

均 9.2 c m³ (1.7 - 15.4) へと平均 3.6 c m³ 有意に縮小した。1 年後は固定金属のアーチファクトのために評価が困難と考えて、抜釘後の 2 年で評価したためである。もし術後 1 年で MRI 評価を行えば、壊死範囲が縮小した時期の評価ができた可能性がある。自家骨移植を追加した CVO+BIG での MRI による骨壊死体積は術前平均 12.1 c m³ が術後 6 ヶ月平均 9.9 c m³、術後 1 年平均 8.6 c m³ へと有意に縮小した。両群とも有意に壊死体積が減少した。症例数が少なく、経過期間も短いので自家骨移植の併用が、CVO 単独治療より良好であるかは判定できなかった。今後の検討が必要である。

文献的にも本症例の研究からも、壊死体積がどうして減少したかは証明できない。仮説として、現在の MRI で低信号となる領域が完全に壊死しているのではなく軟骨と軟骨下骨は小体積ではあるが生存している組織がある可能性が考えられる。仮説として、小さくても生存している軟骨と軟骨下骨組織が、力学的ストレスから開放されて良好な環境となると、虚血の部位が再生してくる可能性があり本研究のように T1 での壊死範囲が画像上有意に改善する可能性がある。これを証明するにはさらに解像度が高い 3T の高解像 MRI による壊死範囲の術後早期の評価や MRI 画像と骨頭病理組織との対比研究などが必要である。

Rijnen らは impaction bone grafting によって治療した 27 例(28 関節)を報告した。ARCO Stage 2:11 関節、Stage 3:14 関節、Stage 4:3 関節で平均年齢 33 歳であり、平均 42 ヶ月(24-119 ヶ月)経過観察した。8 関節(29%)は THA になった。20 例は骨頭温存でき 18 関節は臨床的に成功であった。特に 30 歳未満が有意に良好であった。術前に圧潰がある症例やステロイド治療例は不良であった。人工関節の妨げにならない良い方法である。大転子から作成する骨孔の方向は壊死骨除去と骨移植に重要である。しかし Rijnen らも述べているように、大転子部から壊死部のある前外側へは約 10cm の距離があり、必ずしも到達できない場合がある。

著者らはこの問題点を解決するためと壊死の早期回復をめざして、2004 年から CVO 骨切り部からトンネルを作成して、壊死病巣搔爬して腸骨から自家骨移植の bone impaction grafting(BIG)を併用している。

より骨形成を促進するために BMP などのサイトカインや骨髄幹細胞の移植を行うことで壊死組織の速や

かな骨修復と再生には有用であると考えられる。これらを利用できれば内反角度を少なくすることや自家骨移植の量を減らすことができ採骨部の障害をなくすることができる。

本研究の問題点は第一に retrospective study であり、症例が少ないことである。また症例の約 50% が術後の MRI 評価を行っていないことに問題がある。第二にコントロール群がないことである。しかし、少ない症例ではあるが手術治療である CVO によって MRI で評価した壊死範囲が縮小したことを示した最初の報告である。著者らは骨切り術だけでは壊死病巣の縮小が期待できないと考えていた。しかし予想に反して壊死病巣と考えられる T1 低信号領域が有意に縮小していた。

5. 結論

特発性大腿骨頭壊死症に対して大腿骨弯曲内反骨切り術(CVO)または大腿骨弯曲内反骨切り術に自家骨移植の併用(CVO+BIG)を行い、初期成績は良好であった。MRI による壊死体積は術前と比べて術後 1 年で有意に減少した。骨切りによる健常域の獲得は壊死体積を減少させ、骨頭圧潰の防止に有用である。

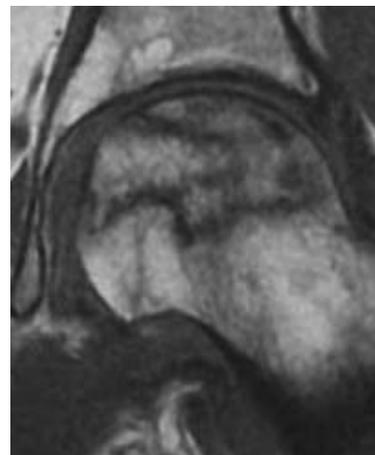


図 1. 術前 MRI。Type C-1, Stage 2

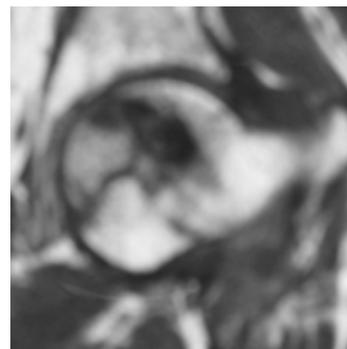


図 2. 術後 MRI。 外側荷重部位が正常骨髓信号となった。

6. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Yukiharu Hasegawa, Sadao Suzuki, Hans Wingstrand. Risk of mortality following hip fracture in Japan J Orthop Sci 12:113-115, 2007.
- 2) Hasegawa Y, Masui T, Yamaguchi J, Suzuki S, Kawabe K: Osteoarthritis leading to osteoarthritis after eccentric rotational acetabular osteotomy. Clin Orthop Rel Res 459:207-215, 2007
- 3) Hasegawa Y, Yamaguchi J, Kanoh T, Seki T, Kawabe K: A low signal intensity area by MRI disappeared after an intertrochanteric curved varus osteotomy for traumatic osteonecrosis of the femoral head. A case report. J Orthop Sci 13:265-268,2008
- 4) Tetsuo Masui, Yukiharu Hasegawa, Jin Yamaguchi, Toshiya Kanoh, Naoki Ishiguro: Childbirth and Sexual Activity after Eccentric Rotational Acetabular Osteotomy. Clin Orthop 459:195-206 2007
- 5) Sakai Y, Matsuyama Y, Hasegawa Y, Ito Z, Ishiguro N, Hamajima N: Association of gene polymorphisms with intervertebral disc degeneration and vertebral osteophytes formation. Spine 32:1279-1286,2007
- 6) Tsuboi M, Hasegawa Y, Suzuki S, Wingstrand H, Thorngren K-G: Mortality and mobility after hip fracture in Japan. J Bone Joint Surg (Br) 461-466, 2007
- 7) Kanoh T, Hasegawa Y, Masui T, Yamaguchi J, Ishiguro N, Hamajima N: Interleukin-1 gene polymorphism associated with radiographic signs of osteoarthritis of the knee. J Orthop Sci 2008: 13:97-100.
- 8) Seki T, Hasegawa Y, Masui T, Yamaguchi J, Kanoh T, Ishiguro N: Quality of life after transtrochanteric rotational osteotomy and total hip arthroplasty for idiopathic osteonecrosis of

the femoral head. J Orthop Sci 2008 : 13 : 116-121.

