

## 症例報告



## 外傷後の重度外反変形に対する人工膝関節全置換術、 内側側副靭帯再建術、腸脛靭帯延長術後の理学療法の経験\*

竹中裕人<sup>1)</sup>・水谷仁一<sup>2)</sup>・横地正裕<sup>1)</sup>・猪田邦雄<sup>3)</sup>・花村浩克<sup>3)</sup>

### 【要旨】

【緒言】膝関節外反変形に対する人工膝関節全置換術 (Total Knee Arthroplasty:TKA) は、内反変形に比べ稀であるため、術後理学療法に関する検討は充分なされていない。今回、外傷後の重度外反変形に対する TKA に加え、内側側副靭帯再建術、腸脛靭帯延長術を行った症例の術後理学療法を経験し、若干の知見を得たので報告する。【経過および結果】術後理学療法は、概ね内反変形に対する TKA 術後理学療法を行った。術後2週で大腿四頭筋の筋収縮が触診上ではっきりと認められなかったが、筋電図波形をモニターで確認しながら大腿四頭筋強化を行うと、大腿四頭筋収縮の感覚を学習することができた。術後6ヶ月で膝関節機能、外反安定性、大腿四頭筋筋力は回復したが、関節可動域の回復に課題が残った。【考察】本症例は、術後大腿四頭筋の筋収縮感覚に対する再学習が必要であった。その際に、筋電図波形によるフィードバックを行ったことが有効であったかもしれない。膝外反が大きくなると内側広筋の筋活動が低下するという報告があり、今回のような外反変形に対する TKA 術後理学療法を行う際には、大腿四頭筋の筋活動に早期から着目する必要があるかもしれない。一方、本症例のように変形が重度で MCL 再建も行っている場合、膝関節可動域の回復について有効で安全な関節可動域運動の方法を考案していく必要がある。

キーワード：膝関節外反変形、人工膝関節全置換術、術後理学療法

### はじめに

膝関節の内反変形に対する人工膝関節全置換術 (Total knee Arthroplasty: TKA) の適応となる症例は多いが、外反変形に対する TKA の適応となる症

例は少ない。欧米の場合、膝関節の外反変形に対する TKA は全 TKA の約 10% 程度<sup>1)</sup> であるが、本邦ではそれよりもはるかに少ないと推測されている<sup>2)</sup>。そのため、詳細な術後経過や理学療法について十分な報告はなされていない。

今回、20 年前の外傷後の重度外反変形に対する TKA に加え、内側側副靭帯 (Medial Collateral Ligament: MCL) 再建術、腸脛靭帯 (Iliotibial band: ITB) 延長術が施行された稀な症例の術後理学療法を経験した。そこで本症例報告の目的は、本症例の詳細な術後経過や理学療法について若干の知見を含めて報告することである。なお本症例からは、学術論文に使用する旨を口頭と紙面で説明し同意を得た。

### 症例供覧

本症例は、20 年前の外傷後に重度な左膝関節外反変形を生じた 40 歳代後半の男性である。20 年前のバイク事故により膝関節骨折 (詳細は不明で

\* Physical therapy for total knee arthroplasty and medial collateral ligament reconstruction and iliotibial ligament release of severe valgus deformity after posttraumatic arthritis -A case report-

- 1) 医療法人三仁会あさひ病院 リハビリテーション科  
(〒486-0819 春日井市下原町2090)  
Hiroto Takenaka, PT, MA, Masahiro Yokochi, PT, PhD:  
Department of Rehabilitation, Sanzinkai Asahi Hospital
- 2) 医療法人三仁会春日井整形外科 リハビリテーション科  
Masakazu Mizutani, PT, MS: Department of Rehabilitation,  
Sanzinkai Kasuga Orthopaedic Clinic
- 3) 医療法人三仁会あさひ病院 整形外科  
Kunio Ida, MD, PhD, Hirokatsu Hanamura, MD, PhD:  
Department of Orthopaedic Surgery, Sanzinkai Asahi  
Hospital

