

E-2 高圧ヘリウム環境下における呼吸機能の 変化について

海洋科学技術センター 中山 英 明
設 楽 文 朗
東京医科歯科大学 伊 藤 敦 之

高圧環境暴露時における呼吸機能なかんづく、ガス交換については、単に呼吸ガス組成の相違、高密度化のみならず不活性ガスの相違、酸素分圧の相違もあって説明は困難である。われわれは、4人のアクアノート（潜水技術士）が100mの海中に1ヶ月居住するというシートピア計画の一環として、48年7、8月、60m模擬飽和潜水実験を試みた。

このような環境への暴露が人体に及ぼす直接の影響が、ガス交換にあると考えられることから、延32日間、130回以上の呼気採取及び分析、並びに分時換気量を測定して以下の成績を得た。

被検者は、ひきつづき実施された海中居住実験のハビタット居住要員7名で、高度の潜水技術をもつ一般公募された健康成人である（表1）。実験は船上減圧室（DDC）内で実施され、3日間の空気大気圧環境下における生活（第I期）のあと、ヘリウム78.6%、窒素17.1%、酸素4.3%の環境ガス組成で、7ATA加圧1週間持続した（第II及び第IV期）。その間、ヘリウムの高熱伝導性による体温の損失を考慮して、環境温度を28℃に調節した。又、低温環境の影響を知る目的で、その間2日間環境温度を2℃だけ低下せしめた（第III期）。減圧は延69時間10分をかけて行ない（第V期）、減圧終了後2日間、後期観察（第VI期）において正常な回復を確認すると同時に、減圧症発症の監視を行なった。（表2）

〔方法〕

安静時の呼気採取には、マウスピースとダグラス・バッグを蛇管で連結し、その中間に乾式ガスメータをおいて、10分間呼吸させ、最後の2分間の呼気を採取し、その時のメータの読みから分時換気量を求めた。採取した呼気及び環境ガスを減圧後ガスクロマトグラフィーにより分析、その成分比から酸素摂取量、炭酸ガス放出量を計算式により求めた。

運動負荷は、モナーク社の自転車エルゴメータを用い、500 KPM/minの負荷を与えて、同様に呼気を採取、分析を行なった。

さらに、スパイログラムによる立位の肺活量、1回換気量、1秒量、1秒率、最大努力換気量を求めた。

〔 成 績 〕

高圧ヘリウム環境下における安静時。分時換気量，酸素摂取量及び心拍数についての各時期の平均値及びその標準誤差は，それぞれ表3に示したとおりで，事前観察で一般に分時換気量には著明な変化は認められず，酸素摂取量は加圧後やや増加傾向を示すが，しかし低温期にやや減少を見せ，事後観察でおおむね前値に復した。心拍数は加圧下で減少の傾向を示した。分時換気量は加圧期間中は減少の傾向を示し，減圧後加圧前の値に復帰している。酸素摂取量もほぼ同様の傾向を示した。運動負荷時の分時換気量，酸素摂取量については表4のとおりであった。

スパイログラムでは，一回換気量 1,069～1,224 mlとかなりの高値を示し，肺活量は4500 ml程度で，おおむね一定であり，1秒量及び1秒率は，加圧前期から第Ⅲ期まで減少を，最大努力換気量についても，同様の成績を得た。（表5）

〔 考 察 〕

一般に，高圧環境下におけるこれらの検査成績の妥当性が，まず問題にされなければならないが，反面，環境の特殊性がもたらす検査への制約も又極めて著しい。サンプル・ガスの減圧後分析に対しても誤差の介入の余地が問題にされるが，できるだけ速やかに分析することで組成の変化を防いだ。

前後5日間にわたるコントロール期間は，この種の実験の成績の考察に対し，重要な役割を果たすが，この期間中を，ヘリウム環境と同じ28℃としたことは，快適な環境であったとは言えず，今後の検討を要する。

検査成績については，安静時，運動負荷時の分時換気量，酸素摂取量に特異な変化を認めず，スパイログラムの成績も顕著な変化を認めなかった。なお，酸素中毒の指標とされる肺活量については，全員予測値を上回る前値を得ており，期間中の減少もなく，M V Vについては，梨本，Miles，その他の報告する成績にほぼ一致した。

