

重錘負荷による大腿四頭筋訓練と立ち上がり動作のEMGによる比較分析

—大腿直筋、内・外側広筋に注目して—

川口 徹* 川口晴美* 佐竹将宏** 羽山日出樹**

Comparison of muscle strengthening exercise of quadriceps femoris with weight load and standing up from and sitting down on the chair using electromyography

T. Kawaguchi*, H. Kawaguchi*, M. Satake**, H. Momiyama**

Abstract

The purpose of this study was to analysis how muscle strengthening exercise of quadriceps femoris with weight load on the chair reflects stand up from the chair. Ten healthy young adult females (from 20 to 26 years of age) were informed and participated in this study. First trial was motions of standing up from and sitting down on the chair. Second trial was motions of knee extension from 90° to 0° with 2kg weight load in sitting on the chair. In both trials, subject's knee and hip angle and surface EMGs from quadriceps femoris (rectus femoris, vastus medialis and vastus lateralis) were recorded. In first trial, the three muscles activities were increased at motions of right after started standing up and motions of right before finished sitting down. In second trial, the three muscles activities were increased as knee angle approached more 0° and decreased as knee angle approached more 90°. There was no difference in patterns of muscle activities between three muscles at both trials. In comparison of muscle activities of motions of standing up from and sitting down on the chair and motions of knee extension from 90° to 0° with 2kg weight load in sitting on the chair, muscle activities of rectus femoris and vastus medialis were more in the latter than in the former in all subjects. The results of this study leads our presumption that effect of muscle strengthening in quadriceps femoris higher in the latter than in the former. But, muscle activities of three muscles differed the former and the latter in knee angle. We conceive that muscle strengthening exercise in quadriceps femoris must be performed properly in consideration of that purpose, joint angle, weight bearing and several situations. From these points we might go on to an even more detailed examination of the function of quadriceps femoris concerned in standing up, standing and gait.

(J. Aomori Univ. Health Welf. 1 : 31-36, 1999)

keywords: EMG, quadriceps femoris, standing up from the chair

1. はじめに

リハビリテーション医療では、大腿四頭筋の筋力強化は下肢筋の筋力強化の中でも特に重要である。膝関節疾患の理学療法において、大腿四頭筋の筋力強化の重要性については多くの人の認めることとなっている。また、

膝関節疾患のみならず、他の下肢関節疾患や神経筋疾患についても大腿四頭筋の筋力強化は、日常生活活動 (Activities of Daily Living; 以下ADL) の観点から常におこなわれるものである。

大腿四頭筋の筋力強化は、膝疾患においては膝の不安定性を改善し、痛みという症状軽減を目的としておこなわれる。スポーツ外傷においても同様に、膝関節の関節安定性のために重要であるとされている。また、神経筋疾患などのADLにおいては、起立、歩行という動作獲得

