

健常成人における膝関節屈曲角度の違いが立ち上がり動作へ及ぼす影響 — 荷重中心点, 足底圧分布および筋電図からの検討 —

泉田 康志^{1,2)}・藤嶋 聖子^{1,2)}・藤倉 美雪^{1,2)}・木村 陽子^{1,2)}
加福 隆樹²⁾・佐藤 寿晃³⁾・福田 恵美子³⁾・藤井 浩美³⁾

Effects of Different Knee Flexion Angles on Sit-to-stand Movement in Humans: Changes of Muscle Activities, Center of Pressures, and the Pressure Distribution of Both Feet

Yasushi IZUMIDA^{1,2)}, Kiyoko FUJISHIMA^{1,2)}, Miyuki FUJIKURA^{1,2)}, Yoko KIMURA^{1,2)}
Takaki KAFUKU²⁾, Toshiaki SATO³⁾, Emiko FUKUDA³⁾, Hiromi FUJII³⁾

Abstract : The aim of this study was clarify effects of the difference of knee joint angles during sit-to-stand (STS), using parameters for the pressure distribution of both feet, the distance of center of pressure (COP), the maximal trunk flexion (MTF) angles and 16 muscles activities. In all, 17 healthy men (ages 20 to 23) were measured for pressure distribution, trunk motion, and surface electromyography (EMG) during the STS movement from a chair. The STS tasks involved 7 different knee joint angle positions: spontaneous (S); both at 90 degrees flexion (90); both at 110 degrees flexion (110); left side at 70 degrees and right side at 110 degrees flexion (70/110); left side at 90 degrees and right side at 110 degrees flexion (90/110); left side at 110 degrees and right side at 70 degrees flexion (110/70); and left side at 110 degrees and right side at 90 degrees flexion (110/90). For standardization, contraction level of the muscle was indicated by expressing the amplitude of integrated EMG as a percentage to the maximal voluntary contraction (%MVC). The STS movement phases were classified into three using video data: the beginning of the STS movement to hip lift-off (P1), the hip lift-off to maximal dorsiflexion of the ankle joint (P2), and maximal dorsiflexion of the ankle joint to the STS movement completion (P3). Significant differences were found in the distance of COP and MTF angle between 90 and 110, while no significant difference was found in the distribution of foot pressure and %MVC. Furthermore, the distances of COP and MTF angles were significantly different between 110 and 70/110. Significant differences of %MVC were found in musculus (M.) rectus femoris (RF) of the right side, M. vastus lateralis (VL) of the left side, and M. tibialis anterior (TA) of the left side between 110 and 70/110 during P1. The VL of both sides, RF of the right side and TA of the left side, were significantly different between 110 and 70/110 during P2. The knee joint angles were related to the distances of COP and MTF angles. Neither the feet pressure distribution nor %MVC depended on the knee joint angles. The knee joint angle position at 70 degrees flexion of the left side was related to both the foot pressure distribution of the left side and %MVC of the right side. These results suggest that STS with a unilateral knee joint angle at 110 is similar to that with bilateral angles from 90 to 110 degrees flexion.

Key words : sit-to-stand (STS) movement, knee joint angles, pressure distribution of both feet, center of pressure, surface electromyogram

1) 山形県立保健医療大学大学院保健医療学研究科
〒990-2212 山形市上柳 260
Graduate School of Health Sciences, Yamagata Prefec-
tural University of Health Sciences
260 Kamiyanagi, Yamagata 〒990-2212

2) 東北メディカル学院作業療法学科
〒039-1522 五戸町苗代沢 3-638

Department of Occupational Therapy, Tohoku Medical College
3-638 Nashirozawa Gonohe 〒039-1522

3) 山形県立保健医療大学保健医療学部作業療法学科
〒990-2212 山形市上柳 260
Department of Occupational Therapy, Yamagata Prefec-
tural University of Health Sciences
260 Kamiyanagi, Yamagata 〒990-2212

緒 言

近年, 作業療法士は訪問および通所リハビリテーション(以下, 訪問・通所リハビリ)事業で, 対象者に作業療法を提供する機会が多い。訪問・通所リハビリにおける作業療法の目的は, 対象者の状態に合わせ, 日常生活動作や日常生活関連動作の向上である。これらを実現するための第一歩は, 移乗や移動など基本動作の自立であり, 理学療法士ばかりではなく, 作業療法士もこの部分に関わることが多い。その中でも, 立ち上がり動作は, 移動の前段階であると同時に, ベッドから車椅子あるいはポータブル便器への移乗など, 主体的な日常生活を促す上で極めて重要な基本動作である。

筆者らは, 訪問・通所リハビリ対象者の多くを占める脳血管障害による片麻痺者(以下, 片麻痺者)に立ち上がり動作を行わせる際, つま先側に体重をかけるように指導することで立ち上がりやすいという対象者がいる一方で, 踵側に体重をかけるように指導することで立ち上がりやすいという対象者を体験した。

立ち上がり動作に影響を及ぼす因子は, 椅子座面の高さ¹⁻⁵⁾, 肘掛けや上肢の使用^{1, 6-8)}, 手すりの利用⁹⁾, 足部の前後位置^{1, 2, 10-13)}, 体幹前傾角度^{11, 14, 15)}, 反動の有無¹⁶⁾が報告されている。しかし, 足底のつま先側と踵側のどちらに体重をかけたほうが立ち上がりやすいのか, また, それに機能的意義があるかの報告は稀有である。そこで, 筆者らは, 健常者および片麻痺者に通常の立ち上がり動作に加えて, つま先側と踵側に体重をかけて立ち上がる動作を行わせた¹⁷⁾。その結果, 健常者は各々の課題を指示通りに遂行できたが, 片麻痺者では, Brunstrom¹⁸⁾の下肢 Stage が V, Gowland ら^{19, 20)}の Chedoke-McMaster Stroke Assessment 体幹の stage が 5 であっても, つま先側と踵側に体重移動ができなかった。また, 7割の健常者および片麻痺者では, 踵側に意識した立ち上がり動作の方が容易と答えた。この理由は, 先の報告では, 膝関節角度を 90° 屈曲位のみで行っていたためであると推察した。そこで, これらの対象者に任意の立ち上がり動作を行わせたところ, 健常者平均が 103°, 片麻痺者平均が 98°であった。つまり, 膝関節角度がつま先側に体重移動する要因であるこ

とを推察した。

そこで今回, 膝関節屈曲角度の違いが立ち上がり動作に及ぼす影響を見出す目的で, 健常者を対象として足底部荷重量, 荷重中心点, 体幹前傾角度, 表面筋電図(以下, EMG)の推移から検討した。

対象と方法

1. 対 象

対象は健常成人男性 17 名で, 年齢は 20 ~ 23 歳(21.5 ± 1.0 歳)であった。事前に山形県立保健医療大学および東北メディカル学院倫理委員会の承認を得た。実験は被験者に実験目的・趣旨を十分に説明し, 書面にて同意を得た上で行った。

2. 実験肢位・装置

実験肢位・装置を図に示した(Fig. 1)。実験肢位は端座位とし, 被験者の股関節屈曲 90° 位となるように高さを調節した。被験者には, 座面端が大転子から大腿骨外側上顆までの 60% になるよう座らせた。左右踵間距離は左右肩峰間と同様にした²¹⁾。さらに, 上肢は, 立ち上がり動作時における上肢の影響を除去するために胸の前で組ませた。

被験者の殿部と足底部には, 圧力分布測定器(BIG - MAT ニッタ)のセンサーマットを置き, 50 Hz のサンプリング周波数で圧分布と荷重中心点を記録した。動作画像は, 前方と右側方からデジタルビデオカメラ(NV - GS 300 Panasonic)を用い, 毎秒 30 フレームで記録した。測定筋の筋電図は, 双極誘導(ディスポ電極 L-600C 日本光電)にて生体電気現象用増幅器(Tera Bio ギガテックス)を用い, 2,000 Hz (フィルタ 10-500 Hz)のサンプリング周波数で記録した。これら圧分布, 荷重中心点, 動作画像および筋電図は, デジタル動画・波形実時間同期収録装置(The Teraview ギガテックス)で記録・解析した。

測定筋は, 左右の脊柱起立筋, 大殿筋, 外側広筋, 大腿直筋, 大腿二頭筋, 半膜様筋, 前脛骨筋, 腓腹筋の計 16 筋とした。各筋における電極の位置は, 脊柱起立筋では筋腹に沿い左右腸骨稜頂点から 10.9 ± 2.5 cm, 大殿筋では筋腹に沿い上後腸骨棘から 15.6 ± 1.2 cm, 外側広筋では筋腹に沿い大転子から 24.4 ± 4.4 cm, 大腿直筋では筋腹に沿い

