

# hop test の成績と 膝関節筋力の関係 —異なる hop test による検討—

Relationship between the results of the hop test  
and knee muscular strength — Analysis of the two hop tests —

上池浩一\*<sup>1</sup>, 島本大輔\*<sup>1</sup>, 川口浩太郎\*<sup>2</sup>  
諸岡孝俊\*<sup>3</sup>, 吉矢晋一\*<sup>3</sup>

キー・ワード : hop test, knee muscle strength, lower extremity function  
hop test, 膝関節筋力, 下肢運動機能

〔要旨〕 Single hop for distance, cross over hop や 6-m timed hop などの hop test はアスレチックリハビリテーションの効果判定や競技復帰の指標として用いられる。hop test の成績には膝伸展筋力が関係すると報告されているが、hop test の種目が異なった場合、膝伸展筋力との関係性が見出せない場合があり、hop 動作と筋力の間に特異性が存在する可能性がある。本研究の目的は異なる hop test の結果と膝関節筋力の関係について検討することである。対象は下肢関節疾患の既往のない成人 67 名とした。膝伸展・屈曲筋力はハンドヘルドダイナモメーターを用いて測定し、体重で補正した値を算出した。hop test は single hop distance (SHD) と triple hop distance (THD) を測定し、SHD と THD の成績と膝関節筋力の関係について解析した。SHD の成績と膝伸展筋力には有意な相関関係が認められたが ( $r=0.79, p<0.01$ )、膝屈曲筋力には相関関係が認められなかった。一方、THD の成績においては膝伸展筋力 ( $r=0.28, p<0.05$ ) よりむしろ膝屈曲筋力 ( $r=0.67, p<0.01$ ) に、より高い相関関係が認められた。本研究の結果から、hop test の種目によって、その成績と膝伸展及び屈曲筋力との相関関係が異なる可能性が示唆された。

## はじめに

スポーツ活動によって生じた下肢関節外傷後のリハビリテーションにおいて筋力、関節可動域、関節安定性に加え、下肢運動機能の評価を行い、十分な回復が得られていれば競技への復帰が許可される。臨床現場では、下肢運動機能の評価方法として片脚での跳躍動作で構成される hop test が用いられることが多い<sup>1-4)</sup>。hop test には single hop for distance や triple hop for distance, 6-m

timed hop などがあり<sup>5)</sup>、下肢の筋力、神経系の協調能力、関節の安定性などが評価でき、さらに測定において特別な道具や特殊技能を必要としないため、スポーツ現場で簡便かつ短時間で測定できる評価である。先行研究<sup>4,6)</sup>では single hop for distance の成績には膝伸展筋力が影響し、また hop test の結果から大腿四頭筋の筋力を推定できると報告されている<sup>1)</sup>。しかし、臨床現場では高い膝伸展筋力を有していても、hop test の成績が低い対象を経験することがあり、hop test の種類によっては他の筋力が影響を及ぼすことが考えられ、アスレチックリハビリテーションを実施するうえで hop test の結果を有効に活用するためにも、実施する hop test に影響を及ぼす筋力を把握し、傷

\*1 西宮回生病院リハビリテーション科

\*2 兵庫医療大学リハビリテーション学部

\*3 西宮回生病院整形外科

害発生リスクを抑える必要がある。

本研究では、異なる2つの hop test を行わせ、それぞれの成績に係る膝関節筋力について検討することを目的とした。

## ■ 方 法

### 1. 対象

下肢に整形外科的疾患を有さない成人67名(男性49名, 女性18名, 平均年齢 $22.0 \pm 1.4$ 歳)を対象とし(表1), 測定肢はボールを蹴る下肢とした。

### 2. 測定項目

#### ①筋力

ハンドヘルドダイナモメーター(モービィ MT-110, 酒井医療株式会社, 東京)を用いて膝関節90°屈曲位における等尺性膝伸展・屈曲筋力を3回測定し(図1), 疲労の影響を最小限にするため試技間に適度な休息を挟んだ。3回の試技で最も高かった値を採用し, 得られた筋力を体重で除した体重比膝伸展・屈曲筋力(N/kg)を求めた。

