大腿四頭筋の廃用性筋萎縮を防止するために必要な下肢の運動量について

市 橋 則 明 吉 田 正 樹

SUFFICIENT QUANTITY OF LEG EXERCISE FOR PREVENTION OF DISUSE ATROPHY OF THE QUADRICEPS FEMORIS MURCLE

NORIAKI ICHIHASHI (RPT) and MASAKI YOSHIDA (ENG)

Abstract

A study was conducted to determine the minimum quantity of leg exercise required to prevent disuse atrophy of the quadriceps femoris muscle during bed rest. The subjects were 10 normal young university students with a mean age of 21.1 years. First, analysis of rectified filtered electromyography (RFEMG) was performed on the rectus femoris and vastus medialis during walking with cadences of 100 steps/min and 150 steps/min. Then, the effects of straight leg raising (SLR), patella setting (PS), knee extension-flexion in a supine position (KEF) and knee extension in a sitting position (KE) were analysed for each muscle using the same method. Based on the value of RFEMG for each muscle during walking, the repetition number for each exercise was calculated. For the rectus femoris, the repetition number for each exercise corresponding to 10000 steps with a cadence of 100 steps/min was 289 for SLR, 466 for PS, 1255 for LEF and 1663 for KE. For the vastus medialis, the corresponding numbers were 1223, 381, 6367 and 2170, respectively. When the cadence increased to 150 steps/min, the repetition number of each exercise for each muscle also increased. These results indicate that high-repetition exercise is recommendable to prevent disuse atrophy of the quadriceps femoris muscle. Therefore, the activity of patients should be increased to stimulate weakened muscles such as the quadriceps femoris during hospitalization.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1993, 42 : 461~464)

key words : Disuse atrophy, Quadriceps femoris muscle, Leg exercise

I. 緒 言

下肢の整形外科手術後において、患者は一定期間臥床を余儀なくされることが多い。このような症例では、筋力増強訓練を行っているにもかかわらず大腿部の廃用性筋萎縮がみられ、術後リハビリテーションの主要問題点の一つとなる。また、高齢化社会の到来と共にクローズアップされているねたきり老人は、何等かの原因で臥床するようになり、臥床が長引くことによる廃用性筋萎縮の出現が問題となる。このような廃用性筋萎縮を予防するために臥床中に下肢の運動が処方されるが、どの程度の量を行うことにより予防できるか

は判っていない。臥床による筋萎縮が筋の活動性の低下によるものであるならば、日常生活と同じ程度の筋活動量を臥床中の筋に与えれば、廃用性筋萎縮は防止できる可能性がある。従来、下肢の筋活動に関する報告では、各動作の動作分析に関する報告が多く、筋活動量という視点からの報告はない。例えば歩行に関する筋電図学的報告は多いが、そのほとんどは各筋の働くタイミングや最大にその筋が働く量を調べており、歩行による筋活動量の総量を調べたものはない。

本研究の目的は、日常生活で最も基本的な動作である歩行と臥床中によく行われる運動の筋活動量を測定し、廃用性筋萎縮を防止するために必要

な臥床中の運動量を検討することである。

II. 対象と方法

健常女性 9 名, 男性 1 名の計 10 名 (平均年齢 21.1 ± 1.1 歳) を対象とした。

測定筋は, 右側大腿直筋と内側広筋(斜頭)の 2 ヶ所とし, 表面筋電図を双極誘導するために銀塩化銀電極(直径 8 mm) 2 個を電極中心間隔 20 mm でそれぞれの筋腹の近位 1/3 に取りつけた。また, アース電極を耳介に貼り付けた。

筋電図は, フルサワラボ社製筋電計を使用し, 整流平滑筋電図(RFEMG)を求め AD 変換器を通して, パーソナルコンピュータ PC 286 LS に保存した。また, 電極貼付部における皮膚のインピーダンスが $20 \text{ k}\Omega$ 以下となるように皮膚を処理した。

歩行と臥床時によく行われる下肢の運動の筋活動の測定は, 以下の方法で行なった。

① 歩行

20メートルを歩行する。自然歩行(ケーデンスは 100 歩/分)と速歩(ケーデンス 150 歩/分)の 2 パターンで行い, 歩数及び所要時間を記録する。

② 下肢挙上 (SLR)

背臥位で膝完全伸展位股関節 45 度屈曲位を 5 秒間保持し, 下肢を下げて 3 秒間休息する。これを 4 回繰り返す。

③ 大腿四頭筋等尺性収縮 (patella setting)

