

人工股関節ステム周囲骨折の治療戦略①

〈Vancouver Type A, Type B〉



おゆみの中央病院 副院長 / 整形外科 人工関節・関節機能再建センター センター長

中嶋隆行

1999年北里大学医学部卒業。千葉大学医学部附属病院での研修を経て、2008年に千葉大学大学院にて医学博士号を取得。君津中央病院医長や東千葉メディカルセンター特任准教授などを歴任し、一貫して整形外科および関節外科の最前線で研鑽を積む。現在は、おゆみの中央病院副院長、および人工関節・関節機能再建センターセンター長を務めている。専門は股関節・膝関節の外科治療と骨折外傷治療である。特にロボット支援人工関節置換術においては、指導的立場であるプロクター（手術指導者）の資格を有し、最先端技術を用いた高精度な手術を実践する。日本骨折治療学会賞の複数回受賞や、2025年の国際整形外科外傷学会（IOTA）フェロー選出など、その卓越した技術と知見は国内外で高く評価されている。豊富な臨床経験と最新のバイオメカニクスに基づき、常に個々の患者に最適な医療を提供し続けている。

1 はじめに	p02
2 人工股関節ステム周囲骨折 (PPF) の分類と診断の要点	p03
3 有限要素解析 (FEA) による力学的評価	p04
4 骨折型別の具体的な治療戦略と手技の要点	p06
5 まとめ	p23

アイコン説明

-  注意事項 / 課題・問題点
-  補足的事項 / エッセンス
-  お役立ち / スキルアップ
-  関連情報へのリンク

ご利用にあたって

本コンテンツに記載されている事項に関しては、発行時点における最新の情報に基づき、正確を期するよう、著者・出版社は最善の努力を払っております。しかし、医学・医療は日進月歩であり、記載された内容が正確かつ完全であると保証するものではありません。したがって、実際、診断・治療等を行うにあたっては、読者ご自身で細心の注意を払われるようお願いいたします。

本コンテンツに記載されている事項が、その後の医学・医療の進歩により本コンテンツ発行後に変更された場合、その診断法・治療法・医薬品・検査法・疾患への適応等による不測の事故に対して、著者ならびに出版社は、その責を負いかねますのでご了承下さい。

HTML版

スマホでも読みやすいブラウザ表示です。本コンテンツ購入後、無料会員登録することをご利用いただけます。

無料会員登録

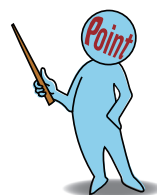
無料会員登録の手順の解説です。

オリジナルコンテンツ

日本医事新報社のオリジナル Web コンテンツや関連書籍を検索できます。

私が伝えたいこと

- Vancouver分類を基本とし、Baba分類の知見もふまえながら、術前・術中にステムの安定性を評価し、適切な術式を選択する。
- 超高齢者などの高リスク症例では、有限要素法 (FEM) に基づく応力分散を考慮し、プレート・ケーブル併用による骨接合術を選択することが重要である。
- 治療の目標は、エビデンスに基づく最適な固定・再建法により、術後早期からの全荷重歩行と機能回復を実現し、生命予後の改善につなげることである。



1 はじめに

1 疫学的背景と現状の課題

近年の超高齢社会の進展に伴い、大腿骨頸部骨折に対する人工骨頭置換術 (bipolar hip arthroplasty: BHA) や変形性股関節症に対する人工股関節置換術 (total hip arthroplasty: THA)、さらには変形性膝関節症に対する人工膝関節置換術 (total knee arthroplasty: TKA) の施行件数は世界的に増加の一途をたどっている。これに伴い、術後合併症である人工股関節ステム周囲骨折 (periprosthetic femoral fracture: PPF) は、整形外科医が直面する最も困難な課題のひとつとなっている¹⁾。15年前の時点でも PPF の発生率は0.1~18%と報告されており、現在ではどの施設でも遭遇する可能性がある²⁾。特に骨粗鬆症を基盤とする高齢患者では、軽微な外傷でも容易に発生し、骨接合術だけでなく既存のインプラントの再置換術を要する場合もある。

