

【 原 著 】

潜水業務従事者と減圧性骨壊死 — 減圧性骨壊死の放射線学的診断 —

小濱正博¹⁾，永井りつ子¹⁾，喜納美津男¹⁾
金城佐和子¹⁾，大兼 剛²⁾，運天 忍²⁾

南部徳洲会病院 救急・高気圧治療部¹⁾
放射線科²⁾

我々は1998年3月から2002年9月までの4年7ヶ月の間に822例の潜水士を対象に潜水適性検査を行った。このうち初期検査の骨X-p検査にて37例（ダイビングインストラクター23例，潜水漁師8例，海事6例）に骨異常陰影がみられた。異常陰影の診断基準はBMRC DCS Panel（British Medical Research Council Decompression Sickness Panel）の骨壊死分類を用い，結果はA1：2例，A2：2例，A3：1例，B1：4例，B2：11例，B3：34例であった。病変部は上腕骨では骨頭23例，骨幹部2例，大腿骨は骨頭5例，頸部5例，近位部3例，遠位部1例，脛骨近位部4例，腓骨近位部2例であった。このうち13例でMRI検査にて骨壊死と診断した。4例ではさらに骨シンチ検査を行い，骨壊死の回復期3例と進行期1例と診断した。初期検査のX-p検査，MRI検査，骨シンチ検査は減圧性骨壊死の診断と病期の決定に非常に有用であった。

キーワード 減圧性骨壊死，潜水検診，職業ダイバー，放射線学的骨壊死分類，BMRC DCS Panel

The risk factors and radiological diagnosis of dysbaric osteonecrosis in occupational divers.

M. Kohama.¹⁾ R. Nagai.¹⁾ M. Kina.¹⁾ S. Kinjo.¹⁾ T. Okane.²⁾ S. Unten.²⁾

1) Emergency & Hyperbaric Medicine Unit, Okinawa Nanbu Tokusyukai Hospital.

2) Radiological Department, Okinawa Nanbu Tokusyukai Hospital.

In our unit we test for diving fitness of occupational divers to reduce the risk of diving and to find DON (dysbaric osteonecrosis) one time in a year at least as outpatient work. Usually we detect DON with bone X-P at first according to a classification of bone lesion of BMRC (British Medical Research Council) DCS Panel and diagnosis of DON is made with bone MRI. The stage of DON is determined with bone scintigram.

822 divers were examined with bone X-P from March 1998 to September 2002. The abnormal finding, suspected DON, was seen in 37 cases (humeral cap 23, shaft 2, femoral head 5, neck 5, proximal 3, distal 1, tibia proximal 4, fibula proximal 2). A classification of findings with BMRC DCS Panel are A1-2 cases, A2-2, A3-1, B1-4, B2-11, and B3-34. Among these patients 13 cases were diagnosed as DON with MRI and 4 cases were examined with bone scintigram to determine the stage. The result was one in progression and another three in healing stage. Bone X-P, MRI, and scintigram are very useful tests to diagnosis and determination of the stage of DON.

keywords Dysbaric osteonecrosis, radiological diagnosis, BMRC DCS Panel occupational divers, diving fitness,

はじめに

慢性減圧症と定義されている減圧性骨壊死は発症した場合は進行を放置すると関節荷重部の場合には手術を必要とし、離職を余儀なくされ生活に支障を来すことがある。このため潜水業務に従事する者はその予防に努めるべき疾患である。安全な減圧基準に従った潜水を行ってれば発症は希であるが、潜水漁師、ダイビングインストラクターや救助ダイバーにみられるように、職種によっては作業の中で十分な減圧も行えない者がいるのも事実である。そのために定期検診として行う潜水検診の際には骨病変の早期発見に努めて潜水プロフィールの改善を促すことが重要になってくる。