# E-mail: hiroto.takenaka@gmail.com

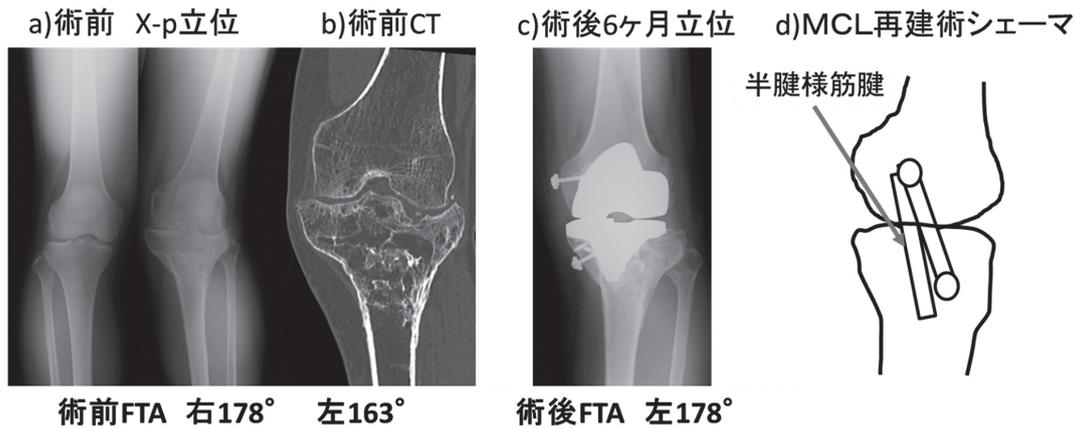


図1. 画像所見とMCL再建術シエーマ

a) 術前両膝X-p立位, b) 術前左膝CT, c) 術後6ヶ月左膝立位, d) MCL再建術シエーマ. MCL再建術は, 半腱様筋腱を採取し, 附着部は残し, 中枢側で固定・反転して, 脛骨の前方で固定した.

あるが, 図1b)からは脛骨高原骨折が考えられた), その後外反変形が生じた. 5年程前に膝痛の増強により当院受診し, 保存療法開始となった. 昨年, 膝痛の増強により介護職の継続が困難となり手術となった. 既往歴に左変形性足関節症と腰痛症があり, これらの痛みも合わさり日常生活動作に困難を生じていた.

#### 整形外科的所見

画像所見 脛骨外側顆の骨破壊が観察された(図1a)-c)). FTA (femoro-tibial angle) は, 右178°に対し左163°であった. 術前の外反ストレステストでは, 明らかな不安定性が確認された.

手術所見 手術侵入は, 内側前方アプローチであった. 術中所見において, ACL (anterior cruciate ligament) の消失があり, LM (lateral meniscus) とMM (medial meniscus) は損傷されほとんど残存していなかった. そして, MCLは癒痕化しており, その機能を失っていた. そのため, TKA (CRタイプ)に加え, 半腱様筋腱を使用したMCL再建術(図1d)), 腸脛靭帯延長術(Z延長)が行われた. 術後FTAは178°に矯正されており, 外反ストレステストで不安定性は認められなかった.

#### 理学療法評価

身体機能評価は, 膝関節機能, BMI (body mass index), 膝関節可動域, 大腿四頭筋 (weight bearing index: WBI), 6分間歩行距離を計測した. 全ての評価は, 術前, 術後3ヶ月, 6ヶ月に行った.

膝関節機能は, 日本整形外科学会変形性膝関節

症治療成績判定基準(以下, JOA score)を用いた. 変形性膝関節症に特異的な治療成績判定基準であり, 信頼性と妥当性が確認されている<sup>3)</sup>. 筋力評価は, 大腿四頭筋の等尺性筋力を計測した. 使用機器はCOMBIT CB-2(ミナト医科学株式会社)を使用し, 計測肢位は座位膝関節70°屈曲位で計測した. 測定値を体重で除したWBIを算出した. 歩行能力には6分間歩行距離を計測した. 6分間歩行距離は, 膝関節機能と関連する有用な体力のテストとして, TKA術後にも使用されている<sup>4)</sup>.

#### 術後理学療法

手術翌日より理学療法を開始した. 術後1週間は1日20分~40分, 1週間で降退院までは1日60分を週5~6日の頻度で行った(表1). 退院後は, 週2日の通院理学療法を行った.

