倒歴

聞き取りにより過去1年間の転倒の有無を調査した。転倒の定義は「自らの意思でなく、地面またはより低い場所に足底以外の身体の部分を接触すること」(Tinettiの転倒の定義¹²⁾)に従い、自転車での転倒や不可抗力による

転倒は除外した。

3) STRT

安静時における光刺激からジャンプ応答までのRTを測定した。測定には全身反応時間測定機器(竹井製 T.K.K.5108)を使用した(図1)。

対象者は圧センサー付マットの上に立ち、前方約1mの赤いフラッシュが光ったらできるだけ速くその場でジャンプする。なお赤いフラッシュの3~5秒前に緑のランプによる予告信号を入れ、膝を軽く曲げた準備姿勢を取るよう指示した。これをおよそ2回練習した後、5回の本測定を行う。赤いフラッシュから足が完全にマットから離れるまでの時間(msec.)をSTRTとし、その最大値と最小値を除いた3回の平均値を測定値とした。



図1. STRTの測定

4) DTRT

ジャンプ課題に加え、認知課題を负荷した時の光刺激からジャンプ応答までのRTを測定した。

対象者は圧センサー付マットの上に立ち、ランダムに設定された2桁の数字から3を漸次減算する。減算開始およそ10秒後より赤いフラッシュによる光刺激を開始し、ジャンプ応答までのRTを測定した。なお赤いフラッシュの3~5秒前に緑のランプによる予告信号を入れ、準備姿勢を取るよう指示した。これ

をおよそ2回練習した後、5回の本測定を行う。赤いフラッシュから足が完全にマットから離れるまでの時間(msec.)をDTRTとし、その最大値と最小値を除いた3回の平均値を測定値とした。

STRT、DTRTはランダムな順序にて同一検査者が行った。この方法で若年者群を対象にして再現性の検討を行った。STRT、DTRTを別日に2回ずつ測定し、級内相関係数(Intraclass correlation coefficient ; ICC)を算出したところ、STRTでICC=0.98、DTRTでICC=0.84と高い再現性を得ることができた。

3. 統計処理

若年者群、高齢者群それぞれのSTRTとDTRTの比較にはWilcoxonの符号付順位和検定を使用した。また高齢者群におけるSTRT、DTRTと各基礎データの関連をSpearmanの順位相関係数およびMann-WhitneyのU検定を用いて検討したうえで、若年者群と高齢者群および転倒群と非転倒群の各基礎データ、STRT、DTRTをMann-WhitneyのU検定および χ^2 検定を用いて比較した。有意水準は5%未満とした。

4. 倫理的配慮

名古屋大学医学部倫理委員会の承認を得たうえで、対象者には事前に説明を行い書面による同意を得て実施した。

【結果】

1. 若年者群・高齢者群のSTRT・DTRT

若年者・高齢者の基礎データの調査結果を表1に示す。両群間でBMIとMMSEに有意な差が見られたが、踏み台昇降には有意差はなかった。

次にSTRTとDTRTの測定結果を図2に示す。STRTとDTRTの比較では、若年者群ではSTRT401.9±80.1msec.、DTRT477.0±101.8msec.と有意な差が見られた($p<0.01$)。高齢者群でもSTRT475.5±124.3msec.、DTRT690.3±172.8msec.と有意な差が見られた($p<0.01$)。

また若年者群と高齢者群の比較では、STRTでは若年者群・高齢者群の間に有意差は見られなかったが($p=0.15$)、DTRTでは両群間に有意な差が認められた($p<0.01$)。

2. 高齢者における転倒群・非転倒群のSTRT・DTRT

まず、高齢者におけるSTRT、DTRTとその他の因子の関連を表2に示す。年齢、BMI、MMSE、そろばん経験の有無、踏み台昇降のいずれの因子もSTRT、DTRTとは関連しなかった。

次に、転倒群・非転倒群の基礎データを表3に示す。年齢、BMI、MMSE、踏み台昇降のいずれの因子も両群間に有意差はなかった。また図3・4に示したように、STRT、DTRTも両群間で有意な差を示さなかった。

表1. 若年者群・高齢者群の基礎データ

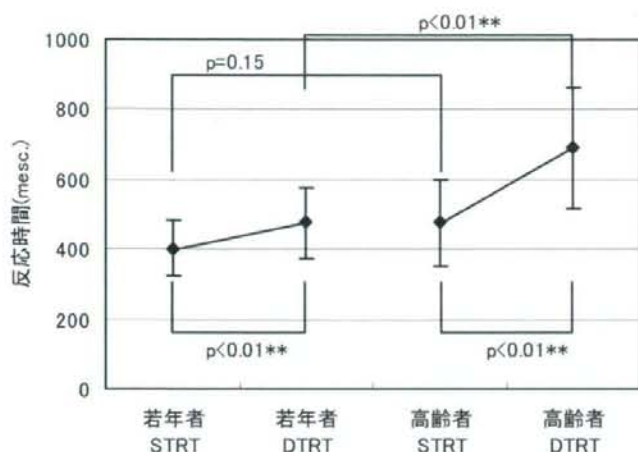
	若年者群(n=9)	高齢者群(n=17)	p値
BMI(kg/m ²)	20.3±1.7	23.4±2.0	<0.01**
MMSE(点)	29.7±0.7	27.6±2.4	0.03*
踏み台昇降 ○	9(100.0)	12(70.6)	0.20
△	0(0.0)	5(29.4)	

