

研究報告



超音波画像診断装置を用いた膝屈曲自動運動時の 外側広筋の動態観察*

中村 翔¹⁾・颯田季央²⁾・山内仁詩³⁾・工藤慎太郎^{4) 5)}

【要 旨】

外側広筋 (VL) の過緊張や短縮は膝蓋骨の運動を障害し、膝関節痛の原因や関節可動域制限の原因となることが多い。理学療法として VL に対する短軸方向へ誘導することが有効であると言われている。しかし、膝関節運動に伴う VL の短軸方向への動態は明らかではなく、誘導方向も明らかではない。本研究の目的は、超音波画像診断装置を使用して膝関節屈曲運動時の VL の動態観察を行い、定量的に示し、VL のストレッチング方法について検討することである。対象は健常成人 10 名 20 肢とした。方法は超音波画像診断装置を使用し、大腿部後面外側にて VL の短軸像を撮像した。動画を静止画に分割し、骨と筋それぞれの境界面をトレースした。全運動範囲を 10% ごとにトレースした画像を抜き出し、0% とそれぞれの距離を計測した。その結果、膝関節屈曲自動運動時の VL は、全例が後内側に変化していた。このことから、VL に対するストレッチングとして、膝関節屈曲時に VL を前外側方向へ操作することが有効であると考えられた。

キーワード：外側広筋，超音波画像診断装置，動態

はじめに

外側広筋 vastus lateralis (以下、VL) は大腿骨粗線外側唇から起始し、大腿の外側を遠位前方に斜走し、膝蓋骨を介して脛骨粗面に付着する膝関節の伸筋である。大腿四頭筋のなかで、最も体積の大きな筋であり¹⁾、スポーツにおける練習量の過多や、誤った身体操作により、過緊張になっている症例を多く経験する。山内らは VL の過活動状態では、内側広筋や大腿直筋の筋活動が低下することを報告している²⁾。この VL の過緊張や短縮と内側広筋の筋力低下による筋活動のアンバラ

ンスは、膝蓋骨の矢状面や前額面における運動を障害し、異常な膝蓋骨の運動により膝蓋大腿関節症を発生させる³⁻⁵⁾。また、習慣性膝蓋骨脱臼では膝蓋骨を外側に偏倚させる VL の強い活動が問題視され、観血療法においても、lateral release が行われることがある⁶⁾。これらのことから、膝蓋大腿関節の機能障害を改善させる理学療法において、VL のリラクセーションやストレッチングといった運動療法が重要になる。

VL に対するストレッチングとして、膝関節を最大屈曲させて大腿四頭筋を長軸方向に伸張する

* Dynamics of the vastus lateralis muscle during the knee flexion using the ultrasonography

1) 宮本整形外科クリニック リハビリテーション科
(〒488-0804 愛知県尾張旭市西の野町5丁目45-1)
Sho Nakamura, RPT: Department of Rehabilitation,
Miyamoto Orthopedic Clinic

2) 合同会社 TRY&TRI
Toshio Satta, RPT: Limited Liability Company TRY&TRI

3) 神谷内科整形外科 リハビリテーション科
Hitoshi Yamauchi, RPT: Department of Rehabilitation,
Kamiya Clinic for Internal Medicine and Orthopedics

4) 森ノ宮医療大学 保健医療学部 理学療法学科
Shintarou Kudo, RPT: Department of Physical
Therapy, Morinomiya University of Medical Sciences

5) 森ノ宮医療大学 大学院 保健医療学研究科
Shintarou Kudo, RPT: Graduate School of Health
Sciences, Morinomiya University of Medical Sciences

E-mail: #gmrcm600@yahoo.co.jp

方法が多く用いられている⁷⁾。一方、徒手的にVLを前後方向へ操作する短軸方向へのアプローチが有効である^{8) 9)}とされているが、膝関節屈曲運動時のVLの短軸像上の動態を定量的に評価した報告は見当たらず、具体的な誘導方向も明らかにされていない。