- 9) Kanoh T, Hasegawa Y, Masui T, Yamaguchi J, Ishiguro N, Kawabe K: Accurate acetabular component orientation after total hip arthroplasty using an acetabular alignment guide. J Arthroplasty 2009 impress
 - 10) 長谷川幸治、坂野真士、河辺清晴、大塚博巳、岩瀬敏樹: 骨バンクネットワークの運営と問題点. 日本人工関節学会誌 35:164-165,2007.
 - 11) 長谷川幸治: 関節リウマチ. 整形外科看護 12: 951-953,2007.
 - 12) 長谷川幸治: 股関節外科医の育成 -育成目標と達成度評価 - Hip Joint33:118-122,2007.
 - 13) 長谷川幸治、大塚博巳、蜂谷裕道、伊藤芳毅、河辺清晴、岩瀬敏樹、坂野真士、岩貞勢生、北村伸二、川崎雅史: 股関節外科研修システム. Joint34:10-13,2008.
 - 14) 関泰輔、増井徹男、山口仁、加納稔也、長谷川幸治: 偏心性寛骨臼回転骨切り術後の QOL. Hip Joint 33:476-478,2007.
 - 15) 寺島照雄、坂野真士、山口仁、長谷川幸治: 大腿骨ステム周辺骨折に対する Cable-Ready® plate sytemを使用した治療. 臨床整形外科 42: 927-933,2007.
 - 16) 増井徹男、長谷川幸治: 大腿骨転子間彎曲内反骨切り術. CLINICAL CALCIUM 17:931-937, 2007.
 - 17) 坪井真幸、長谷川幸治、増井徹男、山口仁: 断発股における治療法の検討. 関節の外科 34: 1-4,2007.
 - 18) 坪井真幸、河辺清晴、藤田寛二、長谷川幸治、増井徹男、山口仁、加納稔也、関泰輔: 断発股の治療経験. Hip Joint 33:635-638,2007.
- ### 2. 学会発表
- 1) Yukiharu Hasegawa: Curved varus osteotomy for idiopathic osteonecrosis of the femoral head. Academic conference on hip surgery and new technique in arthroscopy (September 27-30, 2007 Guanzhou, China)
 - 2) 松田達男、長谷川幸治、増井徹男、山口仁、加納稔也、石黒直樹、河辺清晴

大腿骨頭壊死症に対して自家骨移植を併用した大腿骨転子間弯曲内反骨切り術の短期成績
第 108 回中部日本整形災害外科学会
2007.4.13-14.(広島)

- 3) 長谷川幸治、*松田達男、山口 仁、加納稔也、関 泰輔、河辺清晴:大腿骨頭壊死症に対する大腿骨転子間弯曲内反骨切り術は壊死体積を減少させる。第 109 回中部日本整形災害外科学会 2007.10.4-5.(奈良)
- 4) 長谷川幸治、大塚博巳、蜂谷裕道、伊藤芳毅、河辺清晴、岩瀬敏樹、坂野真士、岩貞勢生、北村伸二:整形外科医研修システム(パネル)第 34 回日本股関節学会、2007.10.11-12(金沢)
- 5) 長谷川幸治、山口 仁、加納稔也、関泰輔:術後 1 年の最小関節裂隙が 2mm あると偏心性寛骨臼回転骨切り術は長期成績が良い(パネル)第 34 回日本股関節学会、2007.10.11-12.(金沢)
- 6) 長谷川 幸治: セラミック人工股関節置換術 66 関節の術後 5 年間のレントゲンおよび臨床成績(シンポジウム)第 38 回人工関節学会、2008.2.29 -3.1.(沖縄)
- 7) 長谷川幸治、増井徹男、山口 仁、加納稔也、関泰輔、河辺清晴:大腿骨頭壊死症に対する転子間弯曲内反骨切り術は壊死体積を減少させる。第 35 回日本股関節学会.2008.12-5-6.(大阪市)

ビデオ演題

- 8) 長谷川幸治:大腿骨頭壊死症に対する自家骨移植を併用した大腿骨転子間弯曲内反骨切り術。第 35 回日本股関節学会 2008.12.5 -6.
- 9) 長谷川 幸治: 進行期股関節症に対する偏心性寛骨臼回転骨切り術(パネル)第 35 回日本股関節学会 2008.12.5 -6.
- 10) 坪井真幸、長谷川幸治、岩瀬敏樹、鳥居行雄、藤田寛二、河辺清晴:大腿骨近位部骨折の長期予後と早期手術。(シンポジウム)第 35 回日本股関節学会 2008.12.5 -6.(大阪)

3. 著書

- 1) 長谷川幸治:2 章 診察の基本 関節の診察 pp33-40.最新整形外科学体系 運動器の診断学. 中山書店 2008

7. 知的所有権の取得状況

1. 特許の取得

彎曲内反骨切りジグ(特許申請中)

2. その他
なし

特発性大腿骨頭壊死症に対するバイポーラ型人工骨頭置換術の 中期成績および QOL

本村悟朗、山本卓明、中島康晴、馬渡太郎、池村聡、岩崎賢優、岩本幸英
(九州大学 整形外科)

5年以上経過観察しえた 26 例 31 股(平均年齢 47 歳、男:女 1:1)を対象とした。再手術を施行した症例は 3 例 4 股(12.9%)であった。3 股は術後から持続する原因不明の股関節痛、1 股は遅発性感染が原因であり、再手術までの平均期間は 1.3 年(9 ヶ月~2 年)であった。outer head migration は 3 股に認められたが症状は呈しておらず、再手術を要するものはなかった。SF-36 を用いた QOL 調査では、Physical Component Summary 36.8、Mental Component Summary 50.4、であった。

1. 研究目的

特発性大腿骨頭壊死症(ONFH)に対するバイポーラ型人工骨頭置換術(BHA)に関して、X 線上関節症性変化のない stage3 での適応については意見の分かれるところであるが^{1) 4)}、これまでの報告のほとんどが医療サイドからの“客観的な”アウトカム指標を用いた研究結果であった。近年、Health-related Quality of Life(健康関連 QOL)という概念が確立している。これは、患者の視点に立脚した“主観的な”アウトカム指標の一つであり、その代表的なツールとして SF-36 がある。本研究の目的は、ONFH に対する BHA の中期成績を、客観的に評価することに加え、SF-36 を用いて主観的に評価することである。

