

垂直跳び動作における大腿直筋および 大腿二頭筋の筋活動の左右差

升 佑二郎¹⁾ 駒 形 純 也¹⁾
村 松 憲¹⁾ 山 本 泰 宏¹⁾

Differences in Rectus Femoris and Biceps Femoris Activity during a Vertical Jump between the Dominant and Non-dominant Legs

MASU Yujiro, KOMAGATA Jyunya
MURAMATSU Ken, YAMAMOTO Yasuhiro

抄 録

(Object) 本研究では、垂直跳び動作における大腿直筋および大腿二頭筋の筋活動の左右差について検討した。

(Methods) 各被験者（健常者 10 名）には最大努力による垂直跳びを行わせ、その際の左右の大腿直筋および大腿二頭筋の筋活動を測定した。動作開始から膝関節最大屈曲位、膝関節最大屈曲位から足趾離地までの局面における RMS を算出した。

(Results) 大腿直筋では利き足の方が非利き足よりも有意に高い値を示したものの ($p < 0.05$)、大腿二頭筋には有意差は認められなかった。さらに、大腿直筋の RMS 当たり的大腿二頭筋の RMS の比率は、利き足の方が非利き足よりも有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。

(Conclusion) これらのことから、利き足側の大腿直筋を優位に活動させることにより、両側性の力発揮に伴う筋力低下を防ぎ、さらに、同時収縮を行うことにより、関節のステイフネスを増加させ、膝関節運動を安定させていると考えられた。

和文キーワード：垂直跳び

大腿直筋

大腿二頭筋

筋電図

1) 健康科学大学 健康科学部 理学療法学科

はじめに

左右同時に力発揮をした際の最大筋力の合計値よりも左右一側ずつ最大筋力を発揮した際の合計値の方が、発揮される筋力は大きいことが報告されている⁹⁾。この左右同時に力発揮をすることにより、両側性筋力が低下する現象は、左右の大脳半球間における抑制作用が生じ¹¹⁾、中枢性神経活動が低下¹⁰⁾することが一因として考えられている。

両側の下肢による屈曲－伸展動作が行われる垂直跳びは、体力面を評価する際に有効である⁷⁾。また、垂直跳びを行う際にしゃがみ込むことにより、下肢においては伸張性収縮に先立ち短縮性収縮が行われ、筋紡錘が伸ばされる。伸ばされた筋紡錘は縮むように、脊髄に信号を送り、伸張性収縮を行う際の収縮速度を促進させることができる (Stretch-shortening-cycle；以下 SSC)⁶⁾。この SSC 運動を効果的に用いることにより、跳躍距離が増加する。このような垂直跳びにおいて、バランスよく真上に跳ぶためには、左右の下肢筋が協調し、活動することが求められると予測される。一方、両側性の筋力発揮を求められる垂直跳び動作は、左右の大脳半球感の抑制に伴う筋力低下が生じている可能性がある⁴⁾と推察される。また、筋力は動作に伴う筋群の協調、運動単位の動員数などの因子によって決定されると考えられる⁴⁾。これらのことから、両側性の筋力発揮が行われる垂直跳びにおいては、抑制作用により左右の下肢筋力が低下している可能性がある⁴⁾と予測され、筋力に関わる筋の協調性や運動単位の動員数などに何らかの影響を与えていると推察される。この垂直跳び動作時における下肢の筋活動様相について検討することは、両側性の筋力発揮を伴う動作に関する左右の筋の協調性や運動単位の動員パターンに関する電気生理学的

