

■ 原著

上肢支持の有無がフロントブリッジ運動の 大腿四頭筋活動に及ぼす影響

The effect in the quadriceps muscle activity between with and without
upper limb support during front bridge exercise

眞田 祐太郎¹⁾, 小柳 磨毅²⁾, 越野 八重美²⁾, 中江 徳彦³⁾, 野谷 優⁴⁾,

尾田 香苗⁵⁾, 北林 優惟³⁾, 近藤 夢芽⁶⁾, 中道 貴衣菜⁷⁾

Yutaro Sanada¹⁾, Maki Koyanagi²⁾, Yaemi Koshino²⁾, Naruhiko Nakae³⁾, Masaru Notani⁴⁾
Kanae Oda⁵⁾, Yui Kitabayashi³⁾, Yume Kondo⁶⁾, Kiina Nakamichi⁷⁾

- 1) 神戸海星病院リハビリテーションセンター
〒657-0068 兵庫県神戸市灘区篠原北町 3-11-15
TEL 078-871-5201 FAX 078-871-5206 E-mail: sanada.yutaro@gmail.com
- 2) 大阪電気通信大学医療福祉工学部
- 3) 関西メディカル病院リハビリテーション科
- 4) ガラシア病院リハビリテーション科
- 5) わかくさ竜間リハビリテーション病院看護部
- 6) 十条武田リハビリテーション病院リハビリテーション科
- 7) 蒼生病院リハビリテーション科

- 1) Rehabilitation Center, Kobe Kaisei Hospital
3-11-15 Shinohara Kita-machi, Nada-ku, Kobe-shi, Hyogo 657-0068, Japan
TEL +81 78-871-5201
- 2) Faculty of Biomedical Engineering, Osaka Electro-Communication University
- 3) Department of Rehabilitation, Kansai Medical Hospital
- 4) Department of Rehabilitation, Gratia Hospital
- 5) Division of Nursing, Wakakusa-Tatsuma Rehabilitation Hospital
- 6) Department of Rehabilitation, Jujo Takeda Rehabilitation Hospital
- 7) Department of Rehabilitation, Sousei Hospital

保健医療学雑誌 x (x): xx-xx, xxxx. 受付日 2018年7月9日 受理日 2018年11月1日
JAHS x (x): xx-xx, xxxx. Submitted July. 9, 2018. Accepted Nov. 1, 2018.

ABSTRACT:

The purpose of this study was to investigate the differences in quadriceps muscle activity between front bridges with and without upper limb support while using the distal tibia as a fulcrum. Participants were 13 healthy university students. Surface electromyography was recorded at the rectus femoris, vastus lateralis, and vastus medialis oblique, and weightbearing load on the distal tibia was measured. Statistical analysis was performed using paired t-test. Quadriceps activity during front bridges was significantly higher without upper limb support than with upper limb support ($p < 0.01$), while weightbearing load on the distal tibia during front bridges was significantly lower without upper limb support than with upper limb support ($p < 0.01$). These results suggest that front bridges without upper limb support are more effective in strengthening the quadriceps muscle.

Key words: front bridge (FB), quadriceps muscle, electromyography

要旨:

下腿遠位を支点とするフロントブリッジ運動 (FB) について、両上肢で支持した場合と支持しない場合における大腿四頭筋活動を比較することを目的とした。対象は健常大学生 13 名とした。FB を上肢支持ありと上肢支持なしの 2 条件で実施し、大腿直筋、外側広筋、内側広筋斜頭の筋活動量と下腿遠位支点部分の荷重量を測定した。統計学的解析には、対応のある t 検定を用いた。筋活動量は、上肢支持ありに比べ支持なしの方がすべての被験筋で有意に高値を示した ($p < 0.01$)。一方、下腿遠位支点部分の荷重量は、上肢支持ありに比べ支持なしの方が有意に低値を示した ($p < 0.01$)。FB を大腿四頭筋の強化を目的に行う際は、上肢支持は伴わない方が効果的であることが示唆された。

