症例報告：

膝複合靱帯損傷における、 前及び後十字靱帯同時再建術後の理学療法

櫻田圭介*, 嶋田誠司*, 岸野美代子*, 佐藤嘉寿*,
袴田佳奈恵*, 三浦利哉*

膝複合靱帯損傷により、前十字靱帯 (anterior cruciate ligament : ACL) 及び後十字靱帯 (posterior cruciate ligament : PCL) 同時再建術を施行された1症例に対し理学療法を行なった。

術後プログラムは、1996年の遠山の報告を基にし、さらに当院のACL及びPCL単独損傷後における各術後プログラムを組み合わせ作成し、理学療法 (physical therapy : PT) を行なった。

〔結果〕術後4か月で膝可動域 (range of motion : ROM) は正常となった。術後16か月で、膝不安定性は認めず、筋力はピークトルク・ $180^{\circ}/\text{sec}$ ・患健比で大腿四頭筋 (quadriceps femoris : Quad) は87%、ハムストリングス (hamstrings : Ham) は103%、膝運動能力は下肢機能的運動能力テスト (functional ability test : FAT) で4種目全てが良好となった。

ACL及びPCL同時再建術後PTのポイントは、以下の3つである。第1に、再建靱帯 (特にPCL) の最低限の成熟が期待できる時期まで、ACL及びPCLのストレスを最小限に抑えるため、Quad・Hamの同時収縮を中心とした筋力強化を膝軽度屈曲位で行なうこと、また、Hamの単独収縮を避けることである。第2に、膝拘縮により授動術を要する可能性が高いため、主治医と膝ROMの回復経過について密に連絡をとることである。第3に、膝運動能力向上のために、協調性トレーニングを十分に行なうことである。

①膝複合靱帯損傷 ②前及び後十字靱帯 ③同時再建術 ④術後理学療法

はじめに

膝複合靱帯損傷に対するACL及びPCL同時再建術 (同時再建術) には、メリットとデメリットが存在する。メリットは、ACL単独再建よりも複数の靱帯の良好な治癒が期待しやすい¹⁾ことである。一方、デメリットは、PCL不全に陥りやすいこと²⁾、手術が技術的に難しい

こと³⁾、手術以上に術後PTが困難なこと³⁾、術後成績が不満足⁴⁾なことである。したがって、同時再建術後PTは、特別な慎重さが必要⁵⁾とされている。

前述した報告は、全て医師の報告であり、我々が調査した範囲では、理学療法士による同時再建術後PTの報告は1報告のみで⁶⁾あった。これによると、プログラムの記載や筋力強化時の角速度に関する考察はあるが、筋力強化時の膝角度設定や膝運動能力に関する記載がなく、現状では同時再建PTの可及的に安全な筋

* 〒016-0014 秋田県能代市落合字上前田地内
山本組合総合病院リハビリテーション科
(受付：2008年4月9日)

力トレーニング方法や動作能力の向上に対する有益な情報は少ない。

今回我々は、右膝複合靱帯損傷後に同時再建を施行した1症例に対し、遠山⁵⁾の変法を用いたPTを16か月施行した結果、膝ROM、筋力、膝安定性、膝運動能力において良好な成績を得た。そこで、プログラムと成績を紹介した上で、再建靱帯のストレスを可及的に防ぐための筋力強化の方法及び膝角度設定、術後膝ROMの改善と授動術、膝運動能力の向上に対する練習、計3項目について考察を加え報告する。

症 例

I. 症例供覧

症例は19歳男性、既往歴は高校1年生時に右内側側副靱帯 (medial collateral ligament: MCL) 損傷により保存的加療があり、スポーツ歴としては小学校より受傷時までの柔道があった。

現病歴は、平成14年10月中旬、柔道の大会中、相手の大外刈りを受け右膝外反位で倒れ込み受傷。直後に当院救急外来搬送され翌日、治療目的に入院となった。関節鏡視下にてACL・PCL・MCLの複合靱帯損傷および外側半月板中節の損傷を認めたため、入院2日後より術前PTを開始、3週後にACLは骨付き膝蓋靱帯