対象と方法

潜水検診を行った期間は1998年3月から2002年9月の4年7ヶ月であった。対象とした潜watersは822例で、内訳は消防士557例、海上保安官61例、警察官42例、海事71例、潜水漁師35例、ダイビングインストラクター56例であった。方法は潜水検診の際に骨壊死の好発部位である上腕骨、股関節、大腿骨、脛骨を骨幹、骨頭、及び関節面を含んで単純X-pを2方向で撮影し、骨病変の読影基準としてはBritish Medical Research Council Decompression Sickness Panel (以下BMRC DCS Panel)の骨壊死分類¹⁾²⁾(Fig.1)を用いて疑病変を検索し、確定診断にはMRIの所見を用いた。骨壊死の病期に関しては骨シンチグラム検査を行った。

結 果

初期検査の骨X-pにて37例に骨異常陰影がみられた。職種はダイビングインストラクター23例、潜水漁師8例、海事6例であり、消防士、海上保安官、警察官には骨病変はみられなかった (Fig.2)。潜水法は潜水漁師の6例で船上からの送気とスクーバの併用がみられたが、他の31例は全てスクーバであった。潜水歴は4~42年で平均18年。10年以下が12例、11~20年が15例、21~30年が9例、31~40年は0例で41年以上が1例であった。就業時の潜水深度は、ダイビ

A group : Juxta-articular	
A1.	Dense areas with intact articular cortex.
A2.	Spherical segmental opacities
A3.	Linear opacities
A4.	Structural failures. <ul style="list-style-type: none"> a. Transradiant subcortical band b. Collapse of articular cortex c. Sequestration of cortex
A5.	Secondary degenerative arthritis
B group : Head, neck, and shaft	
B1.	Dense areas (Not bone islands)
B2.	Irregular calcified areas
B3.	Translucent areas and cysts.

Fig.1 A Classification of Radiological bone lesions. (British MRC DCS Panel)

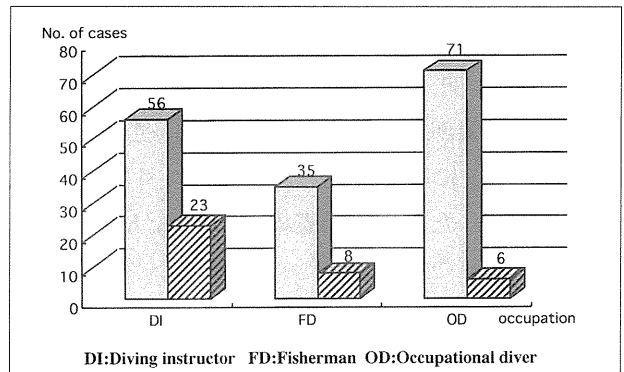


Fig.2 Number of cases suspected DON with X-ray findings according to BMRC DCS Panel

ングインストラクターで5~60m、潜水漁師ではもずく漁の際は2~5m、追い込み漁で20~40m、単独漁で5~60m、海事では港湾内作業が中心で5~20mであった。減圧症の既往例は19例(51.4%)であった。又、同時期に当科に搬入された急性減圧症患者は213例で、このうち減圧性骨壊死を伴っていたのは8例であった。BMRC DCS Panelの骨壊死分類を基準とした骨X-pの結果はA1:2例、A2:2例、A3:1例、B1:4例、B2:11例、B3:34例であった。病変部は上腕骨では骨頭23例、骨幹部2例、大腿骨は骨頭5例、頸部5例、骨幹近位部3例、骨幹遠位部1例、脛骨骨幹近位部4例、腓骨骨幹近位部2例であった。異常陰影の部位に痛みを訴えたのは15例

A group : finding of joint	No. of findings
A1. (Dense area)	2
A2. (Segmental opacities)	2
A3. (Linear opacities)	1
B group : finding of head and shaft	
B1. (Dense area)	4
B2. (Irregular calcified area)	11
B3. (Translucent and cysts)	34

Fig.3 A Classification with BMRC DCS Panel & Number of abnormal findings

で22例は無症状であった。このうち13例でMRI検査にて骨壊死と診断した。病変の進行度を確定するために4例で骨シンチ検査を行い、回復期3例と進行期1例と診断し、2例で潜水法を考慮して病変の進行の可能性があると判断し就業不可とした。

