



股関節伸展運動を同期させた大腿四頭筋等尺性運動の筋電図学的検討

徳原, 尚人 ; 宮川, 孝芳 ; 北浜, 伸介 ; 千知岩, 伸匡 ; 武政, 誠一 ; 嶋田, 智明

(Citation)

神戸大学医学部保健学科紀要, 18:85-95

(Issue Date)

2002-12-20

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00332997>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00332997>



股関節伸展運動を同期させた 大腿四頭筋等尺性運動の筋電図学的検討

徳原 尚人¹, 宮川 孝芳², 北浜 伸介³, 千知岩伸匡⁴, 武政 誠一⁴, 嶋田 智明⁴

要 約

股関節伸展運動を同期させた大腿四頭筋等尺性運動 (QS) 時の筋活動を筋電図学的に検討した。健常男性17名、女性12名の計29名を対象に以下の運動を最大努力にて3秒間行わせた。1) 背臥位・股関節屈曲伸展中間位での QS、2) 背臥位・股関節15° 伸展位での QS、3) 背臥位・股関節伸展運動と同時の QS、4) 腹臥位・股関節屈曲伸展中間位での QS、5) 腹臥位・股関節伸展運動と同時の QS。表面筋電図の測定には NOLAXON 社製の MyoSystem MR8 を使用し、各 QS 時の大腿直筋、内側広筋、外側広筋、大殿筋、大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋の筋活動量を測定した。各筋の活動量をそれぞれ最大随意収縮時の筋活動 (MVC) から正規化して平均%MVC を算定し、互いに比較検討した。その結果、背臥位・股関節伸展運動と同時の QS での大腿直筋、内側広筋、外側広筋の活動量が有意に高い筋活動を示したことから、その有効な筋力増強運動としての可能性が示唆された。

索引用語：大腿四頭筋，等尺性運動，筋電図，股関節伸展運動，同期収縮。

緒 言

大腿四頭筋は下肢筋の中でも抗重力筋として重要な役割を担い、従来から整形外科疾患に限らず理学療法の対象となる患者に対しその筋力増強運動が広く行われている。筋力増強運動の方法として古くから DeLorme¹⁾ の漸増抵抗運動や Müller²⁾ による等尺性運動が知られており、これらの運動効果について比較がなされてきた。たとえば DeLateur ら³⁾ は、等尺性運動と等張性運動との2つの運動効果には有意差は認められないとする研究が多かったとし、比較自体が困難であることを指摘している。しかし、大腿四頭筋の筋力回復に要した期間では、等張性運動に比べ等尺性運動が短かったという報告もみられる⁴⁾。一方、DeLorme¹⁾ は、等張性での

抵抗運動を推奨しているが、抵抗を用いた膝伸展運動は膝蓋大腿関節症などには不適切としている。それは等張性収縮の場合、膝関節屈曲による筋の伸張と大腿四頭筋の収縮による筋の短縮が膝蓋腱部での張力を高めるためである。特に膝蓋大腿部へ負担のかかる膝蓋大腿関節症などに対しては、膝蓋骨と大腿骨に加わる圧が少ない運動として⁵⁻⁷⁾、Müller²⁾ が強調している等尺性運動が推奨される。このようなことから、临床上では関節への負担を考慮し、関節を傷めることなく簡便に筋力強化が得られる方法として、等尺性運動が用いられることも多い。

大腿四頭筋に対して一般的に行われている等尺性運動としては、膝関節伸展位での Muscle Setting Exercise (Quadriceps Setting : QS) や膝関節伸展位で下肢を挙上する下肢伸展挙上運動

1. 公立社総合病院リハビリテーション科
2. 神戸掖済会病院リハビリテーション科
3. 大阪リハビリテーション専門学校
4. 神戸大学医学部保健学科

(Straight Leg Raising Exercise : SLR) があり、これらの運動の効果が筋電図学的に比較検討されてきた。Soderberg ら⁸⁾によると、QS では内側広筋の筋活動が有意に大きく、最大抵抗時の SLR では大腿直筋の筋活動が有意に大きかったとし、QS と SLR とではそれぞれ大腿四頭筋の筋活動は異なることが報告されている。しかし、市橋ら⁹⁾は、最大抵抗時の SLR でさえ大腿四頭筋の筋活動量は小さく、筋力増強運動として SLR を行う利点は少ないと報告し、浦辺¹⁰⁾も SLR は股関節屈筋に対する運動であり臨床的に膝伸展の運動としては不十分として、SLR の運動効果が否定されている。

大腿四頭筋の中で特に内側広筋が膝関節の安定性と保護に関与する最も重要な筋肉であり¹¹⁾、この筋が膝蓋骨を内側に牽引して膝伸展時の膝蓋骨外側偏位を抑制し、膝蓋大腿関節の適合性と安定性を保つ役割を果たし、Q-Angle を減少させる作用があることが知られている¹²⁻¹⁶⁾。また、内側広筋は大腿四頭筋の中でも最も早く廃用性萎縮を生じやすく、しかも回復しにくい筋であると指摘され¹⁷⁻¹⁹⁾、特に内側広筋の筋力増強運動に関心が寄せられてきた。筋力増強運動の中でも QS は SLR より内側広筋の筋活動量が大きいだけでなく、内側広筋の廃用性萎縮に対しても有効であり²⁰⁾、関節を傷めずに内側広筋に対し容易に筋力強化が得られることから¹²⁾、最も適切な大腿四頭筋筋力増強運動と思われる。

