

●特集・不活性ガスをめぐって

不活性ガスと減圧性骨壊死 —ダイビングプロフィールと骨壊死—

川 眞人* 田村裕昭* 高尾勝浩* 吉田公博*
眞野喜洋** チャールズ レーナー*** 他谷 康****

我々は既に本邦の潜水漁民に高頻度に減圧性骨壊死が発症していることを報告した。我々の九州地区における潜水漁民の調査でも、905名中、467名(51.6%)が骨壊死を有することを既に報告した¹⁾。その原因として、長時間の潜水と不適切な減圧法が考えられたため、ダイビングプロフィールについて調査を行った。

1981年から1996年の期間、当院で減圧症のために治療を受けた177名の潜水漁民のレントゲンの調査を行ったところ、50名(28.2%)に減圧性骨壊死が認められた。ダイビングプロフィールは有明海、瀬戸内海、唐津にて調査された。調査の方法は現地におけるダイビング記録装置によるものと、口頭試問によるものであった。典型的なダイビングプロフィールは長時間の圧暴露が繰り返され潜水の2種類であった。これらのダイビングプロフィールが骨壊死発症に密接に関係していることが考えられた。

キーワード：減圧性骨壊死、ベンズ、ダイビングプロフィール

Diving profile and dysbaric osteonecrosis

Mahito Kawashima* Hiroaki Tamura* Katsuhiro Takao* Kimihiro Yoshida* Yoshihiro Mano** Charles Lehner*** Yasushi Taya****

*Kawashima Orthopaedic Hospital, **School of allied Health Sciences, faculty of Medicine, Tokyo Medical & Dental University, ***University of Wisconsin-Madison, Biotron Laboratory, ****Japan Marine Science Technology

We have previously shown a high incidence of dysbaric osteonecrosis in Japanese diving fishermen. In our surveys of the Kyushu area, radiological investigation revealed 467 cases (51.6%) osteonecrosis among 905 divers. This fact seemed to be caused by their prolonged hyperbaric exposure and a rapid decompression. There are many professional diving fishermen in the Kyushu area. The main purpose of their diving is collection of shellfish, abaloni and sea urchins. They are prone to high incidence of dysbaric osteonecrosis

and decompression sickness (DCS). The main cause of these injuries seems to be their dive profiles.

This study was based on the clinical review of 177 divers at Kawashima Orthopaedic Hospital from 1981 to 1996. They were all males except one. Their ages ranged from 17 to 64 years old. The average age was 35.9 years old. Dysbaric osteonecrosis was seen in 50 cases (28.2%) and was most frequently found in upper humerus, and upper femur. Divers with a diving experience of over 5 years were highly affected by dysbaric osteonecrosis. There was a higher incidence of dysbaric osteonecrosis in the divers who dived over 20 meters. Each diver conducted their own dives according to their own experience. Dive profiles of these divers were investigated in Ariake Sea, Kunisaki, and Karatsu. Dive profile were recorded by oral interview or dive recording computer.

Keywords :

