

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2020.6.1.433

JCCT 2020-2-53

수중수색 시 수심에 따른 공기소모량의 변화 분석

Analysis of changes in air consumption according to water depth in underwater search

전재인* · 공하성**

Jeon, Jai-In* · Kong, Ha-Sung**

요약 이 연구는 수심에 따른 공기소모량의 변화를 인간의 특성 및 이론값과의 비교·분석하였다. 실험 결과는 다음과 같다. 첫째, 실험대상자 A·B는 수심에 따라 각각 비슷한 상승률을 보였다. 둘째, 실험대상자 C는 수중 25m에서 공기소모량의 상승률이 유의하게 높게 나타났는데, 그 이유는 깊은 수심의 수압에 신체가 민감하게 반응하여, 호흡이 다른 참여자보다 다소 빨라 공기소모량을 증가시킨 것으로 보인다. 셋째, 실험대상자 D·E는 공기소모량이 전반적으로 유의하게 낮게 나타났다. 이는 D와 E의 연령이 각각 37세, 35세로 실험대상자 중 가장 젊고, 체력이 강건하며, 군 복무 당시 해상의 심해 잠수경험이 풍부하여 나타난 결과로 보인다. 넷째, 실험대상자 분당 평균 공기소모량은 수면과 비교하여 수중 5m는 약 1.45배, 수중 10m는 약 1.85배, 수중 20m는 약 2.8배로 분당 공기소모량이 증가하였다. 이는 구조대원 각자의 경험과 체력, 신체가 수중에서 적응하는 정도의 차이, 그리고 수중 호흡법이 달라서 나타난 결과로 보인다. 마지막으로 실험 평균값과 이론값의 차이는 실험대상자 구조대원 5명 각자의 경험과 체력, 신체가 수중에서 적응하는 정도의 차이 및 수중 호흡법에 따라 이론값보다 많거나 적게 공기를 소모하여서 나타난 결과로 보인다.

주요어 : 수중수색, 수심, 공기소모량, 호흡법, 보일-샤를의 법칙

Abstract This study compared and analyzed the change of air consumption according to water depth with human characteristics and theoretical values. The experimental results are as follows. First, subjects A and B showed similar rise rates depending on the water depth. Second, subject C had a significantly higher rate of increase in air consumption at 25m underwater because the body responded sensitively to deep water pressure, which increased air consumption because breathing was faster than other participants. Third, the subjects D and E showed significantly lower overall air consumption. D and E were 37 and 35 years of age, respectively, the youngest, strongest and most experienced in deep sea diving at the time of military service. Fourth, the average air consumption per minute of the test subjects increased from 5m in water to 1.45 times, 10m in water to 1.85 times, and 20m in water to 2.8 times. This seems to be a result of different experiences, physical fitness, the degree of adaptation of the body to underwater, and different breathing techniques. Lastly, the difference between the experimental average value and the theoretical value appears to be the result of using more or less air than the theoretical value depending on the experiences and physical strength of each of the 5 rescuers, the degree of adaptation of the body underwater, and the method of underwater breathing.

Key words : Underwater search, depth of water, air consumption, breathing method, Boyle-Charles' law

* 우석대학교 일반대학원 소방방재학과 박사과정(제1저자)

