高齢者の運動イメージ能力を「見える化」し、 転倒リスクを予測する新しい評価方法の開発

京都橋大学 中 英 樹 (共同研究者) 同 村 \mathbb{H} 伸 玉 日 兒 降 之 日 安 彦 鉄 平

Development of a New Assessment Tool to Predict Fall Risk: Visualization of Motor Image Ability of Older Adults

by

Hideki Nakano, Shin Murata,
Takayuki Kodama, Teppei Abiko
Faculty of Health Science,
Kyoto Tachibana University

ABSTRACT

This study investigated that the characteristics of temporal error of actual and imaged walking using three types of walkway with different widths and motor-cognitive functions between fall and non-fall groups in community-dwelling older adults. Fall history, temporal error (width-50, 25, 15cm), hand grip strength, quadriceps strength, toe-grip strength, CS-30, 5-m fastest walking time, TUG, one-leg standing time, MMSE were measured. Based on the history of falls, the subjects were divided into fall and non-fall groups, and the measurement items were compared. Results showed that imaged walking time (width-25, 15cm) and temporal error (width-15cm) in fall group were significantly higher than those in non-fall group. Actual walking time (width-50, 25, 15cm), imaged walking time (width-50cm), temporal error (width-50, 25cm),

hand grip strength, quadriceps strength, toe-grip strength, CS-30, 5-m fastest walking time, TUG, one-leg standing time, MMSE were not observed significant difference between two groups. This study suggests that temporal error of actual and imaged walking using walkway with varying difficulty level is useful as a fall risk assessment tool in community-dwelling older adults.

要旨

本研究は、地域在住高齢者の転倒群と非転倒群 における幅が異なる3種類の歩行路を用いた実際 歩行とイメージ歩行の時間的誤差ならびに運動認 知機能の特性について検証した. 評価項目は. 転 倒歷. 時間的誤差(幅 50, 25, 15cm). 握力. 大腿 四頭筋筋力, 足趾把持力, CS-30, 5m 最速歩行時 間、TUG、片脚立位時間、MMSEとした、転倒 歴に基づき、対象者を転倒群と非転倒群に分類し、 各測定項目を比較した. その結果, 転倒群のイメー ジ歩行(幅 25, 15cm)と時間的誤差(幅 15cm)は、 非転倒群と比較して有意に高い値を示した.一方, 実際歩行(幅50,25,15cm),イメージ歩行(幅 50cm), 時間的誤差 (幅 50, 25cm), 握力, 大腿四 頭筋筋力,足趾把持力, CS-30,5m 最速歩行時間, TUG. 片脚立位持間. MMSE は. 転倒群と非転 倒群の間に有意差を認めなかった. 本研究により, 難易度を変化させる歩行路を用いた実際歩行とイ メージ歩行の時間的誤差は、転倒リスクを評価す るツールとして有用であることが示唆された.

緒言

65歳以上の高齢者の3人に1人は,1年間に1回以上転倒することが報告されている¹⁾.また,転倒に伴う医療費・介護給付費は,1年間で9,000億円を超えることから²⁾,転倒が国民の健康福祉および医療経済に与える影響は極めて大きい.以上のことから,超高齢社会を迎えた我が国にとって,高齢者の転倒発生を未然に防ぐことは,喫緊

の学術的・社会的課題である.

米国・英国老年医学会により作成された転倒予防ガイドラインによると、現在明らかにされている転倒リスク要因は、筋力、歩行能力、バランス能力などの運動機能に関連した因子であり³⁾、それらに関連した転倒リスク評価も数多く報告されている。一方、近年の研究により、高齢者の転倒には脳機能の低下も関与していることが明らかにされている⁴⁾、特に、高齢者は加齢に伴い運動機能が大きく低下するため、その低下に対する脳の適応状態を客観的・定量的に評価する方法の開発は必要不可欠である。

