



膝前十字靱帯再建術後の膝伸展制限改善予測モデルの構築と検証*

安井淳一郎・土山諒人・那須崇史・阪 勇斗
武内亮介・大竹来実

【要旨】

【目的】膝前十字靱帯 (Anterior cruciate ligament; 以下, ACL) 再建術後の膝伸展制限 (Loss of extension; 以下, LOE) は術後成績に影響を及ぼす重要な因子である。本研究では、術前および術後早期の Heel Height Difference (以下, HHD) を用いて、術後 12か月時点での LOE 改善を予測するモデルを構築することを目的とした。【方法】対象は ACL 再建術を受け、術前から術後 12か月までの HHD が取得可能な 261 例とした。術前、術後 1か月、3か月の情報を用いて 3種類のロジスティック回帰モデルを作成し、各モデルにおいて logit 値を算出した。予測精度を受信者操作特性 (Receiver Operating Characteristic; ROC) 曲線および曲線下面積 (Area Under Curve; 以下, AUC) にて評価した。【結果】AUC は術前モデル 0.759、術後 1か月モデル 0.774、術後 3か月モデル 0.870 であった。術後 3か月 HHD は強い予測因子であり、LOE 改善の可否に影響を与えていた。logit 値から確率を算出することで、個別の予後予測が可能となった。【結論】本モデルは、LOE 改善の予測と早期介入の判断に資する可能性があり、個別リハビリテーション戦略の最適化に貢献しうる。

キーワード：膝前十字靱帯再建術、膝伸展制限、予測モデル

はじめに

膝前十字靱帯 (Anterior cruciate ligament; 以下, ACL) 再建術後に生じる膝伸展制限 (Loss of extension; 以下, LOE) は、術後早期のリハビリテーションにおいて優先的に対処すべき重要な機能障害である¹⁾。LOE によって膝伸展筋力の低下²⁾ や関節包・軟部組織の拘縮、疼痛³⁾、運動恐怖心の増強などの複合的な機能低下が生じるとされており、最終的にスポーツ復帰の遅延や再受傷リスクの増加につながることが報告されている^{2) 4)}。

LOE の定量的評価には、ゴニオメーターによる関節角度の測定や Heel height difference (以下, HHD) が用いられる²⁾。なかでも HHD は測定が簡便かつ再現性に優れ⁵⁾、小さな LOE 検出も可能であるため、臨床現場におけるスクリーニングツールとしての有用性が高い。特に HHD 1.5 cm は、我々の先行研究において、ACL 再建術後 12か月時点で主観的 LOE なしと判断できるカットオフ値として同定された。この先行研究では ACL 再建術前後の症例を対象に HHD と主観的 LOE の有無の関連を検討し、Area Under Curve (以下, AUC) 0.80 という良好な判別能を示した⁶⁾。これは、医療者による客観評価と対象者の主観的な評価との間に整合が見られる水準であり、臨床的な妥当性が高い指標であると考えられる。

臨床の現場では、LOE の発生リスクや予後の判断が術者や療法士の経験則に依存しているのが現状である。術後経過を予測し、早期介入の必要性を判断するためには、術前および術後早期の定量データに基づいた予測モデルの構築が求められ

* Development and Validation of a Predictive Model for Improvement of Loss of Knee Extension After ACL Reconstruction

重大病院 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, MBA, Tsuchiyama Ryoto, PT,
Nasu Takafumi, PT, Saka Yuto, PT, Takeuchi Ryosuke,
PT, MS, Otake Kurumi, PT: Department of Rehabilitation,
Juko-osu Hospital

E-mail: junichiro_yasui@keimeikai.or.jp

(受付日 2025年7月4日／受理日 2025年10月6日)