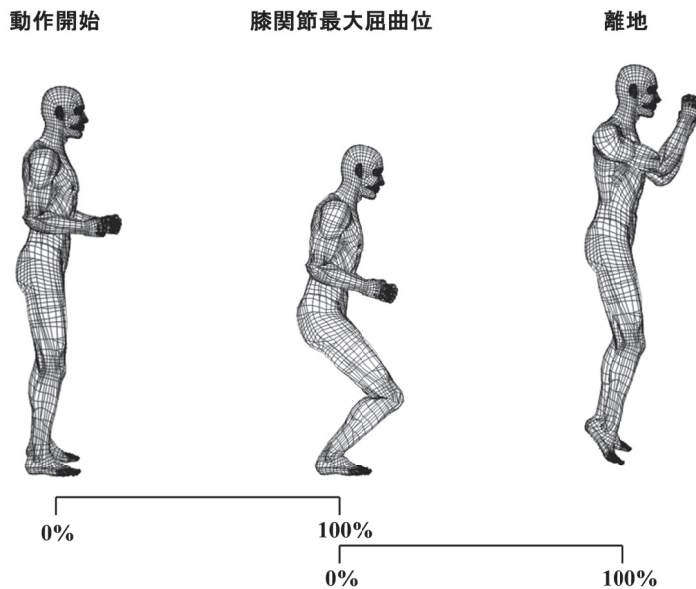


図 1 垂直跳び動作の概略図

な知見を得る上で重要であると考えられる。

そこで、本研究では、垂直跳び動作時における大腿直筋および大腿二頭筋の筋活動について検討し、左右の大腿筋活動の差異について明らかにすることを目的とした。

II 方法

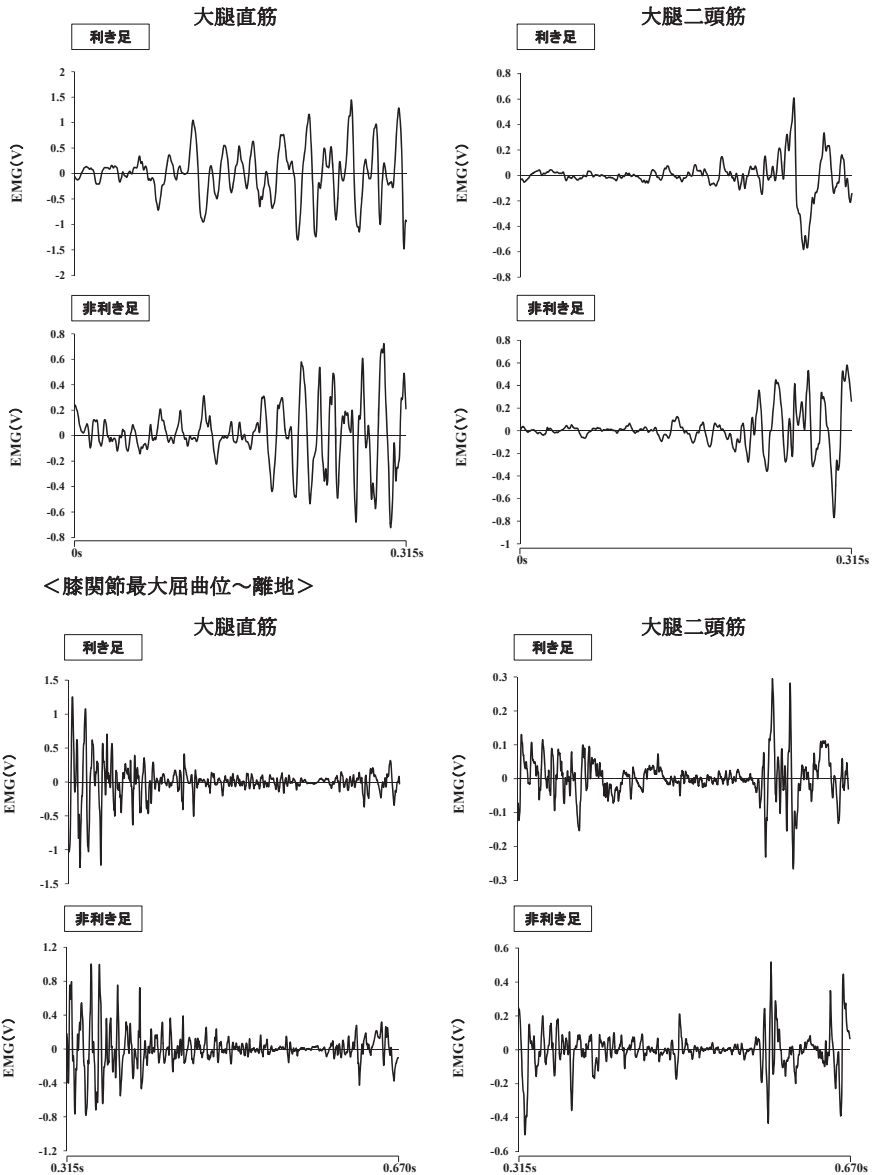


図2 大腿直筋および大腿二頭筋におけるEMG値の変化

1. 被験者

被験者は健康な男性 10 名とした (年齢: 19.6 ± 0.5 歳、身長: 172.1 ± 5.1 cm、体重: 64.7 ± 7.8 kg、全員右利き)。なお、全被験者には、測定に関する目的および安全性について説明し、任意による測定参加の同意を得た。本研究は、健康科学大学研究倫理評価委員会の承認を受けた (承認番号第 1 号)。

2. 筋活動の測定

