

8. 血行性気泡よりみた高気圧作業の減圧法の比較

森田 明紀* 後藤與四之* 梨本 一郎*
小林 浩*

高気圧作業に伴う減圧症予防のため、高気圧作業安全衛生規則（労働省）では、高気圧下の時間（作業時間）と共に加圧、減圧の方法を規定している。それによると、地上での休憩をさむ1日2回作業を原則とし、作業圧力が高くなるにつれ作業時間の許容限界が短くなっていく。そのため規定の限度を無視した長時間作業が行なわれ、一方、これに対する規定の減圧スケジュールがないため、作業者のカンと経験にもとづく減圧を行なっている場合が多く、減圧症が頻発しているのが実状である²⁾。さらに、規則の減圧表（以下規則表）を遵守しても1日2回作業では減圧回数も2回に増え、それだけ減圧症や無菌性骨壊死罹患の機会が多くなる。また、規則表は Haldane の減圧理論に基づいて作製されているが、同じ理論に基づく1958年の英国減圧表を用いたトンネル工事で多くの減圧症ならびに骨壊死を発生し¹⁾、安全な減圧表とはみなされなくなっている³⁾。規則表を用いた場合の減圧症発生率について梨本ら³⁾は、作業圧力1.2~2.7 kg/cm²G（以下Kとする）において0.54%であり、減圧症予防に一応の効果ありとしているが、骨壊死の予防や作業圧力が高い場合の効果を含めてさらに検討する必要がある。

そこで、より実作業に即し、かつ減圧症や骨壊死予防に有効な減圧表作製の資料を得るために、圧気作業現場において実施された、経験による減圧、規則表による減圧、ならびに英国 Blackpool 減圧表（以下 Blackpool 表）による減圧後、減圧症発現の有無、ならびに超音波ドブ

ラー法による血行性気泡の程度を調査し、その結果より各減圧法の有効性について比較検討を行なった。

方法

東京近郊の数カ所の圧気作業現場において実施された高気圧作業の高気圧下の時間（作業時間）ならびに減圧方法を自記式圧力計に記録し、再圧治療記録より減圧症発生状況を調査した。さらに、減圧終了後約1時間以内に超音波ドブラー法により高気圧作業者の胸部での血行性気泡を検査した。

結果

圧気作業現場における延2985例の作業時間ならびに減圧方法、減圧症発生状況の調査結果を表-1に示す。各減圧法における作業圧力、作業時間は異なるが、減圧症発生率は経験による減圧の場合が4.8%と最も高く、続いて Blackpool 表の1.4%、規則表による減圧の1.1%であった。

Table.1

The incidence of DCS in different decompression procedures.

Decom. Proce.	W.P. (kg/cm ² G)	W.T. (min)	DCS		DCS (%)
			+	-	
Empir.	1.1-3.8	121-740	86	1714	4.8
Estab.	1.2-1.8	120-360	4	375	1.1
Black.	1.6-3.2	184-588	11	795	1.4

DCS: Decompression Sickness
W.P.: Working Pressure
W.T.: Working Time
Empir.: Empirical Way
Estab.: Established Table
Black.: Blackpool Table

* 埼玉医科大学衛生学教室

Table.2

VGE*Grade in different decompression procedures.

Decom. Proce.	W.P. (kg/cm ² G)	W.T. (min)	VGE Grade**					VGE (%)
			0	1	2	3	4	
Empir.	2.1-3.6	240-411	29	3	12	17	0	52.5
Estab.	1.8	120-316	12	3	2	1	0	33.3
Black.	1.8-3.2	374-588	42	6	2	0	1	17.6

*VGE: Venous Gas Emboli

** : Spencer, M.P. et al(1974)

延 128 例についての減圧後の血行性気泡検査結果を表-2 に示す。血行性気泡出現の程度は、Spencer⁵⁾の方法に従って分類した。血行性気泡の出現率は経験による減圧では 52.5%、規則表による減圧で 33.3%、Blackpool 表による減圧で 17.6%であり、経験的減圧が最も高く、しかも grade-2, 3 という中等量の気泡が聴かれる例が多かった。