* 青森県立保健大学

** 秋田大学医療技術短期大学部

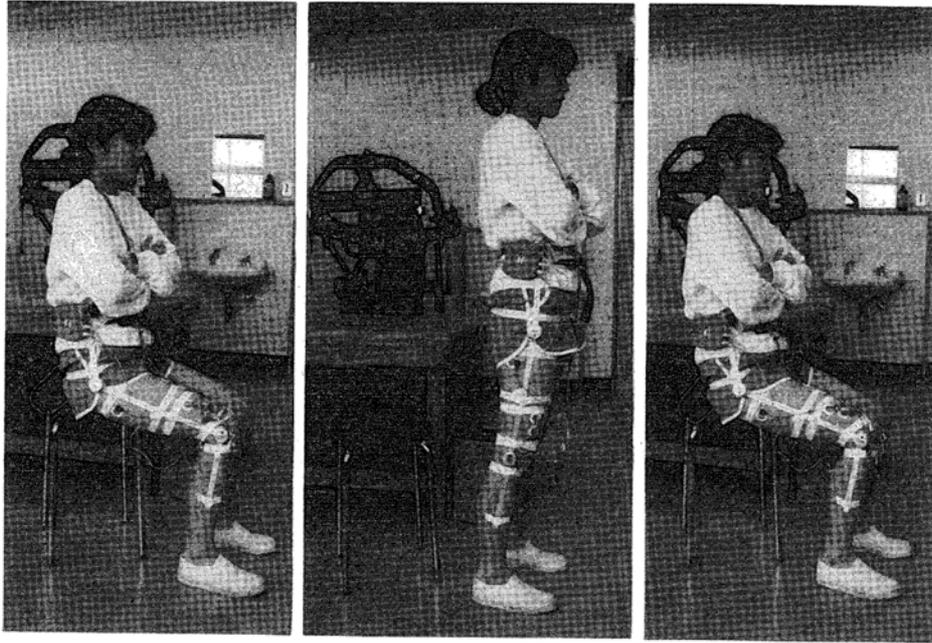


図1 立ち上がり動作の運動様式

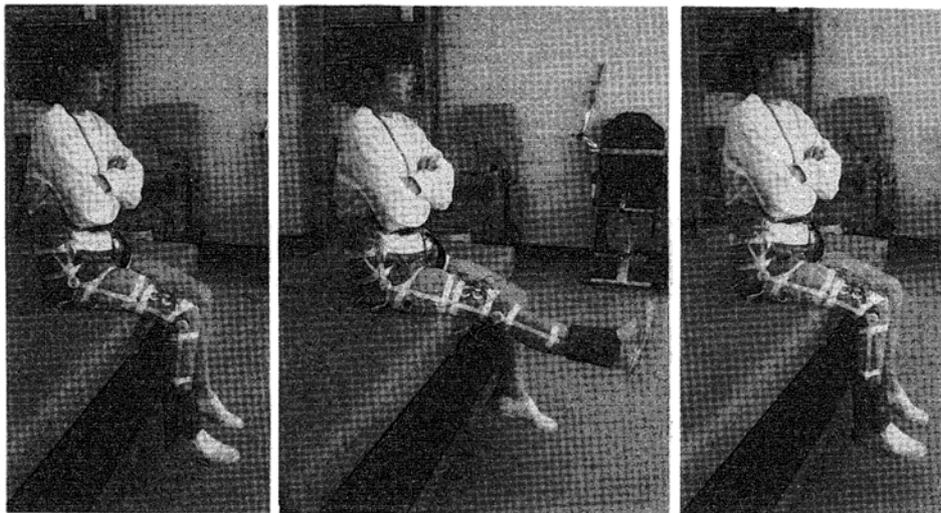


図2 坐位重錘法の運動様式

のために重要であり、とりわけ立ち上がり動作の獲得や改善のためにおこなわれる。

多くの疾患の理学療法として用いられる大腿四頭筋の筋力強化は、筋力の状態や関節の状態などでさまざまなバリエーションがある。一般的によく用いられる大腿四頭筋の筋力強化法は、足首に重錘バンドを巻き、坐位の状態で膝関節を屈曲 90° から 0° へと伸展させる反復運動であり、重錘も $1\text{kg}\sim 2\text{kg}$ が使われる（以下、坐位重錘法）。また、リハビリテーション医療で重要なADL自立の指標のひとつにトランスファーがある。これは、ベッドから車椅子、あるいは車椅子からベッドの移動動作である。トランスファーには椅子からの立ち上がり動作が必要であり、大腿四頭筋が強く関与している。今回、一般臨床で多用される坐位重錘法が立ち上がり動作にどう

反映されているかを調べるために、大腿四頭筋のうち、大腿直筋と内・外側広筋に注目して動作筋電図を比較分析したので報告する。

2. 対象および方法

2.1 対象

被検者は、日常生活で特に激しいスポーツをする習慣のない $20\sim 26$ 歳の健常女性 10 名が参加し、平均体重は 49.2kg であった。なお、利き脚を計測脚としたが、利き脚の基準は床上のボールを蹴る側の脚と規定し、全員が右脚であった。被検者には本研究の趣旨を説明し参加の同意を得た。

