

膝前十字靭帯再建術後 8 ヶ月時の Single Leg Hop Test に関する 因子とその有用性の検討

Factors involved in and examination of the utility of Single Leg Hop Test
at eight months after knee anterior cruciate ligament reconstruction

杉山貴生*, 杉山貴哉*, 三宅秀俊*, 石川徹也*

キー・ワード：anterior cruciate ligament reconstruction, Single Leg Hop Test, knee function
膝前十字靭帯再建術, Single Leg Hop Test, 膝関節機能

【要旨】 膝前十字靭帯 (Anterior Cruciate Ligament : ACL) 再建術後 8 ヶ月時の Single Leg Hop Test (Hop test) に関する要因を検討した。2015 年 3 月から 2017 年 2 月までに当院にて ACL 再建術 (ハムストリングス腱) を施行した 24 例を対象とし、運動時痛 (Visual Analog Scale : VAS), International Knee Documentation Committee (IKDC score), 日本語版 Tampa Scale for Kinesiophobia (Tsk-J), 等速性膝伸展筋力健患比 (60°/sec), Hop test 健患比を評価した。

Hop test 健患比と各項目間の相関を算出し、さらに Hop test 健患比を従属変数として、有意な相関を認めた項目を独立変数に投入して重回帰分析を行った。Hop test 健患比と運動時痛 ($r = -0.42$), IKDC score ($r = 0.60$), 等速性膝伸展筋力 ($r = 0.61$) の各項目は有意な相関を示した。また、重回帰分析の結果、IKDC score ($\beta = 0.45, p < 0.05$), 等速性膝伸展筋力健患比 ($\beta = 0.57, p < 0.01$) が抽出された。術後 8 ヶ月時の Hop Test は主観的膝機能や等速性膝伸展筋力を反映し、競技復帰の際に客観的評価基準の指標となりうると考えられた。

緒 言

膝前十字靭帯 (ACL) 損傷はスポーツによる膝傷害の中でも頻度が高く、レクリエーションレベルからトップレベルに至る幅広いレベルの選手に生じる外傷である¹⁾。ACL 損傷に対する治療法としては ACL 再建術が最も標準的な方法とされており、ACL 再建術後の競技復帰については術式や術後リハビリテーションの改善、進歩により概ね成績良好と報告されている²⁾。しかし、競技復帰基準については各施設間で相違があり統一されていないのが現状である。

ACL 再建術後の競技復帰基準には、再建靭帯の治癒時期 (靭帯化)³⁾、疼痛、大腿四頭筋力、神経

筋コントロール、心理的恐怖感、不安定性などが挙げられる。

しかし、膝筋力や膝前方不安定性などでは術後膝関節機能を過大評価するとされており、競技復帰基準として下肢動的機能評価法である片脚跳躍能力の必要性が示唆されている⁴⁾。片脚跳躍能力は前方推進力や着地時に負荷される前方と圧迫方向へのストレスに対する緩衝能力を評価する事を目的としている。

当院では術後 8 ヶ月経過時の、等速性膝伸展筋力健患比 (60°/deg) と Single Leg Hop Test (Hop test) 健患比が 90% 以上⁵⁾、動的アライメントが良好であることを試合形式以外の競技復帰基準とし、術後 9 ヶ月経過時に完全復帰としている。今回、ACL 再建術後 8 ヶ月時の Hop test に関する因子を調査し、競技復帰基準の指標になりうる