高齢者における脳の適応状態を客観的・定量的 に評価する方法の一つに運動イメージが挙げられ る⁵⁾. 運動イメージとは、実際の運動を伴わない 運動の心的シミュレーションのことを意味する 6) この運動イメージは加齢に伴い大きく変化す ることがわかっている. 具体的に、健常高齢者で は. 若年者と比較して, 5m 歩行における実際運 動とイメージ運動の時間的誤差が有意に増大する こと、さらに歩行路の幅が狭くなり、歩行の難易 度が増加するとその時間的誤差はより顕著に出現 することが明らかにされている⁷⁾. また. 転倒恐 怖感を有する高齢者では、 そうでない高齢者と比 較して、Timed Up and Go Test (TUG) における 実際運動とイメージ運動の時間的誤差が有意に増 大することがわかっている⁸⁾. 以上のように、高 齢者では実際運動とイメージ運動の時間的誤差は 増大し、その増大は転倒恐怖感とも関連している ことがわかっている. このことから. 実際に転倒

経験を有する高齢者においても、実際運動とイメージ運動の時間的誤差が増大することが考えられるが、その点に関しては未だ明らかにされていない。これを明らかにすることにより、転倒経験を有する高齢者における歩行に関わる運動イメージの特性を把握することが可能となり、運動機能のみならず脳機能も考慮した新しい転倒リスク評価を開発できると考える。

本研究の目的は、地域在住高齢者の転倒群と非 転倒群における幅が異なる3種類の歩行路を用い た実際歩行とイメージ歩行の時間的誤差ならびに 運動認知機能の特性を明らかにすることである。

1. 方 法

1. 1 対象

対象は、地域在住高齢者 272 名(男性 51 名、 女性 171 名)とした、なお、Mini-Mental State Examination(MMSE)が 24 点未満の者、本研究 結果に影響を及ぼすような整形疾患、神経疾患、 精神疾患を呈する者、自立した歩行が困難な者は 対象から除外した。

本研究はヘルシンキ宣言を遵守して実施した. 全ての対象者に対して本研究の目的と内容,利益 とリスク,個人情報の保護および参加の拒否と撤 回について十分に説明を行った後に参加合意に対 して自筆による署名を得た.なお,本研究は本学 の研究倫理委員会の承認を得た後に実施した.

1. 2 評価項目

評価項目は、過去1年間の転倒歴、実際歩行と イメージ歩行の時間的誤差、運動機能(筋力、歩 行能力、バランス能力)、認知機能とした.

1. 2. 1 過去 1 年間の転倒歴の調査

過去1年間の転倒歴の調査は、質問紙を用いて 転倒回数を調査した。なお、転倒の定義は「自分 の意志ではなく、地面、床または他の低い場所に つかまったり、横たわること」⁹⁾ とした。

デサントスポーツ科学 Vol. 39

1. 2. 2 実際歩行とイメージ歩行の時間的誤 差の評価

実際歩行とイメージ歩行の時間的誤差の評価 7,8,10) には、幅が異なる 3 種類の歩行路(幅50cm,25cm,15cm×長さ5m)を使用した.対象者は、その歩行路を歩くイメージをする課題(イメージ歩行)と実際に歩く課題(実際歩行)を実施し、各々の課題に要した時間をストップウォッチにて測定した.

まず対象者は、3種類の歩行路の内、どれか1つの歩行路の前に立ち、その歩行路を歩くイメージをする課題を実施した。歩行速度は通常速度とした。この際、イメージ歩行に要する時間は対象者自身がストップウォッチを用いて測定した。その後、残りの2種類の歩行路でも同様の課題を実施した、測定する歩行路の順番はランダムとした。

次に対象者は、3種類の歩行路の内、どれか1つの歩行路の前に立ち、その歩行路を実際に歩く課題を実施した。歩行速度は通常速度とした。この際、実際歩行に要した時間は検査者がストップウォッチを用いて測定した。その後、残りの2種類の歩行路でも同様の課題を実施した。測定する歩行路の順番はランダムとした。

測定したイメージ歩行と実際歩行の時間から, 3種類の歩行路におけるイメージ歩行と実際歩行 の時間的誤差(実際歩行に要した時間からイメー ジ歩行に要した時間を減じた値)を算出し,この 値を分析に用いた.

1. 2. 3 筋力の評価

筋力は,握力,大腿四頭筋筋力,足趾把持力,30 秒間椅子立ち上がりテスト (30-Second Chair Stand Test: CS-30) を測定した.

握力の測定 ¹¹⁻¹³⁾ には、デジタル式握力計(竹井機器工業製 T.K.K. 5401)を使用した、握り幅は示指の近位指節間関節が 90 度屈曲位になるように調節した。両足を左右に自然に開き、両上肢を自然に下げた立位姿勢とし、握力計が身体に触

れないようにして最大努力にて握るように指示した. 測定は左右2回ずつ実施し,左右の最大値の平均(kg)を分析に用いた.

