

三次元実体石膏模型を用いて術前シミュレーションを行った 大腿骨頭すべり症の 2 例

新潟大学大学院医歯学総合研究科・機能再建医学講座・整形外科学分野

高野 玲子・徳永 邦彦・遠藤 直人

要 旨 三次元実体石膏模型を用いた術前シミュレーションを行って矯正骨切り術を施行した 2 例を報告する。症例 1 は 15 歳男児で 1 年来の右股関節痛を自覚していた。後方すべり角は 62°、骨端線は閉鎖していた。術前シミュレーションで 45°屈曲 10°内反骨切りを予定した。症例 2 は 13 歳男児で 2 年来の右膝関節痛を自覚していた。後方すべり角は 67°だったが CT 上骨端線の向きから変形の中心は骨頭内反にあると判断した。術前シミュレーションで 30°外反軽度内旋骨切りを予定した。CT データを基に三次元模型を作製し術前シミュレーションを行うことで、より生理的な骨端部の位置を得ることができる術式を計画できた。三次元模型は SCFE の複雑な立体構造を視覚的に把握でき、矯正術を実際に行うことで綿密な術前計画を立てることができるため、有用である。

はじめに

大腿骨頭すべり症 (slipped capital femoral epiphysis ; 以下, SCFE) の治療目的は、骨頭・骨端のすべりのために生じる関節不適合の改善と関節症への進展防止であり、すべりが高度な場合には矯正骨切り術を要する。重症例では骨頭の変形が複雑なため、術前計画を行う際には X 線写真以外の情報が有用である。重度で慢性型の SCFE に対し、CT に基づいた三次元実体石膏模型 (以下、三次元模型) を作製して術前シミュレーションを行い、転子間骨切り術を行った 2 例を経験したので報告する。

症 例

症例 1 : 15 歳, 男児。

主 訴 : 軽度の右股関節痛, 自転車がかげなくなった。

既往歴 : 2 歳時に右停留睪丸手術, 4 歳時に扁桃腺摘出術を施行している。

家族歴 : 特記事項なし。

現病歴 : 2003 年 8 月より右股関節痛を自覚していたが、近医で異常なしと診断されていた。スポーツ時の右股関節痛が持続するため、2004 年 9 月に他院を受診し、SCFE と診断され、手術時期に対する second opinion を求めて当科を初診した。

初診時所見 : 疼痛はごく軽度だったが、日常生活上、股関節の可動域制限による動作困難を覚えていた。X 線写真上、右大腿骨頭の骨端線は未閉鎖で、後方すべり角 48°だった。高校受験を控えており、右大腿骨頭の骨端線の閉鎖後に矯正骨切り術を行う方針とした。左股関節にも SCFE を認めしたが、後方すべり角は 34°で骨端線は既に閉鎖しており、無症状だったため、外科的治療の必要はないと判断した。2005 年 7 月に当科に入院した。

入院時所見 : 身長 177 cm, 体重 100 kg,

Key words : slipped capital femoral epiphysis (大腿骨頭すべり症), preoperative simulation (術前シミュレーション), three dimensional life-sized solid model (三次元実体石膏模型)

連絡先 : 〒 951-8510 新潟市旭町通 1-757 新潟大学整形外科 高野玲子 電話 (025) 227-2272

受付日 : 平成 19 年 2 月 26 日

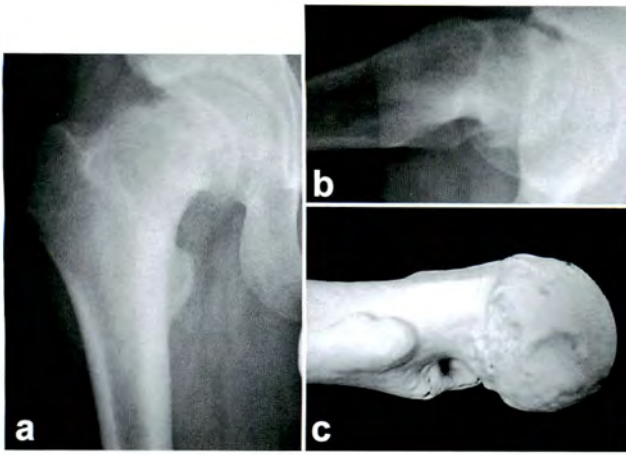


図 1. 症例 1

- a : 入院時 X 線前後像
- b : 入院時 X 線ラウエンシュタイン像. 後方すべり角は 62°
- c : 三次元模型でみた大腿骨頭頸部の側面像. 実際は, X 線像で認めるほど後方すべりは著明ではないことがわかる

