

## 原 著

高齢者の転倒予防を目的とした起立・着席動作負担に関する研究  
—ポータブルトイレからの起立・着席動作時の表面筋電図と自覚的負担について—

米田純子

山口大学医学部衛生学講座 宇部市小串1144 (〒755-8505)

(指導: 原田 規章 教授)

**Key words :** 高齢者, 転倒, 起立・着席動作, 自覚的負担, 表面筋電図

## 緒 言

世界有数の長寿国家となったわが国において<sup>1)</sup>, 高齢者人口は急激な増加をきたし, さまざまな社会問題が発生している. この10年間でみても, 高齢者数は約1.5倍に増加し<sup>2)</sup>, これに伴い, 1992年には大腿骨頸部骨折の発生が7万7千人と推定されており, 5年間で約1.5倍に増加していた<sup>3)</sup>.

高齢者には, 加齢にともなう体力の減退や, 心肺, 感覚, 平衡, 精神などの機能減退が現れ, それらを原因とした転倒問題が発生している<sup>3)</sup>. 転倒により高齢者は大腿骨頸部骨折や脊椎圧迫骨折を起こすことも少なくなく, 単に歩行ができないばかりか, 自立生活をするための日常生活動作にも困難が生じ, さらに長期臥床することになれば, 寝たきりによる介護負担が大きな社会問題となってくる<sup>4)</sup>. このような寝たきり高齢者の発生を予防するための施策は重要な今日的課題である. そのためには高齢者に対して起立歩行に関与する主要な筋力や平衡機能を保持運動療法などが必要となっている.

住居内における高齢者の転倒発生の主な要因としては, ベッドやトイレの不適切な高さ, 手すりのない風呂場やトイレ, 急な階段, 不十分な手すり, 滑

りやすい床や風呂場, 不良な照明などをあげることができる<sup>5)</sup>. 一方, 高齢者の日常生活動作を調べると, 歩行, 階段昇降, 正座, 床からの立ち上がり動作に比して, 特に用便動作に不自由を訴える者が多い<sup>6)</sup>. 歩行可能な老人ホーム入所者100名に対する調査の結果, 和式トイレにおける用便動作が可能で, 手すりを必要としない者の割合は32%にすぎず, 下肢の機能低下を有する高齢者の用便には手すりが不可欠になっていたり, 洋式便器が広く用いられていることが報告されている<sup>7)</sup>. 用便動作が困難な高齢者には一般に下肢筋力の低下が共通して認められる<sup>8)</sup>とともに, 姿勢を崩しやすいなどの平衡機能障害があることなども考えられている. また, 高齢者の椅子からの立ち上がり動作においては, 若年者よりも後方に足を引いて立ち上がることや, 若年者と比較して動作の困難性がみられることが示されている<sup>9)</sup>. さらに椅子からの立ち上がり動作において, 手すりを使うことが有効であることも指摘されている<sup>7)</sup>.

本研究では, 高齢者の転倒予防の観点から, ポータブルトイレの使用に際し, 足引きスペースと手すりの有無が高齢者の起立・着席動作にどのように影響しているかについて, 表面筋電図および自覚的負担評価を用いて検討を行った.

## 対象および方法

1. 被験者は、日常生活動作に不自由を有せず、脳卒中、パーキンソン病、変形性膝関節症、外傷などの運動障害をともなう疾患を有さない、健康な高齢者8名（男性4名、女性4名）である。この8名は地域の老人クラブ活動に参加しているが、特に日常的なトレーニングは行っていない。年齢は69歳から84歳（ $77.1 \pm 4.8$ ,  $M \pm SD$ , 以下同じ）、身長は141.0cmから166.0cm（ $155.2 \pm 8.1$ ）、体重は34.5kgから69.0kg（ $51.5 \pm 12.9$ ）であった（表1）。利き足の判定は、立位の静止状態からとっさに踏み出す足がどちらであるかで行い、本人による利き足についての自己判断によって確認した。被験者には研究目的と方法、いつでも同意を取り消しうることを事前に個別に説明し、研究の被験者になることの同意を得た。

2. 起立・着席動作時の表面筋電図は、膝関節および股関節の屈伸筋である大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋とともに、上腕三頭筋および傍脊柱筋、それぞれ左右計12筋で行った。筋電位の導出は、表面電極を電極中心間距離30mmで被検筋の表出の皮膚に筋繊維の走行と平行に固定・貼付し双極誘導で行った。電極の装着部位は、大腿直筋は上前腸骨棘と膝蓋骨上縁の中間点、大腿二頭筋は腓骨頭と坐骨結節を結んだ線の中点、前脛骨筋は脛骨粗面の4横指遠位で1横指外側、腓腹筋は膝窩皮線より5横指遠位部で腓腹筋の内側、傍脊柱筋はL4棘突起の2横指外側である（図1）。

3. 実験に用いたポータブルトイレの種類は、足引きスペース無し・手すり無し、足引きスペース無し・手すり有り、足引きスペース有り・手すり無し、足引きスペース有り・手すり有りの4種類とした

表1 対象者の身体的特性 (M±SD)

|    | n | 年齢<br>歳        | 身長<br>cm        | 体重<br>kg        | 下腿長<br>cm      |
|----|---|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 男性 | 4 | $79.0 \pm 5.4$ | $159.3 \pm 4.8$ | $62.1 \pm 10.6$ | $45.6 \pm 2.3$ |
| 女性 | 4 | $79.5 \pm 5.1$ | $145.1 \pm 4.4$ | $40.9 \pm 5.7$  | $39.5 \pm 3.4$ |