大腿四頭筋筋力の測定 $^{14-16)}$ には、ハンドヘルドダイナモメーター(μ -Tas F-1、アニマ株式会社製)を使用した。椅子座位にて椅子の支柱にベルトを連結し、下腿下垂位での等尺性筋力を測定した。また、対象者は両上肢を胸の前で組み、体幹垂直位、膝関節 90° 屈曲位として、センサーパッドを遠位部に設置して測定した。測定中は、センサーパッドのずれを防止するため検査者が前方で固定した。測定は左右 2 回ずつ実施し、左右の最大値の平均(kg)を分析に用いた。

足趾把持力の測定 ¹⁷⁻¹⁹⁾ には,足指筋力測定器 (竹井機器工業製 T.K.K. 3364) を使用した.両上 肢は胸の前で組み,端座位,体幹垂直位,股関節 90 度, 膝関節 90 度屈曲位の肢位で測定した.測 定は左右 2 回ずつ実施し,左右の最大値の平均 (kg) を分析に用いた.

CS-30 の測定 ²⁰⁻²²⁾ には、肘かけのない高さ 40cm の椅子を使用し、両上肢を胸の前で組んだ 椅子座位で実施した。開始の合図で椅子座位から 膝関節が完全伸展する立位となり、再び着座するまでを1回とし、30 秒間に繰り返し立ち上がることのできた回数を測定した。対象者の疲労を考慮し、測定は1回のみ実施した。

1. 2. 4 歩行能力の評価

歩行能力は, 5m 最速歩行時間と TUG を測定した.

5 m最速歩行時間の測定 ²³⁻²⁵⁾ には、デジタルストップウォッチを使用した、測定区間を 5 mとして、その前後に予備路を 3 mずつ設定し、対象者には歩行路をできるだけ速く歩くように指示した、測定は 2 回実施し、最速値(秒)を分析に用いた。

TUGの測定²⁶⁻²⁸⁾ は、椅子座位から立ち上がり、3m 先の目標物まで歩行し、方向転換して元

の椅子の位置まで戻り着座するまでの時間を測定した. 測定は殿部が椅子から離れた時点から開始し, 殿部が再び椅子に接地するまでの時間をデジタルストップウォッチで測定した. 測定は2回実施し. 最速値(秒)を分析に用いた.

1. 2. 5 バランスの評価

バランスは、開眼での片脚立位時間を測定した. 片脚立位時間の測定 ²⁹⁻³¹⁾ には、デジタルストップウォッチを使用した. 対象者には、両上肢を体側につけ、2m 先の印を注視するように指示し、足を挙げてから床につくまでの時間を測定した. 測定は左右 2 回ずつ実施し、120 秒を上限として、左右の最長時間の平均(秒)を分析に用いた.

1. 2. 6 認知機能の評価

認知機能評価には、MMSE ³²⁾ を用いた. MMSE は全般的な認知機能評価として知られ、認知症スクリーニング検査として広く用いられている. 11項目 30点満点の検査で、23点以下で認知症の疑いありと判断される ³³⁾. なお、評価は対面式で実施した.

1. 3 統計解析

過去1年間の転倒歴の調査に基づき、対象者を 転倒群と非転倒群に分類した。性別の違いによる 転倒歴の分布の比較には、カイ二乗検定を用いた。 転倒群と非転倒群の身体的特徴ならびに各測定項 目の比較には、正規性が確認された変数に対して は Student's t-test を、正規性が確認されなかっ た変数に対しては Mann—Whitney U test を用いた。 なお、正規性の確認には Kolmogorov—Smirnov Test を使用した。統計解析には SPSS 23.0 を用い、 有意水準は5%未満とした。

2. 結 果

2. 1 性別の違いによる転倒歴の分布の比較 (表 1)

男性は転倒群が 11 名 (21.6%), 非転倒群が 40 デサントスポーツ科学 Vol. 39

表1 性別の違いによる転倒歴の分布 (n = 223)

		転倒群	非転倒群
		(n = 44)	(n = 179)
男性	人数 (人)	11	40
	割合 (%)	21.6	78.4
女性	人数(人)	33	139
	割合 (%)	19.2	80.8

名 (78.4%) であった. 一方, 女性は転倒群が 33 名 (19.2%), 非転倒群が 139 名 (80.8%) であった. カイ二乗検定の結果, 性別による転倒群と非転倒 群の分布に有意差は認められなかった (p>0.71).

