

症例報告



変形性膝関節症に対する Double level osteotomy 前後の理学療法*

嶋 尚哉¹⁾・裴 漢成²⁾³⁾・山口直也¹⁾・伊藤 淳¹⁾

【要旨】

活動性の高い変形性膝関節症（以下、膝 OA）の除痛手術には、関節温存可能な高位脛骨骨切り術と遠位大腿骨骨切り術を同時に行う Double level osteotomy（以下、DLO）がある。DLO 前後の理学療法を経験したので、免荷期間の機能低下予防、早期荷重・歩行訓練を安全に行うための工夫について報告する。症例は両側膝 OA の患者で、術側の右膝は K-L 分類 Grade IV であった。術前にセルフエクササイズを指導した。術翌日に理学療法を開始し、免荷期間の機能低下に注意した。術後 10 日目に当院の平行棒内プロトコルにそって 1/2 荷重となり、大腿骨の回旋ストレスに注意した。20 日目には全荷重となり、37 日目に独歩で退院となった。術前後で内側裂隙の疼痛は VAS 10 cm が 0 cm、膝 ROM は $-5 \sim 105^\circ$ が $0 \sim 115^\circ$ 、10 m 歩行は 12.6 秒が 9.2 秒、JKOM は 68 点が 17 点、JOA は 50 点が 90 点となった。術前にセルフエクササイズを指導したことで免荷期間中の機能低下、深部静脈血栓症を予防した。早期荷重となったが、当院の平行棒内プロトコルを使用し、大腿骨の回旋ストレスに注意することで矯正損失なく経過した。歩容は視覚フィードバックを使用することで良好な修正が得られた。

キーワード：変形性膝関節症， Double level osteotomy， 早期荷重

はじめに

変形性膝関節症（以下、膝 OA）の除痛のために、薬物療法や運動療法および装具を用いた保存療法が実施される。しかし、前記の奏効が認められない場合は手術療法が選択される。従来当院では、全人工膝関節置換術（Total knee arthroplasty 以下、TKA）や単顆人工膝関節置換術

（Unicompartmental knee arthroplasty 以下、UKA）を主体に実施してきた。しかしながら、術式が進歩しても TKA、UKA 後のスポーツ復帰は困難であり、多くは胡座や正座などの膝関節深屈曲ができなくなることで趣味や農業などが制限される。また、若年の高度膝 OA 症例では、ポリエチレン摩耗が原因の再置換が懸念され、TKA、UKA を断念または延期する場合もある。そのため活動性の高い膝 OA には、関節温存しつつ局所に集中した力学的負荷を軽減させて除痛をはかる高位脛骨骨切り術（High tibial osteotomy：以下、HTO）が従来の適応と考えられてきた¹⁾²⁾。ただし膝 OA には大腿骨と脛骨それぞれに変形が生じる可能性がある。大腿骨遠位に変形があるにもかかわらず、HTO 単独で過度の外反矯正を行った場合には非生理的な関節面の傾斜が生じ、疼痛残存や新規変形を惹起することが懸念される。そのため近年では、生理的膝関節面に近づけて再建するために遠位大腿骨骨切り術（Distal femoral osteotomy：以下、DFO）や Double level osteotomy（以下、DLO）

* Physical therapy before and after double level osteotomy for knee osteoarthritis

- 1) 豊川市民病院 リハビリテーション技術科
(〒442-8561 愛知県豊川市八幡町野路23番地)
Naoya Shima, PT, Naoya Yamaguchi, PT, Atsushi Ito, PT:
Department of rehabilitation technology, Toyokawa city hospital
- 2) 豊川市民病院 整形外科
Hironari Hai, MD: Department of orthopedic surgery,
Toyokawa city hospital
- 3) 豊川市民病院 リハビリテーション科
Hironari Hai, MD: Department of rehabilitation, Toyokawa
city hospital

E-mail: reha@toyokawa-ch-aichi.jp

が報告されている²⁻⁴⁾。

DLOとは、DFOとHTOを同時に行う術式である。適応は、大腿骨と脛骨の両方に変形のある高度膝OAで、活動性が高く関節温存を希望される症例である。半月板や靭帯を含めた膝関節を温存することができ、半月板縫合や軟骨移植、ACL再建を併用することができる⁵⁾⁶⁾。そのため、スポーツ復帰や膝関節深屈曲の再獲得が可能となる。一般的に、DFOは大腿骨骨切り部に軟部組織による制動がなく、回旋や剪断ストレスに脆弱である為、免荷期間を3週間要し²⁾、DLOもそれに準じて行う。

