

図1 大腿骨頭壊死の修復率と病型分類の関係 (Kaplan-Meire 法)。10年間の累積修復率は type A 57%、type B 50%、type C1 35%、type C2 42%である。最終観察時の修復率は type A 100%、type B 71%、type C1 50%、type C2 48%である。

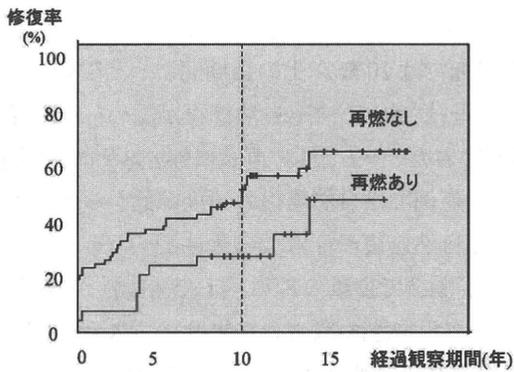


図2 大腿骨頭壊死の修復率とSLE再燃の関係 (Kaplan-Meire 法)。10年間の累積修復率は再燃なし 47%、再燃あり 27%である。最終観察時の修復率は再燃なし 59%、再燃あり 33%である。

症例供覧

症例1 22歳女性。ステロイド投与後1ヵ月では骨壊死所見は明らかでなかったが(図3A)、3ヶ月後にtype C1の右大腿骨頭壊死を認めた(図3B)。14年後のMRIでは前方から後方までのすべてのスライスで、骨壊死を示唆するバンド像や信号強度の変化は消失しており、骨壊死の消失と診断した(図3C)。

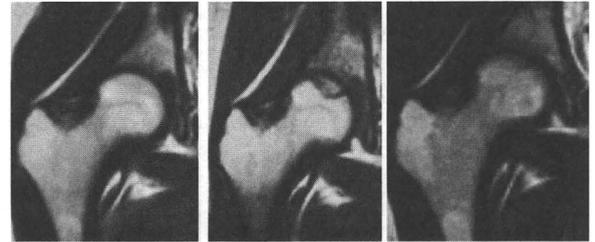


図3A 1ヶ月後 図3B 3ヶ月後 図3C 14年後

症例2 19歳女性。ステロイド投与3ヶ月後にtype C2の左大腿骨頭壊死を認めたが(図4A)、4年後には自然修復してtype C1となり(図4B)、17年後には骨壊死は消失した(図4C)。



図4A 3ヶ月後 図4B 4年後 図4C 17年後

症例3 30歳女性。ステロイド投与2ヶ月後にtype C1の右大腿骨頭壊死を認めたが(図5A)、9年後には自然修復してtype Bとなり(図5B)、19年後には骨壊死は消失した(図5C)。

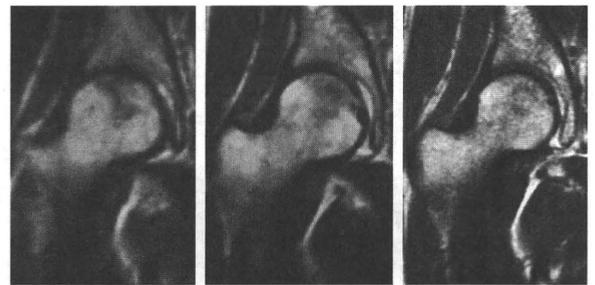


図5A 2ヶ月後 図5B 9年後 図5C 19年後

症例4 15歳女性。ステロイド投与3ヶ月後にtype C2の右大腿骨頭壊死を認めたが(図6A)、2年後には自然修復してtype C1となり(図6B)、14年後にはtype Aとなった(図6C)。

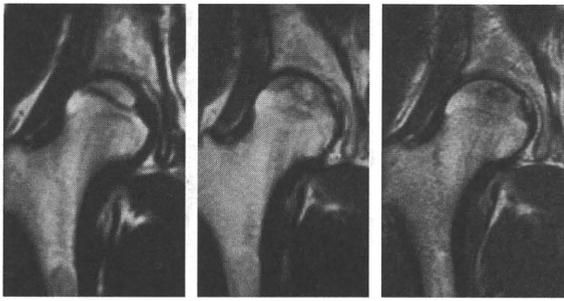


図 6A 3ヶ月後
図 6B 2年後
図 6C 14年後

症例5 24歳女性。ステロイド投与3ヶ月後にtype C2の右大腿骨頭壊死を認めたが(図7A)、1年4ヵ月後には自然修復してtype Bとなった(図7B)。10年後のMRIでは骨頭中心を通るスライスには壊死範囲を認めないが、骨頭の前方に小さな壊死が残存しているためtype Aと診断した(図7C)。

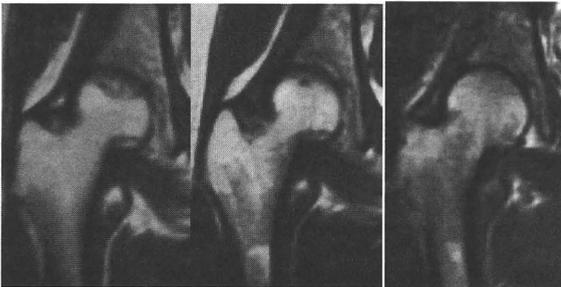


図 7A 3ヶ月後
図 7B 1年4ヵ月後
図 7C 10年後

症例6 34歳女性。ステロイド投与6ヶ月後にtype C1の右大腿骨頭壊死を認めたが(図8A)、4年後には自然修復してtype Bとなった(図8B)。13年後のMRIではわずかに壊死が残存しているためtype Aと診断した(図8C)。

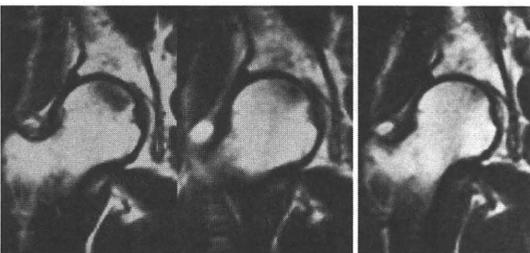


図 8A 6ヶ月後
図 8B 4年後
図 8C 13年後

4. 考察

Sakamoto⁵⁾はステロイド投与後10ヶ月までは骨壊死の自然修復がみられたが、その後約2年間は変化

がなかったと述べている。本研究では10年以上にわたり壊死範囲は縮小し続けており、自然修復は継続することを示唆していた。しかし、完全消失に至ったのはわずか9%であったことから、骨壊死の修復過程は非常にゆっくりであり、長期間を要することを示していた。したがって、過去の報告は単純X線のみでの評価であったり、経過観察期間が短かったために修復を捉えることができなかった可能性がある。

本研究の限界として修復組織の組織学的検討を行っていない点があるが、MRI所見と組織所見が一致することはよく知られており、MRI上の壊死範囲の縮小は自然修復を示唆していると判断している。

自然修復に寄与する因子として壊死範囲が小さいことが明らかになったが、圧潰を生じなかった骨壊死では大部分が縮小していた。したがって、自然修復の条件として圧潰を生じさせないことが重要であり、壊死範囲は自然修復の予後予測因子になりうることを示唆された。

本研究では10年以上の長期間にわたりステロイド治療が継続されていても自然修復が認められることが示唆された。一方、SLE再燃に伴いステロイド増量となった症例では自然修復の頻度が低かった。したがって、自然修復のもう1つの条件としてSLEのコントロールが順調で少量のステロイドで活動性が維持されることが示唆された。この結果は経口ステロイドの一日投与量が骨壊死の病態に深く関わっていることを示唆していた⁸⁻⁹⁾。

SLEをはじめとする膠原病は生涯ステロイド治療を要することが多い。大腿骨頭壊死の長期経過とステロイド投与量の関係を引き続き研究していく必要があると思われる。

5. 結論

ステロイド性大腿骨頭壊死の自然修復の頻度は、10年以上の長期MRI観察研究において、51%であった。自然修復に寄与する因子は初診時病型分類、経過中のSLE再燃であり、Type Aは2.5倍、再燃なしは2.3倍修復しやすかった。

6. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Nakamura J, Harada Y, Oinuma K, Iida S, Kishida S, Takahashi K. Spontaneous repair of asymptomatic osteonecrosis associated with

corticosteroid therapy in systemic lupus erythematosus : 10-year minimum follow-up with MRI. *Lupus*. 2010; 19: 1307-1314.

