

Title : A structured accelerated versus control rehabilitation pathway after anterior cruciate ligament reconstruction using autologous hamstrings demonstrates earlier improvement in physical outcomes without increasing graft laxity: A randomized controlled trial

著者 : Jay R. Ebert, Peter Edwards , Brendan Joss , Peter T. Annear

雑誌 : Physical Therapy in Sport 55 (2022) 271-281

PMID: 35605339

## 前十字靭帯再建術後の身体的機能の早期改善を目指した加速的 リハビリテーションによる治療効果：ランダム化比較試験

記者： 順天堂大学医学部附属練馬病院 大堀勇樹

### 1. はじめに

リハビリテーションは傷害やその後の手術の結果として低下した下肢筋力や機能的なパフォーマンスを回復させるうえで重要な役割を果たす。しかし、患者の早期退院やリハビリテーションの構成が不十分なために、前十字靭帯術後のリハビリテーションが十分に実施されていないことが多い<sup>1)</sup>と報告されている。システムティックレビューでは初期治癒期、増殖期、成熟期が強調されているが、成熟期が含まれた研究で術後9か月以内のものはなかった。移植片の定着が不完全であったり、遅延したりすると、移植片の硬さと強度が低下して再受傷のリスクが高まる可能性がある。筋力と機能の適切な進行がスポーツ復帰に向けて重要である。本研究では、加速的リハビリテーションが移植片の弛緩性に影響を与えることなく前十字靭帯再建術後の筋力と機能的対称性を高めることができるかを明らかにした。

### 2. 方法

手術は、2つの私立病院で1人の外科医が行った。最初に関節鏡視下手術が行われ、必要な併用手術（半月板切除術や半月板修復術、軟骨形成術など）は前十字靭帯再建術の前に行われた。同側の半腱様筋と薄筋のハムストリングス腱を用い、レムナントを温存するダブルバンドル手技が用いられた。前内側束は半腱様筋を2重に、後外側束は薄筋を2重に用いて再建した。対象は16～45歳で臨床検査とMRIにて前十字靭帯再建術の適応とされた患者とした。除外基準は、BMIが40以上、研究の同意が得られなかった者とした。本ランダム化比較試験のサンプルサイズは、主要アウトカムの変数である、2つのリハビリテーション群間における24か月後の前方移動(KT-1000)の左右差に基づいて、事前に検出力を決定した。Cohenの推奨(Cohen, 1988)および主要アウトカム変数における予想される大きな効果量( $d=0.90$ )に基づき、5%の有意水準で差を明らかにするために、80%の検出力で合計42人の患者（各群21人）で実施した。こ

の並行群間研究では、「乱数表」を用いて、患者を「加速群」（ $n = 22$  人）と「対照群」（ $n = 22$  人）に無作為に振り分けた。術後早期管理は全例に標準化され、耐用性に応じた体重負荷、早期循環運動、膝関節 ROM が行われた。プログラムは 0～6 週目に 3～4 セッション、6 週～4 か月に 3～4 セッション、4～6 か月で 2～3 セッション、6～12 か月で 3～4 セッション行われた。両群のリハビリテーションプロトコルは、同じ内容であり、た移植片の成熟に関するエビデンスと既存のリハビリテーションの推奨事項を組み合わせ実施された。また、加速群では集中的な監視体制にて行われた。術後早期管理の段階以降は筋力と負荷量、および、副筋力と固有知覚発達の開始と進行は、加速群と対照群では異なっていた（table1）。運動量（セット数、反復回数、負荷/強度）は、運動の導入、種類に基づいて進行した。最初は筋持久力（例：2～3 セット×15～20 回反復）、次に筋力（例：3～4 セット×6～12 回反復）、次にパワー/伸張短縮サイクル（例：5 セット×8 回反復）を指導した。患者は各セッションで通常 8～15 種類のエクササイズを行った。様々なエクササイズの進行は、手術からの時間、(術後早期の)併用手術、それまで行ってきた活動の習熟度、大腿四頭筋のコントロール、膝関節 ROM などの要因によって決定された。よりダイナミックな運動の開始基準は以下とした。ジャンプ/ホップ系運動の導入は、シングルレッグスクワットの熟練度と、指定された時間経過での関連する運動バリエーションによって決定された。インターバルの直線ジョギングの導入は、片脚カーフレイズ(連続 15 回)と片脚スクワット(膝関節伸展域 75～90°まで連続 10 回)の習熟度、およびその時点で導入されたジャンプ・ホップ系運動の習熟度によって決定された。

主要アウトカムには、KT-1000 膝関節計を用い、MMT 中に測定された脛骨前方移動量 (mm) により、移植片の弛緩度を術後 6 か月、9 か月、12 か月、24 か月の時点で評価した。また、移植片の弛緩度は、左右差に基づいて、正常 (<3mm)、ほぼ正常 (3～5mm)、異常 (6～10 mm)、重度の異常 (>10mm) に分類した。副次的アウトカムには、膝関節 ROM、4 種類のホップテスト {Single Hop Distance (SHD)、6m Timed Hop (6MTH)、Triple Hop Distance (THD)、Triple Crossover Hop distance (TCHD)}、アイソキネティックダイナモメーターを用いた膝関節筋力を評価した。患者報告アウトカムは、International Knee Documentation Committee (IKDC)、Knee Outcome Survey (KOS)、Anterior Cruciate Ligament Return to Sport after Injury (ACL-RSI) とした。健側と患側を比較するために、Limb Symmetry Index(LSI)を算出した。

