



Title	大腿骨頭壊死症におけるMR画像の経時的変化
Author(s)	小久保, 宇; 高取, 吉雄; 鴨川, 盛秀 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1990, 50(4), p. 355-366
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19983
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

大腿骨頭壊死症におけるMR画像の経時的变化

* 東京大学医学部放射線医学教室

** 同 整形外科科学教室

*** 同 内科物理療法学教室

小久保 宇* 高取 吉雄** 鴨川 盛秀**
中村 利孝** 二ノ宮節夫** 吉川 宏起*
板井 悠二* 飯尾 正宏* 三田村忠行***

（平成元年6月2日受付）

（平成元年9月18日最終原稿受付）

Avascular Necrosis of the Femoral Head: Chronological Change of MR Images

Takashi Kokubo*, Yoshio Takatori**, Morihide Kamogawa**, Toshitaka Nakamura**,
Setsuo Ninomiya**, Kohki Yoshikawa*, Yuji Itai*,
Masahiro Iio* and Tadayuki Mitamura***

Department of Radiology*, Orthopaedic Surgery**, Medicine & Physical Therapy***,
Faculty of Medicine, University of Tokyo

Research Code No. : 505

Key Words : Magnetic resonance imaging (MRI), Bone necrosis

T1-weighted MR images of thirty-six hips in 25 patients with avascular necrosis of the femoral head were obtained two to five times during the course of 2 to 26 months. We investigated these MR images in the light of the chronological change and compared them with plain radiographs.

MR images change in 16 femoral heads; in general, the abnormal low intensity area in the femoral head reduced in extent and the internal high intensity area became smaller or disappeared. Thirteen femoral heads among them became more flattened on plain radiographs in the same period.

It is noted that four different zones are defined in the femoral head after bone necrosis takes place: the dead bone marrow, the dead marrow which still contains fat, the reactive interface and the hyperemic bone marrow. In T1-weighted MR images, the dead bone marrow, the reactive interface and the hyperemic bone marrow are demonstrated as low intensity area, while the dead marrow containing fat may remain high in intensity. On the basis of this knowledge of histopathology and MR images of this disease, we suggest that reduction of the abnormal low intensity area and disappearance of the internal high intensity area on MR images can be regarded as diminution of hyperemia in the living bone marrow and loss of fat in the dead bone marrow, respectively.

はじめに

大腿骨頭壊死症の診断に Magnetic Resonance Imaging (以下MRI) が応用されて数年になるが、これまでの報告が示すように、本疾患の診断過程の中でMRIの占める位置は次第に重要なもの

なりつつある^{1)~8)}。しかし本疾患で見られるMR画像は多彩であり^{1)~3)}、また経時的に変化のある例も報告されている⁹⁾。本疾患のMR画像の経時的变化を明らかにすることは、病期を考える上で、また治療効果を判定する上で重要であるが、調べ

えた範囲ではこの問題に関するまとまった報告は見られなかった。そこでわれわれは、これまでにMRIを施行した90例の大腿骨頭壊死症患者の中で、複数回の検査を行いえた症例についてそのMR画像の変化を検討し、興味ある結果が得られたので報告する。

I. 対象と方法

1985年4月より1989年3月までの4年間に当施設にてMRIが施行された大腿骨頭壊死症患者90例のうち、複数回の検査を行った25例を対象とした。内訳は男性14例、女性11例、年齢分布は21~64歳(平均42歳)であった。25例のうち、副腎皮質ホルモン製剤投与の既往のあるものが19例、アルコール多飲歴のあるものが5例、大腿骨頸部骨折後が1例であった。臨床経過と単純X線写真の異常所見などから、14例は片側性、11例は両側性の大腿骨頭壊死症と診断されたため、計36骨頭が検討の対象となった。

初回検査時のMR画像は、前回の報告³⁾⁶⁾に従って次のように分類した。

type A: 大腿骨頭のほぼ全域(50%以上)に低信号域が分布するもの(全骨頭型)。この中で異常低信号域の内部に高信号域が島状に残っている例はtype A*として区別した。

type B: 大腿骨頭の関節面付近に低信号域が分布するもの(表層型)。

type C: 大腿骨頭にリング状または帯状の低信号域が見られるもの(輪状・帯状型)。

また初回検査と同時期の単純X線写真から、Ficat¹⁰⁾の分類にもとづいて本疾患のstageを決定した。

MRIは2カ月~2年2カ月の期間内に2~5回施行され、その画像の経時的変化を観察したが、特に異常低信号域の広がりの変化に着目した。またこのうち24骨頭では、やはり経過を追って撮影された単純X線写真(前後像)において骨頭変形が出現あるいは進行したか否かを観察し、MR画像の変化の有無と比較した。なお、いずれの症例も非ステロイド性消炎鎮痛剤の投与や免荷のみで経過観察されており、生検やcore decompressionなど、検査や治療のために骨頭に直接侵襲の加え