関節運動に伴う骨格筋の動態は、筋線維長軸上での短縮・伸張の変化をするだけでなく、短軸上においても形態を変化させる。超音波画像診断装置を用いた筋の短軸像の観察は、筋の横断面を視覚化し、関節運動に伴う骨格筋の形態変化を観察可能にする。そこで本研究の目的は、超音波画像診断装置を使用して膝関節屈曲自動運動時のVLの短軸上の動態観察を行い、定量的に示し、VLのストレッチング方法について検討することである。

対象及び方法

対象は下肢関節に既往の無い健常成人男性10名20肢とした。平均年齢は 22.4 ± 3.4 歳、身長は 170.1 ± 4.1 cm、体重は 61.9 ± 7.4 kgであった。被検者には研究の概要を十分に説明し紙面にて同意を得た。測定には、超音波画像診断装置MyLab 25（株式会社日立メディコ社製）を使用した。測定モードはBモード、プローブは12MHzのリニアプローブを使用した。測定肢位は大腿部を露出した腹臥位とし、測定部位は、VLの前後方向の動態を観察するために、大腿骨外側上顆から大転子までの距離の遠位30%の位置にて、VLと大腿

二頭筋、大腿骨が同一画面上に表示される部位にプローブを当て短軸像を撮像した。なお、プローブは徒手にて固定し、接触強度は、ゲルを用いて画像を得ることができる最小限度とした。被検者は膝関節屈曲自動運動（膝関節伸展位から屈曲90度まで）を3秒間に1回の間隔で3回実施した。撮影して得られた動画は、動画編集ソフトウェアAviutl（フリーソフト）を使用して30Hzで静止画に分割した。分割して得られた静止画すべてに対して、画像編集・加工ソフトウェアGIMP 2（フリーソフト）を使用して骨の特徴点2点と筋の境界面をトレースした。膝関節伸展位から屈曲90度までの時間を100%とした際に、10%ごとにトレースした画像を抜き出し、伸展位の画像とそれぞれ10%ごとの画像のVLの移動した距離をImage-J（NIH）を使用して計測した（図1）。

膝関節屈曲角度の変化とVLの変位量の関係を検討するため、反復測定による一元配置分散分析と多重比較検定（Shafferの方法）を行い、有意水準は5%未満とした。統計処理には統計解析ソフトR2.8.1を使用した。

なお、本法の精度と再現性は事前に検討を行った。精度は平均二乗誤差（Root Mean Square Error：以下、RMSE）にて0.16 mm、再現性は級内相関係数（Intraclass Correlation Coefficient：以下、ICC）0.84と標準誤差（Standard Error of Mean：以下、SEM）0.01であり、良好な結果を得ている¹⁰⁾。

