

片脚立ち上がりテストにおける 膝屈曲筋力の重要性について

Importance of knee flexion muscle strength in the single-leg standing test

上池浩一*^{1,2}, 森 孝久*¹, 藤岡宏幸*³
吉矢晋一*⁴, 川口浩太郎*³

キー・ワード : single-leg standing test, knee flexion muscle strength, HQ ratio
片脚立ち上がりテスト, 膝屈曲筋力, HQ 比

〔要旨〕 片脚立ち上がりテスト (SLST) の成績に膝伸展・屈曲筋力が与える影響について検討した。対象は下肢関節症状を認めない 56 肢で、等速性膝伸展・屈曲筋力を測定し、その値から Hamstrings/Quadriceps 比 (HQ 比) を求めた。次に 30cm の高さの台から SLST を行い、クリアできれば 20cm, 10cm とより低い台で実施した。SLST の成績により 3 群に分け、膝伸展・屈曲筋力, HQ 比を比較した。各群で膝屈曲筋力, HQ 比は低い台から立ち上がりができた群ほど高値を示したが、膝伸展筋力ではその傾向は認められなかった。膝屈曲筋力及び HQ 比は片脚立ち上がり動作に必要な因子であることが示唆された。

はじめに

スポーツ活動が起因となった外傷・障害から、選手が元の競技に復帰するためには、疼痛や腫脹がなく、外傷・障害によって失われた関節可動域、筋力、筋量、固有受容覚などの機能が十分に回復していることが条件となる。特に膝前十字靭帯損傷や半月板損傷、肉離れなど下肢の外傷において筋力の回復は重要な因子となり、回復の程度によって選手に許可する運動レベルが決定されることが多い。

下肢筋力は等速性筋力測定機器を用いて open kinetic chain で評価され、先行研究においてもスポーツ活動時に必要とされる筋力値が報告されている¹⁻⁴⁾。しかし、この定量的評価を実施するうえで、高額な等速性筋力測定機器が必要であり、そのため特定の場所でしか実施ができない。また運

動速度や運動回数、運動角度など詳細な条件設定を行わなければならない、評価の簡便性に問題が残る。また、下肢外傷の受傷場面のほとんどが荷重位であり、筋力を指標にスポーツ復帰を検討する場合、closed kinetic chain (以下、CKC) での筋力評価も重要であると考えられる。村永⁵⁾ は、CKC での膝伸展筋力を推定する方法として立ち上がりテストを報告している。また、山本ら⁶⁾ は立ち上がり能力と膝伸展筋の体重支持指数、スポーツレベルについて検討している。その結果、低い台から立ち上がり可能なものほど膝伸展筋力は高く、10cm の台から片脚で立ち上がり可能なのであれば競技スポーツレベルであると報告している。これらの先行研究の結果から、立ち上がりテストは簡便性に優れた CKC での筋力の評価方法であると考えられる。

しかし、臨床現場では膝伸展筋力は十分に回復しているものの、低い台からの片脚での立ち上がりが困難である症例を経験する。このことから、低い台からの立ち上がりには膝伸展筋力以外の因子も影響していることが考えられる。Blaimont ら⁷⁾ は膝屈筋であるハムストリングスは CKC で

*1 整形外科つばさクリニック

*2 兵庫医療大学大学院医療科学研究科

*3 兵庫医療大学リハビリテーション学部理学療法学科

*4 兵庫医科大学整形外科

は膝伸展作用を有すると報告しており、我々は片脚立ち上がりテスト (Single Leg Standing Test, 以下 SLST) の成績には膝伸展筋力に加え、膝屈筋力であるハムストリングスの筋力も影響するのではないかと考えた。

本研究では、SLST の成績とハムストリングスの筋力の関係について検討することを目的とした。

対象と方法

1. 対象

本研究の対象は下肢整形外科疾患を有し、当院でリハビリテーションを施行している 56 名(男性 30 名, 女性 26 名, 平均年齢 21.5 ± 5.4 歳)で、検査側は整形外科疾患を有さない下肢 56 肢とした(表 1)。対象には研究の趣旨を十分に説明し、同意を得て研究を実施した。なお本研究は兵庫医療大学倫理審査委員会の承認を受けて実施した(承認番号第 15011 号)。