られたものはなかった。

MRI装置はMAGNETOM (Siemens, 超電導1.5T)を使用し、繰り返し時間(TR)600ミリ秒、エコー時間(TE)28ないし35ミリ秒のspin echo(SE)法を用いて大腿骨頭の前後断および水平断のT₁強調画像を撮像した。スライス厚は10mm、画像の加算平均は2回、測定マトリクスは256×256、画像再構成法は2次元フーリエ変換法であった。

II. 結果

対象となった36骨頭中20骨頭では、最短2カ月、最長17カ月、平均9カ月の期間内にMR画像が変化しなかった(Group 1)。一方、16骨頭ではMR画像が変化した(Group 2)。Group 1とGroup 2の間で、骨頭壊死の誘因や単純X線写真から決定されたstageに大きな差はなかったが、初回MR画像でtype Bに分類されるものはGroup 1に属する例が多く、type A*の骨頭はGroup 2に属する例が多かった。症例の一覧をTable 1に示す。

Group 2のMR画像の変化をさらに詳しく観察すると、症例ごとの差が大きく変化は多彩であったが、以下の3つの基本パターンとその組合せに分けることができた。

- I. 異常低信号域の近位側(骨頭側)への縮小。
- II. 異常低信号域の遠位側(頸部側)への拡大。
- III. 近位側の骨頭内部に存在した高信号域の縮小ないし消失。

Fig. 1はGroup 2の症例のMR画像の変化をこの分類にもとづいて一覧にしたものである。要約すると次のようになった。

- ① Iの変化が見られたもの5骨頭(Fig. 2),
- ③ IIIの変化が見られたもの4骨頭(Fig. 3),
- ③ IとIIIの変化が合併したものの5骨頭(Fig. 4),
- ④ IIとIIIの変化が合併したものの1骨頭,
- ⑤ IIとIIIの変化が合併して見られた後、Iの変化が見られたもの1骨頭(Fig. 5)。

この結果から、本疾患のMR画像では、異常低信号域は多くの場合頸部側から骨頭側に向かって縮小し、異常低信号域の内部に存在した高信号域は縮小・消失する傾向にあることがわかった。

Table 1 List of cases

Case No.	Age (year)	Sex	Cause	Side involved	Stage on plain X-p (Ficat)	First MR image	Duration of follow-up (months)
Group 1. (MR image has not changed)							
1	37	F	S	R	II	B	17
				L	II	B	
2	29	F	S	R	III	B	17
3	54	M	A	R	II	C	16
4	41	M	S	R	III	A	13
				L	II	C	
5	44	M	S	L	III	B	9
6	34	M	S	R	IV	A	8
				L	IV	A	
7	55	F	S	R	IV	A	7
				L	IV	A	
8	27	F	S	R	III	A	6
9	37	M	S	R	III	B	6
10	52	M	S	R	II	B	6
				L	III	B	
11	63	M	S	R	II	C	6
				L	III	B	
12	38	M	A	L	IV	A	5
13	56	F	S	R	II	B	4
14	64	M	A	R	IV	B	2
Group 2. (MR image has changed)							
15	37	F	S	R	III	A*	26
				L	III	A*	
16	55	M	F	R	III	A	21
17	25	M	A	R		A	20
18	47	M	A	R	IV	A*	13
19	35	F	S	R	III	A*	13
20	51	F	S	R	III	A	11
5	44	M	S	R	III	A*	9
21	44	F	S	L	III	A*	7
22	30	F	S	R	IV	B	6
23	39	M	S	R	I	C	6
				L	I	C	
24	34	M	S	R	III	A*	5
				L	III	A*	
25	21	F	S	R	III	A*	3
14	64	M	A	L	III	A*	2

Notes. Cause—S : Steroid therapy

A : Alcoholism

F : Fracture of femoral neck

MR image—A : Diffuse low intensity (type A)

A* : Diffuse low intensity with internal high intensity (type A*)

B : Peripheral low intensity (type B)

C : Ring or band-like low intensity (type C)

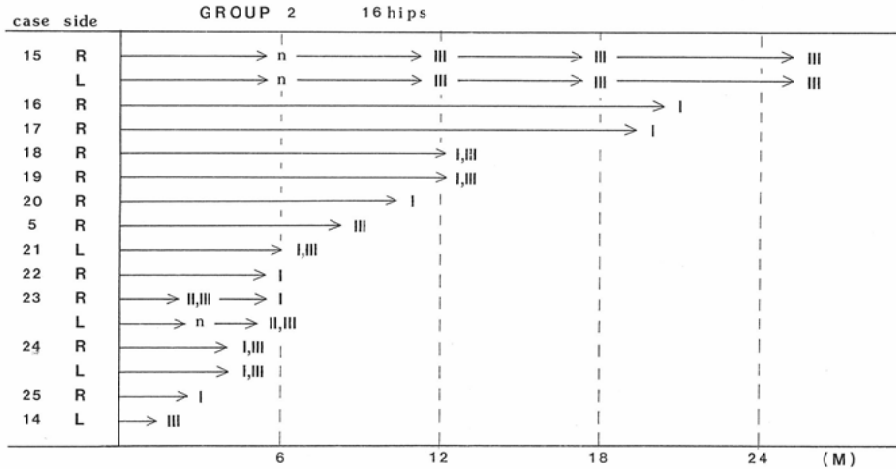


Fig. 1 Chronological changes in MR images of 16 femoral heads in Group 2.

