



저 수온에서의 잠수가 신체 활력 징후 및 추위 인식도에 미치는 효과

김명훈 · 강신영 · 강신범[†]
(한국해양대학교)

The Effects of Cold Water Diving on the Human Vital Signs and Coldness Perception

Myoung Hoon KIM · Shin-Young KANG · Shin-Beum KANG[†]
(Korea Maritime and ocean University)

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of cold water diving on both vital functions and coldness perception of the human body. The subjects were aged between 21 and 30 with diving experience at least three years, and have undergone a minimum of fifty independent dives. During the experiment the subjects were exposed to an environment five meters below the surface of a diving pool where the temperature was 11 degrees Celsius. The subjects were tested both with a wetsuit and a drysuit for a period of 30 minutes, and then vital signs were measured.

Cold perception analysis showed similar differences in both cases. Evaluations measured discomfort, cold, extremity temperatures and shivering. Our results indicated that subjects wearing wetsuit experienced an average body temperature decrease of 2.2 degrees Celsius. Subjects wearing drysuits experienced an average body temperature decrease of 1.3 degrees Celsius. In breathing respiration volume comparison, the subjects wearing drysuits consumed on average, 3.99 sq. feet less air. The t-tests showed a similar pattern of $p < .05$. However, in the cases of blood pressure and pulse comparison, different patterns were noticed on drysuit and wetsuit subject comparison.

Analysis of temperature awareness tests showed values of .007 for discomfort .005 for cold, .001 for extremity temperatures and .003 for shivering($p < .05$). The results indicate that in cold water diving temperatures, changes that occur in respiration volume, temperature, and cold perception are exacerbated by longer exposures and colder temperatures. This study suggests that further research are required to study harmful effects of cold water diving.

Key words : Cold water diving, Human Vital Signs, Diving, Skin Scuba

I. 서론

삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라는 해양활동이 활발하게 이루어지고 있으며, 각각에 잠수업

계에서는 계절에 상관없이 잠수를 실시하고 있다. 특히 겨울에 대한민국 바다는 2011년 2월 최저 1.1°C(용유도)까지 하락하며, 대부분에 잠수업계는 산업적인 목적과 군사적인 목적으로 수온과

[†] Corresponding author : 051-410-4791, kangsb@kmou.ac.kr

※ 본 논문은 2013년도 한국해양대 석사학위논문을 수정·보완한 것임.

관련 없이 잠수를 실행하고 있다. 물론 군사 잠수와 산업 잠수의 잠수사들은 각 시스템에 맞는 훈련을 통하여 자격이 부여되고 겨울철 추위를 극복하기 위한 훈련 및 적응 프로그램을 적절히 수행하고 있다. 하지만 우리의 신체는 추위에 완벽히 적응할 수 없을 뿐만 아니라, 강인한 정신력을 지니고 있는 잠수사라고 하여도 정신력만으로 해결할 수 없는 생리학적 문제와 심리적 문제를 가지고 있다.

저 수온에서 잠수로 인하여 차가워진 잠수사는 중간 레벨의 체온 저하라고 해도 감압병을 발병시킬 큰 위험이 있다. 저체온증은 혈액을 몰아보내는 것 외에도, 대사 이상, 혈액의 화학 변화, 혈관의 수축, 탈수 상태, 기체의 방출과 흡수의 전환, 떨림, 근육의 긴장, 순환량의 전환, 큰 온도 변화(특히 표면), 다른 많은 심리학상의 변화가 일어나게 되고, 이 모두가 감압병을 발생시키는 가장 큰 잠재적 요소가 된다(IANTD, 2009).

그러나 많은 잠수사는 저 수온으로 인해 발생하는 사고의 위험을 인식하지 못한 채 잠수를 시도하고 있고 이것의 가장 큰 문제는 명확한 기준 없이 추우면 건식 잠수복을 착용하고 춥지 않으면 습식 잠수복을 착용하는 잠수 방식을 고수하고 있다는 것이다. 그 추위에 대한 기준과 이론적 배경이 명시되지 않을 시 앞으로도 적절하지 못한 잠수 절차로 잠수를 시도할 것이며, 언젠가는 안전사고라는 결과가 발생할 것으로 생각한다. 이러한 안정과 관련하여 중요한 요인을 가진 연구의 분야이지만 지금까지의 잠수와 관련된 선행연구를 살펴보면(Ju Yup Lee et al., 2006; Che Cheong Ryew, Chul Ho Woo 2005, Mi Jeong An 2010; Soo Hee Kim 2008) 등의 연구가 진행되었지만 대부분의 연구주체는 잠수부들의 현상학 연구이며, 잠수 시 수온에 따른 잠수부의 신체 생리학적 변화를 측정하는 연구는 없는 상태이다.

