

下肢荷重力測定における荷重量と下肢筋活動の関係

Relationship between the Lower Limb Loading Force and Leg Muscle Activities

村田 潤¹⁾ 村田 伸²⁾ 甲斐 義浩³⁾

JUN MURATA¹⁾, SHIN MURATA²⁾, YOSHIHIRO KAI³⁾

¹⁾ Department of Health Sciences, Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki University: 1-7-1 Sakamoto, Nagasaki 852-8520, Japan. TEL +81 95-849-7923

²⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Care Science, Himeji Dokkyo University

³⁾ Physical Therapy Department, Technical School of Medical and Welfare Ryokuseikan

Rigakuryoho Kagaku 22(2): 195-198, 2007. Submitted Oct. 10, 2006. Accepted Nov. 21, 2006.

ABSTRACT: In this study, with respect to lower limb loading force measurement which has been introduced as a simple lower limb function assessment method, we measured the femoral region electromyogram and lower limb loading in real time, and examined the role of femoral muscles in lower limb loading force relevant to dynamic shifts. The subjects were 9 healthy men at the time of measurement of loading force their loading capacity, and electromyograms of quadriceps femoris and biceps femoris were measured. On the measurement of lower limb loading force, the muscle discharge amount of both quadriceps femoris and biceps femoris were increased, but it was greater in quadriceps femoris, suggesting that the contribution of the muscle action of quadriceps femoris to loading force exertion is large. From the difference of arrival time to peak value between the amount of muscle discharge and loading, we consider that factors other than lower limb muscle strength participate in lower limb loading forces.

Key words: lower limb loading force, electromyography

要旨: 本研究は、簡易下肢機能評価法として紹介された下肢荷重力測定について、大腿部筋の筋電図および下肢荷重量をリアルタイムで測定し、それぞれの動的変動の関連性から、下肢荷重力に対する大腿筋の役割について検討した。対象は健常成人男性9名であり、下肢荷重力測定時の荷重量と大腿四頭筋および大腿二頭筋の筋電図を測定した。下肢荷重力測定時に大腿四頭筋および大腿二頭筋の筋放電量はともに増加するが、その増加量は大腿四頭筋でより大きく、荷重力発揮に対する大腿四頭筋活動の貢献が大きいことが示唆された。また、筋放電量と荷重量のピーク値までの到達時間は異なることから、下肢荷重力に対して下肢筋力以外の要因の関与が考えられた。

キーワード: 下肢荷重力, 筋電図

¹⁾ 長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科保健学専攻: 長崎市坂本町1丁目7-1 (〒852-8520) TEL 095-849-7923

²⁾ 姫路獨協大学 医療保健学部理学療法学科

³⁾ 医療福祉専門学校緑生館 理学療法学科

受付日 2006年10月10日 受理日 2006年11月21日

I. はじめに

下肢は、身体を支えて動作時の姿勢を保持する支持機能とともに、必要な場所へ身体を移動させる移動機能としての重要な役割を担っている。この下肢機能の低下は日常生活活動を制限し、さらには生活の質 (QOL) に悪影響を及ぼすことは言うまでもない。在宅や医療現場において下肢機能の状態を定量的にモニターし、日常の定性的な変化に早期からアプローチすることは、QOLの維持・向上に向けて極めて重要である。一般的に下肢機能を定量的に測定する方法としては、サイベックスやハンドヘルドダイナモメーターによる筋力測定や立位の重心動揺測定などが挙げられる¹⁻⁴⁾。しかし、これらの方法で使用される計測機器は高価なものが多く、測定できる臨床現場は限られてしまう。

先行研究において、我々は市販の体重計を用いて片脚による踏む力 (下肢荷重力) を座位で測定し、この体重計にかかる荷重力が高齢者⁵⁾や脳卒中片麻痺患者⁶⁾の歩行能力と有意な相関関係があることを報告した。この結果は、体重計で測定する下肢荷重力が簡易下肢機能評価法として利用できる可能性を示している。しかしながら、この応力に対する基礎的なメカニズムは明らかにされておらず、下肢筋群がどのように活動し、また応力の経時的変化にどのような特徴があるのかについても不明である。さらには、この測定法は体重計を最大努力で踏み込む時間を3秒間に設定しているが、その時間内で得られる最大の踏み込み応力が下肢機能を評価する上で妥当であるか否かについての検討が不十分である。これらの課題について検討することは、我々が考案した下肢荷重力評価法を簡易下肢機能評価法として臨床応用するためには必要不可欠である。

