

G-2. 潜水士、潜函工にみられる骨壊死の実験的研究

九州労災病院高圧医療研究部

川島真人 林 皓

鳥巢岳彦 北野元生

山口柳二 渡辺誠治

潜水士や潜函工に骨壊死が発生することは既に昨年度の本学会及び国際高圧学会でも発表してきた。その発生頻度は、入院潜水士、135名中72名(53%)、有明海の潜水士450名中268名(59.5%)にも及び、職業病としても重要な問題であり、我々も数名の手術治療を行ってきたが、まず予防法の確立こそ急務であろう。実験的な骨壊死の研究は、その本態解明と予防法の究明に重要な基礎となるものであり、我々はラットと犬を使用して高圧環境からの減圧を行い、その骨病変を観察した。

I 実験その1(急速減圧群)

体重10kgの雑種犬と生後4ヵ月の体重400gのラットを使用して、6-ATAに5時間滞在させた後3分間で急速減圧を行い死亡した犬とラットを解剖してその病変を観察した。両者共に内臓諸臓器に多数の気泡を認め、特に犬では、膝関節内に大きな気泡が認められた。ラットの骨髄は、組織学的にも気泡が認められた外は特変なかった。(図1)

急速減圧時に発症する四肢の疼痛を主訴とする減圧症のベンズは、骨髄、関節、筋肉、腱鞘、滑膜内に生じた気泡の刺戟によるものであることは、この実験によっても理解される。

II 実験その2(慢性減圧群)

ラット12匹を3群に分け、I群は3ATA、II群は4ATA、III群は6ATAの圧力下に4時間滞在させた後減圧を6ヵ月繰り返した。減圧法は高気圧障害防止規制の減圧表を約9分の1に短縮し、各群、各々19、25、30回行った。(図2)

6ヵ月後、I、III群のラットはエーテル麻酔後、Whittmach氏液で灌流固定後、上腕骨、大腿骨、脛骨を摘出し、これらをEDTAで脱灰し、パラフィン切片を作製し、HE染色を施した。II群のラットは、断頭屠殺の後、無固定のまま上述の骨をEDTA、4℃、48時間で脱灰し、Cryostatで凍結切片を作製し、酵素染色を施した。

肉眼的には、各群ともに肝、脾、腎臓にうっ血をみた。組織学的所見では、上腕骨、大腿骨の両端の関節軟骨の表面は不整で、軟骨細胞の配列は不規則となり、深部は部分的な細胞の脱落をみた。軟骨下には著しい骨硬化が認められるが骨髄には著変はみられなかった。

骨幹部は、骨髓には著変はみられなかったが骨皮質の骨細胞は部分的に脱落をみた。

これらの病変は、I、II及びIII群ともにみられ、各群間に特に相違はなかった。(図3)

II群は、酵素染色を行い、生体の代謝を示す酵素の活性を調べてみたところ、各群で骨細胞、軟骨細胞の脱落した部分に相当して、染色性の低下ないし消失をみた。関節軟骨深部はSDH、MDH、ICDH、G-6-PDH、LDH、NADHHDH、NADPHDH、Acid.pase、Al.pase、GDHで染色性を示さなかった。(表.1)

このことは、関節軟骨深部は、生体の代謝の消失と考えられ、壊死に陥ったか、ないしは向いつつある部分であることが考えられる。慢性減圧を6ヵ月間繰り返すと、骨壊死が実験的にも発生することが裏づけられたわけである。

III 考案

Kahlstrom(1939)らは、犬の大腿動脈に空気を注入して空気栓塞を発症させることにより骨壊死を実験的に作製することを試みたが骨壊死は発生しなかった。Gersh(1945)は、6ATAからの急速減圧でブタの骨髓内、腱鞘内に気泡が発生することを証明し、Bendsと骨壊死との関連について述べた。Reeves(1972)は、19匹の犬に5年間慢性減圧を行い、関節軟骨表面の不整と巣状の壊死を作製した。実験的に人間と同様の骨壊死を作製することは困難であり、実験的には、関節軟骨下に早期に変化がおこるようであり、この点、人の骨壊死は最後まで軟骨が保持されているのと対照的である。しかし、これらの変化は、対照群には見出されず明かに減圧を繰り返した結果発症したものであると考えられる。

骨壊死の発生機序は未だ不明であるが、単なるガス栓塞によるものではないようである。

Rozahegyi(1956)は、減圧時に赤色髓の静脈洞の血行が緩徐になり、隣接した脂肪髓から遊離した沢山の窒素ガスを急速に処理できなくなって骨内圧が上昇した結果血行はますます障害されこの悪循環は骨髓の虚血を助長するのではないかと述べている。Jones(1965)は骨壊死と脂肪栓塞との関連を述べており、減圧症でも脂肪栓塞をきたすことは報告されているのであるが我々の実験では証明されなかった。しかし、我々の潜水士、潜函工の骨頭壊死病理組織では、それを疑わせしめる所見が見出されており、注目すべき点である。