2. 研究方法

対象は、1998 年 6 月から 2002 年 12 月の期間に BHA を施行された ONFH 症例のうち、70 歳未満の初回手術例で、5 年以上経過観察しえた 26 例 31 股である。手術時平均年齢は 47 歳、男女比 1:1 であった。ONFH 誘因は、ステロイド性 21 股、アルコール性 9 股、特発性 1 股、ONFH の術前病期は、3A:12 股、3B:18 股、4:1 股であった。機種は全例 Kyocera Perfix HA バイポーラであった。

X 線学的評価は、術後 1 年、最終経過観察時、及びその中間時点での両股関節 X 線 AP 像を用いて評価した。評価項目は、臼蓋側・大腿骨側の osteolysis

の有無、outer head migration (3mm 以上を有り)、stem loosening (3mm 以上の沈下または 5° 以上の角度変化を有り)である。臨床評価は、術前および最終経過観察時の JOA score を用いて評価した。QOL 評価には、SF-36v2 (Medical Outcomes Trust, the Health Assessment Lab, Quality Metric Incorporated, Fukuhara S)を用いて、国民標準値との比較を行った⁵⁾。

3. 研究結果

経過観察中に再手術が施行されたのは、3 例 4 股(12.9%)であった。2 例 3 股は、術後から持続する原因不明の疼痛であり、THA への conversion 後も症状の改善はなかった。1 股は遅発性感染であった。再手術までの平均期間は平均 1.3 年(9 ヶ月~2 年)であった。

JOA score(平均±標準偏差)は、術前 56.0 ± 14.2 、最終時 85.9 ± 11.5 であり、有意な改善を認めた($p < 0.0001$)。

X 線学的には、Outer head migration を 2 例 3 股(11.1%)に認め、術前病期 3B が 2 股、4 が 1 股であった。平均観察期間 7.3 年であった。Osteolysis および stem loosening は認めなかった。

国民標準値に基づくスコアリングによる BHA 患者の SF-36 プロフィール(図)では、8 つのサブスケールの中で活力と心の健康を除いて国民標準値を下回って

いた。統計学的には、身体機能、全体的健康感、日常役割機能(精神)において、国民標準値との差を認めたが、体の痛みに関しては有意差を認めなかった。サマリースコアでは、身体的な側面における QOL を示す Physical Component Summary (PCS) において、国民標準値との差を認めた。

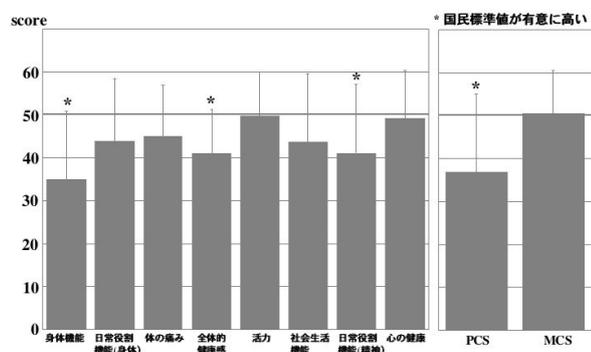


図: 国民標準値に基づくスコアリングによる BHA 患者の SF-36 プロフィール

4. 考察

ONFH に対する BHA の術後成績に関して、対象を stage3 に限定した中期成績^{2),3)}は概ね良好であるのに対し、対象に stage4 が含まれている報告⁴⁾では明らかにその成績は劣っている。従って、関節症性変化のない時期 (stage3 まで) に適応を限定すれば、outer head migration は起こりうるものの、BHA の中期成績は比較的安定していると思われる。

BHA 患者の QOL は、国民標準と比較すると身体的側面での QOL 低下があることが示唆された。しかし、THA 症例 (対象は ONFH 症例) の SF-36 スコアと比較すると、PCS のレベルに大きな差は認めず (THA 39.1⁶⁾, BHA 36.8)、BHA 症例における身体的側面における QOL レベルは THA 症例と同程度であると思われた。

5. 結論

- ONFH に対する BHA の中期成績は、股関節痛と感染による再手術例を 3 例 4 股 (12.9%) に認めたが、outer head migration (発生率: 11.1%) や stem loosening (0%) による再手術例は認めなかった。
- BHA 患者の QOL は、身体的側面において国民標準値を下回っていたが、疼痛に関しては有意差を認めなかった。

6. 研究発表

- 論文発表
 - Motomura G, Yamamoto T, Miyanishi K, Kondo K, Hirota Y, Iwamoto Y. Risk Factors for Developing Osteonecrosis after Prophylaxis in Steroid-Treated Rabbits. J Rheumatol. in press.
 - Motomura G, Yamamoto T, Irisa T, Miyanishi K, Iwamoto Y. Dose Effects of Corticosteroids on the Development of Osteonecrosis in Rabbits. J Rheumatol. in press.

7. 学会発表

なし

7. 知的所有権の取得状況

1. 特許の取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

8. 参考文献

- Tsumura H, Torisu T, Kaku N, Higashi T. Five- to fifteen-year clinical results and the radiographic evaluation of acetabular changes after bipolar hip arthroplasty for femoral head osteonecrosis. J Arthroplasty. 2005;20:892-7.
- Lee SB, Sugano N, Nakata K, Matsui M, Ohzono K. Comparison between bipolar hemiarthroplasty and THA for osteonecrosis of the femoral head. Clin Orthop Relat Res. 2004;424:161-5.
- Chan YS, Shih CH. Bipolar versus total hip arthroplasty for hip osteonecrosis in the same patient. Clin Orthop Relat Res. 2000;379:169-77.
- Ito H, Matsuno T, Kaneda K. Bipolar hemiarthroplasty for osteonecrosis of the femoral head. A 7- to 18-year followup. Clin Orthop Relat Res. 2000;374:201-11.
- Fukuhara S, Suzukamo Y: Manual of the SF-36v2 Japanese version. Institute for Health Outcomes & Process Evaluation Research, Kyoto, 2004.
- Seki T, Hasegawa Y, Masui T, Yamaguchi J,

Kanoh T, Ishiguro N, Kawabe K. Quality of life following femoral osteotomy and total hip arthroplasty for nontraumatic osteonecrosis of the femoral head. J Orthop Sci.2008;13:116-21.

