

●原 著

重心動揺からみた高圧神経症候群発現時の
ダイバーのめまいについて

毛利元彦* 設楽文朗* 他谷 康*

海洋科学技術センターの高圧チャンバーを用いて、180m 深度相当圧環境への混合ガス潜水実験を行なった。この実験中に、自覚症状調査と重心動揺計による重心動揺を測定した。その結果、高圧神経症候群の症状は、加圧中 140m 深度相当圧より発現し、減圧中、80m 深度相当圧では消失していた。一方、重心動揺検査よりみた“めまい”では、29m 深度相当圧で消失していた。これらの結果をもとに、高圧神経症候群の症状の中のめまいについて検討した。

キーワード：短時間潜水、めまい、高圧神経症候群、平衡機能検査、重心動揺

Dizziness of mixed gas dives in stabilometry and high pressure nervous syndrome

Motohiko Mohri*, Fumiro Shidara*, and Yasu Taya*

*Marine Development Research Department
Japan Marine Sciences and Technology Center
(JAMSTEC)

A non-saturated mixed-gas dive to 180 meters depth was carried out at JAMSTEC, using diving simulator facilities.

A survey of subjective symptoms and equilibrium examination were performed.

The results were as follows:

Symptoms of high pressure nervous syndrome were appeared in 140 meters depth during the compression and vanished in 80 meters depth during the decompression. On the other hand, dizziness (one of symptoms of high pressure nervous syndrome) was disappeared objectively in 29 meters depth during the decompression in stabilometry.

Based on these results, dizziness of mixed-gas divers in symptoms of high pressure nervous syndrome were discussed.

Keywords :

Non-saturated diving, Dizziness, High pressure nervous syndrome, Equilibrium examination, Sway of the Center of the gravity

はじめに

He-O₂を用いた混合ガスの潜水では、深度150mを越えると高圧神経症候群(High Pressure Nervous Syndrome HPNS)が発現し、めまい、振戦、悪心などを訴えて作業能力が低下するとともに時として潜水作業にも支障をきたすことが知られている^{1)~5)}。一方、重心動揺検査は、平衡失調の状態を比較的自然的条件下で把握することができると考えられている^{6)~9)}。そこで本実験では、Comex社が開発した高圧神経症候群耐性検査法³⁾に従って、He-O₂による180m深度相当圧への急速曝露実験を実施し、高圧神経症候群の発現の有無とめまいに対する定量的評価を行うために重心動揺検査を実施し検討した。

対象および方法

ダイバーは、表1に示す身体条件を有し、混合ガスによる飽和潜水経験を十分に有する年齢

*海洋科学技術センター海域開発研究部

表1 Physical Characteristics of Subjects

Subject	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Body surface area (m ²)
T・H.	28	168.0	70.0	1.79
M・N.	24	178.0	67.3	1.86
M・N.	25	178.0	67.3	1.86
M・F.	24	174.0	63.4	1.78