本研究の目的は、先行研究で報告した簡易下肢機能評価法における下肢荷重力と下肢筋活動の関係について明らかにすることである。そこで、我々は片脚踏み込み動作時にみられる大腿部の筋電図および踏み込み応力の動的変化を同時記録できる計測システムを作製し、これらの測定データの関係および経時的変化について検討した。

II. 方法

対象は健常成人男性9名 (年齢 20 ± 1 歳, 身長 171 ± 5 cm, 体重 62 ± 5 kg) であった。実験は、被験者に対して研究の目的、方法などの説明を十分に行い、研究参加の同意を得た後に実施した。

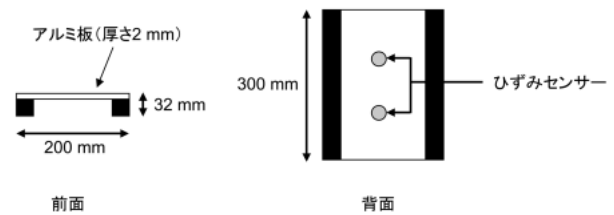


図1 荷重計測装置

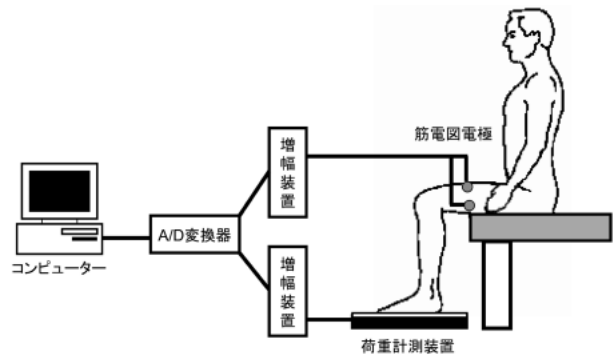


図2 実験設定

1. 計測装置

本研究では、片脚による踏む力を測定するための荷重計測装置を作製した (図1)。厚さ2 mmのアルミ板 (縦300 mm×横200 mm) を2本の角材に固定した。この計測板を踏み込むときに発生する、アルミ板のひずみ量を感じ取るストレングージセンサー (KFG-2N-120-C1, 共和電業) を背面中央部付近の2ヶ所に設置した。このセンサーからの信号はブリッジボックス (DB-120P, 共和電業) を介して増幅装置 (DPM-110A, 共和電業) に接続した (図2)。大腿直筋と大腿二頭筋長頭の中央部に双極表面電極を装着して筋電図を測定 (Bagnoli-2 EMG System, DELSYS社製) した。この筋活動電位はフィルター処理 (bandpass filter: 20–2,000 Hz) された後に記録された。また運動開始および終了のマーカースとして電気スイッチの信号を用いた。ストレングージセンサー、筋電図、および電気スイッチからの信号は、アナログ/デジタル変換器 (UAS-A1, ユニークメディカル社製) を介してパーソナルコンピューターにサンプリング周波数1,000 Hzで同時記録・保存された。記録したデータは実験終了後 off-line 下で解析した。解析ソフトにはAcqKnowledge 3.7.3 (BIOPAC Systems社製) を使用した。

2. 実験手順

測定姿勢は、治療台（プラットホーム型：高さ45 cm）に端座位をとり、右足底に荷重計測装置を置いた状態で治療台端と膝窩部間を拳一個分空ける。測定開始の合図とともに、下肢で計測板を垂直方向に最大努力下で10秒間押しもらった。その際、体幹の矢状面および前額面での動きは制限せず、計測板を押し易い姿勢をとらせたが、殿部を治療台から離さないように留意した。この右下肢による荷重計測板の踏みつけ動作時に伴う発生応力と大腿部筋の筋放電量をリアルタイムで同時記録し、比較検討した。

3. データ処理

筋電図のデータは全波整流の後、時定数0.02秒で積分処理された。実験開始前に同様の測定姿勢で計測した各筋の最大随意収縮（MVC）を基準筋放電位とし、実験で得られたデータを指数換算して%MVCで表した。筋電図および荷重計測値のデータは0.1秒間隔で平均され、電気スイッチによるスタートマーカの時点を基準に揃えられた。そして運動開始前30秒間をベースライン値として運動中の変化量を算出し、各測定項目の平均値を計算した。大腿直筋と大腿二頭筋長頭の筋電図における運動中の最大応答値を対応のある t 検定によって比較した。それぞれの筋放電量と荷重量の最大値までの到達時間を一元配置分散分析によって比較した。有意水準は $p < 0.05$ とし、データは平均±標準誤差で表示した。