Mayo 骨温存型人工股関節の骨反応の検討

中西亮介、渥美 敬、柁原俊久、玉置 聡、加藤英治、渡辺 実 (昭和大学藤が丘病院)

特発性大腿骨頭壊死は青壮年に好発するため関節温存が望まれる治療法であるが、適応がない場合人工股関節置換術(以下 THA)を選択せざるを得ない場合がある。今回我々は、特発性大腿骨頭壊死症に Mayo conservative hip(以下 Mayo hip)を用いた THA を施行し 2 年以上経過観察し得た症例の臨床評価と単純 X 線の骨変化を中心に検討したので報告する。

1. 対象および方法

2003 年 2 月から 2005 年 12 月の間に、特発性大腿骨頭壊死症 19 例 23 関節に対して Mayo hip を用いた THA を行った。男性 14 例 17 関節、女性 5 例 6 関節であった。

手術時年齢は平均 38 歳(24 ~ 55 歳)、平均経過観察期間は 3.2 年(2 ~ 5.1 年)、壊死発症の誘因はステロイド投与 7 例、アルコール多飲 12 例である。特発性大腿骨頭壊死症の班会議分類で術前病型は TypeC-1:1 関節、TypeC-2:22 関節、術前病期は Stage3A:1 関節、Stage3B:13 関節、Stage4:9 関節であった。術中の合併症としてステム挿入時の大腿骨近位部の骨折を 2 関節に認めたと、ワイヤリングなどの追加処置は加えずリハビリを遅らせることで対処した。手術は全例 posterolateral approach で行いステムの挿入は舌間⁶⁾が報告しているように行った。特にラッピングの際はステムが内反位に入らないように頸部外側を十分削るように工夫した。

後療法は術後 3 日目で車椅子乗車を許可。術後 7 日目で平行棒内での歩行訓練を開始することを基本とした。検討項目は、臨床評価を日整会股関節機能判定基準(以下、JOA hip score)で、X 線評価を Dorr ratio^{8,9)}、Canal ratio⁹⁾、spot welds の出現について評価した。

2. 研究結果

JOA hip score は術前平均 56.1 (46 ~ 71)点が術後平均 98.3(93 ~ 100) 点と改善した。各項目でも改善を認めた。Dorr ratio はステロイド性平均 0.44(0.37 ~ 0.55)、アルコール性平均 0.51(0.38 ~ 0.68)であった。

Canal ratio はステロイド性平均 0.43(0.37 ~ 0.48)、アルコール性平均 0.49(0.37 ~ 0.67)であった。Dorr ratio, Canal ratio ともにアルコール性で有意に大きい傾向を認めた($p < 0.05$)。spot welds は経過観察中 23 関節中 20 関節、平均 8 ヶ月で出現していた。近位から遠位に向かう形状で Gruen¹⁾の Zone2.6 に出現していた。ステロイド性は 8 関節中 7 関節に平均 5.1 ヶ月で、アルコール性は 15 関節中 13 関節に平均 10 ヶ月で spot welds が出現していた。

術後の合併症は、術直後と最終観察時の単純 X 線の比較で約 3° の変化をアルコール性の 2 関節に認めたと臨床症状には問題なく経過観察としている。感染・脱臼・再置換に至った症例はなく、大腿部痛を訴えたものはなかった。

3. 考察

我々は、青壮年の特発性大腿骨頭壊死症で骨頭温存の不可能な症例が早期の社会復帰を望まれる症例に Mayo hip を用いて THA を施行している。Mayo hip は 1981 年 Morrey^{4,5)}により開発され 1. 近位固定 2. ステムの形状が前後、内外側方向にテーパ形状を有している 3. 髓腔を過度に侵襲しないという特徴を持っている。初期にはテーパ形状で髓腔近位において多点接触により固定性を獲得。長期にはステムのファイバーメッシュ部分での bone ingrowth とコランダム加工部分での bone ongrowth により生物学的固着を獲得するとされている。本邦でも良好な短期成績が報告されている^{2,3,7)}。

spot welds はステムの動きのない状態で応力がかかり緻密骨形成が得られたことを示すとされている。

壺内ら¹⁰⁾は平均観察期間 27.1 ヶ月で spot welds を 96.4% に認めたと報告している。我々の本調査では 87% に観察された。また、Dorr ratio, Canal ratio を計測した結果アルコール性の髓腔がストーブパイプ様であったが spot welds の出現に問題はなかった。Mayo hip の良好な荷重伝達と固定性に問題がないことが示唆された。

4. 結語

1. Mayo 骨温存型ステムを臨床的、X 線学的に評価し検討した。
2. Dorr ratio, Canal ratio とともに有意にアルコール性 ON の方が大きい傾向にあったが spot welds の出現と関連は見られなかった。
3. Spot welds は経過観察中に 20 関節(87%)、術後平均 8 ヶ月で出現していた。本ステムの良好な荷重伝達が示唆され、固定性は問題ないと考えられた。
4. 術後平均観察期間が平均 3.2 年であるため、さらなる中・長期成績の検討が必要と考えられた。

5. 参考文献

- 1) Gruen TA., et al.: Mode of failure of cemented stem type femoral components: a radiographic analysis of loosening. Clin. Orthop., 141:17-27,1979.
- 2) 荷田 啓一郎ほか : Mayo conservative hip prosthesis を用いた人工股関節置換術の成績 .Hip Joint,32:491-493,2006.
- 3) 黒瀬靖郎ほか : Mayo 骨温存型人工股関節ステムの紹介と使用経験 . 中部整災誌 ,48:381-382,2005.
- 4) Morrey,BF.,et al.:A conservative femoral replacement for total hip arthroplasty. A prospective study. J Bone joint Surg Br.,82(7):952-958,2000.
- 5) Morrey,BF.:Short-Stemmed Uncemented Femoral Component for Primary Hip Arthroplasty. Clin Orthop., (249):169-175, 1989.
- 6) 舌間崇士ほか : Mayo 骨温存型人工股関節ステムの使用経験.Hip joint, 30:555-557, 2004.
- 7) 柁原俊久ほか : 大腿骨頭壊死症に使用した Mayo 骨温存型人工股関節の短期成績 . Hip joint, 33:256-258, 2007.