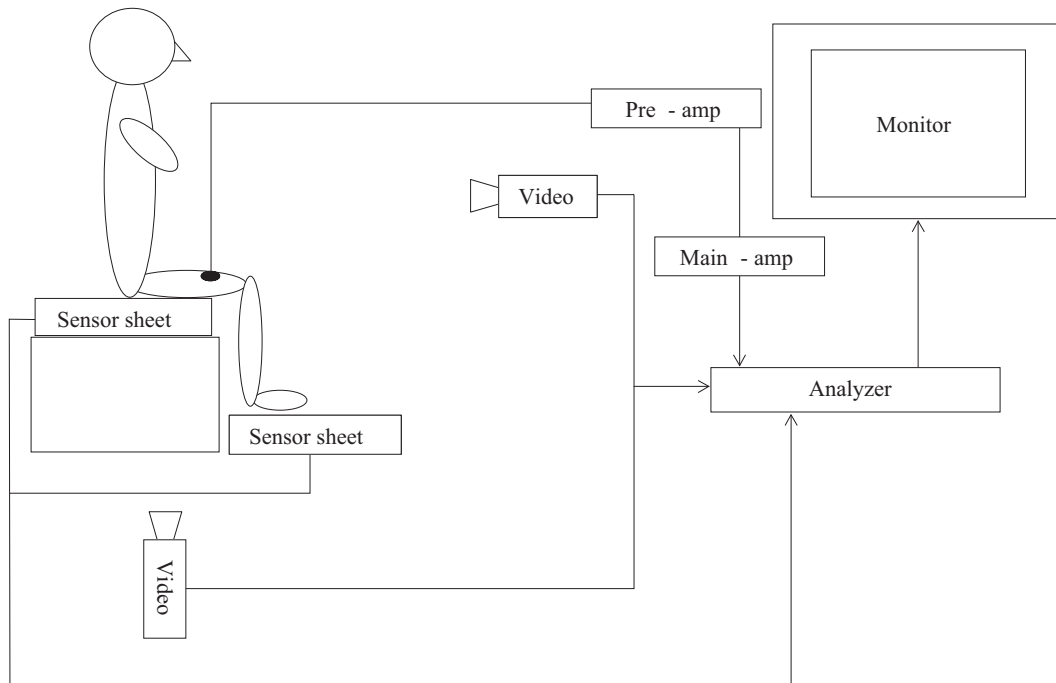


Fig. 1 Experimental set-up

上前腸骨棘から 26.8 ± 1.1 cm, 大腿二頭筋では筋腹に沿い坐骨結節から 22.8 ± 3.4 cm, 半膜様筋では筋腹に沿い坐骨結節から 19.8 ± 3.6 cm, 前脛骨筋では筋腹に沿い脛骨外側顆から 7.1 ± 0.8 cm, 腓腹筋では筋腹に沿い大腿骨内側顆から 11.3 ± 1.8 cm で, 電極中心間距離は 2.0 cm とした。アースは左外果に置いた。

画像解析のため, 被験者の右側方の下顎角, 肩峰, 腸骨稜, 上前腸骨棘, 上後腸骨棘, 大転子, 大腿骨外側上顆, 外果に直径 2.0 cm のマーカーをつけた。

3. 実験課題・手順

実験課題は, 被験者任意の膝関節屈曲角度からの立ち上がり (以下, 任意), 膝関節屈曲角度が左右 90° 位 (以下, 90), 左右 110° 位 (以下, 110), 左 70° 位右 110° 位 (以下, 70/110), 左 90° 位右 110° 位 (以下, 90/110), 左 110° 位右 70° 位 (以下, 110/70), 左 110° 位右 90° 位 (以下, 110/90) の 7 課題とした。膝関節角度は, 大転子と大腿骨外側上顆を結ぶ線と大腿骨外側上顆と外果を結ぶ線がなす角度とした。立ち上がり速度は, 各自の任意とした。各課題は, 座位姿勢の個人差を除去するため, 安静端座位から合図とともに上体を起こし, その姿勢を開始肢位と定めた。

手順は, 任意課題を 3 回行った後, 90, 110, 70/110, 90/110, 110/70, 110/90 の 6 課題を練習後, ランダムに各 3 回実施した。各試行間には休憩をとり, 疲労の有無を確認した後, 次の測定を行った。最後に Helen ら²²⁾ の徒手筋力テスト法に従い, 測定筋の最大随意収縮 (maximal voluntary contraction: MVC) の筋電位を求めた。

4. 解析方法

1) 動作画像

立ち上がり動作の開始点は, 骨盤前傾後の頭部始動時とし, 終了点は股・膝関節完全伸展時とした。立ち上がり動作の相分けを図に示した (Fig. 2)。相分けは先行研究^{14, 23)} に準じて, 動作開始から終了までを 3 相とした。第 1 相は, 動作開始から殿部離座まで, 第 2 相は, 殿部離座から足関節最大背屈まで, 第 3 相は, 足関節最大背屈から立ち上がり終了までとした。また, 足関節角度は, 大腿骨外側上顆と外果を結ぶ線と第 5 中足骨軸がなす角度とし, 動作開始時の足関節角度を求めた。体幹前傾角度は, 肩峰と大転子を結ぶ線と大転子と大腿骨外側上顆を結ぶ線がなす角度とし, 立ち上がり動作時の体幹最大前傾角度を求めた。

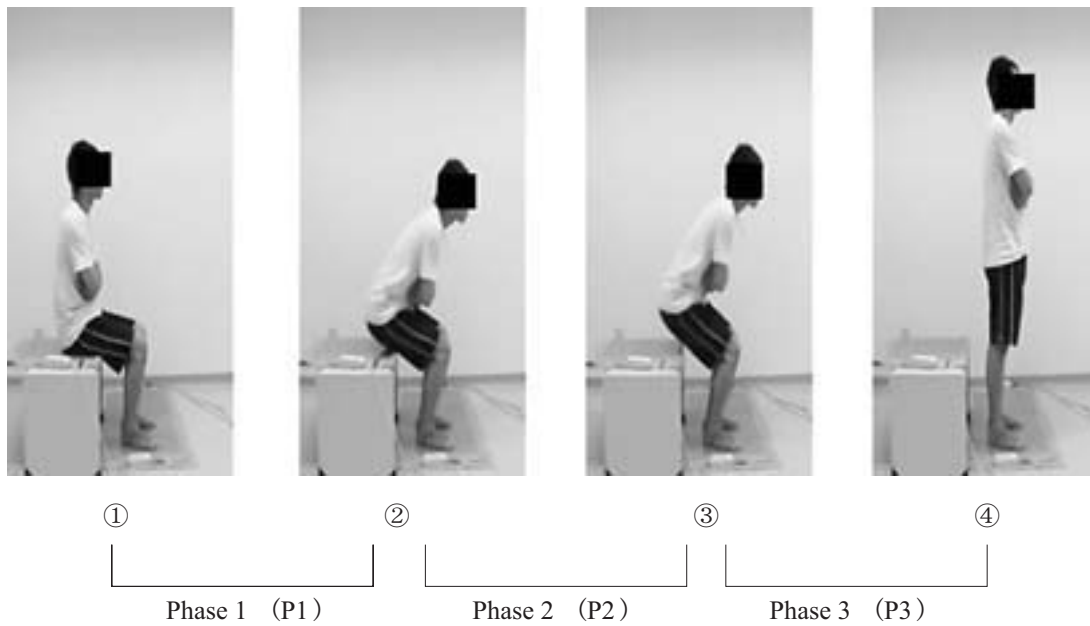


Fig. 2 Three phases of the sit-to-stand (STS) movements define from video date
 ① Start, ② Hip lift-off, ③ Maximal dorsiflexion of the ankle joint, and ④ Complete standing position.
 Abbreviations in this as well as Fig. 4-6, 9, and Table 1-4.

2) 足底部荷重量 (Fig. 3)

足底部荷重量の解析は、足底部前方（以下、つま先側）から後方（以下、踵側）の荷重量を減算し、その値（以下、足底前後荷重差）を求めた。さらに、左右各々の立ち上がり動作開始時から終了時までの足底全体にかかる荷重量を 20 msec ごとに求め、その総和を総荷重量とし、つま先側の占める割合を算出した。

3) 前後左右方向の荷重中心点 (Fig. 4)

荷重中心点の解析は、各相における荷重中心点位置の差を前後の荷重中心点最大移動距離 (AP1, AP2, AP3 : 以下, 最大移動距離) と左右の最大移動距離 (LR1, LR2, LR3) として求めた。さらに、動作開始時から終了時までの前後最大移動距離、左右最大移動距離を求めた。

4) EMG

各測定筋の解析は、MVC 時の積分値（以下、i-EMG）を基準として、立ち上がり動作時の各相における i-EMG を %MVC で求めた。

1) から 4) の解析は、各課題間で比較し、統計学的処理は、両膝関節屈曲角度が同一の 90, 110, 任意課題では、一元配置分散分析を用い、多重比較を行った。110 課題に対する左右膝関節屈曲角度が違う 70/110, 90/110, 110/70, 110/90 課題では、t 検定を用いた。有意水準は 5% とした。

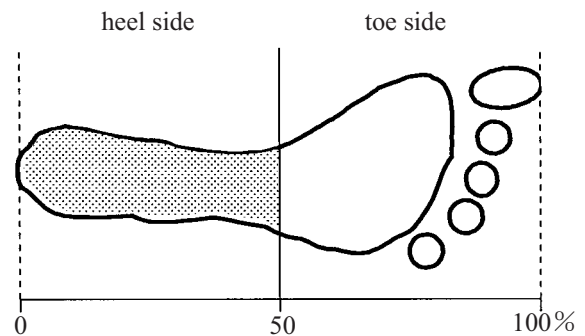


Fig. 3 Method of calculated foot pressure distribution
 The bottom line indicate percentage of foot length. The foot pressure distribution determine the heel side from 0% to 50%, toe side from 51% to 100%. The difference of foot pressure distribution calculate; toe side pressure / total foot pressure × 100

結 果

1. 両膝関節屈曲角度が同一の立ち上がり動作

90 課題における立ち上がり動作の経時的推移の解析例を図に示した (Fig. 5)。連続写真では、0.4 秒時で頭部と体幹の前傾がみられ、1.0 秒後に殿部が離座した (第 1 相)。その後、0.2 秒で足関節最大背屈をとり (第 2 相)、1.2 秒時から徐々に股・膝関節が伸展し、動作を終了した (第 3 相)。立ち上がり動作所要時間は 2.2 秒であった。動作開始時の足関節角度は背屈 0° であった。体幹最大前傾角度は、課題開始 1.0 秒後の殿部離座直前で、その角度は 52° であった。