BMI 31.9 と肥満を認めた. Drehmann 徴候が著明で右股関節は 90°屈曲時に 45°外旋した. 関節可動域は屈曲 90°, 伸展 0°, 外転 20°, 内転 10°, 外旋 70°, 内旋 -15°で, JOA hip スコアは 79 点だった.

経過 : X 線写真上, 後方すべり角は 62°だった(図 1). X 線写真と CT で骨端線は閉鎖していることを確認した. CT 断面で Kamegaya らの α 角²⁾は 42°だったことから, 45°屈曲, 10°外反骨切りを予定した(図 2). 三次元 CT と三次元模型で術前シミュレーションを行ったところ, 回旋矯正を加えなくとも屈曲, 外反のみで大腿骨骨端部がほ

ぼ生理的な位置まで矯正できることを確認したため, 45°屈曲 10°外反骨切りを行った(図 3). 術後 2 か月より部分荷重を開始した. 術後 10 か月で CT 上完全な骨癒合を確認し, 全荷重を許可した. 1 年 3 か月現在 JOA スコアは 98 点と改善し, 自転車にも容易に乗ることができるようになった. X 線像上後方すべり角は 28°で関節症性変化は認めていない(図 4). 股関節内旋は 10°で制限が残存したが日常生活上の困難はない.

症例 2 : 13 歳, 男児.

主 訴 : 右股関節痛.

既往歴・家族歴 : 特記事項なし.

現病歴 : 2003 年 5 月, 野球のプレー中に右膝関節痛が出現し, 近医で Osgood Schlatter 病と診断された. 2004 年 4 月再度右膝痛が出現し, 保存的治療で軽快した. 2005 年 3 月, 再度右膝痛が増強し近医を受診し, SCFE と診断され, 5 月に当科を紹介受診した.

初診時所見 : 疼痛は軽快しており, 日常生活上も困難はほとんどなかった. X 線像上骨端線は開存し, 後方すべり角は 63°だった. 夏休み中の手術を希望したため, 8 月に入院した.

入院時所見 : 身長 170 cm, 体重 65 kg, BMI 22.5. Drehmann 徴候が陽性で, 右股関節を 100°屈曲時, 外旋 10°だった. 関節可動域は屈曲 100°, 伸展 0°, 外転 15°, 内転 20°, 外旋 45°, 内旋 -10°

