

19 ATA와 24 ATA에서의 Heliox포화잠수시 수면변화

Changes of sleep during simulated heliox saturation diving at 19 ATA and 24 ATA

서유진*, 박영만*

*경남대학교 공과대학 산업공학과

ABSTRACT

2개의 simulated된 잠수 실험 즉, 심도 19 ATA와 24 ATA의 고압 Heliox 환경하에서, 4명의 다이버를 대상으로 하여 연 188일간 매일 23:00 부터 익일 07:00시 사이에 각 다이버에 대해서 표준적인 polysomnography를 기록했다. 2개의 잠수조건 하에서 양 실험 모두 해저에서 체재하는 동안의 밤과 감압하는 동안의 밤 동안에는 총수면시간 (Total Sleep Time)의 단축, 수면효율 (Sleep Efficiency) 의 감소, 입면잠시 (Sleep Latency) 의 연장, 중도각성회수 (Number of Awakenings) 와 수면단계이행회수의 증가, 1단계수면 (stage 1 sleep)의 증가, 및 4단계수면 (stage 4 sleep) 의 감소를 보였지만, 어느쪽도 뚜렷한 변화가 있었다라고는 할 수 없었다. 24 ATA 잠수조건에서의 해저에서 체재하는 동안의 밤과 감압하는 동안의 밤 동안에서는 19 ATA 잠수조건에 비해서 4 단계수면 (stage 4 sleep)만 유의한 감소를 보였다. 2개의 잠수조건 모두 잠수기간 중에 있어서는 각성하기 쉬운 상황이었으며, 기본적인 수면패턴에 있어서는 큰 변화는 보이지 않았다.

1. 서론

15ATA를 초월하는 심도에서는 고압신경 증후군(High pressure nervous syndrome; HPNS)이 나타나고[1], 현기증(dizziness), 진전(tremor), 두통(headache), 구토(nausea), 등의 임상적 증상[1][2], 뇌파학적인 변화[2][3][4], 작업수행능력의 약화 및 주의력 저하 등의 행동학적 변화가 발생할 수 있다는 것도 지적되고 있다[2][3]. 한편, 장기간에 걸친 정상적인 환경이나 생활에서 격리될 뿐 아니라, 좁은 고압 환경하에서의 수면에 미치는 영향에 대해서는, 다이버들의 수면부족에 의해서 야기된다고 생각되는 피로감이나 스트레스의 증대가 지적되고 있으나[5][6], 이 분야에 관한 수면polysomnography (PSG) 연구는 이외로 적다[7][8][9]. 고압환경 하에 있어서 수면구조를 파악함으로써, 다이버들의 최적 수면상태를 만들어내기 위한 기초자료를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 나아가서는 고압Heliox환경하에서의 효율적인 포화잠수 작업의 지침을 확립하는데도 관련된다. 본 연구에서는 180 m와 230 m 상당압의 포화잠수모의실험에 있어서 수면에 미치는 영향을 검토함과 동시에, 이 2종류의 실험조건에 있어서 수면패턴의 차이를 검토했다.

2. 방법

Heliox 혼합 gas에 의한 180 m 및 230 m 상당압의 포화잠수 모의실험을 각각 1994년 11월 24일 - 12월 17일, 1995년 11월 13일 - 12월

27일 사이에 실시했다. 본 모의실험은 일본해양과학기술센터 (Japan Marine Science and Technology Center : JAMSTEC) 내에 설치되어 있는 잠수 simulator가운데 내용적 (capacity) 28.8 m³, 내경 2.4 m의 D₁ chamber를 사용해서 행했다. 이 chamber내의 양측에는 폭 75 cm, 길이 180 cm의 2단식 침대가 설치되어져 있고, 이곳에서 피실험자들은 전체실험기간 동안 취침했다.

1) 피실험자

본 실험의 피실험자는 180 m 및 230 m 상당압의 실험 모두, 다양한 의학검사와 심리검사에 의해서 선발된 건강한 남자 다이버 각각 4명씩 이다. 연령범위는 180 m 잠수조건의 실험이 19 - 44세, 230 m 잠수조건실험이 20 - 33세 이고, 평균연령은 각각 30.7 (SD = 10.7) 세와 26.2 (5.4) 세 였다. 그리고, Heliox 혼합gas의 포화잠수실험에서의 미경험자는 230 m 잠수조건에 있어서 2명의 다이버 뿐이었다.

2) 잠수 profile

Fig. 1은 본 실험의 잠수 profile을 나타낸 것이다. 2개의 잠수조건 모두 약 4일간 (96.5 시간) 상압하에서 사전관찰 (predive) 을 행한 후, 실험 5일째 10:00에 먼저 초기가압으로서 9 m 상당압 까지 매분 1 m의 속도로 공기가압을 행했다. 계속해서, 10:30에는 9 m 상당압부터 He gas를 사용하여, 180 m 잠수조건에서는 매시 30 m로, 230 m 잠수조건에서는 매시 25 m

의 가압속도로서 재가압 했다. 전자에서는 같은 날 16:12분에 180 m 상당압에 도달 했으며, 후자의 잠수조건에서는 150 m 상당압 시점에서 약 1시간 가압을 정지한 후, 같은 날 16:12분부터 동일한 속도로서 재가압을 행하고, 18:52분에 230m 상당압에 도달 했다. 그 후, 심도 180 m 및 230 m에서의 체재시간은 각각 185시간 08분과 179시간 08분 이었다. 계속해서, NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) [10]의 감압표를 이용해서, 180 m 잠수조건에서는 실험 13일째의 9:20분부터 실험 20일째의 13:10분까지의 사이 (171시간 50분), 또한 230 m 잠수조건에서는 실험 13일째의 6:00부터 실험 21일째의 21:57분까지의 사이 (207시간 57분)에 각각 감압을 행했다.