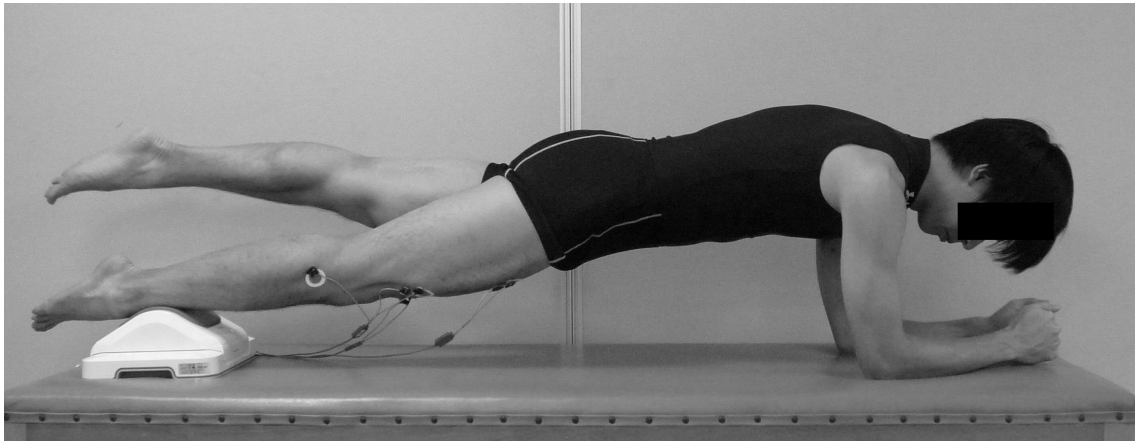
キーワード: フロントブリッジ, 大腿四頭筋, 筋電図

はじめに

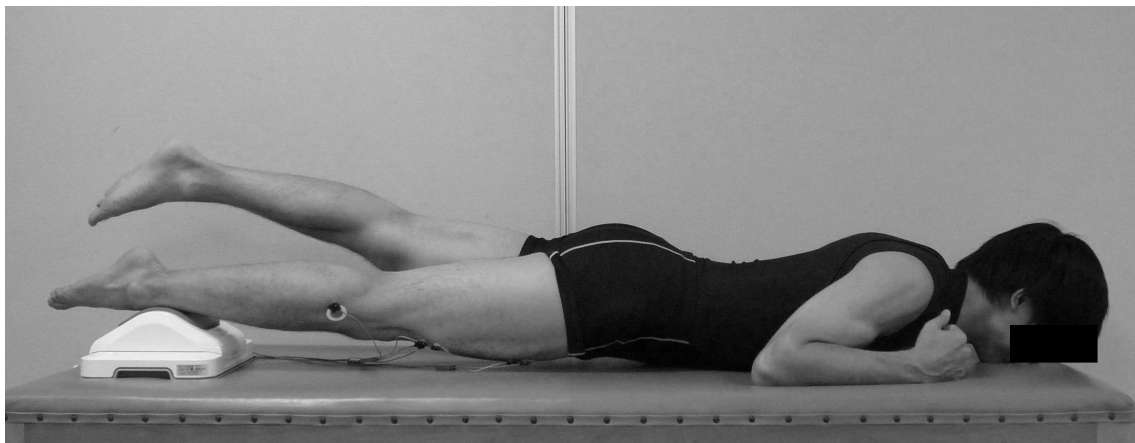
腹臥位で両肘と両足趾の 4 点で身体を持ち上げて支えるフロントブリッジ運動 (Front bridge exercise ; 以下, FB) は、体幹のトレーニングとして広く普及している¹⁻⁵⁾。我々は FB について、下肢の支点を両足趾から一側の下腿近位に変更することで、前十字靭帯 (Anterior cruciate ligament ; 以下, ACL) 再建膝の最終伸展域における安全で有効な大腿四頭筋の強化運動が可能であることを報告した⁶⁾。さらに、下肢の支点を一側の下腿遠位とした FB は、後十字靭帯不全膝における安全な大腿四頭筋の強化運動であることを報告した⁷⁾。このように、下腿前面を支点として行う FB は、体幹のみならず大腿四頭筋の強化運動としても有用であることが明らかとなっている。