術後翌日から1週間は, ベッドサイドで膝関節屈曲40°までの範囲内で, 膝蓋骨周囲組織のモビライゼーション, 膝関節自動および他動の屈伸運動, 下肢や体幹の筋力強化を行った. 膝蓋骨周囲組織のモビライゼーションは, 膝蓋骨を遠位に滑走および前額面で回旋させることで膝蓋上囊, 膝蓋大腿靭帯等の周辺軟部組織の滑走性を維持改善するように行った. また, 免荷期間の筋力低下を最小限にするために, パテラセッティング, SLRなどを積極的に行った.

術後1週~2週間に, 10kg荷重で両松葉杖の歩行訓練開始となった. この期間で本症例は, 起居動作や歩行時に膝関節痛は少ないものの, 術後2週を経過しても大腿四頭筋の筋収縮が触診上ではっきりと認められなかった. そのため, 大腿四

表1. 術後理学療法スケジュール

術後翌日～1週間
<ul style="list-style-type: none"> <li>荷重制限：完全免荷とした。</li> <li>膝装具：固定用膝装具を使用して、0～40°に角度制限した。</li> <li>ベッドサイド運動：カフパンピング、パテラセッティング、SLR、ヒップアップ、腹筋運動を行った。</li> <li>膝関節可動域運動：自動・自助・他動関節運動とCPMを60分行った。</li> <li>ADL：端座位、車椅子への移乗、車椅子移動を段階的に行った。</li> <li>有酸素運動：上肢エルゴメーターを行った。</li> </ul>
術後1週目～2週間
<ul style="list-style-type: none"> <li>荷重：部分免荷10kgから開始した。（以降1週毎に10kgずつ増加）</li> <li>筋力強化：自動運動に加え、徐々に重錘を負荷した。</li> <li>筋電図：筋力強化時に内側広筋と外側広筋が活動しやすい感覚を学習する目的で、数日間5分程ずつ行った。</li> </ul>
術後3週目～4週間
<ul style="list-style-type: none"> <li>膝装具：ACL用術後装具に変更して、0～60°に制限した。</li> </ul>
術後4週目～6週間
<ul style="list-style-type: none"> <li>膝装具：ACL用術後装具のまま、0～90°に制限範囲を変更した。</li> <li>膝関節可動域運動：60°以上で関節運動許可となり、積極的に可動域運動を行った。</li> <li>有酸素運動：背もたれつき座位の下肢エルゴメーターに変更した。</li> <li>術後4週目から5週間に松葉杖1本で歩行可能となった。</li> </ul>
術後6週～3ヶ月間
<ul style="list-style-type: none"> <li>術後6週にロフトランド杖歩行可能な状態で退院となった。</li> <li>術後2ヶ月頃にT字杖に変更となり、日常生活の障害は無くなった。</li> </ul>
術後3ヶ月目以降
<ul style="list-style-type: none"> <li>T字杖を使用せず独歩可能となり、復職に向け準備を開始した。術後5ヶ月で理学療法通院は終了となった。</li> </ul>

運動回数は10回を3セットで頻度は1日3回行った。

頭筋の筋力強化を充分に行うために、表面筋電図で筋活動を評価した。その結果、SLR時は大腿直筋の筋活動は高いが、内側広筋と外側広筋の筋活動が低いことが分かった（図2 a), b)）。一方、長座位で膝下に枕を入れて行う膝屈伸運動の場合、内側広筋と外側広筋の筋活動が高かった（図2 c)）。本症例においては、SLRは大腿直筋に有効な筋力強化となり、長座位での膝伸展運動は外側広筋と内側広筋に有効な筋力強化と考えられた。本症例は、SLRの自主運動は容易に行えたが、長座位で膝下に枕を入れて行う膝屈伸運動においては筋収縮の感覚が分かりにくいと実感していた。そのため、この筋収縮の感覚を再学習するために、筋電図生波形をモニターで確認しながら長座位で膝下に枕を入れて膝屈伸運動を行った。これを5分程行った後に、内側広筋や外側広筋収縮の感覚の学習効果を実感していた。数日で学習効果がモニター上で確認できたため、その後はモニターで確認することはなかった。なお、使用機器はマイオトレース400 EM-501（ノラクソン社製）を用いた。

