大腿四頭筋セッティングの肢位の違いが 筋活動に及ぼす影響

Effect of Quadriceps Setting in Different Positions on Muscle Activity

稲田 竜太^{1,2)} 三谷 保弘^{2,3)} 植田 篤史^{2,4)}

RYUTA INADA, RPT^{1,2)}, YASUHIRO MITANI, RPT, PhD^{2,3)}, ATSUSHI UEDA, RPT^{2,4)}

¹⁾ Department of Rehabilitation, Shimada Hospital: 100-1 Kashiya, Habikino-shi, Osaka 583-0875, Japan

TEL +81 72-953-1001 E-mail: inachan1_8@yahoo.co.jp

²⁾ Department of Sports Physical Therapy, Therapeutic Exercise Research Laboratory, Kansai University of Welfare Sciences

³⁾ Department of Rehabilitation Sciences, Faculty of Allied Health Sciences, Kansai University of Welfare Sciences

⁴⁾ Department of Rehabilitation, Hankai Hospital

Rigakuryoho Kagaku 33(2): 209–213, 2018. Submitted Aug. 24, 2017. Accepted Oct. 13, 2017.

ABSTRACT: [Purpose] To investigate the effects of quadriceps setting in different positions on quadriceps femoris muscle activity. [Subjects and Methods] Ten healthy males performed single-leg quadriceps setting in the supine and prone positions. Single-leg quadriceps setting in the prone position was performed with the hip on the non-supported side either extended at 0° or maximally extended. Surface electromyography was used to measure the muscle activities of the rectus femoris, vastus medialis, and vastus lateralis on the supported side during single-leg quadriceps setting. [Results] The activity of the rectus femoris muscle was significantly increased by single-leg quadriceps setting in the prone position with the hip maximally extended on the non-supported side. [Conclusion] The results suggest that performing single-leg quadriceps setting in the prone position with the hip maximally extended on the non-supported side increases the activity of the rectus femoris muscle on the supported side.

Key words: rectus femoris muscle, electromyogram, muscle activity

要旨:〔目的〕大腿四頭筋セッティングの肢位の違いが、大腿四頭筋の筋活動に及ぼす影響について検討した。〔対象と方法〕健康男性 10 名を対象とし、背臥位ならびに腹臥位でのセッティングを実施した。腹臥位でのセッティングは片脚で行い、非支持側の股関節を伸展 0° と最大伸展位の 2 つに設定した。このときの支持側の大腿直筋、内側広筋、外側広筋の筋活動を表面筋電計にて計測した。〔結果〕非支持側の股関節を最大伸展位にした腹臥位でのセッティングは、他の肢位に比べて支持側の大腿直筋の筋活動が有意に増大した。〔結語〕大腿四頭筋セッティングは、腹臥位にて非支持側の股関節を最大伸展位にすることで支持側の大腿直筋の筋活動が増大することが示唆された。

キーワード: 大腿直筋, 筋電図, 筋活動

¹⁾ 運動器ケア しまだ病院 リハビリテーション課：大阪府羽曳野市檜山 100-1 (〒583-0875) TEL 072-953-1001

²⁾ 関西福祉科学大学 リハビリテーション科学研究室 スポーツ理学療法部門

³⁾ 関西福祉科学大学 保健医療学部 リハビリテーション学科

⁴⁾ 阪堺病院 リハビリテーション部

I. はじめに

大腿四頭筋は、膝関節の安定性や衝撃吸収、姿勢保持などに影響を及ぼし、日常生活やスポーツなどあらゆる動作の遂行に重要な役割を担う¹⁻³⁾。大腿四頭筋は抗重力筋であることから⁴⁾、長期臥床や非荷重などにより筋萎縮や筋力低下が生じやすい⁵⁾。大腿四頭筋の筋力低下は安定した動作の遂行を阻害し、高齢者では転倒の要因にもなるため⁶⁻⁸⁾、積極的な筋力強化が行われる。しかし、下肢の整形外科的疾患の受傷後あるいは術後では、大腿四頭筋の筋力強化における患部周辺への物理的ストレスの影響を考慮しなければならず、外力による抵抗負荷の伴わない大腿四頭筋セッティング（以下、セッティング）が行われることが多い。