背臥位で patella setting を 5 秒間行い, 1 秒間休息する。これを 4 回繰り返す。

④ 股・膝関節屈伸

背臥位でメトロノーム (60 回/分) に合わせ

て 2 秒間に 1 回の速さで下肢(股・膝関節)の屈伸を行い, 2 秒間休息する。その動作を 5 回繰り返す。足部は接地した状態で行う。

⑤ 膝伸展

椅坐位でメトロノーム (60 回/分) に合わせて 2 秒間に 1 回の速さで膝関節の屈伸を行う。その動作を 5 回繰り返す。

III. データ分析

各動作における筋活動量を算出するために得られた RFEMG に次式の処理を行い, t_a から t_b までを積分したものを活動量とした (Fig. 1)。

$$M = \int_{t_a}^{t_b} R(t) dt$$

20 m 歩行時の筋活動量を歩数で除すことにより 1 歩に使用する筋活動を求めた。同様に各動作時の筋活動量を回数で除すことにより各動作 1 回に使用する筋活動量を求めた。さらに, 歩行 1 歩に必要な筋活動量を各動作 1 回に必要な筋活動量で除すことにより, 歩行 1 歩に対応する各動作の回数を求めた。

IV. 結 果

歩行 1 歩と SLR, patella setting, 膝関節屈伸, 膝伸展との関係を Table 1 に示した。この結果より例えば 1 日 1 万歩(片側 5000 歩), 歩行する人が臥床時に同じだけの筋活動量を SLR (5 秒保持), patella setting (5 秒保持), 膝関節屈伸 (2 秒で 1 回), 膝伸展 (2 秒で 1 回) で行なうとしてその頻度を計算したものが Table 2 である。すなわち, SLR についてみると, 自然歩行の大腿直筋では

Fig. 1. Definition of Muscle Activities.

Table 1. The equivalent number of each exercise to muscle activity of one step walking

		normal	fast
SLR	RF	0.0578±0.0362	0.0853±0.0400
	VM	0.2445±0.0908	0.3568±0.1680
ST	RF	0.0931±0.0788	0.1729±0.2085
	VM	0.0761±0.0422	0.1151±0.0858
KEF	RF	0.2510±0.1562	0.3806±0.2148
	VM	1.2734±0.6910	1.7324±0.6657
KE	RF	0.3326±0.2531	0.5026±0.3243
	VM	0.4339±0.1592	0.5477±0.2505

Abbreviation ; RF : rectus femoris
 VM : vastus medialis
 SLR : straight leg raising
 ST : quadriceps muscle setting
 KEF : knee extension-flexion
 KE : knee extension

Table 2. The equivalent number of each exercise to muscle activity of 10000 steps

		normal	fast
SLR	RF	289	427
	VM	1223	1784
ST	RF	466	865
	VM	381	576
KEF	RF	1255	1903
	VM	6367	8662
KE	RF	1663	2513
	VM	2170	2739

Abbreviation ; RF : rectus femoris
 VM : vastus medialis
 SLR : straight leg raising
 ST : quadriceps muscle setting
 KEF : knee extension-flexion
 KE : knee extension

289回、内側広筋では1223回必要ということになる。さらに、速歩では大腿直筋427回、内側広筋1784回と増加する。大腿直筋と内側広筋を比較すると内側広筋のほうがかなり多くの頻度の訓練が必要となる。同様に patella setting についてみると、自然歩行では大腿直筋466回、内側広筋381回、速歩では大腿直筋865回、内側広筋576回とな

る。膝関節屈伸においては、自然歩行では大腿直筋1255回、内側広筋6367回、速歩では大腿直筋1903回、内側広筋8662回であり、さらに膝伸展においては、自然歩行では大腿直筋1663回、内側広筋2170回、速歩では大腿直筋2513回、内側広筋2739回という結果となった。

内側広筋と大腿直筋を比較すると、SLRと膝屈伸では大腿直筋に対して効果的であり、patella settingと膝伸展では内側広筋に対して効果的であるといえる。

自然歩行(ケーデンス100歩/分)と速歩(ケーデンス150歩/分)の筋活動の比較においてはケーデンスを1.5倍にすることにより筋活動も約1.5倍になり、速度を上げるほど筋活動が増加していた。

V. 考 察

等尺性運動における Hettinger と Müller⁶⁾ の筋力増強の条件は、強度の条件に関しては否定的な意見があるものの、今日においても筋力増強訓練の処方条件の基盤となっている。また、等張性運動についての研究において De Lorme¹⁾ は、高負荷で低頻度のトレーニングが筋力増強にとって有効であるとしている。さらに Müller⁸⁾ は、1日1秒間の最大収縮でも筋力増強効果があるとしている。これらの古典的な知見は、筋力増加の程度の違いこそあれほぼ健康人を対象とした研究において認められている。しかし、臥床中においても同じような高負荷低頻度のトレーニングだけで筋力増加が起こるかどうかは疑問である。

我々は、過去の研究において一側の手術により臥床中の健側下肢に対し、高負荷低頻度の訓練(最大抵抗で5回のSLR訓練)を行なっても、筋力増強の効果はなく、大腿四頭筋の筋萎縮が起ったことを報告した⁷⁾。臥床中においては、高負荷低頻度の訓練では、健側でさえ筋力増加をもたらすことができなかったということは、一般的に筋力増強訓練として考えられていることが、臥床中には当てはまらないことを意味している。

