

膝の外傷・障害からのスポーツ復帰 —自らを知り,再発を防ぐ.外来診療のひとコマ—

宗田 大*

●スポーツ整形外科医の思い

スポーツ外傷・障害患者をより早く,より高く,安全に復帰させ,再受傷を防ぎたい.そのためには復帰への戦略が必要であり,種目別,レベル別,個々の体質,性格,活動でのおかれた環境についてよく知り,きちんと対応していくことが大切である.さらにスポーツ選手である患者自身が,自分の性格,体質をよく理解し,さらに自分の回復状態を自分で知ることがその実施のために必要である.

私は友人でもあるノルウェーの Lars Engebretsen 教授が,同僚の Bahr 教授とオスロで 2005.6.23-25 に共同開催した第 1 回スポーツ傷害予防会議に出席し,その新しい世界と方向性に強い感銘をうけた.その後外来でもスクワット評価やジャンプ訓練を積極的にとりいれるようになった.外来診療で気になったのは ACL 損傷患者の片脚立位,爪先立ち,屈曲,ジャンプ動作での著明な不安定性である.

●ACL 損傷メカニズムとその背景

教室の古賀が留学先のノルウェーで,実際の受傷機転の 2 方向以上での動画画像を用いた ACL 損傷メカニズムの研究を行った.彼らは Model-based image matching (MBIM) テクニックを用いて,ACL 受傷時の 1 コマ 1 コマの身体の動きの変化をとらえて損傷時の身体各部位の変化を時間的に追い解析した¹⁾.さらに高画質の多方向からのサッカー選手の ACL 受傷機転の解析では ACL 損傷時に脛骨が前方に移動することを視覚的に示

すことに成功した²⁾. Koga らの 10 例の解析のまとめにより,ACL 損傷では着地後 40msec までに急激な外反(12 度)と脛骨の大腿骨に対する内旋(8 度)が生じ,その後により緩やかな脛骨の外旋(17 度)が生じることが示された.また床反力のピークは着地後 40msec だった.

大腿脛骨関節面に着地時の圧迫力が加わると,脛骨外側高原の後方傾斜により大腿骨外側顆が後方に偏位する.このことにより脛骨の内旋が生じる.解剖学的に脛骨内側高原はお椀型で中央がくぼんでいて安定性に富む.一方外側高原は平坦か中央がやや凸であり,後方に傾斜している.さらにこれらの動きを支えるように外側半月板は可動性が大きい.ACL 損傷患者では外側の高原の後方傾斜がコントロールよりも大きいことをいくつかの研究が示している³⁾.研究から提唱される ACL 損傷のメカニズムは次のように推測される.まず着地や切り返し時に膝に外反力が加わると同時に内側側副靭帯 MCL が緊張して外側コンパートメントに圧迫力が生じる.この圧迫力により脛骨後方傾斜もともない大腿骨外顆が後方に偏位することにより脛骨前方移動および内旋が生じる.これによって ACL に大きな引き伸ばし力がかかり断裂する.ACL 断裂により脛骨前方移動を生じ,大腿骨内側顆も後方に偏位し,亜脱臼した脛骨面も整復されることにより,見かけ上は脛骨外旋が生じて,ACL 損傷の“Knee-in toe out”の姿勢になる⁴⁾.したがって Knee-in toe-out の姿勢は ACL 損傷後の膝の落ち着いた肢位ということになる.