(bone patellar tendon bone: BPTB)、PCLは半腱様筋・薄筋ハイブリッド (semitendinosus gracilis-hybrid: STG-hybrid) をそれぞれ用いた同時再建術が施行された。MCLは術中に自然治癒を認めたため、保存的加療とされた。

II. 術後プログラム (図1・2)

プログラムは、遠山⁵⁾を基にし、これに当院のACL・PCL各単独再建術後プログラムを組み合わせた。以下に、詳細を記す。

固定は、術後2週まで膝屈曲5°でギプス固定を、以降はACL・PCL用硬性装具CTi II (硬性装具) を、4か月より日常生活のみ装具を外し、12か月で完全に除去とした。

ROM練習は術後2週より膝0~90°で開始、4週より0~130°、4か月より全可動域とした。

歩行は、術後3週より1/2荷重を開始、以後1週ごとに荷重を増やし、5週で全荷重とした。走行は、4か月よりジョギング (Jogging)、6か月よりランニング (running) 許可とした。

筋力強化は、術直後よりQuad・Hamの同時収縮を膝屈曲5°で開放的運動連鎖 (open kinetic chain: OKC) にて開始した。これは、まずは健側で、パテラセッティングによる

図1. プログラム

図2. トレーニングの実際 (一部抜粋)

Quad 収縮のコツを学習させ、次に大腿下にタオルを置きそれを潰させることで Ham 収縮のコツを学習させ、その次にこれらを同時に行なわせ、実行できるようになった後、患側で実行させた。さらに、2 週より屈曲 30° で半閉鎖的運動連鎖 (semi-closed kinetic chain: Semi-CKC) のボール踏み、8 週より屈曲 30° ~ 60° でスケーティング (Skating) やハーフスクワット (Half Squat) などの閉鎖的運動連鎖 (closed kinetic chain: CKC), 6 か月よりフルスクワット (Full Squat) を行なった。Quad 単独収縮は、術後2 週より膝屈曲 30° で下肢伸展挙上 (straight leg raising: SLR), 6 週より屈曲 20° ・ 40° で筋機能測定機器である KIN/COM 500H による等尺性収縮 (isometric), 3 か月より屈曲 30° ~ 60° で KIN/COM 500H による等運動性収縮 (isokinetic), 6 か月より角度制限無しで等運動性収縮を行なった。一方 Ham 単独収縮は、術後5 か月より逆 SLR を行ない、6 か月より角度制限無しで KIN/COM 500H による等運動性収縮を行なった。

その他、膝協調性練習は、術後2 週より動的関節制動 (dynamic jointcontrol: DYJOC) 練習としてビー玉掴み・不安定板を免荷立位, 3 週より荷重下で行ない、3 か月より、患側片脚のみで行なった。動作練習は、術後6 か月より

ステップドリル (Side Step・Go & Stop など), 9 か月よりジャンプドリル (Side Jump, Jump turn, 8の字 Run など) を行なった。動作練習時には、最初は低速度で始め徐々に高速度で行なう、また、健側で試行してから患側を行なうなど工夫した。

競技復帰は術後9 か月より Non-contact 競技, 1 年より contact 競技を許可した。

Ⅲ. 測定条件

評価項目は、他動的膝 ROM, 筋力, 膝動揺性テスト, FAT⁷⁾の4 項目である。

筋力は、ジャパンチャタスガ社製 KIN/COM 500H にて測定した。測定筋は、Quad・Ham, 等運動性収縮で速度は $180^{\circ}/\text{sec}$, 患健比でピークトルクを算出した。

膝動揺性テストは、主治医が徒手にて行ない、前方引き出し徴候テスト (anterior drawer sign test: ADST), 後方引き出し徴候テスト (posterior drawer sign test: PDST), ラックマンテスト (Lachman test: LT) の計3 項目を判定した。

