



Title	減圧症の骨シンチグラフィ
Author(s)	江頭, 完治; 大野, 正人; 内野, 晃 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1988, 48(6), p. 749-758
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15716
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

減圧症の骨シンチグラフィ

九州労災病院放射線科
江頭 完治 大野 正人 内野 晃
同上高圧医療研究部
林 克 二
産業医科大学放射線科
仲 山 親 中 田 肇

（昭和62年9月14日受付）

（昭和62年10月26日最終原稿受付）

Bone Scintigraphy of Decompression Sickness

Kanji Egashira¹⁾, Masato Ohno¹⁾, Akira Uchino¹⁾, Katsuji Hayashi²⁾,
Chikashi Nakayama³⁾ and Hajime Nakata³⁾

1) Department of Radiology, Kyushu Rosai Hospital

2) Department of Hyperbaric Medicine, Kyushu Rosai Hospital

3) Department of Radiology, University of Occupational and Environmental Health School of Medicine

Research Code No. : 731.1

Key Words : Decompression sickness, Aseptic necrosis, Bone scintigraphy

Value of bone scintigraphy in decompression sickness of 42 patients was retrospectively evaluated. Bone scintigraphy was positive in 30 of 42 patients (83 lesions), while radiography and symptoms were positive in 23 patients (48 lesions), and in 29 patients (44 lesions) respectively. Bone scintigraphy was positive in many lesions with negative radiography or symptoms. However, approximately half of the lesions in which either radiography or symptoms was positive could not be detected by bone scintigraphy. These cases mostly showed radiographic abnormalities such as irregular calcified areas and "bone island" in the cervical regions of the humerus, femur and tibia. Both bone scintigraphy and radiography were positive in most of the patients with symptoms of the bends and there seems to be a close relationship between the bends symptoms and bone lesion. We concluded that bone scintigraphy is useful for the evaluation of decompression sickness, but it must be complemented by bone radiography to avoid a significant number of false negative cases.

1. はじめに

高圧環境下で作業を行う潜函工，潜水夫が大気圧に戻るときに体内で溶解していた窒素ガスが気泡化してひきおこした様々な病態を減圧症という。慢性の減圧症として認められる疾患の1つとして無腐性骨壊死（以下，骨壊死）があることが知られており^{1)~4)}，骨痛や筋肉痛などのいわゆるベンズ症状を呈してくる。ベンズ症状を軽減させ

骨壊死の進行を防止するため高圧酸素療法などの早期治療を行うことが必要となるが，このために必要な早期診断や経過観察には骨単純X線検査（以下，骨X線検査）のみでは不十分であるといわれている^{5)~7)}。一方，無腐性骨壊死などの骨疾患においては骨シンチグラフィの有用性は広く認められている^{5)~10)}。

そこで今回われわれは，減圧症に伴う合併症の

1つである骨壊死の検出における骨シンチグラフィの意義について、ベンズ症状、骨 X 線検査および減圧症の病型等との関連も含め retrospective に検討したので報告する。

2. 対象と方法

対象は1983年8月から1986年7月の期間に減圧症で九州労災病院を受診した42例（潜水病40例、潜函病2例）で、年齢は17歳から63歳（平均34歳）までの男性41例、女性1例である。

林によれば¹¹⁾¹²⁾減圧症の病型は症状により、骨痛・筋肉痛を呈するベンズ型、脊髄麻痺を呈する脊髄型、脳卒中類似の症状を呈する脳型、めまい・耳鳴・難聴を呈するメニエール型、呼吸困難・胸痛を呈するチョークス型などに分類されている。この分類にそった症例の内訳は Table 1 の通りで、ベンズ型、脊髄型、メニエール型、脳型、チョークス型のみを単独症状を呈するものはおのおの、21例、9例、3例、1例、0例であった。ベンズ型に他の病型を合併するものは8例であった。

なお、42例のうちの31例は減圧症の既往をもっており、必ずしも新鮮な病巣を持つものばかりではない。

骨シンチグラフィは^{99m}Tc-methylene diphosphonate（以下^{99m}Tc-MDP）20mCi（740MBq）静注3時間後に全身の前後像撮像をルチーンとし、必要時スポット像を追加した。使用装置は島津型ガンマカメラ ZLC7500 でコリメータは低エネルギー汎用多孔型を用いた。検討の対象とした今回の発症から骨シンチ施行までの期間は25例が1カ月以内で、このうち7日以内の比較的早期に行