術後4週目から、ACL用の装具の膝関節可動域は屈曲90°まで許可された。この時期から膝関節屈曲可動域拡大を目的に、積極的に膝関節運動が許可された。温熱療法としてホットパックを15分行った後、膝蓋骨周囲組織のモビライゼーション、膝関節自動および他動の屈伸運動を積極的に行った。この時期には、大腿四頭筋の筋収縮が触診上ではっきりと認められた。歩行手段は、荷重量許可の増加にともない、術後4週目～5週間に松葉杖1本で歩行可能となった。

術後6週にロフトランド杖可能となり退院となった。この時期の膝関節屈曲可動域は80°であった。その後は週2回の通院理学療法となった。通

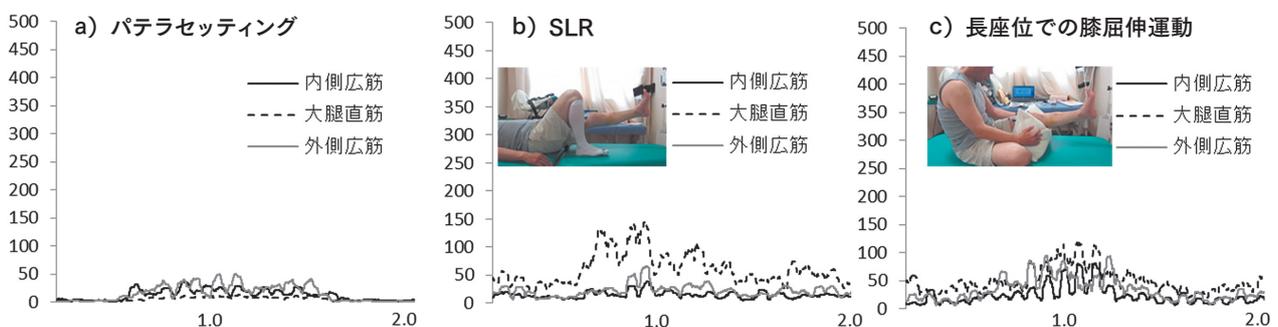


図2. 術後2週の大腿四頭筋の筋活動

各運動課題1回の筋電図波形を示す。横軸は運動回数1回に要した時間（秒）、縦軸は電圧（ $\mu\text{V}$ ）である。術後2週時の大腿四頭筋の筋活動は、a) パテラセッティングに比べてb) SLRやc) 長座位での膝屈伸運動の方が、内側広筋と外側広筋の筋活動が高いことが分かる。

表 2. 理学療法評価の経過

	術前	術後 3 ヶ月	術後 6 ヶ月
体重 (kg)	79.2	71.4	73.8
BMI	27.1	24.4	25.2
JOA score	65	80	85
膝伸展筋力 (kg)	44.4	49.3	53.9
WBI (膝伸展筋力 (kg) / 体重 (kg))	0.56	0.69	0.73
膝関節可動域 (°)	0-100	0-80	0-80
6 分間歩行距離 (m)	300	580	640
歩行補助具	ロフトランド杖	なし	なし

院理学療法は，入院中の理学療法に加え，自宅での運動療法の提案や ADL 上の問題点等に関して改善策の提案を行った。

術後 5 ヶ月で理学療法通院は終了となった。

### 経過および結果

結果を表 2 に提示する。JOA score は，術後 3 ヶ月に 80 点，術後 6 ヶ月は 85 点に改善した。改善項目は，疼痛・歩行能力であった。膝伸展筋，体重を考慮した WBI とともに，術後 3 ヶ月，6 ヶ月に増加した。膝関節可動域は，術後 3 ヶ月の時点で屈曲 80°であり，外反不安定性を認めなかった。なお，既往歴の変形性足関節症や腰痛症による疼痛は，術後 6 ヶ月まで殆ど生じなかった。

### 考察

20 年前の交通外傷による重度な膝関節外反変形に対して，TKA，MCL 再建術，ITB 延長術を施行した症例の術後理学療法を行った。術後 6 ヶ月で良好な膝関節機能，外反安定性，良好な筋力を獲得したが，関節可動域の回復に課題が残った。