考 察

各減圧法における作業圧力はそれぞれ異なり 1.1~3.8 k の範囲であったが、そのうち規則による減圧を行なったのは 1.2~1.8 k のみであった。圧気作業における減圧症は作業圧力が 2.0 k を越えると多発するが、それ以下では少ない²⁾。同じ条件で減圧法を比較するため、各減圧法について作業圧力 1.2~1.8 k における減圧症発生状況をまとめると表-3 の如くであった。各減圧法における減圧症の発生率はすべて

1%台となり、1.8 k 以下の作業圧力ではその減圧方法による減圧症の発生率に大差ない事がわかる。Blackpool 表による減圧の場合、作業圧力範囲が 3.2 k におよんでも減圧症発生率は 1.4%と、1.8 k 以下における発生率と大差なく、Blackpool 表は作業圧力が高くなっても減圧症予防効果が大きいことを示す。一方、経験による減圧の場合、作業圧力範囲が 3.2 k におよぶと減圧症発生率は 4.8%にも増加し、低い圧力ではいい加減な減圧でも何とかカバーできるが、圧力が高くなるとその欠陥が露呈する。また、減圧後の血行性気泡出現率も経験的減圧では 52.5%と高く、しかも気泡 Grade が高く、正しい減圧法を守らねばならないことがこの面からも裏付けられる。規則表による減圧の場合、減圧症発生率は 1.1%と Blackpool 表による減圧の場合よりも低かったが、作業圧力が 1.8 k であるにもかかわらず血行性気泡出現率は 33.3%と、Blackpool 表で作業圧力の高い場合よりも高い。減圧プロフィールについて規則表と Blackpool 表を比較してみると、規則表は Blackpool 表に比べて第一減圧段階の圧力が一般に低く、総減圧時間は短い。しかも、各減圧段階間の圧力差は規則表で 0.3 k と、Blackpool 表の 0.2 k に比べて大きく、減圧速度も Blackpool 減圧表の 2 倍の 0.8 k/min である。したがって、規則表による減圧では Blackpool 減圧表よりも血行性気泡が出現しやすい事が予測され、超音波ドプラー法による血行性気泡の検知結果でもそれが裏付けられている。血流(静脈)中に発生した無症状気泡(Silent bubbles)が不活性ガス排泄を妨げると考えるならば、規則表

Table.3

The incidence of decompression sickness in different decompression procedures. (Working Pressure : 1.2 - 1.8 kg/cm²G)

Decom. Proce.	Working Time (min)	DCS		DCS Rate (%)
		+	-	
Empir.	121-733	15	1003	1.5
Estab.	120-360	4	375	1.1
Black.	184-588	10	777	1.3

Empir.: Empirical Estab.: Established

Black.: Blackpool

DCS : Decompression Sickness

による減圧では作業圧力が高くなると減圧症発生率が上昇することが予測される。

また、Silent bubbles 出現の多いことは骨壊死罹患の可能性を高めるものといえる。一方、Blackpool 表は作業圧力が高くなっても、減圧中ならびに減圧後の血行性気泡の出現が少なく、したがって、不活性ガス排泄を効果的に行ない、減圧症の発生を防いでいる事が今回の血行性気泡、ならびに減圧症発生状況の調査結果からも知られる。

これらの結果から、圧気作業現場において経験的減圧を実施させない事も必要であるが、規則表をより実作業に即して使い易い、しかも骨壊死予防も考慮した減圧表に改良することが望

ましいといえる。

(参考文献)

1. McCallum, R. I. : Decompression Sickness : A Review. Brit. J. industr. Med. 25 : 4-21, 1968.
2. 森田明紀, 他 : 高気圧作業に伴う減圧症の発生について. 日本高気圧環境医学会雑誌11 : 29-30, 1976.
3. 梨本一郎, 他 : 減圧症に対する現行規則表の効果. 日本高気圧環境医学会雑誌 8 : 10, 1973.
4. Paton, W. D. M. : Review of Rose, R. J.(1962). Brit. J. industr. Med. 25 : 4-21, 1968.
5. Spencer, M. P. et al : Investigation of new principles for human decompression schedules using the Doppler ultrasonic blood bubble detector. ONR Technical Report. No.0014-73-C-0094, 1974.