Greenleaf et al.³⁾は、30日間の臥床中に、訓練をしない群、等速性訓練群、等張性訓練群の3群を比較し、等速性訓練群で筋力増加の傾向があっ

たものの各群間に有意な差はなかったと報告している。臥床とは異なるが、ギプス固定中の筋力増強訓練は効果がないとした報告もある^{2,4)}。

健常者と入院患者、さらには臥床中の患者の日常生活での下肢の活動量がかなり違うことは明白である。健常者は歩行だけでなく、立位、立ち上がり、階段昇降など様々な日常生活において下肢筋を働かせている。例えば1日の主婦の平均的な歩数は約6000~7000歩であるとされているが⁵⁾、歩行時以外の立位時にも下肢筋は働いているため、それらを含めて1万歩程度として仮定すると、健康な時は1万歩歩行していた人が入院すると半分以上に低下し、さらに臥床中は下肢への刺激がほとんどなくなることが予想される。この下肢への刺激がない状態で、従来から行なわれている高負荷低頻度の訓練を行なっても、日常生活において十分筋活動が行なわれている健常人のような効果は得られないと思われる。すなわち、臥床中には筋萎縮の防止のために日常生活と同じ程度の筋活動を訓練（高頻度の訓練）として加える必要があると考える。今回の研究結果では、自然歩行1万歩に対して内側広筋においては、SLR（5秒保持）では約1200回、pattella setting（5秒保持）では約400回、膝屈伸（2秒で1回）では約6000回、膝伸展（2秒で1回）では約2000回を行なっており、はじめて同じ筋活動となる。この結果から考えると、一般に病院で行われている訓練頻度による筋活動量の総量は、歩行時に使われている筋活動量の総量に比べ非常に少ないということになる。また、これだけの量を理学療法訓練時間だけで補うことは不可能である。従って、臥床または非荷重期間中は高頻度の訓練を心がけると共に、早期より訓練だけでなく病院での生活そのものの活動性を上げる必要があると考える。

VI. 結 語

健常者10名を対象に、日常生活で最も基本的な動作である歩行の筋活動の総量を測定し、臥床中に必要な運動量を検討し、以下の結果を得た。

1. 1万歩（片側5000歩）の筋活動を臥床時の運動で置き換えるにはかなりの量の運動が必要で

ある。

2. 内側広筋と大腿直筋を比較すると、SLRと膝屈伸では大腿直筋に対して効果的であり、pattella settingと膝伸展では内側広筋に対して効果的であるといえる。

3. 自然歩行（ケーデンス100歩/分）と速歩（ケーデンス150歩/分）の筋活動の比較においては、ケーデンスを1.5倍にすることにより筋活動も約1.5倍になり、速度を上げるほど筋活動が増加した。

4. 臥床または非荷重期間中は高頻度の訓練を心がけると共に、早期より訓練だけでなく病院での生活そのものの活動性を上げる必要があると考える。

本研究は平成3年度文部省科学研究費の助成によった。

（受付 平成5年2月6日）

文 献

- 1) DeLorme, T. L. (1945) : Restriction of muscle power by heavy-resistance exercises. *J. Bone Joint Surg.*, **27**, 645-667.
- 2) Gould, N., Donnermeyer, D., Pope, M. and Ashikaga, T. (1982) : Transcutaneous muscle stimulation as a method to retard disuse atrophy. *Clin Orthop*, **164**, 215-220.
- 3) Greenleaf, J. E., Bernauer, E. M., Ertl, A. C., Trowbridge, T. S. and Wade, C. E. (1989) : Work capacity during 30 days of bed rest with isotonic and isokinetic exercise training. *J. Appl Physiol.*, **67**, 1820-1826.
- 4) Halkjær-Kristensen, J. and Ingemann-Hansen, T. (1985) : Wasting of the human quadriceps muscle after knee ligament injuries. *Scand J. Rehab Med Suppl*, **13**, 5-37.
- 5) 波多野義郎 (1992) : 健康のためのウォーキング. *臨床スポーツ医学*, **9**, 129-135.
- 6) Hettinger, T. and Müller, E. A. (1953) : Muskelleistung und Muskeltraining. *Arbeitsphysiologie*, **15**, 111-126.
- 7) 市橋則明, 伊藤浩充, 坂本年将, 有村恵子, 吉川順子, 三浦元, 中西裕紀 (1991) : 臥床が膝屈・伸筋力に与える影響と筋力増強訓練の効果. *理学療法学*, **18**, 397-403.
- 8) Müller, E. A. (1970) : Influence of training and of inactivity on muscle strength. *Arch Phys. Med. Rehabil*, **51**, 449-462.