

【症例報告】

## 症例からみた大腿骨転子部骨折術後患者に対する 立ち上がり練習の違いと効果

吉田 啓晃<sup>1</sup> 大沼 雄海<sup>1</sup> 高橋 仁<sup>1</sup>  
中山 恭秀<sup>2,3</sup> 安保 雅博<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京慈恵会医科大学附属第三病院リハビリテーション科

<sup>2</sup> 東京慈恵会医科大学リハビリテーション医学講座

<sup>3</sup> 東京慈恵会医科大学附属病院リハビリテーション科

(受付 2021年10月13日 / 受理 2021年11月1日)

## DIFFERENCES AND EFFECTS OF SIT-TO-STAND EXERCISES FOR POSTOPERATIVE PATIENT WITH FEMORAL TROCHANTER FRACTURE : A CASE STUDY.

Hiroaki YOSHIDA<sup>1</sup>, Takemi ONUMA<sup>1</sup>, Hitoshi TAKAHASHI<sup>1</sup>, Yasuhide NAKAYAMA<sup>2,3</sup>  
and Masahiro ABO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Rehabilitation, The Jikei University Daisan Hospital

<sup>2</sup>Department of Rehabilitation Medicine, The Jikei University School of Medicine

<sup>3</sup>Department of Rehabilitation, The Jikei University Hospital

**Purpose:** The purpose of this study was to examine the effects of sit-to-stand exercises with different seat heights and foot positions in a single-case design on the power exertion and walking speed of patients who have had a femoral trochanter fracture.

**Methods:** The participant was an 81-year-old woman who had had a femoral trochanter fracture (2 months after fracture and surgery). An ABAB single-case design was used. In addition to the usual exercises, she underwent a stepping exercise during phase A and a sit-to-stand exercise with the side involved in the fracture dominant during phase B. Both phases were conducted once a week for 3 weeks for a total of 12 weeks. The variables evaluated were ground reaction force of the sit-to-stand task (rate of force development, peak value), gait speed, and results of the Timed "Up and Go" test.

**Results:** The rate of force development and the peak value of the fracture-involved side in the sit-to-stand motion showed significant improvement in phase B2 compared with phase A1. The gait speed and Timed "Up and Go" test results improved during phase B1 and B2.

**Discussion:** Our findings show that low-frequency intervention of sit-to-stand exercises with the setting of movement environment and method improves the ground reaction force on the fracture-involved side during sit-to-stand motion and the walking ability of patients who have had a femoral trochanter fracture.

(Tokyo Jikeikai Medical Journal 2021;136:69-75)

Key words : femoral trochanter fracture, sit-to-stand exercise, ground reaction force, gait speed, A Single-case ABAB design

## I. 緒 言

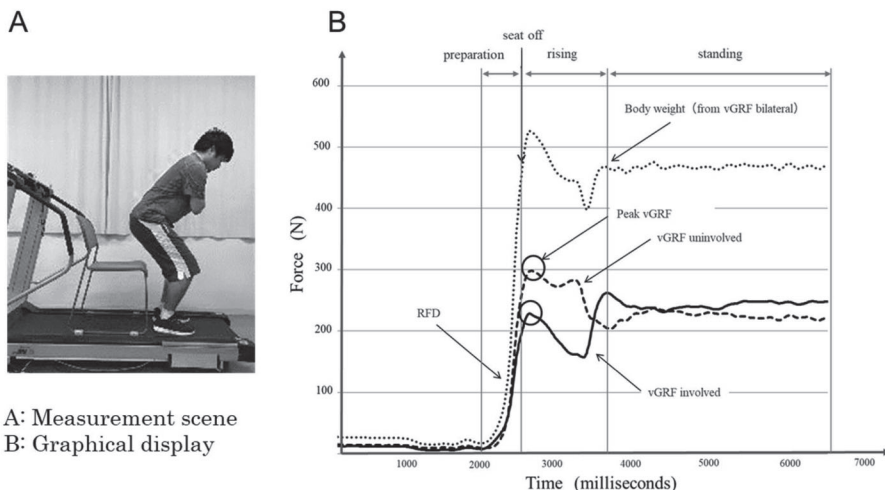
大腿骨頸部・転子部骨折（以下、近位部骨折）術後患者は、リハビリテーション医療を受けても、約50%で長期的な機能低下が残存していることが報告されている<sup>1)</sup>。診療ガイドライン<sup>2)</sup>は、術後に外来でのリハビリテーション医療を6ヵ月程度行うことを推奨している（グレードB）。しかし、具体的かつ効果的な練習プログラムが確立しているとは言い難い。