2 高齢者における背景因子と多様な骨折型

特に高齢患者においては、基礎疾患や高度な骨粗鬆症のみならず、長期的な骨粗鬆症治療薬の服用に関連した非定型大腿骨骨折 (atypical femoral fracture: AFF) を背景に持つ症例の存在も念頭に置かなければならない。骨折の発生機序は、術中の操作 (ラスピングやインプラント挿入) 時の過小評価や見逃し、荷重開始に伴うステムの沈下 (subsidence)、転倒や高エネルギー外傷など多岐にわたる。骨折型も、大転子・小転子の Vancouver Type A から、ステム周囲の Type B、遠位の Type C まで広範に及ぶ。本稿では、骨折線がステム周囲に及ぶ Type AL から Type B3 までを対象とする。ステムの固定性の評価に加え、高齢患者に特有の背景因子から最



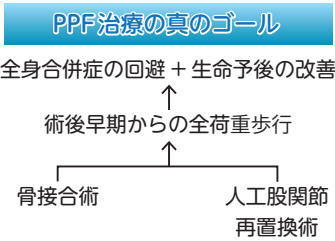
適な治療方針を決定することが重要となる。

3 治療戦略の核心と本稿の目的

PPF治療の真のゴールは、高齢患者の全身合併症を回避し、生命予後を改善するために術後早期からの全荷重歩行を実現することにある。そのためには、骨癒合をめざす骨接合術と、インプラントの安定性を再建する人工股関節再置換術(revision THA)の高度な技術的融合が不可欠である。

特に、骨接合術で用いる主要なデバイスはケーブル・ワイヤーおよびプレートであるが、その適応限界や力学的効果については、経験則に頼る部分も少なくない。

そこで本稿では、有限要素解析(finite element analysis:FEA)を用いたバイオメカニクスの視点を導入し、エビデンスに基づく実際の手術検討、および実践的なサージカルテクニックについて詳述する。



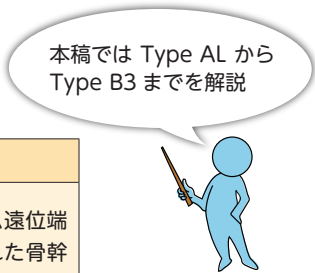
2 人工股関節ステム周囲骨折 (PPF) の分類と診断の要点

1 骨格となる分類体系：Vancouver分類

PPFの代表的な分類は、1995年にDuncanらによって提唱されたVancouver分類³⁾である。この分類では、解剖学的部位とインプラントの安定性に基づき、以下のように定義されている(表1)³⁾。

表1 Vancouver分類

分類	Type A	Type B	Type C
定義	大転子 (Type AG) または小転子 (Type AL) の骨折	ステム周囲からステム遠位端付近の骨折 B1:インプラントのゆるみがないもの B2:インプラントのゆるみがあるもの B3:インプラントのゆるみに加え、髄内の骨欠損を伴うもの	骨折線がステム遠位端から十分に離れた骨幹部～骨幹端に位置する骨折



(文献3より作成)

2 術中骨折の特殊性と診断の難しさ

術中に発生する骨折は、微細なクラック程度のものから骨折線がステム下端に及ぶものまで多岐にわたる。術中には、正確な骨折範囲やステム安定性を評価することが困難な場合も少なくない。そのため、術中に遭遇するこれらの骨折はpseudo AL、すなわち実質的にType B2と同様の不安定

型として対応することが推奨されている⁴⁾。この視点は、術後のステムの沈下や再骨折を未然に防ぐ上できわめて重要である。

3 治療指針の分水嶺：Baba分類によるゆるみの判定

Vancouver分類において、骨接合術と再置換術の分水嶺となるのはステムのゆるみの有無であるが、その判断に苦慮する症例は少なくないというのが実情である。この問題に対し、2015年にBabaらが提唱したBaba分類⁵⁾は、ステム安定性の評価に関する非常に明快な基準を示している。

