

表1: 調査項目に対する単変量解析

		JSN 群 (6 股関節)	Non-JSN 群 (37 股関節)	P 値
性別	男	4	29	0.543
	女	2	8	
手術時年齢		39.8±4.74	42.5±1.91	0.621
BMI(kg/m <sup>2</sup> )		23.6±1.47	22.5±0.59	0.502
術側	右	2	22	0.232
	左	4	15	
対側壊死	あり	3	20	0.853
	なし	3	17	
対側治療 状況	ARO	1	13	0.053
	内反	1	0	
	人工物	1	2	
	治療なし	3	22	
誘因	ステロイド性	4	19	0.825
	アルコール性	2	14	
	ステ+アル性	0	3	
	外傷性	0	1	
Follow-up 期間		6.7±0.76	7.4±0.3	0.411
術前 JOA スコア		51.3±3.88	62.3±1.56	0.013
Stage	3A	3	32	0.033
	3B	3	5	
Type	C1	1	12	0.435
	C2	5	25	
壊死範囲		56.4±4.62	48.5±1.89	0.125
術後健常部占拠率(%)		34.6±5.43	54.4±2.19	0.002

表 2: 多変量解析

	尤度比	P 値
術後健常部占拠率(%)	5.811	0.016
Stage	3.749	0.053
体側治療状況	6.767	0.080
壊死面積	1.965	0.161
術前 JOA score	0.546	0.460

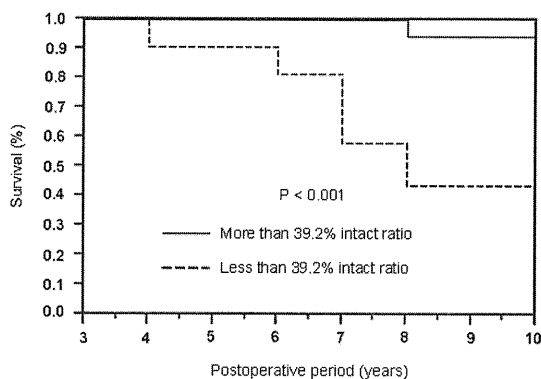


図1: 術後健常部占拠率は39.2%以上と未満の症例の生存曲線

#### 4. 考察

本研究では術前 JOA score、Stage と術後健常部占拠率の 3 項目で両群間に有意差が認められたが、多変量解析

を行った結果、術後健常部占拠率が術後関節裂隙狭小化の進行に影響を及ぼしていた。Miyanishi らは、術後の X 線正面像における術後健常部占拠率が術後成績に影響を与えており、34%以上得られた場合、術後10年で圧潰が進行する確率が少ないと報告している<sup>3)</sup>。また、Zhao らは内反骨切り術後に圧潰進行を予防しうる術後健常部占拠率は33.6%であり、圧潰進行と関節裂隙狭小化両者を防止しうるカットオフ値は41.9%であったと報告している<sup>4)</sup>。本研究の結果からも ARO 後に関節裂隙狭小化の防止も考慮した場合、40%以上の術後健常部占拠率を得る事が望ましいと考えられた。

Hosokawa らは術前 Stage の進行した症例では ARO 後の人工物置換に至る事が多かったと報告している<sup>1)</sup>。Hiranuma らは ARO 後の関節安定性を CT を用いて評価しており、術前早期 Stage の方が術後関節安定性が高く、骨棘増生も少ないと報告している<sup>2)</sup>。本研究でも Stage 3B より 3A の方が関節裂隙狭小化を来しにくい傾向が認められた。

#### 5. 結論

ARO を施行された術前 Stage 3 の大腿骨頭壊死症患者の術後関節裂隙狭小化の進行について検討した。術後健常部占拠率が術後関節裂隙狭小化の進行について影響を及ぼす独立因子であり、そのカットオフ値は 39.2%であった。

#### 6. 研究発表

##### 1. 論文発表

- 1) Zhao G, Yamamoto T, Ikemura S, Nakashima Y, Mawatari T, Motomura G, Iwamoto Y. A histopathological evaluation of a concave-shaped low-intensity band on T1-weighted MR images in a subchondral insufficiency fracture of the femoral head. *Skeletal Radiol.* 2010; 39: 185-188.
- 2) Zhao G, Yamamoto T, Ikemura S, Motomura G, Mawatari T, Nakashima Y, Iwamoto Y. The radiological outcome analyses of transtrochanteric curved varus osteotomy for osteonecrosis of the femoral head. *J bone joint surg Br.* 2010; 92-B: 781-86.

##### 2. 学会発表

- 1) 趙嘎日達、山本卓明、池村 聡、本村悟朗、岩崎賢優、山口亮介、岩本幸英：大腿骨頭前方回転骨切り術後の関節症性変化の進行に及ぼす因子に関

する検討、第 121 回西日本整形・災害外科学会学術集会. 福岡、6. 11-12. 2011.

- 2) 趙嘎日達、山本卓明、池村 聡、本村悟朗、岩崎賢優、山口亮介、岩本幸英：大腿骨頭前方回転骨切り術の関節症性変化の進行に及ぼす因子の検討、第 38 回日本股関節学会学術集会. 鹿児島、10. 7-8. 2011.

## 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) Hosokawa A, Mohtai M, Hotokebuchi T, et al. Transtrochanteric Rotational Osteotomy for Idiopathic and Steroid-Induced Osteonecrosis of the Femoral head: Indications and Long-Term Follow-Up. AAOS 1998; 309-14
- 2) Hiranuma Y, Atsumi T, et al. Evaluation of instability after transtrochanteric anterior rotational osteotomy for nontraumatic osteonecrosis of the femoral head. J Orthop Sci 2009; 14: 535-42
- 3) Miyanishi K, Noguchi Y, Yamamoto T, et al. Prediction of the outcome of transtrochanteric rotational osteotomy for osteonecrosis of the femoral head. J Bone Joint Surg Br. 2000;82-B:512-16.
- 4) Zhao G, Yamamoto T, Ikemura S, Motomura G, Mawatari T, Nakashima Y, Iwamoto Y. The radiological outcome analyses of transtrochanteric curved varus osteotomy for oateonecrosis of the femoral head. J bone joint surg Br. 2010; 92-B: 781-86.

# 大腿骨頭前方回転骨切り術後の関節症性変化の

## 進行に及ぼす因子に関する検討

趙嘎日達、山本卓明、池村 聡、本村悟朗、岩崎賢優、山口亮介、岩本幸英  
(九州大学大学院医学研究院 整形外科)

大腿骨頭前方回転骨切り術(ARO)後の関節症性変化の進行に及ぼす因子について検討した。ARO後3年以上経過した、術前 Stage3 の大腿骨頭壊死症 43 関節を調査対象とした。X 線上、骨棘増生もしくは関節裂隙狭小化を認めた群(OA 群)、どちらも認めなかった群(非 OA 群)の 2 群に分類を行った結果、OA 群 21 関節、非 OA 群 22 関節に分類された。両群間において、術前 Stage、Type、術後の JOA score と術後健常部占拠率の 4 項目で有意差を認めた( $P < 0.05$ )。可能であれば圧潰早期に手術する事が望ましいと考えられた。

### 1. 研究目的

ARO の術後成績に関して、術前 Stage の進行した症例で、術後関節症性変化による人工物置換に至る事が多いことが報告されている<sup>1)</sup>。また、平沼らは ARO 後の関節安定性を CT を用いて評価しており、Instability group と Stability group に分け検討した結果、術前早期 Stage の方が、術後関節安定性が高いと報告している<sup>2)</sup>。本研究では、ARO を施行された術前 Stage3 の大腿骨頭壊死症の術後関節症性変化の進行に及ぼす因子について検討を行った。

### 2. 研究方法

当科で ARO を施行され、術後 3 年以上経過した術前 Stage3 の大腿骨頭壊死症 39 例 43 関節を対象とした(Follow-up 率:87.8%)。内訳は、男性 30 例 33 関節、女性 9 例 10 関節であった。手術時平均年齢 42 才(23~61 歳)、術後平均経過観察期間は 7.3 年(3 年~10 年)であった。誘因はステロイド性 23 関節、アルコール性 16 関節、ステロイド+アルコール性 3 関節、外傷性 1 関節であった。術前病期は stage3A:25 関節、3B:18 関節、病型は TypeC1:13 関節、C2:30 関節であった。検討項目は患者背景、術後 JOA score、X 線では骨棘増生(2mm 以上)と関節裂隙狭小化(1mm 以上)の有無及び術後健常部占拠率を調査した。更に、骨棘増生もしくは関節裂隙狭小化の有無によって関節症性変化あり群(OA 群)と関節症性変化なし群(非 OA 群)の 2 群に分類を行い、ARO 後の関節

症性変化の進行に及ぼす因子について統計分析を行った。

(倫理面への配慮)