大腿骨近位部骨折患者の立ち上がりは、体幹を健側へ傾斜させ、健側下肢を後方へ引く、疼痛を回避した戦略をとることが知られている。また、術後3~6ヵ月の患者の立ち上がり動作時における足底圧が、健側に偏位することも報告されている<sup>3)4)</sup>。この立ち上がり足底圧は、数値の大きさや速度、タイミングなどといった指標に変換し、立ち上がり動作中の下肢筋力発揮能力の指標として、理学療法の現場で用いられている<sup>5)~9)</sup>。中でも、離殿までの準備期（屈曲相）における足底圧の増加率（RFD：rate of force development）と、離殿後の上昇期（伸展相）での足底圧のピーク値

（peak vGRF：vertical ground reaction force）は多くの指標に共通する指標である（Fig. 1）。前者は下肢筋力の発揮率、発揮速度を表し、後者は力発揮の大きさを表している。Kneissら<sup>4)</sup>、Briggsら<sup>10)</sup>は、大腿骨近位部骨折患者を対象に、立ち上がり足底圧の健側偏位がBerg Balance Scaleや歩行速度、階段昇降能力と相関関係を示すことを報告している。さらにBriggsら<sup>11)</sup>は、膝関節伸展を主とする下肢筋力向上のための高強度レジスタンス運動プログラムを行った研究において、下肢筋力や立ち上がり足底圧の患側健側比が約0.75から約0.85に改善し、立ち上がり動作の健側偏位は改善されたとしている。

しかし、術後患者に左右均等の立ち上がり動作を指示しても難しい症例が多いことは事実である。一時的な改善にとどまることが長期的な機能低下を残存させる状況をもたらしていると推察する。安定して荷重を行わせること、かつ長期的に荷重を無意識下に行えるようになるために必要な理学療法の提案が望まれ、患者が理解して実践しやすく、在宅でも容易に可能となる方法が望ましい。立ち上がり動作の環境設定や動作方法を操作

Fig.1. How to measure sit-to-stand task trial output



A: The photograph shows the measurement scene of vertical ground reaction force (vGRF) of the sit-to-stand task. The participant stands up from a 45-cm-high chair on a plantar pressure analysis device with her arms folded in front of her chest.

B: The graph shows changes in vGRF during the sit-to-stand task. The solid line is the value for the fractured side, the dashed line is the value for the nonfractured side, and the dotted line is the value for both sides. The vGRF can be divided into a preparation phase from the start of movement to being off the seat, a rising phase from being off the seat to the completion of the rise, and a standing phase after the standing position has been stabilized. The rate of force development (RFD) in the preparation phase is the value obtained by converting the amount of increase in vGRF during 90 milliseconds, when the rate of increase is maximum, into 1 second and dividing it by the body weight. The peak vGRF in the rising phase is the peak value of vGRF after being off the seat.

して、動作中の対象下肢の力発揮を高めるための方法はいくつか報告されているが<sup>12)~15)</sup>、大腿骨近位部骨折患者を対象とした報告はない。また、患側立ち上がり足底圧の改善が歩行能力の改善に影響するかは報告されていない。我々は、動作環境や動作方法を操作した立ち上がり動作練習を行わせることで患側下肢荷重量が増加し、その後の定着化の可能性が示唆される結果を1症例で得ることができた。

今回、大腿骨転子部骨折術後患者を対象に、座面高や足部接地位置を規定した立ち上がり練習を行うことが、健側に偏らない動作パターンの体得と歩行能力への影響を確認すべく、シングルケースデザインで検証した知見を報告する。

## II. 対処と方法

### 1. 対象

対象は、転倒受傷した左大腿骨転子部骨折後の81歳女性である。術式はガンマネイルによる整復固定術で、後療法は術後2日目より全荷重による歩行練習が許可された。体格は身長148 cm、体重48 kgで、認知機能はMMSE28点であった。既往歴には、乳がん手術、糖尿病があるが、下肢運動機能に関わる疾患はなかった。受傷前日常生活動作は、独歩で屋外歩行が自立しており、バス