考 察

潜水士に於ける潜水検診では、成人健康診断と同じ内容の診察、検査を行うと共に潜水士に対する特異的な診察、検査が追加されている。これは環境圧、温度、組織溶解ガス飽和度に変化を来す水中環境が生体に与える運動・生理学的影響を考慮する必要があるためである。即ち 1. 水中抵抗に抗しての運動に支障を来さない四肢運動機能が保たれているか、 2. 水温の低下や加・減圧に伴う知覚異常や末梢血管収縮による心臓前・後負荷の増加に伴う異常な血圧上昇や心拍出量減少は出現しないか、 3. 加圧環境での乾燥圧縮空気の吸入による気管支攣縮や拘束性肺障害の出現、及び心拍数減少に伴い心拍出量が減少する可能性はないか、 4. 水中での屈折率や色調変化に追従できる視機能は保たれているか、 5. 水圧変化に順応できる耳管、鼓膜機能や平衡機能は保たれているか、低下する伝導音を聴取可能な聴力は保たれているか、 6. 昼夜を問わずに水中で安定した精神状態を保持できるか、等が潜水適性を考える上での潜水検診の主な検診項目である³⁾⁴⁾。しかし、潜水業務に従事した後の検診で重要な課題となるのは、

減圧性骨壊死の検索である。これは、早期発見を逸すると進行期或いは回復期に関わらず病変の部位と程度によっては手術を必要とし、潜水を断念しなくてはならない場合があり潜水士にとっては死活問題となるからである⁵⁾。減圧性骨壊死の病因としては北野^{6)~8)}等の報告によると不十分な減圧に起因して発生する微小気泡による静脈系還流障害、リンパ管塞栓に続く動脈血栓の形成、又、Lehner⁹⁾¹⁰⁾等が提唱している骨組織内圧の上昇から生じる脈管虚脱を循環障害の原因とするコンパートメント説がある。又、北野、川罵⁸⁾等が述べているように減圧性骨壊死の病理発生が 1. 圧暴露の条件、特に長時間のより高い気圧環境に暴露すること、 2. 急激な減圧、 3. 骨髄の脂肪組織の量という考えからすると我々の経験した37例でも潜水歴は4年未満は見られず4~30年が36例(97.3%)であり、中長期圧暴露を受けている潜水従事者に多い傾向はみられた。しかし、減圧性骨壊死は初回潜水でも罹患する可能性は否定できないと考えられるので経験の浅い潜水士の診察の際にも注意が必要であると考ええる。潜水深度に関しては有所見者では20~60mであったが、職種に関わらず37例全員が歯状潜水、反復潜水を行っていたことを考慮すると体内残留窒素の貯留がみられ、かつ不十分な減圧或いは急速減圧での微小気泡発生が骨壊死発症の原因と推測される¹¹⁾。我々が潜水検診或いは外来患者で骨壊死を疑った場合に行っている放射線学的診断法は早期発見のためには単純X-p検査を行う。これは単純X-p検査が多くの医療機関で簡単に行える検査であるからである。確かに確定診断にはMRI検査の方が有用であるが設置されている病院は限られている。単純X-p検査での発見の機会が増えれば、必然的にMRI検査での精査件数は増加するものと考えられる。撮影部位は骨壊死の好発部位である上腕骨、股関節、大腿骨、脛骨の骨幹、骨頭、及び関節面である。撮影方向は正面、側面の2方向で撮影し、骨病変の読影基準としてはBMRC DCS Panelの骨壊死分類を用いている。確定診断にはMRIを用い、骨壊死の病期の決定には骨シンチ検査を行っている。今回の822例の対象群全