Baba分類では、セメントステムであればステム設置部に骨折線が及ぶものを、セメントレスステムであればポーラスコーティング部に骨折線が及ぶものを、明確に不安定型(ゆるみあり)と判断している。

Baba分類

セメントステム

骨折線がステム設置部に及ぶもの

セメントレスステム

骨折線がポーラスコーティング部に及ぶもの

⇒不安定型(ゆるみあり)

4 本稿における分類の運用

筆者は、従来のVancouver分類を基本軸としつつ、術前および術中の安定性評価においてはBaba分類の知見を勘案して、術式を選択している。本稿では、これらの分類を統合した視点から、Type ALからType B3までの骨折型における注意点と治療法について解説する。

3 有限要素解析 (FEA) による力学的評価

1 有限要素解析 (FEA) と有限要素法 (FEM) の基本概念

FEAとは、有限要素法 (finite element method : FEM) を用いて、複雑な形状や性質を有する構造物を単純な形状の小さな要素 (有限要素) の集合体としてモデル化し、応力やひずみの分布を解析する手法である。

整形外科領域においては、骨組織の複雑な不均一性や、弾性係数の異なる金属インプラントが混在する生体メカニクスの解明に、きわめて強力なツールとなる。

2 解析モデルの作成

PPFに対し、ケーブルおよびプレートを用いて観血的整復固定術 (open reduction and internal fixation : ORIF) を施行した際の力学的妥当性を検討するため、実症例のデータに基づくFEAを実施した⁶⁾⁷⁾。モデル作成のプロセスは以下の通りである。

まず、医用画像処理ソフトウェア (Mimics ver.14.0, Materialise社) を

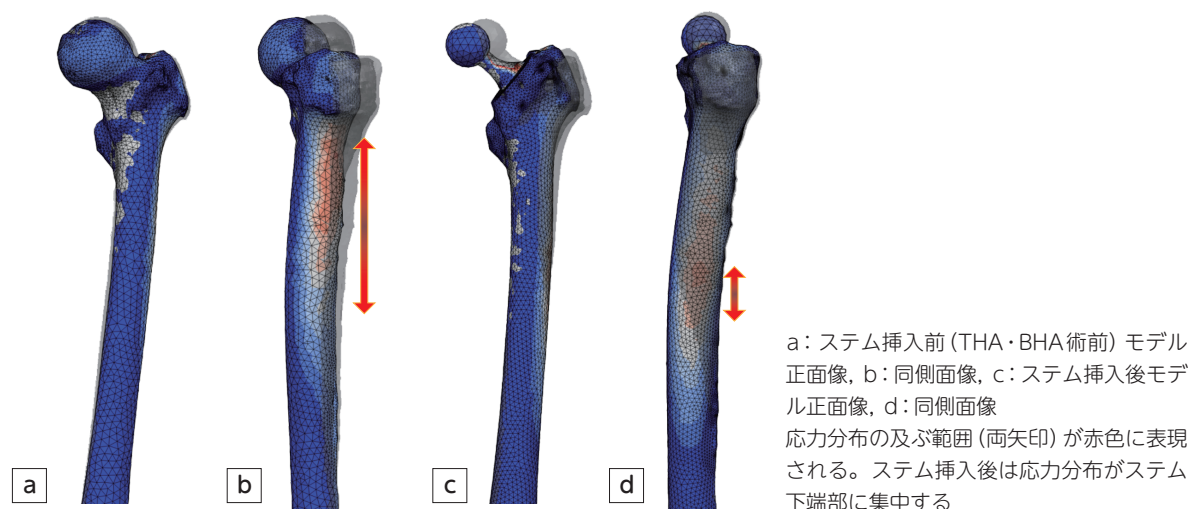
4 臨床応用への展開

これらのFEM解析の結果をふまえ、Vancouver分類やBaba分類に基づく骨折形態³⁾⁵⁾⁸⁾，ならびに患者固有の背景因子（骨粗鬆症，AFF，全身状態など）を総合的に考慮し，最適な術式を選択した。

5 ステム挿入による，大腿骨にかかる応力分布の変化 (図2)