値は平均値±標準偏差、ただし踏み台昇降は人数(%)で示した

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

BMI=Body Mass Index, MMSE=Mini-Mental State Examination

踏み台昇降: ○/楽に昇降できる △/着地でふらつく、あるいは膝に手を当てればなんとか昇降できる



若年者 STRT(msec.) 401.9±80.1
 若年者 DTRT(msec.) 477.0±101.8
 高齢者 STRT(msec.) 475.5±124.3
 高齢者 DTRT(msec.) 690.3±172.8

値は平均値±標準偏差
 STRT=Single Task Reaction Time
 DTRT=Dual Task Reaction Time

図2. 若年者群・高齢者群の STRT・DTRT

表2. 高齢者における STRT・DTRT とその他の因子の関連

	年齢	BMI	MMSE	そろばん経験	踏み台昇降
STRT	p=0.26	p=0.16	p=0.77	—	p=0.38
DTRT	p=0.36	p=0.58	p=0.79	p=0.67	p=0.13

BMI=Body Mass Index, MMSE=Mini-Mental State Examination

STRT=Single Task Reaction Time, DTRT=Dual Task Reaction Time

表3. 高齢者における転倒群・非転倒群の基礎データ

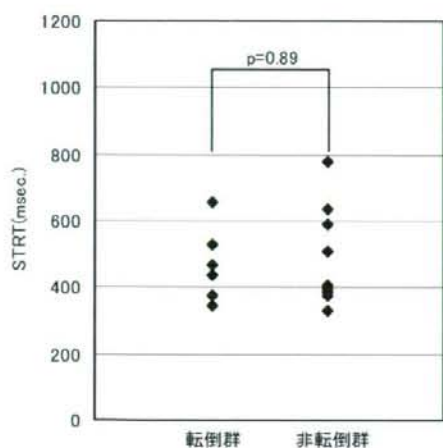
	転倒群(n=7)	非転倒群(n=10)	p 値
年齢(歳)	70.6±3.5	68.7±3.6	0.31
BMI(kg/m ²)	22.8±2.3	23.4±2.0	0.36
MMSE(点)	28.3±2.0	27.6±2.4	0.23
踏み台昇降 ○	5(71.4)	7(70.0)	1.00
△	2(28.6)	3(30.0)	

値は平均値±標準偏差、ただし踏み台昇降は人数(%)で示した

*p<0.05, **p<0.01

BMI=Body Mass Index, MMSE=Mini-Mental State Examination

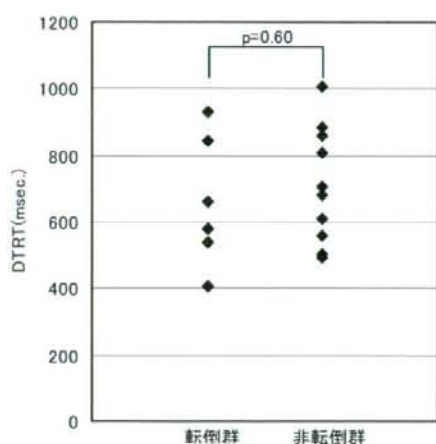
踏み台昇降: ○/楽に昇降できる △/着地でふらつく、あるいは膝に手を当てればなんとか昇降できる



転倒群 STRT(msec.)	467.8±102.5
非転倒群 STRT(msec.)	480.8±142.8

STRT=Single Task Reaction Time

図3. 転倒群・非転倒群の STRT



転倒群 DTRT(msec.)	660.1±178.7
非転倒群 DTRT(msec.)	711.5±174.9

DTRT=Dual Task Reaction Time

図4. 転倒群・非転倒群の DTRT

【考察】

1. 若年者群・高齢者群の STRT・DTRT

若年者・高齢者群の両群において認知課題の負荷がジャンプ RT に及ぼした影響と、STRT・DTRT の加齢変化について検討する。

STRT と DTRT の比較では、若年者群・高齢者群のいずれにおいても DTRT のほうが有意に増大した。これは、計算課題の負荷により中枢に要求される情報処理の容量が増大し、ジャンプ課題の遂行に影響を及ぼしたためであり、今回課した「2桁の数字から3ずつ減算」という課題は、若年者群においても高齢者群においても二重課題干渉を引き起こしたと考えられた。

次に、若年者群と高齢者群のジャンプ RT を比較したところ、STRT では有意な差が見られなかった。単純課題におけるジャンプ RT は、感覚入力から運動発現の遅れを反映するが¹³⁾、今回の高齢者群においてはこれらの機能が若年者と比べて大きく低下していなかったことを示す。これは、地域で暮らし自力にて転倒予防教室に通う高齢者から対象者を募

ったことによるバイアスが生じたためと考えられるが、地域在住の比較的活動的な高齢者では、STRT に包括されるような感覚・運動機能のみの評価では加齢変化を検知しきれなかったという可能性も示した。