本研究を開始するにあたり、九州大学における臨床研究倫理審査委員会の承認を得た。

### 3. 研究結果

術後 JOA score は平均 87.9 点、術後健常部占拠率は平均 51.7%(27-100%)であった。2 群に分類を行った結果、OA 群 21 関節、非 OA 群 22 関節であった。単変量解析を行った結果、術前 Stage、Type、術後 JOA score と術後健常部占拠率の 4 項目は両群間で有意差を認めた。 $(P < 0.05)$ (表 1)。

表1: 調査項目に対する単変量解析

		OA 群 (21 股関節)	非 OA 群 (22 股関節)	P 値
性別	男	19	14	0.069
	女	2	8	
手術時年齢		40.9±2.53	43.1±2.47	0.540
BMI(kg/m <sup>2</sup> )		23.1±0.78	22.1±0.76	0.362
術側	右	13	11	0.432
	左	8	11	
対側壊死	あり	12	11	0.639
	なし	9	11	
対側治療 状況	ARO	7	8	0.812
	人工物	2	1	
	治療なし	12	13	
誘因	ステロイド性	11	12	0.658
	アルコール性	9	7	
	ステ+アル性	1	2	
	外傷性	0	1	
Follow-up 期間		7.0±0.41	7.5±0.39	0.386
術後平均 JOA スコア		81.7±2.17	93.9±2.12	<0.001
Stage	3A	7	18	0.002
	3B	14	4	
Type	C1	2	11	0.007
	C2	19	11	
術後健常部占拠率(%)		43.8±2.79	59.2±2.72	<0.001

#### 4. 考察

本研究では術前 Stage、Type、術後 JOA score と術後健常部占拠率の4項目は術後関節症性変化の進行に関連していた(表 1)。術前 Stage、Type に関しては非 OA 群の方が Stage3A と TypeC1 が有意に多かった。術前 stage3A の25関節の内、18 関節(72%)が骨棘増生と関節裂隙狭小化共に認めなかった。一方、Stage3B では77%が術後関節症性変化を認めた。術前 TypeC1 の13関節の内、11関節(84.6%)が骨棘増生と関節裂隙狭小化共に認めなかった。一方、TypeC2 では63%が術後関節症性変化を認めた。

平沼<sup>2)</sup>らは ARO 後の関節安定性を CT を用いて評価しており、Instability グループと stability グループに分け検討した結果、術前早期 Stage と Type の方は術後関節安定性が高く、骨棘増生も少ないと報告している。本研究の結果は平沼らの報告とも一致しており、可能であれば、圧潰早期に手術する事が望ましいと考えられた。

#### 5. 結論

ARO を施行された術前 Stage 3 の大腿骨頭壊死症患者の術後関節症性変化について検討を行った。OA 群と非 OA 群の二群において、術前 Stage・Type・術後 JOA スコア・術後健常部占拠率の4項目で有意差を認めた。

#### 6. 研究発表

##### 1. 論文発表

- 1) Zhao G, Yamamoto T, Ikemura S, Nakashima Y,

Mawatari T, Motomura G, Iwamoto Y. A histopathological evaluation of a concave-shaped low-intensity band on T1-weighted MR images in a subchondral insufficiency fracture of the femoral head. Skeletal Radiol. 2010; 39: 185-188.

- 2) Zhao G, Yamamoto T, Ikemura S, Motomura G, Mawatari T, Nakashima Y, Iwamoto Y. The radiological outcome analyses of transtrochanteric curved varus osteotomy for oateonecrosis of the femoral head. J bone joint surg Br. 2010; 92-B: 781-86.

##### 2. 学会発表

- 1) 趙嘎日達、山本卓明、池村 聡、本村悟朗、馬渡太郎、中島康晴、岩本幸英：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の X 線学的予後の検討、第 83 回日本整形外科学会学術総会、東京、5. 27-30. 2010.
- 2) 趙嘎日達、山本卓明、池村 聡、本村悟朗、岩崎賢優、山口亮介、岩本幸英：SIF におけるバンド像の病理組織学的検討—末梢側に凸のバンドを示した症例—、第 37 回日本股関節学会、福岡、10. 1-2. 2010.

#### 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) Hosokawa A, Mohtai M, Hotokebuchi T, et al. Transtrochanteric Rotational Osteotomy for Idiopathic and Steroid-Induced Osteonecrosis of the Femoral head: Indications and Long-Term Follow-Up. AAOS 1998; 309-14
- 2) Hiranuma Y, Atsumi T, et al. Evaluation of instability after transtrochanteric anterior rotational osteotomy for nontraumatic osteonecrosis of the femoral head. J Orthop Sci 2009; 14: 535-42

# 臼蓋形成術を併用した大腿骨頭前方回転骨切り術の中期成績

本村悟朗、山本卓明、中島康晴、山口亮介、馬渡太郎、糸川高史、岩本幸英  
(九州大学大学院医学研究院 整形外科)

臼蓋形成不全を伴う特発性大腿骨頭壊死症に対して、1999年から2005年の間に施行された、臼蓋形成術(Spitzky変法)を併用した大腿骨頭前方回転骨切り術の中期成績を検討した。対象は3例4股関節(男性1例1股、女性2例3股)、手術時平均年齢29歳、平均観察期間7.5年、術前stageは3A:2股、3B:2股であった。経過観察中にTHAへの移行例はなく、最終経過観察時のJOA scoreは平均80.2点であった。術後健常部占拠率は、臼蓋形成部を除くと平均23%で全例34%未満であったが、臼蓋形成部を含めると平均58%であった。全例において臼蓋形成部は良好にリモデリングされており、荷重部関節裂隙は保たれていた。

## 1. 背景・研究目的

大腿骨頭回転骨切り術において、臼蓋形成不全が存在すると意図的内反を加えても術後健常部占拠率が34%以上を得ることが難しくなることがあり、適応外となってしまうケースが存在する(図1)。このような臼蓋形成不全を伴う大腿骨頭壊死(ONFH)症例に対して、術後健常部占拠率を上げる方法として、臼蓋の被覆を改善する手術の併用が考えられる。これまでに我々は、臼蓋形成術(Spitzky変法)を併用した大腿骨頭回転骨切り術を行い、良好な短期成績を報告してきた<sup>1)</sup>。

本研究の目的は、臼蓋形成不全を伴うONFHに対して行われた、Spitzky変法を併用した大腿骨頭前方回転骨切り術(ARO)の中期成績を検討することである。

## 2. 研究方法

対象は、1999年から2005年の間に、Spitzky変法を併用したAROを施行された3例4股関節である。男性1股、女性3股、手術時平均年齢29.3歳(18, 26, 44歳)、ONFH術前Stage 3A 2股、3B 2股、ONFH Typeは全例C2、平均観察期間7.5年(4年3ヶ月~8年9ヶ月)であった。

臼蓋形成不全の程度は、CE角は平均16.7°(14.9~18.6°)、AHIは平均65.6%(64.8~66.7%)、臼蓋傾斜角は平均14.8°(11.4~18.5°)であった。

術後健常部占拠率(臼蓋形成部を除いたものと含めたもの)、THAへの移行の有無、術前・最終経過観察時のJOAスコアを検討した。

## 3. 研究結果

術後健常部占拠率は、臼蓋形成部を含めないと平均23%で全例34%未満であった。一方、臼蓋形成部を含めると平均58%で全例34%以上であった。

経過観察中、THAへの移行例はなく、全例関節温存されていた。JOAスコアは、術前平均69.8が最終経過観察時は平均80.2であり、疼痛スコアは有意な改善を認めた。

症例(図)

44歳男性、左ONFH(アルコール性)

術前Stage 3A, Type C2

CE角:14.9°、AHI:65.8%、臼蓋傾斜角:17.1°

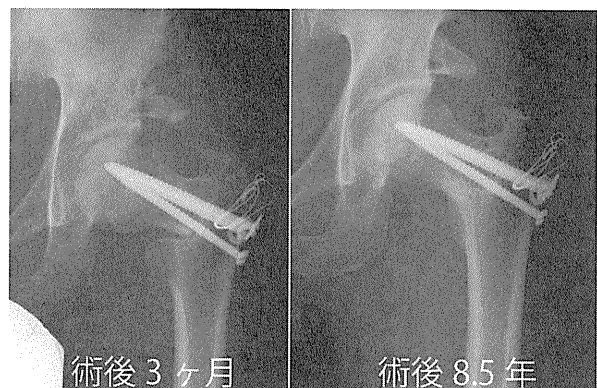


図. Spitzky変法併用ARO症例(内反20°)。術後健常部占拠率は、臼蓋形成部を含めないと23%であるが、臼蓋形成部まで含めると58%。術後8.5年で、骨頭圧潰の進行はなく、臼蓋形成部は吸収されることなく良好にリモデリングされている。最終経過観察時のJOAスコアは91。

#### 4. 考察

術後健常部占拠率は、34%未満であると術後骨頭圧潰進行のリスクが高いことが証明されており<sup>2)</sup>、AROの適応の有無を左右する重要な目安である。本研究では、臼蓋形成術を併用しなければ術後健常部占拠率は全例34%未満であったが、臼蓋形成術を併用することにより全例34%以上となり、臼蓋形成部は吸収されることなく良好にリモデリングされていた。このことから、臼蓋形成部は術後健常部占拠率を補うことにより、圧潰進行防止に役立っているのではないかと考えられた。

#### 5. 結論

ONFHに対する大腿骨頭回転骨切り術において、臼蓋形成不全が存在する症例で内反を加えても十分な術後健常部占拠率が得られない場合には、臼蓋形成術の併用は有用なオプションである可能性が示唆された。

#### 6. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
1) 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) 野口康男、末永英慈、本村悟朗、山本卓明、中島康晴、首藤敏秀、神宮司誠也、岩本幸英. 臼蓋形成不全を伴う大腿骨頭壊死症に対する臼蓋形成術併用大腿骨頭回転骨切り術 Hip Joint 2002;28:257-260.
- 2) 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. 2000;82:512-6.