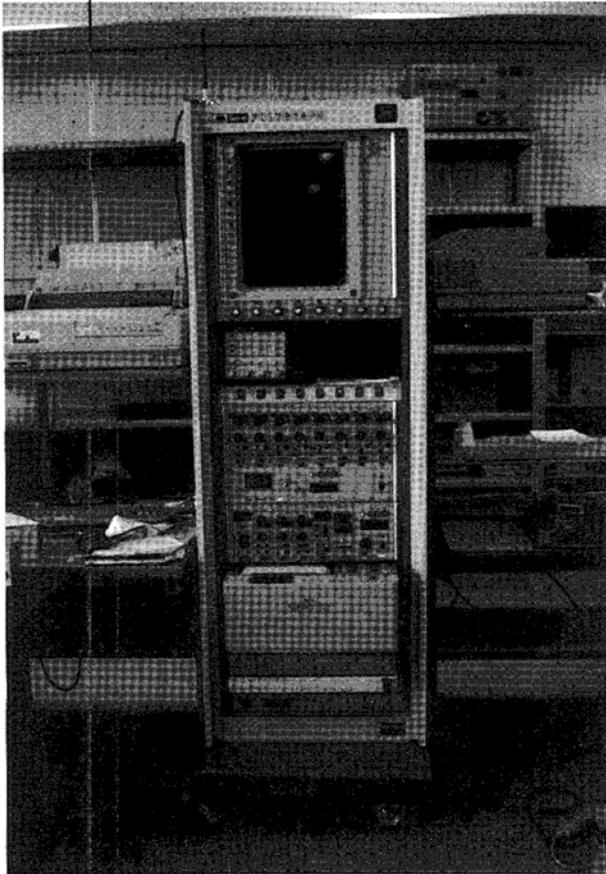


図3 使用した筋電図計測システム

2.2 立ち上がり動作の運動様式 (実験1) (図1)

被検者を約45cmの高さの椅子に、両足を肩幅程度に開かせ、両上肢を胸の前で組ませて、股関節・膝関節屈曲約90°で椅子坐位をとらせた。2秒かけて椅子坐位から立ち上がり、立位姿勢をとらせ、2秒の立位保持をした後、2秒かけて立位姿勢から椅子坐位に戻る動作をおこなわせ、これら一連の動作を1セットとした。

2.3 坐位重錘法の運動様式 (実験2) (図2)

被検者を床に足底が接地しない高さの治療台の縁に座らせた。利き脚の足首に2kgの重錘バンドを巻き、両上肢を胸の前で組ませた。椅子坐位の状態で、膝屈曲90°の状態から膝0°にする膝伸展運動を2秒でおこなわせ、膝0°で2秒間の保持をさせた後、膝屈曲90°に戻る膝屈曲運動を2秒でおこなわせ、これら一連の動作を1セットとした。

上記の2実験の2秒単位での動作の切り替えは、電子メトロノームからの音声信号を被検者に聞かせ、リズム学習をさせてから実験をおこなった。また、他の実験において、膝屈曲70°前後において最大トルクが得られたため、その位置での等尺性最大努力収縮をおこなわせ、その筋放電振幅を100%として、測定値を正規化するよう

にした。

2.4 計測方法

本実験では表面電極を用いて筋電図を得ることとした。大腿四頭筋は大腿直筋、内側広筋、外側広筋、中間広筋の四筋より構成される。しかし、中間広筋は大腿直筋の深層部に位置し、表面電極では計測することができないため、本実験では、大腿直筋、内・外側広筋から筋電図を導出することとした。

