

V. 研究成果の刊行物・別冊

肥満の視点で考える

古賀良生, 大森 豪, 山際浩史

Key words : 膝関節症, 悪化要因, 肥満

変形性膝関節症(以下, 膝 OA)の治療にあたっては, その発生頻度, 自然経過を踏まえた悪化要因の関連を検討することが重要で, 高齢化社会の中で, 世界各地で疫学的検討が行われている。筆者は膝 OA の疫学調査を新潟県十日町市(旧東頸城郡松代町)で 28 年間にわたって行い, X 線結果と疼痛, 関節水症, 肥満をはじめ, 内反変形や筋力そして骨粗鬆症などとの関連について検討した。その結果から推察される膝 OA の進行様式について, 悪化要因としての特に肥満についての検討結果を内外の報告も加え説明する。

I. 疫学的検討¹⁾

1. 調査対象

第 1 回の検診を 1979 年に 40~65 歳の松代町夏期住民検診対象者に対して行い, その後 2000 年まで対象年齢を 7 歳ずつ増やして行った。2007 年の第 5 回は 20 歳以上の住民に対して行った。4 回までの全検診参加者は 2,199 名に及び, 毎回 1,200 名(対象住民の 70%)以上の参加を得た。女性 452 名は 4 回全ての検診を受けていた。

2. 調査方法

検診方法は膝痛や水症穿刺の既往などに関する問診, 立位の下肢アライメントや脊柱変形, 歩容, 腫脹, 圧痛の有無などの視触診, 身長, 体重, 膝関節自他動運動, 股関節内外旋角度可動域などの計測に加え全例に立位両膝正面の X 線撮影を行った。X 線は Kellgren-Lawrence 分類に準じた関節裂隙狭小化による grade 0 からの 5 段階評

価を行った。画像をデジタル化した後, FTA (femoro-tibial angle, 膝外側角)や関節裂隙幅, 骨皮質幅などをデジタルサイズ計測した。

3. 結果

1) X 線評価による膝 OA の頻度・性差

過去 5 回の調査の grade II 以上の頻度を 5 歳ごとの年齢群別に示す(図 1, 3)。男女とも 70 歳を超えて指数関数的に頻度が増加し, 女性の 80 歳以上では 70%を超えた。また, 第 1 回検診の 40~45 歳の群のみで男性の頻度が女性より高かった。このことは若年発症例に外傷性の要因が多く, これが男性に顕著であることを示す。そしてどの報告にもない 80 歳代の頻度を示し, 高齢化で膝 OA が急増する傾向を明確に示した。

2) 悪化要因について

悪化要因については, 問診結果から疼痛を持つものや関節水症の既往を持つものが, 特に若年において膝 OA 進行に関連し, 炎症の強さが悪化要因であることが考えられた。生活習慣でよく問題とされる正座や喫煙習慣は進行との関連を認めなかった。内反変形(O脚)は進行に伴って内反変形が進むことは明らかである。素因として O 脚の影響は縦断的検討で著明に進行した群と不変群に, 21 年前の内反度初めて推計学的有意差を認めた。内反膝が膝 OA の素因であることを証明できたが, その要素が明確になるには長期間の荷重状態の影響により明らかになることを示している。膝伸展筋力も悪化に伴い低下を認め, 縦断的にも筋力低下と進行に関連が示唆された。また,

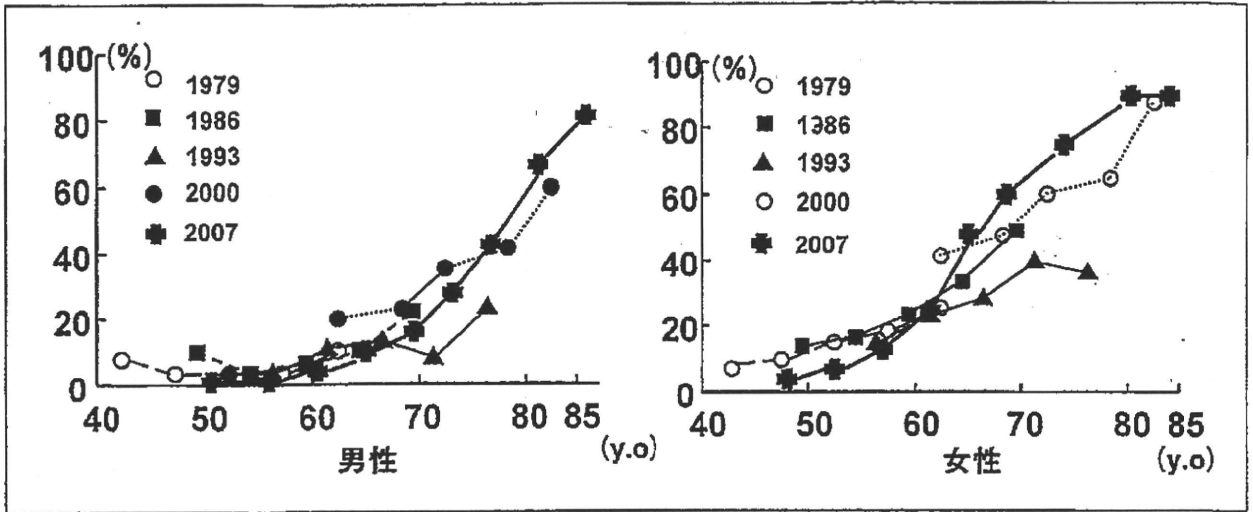


図1. 第1~5検診の5歳毎の grade II以上の発生率

歩容の観察で立脚歩行初期の膝 OA の異常歩行 lateral thrust(横ブレ)は女性に多く、進行に伴い増加する。この thrust は膝内反度や股関節内旋の制限、外旋歩行と関連していた。これら一連の測定結果は、変形性関節症の進行に伴い膝においては伸展制限や内反を生じ、歩行時では足部は外旋し、股関節では内旋の制限をきたしてたとまとめられる。また、膝の伸展筋力の低下と関連し、関節の不安定性とともに thrust を生ずる一連した加齢に伴う変化が膝 OA の進行に関与していた。骨粗鬆症との関連では、踵骨骨塩量は膝 OA とは逆に肥満のものに骨量が多い傾向を認めた。年齢の要素を除外すると骨塩量と膝 OA には有意な関連は認めなかった。しかし円背の観察では膝 OA の進行とともに円背の程度も進んでいた。閉経年齢については膝 OA の進行度との関連はなかった。骨皮質幅の測定で、脛骨において女性のみ内側の骨皮質の増大が進行とともに有意に増加し、内反度との関係でも、内反が内側の骨皮質幅の増加に関連することがわかった。第1回と第4回 X 線計測値を縦断的に検討し、FTA とともに骨皮質幅と脛骨傾斜角においても同様に素因としての有意差を認めた。

これらから、膝 OA において脛骨傾斜や膝内反といった構造的素因は早期から影響を与え、骨皮

質幅の増加といった反応が生じていることを示している。古くから膝 OA の危険因子として加齢、女性、肥満、内反変形が挙げられてきた。女性に多い原因として関節の動揺性や筋力が関係し、歩行時の thrust や外旋歩行や股関節の内旋制限といった下肢全体の構造的な破綻が生じていることが、それが運動や動的な変化につながっていることが明らかとなった。

3) 肥満との関連

a) 横断的検討：肥満との関連を横断的に検討したところ(図2)、4回目の性別 grade 別の肥満度を body mass index(BMI)でみてその進行度との関連をみると、女性において著明に grade の進行と肥満との関連がわかる。これは過去の3回の検討でも同様の傾向であった。

これを身長と体重について年齢でみたところ(図3)、70歳以上で女性において著明な低身長化を認め、体重も減少するが有意な変化ではない。肥満度を BMI で評価することが一般的であるが、BMI が身長の係数であることから、高齢化に伴うこの低身長化の影響を考慮する必要がある。除脂肪体重などの変化からも肥満が悪化因子であることは明確(図4)であるが、BMI を高齢者において検討する際に注意が必要と考えられる。

b) 縦断的検討：肥満との関連を縦断的に検討

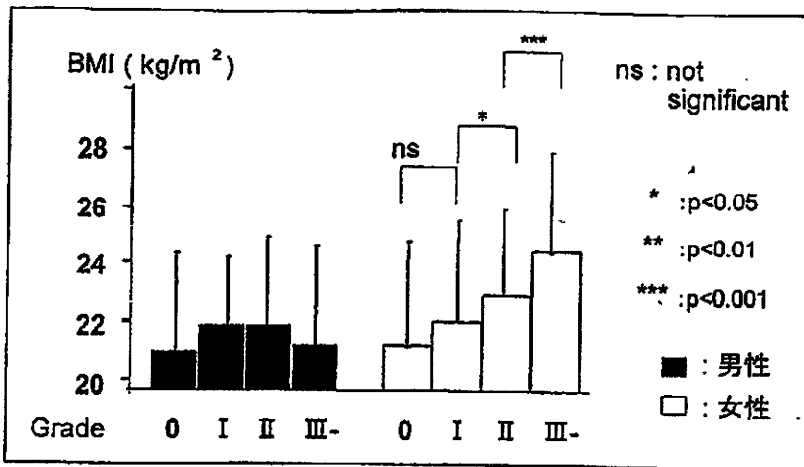


図2. 性別 grade 別肥満度 (BMI) (第4回検診)