従来より、この QS を修正する様々な方法が開発され、その運動効果や機能特性を筋電図学的に検討した研究が報告されてきた。たとえば肢位による違いとして、下腿の回旋肢位を変えての QS の比較^{19, 21-24)}、股関節回旋肢位を変えての QS の比較^{5, 24-26)}、床に両足趾を付けての QS を検討した報告がある²⁷⁻²⁹⁾。興味深いことは、等尺性収縮による筋電活動は他の筋との同期収縮によって増強する場合であり³⁰⁾、たとえば、足関節背屈との同期 QS^{10, 31)}、股関節内転との同期 QS で内側広筋の筋活動が高まることは広く認められている^{5, 21, 22, 32)}。またこれらの

運動の際、ハムストリングスや中殿筋に同時収縮が生じることなどの利点も主張されている⁸⁾。

膝関節を伸展させる筋は、解剖学的には大腿四頭筋であるが、足底接地時には股関節伸展筋も膝の機能的伸筋としての役割を担う。Blaimont ら³³⁾は、足が地面に固定された立位では、ハムストリングは脛骨を後方に引くことで膝伸展に働き、0~60° 屈曲位で強く作用すると述べている。すなわち、ハムストリングスは足が地面に固定された閉鎖連鎖運動では、大腿直筋によって骨盤が固定されると、その収縮によって股関節を伸展し、その結果、膝伸展の役割を担うようになる。したがって、機能的に膝伸展作用のあるハムストリングスと大腿四頭筋との同期収縮が内側広筋のより高い筋活動をもたらすのではないかと考えられる。しかし、股関節と膝関節を同時に伸展させる等張性運動で内側広筋の高い活動を認めた報告が散見される程度で³⁴⁾、他の筋との同期収縮を伴う等尺性運動での QS の筋活動を明らかにした報告はほとんどみられない。

そこで、本研究では、股関節伸展運動と同期させた実験的 QS 運動において、股関節伸展筋の筋活動が大腿四頭筋に与える影響について筋電図を用いて検討した。

対象と方法

対象は、下肢に特記すべき既往のない健常男性17名、女性12名の計29名とした。対象者の平均年齢は22.9±6.3歳、平均身長は167.4±8.6 cm、平均体重は61.4±11.2kgであった。なお本研究に先立ち、対象者にはその趣旨及び方法を十分に説明し同意を得た。

表面筋電図の測定には NOLAXON 社製の MyoSystem MR8 を使用した。測定筋は右下肢の大腿直筋、内側広筋、外側広筋、大殿筋、大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋の7筋とし、アース電極は腓骨頭とした。また、それぞれの部位に対し皮膚の電気抵抗を下げるためにあらかじめ

めスキンプリアで十分皮膚を処理した後に表面電極を貼付した。電極にはMEDICOTEST社製の使い捨て型表面電極（Blue Sensor）を用いた。

なお、各実験的QS運動の際の筋活動量を比較するため、まずそれぞれの筋の最大随意収縮時の筋活動（Maximum Voluntary Contraction: MVC）を測定した。MVCの測定は、膝関節伸展筋（大腿直筋、内側広筋、外側広筋）の各筋に対しては被験者を筋力測定機器であるBiodex System3（Biodex社）上で椅坐位とし、股関節・膝関節90°位での最大等尺性膝伸展筋力を、股関節伸展筋の各筋に対しては、腹臥位での股関節最大等尺性伸展筋力をそれぞれ3秒間測定し、その中間の2秒間の平均積分値を求めることにより得た。

各実験的QS運動（図1）は、股関節内外旋中間位、足関節は任意として、最大努力にて3秒間行わせた。各被験者に対し、各実験的QS

運動の施行順は無作為とし、運動ごとの間には休息を10秒以上とり、数回練習した後に測定した。

1. 背臥位、股関節中間位での従来のQS（従来型）
2. 背臥位、股関節伸展位（15°）でのQS（股伸展位型）
3. 背臥位、股関節伸展運動と同期させたQS（同期型）
4. 腹臥位、股関節中間位でのQS（腹臥位型）
5. 腹臥位、股関節伸展運動と同期させたQS（腹臥位での同期型）