一方、日本の高齢化率は 2015 年に 26.6% に達し⁸⁾、2065 年には 38.4% まで増加すると推計されている⁹⁾。関節疾患は高齢者が要介護に至る原因の第 5 位であり、要支援では最も多い原因である¹⁰⁾。関節疾患の中でも、変形性膝関節症 (Osteoarthritis of the knee ; 以下, 膝 OA) の発生頻度は極めて高く、有病者数は 2,530 万人に

及ぶと推計されている¹¹⁾。大腿四頭筋の筋力低下は、こうした高齢者の歩行能力¹²⁾や膝 OA の発症¹³⁾および進行¹⁴⁾に影響することが示唆されており、高齢者における大腿四頭筋筋力を維持、向上させることは極めて重要である。その方法として、高齢者も若年者と同様に、レジスタンストレーニングによって筋力および筋量が増加することが報告されている¹⁵⁾。また、筋力増強に効果的な運動強度は、一般的には最大随意収縮 (Maximum voluntary contraction : 以下, MVC) 時の 60% 以上とされている¹⁶⁾。膝 OA 患者における大腿四頭筋の強化方法として、下肢伸展挙上 (Straight leg raising ; SLR) 運動が推奨されているものの^{17,18)}、SLR 時の大腿四頭筋の筋活動量は 11~24%MVC と低値である¹⁹⁾。一方、下腿を支点とする FB では、大腿四頭筋の筋活動量は 90%MVC 以上になることから⁶⁾、膝 OA 患者をはじめとした高齢者に対する大腿四頭筋の強化運動として FB が有効と考えられる。しかしながら、一般的な FB は両上肢により体幹を支持するため¹⁻⁵⁾、高齢者や体幹筋力が弱い症例では遂行が困難であることを経験する。そこで、上部体幹を床面に接地させて両上肢で支持しない、高齢者でも遂行可能な FB を着想した。しかしながら、こうした運動



a. Front bridge with upper limb support



b. Front bridge without upper limb support

Fig.1. Front bridge with the distal tibia as a fulcrum

様式により、十分な大腿四頭筋活動が得られるかを検討した報告は、渉猟し得た範囲では見当たらない。

本研究は、両上肢で支持しないFBの臨床応用に向けた予備的研究として、下腿遠位を支点とするFBについて、青年男女を対象として、両上肢支持の有無による大腿四頭筋活動の違いを明らかにすることを目的とした。

対象と方法

1. 対象

ま保持させた。この際、体幹が回旋しないように指示した。測定は利き足で行い、条件は上肢支持あり(図1a)と上肢支持なし(図1b)の2種類とし、筋活動量と支点にかかる荷重量を測定した。

対象は、上下肢および体幹に整形外科的疾患の既往のない健常大学生13名(男性7名、女性6名;平均年齢20.0歳、身長 163.2 ± 7.3 cm、体重 58.8 ± 9.0 kg)とした。本研究はヘルシンキ宣言に基づいて計画され、被験者には本研究の趣旨と内容を説明し、同意を得た上で測定を行った。

2. 方法

1) 運動方法

課題は下腿遠位を支点とするFBとした(図1)。運動は膝関節を伸展することで、支点を下に押しつけるよう指示した。対側下肢は膝関節伸展位のまま股関節を軽度伸展させ、後方に挙上させた。上肢支持ありでは、肩関節および肘関節を約 90° 屈曲位とし、前腕は回内外中間位で前腕から手部の尺側を床面に接地させ、骨盤が床から20cm以上離れるまで膝伸展運動を指示した。この際、矢

Table.1 Quadriceps muscle activity (% maximum voluntary contraction) during front bridges with or without upper limb support