* 静岡みらいスポーツ・整形外科

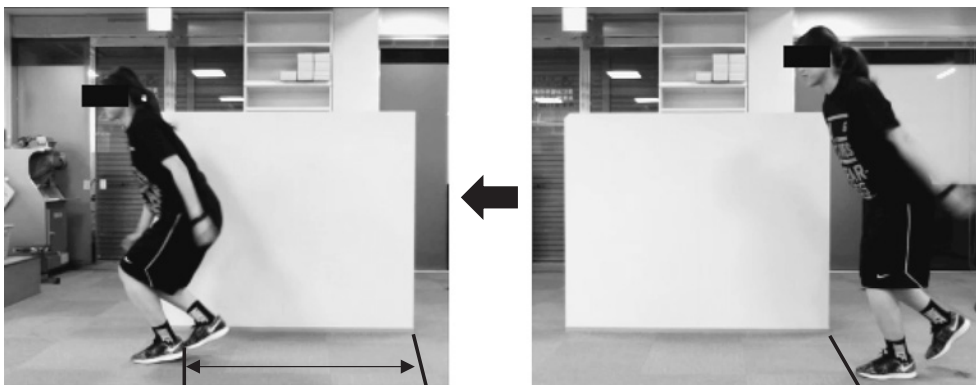


図1 Single Leg Hop Test

かを検討した。

対象および方法

1. 対象

対象は、2015年3月から2017年2月までの2年間に当院にてACL損傷と診断され、同一術者により一重束ACL再建術（半腱様筋・薄筋：17例，半腱様筋：7例）を施行した24例（男性12例，女性12例）で，平均年齢は 32.0 ± 12.8 歳であった。競技内容はサッカー・フットサル11名，バスケットボール3名，テニス2名，バレーボール2名，アルティメット2名，ハンドボール，ラグビー，柔道，陸上（走り幅跳び）各1名であった。競技レベルはTegner score7以上とした。膝前十字靭帯再建術，対側膝前十字靭帯損傷の既往がある者は除外した。

2. 方法

ACL再建術後8ヵ月時の主観的，客観的評価を行った。主観的評価としてVASによる運動時痛（cm），IKDC score（点），日本語版 Tampa Scale for Kinesiophobia (Tsk-J)，客観的評価としてロリメーター（日本シグマックス社製）を用いた脛骨前方移動量健患差（mm），ISOFORCE（OG技研社製）を用いた等速性膝伸展筋力（ $60^\circ/\text{sec}$ ）健患比（%），Hop test 健患比（%）とした。なお，ここで用いる運動時痛は「現在の競技レベルでの痛み」と定義した。VASは10cmの線の左端を「痛みなし」，右端を「最悪の痛み」とした場合，痛みの程度を表すところに印を付けた。Hop test（図1）は前方への片脚最大跳躍距離とし，3回施行時の平均値を用いた。

統計学的処理は，Spearmanの相関係数を用いてHop test 健患比と各項目間の相関を算出した。

さらにHop test 健患比を従属変数として，有意な相関を認めた項目を独立変数に投入し重回帰分析（ステップワイズ法）を行った。有意水準はいずれも5%未満とした。

3. 説明と同意

対象者や対象者の保護者に本研究の目的，個人情報保護等について口頭及び文書で説明を行い，文書にて同意を得た。

4. 結果

Hop test 健患比と運動時痛において中等度の負の相関関係を認めた（ $r = -0.42, p < 0.05$ ）（図2）。Hop test 健患比とIKDC scoreにおいて有意な中等度の正の相関関係を認めた（ $r = 0.60, p < 0.01$ ）（図3）。Hop test 健患比とTsk-Jにおいて相関関係を認めなかった（ $r = -0.36, p = 0.07$ ）（図4）。Hop test 健患比と脛骨前方移動量健患差において相関関係を認めなかった（ $r = 0.17, p = 0.42$ ）（図5）。Hop test 健患比と等速性膝伸展筋力健患比において有意な中等度の正の相関関係を認めた（ $r = 0.61, p < 0.01$ ）（図6）。さらにHop test 健患比を従属変数として，有意な相関関係を認めた項目（運動時痛，IKDC score，等速性膝伸展筋力健患比）を独立変数に投入し重回帰分析（ステップワイズ法）を行った結果，IKDC score（ $\beta = 0.45, p < 0.05$ ），等速性膝伸展筋力健患比（ $\beta = 0.63, p < 0.01$ ）の項目はHop test 健患比に影響を与える因子であった（表1）。

5. 考察

ACL再建術後のリハビリテーションにおいては，再断裂に細心の注意を払い，身体機能，競技能力を改善・向上させ，受傷前の競技レベルに戻すことが基本となる。そのため，競技復帰に対する復帰基準を定める事が重要と考えられる。大腿四頭筋筋力や術後時期，膝不安定性などの単一な