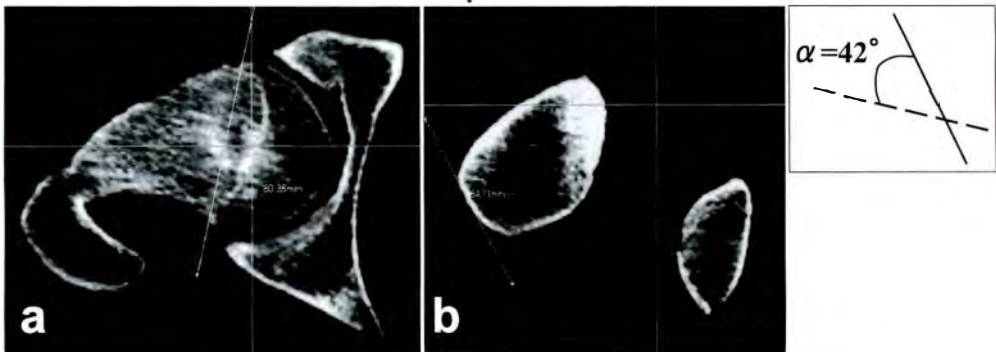


図 2. 症例 1 の CT 断面像

Kamegaya らの α 角は 42°

- a : 骨端線幅が最大の位置のスライス. 点線は骨端線両端を結んだ線への垂線
- b : 骨切りを行う高さのスライス. 直線は大腿骨の外側面への接線

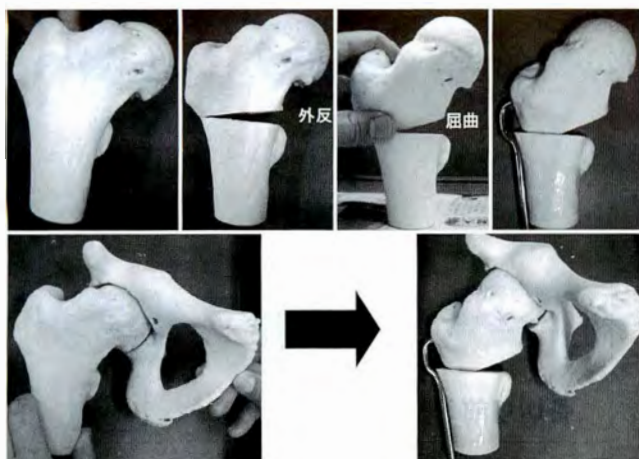


図 3. 症例 1 の三次元模型による術前シミュレーション
回旋の矯正を加えなくとも、屈曲と軽度外反のみで大腿骨
骨端部がほぼ生理的な位置に矯正できることが確認でき
た。骨切りラインやプレートを置く位置なども、あらかじ
め具体的に確認できた

で、JOA hip スコアは 79 点だった。

経過：X 線像上、後方すべり角は 67° で骨端
線は未閉鎖だった(図 5)。CT 断面での
Kamegaya らの α 角²⁾が 58° だったため、当初 45°
屈曲、 10° 外反骨切りを予定した。しかし、骨端線
両端を結ぶ線が骨盤前後面に垂直であり、後方す
べりは軽度で、骨端の内方転位が変形の主体であ
ると判断し、外反骨切り術も検討することにした
(図 6)。三次元 CT と三次元模型でシミュレー
ションを行ったところ、屈曲外反骨切り術よりも、
外反軽度内旋骨切り術で大腿骨骨端部がより生理
的位置まで矯正できることがわかり、 30° 外反軽度
内旋骨切り術を施行した(図 7, 8)。術後 6 週より
部分荷重を開始し、術後 6 か月で全荷重を許可し
た。術後 1 年 3 か月現在、骨癒合が得られ、JOA
hip スコアは 98 点と改善しているが、 -5° の内旋
制限が残存している。X 線像上後方すべり角は
 35° で関節裂隙の狭小化が軽度認められたため、注
意深い経過観察を要すると考えている(図 9)。

考 察

三次元模型は 1 mm スライスの CT 撮影の
DICOM データを三次元に再構築した画像に基づ
いて、三次元プリンタで作製する。三次元模型は
視覚効果が高く、複雑な立体構造を理解するた
めに有用であり、脊椎外科³⁾⁴⁾、複雑骨折¹⁾、形成外科⁶⁾

図 4. ▶

症例 1 の術後 X 線像
術後 1 年 3 か月。骨切り部
の骨癒合は完成し、JOA
hip スコアは 98 点。Dreh-
mann 徴候は改善し、自転
車にも容易に乗れるよう
になった



図 5. 症例 2

- a : 入院時 X 線前後像
- b : 入院時 X 線ラウエンシュタイン像、後方すべり角は 67°
- c : 三次元模型でみた大腿骨頸部の側面像、後方すべりはほ
んど認めない

や口腔外科⁵⁾領域などにおいて術前シミュレー
ションへの応用の有用性が報告されている。筆者
らは、今回提示した 2 症例の模型の作製を業者に
依頼した。2 例とも高度すべり症だったが、術前に
複雑な骨構造を詳細に把握できたこと、実際の手
術時の骨切りラインやプレートを置く位置、プ
レードを入れる位置、内固定材料のサイズの確認
などの具体的な手技を確認できたこと、手術室に
持ち込んで術中にも簡単に模型を参照できたこと
は、術者や助手にとって手術を進めるうえで大き
な利点になった。特に症例 2 の術式を決める際
には、三次元模型での術前シミュレーションが術式
を決めるうえで重要な判断材料になった。また、