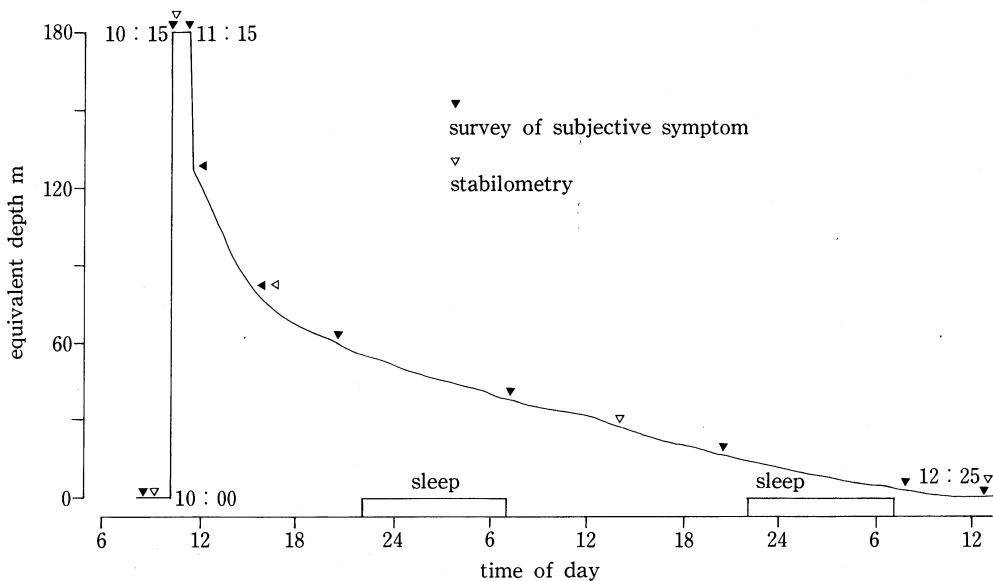


図1 ダイブプロファイルと各調査深度を示す

24~23歳の健康男子3名(延べ4名)である。

180m深度相当圧のH₂O-O₂環境への急速曝露実験に用いた、Dive Profile, 混合ガス環境パラメータ, 減圧法等は前報⁹⁾に記載した通りである。

重心動揺検査は, 平衡機能計(日本電気三栄製1G06)の検査台上に被験者を直立させ重心動揺を測定した。

重心動揺の検査項目として, 動揺面積, X軸, Y軸の各々の軌跡長とXYの軌跡長を計測した。一方, 検査条件はMiles¹⁰⁾および五島⁸⁾は足位により重心動揺が異なることを報告しているが, 直立閉足位と直立60°扇足位との間では, 動揺面積, 軌跡長に有意差がないことが報告⁸⁾されているので直立60°扇足位で測定した。また, 測定時間につい

ても, 五島⁸⁾は, 外周面積を除く大きさを示す項目で30秒と60秒との間で有意差がないと報告しているので本報告では, 測定時間を35秒間とした。また記録の開始は直立後10秒経過後とした。開眼, 閉眼について測定を行い, X-Yレコーダーに記録するとともに, データレコーダ(Sony製A-69型)に収録した。測定時間は各々35秒間とした。データ処理は, データレコーダに記録したものからSignal processor 7T18S(日本電気三栄製)で解析時間30sec, サンプリング時間50msecでサンプリング数1024ポイントで行った。