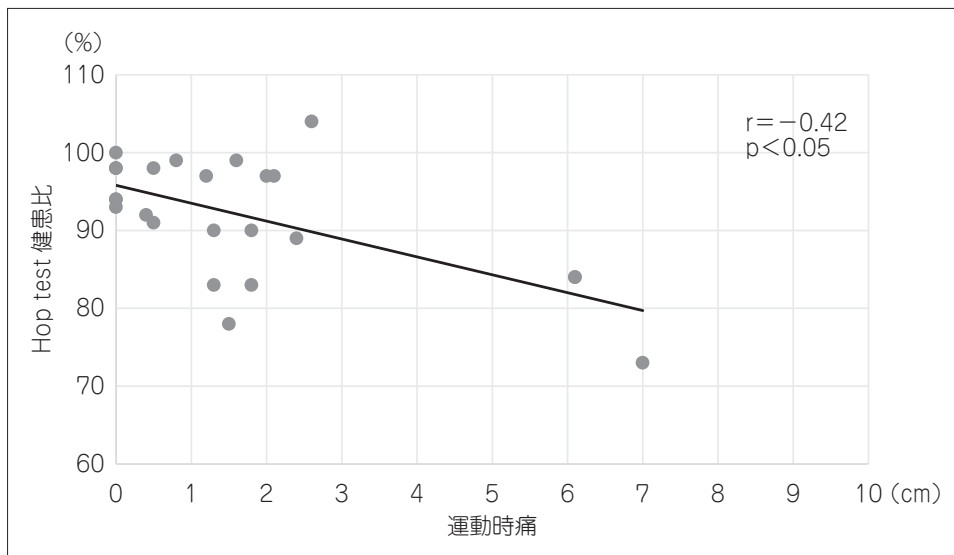


図2 Hop test 健患比と運動時痛との関係

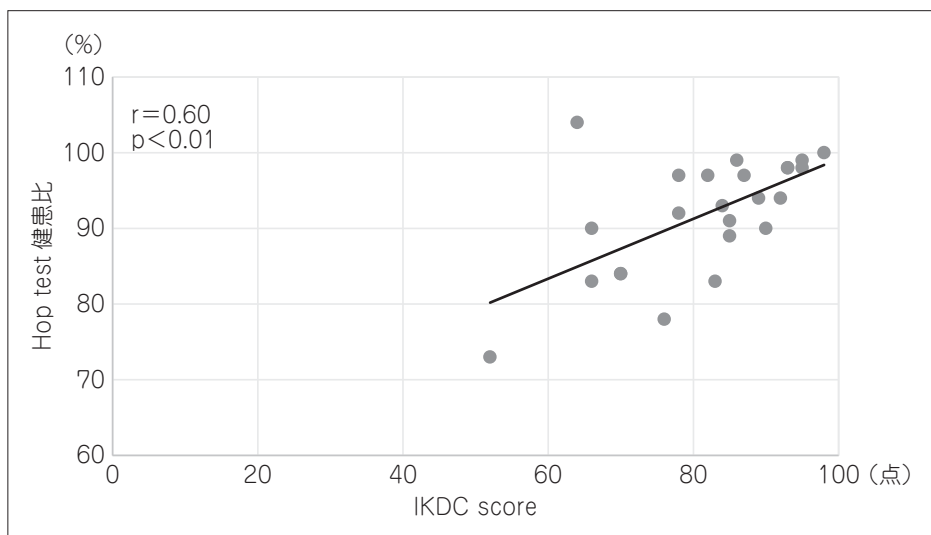


図3 Hop test 健患比とIKDC score との関係

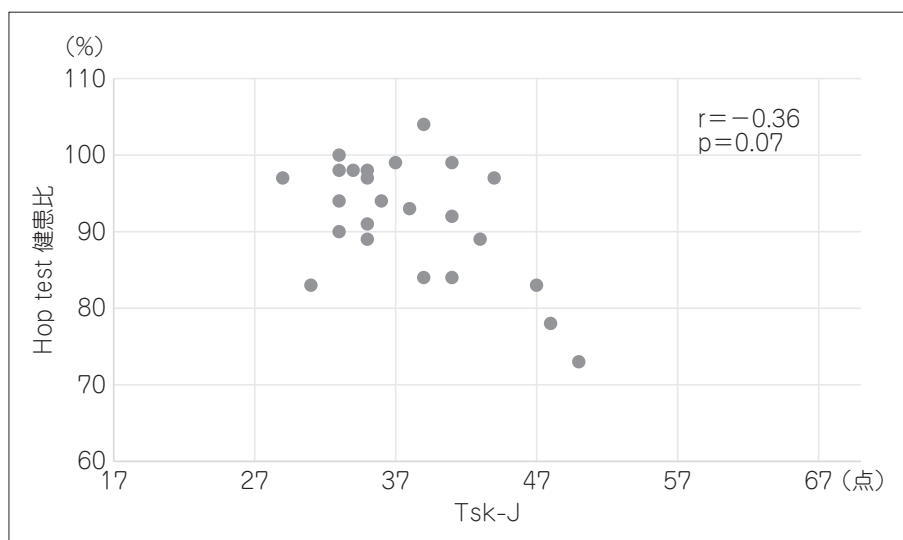


図4 Hop test 健患比とTsk-J との関係

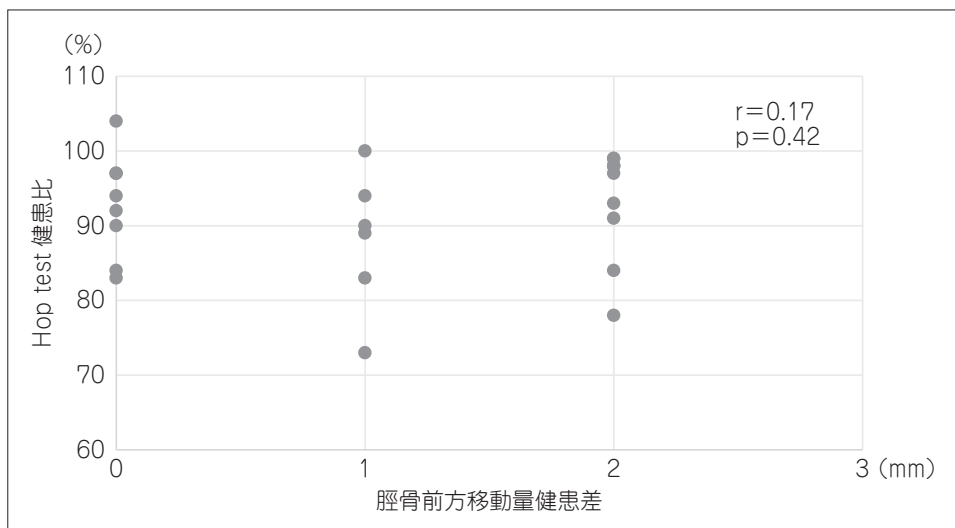


図5 Hop test 健患比と脛骨前方移動量健患差との関係

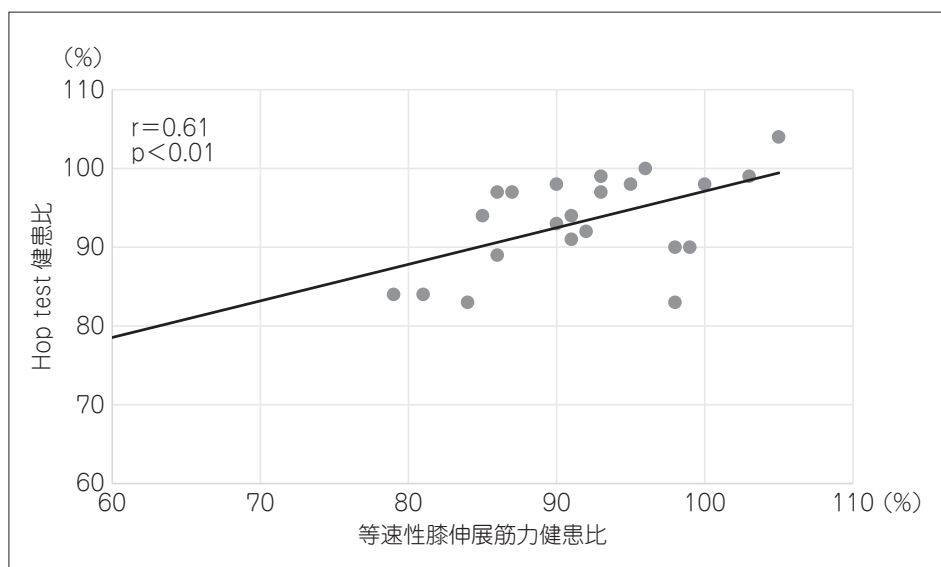


図6 Hop test 健患比と等速性膝伸展筋力健患比との関係

評価のみでは、パフォーマンス能力や動的アライメントの評価が不足していると考えられるため、パフォーマンス能力やリスクファクターなどを簡易的に評価できる Hop test を用いる必要があると思われる。