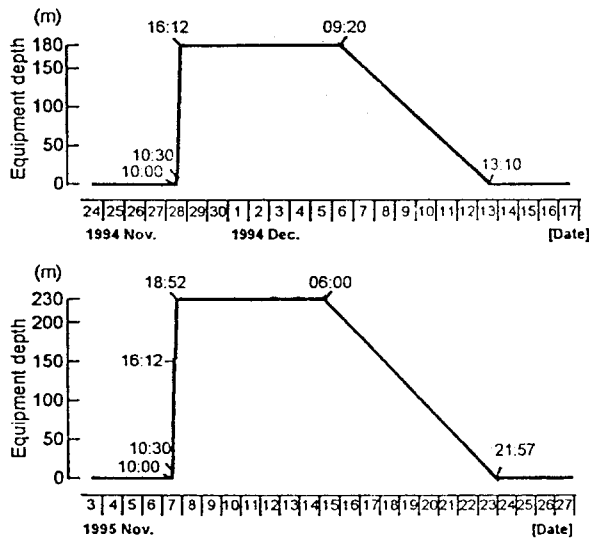


Fig. 1. Profiles of saturation dive experiments of 180m(upper diagram) and 230m(lower diagram).

3) 측정

수면PSG는 양 잠수조건 모두 전체 실험일을 통해서 표준적인 방법에 의해서, 뇌파 (C_3-A_2 와 C_4-A_1), 안구운동, 근전도 및 심전도 (흉부 유도) 를, 원칙적으로 23:00 - 07:00사이에 연속적으로 기록했다. 피실험자에게 장착한 각 전극류는 입력상자 넣어져 chamber밖으로 도출해서, 일본삼영의 만능형 뇌파계에 동시 기록함과 동시에 자기기록도 행했다. 수면단계는 Rechtschaffen 과 Kales의 기준[11]에 따라서 매20초 간격으로 시각 판정 했다.

3. 결과

1) 180 m 포화잠수

全就床時間 (time in bed; TIB) 은 4명의 다이버 모두 bottom 2번째 밤이 461.7분, bottom 2번째 밤이 473.0분, decompression 7 일째 밤이 479.7분 이었으나, 그 외 다른 밤은

모두 480분 이었다. Table 1에는 180 m 포화잠수 실험에 있어서, 전체 실험일 동안의 주요한 수면패턴의 평균치(표준편차)와 일원배치분산 분석에 있어서 F 및 P값을 나타내었다.

TABLE 1. Sleep variables during the saturation dive at 180m, significance levels.

	SPT,min	TST,min	SEI,%	Latency,min			Number of awakenings	Number of sleep shifts
				Stage 1	Stage 4	Stage REM		
Pre-dive								
2nd night	443.9(12.7)	431.1(16.1)	93.4(3.4)	17.8(12.8)	42.5(46.3)	68.4(24.0)	2.0(1.8)	100.5(40.2)
3rd night	466.8(4.9)	455.6(8.3)	94.9(1.7)	13.2(4.9)	20.8(16.1)	79.8(29.3)	1.8(0.9)	59.8(10.4)
4th night	464.7(12.3)	456.2(12.4)	95.0(2.5)	15.3(12.3)	16.7(1.5)	81.8(45.7)	0.8(0.9)	60.5(3.6)
Bottom								
1st night	468.0(11.1)	449.9(26.5)	93.7(5.5)	12.0(11.1)	14.8(0.9)	80.8(32.2)	3.3(2.3)	89.5(31.3)
2nd night	433.3(25.2)	402.0(35.6)	85.0(7.5)	39.8(25.2)	19.3(5.0)	69.0(30.1)	6.0(2.4)	96.5(29.6)
3rd night	453.9(11.5)	432.1(14.2)	90.0(2.9)	26(11.5)	14.9(0.8)	86.2(42.2)	5.3(2.7)	108.8(23.1)
4th night	467.1(12.7)	452.3(14.3)	94.2(2.9)	12.9(12.7)	14.3(2.2)	69.9(25.1)	5.8(2.9)	98.8(24.5)
5th night	460.8(10.5)	427.1(34.1)	89.0(7.1)	19.3(10.5)	23.3(11.0)	79.4(31.5)	6.8(1.2)	112.5(18.0)
6th night	441.1(15.8)	401.0(35.6)	83.5(7.4)	38.9(15.8)	21.1(3.2)	54.1(13.1)	7.5(1.0)	106.3(13.8)
7th night	472.5(7.1)	463.6(3.6)	96.0(0.7)	10.5(7.1)	19.0(3.4)	65.7(12.1)	4.8(2.6)	106.0(25.9)
8th night	459.3(21.2)	428.5(23.2)	89.3(4.8)	20.7(21.2)	16.8(3.8)	60.0(5.6)	5.3(2.9)	105.3(12.2)
Decompression								
1st night	464.8(9.5)	431.3(22.2)	89.9(4.6)	15.1(9.4)	17.9(2.4)	74.4(29.5)	7.0(4.2)	111.5(26.0)
2nd night	451.7(25.0)	417.2(29.0)	86.9(6.0)	28.3(25.0)	18.2(3.5)	66.6(23.7)	6.0(2.9)	98.0(17.2)
3rd night	445.8(15.1)	428.2(18.7)	89.2(3.9)	34.2(15.1)	16.8(3.6)	89.4(44.6)	7.5(1.9)	113.0(36.6)
4th night	464.5(13.8)	445.3(11.9)	92.8(2.4)	15.5(13.8)	17.8(4.9)	74.3(20.7)	5.3(1.5)	116.0(13.1)
5th night	444.0(16.9)	432.6(19.9)	92.2(4.2)	25.0(16.9)	20.0(6.9)	74.1(21.2)	5.8(4.0)	99.3(12.0)
6th night	445.9(41.3)	425.8(38.5)	88.7(8.0)	34.1(41.3)	23.7(8.7)	65.3(15.6)	7.3(4.8)	116.0(13.1)
7th night	448.3(38.7)	439.0(33.8)	91.5(7.1)	31.4(38.8)	21.3(9.7)	65.1(17.6)	6.5(4.6)	95.5(25.9)
Post-dive								
1st night	423.0(25.4)	407.9(17.9)	85.0(3.7)	57.0(25.4)	19.0(2.9)	59.8(10.4)	2.8(0.9)	107.5(19.3)
2nd night	418.3(58.1)	407.8(50.6)	85.0(10.5)	61.8(58.1)	16.5(3.1)	59.3(17.0)	2.3(1.5)	82.0(16.2)
3rd night	431.3(19.5)	420.5(12.0)	87.2(2.0)	50.6(17.3)	20.7(7.7)	61.7(7.7)	2.3(0.5)	85.3(11.0)
4th night	416.0(28.6)	371.8(72.2)	85.1(6.2)	53.8(11.0)	21.5(3.4)	72.8(39.5)	1.8(0.9)	79.5(17.1)
ANOVA								
F ratio	2.48	2.40	2.14	2.26	0.93	0.91	5.21	2.23
P	0.003	0.004	0.01	0.007	NS	NS	0.0091	0.008