I: Abnormal low intensity area has become smaller.

II: Abnormal low intensity area has enlarged.

III: Internal high intensity area has become smaller or disappeared.

n: Not changed.

M: months

次に、MR 画像の変化と単純 X 線写真における骨頭形状の変化との関係については Table 2 に示す結果が得られた。MR 画像が変化する例では単純 X 線写真でも骨頭変形が進行する例が多く (Fig. 2~4)、MR 画像が変化しない例では骨頭変形も進行しない例が多かった (Fig. 6)。統計学的にもこの両者には有意の相関があった (Yates の補正を用いたカイ二乗検定, $p < 0.01$)。

III. 考 察

大腿骨頭壊死症は大腿骨頭への血行の途絶によって生ずるとされているが、その病因の詳細については定説がなく、またいったん骨頭壊死が生じた後の修復機転についても不明の点が多い。しかし一般には次のように考えられている¹¹⁾¹²⁾。骨壊死が生じると、壊死部と健常部の境界に新生細胞と血管に富む修復組織 (reactive interface) が出現する。虚血となった骨髄細胞の変性に伴って修復組織が壊死組織内に侵入し、壊死組織の吸収と新生骨の添加が起こる。この新生骨は病巣を囲むような骨硬化縁 (sclerotic rim) として見られることもある。このとき周囲の健常組織には様々な程度で hyperemia (反応性に血流の増えた状

態) のあることが指摘されている。続いて骨頭が力学的に脆弱化して軟骨下骨折や collapse を生じ、骨頭の変形をきたす。この過程により、壊死の修復過程は修飾されて複雑な組織像を呈する。骨頭変形のために関節面に不適合が生じ、最終的には変形性関節症の状態に至る。

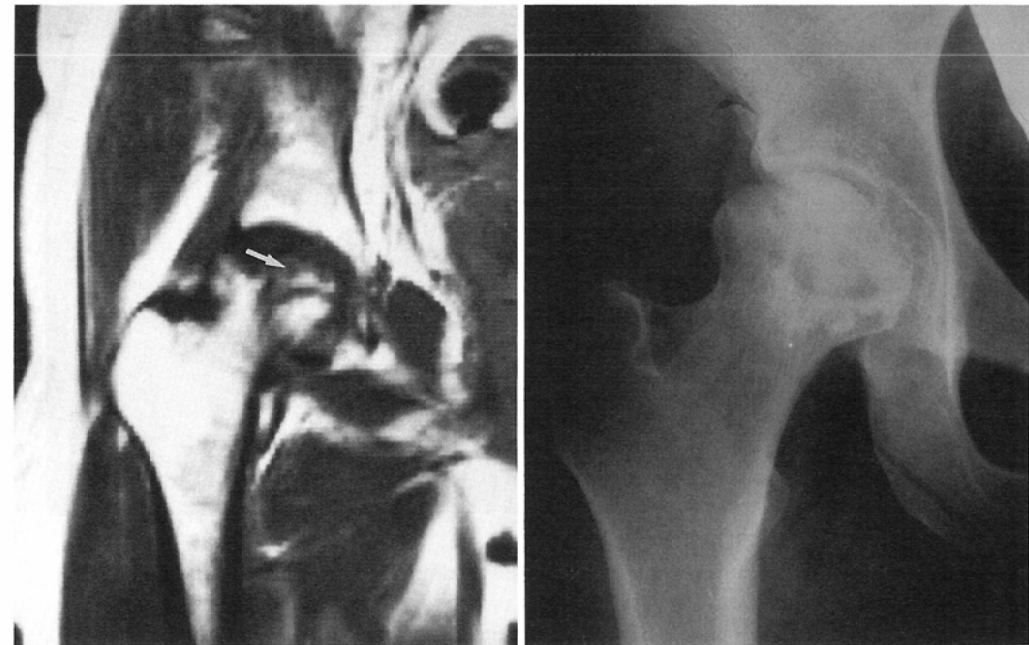
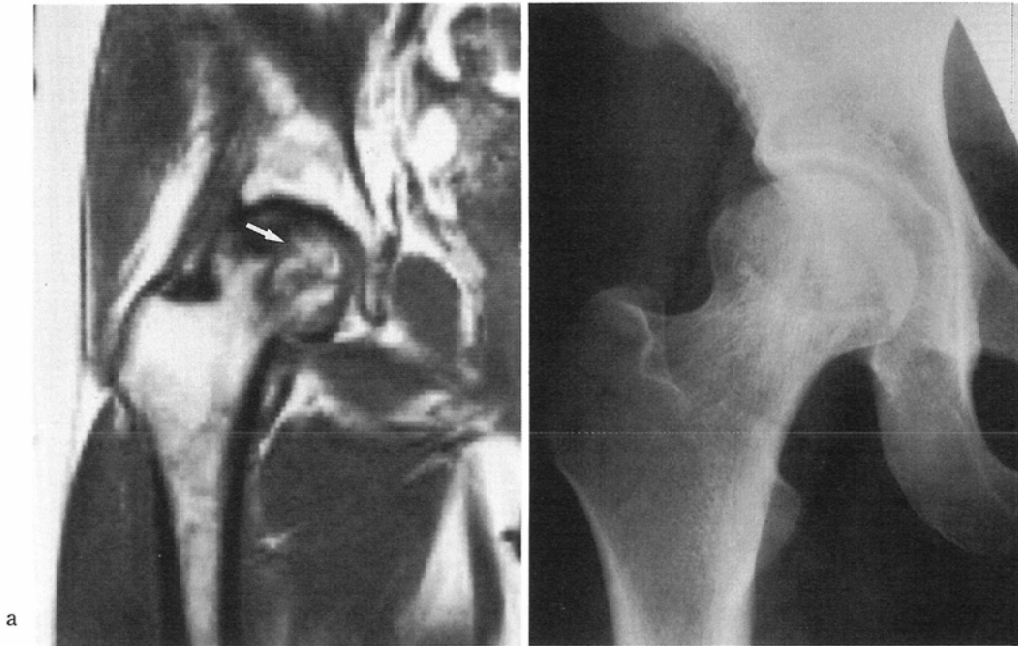
一方 MR 画像 (特に T_1 強調画像) では、正常の大腿骨頭は骨端線と荷重方向に沿って密に走る骨梁構造がやや低信号になるのを除き、ほぼ均一な高信号に描出される。これは骨頭内骨髄に含まれる豊富な脂肪成分を反映していると考えられている¹⁾。大腿骨頭壊死症の場合、 T_1 強調画像では壊死組織、骨硬化縁も含めた修復組織、健常組織内の hyperemia が異常低信号域として描出されるが、type C や type A* で見られるように、異常低信号域内に高信号域が残っている例もある。今回の対象とは別の大腿骨頭壊死症例について摘出標本を検索したところ、この高信号域は脂肪成分の残った壊死組織に一致した¹³⁾¹⁴⁾。出血など他の可能性も否定しえないが、異常低信号域内に残った高信号域は主に壊死組織中の脂肪成分を反映しているのではないかと考えている。