動作開始時の足底前後荷重差は右側 - 0.5 kg,

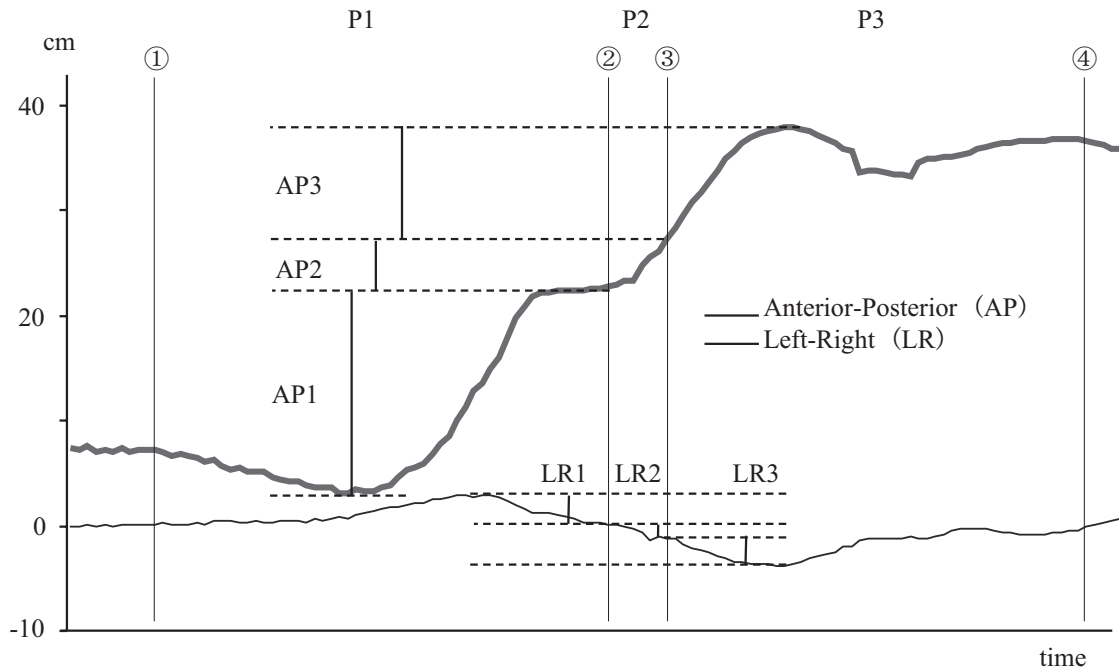


Fig. 4 Analytical method of center of pressure (COP)

AP1: COP of anterior-posterior in P1. AP2: COP of anterior-posterior in P2. AP3: COP of anterior-posterior in P3. LR1: COP of left-right in P1. LR2: COP of left-right in P2. LR3: COP of left-right in P3.

左側 - 2.0 kg であり, 左右ともに動作開始後 0.4 秒から踵側に 15.0 kg 移動した(第 1 相)。その後, 0.2 秒かけてつま先側へ 2.0 kg 移動した(第 2 相)。0.6 秒後には踵側よりつま先側への荷重が大きくなり, 動作を終了した(第 3 相)。

前後荷重中心点は, 動作開始 0.4 秒で後方に 2.5 cm 移動した後, 0.4 秒で前方に 28.7 cm 移動した(第 1 相)。その後, 前方に 0.1 cm 移動した(第 2 相)。そして, 0.7 秒かけて前方に 1.8 cm 移動し, さらに前方に 11.0 cm 移動し動作を終了した(第 3 相)。同様に左右荷重中心点は, 動作開始 0.4 秒で右方向に 1.6 cm 移動し, その後, 0.6 秒かけて左方向に 2.4 cm 移動した(第 1 相)。続いて, 左方向に 0.9 cm 移動した(第 2 相)。さらに左方向に 2.0 cm 移動した後, 右方向に 3.0 cm 移動し動作を終了した(第 3 相)。AP1 が 28.7 cm, AP2 が 0.1 cm, AP3 が 12.8 cm, LR1 が 2.4 cm, LR2 が 0.9 cm, LR3 が 3.0 cm であった。前後最大移動距離は, 41.6 cm, 左右最大移動距離は, 5.1 cm であった。

EMG は, 左大腿直筋が動作開始から活動を認めた。動作開始 0.4 秒後から脊柱起立筋の活動が始まり, 続いて右大腿直筋, 左右外側広筋, 左右前脛骨筋の順で活動した(第 1 相)。その後, 左右大腿直筋の活動が減少し(第 2 相), そして左右腓腹筋が活動した(第 3 相)。

i-EMG は, 脊柱起立筋の左右順に, 第 1 相で 13.2%, 11.0%, 第 2 相で 14.9%, 21.0%, 第 3 相で 9.0%, 11.4% であった。大腿直筋は第 1 相で 14.0%, 4.9%, 第 2 相で 27.1%, 8.6%, 第 3 相で 5.7%, 5.1% であった。外側広筋は第 1 相で 17.5%, 9.5%, 第 2 相で 50.3%, 32.1%, 第 3 相で 29.3%, 19.4% であった。

110 課題における立ち上がり動作の経時的推移の解析例を図に示した(Fig. 6)。立ち上がり動作所要時間は 2.2 秒で 90 課題と同じであったが, 第 2 相の時間が 0.1 秒短縮した。足関節角度は, 背屈 19° であった。さらに体幹最大前傾角度は, 41° (90 課題より 11° 減) であった。

足底前後荷重差は, 動作開始後踵側に 15.5 kg 移動し(第 1 相), その後, 徐々につま先側へ 6.0 kg 移動し(第 2 相), 0.2 秒後に踵側よりつま先側への荷重が大きくなり動作を終了した(第 3 相)。90 課題と比べて, 踵側よりつま先側への荷重移動が早かった。

前後荷重中心点は, AP1 が 19.5 cm, AP2 が 3.4 cm, AP3 が 10.6 cm, LR1 が 3.0 cm, LR2 が 1.6 cm, LR3 が 3.7 cm であった。90 課題に比べて第 1 相での AP1 が 9.2 cm 短かった。前後最大移動距離は, 33.5 cm (90 課題より 8.1 cm 減), 左右最大移動距離は, 6.8 cm (90 課題より 1.7 cm 増) であった。

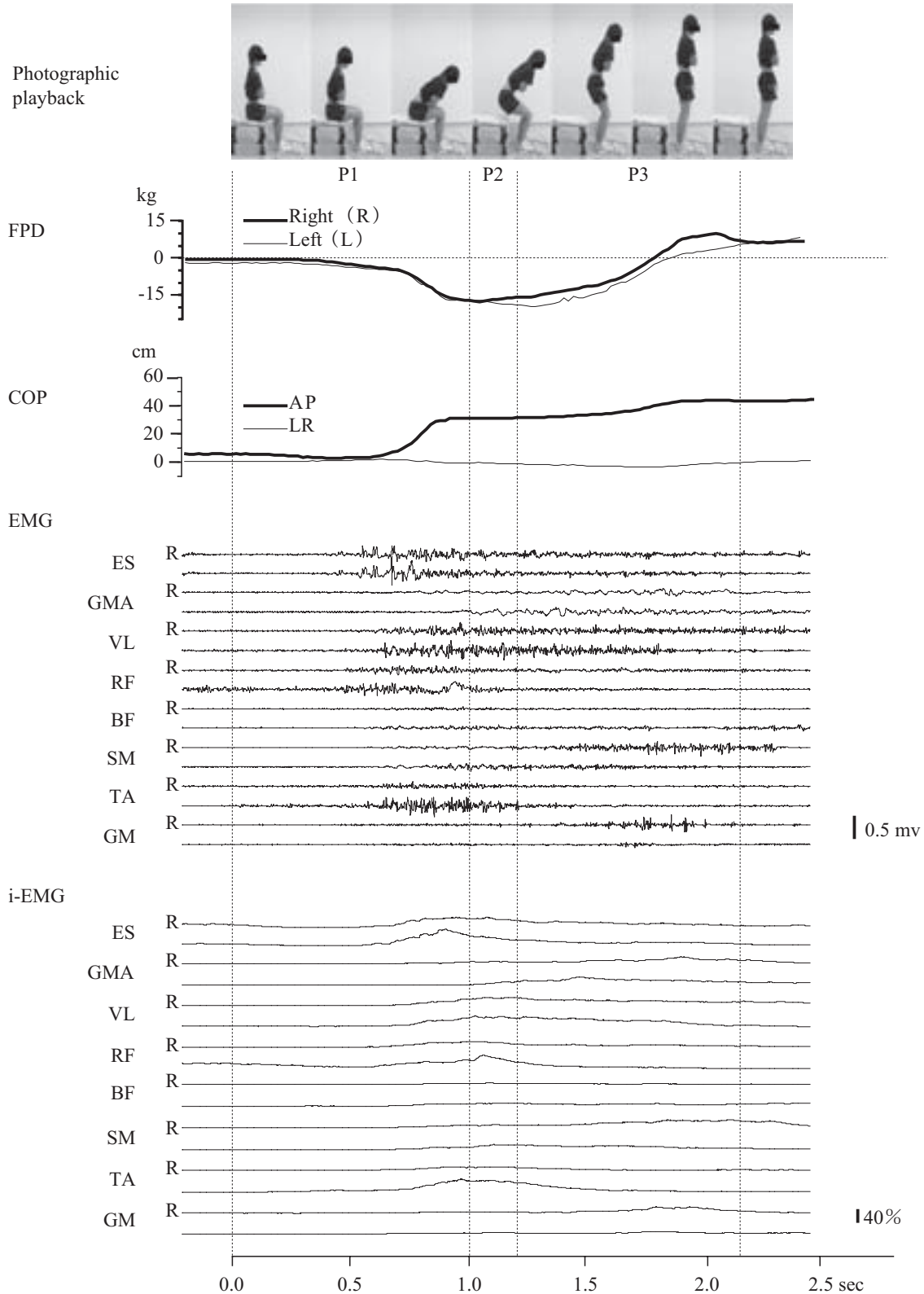


Fig. 5 Motion analysis by the STS movement to 90 degrees knee flexion (90) task in a subject
 Results of photographic playback, foot pressure distribution (FPD), center of pressure (COP), electromyogram (EMG), and Integrated EMG (i-EMG). Vertical dotted lines indicate start, hip lift-off, maximal dorsiflexion of the ankle joint, and complete standing position from the left to the right. Calibration bars for EMGs and percentage of the amplitude produced by the maximum voluntary contraction (%MVC). EMGs show musculus (M.) erector spinae (ES), M. glutarus maximus (GMA), M. vastus lateralis (VL), M. rectus femoris (RF), M. biceps femoris (BF), M. semimembranosus (SM), M. tibialis anterior (TA), M. gstrocnemius (GM).
 Abbreviations are the same as in Figs. 6, 9, and Tables 2, 4.