FAT (図3) は、伊藤の報告⁷⁾に基づき、硬性装具除去下で行なった。A は片脚8 字跳躍5 m を2 週に要した時間, B は片脚階段昇降20 cm, 10 往復に要した時間, C は片脚横跳び30 cm, 10 往復に要した時間, D は片脚幅跳びを

各2回行ない、良い方の値を採用した。判定⁷⁾は、良好か不良かを健側と患側の差から決定し、良好の判定基準は、A：0.82秒未満、B：0.73秒未満、C：0.79秒未満、D：0.23m 未満とした。

Ⅳ. 結果

1. 他動的膝 ROM の推移 (表1)

術前では、 $-10^{\circ} \sim 90^{\circ}$ であったが、術後2週で、 $-10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 、9週で、 $0^{\circ} \sim 95^{\circ}$ 、4か月で正常となった。

2. 筋力の推移 (表2)

術後6か月では、患健比がQuad 68.1%、Ham 76.7%であったが、12か月で70.5%、119%、16か月で87%、103%となった。

3. 膝動揺性の推移 (表3)

術前は、ADS・PDS・LT 全て陽性であったが、術後9か月以降は全て陰性となった。

図3. 下肢機能的運動能力テスト (FAT)

表1. 他動的膝 ROM の推移

4. FAT の推移 (表4)

術後12か月では、B・Cが良好、A・Dは不良であったが、16か月以降は4種目全てが良好となった。

考 察

I. 再建靱帯のストレスを可及的に防ぐための筋力強化の方法及び膝角度設定

同時再建術後の筋力強化を行なう際の問題は、再建したACLとPCLそれぞれで強化すべき筋や安全な膝角度が矛盾しており、この矛盾の中で筋力強化を行なわざるを得ないことである。

一般的に、ACL再建術後早期のQuadの筋力強化は、ACLに負担をかける前方引き出し

表2. 筋力の推移 (患健比)

表3. 膝動揺性の推移

	術前	3	4	6	9	12	16 (M)
ADST	+	-	→	→	→	→	→
PDST	+	-	-	±	-	→	→
LT	+	-	→	→	→	→	→

+ 陽性
 ± 疑陽性
 - 陰性

表4. FAT の推移

	12	13	14	15	16 (M)
A	×	→	→	→	○
B	○	→	→	→	→
C	○	→	→	→	→
D	×	→	→	○	→

○ 良好
 × 不良

表 5. 略語一覧

ACL : anterior cruciate ligament (前十字靱帯)	OKC : open kinetic chain (開放的運動連鎖)
ADS : anterior drawer stress (前方引き出しストレス)	PCL : posterior cruciate ligament (後十字靱帯)
ADST : anterior drawer sign test (前方引き出し徴候テスト)	PDS : posterior drawer stress (後方引き出しストレス)
BPTB : bone patellar tendon bone (骨付き膝蓋靱帯)	PDST : posterior drawer sign test (後方引き出し徴候テスト)
CKC : closed kinetic chain (閉鎖的運動連鎖)	PT : physical therapy (理学療法)
DYJOC : dynamic joint control (動的関節制御)	Quad : quadriceps femoris (大腿四頭筋)
FAT : functional ability test (下肢機能的運動能力テスト)	ROM : range of motion (関節可動域)
Ham : hamstrings (ハムストリングス)	Semi-CKC : semi-closed kinetic chain (半閉鎖的運動連鎖)
LT : Lachman test (ラックマンテスト)	SLR : straight leg raising (下肢伸展挙上)
MCL : medial collateral ligament (内側側副靱帯)	STG-hybrid : semitendinosus gracilis-hybrid (半腱様筋・薄筋ハイブリッド)