表面電極は使い捨て電極blue sensor (日本電気三栄社製)を2個ずつ使用し、電極中心間隔4cmで、利き脚の大腿直筋、内側広筋、外側広筋の3筋に貼りつけた。電極貼布部位は、大腿直筋では大腿前面で上前腸骨棘と膝蓋骨上縁を結ぶ線分の中央部とし、内側広筋は膝蓋骨上縁内角より4横指近位部、外側広筋は大腿外側で膝蓋骨上縁より5横指近位部とした。電極貼布にあたっては、二関節筋であり股関節屈曲・膝伸展作用を持つ大腿直筋と、単関節筋であり膝関節伸展作用を持つ内・外側広筋の作用の違いを利用し、各筋の筋活動が分離して導出できるように電極の位置を調節した。具体的には、椅子坐位にて股関節屈曲と膝関節伸展の2つの動作をさせ、前者では大腿直筋が単独で活動し、後者では三筋が同様に活動することを確認した。さらに、股関節と膝関節の角度の変化を計測するために、それぞれにエレクトロゴニオメータを取りつけた。股関節の計測軸は大転子とし、膝関節の計測軸は膝関節裂隙中央部とした。

それぞれの実験は、各被検者ごとに実験1、実験2の順でおこなった。筋電図、股・膝関節角度変化は、日本電気三栄社製EEGテレメータ514Xを介し、同社製OMNIACE RT8100を用いて導出した(図3)。導出した筋電図は、時定数1.5秒で積分し解析した。各実験の筋電図、股・膝関節角度変化は、それぞれの実験での5セット連続で計測したうちの最初と最後のセットを省いた3セットを採用した。

3. 結果

正規化するために測定した最大努力収縮の筋電図は、かなりの数の被検者において、実験2の坐位重錘法の筋電図より少ない筋活動量を示したため、正規化のための測定値として採用できなかった。そこで、同一被検者内での各筋の比較をすることとした。

実験1と実験2の代表的な筋電図を図4、5に示す。上段は筋電の生波形であり、中段は筋電の積分波形である。また、下段は膝関節と股関節の関節角度である。立ち上がり動作では、立ち上がりの動作開始直後と座り込みの動作終了直前である、膝屈曲90°付近での筋活動量が増