# 大腿骨頭回転骨切り術における 3 次元術前プランニングと PST(patient-specific template)による術中支援システムの臨床成績

岩城 啓好、池淵 充彦、吉田 拓、箕田 行秀、中村 博亮  
(大阪市立大学大学院医学研究科 整形外科)

難易度の高い手術と思われる大腿骨頭回転骨切り術を行う際、3次元画像による術前計画により骨切角度を設定し、術中再現するために Patient specific template を作成することによる術中支援システムを構築した。骨頭壊死 4 例に使用し術前計画と術後測定値の差は、正面平均  $2^{\circ} \pm 0.8$ 、側面  $1.8^{\circ} \pm 0.6$  であった。本システムにより正確な術前計画と術中の再現が可能であった。

## 1. 研究目的

大腿骨頭回転骨切り術(以下 RO)は大腿骨頭壊死(以下 ON)に対する、関節温存手術として優れた手術であるがその適応の決定と術前計画に難渋する上、手技が煩雑で、術中の骨切面の設定に時間がかかり、術前計画と術後レ線の差異にしばしば遭遇する。近年 PST(patient-specific template)を用いた術中支援が徐々に広まりを見せており<sup>1)</sup>、我々は人工股関節、膝関節において臨床応用を行ってきた。そこで3次元画像による術前計画により適応をきめ、適応がある場合には最適な骨切角度を設定し、それを術中再現するために PST を作成し、RO に対し使用したので報告する。

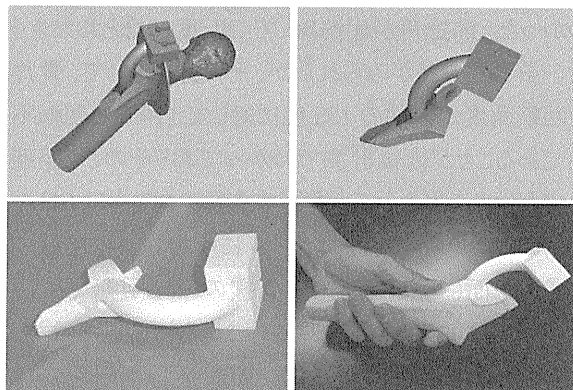


図1. 骨切り面を決定するための PST

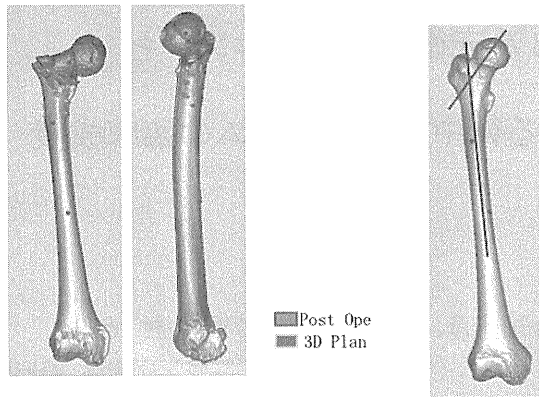
## 2. 研究方法

対象は男性 3 例、平均年齢 32 才(17~44)、特発性大腿骨頭壊死 2 例(ステロイド性 1 例、アルコール性 1 例)、外傷性大腿骨頭壊死 1 例である。術前病期は 1 例が

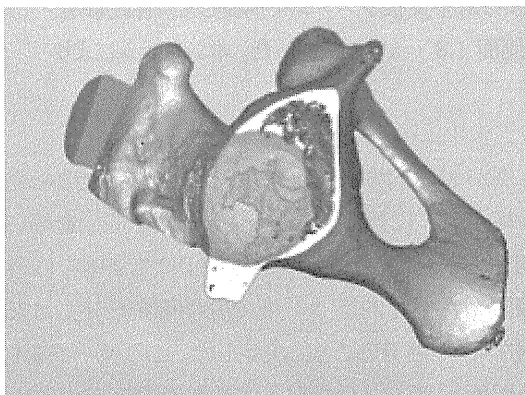
3A、2 例が 3B、病型は 1 例が C1、1 例が C2 であった。(表1)術前 CT に対し Rendering soft (Mimics)を用い壊死範囲を決定。CADソフト(Magics)にて 2 例で内外反中間位、1 例で内反 20 度で骨切面を設定し 135 度後方へ回転させることに決定した。このデータをもとに骨切面へ K ワイヤを刺入する為の PST を作成し術中使用した。(図1)レントゲン正側面 2 方向および遠位骨片をシミュレーションのもと術後 CT の重ね合わせをおこない、本システムの精度を確認した。(図2)また術前術後における骨頭荷重面に対する壊死範囲の閉める面積比(壊死占拠率)を百分率にて算出した。(図3)

	年齢	因子	病期	病型
症例1	39 才	アルコール	3B	C2
症例2	44 才	外傷性	3B	C2
症例3	17 才	ステロイド	3A	C1

(表1)患者の Demographic Data



形状を合わせ込むことで、大腿骨3D像をmatching  
 図2. 術後CTによる3次元精度評価  
 頸体角の計測



\\\\\\\\荷重域\\\\\\\\壊死域  
 XXXX  
 図3. 骨頭荷重域と壊死域のマッピングを行い、荷重域における壊死域の割合を計算し百分率にて計算。

	術前		AR090		PRO135		PRO135_V10		PRO135_V20	
	Type	壊死面積 (%)	Type	壊死面積 (%)	Type	壊死面積 (%)	Type	壊死面積 (%)	Type	壊死面積 (%)
Case1	C2	40.2	A	23.4	B	32.4	-	-	-	-
Case2	C1	30.4	A	22.3	A	15.3	-	-	-	-
Case3	C2	46.8	C1	36.5	C1	39.8	C1	36.4	B	34.2

表3. 術前シミュレーションの結果

### 3. 研究結果

術前シミュレーションの結果を示す。(表3)この結果より、症例1では後方回転135度で内外反中間位で、症例2では前方回転90度で内外反中間位、症例3では後方135度のみでは病型がC1であり内反を20度くわえることにより病型Bなるため、135度後方回転にくわえて20度内反で手術を行うこととした。

PSTは転子部にしっかりと安定して設置可能であり、

Kワイヤーを2本挿入し骨切を行った。(図3)術中大きなトラブルはなく手術時間は平均3時間10分、平均出血量は152gで、病型は全例TypeA~Bに改善していた。術前計画と術後測定値の差は、レントゲン上の計測で正面平均 $2^{\circ} \pm 0.8$ 、側面 $1.8^{\circ} \pm 0.6$ であった。



図4. 術中写真

また3次元精度評価では、誤差は頸体角で症例1で3.2度外反、症例2で4.4度内反、症例3で5度内反であった。また前捻角は症例1で3.3度後捻、症例2で1.2度前捻、症例3で20.3度前捻であった。

### 4. 考察

従来法では、骨切面の設定とその術後レ線の出来不出来は術者の経験と手術センスに大きく依存し、本術式が一般化しない大きな要因であると思われる。今回、正確な術前計画と術中の再現が可能となることがわかった。前捻角が症例3にて20度前捻とおおきく術前計画との差がみられたが、その原因として、骨片の回転角度が術前の135度に対して110度と回転不足であることが術後計測でわかっておりそのことが理由でないかと思われる。本術中支援システムはROを行うための非常に有用なツールになりえるが、現状では骨切り面に関しての術中支援のみで回転や位置については従来法で行っておりこれらについてはさらなる検討が必要とおもわれる。術前シミュレーションと術後CTの遠位骨片を3次元的にマッチングすることにより、従来評価の難しかった、3次元頸体角、前捻角