4단계수면 및 REM수면暫時(REM sleep latency) 를 제외한 대부분 수면변수에서는 실험일간에 유의한 변동이 있었다. 全睡眠時間(total sleep time; TST) 은 실험일 간에 변동이 컸고, pre-dive 밤에 비해서 bottom 1번째 밤, 4번째 밤 및 7번째 밤을 제외한 bottom 밤과 decompression 밤 전체 및 post-dive 밤에 단축하는 경향이 있고, 특히 bottom 2번째 밤과 6번째 밤, post-dive의 4번째 밤에서 그 단축이 현저하게 나타났다. 수면효율 (sleep efficiency index; SEI)도 같은 경향이였다. 入眠暫時 (sleep latency) 의 평균도 bottom 첫번째 밤, 4번째 밤, 7번째 밤을 제외한 전체의 실험기간 동안에 가압전의 밤 보다 연장되는 경향이였지만, bottom 2번째 밤, 6번째 밤 및 post-dive 밤에 유의하게 연장되었다. 중도각성회수 (Number of awakenings) 와 수면단계 이행회수 (the number of sleep stage shifts) 는, pre-dive 밤에 비해서, bottom 및 decompression의 밤에 모두 증가하고, post-dive 밤에서는 감소하는 경향을 보였다. 특히, bottom의 밤과 decompression 기간 중에는, pre-dive 밤보다 각 REM수면기의 종료 직후에 단시간의 중도각성 (wake after sleep) 이 발생하는 것이 많고, 실험일 간에 유의한 효과가 인정되었다. (F=2.32, P<0.006). 全睡眠時間 (sleep period time; SPT) 중에 나타난 각 수면단계의 출현율을 나타낸 것이 Fig. 2이다. 중도각성시간 (wake after sleep onset; WASO)

($F=1.72$, $P<0.05$)과 4단계수면 ($F=2.42$, $P<0.004$) 및 REM수면 ($F=2.17$, $P<0.01$) 에서는 각 실험일 간에 유의한 변동을 보였다. Predive 밤에 비해서, bottom 기간 중의 대부분의 밤과 decompression 첫번째 밤 및 2번째 밤에서 WASO가 증가하고, 역으로 4단계수면은 감소하는 경향을 보였다. REM수면은 실험기간을 통해서 변동이 대체로 크며, predive 밤과 비교하면, bottom 밤과 decompression 밤에서 그 출현율이 조금 많은 경향을 보였다. 또한, bottom 및 decompression 기간중의 REM수면기는 단시간의 각성 혹은 1단계수면에 의해서 빈번하게 중단되고 있는 것이 많다는 것이 특징이었다. 그러나, postdive 밤에서는 이와 같은 경향을 보이지 않았다.

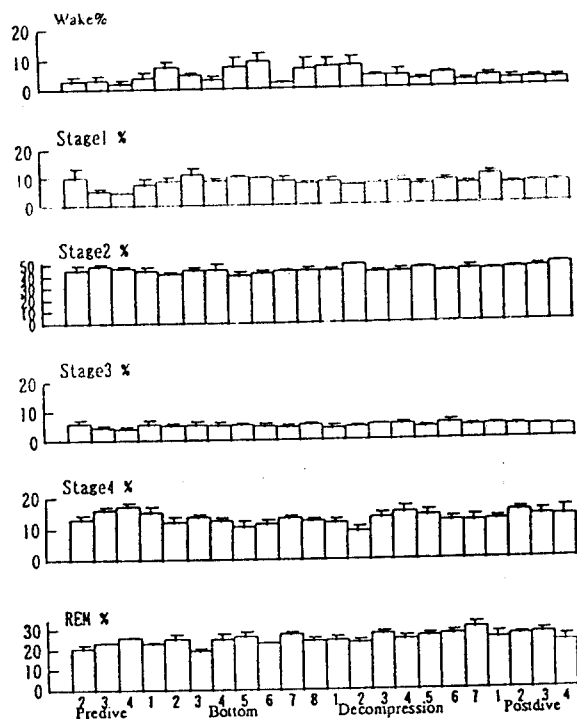


Fig. 2. Percents of each sleep stage(mean±S.D) during the saturation dive at 180m.

