

## 報 告

## 膝関節伸展位等尺性収縮時の股関節肢位と内側広筋筋活動\*

根地嶋 誠<sup>1)</sup> 横山 茂樹<sup>2)</sup> 大城 昌平<sup>1)</sup>

## 要旨

本研究は、外部負荷のない端座位膝関節伸展位での等尺性収縮において、股関節内外転および内外旋肢位の組み合わせが大腿四頭筋、特に内側広筋の筋活動に及ぼす影響を検討した。対象は健康男性11名であった。被験筋は右側の大腿直筋、内側広筋、外側広筋の3筋とした。肢位の組み合わせは、股関節内外転中間位での①内外旋中間位、②20度内旋位、③20度外旋位、および股関節20度外転位での④内外旋中間位、⑤20度内旋位、⑥20度外旋位の6肢位とした。各肢位にて膝関節伸展位での最大随意等尺性収縮時の筋電図を測定し、積分値を算出した。その結果、内側広筋 (VM)/外側広筋 (VL) 比は、股関節外転外旋位が内外転内外旋中間位より有意に高かった。股関節外転外旋位での膝伸展位等尺性収縮運動は、他の肢位と比べて内側広筋の筋活動を選択的に増加させることを示唆した。

キーワード 内側広筋、股関節肢位、筋電図

## はじめに

下肢の関節形成術後や骨折後などにおいて、荷重や負荷抵抗をかけられない場合、大腿四頭筋（以下、四頭筋）の筋活動量は減少し、廃用性の筋力低下をきたす。このような場合、四頭筋に対する筋力増強訓練として、端座位での膝伸展自動運動や下肢伸展挙上運動、セッティング等の等尺性収縮訓練が用いられる。特に、内側広筋（以下、VM）は、筋萎縮が生じやすく回復しにくい<sup>1)</sup>ことや、荷重時の膝関節安定化に重要な役割を担っている<sup>2)</sup>ことから、負荷抵抗をかけられない時期においてもVMの機能を考慮した積極的な筋力増強訓練を実施しなければならない。

VM強化に関連した研究報告は、筋電図を用いて、股関節や膝関節の肢位や運動方向の違いが筋活動に及ぼす影響について検討されてきた<sup>3-6)</sup>。特に股関節においては、股関節内転を伴う膝伸展運動<sup>7,8)</sup>や、股関節内転・伸展・内旋時の等尺性収縮<sup>9)</sup>によってVMの筋活

動が高まると報告されている。そのような中、Doucetteら<sup>10)</sup>や林ら<sup>11)</sup>はVMの強化方法として、膝伸展運動の際、股関節外旋位による方法を推奨している。一方、股関節外旋位における四頭筋の等尺性収縮では、VMと外側広筋（以下、VL）のどちらも筋活動が高まるとする報告<sup>12)</sup>や、VM/VLの比率は股関節中間位と内旋位および外旋位で差がなかったとする報告<sup>13)</sup>もあり、統一した見解は得られていない。さらに、股関節外転肢位を加えた内・外旋位の相違による四頭筋の筋活動の相違についての報告はない。

従って、端座位膝伸展位での等尺性収縮による四頭筋訓練において、股関節肢位の違いが四頭筋の筋活動にどのような影響を与えるのか検証することは、運動療法を実施する上で重要であろうと考えられる。本研究では、端座位膝伸展位での外部負荷のない等尺性運動において、股関節中間・外転および内・外旋の組み合わせた6つの肢位が四頭筋、特にVMの筋活動に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、筋電図学的検討を行った。

## 対象と方法

## 1. 対象

対象は下肢関節に障害のない健康男性11名とした。平均年齢は23.3 ± 2.8歳、平均身長は167.5 ± 6.6 cm、平均体重は61.9 ± 5.3 kgであった。

\* Effect of Hip Position on Vastus Medialis Activity during Isometric Knee Extension

1) 長崎大学医学部・歯学部附属病院リハビリテーション部  
(〒852-8501 長崎県長崎市坂本1-7-1)

Makoto Nejishima, RPT, Shohei Ohgi, RPT: Department of Rehabilitation, Nagasaki University Hospital

2) 長崎大学医学部保健学科理学療法学専攻  
Sigeki Yokoyama, RPT: Nagasaki University School of Health Sciences

(受付日 2003年8月25日 受理日 2004年6月10日)