Dysbaric osteonecrosis
Diving profile

*医療法人川 眞整形外科病院

**東京医科歯科大学保健学科

***ウィスコンシン大学

****海洋科学技術センター

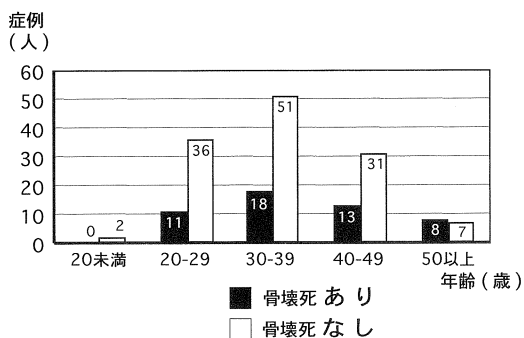


図1 年齢と骨壊死

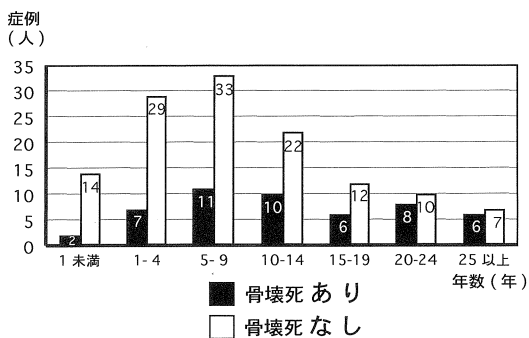


図2 経験年数と骨壊死

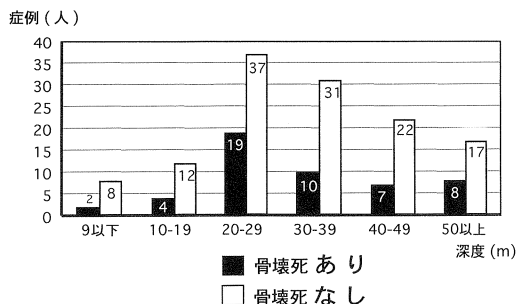


図3 最大潜水深度と骨壊死

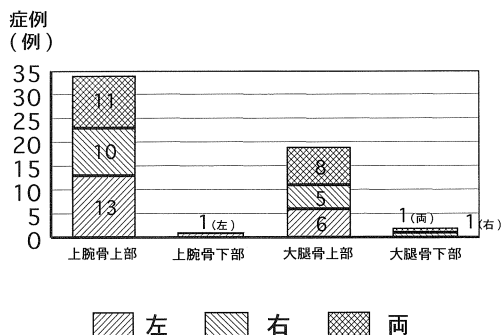


図4 骨壊死と部位

はじめに

不活性ガスによる減圧性骨壊死の最初の報告は、1911年 Bornstain と Plate および Bassoe²⁾による潜函工にみられた骨壊死であった。

Kahlstrom (1939)³⁾はこれらの骨障害が骨壊死であることを病理組織学的に証明した。

Grutzmacher (1941)⁴⁾は、潜水士にも同様の骨壊死がみられることを報告し、Herget (1948)は47名の潜水士中27.7%に、Alnor (1963)は131名中55.0%に、Fagan(1972)は30名中26.7%にみられたと報告している⁵⁾。

海軍関係の潜水士は、発症頻度が低く Elliot (1971)は250名中5.2%であったと報告している。一方日本の潜水漁民は発症頻度が高く、木下 (1961)は15名中60.0%、永井 (1965)は60名中

76.7%、川島は905名中51.6%と報告している⁵⁾。何故、潜水漁民に骨壊死が高頻度に発症しているかを調査したところ、彼らが標準減圧表を殆ど使用せず、経験に基いた独特の潜水方法を行っていることが次第に明らかになってきた。今回は当院に入院した潜水士について、骨壊死の頻度を調査し、現地まで行って、彼らの潜水方法、即ちダイビングプロフィールを調査した。

方法

1981年から1996年の期間、減圧症の治療のために当院を受診した潜水漁民177名について、太田一松永分類によるレントゲンの調査と口頭試問または現地調査によるダイビングプロフィールについて検討した。年齢、経験年数、最大潜水深度、骨壊死の部位についても調査を行った。

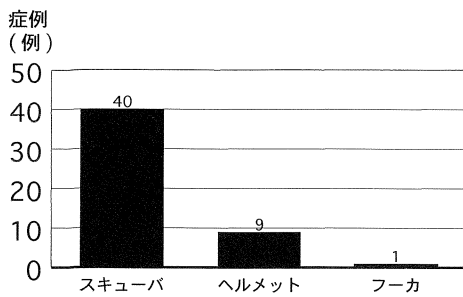


図5 潜水方法

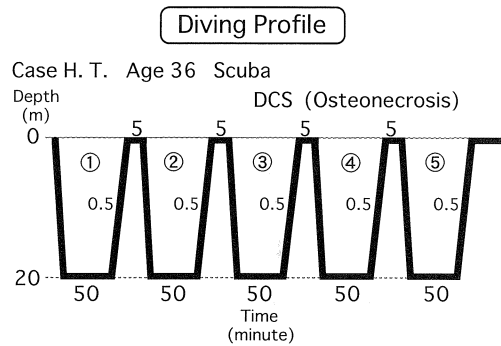
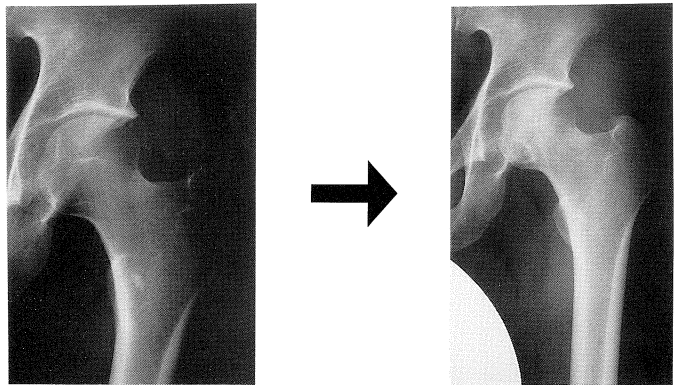


図6



After 8 years

図7 症例 H. T.