に加えて、骨頭中心位置、骨片の回転角度、術前術後の壊死範囲の変化などが可能になり、今後、大腿骨頭壊死に対する骨頭回転骨きり術の成績にあたえ



るより詳細な因子の検討に応用できる可能性があると思われた。

## 5. 結論

本術中支援システムは大腿骨頭壊死に対する骨頭回転骨きり術を行う際、正確な骨切り面の設定に非常に有用であると思われた。

## 6. 研究発表

学会発表

- 1) 岩城啓好、吉田拓、池淵充彦、箕田行秀、中村博亮 PST(patient-specific template)による術中支援を用いた大腿骨頭回転骨切り術 第5回日本 CAOS 研究会 2011 年 9 月 大阪
- 2) 岩城啓好、吉田拓、池淵充彦、箕田行秀、中村博亮 PST(patient-specific template)による術中支援を用いた大腿骨頭回転骨切り術 第 38 回日本股関節学会 2011 年 10 月 鹿児島

## 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) Hafez MA. , et al. : Computer-assisted Total Knee Arthroplasty Using Patient-specific Templating Clin Orthop Relat Res. 2006;444:184-192

# 三次元画像、立体骨モデルを用いた大腿骨頭壊死の手術支援システム

田中 栄、伊藤 英也 (東京大学医学部附属病院整形外科・脊椎外科)

大腿骨頭壊死に対する大腿骨骨切り術に対して立体骨モデル、三次元画像を用い術前計画、手術シミュレーション、手術支援技術に応用した。MRI、CTの画像データをもとに3D画像、実物大立体骨モデル、患者固有の治具を用いた手術支援システムを開発。このシステムを利用し手術をおこない臨床的な有用性を確認した。

## 1. 研究目的

大腿骨頭壊死に対する大腿骨骨切り術（骨頭回転骨切り、内反骨切り）は骨頭の壊死領域を三次元的な骨切りで荷重部より逸らすことにより骨頭温存を達成する非常に有用な術式である。しかし手術適応や手術手技が適切でない場合には目的の治療効果があげることができない。従来、単純X線による二次元画像をもとにした術前評価、手術計画が主流であったが、近年ではCTやMRI検査の三次元画像技術の発達し三次元プリンターによる立体骨モデルの作成が可能になった。これらの技術を応用し手術をおこない大腿骨骨切りの手術成績をより向上させること。

## 2. 研究方法

### 1) 三次元画像の術前評価

術前にMRI（3D T1gradient-echo法 0.6mmスライス）撮影をおこない3D viewerを用い(図1)壊死部の範囲を計測し術前、術後の健常部占拠率を算出する。術前健常部占拠率  $A+C/A+B$

術後健常部占拠率  $A+F/A+B$

(図1, 2, 3)

### 2) 3D画像による手術シミュレーション

CT画像のDICOMデータを画像ソフト上で処理をおこない、3D画像による仮想空間での手術シミュレーションをおこなった。

(図4)

### 3) 実物大立体骨モデルによるシミュレーション

CTのDICOMデータ(1mmスライス)を画像ソフトに読み込み骨頭の壊死部を特定しその部位を差し引いて健常骨のみの三次元骨モデル画像データを作成。この

STLデータを三次元造形ソフトに読み込むことで骨切り線の設定、骨片の回転などの仮想空間上での手術シミュレーションをおこない、そのデータをもとに実物大立体骨モデルを作成し手術シミュレーションをおこなった。

4) Patient specific Template (PST)による手術支援  
3D画像での手術シミュレーション、術前計画のデータをもとに光硬化樹脂で患者固有の治具(PST)を作成し術中の骨切りのガイドとして利用した。

## 3. 研究結果

### 1) 三次元画像の術前評価

3D viewerを用いMRI画像での骨頭における壊死領域を評価。骨頭回転骨切りにおいて回転後の移動した壊死領域の評価が可能であった。

### 2) 3Dモデルによる手術シミュレーション

骨頭回転骨切り、内反骨切りの術前シミュレーションを3D画像の仮想空間でおこなった。

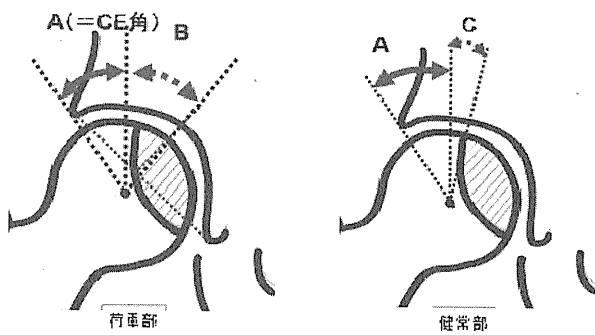
### 3) 実物大立体骨モデルによるシミュレーション

術前に実物大立体骨モデルを用いて手術シミュレーションをおこなった。術前計画での骨切り線の確認、手術手順について手術助手との術前打ち合わせが可能であり有用であった。また術中に術野の外で骨モデルを肉眼的に確認することで術前計画、術前シミュレーションの再現が可能であった。

### 4) PSTによる手術支援

大腿骨内反骨切りにおいて術前計画、術前シミュレーションを前述の1)2)3)の方法でおこない大腿骨頸部軸に対して25度の内反骨切りをおこなうためにPSTを使用した。PSTを利用しガイドワイヤー刺入し計画通りの

骨切りをおこなうことができた。



$$\text{健常部占拠率} = A + C / A + B$$

図 1

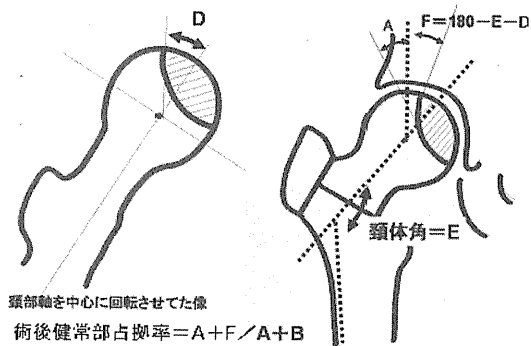
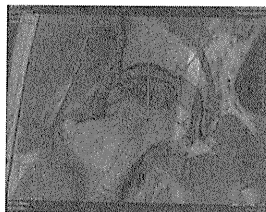


図 2



$$\text{臼蓋荷重部} = A + B = 73^\circ$$

$$D1 (\text{前方} 90^\circ \text{ 回転}) = 35^\circ$$

$$D2 (\text{後方} 130^\circ \text{ 回転}) = 55^\circ$$

$$\text{術後健常部占拠率 (前方} 90^\circ) = 85\%$$

$$\text{術後健常部占拠率 (後方} 130^\circ) = 44\%$$

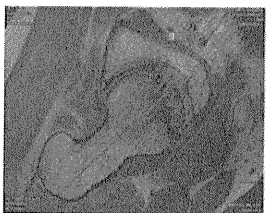


図 3

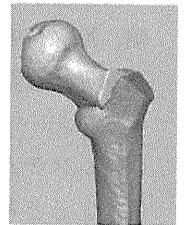
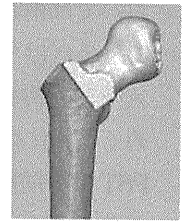
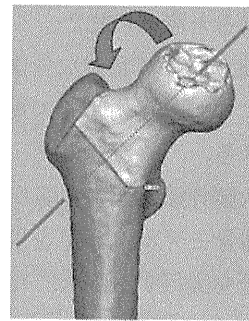


図 4 立体骨モデル

#### 実物大立体骨モデルの作成

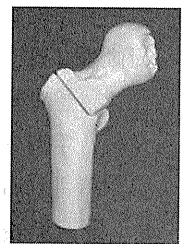
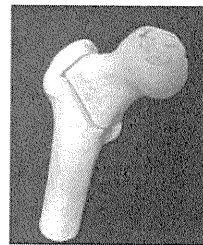


図 5

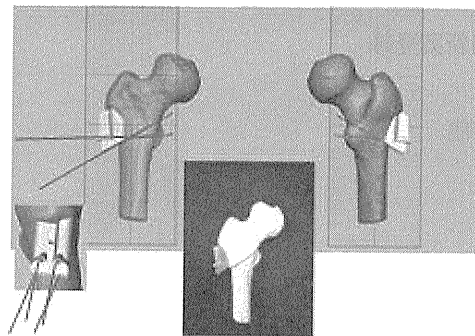


図 6

#### 4. 考察

大腿骨頭壊死に対する大腿骨骨切りは骨頭温存しながら治療できる非常に有用な手術術式であるが正確な術前評価と手術手技は容易ではない。三次元画像や立体骨モデルを用いることでこの術式の治療成績が向上することが期待できる。

術前評価においては骨頭内の壊死領域を三次元的に正確な評価することが可能となり、適切な手術適応の決定と精密な手術計画が遂行できた。

3D 画像や立体骨モデルの手術シミュレーションに

においては術者がリアルな手術操作のイメージを体感できるだけでなく、術前に手術スタッフがそのイメージを共有することができチーム医療を円滑に進めるために役立つツールでもあると考えられた。