なお、同期型においては、股関節伸展運動を同時に行わせるため右大腿遠位下部に砂嚢を置き、対側下肢は右下肢と同様の挙上を行わせた。

各運動に要した積分筋電図から中間の2秒間

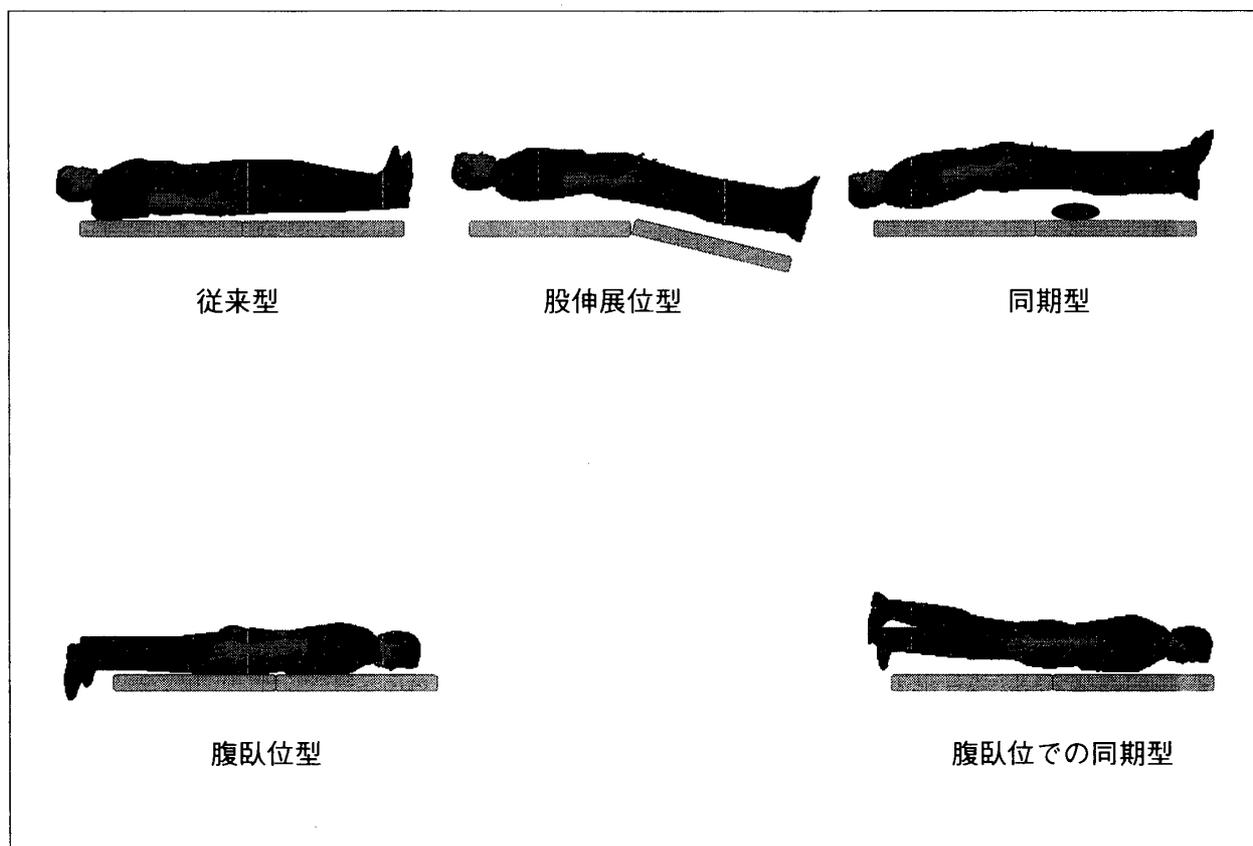


図1. 5種類の実験的 Quadriceps Setting

の平均積分値を正規化のため%MVCに換算し、各QSでの筋活動を比較した。また、各実験的運動時の筋活動量から、大腿四頭筋の活動総量（大腿直筋、内側広筋、外側広筋の各%MVCの総和）、内側広筋/外側広筋比率（外側広筋に対する内側広筋の%MVC比率）、内側広筋/大腿四頭筋の活動総量比率（大腿四頭筋の活動総量に対する内側広筋の%MVC比率）を算出し比較した。統計処理には統計ソフト（SPSS for Windows 10.0J）を用いて、5つの実験的QS運動間の差をFriedman検定し、その後各運動間の差を多重比較し、有意水準を5%未満とした。

結 果

各実験的QS運動時の各筋の平均筋活動量、分散分析によるp値を表1に示した。内側広筋/外側広筋比率を除いた各実験的QS運動による各筋の平均筋活動量には統計学的に有意な差があった。各筋の平均活動量は、大腿四頭筋で

は大腿直筋、内側広筋、外側広筋の各筋とも同期型で最大値を示し、それぞれ106.4±48.9%、131.9±76.0%、143.5±63.8%であった。股関節伸展筋では、腹臥位での同期型で最大値を示し、大殿筋、大腿二頭筋、半膜様筋、半腱様筋の各筋は、99.0±89.7%、57.1±28.6%、45.7±19.7%、52.7±36.9%であった。

図2-A、B、Cに各QS運動時の大腿直筋、内側広筋、外側広筋の平均筋活動量の多重比較の結果を示した。大腿直筋、内側広筋、外側広筋の平均筋活動量は、いずれも同期型が他のQS運動より有意に高い筋活動量を示した（ $p < 0.05$ ）。また、外側広筋では、腹臥位での同期型（119.9±60.4%）が従来型（97.6±40.1%）と比較して有意に高い筋活動量を示した（ $p < 0.05$ ）。

大腿四頭筋の総平均筋活動量を図2-Dに示した。その結果、大腿四頭筋の総平均筋活動量においても同期型は他のQS運動と比較して有意に高い筋活動量を示した（ $p < 0.01$ ）。しか