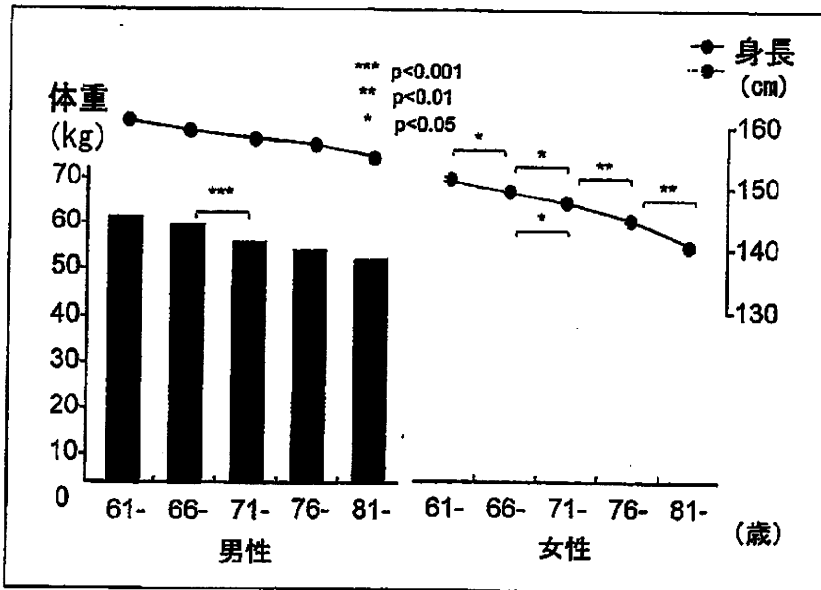


図3. 年齢別, 身長, 体重

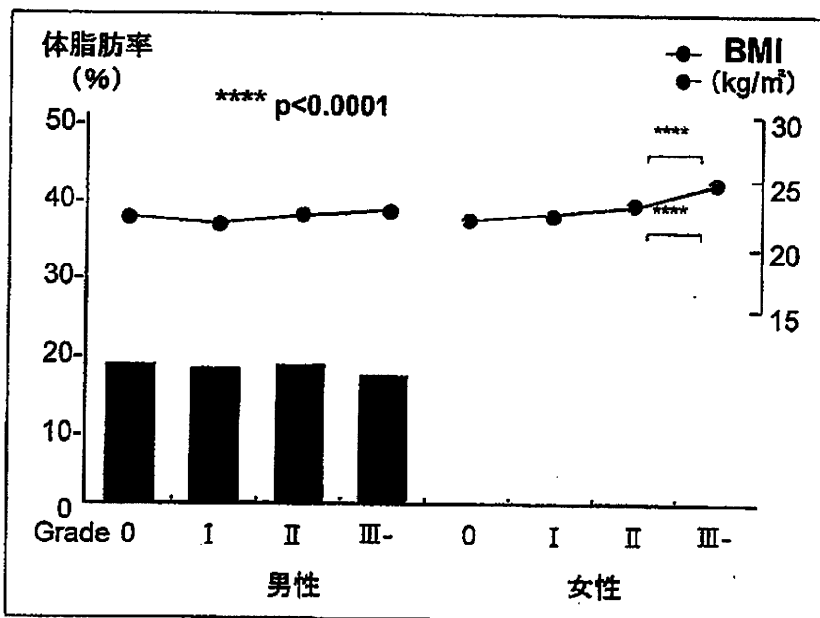


図4. Grade 別体脂肪率とBMI

| 初回 grade 0, I (1979年) の 21 年後の悪化率と肥満度 | |
|---------------------------------------|--|
| 平均BMI (2000年) | 悪化群: 23.2 不変群: 22.1 (** : P < 0.01) |
| 1979年BMIの 2000年悪化率 | >22 66% <22 34% (** : P < 0.01) |
| 1979年BMI > 22 の肥満者の 2000年悪化率 | >22 (肥満) 70% <22 (減量) 48% (* : P < 0.05) |

図 5. 肥満について初回 grade 0, I の縦断検討結果

したところ(図 5)。肥満について初回 grade 0, I の者について、21 年間に悪化した者と変化しなかった者では、肥満であるほうが悪化すると言える。

21 年前の時点で BMI 22 以上の肥満であった者、そうでない者との進行率の比較で肥満の悪化率が有意に高い。若年での肥満はその後の膝への影響を示している。

そして、21 年前の肥満であった者がその後やせた者と、肥満のままであった者とを比較した。肥満のままの者が有意に進行している。減量の進行防止への効果を示すものである。

c) 多重ロジスティック解析による分析：過去の報告における膝 OA の主な疫学要因として加齢、女性、肥満などについて検討したところ、これらの要因は多くが加齢に伴う変化であり、その影響の強さについては多変量解析などの推計学的検討が必要である。多重ロジスティック解析で、膝 OA のオッズ比から、加齢や性別、thrust の有無、関節水症の既往や内反変形の順で影響が強い(表 1)。

性別の要素が強いことから男女別にみると、年齢の次に肥満までの要素として男性では関節水症の既往と thrust の有無、女性では内反に thrust の有無の順で進行要因に性差があることがわかる(表 2)。

表 1. 多重ロジスティック解析による疫学要因

| Grade II 以上の膝 OA | | |
|-----------------------------------|----------------|-------|
| 性別, 年齢, 関節水症の既往, BMI, Thrust, FTA | | |
| | | オッズ比 |
| 年齢 | 60代に対し70代 | 1.91 |
| | 80代 | 5.86 |
| 性別 | 男性に対し女性 | 2.526 |
| Thrust | なしに対しあり | 2.316 |
| 関節水症 | 既往なしに対しあり | 2.222 |
| BMI | 中央値から低い群に対し高い群 | 2.039 |
| FTA | 中央値から低い群に対し高い群 | 1.998 |

表 2. 多重ロジスティック解析による疫学要因・性別での検討

| (膝 OA Grade II 以上の出現に対し) | | | |
|-------------------------------|-------|---------|-------|
| 年齢, 関節水症の既往, BMI, Thrust, FTA | | | |
| (男性) | オッズ比 | (女性) | オッズ比 |
| 年齢 70歳代 | 2.279 | 年齢 70歳代 | 1.701 |
| | 80歳代 | 80歳代 | 5.631 |
| 関節水症 | 3.253 | FTA | 2.436 |
| Thrust | 2.237 | Thrust | 2.148 |
| BMI | 2.173 | BMI | 1.948 |
| FTA | 1.643 | 関節水症 | 1.849 |

II. 膝 OA と肥満—内外の報告²⁾

内外の報告でも肥満と膝 OA との有意な関連を示すものは多い。英国 Lawrence の調査では、膝 OA のうち男性で 22%、女性で 39% に肥満が認められたとしている³⁾。米国 NHANES-I では肥満の程度を BMI (体重(kg)/身長(m)²) で示し、肥満を BMI が 30 より大きいと定義した場合、女性では 3.8 倍、男性では 4.7 倍と男性の方が膝 OA の相対危険度が増加すると報告した⁴⁾。また、NHANES-I では、膝 OA における膝痛の有無で BMI に差がないことから肥満は膝 OA による結果ではなく risk factor の可能性が高いこと、さらに肥満者では両側性の膝 OA が片側性に比べて有意に多いことも報告している⁵⁾⁶⁾。

同じ米国の Framingham study でも BMI と膝 OA の発生率には有意な相関を認めているが、NHANES-I と異なり、女性でより強い相関関係がみられたとしている⁷⁾。さらに若い時期の肥満が膝 OA の潜在的な危険因子であることや減量が膝 OA の進行を防ぐ因子であることも報告している⁸⁾。オランダの Zoetemeer study では、BMI が 25 以下で 1.6 倍、25 以上で 3.8 倍に危険度が増すとしている⁹⁾。英国の Chingford study では、初回調査で肥満であった女性の 47% に 6 年後に膝 OA が発生したのに対して肥満でない女性での発生率は僅か 10% であったとしている¹⁰⁾。

我が国においては、中条¹¹⁾や末松¹²⁾らは膝 OA と肥満との間に有意な関係は認めるに至らなかったとしているが、前述した松代膝検診¹³⁾¹⁴⁾や須藤¹⁵⁾、吉村ら¹⁶⁾の調査では BMI と膝 OA の有意な相関関係が報告されている。

また、肥満が膝 OA に影響するメカニズムとして、次項に述べる高脂血症、高血圧、血糖値などの代謝性疾患による作用と下肢のアライメントや関節の不安定性、筋力などとの関連で膝にかかる機械的負荷による作用の 2 つが考えられる。これまでの研究では、代謝性疾患による作用は少なく、むしろ機械的負荷による作用が大きいとする報告が多い。

Ⅲ. 肥満と膝 OA の機械的負荷¹⁷⁾

疫学調査で膝 OA が膝の軟骨退行変性が、下肢全体の構築学的な変化を基に力学的要因で進行していることが判明した。その力学的な機序を検討する上で運動解析が有力な研究手段である。過去の研究で膝 OA の異常運動は screw home 運動の波綻と歩行立脚初期の lateral thrust が特徴的で、いずれも伸展域近くの波綻で荷重時の関節適合性との関連が問題とされている。膝関節 3 次元運動の解析結果について疫学要因との関連で進行過程を検討した。

1. 方法—3 次元膝関節運動解析法

6 自由度電気角度計の測定値を、デジタル X 線

(FCR) による 2 方向撮影で解剖学的な座標系の変化として評価した。X 線情報はコンピューターに呼び込み、電気角度計の位置と方向、つぎに大腿骨・脛骨の座標系を設定する。これにより電気角度計の運動変化は大腿骨と脛骨の解剖学的座標系の変化として表示される。