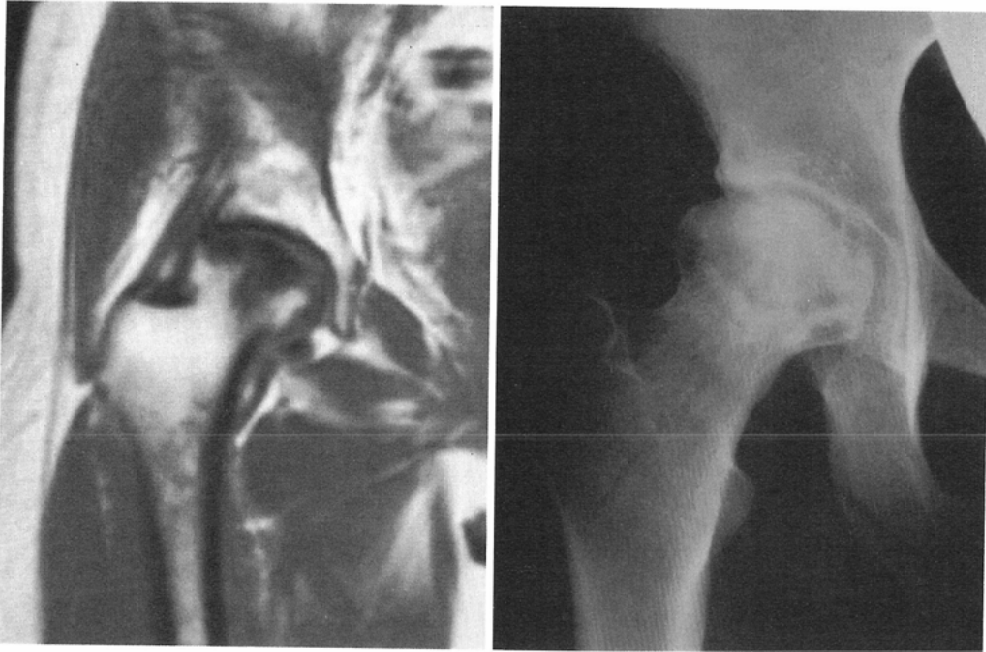


(a) MR image (SE 600/28 [TR msec/TE msec]) shows the abnormal low intensity area spread in the whole femoral head. Plain radiograph shows the flattened femoral head.

(b) Follow-up MR image (SE 600/28) obtained after 11 months shows the smaller low intensity area. The femoral head has more flattened on plain radiograph.

Fig. 2 Case 20.





(a) First MR image (SE 600/35) shows the abnormal low intensity area with the internal high intensity spot (arrow) in the femoral head. Plain radiograph shows the slightly collapsed femoral head.

(b) Second MR image (SE 600/28) obtained after 12 months shows the smaller internal high intensity spot (arrow).