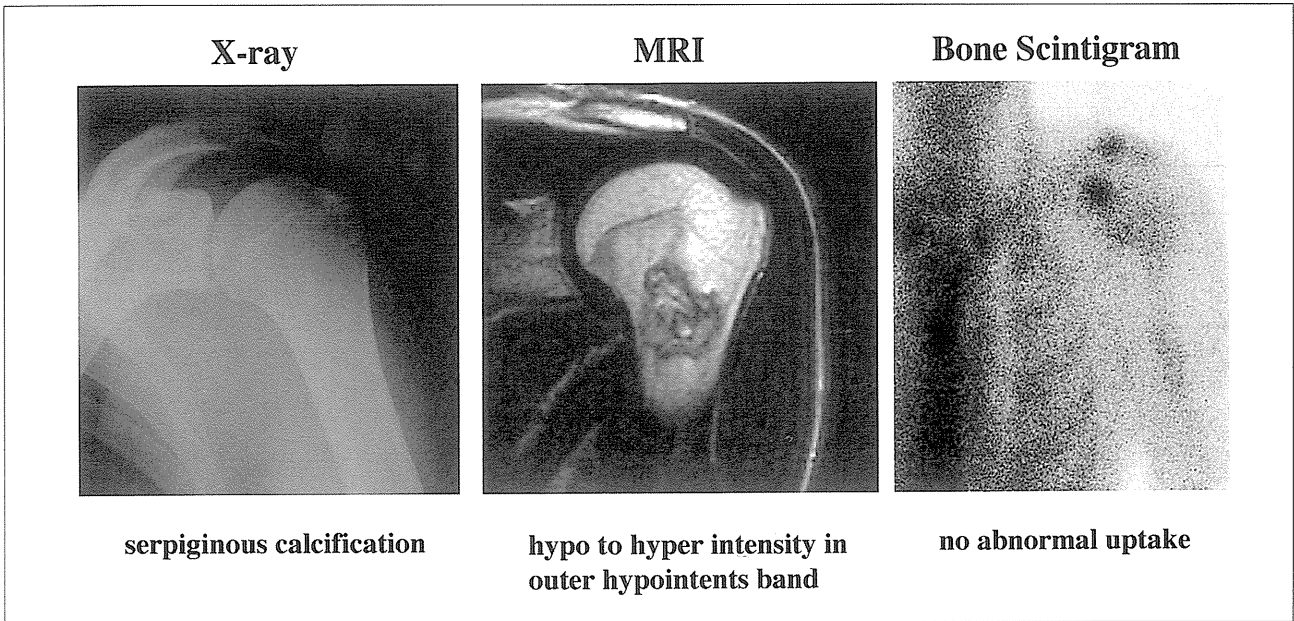


Fig.4 Case 1 : Proximal of lt. humeral shaft

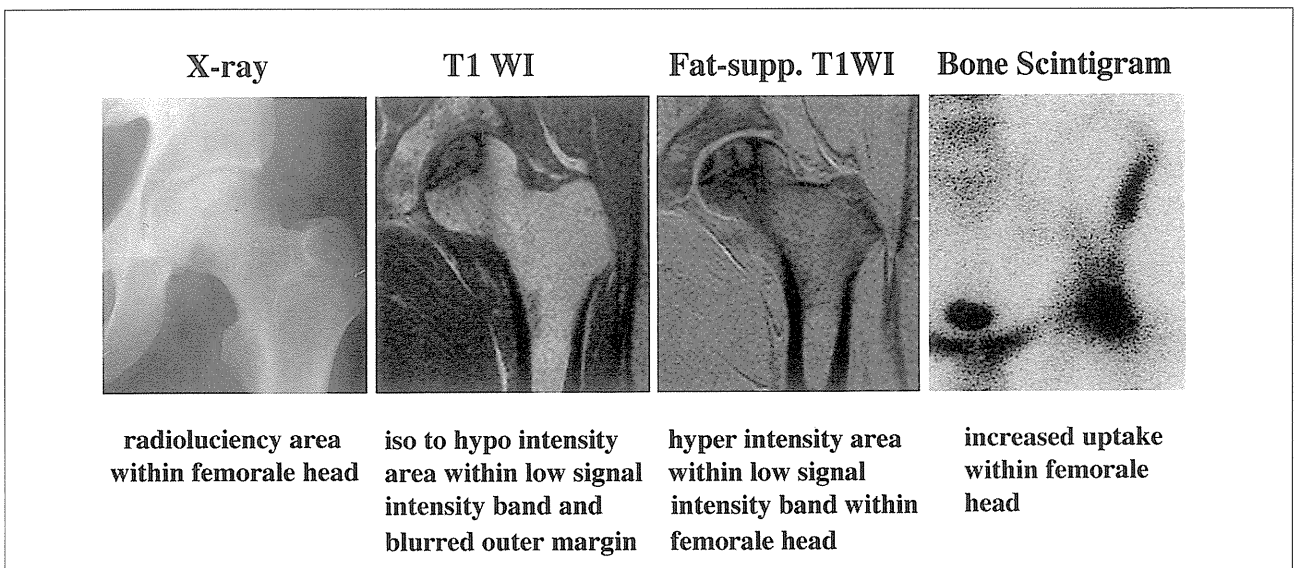


Fig.5 Case 2 : Lt. femorale head and neck

てに単純X-p検査を行い、37例（4.5%）で骨壊死を疑わせる病変と診断した。我々の症例でも川島⁵⁾等の報告にあるようにB2とB3 或いはB2 & 3 混在型が多かった(Fig.3)。B2 病変、A2 & B3 の代表的な症例1 (Fig.4)と症例2 (Fig.5)を示す。症例1は左上腕骨骨幹部近位側症例で単純X-pでは不規則な石灰化像がみられ、BMRC DCS Panelの骨壊死分類のB2に相当する所見であった。精査のために行ったMRI

検査ではT1 強調像、T2 強調像で帯状の低信号の中に高信号と低信号が混在していた。造影後の脂肪抑制T1強調像では帯状に見えた部分が増強されていた。これらの所見は骨壊死に特徴的な所見を呈しており、壊死部を取り囲む円弧状或いは蛇行した線状の低信号域がみられ、これは壊死部と正常骨髄との境界部の修復と考えられる反応（reactive interface）を反映しているとされる。T2 強調像でみられた低信号内側

に線状の高信号が存在し、二重線構造を示すことがある。これはdouble line signと呼ばれる所見でこれも骨壊死に特徴的である。壊死部はT1強調像で低信号、T2強調像で高信号、T1、T2強調像ともに低信号を示すものなどさまざまな形がある¹²⁾¹³⁾。