

研究報告



膝前十字靭帯再建術前後症例における主観的伸展制限なしと判断できる Heel height difference のカットオフ値の検討*

安井淳一郎・榛地佑介

【要旨】

【目的】膝前十字靭帯（以下、ACL）再建術前後に症例が感じる主観的な膝伸展制限と客観的評価とのカットオフ値を検討すること。【方法】対象は当院で2015年10月から2021年12月までにACL再建術を施行し、手術前測定が可能であった811例（男性436人、女性375人）とした。調査項目は基本情報と伸展制限の主観的評価、客観的評価とした。主観的評価は日本語版 Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score のS4を用い、客観的評価には Heel height difference（以下、HHD）を用いた。統計解析は、基本情報の分析にマンホイットニーU検定と χ^2 検定を用いた（ $p < 0.05$ ）。また、受信者操作特性（Receiver Operating Characteristic；以下、ROC）解析を用いて、主観的膝伸展制限のHHDにおけるカットオフ値を求めた。【結果】対象者の基本情報（中央値 [4分位]）は年齢23 [17, 35] 歳、身長166.1 [159.9, 172.7] cm、体重63.6 [56.0, 72.4] kgで、手術までの待機期間は4.0 [2.0, 8.0] ヶ月であった。主観的伸展制限なしのカットオフ値（ROC曲線下面積）は、再建前1.3 cm (0.75)、術後6ヶ月1.7 cm (0.82)、術後12ヶ月1.5 cm (0.80)、抜釘時1.5 cm (0.86)であった。【結論】ACL再建術前後に主観的膝伸展制限なしと判断できるHHDの値は2 cm未満である。

キーワード：膝前十字靭帯、伸展制限、主観的評価

はじめに

膝前十字靭帯（Anterior cruciate ligament；以下、ACL）再建術後の膝伸展制限（loss of extension；以下、LOE）は臨床でしばしば経験し、術後リハビリテーションにおいて、LOEの改善に取り組むことが多い。ShelbourneらはACL再建術後は可及的早期に完全伸展を獲得すべきであると報告し¹⁾、術後早期からの積極的なリハビリテーションを推奨している。LOEがある場合に生じる問題として、膝蓋大腿関節痛や²⁾、膝伸展筋力が低値となる³⁾ことが指摘されている。疼痛によって膝関節

伸展筋力が十分に発揮できず、それによって競技復帰が妨げられる場合もあることから⁴⁾、LOEの改善は重要であると考えられる。

LOEを改善させることの必要性は明らかであるものの、臨床場面においてはLOE改善に対して介入できる時間的な制約が存在する。本邦での医療保険下におけるリハビリテーションは、1単位20分と定められており、外来リハビリテーションにおいてLOEに対して十分な時間を確保することが難しい場合がある。完全にLOEを消失させることが理想でありつつも、現実的にどの程度までLOEの改善が必要であるのかという議論は十分になされていない。

近年、対象者立脚型スコアが重要であるとされているが、対象者がどの水準からLOEを訴えるのかを検証した報告は乏しい範囲ではない。LOEの客観的評価における水準は、健側との差が 2° 以内⁵⁾とされているが、主観的な評価との関連は調査されておらず、医療者側が設定した水準となっ

* Determining the cut-off value of heel height difference for assessing subjective loss of extension before and after ACL reconstruction

重工大須病院 リハビリテーション部
(〒460-0017 名古屋市中区松原二丁目17番5号)
Yasui Junichiro, PT, MS, Shinichi Yusuke, PT, MS:
Department of Rehabilitation, Juko-osu Hospital

E-mail: junichiro_yasui@keimeikai.or.jp

(受付日 2024年8月12日/受理日 2024年9月23日)