2) 230 m 포화잠수

230 m 잠수조건의 TIB는, 실험일 간의 밤에 따라서 약간 서로 다르다. 즉, 4명의 다이버 모두 predive 2번째 밤이 467분, 3번째 밤이 474분, 4번째 밤이 459분 이고, postdive 1번째 밤이 451분, 2번째 밤이 461분, 4번째 밤이 464분 이었지만, 그 외의 밤은 480분이었다. Table 2에는 230m 잠수조건의 주요한 수면 parameter의 평균치를 나타내었다. 180 m 잠수 조건도 동일한 양상으로, TST, SEI, 중도각성 회수를, 수면단계이행회수에서는, 실험일간에 유의한 변동을 보였지만, 입면잠시, 4단계수면 및 REM수면잠시에서는 유의한 변동을 보이지

않았다.

TABLE 2. Sleep variables during the saturation dive at 230m, significance levels.

	SPT _{min}	TST _{min}	SEI%	Latency _{min}			Number of awakenings	Number of sleep shifts
				Stage 1	Stage 4	Stage REM		
Prediv								
2nd night	460.1(2.7)	454.0(9.9)	97.2(2.1)	6.9(2.7)	16.1(2.6)	77.3(9.6)	1.3(0.9)	86.8(10.1)
3rd night	455.9(12.0)	452.6(10.2)	95.7(2.1)	17.1(12.0)	22.2(5.2)	59.9(17.1)	0.5(0.5)	88.3(14.8)
4th night	451.0(7.4)	441.8(7.8)	94.6(1.6)	16.0(7.4)	18.3(3.0)	57.3(8.9)	0.8(0.5)	78.8(19.8)
Bottom								
1st night	463.8(19.4)	455.8(22.8)	95.0(4.7)	16.3(19.4)	14.0(1.4)	76.0(44.6)	2.8(0.5)	85.6(34.9)
2nd night	410.8(40.1)	384.1(48.9)	83.3(16.0)	50.3(40.1)	18.8(3.4)	49.1(8.6)	6.0(4.2)	97.3(18.5)
3rd night	450.6(22.0)	425.0(50.3)	89.7(10.6)	23.4(22.0)	22.6(11.1)	58.7(5.8)	3.5(1.9)	91.8(37.6)
4th night	446.0(7.2)	421.8(20.5)	91.9(4.4)	13.0(7.2)	18.5(1.7)	57.0(10.7)	5.5(3.5)	103.3(20.8)
5th night	461.5(10.5)	443.8(2.6)	92.4(0.5)	18.5(10.5)	20.8(5.3)	67.7(12.2)	5.3(3.5)	101.5(11.0)
6th night	463.3(11.2)	440.8(3.6)	91.8(0.7)	16.7(11.2)	18.1(3.8)	57.3(4.2)	6.0(4.8)	94.0(6.1)
7th night	466.8(7.6)	431.8(12.1)	90.0(2.5)	13.2(7.6)	19.6(3.2)	65.8(9.0)	8.3(5.9)	103.8(15.3)
8th night	462.0(17.0)	425.3(23.5)	88.6(4.9)	18.0(17.0)	24.8(12.3)	58.1(7.2)	5.5(1.7)	101.8(27.5)
Decompression								
1st night	461.6(6.3)	428.3(12.5)	87.6(2.5)	27.4(6.3)	24.6(8.0)	47.4(18.9)	8.8(6.8)	123.0(30.2)
2nd night	455.0(24.7)	426.4(19.2)	88.8(4.0)	25.0(24.7)	19.5(6.2)	63.6(9.3)	6.5(4.0)	115.8(15.9)
3rd night	467.4(13.2)	445.1(17.5)	92.7(3.6)	12.6(13.2)	19.2(4.6)	59.3(4.2)	8.5(2.0)	126.8(25.5)
4th night	444.9(14.0)	416.7(18.2)	86.8(3.7)	35.1(14.0)	20.4(2.0)	60.3(5.1)	8.8(4.9)	122.5(18.0)
5th night	453.8(30.4)	423.1(19.3)	87.4(3.9)	30.3(30.4)	23.5(6.1)	55.4(24.6)	10.3(9.5)	121.8(13.8)
6th night	456.1(10.6)	418.3(32.2)	87.1(6.7)	23.9(10.6)	20.1(5.9)	59.4(10.1)	7.8(6.2)	116.5(19.1)
7th night	447.9(35.2)	427.4(36.8)	88.9(7.6)	33.3(35.2)	21.3(1.5)	64.3(12.5)	12.5(6.4)	124.5(4.1)
8th night	447.9(35.6)	427.2(23.7)	89.0(4.9)	32.3(35.5)	28.2(6.7)	50.4(3.3)	6.5(6.0)	112.8(21.5)
Postdive								
1st night	430.3(17.0)	422.5(11.3)	93.7(2.5)	20.7(17.0)	19.1(3.7)	63.5(11.9)	2.3(1.8)	87.5(13.0)
2nd night	437.0(10.1)	433.8(6.8)	94.1(1.4)	24.0(10.1)	19.5(0.5)	61.7(7.1)	1.8(1.7)	92.0(7.8)
3rd night	423.2(25.0)	418.5(21.6)	88.1(5.8)	52.1(32.4)	18.4(4.5)	65.3(14.7)	2.0(2.1)	80.8(13.2)
4th night	421.5(21.0)	417.6(18.1)	90.2(4.1)	41.8(22.4)	18.8(2.7)	56.6(13.6)	1.8(1.2)	78.0(12.5)
ANOVA								
F ratio	2.40	1.86	1.82	1.34	1.28	0.95	2.66	2.85
P	0.003	0.03	0.03	NS	NS	NS	0.001	0.0005