2. 2 転倒群と非転倒群の身体的特徴の比較 (表 2)

統計解析の結果, 年齢, 身長, 体重は, 転倒群と非転倒群の間に有意差を認めなかった (p>0.05).

2. 3 転倒群と非転倒群の各測定項目の比較 (表3)

統計解析の結果, 転倒群のイメージ歩行(幅25cm, 15cm)と時間的誤差(幅15cm)は, 非転倒群と比較して有意に高い値を示した(p<0.05). 一方, MMSE, 握力, 大腿四頭筋筋力, 足趾把持力, CS-30, 5m 最速歩行時間, TUG, 片脚立位持間, 実際歩行(幅50cm, 25cm, 15cm), イメージ歩行(幅50cm), 時間的誤差(幅50cm, 25cm)は, 転倒群と非転倒群の間に有意差を認めなかった(p>0.05).

3. 考察

本研究により、転倒群のイメージ歩行(幅 25cm, 15cm)と時間的誤差(幅15cm)は、非転 倒群と比較して有意に増大することが明らかにさ

表2 転倒群と非転倒群の身体的特徴

	全体 (n = 223)			転倒群 (n = 44)		非転倒群 (n = 179)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
年齢 (歳)	73.32	5.72	73.55	5.45	73.26	5.80	0.77
身長 (cm)	155.16	7.72	155.60	7.94	155.06	7.69	0.68
体重 (kg)	53.64	8.71	55.34	8.56	53.22	8.71	0.15

表3 転倒群と非転倒群の各測定項目の比較

	全体 (n = 223)		転倒群 (n = 44)		非転信	非転倒群	
					(n = 179)		p-value
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	-
実際歩行(秒) 幅 50cm	3.75	0.61	3.81	0.78	3.74	0.57	0.46
幅 25cm	3.89	0.71	4.02	0.91	3.86	0.65	0.17
幅 15cm	4.24	0.89	4.41	1.18	4.20	0.81	0.29
イメージ歩行(秒)幅 50cm	4.64	1.64	5.03	1.85	4.54	1.58	0.08
幅 25cm	4.83	1.68	5.36	2.08	4.70	1.54	0.02*
幅 15cm	5.30	2.04	5.99	2.55	5.14	1.86	0.01*
時間的誤差(秒) 幅 50cm	-0.89	1.54	-1.22	1.57	-0.81	1.52	0.12
幅 25cm	-0.94	1.59	-1.34	1.85	-0.84	1.51	0.06
幅 15cm	-1.06	1.85	-1.58	1.93	-0.93	1.81	0.04*
握力(kg)	24.96	6.43	25.56	6.65	24.81	6.38	0.49
大腿四頭筋筋力(kg)	21.83	6.09	22.67	5.48	21.62	6.23	0.31
足趾把持力(kg)	6.50	2.86	6.74	2.91	6.44	2.85	0.53
CS-30 (回)	21.26	5.10	20.48	4.50	21.45	5.23	0.26
5m 最速歩行時間(秒)	2.59	0.38	2.65	0.50	2.58	0.34	0.37
ΓUG (秒)	5.94	0.97	6.04	1.23	5.92	0.90	0.47
片脚立位時間 (秒)	29.80	30.65	27.19	29.57	30.44	30.95	0.53
MMSE (点)	28.12	1.85	28.02	1.99	28.15	1.82	0.70

CS-30; 30-Second Chair Stand Test; TUG, Timed Up and Go Test; MMSE, Mini Mental State Examination *: p < 0.05

れた.この結果から、転倒経験を有する高齢者の イメージ歩行ならびに実際歩行とイメージ歩行の 時間的誤差の増大は、歩行路の幅が狭い環境、つ まり歩行の難易度が高い環境において顕在化され ることが明らかにされた.