	With upper limb support	Without upper limb support	p value
Rectus femoris	70.7 ± 30.0	83.3 ± 23.7	< 0.001**
Vastus lateralis	38.8 ± 13.7	64.1 ± 21.5	< 0.001**
Vastus medialis oblique	35.3 ± 15.2	60.9 ± 22.7	0.003**
mean ± standard deviation			** : p<0.01

Table.2 Weightbearing load on the distal tibia during front bridges with or without upper limb support

	With upper limb support	Without upper limb support	p value
Weightbearing load (%BW)	27.7 ± 2.2	23.3 ± 3.3	0.004**
mean ± standard deviation			** : p<0.01

状面上で頭部に対して骨盤が著しく上方に位置しないよう指示した。また上肢支持なしでは、胸部および両前腕を床面に接地させたまま、骨盤ならびに腹部が床面からわずかに挙上するまで膝伸展運動を指示した。なお、両条件とも頸部は中間位から軽度伸展位とした。

2) 筋活動および支点にかかる荷重量の測定

筋活動測定には、表面筋電計 TeleMyo G2 (Noraxon 社製) を用いた。サンプリング周波数は 1000Hz とし、バンドパスフィルターは 10~500Hz とした。被験筋は大腿直筋 (Rectus femoris; 以下, RF), 外側広筋 (Vastus lateralis; 動装置 BIODEX SYSTEM 3 (Biodex Medical Systems 社製) を使用し、下腿遠位を抵抗位置とした膝用アタッチメントを用いた。運動様式は等尺性の膝関節伸展運動とし、膝関節角度は屈曲 20 度に設定した。十分な練習を行った後に 3 秒間の最大筋力の測定を 1 回行った。次に上肢支持ありと上肢支持なしの FB をそれぞれ 3 秒間ずつ 3 回実施した。課題の順序はランダムとし、各試行間には十分な休憩をとった。あわせて、上肢にかかる負荷や上部体幹の支持面にかかる荷重量を推察するため、下腿遠位支点に加わる荷重量を測定した。測定は下腿遠位の支点に訓練機能付下肢筋力測定器ロコモスキャン (アルケア社製) を設置し、運動遂行中に支点にかかる力 (N) を測定した。

3) データ解析

筋電図の波形解析には、解析ソフトウェア

以下, VL), 内側広筋斜頭 (Vastus medialis Oblique; 以下, VMO) とし、双極誘導により筋電図波形を導出した。アルコール綿と皮膚研磨剤を用いて十分に皮膚処理を行った後、銀 - 塩化銀のディスプレイ電極 Blue Sensor (Ambu 社製) を電極中心間距離 20mm で貼付した。電極貼付位置は下野²⁰⁾の方法に基づき、RF は上前腸骨棘と膝関節を結ぶ線の約中央, VL は膝蓋骨の約 3~5cm 上方, VMO は膝蓋骨上端から約 2cm 内側で約 55° 傾斜した位置とし、いずれも筋線維の走行に沿って設置した。

測定は、まず各被験筋の MVC 時の筋活動量を測定した。MVC の測定には多用途筋機能評価運 MyoReserch XP (Noraxon 社製) を用いた。各課題で得られた生波形は整流処理を行い、波形の安定した 1 秒間の積分筋電図 (Integrated electromyogram; IEMG) を算出した。さらに 3 試行分の平均値を代表値とし、MVC 時の筋電図積分値を 100%として正規化した (%MVC)。また、ロコモスキャンによって得られた値は kg 換算したのち、3 試行分の平均値を代表値として体重比 (%BW) を求めた。

4) 統計学的解析

上肢支持ありと上肢支持なしの条件間における、筋活動量と下腿遠位支点の荷重量の差を対応のある t 検定を用いて検討した。統計解析には EZR version 1.30²¹⁾を用いて、有意水準は 5%とした。