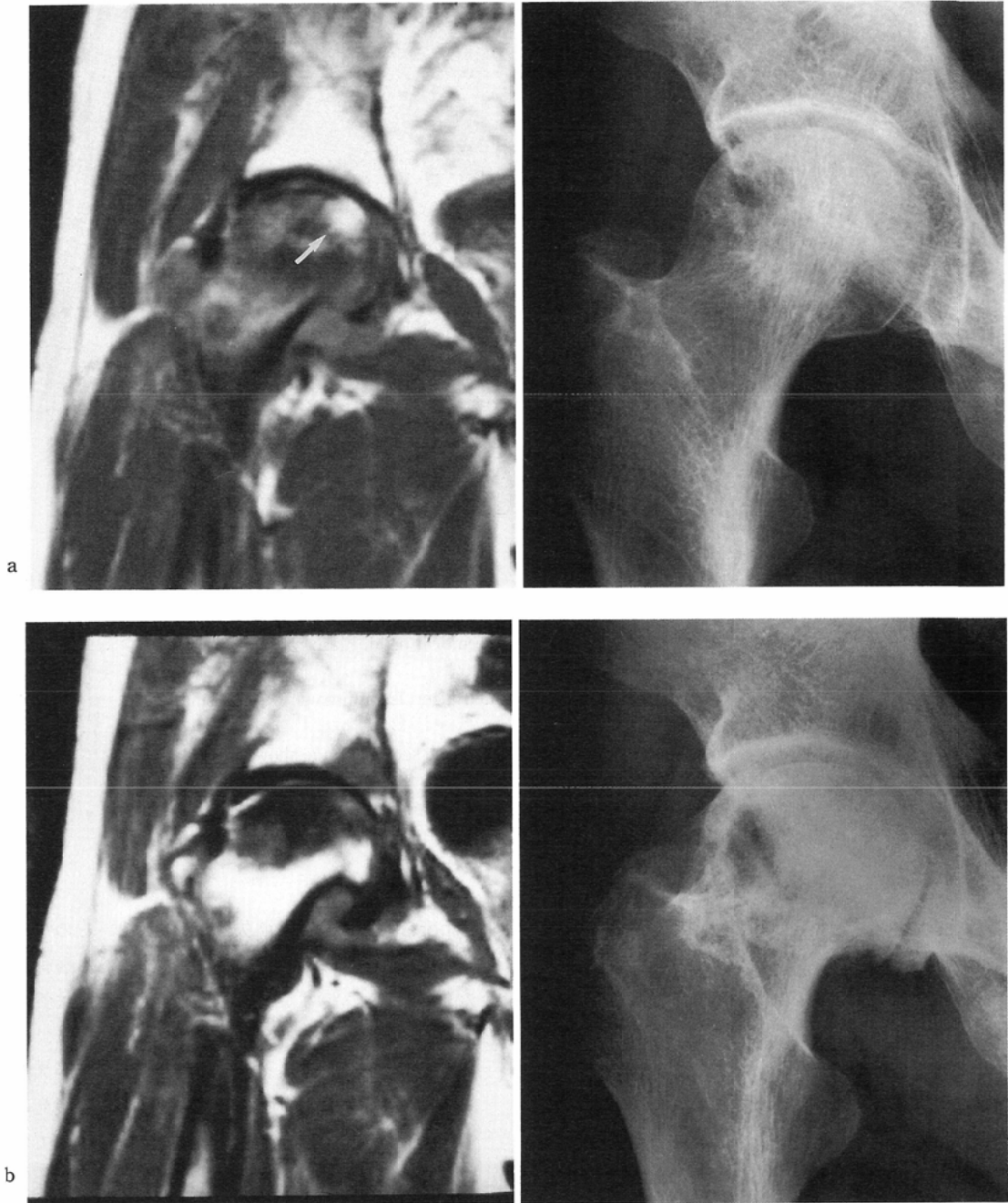
(c) Third MR image obtained 14 months after the second image shows disappearance of the internal high intensity spot. During the course of this process, collapse of the femoral head has progressed clearly on plain radiographs.

Fig. 3 Case 15 (right side).

さて、今回の観察から本疾患の MR 画像は一部の症例では経時的に変化し、その様式には症例ごとの差が大きいが一定の傾向のあることが明らかになった。これらの変化をまとめて模式図に表わしたものが Fig. 7 である。異常低信号域の内部に残った高信号域は一貫して縮小、消失する傾向にあり (Fig. 7, 2a・2b→3a・3b), 異常低信号域は多くの場合近位側 (骨頭側) へ向けて縮小するが、遠位側 (頸部側) へ拡大する例もある (Fig. 7, 2a・3a⇔2b・3b)。これら MR 画像の変化は壊死発生後の骨頭内の組織学的変化を表わしていると想定される。Fig. 7 の縦方向の変化 (高信号域の縮小、消失, 2a・2b→3a・3b) は壊死組織内の脂肪成分の変性、消失を、横方向の変化 (低信号域の拡大、縮小, 2a・3a⇔2b・3b) は健常組織内の

