

# 生涯スポーツの継続を目指した膝周囲骨切り術 および術後のリハビリテーション

## Around-knee osteotomy for lifelong sports and details of postoperative rehabilitation

中村立一<sup>\*1</sup>, 島川朋享<sup>\*2</sup>

キー・ワード：Knee Osteoarthritis, Osteotomy, Sport  
変形性膝関節症, 骨切り術, スポーツ

【要旨】 変形性膝関節症に対する膝周囲骨切り術（AKO）後のリハビリテーションについて解説した。平均寿命の延伸に対し健康寿命の伸びは不十分であり、その改善には「膝の元気」の維持が重要である。AKO は生涯スポーツ継続を可能にする有力な治療であり、適切な時期での手術とリハビリが鍵となる。術後は骨癒合までの段階と、その後のスポーツ復帰段階に分けて考える。前者では合併症なく骨癒合を得ることを最優先とし、イーラス（Enhanced Recovery After Surgery, ERAS）概念に基づく早期荷重や過度な負荷回避、伸展可動域の確保が重要である。後者では骨癒合確認後に段階的に運動強度を高め、個々の能力に応じて、かつ術後アライメント変化に伴う動作特性にも配慮したアスレチックリハビリを行うことが重要である。

### ●はじめに

近年、日本人の平均寿命は伸び続け、男性の平均寿命は 80 歳を超え、女性においては 90 歳にせまる状況となった。その一方で元気に歩いて過ごすことのできる健康寿命の伸び率は平均寿命の伸び率に比較して小さく、残念ながら「健康ではない寿命」が延びているのも事実である。したがって健康寿命の延伸は本邦における大きな課題と言える。その鍵を握るのが「膝の元気」であり<sup>1)</sup>、自由に使える膝を保ち続けることが極めて重要である。高いレベルの「膝の元気」を実現するため

には、変形性膝関節症（OA）を高いレベルで克服し、生涯スポーツを継続できる膝関節を再建するのがベストであり<sup>2)</sup>、その切り札となるのが膝周囲骨切り術（Around-knee osteotomy, AKO）である。AKO 後にスポーツ復帰が叶う可能性を高めるためには、適切な術式選択や適切なリハビリテーションはもちろんのこと、末期 OA に進行する前に<sup>3)</sup>、そしてスポーツから離脱してからの期間が長くなりすぎる前に<sup>4)</sup> AKO を行うことが極めて重要であることを追記しておく。ここでは、術式の詳細などは他誌に譲るとして、術後のリハビリテーションに絞って話を展開する。

AKO を骨切り部位で大きく 2 つに分けると、高位脛骨骨切り術（High tibial osteotomy, HTO）と大腿骨遠位骨切り術（Distal femoral osteotomy, DFO）になるが（図 1）、いったん骨癒合が完成してしまえば、スポーツ復帰に向けたリハビ