各被験者には最大努力による垂直跳びを行わせ、その際の左右の大腿直筋および大腿二頭筋の筋活動を測定した。測定により得られた EMG 信号は増幅器 (Myo System 1200; NORAXON) を介して増幅したのち、A/D 変換器 (Powerlab; 日本光電) を介し、サンプリング周波数 4kHz にてコンピュータに取り込んだ。

EMG 測定に際し、動作局面を確認するために、ウェブカメラ (30Hz) をコンピュータ上で同期した。

さらに、徒手筋力検査法¹³⁾を参考にし、最大筋力発揮時の大腿直筋および大腿二頭筋の

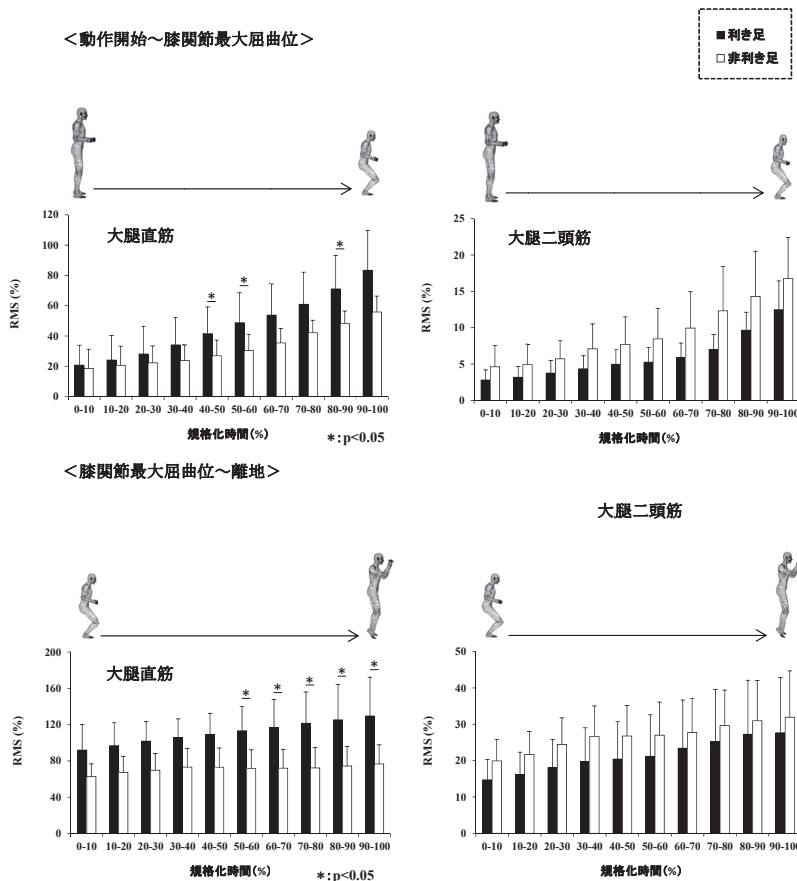


図 3 大腿直筋および大腿二頭筋における MVC 当たりの RMS 値

筋活動 (maximal voluntary contraction ; MVC) を測定した。

3. 波形処理

EMG 信号の解析には Labchart を使用し、得られた EMG 波形を時定数減衰 0.01 で積分することで、iEMG を求めた。また、分析区間の RMS を算出した後、この値を MVC 時の最大 iEMG 値に対する比率として求めた。