Fulton(1951)は減圧後の血管~~萎~~縮がが数日間の持続し、虚血を助長することを述べ、End(1938)は凝固系の亢進と血栓症に注目しており、いずれの説もまだ仮説の域を出ない。我々は、この実験方法を用いて減圧法を変えることにより、骨壊死の予防を模索したいと考えている。

图1 骨髓内气泡

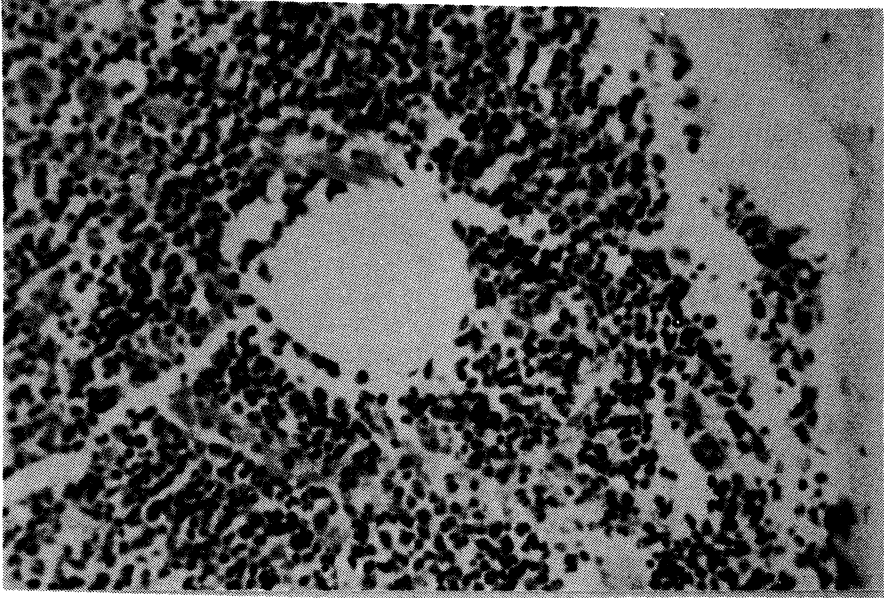


图2 减压法

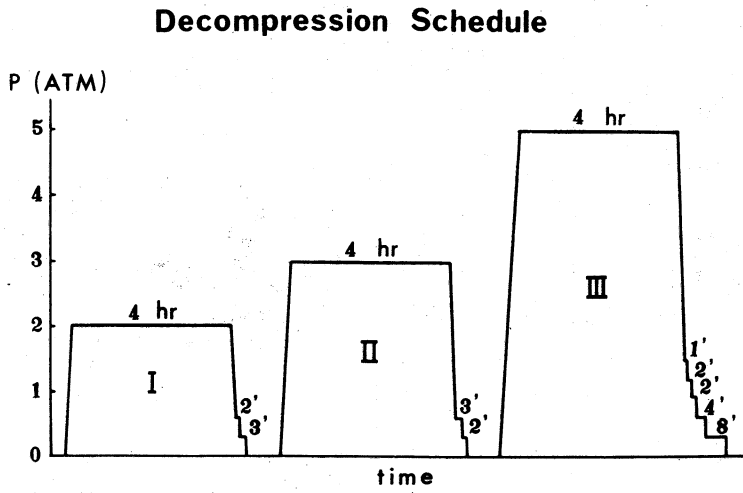


図3 関節面の不整と関節軟骨深部の細胞脱落



表-1 骨組織の酵素活性

Histochemical Findings of Enzymic activity

		SDH	LDH	MH	ASPH	LDH	NALPH	NALPH	GDH	acid pase	al pase	H.E. nucleus
Articular cartilage and bony plate	superficial layer	+	+	++	++	+++	+++	+	+++	+	-	+
	inter mediate layer	+	+	++	++	+++	+++	+	+++	+	-	+
	deep layer	-	-(+)	-	-	-	-	-	-	-(++)	-(+++)	-
	bony plate osteocyte	△	△	+	△	+	+	△	△			+
Diaphysis	alive osteocyte	△		+		+	+					+
	necrotic osteocyte	-		-		-	-					-
Site of insertion of ligament	alive fibroblast			+++		+++	+++				-	++
	necrotic calcified cell			-		-	-				-(++)	-
	alive osteocyte			+		△	△					+