따라서 본 연구에서는 저 수온에서 잠수 시 우리 몸은 신체활동중후 및 추위 인식도에 영향을 미친다는 가설을 설정하고 이를 측정하여 잠수사

의 안전과 효율적인 잠수 절차, 잠수 장비 발전에 필요성을 느껴 그에 따른 기초 자료를 제공하고자 연구를 진행하였다.

저 수온에서 잠수 시 잠수사의 신체 활력 징후 및 추위 인식도를 관찰하여 그에 따른 신체손상 및 부상을 예방하고 잠수사의 안전성을 증가시키며 효율적인 잠수 절차와 잠수 장비 발전에 목적을 두고 실험을 설계하였다.

II. 연구 방법

1. 실험 설계 및 대상

본 실험은 저 수온에서 잠수 시 잠수사의 신체 활력 징후 변화 및 피실험자의 추위 인식도를 관찰함으로 그에 따른 신체손상 및 부상을 예방하고 저체온증 및 감압병 발병률을 감소시키는 것에 목적을 두고 실험을 설계 하였다. 본 실험은 잠수 경력이 3년 이상, 잠수 횟수 50회 이상의 잠수사를 대상으로 실험에 참여하였다. 또한 <Table 1>과 같이 신체 건강한 7명의 남성으로 평균연령 25.2세의 잠수사들이 실험에 참여하였다.

<Table 1> Physical characteristics of the subjects (N=7)

	age	height(cm)	weight(kg)
A	29.3	188	88
B	29.1	167	64
C	27.2	176	70
D	23.9	168	65
E	23.5	175	68
F	22.6	170	70
G	21.2	182	76
average	25.2±3.24	175.14±7.71	71.57±8.24

2. 실험 도구

본 실험에 사용되는 도구는 활력 징후 측정도구와 스쿠버 장비를 사용하여 실험을 실행하였다. 스쿠버 장비는 호흡측정의 정확성을 위하여 유형1과 유형2 시험 시 동일한 장비를 사용하였고, 사용된 도구는 다음 <Table 2>과 같다.

3. 실험 방법

가. 잠수복의 유형

본 실험은 동일한 환경과 수온에서 습식 잠수복(Type 1)과 건식 잠수복(Type 2)을 각각 착용한 후 잠수 전과 30분간 잠수 후 신체 활력 징후와 피실험자의 추위 인식도를 측정하였다.

유형1 - 수온 11℃, 수심 5 m 풀장에 습식 잠수복을 착용 후 30분간 잠수를 실행하여 잠수
유형2 - 수온 11℃, 수심 5 m 풀장에 건식 잠수복을 착용 후 30분간 잠수를 실행하여 잠수

나. 실험 환경의 대한 적절성

(1) 수온: 1년 중 남해안에서 가장 수온이 낮게 내려가는 1~3월에 평균 해수면 온도인 약 10℃에 환경과 가장 비슷한 수온에 환경을 선정하여 11℃에 수온에서 실험을 실행함.

(2) 실험 시간: 본 실험에 적절성과 저 수온에서 신체 변화에 기초자료를 확인하기 위해 선행 실험을 실행하였고, 그 결과 13℃ 수온에서 약 30분 전/후에 피실험자에 체온이 34.6℃를 기록하여 본 실험에 실험 시간을 30분으로 선정하여 실험을 진행함.

다. 잠수 내용

(1) 잠수 직후 신체 활력 징후측정을 위하여 7명에 피실험자에 입수 간격을 3분으로 선정하여 차례대로 입수하였고, 개인 잠수 시간이 30분을 기록하였을 때 상승하여 잠수 직후 신속히 신체 활력 징후를 측정하였다.

(2) 2가지 유형의 신체 활력 징후 변화의 정확

성을 높이기 위해 동일한 수심에서 신체활동을 최소화하기 위하여 엎드린 자세로 최대한 힘을 뺀 후 30분간 잠수를 실행하였다.