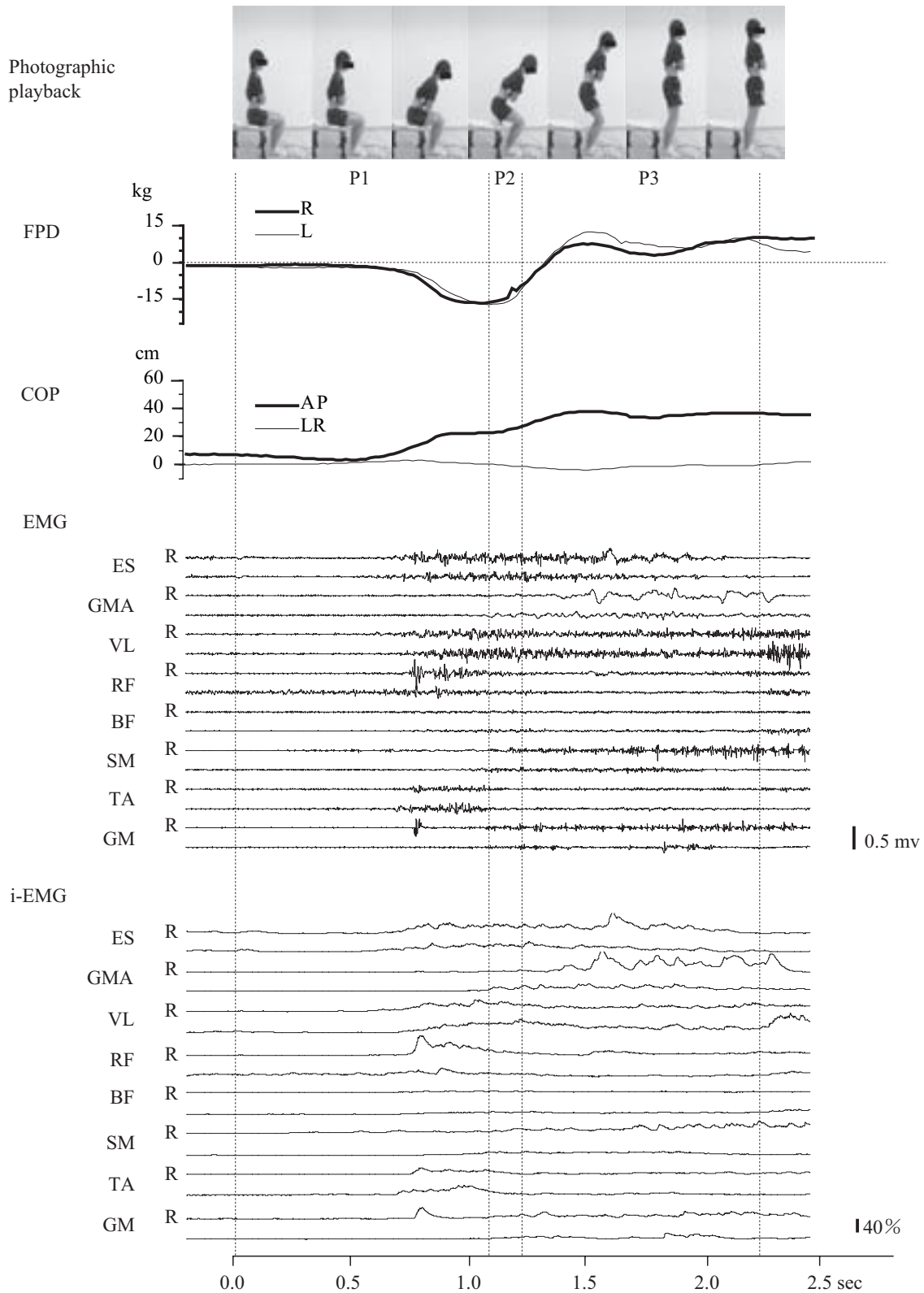


Fig. 6 Motion analysis by the STS movement to 110 degrees knee flexion (110) task in a subject

EMG は、脊柱起立筋と同時期に外側広筋、前脛骨筋の活動を認めた(第1相)。その後、半膜様筋の活動がみられ(第2相)、継続した活動をみた(第3相)。90課題と比べて外側広筋、前脛骨筋が

脊柱起立筋と同時期の活動であった。

i-EMG は、脊柱起立筋の左右順に、第1相で7.4%、9.8%、第2相で17.4%、20.0%、第3相で10.0%、18.1%であった。外側広筋は第1相で

Table 1 Results of kinematic and kinetic parameters by 90, 110 and spontaneous (S) tasks in all subjects

	90	110	S
Maximum trunk flex. (degrees)	46 ± 4	38 ± 5**	39 ± 6**
Toe side pressure distribution			
Rt (%)	28.1 ± 12.7	35.6 ± 11.3	35.1 ± 14.3
Lt (%)	27.3 ± 12.8	38.3 ± 16.0	35.0 ± 14.8
Distance of maximum COP			
1) AP (cm)			
P1	30.8 ± 7.2	24.6 ± 4.9**	24.6 ± 5.6**
P2	3.7 ± 5.5	1.8 ± 3.4	2.3 ± 3.5
P3	7.1 ± 3.3	6.5 ± 3.2	6.2 ± 3.2
All phases	40.6 ± 7.7	32.8 ± 6.4*	33.1 ± 6.2*
2) LR (cm)			
P1	2.8 ± 1.8	3.0 ± 1.7	3.1 ± 2.2
P2	1.7 ± 3.4	1.1 ± 2.8	1.2 ± 2.8
P3	3.2 ± 2.0	3.2 ± 1.3	3.1 ± 1.1
All phases	4.9 ± 2.4	5.1 ± 2.7	5.2 ± 2.8

Means ± S.D

*: $p < 0.05$; Difference between 90 and the other tasks.
Abbreviations in this as well as Table 2.

** : $p < 0.01$; Difference between 90 and the other tasks.

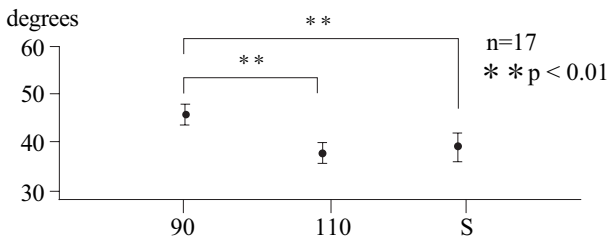


Fig. 7 Results of maximum trunk flexion angle by 90, 110 and S tasks in all subjects
Vertical divisions indicate degrees of trunk flexion angle.
Horizontal divisions indicate 90, 110 and S tasks.
Abbreviations in this as well as Fig. 10.

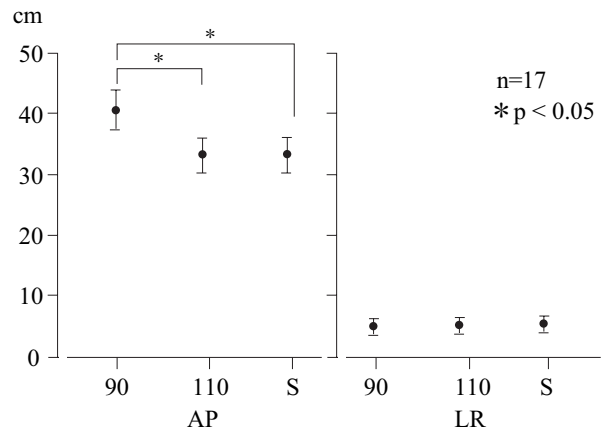


Fig. 8 Distance of maximum COP by 90, 110 and S tasks in all subjects

AP: Distance of maximum anterior-posterior COP. LR: Distance of maximum left-right COP. Left part indicate AP. Right part indicate LR.
Vertical divisions indicate distance of the COP. Each horizontal division indicate 90, 110 and S tasks.
Abbreviations in this as well as Fig. 11.