#### ②hop test

片脚で1回だけ前方に最大跳躍を行う single hop distance (以下, SHD) と片脚で3回連続して

前方に最大跳躍を行う triple hop distance (以下, THD)を測定した。SHD, THDともにスタートラインから最終着地における踵最後点の距離を計測し, cm 単位で記録した(図2)。最終着地において, バランスを崩して転倒などにより足関節捻挫などの傷害を予防するために, 測定足接地後に反対足を接地することは許可した。測定は同一肢を連続3回行わせ, 最も高い値を採用した。各試技間に疲労の影響を最小限にするために, 適度に休息を挟

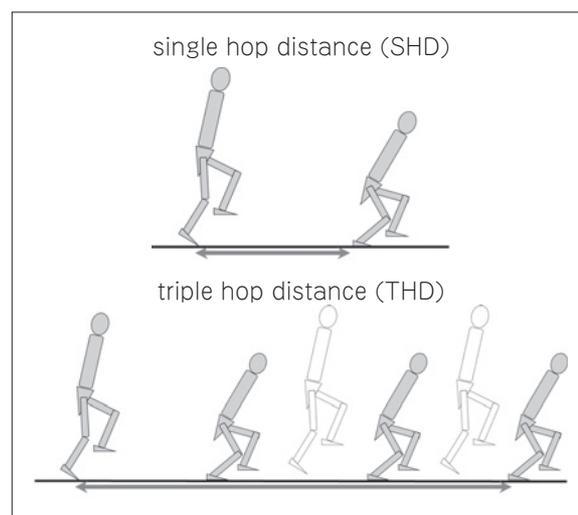


図2 single hop distance と triple hop distance  
片脚で1回だけ前方に最大跳躍を行う single hop distance (SHD) と片脚で3回連続して跳躍を行う triple hop distance (THD) を行わせ, 開始位置から最終着地点における踵最後点までの距離を計測した。

表1 対象の内訳

男性49名, 女性18名
平均年齢: $22.0 \pm 1.4$ 歳
平均身長: $168.7 \pm 6.3$ cm
平均体重: $65.9 \pm 7.7$ kg

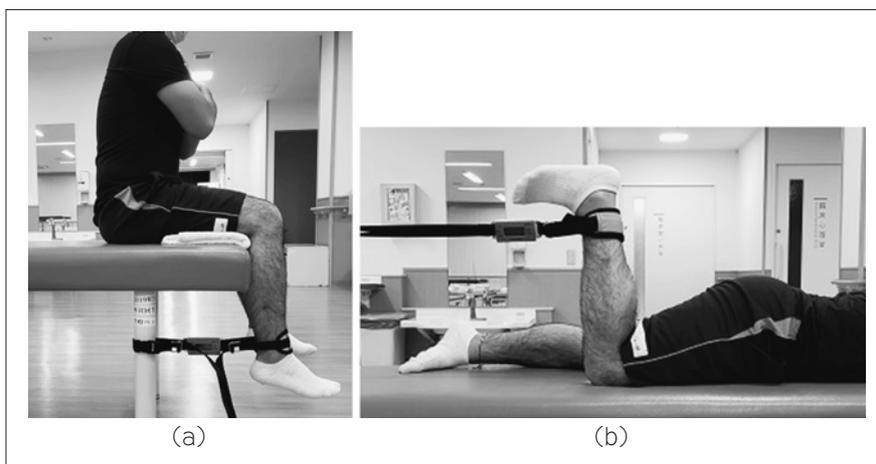


図1 膝伸展, 屈曲筋力測定

徒手筋力計を用いて膝関節屈曲90°となるよう固定ベルトを調整し, センサーパッドを下腿遠位に設置した。プルモードで等尺性膝伸展(a), 屈曲(b)の筋力を測定し, 得られた筋力(N)を体重(kg)で除した値を膝伸展, 屈曲筋力(N/kg)として採用した。