われたものが11例である。この他8例が1カ月から3カ月、5例が3カ月以上である。残りの4例は発症時期を確定できなかった。

骨 X 線検査は、肩関節は前後、斜位および軸位、股関節は前後、斜位および外転位、肘関節ならびに膝関節は伸展および屈曲位撮影を基本とした。その他、必要に応じ手や足関節等も追加検討した。

骨 X 線検査と骨シンチグラフィの施行間隔は37例が1カ月以内で、このうち7日以内の比較的短い間隔で行われたものは29例である。この他3例が1カ月から2カ月、1例が78日、1例が189日である。なお、高圧酸素療法を受けたものは42例中31例であるが、全例骨 X 線検査は治療前に、骨シンチグラフィは治療後に行われた。

判定方法は、骨シンチグラフィは限局性に集積の亢進を示したものを陽性とし、部位ごとに計数した。但し、集積の低下、いわゆる欠損を示した症例は今回の検討ではみられていない。骨 X 線検査は太田・松永らの骨壊死分類¹¹⁾¹³⁾¹⁴⁾（Fig. 1）に従って判定した。

3. 結 果

1) 骨シンチグラフィ、骨 X 線検査および骨症状からみた病巣分布と陽性率

各症例ごとに骨シンチグラフィ、骨 X 線検査、ベンズ症状で陽性を示した部位を Table 2 に示した。

骨シンチグラフィ陽性であったものが42例中30例（71%）、83箇所にもわたってみられた。部位別で最も多いのは肩関節（以下、肩）34箇所であり、次いで膝関節（以下、膝）16箇所、股関節（以下、股）15箇所、足関節（以下、足）6箇所、上腕骨骨幹5箇所、肘関節（以下、肘）3箇所、手関節（以下、手）2箇所、大腿骨骨幹1箇所、脛骨骨幹1箇所であった。特に肩では右21箇所、左13箇所と右側が多く、上腕骨骨幹も右4箇所、左1箇所と左右差がみられた。また股では右6箇所、左9箇所とやや左側が多かった。他の部では明らかな左右差はみられなかった。

骨 X 線検査陽性であったものは42例中23例（55%）、48箇所であった。骨 X 線検査陽性の最も多いのは肩23箇所であり、次いで股13箇所、膝12箇所

Table 1 Material

Type	No. of cases
Bends	21
Bends・Spinal cord	4
Bends・Brain	2
Bends・Chokes	1
Bends・Spinal cord・Brain	1

Spinal cord	9
Meniere	3
Brain	1
Total	42

Table 2 Distribution of Positive Site for Bone Scintigraphy, Radiography and Symptom (42 cases)

No.	Bone Scintigraphy	Radiography	Symptom
1	rS rK r.Hu	rS IS rK IK	rS rH IH
2	rS lA	IK* rH	rS
3	—	rS rK IK*	rS
4	lS	rS IS	lS
5	—	lH	—
6	—	—	rS IS rE lE
7	—	—	rS IS
8	lK	—	lK
9	rS rE	—	rS
10	lA	—	—
11	rS IS r.Hu	—	rS
12	rS IS rH lH	—	—
13	rS IS	rS IS	rS IS lH
14	—	—	lS
15	rS	rS IS	rS
16	rS IS lK	—	lH
17	rS IS lK	—	rS
18	lS	lS	lS rE lE
19	rS IS rK lK lH rA lA rE lE rW lW r.Ti	—	—
20	rS	rS	rS
21	—	—	rK lK
22	rS rH lH r.Hu	rS IS rH lH	lH
23	rS IS lK lH r.Hu l.Hu	rS IS lH	lH
24	—	lS	lS
25	rK	—	rS
26	rS	rS	rS
27	rS lK lH	lS lH	rS
28	rS IS rK lK rH rA r.Fe	rS rK lK	rS IS rK lK lE
29	—	rH	lS
30	lH	rH lH	—
31	rS rK lH lA	rK lH	lH
32	lS rH	rH	rH
33	lH	—	lS
34	lS	—	lS
35	—	—	—
36	—	—	—
37	—	—	—

38	rS rK rH lH	rS rH lH	—
39	rS rH	rS	—
40	rS IS rK lK	rK lK	—
41	—	—	—
42	rS rK	rS IS	—

r : right, l : left, S : shoulder, K : knee, H : hlp, A : ankle, E : elbow,
w : wrist, Hu : humerus, Fe : femur, Ti : tibia

No. 1-37 : Both bone scintigraphy and radiography were performed within one month.