15.9%, 13.0%, 第2相で51.8%, 32.1%, 第3相
で32.6%, 21.0%であった。前脛骨筋は第1相で
8.3%, 9.4%, 第2相で6.3%, 9.7%, 第3相で
5.0%, 8.5%であった。

全被験者の膝関節屈曲 90, 110 および任意課題
における立ち上がり動作の体幹最大前傾角度, つ
ま先側荷重割合および最大移動距離を図と表に示
した (Table 1, Fig. 7, 8)。体幹最大前傾角度は, 90
課題が 110 課題および任意課題より有意に大き
かった ($p < 0.01$)。つま先側荷重割合は, 各課題
とも左右間には有意差はみられなかった。また,
課題間においても, 有意差はみられなかった。最
大移動距離は, 前後方向では 90 課題が 110 課題お
よび任意課題より有意に長かった ($p < 0.05$)。一
方, 左右方向では各課題間には有意差はなかった。
各相における最大移動距離は, 前後方向では第 1
相において 90 課題が 110 課題および任意課題より

有意に長かった ($p < 0.01$)。一方, 左右方向では
各課題間では有意差はみられなかった。

全被験者の膝関節屈曲 90, 110 および任意課題
における立ち上がり動作の%MVC を表に示した
(Table 2)。右および左%MVC とともに, 課題間に
有意差はみられなかった。

2. 110 課題に対する左右膝関節屈曲角度の違 う立ち上がり動作

70/110 課題における立ち上がり動作の経時的推
移の解析例を図に示した (Fig. 9)。立ち上がり動

Table 2 Results of %MVC by 90, 110 and S tasks in all subjects

		90	110	S
Right-%MVC				
1) P1	ES	10.1 ± 3.4	8.8 ± 2.9	9.0 ± 2.4
	GMA	2.9 ± 1.7	2.8 ± 1.2	2.6 ± 1.2
	VL	11.0 ± 5.3	13.0 ± 5.9	12.2 ± 5.6
	RF	5.4 ± 3.0	5.5 ± 2.4	5.0 ± 2.3
	BF	4.2 ± 2.9	4.9 ± 4.3	4.7 ± 3.4
	SM	4.7 ± 2.7	3.4 ± 1.1	3.5 ± 1.4
	TA	8.2 ± 2.2	10.2 ± 4.0	8.2 ± 3.9
	GM	3.2 ± 1.4	3.4 ± 1.9	2.8 ± 1.5
2) P2	ES	19.1 ± 7.3	17.8 ± 7.2	16.5 ± 6.0
	GMA	10.5 ± 6.0	11.6 ± 10.1	10.0 ± 6.6
	VL	33.3 ± 15.5	33.5 ± 15.9	33.9 ± 14.0
	RF	13.6 ± 18.3	9.3 ± 3.9	8.5 ± 3.0
	BF	14.6 ± 15.7	13.1 ± 10.5	13.0 ± 9.6
	SM	11.5 ± 4.8	9.1 ± 4.1	9.9 ± 4.5
	TA	17.8 ± 9.9	13.5 ± 9.1	12.6 ± 8.6
	GM	5.7 ± 4.3	6.6 ± 6.4	6.1 ± 3.9
3) P3	ES	12.1 ± 5.2	12.8 ± 5.9	12.0 ± 5.6
	GMA	10.8 ± 5.0	9.5 ± 5.6	9.6 ± 5.3
	VL	20.0 ± 7.5	20.7 ± 9.6	21.5 ± 9.7
	RF	5.1 ± 2.2	5.0 ± 2.1	5.4 ± 2.4
	BF	12.3 ± 12.4	10.3 ± 8.9	12.2 ± 11.1
	SM	12.4 ± 6.5	13.4 ± 9.1	11.5 ± 6.6
	TA	6.1 ± 4.8	3.9 ± 2.9	4.5 ± 2.9
	GM	7.0 ± 6.3	7.5 ± 5.3	7.2 ± 3.9
Left-%MVC				
1) P1	ES	9.9 ± 4.9	8.9 ± 3.5	9.3 ± 3.4
	GMA	5.9 ± 8.2	6.5 ± 6.5	5.3 ± 5.0
	VL	12.6 ± 6.4	13.5 ± 4.9	13.7 ± 6.8
	RF	6.9 ± 5.1	5.9 ± 3.4	5.3 ± 2.7
	BF	4.6 ± 4.0	6.1 ± 6.5	5.5 ± 6.8
	SM	4.5 ± 4.1	3.1 ± 1.7	3.5 ± 3.2
	TA	8.4 ± 3.4	11.7 ± 8.2	9.3 ± 6.0
	GM	3.2 ± 1.9	3.6 ± 3.4	3.2 ± 2.8
2) P2	ES	18.7 ± 7.0	16.2 ± 7.2	16.7 ± 6.3
	GMA	13.8 ± 9.7	17.8 ± 14.4	14.1 ± 12.4
	VL	35.8 ± 11.9	41.0 ± 13.6	37.7 ± 13.3
	RF	11.9 ± 8.2	10.3 ± 4.1	8.8 ± 3.9
	BF	15.2 ± 16.5	14.7 ± 13.2	14.6 ± 13.7
	SM	10.8 ± 5.7	8.3 ± 3.9	8.1 ± 4.2
	TA	18.3 ± 14.4	15.9 ± 14.9	11.4 ± 9.4
	GM	5.8 ± 6.7	8.3 ± 9.1	5.1 ± 3.6
3) P3	ES	11.8 ± 6.4	11.9 ± 7.3	11.9 ± 7.6
	GMA	13.5 ± 7.8	13.2 ± 9.1	12.8 ± 10.9
	VL	23.2 ± 9.2	23.1 ± 9.7	24.8 ± 11.9
	RF	6.2 ± 4.5	5.7 ± 3.9	6.2 ± 5.4
	BF	10.8 ± 11.0	12.4 ± 15.2	11.4 ± 9.9
	SM	9.0 ± 6.3	8.6 ± 5.9	7.3 ± 3.9
	TA	4.2 ± 3.1	3.4 ± 2.5	3.7 ± 3.5
	GM	5.6 ± 3.1	6.9 ± 3.8	6.8 ± 3.8

Means ± S.D

作所要時間は2.4秒で110課題より0.2秒延長した。足関節角度は、膝関節屈曲70°側, 110°側で各々底屈19°, 背屈19°であった。関節体幹最大前傾角度は、48°(110課題より7°増)であった。

足底前後荷重差は、左右差が大きくなり動作開始後1.0秒で膝関節屈曲110°の右側が20.0kg, 膝関節屈曲70°の左側が12.5kgであった(第1相)。その後、つま先側に移動し(第2相)、そして、

0.8秒後に踵側よりつま先側への荷重が大きくなり動作終了した(第3相)。110課題と比べて左右差が大きく、また、第3相で0.6秒遅く踵側よりつま先側への荷重が大きくなった。

前後荷重中心点は、AP1が25.7cm, AP2が0.4cm, AP3が14.8cm, LR1が2.5cm, LR2が0.1cm, LR3が2.9cmであった。110課題に比べて第1相でのAP1が6.2cm, AP3が4.2cm長かった。前

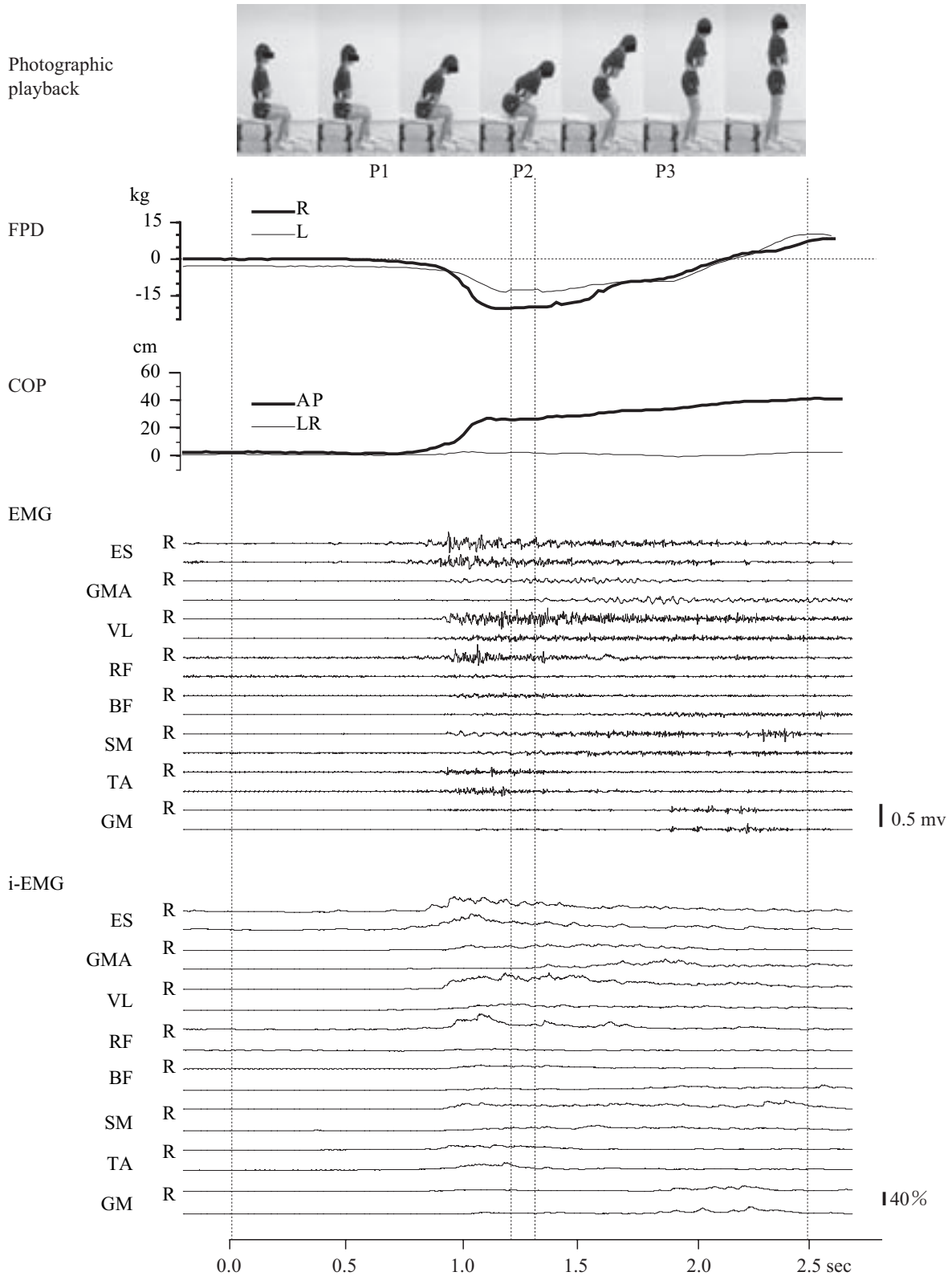


Fig. 9 Motion analysis by the STS movement to left side at 70 degrees and right side at 110 degrees knee flexion (70/-110) task in a subject