<sup>\*1</sup> 春江病院関節温存・スポーツ整形外科センター

<sup>\*2</sup> 八重瀬会同仁病院整形外科

Corresponding author：中村 立一（ryu-nakamura@msj.biglobe.ne.jp）

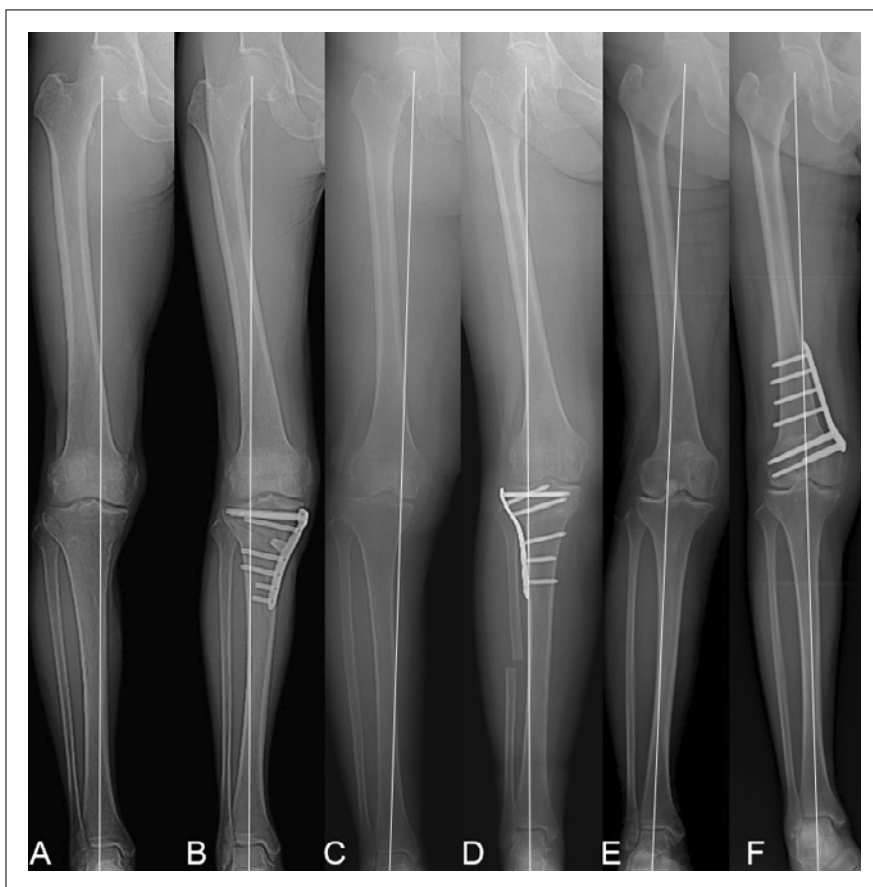


図 1 様々な膝周囲骨切り術.

- A. 内反膝に対する内側開大式楔状高位脛骨骨切り術 (MOWHTO) の術前.
- B. MOWHTO の術後
- C. 内反膝に対する外側閉鎖式楔状高位脛骨骨切り術 (LCWHTO) の術前.
- D. LCWHTO の術後
- E. 外反膝に対する内側閉鎖式楔状大腿骨遠位骨切り術 (MCWDFO) の術前.
- F. MCWDFO の術後

リテーションは双方においてほぼ同様であると理解してよい。術直後から骨癒合までのリハビリテーションにおいては、HTO では術翌日から疼痛に応じて全荷重を許可しているが、DFO では HTO に比較して荷重を遅らせ、術直後から 1/3, 2週で 1/2, 4週で 2/3, 6週で全荷重としている。その理由として 1) 接地点から骨切り部までのレバーアームが長く、荷重時に骨切り部に大きな力が加わること、2) OOWHTO における腓骨のような安定化機構がないこと、3) HTO に比較すると脛骨粗面から骨切り部までの距離が長いために膝伸展機構の Tension band としての働きが弱いこと、および 4) HTO に比較すると隣接関節に球関節である股関節があるために回旋の影響を大きく受けること、があげられる<sup>5)</sup>。しかし骨切りの種類に関わらず、術後 3 か月の定期診察における CT

で骨癒合が確認できれば、ジョギングから徐々にスポーツ復帰に向けたリハビリテーションを許可する点は共通である。万が一、3 か月で骨癒合していない場合には、3 か月から骨癒合完成まではリハビリテーションの強度を上げないよう、患者および理学療法士に指示するようにしている。

以下では HTO を例にとって【1】骨癒合までのリハビリテーションおよび【2】骨癒合後のスポーツ復帰に向けたリハビリテーションの 2 つに分けて述べることにする。

## ●【1】骨癒合までのリハビリテーション

このフェーズにおいて最も大切なゴールは、合併症なく確実に骨癒合させ、次のスポーツ復帰のフェーズで問題となる筋力低下および伸展制限をいかに生じさせないか、に尽きる。われわれは確

実なゴール達成のために、HTOの後療法にイーラス (Enhanced Recovery After Surgery, ERAS)・プロトコルを応用している<sup>6)</sup>。ERASはヨーロッパ静脈経腸栄養学会 (ESPEN)を中心としたグループが提唱したもので、エビデンスがある術後管理を組み合わせて作成された、迅速な回復を目指したプロトコルである<sup>7,8)</sup>。たとえば胃の手術を受ける場合、かつては術前から長く絶飲食を行って胃を空虚にしておき、術後も縫合部の治癒を待って長く絶飲食を行い、徐々に水分・全粥から開始するのが当然だった。また、酸素マスク装着と絶飲食を補うための点滴を長期に継続しながら安静臥床を行うのが常であった。しかしこの「慣例」に大きなエビデンスはなく、その必要性は乏しいことが判明してきた。そこで術前の絶飲食を最小限にとどめ、術後は安全が担保される範囲で可能な限り早期から食事を開始し、点滴は早く抜去して安静を解除することで早期の回復を目指すのがERASということになる。つまりERASの導入で術前後の胃腸の状態や全身状態の落ち込みを最小限に抑え、早期の回復が実現できるのである。