라. 잠수 전후의 신체 활력 징후 측정

본 연구에서는 잠수 전후의 신체 활력 징후를 측정하기 체온, 맥박, 잠수중의 호흡량 및 혈압을 측정하였다. 체온은 잠수 10분 전 최대한 안정을 취한 상태에서/잠수 직후 1분 내에 고막 체온계를 사용하여 측정 하였다. 맥박은 잠수 10분 전 최대한 안정을 취한 상태에서/잠수 직후 2분 내에 잠수 UA-772C 디지털 혈압/맥박계를 사용하여 앉은 자세에서 실험참여자의 우측 팔을 측정 하였다. 잠수중의 호흡량은 잠수 전/후의 실린더의 공기량을 레귤레이터 게이지에 측정된 압력(bar)으로 기록하여 잠수 전후의 차이 값으로 측정하였으며, 잠수 절차상 10단위로 기록하였다. 혈압은 잠수 10분 전 최대한 안정을 취한 상태에서/잠수 직후 2분 내에 UA-772C 디지털 혈압/맥박계를 사용하여 측정하여, 수축기 혈압과 이완기 혈압을 각각 기록 하였다.

마. 피실험자의 추위 인식도 변화

잠수 후 10분 내에 잠수 중 느꼈던 추위 인식도는 <피실험자의 추위 인식도 설문지>를 이용하여 평가 하였다. 본 설문지는 NEDU(2006)에서 superinsulation aerogel 소재의 잠수복 성능평가를 위한 연구에서 추위 인식도에 대한 연구 시 사용된 설문지이다.

4. 자료 처리

실험참여자의 신체적 특징은 평균과 표준편차로 나타내었으며, 잠수 전과 잠수 후에 신체 활력 징후(체온, 혈압, 맥박)의 변화를 알아보기 위하여 일원배치 분산분석(One-Way ANOVA)을 실시하였으며, 잠수중 호흡량은 대응표본 t-test를 실시하였다. 또한, 피실험자의 추위 인식도 분석에서는 건식 잠수복과 습식 잠수복을 착용 후 잠수 중 느꼈던 추위 인식도 변화를 비교하여 분석

을 실행하였고, 모든 값을 평균과 표준편차로 나타내었다. 본 연구에서의 자료 분석 방법은 SPSS 12.0 프로그램을 사용하여 분석하였으며, 모든 통계분석의 유의 수준은 $p < .05$ 로 설정 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 신체 활력 징후 변화

잠수 전후에 측정된 신체 활력 징후의 변화에 대한 분석 결과를 <Table 2>에 제시하였다. 습식 잠수복 착용 후 잠수 전 체온은 $36.48 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 였고 잠수 후 체온은 $34.27 \pm 0.39^\circ\text{C}$ 로 약 2.2°C 하락하였다. 건식 잠수복 착용 후 잠수 전 체온은 $36.41 \pm 0.46^\circ\text{C}$ 였고 잠수 후 체온은 $35.1 \pm 0.52^\circ\text{C}$ 로 약 1.3°C 하락한 것을 확인할 수 있었다. 일원배치 분산분석을 실시한 결과 두 유형의 잠수 모두 잠수 전/후 체온은 유의한 변화가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 건식 잠수복을 착용하였을 때보다 습식 잠수복을 착용하였을 때 잠수 후 체온은 평균 0.82°C 낮게 측정되었고 두 유형의 잠수 후 체온 변화 역시 유의한 것으로 나타났다($p < .05$).

맥박에 변화는 습식 잠수복 착용 후 잠수 전 63.57 ± 12.38 beats/min이었고 잠수 후 맥박은 65.71 ± 13.74 beats/min으로 평균 2.14 beats/min 상

승하였다. 건식 잠수복 착용 후 잠수 전 맥박은 71.71 ± 6.62 beats/min이었고 잠수 후 맥박은 66.00 ± 6.65 beats/min으로 평균 5.71 beats/min 하락하였다. 일원배치 분산분석을 실시한 결과 양 잠수 모두 잠수 전/후 맥박 변화는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 건식 잠수복을 착용하였을 때보다 습식 잠수복을 착용하였을 때 잠수 후 맥박은 평균 0.28 beats/min 낮게 측정되었고 두 유형의 잠수 후 맥박은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