外反変形の重症度は，Krackow らによって 3 つに分類されている<sup>5)</sup>。本症例は全外反変形の症例の内 15% を占める Type II であり，外反変形が 10° から 20° で，内側支持機構の弛緩をきたすことより手術適応とされている。膝関節外反変形に対する TKA に関する研究は，診断と術式に関するものが多い<sup>5-9)</sup>。外反変形に対する TKA 術後の成績について，Krackow 分類の Type II の場合は術後 2 年<sup>5)</sup> および 5 年<sup>8)</sup> の追跡で良好な成績が報告されている。これらの研究では，臨床的膝関節機能得点 (Knee society clinical score)<sup>10)</sup>，関節可動域，不安定性が評価されている。しかし，内反変形に対する TKA 後の理学療法で重要視されている膝伸展筋力は記述されていない。本症例は，JOA score に

に加え，膝伸展筋力が改善していることも明らかになった。

本症例の筋力強化時の特徴は，術後 2 週で大腿四頭筋の筋収縮が触診ではっきりと認められなかったことである。これは，関節腫脹により大腿四頭筋に反射性抑制が生じるため筋活動が低くなりやすくなること<sup>11)</sup> や，術前の外反変形の影響が考えられた。FTA と大腿四頭筋の筋活動に関して，健常大学生の FTA が小さい群 (外反傾向) は，内側広筋の筋活動の低下が報告されている<sup>12)</sup>。したがって，本症例においても術前から内側広筋の筋活動が低かった可能性がある。本症例報告において，表面筋電図波形によるフィードバックの有効性を示すことは難しいが，本症例は内側広筋や外側広筋の収縮感覚の学習効果を実感していた。本症例は，術前 WBI に比べ術後 3 ヶ月で 23% 増加して 0.69 となった。WBI 0.6 以上はジョギングを行える程の筋力レベル<sup>13)</sup> とされていることから，復職に十分な筋力回復であったといえる。

外反変形に対する TKA 術後の合併症は，関節可動域制限，膝関節不安定性，膝蓋骨の適合不良 (maltracking)，腓骨神経麻痺などが報告されている<sup>6)14)</sup>。本症例は，不安定性，膝蓋骨の適合不良，腓骨神経麻痺は認められていないが，術後 6 ヶ月に膝関節屈曲 80°であり関節可動域の回復に課題が残った。関節可動域制限の要因について，1 つ目に本症例は重度外反変形であるため周囲の軟部組織に通常よりも手術侵襲を加えており，炎症が強かったことが想定される。加えて，MCL 再建靭帯に過剰な伸張を与えないように術後 4 週まで 0 ~ 60° の範囲に制限した。そのため，この期間に関節拘縮が生じた可能性がある。2 つ目に MCL の至適な等長性を保つことが困難であったことが考えられた。MCL の至適な等長性は，cadaver 研究において膝関節 0° から 90° で 4 から 10 mm 程度伸長

される<sup>15)</sup>。さらに、MCLを至適な等長性に保つことは膝関節機能において重要であるが高度な手術技術を要すると報告されている<sup>16)</sup>。執刀医は、MCLの至適な等長性に近づけるように、再建靭帯の走行は可能な限り解剖学的走行になるように再建した。一方で、本症例は外反不安定性が強いいため、MCL再建および内側関節包を強固に縫合し、外反安定性の獲得を優先した。このような術中所見より、術後可動域制限が想定されたため、術後早期より許可された関節可動域内で膝蓋骨周辺組織のモビライゼーションやCPMを行った。しかし、手術前の関節可動域までは回復しなかった。外反変形後のTKAの関節可動域について、Krackow分類Type IIの外反変形角度 $16 \pm 6.3^\circ$ の症例では、術前屈曲角度 $90.9 \pm 23.1^\circ$ に対して、術後は平均 $99.9 \pm 14.3^\circ$ と報告されている<sup>5)</sup>。先行研究と比較すると本症例の関節可動域の回復は不十分であった。外反安定性の獲得を優先するためMCL再建および内側関節包を強固に縫合したため、本症例の場合は関節可動域の回復に限界があったのかもしれない。今後の課題は、術後可動域制限を最小限にするためのMCL再建靭帯の走行や術後の荷重や可動域の制限期間を考慮する必要がある。