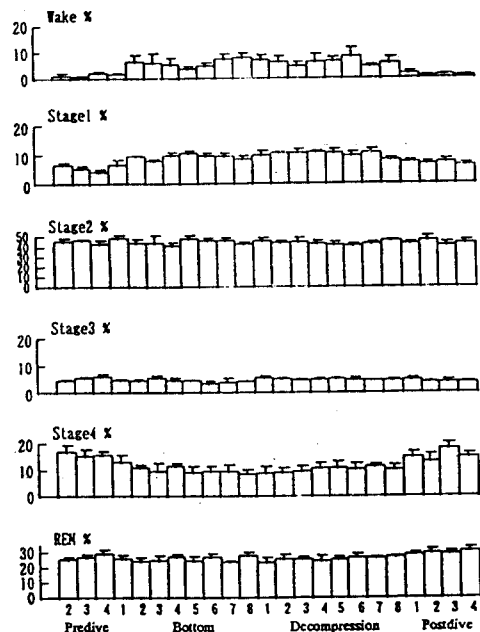


Fig. 3. Percents of each sleep stage(mean±S.D) during the saturation dive at 230m.

특히, Heliox실험에서의 미경험자 2명의 bottom 및 decompression 기간 중의 입면잠시는 다른 2명에 비해서 연장되는 밤이 많았다. bottom, decompression 기간 및 postdive 밤에서의 TST는 그 대부분의 밤에서 predive 밤에 비해서, 유의하게 단축되거나 단축되는 경향을 보였고, 특히 bottom 2번째 밤에서 그 단축이 뚜렷하게 나타났다. SEI도 같은 모양으로 bottom 밤, decompression 밤 및 postdive의

대부분의 밤에서 감소되는 경향을 보였다. 중도각성회수와 수면단계이행회수는, 모두 bottom 1번째 밤부터 decompression 8번째 밤에 걸쳐서 잠시 증대되는 경향이 있었다. 180 m 잠수조건과 같은 모양으로, bottom 밤과 decompression 밤에서는 각 REM수면 종료 직후에 중도각성이 유의하게 증대하고 있다 (F=4.94, P<0.0001). 각 수면단계의 비율을 나타낸 것이 Fig. 3이다. Pre-dive 밤에 비해서, bottom 밤 및 decompression 밤의 WASO (F=2.24, P<0.006) 와 1단계수면 (F=4.43, P<0.0001) 은 확실히 증가하고, 4단계수면 (F=1.73, P<0.05) 은 감소하며, 실험일간에 모두 유의한 효과를 보였다. 그러나, 단계2수면, 단계3수면 및 REM수면에서는 실험일간에 유의한 효과를 보이지 않았다. 180 m 잠수조건도 같은 모양으로, bottom 및 decompression 기간 중의 REM수면기는, 단시간각성과 단계1수면에서 자주 분단되었다.

3) 180 m 와 230 m 포화잠수의 수면 parameter 의 비교

Table 3. Mean and standard deviations of sleep variables during pre-dive, bottom, decompression, and post nights for the saturation dive at 230m compared with at 180m.

Depth	Pre-dive		Bottom		Decompression		Post-dive		Two-way ANOVA		
	180m	230m	180m	230m	180m	230m	180m	230m	Depth effect F	Dive phase effect F	Interaction F
SPT, min	458.2 (14.5)	455.7 (8.5)	417.0 (18.9)	451.1 (24.7)	451.9 (23.9)	455.2 (20.5)	415.9 (48.3)	428.0 (18.2)	(p) NS	(p) 0.0001	(p) NS
TST, min	447.6 (16.8)	449.5 (16.8)	432.1 (31.4)	428.6 (32.4)	431.3 (24.8)	426.5 (22.7)	402.0 (44.8)	423.2 (14.4)	NS	6.3 (0.0007)	NS
SEL %	94.4 (2.6)	93.8 (7.1)	90.1 (6.3)	90.3 (6.3)	90.2 (5.3)	88.5 (4.8)	83.6 (9.3)	91.5 (4.3)	NS	6.97 (0.0003)	4.51 (0.0005)
Latency Stage 1, min	15.4 (9.9)	13.3 (8.9)	22.5 (17.5)	21.2 (20.9)	26.2 (24.0)	26.8 (20.4)	65.1 (48.8)	34.6 (23.8)	NS	11.66 (0.0001)	3.83 (0.01)
Stage 4, min	21.0 (11.6)	19.1 (4.1)	17.9 (5.3)	21.2 (5.2)	19.4 (5.2)	21.2 (5.2)	19.4 (4.7)	21.2 (5.2)	NS	NS	NS
Stage REM, min	76.9 (31.6)	64.8 (14.6)	70.6 (25.7)	61.2 (17.4)	72.8 (24.6)	57.8 (15.5)	63.4 (20.9)	61.8 (11.4)	10.8 (0.002)	NS	NS
Number of awakenings	3.0 (2.1)	0.8 (0.7)	7.4 (4.6)	5.3 (3.6)	7.5 (5.3)	9.7 (5.3)	5.0 (4.7)	1.9 (1.6)	NS	27.3 (0.0001)	NS
Number of awakenings from REM periods	0.3 (0.6)	0.2 (0.4)	1.6 (1.3)	2.8 (2.4)	2.9 (2.4)	3.7 (1.8)	0.9 (1.9)	0.3 (0.9)	NS	23.39 (0.0001)	NS
Number of awakenings during REM sleep	0 (0)	0 (0)	0.3 (0.6)	0.7 (1.1)	0.7 (1.1)	1.8 (1.8)	0.8 (0.6)	6.53 (0.01)	NS	10.31 (0.001)	3 (0.04)
Number of sleep shifts	71.6 (29.5)	84.6 (14.6)	102.9 (21.7)	97.1 (22.0)	104.9 (21.2)	121.5 (17.8)	88.0 (18.5)	84.5 (12.0)	NS	16.9 (0.0001)	4.75 (0.004)