습식 잠수복 착용 후 잠수 전 수축기 혈압은 128.85 ± 8.19 mmHg로 측정되었고, 이완기 혈압은 82.00 ± 8.79 mmHg이었고 잠수 후 수축기 혈압 144.85 ± 11.69 mmHg로 측정되었고, 이완기 혈압 85.57 ± 21.51 mmHg로 수축기 혈압은 평균 16 mmHg 상승하였고, 이완기 혈압은 평균 3.57 mmHg 상승하였다. 일원배치 분산분석을 실시한 결과 습식 잠수복을 착용 후 잠수 전과 후에 수축기압 변화에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 하지만 그밖에 습식 잠수복 착용 후 잠수 전과 후 이완기압 및 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 수축기압, 이완기압 변화에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 건식 잠수복을 착용하였을 때보다 습식 잠수복을 착용하였을 때

<Table 2> Changes in signs of body vitality before and after diving depending on the type of wetsuit

	Wetsuit type	before diving	Agter diving	f	P-value
temperature ($^\circ\text{C}$)	wet	36.48 (0.504)	34.27 (0.394)	2.21	.000
	dry	36.41 (0.463)	35.10 (0.522)*	1.31	.000
pulse (beats/min)	wet	63.57 (12.28)	65.71 (13.74)	-2.14	.980
	dry	71.71 (6.62)	66.00 (6.65)	5.71	.733
Systolic blood pressure (mmHg)	wet	128.85 (8.19)	144.85 (11.69)	-16.00	.022
	dry	132.42 (7.13)	136.85 (10.88)	-4.42	.823
Diastolic blood pressure (mmHg)	wet	82.00 (8.79)	85.57 (21.51)	-3.57	.958
	dry	83.28 (8.26)	83.00 (10.01)	.28	1.000
Volume of breath (ft^3)	wet	-	19.95 (4.6)	-	-
	dry	-	15.96 (4.6)*	-	-

average(\pm Standard Deviation)

* $P < 0.05$

잠수 후 수축기 혈압은 평균 8 mmHg 높게 측정되었고, 이완기 혈압은 평균 2.71 mmHg 낮게 측정되었다. 두 유형의 잠수 후 혈압은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

잠수 후 호흡량 변화는 습식 잠수복 착용 후 잠수 시 30분간 19.95 ± 4.6 ft^3 을 소모하였고, 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 30분간 15.96 ± 4.6 ft^3 을 소모하였으며, 습식 잠수복을 착용하였을 때보다 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 평균 3.99 ft^3 을 덜 소모하는 것으로 확인되었다. t-test를 실시한 결과 양 잠수에서 잠수 후 호흡량은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$).

2. 추위 인식도 변화

잠수복 유형에 따른 추위인식도 변화에 대한 결과는 표3에 제시하였다. 습식 잠수복과 건식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 불편함에 대한 추위 인식도는 잠수 15분경과 후 습식 잠수복의 결과는 5.42 ± 2.22 로 기록하였고 건식 잠수복의 결과는 8.00 ± 0.57 로 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 평균 2.57 높게 평가되었다. t-test를 실시한 결과 두 유형의 잠수에 불편함에 대한 추위 인식도는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 또한 30분경과 후 습식 잠수복의 결과는 3.57 ± 1.27 로 기록하였고 건식 잠수복의 결과는 6.14 ± 0.89 로 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 평균 2.57 높게 평가되었다. t-test를 실시한 결과 두 유형의 잠수에 불편함에 대한 추위 인식도는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$).

습식 잠수복과 건식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 추위에 대한 인식도는 잠수 15분경과 후 습식 잠수복의 결과는 4.71 ± 1.6 으로 기록하였고 건식 잠수복의 결과는 8.28 ± 0.48 로 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 평균 3.57 높게 평가되었다. t-test를 실시한 결과 두 유형의 잠수에 추위 인식도는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 또한 30분경과 후 습식 잠수복의 결과

는 3.42 ± 1.13 으로 기록하였고 건식 잠수복의 결과는 6.57 ± 1.27 로 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 평균 3.14 높게 평가되었다. t-test를 실시한 결과 두 유형의 잠수에 추위 인식도는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$).