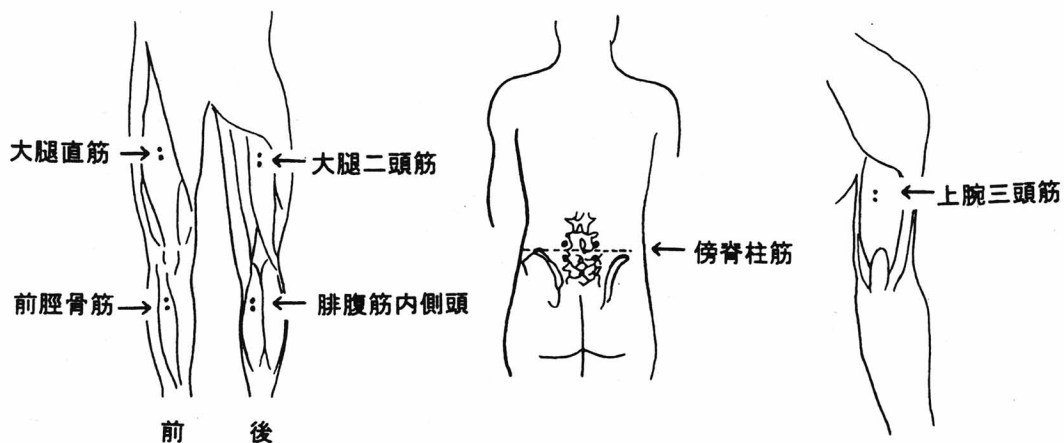


図1 表面筋電図測定部位

(図2). 便座の高さは、動作開始時に大腿部と下腿部がほぼ90度になり、動作開始時に体幹がほぼ垂直となるように、座位時足底が床面に密着する点から40cmに設定した。両足の間隔は25cmとした。手すり無しの場合、動作中は上肢を大腿部やポータブルトイレで支持しないようにし、動作スピードは特に規定せず、動作開始の合図によって自然起立を行わせた。測定は起立動作、着席動作の順序で行い、ポータブルトイレの4条件による試行は各被験者ともに5回ずつとした。疲労を考慮して各条件の試行間には5分間の休憩を入れた。

4. 筋電図の測定には多用途テレメーター (SYNA-ACT MT11, NEC) を用い、時定数は30msecとした。多用途生体解析プログラム (BIMUTUS, キッセイコムテック) を用いて、500HzのサンプリングによりAD変換後、10Hzのハイパスフィルター処理を加え、さらに整流平滑処理を行った。起立また

は着席動作中の筋電位の振幅と時間の積を筋電位積分値として算出し、さらにこの値を測定時間で割った値を1秒あたり筋放電量として表現した。

5. ポータブルトイレからの起立動作時と着席動作時に感じる自覚的負担として、「腕の負担」、「足の負担」、「ふらつき」、「総合評価」の4項目を5段階(1点:全くない, 2点:あまりない, 3点:まあまあ, 4点:かなり強い, 5点:大変強い)で聴取し点数化した。この評価は5回の各条件での試行後に行った。なお、5段階の中間で回答した被験者もかなりあり、その場合は中間点を用いた。

6. 統計的検定には3元配置分散分析を用い、足引き要因、手すり要因、被験者要因に、それぞれ可能な組み合わせの交互作用を含めて検定した。ただし、本論文の表では、被験者要因と被験者要因にかかわる交互作用の検定結果は略して示した。



足引きスペース無し手すり無し



足引きスペース無し手すり有り



足引きスペース有り手すり無し



足引きスペース有り手すり有り

図2 ポータブルトイレの種類

## 結 果

## 1. 起立動作時の表面筋電図

図3に、足引きスペースが無いポータブルトイレにおける、起立動作時の手すりの有無別の各筋の1秒あたり筋放電量、図4に、足引きスペースが有る場合の手すりの有無別の各筋の1秒あたり筋放電量を示した。表2にはポータブルトイレの条件別に、1秒あたり筋放電量の平均値と標準偏差、3元配置分散分析による足引き要因、手すり要因、足引きと手すり要因の交互作用の検定結果を示した。

図3に示すように、足引きスペースが無い場合の起立動作時の表面筋電図では、手すりが無い場合は、下肢の各筋において筋放電がみられたが、上腕三頭筋では筋放電量が小さく、傍脊柱筋がこれに続いた。手すりが付くと、左右の大腿二頭筋、左右の上腕三頭筋の筋放電量が増加した。

図4に示した足引きスペースが有る場合の起立動作時の表面筋電図では、足引きスペースが無い場合に比べて、特に手すりが無いときに大腿二頭筋の放電量が増加した。足引きスペースが有る場合の比較では、手すりが付くと右大腿直筋、上腕三頭筋の筋

放電量が増加した。

3元配置分散分析の結果では、足引きスペースの効果は、左大腿直筋、左右の大腿二頭筋、右上腕三頭筋で統計的に有意であり、手すりの効果は、左右の上腕三頭筋、右傍脊柱筋で統計的に有意であった ( $P<0.05$ ,  $P<0.01$ ,  $P<0.001$ )。

## 2. 着席動作時の表面筋電図

同様に、図5、6に足引きスペースの有無に分けて、着席動作時の手すりの有無別の各筋の1秒あたり筋放電量を示し、表3に平均値と標準偏差、各要因の3元配置分散分析結果について示した。

図5に示すように、足引きスペースが無く手すりが無い場合の着席動作時の表面筋電図では、起立動作時の手すり無しの場合と比べて、右大腿直筋、右腓腹筋、左傍脊柱筋を除いて筋放電量は小であった。また手すり付きの場合は、起立動作時に比べて、全ての筋において筋放電量が小であった。また、手すりの有無別では、手すりが付くと、上腕三頭筋を除いたすべての筋において筋放電量の減少が見られ、左右の上腕三頭筋の筋放電量は増加した。