当院ではDLOを2015年1月から2017年6月までに10名12膝に施行している。しかしながら、本邦におけるDLO前後の理学療法の報告例はほとんどない。また術後の荷重時期の報告はみられるが、荷重方法や歩行獲得にむけての歩容修正方法について考察したものは少ない。そのため、今回経験した一症例の理学療法について、若干の知見を踏まえ、免荷期間の機能低下予防ならびに早期荷重・歩行訓練を安全に実施するための工夫について報告する。

対象

【症例紹介】

1. 一般情報

症例は、両側膝OAの52歳女性。身長156cm、体重54.0kg、BMI22.2。約2年前より膝関節痛が出現し、近医で関節注射や外来理学療法を

施行するが除痛がはかれなかった。家から1km離れたスーパーマーケットに行くのが難しくなった為、当院の整形外科を紹介され受診した。主訴は両膝関節痛(右>左)。既往歴は糖尿病、高血圧、高脂血症。喫煙歴はなし。Demandは、右膝関節の除痛をはかり歩いてスーパーマーケットに行けるようになり、中止していたプールウォーキングを再開したい。術前のADLは完全自立で移動は独歩、階段は2足1段で手すりを使用すれば昇降が可能であった。

2. 画像所見

X線像上、術前の右膝はKellgren-Lawrence分類GradeIV、%荷重軸(%Mechanicalaxis:以下,%MA)-28.6、Femoro tibial angle(以下,FTA)194°、Mechanical lateral distal femoral angle(以下,mLDFA)91.5°、Mechanical medial proximal tibial angle(以下,mMPTA)77.2°と大腿骨と脛骨の両方に変形を認める高度内反膝OAであった(図1,2,3)。

MRI画像上、右膝関節の外側半月板は残存しており、前十字靭帯、後十字靭帯ともに描出され著明な損傷は認めなかった。

【術前理学療法評価】

右側の関節可動域(Range of motion以下,ROM)は膝他動伸展-5°/屈曲105°(自動伸展-5°/屈曲100°)、足関節背屈20°/底屈45°であった。内側裂隙の疼痛はVisual analog scale(以下,VAS)で10cm/10cm、立位荷重分散は右24kg/左30kgであった。10m歩行路の快適速度歩行は12.6秒、

