



No difference in postoperative rotational laxity after ACL reconstruction in patients with and without anterolateral capsule injury: quantitative evaluation of the pivot-shift tes...

Hirosima, Yuji

(Degree)

博士（医学）

(Date of Degree)

2021-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第7939号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1007939>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(課程博士関係)

学位論文の内容要旨

No difference in postoperative rotational laxity after ACL reconstruction in patients with and without anterolateral capsule injury: quantitative evaluation of the pivot-shift test at 1-year follow-up

前外側関節包合併損傷の有無による前十字靱帯再建術後の回旋不安定性の比較検討 - 術後 1 年における定量評価を用いた調査

神戸大学大学院医学研究科医科学専攻

整形外科学

(指導教員 : 黒田 良祐 教授)

寛 島 佑 史

【背景】

膝前十字靱帯（ACL）損傷はスポーツで頻度の高い外傷であり、膝関節に前外側回旋不安定性を生じさせることが臨床的に問題となる。この前外側回旋不安定性を消失させるため、一般に手術的加療として ACL 再建術が適応とされる。しかし、これまでの ACL 再建術の改良を経ても ACL の再建術後に前外側回旋不安定性が残存する報告が散見されている。この原因として ACL に次ぐ前外側回旋不安定に対する二次的制動因子の合併損傷の存在が示唆されている。近年、この二次的制動因子の 1 つとして前外側関節包靱帯（ALC）という組織の関与が示唆されている。しかし、ALC の生体力学的機能に関する検討は未だ十分ではなく、特に臨床において ALC 合併損傷が ACL 再建術後の前外側回旋不安定性に対する影響を調べる研究が必要である。

臨床的に前外側回旋不安定性は徒手検査である Pivot-shift テストによって行われることが一般的であるが、検者の感覚に委ねられる徒手検査であり、定量的評価・比較が困難であった。しかし、近年開発された電磁器センサーを用いた定量的評価システムは、Pivot-shift テスト時の脛骨の加速度を計測し、Pivot-shift テストを定量的評価できることが報告されている。

そこで、この研究の目的は ALC 合併損傷が ACL 再建術後の回旋不安定性に対する影響を定量的 Pivot-shift テスト評価によって比較検討することである。

【対象と方法】

対象は 2014 年から 2017 年の間に ACL 再建術を受けた片側性 ACL 損傷症例 62 症例。同側または対側の膝において、骨折、軟骨損傷、後外側構成体損傷、および内側側副靱帯および後十字靱帯の損傷を含む他の膝靱帯損傷を併発している者は除外された。

ACL 損傷が臨床所見及び MRI 所見によって確認が行われた後、解剖学的再建方法を用いて ACL 再建術が実施された。半月板の状態に応じて、半月板修復または半月板切除術が追加された。ACL 再建術前麻酔下に、Pivot-shift テストを施行し、従来側の IKDC による臨床的 4 段階評価（none (-)、glide (+)、clunk (++)、gross (+++)）および電磁気センサーを用いた定量的評価の 2 つを同時に行った。ALC 損傷に対する追加の治療は行わなかった。ACL 再建方法は自家ハムストリング移植腱を使用した解剖学的二重束再建 40 例と解剖学的一重束再建 20 例、並びに自家骨・膝蓋腱・骨移植腱を使用した一重束再建術 2 例であった。

術後約 1 年において当科での臨床慣例に従い、ACL 固定用のスクリュー除去手術および関節鏡検査を施行した。ACL 再建術前と同様に Pivot-shift テストの臨床的評価と定量的評価を全身麻酔下に施行した。IKDC による臨床的評価は、定量的評価の結果と MRI によって決定された ALC 合併損傷の有無を知らない 1 人の検者によって行われた。

Pivot-shift テストの定量的評価方法は以下の通りである。電磁気センサーシステム（JIMI 神戸、日本 Arthrex 社、東京）を使用した。このシステムは、電磁波を発信する送

信機と 3 つの受信機が含まれている。受信機のうち 2 つは、プラスチック製のプレースを用い大腿部と下腿部に固定され、それぞれ大腿骨と脛骨の動きを追跡するために使用された。3 番目の受信機は、大腿骨と脛骨の 7 つの解剖学的ランドマークの位置を PC 上の仮想 3 次元空間に登録するために使用された。大腿骨と脛骨の 3 次元位置は、登録されたランドマークの位置と体表上の受信機の位置関係に基づいて仮想空間上で認識された。

ALC 損傷合併の存在は、Pivot-shift テストの臨床的評価または定量的評価を知らない状態で ACL 再建術前に撮影された MRI で診断された。MRI 診断は、Helito らの方法を使用して単一の検者によって実施された。

測定データの分析は、SPSS を使用して実行された。Student-t 検定を使用して、ALC 損傷を伴う群と伴わない群間の脛骨加速度を比較した。ピアソンのカイ 2 乗検定を使用して、Pivot-shift テストの臨床評価におけるグループ間の差異を評価した。統計的有意性は、両側検定で $p < 0.05$ に設定された。

研究前のサンプルサイズ計算は、同じ電磁気センサーを用いたシステムを使用して Pivot-shift テストの定量的評価を行った過去の研究に基づいて設定された。Pivot-shift テスト中の脛骨の回転加速度 $0.5 \text{ m} / \text{s}^2$ の差を検出するには、群間の比較に両側 Student-t 検定を使用し、検出力と有意水準をそれぞれ 0.90 と 0.05 に設定すると、合計サンプルサイズは 46 膝が必要と算出された。 $0.5 \text{ m} / \text{sec}^2$ の差は、過去の報告における Pivot-shift テスト陽性症例の平均的な左右差の値であるため、臨床的に有意であると想定した。