図6に示すように、足引きスペースが有る場合には手すりの有無にかかわらず、起立動作時と比較し

表2 ポータブルトイレ起立動作時の表面筋電図 ( $\mu V$ ,  $n=8$ )

|          | ポータブルトイレの条件  |              |              |              | 検 定 結 果   |           |                  |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|------------------|
|          | 足引き無<br>手すり無 | 足引き無<br>手すり有 | 足引き有<br>手すり無 | 足引き有<br>手すり有 | 足引き<br>効果 | 手すり<br>効果 | 足引きと手すりの<br>交互作用 |
| 大腿直筋・右   | 119<br>(96)  | 105<br>(97)  | 121<br>(104) | 163<br>(239) | ns        | ns        | ns               |
| 大腿直筋・左   | 77<br>(39)   | 74<br>(43)   | 83<br>(55)   | 89<br>(58)   | *         | ns        | *                |
| 大腿二頭筋・右  | 81<br>(38)   | 104<br>(95)  | 117<br>(73)  | 112<br>(66)  | **        | ns        | *                |
| 大腿二頭筋・左  | 117<br>(66)  | 149<br>(107) | 153<br>(104) | 147<br>(75)  | *         | ns        | ns               |
| 前脛骨筋・右   | 84<br>(41)   | 80<br>(52)   | 88<br>(69)   | 83<br>(51)   | ns        | ns        | ns               |
| 前脛骨筋・左   | 90<br>(52)   | 95<br>(74)   | 105<br>(60)  | 94<br>(57)   | ns        | ns        | ns               |
| 腓腹筋内足頭・右 | 85<br>(75)   | 81<br>(76)   | 87<br>(61)   | 95<br>(103)  | ns        | ns        | ns               |
| 腓腹筋内足頭・左 | 111<br>(87)  | 105<br>(81)  | 103<br>(67)  | 119<br>(113) | ns        | ns        | *                |
| 上腕三頭筋・右  | 32<br>(18)   | 106<br>(69)  | 34<br>(25)   | 127<br>(62)  | *         | ***       | ns               |
| 上腕三頭筋・左  | 38<br>(18)   | 113<br>(62)  | 35<br>(16)   | 112<br>(50)  | ns        | ***       | ns               |
| 傍脊柱筋・右   | 60<br>(56)   | 55<br>(44)   | 61<br>(52)   | 54<br>(44)   | ns        | *         | ns               |
| 傍脊柱筋・左   | 68<br>(35)   | 69<br>(41)   | 62<br>(24)   | 67<br>(40)   | ns        | ns        | ns               |

1) 平均値 (標準偏差)

2) \*\*\*:  $P<0.001$ , \*\*:  $P<0.01$ , \*:  $P<0.05$ , 3元配置分散分析による検定 (本文参照)

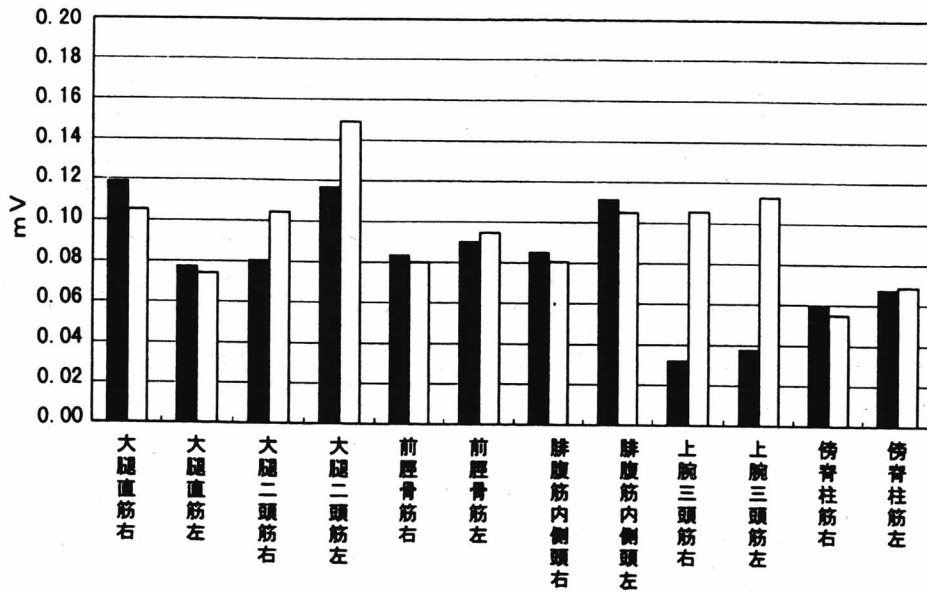


図3 ポータブルトイレ起立動作時の表面筋電図(足引きスペース無し)

■手すり無し □手すり有り

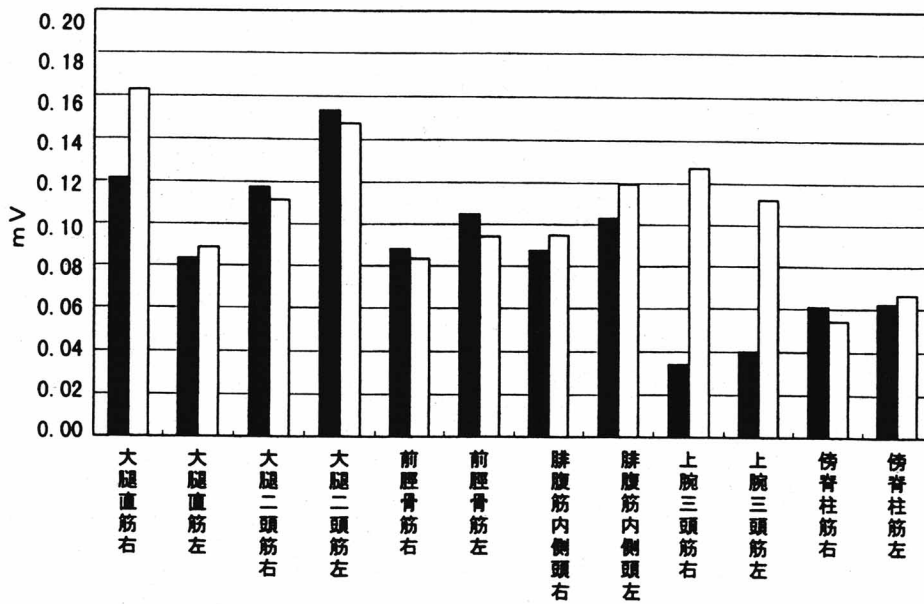


図4 ポータブルトイレ起立動作時の表面筋電図(足引きスペース有り)