- 2) 中村 順一、山本 晋士、中嶋 隆行、岸田 俊二、原田 義忠、老沼 和弘、飯田 哲、山下 桂志、清水 耕、坂本 雅昭. 全身性エリテマトーデスにおけるステロイド性骨壊死症非圧潰例のMRIによる長期自然経過観察. *Hip Joint* 2008; 34: 137-142.
2. 学会発表
- 1) Nakamura J, Harada Y, Oinuma K, Yamashita K, Yamamoto S, Nakajima T, Suzuki C, Iida S: MRI of steroid-induced osteonecrosis in systemic lupus erythematosus:10-year minimum follow-up. 75th Annual Meeting of American Academy of Orthopaedic Surgeons. San Francisco, California. 2008.3.5-9
 - 2) 中村 順一、原田 義忠、山本晋士、中嶋 隆行、池田啓、井上祐三朗、高橋和久. ステロイド性骨壊死症の非圧潰例は原疾患の再燃がなければ自然修復する—SLEにおけるMRI10年経過—、第81回日本整形外科学会学術総会. 札幌、2008.5.22-25

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

- 1) Kopecky KK, Braunstein EM, Brandt KD, et al. Apparent avascular necrosis of the hip: appearance and spontaneous resolution of MR findings in renal allograft recipients. *Radiology* 1991; 179: 523-527.
- 2) Sugano N, Ohzono K, Masuhara K, Takaoka K, Ono K. Prognostication of osteonecrosis of the femoral head in patients with systemic lupus erythematosus by magnetic resonance imaging. *Clin Orthop* 1994; 305: 190-199.
- 3) Kubo T, Yamazoe S, Sugano N, et al. Initial MRI findings of non-traumatic osteonecrosis of the femoral head in renal allograft recipients. *Magn Reson Imaging* 1997; 15: 1017-1023.
- 4) Yamamoto T, DiCarlo EF, Bullough PG. The prevalence and clinicopathological appearance of extension of osteonecrosis in the femoral head. *J Bone Joint Surg Br*. 1999; 81: 328-332.
- 5) Sakamoto M, Shimizu K, Iida S, Akita T, Moriya H, Nawata Y. Osteonecrosis of the femoral head. A prospective study with MRI. *J Bone Joint Surg Br*. 1997; 79: 213-219.
- 6) Oinuma K, Harada Y, Nawata Y, et al. Osteonecrosis in patients with systemic lupus erythematosus develops very early after starting high dose corticosteroid treatment. *Ann Rheum Dis* 2001; 60: 1145-1148.
- 7) Sugano N, Atsumi T, Ohzono K, Kubo T, Hotokebuchi T, Takaoka K. The 2001 revised criteria for diagnosis, classification, and staging of idiopathic osteonecrosis of the femoral head. *J Orthop Sci*. 2002; 7: 601-605.
- 8) Nakamura J, Ohtori S, Sakamoto M, Chuma A, Abe I, Shimizu K. Development of new osteonecrosis in systemic lupus erythematosus patients in association with long-term corticosteroid therapy after disease recurrence. *Clin Exp Rheum*. 2010; 28: 13-18.
- 9) Nakamura J, Saisu T, Yamashita K, Suzuki C, Kamegaya M, Takahashi K. Age at time of corticosteroid administration is a risk factor for osteonecrosis in pediatric patients with systemic lupus erythematosus: A prospective magnetic resonance imaging study. *Arthritis Rheum*. 2010; 62: 609-615.

MRI 撮影肢位による大腿骨頭壊死の壊死領域評価への影響

高尾正樹、西井孝、坂井孝司、吉川秀樹、菅野伸彦（大阪大学大学院医学研究科 整形外科）
中村宣雄（協和会病院 整形外科）

大腿骨頭壊死症の自然経過や治療効果を評価する際に MRI が用いられるが、文献上 MRI 画像のスライス位置のばらつきが散見される。画像による経時評価を行う際、撮影肢位を一定とし、それによりスライス位置の再現性を高めることが重要であると考えられるが、撮影肢位が、どの程度骨壊死の経時評価に影響を与えるかは明らかではない。MRI の撮影肢位が大腿骨頭壊死症の病型分類や大きさの評価にどの程度影響をあたえることを 3D-MRI のシミュレーションを用いて評価し、実際 2 回以上 MRI を撮影した症例でどの程度撮影肢位が再現でき、病型分類にどの程度影響しているかを検証をした。

1. 研究目的

特発性大腿骨頭壊死症(以下 ION)の自然経過や治療効果を評価する際に MRI が用いられるが、最近の高解像度 MRI を用いた研究報告でも MRI 画像のスライス位置のばらつきが散見される¹⁻³⁾。MRI 画像により経時評価を行う際、撮影肢位を一定としスライス位置の再現性を高めることが正確な評価に重要であると考えられる。一方で、MRI の撮影肢位がどの程度ばらつきがあり、そのばらつきがどの程度 ION の経時評価に影響を与えるかは明らかではない。本研究の目的は撮影肢位により MRI 正中冠状断像での壊死領域の広がりや部位の評価がどの程度影響を受けるかを検討することである。

2. 研究方法

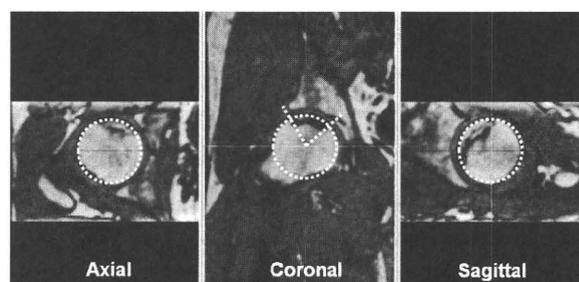
股関節の可動方向や可動量による壊死領域の広がりや部位の変化を評価するために 3D-MRI を用いたシミュレーションを行った。また実際 2 回撮影された MRI を用いて、MRI 撮影肢位がどの程度再現され、その撮影肢位の変化が壊死領域の評価にどの程度影響しているかを実際 2 回撮影された MRI を用いて評価した。

1. 3D-MRI simulation study

対象は ION 24 例である。診断目的で撮影された 3D-MRI の Database から、骨髄浮腫像は認めず壊死領域の辺縁の描出が良好である症例を選択した。班会議病型分類で Type A が 6 関節、Type B が 6 関節、

Type C1 が 6 関節、Type C2 が 6 関節であった⁴⁾。3D-MRI Data を DICOM 形式で 3 次元 Viewer (3D テンプレート、JMM) に読み込み、画像解析を行った。骨頭を球近似することで骨頭中心を求め、正中冠状断像を再構成した。股関節を屈曲、伸展、内旋、外旋方向に動かした場合の正中冠状断像を、骨頭中心を回転中心として断層像を回転させることでシミュレーションした。それぞれ 10 度刻みで 0-30 度まで移動させた。それぞれ正中冠状断像での壊死領域の広がりや、班会議病型分類 (Type 分類) を評価した。関節面での壊死領域の広がりや、骨頭中心から壊死領域の関節面での内側縁と外側縁を結ぶ直線を引き、それらのなす角度として求めた(図 1)。Type 分類は定義にしたがい評価した。それぞれの可動方向、可動量において壊死領域が 30 度以上変化した症例の割合と Type 分類が変化した症例の割合を求めた。

図1.関節面での壊死領域の広がり



2. 実際の MRI での検証

経過観察目的で 2 回 3D-MRI を撮影した ION 症

例のうち以下の基準を満たす 27 関節を対象とした。1. MRI 撮影間で骨頭圧潰の発生を認めない症例。 2. MRI 撮影間で壊死領域の体積計測を行い、1cm³ 以上の変動を認めなかった症例。

病期は stage 1 が 22 関節、stage2 が 5 関節であった。MRI 撮影間隔は平均 3 年(1-5 年)であった。班会議病型分類(Type 分類)は Type A が 5 関節、Type B が 6 関節、Type C1 が 11 関節、Type C2 が 5 関節であった。

3D-MRI 間で大腿骨同士の画像重ね合わせ(イメージレジストレーション)を行い、その変化量で屈曲伸展、内外転、内外旋方向の移動量を求めた。またそれぞれの 3D-MRI の正中冠状断像で type 分類を行い type が異なる症例があるかどうかを評価した。

3. 研究結果

関節面での壊死領域の広がり屈曲伸展方向の運動では、屈曲 10 度でも 13% の症例に 30 度以上の変化を認めた(図 2)。内外旋運動では、内旋 10 度で 13% の症例に 30 度以上の変化を認めた(図 3)。Type 分類は、屈曲伸展方向の運動では、屈曲 10 度で 29%、伸展 10 度で 13% の症例に Type 分類の変化を認め、屈曲すると Type が大きく、伸展すると小さく評価される傾向を認めた(図 4)。内外旋運動では、内旋 10 度で 17%、外旋 10 度で 13% に Type 分類の変化を認めた。外旋で Type 分類が大きくなる傾向を認めた(図 5)。

MRI 撮影肢位の変化であるが屈曲伸展方向は平均 2 度(0-9 度)、内外転方向が 3 度(0-7 度)、内外旋 8 度(0-28 度)であった。屈曲伸展、内外転方向は全例 10 度以内であったが、内外旋方向は 9 例(33%) が 10 度以上の変化を認めた(図 6)。9 例中 3 例で Type 分類の変化を認めた。