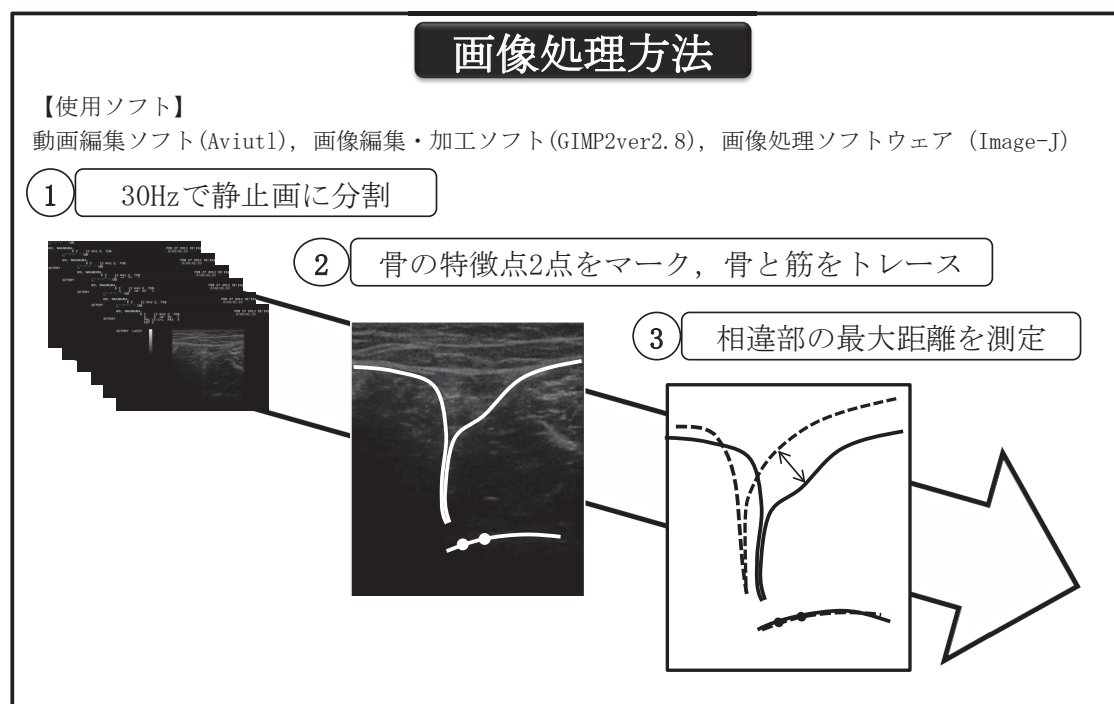


図1. 超音波動画・画像の処理方法

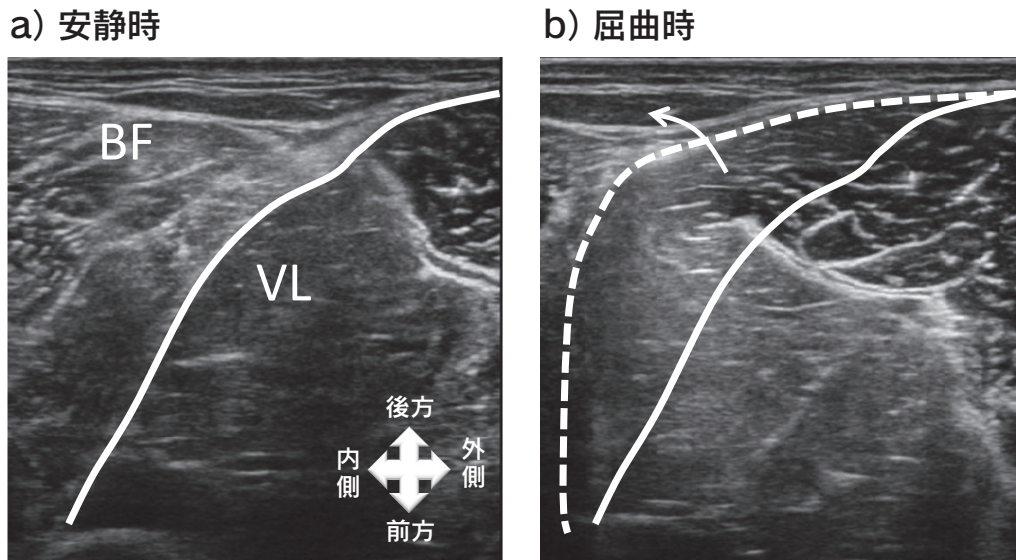


図2. 膝関節屈曲時のVLの動態

VL: 外側広筋, BF: 大腿二頭筋

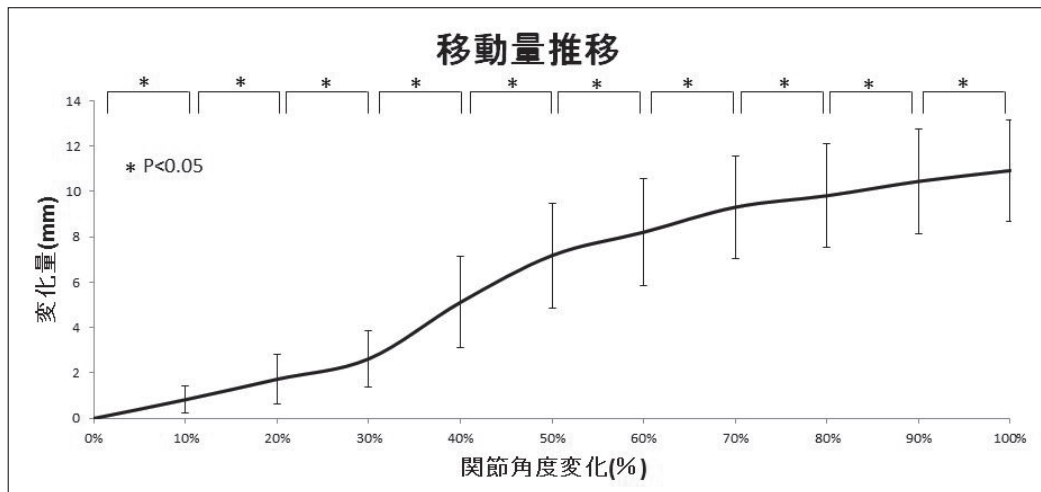


図3. 関節角度の変化に伴うVLの変化量

結果

超音波画像の短軸像において、膝関節屈曲自動運動時のVLは、膝関節伸展位から90度屈曲位までに平均 10.9 ± 2.3 mm 後内側に変位した(図2)。VLの変位は、反復測定による一元配置分散分析の結果、膝関節屈曲角度の変化に伴い有意に後内側方向へ変位した($p < 0.05$)。さらに多重比較検定の結果、いずれの水準間においても有意差を認めた($p < 0.05$) (図3)。

考察

VLに対するストレッチングとして、膝関節を最大屈曲させて大腿四頭筋を長軸方向に伸張する方法が多く用いられている⁷⁾。一方、八木は膝屈曲すると筋全体が大腿骨の外側を後方に移動するた

め、短軸方向へのアプローチが有効であると述べている⁸⁾。また、熊谷らは、外側広筋は前後方向に幅広い筋であり、長軸方向への伸張性だけでなく、屈曲に伴い後方へ広がることのできる柔軟性も必要となると述べている⁹⁾。しかし、八木や熊谷が述べているような膝関節の運動に伴うVLの短軸像の動態を定量的に示した報告は見当たらなかった。また、具体的な誘導方向についても明らかにされていない。

今回の結果より、VLは膝関節の屈曲運動に伴い大腿骨を回り込むように外側から約10 mm 後内側方向へ移動していくことが観察された。VLのうち、外側筋間中隔や腸脛靭帯 iliotibial band (以下、ITB) より起始する線維は斜走線維 vastus lateralis oblique (以下、VLO) と呼ばれ、膝蓋骨の安定化