2. 結果

1) 膝 OA の異常運動パターン

a) screw home 運動の波綻：健常膝では屈曲 30° から最終伸展まで脛骨の外旋 (screw home 運動) が確認できる。この運動は健常と grade I までの 90% 以上に認めた。膝 OA の進行に伴い内旋を呈する例が多くなる。

b) 歩容 (double knee action の消失と lateral thrust の出現)：歩行解析により、膝 OA では立脚期の膝屈曲角の減少 (double knee action の消失) と、立脚歩行初期において lateral thrust を急激な内反として認められる。

2) 歩行立脚初期の脛骨回旋中心

歩行の立脚初期の 2 つの屈曲位から脛骨関節面の回旋中心を推定した。回旋中心は外側にあるものが多く、外旋を生じたものは高度で増加した。

3) 人工関節の術前運動と軟骨欠損の位置と大きさとの関連

人工関節の手術時摘出脛骨関節面を軟骨欠損の範囲と術前運動解析の結果と比較した。術前全例が歩行時の立脚初期に thrust を認めた。その脛骨回旋中心の移動で外旋を多く認めたが、軟骨欠損面の広がりには比例して回旋しない例が増加していた。

3. 運動解析から見た膝 OA の進行過程と疫学要因との関連

運動解析で健常者を含め立脚初期は内反で、その際の脛骨関節面の回旋中心が外側であった。このことは大腿・脛骨軟骨間の剪断力が内側で大きいことを示し、内側の軟骨摩耗から内反変形を生ずる要因となると考えられる。

回旋中心が進行にともない外側を前方へ移動し外旋を生ずるものが増加した。回旋が変化するこ

とは関節面形状の変化の影響で、前方への移動は double knee action の消失で明らかなように膝 OA による歩行立脚期の膝屈曲角の減少が影響していると考えられる。

人工関節の術前のような終末像で関節面欠損の拡大にともない内反要素のみ残存し回旋要素が消失した。これらは運動破綻と適合性変化が関連して進行していることを示している。

荷重・非荷重での内反の変化は女性に大きかった。疫学調査の初期膝 OA の X 線上の内側関節裂隙の狭小化が外側関節裂隙の拡大をとまうことが示されたように、初期における関節適合性の変化が生じているため、初期膝 OA 変化における関節弛緩性と筋力の低下の関与が考えられた。その運動破綻の一つとして疫学調査で進行と関連した lateral thrust が注目され、これは内反変形で増強し軟骨破壊へ至る機序が推察される。

以上のように、これら運動解析結果は疫学要因として女性に有意であった肥満、内反変形、関節弛緩性や筋力の弱さ、lateral thrust と膝 OA の進展過程の関連を示している。軟骨破壊が運動による関節間での剪断力によるとすれば、力は加速度と質量の積とするニュートンの力学の第 2 法則による関連で理解ができる。すなわち、関節軟骨の破壊(膝 OA の進展)は異常運動(lateral thrust)と体重が大きく係わる。

IV. 治療上の問題・減量¹⁸⁾

1. 危険因子としての肥満

肥満は膝 OA の進行における明らかな危険因子で、その最大の理由は膝への過負荷であることは疑いない。カナダにおいては、下肢人工関節置換術(TKA)を受けた患者の肥満者の比率は一般人口の 2 倍であったとされ、TKA の成績にとって、中等度の肥満は短期的には問題ないが、BMI が 30 以上である場合にマイナス要因になる¹⁹⁾という報告もあり、単なるリスクファクターのみならず、治療上も問題となる。

近年、肥満を生活習慣病としての観点から、膝

OA の危険因子とされている。なかでも、脂肪細胞から分泌され、食欲の抑制やエネルギー代謝の増大を介して体脂肪量の調節、飢餓への適応をつかさどるホルモンであるレプチンが、脂質代謝・肥満の観点から注目を集めている。肥満を伴う膝 OA 患者に対する食事指導による減量や、減量と運動療法の組み合わせにより、血清中のレプチンが低下しうることが示された²⁰⁾。肥満症患者に減量治療を行うと、まず初めに内臓脂肪が減少し、逆に太りはじめると内臓脂肪の蓄積が初めに観察される。減量によりレプチンが低下すること、さらには身体機能と症状の改善が認められたことより、減量は単なる力学的負荷を減少させるだけでなく、膝 OA の自然経過にも影響を与える可能性もあると考えられる。

2. 減量の効果の検証

減量は、関節にかかる力学的負荷を軽減することができ、重要な保存的治療のひとつである。日常診療でも減量により膝痛が減少することを経験されるが、その科学的検証は難しい。中年以降の患者においては、減量は簡単ではなく、それを勧めるにはそれなりの証明がなければ難しい。戸田²¹⁾は、BMI 26.4 以上の肥満女性の膝 OA 患者を対象に各種保存療法を 8 週間行い、その治療成績を体重に対する下肢筋肉量の割合(下肢筋率)と Lequesne の重症度指数の変化で比較した。減量療法は 1 日 1 回食欲抑制剤を内服し、朝食と昼食の代わりに低カロリー高栄養価スープを摂取させた。重症度指数と下肢筋率は、筋力訓練群がコントロール群に比し、また減量訓練群が減量単独群に比し有意に改善し、減量と筋力訓練を併用した群が最もよかったと報告している。また、減量単独では、下肢筋肉量が減少して、体重に対する下肢筋力量(下肢筋肉率)はコントロール群とは有意な差は認めなかった。また、米国の報告(Arthritis, Diet, and Activity Program Trial : ADAPT)でも、18 か月の減量と運動療法の併用により、WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) function score が

意に改善²⁾したが、減量単独では有意ではなく、
 節裂隙の狭小化については有意差がなかったと
 している。これらのことより、膝に対する単純な
 重負荷だけを考えるならば減量単独でも効果は
 るかもしれないが、周囲筋の萎縮が同時に起こ
 のであれば、減量による効果はマイナスとなる
 能性もあり、同時に筋力訓練、特に大腿四頭筋
 訓練はぜひ併用することが重要である。

減量の効果の継続性

減量の効果がどのくらい継続するかは、難しい
 を含んでいる。戸田ら²³⁾²⁴⁾は、6週間の運動や
 歩の減量療法プログラムに参加した膝 OA 患
 り1年後の治療継続率と症状軽快持続度につい
 て検討した。1年後の治療継続率は全体で60%以
 上であり、特に減量単独群では31%にとどまって
 る。また、全体でみると30%以上に治療前に比
 して症状の悪化がみられたが、減量単独では約
 5%に症状の悪化がみられた。治療継続率と症状
 の持続の間には統計学的に有意な相関が示され
 るため、治療継続が大切で、ゲーム性を持たせる、
 習慣の是正、連帯意識を持たせるなどが有効
 と提案している。

栄養指導の問題点

栄養指導について、医師が行うのは時間的制約
 があり、実際的ではない。外来患者に対する大腿
 筋訓練と合わせて効果を検討した筆者らの経
 験は、医師の外来診察中の説明と指導では、減
 量を認めず、かえって平均体重が増加し、栄
 養による栄養調査と食事指導を行った例では全
 減量効果を認め²⁵⁾、栄養士の関与が重要であ
 る重要な点として膝 OA に対する減量は、食事
 単独ではなく、原則として下肢筋力訓練を併
 行する。

状

古賀良生：疫学調査による変形性膝関節症の病
 態。古賀良生編。変形性膝関節症 病態と保存
 療法。44-68, 南江堂, 2008。

- 2) 大森 豪：変形性膝関節症の疫学要因。古賀良生
 編。変形性膝関節症 病態と保存療法。69-87,
 南江堂, 2008。
- 3) Lawrence JS, Bremner JM, Brief F: Osteo-
 arthrosis. Prevalence in the population and
 relationship between symptoms and X-ray
 changes. Ann Rheum Dis, 17: 388-396, 1958.
- 4) Davis MA, Ettinger WH, Neuhaus JM, et al: Sex
 differences in osteoarthritis of the knee; The role
 of obesity. Am J Epidemiol, 127: 1019-1030, 1988.
- 5) Davis MA, Ettinger WH, Neuhaus JM, et al: The
 association of knee injury and obesity with
 unilateral and bilateral osteoarthritis of the knee.
 Am J Epidemiol, 130: 278-288, 1989.
- 6) Davis MA, Ettinger WH, Neuhaus JM, et al:
 Obesity and osteoarthritis of the knee; evidence
 from the National Health and Nutrition Examina-
 tion Survey (NHANES-I). Semin Arthritis
 Rheum, 20: 34-41, 1990.
- 7) Felson DT, Anderson JJ, Naimark A, et al:
 Obesity and knee osteoarthritis; The Framing-
 ham study. Ann Intern Med, 109: 18-24, 1988.
- 8) Felson DT: The epidemiology of knee osteoar-
 thritis; Results from the Framingham osteoar-
 thritis study. Semin Arthritis Rheum, 20: 42-50,
 1990.
- 9) Schouten JSAG, van den Ouweland FA, Valken-
 burg HA: A 12 year follow up study in the
 general population on prognostic factors of
 cartilage loss in osteoarthritis of the knee. Ann
 Rheum Dis, 51: 932-937, 1992.
- 10) Hart DJ, Doyle DV, Spector TD, et al: Incidence
 and risk factors for radiographic knee osteoar-
 thritis middle-aged women; the Chingford
 Study. J Rheumatol, 42: 17-24, 1999.
- 11) 中条 仁, 遠藤博之, 小坂志朗ほか：東北地方に
 おける変形性膝関節症の疫学。東北整災誌, 10:
 23-27, 1966。
- 12) 末松典明, 小野沢敏弘, 鈴木伸治ほか：変形性膝
 関節症の疫学的考察—農林業従事者の集団検診
 結果から。整・災外, 29: 343-346, 1986。
- 13) 古賀良生, 玉木満智雄：疫学。小林 晶編。変形
 性膝関節症。pp8-12, 南江堂, 第1版, 1992。
- 14) 大森 豪, 古賀良生, 瀬川博之ほか：変形性膝関
 節症に対する21年間の疫学的縦断調査—松代検