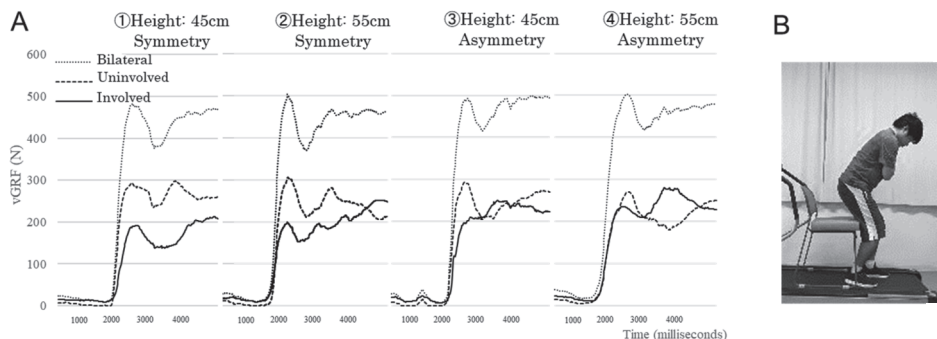
を利用して一人で外出できていた。術後の理学療法は、疼痛に応じて関節可動域運動、筋力増強運動、立位・歩行練習、階段昇降練習を行った。歩行練習には、術後3日目より平行棒、5日目より車輪付き歩行器、11日目よりT字杖を用いた。術後28日に、T字杖歩行が自立し自宅退院した。術後2ヵ月より、週1回外来通院での理学療法にて以下の介入を行った。外来プログラム開始時の関節可動域(右/左)は、股関節屈曲105/110°で、ハンドヘルドダイナモメーターによる膝関節伸展筋力は0.74/1.13 Nm/kgであった。症例には検討の内容を十分に説明し、文書にて同意を得た。

### 2. 方法

方法は、ABAB型シングルケースデザインを用いた。通常の練習(関節可動域運動、筋力増強運動、立位・歩行練習、階段昇降練習)に加え、A期にはリカンベント式ステップ練習(NUSTEP, NUSTEP社製)、B期には患側優位での立ち上がり練習を行った。それぞれ1期間を3週とし、各期間に週1回の練習・評価を行った。

B期に行う立ち上がり練習の方法は、プログラム開始1週間前のプレスタディを元に設定した。練習方法の候補は、座面高と足部接地位置の2要因の組み合わせにより、①高さ45 cm・足部接地位置対称、②高さ55 cm・足部接地位置対称、③高さ45 cm・足部接地位置非対称(患側10 cm後

Fig.2. Choosing a practice for phase B



A: Changes vGRF for sit to stand task due to differences in seat height and foot position

B: How to sit to stand exercise during phase B (④ Height: 55cm・Asymmetry)

A: Candidates for the sit-to-stand exercise in phase B were ① to ④, depending on the combination of 2 factors: seat height and foot position. After looking at the vertical ground reaction force (vGRF) of each method, we adopted ④, which was the closest to the waveform between the fractured and nonfractured sides, as the practice task in phase B.

The practice consisted of asymmetrical placement of the feet with a seat height of 55 cm.

B: The photograph shows the exercise scene during phase B.

方), ④高さ 55 cm・足部接地位置非対称とした。それぞれの方法による立ち上がり足底圧を比較したところ (Fig. 2A), 患側と健側の波形が最も類似していたのは, ④の高さ 55 cm の椅子で患側下肢を 10 cm 後方に引いた状態から立ち上がる方法 (Fig. 2B) であり, B 期の練習課題として採用した。介入期間の練習は, 週に 1 回, 1 回 40 分間のプログラムとした。1 回のプログラムは, 前半に通常の練習を行い, 後半にステップ練習もしくは立ち上がり練習をおこなった。A 期におけるステップ練習は, 下肢の疲労感が Borg スケールで 11 から 13 程度になる負荷量で 10 分間行った。B 期における立ち上がり練習の回数は, 30 回 2 セットとした。

能力評価は, 毎回の練習の最後に, 立ち上がり足底圧, 歩行速度, Timed “Up and Go” test (以下, TUG) を測定した。立ち上がり足底圧は, 高さ 45cm の椅子から左右の下肢に均等に荷重して立ち上がる課題とし, WinFDM-T (Zebris 社製) で計測した (Fig. A)。代表値は①力発揮率 [N/s/kg] と②ピーク値 [N/kg]<sup>3-5)</sup> である (Fig. 1B)。①の算出方法は, 離殿のタイミングを同定せずに算出する方法を採用した<sup>5)</sup>。①は, 足底圧が最大増加を記録した 10 ms の前後 90 ms 間における増加量を 1.0 s に換算した。②は, 離殿後から立ち上がり完了までの間に最大となる足底圧とした。①, ②ともに, 左右下肢に分けて算出したものを体重で除し, 患側, 健側, 患側健側比を求めた。測定は 3 回行い, 平均値を代表値とした。歩行速度は, 助走路を設けた 11 m の最速歩行を行い, 計測区間 5 m の速度を算出した。TUG は, 左回り, 右回りそれぞれ 1 回計測し, 最も速い値を採用した。原典<sup>16)</sup> は快適歩行速度による計測となっているが, 再現性を高めるために最速で歩くように条件を統一した。