hyperemia の出現、消失を表わしているのではないかと考えられるが、組織の検索による裏付けはないので他の要素が関係している可能性は否定できない。

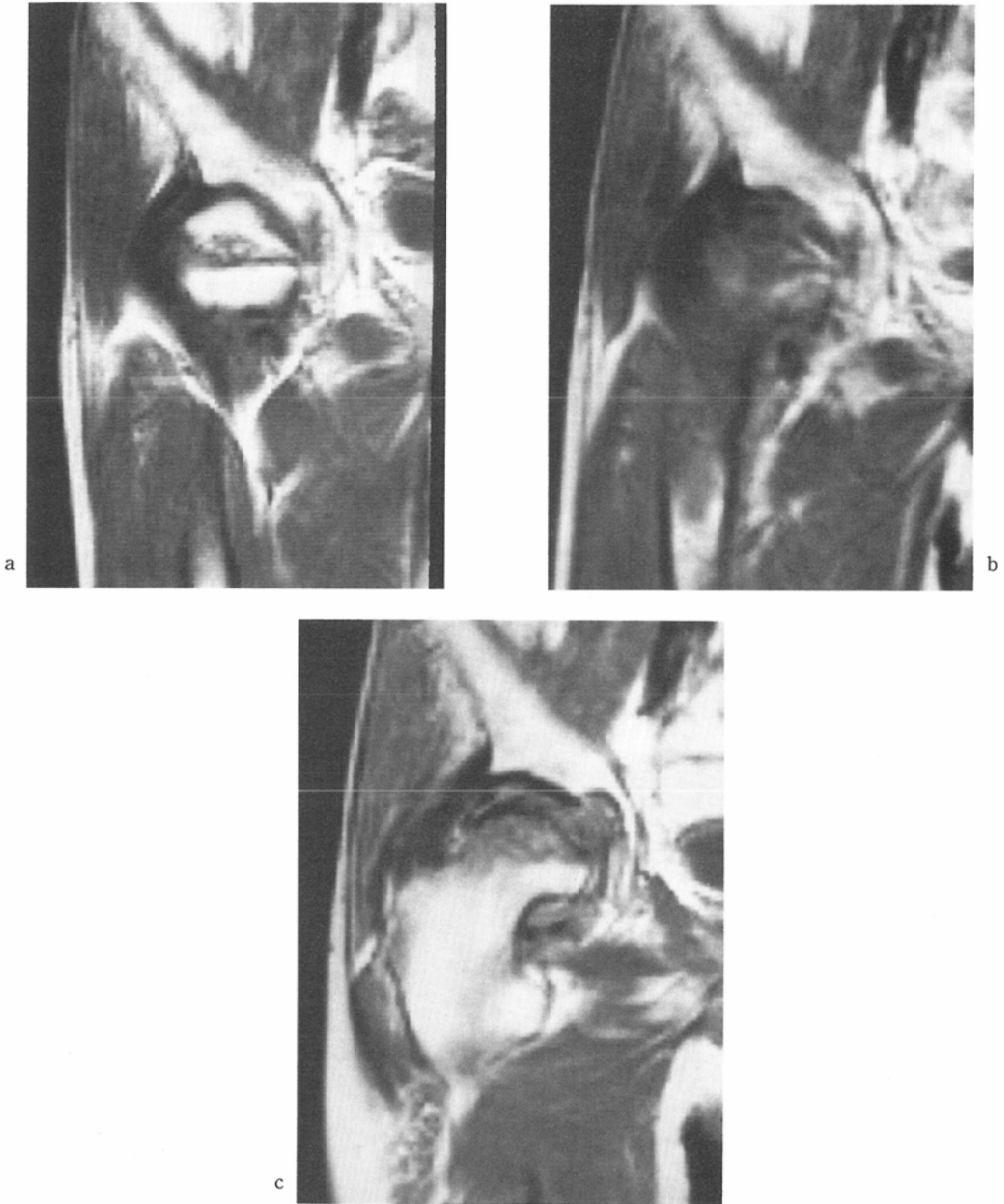
一方、MR 画像の変化に症例ごとの差が大きいことには、本疾患の誘因となった病態、壊死範囲の広さとその分布の差が原因の 1 つとなっていると思われる。また、単純 X 線写真で見られる骨頭形状の変化と MR 画像の変化との間に明らかな相関が見られたことから、MR 画像の変化は骨頭の破壊という現象と強く結びついていることが推定できる。しかし当初の MR 画像から、いつ、どのような変化が出現するかを予測することは困難であった。また今回の観察期間内に変化がなかった症例 (Group 1) でも、さらに経過観察すること



(a) MR image (SE 600/28) shows the abnormal low intensity area with the internal high intensity spot (arrow) in the right femoral head. Plain radiograph shows the slightly collapsed femoral head.