15. 脛骨プラトー骨折 に対する手術手技とコツ

新潟大学地域研究機構教授

大森 豪

新潟市立市内病院整形外科医長

日向野 行正

1 術前画像評価

本術式の特徴は、関節鏡視下に陥没部を最小限の侵襲で持ち上げて整復し、骨移植を行わずに内固定を行うことである。

この手術の良い適応は、split compression typeで関節面の粉碎が強くなく、陥没が最大15mm程度の症例であるため、術前に単純X線やMRI、CTなどを用いて骨折部の画像評価を十分に行う必要がある(図1)。また、合併する半月板・軟骨・靭帯損傷の評価にも画像検査は必須である。

2 手術体位・器具

体位は仰臥位とし専用のホルダーを用いて患肢を固定する(図2)。専用ホルダーの使用により下肢は下垂され、膝関節腔が開大し、またX線透視装置の設置を含めたワーキングスペースが十分に確保される。

脛骨プラトー骨折は関節内骨折のため関節内に貯留した血腫や骨からの出血が多く、良好な視野を得ることが困難な場合も多い。そのため、関節鏡専用の灌流ポンプや電動シェーバー、鏡視下用電気メス(radio frequency: RF)を準備することが望ましい。

また、陥没部は関節面後方のみならず前方部にも及んでいるため、関節鏡スコープも汎用される30°、45°の斜視鏡に加えて75°のタイプも準備したほうがよい。

3 膝関節内の評価と合併損傷の処置

関節鏡を挿入後、膝蓋大腿関節から始めて内側脛骨大腿関節、顆間部、外側脛骨大腿関節の順で評価を行う。骨折部(多くは外側プラトー)は明確な骨折線と段差を伴っていることが多いが、関節軟骨表面の凹凸のみが認められる場合もあるため、プローブによる触診や術前のCT、MRI所見および術中のX線透視装置を用いて陥没部の確認を行う必要がある。

Pitfall

◎骨折部の評価不足

本術式の良い適応であるsplit compression typeでは陥没部および割裂部が辺縁部に及ぶため、通常関節面の観察では骨折部が正確に把握されないことがある。

◎予防と対策

プローブにて半月板の下部をめくって、脛骨関節面の辺縁部を慎重に確認する。また、この操作により半月板の辺縁部損傷の程度も正確に評価することが可能となる。

合併損傷には、半月板損傷(外側が多い)、脛骨顆間隆起(前十字靭帯脛骨付着部)骨折、前十字靭帯(ACL)断裂、関節軟骨損傷などがあり、損傷状態を慎重に評価する。

これらの合併損傷のうち、半月板損傷と脛骨顆間隆起骨折は脛骨プラトー骨折の整復操作前に処置を行うが、ACL損傷は2次的に再建術を行う¹⁾。

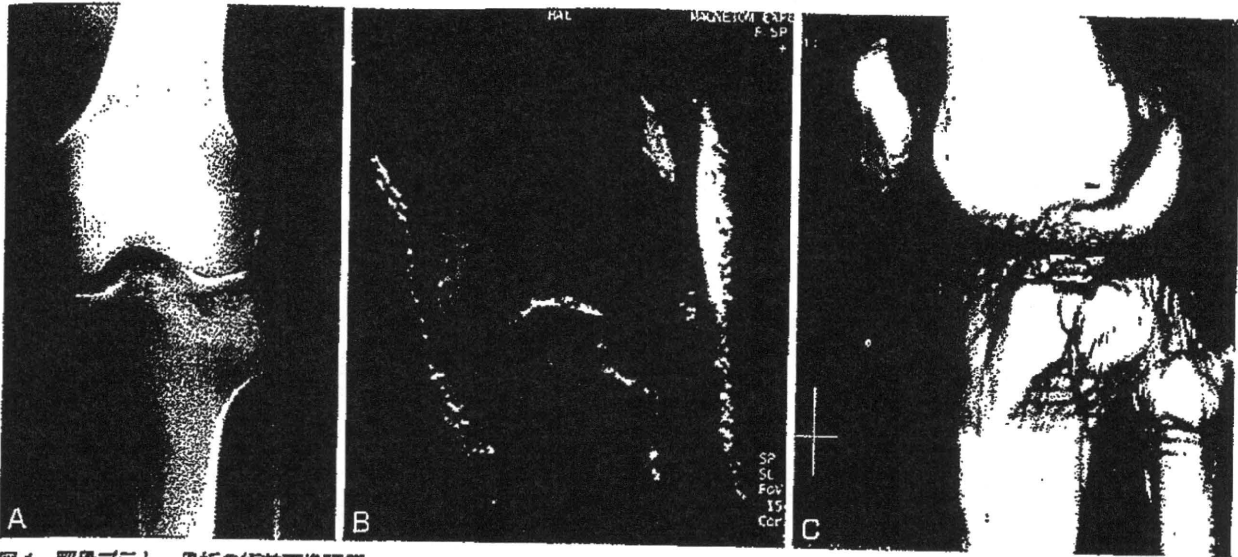


図1 脛骨プラトー骨折の術前画像評価
A:単純X線, B:MRI, C:3D-CT



図2 手術時の体位
A:専用のホルダーによる患肢の固定と下垂, B:X線透視装置の設置位置

● ACL 損傷合併例での arthrofibrosis の発生

ACL 損傷合併例では1次的に靭帯再建術を行うと術後の arthrofibrosis により関節拘縮を起こす危険性がある。

● 予防と対策

ACL 再建術は、骨折治療後に可動域が回復した時点で関節不安定性が存在した場合に、2次的再建の適応を検討する。

4 骨折部の整復と固定

鏡視下に骨折部の位置と陥没の程度を評価した後、X線透視下に膝関節前方もしくは前外側(内側プラトーの場合は前内側)から4~5mm径の鋼線を刺入し、陥没部を持ち上げて整復する(図3)。

陥没部が整復されたことを鏡視下およびX線透視下に確認後、外側(内側プラトーの場合は内側)から6.5mm径のcannulated cancellous screwを2本ないしは3本で固定する(図4)。

骨移植は自家骨、人工骨を含めて一切行わない²⁾。

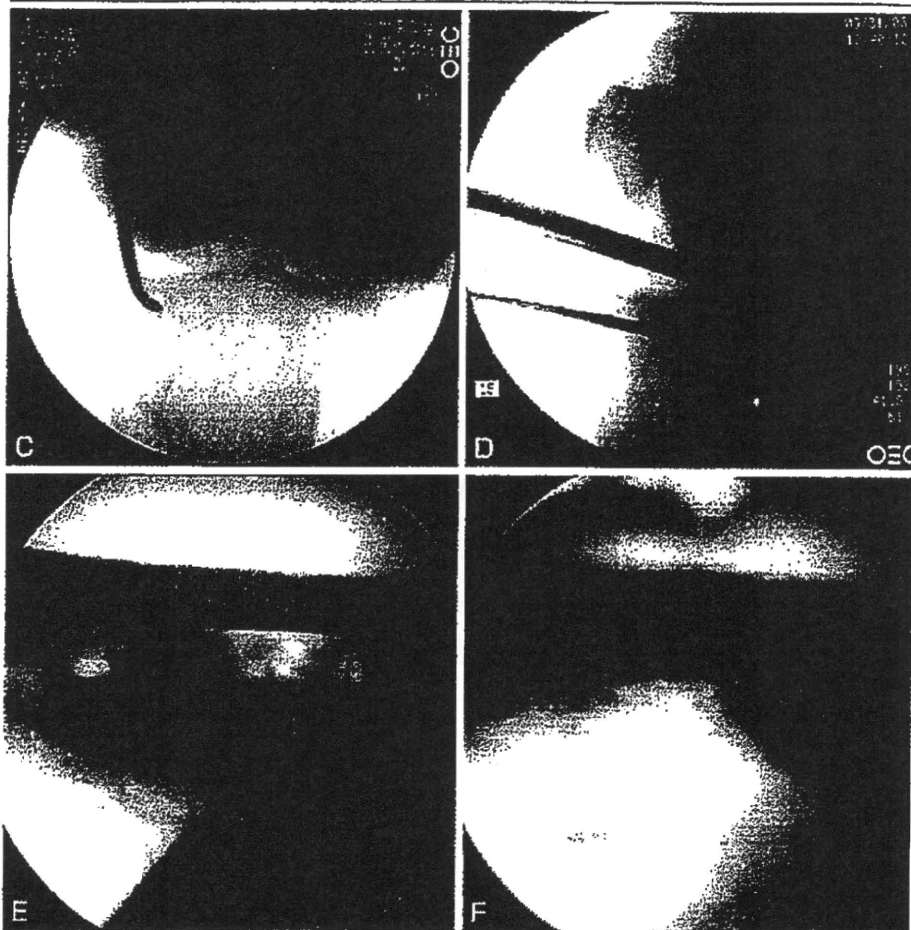
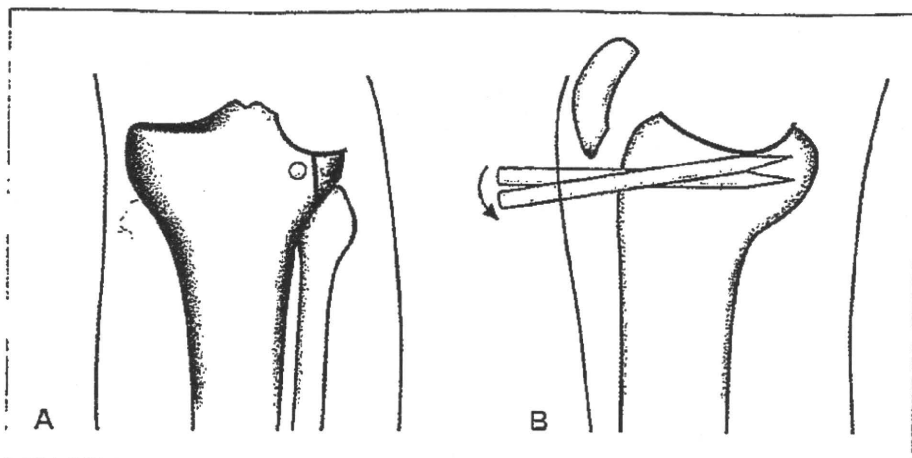