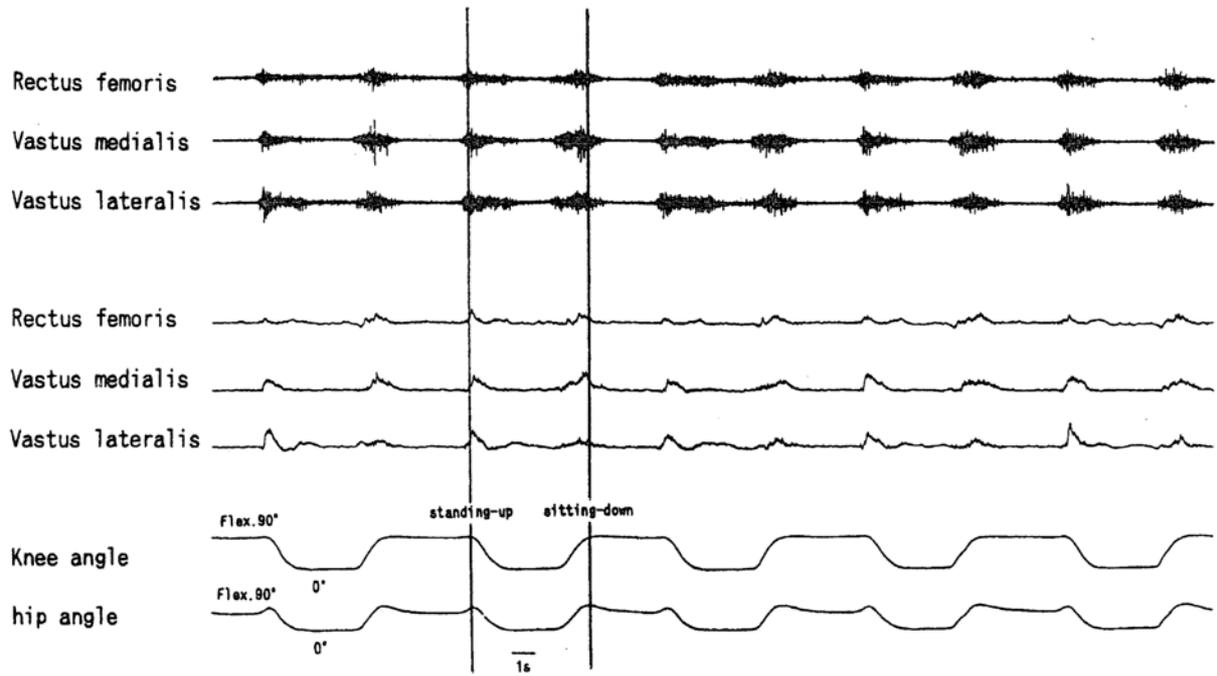


図4 立ち上がりの動作での筋電図と股・膝角度

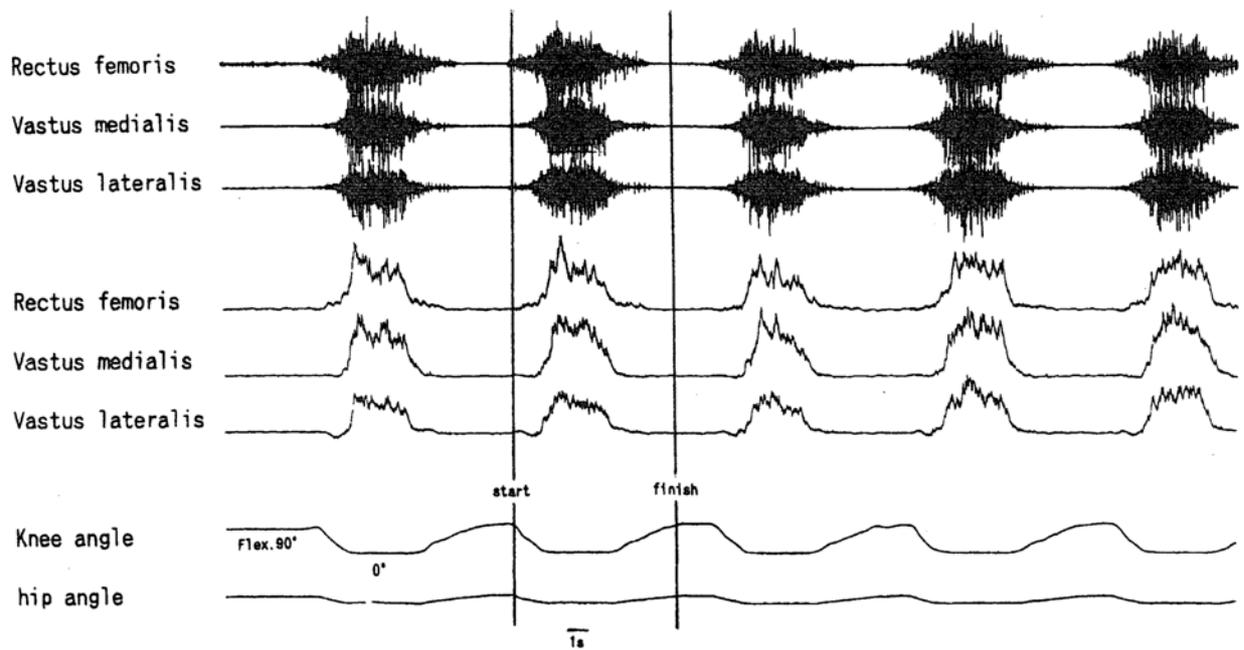


図5 坐位重錘法での筋電図と股・膝角度

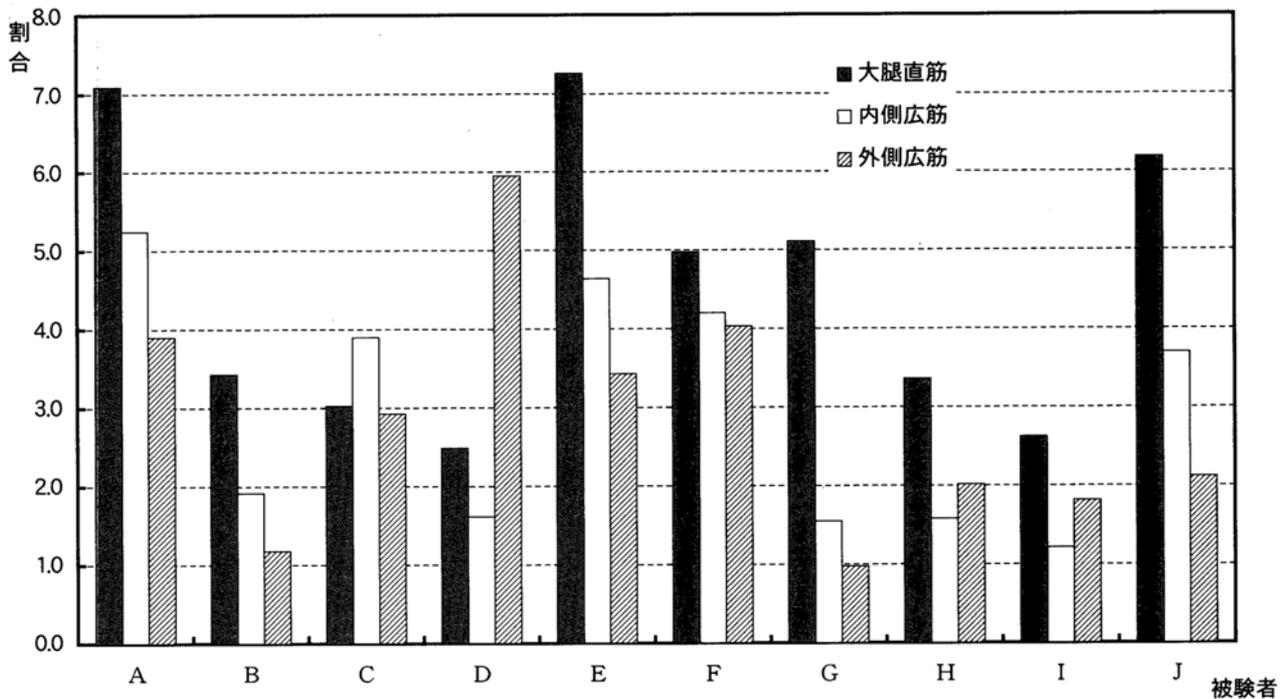


図6 立ち上がりに対する坐位重錘法の筋活動量の割合

加した。これは大腿直筋、内側広筋、外側広筋とも同様であった。坐位重錘法では立ち上がりと異なり、膝0°に近づくにつれ筋活動量が増加し、膝屈曲90°に近づくにつれて筋活動量が低下した。大腿直筋、内側広筋、外側広筋間での筋活動の差異は見られなかった。

立ち上がり動作と坐位重錘法での各筋を比較してみると、すべての被検者の大腿直筋、内側広筋において、立ち上がり動作より坐位重錘法の筋活動量の方が大きかった。また、1人を除いて、外側広筋も立ち上がり動作より坐位重錘法での活動量が大きかった。立ち上がり動作に対する坐位重錘法の活動量の増加の割合は、すべての被検者の平均で見ると大腿直筋では4.1倍、内側広筋では2.5倍、外側広筋では2.4倍であった。