■手すり無し □手すり有り

て、着席動作時の筋放電量は各筋において小であった。また、足引きスペースが無い場合と比較すると、特に手すりが無いときに大腿二頭筋の筋放電量が増加し、右の大腿直筋と腓腹筋、傍脊柱筋の筋放電量が減少した。手すりが付くと各筋で筋放電量が増加傾向を示した。

3元配置分散分析の結果では、足引きスペースの効果は、左右の大腿二頭筋、左の前脛骨筋、左右の上腕三頭筋、左傍脊柱筋で統計的に有意であり ( $P<0.05$ ,  $P<0.01$ ,  $P<0.001$ )、手すりの効果は、左の大腿直筋、右の大腿二頭筋、左右の前脛骨筋、左右の上腕三頭筋で統計的に有意であった ( $P<0.05$ ,  $P<0.01$ ,  $P<0.001$ )。

### 3. 利き足による筋放電量の左右差

利き足による筋放電量の左右差が各筋においてみられた。このうち、左右差が最も明瞭であった大腿直筋と前脛骨筋の起立・着席動作時における1秒あたり筋放電量を、左右の利き足別に分けて図7、8に示した。右利き足の被験者の場合には、大腿直筋においては起立・着席動作時とも利き足側(右)の筋放電量が大きく、左利き足の被験者では左右差

が見られなかった。前脛骨筋では、左利き足の被験者において起立・着席動作時とも筋放電量が利き足側(左)で大きく、右利きの被験者の場合には、着席動作時に利き足側(右)にやや大きく、起立動作時では左右差がみられなかった。

### 4. 起立・着席動作時の自覚的負担

表4に、起立・着席動作時の自覚的負担について、ポータブルトイレの条件別に8名の平均値と範囲で示すとともに、足引き要因、手すり要因、足引き要因と手すり要因の交互作用について、3元配置分散分析結果を示した。

上肢の負担については手すりがある場合にのみ被験者に評価を求めた。その結果、足引きスペースの有無による差は認められなかった。下肢の負担については、足引きスペースが有る場合に負担感が小さい傾向がみられたが統計学的には有意でなかった。一方、手すりが有る場合には下肢の負担感が有意に小さかった ( $P<0.01$ )。全身のふらつきについても同様に、手すりが有る場合には負担感が有意に小さかった ( $P<0.05$ )。総合評価では、特に手すりが無い場合に、足引きスペースが有ると負担感が小さい

表3 ポータブルトイレ着席動作時の表面筋電図 ( $\mu V$ ,  $n=8$ )

|          | ポータブルトイレの条件  |              |              |              | 検 定 結 果   |           |                  |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|------------------|
|          | 足引き無<br>手すり無 | 足引き無<br>手すり有 | 足引き有<br>手すり無 | 足引き有<br>手すり有 | 足引き<br>効果 | 手すり<br>効果 | 足引きと手すりの<br>交互作用 |
| 大腿直筋・右   | 118<br>(156) | 89<br>(151)  | 82<br>(79)   | 107<br>(145) | ns        | ns        | *                |
| 大腿直筋・左   | 55<br>(27)   | 38<br>(22)   | 43<br>(20)   | 48<br>(29)   | ns        | ***       | ***              |
| 大腿二頭筋・右  | 45<br>(23)   | 39<br>(23)   | 63<br>(34)   | 55<br>(17)   | ***       | *         | ns               |
| 大腿二頭筋・左  | 68<br>(55)   | 53<br>(34)   | 81<br>(56)   | 91<br>(67)   | ***       | ns        | *                |
| 前脛骨筋・右   | 75<br>(37)   | 55<br>(34)   | 68<br>(28)   | 62<br>(35)   | ns        | ***       | **               |
| 前脛骨筋・左   | 71<br>(35)   | 50<br>(23)   | 71<br>(31)   | 60<br>(28)   | *         | ***       | ns               |
| 腓腹筋内足頭・右 | 107<br>(161) | 60<br>(66)   | 51<br>(34)   | 95<br>(129)  | ns        | ns        | ***              |
| 腓腹筋内足頭・左 | 62<br>(45)   | 47<br>(37)   | 53<br>(40)   | 55<br>(35)   | ns        | ns        | *                |
| 上腕三頭筋・右  | 24<br>(9)    | 60<br>(43)   | 27<br>(15)   | 76<br>(55)   | ***       | ***       | ***              |
| 上腕三頭筋・左  | 27<br>(10)   | 58<br>(33)   | 31<br>(15)   | 63<br>(37)   | **        | ***       | ns               |
| 傍脊柱筋・右   | 47<br>(64)   | 33<br>(25)   | 31<br>(26)   | 37<br>(31)   | ns        | ns        | **               |
| 傍脊柱筋・左   | 73<br>(62)   | 58<br>(54)   | 52<br>(51)   | 59<br>(55)   | ***       | ns        | ***              |

1)平均値 (標準偏差)

2)\*\*\*:  $P<0.001$ , \*\*:  $P<0.01$ , \*:  $P<0.05$ , 3元配置分散分析による検定 (本文参照)