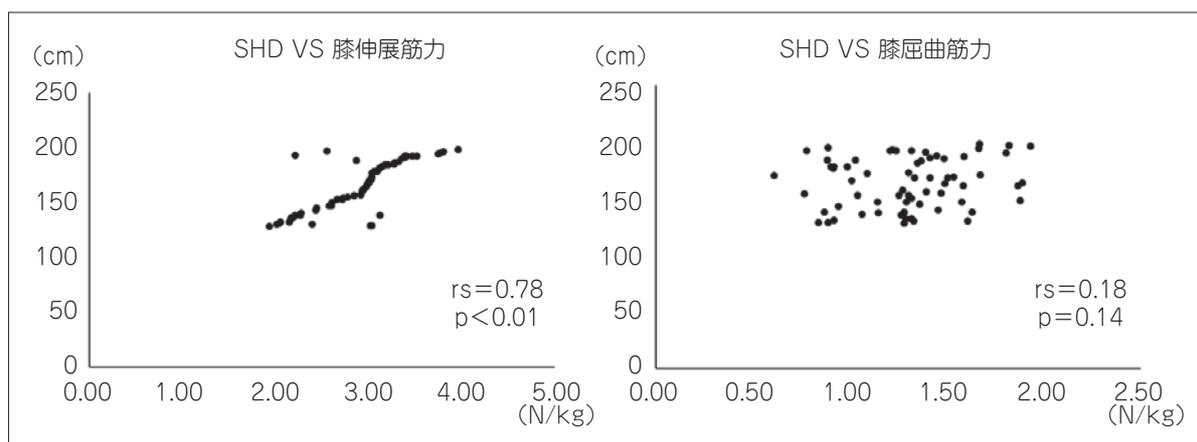


図3 SHDの成績と膝伸展・屈曲筋力の相関

SHDの成績と膝伸展筋力には有意な相関関係が認められたが、SHDの成績と膝屈曲筋力には相関関係が認められなかった。

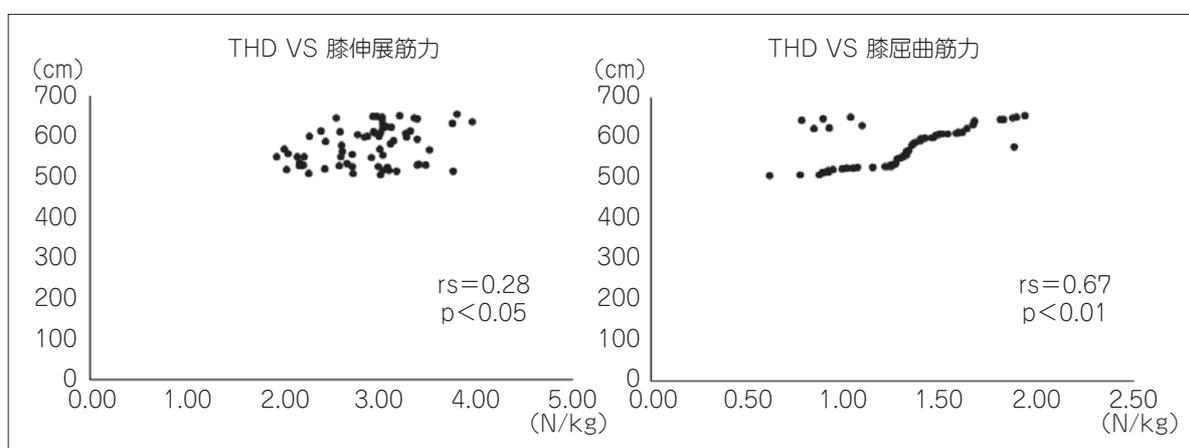


図4 THDの成績と膝伸展・屈曲筋力の相関

THDの成績には膝伸展、屈曲筋力ともに相関関係が認められたが、膝伸展筋力に比べ膝屈曲筋力の相関関係がより強かった。

んだ。

### 3. 統計

統計学的解析には統計解析ソフト（エクセル統計2012, SSRI, 東京）を使用し、Spearman's順位相関係数を用いてhop testの成績と膝伸展・屈曲筋力の関係について検討した。有意水準は5%とした。