一方、DTRT の比較では、若年者群に比べて高齢者群が有意に大きな値を示した。高齢者では中枢の情報処理容量の低下が起これるとともに、与えられた主課題(ここではジャンプ)に要求される情報処理も増大していることが予想される¹⁴⁾。そのため高齢者群では同じ計算課題を課された場合でも若年者群より大きな影響を受け、反応の遅れが大きくなったと考えられた。DTRT は中枢への負荷を大きくすることによって STRT では検知できなかった加齢変化を検知することができた可能性が示唆された。

2. 高齢者における転倒群・非転倒群の STRT・DTRT

高齢者において、転倒群と非転倒群のジャンプ RT を比較検討する。

まず、転倒の有無以外の因子がジャンプ RT に与える影響を明らかにするため各基礎データと STRT・DTRT それぞれの関連を検討した。その結果いずれの因子にも関連は見られず、今回の高齢者群では年齢や認知機能、下肢筋力はジャンプ RT に影響していなかったと考えられた。また、各基礎データは転倒群・非転倒群の比較においても有意な差を示さず、転倒の有無に対しても影響していないと考えられた。

転倒群・非転倒群のジャンプ RT 比較では、STRT、DTRT ともに有意な差を示さなかった。STRT が転倒群・非転倒群で差を示さなかったことは先行研究^{6,7)}の結果とは異なる。今回、転倒群 7 名、非転倒群 10 名と対象者数が少なかったこと、先に述べたように転倒予防教室の参加者であるため転倒予防への意識や運動機能にバイアスが生じた可能性があることが予想された。

また DTRT では、計算課題を負荷することでジャンプ課題がストップしてしまったり指示通り行えなくなってしまう高齢者が見られたことから、今回課した「2 桁の数字から 3 ずつ減算」という課題が転倒経験の有無に関わらず高齢者にとって難易度が高すぎた可能性が考えられた。転倒者と非転倒者を区別するためには課題の難易度は高いほうが適する¹⁰⁾と言われているが、ジャンプ動作そのものが高齢者の日常動作ではないため、ジャンプ課題の負荷量を考慮して適切な認知課題を設定する必要があると思われた。

3. 研究の限界と今後の課題

本研究は、対象者が若年者群 9 名、高齢者群 17 名と少なく、とくに高齢者群を転倒群・非転倒群に群分けして比較検討するには対象者数が不十分であったと考えられた。対象者を転倒予防教室に通う高齢者から募ったためのサンプリングバイアスも無視できない。また、今回 DTRT において課した課題が高齢者にとって難易度が高すぎたと考えられることから、今後は高齢者において転倒者と非転倒者を区別するのに適した難易度の設定が課題である。

【まとめ】

今回行った計算課題負荷による DTRT は STRT で検知できなかった加齢変化を検知できた可能性が示唆されたが、転倒歴との関連はみられなかった。

【謝辞】

本研究にご協力いただいた転倒予防教室参加者の皆様に深く感謝いたします。

【文献】

- 1) 鈴木隆雄: 転倒の疫学. 日老医誌. 40: 85-94, 2003.
- 2) Tinetti M E, Richman D, Powell L, et al: Falls efficacy as a measure of fear of falling. J Gerontol. 15: 239-243, 1990.
- 3) 對馬均, 松嶋美正: Timed Up and Go Test, Berg Balance Scale. Journal of Clinical Rehabilitation. 16(6): 566-571, 2007.
- 4) Shumway-Cook, Sandy Brauer, Marjorie Woollacott: Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults Using the Timed Up & Go Test. Phy. Ther. 80(9): 896-903, 2000.
- 5) 島田裕之, 古名丈人, 大淵修一, 他: 高齢者を対象とした地域保健活動における Timed Up & Go Test の有用性. 理学療法学. 33(3): 105-111, 2006.
- 6) 齋藤拓也: 高齢者における反応時間と転倒との関係について—動作部位・動作の種類に注目して—. 名古屋大学医学部保健学科理学療法学専攻卒業論文集. 1-4, 2006.
- 7) 浅井英典, 大柿哲朗, 小宮秀一: 中高齢女性の転倒経験の有無による体力および動的平衡性の相違について. 体育学研究. 49: 447-456, 2004.
- 8) 徳森公彦, 小島真二, 坂野紀子, 他: 高齢者における転倒評価スケールの検討. 日本予防医学学会雑誌. 1(1): 33-39, 2006.
- 9) Lundin-Olsson, Lars Nyberg, Yngve Gustafson: "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. Lancet. 349: 617, 1997.

- 10) Sandra G Brauer, Meg E Morris: 健常高齢者と動作障害を伴う高齢者の姿勢コントロール, 動作, 身体活動に対する二重課題干渉の影響. エビデンスに基づく高齢者の理想的な運動プログラム(Meg Morris, Adrian Schoo 編). 251-270, 東京, 医歯薬出版株式会社, 2008.
- 11) 上岡洋晴, 岡田真平: 健脚度の測定. 転倒予防教室(武藤芳照監修 第2版). 89-97, 東京, 日本医事新報社, 2002.
- 12) Tinetti M E, Speechley, et al: Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Eng J. Med.* 319: 1701-1707, 1988.
- 13) 黒澤和生: 運動分析—反応時間を中心として—. *運動生理.* 8(3): 135-140, 1993.
- 14) 山田実, 上原稔章: 二重課題条件下での歩行時間は転倒の予測因子となりうる—地域在住高齢者を対象とした前向き研究—. *理学療法科学.* 22(4): 505-509, 2007.