2. 評価項目

1) 筋力評価

筋力評価は、等速性筋力測定装置 BIODEX SYSTEM 3 (BIODEX 社製, USA) にて 60deg/sec で対象の等速性膝関節伸展, 屈曲筋力を測定した。得られた値を体重で除した値を算出し

表 1 研究対象者の身体特性

被検者数	56 (男性 30, 女性 26)
年齢 (歳)	21.5 ± 5.4
身長 (cm)	168.8 ± 15.3
体重 (kg)	60.6 ± 16.7

(Nm/kg), 体重比膝伸展筋力(膝伸展筋力), 体重比膝屈筋力(膝屈筋力)を求めた。また膝伸展筋力と膝屈筋力のバランスを評価するため、膝屈筋力を膝伸展筋力で除した値(膝屈筋力/膝伸展筋力 $\times 100$, Hamstrings/Quadriceps 比, 以下, HQ 比)も算出した (%)。

2) SLST

SLST は 30cm の高さの台から実施し、動作が可能であれば 20cm, 10cm とより低い台での SLST を行った。SLST は村永の先行研究⁵⁾と同様の方法で行い、両上肢は胸の前で組み、下腿が床面に対し 70° 前傾するよう座面位置を調整した(図 1)。可能な限り反動を利用しないよう指示し、接地した足部の位置が変化せず、検査側膝関節が内外側に変位せず、起立後 3 秒間静止できればその高さでの SLST が可能と判断した。

3) 解析

分析項目は SLST の成績別に 10cm 群, 20cm 群, 30cm 群の 3 群に分け、膝伸展筋力, 膝屈筋力, HQ 比について多重比較検定 (Steel-Dwass 法) を用い比較検討した。検定には統計解析ソフト (エクセル統計 2012, SSRI, Japan) を使用し、有意水準は 5% とした。

結 果

SLST の成績について、10cm 群は 38 名, 20cm 群は 14 名, 30cm 群は 4 名であった。膝伸展筋力は 10cm 群で 1.98 ± 0.17 Nm/kg, 20cm 群で 2.02 ± 0.14 Nm/kg, 30cm 群で 2.12 ± 0.15 Nm/kg となり、3 群間で有意差は認められなかった(図 2)。