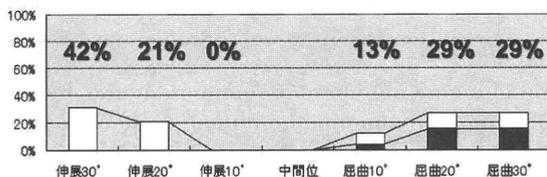


図 2. 屈曲伸展運動での壊死領域の広がり 30 度以上変動した症例の割合。灰色棒グラフが 30 度以上拡大した症例。白棒グラフが 30 度以上縮小した症例。

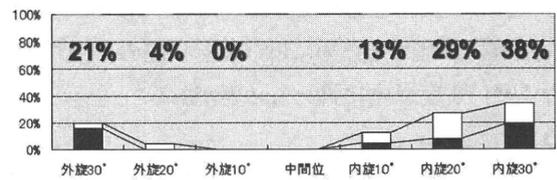


図 3. 内外旋運動での壊死領域の広がり 30 度以上変動した症例の割合。灰色棒グラフが 30 度以上拡大した症例。白棒グラフが 30 度以上縮小した症例。

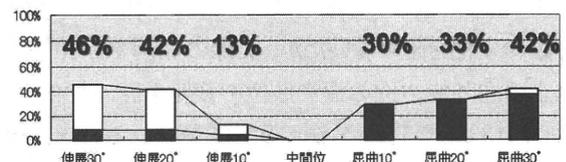


図 4. 屈曲伸展運動で Type 分類が変わった症例の割合。灰色棒グラフは Type 分類が大きくなった症例。白棒グラフは Type 分類が小さくなった症例。

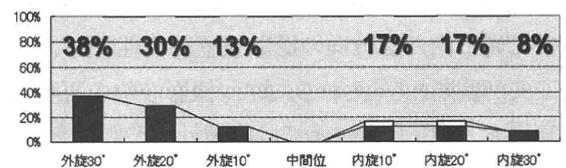


図 5. 内外旋運動で Type 分類が変わった症例の割合。灰色棒グラフは Type 分類が大きくなった症例。白棒グラフは Type 分類が小さくなった症例。

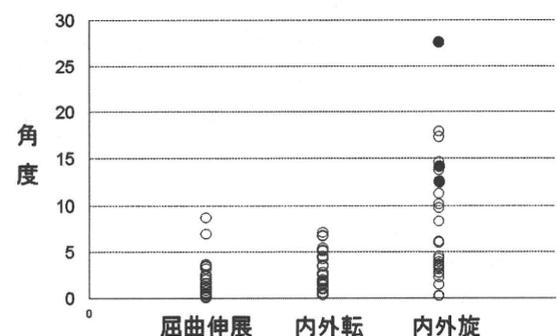


図 6. MRI 間の撮影肢位の相違。黒丸(●)は Type 分類が変化した症例。

4. 考察

3D-MRI のシミュレーションにおいて 10 度の屈伸、

内外旋運動でも最大 13%の症例で 30 度以上の壊死の広がりの変化を認めた。これは、壊死領域の変化を正確に評価するためには、撮影肢位の再現性を少なくとも 10 度以内に抑える必要があることを示している。

一方、実際の MRI 撮影でどの程度撮影肢位が再現性よくコントロールされているかも不明である。今回経過中疼痛の発生がなかった症例で撮影肢位の再現性を検証したが、屈曲伸展、内外転方向は全例 10 度以内であったが、内外旋方向では約 1/3 の症例で 10 度以上の誤差を認めた。MRI のシミュレーションでは 10-30 度の内外旋運動で最大 38%の症例に Type 分類の変化を認めていたが、実際の症例でも 10 度以上の内外旋方向の撮影肢位の変化を認めた 9 例中 3 例 (33%) で Type 分類の変化を認めシミュレーション結果と一致していた。一方撮影肢位が 10 度以内であった症例では Type 分類の変化は認めず、撮影肢位のずれが 10 度以内であれば Type 分類には影響がないことが実際の症例でも示された。

壊死領域の変化の正確な評価には、撮影装具を用いて特に内外旋方向の撮影肢位再現性を良くする工夫が重要と考えられる。また、撮影肢位の再現性の影響を完全に除外するには体積計測や画像をコンピュータにて重ね合わせるイメージレジストレーション法を用いる必要があると考えられた^{5, 6)}。

5. 結論

3D-MRI によるシミュレーションにて 10 度の肢位の違いでも壊死の関節面での広がりや Type 分類に影響を及ぼした。

股関節の MRI 撮影肢位の再現性は、内外旋方向で悪く、疼痛のない症例でも約 1/3 の症例で 10 度以上の差を認め、そのうち 1/3 の症例で Type 分類の相違を認めた。

6. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
第 37 回日本股関節学会

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

- 1) Gangji V, et al. Treatment of osteonecrosis of the femoral head with implantation of autologous bone-marrow cells. A pilot study. J Bone Joint Surg Am. 2004;86-A:1153-60.
- 2) Wang CJ, et al. Treatment for osteonecrosis of the femoral head: comparison of extracorporeal shock waves with core decompression and bone-grafting. J Bone Joint Surg Am. 2005;87:2380-7.
- 3) Wang CJ, et al. Treatment of osteonecrosis of the hip: comparison of extracorporeal shockwave with shockwave and alendronate. Arch Orthop Trauma Surg. 2008;128:901-8.
- 4) Sugano N, et al. The 2001 revised criteria for diagnosis, classification, and staging of idiopathic osteonecrosis of the femoral head. J Orthop Sci. 2002;7:601-5.
- 5) Takao M, et al. Application of three-dimensional magnetic resonance image registration for monitoring hip joint diseases. Magn Reson Imaging. 2005;23:665-70.
- 6) Takao M, et al.. Longitudinal quantitative evaluation of lesion size change in femoral head osteonecrosis using three-dimensional magnetic resonance imaging and image registration. J Orthop Res. 2006;24:1231-9.

特発性大腿骨頭壊死症の骨吸収領域の三次元評価

高尾正樹、西井孝、坂井孝司、吉川秀樹、菅野伸彦（大阪大学大学院医学研究科 整形外科）
中村宣雄（協和会病院 整形外科）

特発性大腿骨頭壊死症 (ION) の圧潰進行過程を調査するため、ION30 関節の 3D-CT data を用い壊死境界域の骨吸収領域の定量的評価を行った。前方の retinaculum 付着部と壊死境界部が交錯する部分での骨吸収領域が圧潰の進行に伴い増大し、後方に進展していた。

1. 研究目的

特発性大腿骨頭壊死症 (以下 ION) の骨頭圧潰は骨頭前方の壊死境界部に発生することが多く、股関節痛があり骨頭圧潰を疑う場合には単純X線の側面像の撮影が重要であることはよく知られている^{1,2)}。一方骨頭圧潰の発生の機序についてはその詳細は不明で、修復反応により脆弱となった壊死境界部を起点に発生するとの説や³⁾、壊死骨の力学的脆弱性による骨梁構築の破綻により発生するとの説があり⁴⁾、その詳細は不明である。また骨頭圧潰の進行についても一部微小圧潰で進行が停止する症例も報告されており⁵⁾、その進行機転は不明である。本研究の目的は ION の骨頭圧潰進行過程における骨吸収領域の局在に着目し、骨頭圧潰進行機序を検討することである。

2. 研究方法

対象は術前に 3D-CT を撮影した手術側とその反対側を含む ION30 関節である。班会議病期分類で stage 2 が 6 関節、stage 3A が 15 関節、stage 3B が 9 関節であった。骨頭中心を健常部の軟骨下骨に球近似することで求め、頸部最狭部の中心を求めこの 2 点から頸部軸を設定した。頸部軸と直交する頸部最狭部の断面像で内側に最も突出した点を設定し、この頸部内側と頸部軸をとる冠状断像を基準画像とし、骨頭を 8 等分する連続する 7 つの冠状断像を作成した (図 1)。各断面像で壊死境界部の骨吸収領域の面積を求めた。また骨壊死領域を硬化像の内側としその面積を求め、骨壊死面積に対する骨吸収領域

の比率も求めた。硬化像が鮮明でなく、壊死領域の抽出が困難な場合は、T1 強調 3D-MRI を同じ手法で冠状断面を作成し、帯状低信号域に囲まれた領域か、均一な低信号領域を呈した領域を壊死領域としてその面積を求めた。またこのうち 8 関節の摘出骨頭を μ CT にて撮影をし、骨吸収領域と軟骨下骨折との位置関係を検証した。Stage 3A が 3 関節、Stage 3B が 5 関節であった。

3. 研究結果

Stage 2 の 6 関節では、CT 上骨吸収領域は認めなかった。Stage 3A では前方に骨吸収領域が大きく、骨頭中心方向に移動するにつれてその面積は縮小していた。壊死領域に対する比率でも同様であった (図 2,3)。Stage 3B の 9 関節ではさらに骨吸収は進行し、骨頭中心付近でも骨吸収は亢進していた (図 4,5)。特徴的な骨吸収所見として、骨頭前方の壊死境界部を中心に頸部健常部まで拡大する Cyst 様骨吸収を認める症例が多く、Stage 3A の 8 関節 (53%)、Stage 3B の 6 関節 (67%) に認めた。

μ CT を撮影できた 8 関節では、軟骨下骨折が鮮明に描出でき骨頭前方の骨吸収領域との交通を認めた (図 6,7,8)。1 例 3D-CT で骨吸収領域を確認できなかった症例で、 μ CT で骨頭前方の骨吸収を確認できた (図 8)。