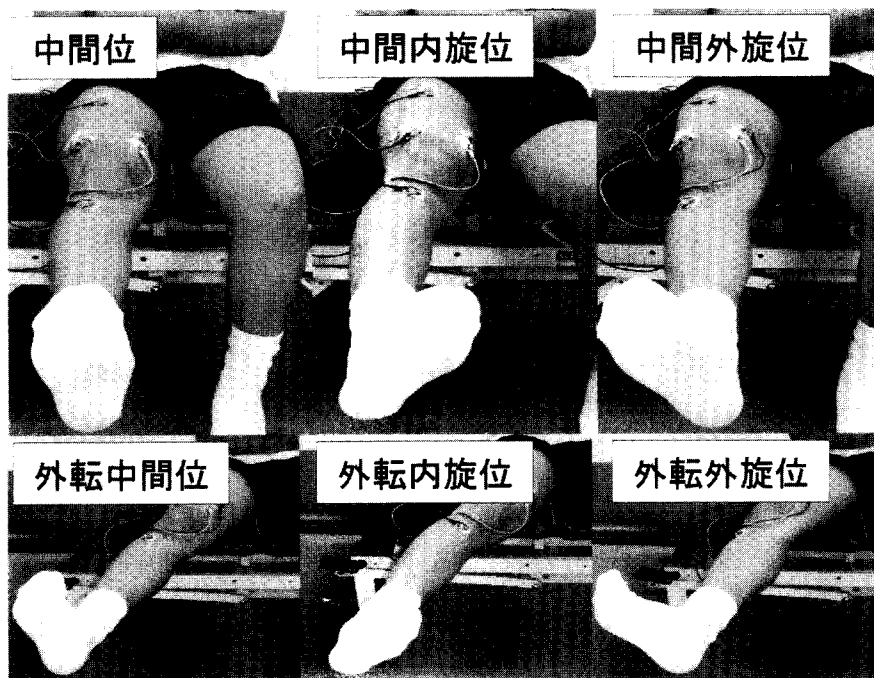


図1 測定時の股関節位

## 2. 測定方法

被験筋は右側の大腿直筋（以下、RF）、VM、VLの3筋とし、双極誘導法により筋活動電位を導出した。十分な皮膚処置後、電極中心間距離を30mmとし、RFは下前腸骨棘から膝蓋骨上縁までの中点を電極間の中央として、VMはその直線に対し $35^\circ$ の角度、VLは $25^\circ$ の角度<sup>14)</sup>にて、膝蓋骨上縁からそれぞれ5横指、6横指の位置を中心に、電極を貼付した。また、アースは脛骨粗面とした。

筋電図計は日本電気三栄社製マルチテレメーター511を用い、導出した筋活動電位はAD変換器を通して、パーソナルコンピュータに保存した。サンプリング周波数は1kHzとした。

まず、6つの肢位の測定条件で、筋活動の相違を比較するため、基準値となる筋活動を測定した。四頭筋の場合、最大収縮による<sup>15)</sup> Quadriceps settingや膝90度屈曲位の筋活動を用いるのが一般的であるため、本研究でも、Quadriceps setting時の筋活動を測定し、基準値とした。方法は、治療ベッド上に長坐位となり、股関節内外転・内外旋中間位、足関節背屈位、上肢は胸の前で腕組みをし、骨盤後傾の代償運動が生じないように指示した。その上で3秒間の最大随意等尺性収縮を3回行わせた。次に、端座位での測定を行った。測定肢位は治療用ベッドに端坐位とし、上肢は胸の前で腕組みし、膝窩をベッド端に可能な限り密着させた。測定条件は、股関節内外転中間位での①内外旋中間位：中間位、②20度内旋位：中間内旋位、③20度外旋位：中間外旋位、および股関節20度外転位での④内外旋中間位：外転中間位、

⑤20度内旋位：外転内旋位、⑥20度外旋位：外転外旋位の6肢位（図1）とした。内外旋位の角度は、被験者全員が男性であり、可動域の範囲が狭い被験者を考慮し、容易にポジショニングできる角度として20度に設定した。測定肢位の設定は、まず検査者がゴニオメータを用いて角度を設定し、測定中は被験者にその角度を保持するように指示した。また、検査中も検査者が過剰な動きが起こらないように確認した。運動課題は各条件下にて足関節背屈位とし、膝関節完全伸展位にて外部負荷のない最大随意等尺性収縮を3秒間、3回ずつ行った。6つの肢位の測定順序は無作為に行い、各施行間に2分以上の休息時間を取り入れた。