結 果

骨壊死が認められた潜水士は、177名中50名(28.2%)であった。年齢は17～64歳、平均35.9歳で20～29歳では23.4%、30～39歳では26.1%、40～49歳では53.3%と年齢とともに骨壊死の発症頻度が上昇していることが認められた(図1)。

同様のことは潜水の経験年数でも認められ、経験年数の長い潜水士ほど高頻度に骨壊死を有していた(図2)。

最大潜水深度と骨壊死の関係は、10～19mで25.0%、20～29mで39.9%、30～39mで24.4%、40～49mで24.1%、50m以上で32.0%に骨壊死が

認められた(図3)。

骨壊死の発症部位は上腕骨上部60.7%、大腿骨上部33.9%で両者が好発部位であることが認められた(図4)。

ダイビングプロファイルは、唐津周辺の潜水士はスキューバによる繰り返し潜水を特徴とし(80%)、有明海大浦周辺の潜水士は、ヘルメットもしくはフリーカによる長時間潜水を特徴としている(20%)(図5)。どちらも標準減圧表によらない経験的な潜水方法で一人一人自らの経験で多少の違いが認められるが、それぞれの地区による共通のパターンが認められる。我々は繰り返し潜水群を唐津型(80%)、長時間潜水群を大浦型(20%)

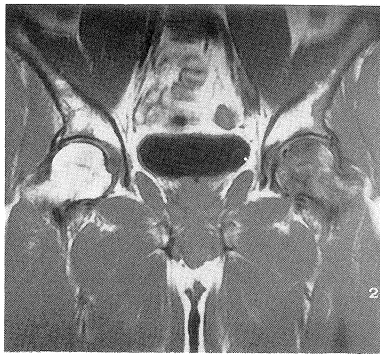


図8 症例 H. T.

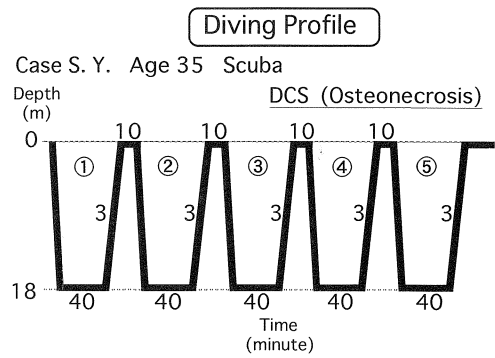
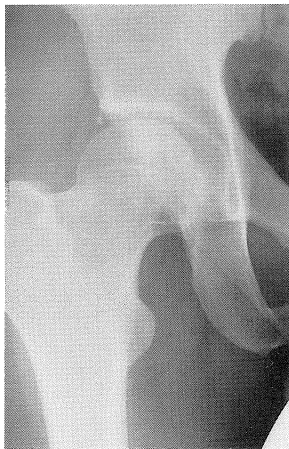


図9



After 5 years

図10 症例 S. Y.

と分類している。

症例 H. T. 35歳。スキューバ（唐津型）。

20mの深度、60分間の海底作業を5回行っていた。ベNZ2回、チョークス2回の既往があり、左大腿骨頭壊死が認められた（図6，7）。MRI上も大腿骨頭広範囲壊死が認められた（図8）。

症例 S. Y. 35歳。スキューバ（唐津型）。

18mの深度、40分間の海底作業を5回繰り返していた。ベNZ4回の既往があり、右大腿骨頭壊死が認められた（図9，10）。MRI上も右大腿骨頭に傍関節部の骨壊死が認められた（図11）。