当院では Hop test 健患比を復帰基準項目にしており、ACL 再建術後 8 ヶ月経過症例の Hop test に関与する要因を検討することを目的とした。

Hop test 健患比と運動時痛の関係：本研究において、Hop test と運動時痛に負の相関を認めていた。しかし、疼痛部位との関係性を評価していないため、どのようなメカニズムによる影響なのか

は不明である。ACL 再建術後のスポーツ活動時に好発する代表的な疼痛には膝前面痛があり、Spicer⁶⁾らは活動性制限を伴わないまでも 55% に膝関節痛を認め、39% が膝蓋骨周囲の膝前面痛と報告している。運動時の疼痛部位を確認し治療していく必要性が考えられる。

Hop test 健患比と IKDC score の関係：IKDC score による評価はスポーツ復帰と有意な関連を認め、術後膝機能の客観的評価の一指標になる⁷⁾とされ、ACL 再建術後における Hop test との関係性も報告されている^{8,9)}。また、Wilk⁸⁾らは主観的評価と膝伸展筋力との関連も報告しており、本研究

表 1 重回帰分析の結果

回帰統計		自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F	
重相関 R	0.824	回帰	3	928.561	309.520	14.108	3.6E-05
重決定 R2	0.679	残差	20	438.772	21.939		
補正 R2	0.631	合計	23	1367.333			
標準誤差	0.607						
観測数	24						

	偏回帰係数	標準誤差	標準偏回帰係数	t	P- 値	下限 95%	上限 95%
切片	32.899	13.278		2.478	0.022	5.202	60.596
運動時痛	0.601	0.745	0.165	0.807	0.429	-0.953	2.155
IKDC score	0.295	0.133	0.451	2.215	0.039	0.017	0.572
等速性膝伸展筋力健患比	0.382	0.088	0.632	4.352	0.001	0.199	0.565