る。HHD のように実臨床で容易に計測可能な指標を用いたモデルは、汎用性・再現性の観点からも臨床応用性が高いと考えられる。

近年、整形外科領域では機械学習や統計モデルを用いて術後成績を予測する取り組みが進展しており、ACL 再建術においても再受傷リスクやスポーツ復帰の予測モデルが提案されている⁷⁾⁸⁾。しかしながら、ACL 再建術後の LOE 改善に関して、術前および術後早期の経時的な HHD データを用いて 12か月後の予後を予測する数理モデルの構築は、筆者らの調査の限り報告が見当たらない。

さらに、先行研究においても術後 3か月時点は予後予測における重要な評価タイミングとされている。Hwang ら⁷⁾ および Kim ら⁹⁾ は、術後 3か月の筋力や Y バランステストが、それぞれ 12か月後の主観的機能 (IKDC スコア, ACL-RSI スコア) や客観的パフォーマンス (片脚ホップテスト, Tegner 活動レベル) を予測する有意な因子であることを報告している。これらの知見は、術後 3か月の評価が ACL 再建術後の長期的予後に強く関与することを裏付けている。

また、術後 3か月という時期は、膝伸展可動域の改善余地が残されている臨床的転換点であるだけでなく、グラフトが骨孔と癒合し、生物学的に成熟していく重要な期間である⁶⁾¹⁰⁾。このタイミングでの HHD の情報は、単なる可動域の指標にとどまらず、機能の予後や治癒過程を反映する変数としても意義があると考えられる。

そこで本研究では、ACL 再建術を受けた症例を対象に、術前から術後 3か月までの HHD を含む因子を用いて、術後 12か月時点での LOE 改善 (HHD \leq 1.5 cm) の可否を予測するロジスティック回帰モデルを構築・検証し、臨床応用の可能性について検討することを目的とした。

対象および方法

1. 研究デザイン

本研究は後ろ向きコホート研究であり、ACL 再建術を施行した症例を対象として、術前、術後 1か月、3か月、12か月の計 4 時点での LOE に関するデータを収集・解析した。

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）に本研究を開始した。対象には研究内容を説明し、書面による同意を得た。

3. 対象

対象は 2014 年 6 月から 2021 年 1 月に当院で ACL 再建術を施行した症例のうち、ACL 再建術前、術後 1 か月、術後 3 か月、術後 12 か月の測定が可能であった 261 例（男性 132 人、女性 129 人）とした。なお、本研究は探索的解析を主目的としており、サンプルサイズの事前のパワーアンalysisは実施していない。ただし、一定数の追跡完了症例が蓄積されたことから、実臨床に基づいた現実的な対象数として解析を実施した。

除外基準は以下のとおりとした：手術前測定が不可能であった症例（例：半月板ロッキング、骨折、緊急手術等）、複合靭帯損傷例、半月板ロッキング例、両側損傷例、下肢に骨折既往または手術歴を有する症例、日本語での意思疎通が困難な症例。

手術は 6 名の整形外科医によって解剖学的 ACL 再建術が施行された。使用したグラフトは膝屈筋腱を基本とし、競技種目や競技レベル、患者の希望に応じて骨付き膝蓋腱 (Bone Patellar Tendon Bone；以下、BTB) が用いられた。グラフトは伸展位固定とし、半月板の処置は可能な限り縫合を行い、縫合不可能な場合は部分切除とした。

術後のリハビリテーションは統一されたプロトコルに基づいて実施され、術翌日から膝関節の伸展可動域訓練を愛護的に開始した。伸展可動域に対する介入は、ROM エクササイズやパテラセッティング、大腿四頭筋へ電気刺激、徒手療法などを実施した。術後 1 週はリハビリテーションの時間を除いてハイブリッドシーネで軽度屈曲位固定、術後 8 日目より ACL 装具に変更した。その後は術後 2 か月以降にエルゴメーター、3～4 か月以降でのジョギング再開、6 か月での部分練習参加、9 か月以降での競技復帰を許可するプロトコルとした。