なお、本研究は西宮回生病院倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号第35号）。

## ■ 結果

SHDの成績と膝伸展筋力には正の相関が認められたが( $rs=0.78$ ,  $p<0.01$ )、膝屈曲筋力との間には有意な相関は認められなかった( $rs=0.18$ ,  $p=0.14$ ) (図3)。THDの成績と膝伸展筋力にも有意な

相関関係が認められたが( $rs=0.28$ ,  $p<0.05$ )、膝屈曲筋力との間に、より高い相関が認められた( $rs=0.67$ ,  $p<0.01$ ) (図4)。

## ■ 考察

本研究では異なる2種類のhop testの成績と膝関節筋力の関係について検討し、SHDの成績と膝伸展筋力の間には相関関係が認められた。一方、THDの成績と膝伸展筋力に相関関係は認められたものの、THDの成績と膝屈曲筋力の間により強い相関関係があり、hop testの種類によっては膝伸展筋力以外の要素も影響することが示唆された。

hop testの種類により膝伸展筋力に加え、膝屈曲筋力が影響した要因として、hop動作が異なる

ことによって、下肢関節に求められる運動機能が異なる可能性がある。横澤ら<sup>7)</sup>は、立幅跳踏切動作と下肢筋力の関係について検討し、踏切動作中の膝関節および股関節ピークパワーと跳躍距離との間に正の相関があり、特に膝関節ピークパワーの決定係数が高かったと報告している。したがって、踏み切り動作では膝関節伸筋を中心としたパワー発揮が身体重心を加速するうえで重要となり、その結果、高い膝伸展筋力を有する者は跳躍距離も大きくなることが考えられる。

一方、THDは前方に跳躍する点ではSHDと同様であるが、踏み切り動作と着地動作が交互に繰り返されるため、安定した着地動作によって次の強い踏み切り動作が可能になると推察される。本研究で用いたTHDは直線的な運動であり、下肢関節、特に膝関節では前後方向の安定性が求められる。膝関節の前後方向の安定性には、膝関節伸筋である大腿四頭筋の筋力に加え、膝関節屈筋であるハムストリングスが作用することで膝の前方剪断力が抑制され、安定した着地動作が行える。先行研究では<sup>8-10)</sup>、膝関節の安定化に大腿四頭筋とハムストリングスの同時収縮が必要と報告されている。また我々は、以前行った研究で膝前十字靭帯再建例を対象に、片脚立ち上がり能力と膝関節筋力およびTHDの成績との関係について検討した。その結果、より低い台から片脚立ち上がり動作が可能なのは、膝伸展筋力に相応した膝屈曲筋力を有し、THDの成績も高かった<sup>11)</sup>。本研究の結果もこれらの先行研究の結果<sup>8-11)</sup>を支持するものであり、THDの成績には膝伸展筋力のみならず膝屈曲筋力が影響することが示唆された。

着地動作で膝関節は軽度伸展位から屈曲位となり、スクワット動作の下降相と類似した運動となる。Isearら<sup>12)</sup>はスクワット動作初期においてハムストリングスは大腿四頭筋に対する拮抗筋として作用し、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ている。また相澤ら<sup>13)</sup>は、膝関節屈筋が跳躍動作に及ぼす影響について検討し、連続した跳躍動作では減速期には股関節伸筋と膝関節屈筋による安定化機構が必要であり、股関節伸展と膝関節屈曲両方に作用するハムストリングスの筋力は連続した跳躍動作では重要であると報告している。さらにHustonらは<sup>14,15)</sup>、女性アスリートは着地時に膝屈曲角が浅く、大腿四頭筋の収縮が過剰となり、膝前十字靭帯にストレスが