図3 陥没部の整復

- A, B: 骨折側の前方から4~5mm径の鋼線を刺し、愛護的に陥没部を持ち上げて整復する(A: 正面像, B: 側面像).
- C, D: X線透視装置による整復用鋼線位置の確認(C: 正面像, D: 側面像).
- E, F: 関節鏡による陥没部整復の確認(E: 整復前, F: 整復後).

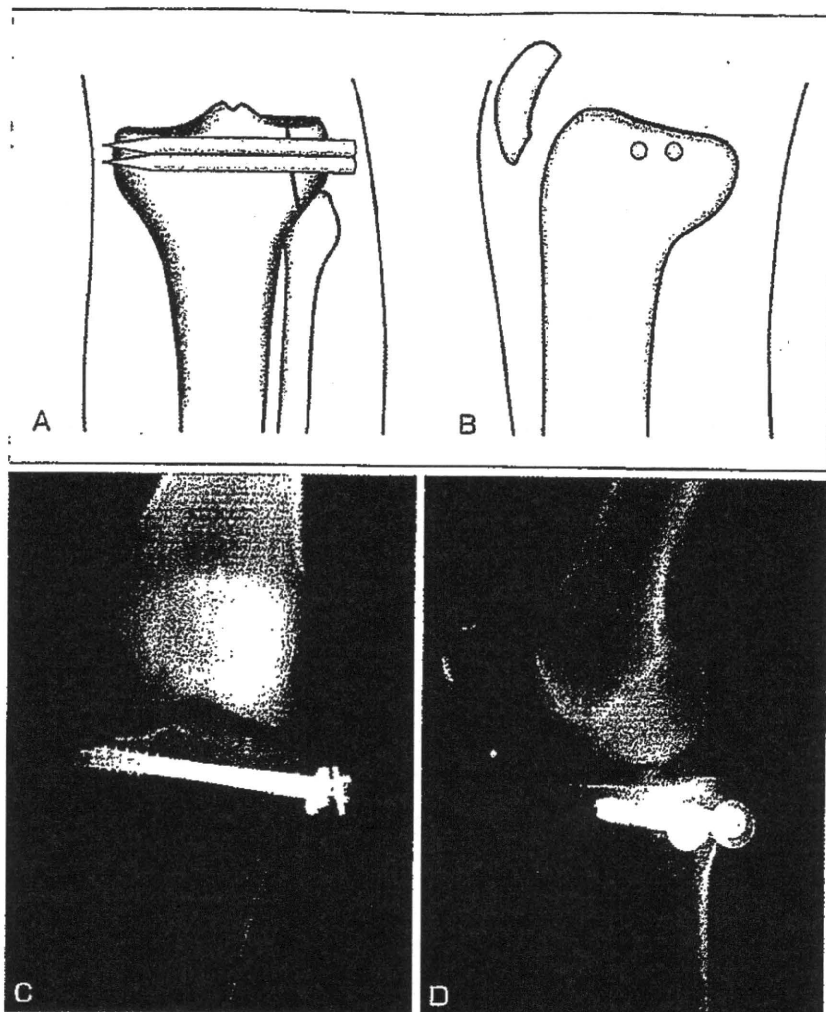
Pitfall

● 陥没部の持ち上げ不足と間隙の発生

本術式では、陥没部を持ち上げて整復する操作を慎重に行わないと整復が不十分となったり、持ち上げた部分に隙間が大きく形成される。

予防と対策

整復には5~6mm径の太い鋼線を用い、陥没部の中央直下に刺入する。陥没部の持ち上げは、愛護的に行い、なるべく陥没部を一塊として持ち上げることで、隙間の形成を最小にする。



14 修復後の内固定

- A, B: 持ち上げた陥没部を維持しながら、外側から6.5mm径のcannulated cancellous screwを刺入したところ(A:正面像, B:側面像)。
 C, D: 固定後の単純X線。

5 後療法

術後は、外固定は行わず直ちに continuous passive motion (CPM) を用いた可動域訓練を開始する。荷重は術後4~6週で部分荷重を開始し、8~10週で全荷重を許可する。高齢者で抜釘を希望しない場合を除き、術後1年以降に抜釘と関節鏡による評価を予定する。

Pitfall

早期荷重による術後再陥没の発生

本手術後早期から荷重を開始すると、術後再陥没の発生リスクが危険性がある。

予防と対策

本術式は陥没部を骨移植を行わずに修復固定する利点があるが、固定性は決して強固ではないため、術後早期からの荷重は再陥没の危険性があることを認識しなければならない。自験例では術後4週まで免荷を行うことで再陥没例は生じていない。

6 脛骨プラトー骨折に対する他の関節鏡視下手術法

脛骨プラトー骨折に対する関節鏡の応用は、陥没や離開した脛骨関節面の修復操作および修復状態の確認が主体であり、関節内を直接観察できることと関節切開に比べて低侵襲性であることが最大の利点である³⁾。

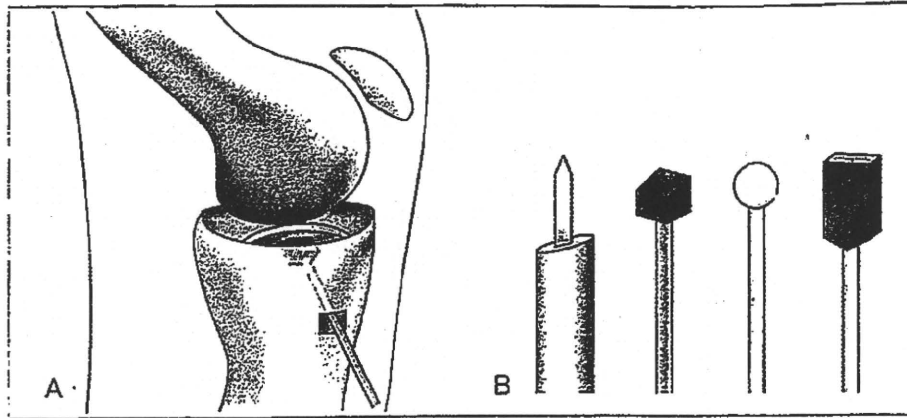


図5 他の報告による陥没部の持ち上げ操作と修復用器具
 A: 小さな開窓部より修復器具を挿入して、陥没部を持ち上げる。
 B: 種々の持ち上げ用修復器具。

そのため、本骨折手術への関節鏡の導入が進むにつれて従来脛骨前面部を book-open 法や開窓法で展開して行っていた陥没部の修復も低侵襲化し、近年、開窓部を小さくして陥没部を修復する方法や器具も考案されている^{4~6)}(図5)。

しかし、これらの器具を用いた場合でも、陥没部を持ち上げて生じた間隙にはやはり自家骨や人工骨を用いた骨移植が必要となる。

【文献】

1) 王寺享弘: 脛骨プラトー骨折に対する関節鏡を応用した骨接合術. 整・災外 51: 767-774, 2008.

2) 大森 豪, 日向野行正ほか: 脛骨プラトー骨折に対する骨移植を用いない鏡視下骨接合術. 整・災外 51: 775-781, 2008.
 3) Fowble CD, Zimmer JW et al: The role of arthroscopy in the assessment and treatment of tibial plateau fractures. Arthroscopy 9: 584-590, 1993.
 4) 本庄宏司, 本田圭祐ほか: 脛骨プラトー骨折に対する鏡視下修復術—cannulated impacterを用いて. 関節鏡 27: 53-59, 2002.
 5) 石川大樹, 栗山節郎ほか: 先端が球形の打ち込み棒を利用した脛骨高原骨折鏡視下修復固定術. 関節鏡 25: 245-248, 2000.
 6) 中田 研: 脛骨近位端骨折の手術治療—鏡視下法. MB Orthop 16: 35-42, 2003.