自覚症状調査は, Bennett et al¹¹⁾が高圧神経症候群の自覚症状調査に用いた症状, 振戦, めまい, 悪心, 多幸感, 関節痛, 筋肉痛の6項目のア

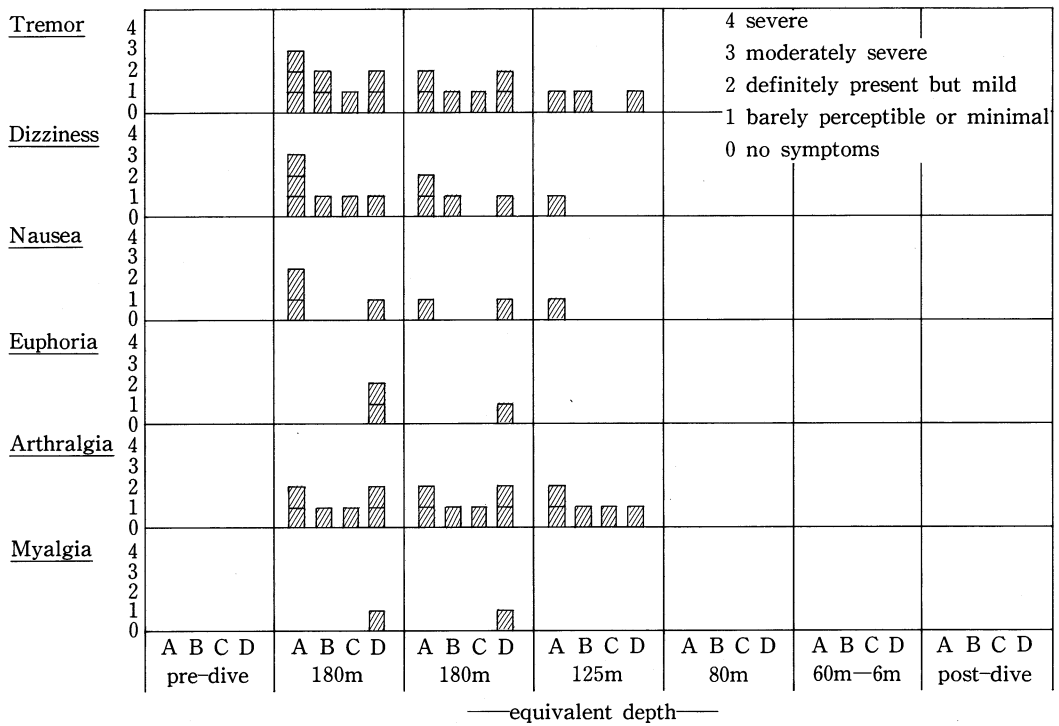


図2 各調査深度での高圧神経症候群の症状の有無と強さを示す

ンケート用紙と、実験期間中に自覚症状とその発現深度、各々の症状の経過を記載また聞き取りにより調査した。

調査深度は、図1に示した。

結果

自覚症状調査および自覚症状の発現深度、症状の経過の記述および聞き取り調査より、140m 深度相当圧（加圧開始後11分30秒）頃より関節痛、振戦、めまいなどの症状が全例に発現し、180m 深度相当圧では、身体がうまく動かない、動作がにぶい、集中力の低下などに加えて関節痛、振戦、めまいの増強が全例に起こり、被験者によってはさらに悪心、筋肉痛、多幸感を訴えた。60分間180m 深度相当圧で保圧後減圧を開始した時点（11：15）では、これらの症状は軽減されたが依然として全例に認められた。減圧を開始後4時間50分で80m 深度相当圧に達した頃には、これらすべての症状は消失していた。この深度到達以後、post-dive を含めてこれらの症状の発現は認めら

れなかった。

重心動揺の軌跡長（X軸、Y軸およびXY軸）と外周面積の測定結果を表2に示す。大気圧下の開眼時の距離は、X軸46.0±2.3cm、Y軸47.4±2.6cm、XY軸58.4±3.4cm、面積0.74±0.14cm²、閉眼時のX軸50.7±3.9cm Y軸56.0±3.3cm、XY軸74.7±4.6cm、面積21.8±0.30cm²であり、閉眼によって距離は増加傾向を示したが、面積は有意な増加が認められた。

180m深度相当圧での開眼時の距離は、X軸45.9±2.6cm、Y軸49.2±3.3cm、XY軸66.8±3.1cm、面積1.55±0.10cm²と大気圧と比して面積が有意に増大していた。

一方、閉眼時も、X軸、Y軸、XY軸ともに57.8±2.9cm、62.3±5.5cm、84.8±6.0cm、面積3.93±0.51cm²で、開眼時と同様に大気圧閉眼時と比して面積は有意に増加していた。

減圧中、80m、29m 深度相当圧およびPostdiveにおける移動距離は開眼、閉眼とも大気圧に比して有意な変化を示さなかった。一方、80m 深度相

表2 大気圧下および各深度相当圧での重心動揺移動距離と外周面積

equivalent depth(m)	number of subjects	Open eye				Closed eye			
		X cm	Y cm	XY cm	Area cm ²	X cm	Y cm	XY cm	Area cm ²
0	4	46.0	47.4	58.4	0.74	50.7	56.0	74.7	2.18
		±	±	±	±	±	±	±	±
		2.3	2.6	3.4	0.14	3.9	3.3	4.6	0.30
180	4	45.9	49.2	66.8	1.55**	57.8	62.3	84.8	3.93*
		±	±	±	±	±	±	±	±
		2.6	3.3	3.1	0.10	2.9	5.5	6.0	0.51
80	4	43.2	47.6	56.8	1.28*	47.4	52.6	70.5	2.82*
		±	±	±	±	±	±	±	±
		2.6	3.3	3.6	0.33	2.9	3.6	3.9	0.80
29	4	44.3	46.5	59.8	0.85	49.4	53.8	72.3	2.52
		±	±	±	±	±	±	±	±
		3.4	3.6	4.0	0.28	4.0	2.8	5.2	1.05
0	4	45.0	48.2	60.2	0.80	51.4	57.3	75.4	1.94
		±	±	±	±	±	±	±	±
		3.8	3.4	4.3	0.35	4.0	3.5	5.0	0.36