表1. 各 Quadriceps Setting 時の平均%MVCと標準偏差（%）及び分散分析によるp値

	従来型	股伸展位型	同期型	腹臥位型	腹臥位での同期型	p 値
大 腿 直 筋	80.9± 32.3	78.5± 34.4	106.4± 48.9	85.8± 36.2	76.9± 35.6	<0.001**
内 側 広 筋	82.0± 38.1	85.7± 43.1	131.9± 76.0	81.5± 39.6	93.4± 40.3	<0.001**
外 側 広 筋	97.6± 40.1	96.4± 38.0	143.5± 63.8	101.1± 45.2	119.9± 60.4	<0.001**
大 殿 筋	9.9± 12.7	7.6± 6.5	72.3± 50.1	8.5± 10.2	99.0± 89.7	<0.001**
大 腿 二 頭 筋	14.2± 8.3	24.0± 16.8	34.7± 23.9	12.6± 8.2	57.1±28.6	<0.001**
半 腱 様 筋	10.8± 8.2	20.4± 15.6	27.1± 22.0	8.7± 4.6	45.7± 19.7	<0.001**
半 膜 様 筋	15.2± 8.7	24.3± 15.1	31.9± 25.4	13.3± 7.5	52.7± 36.9	<0.001**
大腿四頭筋活動総量	260.5± 92.8	260.6± 97.9	381.8±149.4	268.5±101.1	290.3±114.1	<0.001**
内側広筋/外側広筋	88.7± 39.4	90.7± 37.9	97.2± 46.8	86.9± 39.5	90.2± 43.0	0.561
内側広筋/ 大腿四頭筋活動総量	31.0± 8.2	31.9± 8.4	33.7± 9.2	30.2± 8.4	33.0± 8.9	0.018*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

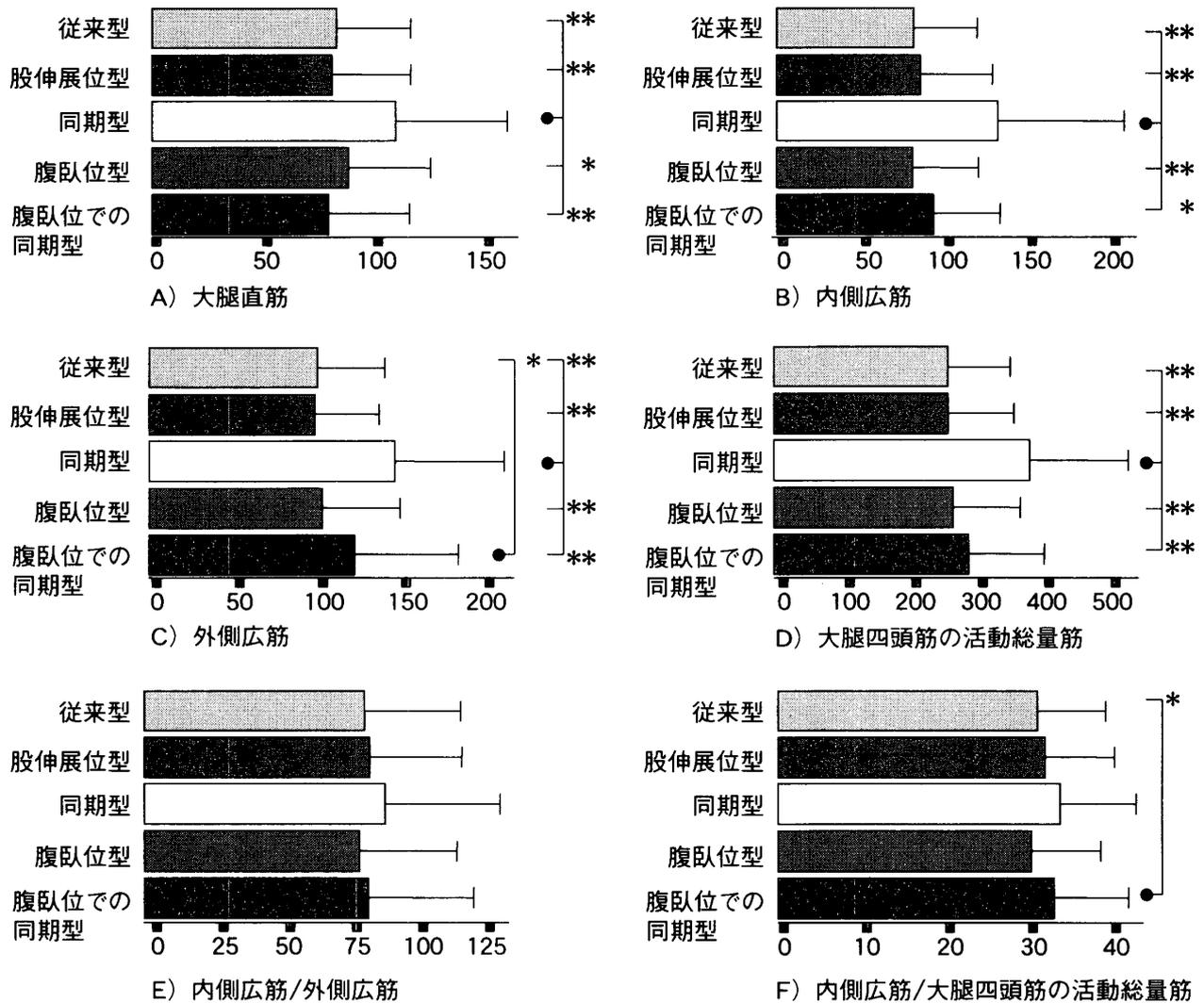


図2. 実験的運動時の大腿四頭筋各筋の平均筋活動量 (%) * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