に重要な役割を果たすと言われている¹¹⁻¹³⁾。VLは大腿筋膜に覆われており、特に大腿筋膜の外側にある線維束が肥厚したものがITBとなる¹⁴⁾。筋膜や靱帯はいずれも、結合組織であるが、そのコラーゲン線維の密度と走行が異なる。筋膜は疎性結合組織であり、コラーゲン線維の密度が少なく、網目状に織りなされた線維網を形成することで伸張性を生み出している。一方、靱帯は密性結合組織であり、コラーゲン線維の密度が多く、コラーゲン線維束が靱帯の長軸方向にほぼ平行に走行しており、筋膜などと比べると伸張性が乏しい¹⁵⁾。これらの形態学的相違点が、組織の硬さに影響すると考えられる。VLは、硬さの異なる結合組織に覆われており、関節運動に伴い筋の形態が変化すると考えられる。大腿筋膜は前方と後方に比べて、ITBなどの線維束が肥厚している外側部で線維が密であり硬さが高くなっていると考えられる。膝関節が屈曲すると、大腿四頭筋のみでなく、筋を包む大腿筋膜も前面が伸張されるため、大腿筋膜前面の粘弾性の変化が生じることが考えられ、前面と外側に比べて後方部分の硬さが低くなる。ITBなどの密性結合組織は長軸方向への伸張性は乏しいため、VLは後方へ流れ込むような動態を示すものと考えた。つまり、後方部分の網目状の疎性結合組織の柔軟性が重要になると考える。このような筋・筋膜の動きに合わせたストレッチングを行うことで、関節可動域の改善に有効であることを我々は報告している¹⁶⁾。したがって、VLに対しても従来の長軸方向へのストレッチングだけでなく、筋の動態を考慮した運動療法が有効であることが示唆される。つまり、膝関節屈曲自動運動時にVLを前外側方向へ徒手的に操作を加えることが有効なアプローチになると考えられる。