【結果】

62 人の患者（男性 26 人と女性 36 人、平均年齢 25.6 ± 11.8 歳）が対象となった。ALC の合併損傷は 62 膝中 26 膝で確認された。性別、年齢、付随する半月板損傷、外科的手法、および損傷から手術までの時間において、ALC 合併損傷の有無で分けた 2 群間に統計学的有意差は無かった。Pivot-shift テストの術前臨床評価の結果は：glide (+) 33 人、clunk (++) 26 人、gross (++) 3 人であり、1 年間のフォローアップでは、臨床評価は両群ともに改善があり、50 人の患者で none (-) であり、他 12 人の患者で glide (+) と評価された。

ALC 合併損傷がある群とない群の Pivot-shift テストの臨床評価に差は無かった。

Pivot-shift テスト中の脛骨加速度は、手術前の計測では両群間に有意差は認めなかった（ALC 合併損傷あり群： $1.1 \pm 0.7 \text{ m} / \text{s}^2$ ，なし群： $1.4 \pm 1.1 \text{ m} / \text{s}^2$, n.s.）。同様に、術後 1 年のフォローアップ時の計測でも両群間に有意差は認めなかった（ALC 合併損傷あり群： $0.6 \pm 0.3 \text{ m/s}^2$ ，なし群： $0.8 \pm 0.6 \text{ m/s}^2$, n.s.）。

【考察】

本研究の最も重要な所見は、ALC 損傷の合併の有無は ACL 再建術後 1 年で膝関節の回旋不安定性に有意な影響を及ぼさなかったということである。先行研究において、我々は ALC 合併損傷は術前の ACL 損傷膝の回旋不安定性への影響は無かったと報告した。今回はさら

に ACL 再建術後においても回旋不安定性に対する ALC 合併損傷は影響しなかったことを実証した。

ACL 再建後に膝関節の回旋不安定性に対する ALC 合併損傷がどのように関与するかは様々な議論がある。例えば、近年新たに発見されたと報告された前外側靭帯（ALL）の存在に対する議論であるが、ALL は以前からの解剖学的表現における ALC に同義であると見なされている。Sonnery-Cottet らは ALC が膝関節の回旋不安定性を抑制する効果があったことを示し、ALL の再建術を奨励している。一方で、Schon らは ACL と ALL 再建を行うことにより外側関節面の接触圧が上昇するため、関節への長期的悪影響を憂慮すると推奨しないとしている。

最近の臨床研究では、ALC 損傷を合併した ACL 損傷がより大きな Pivot-shift を誘発することは報告しているが、ALC 合併損傷の ACL 再建術後にわたる長期の影響は未だ十分な評価がなかった。さらに、ALC 合併損傷の自然経過も不明のままである。ALC 損傷の自然治癒は ACL 再建後に起きている可能性も考えられる。

これまでの過去の研究では Pivot-shift テストの臨床評価は検者の主観によって決定されていたため、ばらつきも多く、信頼性に関しては疑問符が付く。したがって、徒手検査の結果を臨床診療へ反映させることには慎重を要する。今では、Pivot-shift テスト中の膝関節の回旋不安定性を定量的に評価するために、さまざまな非侵襲的計測機器が開発されている。この研究で使用した電磁気センサーを用いたシステム、3 軸加速度計である KiRA (Orthokey, イタリア)、iPad アプリによる画像解析、およびナビゲーションシステムなどが挙げられる。いくつかの測定システムでは、ALC 合併損傷が術前の ACL 損傷膝における回旋不安定性に及ぼす影響を検出している。iPad のシステムで評価した報告では、ALC 合併損傷のある ACL 損傷膝の Pivot-shift テスト中の外側コンパートメントでの脛骨前方移動量の増加が検出されたと報告された。Pivot-shift は単純な動きではなく、脛骨の前方移動、回旋角度変化、加速度など、いくつかの計測値で評価できると報告されている。我々は過去にそれらの評価項目を比較し、加速度が Pivot-shift の臨床的評価と最も高い相関をすることを報告している。加速度の計測を用いた今回の研究において、ACL 再建膝の Pivot-shift に対する ALC 合併損傷の影響は殆どなく、この合併損傷に対しては積極的に観血的治療を要さないことを示唆している。

本研究の限界としては、まず、フォローアップ期間が術後 1 年と短いことが挙げられる。従って、ALC 合併損傷が膝関節に及ぼす長期的な影響は不明なままである。第 2 に、今回の研究において ACL 再建手術時に、MRI 診断の代わりに ALC 合併損傷の有無を直視下に術中解剖で確認していないことである。しかし、過去の報告から、ALC 合併損傷の有無で ACL 再建術前膝の回旋不安定性に差がなかったことを考慮すると、さらなる手術侵襲を加えて ALC 合併損傷を検討することは望ましくないと考えられる。また、MRI での ALC 合併損傷の診断率は比較的悪く、検者によってばらつくことが挙げられる。この研究では単独の検者によって MRI 診断が行われた。ALC の MRI 検出に関しては、Helito らは、97.4% で

ALL を特定できるとした一方、Taneja らはわずか 51% の検出率と報告している。このことから、MRI を使用した ALC 合併損傷の診断率は、MRI の画質と検者の経験に非常に影響を受けやすい可能性があったので、この研究では、ばらつきを避けるために単独の検者を用いた。最後に、ACL 再建術は一重束、二重束の両方の術式で ALC 合併損傷の有無を考慮せずに行われている。ランダムに 2 つの術式が使用されたにもかかわらず、1 年間のフォローアップで ALC 合併損傷の有無で ACL 再建膝の回旋不安定性に関して差は観察されなかった。本研究結果に基づくと、ALC 合併損傷が MRI で検出された場合でも、回旋不安定性を改善するために ACL 再建術に加えた ALC 損傷への追加治療は必要としないと考えられる。