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。LOE の客観的評価には HHD¹¹⁾ 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。LOE 改善予測モデルはロジスティック回帰モデルを用いて作成し、各モデルにおいて logit 値を算出した。

5. 統計解析

データ集計およびロジスティック回帰分析はPython（バージョン3.11）および以下のライブラリを使用して実施した：pandas（データ処理）、statmodels（ロジスティック回帰および信頼区間の推定）、scikit-learn（受信者操作特性（Receiver Operating Characteristic；以下、ROC）曲線およびAUCの算出）、およびmatplotlib（グラフ描画）。基本情報の群間比較には、連続変数に対してMann-Whitney U検定、カテゴリー変数に対して χ^2 検定を用いた。有意水準は両側5%とし、変数間の多重共線性については分散拡大係数（Variance Inflation Factor；以下、VIF）を用いて評価した。

ロジスティック回帰モデルは術前モデル、術後1か月モデル、術後3か月モデルの合計3つ作成し、性能については、AUCを用いて検討した。従属変数を術後12か月のHHDが1.5cm以下（改善あり）かどうかとした。独立変数は術前モデルにおいては術前HHD、性別、年齢、グラフトとし、術後1か月モデルは術前モデルに術後1か月HHDを加えたモデル、術後3か月モデルは術後1か月モデルに術後3か月HHDを加えたモデルとした。なお、グラフトの種類と性別は名義変数であり、屈筋腱=1、BTB=0、男性=1、女性=0としてダミー変数化して解析に使用した。

3モデル間のAUCの差異については、Hanley & McNeil法によりz検定を行い、統計的有意性を検討した。多重比較による第I種過誤の影響を考慮し、有意水準はBonferroni補正後のp<0.0167を基準とした。

結果

対象261例のうち、術後12か月時点のHHDが1.5cm未満であったNo-LOE群は191例（73.2%）、

HHDが1.5cm以上であったLOE群は70例（26.8%）であった。表1に各群の基本情報（中央値[4分位]）を示す。年齢はNo-LOE群で26.0[17.0-36.8]歳、LOE群で24.0[17.0-37.5]歳（p=0.84）、身長はそれぞれ164.5[159.0-171.0]cm、165.4[159.5-171.0]cm（p=0.51）、体重は60.0[54.0-70.0]kg、64.1[52.8-73.6]kg（p=0.83）であり、有意な差は認められなかった。また、待機期間も両群ともに中央値4.0か月であり、No-LOE群は[3.0-9.0]か月、LOE群は[2.0-10.0]か月であった（p=0.76）。性別ではNo-LOE群の女性が98例、LOE群では31例、男性はそれぞれ93例、39例であり（p=0.42）、グラフトは屈筋腱がNo-LOE群で162例、LOE群で55例、BTBはそれぞれ29例、15例であった（p=0.37）。いずれの項目においても統計的有意差は認められなかった。

各モデルにおけるROC曲線とAUCは以下のとおりであった（図1）；1) 術前モデル：AUC=0.759（95%信頼区間：0.528-0.884）、2) 術後1か月モデル：AUC=0.774（95%信頼区間：0.547-0.882）、3) 術後3か月モデル：AUC=0.870（95%信頼区間：0.535-0.894）。

モデル間でAUCは漸増し、術後3か月のデータを加えることで予測精度が向上する傾向が示された（図1）。このAUCの差異についてHanley & McNeil法を用いてz検定を行ったが、いずれの比較においても統計的有意差は認められなかった（術前vs術後1か月：p=0.834、術後1か月vs術後3か月：p=0.806、術前vs術後3か月：p=0.969）。術後3か月モデルは3モデルの中で最も高いAUCを示し、本研究においては最も高い予測精度を有するモデルであった。ロジスティック回帰モデルのlogit式は以下のとおりであった（※性