ストレス (anterior drawer stress : ADS) が発生しないとされる膝関節 70° 以上の深屈曲位での収縮⁸⁻¹⁰⁾に留め、また Ham の筋力強化は、ACL を保護する⁸⁾ことから早期より積極的に行なう。一方、一般的に、PCL 再建術後早期の Quad の筋力強化は、PCL に負担をかける後方引き出しストレス (posterior drawer-stress : PDS) が発生しにくい膝関節完全伸展位¹⁰⁾が推奨され、また Ham の筋力強化は、単独収縮は PDS が発生し再建 PCL を破断させる恐れが高いことなどから強化しない⁹⁾。つまり、ACL 再建と PCL 再建では、強化すべき筋や安全な膝角度に矛盾が存在するため、同時再建術後の筋力強化から、靱帯ストレスを完全に除去することは不可能である。

実際、これらを考慮せず、同時再建術後に ACL 再建のみに準じた筋力強化を行なうと、PCL 不全に陥りやすい^{1, 11, 12)}ことが指摘されている。したがって、同時再建術後の筋力強化は、再建靱帯 (特に PCL) へのストレスを可及的に軽減することが理想である。

そこで今回は、遠山の報告⁵⁾に当院の ACL・PCL 各単独再建術後プログラムを組み合わせた変法で筋力強化を行なった。この特徴は、第 1 に術後 6 か月までの筋力強化は、Quad, Ham の同時収縮を中心に膝軽度屈曲位で OKC・CKC を行なうことである。これは、硬性装具は ADS を防ぐ効果がほとんど無い^{5, 13)}ことから、膝角度の考慮及び同時収縮により一方の靱帯へのストレスを軽減し^{5, 9, 14)}靱帯不全を防ぐことが重要なためである。第 2 にこの時期の Quad 単独収縮は膝軽度屈曲位で行ない、さらに Ham の積極的な筋力強化は術後 6 か月以降としたことである。前者の理由は、第 1 に遠山⁵⁾に基づいたこと、第 2 に膝完全伸展位よりも軽度屈曲位において、等尺性収縮による Quad 単独収縮は ADS が少なく^{8, 14, 20)}、さらに下腿の重みや Ham の緊張による PDS が存在する²¹⁾ことから、ADS が相殺され軽減できると考えたため、第 3 に STG-hybrid での ACL 再建後に膝 30° 屈曲位での SLR を術直後から行なった場合、膝不安定性の危惧は否定されてい

る²²⁾ためである。後者の理由は、ACL 再建の報告ではあるが BTPB は術後 6 か月で太さや緊張が良好となる¹⁵⁾ため、Ham の筋力強化による強力な PDS の発生は術後 6 か月以降が良い¹⁸⁾とされるためである。

これらより、再建靱帯のストレスを防止し筋力強化を図った結果、術後 12 か月では、膝安定性を損なわず、Ham の筋力は 119% まで回復したが、Quad の筋力は健患比 70.5% に留まった。この要因は、第 1 に BTPB による膝伸展機構の侵襲および受傷時の広範囲な軟部組織の損傷²⁾で、長期間にわたり筋力強化時に痛みを伴ったこと、第 2 に術後 12 か月まで硬性装具を使用し筋力強化を行なったため、硬性装具による循環不全が膝筋力を減少¹³⁾させたことにより、十分な筋力強化が行なえなかったことであろう。

そこで、術後 12 か月以降、硬性装具除去下で筋力強化を継続した結果、術後 16 か月で Quad 87%・Ham 103% の筋力を獲得できた。このことから、硬性装具除去後の筋力強化の継続は重要である。

今後は、Quad の筋力回復を早める目的で、術直後より電気刺激療法¹⁹⁾を併用し筋萎縮の防止に努めたい。

II. 術後 ROM の改善と授動術

膝複合靱帯損傷における同時再建術後では、授動術を要する可能性が高い^{2,11)}。これは、受傷時の広範囲な軟部組織の損傷や手術侵襲の影響により高率で膝拘縮を呈する^{2,11)}ためである。本症例も術後 8 週まで拘縮が残存したが、この要因は、主治医との協議の結果、膝関節包内の癒着が考えられた。そこで、術後 9 週に鏡視下で関節授動術が施行され、以後は順調に回復し、術後 16 週で正常 ROM を獲得した。