** 우석대학교 소방방재학과 교수(교신저자)

접수일: 2019년 12월 26일, 수정완료일: 2020년 01월 10일

게재확정일: 2020년 01월 20일

Received: December 26, 2019 / Revised: January 10, 2020

Accepted: January 20, 2020

* Corresponding Author: 119wsu@naver.com

Dept. of Fire and Disaster Prevention, Woosuk Univ, Korea

I. 서 론

잠수란 인간이 수중에서 활동하는 행위를 의미하고, 주위 환경의 수심으로부터 압력에 노출되는 행위 또는 절차를 일컫는다. 프랑스의 자끄 쿠스토와 에밀가냥은 아쿠아 령(Aqua lung)이라 불리는 개인 휴대용 압축공기 실린더와 자동 호흡 장치 등을 발명하였는데, 이를 시발점으로 현대의 스쿠버 잠수는 장비의 발전과 함께 대중적인 스포츠 잠수 운동으로 자리매김하게 되었다 [1]. 우리가 육상에서 숨 쉬는 공기는 질소(N_2) 약 78%, 산소(O_2) 약 21%, 이산화탄소(CO_2)와 소량의 네온, 아르곤, 제논, 수소 등의 기체들로 구성되어 있다. 지구상의 인간은 활성 기체인 산소와 불활성 기체인 질소를 대기압 상태에서 호흡하며 살아가고 있다. 이러한 지구를 감싸고 있는 공기는 그 자체의 무게에 의해서 압축되며 공기의 밀도 또는 압력은 고도에 따라 변한다. 즉 공기는 수심이 깊어질수록 압력이 증가하면 공기의 밀도가 증가하여 호흡에 대한 저항도 증가한다[2].

수압도 수심에 따라 변화하는데 해수에서는 10.08m 깊어짐에 따라 1기압씩 증가하여 수심 약 10m에서 수압계로 측정되는 수압은 1기압, 수심 20m에서는 2기압 등으로 나타내며 이 압력계로 측정된 수압을 계기압이라 한다. 그러나 실제로 인체가 수중에서 받는 압력은 계기압 외에도 1기압을 더 받게 되는데, 이 대기압과 계기압을 더한 압력을 절대압(ata, atmospheres absolute)이라고 한다. 즉, 수심 10m에서 인체가 받는 실제 압력은 대기압인 1기압과 수압에 의한 계기압 1기압을 더한 2기압의 압력을 받게 되고, 수심 20m에서는 3기압, 수심 30m에서는 4기압의 압력을 받게 되는 것이다[3]. 이처럼 깊이 잠수할수록 주위의 압력은 높아지고, 압력이 높을수록 호흡하는 공기의 밀도 역시 높아지며, 공기의 밀도가 높아질수록 공기용기 속의 압축된 공기를 더 빨리 소모하게 된다. 숨을 참고 물속으로 내려가는 동안 폐는 압축되고 표면으로 나올 때는 정상 부피로 돌아온다. 그러나 스포츠 잠수는 스쿠버 장비를 통하여 수중의 주위압력과 같은 압력으로 공기를 공급한다. 이로 인해 수심에 상관없이 폐가 정상 부피로 확장될 수 있다. 폐 내부의 공기 밀도는 수압과 비례하여 커지므로, 수압이 두 배가 되면 폐에 든

공기의 밀도 또한 두 배가 되는 것이다[4]. 한국은 잠수 활동에 대한 국내 дай버들을 대상으로 연구하고 체계화된 자료가 부족한 실정이다. 공기탱크로 다이빙하는 경우에는 다이빙 한계 수심 60m 이하로 내려가서는 안 되며, 스포츠 다이빙 한계 수심인 40m를 초과하는 경우에는 안전사고를 유발할 수 있다[5].

내수면 수난 구조 시 수심에 따른 공기소모량 변화에 관한 기존 연구는 없는 실정이었다. 다만, 김종수(2001) 등의 연구는 수심 5m 풀장에서 스포츠 다이빙 시 초급, 중급, 고급 다이버의 공기소모량의 변화를 비교·분석하였다. 이 연구에 의하면 시간별 공기소모량 변화에 초급, 중급, 고급다이버 순으로 공기를 많이 소모하는 것으로 나타나 다이빙 경력 및 경험이 수중활동 시 공기소모량에 영향을 미치는 것으로 나타났다[6]. 그러나 구조대원을 대상으로 수심에 따른 공기소모량의 변화율을 측정하는 실험연구는 전무하였다.

이에 수심에 따른 잠수를 실시하여 잠수 후 구조대원의 수심에 떠러 분당 공기소모량 변화율을 비교·분석하고자 한다. 이러한 결과를 바탕으로 수난구조대원의 안전한 수중수색 활동에 대한 실증적 자료로 제공하고자 한다.