## 3. 分析方法

多用途生体情報解析プログラムBIMUTUS2（キッセイコムテック社製）を用いて、3秒間の筋電図波形から中央の2秒間の積分値を算出し、各条件の平均積分値を求めた。次に各筋においてQuadriceps settingの平均積分値を求め、これを基準値として各条件の平均積分値を正規化した（%IEMG）。また、Quadriceps settingのVMとVLの平均積分値を用いVM/VL比を求め基準値とし、各条件のVM/VL比を正規化した（%VM/VL比）。統計処理は、各筋における6条件間の%IEMGおよび%VM/VL比を比較するためTukeyの多重比較法を行った。なお有意水準は5%未満とした。

表1 各筋における各肢位の% IEMG

	中間位	中間内旋位	中間外旋位	外転中間位	外転内旋位	外転外旋位
内側広筋	80.0 ± 26.8	58.6 ± 29.7	89.7 ± 24.7	85.8 ± 23.3	47.1 ± 23.8	90.1 ± 27.7
外側広筋	82.5 ± 24.6	72.5 ± 24.1	78.9 ± 22.9	87.7 ± 17.1	55.3 ± 21.4	71.0 ± 25.5
大腿直筋	85.0 ± 25.9	72.4 ± 27.8	81.6 ± 23.7	97.8 ± 23.0	57.7 ± 20.9	76.3 ± 29.6

平均値 ± 標準偏差, \*\* p < 0.01, \* p < 0.05.

表2 各肢位の% VM/VL比

	中間位	中間内旋位	中間外旋位	外転中間位	外転内旋位	外転外旋位
% VM/VL比	96.2 ± 15.8	79.4 ± 21.2	116.4 ± 21.9	96.9 ± 13.6	86.9 ± 29.0	130.3 ± 18.5

平均値 ± 標準偏差, \*\* p < 0.01, \* p < 0.05.

## 結 果

### 1. 各肢位における各測定筋の% IEMG

表1に各条件肢位における各測定筋の% IEMGとその比較結果を示した。VMでは、外転外旋位が90.1 ± 27.7%と最も高値を示し、次いで中間外旋位、外転中間位、中間位の順であったが、有意差はなかった。また、外転内旋位で47.1 ± 23.8%と最も低値を示し、中間外旋位、外転外旋位および中間位、外転中間位とそれぞれに有意差が認められた (p < 0.01 および p < 0.05)。

VLでは、最も高値を示したのは外転中間位 87.7 ± 17.1%であり、次いで中間位、中間外旋位、中間内旋位、外転外旋位の順であったが有意差は認められていなかった。一方、VMと同様に外転内旋位が55.3% ± 21.4%と最も低値を示しており、外転中間位と比較して有意差が認められた (p < 0.05)。

RFではVLと同様の傾向が認められ、外転中間位が97.8 ± 23.0%と最も高値を示し、次いで中間位、中間外旋位、中間内旋位の順であった。外転内旋位は57.7 ± 20.9%と最も低く、外転中間位と比較して有意差が認められた (p < 0.01)。

VMはVL、RFと比較して外転外旋位の肢位で最も高値を示した。また各筋ともに、外転内旋位が最も低値を示した。

### 2. 各肢位における% VM/VL比

表2は、各肢位における% VM/VL比とその比較結果である。股関節内外旋では、内外転中間位において中間外旋位は116.4 ± 21.9%で、中間内旋位より有意に高値を示した (p < 0.01)。また20度外転位において外転外旋位は130.3 ± 18.5%で、外転中間位、外転内旋位より

有意に高値を示した (p < 0.01)。いずれの肢位においても外旋位で、VLに対するVMの筋活動が大きかった。

股関節内外転では、外転外旋位が中間内旋位、中間位よりも有意に高値を示した (p < 0.01) が、外転中間位と中間位、外転内旋位と中間内旋位、外転外旋位と中間外旋位には有意差が認められなかった。

## 考 察

端座位膝伸展位での外部負荷のない大腿四頭筋の等尺性運動時の筋活動を、股関節中間・外転位および内旋・外旋位の6つの異なった肢位の組み合わせによって検討した。その結果、股関節外転外旋位の肢位において、VMの% IEMGが最も高かった。また% VM/VL比も、外転外旋位において最も高く、中間位と比較し有意であった。