Advance

15. 膝関節拘縮 に対する手術適応と術式

新潟大学超域研究機構教授
大森 豪

▶はじめに

関節拘縮は、関節包や周囲軟部組織の柔軟性が低下し、関節可動域の減少および安定性に影響を及ぼす病態である。膝関節拘縮の原因は多岐にわたっているが、大別すると関節内、関節外および両者の混在に区別される(表1)。このうち関節内の要素に対しては、近年の関節鏡手術の進歩とともに鏡視下授動術が普及している。

関節鏡視下授動術は低侵襲の手術法として魅力的ではあるが、適応を厳密にしたうえで、安全かつ確実に行わなければ期待した効果が得られないばかりか、逆に合併症によって症状の悪化を招く危険性もある。

I 関節鏡視下授動術の適応¹⁾

関節鏡視下授動術で良好な結果を得るには適応を厳密にすることが不可欠であり、そのためには関節拘縮に直結する関節内病変を的確に把握する必要がある。

▶問診

膝関節内の病態を理解するうえで病歴の聴取は重要であり、

- 1) 関節拘縮の原因疾患
- 2) 過去の治療内容
- 3) 関節拘縮発生

からの経過期間について情報を得る。

①膝関節拘縮の原因疾患

膝関節拘縮の原因となる疾患は、骨・軟骨骨折や十字靭帯損傷、半月板損傷といった関節内の外傷が

表1 膝関節拘縮の原因

| |
|---|
| 1. 先天性拘縮 |
| 1) 多発性関節拘縮 |
| 2) 先天性大腿四頭筋拘縮症 |
| 3) 強皮症 |
| 4) Inelrorheostosis |
| 2. 後天性拘縮 |
| 1) 皮膚性：火傷や外傷による皮膚の癒痕化 |
| 2) 筋性：外傷や炎症による筋の線維化、短縮、伸展性低下 |
| 3) 関節性：膝関節内に主原因が存在するもの |
| ①変性：変形性膝関節症による軟骨や半月板の変性による適合性低下やロッキングなど |
| ②外傷性：骨折や靭帯損傷など膝関節内外傷による出血に伴う線維化や癒痕化によるもの |
| ③炎症性：関節リウマチ、化膿性膝関節炎、結核性関節炎、血友病、色素性絨毛結節性滑膜炎、多発性滑膜軟骨腫症などによる繰り返す関節内出血や滑膜炎によるもの |
| ④神経性：ポリオ、脳性麻痺、脳血管障害による弛緩性または痙攣性麻痺によるもの |
| ⑤医原性：再建靭帯や人工関節の設置位置不良など手術で生ずる可動域制限や長期間の関節固定などによるもの |
| ⑥心因性：ヒステリー、うつ病、統合失調症 |
| ⑦その他：外傷や種々の原因によって生ずるRSD*やCRPS**によるもの |

*RSD：reflex sympathetic dystrophy (反射性交換性ジストロフィ)

**CRPS：complex regional pain syndrome (複合性局所疼痛症候群)

最も多い。また、化膿性膝関節炎や結核性関節炎などの感染性疾患では、関節内の高度の癒着と線維化を生じ関節拘縮をきたす。

注意すべき病態として、膝蓋下脂肪体の癒痕線維化による膝蓋骨低位が関節拘縮の原因である場合、鏡視下に癒痕化した脂肪体を除去しても膝蓋骨低位は変化せず、関節鏡視下授動術の適応とはならない。さらに、中高年者の変形性膝関節症や慢性関節リウマチの患者では、もともと軽度から中等度の可動域制限があり、加えて疼痛に対する閾値が低い場

合が多いため、軽微な外傷をきっかけとして関節拘縮が生ずる場合があり、注意を要する。

②過去の治療内容

膝関節への治療が関節拘縮の原因となる場合として、外傷後や手術後の長期膝関節固定と膝関節手術がある。手術によるものでは、前十字靭帯再建術と人工膝関節置換術(TKA)が多い。

前十字靭帯再建術では、新鮮例での早期手術、再建靭帯の設置位置異常、過度の初期張力、顆間窩でのインピンジメントなどが関節拘縮の原因とされている。

一方、TKA後の関節拘縮の原因としては、コンポーネント設置位置異常(内・外反アライメント異常やコンポーネントのoverhangによる軟部組織とのfriction)、joint lineの変化による軟部組織過緊張、膝蓋大腿関節異常(patellar clunk syndrome)や膝蓋骨tracking異常など、後十字靭帯過緊張による大腿骨roll back制限、術後関節内出血による線維化、反射性交感性ジストロフィー(RSD)などがある。

膝関節手術後に発生した関節拘縮では、再建靭帯の過緊張やコンポーネントの設置位置異常など単なる線維化や癒着以外の根本的原因が関節内に存在する場合には、鏡視下授動術は対処療法の1つにすぎず積極的適応ではない点に注意しなければならない。

③関節拘縮発生からの経過期間

基本的には、拘縮発生からの経過期間が長くなるほど授動術自体の効果は低下するため、早期の実施がすすめられる。現実的には、まず理学療法を行い、リハビリテーションでの可動域獲得が限界に達した段階で本術式の適応を考えるのが望ましい。

▶理学所見

膝関節の診察では、可動域制限の状態と膝蓋骨の可動性が重要である。膝の屈曲拘縮には顆間部とその前方部の線維化が関与し、伸展拘縮は膝蓋上方や

下方を中心とした膝伸展機構のexcursionが大きく影響し、内外側谷部の癒着はこれを増強する因子といわれている。膝蓋骨の可動性には、伸展拘縮と同様に膝伸展機構および内外側膝蓋支帯を含めた大腿骨谷部の癒着や線維化が影響している²⁾。

関節可動域については、125°以下の屈曲角、10°以上の伸展制限で手術的治療の必要性があるといわれるが、それより軽度の障害でも患者本人の希望と意欲があれば適応となる。

▶画像診断

単純X線では、変形症性変化や骨萎縮の程度、異所性骨化や膝蓋骨低位の有無について検討する。膝関節手術後の場合には、骨折手術後の関節面の整復状態、前十字靭帯再建後の骨孔位置、人工膝関節置換術後のコンポーネント設置位置やjoint lineなどを評価する。

MRIでは線維性組織の局在や関節腔閉鎖の有無、さらに関節液の貯留具合などが観察できる。

▶関節鏡視下授動術の適応で注意すべき事項

- 1) 拘縮に至るまでの経過について当該治療の担当医より十分な説明がなされているか、患者自身がその内容に納得しているか、または不満を持っているかなどを十分に把握する必要がある。特に、初期治療が他医で行われている場合には、前医での治療内容の確認も含めた慎重な対応が必要となる。
- 2) 既述した諸検査から拘縮の原因となる膝関節内病変を正確に把握した後、関節外および全身性の要因を評価する。そのうえで、関節鏡視下授動術によりどの程度の改善が見込まれるかについて、後述する術後リハビリテーションの内容や合併症の影響も含めて十分なinformed consentを行い患者の理解を求める必要がある。
- 3) 関節拘縮の原因としてヒステリーや鬱状態などの精神疾患やRSDが関与している場合は、手術操作によりさらに悪化する危険性が高く

本術式の適応は少ない。

One Point ワンポイントアドバイス

関節拘縮に対する授動術は、拘縮の原因となる外科的侵襲を用いて可動域を得ようとする矛盾を含んでいることを忘れてはならない。したがって、適応を厳密に行い、低侵襲である関節鏡を含めた的確な手術手技で対処することが重要である。

2 手術の実際

▶麻酔および手術体位

麻酔は術直後からの可動域訓練を考え持続硬膜外麻酔の併用が望ましい。

手術体位は、仰臥位とし靭帯再建などに用いる下肢用のホルダーを用いる。これにより患肢が下垂され重力の作用により関節腔が開大し関節内操作が容易となる(図1)。

▶関節鏡の挿入

最初に膝蓋上囊より生理的食塩水を注入するが、注入可能な量が40cc以下の場合には固有関節腔が著しく狭小化しており、関節鏡の挿入が困難であることが多い。その場合には、まずエレバトリウムを膝蓋大腿関節に挿入し、盲目的ではあるが慎重に膝蓋大腿関節内の癒着を用手的に剥離し、さらに膝屈曲70°位までの愛護的な徒手修復を試みることで、関節鏡挿入が可能な空間を確保する(図2)。

▶膝関節内の観察とデブリドマン

関節鏡が挿入された後、膝蓋上囊、膝蓋大腿関節、大腿骨内・外側谷部、内側大腿脛骨関節、顆間窩、外側大腿脛骨関節の順に病態の確認と線維瘢痕化した組織や癒着の剥離を行う(図3,4)。関節後方部は後内側および後外側ポータルより関節鏡を挿入して行うが、視野が得られにくく十分な剥離は困難なことが多い。TKA後の症例では、膝蓋大腿関節、大腿骨内・外側谷部および顆間窩にバンド状の線維化や癒着を生ずることが多いため、これらの部