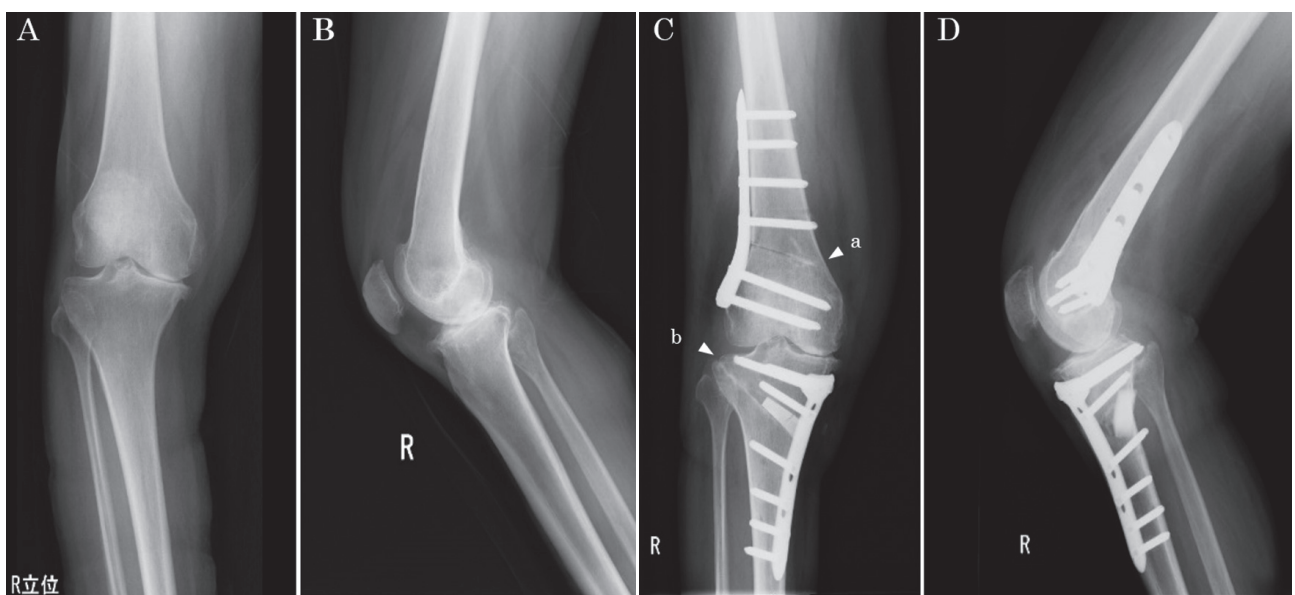


図1. 術前後の右膝関節のX線像(前額面, 矢状面)

A: 手術前の前額面像 B: 手術前の矢状面像 C: 手術後の前額面像 D: 手術後の矢状面像。

a: 大腿骨ヒンジ, b: 脛骨ヒンジ。脛骨骨切り術中にType Iヒンジ骨折が生じたが固定性は良好であった。



図2. 術前後の立位外観

A: 術前, B: 術後. 術側は右である. 術後の非術側 (左) にインソールを使用している.

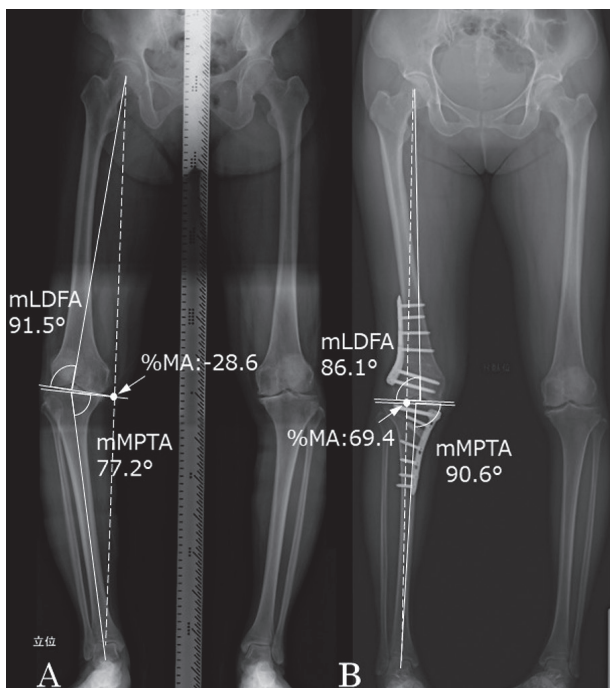


図3. 術前後の両下肢のX線像 (前額面)

A: 術前, B: 術後. 実線から, mLDFA (Mechanical lateral distal femoral angle), mMPTA (Mechanical medial proximal tibial angle) を算出した. 破線は % MA (% Mechanical axis) を示す.

最大速度歩行は 11.3 秒で, 歩行時の lateral thrust は認めないが最大速度歩行で足底の擦れが認められた. 日本整形外科学会変形性膝関節症治療判定基準 (以下, JOA score) は右側 50 点 (15, 5,

20, 10), 疾患特異的立脚型変形性膝関節症患者機能評価尺度 (Japanese knee osteoarthritis measure 以下, JKOM) は 68 点であった.

【倫理的配慮】

対象症例には, 書面を用いて, 研究および報告の趣旨を説明し同意を得た.

方法および結果

【手術療法】

術側は右である. 関節鏡下で内側半月板を切除し, 窩間から骨棘を採取した.

DFO は, 大腿遠位外側から皮切し腸脛靭帯を切離して展開した. 矯正角 4° で閉鎖し, プレート固定を行った. HTO は, 下腿近位内側から皮切し鷲足を切離して, MCL を前縁で縦切開し剥離した. 透視下で脛骨内側から近位脛腓関節まで骨切りし, 12° 開大して, 人工骨と関節鏡下で採取した骨棘を粉碎して充填し, MCL を縫合した上からプレート固定した. 内固定材には, TomoFix Japanese と人工骨 (β -TCP; オスフェリオン[®]) を使用した. 術中に脛骨 Type I ヒンジ骨折が生じたが固定性は良好であった. ドレインは挿入せず, ジョーンズドレッシングで固定した.