さらに病変の進行度を確認するために行った骨シンチグラム検査では異常な集積像はみられず、骨梗塞の48時間以内では認めないことから進行期に於ける集積像の欠損と診断した。この症例は若年の潜水漁師で放置すると病変の進行が考えられたので、潜水禁止として外来にて経過観察とした。症例2は左大腿骨頭・頸部症例であるが単純X-p検査では骨頭に囊状の透亮像が、関節面に不規則な分節状の不透明な部分がみられ、これらの所見はBMRC DCS Panelの骨壊死分類のB3とA2に該当していた。MRI検査ではT1強調像で境界不明瞭な低信号、脂肪抑制T1強調像で低信号域の中に帯状の高信号域が見られた。骨シンチグラム検査では大腿骨頸部に強い集積像がみられた。骨梗塞の修復期に於ける病変部への集積と考えられた。以上から本症例は修復期と診断したが関節荷重部への病変の進行がみられ、放置すると手術が必要と判断し、潜水禁止として外来観察中で発症4年目で現在、病変の進行はみられていない。減圧性骨壊死は潜水検診で定期的に好発部位の単純X-p検査を施行していれば早期発見は決して難しいものではない。又、発症した場合も部位と病期をMRI及び骨シンチグラムにて正確に診断すれば、潜水法を考慮して業務を継続することは可能である。行政機関組織や民間会社では法定義務があることから定期的潜水検診が可能である。検診の際には適切な潜水法や減圧法に関する知識や急性減圧症、慢性減圧症（減圧性骨壊死）や急性、慢性潜水障害等の潜水疾患の教育、指導が可能で発症の予防に貢献しうると考える¹⁴⁾。我々の経験でも消防士、警察官、海上保安官の潜水士では骨壊死は皆無であった。しかし、潜水漁師とダイビングインストラクターは発症者の過半数を占めるにもかかわらず予防処置が一切なされていないのが現状である。こういう現状を生み出す第1の理由は潜水漁師やダイ