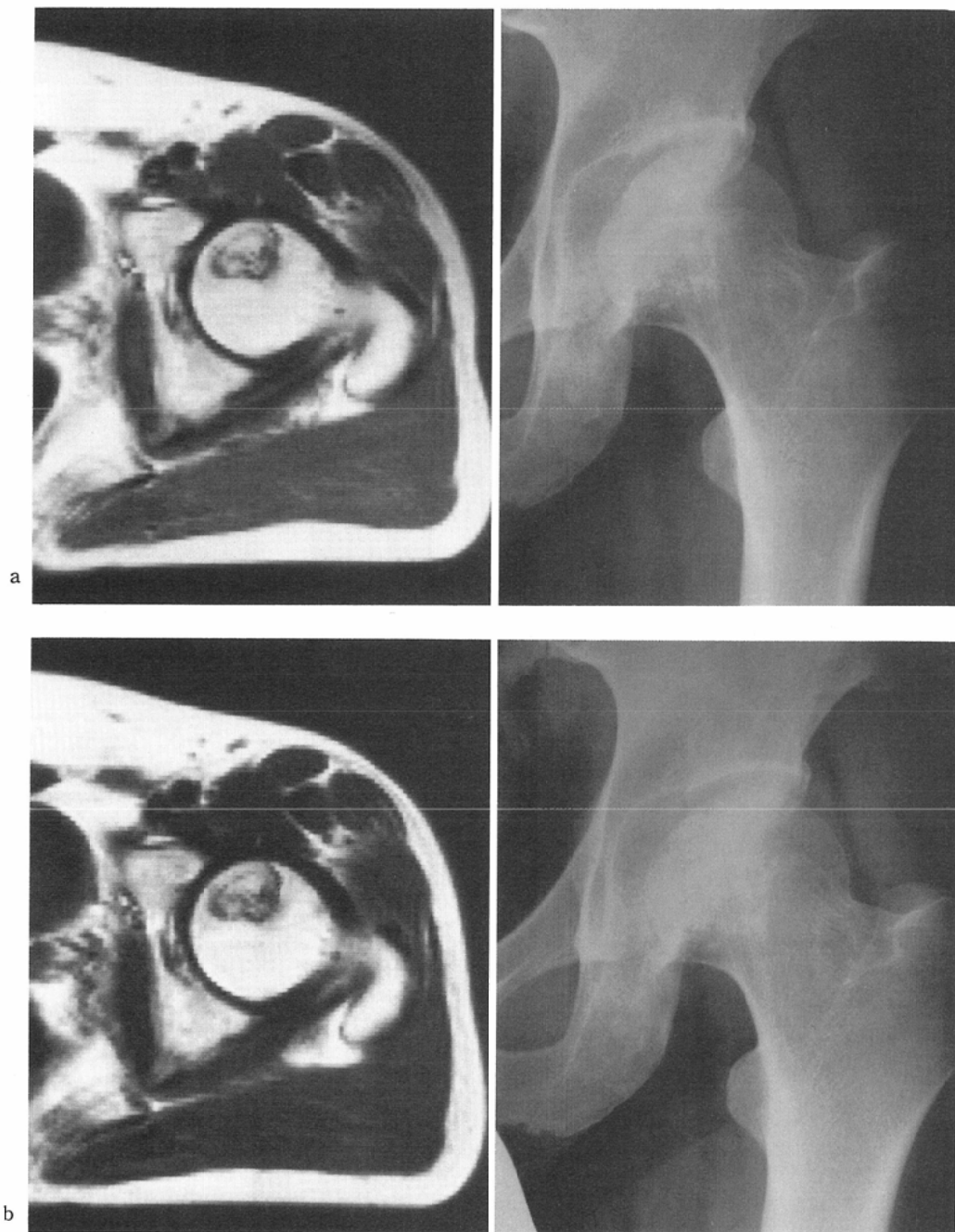
(b) Follow-up MR image (SE 600/28) obtained after 13 months shows the smaller low intensity area. The internal high intensity spot has disappeared. Plain radiograph shows the moderately collapsed femoral head.

Fig. 4 Case 18.



(a) First MR image (SE 600/28) shows the band-like low intensity area in the right femoral head.
(b) Second MR image obtained after 3 months shows the enlarged low intensity area in the whole femoral head. Internal high intensity has disappeared.
(c) Third MR image obtained 3 months after the second image shows the smaller low intensity area.

Fig. 5 Case 23 (right side).



(a) MR image (SE 600/35) shows the ring-like low intensity area in the left femoral head. Plain radiograph demonstrates sclerotic change.

(b) Follow-up MR image (SE 600/28) and plain film obtained after 13 months shows no remarkable changes.

Fig. 6 Case 4 (left side).

Table 2 Chronological changes in MR images versus plain radiographs (No. of hips)

		MR images	
		Changed (Group 2)	Not changed (Group 1)
Plain radiographs	Change	13	3
	No change	1	7