まとめ

1. 超音波画像診断装置を用いて、膝関節屈曲自動運動時のVLの動態を観察した。
2. 膝関節屈曲自動運動に伴ってVLは後内側方向へ移動していくことが観察された。
3. VLに対する短軸方向へのアプローチとして、膝関節屈曲運動に伴い前外側方向へ操作を加えていくことが有効になると考えられた。

【参考文献】

- 1) 塚本康夫, 北潔・他: MRIを用いた大腿四頭筋の3次元構成と計測. 神戸医短紀要. 1992; 8: 55-60.
- 2) 山内仁, 大工谷新一: スクワット中の外側広筋過活動と下肢筋活動との関係. 体力科学. 2008; 57 (6): 958.
- 3) Lin F, Wilson NA, et al: In vivo patellar tracking induced by individual quadriceps components in individuals with patellofemoral pain. J Biomech. 2010; 43: 235-241.
- 4) Wilson NA, Press JM, et al: In vivo noninvasive evaluation of abnormal patellar tracking during squatting in patients with patellofemoral pain. J Bone Joint Surg Am. 2009; 91: 558-66.
- 5) 山口尚子, 浅田啓嗣・他: 膝蓋大腿関節症の機能解剖学的病態把握と理学療法. 理学療法. 2012; 29 (2): 184-197.
- 6) 本多重信, 瀬良敬祐・他: 膝蓋骨亜脱臼症候群における外側膝蓋支帯解離術の小経験. 整形外科と災害外科. 1985; 34 (2): 581-585.
- 7) 鈴木重行: ID ストレッチング (第2版). 三輪書店, 東京, 2006: pp 212-213.
- 8) 八木茂典: 膝関節可動域エクササイズに必要な膝関節機能解剖. Sportsmedicine. 2011; 133: 21-31.
- 9) 熊谷匡晃, 岸田敏嗣: 変形性膝関節症 (保存療法) の診かたと治療のコツ. 整形外科リハビリテーション学会誌. 2006; 3-6.
- 10) 颯田季央, 中村翔・他: 超音波画像診断装置による軟部組織の動態観察法の検討. 第29回東海北陸理学療法学会大会. 2013; 115.
- 11) Hallisey MJ, Doherty N, Bennet WF et al: Anatomy of the junction of the vastus lateralis tendon and patella. J Bone Joint Surg Am. 1987; 69: 545-549.
- 12) Bevilacqua-Grossi D, Monteiro-Pedro V, et al: Contribution to the anatomical study of the oblique portion of the vastus lateralis muscle. Braz J morphol. 2004; 21 (1): 47-52.
- 13) 林典雄: 膝関節伸展機構の機能解剖と膝関節拘縮治療への展開. 愛知県理学療法学会誌. 2004; 16 (3): 8-16.
- 14) 工藤慎太郎: 運動器疾患のなぜがわかる臨床解剖学 (第1版). 医学書院, 東京, 2012, pp 129-138.
- 15) 沖田実: 関節可動域制限 病態の理解と治療の考え方 (第1版). 三輪書店, 東京, 2008, pp 89-90.
- 16) 颯田季央, 中村翔・他: 肩甲下筋の動態を意識したストレッチ方法の即時効果. 第19回徒手理学療法学会学術集会. 2014; 12.