膝外傷時の外力の方向や集中を考える際に,当然近位の股関節,遠位の足関節の問題を無視することはできない.ACL 損傷時の MBIM 法から得られたデータから損傷時の股関節のキネマティク

* 東京医科歯科大学大学院運動器外科学

スを検討すると損傷時に股関節の動きが少ないことが分かった。これまでの研究でも片足着地時の足接地時に股関節が相対的に固定され、床反力より生じるエネルギーを股関節で吸収できないことが ACL 損傷の背景として知られている⁵⁻⁷⁾。

私たちの研究でも女性 ACL 損傷患者では関節弛緩性と白蓋形成不全がコントロールに比較して有意に大きく、CE 角が 25 度未満 (31 例) の群では以上の群 (59 例) と比較して KT1000 による前方移動量が大きく、健側の伸展角度が大きく、関節弛緩性が大きかった⁸⁾。また 3D 電磁気センサーを用いた検討では ACL 損傷は術前術後共に片足ハーフスクワット時に側面で膝の屈曲角度が大きく、股関節の屈曲が有意に大きかった。正面でも術後には ACL 損傷機転につながる膝外反が悪化する現実が認められている。腱移植術である ACL 再建術は下肢のキネマティクスの再損傷を助長する危険性を高める^{9,10)}。

これらの ACL 損傷のメカニズムとその背景をあげていくと、1. 股関節がロックされている = 股関節白蓋形成不良、2. 脛骨後方傾斜が大きい、3. 関節弛緩性、4. 女性に多い、ことになる。しかしこれらを治療することは不可能と言わざるを得ない。

さらに自家腱移植術である ACL 再建術は、移植腱の治癒過程で、動物実験での failure model では強度は 50% 程度しか戻らない。移植腱の靭帯化については不明な部分が多い。さらに個々の患者における治癒を具体的に知ることは困難である。

●ACL 再建術後のスポーツ復帰と Functional test

私たち臨床家の基本的な目的はスポーツ選手を安全に復帰させ、さらに再損傷や反対側損傷を防ぐことである。ACL 損傷の機能的な背景を探るために、“Functional test” が行われてきた。Drop jump test¹¹⁾ や Hop test¹²⁾ がその代表である。しかしそれらの Functional test では時間がかかりすぎて、全員をチェックするにはマンパワーや広いスペースが必要になる。また Drop jump test は定量化しやすいが、受傷機転としては非生理的である。ACL 再建術後のスポーツ復帰の決定法については、対象 264 研究に対し、105 研究 (40%) では何の指標も示していなかった。35 研究 (13%) で

は筋力、大腿周径、膝所見、片脚ホップテスト、Lachman、質問票から復帰を決めていた。2つの研究のみが 4,5 項目を用いて、無制限な活動許可の基準としていた、に過ぎなかった¹³⁾。ACL 再建術後の運動復帰における Functional test の結果の違いが、術後 6 か月の時点であるかどうか検討した研究では、Functional Movement Screen、Lower Quarter Y Balance Test で検討したが、6 か月の評価では復帰準備の良好な群、不良な群にかかわらず再損傷の危険は低くなかった¹⁴⁾。

●私の行ってきた ACL 再建術後早期の膝関節炎・関節痛とその対応

術後早期の関節炎や膝痛のコントロールはより早く確かな復帰のための出発点として重要である。2011.1-2012.3 の期間に、私が直接手術に携わり、術後のケアを行った 55 例 56 膝を対象とし、3 例 3 膝を除外した。術後 3 か月時点の活動性、複数回内服例 (関節炎)、HA 関節外注射を目的項目とし、検討項目として年齢、性別、術前期間、移植腱の種類、再再建術か否か、半月板処置のあるなし、術前・術後 4 日・術後 3 週の血沈と CRP 値について関連性を検討した。さらに術後 3 か月における活動性を走行可能、ジョギング可能、階段昇降困難なし、歩行可能だが階段昇降困難、歩行困難の 5 段階に分けて評価した。私は術後 2.5 か月以降、安定した片脚ハーフスクワット動作が可能で、関節炎症状がなければジョギングから許可している。55 例中 20 例に、5 例では 2 回以上の薬剤の処方がなされていた。一方 16 例でヒアルロン酸が注射された。