セッティングは等尺性収縮を利用した筋力増強運動のことであり⁹⁾、外力による抵抗負荷を与えないことからギプス固定中や疼痛などにより関節運動が行えない場合においても実施することができる。セッティングは変形性膝関節症に対する運動療法としても推奨されており¹⁰⁾、関節に対する物理的ストレスを抑制し安全に実施することができる。しかし、抵抗負荷を与えないことから十分な筋活動が得られるとは限らず、より効果的なセッティングの方法について検討する必要がある。セッティングは腹臥位にて行われることも多く、臨床的にも有用性が高いことが報告されている。羽崎らは、つま先を床面に接地した腹臥位でのセッティングは背臥位や長座位、立位でのセッティングと比較して大腿直筋の筋活動が増大し、臥床時期の筋力強化の方法として考慮すべきと報告している¹¹⁾。

また、腹臥位での片脚セッティングは背臥位でのセッティングに比べて姿勢が不安定になりやすく、姿勢制御に関連する大腿四頭筋の筋活動が誘発されやすいと考えられる。井原らは足趾の機能向上により筋反応やバランス能力が改善したと報告しており、これは足底のメカノレセプターが賦活されたことが要因であると考察している¹²⁾。つま先を床面に接地して行う片脚セッティングにおいても足底のメカノレセプターが賦活され、大腿四頭筋などの筋反応が生じやすいと推察される。

一側下肢の筋活動は、対側下肢の肢位や運動により変化することが知られている。河村らは、一側下肢の脚伸展運動（レッグプレス）を対側股関節の屈曲運動と同時にを行うことで、単独で行うよりもレッグプレス側の大殿筋とハムストリングスの筋活動が有意に増大し、大腿直筋の筋活動が有意に減少したと報告している¹³⁾。また、Nakajimaらは背臥位でのセッティングにおいて対側の下肢を挙上させることで、セッティング側のハムストリングスの筋活動が有意に増大したと報告している¹⁴⁾。つまり、一側下肢の一方向の運動は対側下肢の反対方向の運動とそれに関連する筋活動を引き起こすと考えられ

る。このことから、腹臥位で行う片脚セッティングにおいても、空間に保持した非支持側の股関節を伸展位に保持することで支持側の股関節屈曲運動が誘発され、大腿直筋をはじめとする大腿四頭筋の筋活動が増大すると考えられる。このことが明らかとなれば、外力による抵抗負荷を与えなくとも大腿四頭筋の大きな筋活動が得られ、安全かつ効果的な筋力強化の方法として応用可能であると考えられる。しかし、腹臥位でのセッティングにおける非支持側の股関節伸展が支持側の大腿四頭筋の筋活動に及ぼす影響については十分に検討されていない。

本研究では、腹臥位での片脚セッティングにおける非支持側の股関節伸展が大腿四頭筋の筋活動に及ぼす影響について検討することを目的とした。また、腹臥位での片脚セッティングと従来から行われている背臥位でのセッティングの大腿四頭筋の筋活動を比較し、効果的なセッティングの方法について検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、下肢および体幹に整形外科的疾患の既往を有さない健康男性10名（年齢 21.5 ± 2.1 歳、身長 172.2 ± 6.0 cm、体重 64.9 ± 7.0 kg；平均 $\pm$ 標準偏差）とした。全ての対象者に研究目的と内容の説明を十分に行い、研究参加の同意を得た。なお、本研究は関西福祉科学大学研究倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号 17-22）。

2. 方法

セッティングは、肢位①：背臥位でのセッティング、肢位②：腹臥位にて非支持側股関節を伸展 0° に保持した片脚セッティング、肢位③：腹臥位にて非支持側股関節を最大伸展位に保持した片脚セッティングの3つの肢位（図1）で行い、いずれもセッティング対象側である利き足（全例右）の膝関節を完全伸展し大腿四頭筋を最大限に収縮するように指示した。なお、肢位①では足関節は背屈位、股関節内外転・内外旋は中間位とした。肢位②と③では支持側の足関節は底背屈 0° 、股関節内外転・内外旋は中間位、非支持側下肢の膝関節は完全伸展位とし、骨盤の回旋や後退が生じないように体幹前面を床面に接地した。

計測にはアンブ内蔵型表面筋電計（SX230FW, Biometrics 社製）を使用した。サンプリング周波数は1000 Hzとした。被験筋は利き足の大腿直筋（rectus femoris：RF）、内側広筋（vastus medialis：以下、VM）、外側広筋（vastus lateralis：以下、VL）とし、十分な皮膚処理を行った後に筋電図電極（Blue Sensor P-00-S, Ambu 社製）を貼付した。アース電極は右の手関節前面に貼付した。計測に先がけて、徒手筋力検査法¹⁵⁾に準じて各被験筋の最大筋力発揮時の筋活動を3秒間計測

