

リハビリテーションからのアプローチ — 再発予防に主眼をおいたリハビリメニュー —

大阪電気通信大学 医療福祉工学部

小柳 磨毅・田中 則子

大阪保健医療大学 保健医療学部

境 隆弘・佐藤 睦美

大阪大学医学部附属病院 医療技術リハビリ部門

井上 悟・木村 佳記

豊中渡辺病院 リハビリテーション科

中江 徳彦・里田由美子

行岡病院 リハビリテーション科

椎木 孝幸・松尾 高行

四條畷学園大学 リハビリテーション学部

向井 公一

はじめに

正常靭帯内の繊維配列を模倣した近年の膝前十字靭帯 (Anterior Cruciate Ligament : ACL) 再建術は、再建靭帯の治癒、再構築が期待されるものに進化してきた。自家ハムストリング筋腱、骨片付き膝蓋腱のいずれの術式においても、その近隔成績は極めて良好となっている。これに応じて術後のリハビリテーションも徐々に加速化が図られ、最短で術後6ヶ月の競技復帰を目標としている。しかしながら反対側の受傷を含め、再発予防についての知見は少なく、荷重下での姿勢制御能力を反映した評価と、これを効率的に改善するトレーニング方法の開発が急務である。

姿勢評価とリハビリメニュー

ACL損傷の発生機序としてknee-in, toe-outの下肢アライメントが問題視されるが、われわれは身体質量のおよそ55%を占める体幹と頭部の位置(重心)が、発生因子として大きく関与しており、再発予防には、股関節や下部体幹によって体幹の重心を制御する能力の獲得が重要であると考えている。また膝関節への力学的ストレスの軽減には、

足関節・足部の柔軟性と支持性も必要である。そこで片脚支持姿勢の(1)体幹の傾斜(2)対側下肢の移動(3)膝関節の角度と回旋を変化させ、姿勢の対称性と不安感の発生を評価している。

以下に運動面毎の評価とそれに基づくトレーニングを示すが、いずれも膝関節への力学的ストレスを軽減させるために、荷重下での重心線の正中化を目標としている。

1) 矢状面

ACL再建術後膝の再発と反対側受傷の予防には、再建側の荷重下での骨盤帯や体幹を含めた運動機能を可及的に健側へ近づける必要がある。

① backward leg reach : 再建術後に対側下肢を後方へスライドさせるbackward leg reachを行わせると、健常側支持と比較して股関節の運動性が増大し、逆に下腿の前傾を伴う膝関節の屈曲運動が減少していることが多い(図1)。これに対しわれわれは膝関節の運動量を増大するために、対側下肢の移動に負荷を加えたresisted backward leg reach¹⁾を用いている。また膝伸屈筋の遠心性収縮における加速機能を向上するために、plyometricsに代表されるstretch-shortning cycleを利用したトレーニングも実施している。斜面上での滑走を用いた屈伸動作は、深い屈曲域で膝への負荷量が増大し、伸転位付近では減少するた