습식 잠수복과 건식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 손의 추위에 대한 인식도는 잠수 15분경과 후 습식 잠수복의 결과는 6 ± 2.16 으로 기록하였고 건식 잠수복의 결과는 7.28 ± 1.11 로 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 평균 1.28 높게 평가되었다. t-test를 실시한 결과 두 유형의 잠수에 손의 추위 인식도는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 또한 30분경과 후 습식 잠수복의 결과는 3.42 ± 1.39 로 기록하였고 건식 잠수복의 결과는 5.71 ± 1.25 로 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 평균 2.28 높게 평가되었다. t-test를 실시한 결과 두 유형의 잠수에 손의 추위 인식도는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$).

습식 잠수복과 건식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 발의 추위에 대한 인식도는 잠수 15분경과 후 습식 잠수복의 결과는 6.14 ± 2.54 로 기록하였고 건식 잠수복의 결과는 9 ± 0.57 로 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 평균 2.85 높게 평가되었다. t-test를 실시한 결과 두 유형의 잠수에 발의 추위 인식도는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 또한 30분경과 후 습식 잠수복의 결과는 3.85 ± 1.95 로 기록하였고 건식 잠수복의 결과는 7.71 ± 1.38 로 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 평균 3.85 높게 평가되었다. t-test를 실시한 결과 두 유형의 잠수에 발의 추위 인식도는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$).

습식 잠수복과 건식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 떨림에 대한 추위 인식도 15분경과 후 습식 잠수복의 결과는 5.42 ± 2.57 로 기록하였고 건식 잠수복의 결과는 9.14 ± 1.06 으로 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 평균 3.71 높게 평가되었다. t-test를 실시한 결과 두 유형의 잠수에 떨림에 대한 추위 인식도는 유의한 차이가 있는 것

<Table 3> Changes in the awareness of cold depending on the type of wetsuit

		15 minutes past	30 minutes past
Discomfort during diving	wet	5.42 (2.22)	3.57 (1.27)
	dry	8.00 (0.57)	6.14 (0.89)
	t	-3.05	-3.95
	P-value	.022	.007
Cold during diving	wet	4.71 (1.6)	3.42 (1.27)
	dry	8.28 (0.48)	6.57 (1.13)
	t	-6.76	-4.26
	P-value	.001	.005
The cold of the diving hand	wet	6.00 (2.16)	3.42 (1.39)
	dry	7.28 (1.11)	5.71 (1.25)
	t	-2.46	-6.35
	P-value	.049	.001
Cold of foot during diving	wet	6.14 (2.54)	3.85 (1.95)
	dry	9 (0.57)	7.71 (1.38)
	t	-3.33	-6.48
	P-value	.016	.001
Trembling during diving	wet	5.42 (2.57)	9.14 (1.06)
	dry	2.85 (1.21)	7.42 (2.22)
	t	-3.83	-4.701
	P-value	.009	.003

average(±Standard Deviation)

으로 나타났다($p<.05$). 또한 30분경과 후 습식 잠수복의 결과는 2.85 ± 1.21 로 기록하였고 건식 잠수복의 결과는 7.42 ± 2.22 로 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 평균 4.57 높게 평가되었다. t-test를 실시한 결과 두 유형의 잠수에 떨림에 대한 추위 인식도는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.05$).

IV. 논 의

본 연구는 저 수온에서 잠수 시 신체 활력 징후 및 피실험자의 추위 인식도를 관찰함으로써 저 수온에서 잠수 시 신체에 어떠한 영향을 미치는지를 설정한 가설을 중심으로 분석한 결과가 갖는 의미들을 다음과 같이 논의 하였다.

1. 신체 활력 징후 변화

인간은 정식적 또는 육체적 스트레스를 받게 되면 신체는 항상성유지기능에 심각한 도전을 받게 되며 이러한 반응은 심리적, 생리적인 변화를 동반하여 표출된다(Cha Joung taek, 2009). 수중환경은 신체에 항상 외부적인 스트레스를 주게 되고 그 수중환경의 수온에 차이에 따라 신체가 느끼는 스트레스에 강도는 더욱 높아질 것이며 이런 스트레스의 반응으로 신체 활력 징후 변화로 표출될 것이다.