- 8) Dorr,L., et al.: Structural and cellular assessment of bone quality of proximal femur. Bone .,3:231,1993.
- 9) Piers ,J., et al.: Fractures of modern high nitrogen stainless steel cemented stems. J Arthroplasty.,23(2):188-196.
- 10) 壺内貢ほか : Mayo Conservative Hip を用いた THA の短期成績 . 日本人工関節学会誌 ,37:22-23,

多断面再構築(MPR)画像ソフトウェアを用いた三次元 MR 画像上での 簡便な骨頭回転骨切り術シミュレーション法

小山 毅、高尾正樹、西井 孝、坂井孝司、花之内健仁、塩見俊行、
中原一郎、北田 誠、津田晃佑、中村宣雄、吉川秀樹、菅野伸彦

(大阪大学大学院医学系研究科 器官制御外科学)

大腿骨頭壊死症に対して三次元 MR 画像から抽出した骨および壊死域のモデルを用いて骨頭回転骨切り術シミュレーションを行ない、任意の回転・内反の角度に対して、術後に予定される荷重部健全率を計測する方法を我々が過去に発表した¹⁾が、この方法の欠点は MR 画像から対象物を切り分ける作業に数日間も要することであった。そこで今回、MR 画像の切り分け作業は行わず、多断面再構築(MPR)画像ソフトウェアを用いて三次元 MR 画像上で手術シミュレーションを簡便に 1 時間以内で行なう方法を考案した。

1. 研究目的

大腿骨頭壊死症に対する骨頭回転骨切り術は、関節温存のための有効な治療法ではあるが、症例の適応選択および術前計画が重要である。術後の荷重部健全率が 34%以上あれば成績が良いと報告されている¹⁾。大腿骨頭壊死症に対し、三次元 MR 画像を用いて、抽出した三次元モデルにより骨頭回転骨切り術のシミュレーションを行ない、術後の荷重部健全率を定量評価する方法を過去に我々が発表した²⁾。この方法では、骨切り術による壊死領域の移動が分かりやすく可視化され、しかも定量化されるという利点があるが、三次元 MR 画像から大腿骨および壊死領域を切り分けて抽出する作業に長時間を要した。

そこで今回、この切り分け作業は行わず、多断面再構築 (Multi-Planar Reconstruction; MPR) の DICOM 画像描画ソフトウェアを用いて、骨頭回転骨切り術のシミュレーションと同様のことを行ない、術後に予定される荷重部健全率の計測を簡便に行なう方法を考案した。

2. 研究方法

DICOM 画像描画ソフトウェアとして、Aze 社の Virtual Place™ を用いた。このソフトウェアでは、任意の平面で MPR 断面を表示することが可能であり、その平面は座標平面に平行でなくてもよい。大腿骨頭

壊死症の三次元 MR 画像としては、三次元 spoiled gradient-echo recalled (3D SPGR) MRI³⁾ の画像を用いた。

この研究では、大腿骨頸部軸は、骨頭中心を通るように設定した。DICOM 画像描画ソフトウェア上にて、まず水平断面で頸部軸に沿った直交断面を作成し大腿骨頸部中心を通る冠状斜断面を描出する(図 1 step1)。次に頸部軸に垂直な断面を作成し(図 1 step2)、頸部軸を中心に任意の角度で回転させた断面を作成する(図 1 step3)。この時点で頸部軸に任意の角度に回転させた断面像ができるが内反を加える場合は頸部軸の角度を調整する(図 1 step4)。

次にこの段階での断面は頸部軸を通る断面であり、骨頭中心周りに大腿骨頸部前捻角を戻して冠状断面を再構成する(図 2 step5)。最後に回転前後の画像を重ねあわせ、回転前後の班会議病型分類の変化や、臼蓋荷重部に占める骨頭健全部の割合(荷重部健全率)を評価する(図 3 step6)。

3. 研究結果

MR 画像を切り分けて作成した三次元モデルを用いて骨頭回転骨切り術シミュレーションを行なう従来の我々の方法と同様にして、任意の回転角度にて術後に予定される荷重部健全率を定量評価することが可能であった。

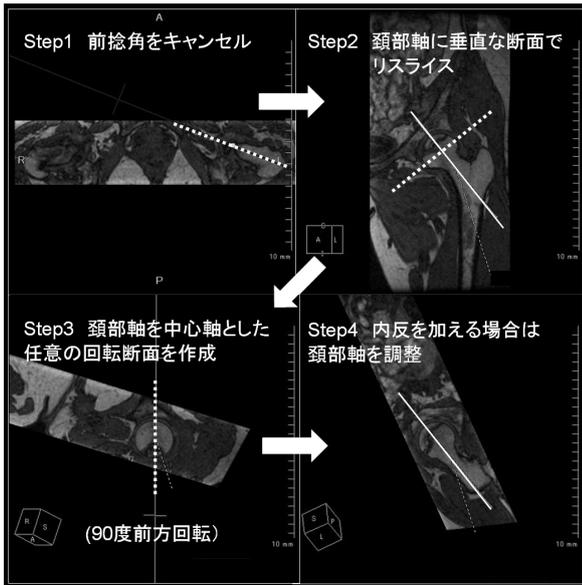


図 1: MPR 画像で、頸部軸を回転軸とする断面を設定作成する。(破線はスライス断面、実線は頸部軸)

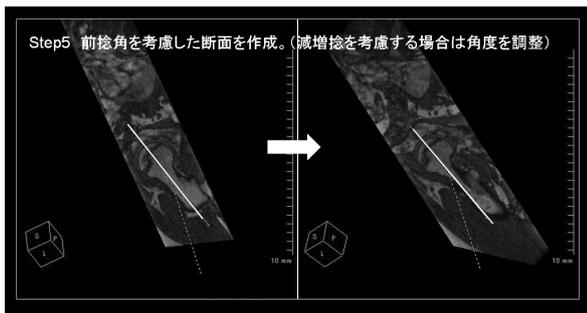


図 2: 頸部軸に沿って任意の角度に画像を回転させた後、前捻角をもった術後の冠状断画像を作成する。(実線は頸部軸)

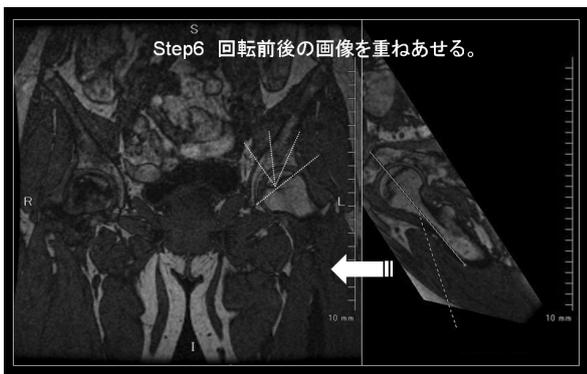


図3 回転前の画像と重ねあわせ、白蓋荷重部との位置関係进行评估する。(破線は病型分類基準線)