ビングインストラクターが高気圧業務従事者でありながら、所属する漁業協同組合やダイビング団体が法定の検診として潜水検診の義務化をしていないことである。又、第2の理由としては潜水士自身が潜水による生体への影響を理解しておらず、通常の市町村による内科的な住民検診レベルの診断で潜水可能であると認識していることである。特に中高年では生活習慣病がなければ安心してしまい、水中環境が自身の体にどれぐらいのリスクになるかを客観的にとらえない場合が多い¹⁵⁾¹⁶⁾。減圧性骨壊死の予防には、その原因となる潜水法、減圧法や減圧症に関する教育と共に行政指導による法定検診としての潜水検診の普及が不可欠と考える。

結 語

1. 潜水士822名を対象として潜水検診で骨病変の検索を行った。
2. 骨壊死の放射線学的検査は早期発見のために単純X-p検査を、診断にMRI検査を、病変の進行度の評価には骨シンチ検査を行ったがいずれの検査も有用であった。
3. 特に病変の早期発見法としてBMRC DCS Panelの骨壊死分類は非常に有用と考える。
4. 減圧性骨壊死の予防には、職種にかかわらず潜水検診の法的な義務化を積極的に図るべきである。

参考文献

1. McCallum RI, Harrison JAB: Osteonecrosis, Aseptic necrosis of bone. The Physiology and Medicine 4th Ed, Bennett P, Elliott D.W.B. Saunders Company Ltd.; 563-584, 1993
2. Edmonds CE, Lowry C, Pennefather J: Dysbaric osteonecrosis, Diving and Subaquatic Medicine. 3rd Ed. Butterworth-Heinemann Ltd; 198-214, 1992
3. 労働省安全衛生部労働衛生課：高気圧障害（潜水による障害）、新潜水士テキスト；185-243, 1997

4. 他谷 康, 小杉正太郎, 真野喜洋: ダイビングと健康, ダイビングの心理学, ダイビング事故とその予防. 安全と健康のダイビング科学, 朝倉書店; 44-128, 1992
5. 川寫真人, 田村裕昭, 鳥巢岳彦, 林 皓: 減圧症における大腿骨頭壊死. 整形外科 Mook No. 24: 239-269, 1983
6. 北野元生: 多発性無腐性骨壊死をきたした1潜水病の症例. 臨整外11; 1092, 1976
7. 北野元生: 減圧症に於ける組織損傷の成因についての一考察-いわゆるコンパートメント説と静脈還流障害説の折衷-. 日高压医誌30 (2) ; 73-84, 1995
8. 北野元生, 福重和人, 川寫真人, 他谷 康, CE Lehner: 2頭の羊大腿骨における実験的 Dysbaric Osteonecrosis (DON) についての病理組織学的研究. 九州・沖縄高压医懇話会誌 2; 1-7, 1997
9. Lehner CE, Adams WM, Dubielzig RR, Palta M, Lanphier EH: Dysbaric Osteonecrosis in divers and caisson Workers. An animal model. Clin Orthop Nov (344) ; 320-32, 1997
10. Lehner CE, et al: Dysbaric osteonecrosis and elevated marrow pressure ; A proposed etiological and pathogenic model. Undersea Biomed Res 17 (supplement) ; 29, 1990
11. Tokla AS, Cimist M: Dysbaric osteonecrosis in Turkish spongedivers. Undersea Hyperb Med 2001 Summer ; 28 (2) : 83-8, 2001
12. Mitchell DG, et al : Femoral head avascular necrosis ; correlation of MR imaging , radiographic standing, radionuclide imaging, and clinical findings, Radiology 162 : 709-715, 1987
13. 上谷雅孝, 麻生暢哉: 大腿骨頭壊死. 骨軟部疾患の画像診断, 秀潤社; 22-23, 1999
14. Lehner CE: Dive Profiles Control the Risk of Dysbaric Osteonecrosis; Proceedings of the 11th Meeting of the United States-Japan cooperative Program in Natural Resources. 1991
15. 小濱正博, 永井りつ子, 喜納美津男, 新里善一, 山城 清: 沖縄県での減圧症救急の現状と問題点, 日高压医誌, 36(4) ; 215-222, 2001
16. 川寫真人, 田村裕昭, 高尾勝浩, 北野元生: 潜水漁民の減圧症について. 日高压医誌25(4) ; 199-204, 1990