図 1. 骨頭の 7 冠状断面。



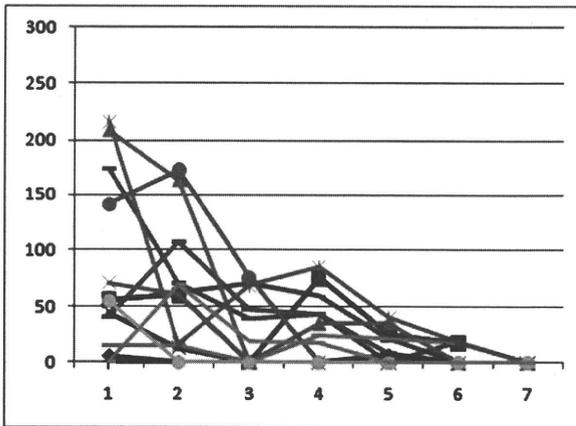


図 2. Stage 3A の各冠状断面の骨吸収領域の面積 (mm²)。1が最前方、4が中央、7が最後方の冠状断面。

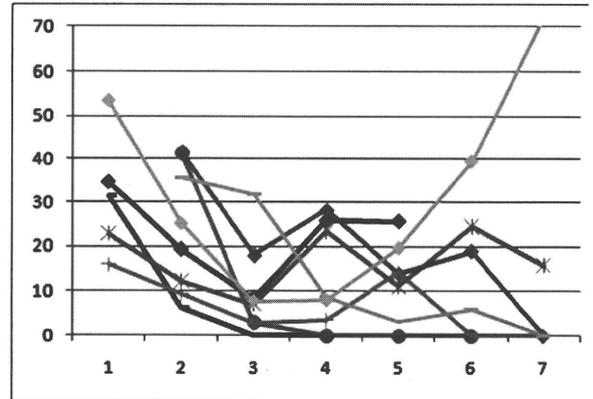


図 5. MR Stage 3A の各冠状断面の骨壊死面積に対する骨吸収領域の割合 (%) 1が最前方、4が中央、7が最後方の冠状断面。

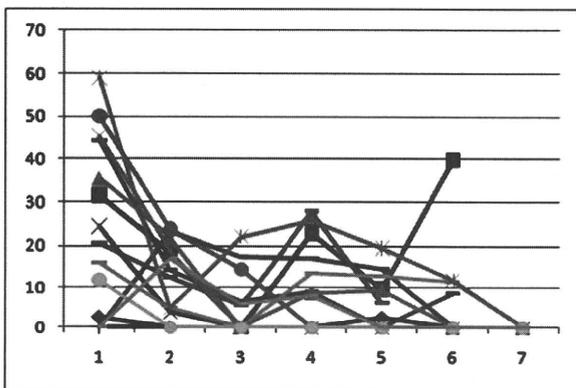


図 3. Stage 3A の各冠状断面の骨壊死面積に対する骨吸収領域の割合 (%) 1が最前方、4が中央、7が最後方の冠状断面。

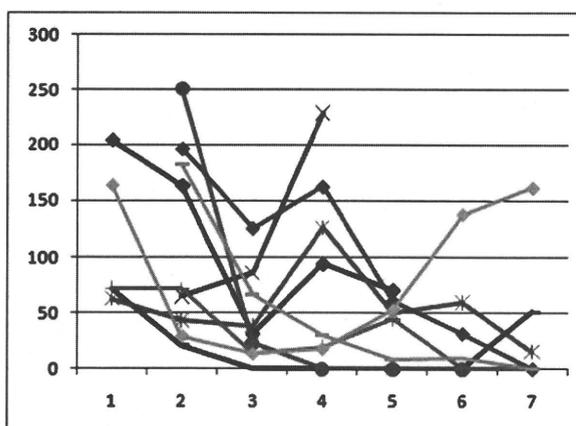


図 4. Stage 3B の各冠状断面の骨吸収領域の面積 (mm²)。1が最前方、4が中央、7が最後方の冠状断面。

4. 考察

Stage 1, 2 の ION に対してビスホスホネートが骨頭圧潰の発生に予防効果があるという報告がいくつかなされている⁶⁻⁹。骨吸収抑制が ION の骨頭圧潰の発生の抑制に効果があるということであるが、これは修復反応による壊死境界部の骨吸収が骨頭圧潰発生の機転として重要であることを示している。一方、骨壊死境界部の修復組織での骨吸収領域の 3 次元的な評価や、骨頭圧潰の発生、進行との関連は渉猟しうる範囲では報告がない。今回 3D-CT を用いて、壊死境界部の骨吸収と骨頭圧潰の発生、進行との関連を調査したが、圧潰早期の Stage 3A の症例に骨頭前方の壊死境界部を中心に骨吸収が起こっていることが確認できた。3D-CT にて骨吸収領域の確認が困難であった症例でも μ CT では骨頭前方の壊死境界部に骨吸収を認め、軟骨下骨骨折との交通を確認できた。われわれは ION の摘出骨頭の TRAP 染色を行い、TRAP 陽性細胞が初期では retinaculum 付着部周囲の壊死境界域に出現し、圧潰の進行とともに骨頭中央の壊死境界域にも拡大していることを報告している¹⁰。今回の CT による骨吸収領域の分布とあわせて骨頭前方の壊死境界部での骨吸収が骨頭圧潰発生の起点として重要であることが示唆された。

一旦発生した骨頭圧潰の進行であるが、本研究では Stage 3B では 3A に比べて壊死境界域の骨吸収が骨頭中心へ拡大しており、壊死境界域の骨吸収の拡大が骨頭圧潰の進行機転の一因子と考えられた。Stage 3 の ION に対してはビスホスホネートの効果も限定的になることも報告されており⁷、症例ごとの圧潰

の程度や骨吸収程度の相違によりビスホスホネートの効果もばらつくことが予想された。

骨頭圧潰の発生、進行予防には骨吸収が進行する前の早期での治療が重要であり、前方に骨吸収が亢進していることは股関節正面像からはとらえにくいことを理解しておくことは重要と考えられる。また骨頭前方の骨吸収が圧潰の起点となっていることが示唆されたことは、骨頭圧潰を予防する治療を考慮する上で重要な知見と考えられた。

5. 結論

IONの圧潰進行過程を調査するため、ION30症例の3D-CTと一部 μ CTを用い壊死境界域の骨吸収領域の定量的評価を行った。

骨頭前方の軟骨直下の壊死境界部での骨吸収が先行し、圧潰の進行に伴い増大し、骨頭中央部分に拡大していた。

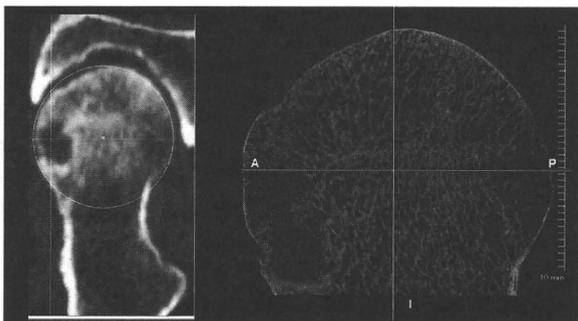


図6. Stage 3AのIONの3D-CTと μ CTの頸部軸に沿った斜矢状断像。骨頭前方の骨吸収と軟骨下骨との交通を認める。

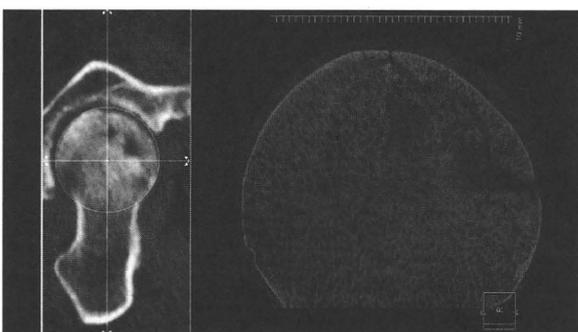


図7. Stage 3AのIONの3D-CTと μ CTの頸部軸に沿った斜矢状断像。骨頭前方の骨吸収と軟骨下骨との交通を認める。

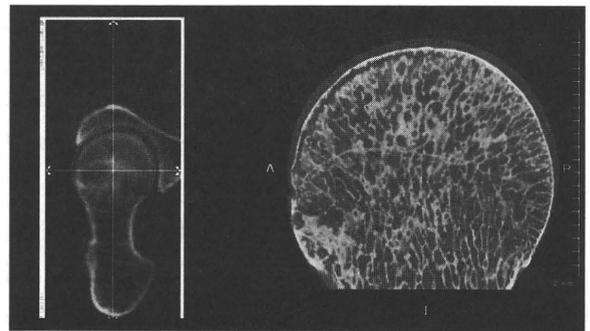


図8. Stage 3AのIONの3D-CTと μ CTの頸部軸に沿った斜矢状断像。 μ CTでは骨頭前方の骨吸収を認める。

6. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 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

- 1) Sugano N, Takaoka K, Ohzono K, Matsui M, Masuhara K, Ono K. Prognostication of nontraumatic avascular necrosis of the femoral head. Significance of location and size of the necrotic lesion. Clin Orthop Relat Res. 1994;303:155-64.
- 2) Stevens K, Tao C, Lee SU, Salem N, Vandevenne J, Cheng C, Neumann G, Valentin-Opran A, Lang P. Subchondral fractures in osteonecrosis of the femoral head: comparison of radiography, CT, and MR imaging. AJR Am J Roentgenol. 2003;180:363-8.
- 3) Glimcher MJ, Kenzora JE. Nicolas Andry award. The biology of osteonecrosis of the human femoral head and its clinical implications: 1. Tissue biology. Clin Orthop Relat Res.

- 1979;138:284-309.
- 4) Brown TD, Baker KJ, Brand RA. Structural consequences of subchondral bone involvement in segmental osteonecrosis of the femoral head. *J Orthop Res.* 1992;10:79-87.
 - 5) Nishii T, Sugano N, Ohzono K, Sakai T, Haraguchi K, Yoshikawa H. Progression and cessation of collapse in osteonecrosis of the femoral head. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;400:149-57.
 - 6) Nishii T, Sugano N, Miki H, Hashimoto J, Yoshikawa H. Does alendronate prevent collapse in osteonecrosis of the femoral head? *Clin Orthop Relat Res.* 2006;443:273-9.
 - 7) Agarwala S, Shah S, Joshi VR. The use of alendronate in the treatment of avascular necrosis of the femoral head: follow-up to eight years. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91:1013-8.
 - 8) Lai KA, Shen WJ, Yang CY, Shao CJ, Hsu JT, Lin RM. The use of alendronate to prevent early collapse of the femoral head in patients with nontraumatic osteonecrosis. A randomized clinical study. *J Bone Joint Surg Am.* 2005 Oct;87(10):2155-9.
 - 9) Ramachandran M, Ward K, Brown RR, Munns CF, Cowell CT, Little DG. Intravenous bisphosphonate therapy for traumatic osteonecrosis of the femoral head in adolescents. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:1727-34.
 - 10) Li W, Sakai T, Nishii T, Nakamura N, Takao M, Yoshikawa H, Sugano N. Distribution of TRAP-positive cells and expression of HIF-1alpha, VEGF, and FGF-2 in the reparative reaction in patients with osteonecrosis of the femoral head. *J Orthop Res.* 2009;27:694-700.