図1 大腿四頭筋セッティングの肢位

大腿四頭筋セッティングは、肢位①：背臥位でのセッティング，肢位②：腹臥位にて非支持側股関節を伸展0°に保持した片脚セッティング，肢位③：腹臥位にて非支持側股関節を最大伸展位に保持した片脚セッティングの3つの肢位で行った。

し、間2秒間の積分値（integrated electromyogram：IEMG）を求めた。各運動課題の順番は無作為とし、計測回数はそれぞれ1回とした。なお、筋疲労の影響を考慮し各運動課題の間には十分な休息を設けた。

表面筋電計のデータ処理には解析ソフトウェア（TRIAS、ディケイエイチ社製）を用い、筋電図の原波形をバンドパスフィルタ（10-450 Hz）にて処理後、全波整流し、ローパスフィルタ（20 Hz）にて平滑化した。計測は3秒間とし間2秒間のIEMGを求め、最大筋力発揮時のIEMGに対する割合（% IEMG）を算出した。

統計解析は、肢位の違いによる各被験筋の筋活動を比較するため、一元配置分散分析とその後の多重比較法としてTukey検定を行った。有意水準は5%とした。統計解析にはIBM SPSS Statistics 24 for Windowsを使用した。

III. 結 果

結果を表1に示した。RFの筋活動（% IEMG）は、肢位①が $44.4 \pm 12.7\%$ 、肢位②が $53.1 \pm 14.9\%$ 、肢位③が $71.7 \pm 17.2\%$ であり、肢位①と肢位②に比べて肢位③に有意な増大が認められた（ $p < 0.01$ ）。VMの筋活動は、肢位①が $97.1 \pm 33.6\%$ 、肢位②が $98.4 \pm 33.6\%$ 、肢位③が $91.4 \pm 43.2\%$ 、VLの筋活動は、肢位①が $99.4 \pm 26.4\%$ 、肢位②が $99.4 \pm 24.7\%$ 、肢位③が $90.8 \pm 31.2\%$ であり、肢位の違いによる有意差が認められなかった。

IV. 考 察

今回の結果から、いずれの肢位のセッティングにおいてもVMとVLに大きな筋活動が得られ、肢位による有意差は認められなかった。一方、いずれの肢位においてもRFの筋活動はVMとVLに対して低値であった。背臥位でのセッティングは大腿四頭筋のみならず股関節伸筋にも筋活動が生じる¹⁶⁾。これは、背臥位でのセッティングが膝窩を床面に押しつける運動であり、等尺性

表1 各肢位での筋活動（% IEMG）

	肢位①	肢位②	肢位③
RF	44.4 ± 12.7	53.1 ± 14.9	$71.7 \pm 17.2^{*,\dagger}$
VM	97.1 ± 33.6	98.4 ± 33.6	91.4 ± 43.2
VL	99.4 ± 26.4	99.4 ± 24.7	90.8 ± 31.2

平均値 ± 標準偏差。RF：大腿直筋，VM：内側広筋，VL：外側広筋。*： $p < 0.01$ （vs 肢位①），†： $p < 0.01$ （vs 肢位②）。

運動であるものの膝関節伸展と股関節伸展を同時に行う運動であるからと考えられる。単関節筋であるVMとVLは膝関節伸展に作用するが、二関節筋であるRFは股関節屈曲の作用を有するためセッティングの股関節運動に拮抗して十分な筋活動が得られなかったと考えられる。なお、腹臥位でのセッティングにおいても背臥位と同様に股関節伸展運動が生じRFの筋活動が抑制されることが考えられるが、非支持側の股関節を最大伸展位に保持することで他の肢位に比べてRFの筋活動が有意に増大し、比較的大きな筋活動が得られた。河村らは、一側下肢のレッグプレスに対側股関節の屈曲運動と同時に行うことで、単独で行うよりもレッグプレス側の大殿筋とハムストリングスの筋活動が増大したと報告している¹³⁾。対側股関節を屈曲することで腸腰筋の収縮により骨盤前傾モーメントが生じるが、これに対してレッグプレス側の大殿筋とハムストリングスの収縮を増大させ、骨盤後傾モーメントを引き起こすことで骨盤を安定させていると考察している¹³⁾。腹臥位にて非支持側の股関節を最大伸展位に保持した片脚セッティングでは、非支持側の股関節伸筋の筋活動が増大することから骨盤後傾モーメントが生じる。このとき、骨盤を安定させるために支持側の股関節屈筋の筋活動を増大させ、骨盤前傾モーメントを引き起こしていると考えられる。RFは下前腸骨棘、寛骨臼の上縁ならびに関節包に付着し、大腿四頭筋で唯一の二関節筋であり股関節屈曲の作用も有する。このことから、腹臥位にて非支持側の股関節を最大伸展位に保