Mean ± S.D. * P < 0.05 (vsOm)

** P < 0.01 (vsOm)

当圧では外周面積は開眼時 $1.28 \pm 0.33 \text{cm}^2$ 、閉眼時 $2.82 \pm 0.80 \text{cm}^2$ と pre-dive と比して有意な増加を示していた。29m 深度相当圧および Post-dive でも有意な増加が認められなかった。

考 察

$\text{H}_e\text{-O}_2$ による混合ガス潜水においては、150m 深度を越えるとめまい、振戦、悪心、関節痛などの自覚症状が発現し、作業能力が低下し、脳波上、後頭部に α 波そして前頭部に θ 波 (Fm θ) を認める高圧神経症候群が発症することは周知の事実¹¹⁻⁵⁾である。本実験でも、さきに報告した⁵⁾180m 深度相当圧への急速曝露実験と同様に、140m 深度相当圧より、めまい、振戦、関節痛の症状の訴えが認められた。また、これらの症状は、300m 深度相当圧の飽和潜水実験でも認められた¹¹⁾が 60m 深度相当圧の飽和潜水実験では認められなかった¹²⁾。

さきの報告⁵⁾では、60分間の保圧後、減圧開始時にはほとんどこれらの症状は消失していたが、本

実験では、減圧開始時にはほとんどこれらの症状が残っており、症状が消失したのは減圧開始後 4 時間 50 分で 80m 深度相当圧であった。300m 深度相当圧の飽和潜水実験でもダイバーによりこれらの症状の消失には 4-72 時間要したことが報告¹¹⁾されており、高圧神経症候群の症状には強弱があることが推測された。

また、高圧神経症候群は 150m 深度を越えるとすべてのダイバーに症状の程度の差こそあれ発現するものと考えられた。

大気圧下 (pre-dive) での重心動揺移動距離は、開眼時 $58.4 \pm 3.4 \text{cm}$ 、閉眼時 $74.7 \pm 4.6 \text{cm}$ と長山らの報告⁷⁾と一致していた。また、閉眼/開眼比は 1.3 倍で長山の報告⁷⁾と一致しているが、田近⁹⁾、坂口¹³⁾の値よりも小さかった。

一方、180m、80m、29m 各深度相当圧及び大気圧 Post-dive でも、閉眼/開眼比はほぼ 1.3 倍であった。

Miles は身体の平衡保持には視覚が非常に重要な役割を演じていると報告¹⁰⁾している。また閉眼

によって重心動揺が大きくなることは周知の事実^{6)~8)13)}であり、今回の実験でも、重心動揺移動距離の閉眼/開眼比は pre-dive, 各深度相当圧および post-dive とともに1.3倍で閉眼により重心動揺が大きくなったことが示唆された。一方、高圧下曝露によって、各深度相当圧および post-dive で重心動揺移動距離は、開眼、閉眼とも pre-dive と有意差が認められなかった。また、閉眼/開眼比が pre-dive, 各深度相当圧, post-dive で同じ値であったことから、急速高圧曝露が身体平衡保持において視覚制御系へ影響を与えないことが示唆された。

外周面積は、大気圧(pre-dive)で開眼時 $0.74 \pm 0.14 \text{cm}^2$, 閉眼時 $2.18 \pm 0.30 \text{cm}^2$ で閉眼により著しく面積が増大した。また、面積の閉眼/開眼比は2.48倍であった。周知の事実の如く、外周面積も移動距離と同様に閉眼によって重心動揺が有意に大きくなることが示唆された。この事実は pre-dive のみならず180m, 80m, 29mの各深度相当圧及び post-dive でも有意に増大していることが認められた。

一方、180m 深度相当圧では開眼時移動距離が pre-dive と有意の差がないにもかかわらず、外周面積は $1.55 \pm 0.10 \text{cm}^2$ と有意に増大した。また、閉眼時にも移動距離に有意差がないにもかかわらず $3.93 \pm 0.51 \text{cm}^2$ と pre-dive の閉眼時の外周面積に比して有意に増大していた。