ている可能性がある。LOEにおいて、客観評価と主観評価の関連を調査することで、対象者と医療者を結ぶ水準を明らかにすることが可能となる。

そこで本研究の目的はACL再建術前後に対象者が感じる主観的な膝伸展制限と客観的評価とのカットオフ値を検討することとした。

対象および方法

1. 研究デザイン

研究デザインは横断研究とし、観察時期はACL再建術前、術後3ヶ月、術後6ヶ月、術後12ヶ月、抜釘時とした。

2. 倫理的配慮

三菱名古屋病院倫理委員会の承認後（承認日：2014年6月24日）に本研究を開始し、対象には研究内容を説明し同意を得た。

3. 対象

対象は当院で2015年10月から2021年12月までにACL再建術を施行し、手術前測定が可能であった811例（男性436人、女性375人）とした。手術前測定が不可能な例は、半月板ロッキングや骨折、緊急手術となった症例であり、原則全例手術前測定を行なった。除外基準は複合靭帯損傷、半月板ロッキング、再再建、両側損傷例、下肢に骨折や手術既往のある症例、日本語コミュニケーションが困難な症例とした。

手術は熟練の整形外科医6名によって解剖学的ACL再建術が施行された。再建靭帯の選択はハムストリング腱を基本とし、対象者のゴールやニーズによって執刀医が判断した。半月板の処置は可能な限り縫合を行い、修復困難な場合は切除とした。

術後のプロトコルは全例共通であった。伸展可動域に関しては、術後翌日から愛護的に可動域の確認を開始し、以降徐々に可動域を拡大した。スポーツ復帰までのスケジュールは、術後2ヶ月からエルゴメーター開始、術後3ヶ月から4ヶ月でLOEや腫脹および疼痛がないこと、膝伸展筋力の患健比が60%以上であること、片足スクワット動作に大きな問題がないことを評価した上でジョギングを開始した。ジョギング開始以降は術後6ヶ月で可動域や膝伸展筋力の患健比が80%以上であることを確認した後に練習へ部分参加を開始し、その後漸進的に活動範囲を拡大し、術後9ヶ月以降で対人プレーを含むすべてのプレーへの参加を許可した。

4. 方法

調査項目は基本情報として年齢、身長、体重、手術までの待機期間を問診および診療録から抽出し、手術記録から再建靭帯の情報を抽出した。主観的伸展制限の評価は日本語版Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score（以下、KOOS）⁶⁾のS4“膝を完全に伸ばすことができますか”を用いた。割り付けは、KOOS S4の回答が、“いつもできる”、“だいたいできる”である者を伸展制限なし（no-LOE群），“ときどきできる”、“ほとんどできない”、“まったくできない”である者を伸展制限あり（LOE群）とした。客観的膝伸展制限の評価にはHeel Height Difference（以下、HHD）⁷⁾を用いた。HHDの測定は対象者を腹臥位とし、膝蓋骨をベッドに乗せ、脱力してもらい、定規と水平器を用いて行なった。

5. 統計解析

統計解析にはEZR, VER 1.61, 自治医科大学附属さいたま医療センター⁸⁾を用いて分析した。基本情報の分析にはマンホイットニーU検定と χ^2 検定を採用し、 $p < 0.05$ で統計学的有意差ありとした。また、受信者操作特性（Receiver Operating Characteristic；以下、ROC）解析を用いて、感度、特異度、曲線下面積（Area Under Curve；以下、AUC）および95%信頼区間を算出した。再建前、術後6ヶ月、術後12ヶ月、抜釘時における主観的LOEの有無と各時点のHHDとの関連を調査し、ROC曲線上で感度1、特異度1、の点から最も距離が短くなる点としてカットオフ値を求めた。

結果

対象者の基本情報（中央値 [4分位]）は年齢23 [17, 35] 歳、身長166.1 [159.9, 172.7] cm、体重63.6 [56.0, 72.4] kgで、手術までの待機期間は4.0 [2.0, 8.0] ヶ月であった（表1）。各時点での対象者数はそれぞれ、再建前811人、術後6ヶ月589人、術後12ヶ月512人、抜釘時536人であった。KOOSのS4が“ときどきできる”、“ほとんどできない”、“まったくできない”と回答した者は、再建前53人（6.5%）、術後6ヶ月61人（10.4%）、術後12ヶ月22人（4.3%）、抜釘時35人（6.5%）であった（図1）。対象者全体のHHDの中央値 [4分位] は、再建前0.6 [0, 1.5] cm、術後6ヶ月0.8 [0.0, 2.0] cm、術後12ヶ月0.7 [0.0, 1.7] cm、抜釘時0.6 [0.0, 1.7] cmであった。no-LOE群、LOE群のHHDの値はいずれの観察時期においてもLOE群が高値であった（表2）。主観的LOEの有