表1 PHYSICAL CHARACTERISTICS OF SUBJECTS

SUBJECT	AGE (YRS.)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (KG)	SURFACE AREA (M ²)
A	26	167.7	57	1.64
B	25	162.5	60	1.64
C	22	168.1	61	1.69
D	26	163.5	55	1.59
E	27	162.0	55	1.58
F	28	163.7	59	1.64
G	25	164.3	58	1.63

表2 環境要目表

	才日	才1回	才2回	全 圧	ガス組成	環境温度
才 1 期	1	48.7.13	48.7.30			
	2	14	31	1ATA	空 気	
	3	15	8. 1			
才 2 期	4	16	2			
	5	17	3			28%
才 3 期	6	18	4		He 78.6%	
	7	19	5	7ATA	N ₂ 17.1%	
才 4 期	8	20	6		O ₂ 4.3%	26℃
	9	21	7			
才 5 期	10	22	8			
	11	23	9	7ATA	Po ₂ = 0.3として全圧の	
才 6 期	12	24	10	}	管理をした。	
	13	25	11	1ATA	Po ₂ = 0.3 > 21%では 21%で管理	28%
才 6 期	14	26	12			
	15	27	13	1ATA	空 気	
	16	28	14			

表3

CARDIORESPIRATORY FUNCTIONS OF RESTING SUBJECTS

Periods	\dot{V}_E (l/min, ATPS)	\dot{V}_{O_2} (ml/min, STPD)	Heart Rate
I	6.23 \pm 0.23	225 \pm 5	73.1 \pm 1.7
	7.82 \pm 0.65	267 \pm 17	74.9 \pm 2.7
II	5.79 \pm 0.13	263 \pm 10	59.6 \pm 1.1
	8.03 \pm 0.59	342 \pm 23	63.7 \pm 2.6
III	5.71 \pm 0.18	234 \pm 8	60.1 \pm 1.1
	7.79 \pm 0.59	327 \pm 26	65.0 \pm 2.5
IV	6.20 \pm 0.20	248 \pm 8	64.3 \pm 1.6
	9.09 \pm 0.70	355 \pm 25	66.9 \pm 2.0
V	5.94 \pm 0.14	257 \pm 11	43.7 \pm 1.2
	8.34 \pm 0.69	285 \pm 28	69.3 \pm 2.3
VI	6.23 \pm 0.19	220 \pm 9	69.1 \pm 2.0
	8.14 \pm 0.65	275 \pm 19	77.3 \pm 1.7

表4 RESPIRATORY RESPONSES TO A SUBMAXIMAL EXERCISE (500 KPM/MIN)

	\dot{V}_E (l/min, ATPS)	\dot{V}_{O_2} (ml/min, STPD)	\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2} (l/100 ml)
I	43.6 ± 7.9 42.0 ± 9.1	1,836 ± 170 1,854 ± 252	2.36 ± 0.22 2.27 ± 0.40
II	36.9 ± 6.9 33.2 ± 5.7	1,621 ± 174 1,658 ± 333	2.29 ± 0.49 2.04 ± 0.31
III	30.4 ± 4.4 30.6 ± 1.5	1,529 ± 184 1,618 ± 45	2.00 ± 0.33 1.78 ± 0.22
IV	34.4 ± 5.9 29.4 ± 3.1	2,031 ± 223 1,843 ± 214	1.68 ± 0.10 1.63 ± 0.35
VI	45.4 ± 6.1	1,756 ± 249	2.58 ± 0.05

表5 RESPIRATORY FUNCTIONS OF AQUANAUTS

	I	II	III	IV
TV, ml	1,069 ± 252	1,198 ± 303	1,224 ± 362	1,110 ± 444
VC, ml	4,575 ± 411	4,577 ± 525	4,406 ± 545	4,461 ± 501
FEV _{10'} , ml	3,798 ± 299	3,510 ± 322	3,364 ± 366	3,741 ± 354
FEV _{10'} , %	83.5 ± 4.2	75.9 ± 5.9	76.5 ± 3.8	83.9 ± 3.2
MVV ₁ /min	267 ± 23	224 ± 38	229 ± 28	282 ± 39