股関節外転外旋位の肢位において、VMの筋活動が高くなる理由は、股関節を外転外旋位にすることで、内転筋群が伸張され、同時に筋連結を持つVMも伸張されるため、筋活動が増加したものと推測される。Doucetteら<sup>10)</sup>は、股関節外旋位とすることでVMが伸張され、VMの筋活動を促進するとして、股関節外旋位でのVMの筋力増強訓練の有効性を指摘している。また、Hodgesら<sup>7)</sup>は、股関節内転動作による大内転筋の収縮によって、内側広筋斜頭線維が伸張されることでVMの筋活動が高まると報告している。今回の結果も、彼らの結果を支持するものであった。

また、浦辺<sup>16)</sup>は足関節を背屈位にすることで膝伸展運動時の四頭筋活動が増大する理由について、二関節筋である腓腹筋の伸張が屈曲トルクを発生させ、それに対抗してより強く四頭筋が収縮したのではないかと述べている。本研究において、股関節屈曲外転外旋位での膝関

節伸展位は、大腿二頭筋をもっとも伸張する<sup>17)</sup>ことになるため、その拮抗筋である四頭筋、特にVMの筋収縮を高め、その筋活動を促進する可能性があると考えられた。

%VM/VL比は、内外転中間位では外旋位は内旋位より高い値を示したが、回旋中間位とは差はなかった。この結果は、Cerny<sup>13)</sup>の報告と同様であった。外旋位が内旋位より高くなった理由は、VMとVLの%IEMGが外旋位ではそれぞれ約90%と80%、内旋位ではそれぞれ約60%と70%であり、外旋位においてVMはVLに対して相対的に筋活動が高くなったためであろうと思われる。

また、%VM/VL比は外転外旋位において他の股位と比較して最も高かった。これは、中間位での%IEMGがVM、VLはそれぞれ80.0 ± 26.8%、82.5 ± 24.6%であるのに対して、外転内旋位ではVMは47.1 ± 23.8%、VLは55.3 ± 21.4%に減少し、外転外旋位ではVMは91.1 ± 27.7%に増加、VLは71.0 ± 25.5%に減少した。このことから、外転外旋位で、VMはVLに対して相対的に筋活動が高くなったためであると思われる。この結果は、前述したように外転外旋位が、内転筋群を介してVMを伸張すること、またVMの拮抗筋となる大腿二頭筋が伸張され屈曲トルクが発生することによってVMの筋活動が促進されることに因ると考えられる。加えて、VLの外側を覆う腸脛靭帯および大腿筋膜張筋・大股筋が弛緩位となりVLの筋活動が抑制されるためであろうと推論した。

端座位での最大等尺性収縮時の%IEMGは6つの股位とも、長座位でのQuadriceps settingの最大等尺性収縮時の%IEMGと比べて低値であった。しかし、端座位での股関節外転外旋位の%VM/VL比は約130%に高まっていた。VMの筋力強化は、VLに対してVMがいかにも高い値を示すかが重要となる<sup>18)</sup>ため、今回の結果からVMの筋活動を選択的に促進するためには、長座位でのQuadriceps settingよりも端座位で股関節外転外旋位での等尺性収縮運動が有効であろうと考えられた。術後早期で下肢への免荷時期や、腫脹や疼痛によるVMの活動抑制<sup>19)</sup>によりVMの機能が低下している時期では、VMおよびVLが同様に強化されるような長座位でのQuadriceps settingは、膝蓋骨の側方偏位などのアライメント不良を引き起こす<sup>20)</sup>などの問題が生じやすい。したがって、このような時期においてVMの筋活動を効率よく促進するために端座位で股関節外転外旋位による等尺性収縮運動が有効であろう。

本研究の結果から、端座位で等尺性収縮運動を行う場合、股関節股位を外転外旋位にすることでVMの筋活動を選択的に促進することができ、この結果から負荷が加えることができない時期において、股関節股位を外転

外旋位にした膝伸展位等尺性運動が、VMの筋活動を選択的に、効率良く増加させる上で有益であろうと思われる。

本研究は、負荷のない場合の等尺性収縮について検討した。従って、負荷抵抗を加えることの出来る時期の抵抗運動の場合についても同様の結果が得られるかどうかについては今後の検討が必要である。また、股関節外転角度の肢位設定は20度としたが、外転角度の変化によって、股関節内転筋、屈筋群およびVMの伸張割合は変化し、筋活動も影響を受けると考えられる。そのため、外転角度との関連についても検討をしなければならない。