Table 3은 각 잠수층에서의 TST, 즉 180 m 잠수조건에서는 pre-dive가 모두 12밤 (피실험자 4명의 3밤), bottom이 32밤(4명의 8밤), decompression이 28밤(4명의 7밤) 및 post-dive의 16밤(4명의 4밤)에 대한 각 수면parameter의 평균치와 표준편차를 구하고, 이것을 230 m 잠수조건과 비교하고, 잠수심도와 잠수층을 주요인으로 하는 2원배치분산분석의 결과를 나타내었다. 그리고, 230 m 잠수조건에서의 decompression기간 만 32밤이 된다. TST는 180 m 및 230 m 잠수조건 모두 pre-dive 밤 보다 bottom 밤과 decompression 밤에 단축되며, post-dive 밤에서는 더욱 더 줄어드는 경향을 보였고, 각 잠수층 사이에서는 유의한 효과를 보였다 (F=6.30, P<0.0001). 그러나, 잠수심도 및 잠수층과 잠수심도에 있어서의 교호작용에

는 유의한 효과를 보이지 않았다. SEI도 pre-dive 밤에 비해서 양쪽 잠수조건 모두 bottom 밤, decompression 밤, post-dive 밤 모두 감소하고 있고, 특히 180 m 잠수조건에서의 post-dive 밤에서 그 감소가 230 m 잠수조건 보다 두드러졌다(t = 3.336, P<0.04). 잠수심도에 의한 차는 보이지 않았지만, 잠수층과 이것들의 교호작용에는 모두 유의한 효과를 보였다. 입면잠시는 양쪽 잠수조건 모두 pre-dive 밤부터 post-dive 밤에 걸쳐서 잠시 연장되는 경향을 보였고, 특히 180 m 잠수조건에서의 post-dive 밤에서 그 연장이 현저했다. 그러나, 4단계수면 및 REM수면잠시에 대해서는 잠수심도, 잠수층 및 이것들의 교호작용에 모두 유의한 효과를 보이지 않았다. 중도각성회수와 수면단계이행회수는 양쪽 잠수조건 모두 bottom에서의 밤과 decompression 밤에서 증가하고, post-dive 밤에서 조금 감소하는 경향을 보였다. 모두 잠수층에서 유의한 효과를 보였지만, 230 m 잠수조건에 있어서 decompression 밤의 수면단계이행회수는 180 m 잠수조건 보다 유의하게 많고 (t = 3.233, P<0.003), 잠수심도와 잠수층에 있어서의 교호작용에도 유의한 효과를 보였다. REM수면기의 중도각성은, 180 m 및 230 m 잠수조건 모두 bottom 밤과 decompression 밤에서 증대하고, 잠수층에서만 유의한 효과를 보였다. 또한, REM수면의 평균중단회수는, 양쪽 잠수조건 모두 pre-dive 밤에는 그러한 현상을 보이지 않았지만, bottom 밤과 post-dive 밤에서 조금 많아지고, 특히 230 m 잠수조건에서의 decompression 밤에는 두드러지게 증대하고 있다. 잠수조건, 잠수층 및 이것들의 교호작용에는 모두 유의한 효과를 보였다. 한편, SPT에 대한 각 수면단계의 평균비율을 보면 (Fig. 4), WASO는 양쪽 잠수조건 모두 bottom 밤과 decompression 밤에서 증가하고 있지만 (잠수층:F=11.32, P<0.0001), 잠수심도 및 이것들의 교호작용에는 유의한 효과를 보이지 않았다. 양쪽 잠수조건에서의 1단계수면도 bottom 밤과 decompression 밤에서 증가하고 있지만, 230 m 잠수조건에서의 decompression 밤에서는 180 m 잠수조건 보다 유의하게 증가하고, 잠수심도 (F=4.58, P<0.04) 및 이것들의 교호작용 (F=9.03, P<0.0001) 에 유의한 효과를 보였다. 또한 4단계수면은 180 m 및 230 m 잠수조건 모두 bottom 밤과 decompression 밤에 감소하고 있지만, 이러한 감소는 230 m 잠수조건 쪽이 보다 컸다. 잠수심도 (F=6.88, P<0.01), 잠수층 (F=10.64, P<0.0001), 및 이것들의 교호작용 (F=3.33, P<0.02) 에는 모두 유의한 효과를 보였다. REM수면은 230 m 잠수조건에서의 post-dive 밤에서 증가하고 있지만, 잠수심도 및 잠수층에서 유의한 효과를 보이지 않았다.

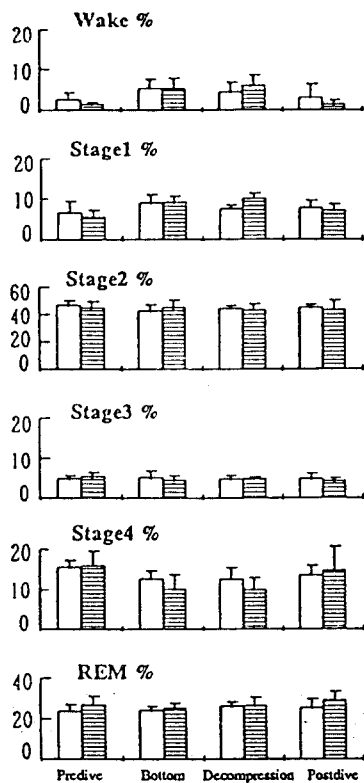


Fig. 4. Percents of different sleep stage (mean \pm S.D) during the saturation dive at 180m and 230m. 180m, 230m