Personnier Pら⁷⁾ は、実際歩行とイメージ歩 行の時間的誤差は、 若年者と比較して高齢者で 有意に増大することを明らかにしている. さら に、歩行路の幅が狭くなるほど、その時間的誤 差は増大することもわかっている. 高齢者の転 倒群と非転倒群を比較した本研究と, 高齢者と 若年者を比較した先行研究では同様の現象が観 察されていることから、その現象の背景には類 似した脳内神経メカニズムが関与しているこ とが考えられる. Sakurai Rら³⁴⁾ は、転倒恐 怖感を有する高齢者の脳内神経メカニズムつ V1 7 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography を用いて調査している. その結果, 転倒恐怖感を有する高齢者では、そうでない高齢 者と比較して、上前頭回(補足運動野)のグルコー ス代謝が有意に減少することが明らかにされた. さらにロジスティック回帰分析の結果、補足運 動野のグルコース代謝の減少は、転倒恐怖感の発 生の予測因子となることも明らかにされている. この補足運動野は、歩行制御35-36) や姿勢制御 37-38) に重要な役割を果たすことがわかっている. さらに、非侵襲脳刺激法を用いた補足運動野の興 奮性増加は、姿勢制御のパフォーマンスを有意に 向上させることも近年明らかにされている³⁹⁻⁴⁰⁾. 以上のことをまとめると、転倒恐怖感を有する高 齢者では、実際歩行とイメージ歩行の時間的誤差 が増大し8)。歩行・姿勢制御に関わる補足運動野 の機能が低下している³⁴⁾ことから、本研究にお ける転倒経験を有する高齢者の時間的誤差の増大 は、この歩行・姿勢制御に関わる補足運動野の機 能低下を表していることが示唆される. つまり. 歩行路の幅が狭くなるほど歩行・姿勢制御の難易 度が増加し、補足運動野の機能低下がより顕在化された結果、転倒経験を有する高齢者では実際歩行とイメージ歩行の時間的誤差が増大したと考える

本研究により、転倒経験を有する高齢者の実際 歩行とイメージ歩行の時間的誤差の増大は、歩行 路の幅が狭い環境、つまり歩行の難易度が高い環境において顕在化されることが明らかにされた.この背景には歩行・姿勢制御に関わる補足運動野の機能低下が大きく関与していることが示唆された.さらに、難易度を変化させる歩行路を用いた実際歩行とイメージ歩行の時間的誤差は、地域在住高齢者の転倒リスクを評価するツールとして有用であること、そして歩行・姿勢制御に関わる補足運動野の機能的動員を可視化させるツールとなること、さらに補足運動野の活性化ならびに高齢者の転倒リスクを軽減させるトレーニングとして今後応用できる可能性があることが示唆された.

4. 結 論

本研究は、地域在住高齢者を対象に、幅が異なる3種類の歩行路を用いた実際歩行とイメージ歩行の時間的誤差と運動・認知機能の特性について検証した。その結果、転倒群のイメージ歩行と時間的誤差は、非転倒群と比較して有意に高い値を示した。本研究により、難易度を変化させる歩行路を用いた実際歩行とイメージ歩行の時間的誤差は、地域在住高齢者の転倒リスクを評価するツールとして有用であることが示唆された。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご協力頂いた対象者の皆様に感謝いたします。また、本研究に助成頂きました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団の皆様に、心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) Tinetti M.E., Clinical practice. Preventing falls in elderly persons, *N. Engl. J. Med.*, **348**(1):42-49 (2003)
- 林泰史. 転倒の医療経済に及ぼす影響. The Bone., 23(2):181-184(2009)
- Guideline for the prevention of falls in older persons.
 American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention, *J. Am. Geriatr.* Soc., 49 (5):664-672 (2001)
- 4) Tuerk C., Zhang H., Sachdev P., Lord S.R., Brodaty H., Wen W., Delbaere K., Regional Gray Matter Volumes Are Related to Concern About Falling in Older People: A Voxel-Based Morphometric Study, J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci., 71 (1):138-144 (2016)
- Gabbard C., Mental representation for action in the elderly: implications for movement efficiency and injury risk, *J. Appl. Gerontol.*, Apr;34(3):NP202-212(2015)
- Saimpont A., Malouin F., Tousignant B., Jackson P.L., Motor imagery and aging, *J. Mot. Behav.*, 45
 :21-28(2013)
- Personnier P., Kubicki A., Laroche D., Papaxanthis C., Temporal features of imagined locomotion in normal aging, *Neurosci. Lett.*, 476(3):146-149 (2010)
- Sakurai R., Fujiwara Y., Yasunaga M., Suzuki H., Sakuma N., Imanaka K., Montero-Odasso M., Older Adults with Fear of Falling Show Deficits in Motor Imagery of Gait, J. Nutr. Health. Aging., 21(6):721-726(2017)
- 9) Province M.A., Hadley E.C., Hornbrook M.C., Lipsitz L.A., Miller J.P., Mulrow C.D., Ory M.G., Sattin R.W., Tinetti M.E., Wolf S.L., The effects of exercise on falls in elderly patients. A preplanned meta-analysis of the FICSIT Trials. Frailty and Injuries: Cooperative Studies of Intervention Techniques, JAMA., 273 (17):1341-1347 (1995)
- Fusco A., Iosa M., Gallotta M.C., Paolucci S., Baldari C., Guidetti L., Different performances in static and dynamic imagery and real locomotion. An exploratory trial, Front. Hum. Neurosci., 8:760 (2014)
- 11) Hachiya M., Murata S., Otao H., Kamijou K., Mizota K., Asami T., Reproducibility and validity