結果

上肢支持ありと上肢支持なしにおける各被験筋の%MVCを表1に、下腿遠位支点の荷重量を表2に示した。%MVCは、上肢支持ありに比べ上肢支持なしがすべての被験筋で有意に高値を示した ($p < 0.01$)。一方で下腿遠位支点の荷重量は、上肢支持ありに比べ上肢支持なしが有意に低値を示した ($p < 0.01$)。

考察

本研究の結果、大腿四頭筋の%MVCは上肢支持なしのFBが有意に高値を示した。上肢支持なしのFBでは、骨盤および大腿部を拳上する手段として一側の膝伸展力のみで行っており、大腿四頭筋による強い収縮力が求められたと考えられた。一方、上肢支持ありのFBでは、両上肢支持によって体幹の位置が高いため、大腿部の拳上は体幹および股関節の屈曲運動で行うことが可能である。測定の結果、上肢支持ありのFBにおける各筋の%MVCは、RFが約71%であったものの、VLは約39%、VMOも約35%であった。これは二関節筋であるRFは股関節屈曲の作用を持つため高値を示したが、膝関節伸展の作用しか持たない単関節筋であるVLおよびVMOでは低値を示したと考えられ、筋力増強に効果的な運動強度とされる60%のMVCを下回っていた。一方、上肢支持なしのFBではRFが約83%、VLが約64%、VMOも約61%であり、いずれも筋力増強に効果的な運動強度とされる60%のMVCを上回っていた。なお、ACL不全症例を対象にした中江ら⁶⁾の報告では、下腿遠位を支点としたFBにおける健常側の大腿四頭筋の%MVCはいずれも90%を上回っていたが、これは下腿遠位支点の下にさらに約15cmの台を配置しており、本研究における条件よりも高い位置まで下半身を拳上しなくてはならないため、大腿四頭筋に強い収縮力が求められたためと考えられた。以上のことから、大腿四頭筋の筋力増強を目的として下腿遠位を支点としたFBを行う際には、上肢支持を伴わない方が有効であることが示唆された。よって、両上肢で支持しないFBは、若年者から高齢者まで幅広い対象者に対する大腿四頭筋の筋力増強運動と

して有効である可能性が示唆された。

また、下腿遠位支点の荷重量は上肢支持ありのFBが有意に高値を示し、%MVCと異なる結果となった。上肢支持なしのFBは上体前面が床面に接地していたことで、上肢支持ありのFBに比べ重心は頭側に位置していたと推察された。また上肢支持ありのFBでは、一側の下腿遠位に平均27.7%BWが負荷され、残りを左右の前腕で支持していたため、両前腕にはそれぞれ平均36.2%BWの荷重量が加わっていたと推測される。しかし上肢支持なしのFBでは、一側下肢に平均23.3%BWが負荷され、残りの76.7%BWは広い上体支持面で保持していると考えられる。これらをまとめると、上肢支持なしのFBは、姿勢保持を片脚の膝伸展に依存するために大腿四頭筋の%MVCは高値であるが、上肢にかかる負荷は小さいことから、高齢者にも安全にFBを施行することが可能な運動方法である可能性が示唆された。

本研究の限界として、対象が健常な若年成人であり、本研究結果を高齢者や膝OA患者にまで一般化できない点が挙げられる。今後は高齢者や膝OA患者を対象とした運動介入を実施し、両上肢で支持しないFBの大腿四頭筋の筋力増強としての有効性について検証していく必要があると考えられた。

結語

本研究では、下腿遠位を支点とするFBについて、両上肢で支持した場合と支持しない場合における大腿四頭筋の筋活動量(%MVC)の違いを検討した。その結果、大腿四頭筋の筋活動量は、両上肢で支持するFBに比べ支持しないFBの方が大きいことが明らかとなった。

本研究は、平成25~27年度科学研究費補助金基盤研究(C)「膝関節疾患に対する安全かつ有効な膝伸筋トレーニングの開発」の一部として行われた。

謝辞：稿を終えるにあたり、本研究に際しご指導いただきました大阪保健医療大学 境隆弘教授にこの場をお借りして深謝いたします。また、本研究にご協力いただきました行岡病院の構井健二先生、久穂正樹先生に心より感謝いたします。