症例 K. K. 45歳。ヘルメット（大浦型）。

26mの深度、20分間と15分間の海底作業を行っ

ていた（図12）。ベNZの既往が1回あり、右上腕骨の分節状骨壊死（A-1）が認められ、MRI上でも確認された（図13）。

症例 O. K. 年齢27歳。フーカ（大浦型）。

10mの深度、360～480分間の海底作業を行っていた（図14）。ベNZの既往が3回あり、右大腿骨頭壊死が認められた。杉岡式大腿骨頭回転骨切術が行われた（図15）。術前のダイナミックMRIでは傍関節部の著しい血流の低下が認められたが、術後3カ月で骨頭関節下の血流はよく回復している（図16，17）。

症例 Y. T. 34歳。ヘルメット（大浦型）。

30mの深度、480分間の海底作業を行っていた。

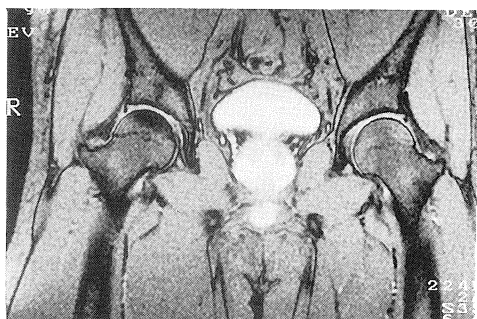


図11 症例 S. Y.

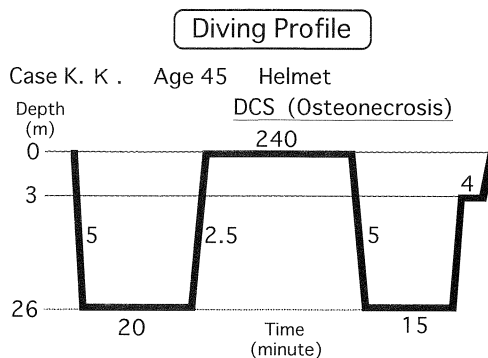


図12

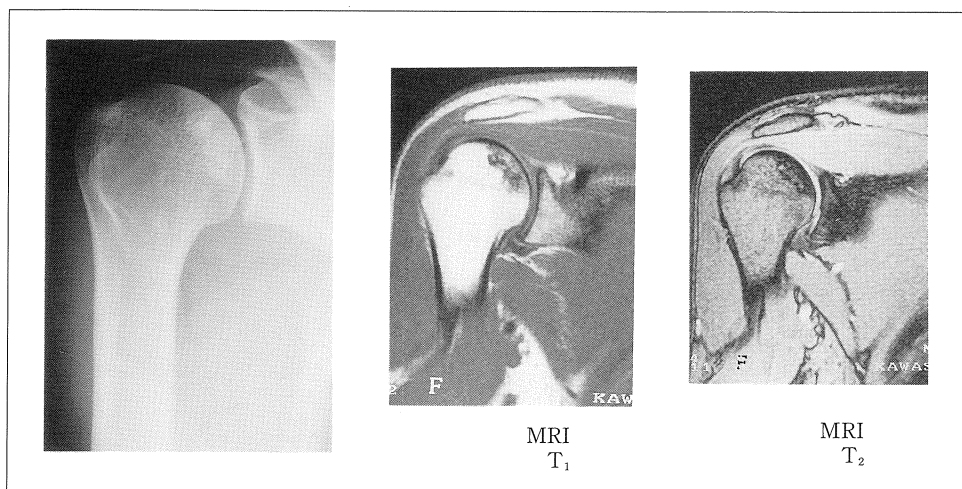


図13 症例 K. K.

減圧は船上減圧チャンバーで行っていた (図18)。右大腿骨頭壊死に対して、杉岡式大腿骨頭回転骨切術を行ったが、壊死の範囲が既に広範で、術後も大腿骨頭の著明な変形が認められた (図19)。

以下に骨壊死をきたした大浦型の2症例のダイビングプロフィールを示す。

症例 T. K. 36歳。ヘルメット。

深度10~20mで180~240分間の海底作業を2回行っていた (図20)。

症例 F. Y. 32歳。ヘルメット。

深度35mで240分間の海底作業を2回行っていた (図21)。

大浦の潜水士は1970年代は国東半島沖で潜水していた時期があり、深度30mで360分間の海底作業を行い、その後は船上減圧を行っていた (図22)。この方法はベンズや脊髄型減圧症が続発した危険なもので数名の死者が出て現在は行われていない。しかし骨壊死は大浦地区では450名中59.5%と異常に高頻度であり、このような潜水方法が骨壊死の発症に関係していたことは十分に考えられる。