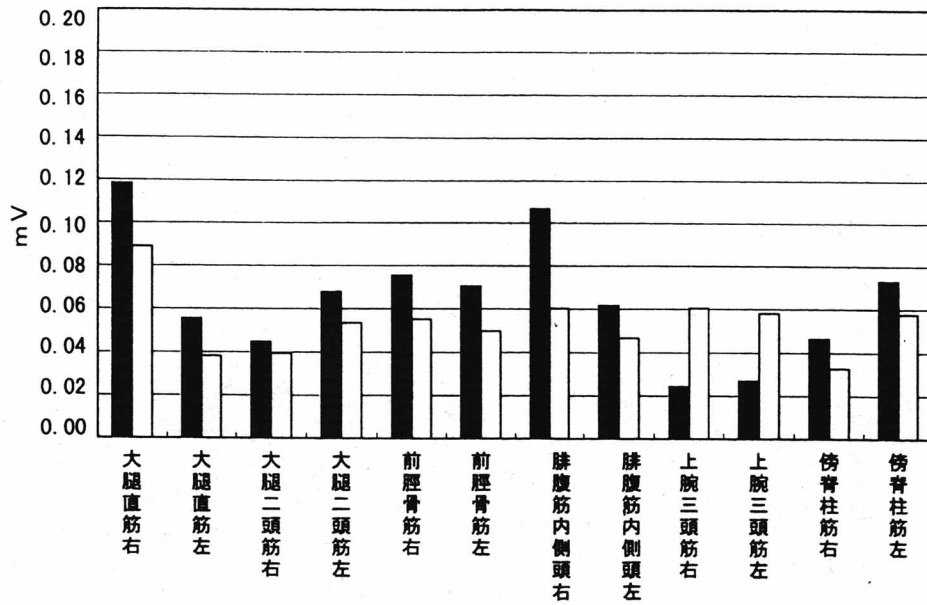


図5 ポータブルトイレ着席動作時の表面筋電図(足引きスペース無し)  
 ■手すり無し □手すり有り

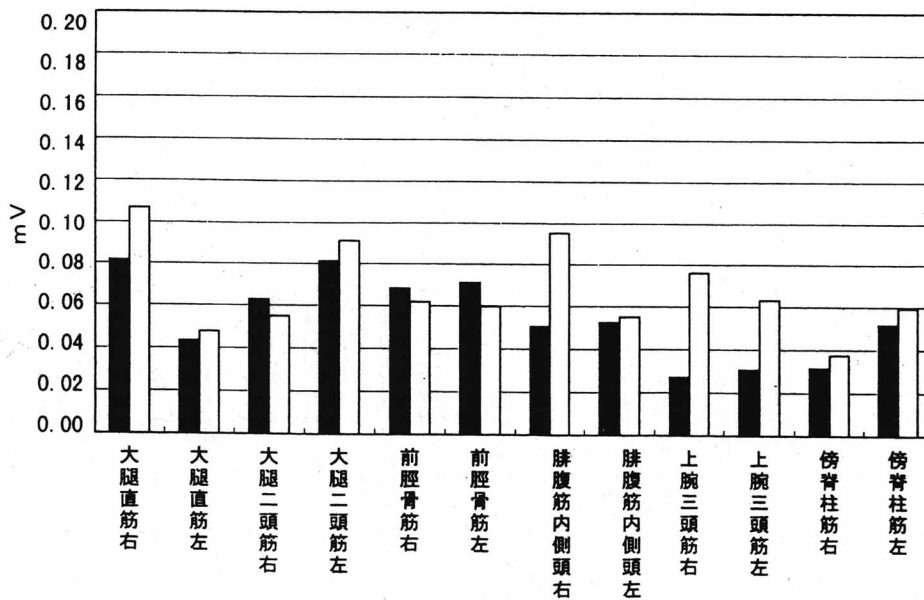


図6 ポータブルトイレ着席動作時の表面筋電図(足引きスペース有り)  
 ■手すり無し □手すり有り

傾向があったが、手すりが有る場合には足引きスペースの有無による差はみられなかった。また、手す

りが有る場合には足引きスペースの有無にかかわらず負担感が有意に小であった ( $P<0.01$ )。

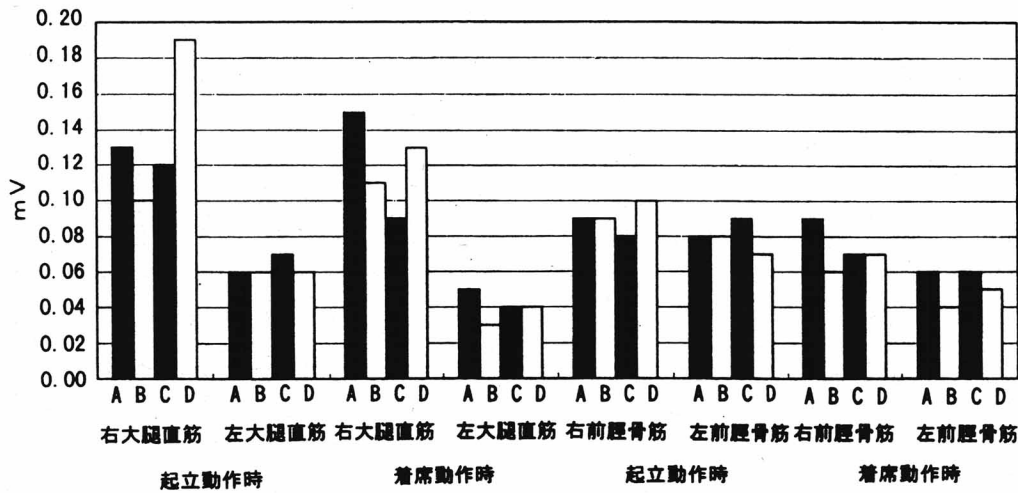


図7 右利き足者における起立・着席動作時の表面筋電図 (n=5)