文献

- 1) Fredericson M, Moore T: Muscular balance, core stability, and injury prevention for middle- and long-distance runners. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 16: 669-689, 2005.
- 2) Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC: Electromyographic Analysis of Core Trunk, Hip, and Thigh Muscles During 9 Rehabilitation Exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* 37: 754-762, 2007.
- 3) Cowley PM, Fitzgerald S, Sottung K, et al.: Age, weight, and the front abdominal power test as predictors of isokinetic trunk strength and work in young men and women. *J Strength Cond Res* 23: 915-925, 2009.
- 4) Tong TK, Wu S, Nie J: Sport-specific endurance plank test for evaluation of global core muscle function. *Phys Ther Sport* 15: 58-63, 2014.
- 5) 岡田隆, 石井直方 (監修): 体幹トレーニング・メソッド コア 本当の鍛え方。 pp23-24, ベースボールマガジン社, 2011.
- 6) 中江徳彦, 小柳磨毅, 佐藤睦美・他: 腹臥位での下腿支持ブリッジによる大腿四頭筋訓練が前十字靭帯不全膝の脛骨前方移動に及ぼす影響. *臨床バイオメカニクス* 30: 425-430, 2009.
- 7) Sakai T, Koyanagi M, Nakae N, et al.: Evaluation of a new quadriceps strengthening exercise for the prevention of secondary cartilage injury in patients with PCL insufficiency: Comparison of tibial movement in prone and sitting positions during the exercise. *Br J Sports Med* 48: 656, 2014.
- 8) 総務省統計局: 平成 27 年国勢調査. <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/kekka.html> (閲覧日 2018 年 11 月 1 日)
- 9) 国立社会保障・人口問題研究所: 日本の将来推計人口 (平成 29 年推計). http://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp_zenkoku2017.asp (閲覧日 2018 年 11 月 1 日)
- 10) 厚生労働省: 平成 25 年国民生活基礎調査. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/index.html> (閲覧日 2018 年 11 月 1 日)
- 11) Yoshimura N, Muraki S, Oka H, et al.: Prevalence of knee osteoarthritis, lumbar spondylosis and osteoporosis in Japanese men and women: the research on osteoarthritis/osteoporosis against disability (ROAD). *J Bone Miner Metab* 27: 620-628, 2009.
- 12) 坂田悍教: 地域在住高齢者の歩行能力に関する横断的・縦断的分析. *医学のあゆみ* 236: 339-344, 2011.
- 13) 渡辺博史, 古賀良生, 大森 豪・他: 膝伸展筋力の加齢変化と変形性膝関節症との関連. *運動療法と物理療法* 18: 286-291, 2007.
- 14) Øiestad BE, Juhl CB, Eitzen I, et al.: Knee extensor muscle weakness is a risk factor for development of knee osteoarthritis. A systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage* 23: 171-177, 2015.
- 15) Fiatorone MA, Marks EC, Ryan ND, et al.: High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA* 263: 3029-3034, 1990.
- 16) 市橋則明: 運動療法学 - 障害別アプローチの理論と実際, 第 2 版. p224-225, 文光堂, 2014.
- 17) 清水直史, 黒沢尚, 星川吉光: 伸脚下肢挙上訓練による変形性膝関節症の治療. *整形外科* 42: 646-654, 1991.
- 18) 岩谷力, 赤居正美, 黒澤尚・他: 変形性膝関節症に対する大腿四頭筋訓練の効果に関する RCT. *リハビリテーション医学* 43: 218-222, 2006.
- 19) 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負荷量, 対側下肢肢位, SLR 角度の影響. *運動療法と物理療法* 10: 141-146, 1999.
- 20) 下野俊哉: 表面筋電図マニュアル - 基礎編. p113, 酒井医療, 2004.
- 21) Kanda Y: Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant* 48: 452-458, 2013.