본 연구에서도 2가지 유형으로 잠수 후 신체 활력 징후 변화를 관찰하였다. 체온은 습식 잠수복 착용 후 잠수 전/후 일원배치 분산분석 결과 유의도 .000으로 명확한 변화를 관찰하였고, 건식 잠수복 역시 유의도 .000로 유의한 것으로 나타났다. 맥박은 습식 잠수복 착용 후 잠수 전/후 일원배치 분산분석 결과 유의도 .980로 유의한 변화를 관찰하지 못하였고, 건식 잠수복 역시 유의

도 .733로 유의한 차이를 관찰하지 못하였다. 혈압은 습식 잠수복 착용 후 잠수 전/후 일원배치 분산분석 결과 수축기압 유의도 .022로 통계학적 유의한 변화를 나타냈고, 이완기압은 유의도 .958로 유의한 변화를 관찰하지 못하였다. 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 수축기압 유의도 .823, 이완기압 유의도 1.000로 유의한 변화를 관찰하지 못하였다. 하지만 호흡은 습식 잠수복 착용과 건식 잠수복착용 후 t-test 결과 유의도 .038으로 통계학적인 유의한 변화가 있는 것으로 나타났다.

본 연구의 다음과 같은 변화는 여러 가지 신체적인 문제를 제기할 수 있다. 첫 번째로 감압병 발병률 증가이다. 저 수온에서 신체에 불활성기체의 용해도는 따뜻한 수온보다 증가 되며, 정상적인 상황보다 불활성기체 흡입량의 증가는 감압병 발병률 증가에 직접적인 영향을 미친다고 사료된다. 또한, 저 수온에서 잠수 시 체온 유지를 위해 정상 시보다 호흡량이 증가하는데 호흡량에 증가는 정상호흡 시보다 불활성기체의 흡입량 역시 증가하고 역시 감압병 발병률의 증가로 이어진다고 사료된다. 마지막으로 저 수온에서 잠수 시 저체온으로 인해 잠수 초기에는 신체 말단부까지 혈액이 순환되지만, 점차 잠수가 진행됨에 따라 혈액순환은 상체를 중심으로 이뤄지며, 말단조직 혈액의 흐름은 줄어들게 된다. 따라서 저 수온에서 잠수가 지속되면 말초혈관의 혈액 흐름이 감소되며, 말초혈관계로부터 질소가 배출되는 능력이 감소한다. 즉 잠수 초기에 말단부에 과다히 흘러들어 간 질소는 이를 배출시키지 못하므로 말단부의 질소는 결국 기포를 형성하여 감압병 발병률 증가에 영향을 미친다고 생각된다. 실제로 해군 해난구조대에서는 많은 잠수 시 정상적인 감압절차를 준수하였는데도 불구하고 잠수 후 감압병을 호소하는 잠수사들을 많이 목격하였고 그에 따른 추가적인 가압치료를 실행하는 경우를 많이 확인하였다. 이는 통상적으로 여름철에 잠수할 때보다 겨울에 많이 발생하며 그 이유는 위에 사항들로 사료된다.

두 번째로는 잠수 반사로 인한 신체 변화다. 냉수에 갑자기 얼굴을 담그거나 온몸이 잠겼을 때 반사적으로 심박동수 감소, 말초혈관 수축, 뇌와 심장으로 가는 혈류가 증가하는 것이 잠수 반사라고 한다. 저 수온에서 잠수 시 비록 사람에게 심박동수를 감소시키지만, 신체의 주요장기의 산소요구량이나 대사를 감소시키지 못한다. 오히려 그 반대로 대사와 산소 소모량이 증가된다. 이는 저 수온에서 몸을 따뜻하게 유지하는 즉각적인 반응이다. 또한, 서맥 현상은 부정맥의 확률을 증가시켜 예기치 못한 사고로 이어질 수 있다. 잠수 반사로 인한 말초신경계 수축은 말초신경계 혈액이 줄어들고 질소에 배출 능력이 감소함에 따라 감압병 발병률 증가로 이어질 수 있다. 다음과 같이 잠수 반사로 인한 신체의 변화를 살펴보면 급작스런 혈관 수축으로 심박동수를 감소시키고, 증가한 정맥관류로부터 심장의 혈액 부피를 증가시킨다. 그리고 비정상적인 심장 리듬이 발생했을 때 모든 사람의 심장체계에서 견딜 수 있는 것은 아니어서 잠수 사고로 이어질 수 있다고 사료된다.