A: 足引きスペース無し手すり無し B: 足引きスペース無し手すり有り  
 C: 足引きスペース有り手すり無し D: 足引きスペース有り手すり有り

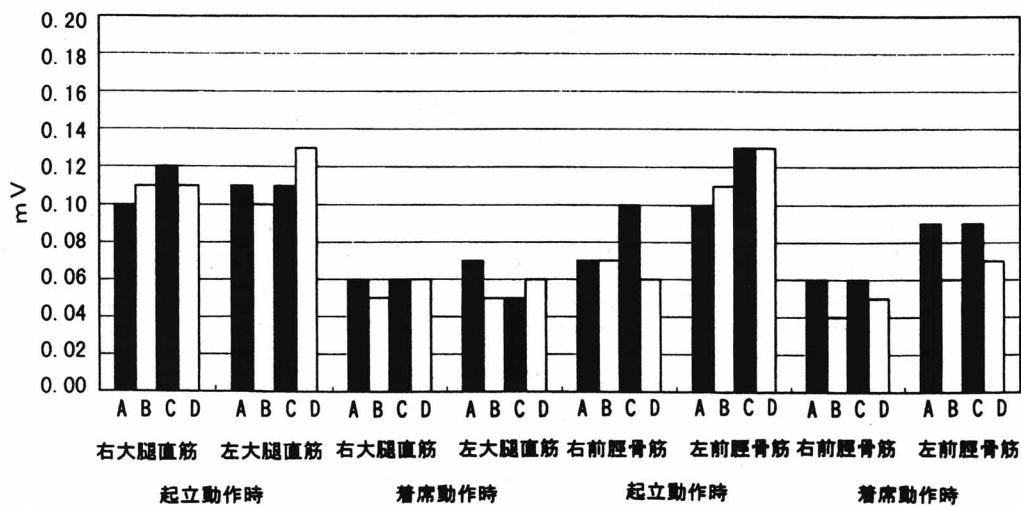


図8 左利き足者における起立・着席動作時の表面筋電図 (n=3)

A: 足引きスペース無し手すり無し B: 足引きスペース無し手すり有り  
 C: 足引きスペース有り手すり無し D: 足引きスペース有り手すり有り



表4 ポータブルトイレ起立・着席動作時の自覚的評価 (n=8)

|       | ポータブルトイレの条件   |               |               |               | 検 定 結 果   |           |                      |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|-----------|----------------------|
|       | 足引き無<br>手すり無  | 足引き無<br>手すり有  | 足引き有<br>手すり無  | 足引き有<br>手すり有  | 足引き<br>効果 | 手すり<br>効果 | 足引きと<br>手すりの<br>交互作用 |
| 上肢の負担 | -             | 1.63(1.0-2.0) | -             | 1.75(1.0-2.0) | ns        | -         | -                    |
| 下肢の負担 | 3.13(2.0-5.0) | 2.25(1.0-3.5) | 2.56(2.0-4.0) | 2.06(1.0-3.5) | ns        | **        | ns                   |
| ふらつき  | 1.88(1.0-3.0) | 1.13(1.0-2.0) | 1.50(1.0-3.0) | 1.38(1.0-3.0) | ns        | *         | ns                   |
| 総合評価  | 3.00(1.5-4.0) | 1.94(1.0-3.0) | 2.31(1.5-4.0) | 2.00(1.0-3.5) | ns        | **        | ns                   |

- 1) 平均値 (最小, 最大), 自覚的評価は1 (全くない) ~ 5 (大変強い)  
 2) \*\*: P<0.01, \*: P<0.05, 3元配置分散分析による検定 (本文参照)  
 3) - : 手すりが無いため評価なし

## 考 察

### 1. 起立・着席動作時における筋動員について

人の起立動作と着席動作は、上肢の補助を受けながら下肢で荷重を支えて体を前後方向へ移動させ、また高さを移動させる作業であり<sup>9)</sup>、また、膝関節、股関節を屈曲位に保持しつつ、関節角度と筋緊張のコントロールが要求される運動である。

起立動作開始時に膝関節が屈曲位をとると、大腿四頭筋の動員が始まり、それに補助として大臀筋や腓腹筋などが安定性と平衡の保持のために加わってくる<sup>9)</sup>。加賀屋らによる健康青年を対象とした報告では、起立動作時は股関節屈曲、膝関節伸展、臀部離坐、股関節伸展、足関節最大背屈の順で行われており、起立動作時の臀部離坐時に大腿四頭筋、前脛骨筋の筋放電量が大きかったとされている<sup>10)</sup>。大腿四頭筋の中でも大腿直筋は外側広筋、内側広筋に比べて筋放電が大きく、他の広筋とは異なる傾向を持っており、これは大腿直筋が二関節筋であるからであると説明されている<sup>10)</sup>。

今回の実験結果でも、起立動作時には足引きスペースの有無、手すりの有無にかかわらず、大腿直筋とともに、大腿二頭筋の筋放電量が大きかった。これは起立動作時に大腿直筋と大腿二頭筋が協調収縮をしている<sup>11)</sup> ことによると推察される。また、高齢者では若年者と比較して、平衡保持のために拮抗筋を動員する割合が大きいことが指摘されている<sup>12)</sup>。

着席動作は、膝関節屈曲筋によって行われる動作というよりは、重力による臀部落下とそれに伴う膝関節屈曲を大腿四頭筋、前脛骨筋などの働きで抑えながら行う動作である。加賀屋らの若年者を対象とした表面筋電図による解析によると、大腿四頭筋、前脛骨筋、傍脊柱筋の筋放電が大きく、大腿二頭筋の放電はあまり大きくなかった。大腿四頭筋は臀部着座時に筋放電のピークを持ち、着座後急激に放電が減少することから、臀部の保持に重要な働きをしていると指摘されている<sup>10)</sup>。

今回の実験では、大腿直筋、前脛骨筋、傍脊柱筋のみでなく大腿二頭筋の筋放電量が大きいことが観察された。これは、若年者と比較して高齢者の場合は、前後方向への重心移動に際して、下肢の拮抗筋を平衡保持のために多く動員させることによると考えられる。

起立・着席動作時の筋放電量を、左右の利き足別に検討した結果、大腿直筋、前脛骨筋など下肢筋において筋放電量に左右差がみられ、利き足側の筋放電量が大きい傾向がみられた。健康者において下肢筋力に左右差があることは報告されている<sup>13)</sup>、利き足との関係を表面筋電図を用いて検討した報告はみられない。

一方、健康青年を対象とした床反力計測による分析では、立ち上がり動作中の左右の足への荷重は均等であり、体重心を基底面内の中央に保とうとしていることが明らかにされている<sup>14)</sup>。健康青年の立ち

上がり動作中の左右の足への荷重が均等だとするこの報告と今回の実験結果とを合わせて考えると、高齢者の場合には、加齢に伴う筋力、感覚、平衡機能などの減退により、左右の利き足による筋動員の差が顕在化していることが推測される。