し、内側広筋/外側広筋比率には有意差は認められず (図2-E)、内側広筋/大腿四頭筋の活動総量比率においても、腹臥位での同期型 ($33.0 \pm 8.9\%$) と従来型 ($31.0 \pm 8.2\%$, $p < 0.05$) との間に有意に大きな値を示しただけで、それ以外のQS運動には有意差は認められなかった (図2-F)。

大殿筋、大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋の平均筋活動量の多重比較の結果を図3-A、B、C、Dに示した。各筋の平均筋活動量は、腹臥位での同期型が高い筋活動量を示し、大殿筋において同期型との間には有意差は認められなかったものの、他のQSと比較して有意に高い筋活動量を示した ($p < 0.01$)。一方、同期型は股

関節中間位で行った従来型、腹臥位型と比較して有意に高い筋活動量を示した ($p < 0.01$)。

考 察

本研究で実施した実験的QS運動は、体位 (背臥位と腹臥位)、股関節肢位 (中間位と伸展位) に股関節伸展筋の同期収縮の構成要素を組み合わせた5種類であるが、大腿四頭筋の筋活動には背臥位型と腹臥位型との間に差は認められなかった。また、背臥位で行った3つの運動 (従来型、股伸展位型、同期型) をそれぞれ比較してみると、従来型と股伸展位型との間に差はみられなかったものの、同期型はこれら2

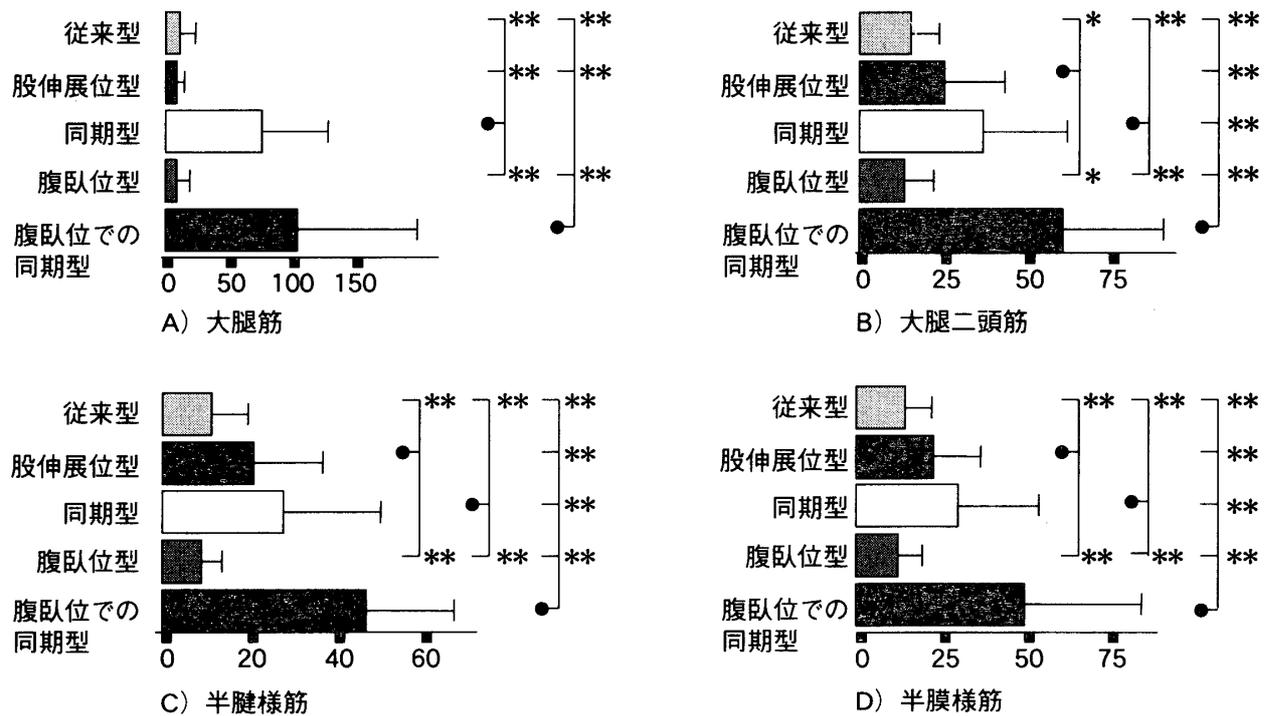


図3. 実験的運動時の股関節伸展筋各筋の平均筋活動量 (%) * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

つの型より有意に筋活動が高かった。同様に、腹臥位で行った2つの運動（腹臥位型、腹臥位での同期型）を比較した結果、両者には有意差はみられなかったものの、腹臥位での同期型では腹臥位型に比べて、高い筋活動を認める傾向にあった。以上のことから、背臥位での同期型で高い筋活動を示した要因が単にQS運動を股関節伸展位で行ったという股関節肢位によるものではなく、大腿四頭筋と股関節伸展筋との同期収縮によるものと推測される。なお、本研究では、背臥位にて股関節伸展をさせた同期型において、大腿直筋だけでなく内側広筋と外側広筋においても高い筋活動を示した。

Lombard³⁵⁾は、下肢の二関節筋である大腿直筋とハムストリングスの同期収縮は、股関節と膝関節を同時に伸展させるとしている。股関節と膝関節を同時に伸展する等張性運動での筋活動に関して、Fujiwaraら³⁴⁾は、背臥位で股関節・膝関節90°屈曲位からの同時伸展で内側広筋の筋活動が高く、逆に大腿直筋および内側ハムストリングスの活動が抑制されるとしている。しかし、Elorantaら³⁶⁾は、坐位、半臥位、背臥