手術後は % MA 69.4, FTA 169° , mLDFA 86.1° , mMPTA 90.6° となった.

【理学療法】

手術前後の経過を, 図4に示す.

手術3日前に術前機能評価を実施した. さらに, 術直後から行える Open kinetic chain (以下, OKC) のセルフエクササイズとして下肢伸展挙上 (Straight leg raising 以下, SLR) や大腿四頭筋セッティング, 足パンピング, 背臥位で大腿を抱えて下腿自重を利用した膝屈曲訓練, Non-gravity range of motion machine (名織株式会社製. 以下, NG-ROM マシン) を使用した自動介助での膝関節の伸展・屈曲, 足関節背屈運動を指導した.

手術直後 (0 日目) は, ジョーンズドレッシングの装着と持続大腿神経ブロックおよび尿道カテーテルの留置があり, 麻酔から覚めてもベッド上安静である. ただし, 深部静脈血栓症予防のために, 口頭指導下で上記のセルフエクササイズを可能な範囲で実施させた. 同時に腓骨神経麻痺の発生がないかを確認した.

術後1日目よりベッドサイドでの理学療法を開始した. 上記のセルフエクササイズに加え, 疼痛範囲内で大腿四頭筋やハムストリングス, 下腿三頭筋の伸張, 膝関節の屈曲を促すために端座位での下腿自重下垂を行った. 他動ROMは, 膝関節

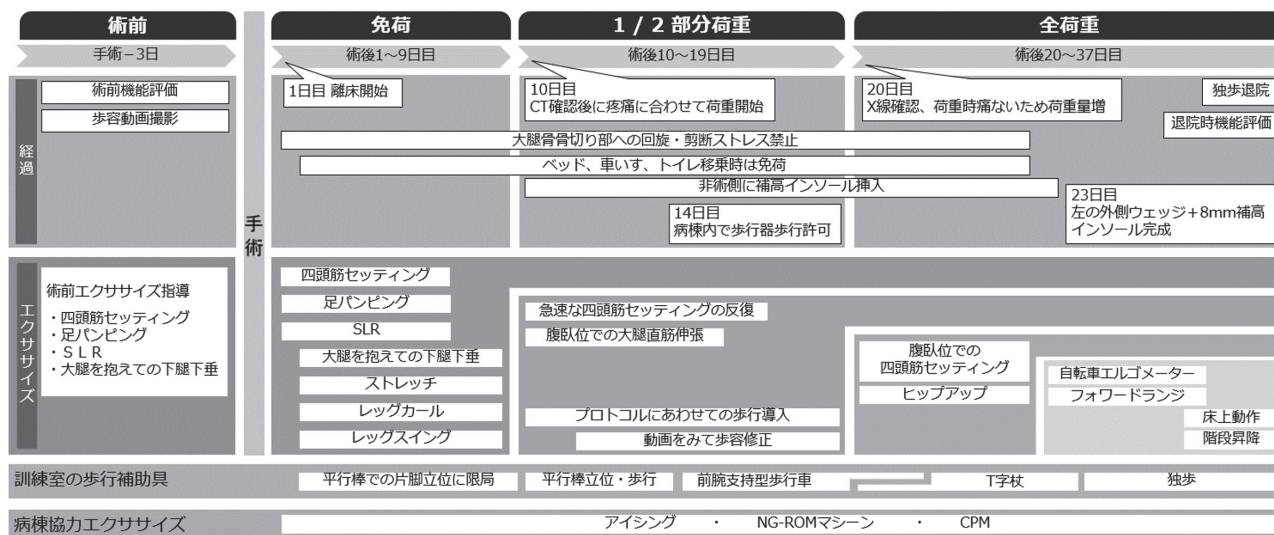


図 4. 術前後の経過

伸展 -10° / 屈曲 90° , 足関節背屈 5° と術前よりも制限を認め、extension lag が生じていた。疼痛は、大腿四頭筋腱移行部や下腿三頭筋の伸張痛が著明に増強していた。ベッドからの起き上がりや免荷での車イス移乗を実施し、目眩や嘔気がなくバイタルが安定したことを確認し、翌日より訓練室での理学療法が許可された。腫脹防止のために理学療法中と後のアイシングを励行した。また、病棟看護師により NG-ROM マシーンと CPM Adventa+ (SAKAI 社製。以下、CPM) を 1 日 1 回実施した。