HTOにおいても同様で、免荷期間が長ければ長いほど、下肢の荷重に対する筋力が落ちるだけでなく、バランス感覚の鈍化や歩行に対するイメージの欠如、モチベーションの低下をきたす。早期荷重の目的は、あくまでも歩行許可が出たらすぐに歩けるコンディション作りにある。しかしHTOの手術にERASを導入して偽関節を作って矯正損失になっては本末転倒である。したがって全荷重はあくまでも伸展位の軸圧荷重に限定して、ニーブレースを装着した状態ですり足歩行から開始している。伸展位歩行から徐々に通常歩行に移行して痛みが出る場合には、ヒンジの不安定性や近位骨片のマイクロ・モーションが起きていると判断し、伸展位荷重歩行に戻している。

筋力訓練においても、大きな負荷をかけた open kinetic chain (OKC) 運動ではフランジが剥がされる力が加わるため、これは骨癒合してから行う。Closed kinetic chain (CKC) 運動については、術直後はクウォーター・スクワットまでにとどめ、積極的な遠心性筋力訓練も骨癒合を確認してから行い、ERASによる合併症を生じないように、細心の注意を払う。屈曲可動域については人工関節と違って関節内に何も挿入しないHTOにおいて

は、あまり積極的に行わなくともいずれ自然と曲がるようになるため、無理な屈曲動作によって骨癒合が遅れるよりは、痛みに応じた無理のない可動域訓練に徹している。一方で伸展については、基本的には伸展動作は冠状骨切り面には圧迫力を加えるため、骨癒合を妨げないことから、早期に完全伸展を獲得することに重きを置いている。また杖の使用に関しては、必ずしも歩行器→両松葉杖→片松葉杖→T字杖→杖なし歩行という順番に固執すべきではないと考えている。HTOはリアライメント手術であり、体軸が傾くことによって計画通りの荷重軸の実現が難しいと判断した場合には(図2)、片松葉杖を省略し両松葉杖でまっすぐに歩かせ、自信がついて疼痛が消失したところで、杖をはずしてしまうのも選択肢の一つである。

## ●【2】骨癒合後のスポーツ復帰に向けたリハビリテーション

まず骨癒合の定義であるが、しばしばOWHTOにおいて骨癒合と gap filling (あるいは gap healing) が混同されて使われる傾向にある。「骨癒合」はあくまでも冠状面においては外側ヒンジ側(すなわちプレートと逆側)の骨梁が連続し、矢状面においてはフランジと近位骨片の間の骨梁が連続したことを意味する<sup>9,10)</sup>。必ずしも gap が埋まらずとも、内側にしっかりとロッキングプレートが挿入されており、前方と外側が癒合すれば、3本柱が形成されるため<sup>11,12)</sup>、走行や跳躍にも骨の強度としては十分に耐えられる。

骨癒合が完成したら患者および理学療法士の双方にフェーズが1段階ステップアップし、アスレチック・リハビリテーションのフェーズに入ったことを伝える。骨癒合さえ得られてしまえば、ここからは大部分が「骨切り術に特化した」リハビリテーションではなく、前十字靱帯再建術後のリハビリテーションなどと同様に、個々人の筋力/持久力/瞬発力/バランス感覚などに合わせて進めていくことになる。術後の経過期間をベースとして考えるのではなく、達成度に応じた訓練を行うことが重要である。われわれのゴール達成型リハビリテーションの目安とスポーツ特異的リハビリテーションの例を図3および図4に示す。ざっくりと言うなら、3か月でジョギング開始、8か月頃からスポーツ特異性の強い動作を導入し、大会などへの完全復帰は1年+αのようなイメージであ



図2 片松葉杖歩行の功罪.