このように同時再建術後は膝拘縮を呈する可能性が高いため、授動術の必要性も含めた主治医との連携が重要である。

III. 膝固有受容器や下肢協調性に対する動作練習

同時再建術後は、膝・足部の固有受容器や下肢の協調性に対する練習が重要である。これ

は、第 1 に膝 ACL 単独損傷後の膝運動能力に対し、膝安定性や筋力はあまり相関がなく^{7,16)}、下肢の固有受容器や協調性や心理面などの要因が重要と考えられている^{7,16)}ため、第 2 に膝外傷・手術侵襲・安静は固有受容器の機能低下を招き、異常な筋活動パターンが学習され協調性が低下する¹⁷⁾と考えられているためである。

そこで、本症例では、術後早期からビー玉の足趾把握練習や不安定板練習¹⁷⁾や DYJOC 練習¹⁷⁾を、荷重許可後は、荷重下で不安定板を用いた練習を両側立位から患側片脚立位へ、術後 6 か月以降の硬性装具装着下では、最初は低速度から始め徐々に高速度で行ない、また、健側から始めて運動に慣れてから患側で行なうなど工夫した。これは、固有受容器に基づく膝協調性向上¹⁷⁾させること、膝の感覚に注意しやすくするためである。

この結果、術後 16 か月での FAT では、全てが良好判定となった。FAT の改善が遅れた要因は、硬性装具は、循環不全によりパフォーマンスを低下させる¹³⁾ため、また、心理作用がある⁵⁾ため除去後の心理的不安が影響したためであろう。そのため同時再建術後 PT では、硬性装具除去後も動作練習を継続し、協調性を向上させると共に動作に対する自信をつけさせることが重要である。

結 論

同時再建術後の 1 症例に対し、理学療法を行なった。

術後 4 か月で膝 ROM は全可動域を獲得し、術後 16 か月で膝不安定性を認めず、筋力は患健比で Quad 87%、Ham 103%、FAT はすべて良好となった。

同時再建術後理学療法のポイントは以下の 3 つである。第 1 に、術後早期の筋力強化は、Quad・Ham 同時収縮を中心とし膝 20～60° の軽度屈曲位で行なうこと、また、Ham 単独収縮は避けること、第 2 に、ROM 改善の経過・予後に関し医師と連携をとること、第 3 に、固有受容器や膝協調性練習を十分に行なうことで