骨頭圧潰を生じた大腿骨頭壊死症に対する Bone impaction grafting

長谷川幸治、関泰輔、加納稔也、松岡篤史(名古屋大学大学院医学系研究科整形外科)

2004年7月から大腿骨転子間彎曲内反骨切り術に併用して、壊死病巣を郭清しトンネルから自家骨を Bone impaction grafting して、骨頭圧潰の整復と骨移植による再生させる手術を40関節に行ってきた。今回術後3年以上経過した Stage 3A および Stage 3B 症例、13例14関節の成績を報告する。男性8例8関節、女性5例6関節、手術時平均年齢32歳。ステロイド性7関節、アルコール性2関節、ステロイドとアルコール1関節、特発性3関節、外傷1関節である。3関節が再圧潰し、さらに2関節が再圧潰でTHAとなった。この5関節のうち4関節が Stage 3B 症例であった。CVOにBIGを併用した場合、再圧潰しないものは Stage 3A で5例中4例の80%、Stage 3B で9例中5例56%であった。THA移行例と再圧潰例は術後 intact-ratio が小さく、THA移行例は術後平均 intact-ratio 29.1%、再圧潰例は平均34.4%であった。Stage 3B 症例で再圧潰しない術後 intact-ratio は、最小43.1%であった。

1. 研究目的

大腿骨頭壊死症に対する大腿骨転子間彎曲内反骨切り術(以下CVO)について、我々は2004年7月からCVOに併用して、とくに荷重部近傍の壊死病巣を郭清しトンネルから自家骨を固く移植する Bone impaction grafting¹⁾(以下BIG)法を行っている。そこで大腿骨頭が圧潰した壊死症例において、圧潰の進行を防ぐことができるかについて今回圧潰を生じた Stage 3A、3B 症例を検討した。これはすべて Type C-1 と C-2 であった。目的は大腿骨頭壊死症で、BIG併用のCVO術後3年以上経過した Stage 3A および Stage 3B 症例の成績を報告することである。

2. 研究方法

2004年7月からBIGを併用したCVOを行い、3年以上経過した13例14関節を対象とした。性別は男性8例8関節、女性5例6関節、手術時平均年齢32歳(19-57歳)、平均BMI 21.8、術後平均経過期間は3.3年(3-5年)である。病因はステロイド7関節、アルコール2関節、ステロイドとアルコール1関節、特発性3関節、外傷1関節であった。病期病型分類は、Stage 3A: 5関節、Stage 3B: 9関節で Stage 3B のみ Type C-2 が3関節あり、他はすべて Type C-1 であった。臨床評価はJOAスコアを用いた。X線評価におけるパラメーターは内反角、脚短縮、外方化、術後の

荷重部健常域 intact-ratio を計測した²⁾。再圧潰は、BIGで整復した骨頭が再び Stage 3A 以上になったものとした。

術式の概略を図示する(図1)。小転子頂点を露出し、5mm上方と大転子頂点を彎曲に骨切りするよう骨切りジグを設置し、レシプロソーにて骨切りを行う。BIGは、骨切り面から骨孔を作製して壊死部へ到達し、とくに荷重部近傍の壊死病巣を郭清し、骨移植は主に腸骨より採骨し、スライド式の impactor を用いて移植骨を強く impaction する(図2)。予定角となるよう内反を加えて、CHSプレート(メイラ社)で固定を行った。

3. 研究結果

全体の手術時間の平均は132分、出血量は273mlであった。内反角は平均25.2度、脚短縮7mm、外方化は-0.7mmであった。Stage 3A と3B 間では、とくに有意な差は認めなかった(表1)。骨頭荷重部健常域は、術前平均15.5%(0-32%)が術後47.3%(13.9-72.7%)に改善した。Stage 3A は術前21.8%が術後50.5%、Stage 3B は術前11.6%が術後45.3%となった(表2)。THAに移行した症例は14関節中2関節(14%)であった。また再圧潰したものは14関節中3関節(21%)で、合計14関節中5関節36%が画像上再び圧潰が進行した。Stage 3A と3B の内訳でみると、5関節のうち4関節が Stage 3B 症例であった。THA移行例と再圧潰

例は術後 intact-ratio が小さく、THA 移行例は術後平均 intact-ratio 29.1%、再圧潰例は平均 34.4%であった。特に Stage 3B 症例に対して、術後 intact-ratio は再圧潰例が 31.9%(14.0-55.4%)であったのに対して、生存例は 58.7%(43.1-72.7%)であった。Stage 3B で再圧潰しない術後 intact-ratio は、最小 43.1%であった。

症例提示、33 歳女性で再生不良性貧血治療によるステロイド性大腿骨頭壊死症。病期病型分類は Type C-1、Stage 3B。術後 26° 内反し、intact-ratio 66.7%であった。骨頭圧潰の整復を認め、術後 4 年においても再圧潰を認めていない(図 3)。

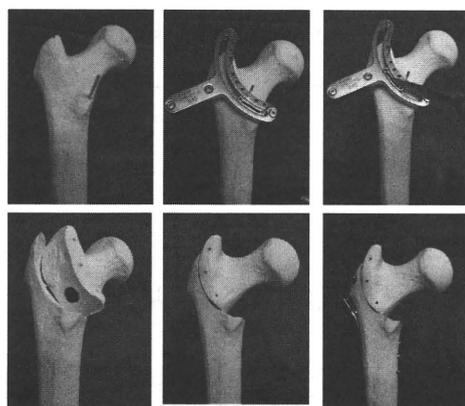


図 1 Bone impaction grafting 併用の大腿骨転子間彎曲内反骨切り術。1.小転子頂点より 5mm 上方にマーキングし、2.骨切りジグを設置、3.レシプロソーにて彎曲に骨切りを行う。4.骨切り面から骨孔を作製して壊死部へ到達し、とくに荷重部近傍の壊死病巣を郭清して自家骨を Bone impaction grafting する。5.予定角となるよう内反を加えて、6.プレート等で固定を行う。

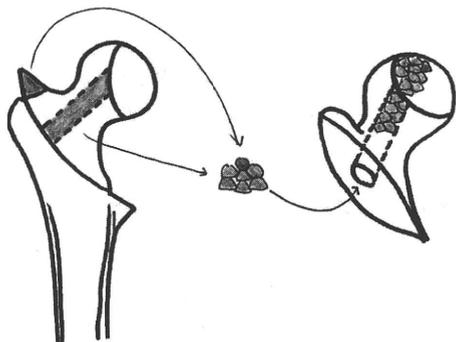


図 2 骨移植の模式図。主に腸骨より採骨した自家骨を、壊死部搔爬後にスライド式の impactor を用いて骨移植する。



図 3 症例呈示。33 歳女性、ステロイド性大腿骨頭壊死症の Type C1、Stage 3B。2006 年 6 月左 CVO 施行。26° 内反、術後 intact-ratio 66.7%。術後レントゲンにて骨頭圧潰の整復を認め、術後 4 年においても再圧潰を認めていない。

	Total	Stage 3A	Stage 3B
内反角	25.2°	25.6°	25.0°
脚短縮	7.0mm	5.0mm	8.3mm
外方化	-0.7mm	-0.8mm	-0.7mm

表 1 結果

値は平均値を示す。

Stage 3A と 3B 間に有意差なし。

intact-ratio	Total	Stage 3A	Stage 3B
術前平均	15.5%	21.8%	11.6%
術後平均	47.3%	50.5%	45.3%

表 2 骨頭荷重部健全域(intact-ratio)の変化

		Stage 3A	Stage 3B
	n = 14	n = 5	n = 9
THA	2 (14%)	0	2
再圧潰	3 (21%)	1	2
計	5 (36%)	1	4

表 3 再圧潰症例の内訳

THA 移行例は平均 intact-ratio 29.1%で、再圧潰例は平均 intact-ratio 34.4%であった。

4. 考察

大腿骨頭壊死は壊死範囲が大きければ、骨頭は早期に圧潰する^{3),4)}。班会議で提唱された特発性大腿骨頭壊死症の診断基準⁵⁾は、感度と特異度が94%、99%と臨床現場において壊死の診断に有用で、Stageを3Aと3Bに細分化することで関節機能と予後をより反映したものとなっている⁶⁾。とくに、Stage 3Bは圧潰が大きく、経時的に骨頭の不安定性が生じ、関節症へ進行すると考えられる。Rijnenらは、大腿骨頭壊死の治療としてBIG単独の成績を報告した¹⁾。このシリーズでは28関節中8関節29%がTHAに変更された。骨頭圧潰症例に限れば、平均フォロー3.5年でsuccess rateは36%であった。骨切りせず、大転子から骨孔を作製するため壊死部への到達距離が長い問題があった。また同種骨を骨移植していた。Wangらは大腿骨頸部にwindowをあけてBIGを行う”light bulb”テクニックで、圧潰やOA進行をradiographic failureとすると、ARCO stage 3A(クレセントサインがあり、<2mmの圧潰)の成功率は平均フォロー2.1年で51%であった⁷⁾。

我々のCVO単独の成績は、64例67関節でend pointを圧潰とした場合の生存率は10年で80.1%であった。また、健常域が35%以上あれば圧潰はしなかった。従来のCVOの適応は股関節最大外転でType Bになるもの、術後荷重部健常域では35%以上になるものであり、病型はType B, Type C-1までと考えられる。病期はStage 2, 3Aが適応だが、Stage 3Bは圧潰が進んでおり骨頭変形によるinstabilityから適応には不明な点がある。2004年からCVOによる壊死部の荷重回避と、BIGによる圧潰整復と生物学的再生の相乗効果を期待し、これらの手技を併用している。骨切り部から骨孔作製するため、骨移植は壊死部到達距離が短くhandlingがよいことも利点である。