세 번째로는 저체온증 발생이다. 같은 질량을 갖는 공기와 물이 있을 때 물의 온도를 올리는데 소요되는 열량은 공기 온도를 올리는데 소요되는 열량의 4배가 소요된다. 한편 같은 부피의 물 온도를 올리는 데 필요한 열량을 같은 부피를 갖는 공기 온도를 올리는 데 필요한 열량보다 1,000배나 많이 소요된다. 즉 물은 공기보다 밀도가 770배(밀물기준)나 높아 열을 흡수하는 능력이 탁월하다.

물은 공기보다 열 전도성이 약 20~25배 높다. 따라서 수중에서는 같은 온도라도 대기 중에서도 25배나 빨리 체온손실이 발생하기 때문에 저 수온에서 잠수 시 저체온증이 발생하기 쉽다. 수중에서 저체온증이 발생하면 떨림, 판단능력 저하, 세밀한 작업능력 저하 때문에 수중에서 자신의 안전을 무시하고 상승률을 증가시킬 수 있고, 일부 또는 전체의 감압을 생략하고 해면으로 상

승하여 감압병에 노출될 수 있다.

2. 추위 인식도 변화

본 연구에서 조사한 피실험자의 추위 인식도는 5개의 질문으로 잠수복의 종류에 따라 추위 인식도 정도를 파악하였다. 총 5개의 질문 중 5개의 모든 질문에서 통계학적 유의한 차이를 나타냈다. 다음과 같은 결과는 건식 잠수복과 습식 잠수복의 통계학적 차이점을 확인하는 결과이지만 그만큼 추위에 노출되면 신체는 추위에 대한 인식도 변화가 발생한다는 것 역시 확인할 수 있었다.

신체에 추위 인식도 변화는 잠수에서 다음과 같은 문제를 제기할 수 있다. 첫 번째 판단 능력 저하 현상이다. 잠수사가 수중에 들어가서 추위에 대한 스트레스에 노출되면 잠수에 대한 안전 문제 및 잠수 목적 자체를 무시하고 추위 스트레스에 대한 민감도가 증가하게 되고 이러한 증상은 잠수능력 저하 및 안전사항 무시로 이어질 수 있다. 가장 대표적인 예로 겨울철 잠수 시 감압 정지점을 무시하고 해면으로 상승하는 잠수사의 이야기는 쉽게 들을 수 있다. 이는 감압 정지점에서 감압병에 대한 위험성을 알고 있음에도 추위에 대한 스트레스를 참지 못하고 감압을 무시하는 잠수사들의 경험담이다.

두 번째 떨림에 의한 신체적 문제이다. 본 연구 설문지에 떨림에 대한 질문에서는 시간에 경과에 따라 대부분에 잠수사들이 떨림을 경험하였고, 잠수를 조금이라고 경험해본 사람이라면, 떨림을 경험했을 것으로 생각한다. 떨림이란 추위에 노출되어 근 긴장도가 높아져서 혈관 평활근의 수축으로 오한이 나며 어느 한계의 근 긴장도를 넘게 되면 불규칙적으로 골격근이 10~20회/초의 빈도로 불규칙하게 수축과 이완을 반복하게 되는 것을 말한다. 다음과 같이 골격근에 불규칙한 수축과 이완에 반복은 신체의 에너지 소비량의 증가로 인해 경도 저체온증에서 중증 저체온

증으로 발달할 수 있으므로 잠수사들에 안전사고로 이어질 수 있다.

3. 잠수복의 선택

USN(2008)은 26.5°C이상의 수온에서는 잠수복이 필요하지 않고, 습식 잠수복을 착용 후 수온 18.5°C에서는 시간제한 없이 잠수할 수 있고, 수온 13°C에서 5시간, 수온 7°C에서 3시간, 수온 1.5°C에서 1시간 잠수할 수 있고, 건식 잠수복을 착용 후 수온 13°C에서는 시간제한 없이 잠수할 수 있고, 수온 7°C에서 5시간, 수온 1.5°C에서 3시간이라고 표기해두었다.