統計解析は、2 群間による移植片の弛緩度、4 つのホップテストすべて、および 4 つのホップテストすべてと等速性膝関節伸展・屈曲筋力の経時的変化について、反復測定分散分析を用いた。また、交互作用を認めた場合は事後検定を実施した。さらに、2 群間における各時点での  $LSI \geq 90\%$  を示した患者数 (および割合) を算出し、カイ二乗分析で評価した。有意水準は 5%とした。

### 3. 結果

合計 48 人の対象者のうち 44 人が研究に同意した (加速度群 22 名:平均 24.9 歳、BMI 25.3、男性 54.5%、対照群 22 名 : 25.7 歳、BMI 25.1、男性 54.5%)。障害前のスポーツ参加に関して、2 群間に有意差はみられなかった。対照群の患者 1 人は、術後 17 ヶ月後にラグビーの試合中に接触による重大な外反損傷を受傷し 24 ヶ月後に追跡ができなくなった。さらに、各群の患者 1 名が 6 か月後の評価に参

加できず、各群の患者4名が9か月後の評価に参加できなかった。欠損データはすべてITT解析により分析された。

24か月後の移植体の弛緩度では、加速群90.9%、対照群90.5%で左右差が正常(<3mm)であり、群間差は認めなかった。膝関節伸展筋力のピーク値LSIは、加速群は対照群に比べて、術後6か月( $p<0.0001$ )、12か月( $p=0.010$ )、24か月( $p=0.005$ )に有意な改善がみられた。ホップテストにおいてSHD( $p=0.014$ )とTCHD( $p<0.0001$ )のLSIでは、経時的な有意な改善が認められた。また、THDとTCHD( $p=0.001$ )のLSIでは、群間差を認め(THD: $p=0.007$ , TCHD: $p=0.001$ )、術後6か月、9か月後のTHDおよびTCHDのLSIは、加速群で有意に高かった。さらに、4つのホップテストすべておよび膝関節伸展・屈曲筋力のLSI $\geq 90\%$ の割合は、加速群のほうが全ての時期において有意に大きかった。全ての患者立脚型アウトカムは24か月間で有意に改善した( $p<0.05$ )。術後12か月の時点で、レベル1(週4~7日)またはレベル2(週1~3)のピボッティングスポーツに参加している者の割合は、対照群(59.1%)に対して加速群(77.3%)で有意に高かった( $p=0.006$ )。

#### 4. 結論

本研究の加速的リハビリテーションは、術後9か月のホップテストLSIの測定値が有意に改善し、膝伸展筋力LSIは24か月まで改善した。リハビリテーションを早期に導入しても、移植体の過度な弛緩性や再損傷を損なうことはないことが証明された。12ヶ月から24ヶ月にかけて対照群では非術側のホップ機能がより停滞していたが、加速群では術肢と非術肢の両方で時間の経過とともに改善がみられた。先行研究で報告されている<sup>2)</sup>、前十字靭帯術後の身体能力の評価において、機能的測定と組み合わせた筋力評価を行うことが重要であることを支持した結果である。ACL-RSIスコアがすべての時点で加速群の方が高く、12か月時点で群間に有意差が認められ、同じ時点において、加速群では、ピボットスポーツに参加している割合が有意に高かった。この結果は、加速的トレーニングが心理的因子がスポーツ復帰に影響を及ぼした可能性がある。ACL-RSIスコアが高いほどスポーツ復帰がしやすいと報告されているが<sup>3)</sup>、心理的準備態勢が整っているからといって、スポーツで安全に活動するために適切な身体的回復が起こったとは限らない<sup>4)</sup>。そのため、慎重なアプローチが必要である。本研究では、加速リハビリテーションが弛緩性に影響を与えることなく、スポーツ復帰に関連している筋力と機能的対称性を高めることができることを実証した。前十字靭帯患者において、術後12か月間にわたり定期的にセラピストの監視と進行を提供する術後リハビリテーションプログラムの重要な役割を支持するものである。

#### 5. 私見

本論文から、集中的な監視下における加速リハビリテーションが移植体の完全性を損なうことなく機能的対称性を高め、早期のスポーツ復帰を実現している。しかしながら、前十字靭帯術後の集中的な監視下のリハビリテーションは優れていない<sup>5)</sup>との報告もあり、集中的な監視下リハビリテーションの価値を示す必要がある。また、スポーツ復帰能力は、多様な因子が関連しており、心理的準備、筋力およびホップ能力、活動レベル、残存する膝の症状、その他の外的要因など総合的に評価し個別的にアプローチすることが重要であると考えられる。

## 6. 参考文献

- 1) Grindem, H et al. Alarming underutilisation of rehabilitation in athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: Four ways to change the game. *British Journal of Sports Medicine*, 2018
- 2) Nagai, T. Hop tests can result in higher limb symmetry index values than isokinetic strength and leg press tests in patients following ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2020
- 3) Ardern, C. L et al. The impact of psychological readiness to return to sport and recreational activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *British Journal of Sports Medicine*. 2014
- 4) Phelan, B. et al. A comparison of anterior cruciate ligament - return to sports after injury (ACL-RSI) scores of male athletes nine-months Post-ACL reconstruction with matched uninjured controls. *Physical Therapy in Sport*. 2019.
- 5) Gamble, A. et al. Intensive supervised rehabilitation versus less supervised rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2021