CVOにBIGを併用した場合、再圧潰しないものはStage 3Aで5例中4例の80%、3Bで9例中5例56%であった。Stage 3Aは良好な結果と考えられた。しかしStage 3Bの成功率は、BIG単独の他の報告より結果は良好であった。CVO術後の骨頭荷重部健常域が、33%以上あることが骨頭温存に必要であるため⁸⁾、とくに圧潰が大きいStage 3Bは壊死範囲も大きいいため、術後43%以上のintact-ratio確保が骨頭温存に必要であった。今後、BIGによる圧潰骨頭の球形回復がどの程度なされているのか検討する必要がある。

5. 結論

BIGを併用したCVOのStage 3A, 3B症例について検討した。Stage 3A症例の再圧潰は少なかった。術後43%以上のintact-ratioを確保できれば、圧潰が大きなStage 3B症例も、骨頭を温存できる可能性がある。

6. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

7. 知的所有権の取得状況

1. 特許の取得
骨切りガイド 特許第4417303号
平成21年12月4日
特許権者 長谷川幸治、他1名
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

8. 参考文献

- 1) Rijnen WH, Gardeniers JW, Buma P, Yamano K, Slooff TJ, Schreurs BW. Treatment of femoral head osteonecrosis using bone impaction grafting. Clin Orthop Relat Res 2003;74-83.
- 2) Sakano S, Hasegawa Y, Torii Y, Kawasaki M, Ishiguro N. Curved intertrochanteric varus osteotomy for osteonecrosis of the femoral head. J Bone Joint Surg Br 2004;86:359-65.
- 3) Shimizu K, Moriya H, Akita T, Sakamoto M, Suguro T. Prediction of collapse with magnetic resonance imaging of avascular necrosis of the femoral head. J Bone Joint Surg Am 1994;76:215-23.
- 4) Ito H, Matsuno T, Omizu N, Aoki Y, Minami A. Mid-term prognosis of non-traumatic osteonecrosis of the femoral head. J Bone Joint Surg Br 2003;85:796-801.
- 5) Sugano N, Kubo T, Takaoka K, Ohzono K, Hotokebuchi T, Matsumoto T, et al. Diagnostic criteria for non-traumatic

osteonecrosis of the femoral head. A multicentre study. *J Bone Joint Surg Br* 1999;81:590-5.

- 6) Nishii T, Sugano N, Ohzono K, Sakai T, Haraguchi K, Yoshikawa H. Progression and cessation of collapse in osteonecrosis of the femoral head. *Clin Orthop Relat Res* 2002:149-57.
- 7) Wang BL, Sun W, Shi ZC, Zhang NF, Yue DB, Guo WS, et al. Treatment of nontraumatic osteonecrosis of the femoral head using bone impaction grafting through a femoral neck window. *Int Orthop*;34:635-9.
- 8) Zhao G, Yamamoto T, Ikemura S, Motomura G, Mawatari T, Nakashima Y, et al. Radiological outcome analysis of transtrochanteric curved varus osteotomy for osteonecrosis of the femoral head at a mean follow-up of 12.4 years. *J Bone Joint Surg Br*;92:781-6.

Bone impaction graft を併用した彎曲内反骨切り術の骨頭円形度の検討

長谷川幸治、関泰輔、加納稔也、松岡篤史(名古屋大学大学院医学系研究科整形外科)

大腿骨頭壊死症で圧潰した大腿骨頭関節面を整復して骨頭を球形にすることで関節の適合性を改善させるため、Type C1、Type C2 の Stage 3B に対して、bone impaction grafting を大腿骨転子間彎曲内反骨切り術に併用している。圧潰を定量的に評価するため、骨頭円形度を定義した。大腿骨頭に同心円を描き、円の中心を通る涙痕線との垂線を 0° 基準軸とし放射状の座標を作成した。円の半径に対する比率を円形度とした。3 例 4 関節中、3 関節は 2 年以降も骨頭の円形度は術直後とかわらなかった。術前の位置と円形度は、骨頭内側(-40°)、前方(20°)周囲が最も圧潰が大きく、骨頭半径の 70-80%であった。また BIG により 3 関節は骨頭半径の 90%まで圧潰が整復維持された。

1. 研究目的

特発性大腿骨頭壊死症(ION)は、骨頭が圧潰すると疼痛が出現し機能障害が大きくなり¹⁾患者の QOL は著しく低下する²⁾。自然経過の予後は、壊死の大きさや位置が重要となる。厚生労働省 ION 研究班の分類³⁾での圧潰危険率は Type A が 10%以下、Type B が 40%、Type C1 が 80%、Type C2 が 90%以上となっており、病型分類による予後予測は、Type 別に明確に異なり十分な判別が可能である⁴⁾。

これに対して、最大外転位で荷重部が Type B になる症例は、大腿骨転子間彎曲内反骨切り術(CVO)⁵⁾の適応がある。しかし、壊死範囲が大きいものは外側 1/3 以上の荷重部健全域を得ることができず圧潰危険率が高くなる。また十分な荷重部健全域が得られても、圧潰のために関節の不安定性が残存すれば関節症への進行が危惧される。著者らは大腿骨頭壊死症 Type C1, C2 で、圧潰した骨頭(Stage 3B)を球形にするため bone impaction grafting⁶⁾(BIG)を併用した CVO を行っている。圧潰した骨頭(Stage 3B)の球形化による関節面の適合性改善をみるために、圧潰整復後の骨頭の経時的変化の評価が必要である。MRI は骨頭壊死の評価に有用であるが、骨頭輪郭の 1mm 単位の変化は術後金属のアーチファクトなどにより評価困難である。大腿骨頭壊死による圧潰が高度な症例の評価として、研究班病期分類の圧潰測定ゲージを用いると 1 目盛り以上(3mm 以上)の圧潰はすべて Stage 3B となる。しかし病期決定する汎用性を

高めるため、骨頭のどの位置がどの程度圧潰しているかを詳細に評価できない。そこで、BIG を行い整復した骨頭の円さを主観的でなく客観的にあらわす指標である骨頭円形度を定義した。この骨頭円形度は、骨頭半径と圧潰した骨頭関節面との比率で示される。

今回の目的は、BIG による圧潰整復後の骨頭の経時的変化を、X 線を用い骨頭円形度によって圧潰部位と程度を評価することである。

2. 研究方法

BIG 併用で CVO を施行した Type C1, C2 の広範囲大腿骨頭壊死で、特に圧潰が進行した Stage 3B の 3 例 4 関節を対象とした。圧潰整復による骨頭円形度の経時的変化を調査した。男性 1 名、女性 2 名で全例ステロイド性であった。原疾患はそれぞれ再生不良性貧血、MCTD(混合性結合組織病)、骨髄異形性症候群による骨髄移植の患者である。術前の病期病型分類は、Type C1: 1 関節 C2: 3 関節で 4 関節全例が Stage 3B であった(表 1)。

骨頭円形度の画像評価は、X 線正面画像と 45° ラウエン像で行った。X 線正面画像では、骨頭中心と骨頭の関節面をトレースした円座標を用い、骨頭中心から涙痕線と垂線をなす座標を作成した(図 1A, B)。CE 角測定の垂線と同様である。円を囲むと圧潰した部分の判別が容易となる。垂線を 0° 基準軸とし、10° ごとに放射上に区切った線を引き、0° 基準軸よ

り外側を(+)内側を(-)とした。評価部位は、主に荷重部となり再現性の点から外側45°から内側-45°とした。圧潰の程度は、骨頭中心から骨頭圧潰部分までの距離rと骨頭半径Rの比を百分率($r/R \times 100$)で求めた。さらに45°ラウエン像も同様に円を描き、骨頭中心を通る頸部軸を0°基準軸とし、前方を(+),後方を(-)とし90°まで同様に10°ごと放射状に圧潰部までの距離を測定した(図1C)。

検討項目は整復した骨頭圧潰部位の経時的変化を術前、術直後、術後2年で調査し、成績に影響する因子として各関節の intact-ratio を測定した。

3. 研究結果

代表的症例を示し、4関節の結果をまとめる。

症例1) 33歳女性、再生不良性貧血によるステロイド性骨頭壊死。左 Type C1 Stage 3B。2006年6月左CVO施行。26°内反し、術後 intact-ratio は66.7%であった。術後レントゲンにて骨頭圧潰の整復を認め、術後2年においても再圧潰を認めていない。術前写真で骨頭中心による同心円を作成した。反対側が正常であり、同心円の作図において骨頭半径24mmを参照とした。CE角は31.5°で臼蓋形成不全はなかった。術前の圧潰外側縁は臼蓋縁より内側であった。左CVO術後、圧潰外側縁は0°より内側に移動し、BIGにより圧潰が整復された。この圧潰面の各測定点をグラフ化した。術前は臼蓋縁直下から圧潰を認め、それより内側の骨頭円形度は90%より小さい。術直後は、内反により圧潰外側縁が0°基準軸付近まで移動したため荷重部健全域が増大した。またそれより内側はBIGにより圧潰整復効果が見られ、術後2年においてもこの状態は維持されていた(図2)。45°ラウエン像も同様に評価を行った。術直後はラウエン像を撮影していないため術後3ヶ月の評価を行った。頸部軸を0°とすると、術前後方-45°から前方70°にかけて大きく圧潰していたが、術後はBIGによって圧潰が整復され、術後2年も円形度は90%以上を維持していた(図3)。この症例は術後5年時、疼痛なくJOAスコア98点である。

症例2) 26歳女性。MCTDによるステロイド性ION。左右とも Type C2, Stage 3B。左CVO後、右は Stage3Aが3Bになったため2ヶ月後に右CVOを施行した。20度内反し、intact-ratioは24%であった。術後の圧潰整復はなされているが、0°基準軸においては90%以上の回復はなかった。術後1年ではす