各種機能評価の結果はグラフに記し, 各時期の結果から最小二乗法により求めた回帰直線を celeration line (以下, CL) とした。介入効果は, B 期の結果が A 期の CL よりも改善しているかどうかを目視法にて判断した。また, 各時期の平均値の差を, 反復測定分散分析, Bonferroni 多重比較法により比較した (有意水準 5%)。ABAB 期の 12 週間を一連のプログラムとするため, プログラム期間中には各評価結果のフィードバックは行わず, 全セッション終了後に結果を説明した。

### III. 結 果

各時期の立ち上がり足底圧と歩行能力の結果を Table 1, Figure. 3 に示す。A 期の CL と B 期の結果を比べると, 立ち上がり足底圧の患側力発揮率は 6 回中 6 回, ピーク値は 6 回中 5 回が CL よりも高値を示した。歩行速度, TUG については B 期のすべての施行において A 期の CL よりも改善を認めた。反復測定分散分析の結果, 立ち上がり足底圧の患側力発揮率, ピーク値は, 1 回目の B 期には有意な改善は示さず, 2 回目の B 期に改善が認められた ( $p < 0.05$ )。歩行速度, TUG は, 1 回目の B 期に改善し, その能力が維持され, 2 回目の B 期にさらに改善を認めた ( $p < 0.05$ )。また, 全期間を通して, 練習や機能評価中の患部の疼痛は軽度であった (NRS0~2)。

### IV. 考 察

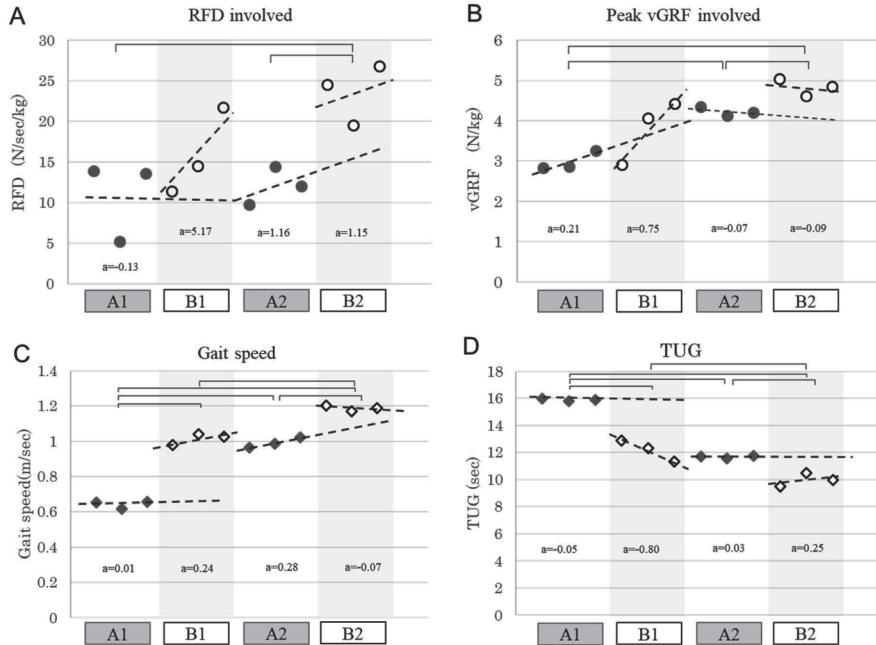
座面高や接地位置の設定を工夫した立ち上がり動作練習を繰り返すことで, 立ち上がり動作での患側荷重が高まり, 歩行速度も向上することが明らかになった。座面高や足部接地位置を規定した立ち上がり動作練習が, 術後の練習プログラムと

Table 1. Change of vertical ground reaction force and gait ability

Session	Rate of Force Development			Peak vertical ground reaction force			Gait speed (m/sec)	Timed “Up and Go” test (sec)
	Involved (N/sec/kg)	Uninvolved	Symmetry	Involved (N/kg)	Uninvolved	Symmetry		
A1	10.8	16.3	0.67	2.7	5.3	0.54	0.64	15.9
B1	15.9	31.3	0.51	3.4	6.0	0.62	1.02	12.2
A2	12.0	26.2	0.47	4.3	6.4	0.66	0.99	11.7
B2	23.6	33.9	0.70	4.6	6.0	0.81	1.19	9.9

Mean values shown. Symmetry: Involved/Uninvolved

Fig.3. Graphical display of changes of the vertical ground reaction force of fracture-involved side and gait ability



A: Rate of force development (RFD) for fractured (involved) side; B: Peak vertical ground reaction force (vGRF) for involved side; C: Walking speed; D: Timed “Up and Go” test (TUG).