図6に、個々の被検者の立ち上がり動作に対する坐位重錘法での増加の割合を示す。それぞれの被検者において、各筋の立ち上がり動作時の最大振幅値を1としグラフ化した。これを見ると、大腿直筋の増加率が内・外側広筋よりも大きい被検者が10人中8人いた。残りの2人は、1人が内側広筋、もう1人が外側広筋の増加率が一番大きかった。また、単関節筋である内・外側広筋を比較すると、内側広筋の増加率が外側広筋の増加率より大きい被検者が7人と多かった。

4. 考察

立ち上がり動作と坐位重錘法において、今回の実験における大腿直筋と内側広筋と外側広筋との間の筋活動パ

ターンの違いは見られず、いずれも同様の活動パターンを示した。従来より、大腿四頭筋のうち内側広筋についての二つの異なった知見がある。Steindler¹⁾は主として臨床所見から、膝関節の最終伸展15°は主に内側広筋によっておこなわれると報告している。また、Liebら²⁾は解剖学的・力学的検討から、Pocockら³⁾は筋電図からこれを否定している。本実験においても、内側広筋の特異的な筋活動パターンは見られず、今回の実験である立ち上がり動作と坐位重錘法においては、大腿四頭筋の筋活動はそれぞれの筋が同様な活動パターンを示すものと思われた。