表1. 基本情報

	No-LOE (n = 191)	LOE (n = 70)	p 値
年齢（歳）	26.0 [17.0, 36.8]	24.0 [17.0, 37.5]	0.84
身長（cm）	164.5 [159.0, 171.5]	165.4 [159.5, 171.4]	0.51
体重（kg）	60.0 [54.0, 70.0]	64.1 [52.8, 73.6]	0.83
待機期間（月）	4.0 [3.0, 9.0]	4.0 [2.0, 10.0]	0.76
性別（人）			
女性	98	31	
男性	93	39	0.42
グラフト（人）			
屈筋腱	162	55	
BTB	29	15	0.37

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

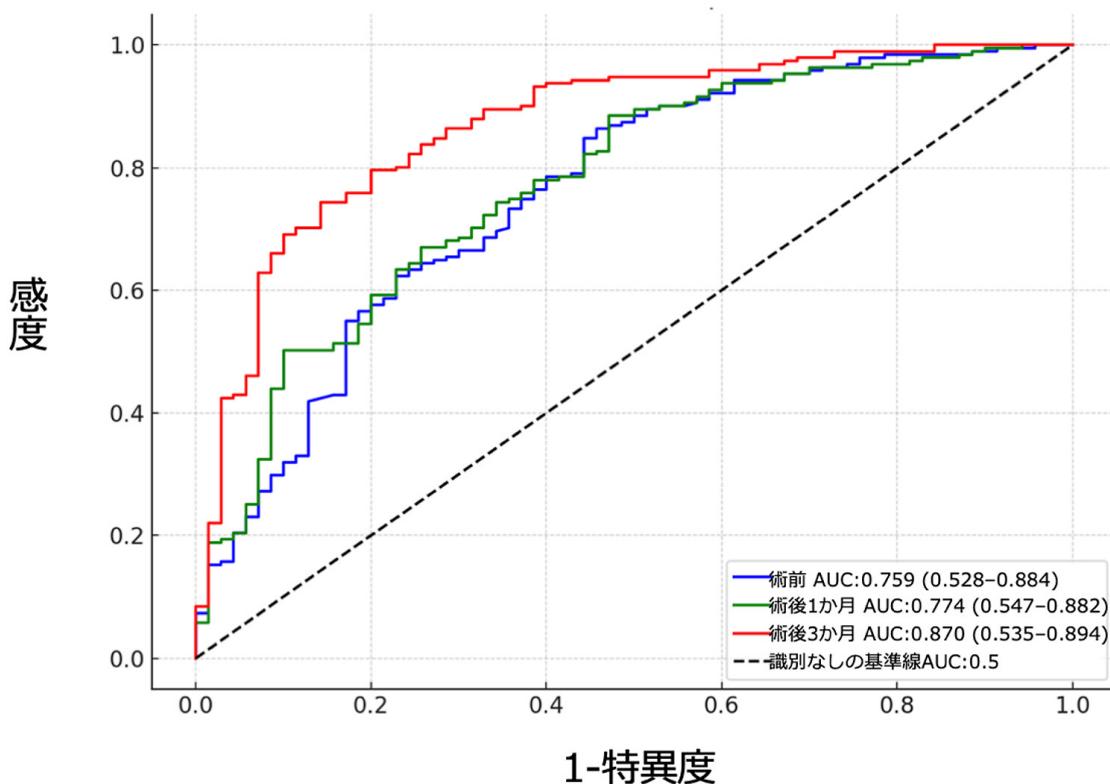


図 1. LOE 改善予測モデルにおける各時点モデルの受信者操作特性曲線および曲線下面積（95% 信頼区間）比較

※ Loss of extension; LOE, Area Under Curve; AUC

表 2. LOE 改善予測モデルにおける各因子のオッズ比と統計的有意性

	術前モデル			術後 1 か月モデル			術後 3 か月モデル		
	オッズ比	95%信頼区間	p 値	オッズ比	95%信頼区間	p 値	オッズ比	95%信頼区間	p 値
切片（出数項）	2.4	0.84 – 6.81	0.101	4.31	1.30 – 14.29	0.017	8.24	2.13 – 31.93	0.002
術前 HHD (cm)	0.46	0.35 – 0.60	< 0.001	0.50	0.38 – 0.66	< 0.001	0.60	0.45 – 0.81	< 0.001
グラフト (屈筋腱 = I)	1.56	0.71 – 3.42	0.268	1.67	0.75 – 3.70	0.208	1.49	0.63 – 3.54	0.363
性別（男性 = 1）	0.79	0.41 – 1.52	0.478	0.77	0.40 – 1.51	0.448	0.68	0.32 – 1.45	0.314
年齢（歳）	0.79	0.99 – 1.05	0.134	1.02	0.99 – 1.04	0.271	1.02	0.99 – 1.05	0.242
術後 1 か月 HHD (cm)	—	—	—	0.85	0.73 – 1.47	0.037	1.23	0.99 – 1.53	0.062
術後 3 か月 HHD (cm)	—	—	—	—	—	—	0.39	0.29 – 0.54	< 0.001

※ Loss of extension; LOE, Heel height difference; HHD

別：男性 = 1, 女性 = 0；グラフト：BTB = 0, 屈筋腱 = 1).

術前モデル : $\text{logit} = 0.913 - 0.769 \times \text{術前 HHD} - 0.226 \times \text{性別} + 0.020 \times \text{年齢} + 0.388 \times \text{グラフト}$