III. 結果

1. 筋放電量と荷重量の経時的変化

右下肢による荷重計測板の踏みつけ時の大腿直筋と大腿二頭筋長頭の筋放電量の経時変化を図3に示す。両筋における放電量は運動開始とともに増加し、開始から2秒程度で最大値に到達した。荷重量の変化も筋放電量の変化と同様の傾向を示し、運動開始から増加するが、筋放電の変化と比較すると、やや遅れて最大値まで到達する傾向があった。

2. 大腿部筋活動の比較

大腿直筋の活動量は大腿二頭筋長頭の活動量に比べて大きい傾向にあった（表1）。大腿直筋放電量は運動中に $39 \pm 6\%$ MVC の増加を認めたのに対して、大腿二頭筋長頭放電量は $27 \pm 4\%$ MVC の増加に止まり、両群間に有意な差を認めた ($p < 0.05$)。

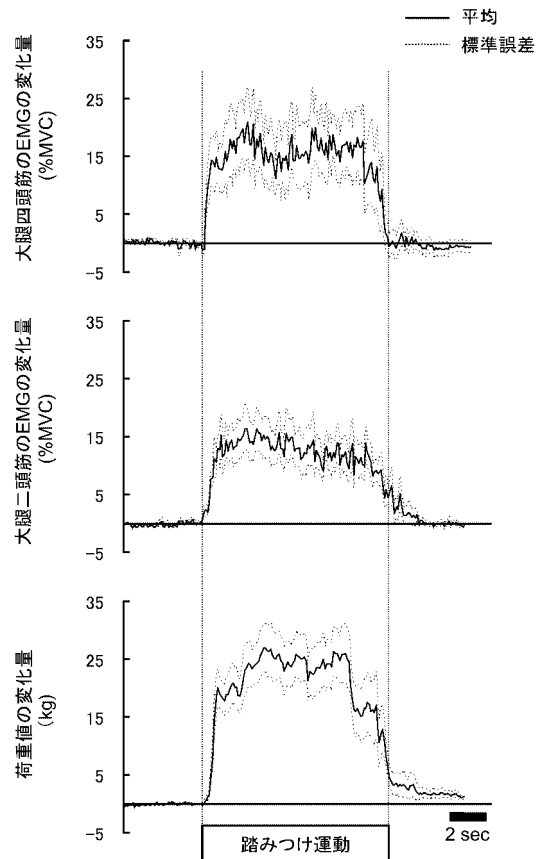


図3 筋放電量および荷重量の経時変化

表1 筋放電最大変化量および最大値までの到達時間の比較

	片脚踏み込み時の 最大変化量	運動開始から最大値 までの到達時間
大腿四頭筋	$39 \pm 6\%$ MVC	2.8 ± 0.9 秒
大腿二頭筋	$27 \pm 4\%$ MVC	2.3 ± 0.8 秒
荷重量	36 ± 4 kg	4.0 ± 1.1 秒

平均値±標準誤差, * $p < 0.05$

3. 筋放電量および荷重量変動の最大値到達時間の比較

筋放電量の最大値までの到達時間は大腿直筋で 2.8 ± 0.9 秒、大腿二頭筋長頭は 2.3 ± 0.8 秒であった（表1）。一方で、下肢荷重量の最大値までの到達時間は 4.0 ± 1.1 秒と筋放電の到達時間よりも遅延する傾向にあったが、3群間に有意な差は認められなかった ($p = 0.382$)。

IV. 考 察

本研究は、10秒間の片脚踏み込み時にみられる大腿四頭筋および大腿二頭筋の活動と下肢荷重量の動的変動をリアルタイムに計測し、それぞれの関係について検討した。本研究結果から、片脚踏み込み動作時に大腿四頭筋および大腿二頭筋の筋放電量はともに増加するが、その増加量は大腿四頭筋の活動の方がより大きかった。また経時的な荷重量変化は大腿二頭筋の活動よりもむしろ大腿四頭筋の活動の変化に対応しているように思われたことから、片脚踏み込み応力に対して大腿四頭筋活動の貢献が大きいことが示唆された。