考 察

1) 症状：減圧性骨壊死は関節面の変化が出現し

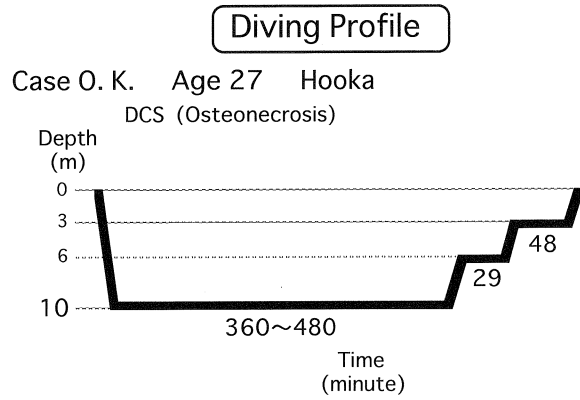


図14

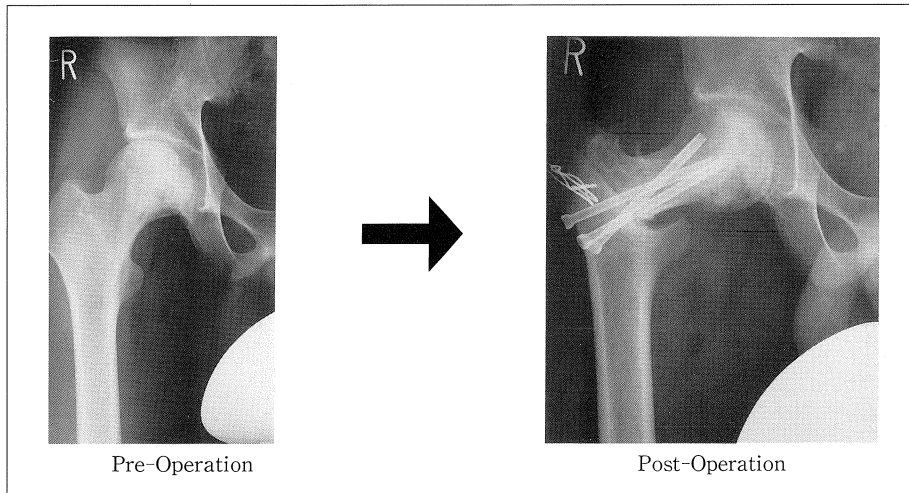


図15 症例 O. K.