術後 3 か月の活動性 (RUN/JOG vs. 階段・歩行) を規定する因子として術後の痛みや腫れの背景を検討したところ、術後 3 週の血沈が唯一有意な影響を与えていたが、術後 3 週の CRP や半月板処置も影響している可能性が示唆された。半月板処置例では有意に内服を複数回処方されており、痛みと腫れ、半月板処置の必要性の有無が術後早期の復帰に影響していた。当科では合併半月板処置 (大多数は縫合) をしていても術後のリハビリテーションを変更していないが、結果的には半月板処理例で術後早期の回復が遅かった。

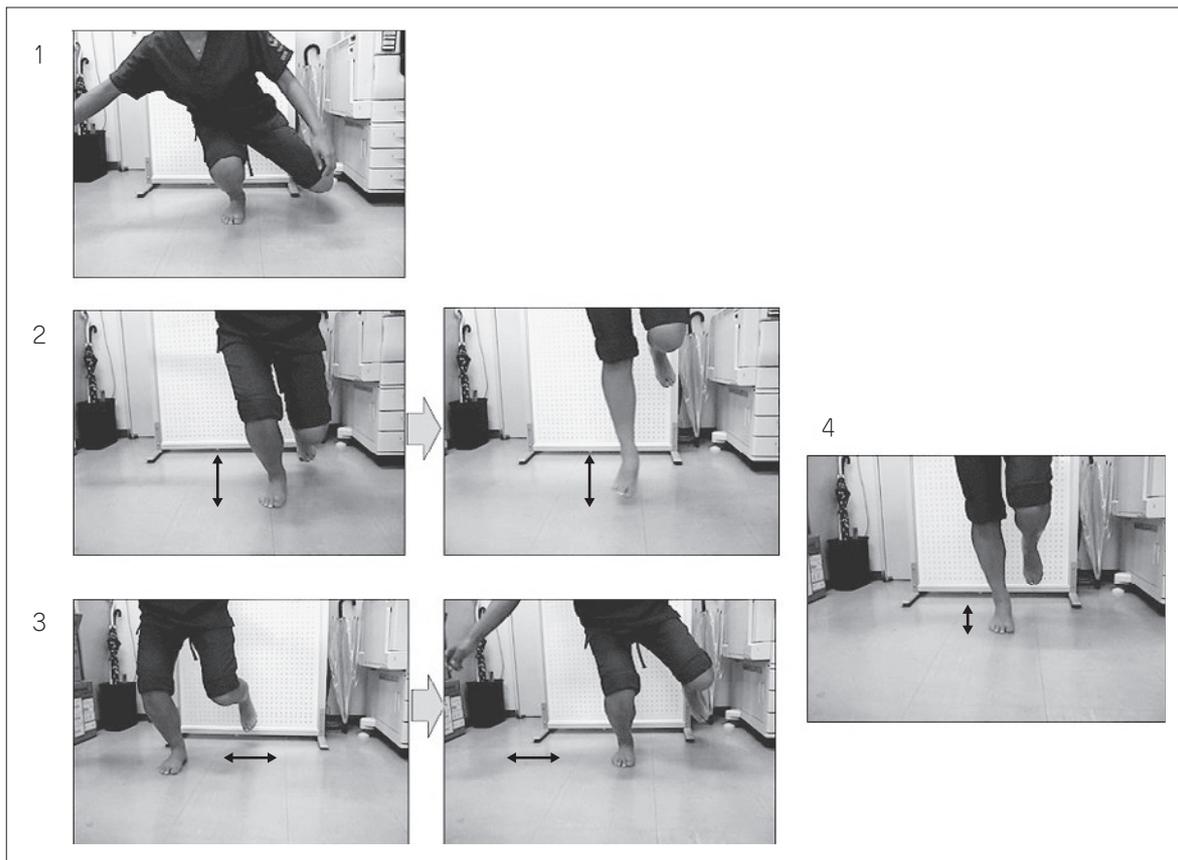


図1 外来で行っているジャンプテスト

1. 片脚スクワット，最大屈曲位の5秒停止．左右の筋力の差を自覚する．
2. 片脚ハーフスクワットジャンプ．スクワットの形を保ちながら3回リズムカルにゆっくり垂直ジャンプする
3. 片脚ハーフスクワットジャンプ．スクワットの形を保ちながら3往復リズムカルにゆっくり左右にジャンプする
4. ジャンプ着地時に足音が大きい患者では，膝下の筋力強化を目的として片足つま先立ち10秒保持を行わせる．