高齢者における側方バランスと転倒との関連 ～前方バランスと比較して～

名古屋大学医学部保健学科理学療法学専攻 今宿万里江
指導教員 加藤智香子

【要旨】

65～79歳の地域在住の高齢女性23名(転倒群9名、非転倒群14名)を対象に、前方・側方バランスと転倒歴との関連について調べ、それぞれの関連の強さを明らかにすることを本研究の目的とした。前方バランスの指標として、Functional Reach Test(FRT)、最大一步幅、側方バランスの指標として、Multi-Directional Reach Test(MDRT)の左右方向へのリーチ、Maximum Side-step Length(MSSL: 最大サイドステップ長)を測定した。また、片脚立位保持時間、Falls Efficacy Scale(FES)を用いた転倒恐怖のアンケート調査も行った。転倒群・非転倒群において、FRT、MDRT、最大一步幅、MSSL、片脚立位保持時間、FESの各指標に有意な差はみられなかった。今回の結果からは、転倒歴と前方・側方バランス共に関連はみられず、バランス低下が転倒の直接の要因になっているとは言えず、その関連の強さを明らかにすることができなかった。

キーワード: 側方バランス、高齢者、転倒

【はじめに】

近年、高齢化が進むにつれて、高齢者における転倒に注目が集まっている。転倒はしばしば重篤な外傷を引き起こし、その中でも骨折は頻発する障害である。骨折の中でも特に重篤なものは、大腿骨頸部・転子部骨折であり、この発生率は高齢になるにつれ増加し¹⁾²⁾、その約90%が転倒が原因で起こると言われている³⁾。また、「転倒・骨折」は、「脳血管疾患」、「高齢による衰弱」に続き、65歳以上における要介護の原因の第3位を占めており⁴⁾、転倒による骨折によって要介護状態や寝たきり状態になる例は多く、Quality of Life(QOL)を著しく低下させる。このことから、転倒予防を行うことは、高齢社会において重要な課題であるといえる。

また、転倒による大腿骨頸部・転子部骨折の発生には転倒方向が関係しているとの報告がある⁵⁾。転倒方向について調査したものによると、大腿骨頸部・転子部骨折発生時の転倒方向は、側方が最も多く⁶⁾、転倒方向により特異的な骨折部位がみられ、側方への転倒では大転子部への接地がおこるため、大腿骨頸部・転子部骨折を引き起こす最も危険な転倒

であるといえる⁷⁾⁹⁾。

一方、転倒の機能的要因としてバランス機能の障害は主要因であり、高齢者の10～25%ではバランスや歩行機能の低下により転倒を引き起こしている¹⁰⁾。したがって、転倒リスクの把握にはバランスの評価が重要であるといえる。従来から用いられてきたバランス機能評価は重心動揺測定や片脚立位保持時間などの静的バランス検査が中心であったが、近年では重心移動を伴う動的バランス検査が用いられており、Functional Reach Test(FRT)¹¹⁾などの前方バランスを評価するものが中心となっている。しかし一方で、側方バランスの重要性について述べている研究もみられる。加齢による立位姿勢制御能の低下は前後方向よりも側方において著しく¹²⁾¹³⁾、側方へのステップ動作においては、加齢による重心移動時間の遅延や移動距離の増大がみられる¹⁴⁾。また、側方の姿勢制御能の低下が転倒の危険性の予測に重要な役割を果たすことが報告されており¹⁵⁾、側方へバランスを崩し倒れかけた時に、咄嗟にステップを踏むというバランス反応が現れることにより、転倒を回避できるとの報告もある⁷⁾。さらに、実際

の歩行動作を分析したものによると、歩行中の立脚相における側方重心移動とその制動が安定性に関して重要な役割をもつとの報告もある¹⁶⁾。高齢になるにつれ、日常生活においては歩行などにより前方への移動は行いが、側方へ移動する機会は少なくなる。このような動作や刺激の欠如が、側方への転倒しやすさと関係していると考えられる。

このように、多くの研究で側方バランスの重要性が述べられており、以上の論点から、高齢者では側方バランスの低下が転倒の危険性とより強く関係するのではないかと考えた。側方バランスを評価することは簡易的な転倒リスク把握のための重要な指標になりうる可能性がある。しかし、前方と比較して、側方バランスは評価指標として一般的なものとはなっておらず、前方・側方バランスの比較を行う必要があると考えた。そこで、前方・側方バランスと転倒歴との関連について調べ、それぞれの関連の強さを明らかにすることを目的として、以下の研究をおこなった。

【方法】

1. 対象

対象は、転倒予防教室(転ばん大幸教室)に通う地域在住の一般高齢女性とした。65歳以上79歳未満の計23名で、平均年齢は71.4±4.5歳であった。このうち、転倒者が9名、非転倒者が14名であった。対象者には研究の趣旨を十分に説明し、書面による同意を得た後、体力測定および聞き取り調査を行った。また、著明な下肢筋力低下のある者(40cm 踏み台昇降が不能であった者)を除外した。

2. 測定項目および方法

転倒歴と前方バランス、側方バランスとの関連を見るために、実際の転倒時の状況を想定して、重心移動を伴う動的バランス指標を使用した。すなわち、前方バランスの指標として、前方へのリーチ動作であるFRTと、前方へのステップ動作である最大一歩幅を、側方バランスの指標として、側方へのリーチ動作であるMulti-Directional Reach Test(MDRT)と、側方へのステップ動作である