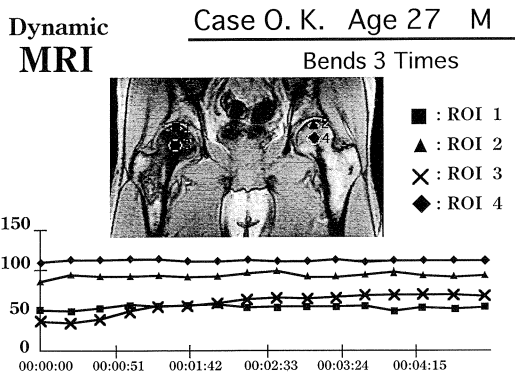


図16

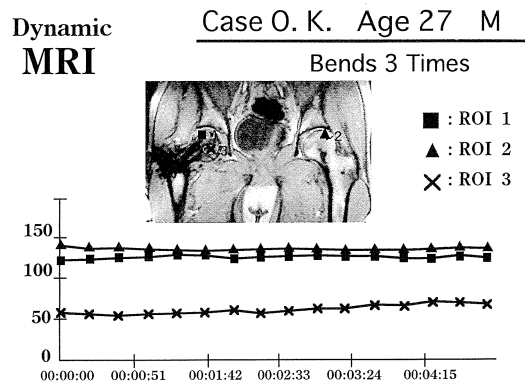


図17

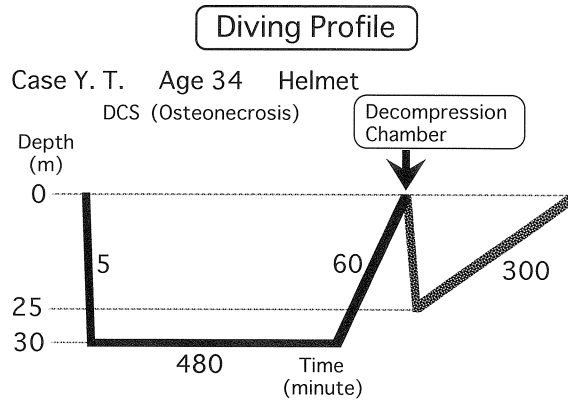


図18

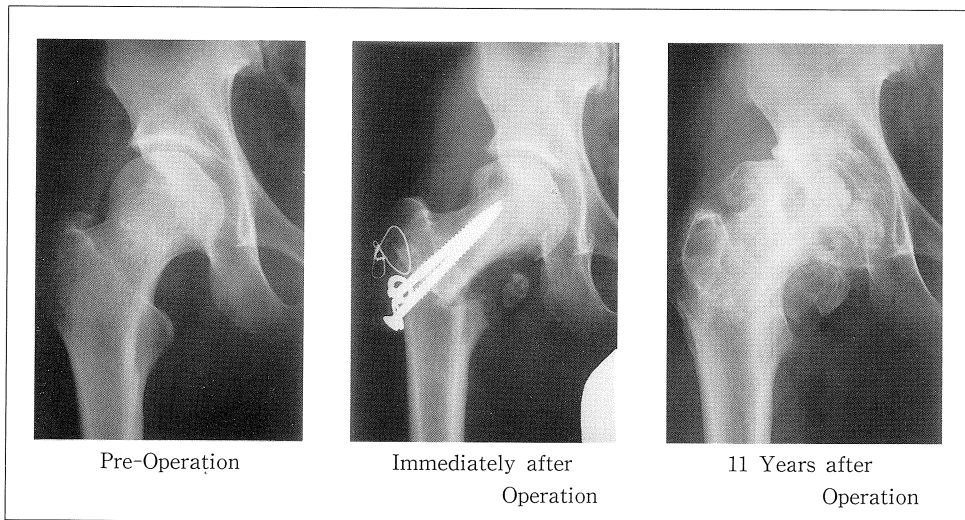


図19 症例 Y. T.

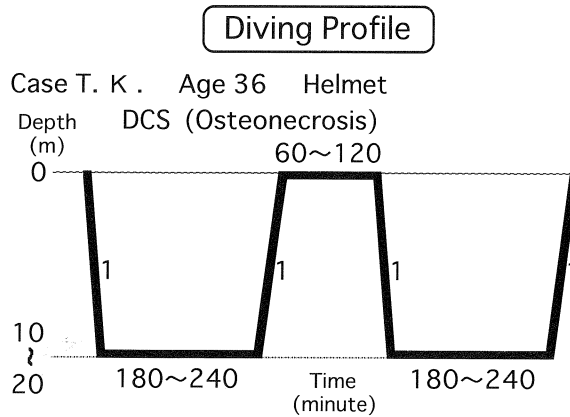


図20

Diving Profile

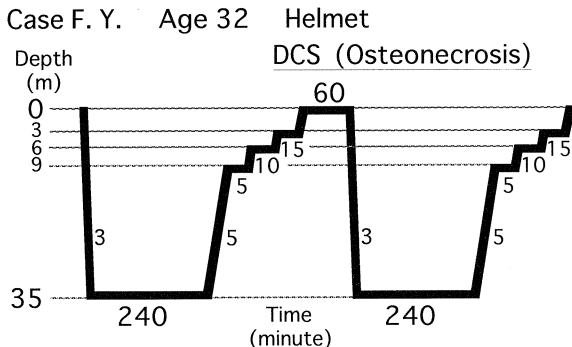


図21

Diving Profile

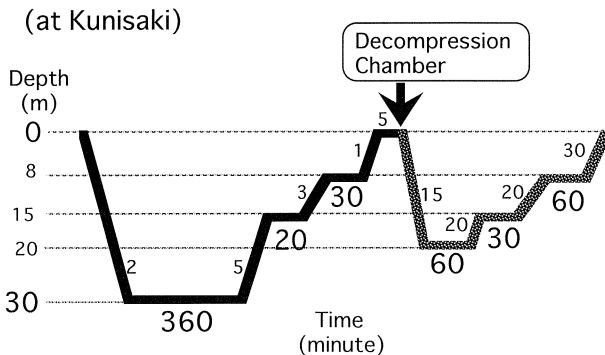


図22

ない限り無症状のことが多く、本人の自覚症状がみられた時には、関節面の陥没変形をきたしていることが多い。主訴は関節痛と関節可動域の制限である。

2) 診断：我々は英国のMRC分類を参考にした太田一松永分類を用いてX線分類を行っている。骨病変はA型(傍関節障害型)、B型(骨頭、頸部、骨幹部障害型)の2種に大きく分類し、AはA1(分節状硬化)、A2(線状硬化)、A3(塊状硬化)、A4(離断線形成)、A5(関節面陥没)、A6(骨関節症)、BはB1(限局性石灰化)、B2(不規則石灰化)、B3(限局性脱灰化)に分類さ