表 1. 基本情報

		No-LOE	LOE	p-value
年齢		21.0 [17.0, 36.0]	24.0 [19.0, 41.0]	0.27
身長 (cm)		164.4 [159.4, 171.0]	162.5 [155.4, 167.3]	0.16
体重 (kg)		61.0 [54.2, 70.7]	58.8 [56.2, 67.5]	0.94
待機期間 (月)		4.0 [2.0, 8.0]	2.0 [3.0, 6.0]	0.27
性別 (%)	女性	91.9	8.1	0.99
	男性	92.6	7.4	
グラフト (%)	屈筋腱	86.8	13.2	0.93
	BTB	90.9	9.1	

※ bone-patellar tendon-bone; BTB
Loss of extension ; LOE

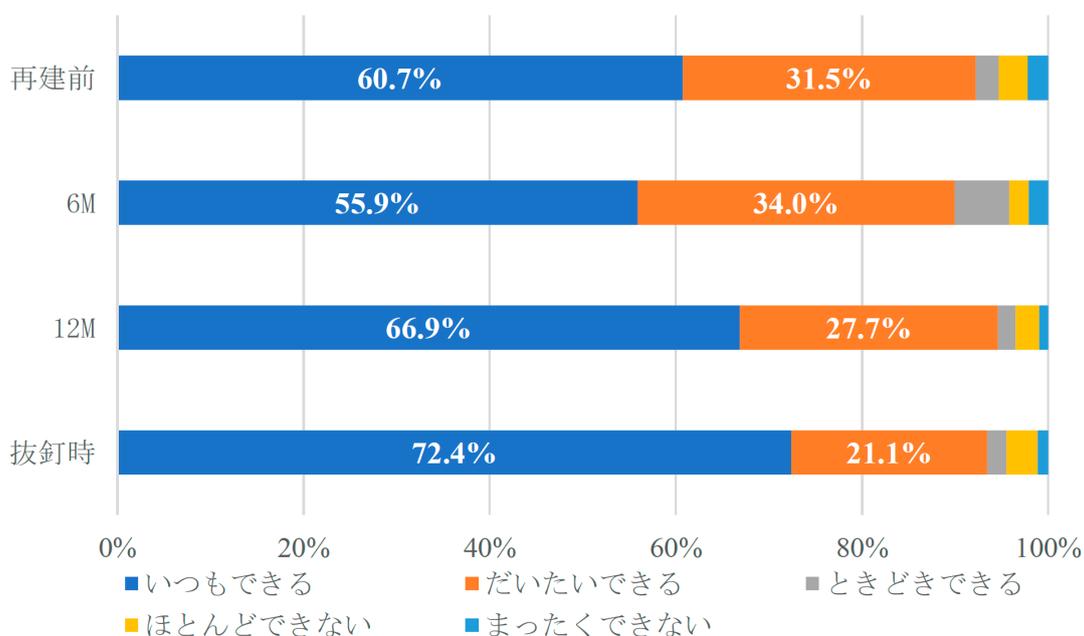


図 1. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score の S4 の結果

いずれの時期においても“いつもできる”と“だいたいできる”の合計は90%程度であった。

表 2. Heel height difference (cm) の推移

	No-LOE	LOE	p-value
再建前	0.5 [-0.2, 1.4]	1.9 [0.6, 3.7]	< 0.001
6M	0.8 [0.0, 1.7]	2.8 [1.7, 4.3]	< 0.001
12M	0.6 [0.0, 1.5]	1.8 [1.5, 4.7]	< 0.001
抜釘時	0.5 [-0.2, 1.5]	3.2 [2.0, 4.3]	< 0.001