## 2. 足引きスペースの効果について

椅子からの起立動作時の足引きスペースの効果に関しては、高齢者では若年者に比し足をより後方に引いて立ち上がるという報告<sup>9)</sup>や、1例のみの検討ではあるが、動作開始姿勢で膝関節を90度以上に屈曲した場合には、動作開始時に前方への重心移動が少なくすむため、外側広筋と内側広筋に先行する大腿直筋の活動が減少しているとの報告<sup>9)</sup>などがある。

今回の実験における自覚的評価では、特に手すりが無い場合に足引きスペースがあると、下肢の負担感や総合評価による負担感が小さい傾向がみられた。しかし、起立動作時の筋電図では、特に手すりが無い場合に足引きスペースがあると大腿二頭筋の筋放電量が増加し、手すりが付くと右大腿直筋、上腕三頭筋の筋放電量が増加した。大腿直筋については、足を後方に引くことによって臀部離坐時に急激に大きな力が加わり、より強い股関節屈曲が必要となったためと推察される。さらに起立完了時の膝関節の安定を得るために、大腿二頭筋により大きな負荷がかかったものと考えられる。

着席動作時の筋電図では、足引きスペースが無い場合と比較すると、手すりが無いときに大腿二頭筋の筋放電量が増加し、手すりが付くと各筋で筋放電量が増加傾向を示した。足引きスペースによるこれらの筋の放電量の増加は、足をより後方に引いて着席動作を行うために、膝、足関節において大きな関節可動域が必要となる。この関節可動域維持するために前後方向への重心移動が大きくなり、平衡保持のための下肢筋の動員がより大きくなることによると考えられる。

## 3. 手すりの効果について

椅子からの起立動作時に手すりを使うことの有効性が検討されており、膝関節にかかる力の減少<sup>7)</sup>や大腿四頭筋、ハムストリングス、腓腹筋における筋力の減少<sup>10)</sup>などが報告されている。

今回の実験では、手すりを有するポータブルトイレの場合、自覚的負担として、下肢の負担、ふらつ

き、総合評価に有意な負担感の減少効果が認められた。表面筋電図により観察された起立動作時の筋放電量は、足引きスペースが無い場合に大腿二頭筋、足引きスペースが有る場合に大腿直筋で、手すりが付くと筋放電量が増加する傾向がみられた。着席動作時には、足引きスペース無しの場合には、手すりが付くと上腕三頭筋を除くすべての筋において筋放電量は小であり、足引きスペース有りの場合には、手すりが付くと各筋で筋放電量は増加傾向がみられた。

表面筋電図による観察で、手すりの使用による下肢の筋放電量の減少は、足引きスペースが無い場合の着席動作時以外では認められなかった。これは、手すりを使用することにより、前後方向の重心移動が大きくなることが関与し、足引きスペースが無い場合には足を後方に引くことが制限されることによるとも考えられるが、なお検討が必要である。足引きスペースが無い場合の着席動作において、下肢の筋放電量の減少が見られたのは、手すりの補助により、平衡保持に要する筋負荷が軽減したものと考えられる。

## 4. 高齢者の転倒予防からみたポータブルトイレの条件について

Balogunら<sup>10)</sup>は、年齢と姿勢調節能力の変化について多数例の検討を行い、健常者の姿勢調節能力は男性は20歳代、女性は30歳代で最も高く、高齢者では急激に低下することを報告している。加齢にともなう姿勢調節能力の低下は、日常生活を行うにあたって転倒を始めとしたさまざまな生活動作障害を起こしやすくする。ポータブルトイレ使用時の起立・着席動作においても、姿勢変化に対して安定した立位を保持する能力が高齢者では特に問題となる。

今回の実験で、足引きスペースが有る場合は、無い場合に比較して下肢の筋放電量が増加した。しかし、足引きスペースは下腿の後方移動を可能にすることによって、高齢者の起立・着席動作における負担を軽減していると推測される。すなわち、下肢の筋放電量の増加は姿勢変化に対する安定性と平衡保持に寄与していると考えられる。これは、自覚的評価において手すりの補助が無い場合に、足引きスペースによる負担感の減少傾向がみられることと合致する。従って、足引きスペースは特に手すりの無い場合に有効であると考えられた。

一方、手すりの効果に関しては、自覚的評価では足引きスペースの有無にかかわらず有効であることが確認された。しかし、下肢の筋放電量では、足引きスペースが無い場合の着席動作時を除いて、減少が認められなかった。これも高齢者が起立・着席動作を行う場合、手すりを使用することによって、より大きな前傾姿勢をとることが可能になったことを反映していると推測できる。着席動作時は起立動作時に比べて手すりの補助による負担軽減の効果が大きく、これにより足引きスペースが無い場合に手すりによる有意な筋放電の減少をもたらしたものと考えられる。

以上から、高齢者の転倒予防を目的としたポータブルトイレとしては、手すりが有ることが必要で、手すりが無い場合には足引きスペースがあることが望ましいと結論される。また、ポータブルトイレのみならず、他の介護用品などにも足引きスペースや手すりを付けることが、高齢者の転倒事故防止に役立つものとして推奨される。

#### 5. 高齢者の筋力トレーニングの意義について

運動量の減少は、閉経やカルシウムの摂取不足と同様に、骨量を低下させ骨の脆弱化をもたらして骨折を起こしやすくする<sup>17)</sup>。また、運動量の多寡は、骨自身の強度とともに、筋力を始めとした運動能力や平衡機能に影響を与え、転倒事故の発生にも間接的に関与する。特に高齢者では、若年者とは異なり、起立・着席時に動作筋のみならず拮抗筋が平衡保持のために動員される<sup>18)</sup>。高齢者の転倒予防のために、運動処方を取り入れた筋力トレーニングの必要性が強調される。