生じると報告しており、着地時の膝関節前後方向の安定性には膝伸展筋力に相応した膝屈曲筋力が必要になると考えられる。また、先行研究<sup>8-13)</sup>および本研究の結果から、膝伸展筋力のみならず膝屈曲筋力が高い者は安定した着地動作が可能となり、次の踏み切り動作にも影響を及ぼし、THDの成績も高くなった可能性がある。

ACL再建例を対象として膝関節筋力とhop testの成績を検討した先行研究では、single hop testの成績には膝伸展筋力が影響するという報告や<sup>4,6)</sup>、triple hop testの成績が高い者は膝伸展筋力のみならず膝屈曲筋力も高いことが報告されている<sup>16)</sup>。また膝蓋腱を用いたACL再建例では膝伸展筋力の回復が遅延することや<sup>17)</sup>、膝屈筋腱を用いたACL再建術では膝関節屈曲位での膝屈曲筋力が低くなることが報告されている<sup>18)</sup>。先行研究<sup>4,6,16-18)</sup>ならびに本研究の結果から、ACL再建例においてもSHDおよびTHDの左右差や経時の変化を評価することで、筋力測定機器を用いることなく膝伸展および屈曲筋力の回復を予測できる可能性が示唆された。また、アスレティックリハビリテーションの効果判定や競技復帰を判断する際、SHDやTHDの成績に影響する膝関節筋力を考慮したhop testの選択が必要と考えられる。

本研究にはいくつかの限界が存在する。まず、本研究ではhop testの成績に及ぼす膝関節筋力の影響を検討しており、hop動作時の筋活動の測定による筋の量的側面については検証できていない。また、跳躍や着地動作は体幹も含めた複合運動であり、膝関節筋だけでなく股関節、体幹筋の影響も考慮しなければならない。今後はこれらの要因も含めより多角的な検討が必要になる。

## 結 語

本研究では異なる2つのhop testを行わせ、その成績と膝関節筋力の関係について検討した。その結果、SHDの成績と膝伸展筋力は相関関係が認められたものの、膝屈曲筋力とは相関関係が認められなかった。一方、THDの成績と膝伸展筋力にも相関関係が認められ、さらに膝屈曲筋力とはより強い相関関係が認められた。本研究の結果から、跳躍時に強い踏み切り動作が要求されるSHDには、下肢伸展運動の主体となる膝関節伸筋の筋力が関係すると考えられる。一方、跳躍と着地を繰り返すTHDでは、踏み切り時の下肢伸展運動に

加え、着地時の股・膝関節の安定性に股関節伸展、膝関節屈曲の機能を持つハムストリングスが作用することが推察され、ハムストリングスの筋力が高い者ほど THD の成績が高くなった可能性がある。一般的に hop test の成績には膝伸展筋力が関係すると報告されているが、hop 動作の種類によっては膝屈曲筋力が影響することが示唆された。