特に臼蓋形成不全に伴う変形性股関節症では，ステム挿入前は大腿骨頸部の生理的・解剖学的な前捻を反映して骨頭の前方変位が大きく，応力分布は大腿骨内外側の広い範囲に認められる。これに対し，ステム挿入後は頸部減捻の矯正により骨頭の前方変位が減少し，応力分布はステム下端部に集中するようになる。

図2 ステム挿入による，大腿骨にかかる応力分布の変化



4 骨折型別の具体的な治療戦略と手技の要点

1 Vancouver Type A: 大転子・小転子骨折

Type Aは，Type AG（大転子骨折）とType AL（小転子骨折）に細分類される。これらは，インプラント本体の安定性に直結しないと判断されがちであるが，その発生原因の精査と機能温存の観点から，慎重な手術適応の検討が求められる。

(1) Type AG (大転子骨折) の戦略と再建

大転子骨折の手術適応については、骨片が大きいこと、跛行を伴うこと、および転位が2cm以上であることなどが指標となる⁹⁾。大転子には中臀筋のみならず外旋筋群も停止するため、通常は大きな転位を生じにくい部位である。しかし、2cm以上の転位を認める場合は、臀筋群全体の停止部を含んだ大きな骨片であることを示唆している。これを看過すれば、臀筋不全による跛行や、関節安定性の低下による脱臼をまねく原因となる。

手術が適応となった場合の再建は技術的に難易度が高く、中臀筋を介した tension band wiring や、フックプレートを用いた固定法が選択される¹⁰⁾。また、大転子骨片のステム側にオステオライシス(骨透亮像)を認める場合、3年以内に90%が再置換術に至ったとする報告もある。このような骨欠損を伴う症例に対し、プレート単独固定の成績は不良であるため、治療には自家骨または同種骨移植の併用に加え、プレートと wiring による強固な複合固定が推奨される¹¹⁾。

(2) Type AL (小転子骨折) の診断的意義

小転子骨折は、主として腸腰筋の収縮による剝離骨折と考えられる。ORIFによる侵襲を考慮し、基本的には保存療法が選択されることが多い。しかし、ここで最も留意すべき点は、単なる外傷ではない病的骨折の可能性を排除することである。小転子は腸腰筋を介して血流が豊富な部位であり、腎癌の骨転移による病的骨折の報告がある¹²⁾。したがって、明らかな外傷機転のない小転子骨折に対しては、悪性腫瘍の転移を念頭に置いた精査が不可欠である。

また、小転子骨片の出現は、術中に生じた骨折が顕在化した可能性も考慮しなければならない。ステムの沈下を認め、骨折線がステム周囲に及んでいる場合には、Type ALではなくType B2として再評価し、再置換術を含めた根本的な戦略変更を行う必要がある。



以上のように、Type Aは決して安易に保存療法を選択できるような軽微な骨折ではない。骨折に至った背景(筋牽引、骨欠損、腫瘍)を詳細に評価し、手術が必要な場合にはその難易度の高さを十分に認識した上で、適切な術式を選択することが重要である。

2 Vancouver Type B1

Type B1は、ステム周囲からステム遠位端付近に発生する骨折のうち、インプラントのゆるみがないものと定義される。特にセメントレスステムでは、骨折線がステム本体に及んでいても、初期固定を担うコーティング部(ポーラス面など)より遠位に位置する場合にはType B1に分類される。この病態ではステム近位の固定性が維持されていると判断され、原則として骨接合術の適応となる。髄内にステムが存在するという制約から、治療

関連書籍



整形外科医のための下肢のアドバンスド手術
上級医になるために標準～発展の手術手技をプロから学ぶ【電子版付】：古賀英之 編, AB判,

272頁。整形外科専門医を取得された先生方を対象に、股関節、膝関節、足部・足関節のエキスパートが手術手技を「手取り足取り」解説。手術適応から手技の詳細、合併症を避けるためのコツなどのノウハウを凝縮し、動画も閲覧できる「スーパー面倒見のよい」手術書。