三次元画像の切り分けが不要なので、前方回転 60度および80度、さらに、後方回転 120度、150度というように回転角度を何点か設定して骨頭回転骨切

り術シミュレーションを行なう場合でも、概ね 1時間以内で作業が可能であった。

4. 考察

三次元 MR 画像の切り分け(セグメンテーション)によって三次元モデルを抽出した後で骨頭回転骨切り術シミュレーションを行なう従来の我々の方法では、手術シミュレーションを可視化できるという利点がある。一方、この三次元画像の切り分け作業に膨大な労力と時間が費やされ、数日間も要するという欠点があった。今回 考察した、MPR 画像描画ソフトによる方法では、この切り分け作業が不要であるため、作業時間が概ね 1 時間以内と、大幅に短縮され、骨頭回転骨切り術シミュレーションを簡便に行なうことができた。

問題点としては、MRI 座標軸を基準にしていることである。骨盤、股関節ともに中間位で撮影されている場合は問題ないが、そうでない場合はあらたに座標軸を設定しなおす必要がある。MRI は FOV が限られているため、骨盤座標や大腿骨座標が設定しにくく、CT data と融合するなど今後の改良が必要な点である。

5. 研究発表

1. 論文発表

1) Koyama T, Sugano N, Nishii T, Miki H, Takao M, Sato Y, Yoshikawa H, Tamura S. MRI-based surgical simulation of transtrochanteric rotational osteotomy for femoral head osteonecrosis. J Orthop Res, in press.

2. 学会発表

1) 小山 毅、菅野 伸彦、西井 孝、三木 秀宣、高尾 正樹、花之内 健仁、吉川 秀樹: MRI による大腿骨頭壊死症に対する回転骨切り術シミュレーション. 第 32 回日本股関節学会、新潟、2005.11.7.

2) 小山 毅、菅野 伸彦、西井 孝、三木 秀宣、高尾 正樹、花之内 健仁、佐藤 嘉伸、田村 進一、吉川 秀樹: MRI を用いた大腿骨頭壊死症に対する骨頭回転骨切り術シミュレーション. 第 14 回日本コンピュータ外科学会、千葉、2005.11.20.

3) Koyama T, Sugano N, Nishii T, Miki H, Takao M, Sato Y, Yoshikawa H, Tamura S. MRI-based surgical simulation of transtrochanteric rotational osteotomy for femoral head osteonecrosis. 20th

International Congress and Exhibition of
Computer Assisted Radiology and Surgery
(CARS), Osaka, Japan, Jun 28 -Jul 1, 2006.

6. 知的所有権の取得状況

1. 特許の取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

7. 参考文献

- 1) Miyanishi K, Noguchi Y, Yamamoto T, Irisa T, Suenaga E, Jingushi S, Sugioka Y, Iwamoto Y. Prediction of the outcome of transtrochanteric rotational osteotomy for osteonecrosis of the femoral head. J Bone Joint Surg Br. 82: 512-6, 2000.
- 2) 小山 毅、菅野 伸彦、西井 孝、三木 秀宣、高尾 正樹、花之内 健仁、中村 宣雄、吉川 秀樹: 三次元MRIを用いた骨頭回転骨切り術シミュレーション. 厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患克服研究事業 特発性大腿骨頭壊死症の予防と治療の標準化を目的とした総合研究班 平成16～18年度総合研究報告書, 2007.
- 3) Disler DG, Peters TL, Muscoreil SJ, Ratner LM, Wagle WA, Cousins JP, Rifkin MD. Fat-suppressed spoiled GRASS imaging of knee hyaline cartilage: technique optimization and comparison with conventional MR imaging. AJR Am J Roentgenol. 163:887-92, 1994.

多断面再構築(MPR)画像ソフトウェアを用いた三次元 MR 画像上での

簡便な骨頭回転骨切り術シミュレーション法 (第二報)

小山 毅、高尾正樹、西井 孝、坂井孝司、花之内健仁、塩見俊行、
中原一郎、北田 誠、津田晃佑、中村宣雄、吉川秀樹、菅野伸彦

(大阪大学大学院医学系研究科 器官制御外科学)

大腿骨頭壊死症に対して三次元MR画像から抽出した骨および壊死域の三次元モデルを用いて骨頭回転骨切り術のシミュレーションを行ない、任意の回転・内反の角度に対して、術後に予定される荷重部健全率を計測する方法を我々が過去に発表したが、この方法は、骨切りによる壊死域の位置変化を可視化できるという利点がある反面、MR画像から骨および壊死域を切り分ける作業に膨大な時間が掛かるという欠点があった。そこで、MR画像の切り分け作業は行わず、多断面再構築(Multi-Planar Reconstruction; MPR)画像ソフトウェアを用いて三次元MR画像上で骨頭回転骨切り術シミュレーションを簡便に行なう方法を考案し、平成19年度に報告した。その際、特殊な高機能の画像解析ソフトウェアを用いたが、今回、JMM社のソフトウェア「3Dテンプレート」を用いて同様なシミュレーションを簡便に行なう方法を考案し検証した。

1. 研究目的

大腿骨頭壊死症に対する骨頭回転骨切り術は、関節温存のための有効な治療法ではあるが、症例の適応選択および術前計画が重要である。術後の荷重部健全率が34%以上あれば成績が良いと報告されている¹⁾が、術後に予定される荷重部健全率を術前に定量評価することは従来は困難であった。そこで、大腿骨頭壊死症に対し、三次元MR画像を用いて、抽出した三次元モデルにより骨頭回転骨切り術のシミュレーションを行ない、術後の荷重部健全率を定量評価する方法を過去に我々が発表した²⁾。この方法では、骨切り術による壊死領域の位置変化が分かりやすく可視化され、しかも定量化されるという利点があるが、三次元MR画像から大腿骨および壊死領域を切り分けて抽出する作業に膨大な時間を要した。

そこで、この切り分け作業は行わず、多断面再構築 (Multi-Planar Reconstruction; MPR) のDICOM画像描画ソフトウェアを用いて、骨頭回転骨切り術のシミュレーションと同様のことを行ない、術後に予定される荷重部健全率の計測を簡便に行なう方法を考案し、平成19年度に報告した。ここで用いたソフトウェアはAze社の「Virtual PlaceTM」であり、高機能

な画像解析ソフトウェアではあるが、高価であり普及していないという問題点があった。今回、DICOM画像描画ソフトウェアとして、日本メディカルマテリアル(JMM)社から日本国内で広く供給されているソフトウェア「3Dテンプレート」を用いて同様なシミュレーションを簡便に行なう方法を考案し検証した。