4. 고찰 및 결론

고압실험에 있어서 인간의 수면에 미치는 영향을 PSG를 사용해서 연구하는 경우에, 몇 가지의 환경적 제 요소가 동시에 변화하기 때문에 측정이 대단히 복잡할 뿐 만 아니라, 결과를 해석함에도 곤란성을 수반하는 경우가 많다. 또한, 실험수행 면에서나 경비면에서도, 피실험자의 숙성이나 인원수에 일정한 제약이 있을 수 밖에 없다. 본 연구에서는 고압 Heliox 180 m 및 230 m 잠수조건에 있어서 4명의 한정된 다이버를 대상으로, 야간의 수면에 미치는 영향에 대해서 주로 검토 했는데, 양쪽 잠수 조건 모두 bottom 밤이나 decompression 밤에서는 TST의 단축, SEI, 입면잠시, 중도각성회수와 수면단계이행회수의 증가, WASO와 1 단계수면의 증가를 보인 한편, 4단계 수면의 감소, 단시간 각성과 1 단계수면에 의한 REM수면기의 중단수의 증가 등을 보였다. TST의 단축이나 SEI의 감소, WASO와 1 단계수면이나 2 단계수면의 증가 및 3 단계나 4 단계 수면의 감소에 대해서는 종래의 고압 Heliox 혼합가스 환경하에서의 연구결과와 거의 일치하고 있다 [8][9]. REM수면의 출현량에 있어서는, 180 m 및 230 m 잠수조건 모두, 잠수기간을 통해서 그 변동이 비교적 크며, 각 REM수면기의 종료 직후에 중도각성이 있기도 하고, REM수면기가 단시간 각성이나 1 단계수면에서 중단되고 있는

것이 많기 때문에, 전체적으로 중도각성회수나 수면단계이행회수의 증대를 초래하고 있다. 그러나, NREM-REM수면을 하나의 cycle로 하는 수면주기에서는 bottom의 밤, decompression 밤, postdive 밤 모두 변화하고 있지 않았다. 수면 단계이행회수와 어떤 수면단계에서 중도각성이 많이 나타날 것인가에 대해서 상세히 검토한 선행 연구는 거의 없다. 300 m 및 400 m 잠수 조건에서 Rostain 등[8]은, 해저에서의 체재기간 중에 1단계나 2단계 수면의 구획수가 증대하고, REM수면은 1단계나 2단계수면에서 중단되는 것이 많고 불안정 하지만, 수면 cycle은 기본적으로 변화하고 있지 않다는 것을 지적하고 있다. 또한, 포화잠수에 관한 선행 연구에서는 고압이노효과에 의해서 WASO가 증가한다고 지적하고 있지만[12], 본 연구에서 배뇨 때문에 수면이 중단된 회수를 보면, 180 m 잠수 조건에서 1명의 다이버로 부터 bottom기간 중에 이틀 밤, decompression기간 중에 하루 밤, 또한 230 m 잠수조건에서는 2명의 다이버가 bottom기간 중에 각각 하루 밤, decompression 기간 중에는 1명의 다이버가 하루 밤이었고, 게다가 그 배뇨로 인한 각성은 모두 재입면까지의 시간이 10분 정도로 짧았다. 따라서, 배뇨에 의해서 TST나 SEI에 큰 영향을 미치고 있다고는 생각되지 않는다. 고압 Heliox 환경하에서 수면이 변화하는 요인에 대해서는, 일반적으로 압력과 분압의 증대, 가압속도, 환경온도, 장기간에 걸친 이상 환경하에서 구속되어 있는 심리적인 stress등을 생각할 수 있다. 압력이 수면에 직접적으로 영향을 미친다고 한다면, pre-dive기에서 가압한 직후의 bottom에서의 첫번째 밤의 수면기에 이러한 변화가 즉시 나타날 수 밖에 없지만, 180 m와 230 m 잠수조건 모두 bottom의 첫번째 밤에서는 pre-dive에 비해서 그 변화가 거의 나타나지 않은 것을 보면, 압력자체는 직접 수면에 영향을 미치는 요인은 아닌 것으로 생각되지만, 압력자체가 장기간 축적 됨으로써 나타나는 영향에 대해서는 불명확하다. 한편, Helium가스가 생체내의 조직에 완전히 용해하고, 포화상태에 달하는 것은 각 조직에 따라서 다르지만, 16 ATA에서는 적어도 24시간 정도 걸리게 된다. 이러한 관점에서 본 연구를 볼 때, 모든 수면 parameter에서 bottom에서의 2번째 밤 이후부터 변화하고 있다고 가정한다면, 그 메커니즘은 명확하지 않다고 할 수 있고, 높은 Helium분압이 수면에 어떠한 영향을 미칠 가능성이 있지 않을까라고 생각 된다. 본 연구의 양쪽 잠수조건 모두 bottom 및 decompression기간 중에는, 모두 4 단계수면이 감소하며, 그 감소는 230 m 잠수조건 쪽이 보다 크다고 할 수 있으며, 그 외의 수면변수에서는 잠수조건 사이에 유의한 효과