術後 1 か月モデル : $\text{logit} = 1.507 - 0.681 \times \text{術前 HHD} - 0.246 \times \text{性別} + 0.015 \times \text{年齢} - 0.154 \times \text{術後 1 か月 HHD} + 0.446 \times \text{グラフト}$

術後 3 か月モデル : $\text{logit} = 2.132 - 0.494 \times \text{術前 HHD} - 0.348 \times \text{性別} + 0.017 \times \text{年齢} + 0.194 \times \text{術後 1 か月 HHD} - 0.904 \times \text{術後 3 か月 HHD} + 0.346 \times \text{グラフト}$

主要変数におけるオッズ比, 95% 信頼区間, p 値は表 2 に示す。術前 HHD および術後 3 か月 HHD は, 有意なマイナスの寄与因子であり, 値が大き

表3. LOE 改善予測モデルにおける各変数の分散拡大係数

	術前モデル	術後1か月モデル	術後3か月モデル
術前 HHD (cm)	1.19	1.32	1.48
グラフト (屈筋腱 = 1)	3.19	4.08	4.09
性別 (男性 = 1)	2.11	2.13	2.13
年齢 (歳)	4.59	4.65	4.70
術後1か月 HHD (cm)	—	3.08	4.70
術後3か月 HHD (cm)	—	—	3.53

※ Loss of extension; LOE, Heel height difference; HHD

いほど LOE 改善の確率は低くなる傾向が示された（例：術前モデルの術前 HHD：オッズ比 = 0.46, 95% 信頼区間 : 0.35-0.60, $p < 0.001$ ；術後3か月モデルの HHD：オッズ比 = 0.39, 95% 信頼区間 : 0.29-0.54, $p < 0.001$ ）。また、術後1か月モデルにおいては術後1か月時点の HHD も有意な予測因子であった（オッズ比 = 0.50, 95% 信頼区間 : 0.38-0.66, $p < 0.001$ ）。

一方、性別、年齢、グラフトといった非可変因子は、いずれのモデルにおいても有意な影響は認められなかった（ $p > 0.05$ ）。術後3か月モデルにおいては、術後3か月 HHD のみが有意な因子として残存しており、他の要因の影響は統計的に明確でなかった。

多重共線性の検討では、各モデルにおける変数の VIF はすべて 5 未満であり、多重共線性の影響は軽微と判断された（表3）。

考察

本研究では、ACL 再建術後12か月時点での LOE の改善を予測するために、術前および術後早期の HHD を用いたロジスティック回帰モデルを構築した。その結果、術後3か月時点の HHD を加えることで予測精度が最も高まり、この時点の評価が LOE 予後の鍵を握る重要な因子であることが示唆された。