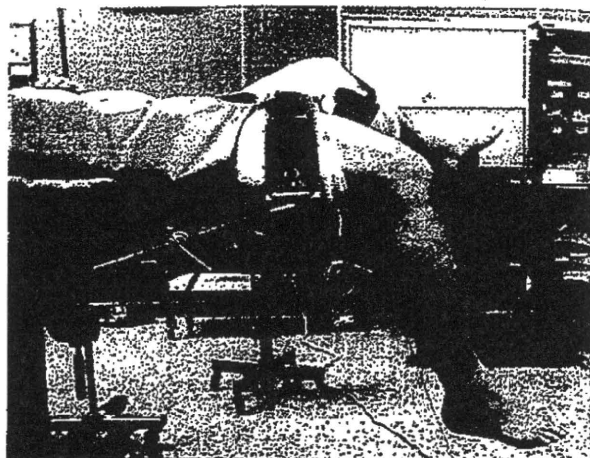


図1 手術体位
専用のホルダーを用いて固定し下肢を下垂させることにより膝関節腔を開大させる。

分を中心に作業を行う。

剥離に使用する器具には従来ハサミやパンチが使われていたが、近年電動シェーバーの性能が向上し、さらに鏡視下用電気メスや蒸散システム、Holmiumレーザーなども使用され、癒着剥離と止血が同時に可能となっている。

また、拘縮膝では灌流液の流れが障害されやすく、良好な視野を得られにくいことが多かったが、灌流液の流量と速度を調節できる関節鏡用のポンプや生理的な関節液の組成に近い大容量の関節鏡用灌流液の登場により、クリアな視野が得られるようになっている(図5)。

▶関節内操作の終了と徒手矯正

術前の検査で予想された関節内の拘縮の原因に対する処置および関節鏡視時に認められた関節内の線維化や癒着剥離操作が終了した時点で徒手矯正を行う。徒手矯正は努めて愛護的に行い、抵抗が強い場合には再度関節内を調べ剥離を追加する。暴力的な徒手矯正は、軟骨損傷や膝蓋腱損傷、骨折などの危険性があるため決して行ってはならない。

以上の操作を繰り返して行っても可動域の改善が得られない場合には、関節外を含めた他の原因を考え、関節鏡視下による操作は終了し、後述する関節切開による授動術に移行する。

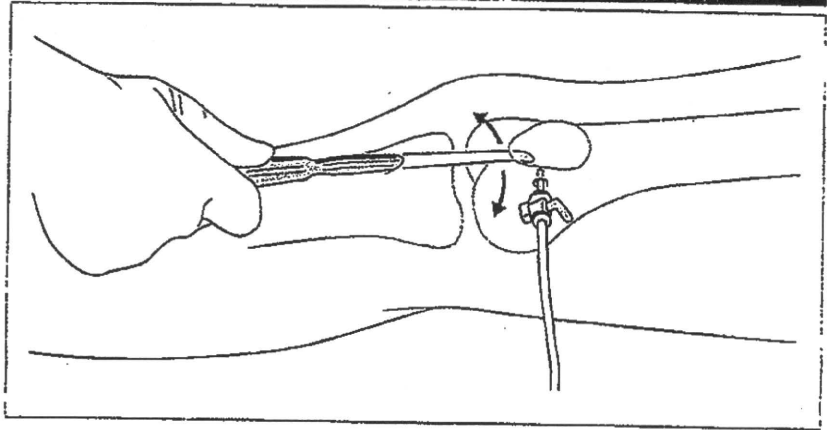
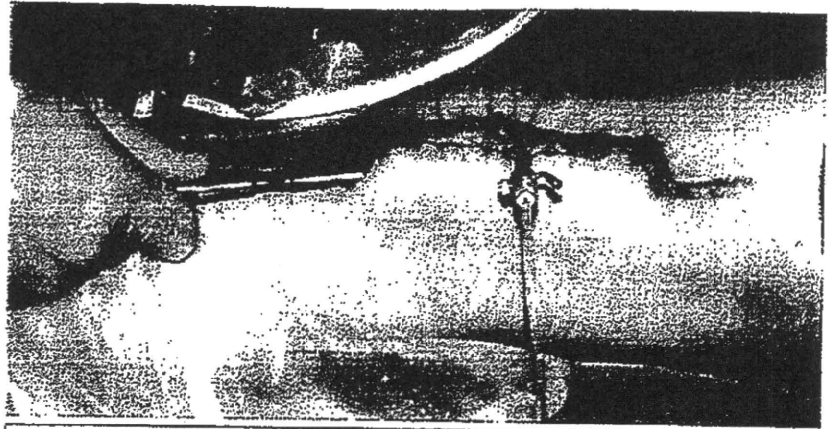


図2 膝蓋大腿関節の剥離
エレベトリウムを挿入し膝蓋大腿関節および内外側の谷部を剥離する。この操作は盲目的であるため愛護的に行う必要がある。

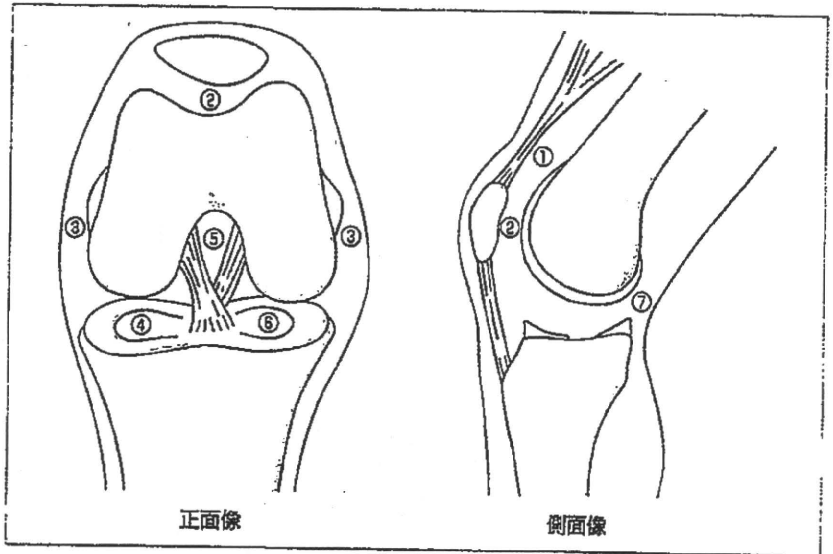


図3 関節鏡による関節内の鏡視部位とその順番
①：膝蓋上囊、②：膝蓋大腿関節、
③：大腿骨内・外側谷部、
④：内側大腿脛骨関節、⑤：顆間窩、
⑥：外側大腿脛骨関節、⑦：関節後方部

すべての操作が終了後 X 線にて徒手矯正による大腿骨顆部の圧迫骨折や小児例では骨端線損傷などが生じていないことを確認する³⁾。

▶後療法

手術当日は膝装具にて患肢の安静を保ち、積極的

にクーリングを行う。術翌日にドレーンを抜去し continuous passive motion (CPM) による可動域訓練を開始する。屈曲角の目標は小児例を除いて術中に得られた最大屈曲角度を目安とする。