Dashed lines indicate the acceleration line. The results of repeated measures analysis of variance showed that the RFD and the peak vGRF did not show significant improvement in phase B1 but showed improvement in phase B2 ( $p < 0.05$ ). Walking speed and TUG improved during phase B1, gait ability was maintained, and further improvement was observed during phase B2 ( $p < 0.05$ ).

して有効となる可能性を示した。立ち上がり動作練習の介入効果を目視法及び一元配置分散分析にて検討したところ、足底圧はB2期に改善、歩行速度、TUGはB1期、B2期ともに有意な改善を示した。これまで、歩行速度の最小可検変化量(MDC: minimal detectable change)は、地域在住高齢者は0.14-0.23 m/s、大腿骨近位部骨折患者は0.07-0.17 m/s<sup>17)</sup>、TUGのMDCは、地域在住高齢者は1.1秒<sup>18)</sup>と報告されている。本研究におけるA1期からB1期、A2期からB2期の変化は、いずれもMDCよりも大きく、臨床的にも有意な変化があったと言える。本症例は、患側立ち上がり足底圧を高めることに焦点を置いた立ち上がり練習により、患側の脚伸展筋パワーが向上し、歩行速度及びTUGも改善したと言える。

今回は、患側下肢にも荷重した立ち上がり動作を習得するために、動作環境と足部接地位置を指定する練習プログラムを提示した。座面高が高いと、立ち上がり準備相の足底圧や膝関節伸展筋の筋活動が小さくなり<sup>19)</sup>、両脚の下肢を後方に接地

して立ち上がると、体幹前屈に伴う前方への重心移動が少なくなることで、下肢を引かない場合と比べて股関節伸展モーメントは低下する<sup>12)</sup>。大腿骨近位部骨折患者の場合、座面を高くし、足部を後方へ引くことで、股関節屈曲角度の変化が小さくなるため疼痛が発生しにくくなる。また、離殿以降の上昇期では垂直方向への変化が小さくなることで、股関節伸展、膝関節伸展の筋活動が小さくなる。股関節や伸展筋の負担を抑えることで立ち上がり動作速度は増加し、力発揮速度を表す立ち上がり足底圧の力発揮率は増加すると考えられる。一方、下肢を前後に接地して立ち上がると、前方の下肢に比べて後方に引いた下肢の股関節、膝関節伸展モーメントが高くなる<sup>13)</sup>。脳卒中片麻痺者の麻痺側の筋力発揮を高める練習方法としても用いられている通り<sup>14)15)</sup>、患側下肢の予備力を最大限に引き出す方法となる。このように、座面高を上げることと下肢を後方に引くことは、股関節屈曲角度の変化が小さくなり関節の負担が軽減するが、左右非対称な接地は後方の下肢の股関節、



膝関節伸筋に負担をかけることになる。本研究における練習方法は、座面高と下肢位置の組み合わせによって、関節への負担を最小限にして、患者の予備力の範囲内で適した運動パターンとなるように調整できたとと言える。

本研究の限界として、立ち上がり時の体幹姿勢、重心移動、動作時筋活動などは分析しておらず、今回採用した立ち上がり動作練習の運動学的な特徴は明らかにはなっていない。今後の課題は、座面高や足部接地位置の設定させた場合の立ち上がり動作における足底圧の変化や動作時筋活動の変化を明らかにすることである。また、シングルケースの蓄積やクロスオーバーデザインなどにより、患側立ち上がり足底圧を高める立ち上がり練習の効果を明らかにし、大腿骨近位部骨折術後患者に対する効果的な練習プログラムを確立したい。

## V. 結 語

大腿骨転子部骨折患者の立ち上がり練習において、座面高と下肢位置の組み合わせにより関節への負担を最小限にして、目標とする神経筋活動のための負荷をかけられたことで、健側へ偏位しない程度に患側下肢の力を最大限に発揮させる環境を設定できた。座面高や足部接地位置を規定した立ち上がり練習が、患側立ち上がり足底圧の向上、歩行能力の改善に有効である可能性が示された。