- of the 50-meter walking test in community-dwelling elderly, *J. Phys. Ther. Sci.*, **27**(5):1511-1514(2015)
- 12) Koda H., Kai Y., Murata S., Osugi H., Anami K., Fukumoto T., Imagita H., Relationship Between Muscle Strength Asymmetry and Body Sway in Older Adults, J. Aging. Phys. Act., [Epub ahead of print] (2017)
- 13) Kamide N., Kamiya R., Nakazono T., Ando M., Reference values for hand grip strength in Japanese community-dwelling elderly: a meta-analysis, *Environ. Health. Prev. Med.*, 20(6):441-446(2015)
- 14) Hirao A., Murata S., Murata J., Kubo A., Hachiya M., Asami T., Relationships between the Occlusal Force and Physical/Cognitive Functions of Elderly Females Living in the Community, J. Phys. Ther. Sci., Aug;26 (8):1279-1282 (2014)
- 15) Ohsugi H., Murata S., Kubo A., Hachiya M., Hirao A., Fujiwara K., Kamijou K., Verification of the Correlation between Cognitive Function and Lower Limb Muscle Strength for the Community-dwelling Elderly, J. Phys. Ther. Sci., 26 (12):1861-1863 (2014)
- 16) Hachiya M., Murata S., Otao H., Ihara T., Mizota K., Asami T., Usefulness of a 50-meter round walking test for fall prediction in the elderly requiring longterm care, J. Phys. Ther. Sci., 27 (12):3663-3666 (2015)
- 17) Uritani D., Fukumoto T., Matsumoto D., Intrarater and Interrater Reliabilities for a Toe Grip Dynamometer, *J. Phys. Ther. Sci.*, 24(8):639-643
- 18) Soma M., Murata S., Kai Y., Nakae H., Satou Y., Murata J., Miyazaki J., Examinations of factors influencing toe grip strength, *J. Phys. Ther. Sci.*, 28 (11):3131-3135(2016)
- 19) Nakano H., Murata S., Abiko T., Sakamoto M., Matsuo D., Kawaguchi M., Sugo Y., Matsui H., Effect of insoles with a toe-grip bar on toe function and standing balance in healthy young women: a randomized controlled trial, *Rehabil. Res. Pract.*, [Epub ahead of print] (2017)
- 20) Jones CJ, Rikli RE, Beam WC. A 30-s chairstand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults, Res. Q. Exerc. Sport., 70(2):113-119(1999)
- Macfarlane D.J., Chou K.L., Cheng Y.H., Chi I.,
 Validity and normative data for thirty-second chair