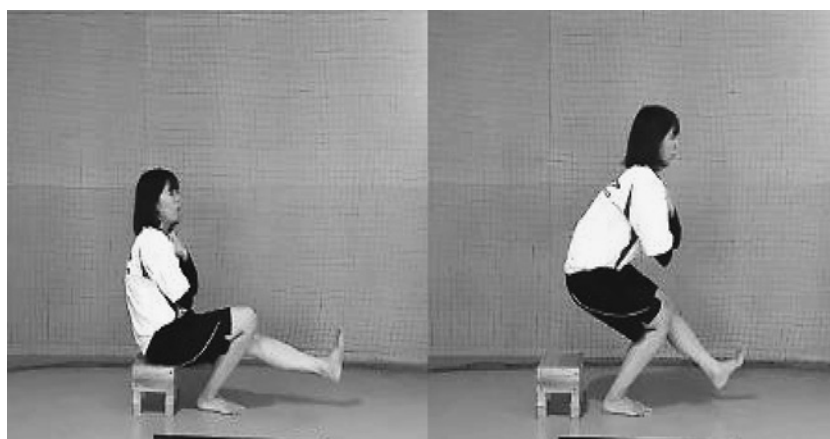


図 1 片脚立ち上がりテスト

完全に立位がとれる高さを「可能」、動作中のふらつきや過度に立脚側膝が内外側に偏位した場合、挙上側下肢が床に接した場合を「不可」と判定。

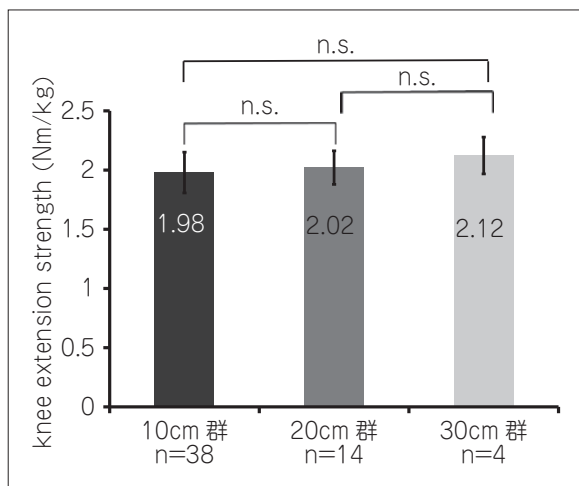


図2 SLSTの成績と膝伸展筋力
SLSTの成績による膝伸展筋力に差は認めなかった。

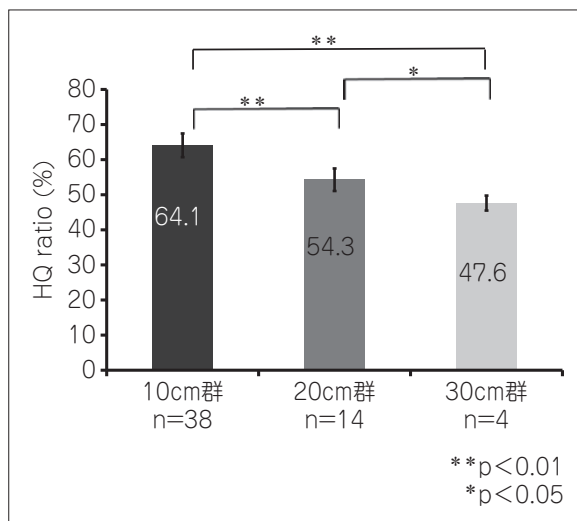


図4 SLSTの成績とHQ比
低い台から立ち上がり可能な群ほどHQ比は高値を示した。

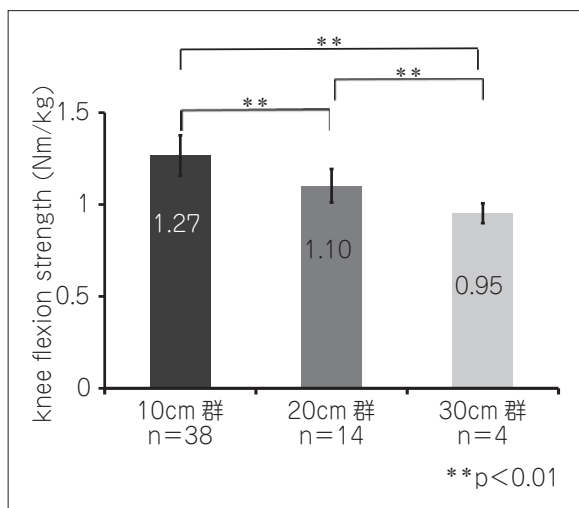


図3 SLSTの成績と膝屈筋力
低い台から立ち上がり可能な群ほど膝屈筋力は高値を示した。

膝屈筋力は10cm群で 1.27 ± 0.11 Nm/kg, 20cm群で 1.10 ± 0.09 Nm/kg, 30cm群で 0.95 ± 0.05 Nm/kgとなり, 10cm群と20cm群 ($p < 0.01$), 20cm群と30cm群 ($p < 0.05$), 10cm群と30cm群 ($p < 0.01$)で有意な差が認められた(図3)。HQ比については10cm群で $64.1 \pm 3.27\%$, 20cm群で $54.3 \pm 3.20\%$, 30cm群で $47.6 \pm 2.13\%$ となり, 10cm群と20cm群 ($p < 0.01$), 20cm群と30cm群 ($p < 0.01$), 10cm群と30cm群 ($p < 0.01$)で有意な差が認められた(図4)。

考察

本研究では, 膝伸展筋力, 膝屈筋力, またこ

の両者の比率を表すHQ比を指標にし, SLSTの成績に膝関節周囲筋の筋力が及ぼす影響について検討した。その結果, SLSTの成績によって膝伸展筋力に差は認められなかったが, 膝屈筋力, HQ比については, より低い台からSLSTが可能であった対象ほど有意に高値を示した。