先行研究において、膝伸展筋力は歩行能力に対して重要な遂行要素であると報告されている^{4,7-10}。高齢者においては、膝伸展筋力は歩行速度の決定因子として重要であり、また歩行自立度を規定する因子としても膝伸展筋力が重要であると指摘されている^{4,7,8}。さらに脳卒中片麻痺患者の立位バランスや歩行速度と膝伸展筋力との関連性についても報告されている^{9,10}。これらの先行研究はすべて大腿四頭筋筋力が歩行能力や立位バランスの予測的指標となる可能性を示している。一方で、我々は、体重計を利用した片脚荷重力もまた歩行能力と有意な相関関係があることを報告した^{5,6}。本研究結果より、片脚踏み込み動作時の荷重力発揮に対して大腿四頭筋の活動が強く関与していることから、片脚荷重力と歩行能力との関連において、大腿四頭筋の活動が反映されていた可能性が考えられる。換言すると、体重計を使用して計測する下肢荷重力によって大腿四頭筋の活動を推測できるのかもしれない。

踏み込み時の筋放電量と荷重量の最大値までの到達時間において、荷重量の方が遅れて到達する傾向にあった。このことから、片脚踏み込み動作時に発生する荷重力に対して、下肢筋力以外の要因の関与が考えられる。本研究では、体重計を使用した先行研究同様に、被験者に対して荷重計測板を片脚で踏み込むときの体幹の動きを制限していない。これにより、体前屈による体幹の重量が下肢荷重力に加わり易くなったと思われる。一方で、体前屈による股関節の可動は二関節筋である大腿四頭筋の筋長に影響する。筋長が静止長より短縮すると発生張力は減少することから、体前屈による股関節屈曲は大腿四頭筋の筋長を短くし、活動張力を減弱する可能性がある。下肢荷重量測定において、これら2つの要因の微妙なコントロールが各被験者間で異なり、下肢荷重量

のピーク値到達時間の個人差を大きくしたものと思われる。このように下肢荷重力では、下肢筋力だけでなく座位姿勢制御も大きく影響することが推察された。

また、本研究では下肢荷重力測定の実施時間についての検討を行った。その結果、下肢荷重力のピーク値到達時間は平均で4.0±1.1秒であった。今回の結果から、下肢荷重力測定の際には実施時間を5秒以上に設定することが望ましいことが示唆された。

最後に、本研究は下肢荷重力測定における下肢筋の働きについて動作筋電図により解析を行った。その結果、大腿四頭筋の活動増加が大腿二頭筋よりも大きく、膝伸展筋力が下肢荷重力の発揮に強く関与することが示唆された。一方で、下肢荷重時の筋放電量と荷重量のピーク値到達時間の不一致は下肢荷重力測定値に対して下肢筋力以外の要因も影響することを推察させる。

本研究の一部は、平成18年度長崎大学高度化推進経費(学長裁量経費)により支援を受けて行った。

引用文献

- 1) Van Mechelen W, Twisk J, Molendijk A, et al.: Subject-related risk factors for sports injuries: a 1-yr prospective study in young adults. *Med Sci Sports Exerc*, 1996, **28**(9): 1171-1179.
- 2) 江西一成, 大峰三郎, 木村美子・他: 片麻痺患者の歩行速度への影響因子. *理学療法学*, 1992, **19**(5): 461-466.
- 3) Takazawa K, Arisawa K, Honda S, et al.: Lower-extremity muscle forces measured by a hand-held dynamometer and the risk of falls among day-care users in Japan: using multinomial logistic regression analysis. *Disabil Rehabil*, 2003, **25**(8): 399-404.
- 4) 西島智子, 小山理恵子, 内藤郁奈・他: 高齢者における等尺性膝伸展筋力と歩行能力との関係. *理学療法科学*, 2004, **19**(2): 95-99.
- 5) 村田 伸, 宮崎正光: 障害高齢者の簡易下肢機能評価法(市販体重計を用いた下肢支持力の測定). *理学療法科学*, 2005, **20**(2): 111-114.
- 6) 村田 伸, 大田尾浩, 有馬幸史・他: 脳卒中片麻痺患者における市販体重計を用いた下肢荷重力評価の検討. *PTジャーナル*, 2005, **39**(12): 1101-1105.
- 7) 神鳥亮太: 健常高齢者と若年者の体力要因の比較. *北里理学療法学*, 2000, **3**: 57-60.
- 8) 鈴木堅二, 今田 元, 竹内正人・他: 地域で自立生活している高齢者の歩行速度と生活関連活動との関連. *総合リハビリテーション*, 2000, **28**(10): 955-959.
- 9) 佐直信彦, 中村隆一: 脳卒中片麻痺患者の立位バランスの決定因子. *リハビリテーション医学*, 1993, **30**: 399-403.
- 10) 鈴木堅二, 中村隆一, 山田嘉明・他: 脳卒中片麻痺患者の最大歩行速度と立位バランス. *リハビリテーション医学*, 1992, **29**: 577-580.