術後 2 ~ 9 日目は、訓練室にて ROM 訓練や平行棒内での免荷起立、平行棒内立位での抗重力運動 (股関節屈曲・伸展・外転、膝関節伸展・屈曲)、レッグスイングを実施した。スイングの際に体幹が正中位になるように、下肢が外転位での振り出しにならないように口頭指示や視覚フィードバック (鏡、撮影した動画および静止画) を使用して修正した。疼痛について、膝関節屈曲角度の増加に合わせて膝蓋腱周囲、四頭筋腱移行部の順に伸張痛が増強した。脛骨ヒンジや骨切り部周囲より起始する前脛骨筋は圧痛が出現した。足関節背屈時の下腿三頭筋の伸張痛は、経時的に軽快した。安静時の術創部痛を考慮して NSAIDs の投与量を調整した。

術後 10 日目に CT 画像上で新規骨折等の問題を認めなかったため、当院の平行棒内プロトコルにそって平行棒内に局限した 1/2 部分荷重を実施した。術側の下肢長延伸をみとめ、非術側に補高インソールを挿入した。平行棒内の静的立位姿勢は、脛骨が垂直に接地するように鏡を用いて修正し、荷重が左右均等になるように体重計で確認し

ながら調整した。静的立位が安定し、内側裂隙の除痛がはかれていること、脛骨ヒンジの新規疼痛が出現しないことを確認した。その後、立位の状態から体幹を側方へと動かし、heel contact や toe off の際にも静的立位時と同様に、除痛がはかれて膝関節周囲の新規疼痛の出現がないことを確認した。平行棒内歩行は、術後 11 日目より開始した。方向転換する際に患肢を接地しないように厳重に指導した。

術後 14 日目、平行棒内歩行において、股関節外転位での足接地による脛骨内側傾斜が認められないこと、大腿骨の回旋ストレスの回避を十分理解していることを確認して、前腕支持型歩行車での歩行訓練を導入した。病棟でも看護師の監視下でトイレ歩行を導入した。

術後 20 日目に荷重時痛の出現がないため、医師が全荷重を許可した。独歩も部分荷重時と同様に、脛骨内側傾斜がないことを確認するまで平行棒内での歩行とした。23 日目に非術側の外側ウェッジ補高インソールが完成した。同日までは病棟で歩行器が必要であったが 24 日目以降は独歩となった。30 日目から階段昇降を開始し、1 足 1 段の昇降では膝折れを呈するため手すりを使用するが、2 足 1 段であれば安定して行えるようになったため 37 日目に自宅退院となった。退院後の外来理学療法は実施せず、セルフエクササイズの継続と腫脹予防のアイシングの実施を指導した。

【退院時理学療法評価】

ROM は膝関節他動伸展 0° / 屈曲 115° (自動伸展 0° / 屈曲 110°) , 足関節背屈 20° / 底屈 45° であった。内側裂隙の疼痛は VAS で 0cm/10 cm , 立位荷重分散は右 23 kg / 左 30 kg , 10 m 歩行路の

快適速度歩行は9.28秒、10m最大速度歩行は8.12秒であった。JOA scoreは右側90点(30, 25, 25, 10)、JKOMは退院時にはとらず、退院1ヶ月後の時点で17点であった。

考察

1. 免荷期間の機能低下と深部静脈血栓症の予防

DLO後の荷重開始時期は、DFOとHTO後スケジュールに準じて行う。しかし、両術式の荷重開始時期は大きく異なりHTOでは翌日²⁾または1週間後⁷⁾⁸⁾、DFOでは3~4週間後²⁾⁴⁾と報告されている。HTOはインプラントの進歩に加え、人工骨の挿入や脛骨骨切り部周囲の軟部組織による制動のため、早期の荷重が可能である。DFOは大腿骨骨切り周囲の軟部組織の制動が乏しいため、荷重時の回旋や剪断ストレスに脆弱であり、術後に長期間の免荷を必要とする。DLOは、DFOに準じて3~4週間の免荷が必要となるため、臥床時間が長くなり機能低下のリスクが高くなる。