ACL 再建術後に生じる LOE は、術後の膝機能回復や競技復帰において重大な障害となることが知られており、その予測と早期対応は臨床上の重要課題である。本研究では、HHD という簡便かつ信頼性の高い指標 [Intrarater reliability : ICC (1,1) = 0.90, Interrater reliability : ICC (1,2) = 0.94] を用い⁵⁾、術前・術後早期のデータから個別症例ごとのリスクを可視化する予測モデルの有用性を定量的に示した。先行研究においては、主に術後成績や再受傷、スポーツ復帰などの予測モデルが中

心であり^{7) 8)}、HHD を用いた LOE の予後予測に関する時系列モデルの報告は非常に限られている。本研究は、そのギャップを埋める知見として臨床的貢献があると考えられる。

モデルの性能 (AUC) は、術前モデル (0.759) < 術後1か月モデル (0.774) < 術後3か月モデル (0.870) と段階的に向上し、術後3か月時点の HHD が予測精度を大きく高めることができた。なお、AUC の差について Hanley & McNeil 法により検定を行ったが、術前モデル・術後1か月モデル・術後3か月モデル間のいずれの比較においても統計的有意差は認められなかった（すべての p 値 > 0.80 ）。これは、モデル間の差が小さいことに加え、症例数が比較的限られていることによる検出力不足の可能性がある。したがって、統計的な差異検出はできなかったものの、AUC の絶対値としては術後3か月モデルが最も高く、予測精度の観点から臨床的意義は十分にあると考えられる。

術後3か月時点の HHD を加えることで予測能が最も高まった背景には、複数の要因が関与していると考えられる。まず、この時期は ACL 再建後のグラフトが骨孔内で生物学的に癒合し、線維性組織の形成や血管新生が進行する転換期であり¹⁰⁾、関節機能や伸展可動域の安定性が組織学的にも定まりつつある。加えて、臨床的には術後3か月はリハビリテーションによる機能改善の個体差が徐々に収束しへじめる時期でもあり、ジョギングなどの軽負荷スポーツ活動が段階的に許可される項目として運動療法プログラムにおいても意義が大きい。この時点で ADL に大きな支障がない場合が多く、リハビリテーションへの順応や治療反応が明確になってくる。このため、HHD の値は単なる LOE の指標にとどまらず、身体機能の定着や患者個別の回復パターンを反映する多面的な変数として機能し、予測能の向上に寄与した可能性があ

る。臨床現場での活用を考える場合、術後3か月時点でのHHDが依然として高い場合は、その後のLOE改善が難航する可能性が高く、この時点までに可動域改善を達成しておくことが重要であることが示唆される。

本モデルでは、logit値から確率を算出することで、数値的に明確なリスク情報を患者と共有できる点が臨床応用上の大きな意義である。このような可視化による確率提示は、shared decision making（共有意思決定）の一環として¹²⁾、対象者のモチベーションやリハビリテーションへの主体的関与を高める可能性があり、近年注目される個別化医療の実践とも親和性が高い。確率は以下の式で計算される；

$$\text{確率} = 1 / \{1 + \exp(-\text{logit})\}$$

たとえば、28歳女性、屈筋腱グラフト、術前HHDが1.7cmの症例では、術前時点でのLOE改善確率は63.5%，術後1か月HHDが3.0cmで68%，術後3か月HHDが1.4cmで80.7%と、経過に応じて達成可能性を段階的に再評価できる。こうした可視化により、療法士と対象者が共有意思決定に基づいたリハビリテーション戦略を組み立てやすくなると考えられる。