後最大移動距離は、36.9 cm (110 課題より 3.4 cm 増), 左右最大移動距離は、5.5 cm (110 課題より 1.3 cm 減) であった。

EMG は、左右脊柱起立筋、右外側広筋、左右前脛骨筋の順で活動を認めた (第 1 相)。その後、各筋の活動が継続し (第 2 相)、そして左右前脛骨筋

Table 3 Results of kinematic and kinetic parameters by 110, 70/110, and left side at 90 degrees and right side at 110 degrees knee flexion (90/110) tasks in all subjects

	110	70/110	90/110
Maximum trunk flex. (degrees)	38 ± 5	43 ± 5*	41 ± 6
Toe side pressure distribution			
Rt (%)	35.6 ± 11.3	33.8 ± 12.1	35.2 ± 11.4
Lt (%)	38.3 ± 16.0	27.2 ± 12.6*	35.2 ± 16.4
Distance of maximum COP			
1) AP (cm)			
P1	24.6 ± 4.9	28.0 ± 4.9*	26.8 ± 4.4
P2	1.8 ± 3.4	2.1 ± 2.7	1.3 ± 2.5
P3	6.5 ± 3.2	10.0 ± 3.7*	7.8 ± 3.8
All phases	32.8 ± 6.4	38.8 ± 6.0*	36.1 ± 5.4
2) LR (cm)			
P1	3.0 ± 1.7	5.4 ± 3.2*	3.3 ± 2.4
P2	1.1 ± 2.8	1.1 ± 1.2	0.5 ± 0.4
P3	3.2 ± 1.3	5.3 ± 3.3*	3.6 ± 2.2
All phases	5.1 ± 2.7	7.9 ± 3.2*	4.9 ± 2.6

Means ± S.D

*: $p < 0.05$; Difference between 110 and the other tasks.
Abbreviations in this as well as Table 4.

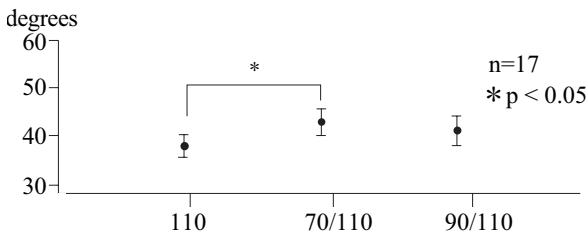


Fig. 10 Results of maximum trunk flexion angle by 110, 70/110 and 90/110 tasks in all subjects
Horizontal divisions indicate 110, 70/110 and 90/110 tasks.

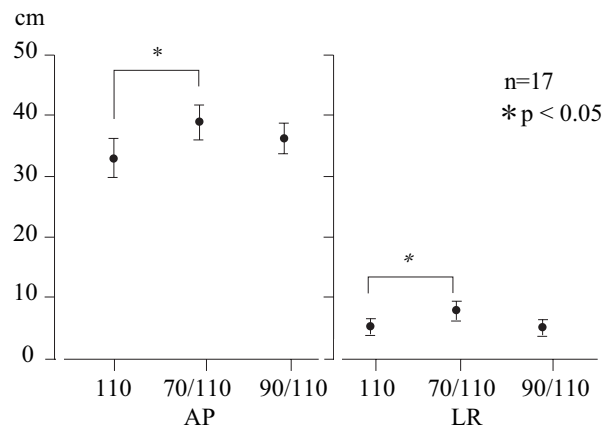


Fig. 11 Distance of maximum COP by 110, 70/110 and 90/110 tasks in all subjects
Each horizontal division indicate 110, 70/110 and 90/110 tasks.

の活動減少をみた (第3相)。110課題と比べて前脛骨筋の活動期間を長くみた。

i-EMGは、脊柱起立筋の左右順に、第1相で9.0%, 10.1%, 第2相で16.3%, 21.2%, 第3相で8.4%, 10.7%であった。外側広筋は第1相で7.3%, 11.6%, 第2相で23.8%, 37.8%, 第3相で17.6%, 25.4%であった。前脛骨筋は第1相で5.3%, 7.2%, 第2相で7.1%, 17.3%, 第3相で4.6%, 6.1%であった。外側広筋で左右差があり、右筋が大きく働いた。

全被験者の膝関節屈曲110, 70/110および90/110課題における立ち上がり動作の体幹最大前傾角度、つま先側荷重割合および最大移動距離を図と表に示した (Table 3, Fig. 10, 11)。体幹最大前傾角度は、70/110課題が110課題より有意に大きかった ($p < 0.05$)。つま先側荷重割合は、各課題とも左右間には有意差はみられなかった。また、課題間においては、110課題が70/110課題より左が有意に大

きかった ($p < 0.05$)。最大移動距離は、前後方向では70/110課題が110課題より有意に長かった ($p < 0.05$)。一方、左右方向では70/110課題が110課題よりも有意に長かった ($p < 0.05$)。各相における最大移動距離は、前後方向では第1相および第3相において70/110課題が110課題より有意に長かった ($p < 0.05$)。一方、左右方向では第1相および第3相において、70/110課題が110課題より有意に長かった ($p < 0.05$)。

全被験者の膝関節屈曲110, 70/110および90/110課題における立ち上がり動作の%MVCを表に示した (Table 4)。右%MVCは、第1相では70/110課題が110課題により大腿直筋、半膜様筋で有意

Table 4 Results of %MVC by 110, 70/110 and 90/110 tasks in all subjects

		90	110	S
Right-%MVC				
1) P1	ES	8.8 ± 2.9	9.3 ± 3.7	8.8 ± 3.8
	GMA	2.8 ± 1.2	4.2 ± 2.6	3.2 ± 1.8
	VL	13.0 ± 5.9	16.5 ± 8.3	14.8 ± 6.9
	RF	5.5 ± 2.4	8.5 ± 3.4*	7.3 ± 3.6
	BF	4.9 ± 4.3	7.2 ± 7.8	5.7 ± 5.1
	SM	3.4 ± 1.1	4.8 ± 2.3*	4.2 ± 1.5
	TA	10.2 ± 4.0	11.5 ± 4.5	10.9 ± 4.4
	GM	3.4 ± 1.9	3.8 ± 2.4	3.6 ± 2.0
2) P2	ES	17.8 ± 7.2	19.3 ± 5.8	16.7 ± 6.0
	GMA	11.6 ± 10.1	15.9 ± 6.9	11.3 ± 8.9
	VL	33.5 ± 15.9	48.9 ± 17.1**	40.8 ± 16.1
	RF	9.3 ± 3.9	19.3 ± 8.5**	13.7 ± 7.7
	BF	13.1 ± 10.5	17.9 ± 15.2	14.9 ± 11.6
	SM	9.1 ± 4.1	12.3 ± 7.1	10.2 ± 5.1
	TA	13.5 ± 9.1	18.0 ± 10.9	17.6 ± 12.6
	GM	6.6 ± 6.4	6.7 ± 5.4	7.1 ± 6.5
3) P3	ES	12.8 ± 5.9	11.6 ± 3.8	10.8 ± 3.9
	GMA	9.5 ± 5.6	9.3 ± 3.4	9.7 ± 5.4
	VL	20.7 ± 9.6	24.6 ± 8.8	21.5 ± 8.4
	RF	5.0 ± 2.1	6.4 ± 2.0	5.6 ± 2.3
	BF	10.3 ± 8.9	11.7 ± 10.1	11.3 ± 10.9
	SM	13.4 ± 9.1	10.6 ± 5.8	11.3 ± 6.7
	TA	3.9 ± 2.9	5.8 ± 4.1	4.3 ± 2.7
	GM	7.5 ± 5.3	6.4 ± 3.3	6.5 ± 4.1
Left-%MVC				
1) P1	ES	8.9 ± 3.5	9.4 ± 4.0	8.9 ± 3.6
	GMA	6.5 ± 6.5	5.6 ± 6.9	5.2 ± 5.8
	VL	13.5 ± 4.9	5.4 ± 1.6**	8.6 ± 3.8**
	RF	5.9 ± 3.4	4.4 ± 3.1	4.4 ± 2.2
	BF	6.1 ± 6.5	3.2 ± 3.9	4.2 ± 4.7
	SM	3.1 ± 1.7	3.6 ± 3.7	3.6 ± 2.7
	TA	11.7 ± 8.2	4.1 ± 1.9**	5.8 ± 1.8**
	GM	3.6 ± 3.4	3.2 ± 3.2	2.8 ± 1.8
2) P2	ES	16.2 ± 7.2	17.1 ± 6.7	16.5 ± 5.6
	GMA	17.8 ± 14.4	10.0 ± 10.8	12.2 ± 9.6
	VL	41.0 ± 13.6	12.8 ± 7.1**	25.4 ± 11.4**
	RF	10.3 ± 4.1	6.1 ± 5.6*	6.9 ± 5.8
	BF	14.7 ± 13.2	7.3 ± 11.5	10.9 ± 15.2
	SM	8.3 ± 3.9	8.0 ± 4.0	8.7 ± 3.8
	TA	15.9 ± 14.9	5.5 ± 2.9*	9.7 ± 5.7
	GM	8.3 ± 9.1	3.6 ± 3.4	4.0 ± 3.5
3) P3	ES	11.9 ± 7.3	13.1 ± 6.0	12.2 ± 5.2
	GMA	13.2 ± 9.1	12.0 ± 7.5	12.1 ± 6.1
	VL	23.1 ± 9.7	13.8 ± 10.8*	17.2 ± 7.7
	RF	5.7 ± 3.9	3.7 ± 4.2	4.4 ± 3.4
	BF	12.4 ± 15.2	10.7 ± 8.8	10.9 ± 8.6
	SM	8.6 ± 5.9	11.3 ± 5.9	9.2 ± 5.1
	TA	3.4 ± 2.5	3.9 ± 5.8	2.7 ± 2.0
	GM	6.9 ± 3.8	5.0 ± 2.9	5.1 ± 2.8