#### 利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

#### 文 献

- 1) Hamilton RT, Shultz SJ, Schmitz RJ, et al. Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *J Athl Train.* 2008; 43: 144-151.
- 2) Munro AG, Herrington LC. Between-session reliability of four hop tests and the agility T-test. *J Strength Cond Res.* 2011; 25: 1470-1477.
- 3) Reinke EK, Spindler KP, Lorring D, et al. Hop tests correlate with IKDC and KOOS at minimum of 2 years after primary ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; 19: 1806-1816.
- 4) Wilk KE, Romaniello WT, Soscia SM, et al. The relationship between subjects knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL-reconstructed knee. *J Orthop Sports Phys.* 1994; 20: 60-73.
- 5) Schmitt LC, Paterno MV, Hewett TE. The impact of quadriceps femoris strength asymmetry on functional performance at return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.* 2012; 42: 751-759.
- 6) 小柳磨毅. 前十字靭帯損傷に見られた機能障害と動的评价の必要性. *理学療法学.* 1998; 15: 155-158.
- 7) 横澤俊治, 熊川大介, 荒川裕志, 他. 立幅跳踏切動作中の下肢関節パワーと等速性最大筋力との関係に関するバイオメカニクス的研究. *体育学研究.* 2016; 61: 173-184.
- 8) Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, et al. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med.* 1988; 16: 113-122.
- 9) More R, Karras B, Neiman R, et al. Hamstrings -an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. *Am J Sports Med.* 1993; 21: 231-237.
- 10) Solomonow M, Krogsgaard M. Sensorimotor control of knee stability. A review. *Scand J Med Sci Sports.* 2001; 11: 64-80.
- 11) 上池浩一, 森 孝久, 藤岡宏幸, 他. 膝前十字靭帯再建術施行例における片脚立ち上がり能力と膝関節周囲筋の筋力の関連について. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2018; 26: 66-73.
- 12) Isear JA Jr, Erickson JC, Worrell TW. EMG analysis of lower extremity muscle recruitment patterns during an unloaded squat. *Med Sci in Spor Exe.* 1997; 29: 532-539.
- 13) 相澤高治, 松田雅弘. 切り替えしジャンプ動作と股・膝関節屈伸筋力との関連性についての検討. *理学療法科学.* 2013; 28: 547-550.
- 14) Huston L, Vibert B, Ashton-Miller J, et al. Gender differences in knee angle when landing from a drop-jump. *Am J Knee Surg.* 2001; 14: 215-219.
- 15) Huston L, Wojtys E. Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes. *Am J Sports Med.* 1996; 24: 427-436.
- 16) 上池浩一, 森 孝久, 藤岡宏幸, 他. 膝前十字靭帯再建例における片脚立ち上がりテストの結果と跳躍系パフォーマンステストの結果との相関性. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2018; 26: 417-422.
- 17) Aune AK, Holm I, Risberg MA, et al. Four-strand hamstring tendon autograft compared with patellar tendon-bone autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. A randomized study with two-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2001; 29: 722-728.
- 18) 黒澤 尚, 池田 浩, 川上 明. 多重折り半腱様筋腱による前十字靭帯再建例—できるだけ膝屈曲筋力を温存するために—. *MB Orthopaedics.* 2002; 15: 73-80.

(受付：2021年1月15日，受理：2021年8月18日)

## Relationship between the results of the hop test and knee muscular strength — Analysis of the two hop tests —

Kamiike, K. <sup>\*1</sup>, Shimamoto, D. <sup>\*1</sup>, Kawaguchi, K. <sup>\*2</sup>  
Morooka, T. <sup>\*3</sup>, Yoshiya, S. <sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> Department of Rehabilitation, Nishinomiya Kaisei Hospital

<sup>\*2</sup> Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation, Hyogo University of Health Sciences

<sup>\*3</sup> Department of Orthopaedic Surgery, Nishinomiya Kaisei Hospital

**Key words:** hop test, knee muscle strength, lower extremity function

**[Abstract]** It has been reported that knee extensor strength influences the hop test results; however, the relationship between the results of different hop tests and knee extensor strength has not been clarified. There may also be a specific relationship between each of the different hop movements and muscle strength. The purpose of this study was to investigate the relationship between the results of different hop tests and knee joint muscle strength. The strength of the knee extension and flexion muscles was measured at an angle of 90 degrees knee flexion and corrected for body weight, and the distance values of a single hop (SHD) and triple hop (THD) were measured in 67 subjects without symptom or abnormal signs affecting lower extremity function. Thereafter, the correlation between the muscle strength and the hop test results was statistically analyzed. Consequently, a significant correlation was found between SHD and knee extensor strength, while a significant correlation was not detected for the knee flexor strength. In contrast, on correlation analysis of the THD results, the knee flexor strength was found to have a rather higher correlation with the test results compared to the knee extensor strength. The present study results suggest that the knee flexor strength exerts more influence on THD than the extensor strength.