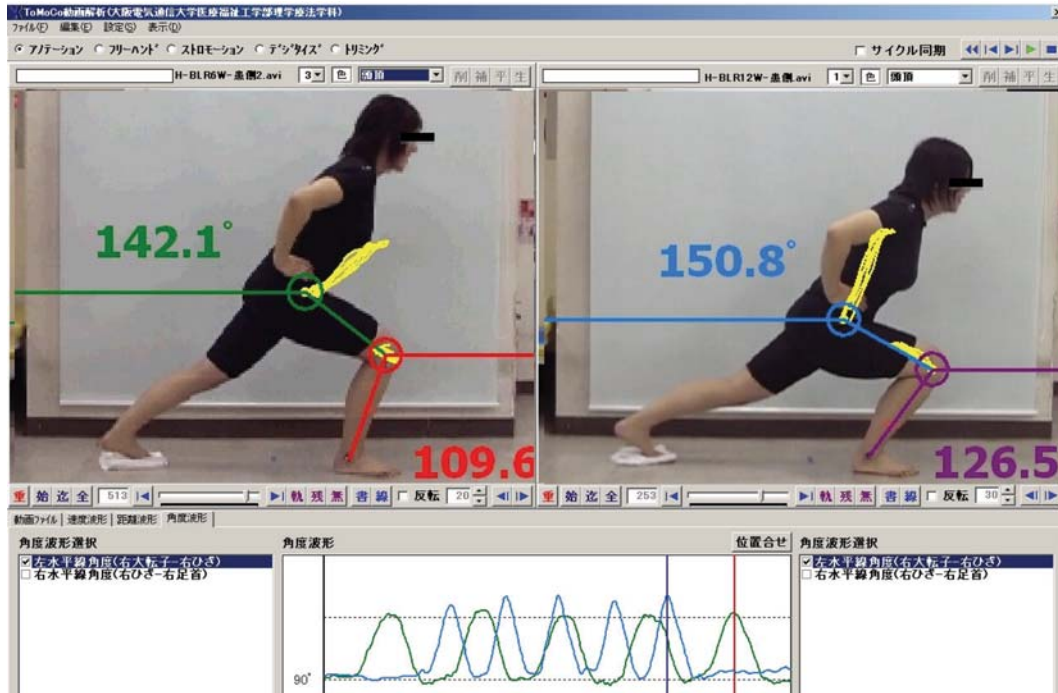


図1. ビデオ画像解析ソフト*による評価

撮影画像の体外指標を自動追従し、再生画像に同期した角度や軌跡の表示とグラフによる比較ができる。術後6週(左)と24週(右)では、体外指標の軌跡から体幹と下肢関節の運動様式が異なることがわかる。* ToMoCo-Lite (東総システム)



a. Leg press



b. split squat



c. Nordic hamstring

図2. Plyometric training

膝伸筋の遠心性と求心性収縮の切り返し運動 (a, b) と、ハムストリングに対するトレーニング (c)。



図3. 後傾姿勢

ACL不全例では下腿の前傾を抑制すると(右), 不安感が増大して後方への重心移動が減少する。



図4. 坐位における立ち直り
患側（左）傾斜では体幹の立ち直りが低下している。

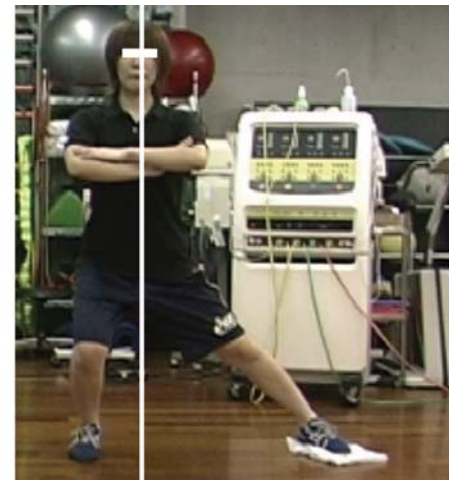
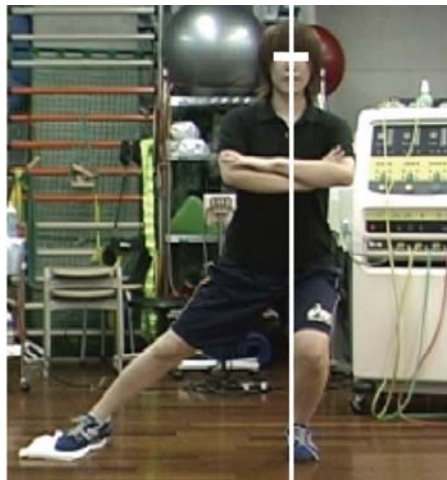


図5. Lateral leg reach
ACL再建術後6ヶ月の再建側（右）では、健側（左）と比較して軸足の股関節が外転し、重心が側方へ変位している。

めに比較的早期から導入可能なトレーニングである。また Sliding board 上で両下肢を相互に入れ替える split squat も膝伸筋への負荷が高まる（図2）。