** : $p < 0.01$; Difference between 110 and the other tasks.

Means ± S.D

に大きかった ($p < 0.05$)。第 2 相では 70/110 課題が 110 課題により外側広筋, 大腿直筋で有意に大きかった ($p < 0.01$)。第 3 相では有意差はみられなかった。左 % MVC は, 第 1 相では 110 課題が 70/110 課題, 90/110 課題より外側広筋, 前脛骨筋で有意に大きかった ($p < 0.01$)。第 2 相では 110 課題が 70/110 課題, 90/110 課題より外側広筋で有意に大きかった ($p < 0.01$)。110 課題が 70/110 課

題より大腿直筋, 前脛骨筋で有意に大きかった ($p < 0.05$)。第 3 相では 110 課題が 70/110 課題より外側広筋で有意に大きかった ($p < 0.05$)。

全被験者の膝関節屈曲 110, 110/70 および 110/90 課題における立ち上がり動作の体幹最大前傾角度は, 課題順に $38 \pm 5^\circ$, $42 \pm 4^\circ$, $39 \pm 5^\circ$ であった。体幹最大前傾角度は, 110/70 課題が 110 課題より有意に大きかった ($p < 0.01$)。

全被験者の膝関節屈曲 110, 110/70 および 110/90 課題における立ち上がり動作のつま先側荷重割合は, 110 課題が右 $35.6 \pm 11.3\%$, 左 $38.3 \pm 16.0\%$, 110/70 課題が右 $24.2 \pm 11.7\%$, 左 $31.1 \pm 12.8\%$, 110/90 課題が右 $29.7 \pm 12.8\%$, 左 $33.5 \pm 13.0\%$ であった。つま先側荷重割合は, 各課題とも左右間には有意差はみられなかった。また, 課題間においては, 110 課題が 110/70 課題より右が有意に大きかった ($p < 0.01$)。

全被験者の膝関節屈曲 110, 110/70 および 110/90 課題における立ち上がり動作の最大移動距離は, 前後方向が課題順に 32.8 ± 6.4 cm, 38.2 ± 5.8 cm, 36.5 ± 7.1 cm であった。最大移動距離は, 110/70 課題が 110 課題より有意に長かった ($p < 0.01$)。一方, 左右方向が課題順に 5.1 ± 2.7 cm, 7.8 ± 2.5 cm, 5.6 ± 2.6 cm, であった。110/70 課題が 110 課題よりも有意に長かった ($p < 0.01$)。

3. 膝関節屈曲角度に対する足関節角度

膝関節屈曲角度に対する足関節角度は, 膝関節 110° 屈曲, 70° 屈曲, 任意屈曲 (平均 103°) の順に, 背屈 $19 \pm 1^\circ$, 底屈 $19 \pm 1^\circ$, 背屈 $15 \pm 6^\circ$ であった。

考 察

この研究は, 立ち上がり動作を行わせる上で, 膝関節屈曲角度の違いが立ち上がり動作に及ぼす影響を見出すことであった。その第 1 段階として, 健常成人に対し足底部荷重量, 荷重中心点, 体幹前傾角度, EMG から検討した。膝関節屈曲角度の決定は, 先行研究¹⁷⁾をもとに 90 課題, 任意課題 (平均 103°), および 110 課題に加えて, 70/110 課題, 90/110 課題, 110/70 課題, 110/90 課題で行った。

1. 両膝関節屈曲角度が同一の立ち上がり動作

体幹最大前傾角度と最大移動距離 (Table 1, Fig. 7, 8) は, 双方とも 110, 任意課題が 90 課題より有意に減少した。立ち上がり動作は, 体幹前傾角度の増加, または足部位置を後方へ引くことにより, 安定した姿勢で殿部を持ち上げられるとの報告がある¹¹⁾。今回の結果は, 90 課題と比べて, 殿部と足部の距離が短い 110 および任意課題では, 体幹の前傾が小さく, 殿部から踵部への荷重中心点移動距離が短いことを示した。

各相における最大移動距離と筋電図をみると,

最大移動距離 (Table 1) は, 第 1 相においてのみ 110, 任意課題が 90 課題より有意に短くなっていた。これは, 殿部から足部に荷重中心点を移動する主な期間が, 第 1 相に相当するためである。この間の %MVC (Table 2) は, 課題間において有意差が認められなかった。椅子からの立ち上がり動作の初期にみられる体幹前傾は, 足部位置が体幹のより前方にあると増加し, 脊柱起立筋の活動が対応するとの報告がある²⁴⁾。このことから膝関節屈曲角度の相違によって, 第 1 相における脊柱起立筋の %MVC に変化が生じると仮定した。しかしながら, 課題間で有意差が認められなかった。これは, 足部が前方にある場合, 体幹の前傾だけでなく股関節を中心に回転し, 体幹の振り子運動を利用すること^{24, 25)}と関連する。そのことから, 90 課題においても, 体幹の振り子運動を利用し, 荷重中心点を踵部へ移動させるために, 脊柱起立筋が有意に増加しなかったものと推察する。また, 前脛骨筋は, 足部を後方に引くことで筋活動が減少するとの報告²⁾があるものの, 今回の結果では有意差が認められなかった。上がり框からの立ち上がりを行った筋電図学的研究では²⁶⁾, 立ち上がり動作時の前脛骨筋 %MVC は $32.7 \pm 12.1\%$ であった。これに比べて, 今回の結果は $8.2 \pm 2.2\%$ と低値である。この報告では, 殿部離座までの重心の位置が低く, 足関節背屈角度が大きい。つまり, 今回の実験条件は, 重心位置が高かったことに加えて, 課題間で足関節背屈角度差が少なかったため, 課題間で前脛骨筋の %MVC にも相違がなかったものと推察する。また, 第 2 および 3 相の前後方向の最大移動距離と %MVC には, 有意差が認められなかった。椅子からの立ち上がり動作は, 殿部から足部に重心を前方移動させる動作と, 重心を上方に移動する動作に分けられる¹¹⁾。第 2 相以降は, 身体の移動方向が, 前方から上方へと変化する期間である。そのため, 膝関節屈曲角度の違いは, 第 2 相以降で最大移動距離と %MVC に対して影響がないことを示唆する。また, 全ての課題で外側広筋は, 第 2 相の %MVC が最も大きくなり, その他の筋活動も先行文献^{21, 26)}と一致する。

2. 左右膝関節屈曲角度の違う立ち上がり動作

健常成人の任意課題は, 膝関節屈曲角度が平均 103° であり, 110 課題と角度差が小さかった。ま

た、足関節角度においては、背屈で任意課題が平均 15°, 110 課題が平均 19° と差が小さかった。これは、立ち上がり動作を行うにあたり膝関節屈曲角度が、足関節角度に影響を与えることを示す。そして 110 と任意課題間の体幹最大前傾角度、最大移動距離、および%MVC は有意差が認められなかった。これは、健常成人の 110 と任意課題は同様の立ち上がり動作であることを示す。そこで、膝関節屈曲角度の条件を整えるために、110 課題を基準とし、左右膝関節屈曲角度の違う立ち上がり動作を比較した。その結果、膝関節屈曲角度の左右組合せが違う 70/110 と 110/70 課題は、110 課題に対して体幹最大前傾角度、つま先側荷重割合および最大移動距離の有意差が同様に得られた。これは、左右の膝関節が逆転しても同様の立ち上がり動作であることを示唆する。

110 課題と 70/110 課題を比較すると、体幹最大前傾角度と最大移動距離 (Table 3, Fig. 10, 11) は、70/110 課題が有意に増加する結果となった。立位での支持基底面とは、両足底およびその間の部分を合計した面積といわれる²⁷⁾。そのため、70/110 課題は、一側が膝関節 70° 屈曲位と前方に位置したことにより、支持基底面も 70° 側に移動し、体幹最大前傾角度と最大移動距離が増加したものと示唆する。

各相における最大移動距離と筋電図をみると、最大移動距離 (Table 3)、%MVC (Table 4) は、第 1 相では、左右方向の最大移動距離は、70/110 課題が 110 課題より有意に長かった。左右の足部の位置が違う立ち上がり動作では、より後方に位置した足部側を多く使用する²⁸⁾。このことから、110° 側を多く使用し、体重支持が偏ったため左右方向の最大移動距離が長くなったものと示唆する。このことは、体幹前傾のため股関節屈曲に作用のある大腿直筋が、右 (110° 側) % MVC において有意に大きい結果とも一致した。左 (70° 側) % MVC の外側広筋と前脛骨筋は、有意に小さかった。これは、左右の足部の前後位置が違う立ち上がり動作では、より後方に位置した足部側を多く使用するため、相対的に前方の筋活動は少なくなる (28)。つまり、110 課題では、筋活動が左右均等であるものの、70/110 課題は、110° 側を多く使用するため、70° 側における外側広筋と前脛骨筋の活動の減少を示唆する結果である。第 2 相では、右

(110° 側) %MVC の外側広筋と大腿直筋が有意に大きくなった。これは、第 1 相から継続し、110° 側を中心に体重支持している中で、身体を前方から上方への移動のためと示唆する。このことは、左 (70° 側) %MVC で外側広筋と大腿直筋が有意に小さいことから伺える。第 3 相の 70/110 課題は、前後および左右方向の最大移動距離が有意に長かった。立位での支持基底面とは、両足底およびその間の部分を合計した面積といわれる²⁷⁾。70/110 課題は、110 課題と比べ両足底部の支持基底面が、70° 側で前方に位置している。そして、身体を上方に持ち上げる第 3 相で、両足部の支持基底面中央に荷重中心点を移動させたことから、前後および左右方向の最大移動距離が長くなったものと推察する。

110 課題と 90/110 課題を比較してみると、体幹最大前傾角度と最大移動距離 (Table 3, Fig. 10, 11) は、有意差は認められなかった。左右の足部の位置が違う立ち上がり動作では、より後方に位置した足部側を多く使用する²⁸⁾。しかし、今回の結果からは、一方の膝関節が 110° 屈曲位では、他方が 90° 屈曲位でも 110 課題と同様であることを示唆する。