●患者自身へのフィードバックの重要性とジャンプテスト—再発予防のために—

Know oneself by oneself. 自分自身で知ること。どこでも簡単に、短時間で、繰り返してできるチェックが必要であると考え、スポーツ復帰を含めた、術後復帰への基本動作は片脚のスクワット動作・ジャンプ動作である。

私は10年くらい前から、外来の診察室でも可能な片脚スクワット、片脚スクワットジャンプを組み合わせた“ジャンプテスト”を試みてきた。最近では方法が以下のようによりコンパクトに収束させている。健側下肢から施行する。観察して動作が危ない場合は途中で中止する。1. できるだけ深く屈曲して5秒キープ。90度以上屈曲できるか。何度でキープできるか。スムーズにスクワットができるか。この項目により筋力の左右差と片

脚しゃがみこみ動作の屈曲の深さなどを感じることができ、2. ハーフスクワットで停止する。その人特有の膝角度とアライメント、姿勢がわかる。3. ハーフスクワット垂直ジャンプ3回。リズムカルに姿勢を保ちながら、柔らかくできるか？足の音が硬いとき、大きい時には膝から下の筋力低下を推測する。そのような例では片脚つま先立ち練習を行わせると、柔らかな着地ができるようになる。4. ハーフスクワット側方ジャンプ3回。健側から内側—外側にリズムカルに柔らかく施行させる（図1）。

これらの2,3分で狭い診察室でも可能な検査により、患者本人がどれくらい回復しているのか、健側の安定性がどの程度よいのかどうか、などを自ら知ることができる。このような基本的な項目に明らかな左右差が残っていること、あるいは健側を含めて不安定性が著明であれば、スポーツ復帰にあたって改善すべき動作対象であり、外傷の