II. 수심에 따른 절대압과 부피의 변화

지구를 둘러싸고 있는 대기의 무게는 m^2 당 101.325kN인데 이 압력을 1기압이라 한다. 현재 우리가 대기에서 1기압을 받고 있으나 느끼지 못하고 있으며, 스쿠버 다이빙을 할 때 다이버는 대기압(공기) + 계기압(해수) 두 개의 압력을 받게 되며, 수심이 10m 깊어질 때마다 1대기압이 증가한다. 예를 들어 10m 수심에서는 2대기압이, 20m 수심에서는 3대기압이, 그리고 30m 수심에서는 4대기압이 성립이 된다. 이렇게 수심이 깊어질수록 인체는 상당한 압력이 주어지는 것을 알 수 있다. 신체의 조직은 주로 물이기 때문에 스쿠버 다이빙할 때 외부압력 증가에 민감하지도 않고 압박도 받지 않는다. 보일-샤를의 법칙은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다. 또한, 부피(ℓ)를 시간으로 나누면 공기소모량(ℓ/min)이 되므로 시간을 추가하여 식을 변형하면 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1} \dots \text{식 (1)}$$

$$Q_2 = \frac{P_2 Q_1 T_2}{P_2 T_1} \dots \text{식 (2)}$$

여기서, P_1 : 수면에서의 절대압(Pa)

P_2 : 수중에서의 절대압(Pa)

V_1 : 수면에서 공기의 부피(ℓ)

V_2 : 수중에서 공기의 부피(ℓ)

T_1 : 수면에서의 온도($^{\circ}\text{C}$)

T_2 : 수중에서의 온도($^{\circ}\text{C}$)

Q_1 : 수면에서 공기소모량의 평균값(28.63 ℓ/min)

Q_2 : 수중 공기소모량의 수면에서 공기소모량의 환산값(ℓ/min)

식 (1)과 식 (3)에서 일정한 온도에서의 기체의 부피는 절대압 및 밀도에 반비례함을 알 수 있다[7][8].

이것은 외부의 압력이 2배가 되면 부피는 반으로 줄고 밀도는 2배가 된다. 예를 들어 욕실에서 100 ℓ 의 공기를 가지고 수심 30m로 하강하면 외부 수압이 4대기압이 된다. 이때 부피는 1/4로 줄고 밀도는 4배가 된다. 이것으로 같은 공기량을 가지고도 수심이 증가할수록 공기소모량이 증가함을 알 수 있다.

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots \text{식 (3)}$$

여기서 ρ : 밀도(kg/m^3) m : 질량(kg) V : 부피(m^3)

표 1과 같이 수면에서 1기압인 대기압에서의 부피 100 ℓ 이면, 수심 10m인 2ata에서 가해지는 압력은 1/2 부피인 50 ℓ 이고, 수심 20m인 3ata에서는 1/3부피인 33 ℓ 가 된다. 이와 같은 공기의 소모량 변화를 숙지하지 않고 다이빙을 하면 깊은 수심에서 급격한 공기의 소모량을 인지하지 못하고, 급상승하게 되어 감압병에 노출되는 위험 상황에 이를 수도 있다.

표 1. 수심에 따른 부피와 밀도 변화

Table 1. Volume and density change with depth of water

depth of water (m)	Absolute pressure (ata)	volume (ℓ)	density (kg/m^3)
0	1	100	1
5	1.5	100/1.5=67	1×1.5=1.5
10	2	100/ 2= 50	1×2.0=2
15	2.5	100/2.5=40	1×2.5=2.5
20	3	100/ 3= 33	1×3.0=3
25	3.5	100/3.5=29	1×3.5=3.5

잠수표에는 수심별로 감압을 하지 않고 체류할 수 있는 시간제한이 있고, 이 시간을 초과하였을 경우 감압을 어느 깊이에서 몇 분간하여야 안전하다는 것을 알려준다. 이러한 잠수표는 수중활동 시간과 수심의 깊이에 따라 신체에 흡수되는 질소의 양에 근거를 두어 질소 기포가 형성되지 않도록 여러 신체조직에 있

어 압력에 따른 기체의 흡수량을 제한한다. 그리고 한번의 잠수 후 12시간 이내에 재차 잠수하고자 할 때는 체내에 남아 있는 잔여 질소량을 파악한 후에 잠수 계획을 세워야 한다[9].