3. つま先側荷重割合

90, 110 および任意課題のつま先側荷重割合 (Table 1)、110, 70/110 および 90/110 課題のつま先側荷重割合 (Table 3) は、110 課題と比べて 70/110 課題が、左つま先側荷重割合のみで有意に小さかった。先にも述べた通り、立位での支持基底面とは、両足底およびその間の部分を合計した面積といわれる²⁷⁾。また、左右の足部の位置が違う立ち上がり動作では、より後方に位置した足部側を多く使用するとの報告がある²⁸⁾。70/110 課題は、他の課題と比べて 110° 側を最も多く使用し立ち上がり動作を行っていることを示唆する。そして、第 3 相では、前後左右方向の荷重中心点移動にあわせて 70° 側の足部の荷重が多くなるが、つま先側までは荷重がかかりにくいことを推察する。

以上のことから、立ち上がり動作における膝関節屈曲角度の違いは、足底部のつま先側・踵部荷重割合と筋活動には影響しないが、最大移動距離と体幹最大前傾角度には影響することを示した。加えて、関節可動域制限を想定した 70/110 課題で

は, 足底部のつま先側・踵側荷重割合と筋活動にも影響を示した。110課題と比べ70/110課題は, 70°側の踵側により荷重がかかり, 110°側の%MVCのうち, 特に殿部離座後の第2相で膝関節伸展筋の%MVCが, 33.5%から48.9%と約1.5倍に大きくなる。しかし, 110課題と比べ90/110課題は, 第1および2相の左外側広筋, 前脛骨筋において%MVCが小さくなるが, 右外側広筋, 前脛骨筋には有意差が認められない。そのため, 一側が膝関節110°屈曲位の場合は, 他側が90°から110°屈曲位の間であれば同様の立ち上がり動作が可能であることを示唆する。

謝 辞

本研究にあたって, ご協力いただいた山形県立保健医療大学大学院生, 同大学学生および東北メディカル学院学生の皆様に謝意を表します。

文 献

- 1) Janssen WG, Bussmann HB, Stam HJ. Determinants of the Sit-to-Stand Movement. A Review. *Phys Ther.* 2002 ; 82 : 866-79.
- 2) 大西秀明, 江原義弘, 相馬俊雄: 起立動作の筋電図学的評価. *理学療法*, 2005 ; 22: 546-52.
- 3) Arborelius UP, Uretenbeerg P, Lindberg F. The effects of armrests and high seat heights on lower-limb joint load and muscular activity during sitting and rising. *Ergonomics.* 1992 ; 35: 1377-91.
- 4) Yamada T, Demura S. Influence of the relative difference in chair seat height, according to different lower thigh length on floor reaction force and lower-limb strength during sit-to-stand movement. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2004 ; 23: 197-203.
- 5) 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.
- 6) Alexander NB, Schultz AB, Warwick DN. Rising From a Chair: Effects of Age and Functional Ability on Performance Biomechanics. *J Gerontol.* 1991 ; 46: 91-98.
- 7) Schultz AB, Alexander NB, Miller A. Biomechanical analyses of rising from a chair. *J Biomech.* 1992 ; 25: 1383-91.
- 8) Eriksrud O BRW. Relationship of knee extension force to independence in sit-to-stand performance in patients receiving acute rehabilitation. *Phys Ther.* 2003 ; 83: 544-51.
- 9) O'Meara DM, Smith RM. Differences between grab rail position and orientation during the assisted sit-to-stand for able-bodied older adults. *JAppl Biomech.* 2005 ; 21: 57-71.
- 10) Vander Linden DW, Brunt D, McCulloch MU. Variant and invariant characteristics of the sit-to-stand task in healthy elderly adult. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994 ; 75: 653-60.
- 11) 小島 悟, 田中敏明, 橋本伸也, 武田秀勝. 力学モデルを用いた椅子からの立ち上がり動作分析—足部位置ならびに体幹前傾角度の影響—. *札幌医科大学保健医療学部紀要.* 1999 ; 2: 25-31.
- 12) Khemlani MM, Carr JH, Crosbie WJ. Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. *Clin Biomech.* 1999 ; 14: 236-46.
- 13) 生田宗博, 立野勝彦. 垂直荷重力の測定による椅座位からの立ち上がり動作の解析. *リハビリテーション医学.* 1992 ; 29: 199-209.
- 14) Schenkman M, Berger RA, Rile PO. Whole-body movement during rising to standing from sitting. *Phys Ther.* 1990 ; 70: 638-48.
- 15) 小島 悟, 田中敏明, 橋本伸也, 武田秀勝, 中島康博. 椅子からの立ち上がり動作分析—運動学及び運動力学的分析—. *札幌医科大学保健医療学部紀要.* 1997 ; 1: 37-40.
- 16) 江原義弘, 山本澄子. 立ち上がり動作の分析. 東京, 医歯薬出版株式会社; 2001 ; p. 76-81.
- 17) 泉田康志, 藤嶋聖子, 加福隆樹, 二唐東朔, 藤井浩美. 立ち上がり動作中の足底部荷重位置の違いが立ち上がり動作に及ぼす影響. 第42回日本作業療法学会誌. 2008 ; O56.
- 18) Brunnstrom S (佐久間穰爾, 松村 秩 訳) 片麻痺の運動療法. 東京, 医歯薬出版株式会社; 1974.
- 19) Gowland C, Stratford P, Ward M, Moreland J, Torresin W, Van Hullenaar S, Sanford J, Barreca S, Vanspall B, Plews N. Measuring Physical Impair-

- ment and Disability With the Chedoke-McMaster Stroke Assessment. *Stroke*. 1993 ; 24: 58-63.
- 20) 江西一成, 安部基幸, 緒方 甫. 片麻痺患者の体幹機能と歩行能力との関係. *PTジャーナル*. 1996 ; 30(11): 821-26.
- 21) 加福隆樹, 泉田康志, 木村陽子, 石井幸美, 藤倉美雪, 福田恵美子, 藤井浩美. 股関節外転外旋位からの立ち上がり動作の筋電図学的解析. *総合リハ*. 2008 ; 36: 483-91.
- 22) Helen J, Hislop, Moutgomery J (津山直一, 中村耕三 訳): 新徒手筋力検査法 原著第8版. 東京, 協同医書出版; 2008.
- 23) 後藤 淳, 高田 毅, 末廣健児. 立ち上がり動作—力学的負荷に着目した動作分析とアライメント—. *関西理学*. 2002 ; 2: 25-40.
- 24) 星 文彦, 武田涼子. 起き上がり動作のメカニズム—椅子からの立ち上がり動作—. *理学療法*. 2003 ; 20: 1028-36.
- 25) 佐久間誠司, 平田 学, 中條麻里, 富田昌夫. 椅子からの立ち上がり動作分析. *神奈川県総合リハビリテーションセンター紀要*. 1992 ; 19: 1-6.
- 26) 加福隆樹: 股関節外転外旋角度の違いによる立ち上がり動作の解析. *山形県立保健医療大学大学院保健医療学研究科保健医療学専攻作業療法学分野修士論文*, 2, 2007.
- 27) 中村隆一, 齋藤 宏, 長崎 浩. *基礎運動学* 第6版. 東京, 医歯薬出版株式会社; 2003 ; p. 336.
- 28) Lecours J, Nadeau S, Gravel D, Teixeira-Salmele L. Interactions between foot placement, trunk frontal position, weight-bearing and knee moment asymmetry at seat-off during rising from a chair in healthy controls and persons with hemiparesis. *J Rehabil Med*. 2008 ; 40: 200-07.

— 2009. 2. 9 受稿, 2009. 3. 18 受理 —

要 旨

本研究は、健常成人における膝関節屈曲角度の違いが立ち上がり動作に及ぼす影響を足底部荷重量、荷重中心点、体幹前傾角度、表面筋電図の推移から検討した。対象は、健常成人男性 17 名とした。実験課題は、任意の膝関節屈曲角度からの立ち上がり（以下、任意）、膝関節屈曲角度が左右 90° 位（以下、90）、左右 110° 位（以下、110）、左 70° 位右 110° 位（以下、70/110）、左 90° 位右 110° 位（以下、90/110）、左 110° 位右 70° 位（以下、110/70）、左 110° 位右 90° 位（以下、110/90）の 7 課題とした。立ち上がり動作を 3 相に分け、第 1 相は動作開始から殿部離座まで、第 2 相は殿部離座から足関節最大背屈まで、第 3 相は足関節最大背屈から立ち上がり終了までとした。その結果、110 課題と比較し 90 課題は、荷重中心点最大移動距離（以下、最大移動距離）と体幹最大前傾角度が有意に大きかったものの、つま先側荷重割合と 16 筋の積分筋電図には有意差がみられなかった。110 課題と比較し 70/110 課題は、最大移動距離と体幹最大前傾角度が有意に大きくなった。積分筋電図では、第 2 相の右（110° 側）の外側広筋と大腿直筋の筋活動が有意に大きかった。また、70° 側のつま先側荷重割合が有意に減少した。110 課題と比較し 90/110 課題は、積分筋電図の第 1 相で左（90° 側）外側広筋、前脛骨筋の筋活動が有意に小さかったものの、その他には有意差はみられなかった。以上のことから、膝関節屈曲角度の違いは、つま先側荷重割合と筋活動には影響しなかったものの、最大移動距離と体幹最大前傾角度に影響した。加えて、左側の膝関節屈曲角度が 70° では、左側のつま先側荷重割合と右側の筋活動にも影響した。しかし、一方の膝関節屈曲角度が 90° から 110° の間では、立ち上がり動作は 110 課題と同様であることを示唆した。

キーワード: 立ち上がり動作, 膝関節屈曲角度, 足底部荷重量, 荷重中心点, 表面筋電図