Maximum Side-step Length(MSSL: 最大サイドステップ長)を用いた。また、片脚立位保持時間の測定、Falls Efficacy Scale(FES)を用いた転倒恐怖のアンケート調査も行った。

1) 基礎データ年齢・身長・体重・Body Mass Index (BMI)・血圧・脈拍・体調・下肢長(上前腸骨棘から内果までの距離)の調査・測定を行った。

2) 40cm 踏み台昇降¹⁷⁾

著明な下肢筋力低下の有無を確認するために実施した。被験者には高さ40cmのステップ台を手すりなしに確実に昇り、一旦台上で両足をそろえて直立したのちに、向こう側に着実に降りることを指示した。評価は、「楽に昇降できる:○」、「着地でふらつく、あるいは膝に手をあてればなんとか昇降できる:△」、「全く昇降できない:×」の三段階を設け、「○」、「△」の者を研究対象者とした。

3) 転倒歴

聞き取り調査にて、過去1年間の転倒の有無を調査し、転倒回数により1回以上の転倒経験がある者を転倒群、転倒経験のない者を非転倒群とし、二群に分類した。また、転倒時の状況について、転倒方向、転倒場所、転倒日時、怪我の有無などの具体的な調査を行った。転倒は、Gibsonの定義により「本人の意思からではなく、地面またはより低い場所に膝や手、殿部などが接触すること」¹⁸⁾とした。

4) Functional Reach Test(FRT)

図1に示すように、前方リーチ動作の指標として測定した。支持基底面内での前方への重心移動を行うものであり、立位姿勢における体重心を支持基底面内のどこまで広げられるかをみる動的バランス指標である。側方リーチ動作と条件を同様にするため、測定法はDuncanらによるFRT¹¹⁾の条件を一部変更し、NewtonによるMDRT¹⁹⁾の基準に従った。被験者には裸足にて両足を肩幅程度に開いて立位を取らせ、両上肢を90°前方へ挙上させ、そ

の位置からできるだけ遠く前方へ腕を伸ばさせ、その最大リーチ距離(mm)を測定した。体幹の回旋は含まず、指先を伸展位とした。足部を床から離したり床上を移動させたりしないこと、最大到達位まで手を伸ばしその後開始姿勢に戻ることを指示した。練習 2 回、本測定 2 回を行い、解析には 2 回の測定値のうち最大値を用いた。

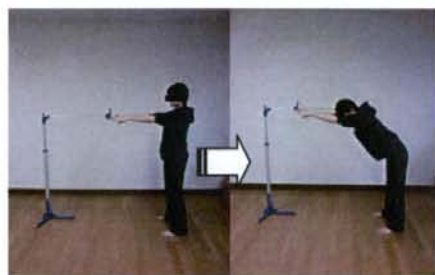


図 1 Functional Reach Test(FRT)

5) 最大一歩幅¹⁷⁾

図 2 に示すように、前方ステップ動作の指標として測定した。支持基底面外への前方重心移動を行い、新しく作り出した支持基底面の適切な位置に重心を調節しようとするものである。歩幅を大きくすればするほど、片脚立位期における足圧中心と体重心線との距離が大きくなり、再び閉脚立位で静的に安定した状態へ戻すために良好な動的バランスが必要となる。被験者には裸足にて、両足を揃えた状態から最も大きく片方の脚を前方に踏み出し、反対側の脚をその横にそろえる動作を行わせ、その最大距離(cm)を測定した。動作中には上肢を大腿部に押し付け身体を支持しないこと、またジャンプしないことを指示した。測定は、左右ともに練習 2 回、本測定 2 回を行い、解析には左右それぞれ 2 回の測定値のうち最大値を用いた。各自の脚の長さの影響があるため、その左右の最大値を平均した値を、下肢長の左右平均値(cm)で除して標準化した。



図 2 最大一歩幅

6) Multi-Directional Reach Test(MDRT)¹⁹⁾

図 3 に示すように、側方リーチ動作の指標として測定した。MDRT は、FRT を元に関連されたもので、前後左右 4 方向へのリーチを行うものである。本研究では左右 2 方向の測定を行った。前方リーチ動作と同様に、支持基底面内での側方への重心移動を行うものである。被験者には裸足にて両足を肩幅程度に開いて立位を取らせ、一方の上肢を 90°側方へ挙げさせ、その位置からできるだけ遠く側方へ腕を伸ばさせ、その最大リーチ距離(mm)を測定した。特に体幹の回旋が起こらないこと、顔は前方を向いて行うことを注意し、指先は伸展位とした。足部を床から離したり床上を移動させたりしないこと、最大到達位まで手を伸ばしその後開始姿勢に戻ることを指示した。左右ともに練習 2 回、本測定 2 回を行い、解析には左右それぞれ 2 回の測定値のうち最大値をとり、その平均値を用いた。



図 3 Multi-Directional Reach Test(MSSL)