PSTは術前計画で設定した回旋において正確な骨切り角度を設定することが容易になり、手術時間の短縮、X線被曝の軽減が期待できる。

三次元的な空間把握が必要な大腿骨頭壊死の骨切り手術において三次元画像、立体骨モデル、PSTを用いたシステムはより正確な手術を実行するために有用であると考えられた。

## 5. 結論

大腿骨頭壊死に対する大腿骨骨切り術において三次元画像評価、立体骨モデルによる手術シミュレーション、患者固有の治具は有用である。

今後、手術支援システムとしてより発展させることが期待される。

## 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

# 特発性大腿骨頭壊死症に対する血管柄付腸骨移植術後の組織学的検討

阿部裕仁 坂井孝司 西井孝 高尾正樹 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)

特発性大腿骨頭壊死症に対する血管柄付腸骨移植術(VIBG)後の修復反応を調査するため、組織学的に TRAP、HIF1- $\alpha$ 、VEGF、FGF-2 の分布を摘出骨頭 2 例について、と core biopsy(CB)術後 4 例をコントロールとして調査した。VIBG 移植骨周囲、CB 移植骨および骨孔周囲に TRAP 陽性細胞を部分的に認めた。HIF1- $\alpha$  は VIBG、CB とも全例で認められなかったが、VIBG で VEGF、FGF2 の発現を部分的に認めた。

## 1. 研究目的

特発性大腿骨頭壊死症に対する血管柄付骨移植の目的は、①壊死組織への remodeling の誘導、②壊死部に対する力学的補強による圧潰予防である<sup>1)</sup>。血管柄付骨移植は血管柄付腓骨移植(vascularized fibular bone graft; VFBG)と、血管柄付腸骨移植(vascularized iliac bone graft; VIBG)に大別される。このうち VIBG は、深腸骨回旋動脈を温存したまま腸骨を採取し、頸部前面中央に頸部基部より骨頭直下までに移植する術式である。臨床成績では術後 5-8 年の経過観察で success rate が 24%から 97%と報告されている<sup>2-5)</sup>。

一方で術後移植骨周囲の組織学的評価の報告は少ない。VIBG 後の摘出骨頭に関して、組織学的に移植骨は生着し周囲の骨新生が生じていたとする報告はある<sup>6,7)</sup>が、移植骨への修復反応に対する詳細な検討は行われていない。

本研究の目的は、特発性大腿骨頭壊死症に対する VIBG 後の修復反応について、組織学的に明らかにすることである。

## 2. 研究方法

特発性大腿骨頭壊死症に対する VIBG および CB 術後に圧潰を生じ、人工股関節全置換術(THA)を施行した際に摘出した大腿骨頭を組織学的に検討した。症例は VIBG が 2 例、CB が 4 例であった。CB のうち 3 例で人工骨移植術(HA)を併用していた。CB 単独例を除く全例がステロイド性的大腿骨頭壊死症であった。

初回手術から THA までの期間について、VIBG の 3 例は各々 6、8、10 年、CB+HA の 3 例は各々 0.2、2、16

年、CB 単独の 1 例で 15 年であった。初回術前の病型分類はすべて type C1 で、病期分類は stage 2 が 2 例、stage 3A が 4 例であった。THA 施行時の病期分類はすべて stage 4 であった(表 1)。

摘出骨頭を冠状面でスライスし、ホルマリン固定、EDTA で脱灰後に切片を作成した。修復反応の評価方法として移植骨周囲を壊死域、境界域、正常域に分け、それぞれの領域について観察した(図 1)。CB 単独例に関しては、骨孔周囲を観察した。多核の TRAP 陽性細胞を破骨細胞とし、Angiogenesis に関しては HIF1- $\alpha$ 、VEGF、FGF-2 の発現を評価した。

	age	gender	Diagnosis	Type	初回手術時 THA時 stage	初回手術-THA間 stage	年(年)
VIBG1	22	F	Steroid ON(SLE)	C1	3A	4	8
VIBG2	42	F	Steroid ON(原田病)	C1	2	4	10
CB+HA1	60	F	Steroid ON(Cushing症候群)	C1	3A	4	0.2
CB+HA2	38	M	Steroid ON(潰瘍性大腸炎)	C1	3A	4	2
CB+HA3	56	F	Steroid ON(特発性血小板減少症)	C1	2	4	16
CB	52	F	Idiopathic ON	C1	3A	4	15

表 1:患者背景

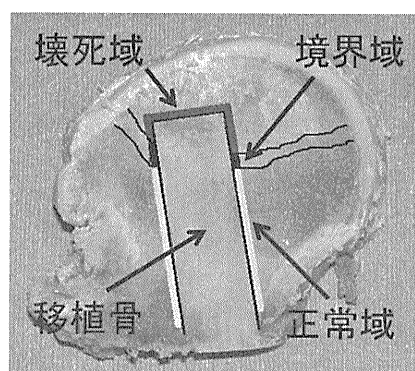


図 1: 移植骨と壊死域、境界域、正常域

### 3. 研究結果

VIBG 2 例のうち 1 例で、壊死域、境界域、正常域すべての領域で TRAP 陽性細胞を認め、1 例で壊死域のみで発現していたが、各々の発現部位は限局していた。CB 例でも、各領域で部分的に発現していた(表 2)。HIF1- $\alpha$  は VIBG 例、CB 例ともに発現が見られなかった。VEGF、FGF-2 に関しては、VIBG 例で壊死域や境界域で部分的に発現を認めた(表 3)。CB 例では、VEGF の発現は認めなかったが、1 例で FGF-2 の発現を正常域でわずかに認めた。

TRAP	発現部位		
	壊死域	境界域	正常域
VIBG1	+	+	+
VIBG2	+	-	-
CB+HA1	+	+	-
CB+HA2	+	-	-
CB+HA3	+	+	-
CB	-	+	+

表 2:TRAP陽性細胞の分布

	HIF1- $\alpha$			VEGF			FGF-2		
	壊死域	境界域	正常域	壊死域	境界域	正常域	壊死域	境界域	正常域
VIBG1	-	-	-	-	+	-	-	+	-
VIBG2	-	-	-	+	-	-	+	-	-
CB+HA1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CB+HA2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CB,HA3	-	-	-	-	-	-	-	-	+
CB	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 3:Angiogenesis factor の分布

#### 症例供覧

42 歳女性、特発性大腿骨頭壊死症、VIBG 術後 10 年

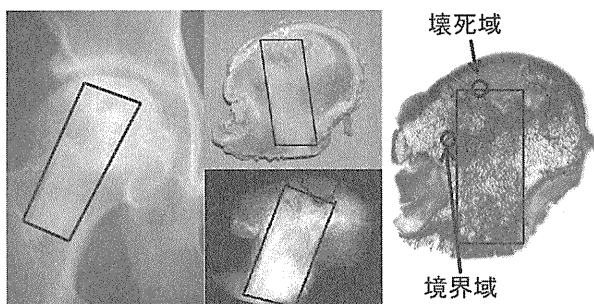


図 2:肉眼的、X線所見。移植骨部で骨梁の肥厚を認め、組織学的にも骨癒合していると考えられた。

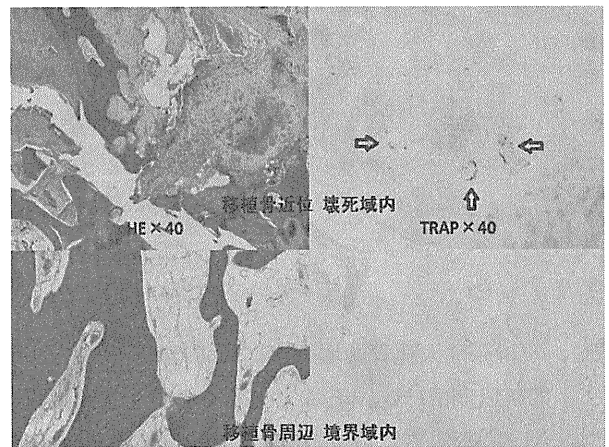


図 3:HE 染色、TRAP 染色。壊死域では TRAP 陽性細胞が存在し、骨新生を認めた。境界域では TRAP 陽性細胞は認められなかった。

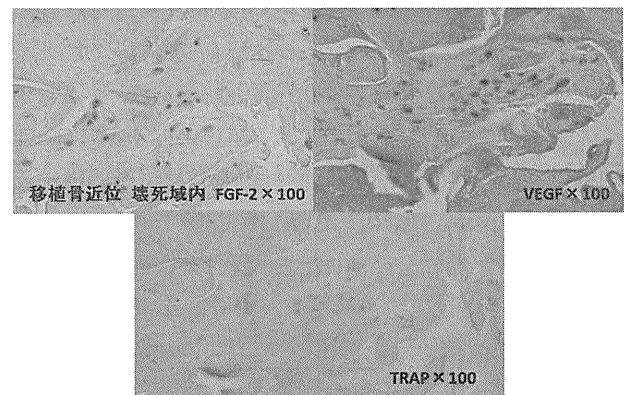


図 4:angiogenesis factor. 移植骨近位部壊死域で、FGF-2、VEGF の発現を認めた。同部位では TRAP 陽性細胞は認めなかった。

### 4. 考察

VIBG 例、CB 例の両者において移植骨部、骨孔部とも修復組織の侵入、その周囲の新生骨梁形成、TRAP 陽性細胞を認めた。TRAP 陽性細胞は移植骨周囲の壊死域、境界域、正常域で存在していたが、限局していた。CB 単独例では壊死域内に TRAP 陽性細胞を認めなかった。