III. 공기소모량의 실험구성

1. 실험대상자의 선정 및 공기소모량 분석

실험대상자는 안전사고의 위험성을 고려하여 소방서 구조대원으로 근무하고 있는 신체 건강하고 수중 인명 구조 경험이 풍부한 남자 구조대원 5명을 대상으로 실시하였다. 수난구조대 근무와 군 특수부대 출신자를 선별하여 심층 면담과 연구 참여에 대한 동의를 얻은 후에 선정하였다. 실험 참여 구조대원은 특전사 출신 3명, 심해 잠수경험이 풍부한 UDT 출신 2명으로 구성하였다. 구체적인 선정 기준은 정신적으로 강인하고, 수중 수색 경험이 200회 이상인 구조대원으로, 인명구조사,

잠수기능사, 응급구조사 및 дай버 마스터 자격증을 보유한 수중수색에 탁월한 구조대원으로 선정하였다. 수중 잠수를 할 때 함께 잠수하는 동료의 유무에 따라 심리적 안정감에 변화가 있으므로 2인 1조의 수중수색의 원칙을 지켰다.

다이버는 의학적으로 심혈관계, 순환계 등이 건강해야 할 수 있는 운동이다. 특히 폐, 심장, 뇌, 내분비계 질환, 당뇨병, 천식, 발작 등이 있으면 금하고 있으므로. 표 2와 같이 혈압, 맥박, 호흡, 체온 및 혈당검사를 하였고 신장과 체중을 측정하여 건강상태를 확인하였다. 실험대상자의 평균 연령은 45.4세, 잠수경력은 260회, 신장은 175.4cm, 체중은 71.40kg이었다.

표 2. 실험대상자의 특성

Table 2. Characteristics of Subjects

Subject	Sex	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Rescue (Year)	Diving (Times)	Blood Pressure (120mmHg/80mmHg)	Pulse 60~80 times/min)	Breathing (12~20 times/min)	Body Temperature (36.5°C)	Blood Sugar (110 mg/dl)	Health Condition
A	Male	57	174	67	20	400	120/80	58	11	37	100	Normal
B	Male	51	176	72	15	300	115/80	62	12	36.5	95	Normal
C	Male	48	178	73	12	200	120/80	63	14	36.7	90	Normal
D	Male	36	179	80	7	200	125/85	61	13	36.5	92	Normal
E	Male	35	170	65	4	200	120/80	65	12	37	91	Normal
Average	Male	45	175	71	12	260	120/81	62	12	36.7	94	Normal

우선 구조대원 5명을 대상으로 수면에서 20분간 공기소모량을 측정한 후 수중 5m에서 20분간, 수중 10m에서 20분간, 수중 15m에서 20분간, 수중 20m에서 20분간, 마지막으로 수중 25m에서 20분간 공기소모량을 측정하여 수심에 따른 공기소모량의 변화율을 확인하였다. 실험장소인 스쿠버전용 실내 풀장 구조는 수심이 5m, 10m, 26m가 계단식구조로 바닥이 형성되어있어, 5m와 10m에서는 실험대상자는 바닥에 바짝 엎드려 움직이지 않고 가만히 있는 자세를 취하고, 15m, 20m, 25m의 실험은 26m가 바닥인 구조이므로 구조대원이 중성 부력을 유지하여 상하로 이동하지 않고 떠 있는 자세를 계속 유지하였다. 한편, 예외적인 경우를 제외하면

청소년기 연령대에서 물에 빠진 시간이 20분을 넘어서면 생존하기 힘들다[10]. 따라서 이 연구는 수심 5m~25m에서 20분간 수색시간을 설정하였다. 아울러 수심이 깊어질수록 공기소모량이 비례하여 증가하고, 오래 머물수록 질소 마취의 증상이 나타날 수 있으므로 20분간으로 정하였다. 수심이 30m를 넘어가면 특수장비를 장착한 잠수 전문가가 동원되어야 한다[11].