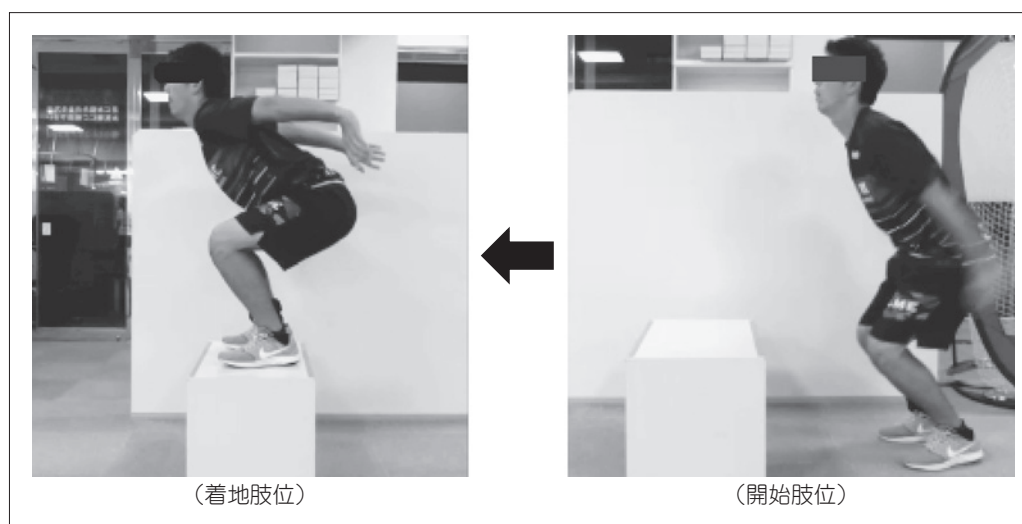


図 7 プライオメトリクストレーニング一例

においても過去の報告と同様の結果を示していた事から、Hop test は主観的評価を反映することを示唆していると考えられる。

Hop test 健患比と Tsk-J の関係：ACL 再建術後 6 ヶ月以上では膝関節機能と Tsk-11 との関連性があるとの報告^{10,11)} や ACL 再建術後の競技復帰を阻害する再受傷の恐怖感の割合として 20%¹²⁾ や 26%¹³⁾ との報告も存在し膝関節機能に与える心理的要因の影響は大きいとされている。しかし、本研究では有意な傾向を示すにとどまっていた。その理由としては、評価時期の影響が考えられた。当院では術後 6 ヶ月以降より安定した片脚動作獲得後、両脚から片脚位動作のプライオメトリクストレーニング、不安定な環境下での運動課題、競技特性に合わせたトレーニングを行っている (図

7)。これにより、動作に対する恐怖感の影響を受けにくかったと考えられる。

Hop test 健患比と脛骨前方移動量健患差の関係：過去の報告⁷⁾同様、脛骨前方移動量と相関を認めなかった。久保田¹⁴⁾らは機能的不安定性を認める者は Hop index が有意に低下したとしている。Shelbourne¹⁵⁾らは ACL 再建術後膝関節前方安定性の健患差は平均 2mm としており、その他大半の報告も 1-2mm としている。本研究でも脛骨前方移動量健患差が全例 2mm 以内である事から、機能的不安定性の影響を受けなかったためと考えられる。

Hop test 健患比と等速性膝伸展筋力健患比の関係：等速性膝伸展筋力は Hop test と関連がある^{16,17)}とされており、我々の研究も過去の報告と同

様の結果を示した。Gerber¹⁸⁾らは膝伸展筋力90%以上でHop距離に左右差がなくなるとしていることから大腿四頭筋力の改善が重要と考えられる。また、膝伸展域の筋力低下は荷重位のパフォーマンスを低下させる¹⁹⁾とされている事からも術後早期より膝伸展可動域獲得やEMS (electric muscle stimulation)を用いての内側広筋の選択的強化やCKC (closed kinetic chain)でのトレーニングを行う必要性が考えられた。しかし、個々の症例の膝機能に適した負荷強度でなければ関節水腫発症の可能性がある。関節水腫の存在は神経生理学的抑制を招くとされており、櫻井ら²⁰⁾も膝伸展トルクの回復が遅れると報告している事から、リハビリテーション時の動作や次のステップへの移行時は注意をはらうべきであると考えられる。

結 語

膝前十字靭帯再建術後8ヵ月時のSingle Leg Hop Testに関与する要因を検討した。Single Leg Hop Testと運動時痛、等速性膝伸展筋力健患比、IKDC scoreの各項目に相関関係を認めた。また、重回帰分析の結果、Single Leg Hop Testの有意な影響因子は、IKDC scoreと等速性膝伸展筋力であった。術後8ヵ月時のHop Testは主観的膝機能や等速性膝伸展筋力を反映し、競技復帰の際に客観的評価基準の指標となりうると考えられた。