- stand test in elderly community-dwelling Hong Kong Chinese, *Am. J. Hum. Biol.*, May-Jun;18(3):418-421(2006)
- 22) Nakazono T., Kamide N., Ando M., The Reference Values for the Chair Stand Test in Healthy Japanese Older People: Determination by Meta-analysis, *J. Phys. Ther. Sci.*, 26(11):1729-1731 (2014)
- 23) Salbach N.M., Mayo N.E., Higgins J., Ahmed S., Finch L.E., Richards C.L., Responsiveness and predictability of gait speed and other disability measures in acute stroke, Arch. Phys. Med. Rehabil., 82 (9):1204-1212 (2001)
- 24) Wilson C.M., Kostsuca S.R., Boura J.A., Utilization of a 5-Meter Walk Test in Evaluating Self-selected Gait Speed during Preoperative Screening of Patients Scheduled for Cardiac Surgery, *Cardiopulm*. *Phys. Ther. J.*, 24(3):36-43(2013)
- 25) Althomali M.M., Leat S.J., Binocular Vision Disorders and Visual Attention: Associations with Balance and Mobility In Older Adults, J. Aging. Phys. Act., 1-43 (2017)
- 26) Podsiadlo D., Richardson S., The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons, *J. Am. Geriatr. Soc.*, **39**(2):142-148(1991)
- 27) Okumiya K., Matsubayashi K., Nakamura T., Fujisawa M., Osaki Y., Doi Y., Ozawa T., The timed "up & go" test is a useful predictor of falls in community-dwelling older people, *J. Am. Geriatr.* Soc., 46(7):928-930(1998)
- 28) Shumway-Cook A., Brauer S., Woollacott M., Predicting the probability for falls in communitydwelling older adults using the Timed Up & Go Test, Phys. Ther., 80 (9):896-903 (2000)
- 29) Hawk C., Hyland J.K., Rupert R., Colonvega M., Hall S., Assessment of balance and risk for falls in a sample of community-dwelling adults aged 65 and older, *Chiropr. Osteopat.*, 14:3 (2006)
- 30) Fujimoto A., Hori H., Tamura T., Hirai T., Umemura T., Iguchi F., Sawa S., Ogawa K., Sato K., Kusaka Y., Relationships between estimation errors and falls in healthy aged dwellers, *Gerontology.*, 61 (2):109-115 (2015)
- 31) Yoshimoto Y., Oyama Y., Tanaka M., Sakamoto A., One-Leg Standing Time of the Affected Side

- Moderately Predicts for Postdischarge Falls in Community Stroke Patients, *J. Stroke. Cerebrovasc. Dis.*, **25**(8):1907-1913(2016)
- 32) Folstein M.F., Folstein S.E., McHugh P.R., "Minimental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician, *J. Psychiatr. Res.*, 12(3):189-198(1975)
- 33) Tombaugh T.N., McIntyre N.J., The mini-mental state examination: a comprehensive review, *J. Am. Geriatr. Soc.*, 40(9):922-935(1992)
- 34) Sakurai R., Fujiwara Y., Yasunaga M., Suzuki H., Kanosue K., Montero-Odasso M., Ishii K., Association between Hypometabolism in the Supplementary Motor Area and Fear of Falling in Older Adults, Front. Aging. Neurosci., Jul 28;9:251 (2017)
- 35) Harada T., Miyai I., Suzuki M., Kubota K., Gait capacity affects cortical activation patterns related to speed control in the elderly, *Exp. Brain. Res.*, 193 (3):445-454(2009)
- 36) Iseki K., Hanakawa T., Hashikawa K., Tomimoto H., Nankaku M., Yamauchi H., Hallett M., Fukuyama H., Gait disturbance associated with white matter changes: a gait analysis and blood flow study, Neuroimage., 49 (2):1659-1666 (2010)
- 37) Mihara M., Miyai I., Hatakenaka M., Kubota K., Sakoda S., Role of the prefrontal cortex in human balance control, *Neuroimage.*, 43(2):329-336 (2008)
- 38) Wittenberg E., Thompson J., Nam C.S., Franz J.R., Neuroimaging of Human Balance Control: A Systematic Review, Front. Hum. Neurosci., 11:170 (2017)
- 39) Hupfeld K.E., Ketcham C.J., Schneider H.D., Transcranial direct current stimulation (tDCS) to the supplementary motor area (SMA) influences performance on motor tasks, Exp. Brain. Res., Mar;235(3):851-859(2017)
- 40) Saruco E., Rienzo F.D., Nunez-Nagy S., Rubio-Gonzalez M.A., Jackson P.L., Collet C., Saimpont A., Guillot A., Anodal tDCS over the primary motor cortex improves motor imagery benefits on postural control: A pilot study, *Sci. Rep.*, 7 (1):480 (2017)