ある。

引用文献

- 1) 数面義雄, 他. 膝複合靱帯損傷における手術成績—X線計測による検討—. 整形外科 1993; 44(9): 1287—1294.
- 2) 王 享弘, 他. 膝複合靱帯損傷(前及び後十字靱帯を含む)の治療上の問題点. 日整会誌 1996; 70(2)(3): 1287—1294.
- 3) 宗田 大, 他. 膝複合靱帯損傷におけるACL損傷の位置づけと治療法. 臨床整形外科 2003; 38(2): 143—149.
- 4) 安田和則, 他. 前及び後十字靱帯複合損傷に対する靱帯再建術の成績. 臨床整形外科 2001; 36(6): 143—149.
- 5) 遠山晴一, 他. 膝靱帯損傷のリハビリテーション. 整形・災害外科 1996; 39(4): 411—419.
- 6) 小木曾 弘, 他. Scaffold型人工靱帯(Leeds-keio)による膝前・後十字靱帯同時再建術後の理学療法の小経験. 臨床スポーツ医学 1992; 9(3): 329—334.
- 7) 伊藤浩充, 他. 前十字靱帯再建術後患者における膝関節安定性評価と膝屈伸筋力評価及び片脚跳躍能力評価の臨床的意義について. 理学療法学 1996; 23(2): 59—65.
- 8) 安田和則, 他. 前十字靱帯再建術後の筋力低下に対する早期リハビリテーションの現状と将来の展望. 臨床スポーツ医学 2001; 12(8): 867—872.
- 9) 安田和則, 他. 膝前十字靱帯のバイオメカニクスとその臨床応用. 臨床整形外科 1998; 23(6): 757—767.
- 10) 井上雅之, 他. 膝後十字靱帯再建術後の後療法. MB Orthop. 2002; 15(4): 126—133.
- 11) 三岡智規, 他. 新鮮前・後十字靱帯複合損傷に対する一時的手術治療とその問題点. MB Orthop. 2001; 15(1): 43—48.
- 12) 史野根生, 他. 陳旧性前・後十字靱帯損傷に対する外科的治療—前十字靱帯のみ再建を行なった症例を中心に—. 臨床整形外科 1987; 22(1): 49—55.
- 13) 中山彰一. 欧米の膝装具の問題点(特にスポーツ領域)についての文献的考察. 理学療法 1993; 10(3): 229—234.
- 14) 河村顕治: 前十字靱帯のバイオメカニクス. JOURNAL OF CLINICAL REHABILITATION 1996; 5(3): 282—285.
- 15) 山下文治, 他. 陳旧性前十字靱帯損傷のスポーツ復帰. 臨床スポーツ医学 1992; 9(3): 272—276.
- 16) 勝矢まゆり, 他. 膝前十字靱帯再建後の下肢機能評価について. 臨床スポーツ医学 1992; 16(2): 229—233.
- 17) 井原秀俊: 関節トレーニング. 神経運動器協調訓練第2版. 1997; 221—307. 共同医書出版社.
- 18) 酒井俊彦, 他. 陳旧性膝後十字靱帯単独損傷に対する多重束膝屈筋腱—hybrid代用材料を用いた鏡視下再建術の成績. 臨床整形外科 1998; 33(6): 715—720.
- 19) 池田里美, 他. TKA術後の大腿四頭筋に対する電気刺激療法の効果. 東北理学療法学 2004; 16: 35—41.
- 20) 高柳清美, 他. 下肢関節傷害に対する理学療法—膝関節靱帯・半月板損傷の理学療法. PTジャーナル 2004; 38(12): 1051—1059.
- 21) 高柳清美, 他. 後十字靱帯損傷膝の生体力学. 関節外科 1998; 17(6): 39—47.
- 22) 真島任史, 他: 膝前十字靱帯の治療におけるリハビリテーション. MB Orthop. 1998; 11(1): 75—81.

Physical Therapy for Compound Knee Ligament Injury After Simultaneous Reconstruction of Anterior and Posterior Cruciate Ligaments

Keisuke SAKURADA*, Seiji SHIMADA*, Miyoko KISHINO*,
Yoshihisa SATOU*, Kanae HAKAMADA* and Toshiya MIURA*

We performed physical therapy on a patient who had undergone simultaneous reconstruction of anterior cruciate ligament (ACL) and posterior cruciate ligament (PCL) for compound knee ligament injury. The physical therapy program was designed based on Tooyama's concept published in 1996 and our own regimens for postoperative therapy for separate ACL and PCL reconstructions.

The results of our physical therapy were as follows : In four months after the surgery, the range of knee motion had been fully recovered. In 16 months postoperatively, the knee ligament had become stable. Knee extension strength had been restored 87% and its flexion strength 103%. The functional ability test found that knee performance was good.

Worthy of note were the following three main features of this physical therapy : (1) To minimize stress on ligament until the minimum recovery level of recovery is expected after reconstruction, muscular workout to make quadriceps and hamstrings contracted simultaneously was performed so as not to induce contractions of only hamstrings ; (2) We kept the chief physician posted on the recovery status of the knee motion range since mobilized arthroscopy might have been required because of knee contracture ; (3) Knee coordination training was performed to enhance knee functional ability.

*Dept. of Rehabilitation, Yamamoto Kumiai General Hospital, Akita, Japan