7) Maximum Side-step Length(MSSL: 最大サイドステップ長)²⁰⁾

図 4 に示すように、側方ステップ動作の指標として測定した。最大一歩幅と同様に、支

持基底面外への側方重心移動を行い、新しく作り出した支持基底面の適切な位置に重心を調節しようとするものである。被験者には裸足にて、両足を揃えた状態から最も大きく片方の脚を側方に踏み出し、反対側の脚をその横にそろえる動作を行わせ、その最大距離(cm)を測定した。動作中には上肢を大腿部に押し付け身体を支持しないこと、またジャンプしないことを指示した。測定は、左右ともに練習2回、本測定2回を行い、解析には左右それぞれ2回の測定値のうち最大値を用いた。各自の脚の長さの影響があるため、その左右の最大値を平均した値を、下肢長の左右平均値(cm)で除して標準化した。



図5 片脚立位保持時間



図4 Maximum Side-step Length(MSSL)

8) 片脚立位保持時間²¹⁾

静的立位バランス能力の指標として、測定した。支持基底面内での重心保持機能をみるものである。図5に示すように、測定は裸足で行い、支持側は楽に支持できる方を被験者に選択させた。真っ直ぐ前方を見るよう指示し、姿勢を正して両手を腰に当てた状態で片脚立位をとらせ、拳上側の足部が離床した時点から、再び接床するまでの時間をストップウォッチで測定した。測定は一侧のみとし、測定回数は2回、測定時間は最大120秒までとし、2回の測定値のうち最大値を用いた。1回目の測定で120秒が可能であった者は測定は1回のみとした。

9) 転倒恐怖: Falls Efficacy Scale(FES)²²⁾

被験者に、図6に示した10項目の日常生活動作を行う時に、また実際に行わない動作でも、やろうと思えばどのくらい転ばずに自信を持ってできるかを、アンケートにより答えさせるものである。各項目ごとに「1」(大変自信がある)から「10」(全く自信がない)の10段階で○をつけさせ、点数の総計をFESスコア(範囲:10~100)として評価した。スコアが大きいほど転倒恐怖が大きいことを表す。

<ul style="list-style-type: none"> ①入浴する ②戸棚やタンスを開ける ③簡単な食事の用意をする ④家のまわりを歩く ⑤布団に入ったり、布団から起きあがる ⑥電話にすぐ対応する ⑦座ったり、立ったりする ⑧服を着たり、脱いだりする ⑨日常のちょっとした掃除をする ⑩日常のちょっとした買い物をする 										
大変自信 がある	まあ自信 がある	あまり自信 がない	全く自信 がない							
↓	↓	↓	↓							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

図6 Falls Efficacy Scale(FES)

3. 統計解析

転倒群・非転倒群の二群間における有意差をみるため、基礎データ、前方・側方の各バランス指標、片脚立位保持時間、FESのデータをそれぞれ、Mann-WhitneyのU検定を用いて比較検討した。有意水準は5%未満とした。

4. 倫理的配慮

本研究は、名古屋大学医学部倫理委員会保健学部会の承認を得て行った。

測定を行うに当たっては、被験者には研究の目的や内容を文書及び口頭で十分に説明し、書面による同意を得た上で実施した。

また、測定時にはサポート役をつけ、安全を最優先して行った。

【結果】

基礎データ(年齢・身長・体重・BMI)を転倒群・非転倒群において比較を行ったものを表1に示した。両群間で各項目に有意差はみられなかった。

次に、前方リーチ動作であるFRT、側方リーチ動作であるMDRT、前方ステップ動作である最大一歩幅、側方ステップ動作であるMSSL、また、片脚立位保持時間、転倒不安(FES)の各指標において、転倒群・非転倒群の二群間での比較を行った結果を表2に示した。各指標(前方バランス、側方バランスともに)、

その他の指標においても両群間で有意差のあった項目はみられなかった。

また、二次的解析として、1回のみ転倒が偶発的な転倒である可能性が考えられるため、転倒回数が2回以上の者を複数回転倒群(3名)、1回のみ転倒または転倒経験なしの者を非複数回転倒群(20名)として、比較を行った。その結果を表3に示したが、各指標において、両群間で有意差のあった項目はみられなかった。

さらに、バランス能力には加齢による影響がみられるため^{11,17,20,23}、年齢層化別(前期高齢者:65~74歳15名、後期高齢者:75~79歳8名)において、各バランスと転倒歴との関連をみたところ、有意差のあった項目はみられなかった(表4)。

今回、転倒群9名の転倒方向の調査を行った結果、前方への転倒者7名、側方への転倒者2名であった。その転倒状況について調べたところ、前方への転倒者では、歩行中や動作時にわずかな段差につまずいている者が5名と多かった。段差に気づかず転倒していたケースと、気づいていたにも関わらず足が思っていたより上がらずに転倒していたケースがみられた。また、3名は両手が荷物で塞がっていた時の転倒であった。側方への転倒者では、階段の最後で力が入らずふらついた、床ですべったという理由で転倒していた。

表1 基礎データの転倒群・非転倒群における比較

	転倒群(n=9)	非転倒群(n=14)	p 値
	平均±SD	平均±SD	
年齢(歳)	72.0±4.2	71.0±4.9	0.64
身長(cm)	151.8±2.8	151.7±3.7	0.85
体重(kg)	51.7±4.5	54.6±5.1	0.08
BMI(kg/m ²)	22.5±2.1	23.7±1.9	0.15