に術前より圧潰が進んだ(図4,5)。右股関節は1年7ヵ月後にTHAを施行した。

術前の圧潰位置と円形度をまとめると、成績良好の3例平均とTHA移行例では大きな差はなく、X線正面像では骨頭外側20°から内側全体が大きく圧潰していた。45°ラウエン像は後方-40°から前方70°にかけて広範囲に圧潰し円形度が小さかった(図6)。術直後の骨頭円形度は、骨頭温存されている3関節平均とTHA移行例を比較すると、THA移行例は術直後からすでに平均より低い部分が多く、内反角度が少ないことと、圧潰の整復不足が原因と考えられた(図7)。術後2年時の骨頭温存した3関節は、内側-45°以外は測定したどの位置でも円形度が90%以上に維持されていた(図8)。

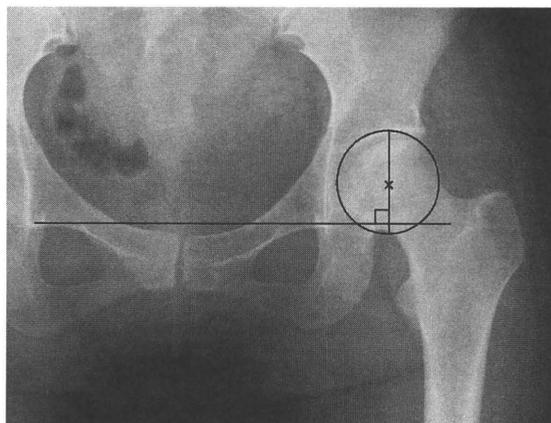


図1 骨頭圧潰部の画像評価。A.大腿骨頭に同心円を描き、円の中心から涙痕線と垂線をなす座標を作成

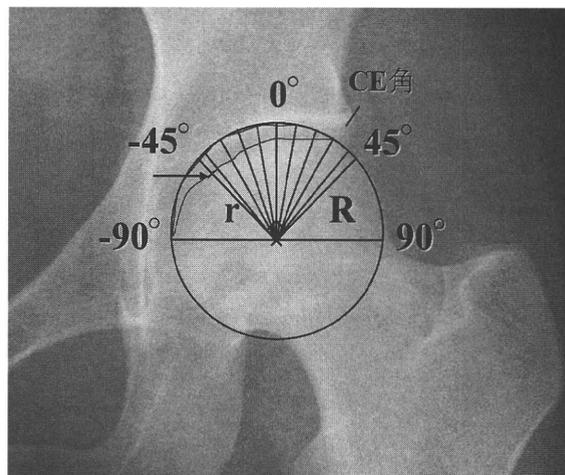


図1 B.骨頭中心から放射状の直線をひき、外側45°から内側-45°を中心に評価。骨頭中心から圧潰部分までの距離rと骨頭半径Rの百分率 $r/R \times 100$ (%)を各線上で求める。

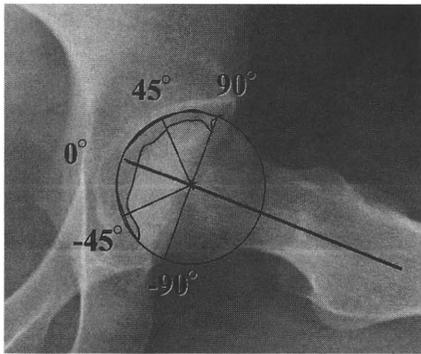


図1 C. 側面像評価は45° ラウエン像において、骨頭中心を通る頸部軸を0° 基準軸とし、前方を(+)、後方を(-)とし90° まで同様に10° ごと放射状に圧潰部までの距離を測定。

骨頭円形度%

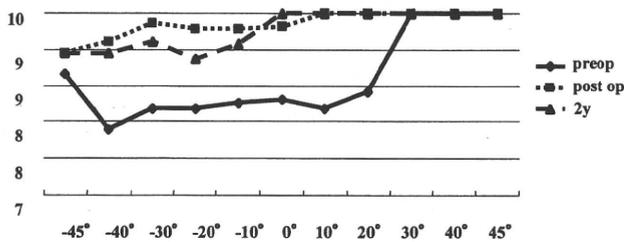


図2 症例1. X線正面像における円形度の経時的変化。縦軸は円形度で骨頭半径に対する圧潰の比率。横軸は骨頭を放射状に区画した骨頭関節面への角度。0° が骨頭中心を通る垂線。

症例1、左 Type C1、Stage 3B。術前は白蓋縁直下から圧潰を認め、それより内側の骨頭円形度は90%より小さい。CE角は31.5°。術直後は、内反により圧潰外側縁が0° 基準軸付近まで移動し、それより内側はBIGにより圧潰整復効果が見られ、術後2年においてもこの状態は維持されていた。

骨頭円形

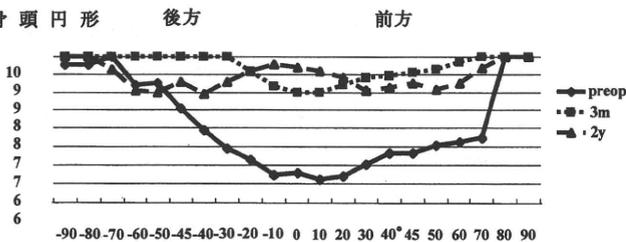


図3 症例1. X線45° ラウエン像における円形度の経時的変化。症例1、術前後方-45° から前方70° にかけて大きく圧潰している。

術後はBIGによって圧潰が整復され、術後2年も円

形度は90%以上を維持していた。

骨頭円形度%

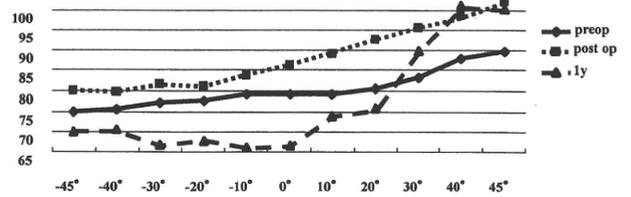


図4 症例2. X線正面像における円形度の経時的変化(右股関節)。症例2、右 Type C2、Stage 3B。CE角は29, 5°。術後の圧潰整復はなされているが、基準軸においては90%以上の回復はなく、早期に再圧潰した。術後1年7ヶ月でTHAを施行したため、術後1年までの結果を示す。

骨頭円形度%

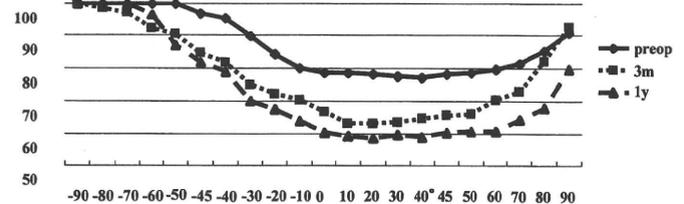


図5 症例2. X線45° ラウエン像における円形度の経時的変化。右骨頭圧潰の経時的変化をみると、後方-45° から前方70° にわたって圧潰は経時的に進んでいた。

骨頭円形度%

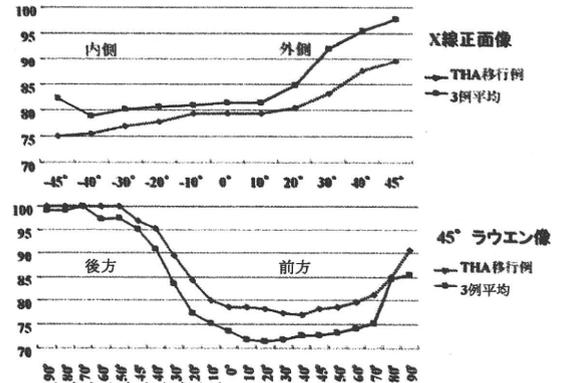


図6 術前の圧潰位置と円形度

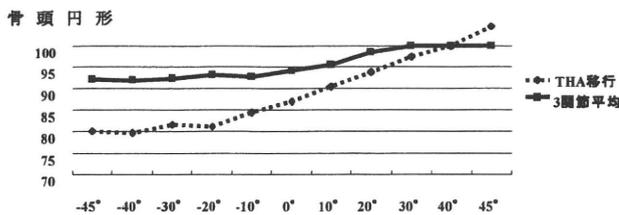


図7 術直後のX線正面像での骨頭円形度。THA移行例は、術直後から3関節平均より円形度が小さい

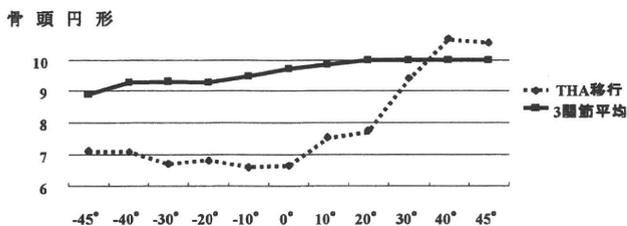


図8 術後2年時のX線正面像での骨頭円形度。骨頭温存した3関節は円形度が90%以上を維持

	性別	部位	Type	Stage	原疾患	手術年齢
症例1	女性	左	C1	3B	再生不良性貧血	33
症例2	女性	左	C2	3B	MCTD	26
		右	C2	3B		26
症例3	男性	左	C2	3B	骨髄異形性症候群	67

表1 患者特性

	性別	部位	骨頭半径 mm	CE angle °	術後 intact-ratio
症例1	女性	左	24.2	31.5	66.7%
症例2	女性	左	26.0	26.4	57.0%
		右	26.0	29.5	24.0%
症例3	男性	左	26.0	32.0	57.0%