位にて膝関節の伸展運動を行わせた結果、大腿直筋、内側広筋、外側広筋の筋活動は減少したと述べ、これは等尺性の伸展動作でもほぼ同様の結果をもたらしたと報告している³⁷⁾。FujiwaraらとElorantaらの報告では内側広筋の筋活動に違いがある。その違いとして、膝関節をFujiwaraらは完全伸展位まで、Elorantaらは10°屈曲位までの伸展とし、その測定範囲の違いが内側広筋の筋活動の違いを生じたものと思われる。一方、股関節と膝関節の同期した伸展時の等尺性運動における筋活動について、Yamashita³⁸⁾は、大殿筋、半膜様筋、および大腿直筋は抑制されるが、内側広筋の筋活動は逆に促進されると報告している。これらの報告は、股関節と膝関節との同期収縮が内側広筋の筋活動を高め、大腿直筋の筋活動を抑制するというものであり、本研究結果での同期型が内側広筋の活動を特に高めたことを支持するものの、大腿直筋の活動に関しては逆の見解を示すものである。

同期型では膝関節伸展筋と股関節伸展筋との同期収縮に加え、骨盤挙上に股関節周囲筋が固

定筋として活動する。この同期型ではなぜ内側広筋の筋活動が高かったのだろうか？その理由として第一に、膝関節伸展筋と股関節伸展筋との同期収縮の影響として、単関節筋である外側広筋と内側広筋が膝関節伸展位を保持するとともにその拮抗筋であるハムストリングスへの拮抗的筋活動を抑制したものと考えられる。第二に、骨盤挙上時の股関節周囲筋の活動として、内転筋の関与が考えられる。内側広筋の斜頭部分が内転筋腱膜に起始していることにより¹⁴⁾、内転筋の収縮が内側広筋を伸張し内側広筋の活動性を高めるとした報告や³²⁾、股関節内転筋の収縮が内側副靭帯や関節包にストレスを与え内側広筋や内側ハムストリングスの活動を高めるという研究からも理解できる³⁹⁾。さらには、体重負荷のような強い筋収縮を要求される活動では、内転筋が大殿筋と共同的に働いて股関節伸筋として機能することから³²⁾、同期型では、骨盤挙上によって大殿筋と内転筋との共同収縮を促進し、その結果、内側広筋の筋活動をより一層高めたものと推測される。

一方、同期型での大腿直筋は膝関節と股関節との同期収縮で抑制されずに逆に高い筋活動を示した。その理由を大腿直筋が二関節筋であるという解剖学的特性をふまえ、まず運動体位と股関節肢位による影響から考察してみる。

QSの運動体位における筋活動の違いとして、沖田ら⁴⁰⁾は、二関節筋である大腿直筋は端坐位より股関節が伸展位となる背臥位が有効であったが、単関節筋である内側広筋、外側広筋には有意差は認められなかったと報告としている。羽崎ら²⁹⁾も背臥位、腹臥位、半坐位、立位で比較して、内側広筋と外側広筋には肢位による影響は認められなかったが、二関節筋の大腿直筋では、股関節が伸展位をとると大腿直筋が伸張され、その結果、筋効率が増すと報告している。このように二関節筋である大腿直筋は股関節肢位による影響を受け、股関節伸展位での活動が有意に高くなる。しかし、一般的に筋の張力と長さの関係は、自然長で張力はピークを迎え、自然長より長くなるとかえって低下する

ことがわかっている⁴¹⁾。そのため、股伸展位型、同期型、腹臥位での同期型の場合、股関節が伸展位をとっているため、大腿直筋が伸張されて、筋長が長くなり張力が低下する。その結果、筋効率が低下し、股伸展位型、腹臥位での同期型での結果のように、大腿直筋の筋活動は低い値を示すと考えられる。しかし、なぜ同期型で高い筋活動を示したのであろうか？考えられる要因は、同期型の運動様式にあると思われる。つまり、大腿遠位下部にある砂嚢を支点として股関節を伸展することにある。その際の体重負荷が抗重力的に股関節屈筋として大腿直筋を効率よくさせたものと推測される。したがって、同期型において、二関節筋である大腿直筋には、股関節と膝関節の両方で抗重力的な作用が発生したものと考えられる。

これまで同期型での内側広筋、外側広筋、大腿直筋の筋活動が高かったことを説明してきたが、腹臥位での同期型では、同期型より股関節伸展筋の活動が大きかったにもかかわらず、大腿四頭筋の筋活動には有意な差がみられなかったのはなぜだろうか？その理由として、同期型と腹臥位での同期型との差異には、骨盤が挙上されるか下肢が挙上されるかという運動方法の違いが考えられる。腹臥位での同期型では、膝関節伸展が重力によって介助されるため膝関節伸展筋の筋活動をさほど必要としない反面、股関節伸展筋は抗重力的に高い筋活動を要求される。したがって、その拮抗筋として大腿直筋、内側広筋、外側広筋の筋活動には反射的に抑制がかかるものと考えられる。そのため、同時収縮の型をとってもハムストリングスが抗重力的に働く条件の場合、大腿四頭筋の活動には相反的に抑制がかかるものと推察される。なお、本研究で実施した同期型では砂嚢の位置が大腿遠位下部であった。しかし、これが踵骨下部であったならば、骨盤挙上は踵骨を支点として膝関節がロックされた状態で行われ、股関節伸展筋が活発に活動をもたらしたかもしれない。