SD= Standard Deviation, p 値: Mann-Whitney の U 検定 *p<0.05

BMI= Body Mass Index

表 2 各測定指標の転倒群・非転倒群における比較

		転倒群(n=9)	非転倒群(n=14)	p 値
		平均±SD	平均±SD	
前方バランス	FRT(mm)	263±31	267±48	0.75
	最大一步幅(%)	117±19	116±14	0.75
側方バランス	MDRT(mm)	207±38	204±32	0.90
	MSSL(%)	112±11	112±10	0.90
	片脚立ち(秒)	41.2±42	37.8±28	0.73
	FES(点)	25.9±13	25.4±17	0.80

SD= Standard Deviation, p 値: Mann-Whitney の U 検定 *p<0.05

FRT=Functional Reach Test, MDRT= Multi-Directional Reach Test

MSSL=Maximum Side-step Length, FES= Falls Efficacy Scale

表 3 複数回転倒群・非複数回転倒群における比較

		複数回転倒群(n=3)	非複数回転倒群(n=20)
		平均±SD	平均±SD
前方バランス	FRT(mm)	275±51	264±41
	最大一步幅(%)	123±26	116±14
側方バランス	MDRT(mm)	212±64	199±30
	MSSL(%)	109±16	113±9
	片脚立ち(秒)	48.3±38	37.8±33
	FES(点)	18.0±9	26.8±16

SD= Standard Deviation

FRT=Functional Reach Test, MDRT= Multi-Directional Reach Test

MSSL=Maximum Side-step Length, FES= Falls Efficacy Scale

表 4 年齢層化別での転倒群・非転倒群における比較

		前期高齢者(15名)			後期高齢者(8名)		
		転倒群(n=6)	非転倒群(n=9)	p 値	転倒群(n=3)	非転倒群(n=5)	p 値
		平均±SD	平均±SD		平均±SD	平均±SD	
	年齢(歳)	69.8±3.2	68.0±3.0	0.26	76.3±1.2	76.4±1.5	0.88
前方 バランス	FRT(mm)	272±33	284±45	0.81	245±19	237±41	0.76
	最大一步幅(%)	120±21	119±9	0.81	111±15	109±20	0.88
側方 バランス	MDRT(mm)	219±42	198±35	0.29	182±6	193±32	0.61
	MSSL(%)	115±7	116±7	0.91	105±16	106±12	0.92
	片脚立ち(秒)	48.8±46	48.4±29	0.72	26.0±36	18.6±12	0.68
	FES(点)	23.0±14	23.4±14	0.91	31.7±13	29.0±22	0.86

SD= Standard Deviation, p 値: Mann-Whitney の U 検定 *p<0.05

FRT=Functional Reach Test, MDRT= Multi-Directional Reach Test

MSSL=Maximum Side-step Length, FES= Falls Efficacy Scale

【考察】

前方バランスとして FRT、最大一歩幅、側方バランスとして MDRT、MSSL、さらに片脚立位保持時間、FES の指標を用いて、転倒歴との関連をそれぞれ検討したが、各指標で転倒群・非転倒群において有意な差がみられず、転倒歴との関連はみられなかった。

この要因として、対象者の偏りが生じた可能性が考えられた。今回の研究では、転倒予防教室に通う比較的活動的かつ健康に対する意識の高い高齢者を対象としたため、身体能力が高い参加者が集まり、そのため FRT、MDRT、MSSL の各バランス指標において、転倒群・非転倒群ともに、平均値が基準値を上回っており、転倒群・非転倒群間で測定値に差がみられなかった。また、転倒群においてバランス能力の高い群がみられ、この群ではバランス能力を含む身体能力が比較的高いため、不注意さや活発な活動を行っていたことにより転倒したことが考えられた。一方、非転倒群においてバランス能力の低い群がみられ、この群ではバランス能力が低いために、本人が自身の能力を把握して慎重に行動していたことが、転倒防止の役目を果たしていたのではないかと考えられた。このように、今回の結果からは、バランス低下が転倒の直接の要因になっているとは言えなかった。また、転倒者に転倒恐怖が大きいということも言えなかった。今後は、対象者の普段の身体活動度や行動特性、自身の身体能力に対する把握や関心などの調査を行い、転倒恐怖との関係から転倒とバランス能力の検討を行うことが必要である。

さらに、本研究では、実際に転倒が起こる状況を想定し、支持基底面内および支持基底面外への随意的な重心移動を伴う動的バランス指標を用いて測定を行ったが²⁴⁾²⁵⁾、より転倒の状況を反映できるバランス指標について検討する必要がある。転倒時には、予期せぬバランスの崩れが起こるため、今回の測定法に加え、反応時間や咄嗟の判断力を必要とする状況を作り、バランス測定を行うことで、より転倒時を想定した検討ができるのではないかと考えられる。

転倒方向の調査によると、前方への転倒者では、わずかな段差につまずいていた例が多く、環境の変化に対応することが難しく、アクシデントによりバランスが崩れた際に、咄嗟に修正することができずに転倒するものと考えられる。また、側方への転倒者では、ふらついた、床ですべったという理由で転倒しており、前方転倒者と比較すると、より動作中でのバランスの崩れの影響が大きいと考えられる。このように転倒方向により転倒に至った原因が異なることや、前方・側方への転倒者間においてバランス能力に差がみられる可能性が示唆される。今回の研究では対象者数が少なかったために両者の比較・検討を行うことはできなかったが、今後は、対象者を増やし、転倒方向からみたバランス能力の比較を行うことで、より転倒リスクの把握ができるのではないかと考えている。