2. 실험조건

실험은 2019년 8월 17일 실시하였는데 이는 실험대상자의 신체활동을 고려하여 여름철의 따뜻한 수온에서 실시함으로써 구조대원이 인체에 받는 부담을 최소

화하고 적절한 수중환경을 확보한 상태에서 실험하기 위해서이다.

실험 시 환경은 표 3과 같다. 장소는 스쿠버 전용 실내 풀장으로 최대 수심이 26m인 곳에서 실험하였는데 현재까지 한국에서 가장 깊은 수심을 보유한 실내 스쿠버 풀장이다. 장비는 한국 수난구조대원이 일반적으로 사용하고 있는 공기(Air)를 고압으로 압축하여 공기통에 저장하며, 호흡기를 통해 압축된 공기를 주변 압으로 바꾸어 호흡하고, 수중에서 부력조절을 위한 부력조절기, 공기압력계이지, 수심계, 나침반, 핀과 시간 측정을 위해 수중 시계 등을 이용하였다. 슈트는 수온이 따뜻하여 습식 슈트를 착용하였다. ○○실내 스쿠버 훈련장으로, 기온은 32℃, 수온은 28℃, 수중 시계(視界)가 약 10m로 양호하였다.

표 3. 실험 시의 환경
 Table 3. Environment of Experiment

Classification	Description
Place	Gapyeong ○○ Scuba Training Center
Weather	Sunny
Air Temperature	32℃
Water Temperature	28℃
Humidity	70%
Deepest depth	26m
Underwater Visual Field	10m

IV. 실험 결과 및 고찰

1. 수심에 따른 공기소모량의 변화율

수난구조대원들이 수중수색 시 잠수하는 한계 수심은 약 30m임을 설문을 통하여 확인하였다. 한편, 예외적인 경우를 제외하면 청소년기 연령대에서 익수 시간이 20분을 넘어서면 생존하기 힘들다[12]. 공기압력계 이지는 아날로그 게이지가 부착되어있다. 따라서 이 연구는 수면에 떠 있는 상태에서 20분간 공기소모량을 측정 후 1분당 공기소모량을 산정하였다. 수심 5m, 10m, 15m, 20m에서 20분간 공기소모량을 측정하고 각 10분간 휴식을 취하였다, 이어서 25m에서 20분간 공기소모량을 측정하였다.

표 4는 실험조건 아래에서 공기소모량의 변화량 및 식 (2)에 의해 계산한 공기소모량의 이론값을 나타낸다. 잠수 전 수면에서의 분당 평균 공기소모량은 28.63

ℓ/min로 나타났고, 수중 5m는 41.35, 수중 10m는 51.05 ℓ/min, 수중 15m는 66.67 ℓ/min, 수중 20m는 76.18 ℓ/min, 수중 25m는 93.66 ℓ/min로 나타나 수심이 증가할수록 공기소모량이 비례하여 증가함을 알 수 있다. 이와 같은 구조대원은 수중수색 시 수심에 따른 공기의 소모량 변화를 철저히 숙지하여야 한다. 깊은 수심에서 작업 중 급격한 공기의 소모량을 인지하지 못하고 있다면, 수면으로 급상승하게 되면 감압병에 노출되는 위험한 상황에 이를 수도 있다.