※ Loss of extension ; LOE

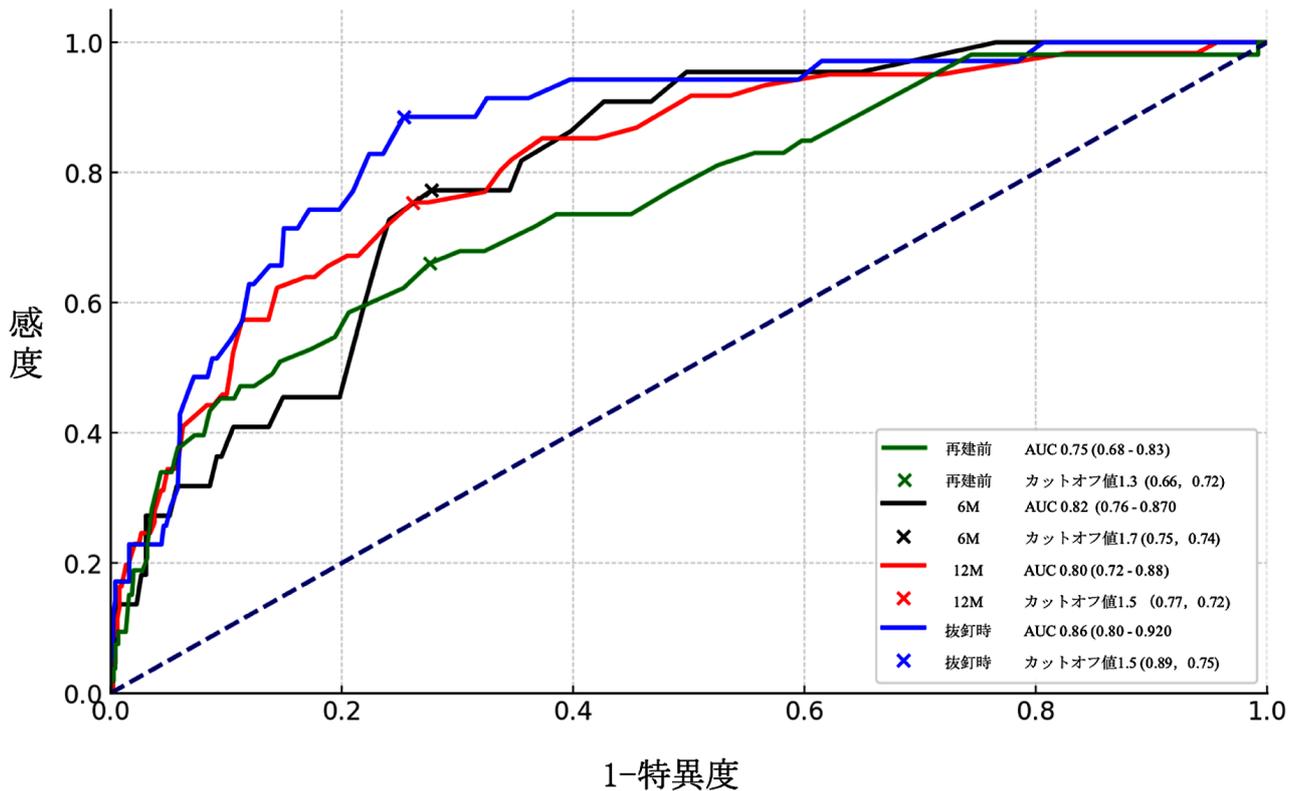


図2. 再建前, 術後6ヶ月, 術後12ヶ月, 抜釘時における主観的伸展制限とHeel height differenceの関連を示す受信者操作特性曲線 [AUC (95% 信頼区間), カットオフ値 (感度, 特異度)]

※ Area Under Curve ; AUC

無のカットオフ値と感度, 特異度, ROC 曲線を図2に示す. カットオフ値 (ROC 曲線下面積) は, 再建前 1.3 cm (0.75), 術後6ヶ月 1.7 cm (0.82), 術後12ヶ月 1.5 cm (0.80), 抜釘時 1.5 cm (0.86) であった.