ただし、事前に免荷期間が分かっているため、本症例はベッド上でOKC主体のセルフエクササイズを積極的に行い、廃用による機能低下を予防した。大腿四頭筋セッティングは、筋力増強効果だけでなく反復の等尺性収縮により膝蓋下脂肪体の癒着を予防する効果が得られる。さらに、脛骨骨切り部をまたいだ膝蓋腱が開大部の圧着に働き、癒合を促進する効果も期待できる⁷⁾⁹⁾。

楊ら¹⁰⁾は、HTO後の深部静脈血栓症について、翌日に52.2%(23膝中12膝)、4週までに60.9%(23膝中14膝)が発生すると報告している。小林ら¹¹⁾は、HTO後に理学療法をおこなった場合の深部静脈血栓症の発生率は12.5%であったと報告している。当院では弾性ストッキング装着、フットポンプ使用とともに看護師の協力によりNG-ROMマシンとCPMを実施することで不活動となる時間を減少させた。またガイドライン¹²⁾で推奨されるような早期からの運動介入を行ったことで、深部静脈血栓症が予防できたと考えられる。

2. 平行棒内プロトコルでの早期荷重

前項で述べたようにDLOの免荷期間は3~4週と長期である。当院では、平行棒内プロトコルを導入して従来よりも早期の術後10日で部分荷重を開始した。具体的には、①平行棒内での患肢レッグスイング、②平行棒内に限局しての静的立位、③立位での骨盤側方移動、④患肢立脚初期のheel contact、⑤患肢立脚中期から後期のtoe off、⑥平行棒内に限局した歩行訓練、という順のプロトコルである。

早期荷重は、筋出力低下の予防および骨癒合の促進が期待できる一方、新規骨折による矯正損失の危険性がある。そのため、プロトコルを進める際には、矯正損失の原因となる大腿骨、脛骨ヒンジの疼痛や関節内の疼痛出現に注意する必要性がある。また、平行棒内歩行での方向転換時に、患肢を接地したまま行くと大腿骨に回旋ストレスが生じるため、患肢を浮かせて行うことで矯正損失なく経過した。

当院では免荷および部分荷重の期間中、松葉杖での歩行は転倒リスク回避のため実施していない。また、部分荷重開始後の車いす移乗も、下肢荷重位では回旋ストレスが危惧されるため免荷で行うように指導した。

3. 歩容修正

歩行訓練に関しては、免荷期間の患肢のレッグスイングが股関節外転傾向であった。疼痛にともなう膝関節の屈曲不足を補うための股関節外転代償と考えられたが、膝関節屈曲が可能になってからも残存していた。手術によりFTAが194.3°(高度内反膝)から169.0°(外反膝)に変化し、さらに股、膝、足関節の相対的な位置が変化した。X線像上の股関節は5°外転から10°内転位になり筋走行が変化したため、従来の振り出しでは外転傾向になると考えられた。股関節外転傾向のまま足を接地すると脛骨が内側傾斜位となり、骨切り術の作用で、ミクリッツ線が膝関節の外側を通るはずが、膝関節の内側を通り跛行残存や矯正損失に繋がる可能性がある。本症例は荷重開始前から、鏡や撮影した動画、静止画による視覚フィードバックを用いて、股関節外転および脛骨内側傾斜を修正した。

また、HTOの骨切り部開大、人工骨挿入により脛骨長軸が延伸し、腓腹筋が伸張される。そのため、術直後に膝関節の伸展制限、足関節の背屈制限が出現し、ストレッチ時の疼痛が増強した。脛骨延伸による相対的な腓腹筋短縮は、歩行中のヒールロッカー機構を破綻させ、膝関節の負荷増大にも繋がり、膝折れのリスクをも増大させる。刈谷ら¹³⁾は、HTO後は膝屈筋群の牽引力により膝関節伸展角度が術前より制限されると報告している。そのため、安全な荷重のためにも、術前後の腓腹筋のストレッチが重要になると考えられた。本症例においては最終的に膝伸展制限が残らず理学療法が奏功したといえる。