② forward leg reach：身体重心の後方化により、膝伸展モーメントと関節間力が増大するため、半月板や関節軟骨損傷例の早期には避ける²⁾。膝の前方剪断力が発生するのを予防するためには、下腿の前傾を維持することが重要と考えられる。逆に ACL 不全膝症例では前傾を制動すると不安感が高まり、重心の後方移動は減少する（図3）。後方重心位は前脛骨筋をはじめとする背屈筋群が下腿前傾維持の主動筋であり、前方重心では逆に底屈筋群が前傾を維持する。体幹の後傾を制動する股関節屈筋と腹筋群とともに強化が必要である。

③ jump：跳躍動作のトレーニングの導入には、着地瞬間の床反力による衝撃を和らげるために、反発板やトランポリン等を利用する。こうした環境下での素早い踏み込み動作の健患比較は、運動機能の評価と改善に向けたトレーニングとして有用である。陸上でのトレーニングにおいても復帰当初は衝撃吸収性の高い靴と、柔軟な床面を選択する。

2) 前額面

①坐位：再建術後には坐位や膝立ち位の体重移動に非対称性を認める症例が散見され、下部体幹と骨盤帯、股関節の制御能力（core stabilization）の低下を示唆する所見と考えられる（図4）。

②lateral leg reach：ACL再建膝では対側下肢を側方へ移動させる lateral leg reach において、再建術後早期には体幹の側屈による側方への重心変位（Duchenne sign）を示し、以降は支持脚の股関節が外転し、移動側へ重心が変位する症例がある（図5）。再建靭帯の固有知覚、core stabilization の低下などが要因と考えられ、早期から積極的な再教育を図る（図6）。

③足部アライメントと insole：足底面は運動連鎖を介して、全身の身体運動に影響を及ぼすため、insole は膝関節の力学的ストレスを軽減する手段として有用である³⁾。後足部ならびに前足部のアライメントが片脚スクワットの姿勢に及ぼす影響について検討した結果⁴⁾、第1中足骨底屈角が小さい群は insole による前足部のアーチ保持によって、またアーチ沈降度が大きい群では insole や後足部のテーピングでも Duchenne sign が改善されることが明らか

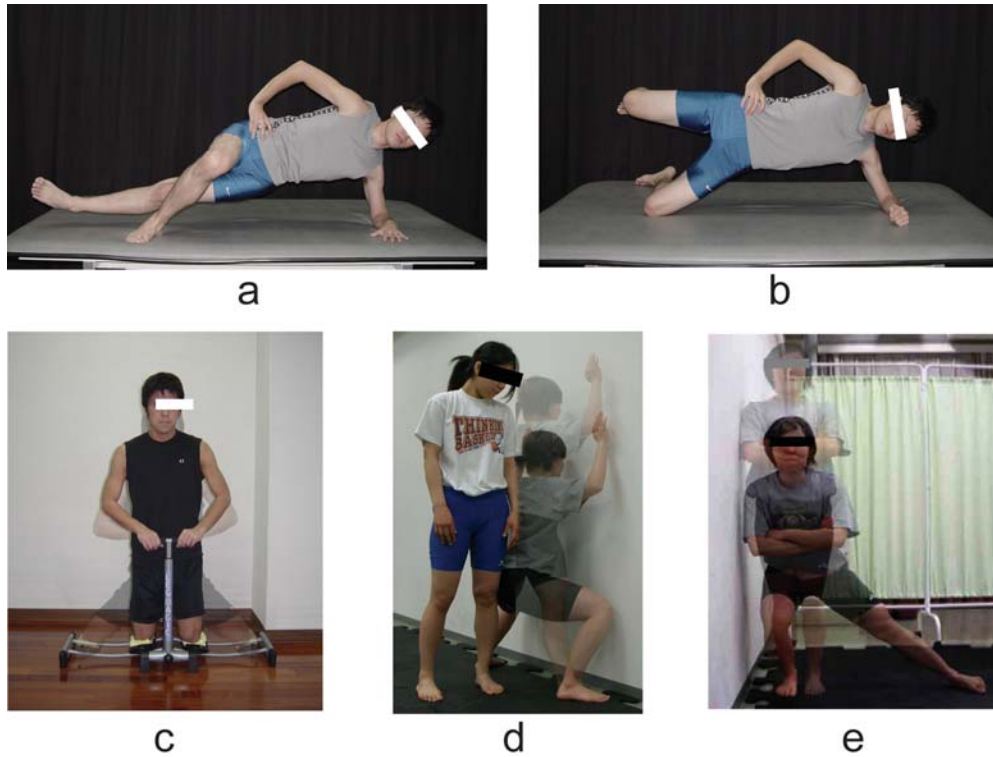
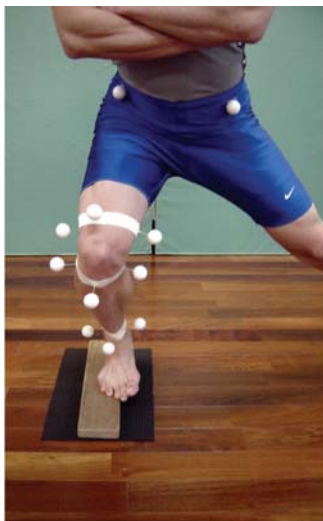