No. 38-42 : Bone scintigraphy was performed more than one month after radiography.

IK* : Two points were detected on the left knee

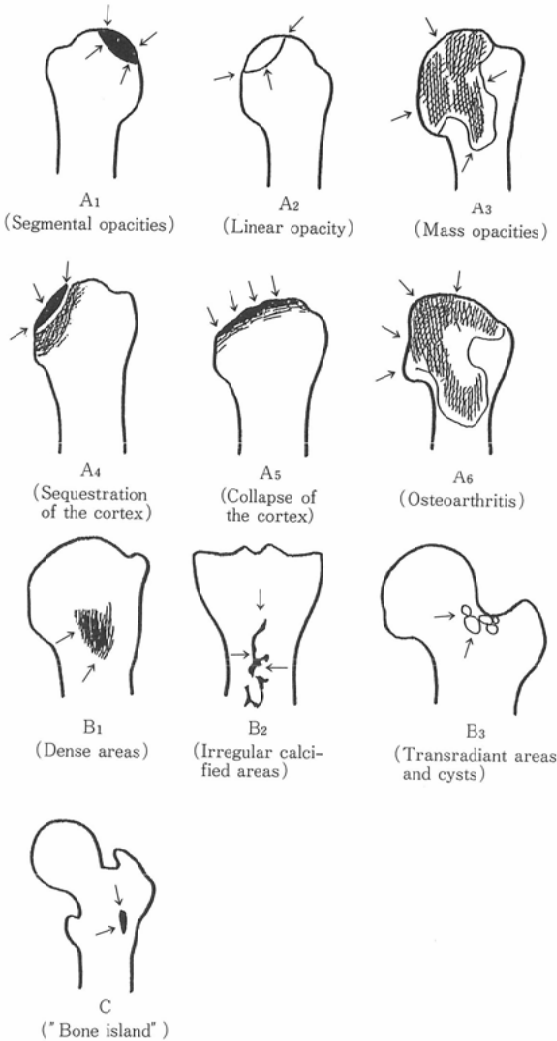


Fig. 1 Classification of aseptic bone necrosis by Ohta and Matsunaga et al.¹³⁾¹⁴⁾

であった。骨 X 線検査では明らかな左右差はみられなかった。

ベンズ症状陽性であったものは42例中29例(69%)、44箇所であった。ベンズ症状陽性の最も多いのは肩26箇所であり次いで股8箇所、膝5箇所、肘5箇所であった。肩では右15箇所、左11箇所とやや右側に多かった。また股では右2箇所、左6箇所と左側に多かった。他の部位では明らかな左右差はみられなかった。

2) 骨シンチグラフィ、骨 X 線検査およびベンズ症状の比較

骨シンチグラフィと骨 X 線検査が1カ月以内に行われている37例について行った。両検査およびベンズ症状を比較した結果を Table 3, 4, 5 に示した。

37例中骨シンチグラフィ陽性であったものは26例(70%)、71箇所、骨 X 線検査陽性であったものは19例(51%)、40箇所、ベンズ症状陽性であったものは29例(78%)、44箇所であった (Table 2)。

骨シンチグラフィ陽性の部位と骨 X 線検査陽性の部位が一致したものは肩12箇所 (Fig. 2a, 2b, 3a, 3b)、股7箇所 (Fig. 4, 5)、膝4箇所の23箇所にみられた。骨 X 線検査陰性で骨シンチグラフィ陽性のものは肩に多かった (Fig. 6) が、各部位に分散し48箇所にみられた。逆の例は肩、膝、股にそれぞれ7, 6, 4箇所認められている (Table 3)。

ベンズ症状陽性の部位と骨シンチグラフィ陽性の部位が一致したものは肩16箇所、股4箇所、膝3箇所の23箇所にみられた。ベンズ症状陰性で骨シンチグラフィ陽性のものは肩に多かった (Fig. 2b, 6) が、

Table 3 Comparison of Bone Scintigraphy and Radiography According to Anatomic Site in 88 Lesions of 37 Cases

	Shoulder	Hip	Knee	Ankle	Elbow	Wrist	Humerus	other	Total
Bone Scinti. Radiograph +	12	7	4	0	0	0	0	0	23
Bone Scinti. Radiograph -	7	4	6	0	0	2	5	2	48
Bone Scinti. Radiograph +	7	4	6	0	0	0	0	0	17
Bone Scinti. Radiograph -	7	4	6	0	0	0	0	0	17
Total	36	16	18	6	3	2	5	2	88