れる。近年では骨シンチグラフィ、CTスキャン、MRIも早期診断に応用されている。これらの型の中で、A2はA4、A5、A6と進行することが多いので臨床的には特に重要である⁵⁾。

3) 好発部位と潜水深度：我々の今までの調査でも今回の調査でも肩、股、膝関節周辺に多発するが膝関節面は極めて稀にしか侵されないのが特徴的である。

潜水深度が増加するほど骨壊死の発症頻度は増加する。臨床的に問題となる傍関節障害型は10m以上の潜水から出現し、20m以上で頻度が高くなる。

4) ベンズとの関係：我々の過去の調査では骨壊死の発症とベンズとの関係は有意なる関係にある。ウィスコンシン大学のレーナーは我々の調査によって判明したダイビングプロファイルを用いて、羊にベンズを発症させることにより、骨壊死を作ることに成功した。さらに早期の酸素再圧治療により、骨壊死の発症を80%予防できたと報告している⁶⁾。

5) ダイビングプロファイル：九州地区の潜水士は高頻度に骨壊死をきたすことから彼らのダイビングプロファイルを調査し、繰り返し潜水を特徴とする唐津型と長時間潜水を特徴とする大浦型に分類されることが判明した。両者ともに高頻度にベンズや骨壊死を発症させることから、羊を利用してさらに病因論や予防法の確立までの研究が行われる可能性が展望される。

6) 病因：減圧性骨壊死の病因については未だに定説は無い。我々は急性減圧症で死亡した4名の潜水士の解剖所見より、静脈系の血小板血栓の可能性を述べた。レーナーは骨髄内圧の上昇からくるコンパートメント症候群が原因の一つと述べている。

北野⁷⁾は病理学的検討から両者の折衷に加えて、細い動脈が内圧の上昇に伴って押し潰されて、虚脱状態になると述べている。

7) 治療法：我々はA2の段階で、骨頭の陥没変形を防ぐ目的で杉岡の大髄骨頭回転骨切術や内反骨切術を行うことを原則としている。陥没変形が進んだ症例では、人工骨頭置換術を行う。

結 語

- 1) 当院で減圧症の治療を行った177名の潜水士の中で50名(28.2%)に骨壊死が認められた。
- 2) 骨壊死をきたした潜水士のダイビングプロファイルを調査したところ、繰り返し潜水を特徴とする唐津型と長時間潜水を特徴とする大浦型に分類された。
- 3) これらのダイビングプロファイルをもとにウィスコンシン大学で羊のベンズを発生させたところ、骨壊死が発症した。
- 4) ダイビングプロファイルの検討から骨壊死予防の展望について述べた。

〔参 考 文 献〕

- 1) Mahito Kawashima, Hiroaki Tamura, Motoo Kitano: Pathogenesis and prevention of dysbaric osteonecrosis, South Pacific Study, 13: 173-182, 1993
- 2) Bassoe, P.: The late manifestations of compressed-air disease. Am. J. Med. sci., 145: 526, 1913
- 3) Kahlstrom, S., et. al.: Aseptic necrosis of bone. Surg. Gynecol. Obst., 68: 129, 1939
- 4) Grutzmacher, K. T.: Veranderungen anshult ergelenk als folge von druckluftekrankung, Rontgenpraxus. 13: 216, 1941
- 5) 川島真人, 田村裕昭, 鳥巢岳彦, 林 皓: 減圧症における大髄骨頭壊死, 整形外科 MOOK, 24: 239-269, 1982
- 6) Lehner, C. E.: Dive Profiles Control the Risk of Dysbaric Osteonecrosis: Proceedings of the 11th Meeting of the United States-Japan cooperative Program in Natural Resources. 1991
- 7) 北野元生: 減圧症における組織損傷の成因についての一考察, 日高圧医誌, 50: 73-91, 1995