図6. Core Stabilization
side bridge (a, b) 股関節内転筋の強化 (c) 股関節周囲筋の強化 (d, e).



a



b

図7. 足底接地とアライメント
足底外側への荷重により、膝は内反・内旋方向に誘導される。

となった。これらは横足根関節や距骨下関節の回外が連鎖した機能的な脚延長による変化と考えられた。

④足底外側部の荷重：足底の外側半分での荷重（外側接地）したsquatやlungeは、運動連鎖により膝関節の内旋と内反を誘導し、前脛骨筋や薄筋の活動が増大してknee-in傾向を制動するが^{5),6)}、今後、運動学習の持続効果についての検証が必要である（図7）。



健側

再建側

図8. 片脚支持の対側回旋
再建側（右）では対側下肢の外転、外旋時に体幹の側屈と前屈が生じて重心線の正中化が困難である。

3) 水平面

ACL再建術後例では片脚支持の反対側への回旋が困難な症例が見られ、足底面から下腿を介して膝、さらに股関節と体幹の運動を変化させ、合理的な運動を誘導する必要がある（図8）。

方向転換動作の練習は、膝関節への回旋ストレスの集中を避けるため、足底を低摩擦にしてpivot turnに習熟させる。

む す び

スポーツ傷害膝の再発予防には、荷重下の合理的な姿勢制御能力、すなわち躯幹と頭部の重心を制御（正中化）する能力の獲得が重要である⁷⁾。下部体幹筋や骨盤帯と股関節の運動機能が、膝関節への力学的ストレスを軽減させると考えられる。

参考文献

- 1) 木村佳記, 小柳磨毅, 中江徳彦 他: 後方へのレッグリーチ動作における支持脚の運動解析. 臨床バイオメカニクス, 2009; 30: p 451-456.
- 2) 佐藤睦美, 小柳磨毅, 中江徳彦 他: 片脚起立での体幹前後傾斜が膝関節の力学的負荷に及ぼす影響. 臨床バイオメカニクス, 2009; 30: p 445-449.
- 3) 入谷誠: インソールの作成と適応—入谷式足底板. 福林徹編. アスレチックリハビリテーションガイド 東京 文光堂 2008. 370-376.
- 4) 里田由美子, 中江徳彦, 小柳磨毅 他: 足部アライメントが片脚スクワットの姿勢に及ぼす影響. 体力科学, vol 57, No. 6. 2008. p 959.
- 5) 田中則子, 小柳磨毅, 中江徳彦 他: 足底面の傾斜がサイドレンジの運動特性に及ぼす影響. 理学療法学, Vol. 32 No 2. Supplement. 2005. p.515.
- 6) 淵岡聡, 小柳磨毅, 中江徳彦 他: 足底面の形状がサイドレンジの運動特性に及ぼす影響. 理学療法学, Vol. 32 No 2. Supplement. 2005. p.527.
- 7) 小柳磨毅: 膝軟骨・半月板損傷 悪化を防ぐリハビリテーション. 臨床スポーツ医学 Vol. 25 臨時増刊号, 2008: 135-140.