+ : Positive - : Negative

Table 4 Comparison of Bone Scintigraphy and Symptom According to Anatomic Site in 92 Lesions of 37 Cases

	Shoulder	Hip	Knee	Ankle	Elbow	Wrist	Humerus	other	Total
Bone Scinti. Symptom	+ 16	4	3	0	0	0	0	0	23
Bone Scinti. Symptom	+ 13	8	9	6	3	2	5	2	48
Bone Scinti. Symptom	- 10	4	2	0	5	0	0	0	21
Total	39	16	14	6	8	2	5	2	92

+ : Positive - : Negative

Table 5 Comparison of Radiography and Symptom According to Anatomic Site in 67 Lesions of 37 cases

	Shoulder	Hip	Knee	Elbow	other	Total
Radiography Symptom	+ 11	4	2	0	0	17
Radiography Symptom	+ 8	7	8	0	0	23
Radiography Symptom	- 15	4	3	5	0	27
Total	34	15	13	5	0	67

+ : Positive - : Negative

骨 X 線検査におけると同様、各部位に分散し48箇所に見られた。逆の例は21箇所に認められているが肩が多かった (Table 4)。

ベンズ症状陽性の部位と骨 X 線検査陽性の部位が一致したものは肩11箇所 (Fig. 3a, 7a), 股4箇所 (Fig. 5), 膝2箇所の17箇所にみられた。ベンズ症状陰性で骨 X 線検査陽性のものは肩 (Fig. 2a), 膝, 股 (Fig. 4) のそれぞれに8, 8, 7箇所の計23箇所にみられた。逆の例は肩に多く, 15箇所, その他には股, 膝, 肘のそれぞれ4, 3, 5箇所に認められている (Table 5)。

ベンズ症状, 骨シンチグラフィ, 骨 X 線検査陽性で三者が一致したものは肩9箇所 (Fig. 3a, 3b), 膝4箇所, 股2箇所 (Fig. 5) にみられた。ベンズ症状, 骨 X 線検査がともに陽性で骨シンチグラフィ陰性のものは肩2箇所にのみみられた。

3) 骨病変の X 線分類による type ごとの骨シンチグラフィとベンズ症状との比較

骨シンチグラフィと骨 X 線検査を1カ月以内に行っている37例について, その所見を太田・松永らの骨 X 線検査での骨壊死分類 (Fig. 1)¹³⁾¹⁴⁾に

Table 6 Comparison of Bone Scintigraphy and Symptom According to Radiographic Type in 40 Lesions of 37 cases (Classification by Ohta and Matsunaga et al¹³⁾¹⁴⁾)

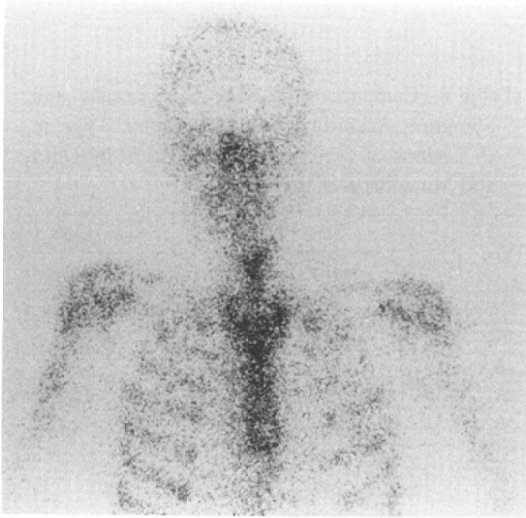
Type	No. of Lesions	Bone Scinti.		Symptom	
		positive	negative	positive	negative
A ₁	9	5	4	5	4
A ₂	3	3	0	0	3
A ₃	9	7	2	7	2
A ₄	0	—	—	—	—
A ₅	1	1	0	1	0
A ₆	1	1	0	1	0
B ₁	0	—	—	—	—
B ₂	10	4	6	2	8
B ₃	4	2	2	0	4
C	3	0	3	1	2
Total	40	23	17	17	23