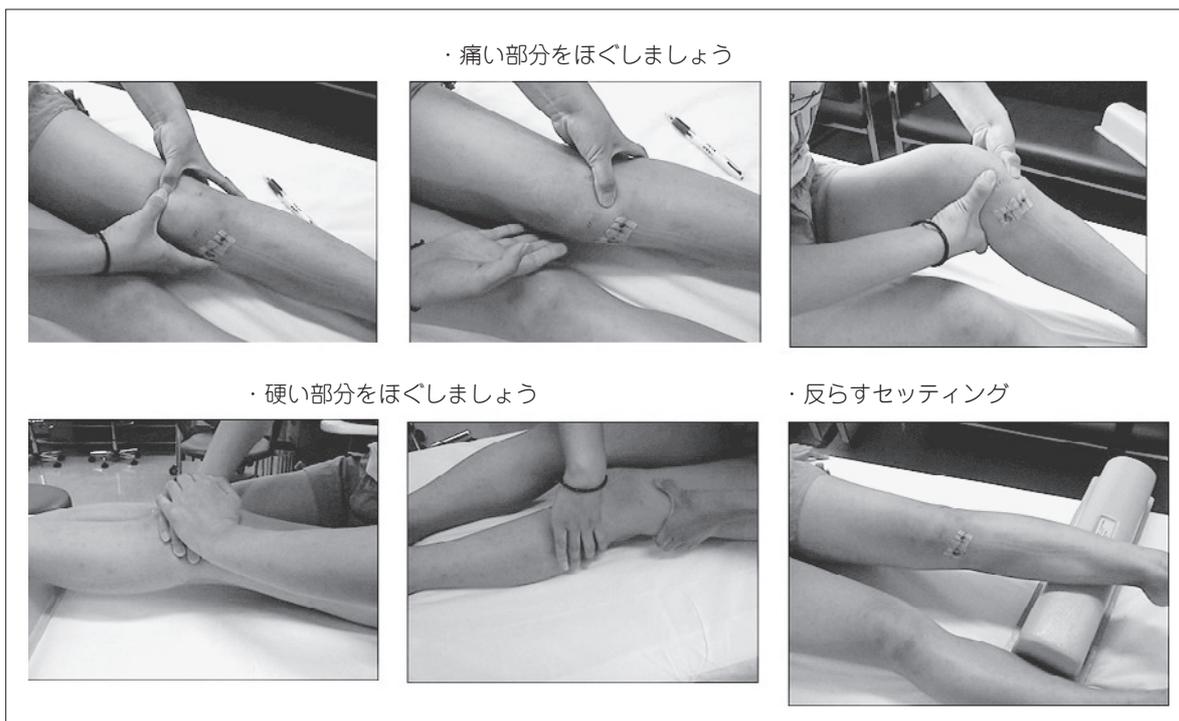


図2 17歳女子高校生，ACL再建術後3週．15度の伸展制限．
硬い部分をほぐす．痛い部分をほぐす．膝を反らせるようにセッティングを行う

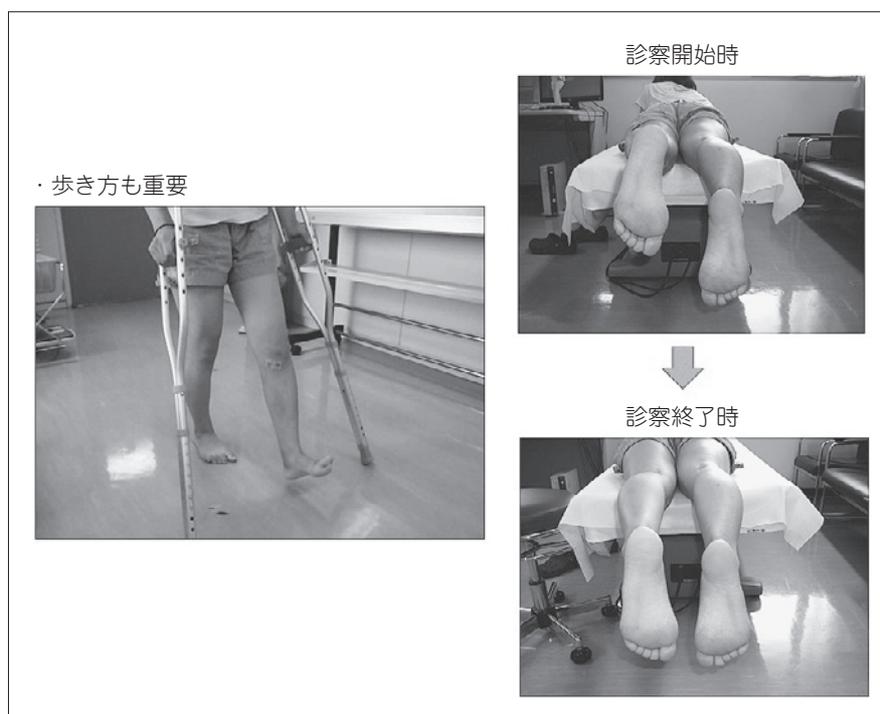


図3 17歳女子高校生，ACL再建術後3週．15度の伸展制限．
膝伸展位で保ちながら行う踵歩きも伸展制限の改善に役立つ．10分後には伸展制限は3度に改善した．

危険性の高いスポーツマンということになる。

●ACL 再建術後のセルフケア—

私は治療担当者として治療を受けたスポーツ選手に自分の状態をよく知り、理解し、改善してもらい、より高いパフォーマンスと再発ゼロを実現したい。術後の膝可動域の獲得も、1つ1つの基本動作の積み重ねである。できない人にとっては当たり前でない努力到達項目が数多くある。たとえばACL再建術後3週で10度以上の伸展制限を示す患者が外来に訪れた場合にも、やることは基本の積み重ねであり、その実行である。治療者はそれを患者自身に実行させることが必要である。10分程度の外来の間に、伸展制限を改善させることができる。この例では、1. まずうまく大腿四頭筋セッティングができることが必要である。このためには伸びない膝窩部に自分の拳をおいて、拳をつぶすような要領で膝を伸ばす。2. 硬い部分、痛い部分をほぐす。部位を指導して患者自身に行わせることが大切である。①膝蓋骨を動かす。②外側・内側の関節包付着部が痛いので押す。③膝を伸展矯正しながら四頭筋セッティングを行う。④下腿外側、痛い腓骨筋をほぐす。⑤最後に足を台に載せて膝を反らせるように腿に力を入れる(図2)。3. 歩容も非常に大切である。両松葉つえを使いながら無理のない荷重歩行を行う。伸びない膝はできるだけ膝の伸展を維持しながら踵荷重で歩行練習をする(図3)。

膝の外傷・障害からのスポーツ復帰を考慮する場合、1. 個人差は大きい、2. 素質は改まりにくい、3. 順序立てた復帰過程を理解すること、4. 徹底した繰り返し訓練の必要性、5. 自ら今の状態をチェックし把握すること、6. 自ら把握できるように指導する、ことが大切であると考えている。『自立したスポーツマン』、本学会の特別講演で演者の室伏広治先生が最後に提言した言葉が、これらのスポーツマンへの思いの実現には不可欠である。

利益相反

演題発表に関連し、開示するCOI関係にある企業等はありません。

文 献

- 1) Koga, H et al.: Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in

- 10 injury situations from female team handball and basketball. *Am J Sports Med* 38: 2218-2225, 2010.
- 2) Koga, H et al.: Estimating anterior tibial translation from model-based image-matching of a noncontact anterior cruciate ligament injury in professional football: a case report. *Clin J Sport Med* 21: 271-274, 2011.
- 3) Wordeman, SC et al.: In vivo evidence for tibial plateau slope as a risk factor for anterior cruciate ligament injury: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med* 40: 1673-1681, 2012.