持続硬膜外麻酔は、術後 1 週間程度継続できることが望ましい。

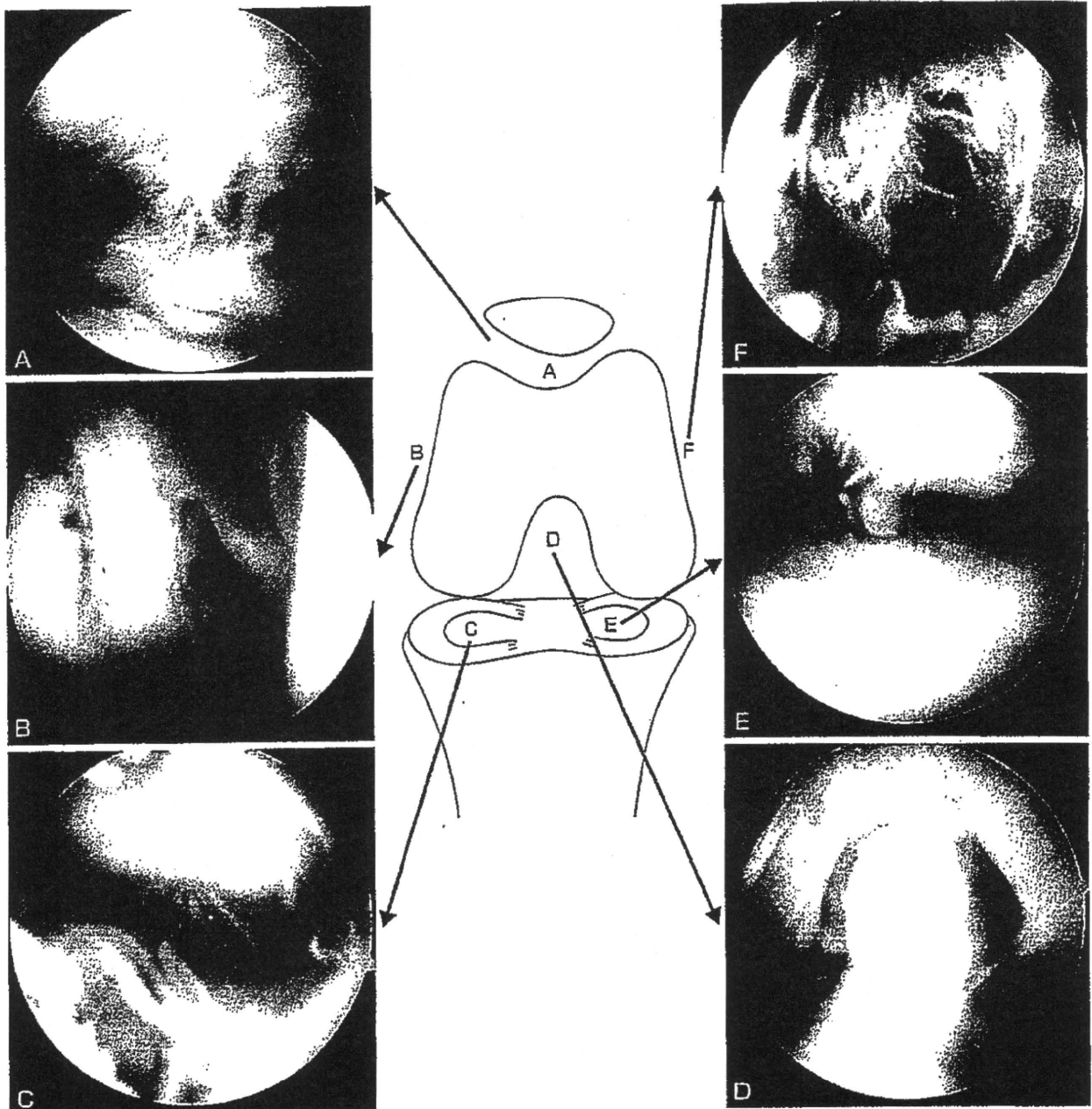


図4 実際の鏡視像

A: 膝蓋大腿関節, B: 内側谷部, C: 内側コンパートメント, D: 顆間部, E: 外側コンパートメント, F: 外側谷部

また、患肢挙上を含めた大腿四頭筋訓練も早期より積極的に指導する。荷重は、患部の疼痛や腫脹の程度をみながら術後2～3日目より部分荷重を開始し、2週間程度で全荷重を目指す。

▶合併症

本術式に伴う合併症としては、術中に発生するものとして癒着剥離時の神経・血管損傷や軟骨・靭帯損傷、徒手矯正に伴う軟骨損傷、骨折(大腿骨顆部、

骨端線損傷)、膝蓋腱・大腿四頭筋腱断裂があげられる。また、術後に発生するものとしては、関節内出血による再癒着、感染例での感染再燃、二次的腱損傷、RSD、骨化性筋炎、関節不安定性、疼痛、変形症性変化の進行などが危惧される。

いずれの合併症も一度発生すれば授動術の効果がなくなるどころか術前より悪化する危険性もあるため、慎重な手術操作と術後管理に加えて合併症に関する術前の十分な説明が重要である。

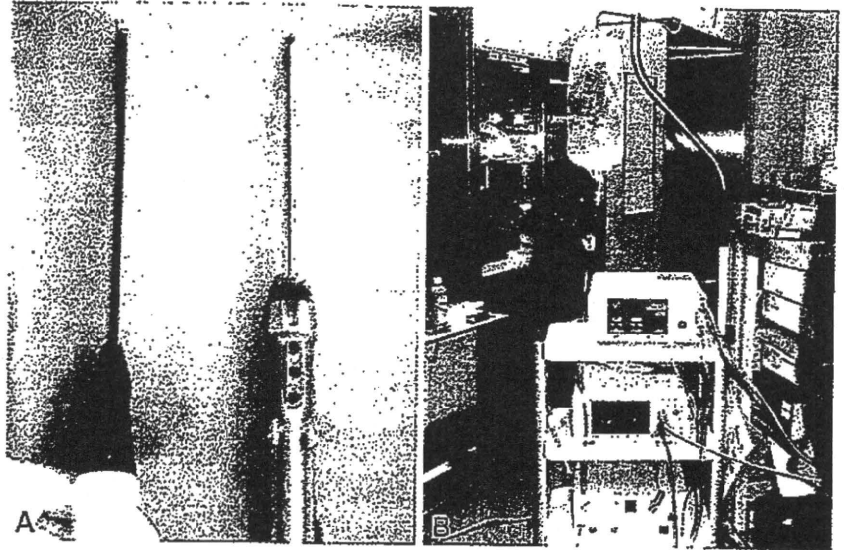


図5 関節鏡視下操作に有用な器具
A: 鏡視下用電気メスとシェーバー
B: 関節鏡用灌流液と加圧灌流システム

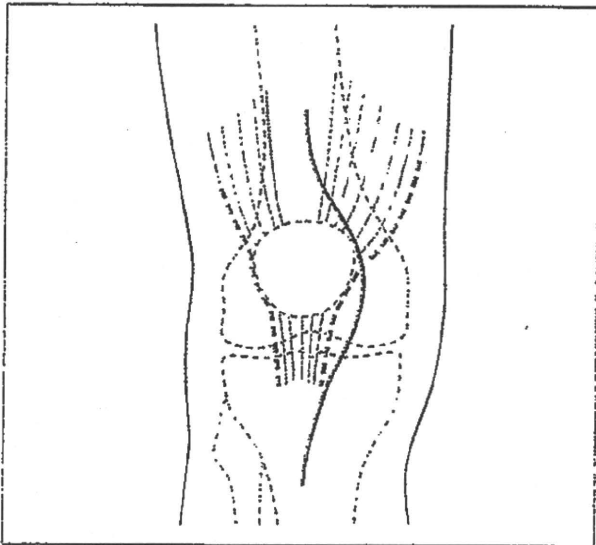


図6 関節切開による授動術の皮切

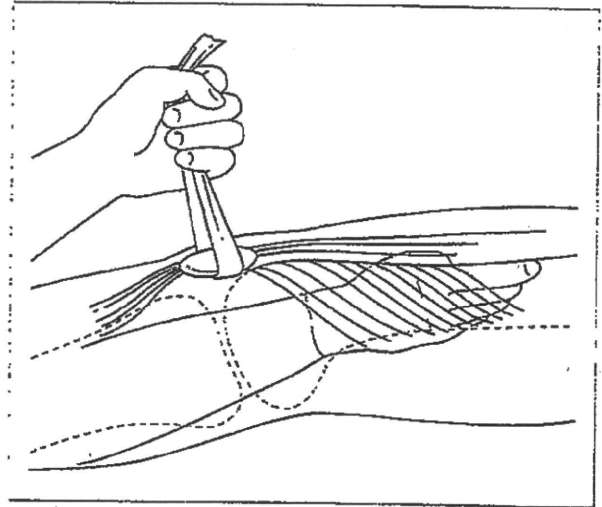


図7 大腿四頭筋の用手的剥離

3 関節切開による膝関節授動術との併用⁴⁾

大腿骨顆上骨折後に生じた膝関節拘縮では、拘縮の原因が膝関節内と関節外の両方に存在するため既述した関節鏡視下操作の後、関節切開による授動術を行う。

▶皮切

基本的な皮切は膝蓋骨より約5cm近位から膝蓋骨内縁に沿って脛骨粗面まで延長する。ただし、以前の手術創がある場合には可能であればそれを利用

する(図6)。

▶膝関節内剥離

膝蓋骨と大腿四頭筋を展開し、伸筋支帯を近位部では内側広筋および外側広筋の遠位縁に沿って切離し、これを近位後方へ筋間中隔との間で大腿骨まで剥離する。遠位へは膝蓋腱の内・外側縁に沿い脛骨粗面まで切開する。この後、大腿骨内・外側谷部や後顆から後方関節包など関節鏡では十分な操作ができない部分の剥離を行う。

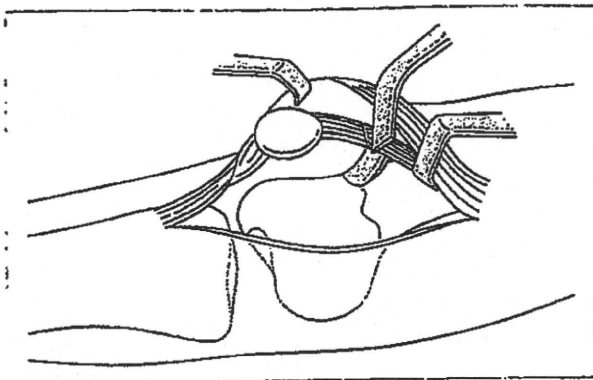


図8 中間広筋の切離

▶大腿四頭筋の剥離と中間広筋の切離

剥離した膝蓋上嚢から手を入れ、四頭筋と大腿骨との間を近位へ向かって用手的に剥離する。骨折部などは癒痕組織で強く癒着しているため、他動的屈曲強制を随時試みて抵抗の強い部分を確認し、そこをエレバトリウムや鏡視下用電気メスを用いて剥離する。

以上の操作で十分な屈曲が得られず膝蓋骨近位部に挿入した指で感ずる四頭筋の抵抗が強い例では、中間広筋の切離を追加する。中間広筋と直筋の間の

層を確認した後、膝蓋骨から約5cm近位部もしくはその近傍で癒痕組織や線維化の強い部分で中間広筋を横切する。この際、随時膝屈曲を試みながら切離を進めるようにする(図7, 8)。

▶後療法

関節切開による授動術を行った場合には、帰室後ただちにCPMによる可動域訓練を開始する。部分荷重は患肢挙上が可能となってから開始する。硬膜外チューブは術後3週くらいまで留置できることが望ましい。

【文献】

- 1) 大森 豪：鏡視下関節授動術。整形外科 57：1085-1090, 2006.
- 2) Cosgarea AJ, DeHaven KE, Lovelock JE: The surgical treatment of arthrofibrosis of the knee. Am J Sports Med 22: 184-191, 1994.
- 3) 須田康文, 松本秀男, 大谷俊郎: 膝関節拘縮に対する鏡視下授動術。MB Orthop 15: 23-28, 2002.
- 4) 古賀良生, 大森 豪, 瀬川博之: 膝関節拘縮の病態と関節授動術。MB Orthop 15: 15-20, 2002.