従って分類した。骨 X 線検査で陽性を示す部位は40箇所にみられた。おのおの type とベンズ症状, 骨シンチグラフィとの関係を Table 6 に示した。

ベンズ症状の出にくいのは骨変化の小さい A₂



a



b

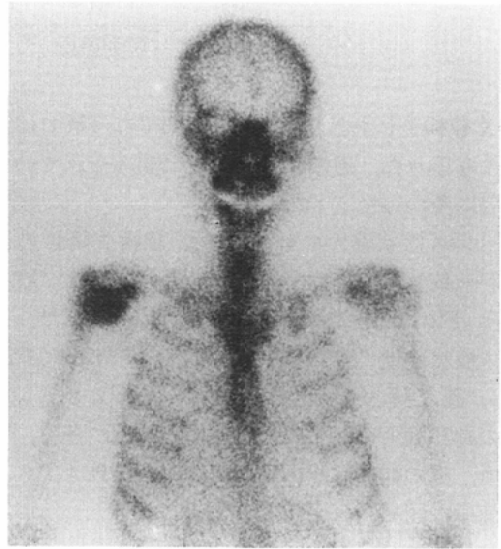
Fig. 2 Case 23, a 39-year-old male with a diving history of 4 hours/day for 20 years.

a. Radiography shows a linear opacity (A_2) in the right humeral head (arrows).

b. Bone scintigraphy shows a high uptake in the same area as seen on radiography. The patient is asymptomatic.



a



b

Fig. 3 Case 20, a 63-year-old female with a diving history of 6 hours/day for 8 years.

a. Radiography shows osteoarthritis (A_6) in the right humeral head (arrow).

b. Bone scintigraphy shows a high uptake in the right humeral head. She had the bends symptoms.

(Fig. 2a), B_2 , B_3 (Fig. 4), Cに多いと思われた。おのおの type における骨シンチグラフィ陽性

のものは A_1 5箇所 (56%), A_2 3箇所 (100%), A_3 7箇所 (78%), A_5 1箇所 (100%), A_6 1箇所



Fig. 4 Case 27, a 55-year-old male with a diving history of 4 hours/day for 23 years. Radiography shows transradiant areas and cysts (B_s) in the left femoral neck (arrow). There was a high uptake in the same area on bone scintigraphy. He is asymptomatic.

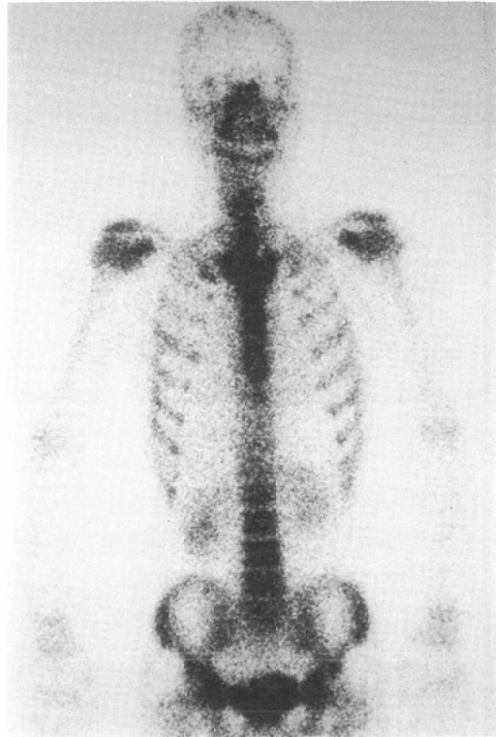


Fig. 6 Case 40, a 33-year-old male with a diving history of 2 hours/day for 1.5 years. Bone scintigraphy shows a high uptake in both humeral heads. There was no abnormality present on radiography and he was asymptomatic.