를 보이지 않았다. 이 bottom 및 decompression 기간 중에 4단계수면의 감소는, Helium의 냉각효과 가능성도 무시 할 수 없지만, 50 m의 심도차가 4단계수면량의 차이에 직접적으로 반영되고 있다고는 생각되지 않는다. 이러한 영향보다는 오히려, 가압환경에 대한 불안이나 걱정, 장기간에 걸친 bottom, decompression기간 중의 대화의 저해등에 의한 다이버 사이의 의사소통의 어려움이나 인간관계, 단조감, 나아가서 감압 그 자체에 대한 불안이나 걱정 등의 심리적 요인이 크게 관련 있는 것으로 추측된다. 230 m 잠수 조건에 참가한 2명의 다이버는 Heliox 포화잠수에 있어서 미경험자로서, 동일한 잠수조건의 다른 2명의 경험자와 비교해도, bottom 및 decompression 기간 중에 4단계수면의 감소를 보였다. Lester[13] 등도 일상생활의 스트레스하에서나, 의사인정시험 중, 특히 후자에서는 입면잠시나 4단계수면의 감소 및 피부저항반응에 평균 출현율의 증대 등이 인정되고 있는 것으로 미루어 볼 때, 이러한 지표가 심리적 긴장이나 흥분상태를 가장 잘 반영하고 있다는 것을 지적하고 있다. 본 연구에서도, 위에서 언급한 바와 같은 4단계수면의 감소와 마찬가지로, 양쪽 잠수조건의 bottom 및 decompression 기간 중에 입면잠시가 유의 하게 연장되고, SEI가 저하하고 있다. 그런데 입면잠시는 postdive에서 더욱더 연장되고, SEI도 저하하고 있지만, 그 외의 수면변수에는 거의 pre-dive에 복귀하고 있다. 그것도 아마 장기간에 걸친 폐쇄적이고, 이상한 환경으로 부터 수일, 수시간 동안 개방되어 있는 상태에서 정신적으로 고조되는 등 심리적요인에 의해서, postdive 밤의 입면잠시도 한층 연장되고 있는 것으로 생각된다. 그리고, 양쪽 잠수조건 모두 뚜렷한 HPNS 증상 및 그 징후는 나타나지 않았는데, 그것은 구미에서의 가압속도가 매시 180 m - 300 m인 것에 비해서, 매시 25 m로 꽤 늦은 것에 기인하고 있는 것으로 추측된다[8][14]. 결론적으로, 본 연구의 bottom 밤이나 decompression 밤에서는, 180 m 및 230 m 잠수조건 모두 각성회수나 수면단계이행회수의 증가, 4단계수면의 감소 등을 보이며, 조금 각성하기 쉬운 상황에 있다고 할 수 있고, 불면증의 하나의 기준이 되는 SEI면에서 본다면[15], 그 평균이 85%이하로 되는 야간수면(nocturnal sleep)은 양쪽 잠수조건 모두 하룻밤이나 이틀 밤에 지나지 않고, 게다가 최저일지라도 약 83%인 것으로 미루어 볼 때, 전체적인 면에서의 수면pattern의 혼란함은 그다지 크지않다고 생각된다. 그러나, 다이버에 따라서는 이 SEI가 85% 이하의 밤이 몇 일 밤 연속하는 사람도 있고, 고압환경에 대한 적응에는 개인차도 크다고 추측된다.

참 고 문 헌

- [1] Bennett, P.B. & Towse, E.J., "The high pressure nervous syndrome during simulated oxygen-helium dive to 1500ft", EEG Clin. Neurophysiol., 31, 383-393, 1971
- [2] Hunter, W.L. & Bennett, P.B., "The causes, mechanisms and prevention of the pressure nervous syndrome", Undersea Biomed. Res., 1(1), 1-28, 1974
- [3] Corriol, J., Chouteau, J., & Catier, J., "Human simulated diving experiments at saturation under oxygen-helium exposures up to 500meters", Aerospace Med., 44(11), 1270-1276, 1973
- [4] Rostain, J.C., Gardette-Chauffour, M.C., & Naquet, R., "HPNS during rapid compression of men breathing He-O₂ and He-N₂-O₂ at 300 and 180m", Undersea Biomed. Res., 7(2), 77-94, 1980
- [5] Lewis, V.J. & Baddeley, A.D., "Cognitive performance, sleep quality and mood during sleep oxyhelium diving", Ergonomics, 24(10), 773-793, 1981
- [6] Robert, H.I. & Baddeley, A.D., "A Trimix saturation dive to 660m: Studies of cognitive performance, mood and sleep quality", Ergonomics, 26(4), 359-374, 1983
- [7] Naitoh, P., Johnson, L.C., & Austin, M., "Aquanaut sleep patterns during tektite 1: a 60-day habitation under hyperbaric nitrogen saturation", Aerospace Med., 42, 69-77, 1971
- [8] Rostain, J.C., Regesta, G., Gardette-Chauffour, M.C., & Naquet, R., "Sleep organization in man during long stays at 30 and 40 bar in a helium-oxygen mixture", Undersea Biomed. Res., 18, 21-36, 1991
- [9] Ozawa, K., Hashimoto, A., & Oiwa, H., "Psychophysiological changes in sleep during simulated 200-m heliox saturation dives", Undersea Biomed. Res., 18, 397-412, 1991
- [10] National Ocean and Atmospheric Administration, NOAA diving manual. In Diving for Science and Technology, U.S.A., 1979
- [11] Rechtschaffen, A. & Kales, A.A., A manual of standardized terminology, techniques, and scoring system for sleep stages of human subjects, Washington, D.C., Public Health Service, US Government Printing Office, 1968
- [12] Alexander, W.C., Leach, C.S., Fischer, C.L., Lambertsen, C.J., & Johnson, P.C., "Hematological biochemical, and immunological studies during a 14-day continuous exposure to 5.2% O₂ and N₂ at pressure equivalent to 100 fsw(4 ATA)", Aerosp. Ned., 44, 850-854, 1973
- [13] Lester, B.K., Burch, N.R., & Dossett, R.C., "Nocturnal EEG-GSR profiles: the influence of presleep states", Psychophysiol., 3, 238-248, 1967
- [14] Nakano, M., Taya, Y., Naraki, N., Mizushima, Y., Shidara, F., Takeuchi, H., & Mohri, M., "Effect of hyperbaric He-O₂ environment with N₂ on the sleep profile in rhesus monkeys", JAMSTEC, R24(Sep.), 155-169, 1990
- [15] Murasaki, M., Essential insomnia. In H/B of Sleep Science and Sleep Medicine, ed. by The Japan Society of Sleep Research, Tokyo, 175-180 1994 (in Japanese)