- 4) Kobayashi, H et al.: Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: a twenty-year clinical research of 1,700 athletes. *J Sports Sci Med* 9(4): 669-675, 2010.
- 5) Hashemi, J et al.: Hip extension, knee flexion paradox: a new mechanism for non-contact ACL injury. *J Biomech* 44: 577-585, 2011.
- 6) Gomes, JL et al.: Decreased hip range of motion and noncontact injuries of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy* 24: 1034-1037, 2008.
- 7) Tainaka, K et al.: Limited hip rotation and non-contact anterior cruciate ligament injury: a case-control study. *Knee* 21: 86-90, 2014.
- 8) Yamazaki, J et al.: Hip acetabular dysplasia and joint laxity of female anterior cruciate ligament-injured patients. *Am J Sports Med* 39: 410-414, 2011.
- 9) Yamazaki, J et al.: Differences in kinematics of single leg squatting between anterior cruciate ligament-injured patients and healthy controls. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18: 56-63, 2010.
- 10) Yamazaki, J et al.: The kinematic analysis of female subjects after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction during single-leg squatting. *J Orthop Sci* 18: 284-289, 2013.
- 11) Noyes, FR et al.: The drop-jump screening test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. *Am J Sports Med* 33: 197-207, 2005.
- 12) Ortiz, A et al.: Landing mechanics between noninjured women and women with anterior cruciate ligament reconstruction during 2 jump tasks. *Am J Sports Med* 36: 149-157, 2008.

会長講演

- 13) Barber-Westin, SD, Noyes, FR: Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 27: 1697-1705, 2011.
- 14) Mayer, SW et al.: Functional Testing Differences in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients Released Versus Not Released to Return to Sport. *Am J Sports Med* 43: 1648-1655, 2015.