さらに、本症例では術側下腿長の延伸により非術側下肢が相対的に0.8cm短くなった。非術側は内反膝OAが残存しており、跛行出現や疼痛増強

が予想されたため、補高外側ウェッジのインソールを作成し靴内に挿入した。

4. エクササイズ

免荷期間中は、OKC 主体のエクササイズであったが、荷重許可後は Close kinetic chain のエクササイズも実施されるため、大腿骨の回旋や剪断ストレスを避ける必要性が増す。そのため、部分荷重期間中は、平行棒内立位での抗重力運動に加えて、下肢に垂直荷重が加わるカーフレイズを導入した。過負荷が予測されるフォワードランジや階段昇降、床上動作は全荷重許可直後には導入せず、退院数日前に導入したため、矯正損失に至らなかった。ただし、階段昇降は2足1段で可能となったが、1足1段で降りる際には膝折れを呈するため手すりが必要な状態での退院となった。齋藤ら¹⁴⁾はHTO後6週目の大腿四頭筋力は術前値の71%であったと報告している。本症例は退院まで38日であり、筋力の改善が十分とはいえない。そのため、在宅復帰後もゴムバンドを使用したレジスタンストレーニングを導入した。

結論

今回、膝OAに対するDLO前後の理学療法を経験した。術前にセルフエクササイズを指導したことにより、術後免荷期間中の機能低下、深部静脈血栓症を予防した。荷重開始時期は、従来報告にある術後3～4週よりも早期の10日目であった。荷重は、当院の平行棒内プロトコルを使用して大腿骨の回旋ストレスに注意しながら行うことで矯正損失なく経過した。視覚フィードバックにより脛骨垂直化をはかることで、良好な歩容の修正に繋がった。

【文献】

- 1) 竹内良平, 石川博之・他：手術後早期より全荷重歩行が可能なmedial open wedgeおよびlateral closed wedge high tibial osteotomy. Monthly book orthopaedics. 2013 ; 26 (4) : 1-9.
- 2) 宗田大, 中村茂・他：OS NEXUS No.9膝関節の再建法 最適な選択のために(第4版). ジカルビュー社, 東京, 2017, pp. 168-192.
- 3) 新見龍士, 米倉暁彦・他：大腿骨遠位外反変形を伴う内側型変形性膝関節症に対し Double Osteotomyを行った一例. 整形外科と災害外科. 2015 ; 64 (3) : 465-470.
- 4) 中村立一：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. Monthly book orthopaedics. 2013 ; 26 (4) : 23-31.
- 5) 小林秀郎, 赤松泰・他：高位脛骨骨切り術の実際. 整形外科看護. 2015 ; 20 (2) : 190-195.
- 6) 赤松泰, 齋藤知行：ACL不全を伴った変形性膝関節症の治療 (ACL再建とHTOの同時手術). Monthly book orthopaedics. 2013 ; 26 (4) : 61-66.
- 7) 齋藤泉, 齋藤知行：高位脛骨骨切り術後のリハビリテーション. Monthly book medical rehabilitation. 2009 ; 105 : 45-50.
- 8) 熊谷研, 齋藤知行・他：変形性膝関節症に対する骨切り術①-総論-. 関節外科. 2016 ; 35 (3) : 280-287.
- 9) 齋藤知行, 荒武正人：高位脛骨骨切り術術後のリハビリテーション. 臨床スポーツ医学. 2007 ; 24 (6) : 695-702.
- 10) 楊昌憲, 長嶺隆二・他：高位脛骨骨切り術における下肢深部静脈血栓症への検討. 整形外科と災害外科. 2015 ; 64 (3) : 462-464.
- 11) 小林秀郎, 赤松泰・他：高位脛骨骨切り術術周術期における静脈血栓塞栓症の発症, およびエドキサバントシル酢塩水和物の有用性について. 東日本整形災害外科学会雑誌. 2014 ; 26 (1) : 70-74.
- 12) 肺血栓塞栓症および深部静脈血栓症の診断, 治療, 予防に関するガイドライン(2009年改訂版). http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS2009_andoh_h.pdf (2017年10月20日引用)
- 13) 刈谷友洋, 五味徳之：Opening wedge-HTOのリハビリテーション. 四国理学療法士会学会誌. 2009 ; 31 : 38-39.
- 14) 齋藤知行, 山田広志：高位脛骨骨切り術前後のリハビリテーション. リハビリテーション医学. 2005 ; 42 (4) : 247-251.