VFBG を含めた過去の報告では、移植骨は生着し、remodeling が生じていたと報告している<sup>6-8)</sup>。今回の検討でも組織学的に移植骨は生着し、remodeling を示していた。HIF1- $\alpha$  は VIBG 例、CB 例ともに骨頭摘出時には stage4 で、発現を認めなかった<sup>9)</sup>。VIBG 例では移植骨近位部の壊死域、境界域に部分的に VEGF、FGF-2 の発現を認めた。なお TRAP 陽性細胞と VEGF、

FGF-2 発現部位との関連は認めなかった。

血管柄付骨移植の術後圧壊の原因として remodeling の程度、移植骨の位置・大きさなどが failure の原因として考えられている<sup>10,11)</sup>。今回の症例では remodeling、angiogenesis は生じているものの、その反応は部分的で、移植骨のサイズは壊死部に対して小さく前方に局限していた。すなわち、壊死組織への remodeling は部分的で、圧潰に対する力学的補強も十分ではないと考えられた。

本研究の limitation として THA conversion 時に骨頭を切除し、組織学的検討が可能な failure 例のみを対象としていることである。当科関連施設では、9 例 10 関節に VIBG 施行しているが、その中で THA への conversion となった 2 例 2 関節を今回の対象とした。

## 5. 結論

特発性大腿骨頭壊死症に対する VIBG 例、CB 例ではともに、骨移植部、骨孔部周囲に新生骨梁形成、TRAP 陽性細胞の存在を認めた。HIF-1 $\alpha$  は両者とも発現を認めなかった。VIBG 例で VEGF、FGF-2 の発現を部分的に認めたが、CB では発現を認めなかった。

## 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

なし。

2. 実用新案登録

なし。

3. その他

なし。

## 8. 参考文献

- 1) Scully SP, AARON RK. Survival Analysis of Hips Treated with core decompression or vascularized fibular grafting because of avascular necrosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1998; 80: 1270-5.
- 2) Chen CC, Lin CL, Chen WC, Shih HN, Ueng SW, Lee MS. Vascularized iliac bone-grafting for osteonecrosis with segmental collapse of the femoral

head. *J Bone Joint Surg Am.* 2009; 91: 2390-4.

- 3) Babhulkar S. Osteonecrosis of femoral head: Treatment by core decompression and vascular pedicle grafting. *Indian J Orthop.* 2009; 43: 27-35.

- 4) Nagoya S, Nagao M, Takada J, Kuwabara H, Wada T, Kukita Y, Yamashita T. Predictive factors for vascularized iliac bone graft for nontraumatic osteonecrosis of the femoral head. *J Orthop Sci.* 2004; 9: 566-70.

- 5) Eisenschenk A, Lautenbach M, Schwetlick G, Weber U. Treatment of femoral head necrosis with vascularized iliac crest transplants. *Clin Orthop Relat Res.* 2001; 386: 100-5.

- 6) 小助川維摩, 名越智, 加谷光規, 佐々木幹人, 舘田健児, 山下敏彦. 特発性大腿骨頭壊死症に対する血管柄付き腸骨移植術の組織学的検討. *Hip Joint* 2009; 35: 361-4.

- 7) 菊池明, 中村吉秀, 三井博正, 藤哲. 大腿骨頭壊死症に対して施行した血管柄付き腸骨移植術後の骨頭病理所見. *Hip Joint* 2009; 35: 365-9.

- 8) Valle GDA, Bates J, Di Carlo E, Salvati EA. Failure of free vascularized fibular graft for osteonecrosis of the femoral head: a histopathologic study of 6 cases. *J Arthroplasty.* 2005; 20: 331-6.

- 9) Li W, Sakai T, Nishii T, Nakamura N, Takao M, Yoshikawa H, Sugano N. Distribution of TRAP-positive cells and expression of HIF-1 $\alpha$ , VEGF, and FGF-2 in the reparative reaction in patients with osteonecrosis of the femoral head. *J Orthop Res.* 2009; 27: 694-700.

- 10) Malizos KN, Quarles LD, Dailiana ZH, Rizk WS, Seaber AV, Urbaniak JR. Analysis of failures after vascularized fibular grafting in femoral head necrosis. *Orthop Clin North Am.* 2004; 35: 305-14.

- 11) Carter JR, Furey CG, Shaffer JW. Histopathologic analysis of failed vascularized fibular grafts in femoral head osteonecrosis. *Microsurgery.* 1998; 18: 110-8

# 特発性大腿骨頭壊死症に対する骨髄単核球移植

山崎琢磨、石川正和、山崎啓一郎、森 亮、濱西道雄、庄司剛士、越智光夫 (広島大学大学院 整形外科)  
安永裕司 (広島大学大学院 人工関節・生体材料学)

特発性大腿骨頭壊死症 (ION) に対する骨壊死部への血管・骨修復を目的として、2005 年より骨髄単核球 (単核球) 移植を導入した。これまでの単核球移植施行後 4 年以上 (平均 5 年) 経過した 22 例 30 関節において、単核球移植後に骨頭圧潰の進行を認めなかったのが 15 関節であり、3mm 未満の骨頭圧潰の進行を 8 関節に、3mm 以上の骨頭圧潰の進行を 7 関節に認めた。圧潰 3mm 未満の全例および圧潰 3mm 以上の例のうち 2 関節では術後 2 年以降は非進行性であり、25 関節 (83%) では臨床経過良好と考えられた。単核球移植後の骨組織評価を行えた症例では、壊死領域内に核を有する骨梁と壊死骨の混在及び vWF 染色陽性の管腔形成を認め、部分的な骨修復が示唆された。

## 1. 研究目的

当科では 2005 年 8 月より両大腿骨頭壊死症 (ION) に対し、片側の骨切り術や人工関節置換術と同時に、反対側の骨頭に対して骨髄単核球 (単核球) 移植を試みてきた。また一部の症例において、重篤な既往症のために従来の手術治療が困難な場合に両側の骨頭に細胞移植を行ってきた<sup>1-6)</sup>。単核球移植施行後平均 5 年経過例の成績について、単核球移植後の壊死領域の組織学的評価も踏まえて報告する。

## 2. 研究方法

ION に対して単核球移植を行い術後 4 年以上経過した 22 例 30 関節を対象とした。症例の内訳は、女性 8 例、男性 14 例、平均手術時年齢は 41 才 (18~64 才)、誘因はステロイド性 14 例、アルコール性 6 例、狭義の特発性 2 例であった。術前病期は Stage 1 が 2 関節、Stage 2 が 25 関節、Stage 3A が 3 関節、術前病型は Type B が 2 関節、Type C-1 が 13 関節、Type C-2 が 15 関節であった。平均壊死体積率は 21% (3~36%)<sup>7)</sup>、平均経過観察期間は 61 カ月 (48~74 カ月) であり、また反対股には骨切り術を 10 関節に<sup>8)</sup>、THA を 1 関節に、人工骨頭置換術を 1 関節に、血管柄付腸骨移植を 1 関節に同時に行った。

対照として連通孔性 HA のみを移植した 8 例 9 関節と比較した。内訳は女性 1 例、男性 7 例、平均手術時

年齢は 49 才 (28~73 才)、誘因はステロイド性 2 例、アルコール性 3 例、狭義の特発性 3 例であった。術前病期は全例 Stage 2 であり、術前病型は Type C-1 が 1 関節、Type C-2 が 8 関節であった。平均壊死体積率は 22% (15~55%) であり、平均経過観察期間は 63 カ月 (54~83 カ月) であった。また反対股には骨切り術を 1 関節に、THA を 1 関節に、血管柄付腸骨移植を 1 関節に同時に行った。

### 1) 単核球の単離

手術開始前に腸骨稜より骨髄液を 700ml 採取し、フィルターにて濾過した後に細胞遠心分離装置 (Spectra, Gambro) を用いて骨髄液より単核球を含む分画液 (40ml) を抽出した。移植の足場材料として連通気孔を有する hydroxyapatite: Neobone<sup>®</sup> (interconnected porous calcium hydroxyapatite: IHA) を用い、分画液を IHA に浸潤させて移植に使用した。