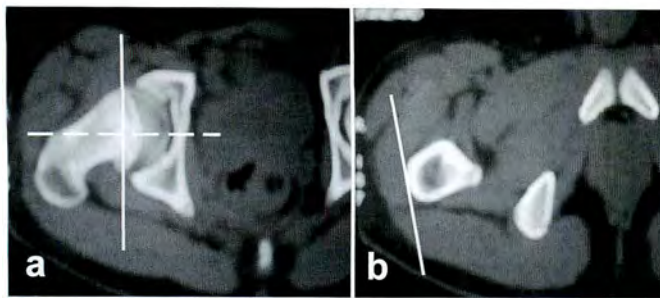


図 6. 症例 2 の CT 断面像
Kamegaya らの α 角は 58°

- a : 骨端線幅が最大の位置のスライス. 点線は骨端線両端を結んだ線への垂線. 骨端線両端を結んだ線は骨盤前後面に対しほぼ垂直だった
- b : 骨切りを行う高さのスライス. 直線は大腿骨の外側面への接線

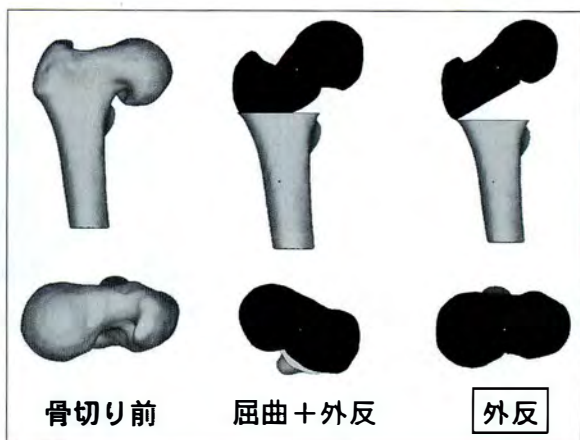
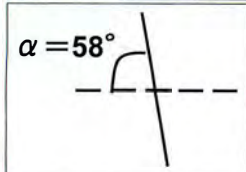


図 7. 症例 2 の三次元 CT による術前シミュレーション
外反骨切り術の方が骨端部の生理的な矯正位を得られることが判明した

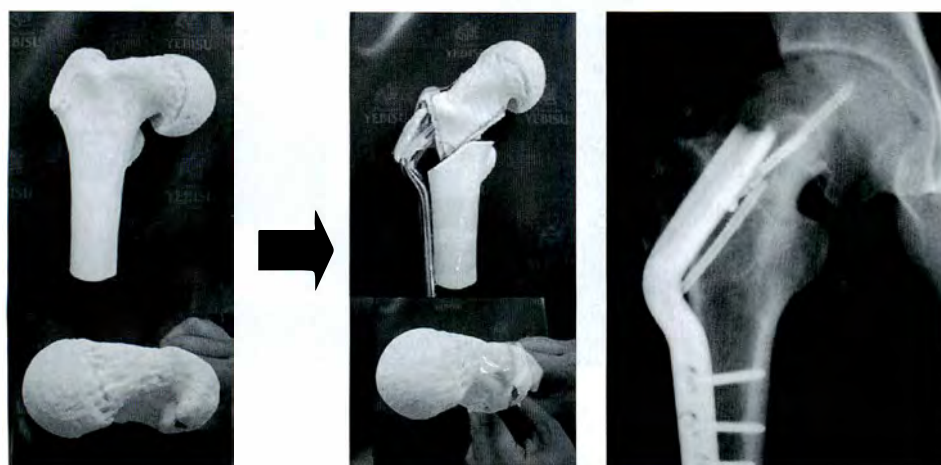


図 8. 症例 2 の三次元模型による術前シミュレーション

骨端の後方すべりはほとんどなく、むしろ骨端は内反していることが判明した。実際に 30° 外反軽度内旋骨切りを行ってみると、大腿骨骨端部がほぼ生理的な位置に矯正されることが確認できた