## 文 献

- 1) 市橋則明, 三宅裕子・他: スポーツ外傷後の大腿四頭筋筋萎縮の一考察—MRIによる検討—. PTジャーナル 28(3): 205-207, 1994.
- 2) 峰久京子, 松永義博・他: 膝伸展不全と理学療法—筋放電特性の分析から—. PTジャーナル 29(8): 530-535, 1995.
- 3) Hasler EM, Denoth J: Influence of hip and knee joint angles on excitation of knee extensor muscles. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 34(6): 355-361, 1994.
- 4) Signorile JF, Kacsik D, *et al.*: The effect of knee and foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps. *JOSPT* 22(1): 2-9, 1995.
- 5) Ono T, Yagi R, *et al.*: The influence of knee rotation on electromyographic activity of medial and lateral heads of the quadriceps femoris muscle during isometric knee extension effort. *J Phys Ther Sci* 14: 57-62, 2002.
- 6) Laprade J, Culham E, *et al.*: Comparison of five isometric exercises in the recruitment of the vastus medialis oblique in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *JOSPT* 27(3): 197-204, 1998.
- 7) Hodges PW, Richardson CA: The influence of isometric hip adduction on quadriceps femoris activity. *Scand J Rehabil Med* 25(2): 57-62, 1993.
- 8) Hanten WP, Schulthies SS: Exercise effect on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles. *Phys Ther* 70(9): 561-565, 1990.
- 9) 羽崎 完, 市橋則明・他: 内側広筋の選択的収縮に関する筋電図学的検討. 理学療法学 22(学会特別号): 462, 1995.
- 10) Doucette SA, Goble EM: The effect of exercise on patellar tracking in lateral patellar compression syndrome. *Am J Sports Med* 20(4): 434-440, 1992.
- 11) 林 光俊, 石井良章・他: ジャンパー膝のリハビリテーション. 臨床スポーツ医学 16(9): 1047-1054, 1999.
- 12) Mirzabeigi E, Jordan C, *et al.*: Isolation of vastus medialis oblique muscle during exercise. *Am J Sports Med* 27(1): 50-53, 1999.
- 13) Cerny K: Vastus medialis oblique/vastus lateralis muscle activity ratios for selected exercises in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *Phys Ther* 75(8): 672-683, 1995.
- 14) 林 典雄, 立木敏和・他: 内側広筋における筋線維角の特徴. 理学療法学 26(7): 289-293, 1999.
- 15) 才藤栄一, 金田嘉清・他: 表面筋電図による筋力推定. 総合リハ 24(5): 423-430, 1996.
- 16) 浦辺幸夫: 膝関節疾患におけるトレーニング方法の解析. 理学療法学 15(2): 149-154, 1988.
- 17) 鈴木重行(編): IDストレッチング. 三輪書店, 東京,

- 1999, pp 142-143.
- 18) 矢形幸久：内側広筋優位の大腿四頭筋強化訓練に関する研究. *リハビリテーション医学* 35: 556-562, 1998.
- 19) 中山彰一：変形性膝関節症における筋機能の問題点—関節神経生理的側面から—. *理学療法学* 21(2): 120-123, 1994.
- 20) 市橋則明, 羽崎 完・他：股関節内転動作が膝周囲筋活動に与える影響—closed kinetic chainにおける内側広筋斜頭の選択的訓練の検討—. *運動・物理療法* 8(1): 70-75, 1997.

〈Abstract〉

**Effect of Hip Position on Vastus Medialis Activity during Isometric Knee Extension**

Makoto NEJISHIMA, RPT, Shohei OHGI, RPT

*Department of Rehabilitation, Nagasaki University Hospital*

Shigeki YOKOYAMA, RPT

*Nagasaki University School of Health Sciences*

This study analyzed the relationship between vastus medialis (VM) activity and hip position in knee extension isometric exercise. Study subjects were 11 healthy adult male volunteers. Surface electromyography was recorded during the contraction of VM, vastus lateralis (VL) and rectus femoris. The subjects performed the maximal isometric knee extension in a sitting position on a bed. Electromyographic activity of these muscles were compared in six hip positions; neutral, external and internal rotation with 0 and 20 degree abduction, respectively. The VM/VL ratio of the external rotation with 20 degree abduction was significantly greater than that in the neutral position with 0 degree abduction. This finding suggests that VM may be selectively strengthened by performing external hip rotation with abduction during isometric contraction exercise with knee extension.