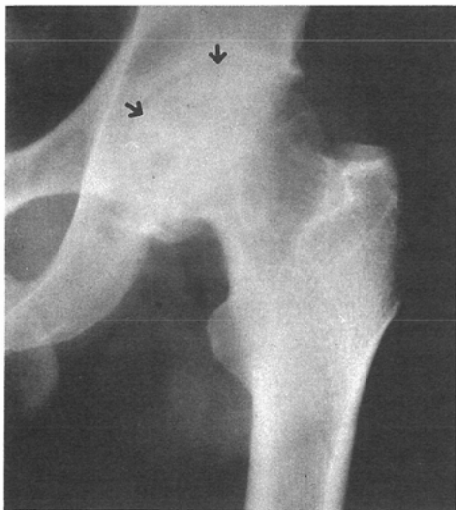


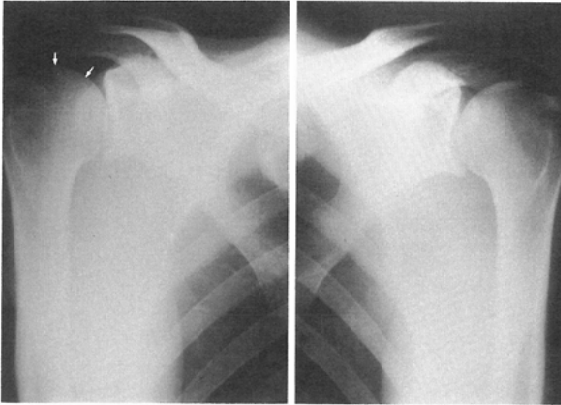
Fig. 5 Case 31, a 49-year-old male with a diving history of 150 days/year for 16 years. Radiography shows a collapse of the cortex (A_s) of the left femoral head (arrows). There was a high uptake in the same area on bone scintigraphy. He had the bends symptoms.

(100%), B_2 4箇所 (40%), B_3 2箇所 (50%)であり、骨シンチグラフィとあまり一致しない type は B_2 , C に多いと思われた。 A_4 , B_1 は今回の検討ではみられなかった。

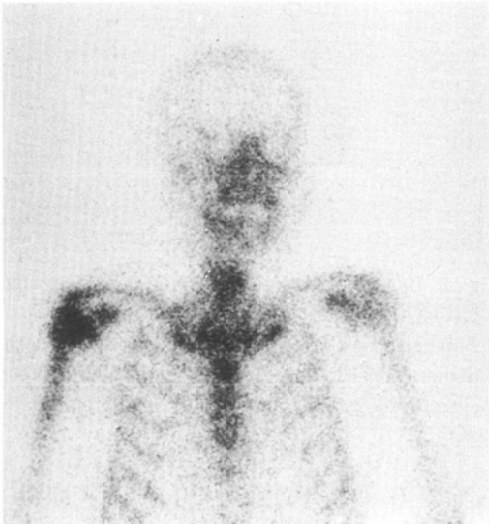
4) 減圧症の病型別の骨シンチグラフィと骨 X 線検査の比較

林による減圧症の病型分類¹²⁾に従って評価した骨 X 線検査と骨シンチグラフィの陽性率を症例ごとにベンズ型の有無に絞って分類し Table 7 に示した。

ベンズ型を呈したものの29例では、骨シンチグラフィで22例(76%) (Fig. 3b), 骨 X 線検査で17例(59%) (Fig. 3a, 5, 7a)が陽性を示した。ベンズ型を呈していない13例では骨シンチで8例(61%) (Fig. 2b, 6), 骨 X 線検査で2例(15%) (Fig. 2a, 4)が陽性を示した。ベンズ型を呈したものに比べ



a



b

Fig. 7 Case 26, a 43-year-old male with a diving history of 3 hours/day for 7 years.

a. Radiography shows segmental opacities (A_1) in the right humeral head (arrows). He had the bends symptoms.

b. After hyperbaric oxygen therapy, his symptoms improved, but bone scintigraphy showed a persistent high uptake in the right humerus.

ベンズ型を呈していないものの陽性率は低かったが、ベンズ症状がない骨病変が潜在的に存在することがうかがわれた。

なお、ベンズ型を示したもののうち、おのおの骨 X 線検査と骨シンチの陽性部位がベンズ症状と一致したものは、骨シンチグラフィで22例中19

Table 7 Comparison of Bone Scintigraphy and Radiography According to the Clinical Type by Hayashi¹¹⁾

Bends	No. of Cases	Bone Scinti.		Radiography	
		Positive	Negative	Positive	Negative
+	29	22(76%)	7	17(59%)	12
-	13	8(61%)	5	2(15%)	11

+ : Positive for Bends Classification

- : Negative for Bends Classification

例(86%) (Fig. 3b), 骨 X 線検査では17例中14例(82%) (Fig. 3a, 5, 7a)であり高頻度にベンズ症状との一致を認めた。

5) 高圧酸素療法による治療効果と骨シンチグラフィの比較

42例中の31例が高圧酸素療法を受けた。このうち21例は治療前にベンズ症状陽性であったが治療後17例でベンズ症状が消失した。ベンズ症状消失の17例の部位は肩17箇所、膝5箇所、肘5箇所、股1箇所の28箇所であった。ベンズ症状が残存した4例の部位は肩3箇所、股1箇所であった。治療前に骨シンチを施行した例がないため前後での変化は検討できていないが、ベンズ症状の消失した17例中11例(65%)に骨シンチ陽性であった(Fig. 7a, 7b)。ベンズ症状が残存したものは4例中3例に骨シンチグラフィ陽性であった。