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) 山本祐司, 津田英一, 佐々木静, 他. 中学生・高校生におけるACL再建術後のスポーツ復帰の問題点. 臨床スポーツ医学. 2014; 31(11): 1022-1026.
- 2) Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, et al. Return-to-sport outcomes at 2 to 7 years after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. Am J sports Med. 2012; 41-48.
- 3) Amiel D, Kleiner JB, Roux RD, et al. The phenomenon of "ligamentization": anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon. J Orthop Res. 1986; 4: 162-172.
- 4) 伊藤浩充, 丸山考樹, 木田晃弘, 他. 前十字靭帯再建術後患者における膝関節安定性評価と膝屈伸筋力評価および片脚跳躍能力評価の臨床的意義について. 理学療法学. 1996; 23(2): 59-65.
- 5) Stephanie DI, Gregory D, Timothy E. NeuroMuscular Training to Target Deficits Associated With Second Anterior Cruciate Ligament Injury. J Orthop Sports Phys Ther. 2013; 43(11): 777-792.
- 6) Spicer DD, Blagg SE, Unwin AJ, et al. Anterior knee symptoms after four-strand hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2000; 8: 286-289.
- 7) 白石 稔, 水田博志, 久保田健治, 他. 膝前十字靭帯再建術後患者におけるhop testによる機能評価. 整形外科と災害外科. 1996; 45(2): 351-354.
- 8) Wilk KE, Romaniello WT, Soscia SM, et al. The relationship between subjective knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL-reconstructed knee. J Orthop Sports Phys Ther. 1994; 20: 60-73.
- 9) Emily K, Kurt P, Dawn Lorrington, 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(11): 1806-1816.
- 10) 梶原大樹, 青山直樹. 膝前十字靭帯再建術後6ヶ月でのSingle Leg Hop Testに関連する要因の検討. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2016; 24(4): 263.
- 11) 伊佐次優一, 森 一晃, 青山直樹. 膝前十字靭帯再建術後6ヶ月の恐怖心と膝機能との関連. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2016; 24(4): 195.
- 12) Lee DY, Karim SA, Chang HC. Return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction-a review of patients with minimum 5 year follow-up. Ann Acad Med Singapore. 2008; 37: 273-278.
- 13) Gobbi A, Francisco R. Factors affecting return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon and hamstring graft: a prospective clinical investigation. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2006; 14: 1021-1028.
- 14) 久保田健治. 膝前十字靭帯損傷における運動能力評価. 九スポ学会誌. 1991; 3: 179-182.
- 15) Shelbourne KD, Gray T. Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft followed by accelerated rehabilitation. A two- to nine-year followup. Am J Sports Med. 1997; 25(6): 786-795.

- 16) 田中彩乃, 藤谷博人, 立石圭祐, 他. ACL 損傷患者における下肢筋力と One leg hop test との関連. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2006; 14(4): 103.
- 17) Grindem H, Logerstedt D, Eitzen I, et al. Single-legged Hop Tests as Predictors of Self-reported knee Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. J sportsMed. 2012; 40(10): 2348-2356.
- 18) Gerber JP, Marcus RL, Dibble LE, et al. Safety, Feasibility, and efficacy of negative work exercise via eccentric muscle activity following anterior cruciate ligament reconstruction. J Orthop Sports Phys Ther. 2007; 37: 8-10.
- 19) Eitzen I, Eitzen TJ, Holm I, et al. Anterior cruciate ligament deficient potential copers and non-copers reveal different isokinetic quadriceps strength profiles in the early stage after injury. Am J Sports Med. 2010; 38(3): 586-593.
- 20) 櫻井敬晋, 福林 徹. 前十字靭帯再建術後の筋力回復とスポーツ復帰. 臨床スポーツ医学. 2011; 28(1): 55-61.

(受付: 2018年4月3日, 受理: 2018年12月13日)

Factors involved in and examination of the utility of Single Leg Hop Test at eight months after knee anterior cruciate ligament reconstruction

Sugiyama, T.* , Sugiyama, T.* , Miyake, H.* , Ishikawa, T.*

* Shizuoka Mirai Sports Orthopedics

Key words: anterior cruciate ligament reconstruction, Single Leg Hop Test, knee function

[Abstract] We examined the factors involved in Single Leg Hop Test (hereinafter called 'Hop test') at eight months after knee anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. We targeted 24 patients who had undergone ACL reconstruction in this hospital from March 2015 to February 2017, and examined pain on exercise (VAS), IKDC score, Japanese edition Tampa Scale for Kinesiophobia (Tsk-J), isokinetic knee extension strength (60 deg/sec), Hop test health and disease ratio.

We calculated the Hop test health and disease ratio as well as the correlation between the different items, and set items that showed a significant correlation with a dependent variable in the Hop test health and disease ratio as independent variables and performed multiple regression analysis.

Pain when playing sports ($r=-0.42$), the IKDC score ($r=0.60$), and each item of isokinetic knee extension muscular strength ($r=0.61$) showed significant correlation in the Hop test health and disease ratio. The result of the multiple regression analysis, IKDC score ($\beta=0.45$, $p<0.05$), isokinetic knee extension strength health and disease ratio ($\beta=0.63$, $p<0.01$) were also extracted. The Hop test at eight months after surgery reflected subjective knee function and isokinetic knee extension strength, and in case of competition return, it was considered possible to become the index of objective evaluation criteria.