立ち上がりテストに関する先行研究において, 村永⁵⁾や山本⁸⁾は, 立ち上がりテストの成績は膝伸展筋力が影響すると報告している。他の先行研究⁹⁻¹¹⁾でも同様の結果であり, Jonesら¹²⁾はレッグプレスをを用いた総合的な下肢伸展筋力と, 30秒椅子立ち上がりテストの成績には高い相関関係があったと報告している。しかし, 本研究ではSLSTの成績に膝屈筋力が影響していた。先行研究^{5,6,9-11)}では, 立ち上がり能力と膝伸展筋力の関係について検討されているが, それ以外の下肢筋力との関係については検討されていない。また, 対象が高齢者であり, 若年者を対象とした立ち上がりテストと下肢筋力の関係を報告した先行研究は, 我々が渉猟しうる限り見当たらない。高齢者では加齢によって膝伸展筋力のみならず他の下肢筋力の低下も考えられ, 膝伸展筋力だけが立ち上がりテストの結果に影響を及ぼすとは言い難く, 他の下肢筋力と立ち上がりテストの検討も必要になると考えられる。

本研究結果では3群間で膝伸展筋力に差は認められず, 先行研究とは異なる結果を示した。山本⁴⁾は, スポーツ復帰の条件として体重比膝伸展筋

力は1.0以上必要であると報告している。今回の研究ではSLSTの成績に関わらず体重比膝伸展筋力は約2.0となっており、山本ら報告と比較しても、今回の対象は十分な膝伸展筋力を有しているものの、SLSTの成績には差が生じていた。この結果からも、立ち上がり能力には膝伸展筋力だけではなく、他の因子も関係していると考えられる。

立ち上がり動作の初期においては、身体重心の前方移動が必要になる¹³⁾。また離殿以降狭い基底面上での動作となるため、支持側下肢の安定性は重要となる。先行研究では¹⁴⁻¹⁷⁾、膝関節の安定化には膝関節屈筋であるハムストリングスと膝関節伸筋である大腿四頭筋の同時収縮が必要と報告されている。Isearら¹⁸⁾は、スクワット動作における下肢の筋活動について検討し、ハムストリングスは大腿四頭筋に対してcounteractとして働き、脛骨前方剪断力を抑制し、膝関節の安定性に作用すると報告し、他の先行研究^{19,20)}においても同様の結論となっている。したがって、ハムストリングスの筋力は大腿四頭筋に対するcounterforceとして膝関節の安定性に作用すると考えられる。またIsearら¹⁸⁾は、スクワット中のハムストリングスの筋活動は、膝関節屈曲角が増大するほど大きくなると報告している。したがって、膝屈曲角が大きくなる低い台からのSLSTの成績にはハムストリングスの筋力が影響すると考えられる。

また、立ち上がり動作初期の身体重心の前方移動には体幹および骨盤の前傾が必要とされる¹³⁾。岡坂ら²¹⁾は大腿四頭筋とハムストリングスの筋トルクと体幹、骨盤、脛骨の傾斜角の関係について検討し、大腿四頭筋が優位に活動すると骨盤は後傾し、ハムストリングスが優位に活動すると骨盤は前傾すると報告している。今回の結果では3群とも膝伸展筋力は高値を示しており、この膝伸展筋力に対抗できる膝屈曲筋力を有した対象は、立ち上がり初期時に骨盤前傾が可能となり、より低い台からの立ち上がり動作が可能となったと考えられる。しかし、20cm群、30cm群は10cm群に比べ膝屈曲筋力が低く、骨盤前傾が不十分であったと考えられ、このことが10cmの台からSLSTができなかった要因であると推察される。

一方、立ち上がり後期では身体重心を上方に移動することが必要となり、股関節、膝関節の連動した伸展運動が求められる。一般に、ハムストリングスは膝関節屈筋として認識されているが、