【まとめ】

転倒歴と前方・側方バランス共に関連はみられず、本研究の対象者ではバランス低下が転倒の直接の要因になっているとは言えず、その関連の強さを明らかにすることができなかった。

【謝辞】

本研究にご協力いただきました転倒予防教室参加者の皆様に深く感謝いたします。

【文献】

- 1) 萩野浩: 高齢者の骨折. 理学療法ジャーナル. 39(1): 5-11, 2005.
- 2) 折茂肇, 坂田清美: 第4回大腿骨頸部骨折全国頻度調査成績. 医事新報. 4180: 25-30, 2004.
- 3) 五十嵐三都男: 高齢者の転倒骨折の背景と整形外科的治療. 理学療法ジャーナル. 32(3): 155-157, 1998.
- 4) 厚生労働省大臣官房統計情報部: 平成16年度国民生活基礎調査の概要. 厚生労働省, 東京, 2005.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/index.html>

- 5) Cummings SR, Nevitt MC: A hypothesis: the cause of hip fractures. *Journal of Gerontology*. 44(4): 107-111, 1989.
- 6) 坪山直生, 清水基行, 中村孝志, 他: 大腿骨頸部骨折発生機序の調査. *Osteoporosis Japan*. 11(3): 187-190, 2003.
- 7) 島浩人, 依岡徹, 吉本和徳, 他: 大腿骨頸部骨折を起こしやすい転倒方向について - 転倒装置を用いた分析 -. *Osteoporosis Japan*. 12(3): 168-176, 2004.
- 8) 上岡洋晴, 武藤芳照, 太田美穂, 他: 高齢者の転倒・転落事故に関する事例研究. *東京大学大学院教育学研究科紀要*. 38: 441-449, 1998.
- 9) Greenspan SL, Myers ER, Kiel DP, et al: Fall Direction, Bone Mineral Density, and Function: Risk Factors for Hip Fracture in Frail Nursing Home Elderly. *The American Journal of Medicine*. 104(6): 539-545, 1998.
- 10) Nelson RC, Amin MA: Falls in the elderly. *Emergency Medicine Clinics of North America*. 8(2): 309-324, 1990.
- 11) Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al: Functional Reach: A New Clinical Measure of Balance. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*. 45(6): 192-197, 1990.
- 12) McClenaghan BA, Williams HG, Dickerson J, et al: Spectral characteristics of ageing postural control. *Gait and Posture*. 3: 123-131, 1995.
- 13) Chou LS, Kaufman KR, Hahn ME, et al: Medio-lateral motion of the center of mass during obstacle crossing distinguishes elderly individuals with imbalance. *Gait and Posture*. 18: 125-133, 2003.
- 14) 建内宏重, 米田稔彦, 田中貴広, 他: 側方へのステップ動作開始時における姿勢制御の加齢による変化. *理学療法科学*. 21(3): 267-273, 2006.
- 15) Maki BE, Holliday PJ, Topper AK: A prospective Study of Postural Balance and Risk of Falling in an Ambulatory and Independent Elderly Population. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*. 49(2): 72-84, 1994.
- 16) Fujisawa H, Takeda R, Hamamoto K, et al: Evaluation of lateral weight shift and relationship between ability of lateral weight shift and locomotion performance. *Proceeding of 25th Annual International Conference of Engineering Medicine and Biology Society*. IEEE. 2: 1855-1858, 2003.
- 17) 上岡洋晴, 岡田真平: 健脚度の測定・評価. 転倒予防教室 - 転倒予防への医学的対応 (武藤芳照, 黒柳律雄, 上野勝則, 他編 改訂第2版). pp89-97, 東京, 日本医事新報社, 2002.
- 18) Gibson MJ: Falls in later life. *Improving the Health of Older People: A World View* (Kane RL, Evans JG, Macfadyen D, eds). pp296-315, New York, Oxford University Press, 1990.
- 19) Newton RA: Validity of the Multi-Directional Reach Test: A Practical Measure for Limits of Stability in Older Adults. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*. 56(4): 248-252, 2001.
- 20) 藤澤宏幸, 武田涼子, 植木章三, 他: 地域在宅高齢者における最大サイドステップ長と運動能力および転倒との関係. *理学療法科学*. 32(7): 391-399, 2005.
- 21) 文部科学省: 新体力テスト実施要項(65歳～79歳対象). http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm
- 22) Tinetti ME, Richman D, Powell L: Falls Efficacy as a Measure of Fear of Falling. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*. 45(6): 239-243, 1990.
- 23) 大熊克信, 対馬栄輝, 長谷川至, 他: 年齢・性別・身長・体重は Functional Reach Test に影響するか?. *東北理学療法科学*. 13: 14-18, 2001.
- 24) 内山靖, 島田裕之: 高齢者の平衡機能と理

- 学療法. 理学療法. 16(9): 731-738, 1999.
- 25)内山靖: 姿勢バランスの定量的評価. 理学療法学. 24(3): 109-113, 1997.