図 9.
症例 2 の術後 X 線像
術後 1 年 3 か月、骨切り部の骨癒合が得られ、JOA hip スコアは 98 点、関節裂隙の狭小化を若干認めている

患者や家族に対しても、よりわかりやすい手術説明が行えることも利点に挙げられる。一方、欠点として、保険適応がなく、費用は病院の持ち出しになることが挙げられる。値段は必要な石膏量により決まるが、今回の症例では片側股関節(臼蓋と大腿骨近位部)でおよそ 4~5 万円だった。形成外科・口腔外科領域の一部疾患では高度先進医療として認められている⁴⁾。当院でも整形外科を含め、申請中である。また、石膏模型のため、術前シミュ

レーションの際の加工が多少難しく、一度しか利用できないことも欠点として挙げられる。

今回の 2 症例は当院初診から矯正骨切り術までの期間がそれぞれ約 3 か月と 11 か月だった。Chronic type で疼痛が軽度であり、外来通院中も日常生活上大きな困難がなかったこと、進学や長期休暇の都合があったことが初診後直ちに手術にならなかった理由だった。しかし、X 線像を retrospective に見直すと、後方すべり角がそれぞれ 4° 、あるいは 14° 進行していた。Acute on chronic type へ移行する可能性もあったことを考えると、今後同様の症例に対しては可及的早期にピンニング(一時的)を含めた手術を考慮することも検討したいと思う。

まとめ

三次元模型は複雑な立体構造を視覚的に把握し、術前に実際に矯正術のシミュレーションを行うことにより、綿密な術前計画をたてることができるため、利用価値が高い。

文献

- 1) Brown GA, Firoozbakhsh K, DeCoster TA et al : Rapid prototyping : The future of trauma surgery? J Bone Joint Surg **85-A** : 49-55, 2003.
- 2) Kamegaya M, Saisu T, Ochiai N et al : Preoperative assessment for intertrochanteric femoral osteotomies in severe chronic slipped capital femoral epiphysis using computed tomography. J Bone Joint Surg **14-B** : 71-78, 2005.
- 3) Sakai S, Sakane M, Harada S et al : A cervical myelopathy due to invaginated laminae of the axis into the spinal canal. Spine **29** : E 82-E 84, 2004.
- 4) 酒井晋介, 坂根正孝, 落合直之ほか : 三次元実体石膏模型の整形外科手術への応用. 整・災外 **48** : 167-172, 2005.
- 5) Resten A, Guédon C, Piekarski JD et al : Three-dimensional CT with modelization before mandibular reconstruction. J Radiol **79** : 871-876, 1998.
- 6) Tada H, Hatoko M, Tanaka A et al : Pre-shaped hydroxyapatite tricalcium-phosphate implant using three-dimensional computed tomography in the reconstruction of bone deformities of craniomaxillofacial region. J Craniofac Surg **13** : 287-292, 2002.

Abstract

Slipped Capital Femoral Epiphysis Treated after Using Preoperative Simulation with a Three-Dimensional Life-Sized Solid Model : Report of Two Cases

Reiko Takano, M. D., et al.

Division of Orthopaedic Surgery, Department of Regenerative and Transplant Medicine, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

We report two cases of a slipped capital femoral epiphysis(SCFE) that underwent corrective osteotomy after using preoperative simulation surgery with a three-dimensional life-sized solid model. Case 1 involved a 15-year-old boy who had a history of right hip pain for the past year. The posterior tilt angle was 62°. The epiphyseal line appeared already closed in the preoperative CT. Flexion(45°)and varus(10°)osteotomy was planned using a three-dimensional life-sized sold model. Case 2 involved a 13-year-old boy who presented right knee pain for the past two years. The posterior tilt angle was 67°. The femoral epiphysis had slipped medially rather than posteriorly, in the preoperative CT. Valgus(30°)osteotomy with slight internal rotation was planned using a three-dimensional life-sized sold model. The postoperative clinical results in these two cases were excellent. CT-based preoperative simulation surgery using a three-dimensional life-sized solid model can provide more anatomical reduction to the slipped epiphysis because we can better understand the complicated femoral deformities in SCFE. In addition, the simulation provided the opportunity for preoperative training and discussion of the actual osteotomy, which facilitated a more precise surgical procedure.