持した片脚セッティングでは、骨盤を安定させるために股関節屈曲の作用を有する RF の筋活動を増大させていたと考えられる。また、一側下肢の筋収縮は対側下肢の筋活動を増大させることが知られており^{17,18)}、なかでも対側同名筋よりも対側拮抗筋に強い収縮を引き起こす可能性が報告されている¹⁸⁾。腹臥位にて非支持側の股関節を最大伸展位に保持した片脚セッティングでは非支持側の股関節伸筋の筋活動が増大すると考えられるため、股関節屈筋としても作用する支持側の RF の筋活動が増大したと推察される。ただし、本研究では非支持側の大殿筋やハムストリングス、支持脚の腸腰筋などの筋活動を測定しておらず、今後これらの筋活動を測定し、非支持側の大殿筋やハムストリングスの筋活動が支持側の股関節屈筋に与える影響について検討しなければならない。また、非支持側の股関節伸展に抵抗を与えることで非支持側の大殿筋とハムストリングスの筋活動が増大し、支持側の RF の筋活動が増大することが考えられる。このため、非支持側の股関節伸展に対する抵抗負荷が支持側の RF の筋活動に及ぼす影響についても検討する必要がある。腹臥位での股関節伸展は股関節伸筋群だけでなく腰部傍脊柱筋や多裂筋の筋活動が増大する¹⁹⁾。腰部傍脊柱筋をはじめとする背筋群は脊柱の伸展運動を引き起こすため、腹臥位にて非支持側の股関節を最大伸展位に保持した片脚セッティングでは姿勢を安定させるためにも拮抗筋である腹筋群の筋活動を増大させている可能性がある。腹筋群の筋活動は大腿直筋の筋活動を増大させることが知られており^{20,21)}、セッティングにおける腹筋群の筋活動が RF の筋活動を促進したと推察される。ただし、腹筋群と大腿直筋の筋活動は運動方法によっても変化するため^{20,21)}、今後は各セッティングにおける腹筋群や背筋群の筋活動についても検討しなければならない。

大腿直筋は二関節筋であり膝関節伸展だけでなく股関節屈曲の作用を有することから、各種動作において広筋群と比べて特異的な役割を有することが知られている。歩行における大腿四頭筋の主な作用は立脚期に生じる膝関節屈曲を制動することであるが²²⁾、大腿直筋は前遊脚期から遊脚初期にかけて活動し、股関節の屈曲運動を引き起こすとともに膝関節の屈曲運動を制動する役割を有する²²⁾。小澤らは、最速歩行では最適歩行に比べて下肢の筋活動が増大し、なかでも遊脚期において大腿直筋の筋活動が著明に増大したと報告している²³⁾。これは、下肢の振り出しにおける股関節屈曲運動において大腿直筋が大きく活動していることが考えられる。また、大腿直筋はスポーツにおいて肉離れの頻度が高く²⁴⁾、パフォーマンスにも影響を与える²⁵⁾。大腿直筋の肉離れは遠心性収縮の際に生じるとされ、走行では後方に蹴り出した脚を前方に振り上げる切り返しの際に生じやすいとされている²⁶⁾。このように大腿直筋は大腿四頭筋

のなかでも特異的な作用を有することから、筋力低下の予防や筋力向上を目的とした積極的な介入が必要であると考えられる。

本研究から、腹臥位にて非支持側の股関節を最大伸展位に保持した片脚セッティングは、他の肢位に比べて RF の筋活動の有意な増大が認められた。背臥位でのセッティングは VM と VL に比較的大きな筋活動が得られたものの RF の筋活動が小さいという特徴があった。しかし、腹臥位での片脚セッティングにおいて非支持側の股関節を最大伸展位に保持することで VM と VL の大きな筋活動のみならず、RF に対しても比較的大きな筋活動を得ることができた。このことから、腹臥位における非支持側の股関節を最大伸展位に保持した片脚セッティングは、RF を含む大腿四頭筋の大きな筋活動を得るための方法として有用であることが示唆された。今後は介入研究を通じて臨床的な有用性をさらに検討したい。