4. 考 察

1939年に Kahlstrom は減圧症の骨病変が骨壊死であると証明している¹⁵⁾。これは減圧時に発生する窒素ガスや脂肪塞栓、血液凝集などによる血行遮断が原因とされている²⁾⁻⁴⁾¹⁶⁾¹⁷⁾。急性の減圧症に罹患した際に再加圧治療を行えば症状を軽減させ骨壊死の進行を防止し得る¹⁸⁾といわれている。また骨壊死が発生してからは進行を止めることは極めて困難とされ、減圧症の確実な早期診断が望まれている。しかし、骨 X 線検査で骨濃度の増強が明らかになるのは事故後3カ月以上後といわれており²⁾、骨 X 線検査のみでの早期の診断は不十分であると思われる。今回の我々の対象のうち31例は減圧症の既往があり、その時点で既に X 線的に変化を来していた可能性をもつ症例が含まれて

いたためか、諸家の報告より骨 X 線検査の異常率は高い印象である。一方骨シンチグラフィではわずかのカルシウム代謝異常でも早期に検出が可能といわれ、このことから減圧症における骨病変の検索にも骨シンチグラフィが取り上げられるようになってきた^{5)~9)}。

骨シンチグラフィで陽性を示した箇所はベンズ症状や骨 X 線検査で異常を示した所より多く、ベンズ症状・骨 X 線検査の両方で陽性を示したものは骨シンチグラフィでもほとんど陽性であった。

これらの箇所がすべて減圧症に伴う変化を示しているとは断定できないが、対象は元来健康で比較的若い人が多く、臨床的にも加齢に伴う退行性変化は否定的で、また X 線的にも退行性変化の所見はあまりみられず、骨シンチグラフィ陽性の箇所は減圧症に伴う骨病変の存在を強く疑わせると思われた。このことは骨シンチグラフィは病変の見逃しが極めて少ないことを示し、病変の検出に有効とするこれまでの報告⁵⁾⁷⁾と同様であった。特に肩ではベンズ症状と骨シンチグラフィの両方が陽性のものでも骨 X 線検査は陰性であるものが多くスクリーニングの価値が非常に高いと思われた。股では他の部位と比べてベンズ症状と骨シンチグラフィの両方が陽性のものはすべて骨 X 線検査も陽性であり、三者は良く一致している。これは他の部位に比べ股は病変の進行が早く重症になりやすいためと思われたが、今回の検討では症例数が少なく断定はできない。また一般に減圧症による骨病変の好発部位は肩・股・膝と云われている²⁾。これは他の疾患に伴う無腐性壊死や原発性の骨壊死の好発部位とはほぼ同じであるが、これらの好発部位のみでなくそれ以外の部位の病変も簡単に検出できる点で骨シンチグラフィは骨 X 線検査に比べ有効である。なお、今回の症例は高圧酸素療法を受けたものも多くそのすべては骨 X 線検査が治療前に、骨シンチグラフィは治療後に行われているが、両者が1カ月以内に施行された症例のみを比較しているので治療の前後という差は問題にしないで良いと考えられた。

骨 X 線検査での骨壊死分類によるおのおの type とベンズ症状との比較では骨 X 線検査で変

化の小さい A₂, B₂, B₃, C でベンズ症状陰性のものが多い傾向がみられた。骨シンチグラフィとの比較では傍関節障害 (A type) を呈する部位は骨シンチグラフィの検出能はよいが、骨頭・頸部・骨幹障害 (B type) や骨島様変化 (C type) を呈する部位は骨シンチグラフィの検出能が不良であった。この理由として血流の変化の多寡の影響がうかがわれるが決定的原因は定かでない。骨シンチグラフィでとらえにくい B type や C type の症例も少なからず存在するため、減圧症の骨病変検索には骨 X 線検査も必要と考えられた。

病型による対比ではその病態の性質上、ベンズ型で骨シンチグラフィおよび骨 X 線検査の陽性率が高く、しかも症状と一致する度合いが大きかった。これまでにベンズ型の症状と病変部位は一定でないという報告がみられる¹⁾が、われわれの今回の検討では骨壊死の場合と同様にベンズ型を示す減圧症は症状と骨病変との関連が強いと考えられた。一方、ベンズ症状のない骨病変の存在も十分にありうることが示されており、症状のみによる判定が困難であることを示唆するものと考えられた。