以上の結果から、背臥位での同期型は大腿四頭筋の高い筋活動を示し、その有効な筋力増強

運動としての可能性が示唆された。

一方、外側広筋に対する内側広筋の筋活動比として、内側広筋／外側広筋比で運動効果を比較した報告も数多いが^{21, 23, 24, 32, 39, 42)}、股関節内転運動との同期運動でさえも内側広筋／外側広筋比を高めるという結論には至っていない。本研究における同期型での内側広筋の筋活動には有意な差がみられたにもかかわらず、内側広筋／外側広筋比率には有意な差がみられなかったことは、これらの報告と同様であった^{21, 24, 32, 39, 42)}。しかし、閉鎖連鎖運動における股関節内転運動を組み合わせたスクワットで内側広筋／外側広筋比が高かったという報告から考えて⁴³⁾、同期型のみでなく閉鎖連鎖運動での運動と平行して行うことが臨床的には必要と思われる。

本研究では、内転筋の筋電図を測定していないため、各 QS に内転筋がどの程度活動しているのかを明確には出来なかった。内転筋の関与を考慮すると、同期型においても外転位をとることにより内転筋を伸張させることで、より一層内側広筋の筋活動を高める可能性もある。さらに、足関節背屈との同期収縮との組み合わせも今後検討していくべき課題であろう。しかしながら、本研究は健常者が対象であるが、同期型で大腿四頭筋の筋活動が高まることが確認された。したがって、同期型は有効な筋力増強運動としての可能性が示唆された。今後の課題として、膝蓋大腿関節症をはじめ様々な膝疾患を有する患者に対する有効性があげられ、臨床応用について検討したい。

謝 辞

最後に本稿を終えるにあたり、筋電図装置にご協力頂きました酒井医療株式会社の方々、快く研究に参加して下さい下さった大阪リハビリテーション専門学校理学療法学科 I 部の学生に深謝いたします。

文 献

1. DeLorme TL. Restoration of muscle power by heavy-resistance exercises. *J Bone Joint Surg* 27:645-667, 1945.
2. Muller EA. Influence of training and inactivity on muscle strength. *Arch Phys Med Rehabil* 51:449-462, 1970.
3. DeLateur B, Lehmann J, Stonebridge J, et al. Isotonic versus isometric exercise: A double-shift transfer-of-training study, *Arch Phys Med Rehabil* 53:212-216, 1972.
4. Zohn DV, Leach RE, Stryker WS. A comparison of isometric and isotonic exercise of the quadriceps after injuries to the knee, *Arch Phys Med Rehabil* 45:571-574, 1964.
5. Doucette SA, Goble EM. The effect of exercise on patellar tracking in lateral patellar compression syndrome. *Am J Sports Med* 20:434-440, 1992.
6. Insall J. Current concept review: patellar pain. *J Bone Joint Surg* 64-A:147-152, 1982.
7. Nisel R, Ekholm J. Patellar forces during knee extension. *Scand J Rehabil Med* 17:63-74, 1985.
8. Soderberg GL, Cook TM. An Electromyographic analysis of quadriceps femoris muscle setting and straight leg raising. *Phys Ther* 63:1434-1438, 1983.
9. 市橋則明, 羽崎 完, 池添冬芽, 他. 下肢伸展挙上 (SLR) 訓練時の大腿四頭筋の筋活動量. *運動・物理療法* 10:141-146, 1999.
10. 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* 15:149-154, 1988.
11. Smillie IS. The quadriceps in relation to recovery from injuries of the knee-joint. *Physiotherapy* 35:53-57, 1949.
12. Basmajian JV. Reeducation of vastus medialis: a misconception. *Arch Phys Med Re-*