4. データの規格化・平均化と統計処理

本研究の RMS のデータは、動作開始を 0% とし、膝関節最大屈曲位に達した時点までを 100% として規格化した (図 1)。さらに、膝関節最大屈曲位を 0% とし、足趾が床から離地した時点までを 100% として規格化した。

利き足および非利き足における 2 群の比較には、Student、T-test を用いた。有意水準は危険率 5% 未満とした。

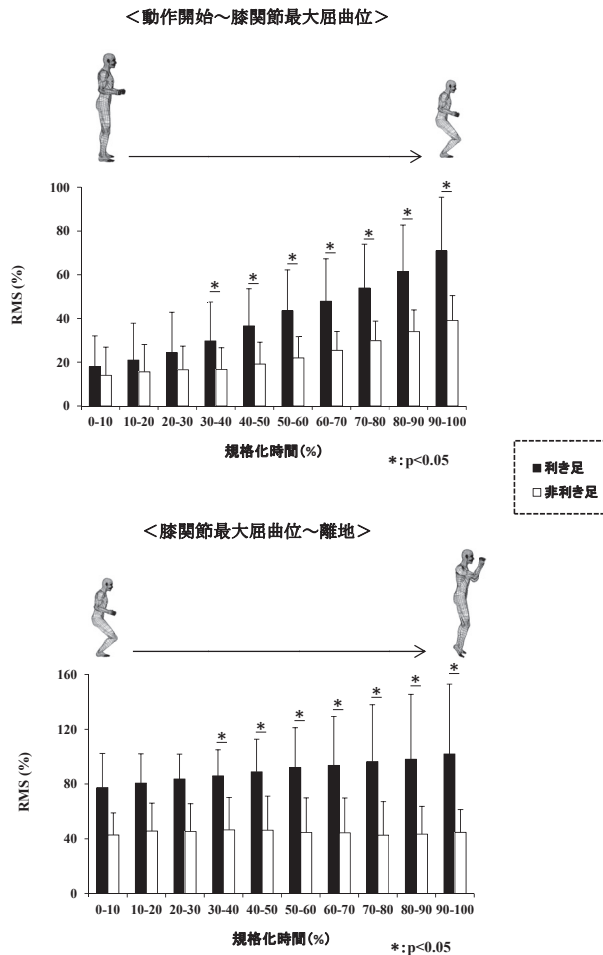


図 4 大腿直筋の RMS 値当たり的大腿二頭筋の RMS 値の比率

Ⅲ 結果

代表的な被験者における大腿直筋および大腿二頭筋のEMG値の変化を図2に示した。動作開始から膝関節最大屈曲位までの局面では、最大屈曲位付近において大腿直筋と大腿二頭筋が同時に活動する傾向がみられた。さらに、膝関節最大屈曲位から足趾離地までの初期局面では、大腿直筋と大腿二頭筋が同時に活動する傾向がみられたものの、離地付近では大腿直筋の活動が低下し、大腿二頭筋の活動が増加する傾向がみられた。

大腿直筋および大腿二頭筋におけるMVC当たりのRMS値の比率を図3に示した。動作開始から膝関節最大屈曲位までの局面では、大腿直筋の40%から60%、80-90%区間において、利き足の方が非利き足よりも有意に高い値を示した ($p<0.05$)。しかしながら、大腿二頭筋には利き足と非利き足の間には有意差が認められなかった。さらに、膝関節最大屈曲位から足趾離地までの局面では、大腿直筋の50%から100%区間において、利き足の方が非利き足よりも有意に高い値を示した ($p<0.05$)。しかしながら、大腿二頭筋には利き足と非利き足の間には有意差が認められなかった。