실험대상자 A는 잠수 전 수면에서 31.79 ℓ/min, 수중 5m에서 47.41 ℓ/min, 수중 10m에서 57.22 ℓ/min, 수중 15m에서 74.70 ℓ/min, 수중 20m에서 82.65 ℓ/min, 수중 25m에서 104.91 ℓ/min로 나타났고, B는 잠수 전 수면에서 31.25 ℓ/min, 수중 5m에서 44.89 ℓ/min, 수중 10m에서 53.12 ℓ/min, 수중 15m에서 73.43 ℓ/min, 수중 20m에서 81.24 ℓ/min, 수중 25m에서 103.12로 나타나, 각각 비슷한 상승률을 보였다. 그러나, 실험대상자 C는 수면에서 34.06 ℓ/min, 수중 5m에서 50.45 ℓ/min, 수중 10m에서 63.01 ℓ/min, 수중 15m에서 81.04 ℓ/min, 수중 20m에서 95.36 ℓ/min, 수중 25m에서 112.39 ℓ/min로 상승하여 유의하게 높게 나타났는데, 그 이유는 깊은 수심의 수압에 신체가 민감하게 반응하여, 호흡이 다른 참여자보다 다소 빨라 공기소모량을 증가시킨 것으로 보인다. C와 달리 실험대상자 D는 수면 위에서 21.75 ℓ/min, 수중 5m에서 30.03 ℓ/min, 수중 10m에서 38.15 ℓ/min, 수중 15m에서 49.11 ℓ/min, 수중 20m에서 58.52 ℓ/min로, 수중 25m에서 71.76 ℓ/min로 나타났고, E는 수면에서 24.28 ℓ/min, 수중 5m에서 33.99 ℓ/min, 수중 10m에서 43.73 ℓ/min, 수중 15m에서 55.05 ℓ/min, 수중 20m에서 63.12 ℓ/min, 수중 25m에서 76.12 ℓ/min로 유의하게 낮은 공기소모량을 보였다. 이는 D와 E의 연령이 각각 37세, 35세로 실험대상자 중 가장 젊고, 체력이 강건하며, 군 복무 당시 해상의 심해 잠수경험이 풍부하여 공기소모량이 적게 소모된 것으로 판단된다. 실험 평균값과 이론값의 차이가 나는 이유는 실험대상자 구조대원 5명 각자의 경험과 체력, 신체가 수중에서 적응하는 정도의 차이, 그리고 수중 호흡법에 따라 이론값보다 많거나 적게 공기를 소모하여서 나타난 결과로 보인다.

표 4. 공기소모량의 변화량

Table 4. Change in air consumption

Subject	Above the water (ℓ/min)	5m underwater (ℓ/min)	10m underwater (ℓ/min)	15m underwater (ℓ/min)	20m underwater (ℓ/min)	25m underwater (ℓ/min)	Sum (ℓ/min)	Average (ℓ/min)
A	31.79	47.41	57.22	74.70	82.65	104.91	398.68	66.45
B	31.25	44.89	53.12	73.43	81.24	103.12	387.05	64.51
C	34.06	50.45	63.01	81.04	95.36	112.39	436.31	72.72
D	21.75	30.03	38.15	49.11	58.52	71.76	269.32	44.89
E	24.28	33.99	43.73	55.05	63.12	76.12	296.29	49.38
Experimental average	28.63	41.35	51.05	66.67	76.18	93.66	-	-
Theoretical value	28.63	42.75	57.06	71.09	85.12	99.15	-	-

2. 수심에 따른 공기소모량의 감소 영향

구조대원들은 한국 잠수작업 안전기술지침(KOSHA (Korea Occupational Safety & Health Agency) GUIDE)에 의해 자연스럽게 호흡하며 수중수색에 임한다. 실험대상자 D와 E는 수중에서 호흡할 때 호흡을 천천히 깊고 느리게 하는 방법에 익숙한 심해잠수 전문가 출신이다. 이런 호흡 방법은 오랜 심해잠수 경험과 특수훈련으로 몸에 익힌 것으로 보이고, 급하고 거칠게 하는 방법보다 상대적으로 공기소모량 상승에 영향을 적게 미쳤다.