#### 6. 今後の課題

今後の課題として、起立・着席動作を姿勢変化の各相に区分した上での動作時表面筋電図の解析、起立・着席動作時の姿勢変化や平衡保持との関係をさらに明確にするための、重心動揺や床反力、関節角度の計測を併用した解析が必要である。また、下肢に障害を持ち、実際にポータブルトイレを必要としている高齢者との比較、健康若年者との比較検討も残された課題である。

## ま と め

健康高齢者8名を対象として、ポータブルトイレからの起立・着席動作時の表面筋電図と自覚的負担を調査した。足引きスペースが有る場合には、無い場合に比較して下肢の筋放電量が増加することが観察された。これは下腿の後方移動を可能にすることによって、高齢者の起立・着席動作における負担を軽減していると推測され、自覚的評価とも一致した。一方、手すりに関しては、自覚的評価では足引きスペースの有無にかかわらず有効な効果が認められた。下肢の筋放電量は、足引きスペースが無い場合の着席動作を除いて、減少が認められなかった。これは高齢者が起立・着席動作をする場合、手すりを使用することによって、より大きな前傾姿勢をとることが可能になったことを反映していると考えられた。

以上から、高齢者の転倒予防を目的としたポータブルトイレの条件としては、手すりが有ることが必要で、手すりが無い場合には足引きスペースがあることが望ましいと結論された。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、ご協力いただきました山口大学医学部附属病院理学療法部の職員の皆様並びに実験にご協力いただきました地域の皆様に深謝いたしますとともに、適切なお助言ご指導下さいました山口大学医学部衛生学講座原田規章教授に心より深謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) 厚生統計協会, 国民衛生の動向, 厚生指針, 臨時増刊, 東京, 1997, 44 (9)
- 2) 折茂肇, 橋本勉, 福永仁夫, 中村利孝, 福島靖正, 佐々木隆一郎, 白木正孝, 藤原佐枝子, 吉村典子, 山本吉蔵, 細井孝之, 大腿骨頸部骨折全国頻度調査. 日医新報 1995; 3707: 27-30
- 3) 松本博之, 高齢者の転倒—その病態背景と予防的リハビリテーション. 日医新報 1990; 3475: 32-34

- 4) 林泰史, 老人の転倒の原因—筋骨格系の異常, 琵琶湖長寿科学シンポジウム実行委員会編, 老人の転倒と骨折, 医歯薬出版, 東京, 1991, P. 52-58
- 5) 岩倉博光, 谷岡達男, 八木久夫, 金森正恭, 老年者の膝関節機能. 総合リハ 1978; **6**: 127-135
- 6) Wheeler J, Woodward C, Ucovich R L, Perry J, Walker J M. Rising from a chair. *Phys Ther* 1985; **65**: 22-26
- 7) Seedhom B B, Terayama K. Knee forces during the activity of getting out of a chair with and without the aid of arms. *Biomed Eng* 1976; **11**: 278-282
- 8) 岩倉博光, 吉田清和, 鶴飼俊忠, 柏原さとし, 伊東元, 岩崎富子, 田中繁, 腰掛け動作としゃがみ動作—老年者および若年者における筋活動と姿勢調節—. 姿勢研究 1985; **5**: 69-77
- 9) 星文彦, 山中雅智, 高橋光彦, 高橋正明, 福田修, 和田龍彦, 椅子からの立ち上がり動作に関する運動分析. 理学療法学 1992; **19**: 43-48
- 10) 加賀谷斉, 佐藤幸三, 島田洋一, 江畑公仁, 大場雅史, 佐藤峰善, F E Sによる機能再建を目的とした起立・着席動作の解析. 総合リハ 1994; **22**: 217-222
- 11) Kelly D L, Dainis A, Wood G K. Mechanics and muscular dynamics of rising from a seated position. *Biomechanics* 1976; I -B: 127-134
- 12) Manchester D, Woollacott M, Zederbauer-Hylton N, Marin O. Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *Gerontol* 1989; **44**: M118-127
- 13) 山口司, 林秀俊, 堀尾重治, 健常膝における筋力と動揺性の左右差について. 整外と災外 1996; **45**: 355-356
- 14) 米田稔彦, 井上悟, 河村広幸, 小柳磨毅, 木村朗, 林義孝, 川端秀彦, 広島和夫, 立ち上がり動作の床反力による分析. 運動生理 1988; **3**: 101-108
- 15) Ellis M I, Seedhom B B, Wright V. Forces in the knee joint whilst rising from a seated position. *Biomed Eng* 1984; **6**: 113-120
- 16) Balogun J A, Akindede K A, Nihinlola J O, Marzouk D K. Age-related changes in balance performance. *Disabil Rehabili* 1994; **16**: 58-62
- 17) 折茂肇, 骨粗鬆症—成因, リスクファクターと予防法. 日臨 1994; **52**: 2281-2286

# Study of Difficulties in Sitting and Standing in the Elderly for Fall Prevention - Surface Electromyograms and Impression of Difficulties in Sitting on and Standing up from Different Portable Toilets

Junko YONEDA

*Department of Hygiene, Yamaguchi University School of Medicine*

*1144 Kogushi, Ube, Yamaguchi 755-8505, Japan*

*( Director: Prof. Noriaki Harada )*

## SUMMARY

Surface electromyograms and impression of difficulties in sitting on and standing up from different portable toilets were obtained from eight healthy elderly individuals. Increased muscle discharges from the lower extremities were greater in the use of a portable toilet with front space under the seat than in the use of one without such space. This result agrees with the impression of difficulties in sitting on and standing up from a portable toilet, suggesting that the front space under the seat allows the elderly to draw their feet backward to reduce the difficulties.

A handle around the portable toilet with or without front space under the seat was helpful. Muscle discharges from the lower extremities did not decrease when the subjects sat on or stood up from a portable toilet, except when they sat on a toilet without front space under the seat. This reflects the finding that the use of a handle around the toilet allows the subjects to lean their body more forward when they sit on or stand up from the toilet.

A portable toilet with a handle should be used for preventing falls of the elderly. The alternative may be one with front space under the seat.