引用文献

- 1) 山本利春：スポーツ傷害の発症要因とコンディショニングの教育。臨床スポーツ医学臨時増刊号，2011，28：11-15。
- 2) 池添冬芽，浅川康吉，羽崎 完・他：高齢者における起居移動動作自立に必要な膝伸展筋力について。理学療法科学，1997，12：179-181。
- 3) 石橋英明：関節のアンチエイジング 変形性膝関節症にならないためには。Modern Physician，2014，34：1301-1305。
- 4) 中村隆一，斎藤 宏：臨床運動学，第2版。医歯薬出版，東京，1990，pp167-169。
- 5) 藤井俊宏：臥床に伴う体力低下に関する研究。リハビリテーション医学，1993，30：63-70。
- 6) Sieri T, Beretta G: Fall risk assessment in very old males and females living in nursing homes. Disabil Rehabil，2004，26：718-723。
- 7) Lord SR, Clark RD, Webster IW: Physiological factors associated with falls in an elderly population. J Am Geriatr Soc，1991，39：1194-1200。
- 8) Lord SR, Ward JA, Williams P, et al.: Physiological factors associated with falls in older community-dwelling women. J Am Geriatr Soc，1994，42：1110-1117。
- 9) 服部一郎，細川忠義，和才嘉昭：リハビリテーション技術全書，第2版。医学書院，1984，pp506-507。
- 10) 千田益生：変形性膝関節症の運動療法ガイド 保存的治療から術後リハまで。日本医事新報社，東京，2014，pp76-87。
- 11) 羽崎 完，市橋則明：大腿四頭筋の Muscle Setting の肢位が大腿四頭筋筋活動に与える影響。理学療法科学，1996，11：81-84。
- 12) 井原秀俊，三輪 恵，石橋俊郎・他：足指訓練の持続効果—訓練中止3ヵ月後の検討—。整形外科と災害外科，1997，46：393-397。
- 13) 河村顕治，岡田育子，松尾高行：対側股関節屈曲が下肢間運動連鎖筋出力に及ぼす影響。日本臨床バイオメカニクス学会誌，2004，25：315-319。
- 14) Nakajima M, Kawamura K, Takeda I: Electromyographic

- analysis of a modified maneuver for quadriceps femoris muscle setting with co-contraction of the hamstrings. *J Orthop Res*, 2003, 21: 559-564.
- 15) Hislop HJ, Montgomery J: 新・徒手筋力検査法, 第8版. 津山直一・他 (訳), 協同医書出版, 東京, 2008, pp224-227.
- 16) 事柴壮武, 浦辺幸夫, 前田慶明・他: 体幹固定性の違いと股関節角度の変化が大腿四頭筋セッティングの下肢筋活動に及ぼす影響. *理学療法の臨床と研究*, 2013, 22: 21-24.
- 17) 富田 浩, 柳澤 健: 一側下肢の筋収縮が対側下肢の筋放電に及ぼす影響. *PNFリサーチ*, 2013, 13: 18-29.
- 18) 富田 浩, 中野香緒里, 成田あゆみ・他: 一側下肢の筋収縮が対側下肢の筋活動に及ぼす影響 (予備実験). *理学療法群馬*, 2007, 18: 21-25.
- 19) 世古俊明, 隅元庸夫, 高橋由依・他: 徒手筋力計を用いた座位での股関節伸展筋力測定法の有用性. *理学療法科学*, 2015, 30: 75-79.
- 20) Andersson EA, Nilsson J, Ma Z, et al.: Abdominal and hip flexor muscle activation during various training exercises. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1997, 75: 115-123.
- 21) 半田 徹, 加藤浩人, 長谷川伸・他: 腹部トレーニング7種目における腹直筋上部, 腹直筋下部, 外腹斜筋および大腿直筋の筋電図学的研究. *体育学研究*, 2009, 54: 43-54.
- 22) Perry J: *Gait analysis. Normal and pathological function*. SLACK Incorporated, New Jersey, 1992, pp98-107.
- 23) 小澤実奈, 村田 伸, 窓場勝之・他: 最適歩行と最速歩行中の歩行パラメーターと下肢筋活動の比較. *Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy*, 2016, 5: 179-183.
- 24) 林 典大, 浅野招裕: 関節機能解剖に基づく整形外科運動療法ナビゲーション 下肢. *MEDICAL VIEW*, 東京, 2008, pp88-91.
- 25) 稲見崇孝, 宮川博文, 井上雅之・他: 筋の形態的および機能的考察を行った陳旧性大腿直筋肉ばなれの一症例. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 2012, 20: 364-369.
- 26) 奥脇 透: ランニング障害のリハビリテーションとリコンディショニング—リスクマネジメントに基づいたアプローチ—. 増田雄一 (編), 文光堂, 東京, 2012, pp79-87.