### 2) 単核球移植

大転子遠位から大腿骨頭の壊死領域に向けて軟骨下骨の直下までイメージ下に 6~10mm 径でドリリングを 2 カ所に行い、単核球分画液を浸潤させた円柱状の IHA を骨孔よりに挿入し、骨壊死部へ移植した。

また、反対側の大腿骨骨切り術後の抜釘時に単核球移植側で骨生検を施行した 2 例、および圧潰進行のため THA を行った際の摘出骨頭を得た 2 例につ



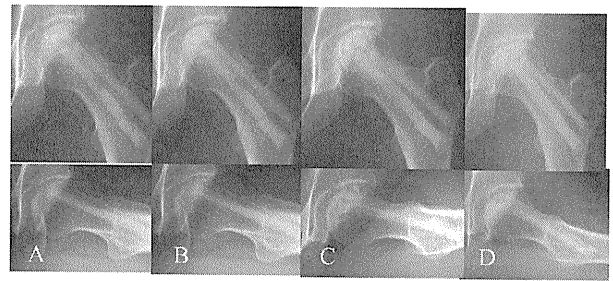
いて組織学的評価を行った。組織評価はヘマトキシリン・エオジン(HE)染色、および vascular endothelial growth factor(VEGF)と von Willebrand factor(vWF)の免疫染色にて行った。

### 3. 研究結果

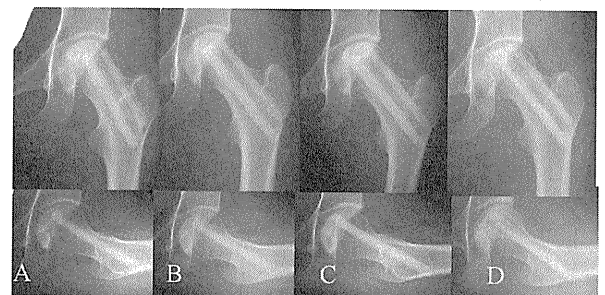
単核球群では、骨頭圧潰は 15 関節(50%)で進行を認めず、3mm 未満の進行を 8 関節(27%)に、3mm 以上の進行を 7 関節(23%)に認めた。HA 群では 3mm 未満の進行を 1 関節(11%)に、3mm 以上の進行を 7 関節(89%)に認めた。THA への移行を単核球群の 3 関節(10%)に、HA 群の 3 関節(33%)に認めた。単核球群において圧潰なしと圧潰 3mm 未満の 23 関節、及び 3mm 以上の 2 関節を含む 25 関節(83%)では臨床経過良好と考えられた(図 1,2,4,5,6)。3mm 以上の骨頭圧潰例において最終観察時の病期は、単核球群では stage 3B が 3 関節(10%)、stage 4 が 4 関節(13%)であり(図 7)、HA 群では stage 3B が 2 関節(22%)、stage 4 が 6 関節(67%)であった。

単核球群における壊死体積率の経時的変化では術後 12 ヶ月までに著明な減少傾向を認め、術前平均 22%が術後 12 ヶ月時には 9.0%まで減少していた。次に荷重部における骨頭外側の健全部占拠率を計測すると術後 12 ヶ月時では平均 28%、18 ヶ月時 37%、24 ヶ月時 40%、36 ヶ月時 53%と拡大していた。また、骨頭荷重部外側縁から骨頭中心を結ぶ線上で、荷重部と壊死領域の距離を計測すると術後 12 ヶ月時では平均 5.4mm、18 ヶ月時 5.9mm、24 ヶ月時 6.1mm、36 ヶ月時 7.4mm と延長していた。HA 群では反応層の明瞭な陰影変化を認めず、同様の評価は困難であった。

壊死領域の組織学適評価を行えた 4 関節ではいずれも壊死領域内に壊死骨と核を有する骨梁が混在し、骨修復が進んでいる所見と考えられた。また血管内皮を評価する vWF の染色により、壊死領域内にも染色陽性の部位が散見された。vWF 染色では壊死領域全体に管腔構造が散見され、3 関節では VEGF の染色性に認められた(図 3, 8)。一方、HA のみを移植した 2 例においても術後 2 年で骨生検を行い壊死領域を評価したが、いずれも明らかな骨形成を認めず、vWF や VEGF の染色性も認めなかった。

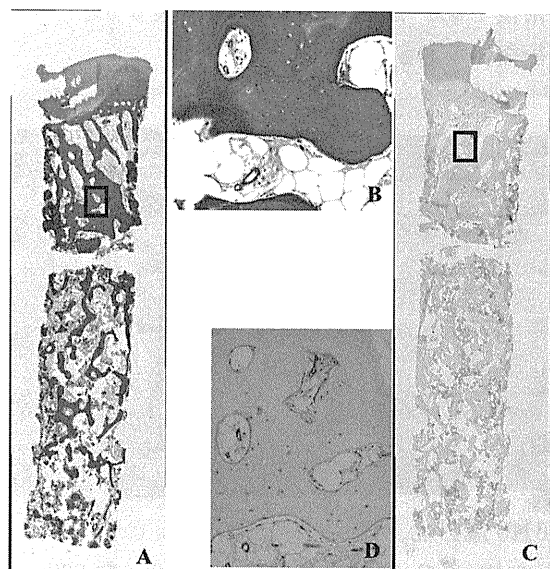


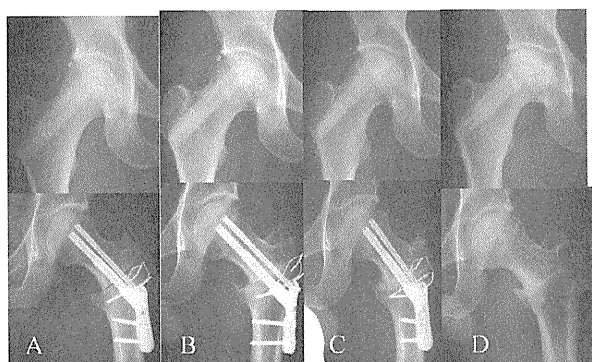
【図 1】34 歳女性、術前 Stage 2, Type C-1, 壊死体積率 15%  
A) 術後 2 ヶ月 B) 術後 3 ヶ月 C) 術後 9 ヶ月 D) 術後 5 年 10 ヶ月



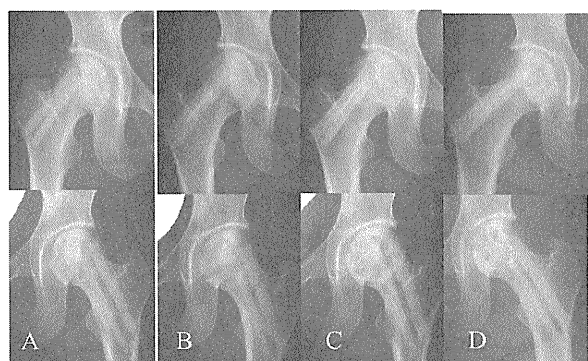
【図 2】18 歳女性、術前 Stage 2, Type C-1, 壊死体積率 11%  
A) 術後 2 ヶ月 B) 術後 3 ヶ月 C) 術後 9 ヶ月 D) 術後 5 年 7 ヶ月

【図 3】壊死領域の生検組織(図 2 の症例)  
A) HE 染色 40 倍 B) HE 染色 200 倍  
C) vWF 染色 40 倍 D) vWF 染色 200 倍

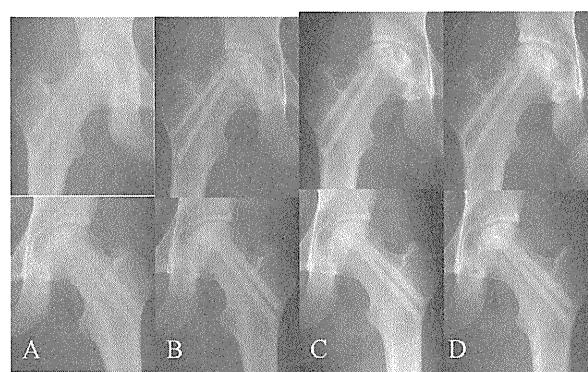




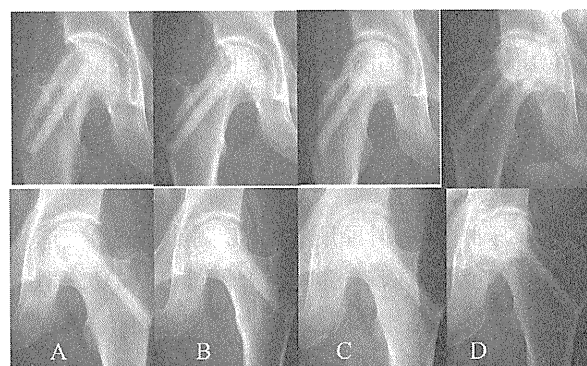
【図4】36歳男性、術前右 Stage 2, Type C-2, 左 Stage 3A, Type C-2, 壊死体積率:右 22%, 左 35%  
右単核球移植, 左骨頭回転骨切り術を同時施行  
A) 術後1ヵ月 B)術後3ヵ月 C)術後9ヵ月 D)  
術後4年10ヵ月