Raschら²²⁾は、立ち上がり動作では大腿直筋とハムストリングスの同時収縮が観察され、この同時収縮は相互の効力を打ち消すようには作用せず、股関節伸展と膝関節伸展が引き起こされ、立ち上がり動作が遂行されると報告している。立ち上がり動作とハムストリングスの筋力の関係について、天野ら²³⁾は変形性膝関節症患者を対象に、立ち上がり速度に影響する因子について検討している。その結果、立ち上がり速度には膝屈曲筋力が最も強く影響し、最大等尺性膝屈曲筋力の評価は、変形性膝関節症患者の立ち上がり困難度を予測するうえで一定の識別能力を有する指標であると報告している。さらにBlaimontら⁷⁾は膝屈筋であるハムストリングスはCKCでは膝伸展作用を有すると報告している。膝関節伸展には大腿四頭筋が作用するが、立ち上がり動作における膝関節伸展は股関節伸展に伴う要素も含まれるため、股関節伸展に作用するハムストリングスも共同して膝関節伸展に関与すると考えられる。さらに低い台からの立ち上がり動作では身体重心の上方移動量も大きくなるため、大腿四頭筋、ハムストリングスともに発揮される筋トルクは大きくなると考えられる。

以上のことから、本研究で膝屈曲筋力が低い群は、立ち上がり初期に膝関節安定性が十分得られず、さらに立ち上がり後期で身体重心を上方へ移動することができなかったため10cm台からの立ち上がりができなかったものと考えられる。したがって、低い台から立ち上がるためには、立ち上がり初期では膝関節の安定性、立ち上がり後期では身体重心の上方移動にハムストリングスの筋力が影響することが考えられ、立ち上がり動作の重要な因子であると考えられる。

本研究の限界として、筋力という量的側面での検討しかできておらず、動作中の筋活動の測定による筋の質的側面について検証はできていない。また、立ち上がり動作は体幹も含めた複合運動であり、膝関節周囲筋だけでなく股関節周囲筋の筋機能も影響することが考えられる。さらに立ち上がり動作に影響する因子は筋力だけでなく、骨盤の前後傾角、下肢関節の可動域、バランス能力も関連する。また、今回の対象は下肢関節疾患のない若年者であり、先行研究で報告されているように、高齢者や下肢関節疾患を有するもの、膝関節術後の症例においても、立ち上がり動作に膝屈曲

筋力が及ぼす影響について検討していく必要がある。

結 語

今回、ハムストリングスの筋力がSLSTの成績に及ぼす影響について検討した。その結果、SLSTの成績により膝伸展筋力に差は認められなかったが、より低い台から立ち上がりが可能であった対象ほど、膝屈筋力、HQ比は有意に高値を示した。先行研究の結果も踏まえると、膝屈筋力の主体となるハムストリングスは、立ち上がり初期には膝伸展筋と共同して膝関節の安定性に、立ち上がり後期には股関節伸展に伴う膝関節伸展に関与すると考えられる。従って、膝伸展筋力が高値であってもSLSTの成績が不良な例は膝屈筋力が低く、立ち上がり動作には膝屈筋力も影響していると考えられる。