이처럼 구조대원들의 호흡법에 따라 공기소모량의 변화율의 차이가 발생하고, 경력과 풍부한 경험으로 공기소모량이 다르게 소모됨을 알 수 있다. 수중에 처음 잠수할 때는 신체가 새로운 환경에 적응하는 단계로서 본능적으로 다소 호흡이 빠르게 나타나 공기소모량을 증가시킨 것으로 보이고, 수중 10m보다는 수중 20m에서는 수중에 신체가 적응할 시간적 여유가 충분하여 상승률이 다소 낮게 나타난 것으로 보인다. 이처럼 수심에 따라 보일-샤를의 법칙에 의하여 정확하게 비례하여 공기소모량이 수중 10m는 2배, 수중 20m는 3배로 늘어나지는 않았다. 실험 결과는 수심에 따라 수중 5m는 약 1.45배, 수중 10m는 약 1.85배, 수중 15m는 약 2.35배, 수중 20m는 약 2.8배, 수중 25m는 약 3.3배로 분당 공기소모량이 증가한 것으로 나타났다. 이는 개인의 신체가 수중에서 적응하는 정도의 차이와 수중에서 호

흡하는 방법이 달라서 나타난 결과로 보인다. 실험방법을 수중에서 정지한 상태가 아닌 수중수색 및 탐색을 하는 등 신체가 활발히 움직인다면, 공기소모량은 비례하여 더 소모될 것으로 판단된다.

위와 같이 수중에 깊이 잠수할수록 주위의 압력은 높아지고, 압력이 높을수록 호흡하는 공기의 밀도 역시 높아지며, 공기의 밀도가 높아질수록 공기통 속의 압축된 공기를 더 빨리 소모하게 됨을 확인하였다.

V. 결 론

이 연구는 수심에 따른 공기소모량의 변화율 부분에 한정하고, 실험대상자 5명을 선발하여 실험하였다. 수면 위, 수중 5m, 수중 10m, 수중 15m, 수중 20m 및 수중 25m에서 잠수 시 공기소모량의 분당 변화를 분석하였다. 실험 결과는 다음과 같다.

(1) 실험대상자 A는 잠수 전 수면에서 31.79 ℓ/min, 수중 5m에서 47.41 ℓ/min, 수중 10m에서 57.22 ℓ/min, 수중 15m에서 74.70 ℓ/min, 수중 20m에서 82.65 ℓ/min, 수중 25m에서 104.91 ℓ/min로 나타났다. B는 잠수 전 수면에서 31.25 ℓ/min, 수중 5m에서 44.89 ℓ/min, 수중 10m에서 53.12 ℓ/min, 수중 15m에서 73.43 ℓ/min, 수중 20m에서 81.24 ℓ/min, 수중 25m에서 103.12로 나타나, 각각 비슷한 상승률을 보였다.

(2) 실험대상자 C는 물 위에서 34.06 ℓ/min, 수중

5m에서 50.45 l/min, 수중 10m에서 63.01 l/min, 수중 15m에서 81.04 l/min, 수중 20m에서 95.36 l/min, 수중 25m에서 112.39 l/min로 상승하여 유의하게 높게 나타났는데, 그 이유는 깊은 수심의 수압에 신체가 민감하게 반응하여, 호흡이 다른 참여자보다 다소 빨라 공기소모량을 증가시킨 것으로 보인다.

(3) 실험대상자 D는 수면 위에서 21.75 l/min, 수중 5m에서 30.03 l/min, 수중 10m에서 38.15 l/min, 수중 15m에서 49.11 l/min, 수중 20m에서 58.52 l/min로, 수중 25m에서 71.76 l/min로 나타났고, E는 수면에서 24.28 l/min, 수중 5m에서 33.99 l/min, 수중 10m에서 43.73 l/min, 수중 15m에서 55.05 l/min, 수중 20m에서 63.12 l/min, 수중 25m에서 76.12 l/min로 유의하게 낮은 공기소모량을 보였다. 이는 D와 E의 연령이 각각 37세, 35세로 실험대상자 중 가장 젊고, 체력이 강건하며, 군 복무 당시 해상 심해 잠수경험이 풍부하여 나타난 결과로 보인다.