- habil 51 : 245-247, 1970.
13. Van Kampen A, Huiskes R. The three-dimensional tracking pattern of the human patella. *J Orthop Res* 8 : 372-382, 1990.
 14. Bose K, Kanagasuntheram R, Osman MBH : Vastus medialis oblique : an anatomic and physiologic study. *Orthopedics* 3 : 880-883, 1980.
 15. Hehne HJ. Biomechanics of patellofemoral joint and its clinical relevance. *Clin Orthop* 258 : 73-85, 1990.
 16. Lieb FJ, Perry J. Quadriceps function — An anatomical and mechanical study using amputated limbs. *J Bone Joint Surg* 50-A : 1535-1548, 1968.
 17. Fox TA. Dysplasia of the quadriceps mechanism : Hypoplasia of the vastus medialis muscle as related to the hypermobile patella syndrome. *Surg Clin North Am* 55 : 199-226, 1975.
 18. Reynolds L, Levin TA, Medeiros JM, et al. EMG activity of the vastus medialis oblique and the vastus lateralis in their role in patellar alignment. *Am J Phys Med Rehabil* 62 : 61-70, 1983.
 19. Signorile JF, Kacsik D, Perry A, et al. The effect of knee and foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps. *J Orthop Sports Phys Ther* 22 : 2-9, 1995.
 20. 大塚和俊. 内側広筋における Quadriceps setting exercise の効果. *リハ医学* 33 : 423-428, 1996.
 21. Hanten WP, Schulthies SS. Exercise effect on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles. *Phys Ther* 70 : 561-565, 1990.
 22. McConnell J. The management of chondromalacia patellae : A long term solution. *Aust J Physiother* 32 : 215-223, 1986.
 23. Laprade J, Culham E, Brouwer B. Comparison of five isometric exercises in the recruitment of the vastus medialis oblique in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther* 27 : 197-204, 1998.
 24. Cerny K. Vastus medialis obliquus / vastus lateralis muscle activity ratios for selected exercise in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *Phys Ther* 75 : 672-683, 1995.
 25. Bos RR, Blosser TG. An electromyographic study of the vastus medialis and vastus lateralis during selected isometric exercises. *Med Sci Sports Exerc* 2 : 218-223, 1970.
 26. Wheatley MD, Jahnke WD. Electromyographic study of the superficial thigh and hip muscles in normal individuals. *Arch Phys Med Rehabil* 32 : 508-515, 1951.
 27. Richard LD. Terminal extension exercises for the knee. *Phys Ther* 52 : 45-46, 1972.
 28. 中山彰一. 変形性膝関節症と理学療法. *理学療法* 9 : 159-164, 1992.
 29. 羽崎 完, 市橋則明. 大腿四頭筋の Muscle Setting の肢位が大腿四頭筋に与える影響. *理学療法科学* 11 : 81-84, 1996.
 30. Andriacchi TP, Andersson GB, Ortengren R, et al. A study of factors influencing muscle activity about the knee joint. *J Orthop Res* 1 : 266-275, 1984.
 31. Gough JV, Ladley G. An investigation into the effectiveness of various forms of quadriceps exercises. *Physiotherapy* 57 : 356-361, 1971.
 32. Hodges PW, Richardson CA. The influence of isometric hip adduction on quadriceps femoris activity. *Scand J Rehabil Med* 25 : 57-62, 1993.
 33. Blaimont P. A pathogenic hypothesis of femoropatellar osteoarthritis. *Surgery & Arthroscopy of the knee*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 56-57, 1988.

34. Fujiwara M, Basmajian JV. Electromyographic study of two-joint muscles. *Am J Phys Med* 54 : 234-242, 1975.
35. Lombard WP. The action of two-joint muscles. *Am Phys Educ Rev* 9 : 141-145, 1903.
36. Eloranta V, Komi PV. Postural effects on the function of the quadriceps femoris muscle under concentric contraction. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 21 : 555-567, 1981.
37. Eloranta V. Coordination of the thigh muscles in static leg extension. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 29 : 227-233, 1989.
38. Yamashita N. EMG activities in mono-and bi-articular thigh muscles in combined hip and knee extension. *Eur J Appl Physiol* 58 : 274-277, 1988.
39. 沖田 実, 東登志夫, 井口 茂, 他. 膝伸展位における大腿四頭筋の等尺性収縮運動に関する一考察—運動肢位の違いが筋出力、および筋疲労に及ぼす影響—. *理学療法科学* 11 : 27-31, 1996.
40. Karst GM, Jewett PD. Electromyographic analysis of exercises proposed for differential activation of medial and lateral quadriceps femoris muscle components. *Phys Ther* 73 : 286-295, 1993.
41. 中村隆一, 斎藤 宏. 運動器の構造と機能. *基礎運動学*. pp. 71-73, 医歯薬出版. 1990.
42. Zakazia D, Harburn KL, Kramer JF. Preferential activation of the vastus medialis oblique, vastus lateralis, and adductor muscles during isometric exercises in females. *J Orthop Sports Phys Ther* 26 : 23-28, 1997.
43. 市橋則明, 羽崎 完, 森永敏博, 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 : 70-75, 1997.

An Electromyographic study on the isometric exercise of the quadriceps femoris performed simultaneously with movement of hip extension

Naoto Tokuhara¹, Takayoshi Miyagawa², Shinsuke Kitahama³,
Nobumasa Chijiwa⁴, Seiichi Takemasa⁴ and Tomoaki Shimada⁴

ABSTRACT : The purpose of this study is to identify the most effective pattern of the isometric exercise of the quadriceps femoris by using electromyography (EMG). Twenty-nine healthy young adults (17 men, 12 women) volunteered as subjects in this study. The following 5 patterns of QS were performed for 3 seconds with maximum efforts : 1) in supine (S type), 2) in supine with 15 degrees of hip extension (S15 type), 3) in supine with movement of hip extension (SHE type), 4) in prone (P type), and 5) in prone with movement of hip extension (PHE type). The integrated EMG activities were measured from the rectus femoris (RF), vastus medialis (VM), vastus lateralis (VL), gluteus maximus (GM), biceps femoris (BF), semitendinosus (ST), and semimembranosus (SM) and standardized as % maximum voluntary contraction (MVC). Multiple comparison analyses revealed that %MVC of RF, VM, VL during SHE type showed significantly greater activity than the other 4 patterns. These results may suggest that simultaneous QS with extension movement of the hip is an effective exercise pattern to elicit maximum activities of the quadriceps femoris.

Key Word : Quadriceps femoris, Isometric exercise, Electromyography (EMG), Hip extension.

-
- 1 . The Public Yashiro General Hospital
 - 2 . Kobe-Ekisaikai Hospital
 - 3 . Osaka College of Rehabilitation
 - 4 . Faculty of Health Sciences, Kobe University School of Medicine