長山らは距離に差がなく面積の増大を示す場合、重心動揺の上から“めまい”を反映していると報告⁷⁾している。めまい患者の治癒過程では前庭動眼系と前庭脊髄系の代償過程が同一ではないと言われており重心動揺検査は前庭脊髄系の病態を示すと考えられていること、また、めまい患者の臨床経過を重心動揺検査所見でみた場合、早期に距離と面積の増大、距離が正常範囲内で面積のみ増大が出現すると報告⁷⁾¹⁴⁾されている。重心動揺による面積の増大は、先に述べたダイバーの自覚症状の“めまい”が他覚的方法によって実証された。以上の結果より高圧神経症候群発症によって出現する“めまい”は視覚制御系によるものではなく前庭脊髄系の変化によって現れたものと推測された。

一方、80m 深度相当圧では自覚症状上、めまいが消失していたが外周面積は有意に増大していた

ので他覚的には、めまいが残存していたものとも考えられた。しかしながら、29m 深度相当圧および post-dive では面積も有意な増加が認められなかったことから、自覚的にも他覚的にも、めまいが消失したものと推測された。

ま と め

- 1) 高圧神経症候群による症状は140m 深度相当圧より発現するが、これらの症状は自覚的には80m 深度相当圧では消失していた。重心動揺の結果から他覚的に“めまい”が消失したのは29m 深度相当であった。
- 2) 高圧神経症候群発症によって出現する“めまい”は視覚制御系の関与によるものではなく前庭脊髄系の変化によって現れることが示唆された。

〔参 考 文 献〕

- 1) Bennett, P.B. and Towse, E.J.: The high pressure nervous syndrome during a simulated oxygen-helium dive to 1,500FT. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 31: 383-393, 1971
- 2) Roger, A., Cabarro, P. and Gastaut, H.: EEG changes in humans due to changes of the surrounding atmospheric pressure. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 7: 152-156, 1955
- 3) Gardette, B.: Special instructions for divers at 180meters' depth carried out for the purpose of deep diver selection, Comex, 1981
- 4) Okuda, S., Matsuoka, S. and Mohri, M.: Topographic electroencephalographic studies in a hyperbaric environment-Specific reference to high pressure nervous syndrome -J. UOEH., 10: 247-26, 1988
- 5) 毛利元彦: 180m 深度相当圧の $\text{H}_2\text{-O}_2$ 環境への急速曝露時のダイバーの疲労と作業能力について, *日衛誌*, 45: 619-626, 1990
- 6) 田近由美子: 重心動揺移動距離と重心動揺図 (X軸長, Y軸長) についての研究, *十全医誌*, 88: 122-136, 1979
- 7) 長山郁夫, 宮崎為夫, 鶴家 透, 岡部陽三, 滝口哲也, 嘉藤秀章, 梅田良三: 重心動揺検査における距離と面積の関係について *Equilibrium Res.* 46: 221-227, 1987
- 8) 五島桂子: 重心動揺検査の検討-検査条件について- *Equilibrium Res.* 47: 174-186, 1988
- 9) 日本平衡神経科学会“平衡機能検査の標準化検討委員会”重心動揺検査の基準, *Equilibrium Res.* 42: 367-369, 1983
- 10) Miles, W.R.: Static equilibrium as a useful

- test motor control. *J. Indust Hygiene*. 3:316-331, 1922
- 11) 桑原信之, 設楽文朗, 他谷 康, 関 邦博: 高圧環境 (31ATA H_e-O_2) 下におけるダイバーの情緒的变化, *日高圧医誌*, 19: 103-106, 1984
 - 12) 設楽文朗, 他谷 康, 関 邦博, 桑原信之, 中山英明: 飽和潜水時 (7ATA H_e-O_2) のダイバーとオペレータの疲労及び心理に関する調査, *日高圧医誌*, 20: 139-147, 1985
 - 13) 坂口正範: 小児の重心動揺および頭部動揺の年齢的変動, *Equilibrium Res.* 48: 341-350, 1989
 - 14) Kaga, K., Takemori, S., and Suzuki, J Recovery of vestibulospinal balance function after unilateral labyrinthectomy in patients with Ménière's disease. *ORL*, 47: 194-198, 1985