高圧酸素療法で骨症状の消失したものでも骨シンチグラフィ陽性のものも多くみられ、病変は症状のないまま進行ないしは継続していることが示唆された。このため骨シンチグラフィは病巣の存在診断のみならず経過観察にも有用であると考えられた。

5. まとめ

42例の減圧症の症例の骨シンチグラフィを骨 X 線検査、ベンズ症状と比較検討した。

骨シンチグラフィは30例(83箇所)、骨 X 線検査は23例(48箇所)、ベンズ症状は29例(44箇所)の陽性を示した。骨 X 線検査やベンズ症状が陰性のものでも骨シンチグラフィで検出できたものが多数あったが、逆に骨 X 線検査やベンズ症状が陽性のものを検出できなかったものもあった。検出できなかったものは、不規則石灰化や骨島様変化など関節面以外の部に多かった。ベンズ症状のある症例は、大部分骨シンチグラフィと骨 X 線検査で検出され、骨病変とベンズ症状の密接な関係がう

かがわれた。

我々は、減圧症における骨病変の評価には骨 X 線検査を欠かすことはできないが、骨シンチグラフィは有用な検査であると結論する。

文 献

- 1) 川島真人, 鳥巢岳彦, 林 皓, 他: 減圧症で入院した潜水士の骨病変について, 整外と災害, 22: 47-51, 1973
- 2) 川島真人, 鳥巢岳彦, 加茂洋志, 他: 潜函工の骨壊死について, 整外と災害, 23: 15-18, 1974
- 3) Amako T, Kawashima M, Torisu T, et al: Bone and joint lesions in decompression sickness. *Semin. Arthritis Rheum* 4: 151-190, 1974
- 4) Kawashima M, Hayashi K, Torisu T, et al: Histopathology of the early stage of osteonecrosis in divers. *Undersea Biomed Res* 4: 409-417, 1977
- 5) Gregg PJ, Eastham EJ, Walder DN: Caisson disease of bone-experimental studies. *J Bone Joint Surg* 59B: 248, 1977
- 6) Weatherley CR, Gregg PJ, Walder DN, et al: Aseptic necrosis of bone in a compressed air worker. *J Bone Joint Surg* 59(B): 80-84, 1977
- 7) MacLeod MA, Pearson RR, McEwan AJB, et al: Bone scintigraphy in dysbaric related osteopathy. *Nucl Med Commun* 2: 236-241, 1981
- 8) MacLeod MA, McEwan AJB, Pearson RR, et al: Functional imaging in the early diagnosis of dysbaric osteonecrosis. *Br J Radiol* 55: 497-500, 1982
- 9) 西岡淳一: 大腿骨無腐性壊死における骨シンチグラフィの診断的価値, 日整会誌, 53: 429-440, 1979
- 10) David CB, Guillermo FC, Roger PJ, et al: Detection of femoral head avascular necrosis in adult by SPECT. *J Nucl Med* 26: 979-987, 1985
- 11) 林 皓: 減圧症の臨床的ならびに実験的研究, 福岡医誌, 65: 889-908, 1974
- 12) 川島真人, 林 皓, 鳥巢岳彦, 他: 減圧症で入院した潜水士の最壊死について, 臨床整形, 8: 933-943, 1973
- 13) Ohta Y, Matsunaga H: Bone lesions in divers. *J Bone Joint Surg* 56-B: 3-16, 1974
- 14) Kawashima M: Aseptic bone necrosis in Japanese divers. *Bull Tokyo Med Dent Univ* 23(2): 71-92, 1976
- 15) Kahlstrom SC, Burton CC, Phemister DB: Aseptic necrosis of bone. *Surg Gynecol Obstet* 68: 129-146, 1939
- 16) Schaefer KE: Involvement of CO₂ and calcium stores in decompression sickness. United States Naval Submarine Medical Research Laboratory, Report NSMRL 738, 9p, 1973
- 17) Slichter SJ, Stegall P, Smith K, et al: Dysbaric osteonecrosis: A consequence of intravascular bubble formation, endothelial damage, and platelet thrombosis. *J Lab Clin Med* 98: 568-590, 1981
- 18) Averyanova VA, Mihhailov FM: On the cause and prevention of osteoarticular disorders in decompression (caisson) disease. *Gigiena truda i professional'nye zabolevaniya*, 6: 25, 1962 (cited in 50)