表1 画像測定値

4. 考察

IONの病期病型分類で、骨頭圧潰の評価が行われる。1993改訂のARCO分類では、骨頭圧潰の定量化としてA, B, Cで圧潰の評価を行っている。また、研究班の病期病型分類³⁾では、Stageを3Aと3Bに細分化して3mmを境界として評価する。しかし、分類を簡便にするため骨頭のどの位置でどの程度圧潰しているかまでは評価しないので、今回圧潰整復した骨頭の形態を骨頭円形度として評価した。骨頭輪郭から圧潰の程度を決定し円形の程度を知るには、正確に骨頭中心から半径を求める必要がある。骨頭中心の同心円をつくり放射状に10°ごとに区切った線で、骨頭関節面が骨頭半径よりどの程度圧潰しているのかを調べた。また、健常部を評価する方法として、intact-ratio⁷⁾はCVOの予後予測に関連が高く有用な指標として併用した。

術前の位置と円形度は、骨頭内側(-40°)、前方(20°)周囲が最も圧潰が大きく、骨頭半径の70-80%であった。またBIGにより骨頭温存例は骨頭半径の90%まで圧潰が整復された。従って、Stage 3BでBIGを行う際は、骨頭の上方前内側を中心に広く骨移植を行うことがよいと考えた。1例で再圧潰は術後3ヶ月の早期に発生しており、術後健常域が少なかった。さらに、術直後BIGによる圧潰整復が90%未満と不十分であった。予後予測となるCVOの術後intact-ratioは33%以上ないと成績不良であるため⁸⁾、BIGはそれだけで荷重面を補強するのではなく、十分な健常域があった上での生物学的回復の増強と球形維持による関節安定性を維持するものと考えている。

骨頭圧潰整復の試みは、広範囲壊死での高度圧潰症例には考慮されることである。中西らは大腿骨頭回転骨切り術時に、輪状切開した関節包から骨頭を亜脱臼させ陥没面を整復、β-TCP挿入による球形回復する試みを行い、短期ながら圧潰の程度を減少させた⁹⁾。著者らも、CVOにBIGを併用した場合骨頭が再圧潰しないものは、Stage3Aで5例中4例の80%、3Bで9例中5例56%と報告した。今後さらなる調査を行いたいと考えている。

今後の課題として、第一に症例数を増やして統計学的な検討することが必要である。今回の計測はmanualで測定しており、10°ごとのポイント測定は煩雑であり再現性に問題がある。測定ポイントの簡便化、コンピューター処理などの客観的測定が必要である。

客観的な骨頭壊死の評価として Bassounas らは大腿骨頭を八分円に区切り、コンピューター画像処理で健全部と壊死の二値化から壊死の体積測定を行い、圧潰する部位について詳細に述べている¹⁰⁾。彼らの方法では過大評価されたのは 5%のみと報告している。また臼蓋との対応、内外転による大腿骨軸の補正は考慮していない。しかし、一般的にX線撮影は同一肢位で撮影をしており、極端な肢位の差はないと考えている。またCTなど他の画像診断法の適応も考慮する必要がある。今後の目標として、圧潰の程度から BIG 使用の基準を設定したいと考えている。

5. 結論

BIG を併用した CVO の Stag 3B の 3 例 4 関節について骨頭圧潰の程度を円形度として検討した。術前は骨頭内側(-40°)、前方(20°)が最も圧潰が大きく、BIG で骨頭半径の 90%以上に圧潰が整復されていた。

6. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

7. 知的所有権の取得状況

1. 特許の取得
骨切りガイド 特許第 4417303 号
平成 21 年 12 月 4 日
特許権者 長谷川幸治、他 1 名
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

8. 参考文献

- 1) Bradway JK, Morrey BF. The natural history of the silent hip in bilateral atraumatic osteonecrosis. J Arthroplasty 1993;8:383-7.
- 2) Seki T, Hasegawa Y, Masui T, Yamaguchi J, Kanoh T, Ishiguro N, et al. Quality of life following femoral osteotomy and total hip arthroplasty for nontraumatic osteonecrosis of the femoral head. J Orthop Sci 2008;13:116-21.
- 3) Sugano N, Atsumi T, Ohzono K, Kubo T, Hotokebuchi T, Takaoka K. The 2001 revised criteria for diagnosis, classification, and staging of idiopathic osteonecrosis of the femoral head. J Orthop Sci 2002;7:601-5.
- 4) 坂井孝司, 大園健二. 【大腿骨頭壊死症の最近の話題】 大腿骨頭壊死症の病期/病型分類と自然経過. 整形・災害外科 2009;52:943-50.
- 5) Shuto Toshihide, Jingushi Seiya, Nakashima Yasuharu, Yamamoto Takuaki, Iwamoto Yukihide. 彎曲内反骨切り術(西尾) 従来の骨切り術の欠点を克服する独創的な骨切り術(Intertrochanteric curved varus osteotomy (Nishio): A unique osteotomy to conquer the disadvantages of the previous one). J Orthop Sci 2006;11:557.
- 6) Rijnen WH, Gardeniers JW, Buma P, Yamano K, Slooff TJ, Schreurs BW. Treatment of femoral head osteonecrosis using bone impaction grafting. Clin Orthop Relat Res 2003;74-83.
- 7) Sugioka Y, Hotokebuchi T, Tsutsui H. Transtrochanteric anterior rotational osteotomy for idiopathic and steroid-induced necrosis of the femoral head. Indications and long-term results. Clin Orthop Relat Res 1992;111-20.
- 8) Zhao G, Yamamoto T, Ikemura S, Motomura G, Mawatari T, Nakashima Y, et al. Radiological outcome analysis of transtrochanteric curved varus osteotomy for osteonecrosis of the femoral head at a mean follow-up of 12.4 years. J Bone Joint Surg Br;92:781-6.
- 9) 中西亮介, 渥美敬ほか. 圧潰著明な大腿骨頭壊死症に対する前方回転骨切り術の工夫— β -TCP 挿入による球形の回復—. 特発性大腿骨頭壊死症の診断・治療・予防法の開発を目的とした全国学際的研究 平成 21 年度 総括・分担研究報告書 2010;151-3.

ダブルアングルプレートを用いた大腿骨内反骨切り術

伊藤 浩、松野丈夫 (旭川医科大学医学部 整形外科)

高橋大介 (北海道大学大学院医学研究科 整形外科)

AOダブルアングルプレートを用いての大腿骨内反骨切り術は、手術手技がきわめて容易で術後合併症も少ない。術後10年以上経過観察し得た22例30関節を対象とし、その適応と限界について検討した。男性15例、女性7例で、ステロイド性が15例、アルコール性が4例、特発性が3例。手術時年齢は21才～51才(平均32才)。経過観察期間は10年～25年(平均16.8年)。4関節で人工骨頭または人工関節置換術が施行されていた。壊死範囲が比較的小さく、骨頭外側に健全部が残存している例では良好な長期成績が得られていた。

1. 研究目的

特発性大腿骨頭壊死症(ION)は主に若年から青壮年期に発症するため、手術適応を決定する上で可能な限り骨頭温存に努力すべきと考える。われわれは、比較的壊死範囲の狭いStage 2およびStage 3のION例に対しては、壊死の部位および範囲によって大腿骨内反骨切り術あるいは大腿骨頭回転骨切り術を行ってきた。大腿骨頭回転骨切り術は杉岡によって考案され、以来Atsumiらによる報告など数多くの優れた報告がある一方、“technically demanding”とも言われ、良好な成績を得るためにはその手術手技に精通する必要があると思われる。AOダブルアングルプレートを用いた大腿骨内反骨切り術はきわめて一般的な手術で、その手技も容易であり免荷期間も比較的短い。われわれは壊死範囲が骨頭内側部に局限し、外側に健全部が残存している例に対して、大腿骨内反骨切り術を第一選択としている。今回、IONに対して施行した大腿骨内反骨切り術の成績について分析し、その手術適応について検討した。

2. 研究方法

1970年～2000年までIONに対して施行した大腿骨内反骨切り術例のうち、10年以上経過観察し得た22例30関節を対象とした。男性15例、女性7例で、ステロイド性が15例、アルコール性が4例、特発性が3例であった。手術時年齢は21～51歳(平均32歳)、経過観察期間は10～26年(平均16.8年)であった。術前に何らかの他の外科的治療を受けた例なく、術

前の屈曲-伸展可動域は90°以上、内転-外転可動域は25°以上であった。病期はStage IIが7関節、III-Aが17関節、III-Bが6関節。病型はType Bが8関節、Type C1が18関節、Type C2が4関節。1985年からMRIを用いて評価していたが、それ以前は単純レントゲン像のみで壊死範囲を評価していた。臨床評価はJOAスコアを用い、X線学的評価は術前後の壊死範囲、壊死域の変化、骨硬化等に関して行った。壊死範囲と術後壊死範囲の評価は、Lateral Head Index: LHI、Lateral Head after Osteotomy Index: LHOIを用いて行った(図1)。LHIは術前の臼荷重部に対する骨頭健全部の占める割合を、LHOIは術後の臼荷重部に対する骨頭健全部の占める割合を、それぞれ示しており、LHOIが25%以上得られるよう、術前の作図を行なった。

固定プレートは、初期にはMüllerプレートやWainwright-Hammondプレートを使用していたが、1983年からはAOダブルアングルプレートを用いていた。

後療法は、術翌日から大腿四頭筋の等尺収縮運動、膝の屈曲伸展運動および下肢挙上訓練を開始した。車椅子は術後4週間使用した。部分荷重歩行訓練は両松葉杖を用いて術後4～6週より開始し、全荷重歩行訓練は術後8～12週より開始した。平均入院期間は約3ヵ月であった。術後3～4ヵ月は両松葉杖の使用を勧めた。