- A. 除痛目的に遠くに杖をつき過ぎると体軸が傾いてしまい、予定した荷重線が再現できない。  
 B. 体軸を正すことで予定の荷重線が再現される。

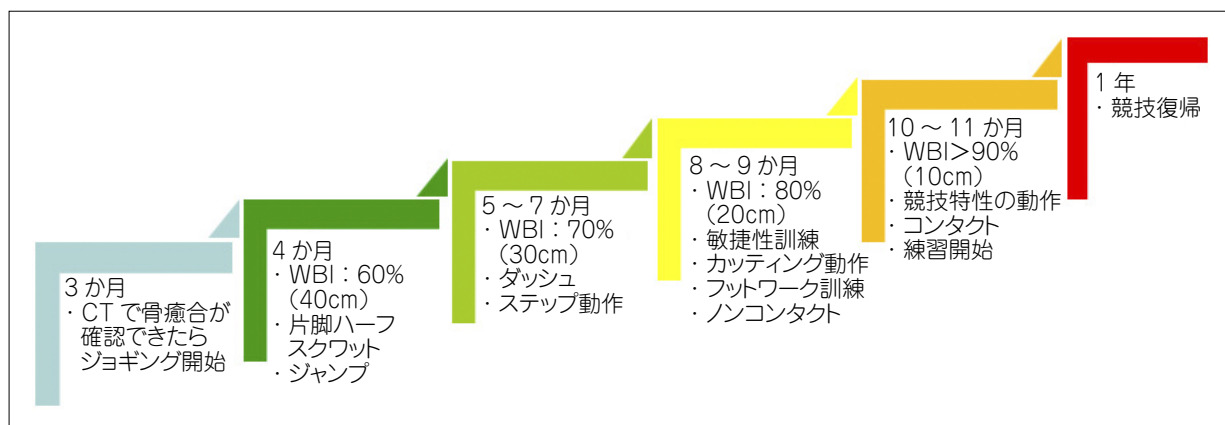


図3 ゴール達成型リハビリテーションの一例.

WBI : Weight Bearing Index (椅子からの片脚立ち上がりテストで簡易的に推定する場合. 一般的目安 : 安全な歩行 0.4, 日常生活 0.6, スポーツ 0.8)

る.

必ずしもプレートの抜去はスポーツ競技復帰の必要条件とはしていないが、活動量が増えるにつれて皮膚との irritation や腸脛靭帯炎様の症状を訴えることもあり、抜釘の時期については患者とよく相談するようにしている。コンタクトスポー

ツにおいては、プレート周囲骨折のリスクなども説明した上で、本格復帰と抜釘の時期を調整することもある。

HTO 後のスポーツ復帰リハビリテーションにおいて考慮すべき特異的な点は、術前に比較して外反が大きくなっていることである。術後のジャ



図4 水上スキーにおける特異的動作訓練の一例。  
シンプルなスクワット (A) から、タンデム (B)、回転動作 (C) へと発展させる。



図5 着地時の knee-in が強い場合の対処法。(A) 無意識に着地した場合の knee-in, (B) 大腿部にラバーバンドを巻いて股関節の外転を意識させるトレーニング, (C) トレーニング後、knee-in の改善を認める。

ンプ着地の時や切り返し動作の時に knee-in の傾向が強く出る患者が多いことは否めない。その場合には、もちろん動作時の膝アライメントに対する意識を強めることも重要だが、股関節に着目したリハビリテーションを導入するとよい。図5にジャンプ着地時の knee-in 予防訓練を提示する。これは大腿部にラバーバンドを巻いたジャン

プ訓練で、股関節の外転への意識を強めることで股関節の過度な内転が予防され、結果的に knee-in を予防することができる。いずれにせよ、術後のアライメント変化が動的にどのような変化を誘発したかをしっかりと観察し、スポーツ特異性とアライメントを考慮した適切なプログラムを導入することが大切である。