二つの動作における筋活動の違いを見ると、坐位重錘法では、膝伸展0°に近づくにつれ筋活動量が増加し、膝屈曲90°に近づくにつれて筋活動量が低下したのに対し、立ち上がり動作では、膝屈曲90°付近の立ち上がりの動作開始直後と、座り込みの動作終了直前の筋活動量が増加した。このことから、立ち上がり動作と坐位重錘法では、筋の活動する膝関節の角度が異なることがわかった。

全体的な筋活動量を比較すると、単純に考えるのであれば、本研究における被検者の平均体重49.2kgの体重を负荷した立ち上がり動作の方が、2kgの重錘負荷運動の坐位重錘法より筋活動量が大きいように思われるのであるが、実際には坐位重錘法の筋活動量が大きかった。このことは、立ち上がりを反復して大腿四頭筋の筋力強化として訓練するよりも2kgの重錘負荷による坐位での四頭筋訓練の方が強い筋収縮を促すことを示し、訓練効果

があるものと予測させる。しかしながら、立ち上がり動作は各関節に体重による負荷がかかった全身運動の中の膝関節運動である。筋出力の面だけでの訓練強化では坐位重錘負荷法が有利なように思われるが、体重負荷しての筋出力は、体重負荷無しでの関節運動での筋出力と異なるとされている⁴⁾。訓練強化も、目的とする動作に応じて、筋出力を要する関節角度の値や体重負荷の重要性などを考慮して、訓練動作を設定していく必要があると考えられる。

被検者個々の筋活動量増加率を見ると、二関節筋である大腿直筋の増加率が大きかった。また、単関節筋の内・外側広筋を比較すると、内側広筋の増加率が外側広筋の増加率より大きい被検者が多かった。重錘負荷法は単関節の運動であるが立ち上がり動作は全身の複雑な複合運動である。このような被検者間のばらつきは、運動が複雑になった結果、立ち上がり動作における筋の使い方が個々で異なっている可能性を示している。

理学療法における立ち上がり動作の反復運動は、大腿四頭筋の筋力強化だけでなく、立ち上がり開始時や座り込み直前も筋活動が大きいという筋収縮のタイミングを学習させる。したがって、立ち上がり動作を獲得するためには、この反復運動は最良の訓練と思われる。しかし、膝関節症などの伸展位付近での関節安定性が必要な疾患に対しては、膝0°付近で筋活動量が多い坐位重錘法が、大腿四頭筋の筋力強化としては効果的であると考えられた。さらに、重錘負荷法は重錘バンドで簡単に施行でき、体重免荷期の患者にも対応できる。総合的に大腿四頭筋を訓練強化するには、立ち上がり動作よりも筋活動量も多いこともあり、臨床場面で多用されるこの坐位重錘法は有効であると考えられた。

本実験では、膝屈曲70°における最大収縮による筋電図の正規化ができなかった。この理由は、膝屈曲70°で最大トルクが得られたのは等速度運動で計測した結果であり、本実験と条件が異なっていたためと考えられた。

5. おわりに

本実験では、大腿直筋と内・外側広筋は共同して働き、筋活動の差異は見られなかった。起立、立位姿勢に重要に関わる大腿四頭筋の作用について、さらに明らかにしていきたいと思う。

(受理日：平成11年9月22日)

文 献

1) Steindler, A.: Kinesiology of the human body .

C.C.Thomas.1970

2) Lieb, F.J., Perry, J. : Quadriceps Function: on. J.B.J.S., 53A: 749-758, 1971.

3) Pocock, G.S. : Electromyographic study of the quadriceps during resistive exercise, Physical Therapy, 43 : 427-434, 1963.

4) 井原秀俊, 中山彰一: 関節トレーニング. 協同医書, 1990.