【図5】37歳女性、術前右 Stage 1, Type C-1, 左 Stage 3A, Type C-1, 壊死体積率:右 21%, 左 26%  
両側単核球移植例  
A) 術後1ヵ月 B)術後3ヵ月 C)術後9ヵ月 D)  
術後4年6ヵ月

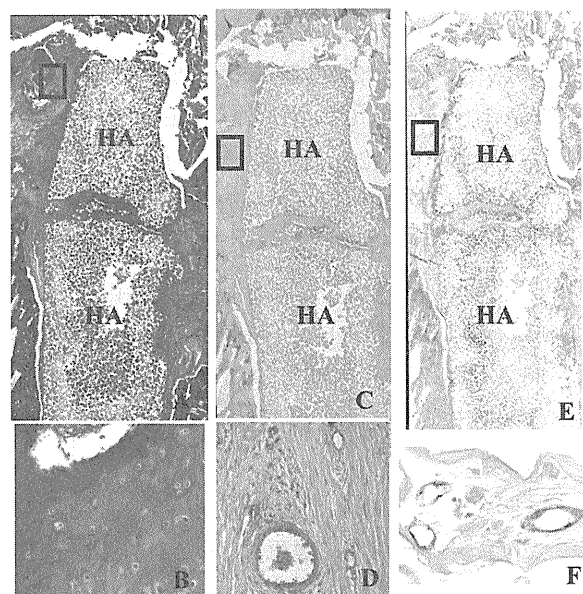


【図6】18歳男性、術前右 Stage 2, Type C-2, 左 Stage 2, Type C-1, 壊死体積率:右 24%, 左 20%  
両側単核球移植例  
A) 術後1ヵ月 B)術後1年 C)術後2年 D)術後  
4年1ヵ月



【図7】64歳男性、術前右 Stage 2, Type C-2, 左 Stage 2, Type C-2, 壊死体積率:右 33%, 左 39%  
両側単核球移植後 圧潰進行例  
A) 術後1ヵ月 B)術後3ヵ月 C)術後9ヵ月 D)  
術後4年4ヵ月

【図8】壊死領域の生検組織(図7の症例)  
A)HE染色40倍 B)HE染色200倍  
C)VEGF染色40倍 D)VEGF染色200倍  
E)vWF染色40倍 F)vWF染色200倍



#### 4. 考察

単核球移植後4年以上経過例において、50%に圧潰を認めず、3mm未満の圧潰例も含めると、77%に圧潰進行の抑制効果が得られている。骨頭圧潰の進行との関連因子として手術時年齢、術前病型、及び術前壊死体積率に相関を認めた。

単核球移植の成績に関与する因子として、Hernigouらは骨髄や骨頭内に存在する前駆幹細胞数を挙げており、これは年齢、性別、骨壊死の局在

や誘因に依存すると述べている<sup>9)</sup>。また、Sickle cell disease 後の ION に対する単核球移植後 10 年以上経過例についても報告しており、術後 14 年における生存率が 87%であり、自然経過を遥かに凌ぐ成績が得られたことを述べている<sup>10)</sup>。

Mont らは無症候性 ION の自然経過を調査しており、664 関節のうち 394 関節(59%)に圧潰の進行を認めたと報告している<sup>11)</sup>。また、骨壊死の内側限局型や壊死率 10%未満では予後良好としており、中～広範囲の骨壊死には無症候性でも手術療法が有益であると述べている。自験例では無症候性 ION が 17 関節あり、このうち 3mm 以上の圧潰を来したのは 1 関節のみであったことから本法の有効性が示唆される。

単核球移植例の多くは骨頭の反応層や軟骨下骨の陰影増強を認め、この領域での骨修復により圧潰が予防されることが示唆された<sup>1,6)</sup>。このため骨頭荷重部外側に健常部の残存した症例や骨修復能の良好な若年例が良い適応と考えられ、壊死体積率が 30%を超えるような症例や、骨頭外側健常部の少ない type C-2 症例では本法の適応を慎重に検討する必要がある。

## 5. 結論

ION に対し、単核球移植術後平均 5 年経過例の術後成績を報告した。本法により 77%に圧潰進行の抑制効果が得られていた。本法は骨頭荷重部外側に健常部の残存した例や若年例に対して良い適応と考える。

## 6. 研究発表

### 1. 論文発表

Yamasaki T, Yasunaga Y, Ishikawa M, Hamaki T, Ochi M. Bone marrow-derived mononuclear cells for osteonecrosis of the femoral head. J Bone Joint Surg Br 2010; 92: 337-341.

山崎琢磨, 安永裕司, 石川正和, 吉田友和, 大島誠吾, 堀淳司, 山崎啓一郎, 越智光夫. 大腿骨頭壊死症に対する骨髄単核球移植. Hip Joint 2009; 36: 24-28.

### 2. 学会発表

- 1) 山崎琢磨, 安永裕司, 石川正和, 吉田友和, 大島誠吾, 堀淳司, 山崎啓一郎, 越智光夫. 大腿骨頭壊死症に対する骨髄単核球移植. 第 82 回日本整形外科学会学術総会, 2009.

- 2) 山崎琢磨, 安永裕司, 石川正和, 吉田友和, 大島誠吾, 堀淳司, 山崎啓一郎, 越智光夫. 大腿骨頭壊死症に対する骨髄単核球移植. 第 36 回日本股関節学会, 2009.
- 3) 山崎琢磨, 安永裕司, 石川正和, 吉田友和, 大島誠吾, 堀淳司, 山崎啓一郎, 越智光夫. 大腿骨頭壊死症に対する骨髄単核球移植. 第 37 回日本関節病学会, 2009.
- 4) 安永裕司, 山崎琢磨, 石川正和, 山崎啓一郎, 越智光夫. 大腿骨頭壊死症に対する自家骨髄単核球移植. 第 38 回日本股関節学会, 2011
- 5) 山崎琢磨, 安永裕司, 石川正和, 山崎啓一郎, 森亮, 濱西道雄, 庄司剛士, 越智光夫. 大腿骨頭壊死症に対する骨髄単核球移植後平均 5 年経過例の成績. 第 38 回日本股関節学会, 2011.

## 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) Yamasaki T, Yasunaga Y, Ishikawa M, Hamaki T, Ochi M. Bone marrow-derived mononuclear cells for osteonecrosis of the femoral head. J Bone Joint Surg Br 2010; 92: 337-341.
- 2) Yamasaki T, Yasunaga Y, Terayama H, Ito Y, Ishikawa M, Adachi N, Ochi M. Transplantation of bone marrow mononuclear cells enables simultaneous treatment with osteotomy for osteonecrosis of the bilateral femoral head. Med Sci Monit 2008; 14: CS23-30.
- 3) 山崎琢磨, 安永裕司, 寺山弘志, 石川正和, 越智光夫. 特発性大腿骨頭壊死症に対する骨髄単核球移植. Hip Joint 2007; 33: 35-39.
- 4) 特発性大腿骨頭壊死症に対する骨髄単核球移植. 厚生労働省特定疾患対策研究事業 骨・関節系調査研究班 特発性大腿骨頭壊死症調査研究分科会 平成18年度報告:110-113.
- 5) 特発性大腿骨頭壊死症に対する骨髄単核球移植. 厚生労働省特定疾患対策研究事業 骨・関

節系調査研究班 特発性大腿骨頭壊死症調査  
研究分科会 平成19年度報告:135-138.

- 6) 特発性大腿骨頭壊死症に対する骨髄単核球移植後に組織学的評価を行った一例. 厚生労働省難治性疾患克服研究事業 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年度報告:138-140.
- 7) Steinberg ME, Hayken GD, Steinberg DR. A quantitative system for staging avascular necrosis. *J Bone Joint Surg Br* 1995; 77: 34-41.
- 8) Sugioka Y, Hotokebuchi T, Tsutsui H. Transtrochanteric anterior rotational osteotomy for idiopathic and steroid-induced necrosis of the femoral head. *Clin Orthop* 1992; 277: 111-120.
- 9) Hernigou P, Poignard A, Manicom O, Mathieu G, Rouard H. The use of percutaneous autologous bone marrow transplantation in nonunion and avascular necrosis of bone. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87: 896-902.
- 10) Hernigou P, Daltro G, Filippini P, Mukasa MM, Manicom O. Percutaneous implantation of autologous bone marrow osteoprogenitor cells as treatment of bone avascular necrosis related to sickle cell disease. *Open Orthop J* 2008; 2: 62-65.
- 11) Mont MA, Zywiol MG, Marker DR, McGrath MS, Delanois RE. The natural history of untreated asymptomatic osteonecrosis of the femoral head: a systematic literature review. *J Bone Joint Surg Am* 2010; 92: 2165-2170.