著者の利益相反 (conflict of interest : COI) 開示 :  
本論文の研究内容に関連して特に申告なし

## 文 献

- 1) Fukui N, Watanabe Y, Nakano T, Sawaguchi T, Matsushita T. Predictors for ambulatory ability and the change in ADL after hip fracture in patients with different levels of mobility before injury: a 1-year prospective cohort study. *J Orthop Trauma*. 2012; 26: 163-71.
- 2) 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会/大腿骨頸部/転子部骨折診療ガイドライン策定委員会 編. 大腿骨頸部/転子部骨折診療ガイドライン改訂第3版. 東京: 南江堂; 2021. p146-7.
- 3) Houck J, Kneiss J, Bukata SV, Puzas JE. Analysis of vertical ground reaction force variables during a sit to stand task in subjects recovering from a hip fracture. *Clin Biomech*. 2011; 26: 470-9.
- 4) Kneiss JA, Houck JR, Bukata SV, Puzas JE. Influence of upper extremity assistance on lower extremity force application symmetry in individuals post-hip fracture during the sit-to-stand task. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012; 42: 474-81.
- 5) Tsuji T, Tsunoda K, Mitsuishi Y, Okura T. Ground reaction force in sit-to-stand movement reflects lower limb muscle strength and power in community-dwelling older adults. *Int J Gerontol*. 2015; 9: 111-8.
- 6) Etnyre B, Thomas DQ. Event Standardization of Sit-to-Stand Movements. *Phys Ther*. 2007; 87: 1651-66.
- 7) Lindemann U, Muche R, Stuber M, Zijlstra W, Hauer K, Becker C. Coordination of strength exertion during the chair-rise movement in very old people. *J Gerontol*. 2007; 62: 636-40.
- 8) 中谷敏昭, 上英俊. 椅子からの立ち上がり動作を利用した下肢筋力評価法. *体力科学*. 2004; 53: 183-8.
- 9) Shen S, Abe T, Tsuji T, Fujii K, Ma J, Okura T. The relationship between ground reaction force in sit-to-stand movement and lower extremity function in community-dwelling Japanese older adults using long-term care insurance services. *J Phys Ther Sci*. 2017; 29: 1561-6.
- 10) Briggs RA, Houck JR, Drummond MJ, Fritz JM, LaStayo PC, Marcus RL. Asymmetries identified in sit-to-stand task explain physical function after hip fracture. *J Geriatr Phys Ther*. 2018; 41: 210-7.
- 11) Briggs RA, Houck JR, LaStayo PC, Fritz JM, Drummond MJ, Marcus RL. High-intensity multimodal resistance training improves muscle function, symmetry during a sit-to-stand task, and physical function following hip fracture. *J Nutr Health Aging*. 2018; 22: 431-8.
- 12) Kawagoe S, Tajima N, Chosa E. Biomechanical analysis of effects of foot placement with varying chair height on the motion of standing up. *J Orthop Sci*. 2000; 5: 124-33.
- 13) Gillette JC, Stevermer CA. The effects of symmetric and asymmetric foot placements on sit-to-stand joint moments. *Gait Posture* 2012; 35: 78-82.
- 14) Roy G, Nadeau S, Gravel D, Malouin F, McFadyen BJ, Pottie F. The effect of foot position and chair height on the asymmetry of vertical forces during sit-to-stand and stand-to-sit tasks in individuals with hemiparesis. *Clin Biomech*. 2006; 21: 585-93.
- 15) Duclos C, Nadeau S, Lecours J. Lateral trunk displacement and stability during sit-to-stand transfer in relation to foot placement in patients with hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2008; 22: 715-22.
- 16) Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up and Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am*

- Geriatr Soc. 1991; 39: 142-8.
- 17) Chui K, Hood E, Klima D. Meaningful change in walking speed. *Top Geriatr Rehabil.* 2012; 28: 97-103
- 18) 稲富渉, 八谷瑞紀, 大田尾浩. 地域在住高齢者における Timed Up&Go Test に影響を与える環境因子と測定誤差. *理学療法さが.* 2017; 3: 17-22.
- 19) 山田孝禎, 出村慎一, 北林保. 立ち上がり動作における床反力および下肢筋力に及ぼす椅子高の影響. *日生理人類会誌.* 2004; 9: 47-52.