p<0.01*

*Analyzed by chi-square test with Yates' correction

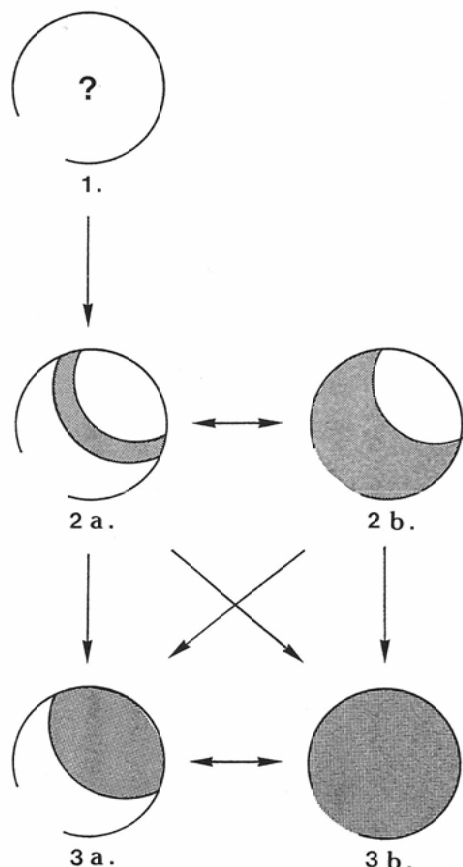


Fig. 7 Schematic illustration of T1-weighted MR images in the course of avascular necrosis of the femoral head. MR images of the femoral head at the initial stage of osteonecrosis are still unknown (1). Following demarcation of the dead part in the bone, the reactive interface appears. It is demonstrated as a band of decreased signal intensity on T1-weighted MR images (2a). Subsequently, internal high intensity area shrinks and disappears (3a). Abnormal low intensity area may enlarge or become smaller (2a, 3a 2b, 3b).

によってMR画像が変化する可能性は残っている。

今回は検討しなかったが、修復組織や健常組織内の hyperemia の観察には T₂強調画像も有用である¹⁵⁾。今後症例数を増やすとともに、T₁強調画像と合わせて検討していきたい。

まとめ

25例36骨頭の大腿骨頭壊死症に対し、2ヵ月～2年2ヵ月の期間内に2～5回のMRIを施行し、T₁強調画像の変化を観察した。

16骨頭ではMR画像が変化した。骨頭の異常低信号域は多くの例で近位側(骨頭側)に向かって縮小し、また低信号域内に残った高信号域は縮小、消失する傾向にあった。詳細は不明ではあるが、これらの変化は壊死発生後の骨頭内の組織学的変化を表わしていると考えられた。

MR画像が変化する症例では骨頭形状も変形が進行することが多く、MR画像の変化と骨頭の破壊とは関連があると考えられた。

本研究は、厚生省特定疾患、特発性大腿骨頭壊死症調査研究班の援助を受けた。

文 献

- 1) Totty WG, Murphy WA, Ganz WI, et al: Magnetic resonance imaging of the normal and ischemic femoral head. AJR 143: 1273-1280, 1984
- 2) Thickman D, Axel L, Kressel HY, et al: Magnetic resonance imaging of avascular necrosis of the femoral head. Skeletal Radiol 15: 133-140, 1986
- 3) 小久保宇, 吉川宏起, 青木茂樹, 他: 大腿骨頭壊死症のMRI, 日本医放会誌, 47: 695-707, 1987
- 4) Markisz JA, Knowles RJR, Altchek DW, et al: Segmental patterns of avascular necrosis of the femoral heads: Early detection with MR imaging. Radiology 162: 717-720, 1987
- 5) Beltman J, Burk JM, Herman LJ, et al: Avascular necrosis of the femoral head: Early MRI detection and radiological correlation. Magnetic Resonance Imaging 5: 431-442, 1987
- 6) 小久保宇, 高取吉雄, 鴨川盛秀, 他: MRIによる大腿骨頭壊死症の早期診断, 日本医放会誌, 48: 1061-1068, 1988
- 7) Ehman RL, Berquist TH, McLeod RA: MR imaging of the musculoskeletal system: A 5-year appraisal. Radiology 166: 313-320, 1988

- 8) Seiler JG, Christie MJ, Homra L, et al: Correlation of the findings of magnetic resonance imaging with those of bone biopsy in patients who have stage-I or II ischemic necrosis of the femoral head. *J Bone Joint Surg* 71-A: 28-32, 1989
- 9) Mitchell DG, Rao VM, Dalinka MK, et al: Femoral head avascular necrosis: Correlation of MR imaging, radiographic staging, radionuclide imaging, and clinical findings. *Radiology* 162: 709-715, 1987
- 10) Ficat RP: Idiopathic bone necrosis of the femoral head. *J Bone and Joint Surg* 67-B: 3-9, 1985
- 11) Kenzora JE, Glimcher MJ: Pathogenesis in idiopathic osteonecrosis: The ubiquitous crescent sign. *Orthop Clin North Am* 167: 681-696, 1985
- 12) Sweet DE, Madewell JE: Pathogenesis of osteonecrosis. In Resnick DK, Niwayama G, eds: *Diagnosis of Bone and Joint Disorders*, 2780-2831, 1981, Saunders, Philadelphia
- 13) Takatori Y, Kamogawa M, Kokubo T, et al: Magnetic resonance imaging and histopathology in femoral head necrosis. *Acta Orthop Scand* 58: 499-503, 1987
- 14) 高取吉雄, 鴨川盛秀, 中村利幸, 他: 大腿骨頭の核磁気共鳴画像と組織像の比較, *日整会誌*, 63: 280-286, 1989
- 15) 小久保宇, 高取吉雄, 鴨川盛秀, 他: 大腿骨頭壊死症の MRI. T_1 強調画像と T_2 強調画像の差異について, *臨放*, 35: 83-88, 1990