大腿直筋と大腿二頭筋のRMS値の比率を利き足と非利き足とで比較したものを図4に示した。動作開始から膝関節最大屈曲位までの局面では、30%から100%区間において、利き足の方が非利き足よりも有意に高い値を示した ($p<0.05$)。さらに、膝関節最大屈曲位から足趾離地までの局面においても、30%から100%区間において、利き足の方が非利き足よりも有意に高い値を示した ($p<0.05$)。

考察

垂直跳びのような跳躍能力は走り幅跳びの跳躍距離¹²⁾や走速度³⁾に影響し、体方面を評価する際の指標になる。尹ほか¹⁴⁾は、傾斜角度の異なる着地面におけるリバウンドドロップジャンプについて着目し、接地100msから接地時までの予備緊張局面および伸張局面の腓腹筋と前脛骨筋の筋活動を測定した。その結果から、跳躍トレーニング経験者は着地時における伸張負荷に対する適応が改善されることが報告されている。例えば、跳躍トレーニングを行うことにより、着地時の腓腹筋-アキレス腱複合体のスティッフネスを強化するための運動単位が瞬間的に同期するようになり、主動筋と拮抗筋の切り替わりが素早く行われるようになる⁸⁾。このように跳躍トレーニングを行うことにより、着地時の神経筋制御が改善されることが明らかになっている。一方、本研究では、垂直跳び時における動作開始から膝関節最大屈曲位までの局面とその後から足が床から離れるまでの局面について検討した。主動筋が拮抗筋の活動を抑制する相反性抑制を考慮すると⁵⁾、垂直跳び動作における膝関節の屈曲-伸張運動を円滑に行うためには、大腿直筋が活動した際には大腿二頭筋の活動が停止する必要がある。しかしながら、垂直跳び時の筋活動は、膝関節最大屈曲位に達する前後の局面において、大腿直筋と大腿二頭筋が同時に活動する同時収縮の現象

がみられた。この主動筋と拮抗筋が同時に収縮することは、関節のスティッフネスを増加させる作用があり、関節運動の安定性が高まる^{1) 2)}。即ち、相反性抑制が生じる効果は、関節を効率良く動かすためであるのに対し、同時収縮が生じる効果は関節運動を安定させることであると考えられる。従って、垂直跳び時に大腿直筋と大腿二頭筋が同時に収縮することにより、膝関節運動を安定させることができ、伸展時に瞬間的に大きな力をバランスを崩さずに発揮することができると推察された。

一般的に、利き側は非利き側よりも巧緻性や力発揮能力に優れている。従って、利き側と非利き側とは巧緻性や力発揮能力に関わる神経制御機能に差が生じており、利き側の方が非利き側よりも運動単位の同期性や動員パターンが優れている可能性があるとして予測される。本研究における垂直跳び時の利き側と非利き側の RMS 値を比較すると、大腿直筋においては利き側の方が非利き側よりも有意に高い値を示す区間が認められた。従って、垂直跳び時における大腿直筋の筋活動は、利き足の方が非利き足よりも動員された運動単位数が多いということが示された。この要因について、垂直跳び時に両側の筋群を同時に活動させ、力発揮をさせることは大脳半球間における抑制作用から生じる筋力低下を招く可能性があるとして推察される¹¹⁾。従って、大腿直筋の利き足側を優位に活動させることにより、両側性の力発揮に伴う筋力低下を防ぎ、効率良く跳躍パフォーマンスを行う効果があるのではないかと推察された。また、大腿直筋の RMS 値当たり的大腿二頭筋の RMS 値の比率を利き足と非利き足で比較した結果、利き足の方が非利き足よりも有意に高い値を示す区間が認められた。このことは利き足側の方が非利き足側よりも主動筋と拮抗筋の活動量に差が少ないということを示している。上述したように、垂直跳び時における利き足側の筋活動量は非利き足側よりも有意に高いことから、利き足側の膝関節運動をより安定させることが跳躍パフォーマンスの優劣に影響すると推察される。従って、膝関節運動の安定性を高めるために、利き足側の方が非利き足側よりも大腿直筋当たり的大腿二頭筋の活動を増加させ、関節のスティッフネスを高めている可能性があると考えられた。