2. 研究方法

DICOM画像描画ソフトウェアとして、日本メディカルマテリアル(JMM)社の「3Dテンプレート」を用いた。このソフトウェアでは、任意の平面でMPR断面を表示することが可能であり、その平面は座標平面に平行でなくてもよい。大腿骨頭壊死症の三次元MR画像としては、三次元spoiled gradient-echo recalled (3D SPGR) MRI³⁾の画像を用いた。なお、「3Dテンプレート」は、一般的な股関節MR画像のような冠状断のDICOM画像を直接読み込むことができない仕様になっているため、MRI撮影の条件設定、あるいは撮影機器のソフトウェアを用いて、MR画像を水平断のDICOM画像にしておく必要がある。

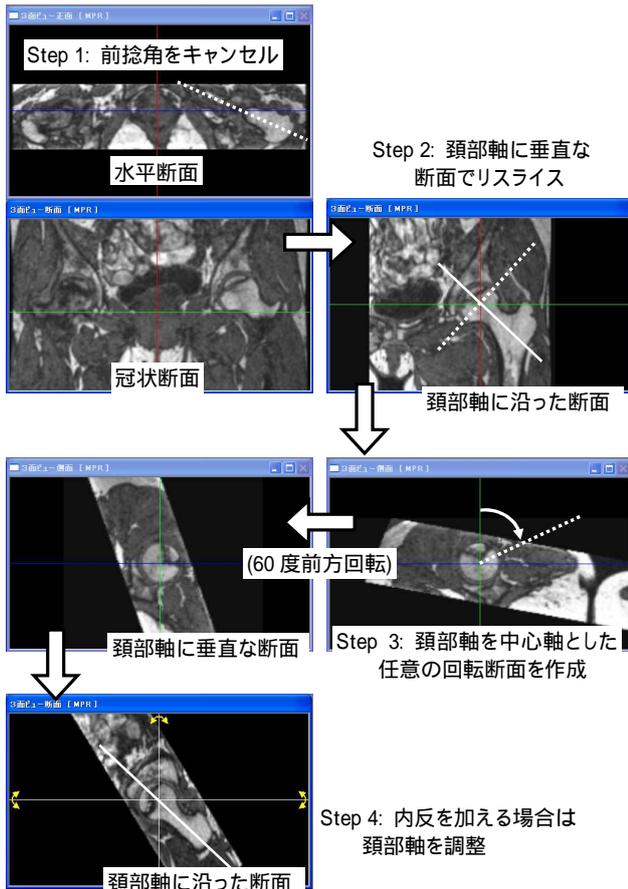


図 1: MPR 画像で、頸部軸を回転軸とする断面を設定作成する。(破線はスライス断面、実線は頸部軸)

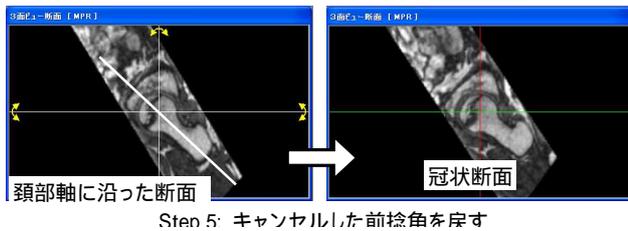


図 2: 頸部軸に沿って任意の角度に画像を回転させた後、前捻角をもった術後の冠状断画像を作成する。(実線は頸部軸)

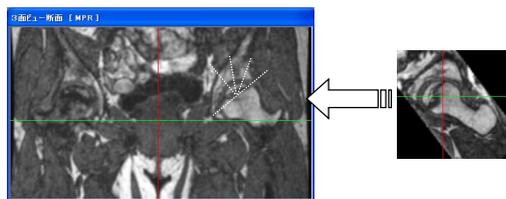


図 3: 回転前の画像と重ね合わせ、臼蓋荷重部との位置関係进行评估する。(破線は病型分類基準線)

この研究では、大腿骨頸部軸は、骨頭中心を通るように設定した。DICOM 画像描画ソフトウェア上にて、まず水平断面で頸部軸に沿った直交断面を作成し大腿骨頸部中心を通る冠状斜断面を描出する(図 1 Step 1)。次に頸部軸に垂直な断面を作成し(図 1 Step 2)、頸部軸を中心に任意の角度で回転させた断面を作成する(図 1 Step 3)。この時点で頸部軸に任意の角度に回転させた断面像ができるが内反を加える場合は頸部軸の角度を調整する(図 1 Step 4)。

次にこの段階での断面は頸部軸を通る断面であり、骨頭中心周りに大腿骨頸部前捻角を戻して冠状断面を再構成する(図 2 Step 5)。最後に回転前後の画像を重ね合わせ、回転前後の班会議病型分類の変化や、臼蓋荷重部に占める骨頭健全部の割合(荷重部健全率)を評価する(図 3 Step 6)。

3. 研究結果

MR 画像を切り分けて作成した三次元モデルを用いて骨頭回転骨切り術シミュレーションを行なう従来の我々の方法と同様にして、任意の回転角度にて術後に予定される荷重部健全率を定量評価することが可能であった。さらに、「3D テンプレート」では、回転角度を数値で入力して決められるという利点があった。

今回の方法では、三次元画像の切り分けが不要なので、前方回転 60 度、80 度、後方回転 120 度、150 度のシミュレーションで 1 例当たり平均 15 分で作業が可能であった。

4. 考察

三次元 MR 画像の切り分け(セグメンテーション)によって三次元モデルを抽出した後で骨頭回転骨切り術シミュレーションを行なう従来の我々の方法では、手術シミュレーションを可視化できるという利点がある。一方、この三次元画像の切り分け作業に膨大な労力と時間が費やされ、数日間も要するという欠点があった。今回 考案した、MPR 画像描画ソフトによる方法では、この切り分け作業が不要であるため、1 例当たりの作業時間が概ね 15 分前後と、大幅に短縮され、骨頭回転骨切り術シミュレーションを簡便に行なうことができた。

以前の我々の発表では、座標軸に平面でなくてもよい任意の平面で断面の表示が可能で MPR 画像ソフトウェアとして別のソフトウェアを用いていたが、これ

は高機能である反面、あまり普及していないソフトウェアであった。「3D テンプレート」は術前計画および術後解析の目的で、近年日本で広く使用されつつあるが、今回、このソフトウェアを用いて、MR 画像上で骨頭回転骨切り術シミュレーションを簡便に行なうことができた。

このシミュレーションで骨頭回転骨切り術の手術適応の有無を検討し、骨頭の回転および内反の角度の目標が決定できれば、手術の成功率を上げることが可能と考えられる。また骨頭の回転および内反の角度の目標が決定しているので、CT-basedの手術ナビゲーションやカスタムメイドのテンプレートを骨切りガイドとして用いたコンピュータ支援手術との連動も可能であると考えられる。

5. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Koyama T, Sugano N, Nishii T, Miki H, Takao M, Sato Y, Yoshikawa H, Tamura S. MRI-based surgical simulation of transtrochanteric rotational osteotomy for femoral head osteonecrosis. J Orthop Res, in press.