文 献

- 1) 中村 立一. 膝関節温存術における新時代の夜明け—「ひざの元気」で延ばそう！健康寿命—. 臨ス  
ポーツ医. 2023; 40: 1202-1204.
- 2) Nakamura R, Takahashi M, Shimakawa T, et al. High tibial osteotomy solely for the purpose of return to lifelong sporting activities among elderly patients: A case series study. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol.* 2020; 19: 17-21 doi: 10.1016/j.asmart.2019.11.001.
- 3) Nakayama H, Kanto R, Onishi S, et al. Return to sports after unilateral medial opening wedge high tibial osteotomy in highly active patients: Analysis of factors affecting functional recovery. *J Exp Orthop.* 2025; 12(1): e70083 doi: 10.1002/jeo2.70083.
- 4) Hoorntje A, Kuijer P, van Ginneken BT, et al. Prognostic Factors for Return to Sport After High Tibial Osteotomy: A Directed Acyclic Graph Approach. *Am J Sports Med.* 2019; 363546519849476 doi: 10.1177/0363546519849476.
- 5) 中村 立一. 【変形性膝関節症に対する最新の手術療法】変形性膝関節症に対する大腿骨遠位部骨切り術および double osteotomy. *Orthopaedics.* 2013; 26 (4): 23-31.
- 6) 中村 立一, 塚本和也. 特集 膝周囲骨切り術を成功に導く基礎知識 骨癒合を妨げない膝周囲骨切り術の後療法—イーラス (enhanced recovery after surgery : ERAS) ・プロトコルの導入による安全な加速化リハビリテーション. *臨整外.* 2021; 56(9): 1175-1180.
- 7) Scott MJ, Baldini G, Fearon KC, et al. Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) for gastrointestinal surgery, part 1: pathophysiological considerations. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2015; 59(10): 1212-1231 doi: 10.1111/aas.12601.
- 8) Feldheiser A, Aziz O, Baldini G, et al. Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) for gastrointestinal surgery, part 2: consensus statement for anaesthesia practice. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2016; 60(3): 289-334 doi: 10.1111/aas.12651.
- 9) Nakamura R, Komatsu N, Murao T, et al. The validity of the classification for lateral hinge fractures in open wedge high tibial osteotomy. *Bone Joint J.* 2015; 97-B(9): 1226-1231 doi: 10.1302/0301-620x.97b9.34949.
- 10) Nakamura R, Amemiya M, Matsumoto K, et al. Bone-substitute fracture in open wedge high tibial osteotomy: comparison of two different bone substitutes. *Journal of Joint Surgery and Research.* 2024; 2: 58-65.
- 11) Nakamura R, Komatsu N, Fujita K, et al. Anteromedial plating without filling the gap in open wedge high tibial osteotomy may increase the risk of screw breakage, which can be reduced by medial plating and bone-substitute insertion. *J Orthop Sci.* 2023; 28(2): 416-425 doi: 10.1016/j.jos.2021.12.017.
- 12) Nakamura R, Kuroda K, Takahashi M, et al. Open Wedge High Tibial Osteotomy with Pes Anserinus Preservation and Insertion of Bone Substitutes. *Arthrosc Tech.* 2022; 11(1): e69-e78 doi: 10.1016/j.eats.2021.09.002.

## Around-knee osteotomy for lifelong sports and details of postoperative rehabilitation

Nakamura, R.<sup>\*1</sup>, Shimakawa, T.<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Joint Preservation and Sports Orthopaedic Center, Harue Hospital

<sup>\*2</sup> Department of Orthopaedic Surgery, Yaesekai Doujin Hospital

**Key words:** Knee Osteoarthritis, Osteotomy, Sport

**〔Abstract〕** This article outlines rehabilitation following around-knee osteotomy (AKO) for knee osteoarthritis. Although life expectancy continues to increase, gains in healthy life expectancy remain insufficient, highlighting the importance of maintaining “knee health.” AKO is an effective treatment that enables lifelong participation in sports, and appropriate timing of surgery and rehabilitation is crucial. Postoperative rehabilitation can be divided into two phases: before and after bone union. In the early phase, the primary goal is to achieve secure bone healing without complications. Based on the concept of Enhanced Recovery After Surgery (ERAS), early weight-bearing, avoidance of excessive loading, and restoration of full knee extension are emphasized. After confirmation of bone union, rehabilitation progresses to a sports-oriented phase. Exercise intensity is gradually increased according to the patient’s functional level. In addition, it is essential to consider movement characteristics associated with postoperative alignment changes and to implement individualized athletic rehabilitation programs.