(4) 실험대상자 분당 평균 공기소모량은 수면 위 28.63 l/min, 수중 5m는 41.35 l/min, 수중 10m는 51.05 l/min, 수중 15m는 66.67 l/min, 수중 20m는 76.18 l/min, 수중 25m는 93.66 l/min로 나타나 수면과 비교하여 수중 5m는 약 1.45배, 수중 10m는 약 1.85배, 수중 15m는 약 2.35배, 수중 20m는 약 2.8배, 수중 25m는 약 3.3배로 분당 공기소모량이 증가하였다. 이는 구조대원 각자의 경험과 체력, 신체가 수중에서 적응하는 정도의 차이, 그리고 수중 호흡법이 달라서 나타난 결과로 보인다.

(5) 실험 평균값과 이론값의 차이는 실험대상자 구조대원 5명 각자의 경험과 체력, 신체가 수중에서 적응하는 정도의 차이, 그리고 수중 호흡법에 따라 이론값보다 많거나 적게 공기를 소모하여서 나타난 결과로 보인다.

향후 연구과제로 수중에서 정지한 상태가 아닌 수중수색 및 탐색을 하는 등 신체가 활발히 움직일 때 공기소모량의 변화율을 파악하여 정보를 제공할 필요성이 있다.

References

- [1] Kim, Sung Gil, The Effect of Repetitive Dive on Blood Constituents and Physiological Reactions in No Decompression Limit, Division of Underwater Diving Technology Graduate School of Maritime Management & Technology, p. 6, 2006.
- [2] Kim, Sung Gil, The Effect of Repetitive Dive on Blood Constituents and Physiological Reactions in No Decompression Limit, Division of Underwater Diving Technology Graduate School of Maritime Management & Technology, p. 7, 2006.
- [3] Kim, Sung Gil, The Effect of Repetitive Dive on Blood Constituents and Physiological Reactions in No Decompression Limit, Division of Underwater Diving Technology Graduate School of Maritime Management & Technology, p. 9, 2006.
- [4] Kim, Sung Gil, The Effect of Repetitive Dive on Blood Constituents and Physiological Reactions in No Decompression Limit, Division of Underwater Diving Technology Graduate School of Maritime Management & Technology, p. 12, 2006.
- [5] Kim, Jong-Su, The Comparison a Heart rate and an Air Exhaustion of Skinscuber's Open water, Dive leader, Dive master, Graduate School of Chong-Ju University, p. 3, 2001.
- [6] Kim, Jong-Su, The Comparison a Heart rate and an Air Exhaustion of Skinscuber's Open water, Dive leader, Dive master, Graduate School of Chong-Ju University, p. 31, 2001.
- [7] Kim, Seung Chul, The study of Physiological Response Changes to the Depth of Water during Scuba-Diving, Graduate School of Education Inje University, p. 8, 2004.
- [8] Ahn, Jea-Beom, The change of nitrogen saturation rate according to diving depth and rest time in scuba diving, Department of Physical Education Graduate School University of Incheon, p. 8, 2002.
- [9] Kim, Sung Gil, The Effect of Repetitive Dive on Blood Constituents and Physiological Reactions in No Decompression Limit, Division of Underwater Diving Technology Graduate School of Maritime Management & Technology, p. 20, 2006.
- [10] Circulation volume 102(8), 22 August, pp. 233-236, 2000.
- [11] Kim, Koung-Jin, Study on the search in submerged districts during rescue, Department of Disaster Prevention Graduate School of Urban Sciences University of Seoul, p. 62, 2007.
- [12] Circulation volume 102(8), 22 August, pp. 233-236, 2000.