参考文献

- 1) Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'Ambrosia R. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *The American Journal of Sports Medicine*. 16 (2) : 113-122, 1988.
- 2) Gribble PL, Mullin LI, Cothros N, Mattar A. Role of cocontraction in arm movement accuracy. *Journal of Neurophysiology*. 89 : 2396-2405, 2003.
- 3) 岩竹淳, 北田耕司, 川原繁樹, 図示浩二 : ジャンプトレーニングが思春期後期にある男子生徒の疾走能力に与える影響. *体育学研究*. 53 : 353-362, 2008.
- 4) 金子公宥, 福永哲夫 : バイオメカニクス-身体運動の科学的基礎. 杏林書院, 東京, pp35-49, 2004.
- 5) 加藤宏司, 後藤薫, 藤井聡, 他 : 神経科学-脳の探求. 西村書店, 東京, pp346, 2007.
- 6) Komi PV : The stretch-shortening cycle and human power output. In : Normal LJ et al eds, *Human*

- Muscle Power. Human Kinetics, pp27-39, 1986.
- 7) Marta CC, Marinho DA, Barbosa TM, et al. : Effects of body fat and dominant somatotype on explosive strength and aerobic capacity trainability in prepubescent children.
 - 8) Milner-Brown HS, Stein RB, Yemm R : Changes in firing rate of human motor units during linearly changing voluntary contractions. J. Physiol. 230 : 359-370.
 - 9) Oda S, Moritani T : Movement-related cortical potentials during hand grip contractions with special reference to force and electromyogram bilateral deficit. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 72 : 1-5, 1995.
 - 10) Oda S : Motor control for bilateral muscular contractions in man. Jpn J Physiol. 47 : 487-498, 1997.
 - 11) Ohtsuki T : Decrease in human voluntary isometric arm strength induced by simultaneous bilateral exertion. Behav Brain Res. 7 : 165-178, 1983.
 - 12) 大宮真一, 木越清信, 尾縣貢 : リバウンドジャンプ能力が走り幅跳び能力に及ぼす影響. 小学校6年生を対象として. 体育学研究. 54 : 55-66, 2009.
 - 13) 津山直一, 東野修治 : 徒手筋力検査法. 協同医書出版社, 1988.
 - 14) 尹聖鎮, 田内健二, 高松薫 : 傾斜面でのリバウンドドロップジャンプにおける腓腹筋-アキレス腱複合体の神経筋活動. 跳躍トレーニング経験の相違に着目して. 体育学研究. 48 : 15-25, 2003.

Abstract

[Objective] To examine differences between the dominant and non-dominant legs in the rectus femoris and biceps femoris activities during a vertical jump.

[Methods] Ten healthy participants were instructed to perform their highest vertical jumps. The activities of the rectus femoris and biceps femoris during the jump were measured in both legs. The changes during the following phases were then obtained by calculating root means squares (RMSs): from the start of jumping to the maximum knee flexion, and from the maximum knee flexion to toe-off.

[Results] While the rectus femoris showed significantly greater change in the dominant leg compared to those in the non-dominant leg ($p < 0.05$). On the other hand, no significant differences were observed in the biceps femoris between the legs. The biceps femoris/rectus femoris ratio of the RMS was significantly higher in the dominant leg than that of the non-dominant leg ($p < 0.05$).

[Conclusion] These results suggest that a decrease in muscle strength due to bilateral muscle power output may be prevented by increasing the activity level of the rectus femoris in the dominant leg. Furthermore, simultaneous contraction of the biceps femoris in both legs may increase joint stiffness, which in turn stabilizes the activity of the knee joints.

Key words : Vertical jump

Musculus rectus femoris

Musculus biceps femoris

Electromyogram