文 献

- 1) 金久博昭：動的筋力測定 of の歴史. Jpn. J Sports Sci. 13(4): 467-493, 1994.
- 2) 吉村茂和, 相馬正之：理学療法における標準(値)2 下肢筋力. 理学療法療ジャーナル 32: 607-614, 1999.
- 3) 池添冬芽, 浅川康吉, 羽崎 完ほか：高齢者の起居移動動作自立に必要な膝伸展筋力. 理学療法科学 12: 179-181, 1997.
- 4) 山本利春：膝前十字靭帯損傷後のアスレティックリハビリテーションにおける等速性筋力の評価と特異性. 昭和医学会誌 60: 69-79, 2000.
- 5) 村永信吾：立ち上がり動作を用いた下肢筋力評価とその臨床応用. 昭和医学会誌 64(3): 362-367, 2001.
- 6) 山本利春：測定と評価. ブックハウス HD, 東京, 139-142, 2007.
- 7) Blaimont, P, Elegem, V, Alameh, M et al.: A pathogenic hypothesis of femoropatellar osteoarthritis. In Suegery & Arthoroscopy of the knee. Springer-Verlag, Berlin, 56-57, 1988.
- 8) 山本利春, 村永信吾：下肢筋力が簡便に推定可能な立ち上がり能力の評価. Sportsmedicine 41: 38-40, 2002.
- 9) 村田 伸, 大田尾浩, 村田 潤ほか：虚弱高齢者用10秒椅子立ち上がりテスト (Frail CS-10) の有用性の検討. 理学療法科学 25(3): 431-435, 2010.
- 10) 大森圭貢, 横山仁志, 青木詩子ほか：高齢者における等尺性膝伸展筋力と立ち上がり能力の関連. 理学療法学 31(2): 106-112, 2004.
- 11) 中谷敏昭, 灘本雅一, 三村寛一ほか：日本人高齢者の下肢筋力を簡便に評価する30秒椅子立ち上がりテストの妥当性. 体育学研究 47: 451-461, 2002.
- 12) Jones, C, Rikli, R, Beam, W et al.: A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. Res. Q. Exerc. Sport 70: 113-119, 1999.
- 13) 後藤 淳, 高田 毅, 末廣 健：立ち上がり動作一力学的負荷に着目した動作分析とアライメント一. 関西理学療法 2: 25-40, 2002.
- 14) Baratta, R, Solomonow, M, Zhou, B et al.: Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. Am J Sports Med 16: 113-122, 1988.
- 15) More, R, Karras, B, Neiman, R et al.: Hamstrings -an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. Am. J. Sports Med. 21: 231-237, 1993.
- 16) Solomnow, M, Krogsgaard, M: Sesorimotor control of knee stability. A review. Scand. J. Med. Sci. Sports 11: 64-80, 2001.
- 17) Solomonow, M, Baratta, R, Zhou, B et al.: The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintain joint stability. Am J Sports Med 15: 207-213, 1987.
- 18) Isear, J, Erickson, J, Worrell, T et al.: EMG analysis of lower extremity muscle recruitment patterns during an unloaded squat. Medicine & Science in Sports & Exercise 29(4): 532-539, 1997.
- 19) Ebben, W, Leigh, D: The Role of the Back Squat as a Hamstring Training Stimulus. Strength and Conditioning Journal 22: 15-17, 2000.
- 20) Ohkoshi, Y, Yasuda, K, Kaneda, K et al.: Biomechanical analysis of rehabilitation in the standing position. Am. J. Sports Med. 19: 605-611, 1991.
- 21) 岡坂政人, 福井 勉, 山崎 勉ほか：大腿四頭筋, ハムストリングスの筋トルクが体幹, 骨盤, 脛骨の傾斜角に与える影響. 理学療法学 23(学会特別号): 466, 1996.
- 22) Rasch, P, Burke, R: Kinesiology and applied anatomy. Lea & Febiger, Philadelphia, 6th ed, 296-297, 1978.
- 23) 天野徹也, 玉利光太郎, 小幡太志ほか：変形性膝関節症患者における7か月後の立ち上がり速度の予測因子と検査特性. 総合リハビリテーション 40(8):

Importance of knee flexion muscle strength in the single-leg standing test

Kamiike, K.^{*1,2}, Mori, T.^{*1}, Fujioka, H.^{*3}
Yoshiya, S.^{*4}, Kawaguchi, K.^{*3}

^{*1} Orthopedic Surgery Tsubasa Clinic

^{*2} Department of Health Science, Graduate School of Health Science, Hyogo University of Health Sciences

^{*3} Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation, Hyogo University of Health Sciences

^{*4} Department of Orthopedic Surgery, Hyogo College of Medicine

Key words: single-leg standing test, knee flexion muscle strength, HQ ratio

[Abstract] In this study, we analyzed the influence of muscle strength of the knee extensor and flexor on the single-leg standing test (SLST). We examined 56 limbs of subjects who had neither symptoms nor disease of the lower extremities. After isokinetic knee extension and flexion muscle strength were measured, the Hamstring/Quadriceps ratio (HQ ratio) was calculated. SLST using the pedestal of height 30 cm, 20 cm, and 10 cm was performed. At first, the subjects tried SLST at 30 cm and subjects who could complete the SLST at 30 cm tried SLST using a lower pedestal. The subjects were classified into three groups based on the results of SLST ability. The muscle strength of the knee extensor and flexor and the HQ ratio were compared between the three groups. There was not a significant difference in the knee extensor muscle strength, but knee flexion strength and HQ ratio in groups with SLST ability at the lower pedestal were higher. This study suggested that the knee flexion strength and HQ ratio were important factors influencing SLST.