本症例の限界は一症例に限った経過報告であり、ABAデザインなどの研究デザインではないため、手術後の自然回復と術後理学療法の効果を比較できない。また、外反変形に対するTKA術後理学療法プログラムに十分な妥当性を検討していないことが限界として挙げられる。一方、外反変形に対するTKA症例は稀であることから、理学療法プログラムの確立のために大規模な介入研究は現実的ではない。そのため、症例報告や症例対照研究などが、理学療法プログラムの確立に繋がると考えられる。したがって、外反変形に対するTKA術後理学療法を記述した本症例報告は有意義と考える。今後、理学療法の効果を詳細に検討するために、ABAデザインによる検討や運動療法の有効性を実験的に明らかにすることが必要である。

## 結論

20年前の交通外傷による重度な膝関節外反変形に対して、TKA、MCL再建術、ITB延長術を施行した症例の術後理学療法を行った。術後理学療法は概ね内反変形に対するTKA術後理学療法プログラムに沿って行った。術後2週で大腿四頭筋の筋収縮が触診上ではっきりと認められなかったが、筋電図波形をモニターで確認しながら大腿四頭筋強化を行うことで、大腿四頭筋収縮の感覚を再学

習することができた。術後6ヶ月で良好な膝関節機能、外反安定性、良好な筋力を獲得したが、関節可動域の回復に課題が残った。

(本文の要旨は第24回愛知県理学療法士学会大会において発表した)

## 【文 献】

- 1) Ranawat AS, Ranawat CS, et al: Total knee arthroplasty for severe valgus deformity. *J Bone Joint Surg Am.* 2005; 87: 271-284.
- 2) 辻本貴志, 格谷義徳: 人工膝関節全置換術(TKA)内反膝と外反膝に対する手術法の違い. *MB Orthop.* 2013; 26(4): 41-46.
- 3) Okuda M, Omokawa S, et al: Validity and reliability of the Japanese Orthopaedic Association score for osteoarthritic knees. *J Orthop Sci.* 2012; 17(6): 750-756.
- 4) Parent E, Moffet H: Comparative responsiveness of locomotor tests and questionnaires used to follow early recovery after total knee arthroplasty. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002; 83(1): 70-80.
- 5) Teeny M, Krackow A, et al: Primary total knee arthroplasty in patients with severe varus deformity. A comparative study. *Clin Orthop Relat Res.* 1991; (273): 19-31.
- 6) Rossi R, Rosso F, et al: Total knee arthroplasty in the valgus knee. *Int Orthop.* 2014; 38(2): 273-283.
- 7) Favorito J, Mihalko M, et al: Total knee arthroplasty in the valgus knee. *J Am Acad Orthop Surg.* 2002; 10(1): 16-24.
- 8) Elkus M, Ranawat C, et al: Total knee arthroplasty for severe valgus deformity. Five to fourteen-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 2004; 86-A(12): 2671-2671.
- 9) 富田文久, 青木喜満・他: 高度外反変形膝に対する人工膝関節置換術の治療成績. *日本リウマチ・関節外科学会雑誌.* 2001; 20(2): 41-47.
- 10) Insall N, Dorr D, et al: Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res.* 1989; (248): 13-14.
- 11) Spencer D, Hayes C, et al: Knee joint effusion and quadriceps reflex inhibition in man. *Arch Phys Med Rehabil.* 1984; 65(4): 171-177.
- 12) Park S, Ko M, et al: A study on the differences of quadriceps femoris activities by knee alignment during isometric contraction. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26(11): 1685-1688.

- 13) 黄川昭雄：機能的筋力測定 評価法 体重支持指数 (WBI) の有効性と評価の実際. 日本整形外科学会誌. 1991; 10: 463-468.
- 14) Idusuyi B, Morrey F: Peroneal nerve palsy after total knee arthroplasty. Assessment of predisposing and prognostic factors. J Bone Joint Surg Am. 1996; 78 (2) : 177-184.
- 15) Feeley T, Muller S, et al: Isometry of medial collateral ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2009; 17 (9) : 1078-1082.
- 16) 栗山新一，松田秀一：高度外反変形膝に対する対処法. MB Orthopaedics. 2014; 27 (7) : 75-82.