なお、本研究における術後3か月モデルでは、術後1か月HHDが有意ではないもののプラスの寄与因子として表れた。臨床的には「術後1か月でHHDが大きいほど改善は難しい」と考えられることが多い、本結果は一見すると直感に反する。VIFはすべて5未満であったことから、モデル式自体に大きな問題は無いと考えられるものの、モデルに投入する変数について引き続き検討を行う必要がある。一方で、術前から術後3か月までの時系列的なデータを逐次追加することで予測精度が段階的に向上するという点は、本研究の重要な意義であり、臨床での経時的な予後再評価の枠組みに直結する。

本研究にはいくつかの限界も存在する。第一に、単一施設・单一プロトコル下で行われた後ろ向き研究であり、外部妥当性の検証が必要である。第二に、モデルに含まれる因子がHHDを中心とした可動域指標に限られており、筋力、心理的要因、疼痛、術式の細分類といった他の重要要素を取り入れた複合的なモデル構築が今後の課題である。特に、Fear of re-injuryやself-efficacyといった心理社会的因素がACL術後リハビリテーションの成功に関与することは既報でも示されており^{13) 14)}、今後はこうした因子も統合的に扱う必

要がある。第三に、従属変数を二値変数（HHD ≤ 1.5cm）として扱った点において、今後は連続変数としての予測、または柔軟な閾値を設定できるモデル（例：ベイズモデル、決定木系など）の検討も有用である。

結論

本研究で構築したモデルは、ACL再建術後12か月時点の膝伸展制限改善（HHD ≤ 1.5cm）の可否を予測しうるものであり、特に術後3か月時点のHHDを加えることで予測精度が向上した。このことは、術後3か月が予後判定における重要な臨床的転換点であることを示唆する。本モデルは、LOE回復遅延のリスクを可視化し、個別症例に応じた早期介入やリハビリテーション戦略の最適化に活用できる可能性がある。

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) Sachs RA, Daniel DM, et al.: Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med. 1989; 17: 760-765.
- 3) 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.
- 4) Feller JA, Webster KE: A randomized comparison of patellar tendon and hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med. 2003; 31: 564-573.
- 5) 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.
- 6) 安井淳一郎、榛地佑介：膝ACL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。愛知県理学療法学会誌。2024; 36: 121-125。

- 7) Hwang UJ, Kim JS, et al.: Machine Learning Predictions of Subjective Function, Symptoms, and Psychological Readiness at 12 Months After ACL Reconstruction Based on Physical Performance in the Early Rehabilitation Stage: Retrospective Cohort Study. *Orthop J Sports Med.* 2025; 13: 23259671251319512.
- 8) Alaiti RK, Vallio CS, et al.: Predicting ACL Reconstruction Failure with Machine Learning: Development of Machine Learning Prediction Models. *Orthop J Sports Med.* 2025; 13: 23259671251324519.
- 9) Kim JS, Hwang UJ, et al.: Prediction of 12-Month Clinical Outcomes Postsurgery Based on 3-Month Knee Examination After Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Sport Rehabil.* 2024; 34: 499–504.
- 10) Weiler A, Peine R, et al.: Tendon healing in a bone tunnel. Part I: Biomechanical results after biodegradable interference fit fixation in a model of anterior cruciate ligament reconstruction in sheep. *Arthroscopy.* 2002; 18: 113–123.
- 11) Schlegel TF, Boublík M, et al.: Reliability of heel-height measurement for documenting knee extension deficits. *Am J Sports Med.* 2002; 30: 479–482.
- 12) Elwyn G, Frosch D, et al.: Shared decision making: a model for clinical practice. *J Gen Intern Med.* 2012; 27: 1361–1367.
- 13) Ardern CL, Taylor NF, et al.: A systematic review of the psychological factors associated with returning to sport following injury. *Br J Sports Med.* 2013; 47: 1120–1126.
- 14) Paterno MV, Flynn K, et al.: Self-Reported Fear Predicts Functional Performance and Second ACL Injury After ACL Reconstruction and Return to Sport: A Pilot Study. *Sports Health.* 2018; 10: 228–233.