考察

本研究の目的はACL再建術前後における症例が感じる主観的なLOEと客観的評価とのカットオフ値を検討することである. 結果として, 主観的LOEありの割合は4.3%から10.4%であり, LOE群のHHDの値はno-LOE群より有意に高値であった. 主観的LOEが生じるHHDのカットオフ値は, 1.3 cmから1.7 cmであった.

LOEの評価は, ゴニオメーターやHHDを用いて行われる. LOEは, 健側との差が 2° 以内で正常⁵⁾とされ, HHDの場合は2 cm未満とされている⁹⁾. Harnerら¹⁰⁾は術後のLOE発生割合は11.1% (244名中27名)と報告した. 本研究において, LOE群の割合は4.3-10.4%であり, Harnerら¹⁰⁾の値よりも低値であった. この低い割合は, 解剖学的に正確な骨孔の作製と, 術後翌日から開始される伸

展可動域獲得を目指した理学療法の効果によると考えられる.

今回調査した主観的LOEとHHDのカットオフ値は, 従来の客観的評価の値⁵⁾⁹⁾と概ね一致しており, 対象者の訴えと, 医療者側の評価に大きな差があるとは言えないことが確認された. これにより, 問診と客観指標を併用することがLOEの見逃しを防ぐのに効果的であると考えられる. 一方で, 対象者の訴えに重きを置く場合, 申告と客観指標が一致しない症例が一定数存在することも想定される. 今回, 調査の対象としていないが, 主観的な評価と客観的評価が一致しない症例に対しては別途分析を行い, 特徴を明らかにしていく必要がある. また, 臨床場においては, 関節位置覚に対するプログラムや教育を通じて, 主観的評価と客観的評価の乖離を改善する必要もある.

本研究の限界は横断研究であり, 縦断データではないため, 縦断的に調査をすることで, ACL再建術前後のLOEの推移を明らかにすることができる. また, 長期的なフォローアップをしていないため, 長期的な影響については不明である.

結論

ACL 再建術前後に主観的な膝伸展制限が感じられないと判断できる HHD のカットオフ値は、時間経過により変化することが確認された。具体的には、手術前のカットオフ値は 1.3 cm、術後 6 ヶ月で 1.7 cm、術後 12 ヶ月および抜釘時で 1.5 cm であり、これらの値は、対象者が主観的に LOE を感じない状態を示す指標として利用可能である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、測定に協力いただいた、当院のリハビリテーション部の皆様に深謝申し上げます。

【文献】

- 1) Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1990; 18: 292-299.
- 2) Niki Y, Hakozaki A, et al. Factors affecting anterior knee pain following anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; 20: 1543-1549.
- 3) Sachs RA, Daniel DM, et al. Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1989; 17: 760-765.
- 4) 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.
- 5) Shelbourne KD, Urch SE, et al. Loss of normal knee motion after anterior cruciate ligament reconstruction is associated with radiographic arthritic changes after surgery. *Am J Sports Med.* 2012; 40: 108-113.
- 6) Nakamura N, Takeuchi R, et al. Cross-cultural adaptation and validation of the Japanese Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). *J Orthop Sci.* 2011; 16: 516-523.
- 7) Schlegel TF, Boublik M, et al. Reliability of heel-height measurement for documenting knee extension deficits. *Am J Sports Med.* 2002; 30: 479-482.
- 8) Kanda Y. Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant.* 2013; 48: 452-458.
- 9) Yasui J, Ota S, et al. Preoperative Loss of Knee Extension Affects Knee Extension Deficit in Patients After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2023; 11: 23259671231151410.
- 10) Harner CD, Irrgang JJ, et al. Loss of motion after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1992; 20: 499-506.