2. 学会発表

- 1) 小山 毅、菅野 伸彦、西井 孝、三木 秀宣、高尾 正樹、花之内 健仁、吉川 秀樹: MRI による大腿骨頭壊死症に対する回転骨切り術シミュレーション. 第 32 回日本股関節学会、新潟、2005.11.7.
- 2) 小山 毅、菅野 伸彦、西井 孝、三木 秀宣、高尾 正樹、花之内 健仁、佐藤 嘉伸、田村 進一、吉川 秀樹: MRI を用いた大腿骨頭壊死症に対する骨頭回転骨切り術シミュレーション. 第 14 回日本コンピュータ外科学会、千葉、2005.11.20.
- 3) Koyama T, Sugano N, Nishii T, Miki H, Takao M, Sato Y, Yoshikawa H, Tamura S. MRI-based surgical simulation of transtrochanteric rotational osteotomy for femoral head osteonecrosis. 20th International Congress and Exhibition of Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS), Osaka, Japan, Jun 28 -Jul 1, 2006.

6. 知的所有権の取得状況

1. 特許の取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

7. 参考文献

- 1) Miyanishi K, Noguchi Y, Yamamoto T, Irisa T, Suenaga E, Jingushi S, Sugioka Y, Iwamoto Y. Prediction of the outcome of transtrochanteric rotational osteotomy for osteonecrosis of the femoral head. J Bone Joint Surg Br. 82: 512-6, 2000.
- 2) 小山 毅、菅野 伸彦、西井 孝、三木 秀宣、高尾 正樹、花之内 健仁、中村 宣雄、吉川 秀樹: 三次元MRIを用いた骨頭回転骨切り術シミュレーション. 厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患克服研究事業 特発性大腿骨頭壊死症の予防と治療の標準化を目的とした総合研究班 平成16～18年度総合研究報告書, 2007.
- 3) Disler DG, Peters TL, Muscoreil SJ, Ratner LM, Wagle WA, Cousins JP, Rifkin MD. Fat-suppressed spoiled GRASS imaging of knee hyaline cartilage: technique optimization and comparison with conventional MR imaging. AJR Am J Roentgenol. 163:887-92, 1994.

特発性大腿骨頭壊死症に対する骨髄細胞移植

安永裕司

(広島大学大学院医歯薬学総合研究科人工関節・生体材料学)

山崎琢磨、寺山弘志、石川正和、越智光夫 (広島大学大学院医歯薬学総合研究科整形外科)

特発性大腿骨頭壊死症 (ION) に対し、骨壊死部への血管・骨再生を目的として 2005 年 7 月より連通孔性ハイドロキシアパタイト (interconnected porous calcium hydroxyapatite: IP-CHA) を足場材料とした骨髄単核球 (MNC) 移植の臨床応用を開始してきた。これまでに MNC 単独移植を行い術後 1 年以上経過したのは 22 例 30 関節であり、平均手術時年齢は 41 歳、平均経過観察期間は 24 ヶ月であった (MNC 群)。また細胞を用いずに IP-CHA のみ移植した 8 例 9 関節を対照群とし、平均手術時年齢は 49 歳、平均経過観察期間は 26 ヶ月であった (HA 群)。骨壊死領域周囲の修復層には MNC 群の 28 関節 (93%) で術後 6 ヶ月までに骨陰影の増強が確認されたが、HA 群では術後 12 ヶ月以降に緩徐な陰影増強を認めるのみであった。2mm 以上の骨頭圧潰の進行を MNC 群の 4 関節 (13%) に、HA 群の 6 関節 (67%) に認めた。

1. 研究目的

特発性大腿骨頭壊死症 (ION) は青壮年期に発症することが多いため、可能な限り関節温存に努力するべきである。本邦では大腿骨頭回転骨切り術や内反骨切り術、血管柄付き腸骨移植術などが主に行われてきたが、両側罹患例では長期の療養期間を要するため、青壮年期の患者では治療方針の決定に難渋することが多い。

近年、再生医療はあらゆる分野において注目を集めており、運動器疾患においても骨、軟骨、神経などの基礎的研究や臨床応用が行われている。Asahara らは CD34 陽性細胞中に血管内皮前駆細胞の存在を報告し、以後末梢血管障害に対する再生医療として CD34 陽性細胞を含む骨髄単核球 (MNC) 移植の臨床応用が行われている¹⁾²⁾。ION に対しても骨壊死部への血管・骨再生を目的として core decompression に加えた MNC の骨壊死部への注入が試みられている³⁾⁴⁾。当科においても実験的研究により骨髄内の血管・骨再生のための細胞源として MNC の有用性が確認され⁵⁾⁷⁾、この結果に基づいて広島大学病院倫理委員会の承認の下、ION 発生後に低侵襲な方法で骨頭圧潰の進行を予防することを目的に、2005 年 7 月から MNC 移植の臨床応用を開始してきた⁸⁾¹¹⁾。また並行してラット大腿骨頭壊死モデルを用いた、ヒト末梢血由来 CD34 陽性細胞の移

植による骨壊死領域の血管再生、骨修復促進効果に関する基礎研究も進めてきた。

2. 研究方法

(1) ノードラット骨頭壊死モデルを用いたヒト末梢血由来 CD34 陽性細胞による骨修復の基礎研究
異種間による移植実験のためノードラットを使用し大腿骨頭壊死モデルを作製した。移植細胞には Cambrex 社より購入した凍結保存ヒト CD34 陽性細胞を使用した。CD34 移植群には 1×10^5 個ずつ PBS に調整した CD34 陽性細胞を、壊死作成直後に大腿静脈より経静脈的に移植した。対照群には PBS のみを経静脈的に投与した。

評価方法として肉眼的評価で骨壊死による頸部骨折の有無を、骨頭の経時的観察が可能な in vivo micro-CT を用いて骨頭の変形・陥没を評価する目的で骨頭体積の計測を行った。組織学的評価は HE 染色にて行い、さらにマイクロフィルを用いて新生血管の造影を行い、血管内皮マーカーである vWF、骨芽細胞マーカーであるオステオカルシンとヒト特異的ミトコンドリア抗体を用いて細胞内における移植細胞の評価を行った。

(2) MNC 分画中の CD34 陽性細胞数の基礎研究
ION に対して MNC 移植を行った 24 例 36 関節を