

# 合同シンポジウムS4-5 圧気潜函工法の大深度化への取組みと医学的サポート 高気圧作業従事者における減圧性骨壊死の知見から

川島眞之 田村裕昭 高尾勝浩 山口 喬  
宮田健司 川島眞人  
川島整形外科病院

潜水や潜函作業などで高気圧環境に繰り返し曝露される職業の労働者には、減圧性骨壊死 (Dysbaric Osteonecrosis: DON) が発症しやすいことが知られている。当院では高気圧作業従事者の骨壊死健康診断を実施しており、その結果を報告する。

1985年11月から2019年4月までの受診者は344名で、延べ679名であった。受診時の平均年齢は37.1歳、平均経験年数は11.7歳であった。職業別では漁業・水産業が134名、うち自営業94名、被雇用者40名であり、土木・建設業が115名、以下表1の通りであった。検診では肩関節・股関節・膝関節の単純X線撮影、血液検査に加え、高気圧作業の条件の聴取を行った (表1)。

検診の結果、344名中83名 (24.1%) に骨壊死が認められた。骨壊死を認めた (DON+) 群と認めなかった (DON-) 群の各項目の平均を比較すると、年齢、経験年数、血中中性脂肪で有意差が認められた (表2)。年齢が高く経験年数が長いほど骨壊死が発症していることから、高気圧環境への曝露回数が多くなるほど骨壊死の発症率が高くなると考えられる。DON+群では血中中性脂肪が有意に高かった。血中中性脂肪自体は通常、食事による変動が大きいが、高値を示す者は体脂肪が多い傾向にあると考えられる。窒素は脂肪細胞により溶解しやすいため、体脂肪の多い者には高気圧環境で呼吸によって体内に取り入れた空気中の窒素が多く溶解

し、骨壊死発症のメカニズムにおいて発生する気泡の量が多くなるのではないかと推測される。

職業別に発症率をみると最も高いのは自営の漁業水産業の53.2%であった。次いで土木・建設業が多く21.3%であった。統計学的には自営の漁業水産業で骨壊死の発症率が有意に高く、漁業水産業の被雇用者、総合潜水業では有意に低かった (表3)。職業によって発症率に差があったことについては、発症要因が作業内容そのものにあるのではなく、作業手順のコンプライアンスによるものではないかと推測される。我々の過去の調査では、減圧管理を行っている者は3割以下であり、7割以上の者は日常的に減圧管理を行っていなかった。漁業潜水を行う者は、自営で行っている者と会社に所属している者に分類されるが、自営業者は作業効率を優先することにより骨壊死が高率に発症すると推測された。

最大深度別の骨壊死発症率をみると、症例数は少ないが10m未満での骨壊死の発症はなく、10m以上では深度と骨壊死の発症に相関はみられなかった。平均深度別の骨壊死の発症率においても、深度と骨壊死の発症に相関はみられなかった。

減圧症の既往と骨壊死発症の相関については脳・メニエール型の減圧症、および関節型 (ベンズ) の既往のある者では有意に骨壊死の発症率が高かった (表4)。一方、減圧症の既往のない者では骨壊死の発症率が有意に低かった。減圧症の既往があると骨壊死の発症リスクは4.95倍となっていた。個別にみると症例数は少ないが、脳・メニエール型では18.3倍、ベンズでは5.5倍であった。

骨壊死は発症後もほとんどが無症状であり、一度発症すると治癒することはないため発症予防が重要である。また関節痛や運動制限を認めた時には、既に変形性関節症を発症し、関節破壊が進行していることが少なくないため早期発見も重要である。近年は労働環境の変化や教育の普及により骨壊死の発症は減少しているものの、いまだ罹患者は少しずつ増えている。労働環境が管理された軍所属のダイバーの骨壊死発症リスクは非常に低いことが多く報告されており<sup>1)</sup>、一方、減圧症既往者に骨壊死が多く見られたことから、減圧症を発症させないためには労働者の減圧管理の徹底が重要と考えられる。

## 参考文献

- 1) Uguen, M., Pougnet, R., Uguen, A., Loddé, B., Dewitte, J.D., Dysbaric osteonecrosis among professional divers: A literature review. UHM

表1 検診受診者の概要

期間	1985年11月～2019年4月		
受診者数	344名 (男:340,女:4)		
延べ受診者数	679名		
平均年齢	37.1±11.6		
平均経験年数	11.7±10.5		
職種・潜水の目的			
漁業・水産業(自営)	94	}134	
漁業・水産業(雇用)	40		
土木・建設業	115		
総合潜水業	55		<small>ワカバレージ、検診実施、設備工事・メンテナンス等、特定の目的に限定しない企業を総合潜水業とした</small>
深海調査・研究	30		
海上保安庁	1		
不明	9		

表3 職種別骨壊死発症率  
職種・潜水目的別DON発症率

職種・目的	DON (+)	DON (-)	合計	
漁業・水産業(自営)	50 (53.2%)	44	94	*p<0.05
漁業・水産業(雇用)	1 (2.5%)	39	40	**p<0.05
土木・建設	21 (21.3%)	94	115	
総合潜水業	4 (7.3%)	51	55	**p<0.05
深海調査・研究	4 (13.3%)	26	30	
海上保安庁	0 (0.0%)	1	1	
不明	3 (33.3%)	6	9	
全例	83 (24.1%)	261	344	

カイ2乗検定、残差分析にて漁業・水産業(雇用/自営)、総合潜水業で有意差あり

表2 各種項目比較  
各種項目比較 DON(+)vs DON(-)

	DON+		DON-		t-test p値
	n	平均	n	平均	
年齢(歳)	77	41.44±10.12	265	35.76±11.76	*0.0002
経験年数(年)	67	15.91±10.18	243	10.59±10.29	*0.0002
最大深度 m	74	42.59±45.60	237	41.71±33.58	0.8788
総コレステロール mg/dl	44	198.59±37.20	141	190.38±34.73	0.1826
中性脂肪 mg/dl	44	253.48±221.20	143	139.79±111.13	*0.0021
尿酸 mg/dl	38	5.81±1.62	69	5.82±1.21	0.9675
血糖 mg/dl	42	101.95±41.24	111	91.37±23.58	0.127
血小板×10 <sup>4</sup> /mm <sup>3</sup>	37	24.99±5.33	119	24.11±5.04	0.3613

繰り返し受診のあった者は1回目受診時のデータを採用

表4 減圧症の既往と骨壊死発症率  
減圧症の既往と骨壊死発症率

	DON (+)	DON (-)	合計	発症率	
なし	18	165	183	9.8%	**p<0.05
脳・メニエール型	2	1	3	66.7%	*p<0.05
関節型(ベンズ)	30	50	80	37.5%	*p<0.05
脊髄型	1	5	6	16.7%	
呼吸器型	0	2	2	0.0%	
皮膚型	0	3	3	0.0%	
不明	32	35	67	47.8%	
	83	261	344	24.1%	

カイ2乗検定、残差分析にて急性減圧症の“既往なし”、“ベンズ既往あり”、“脳型・メニエール型あり”で有意差あり