본 연구에서 건식 잠수복과 습식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행한 결과 신체 활력 징후 변화 및 피실험자의 추위 인식도를 확인할 수 있었다. 하지만 미국 해군 교범에서 표기한 내용을 살펴보면 건식 잠수복은 수온 13°C에서 잠수 제한 시간을 설정하지 않았고 일부 잠수복 업체 및 의사들은 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 체온의 변화는 생기지 않을 것이라고 설명하였다. 하지만 실제 11°C에서 30분 잠수 후 7명 중 2명이 35°C 이하의 체온을 나타냈고, 평균 35.1°C에 체온을 기록하였다. 만약 위에 표기된 시간 수온 7°C에서 5시간 동안 잠수를 실행한다면 더 많은 체온 손실이 생길 것으로 생각한다. 또한, 습식 잠수복은 13°C에서 5시간에 잠수시간을 설정하였는데, 실제 11°C에서 30분간 잠수 후 7명 중 6명이 35°C이하의 체온이 측정되었고 평균 34.27°C에 체온을 기록하였다. 이는 대부분에 잠수사들이 경증 저체온증이 발생하였고 만약 잠수시간이 더욱 길어진다면 안전사고가 발생할 수 있음을 나타낸다.

물론 미국 해군 잠수 교범에는 권장사항이 아닌 참고 사항으로 표기해두었다. 하지만 잠수 연구기관이 없는 대한민국 해군은 미국 해군 잠수 교범을 대한민국 해군에 잠수 교범으로 사용하고 있는 실정으로 참고 사항도 믿고 따라갈 수밖에

없는 상황이다. 만약 잠수 작전 및 훈련 시 다음 사항을 참고하여 잠수 계획을 설정한다면 많은 잠수사는 저체온증에 노출될 수 있고 또한 심각한 안전사고로 이어질 수 있다고 사료된다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 저 수온에서의 잠수가 신체 활력 징후 및 추위 인식도에 미치는 영향을 관찰하기 위해 7명에 잠수사가 수온 11°C에서 30분간 잠수를 실행하였다. 저 수온에서 잠수 시 신체 활력 징후 변화는 체온과 호흡량에서 명확한 차이를 보여주었고, 혈압과 맥박에서는 유의한 차이점을 확인할 수 없었다. 추위 인식도 변화에서는 모든 항목에서 건식 잠수복을 착용 시 더욱 안정적이고 편안하다는 유의한 차이를 보여 주었다. 본 연구의 결과 저 수온에서 잠수 시 신체는 체온, 호흡량 및 피실험자의 추위 인식도 변화가 생기는 것을 확인할 수 있었으며 이는 수온이 더욱 차가울수록, 잠수시간이 더욱 길어질수록 변화율은 더욱 높아질 것이며, 이에 따른 추가적인 체온 보호 장비 및 잠수 절차에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

References

- Beach, P. S. & McCormick, D. P.(1991). Clinical applications of ear thermometry. *Clinical Pediatrics*, 30 (S4), 3.
- Brooks, C. J.(2001). *Survival in Cold Waters*. A Report Prepared, Transport Canada.
- Cha Joung taek(2009). *Effect that Diving Career influences to Stress Hormone When Technical Scuba Diving*. Dankook University.
- Che Cheong Ryew & Chul Ho Woo(2005) *The Study on Response Time, Task Tracing-Completion Time and Accuracy on Increase of Bottom Time during Saturation Diving*, 16(4), 35-42.
- DuCharme, B.(2008). *Thermal protection and estimated survival time during cold water immersion with the LASA NBC suit*. Technical Report Defence R&D Canada.
- IANTD(2009). *Deep Diver Student Manual & Workbook*(한글판). IANTD KOREA.
- IANTD(2010). *Open Water Diver Student Manual*(한글판). IANTD KOREA.
- Ju Yup Lee(2006) *Epidemiologic Study and Analysis of Serum Markers for Osteonecrosis of Professional Divers*, 18(3), 90-96.
- Kang, jee-hyun(2003). *Analysis Between Heart Rate and Energy Waste During Skin-Scuba Diving*. Chung-ju University.
- Kim Jong Su(2001). *The Comparison About a Heart Rate and an Air Exhaustion of Skinscuber's Open water, Dive leader, Dive master*. Choung-ju University.
- Kim, Seung Chul(2004). *study of physiological response changes to the depth of water during scuba-diving*. InJe University.
- Mi Jeong An(2010) *Social History of Settlement in Busan of Jamsu(Women-divers) from Jeju around 1945: Movements and Conflicts across Local Borders*, 37, 437-479.
- NAUI(2009). *Scuba Rescue Diver*(한글판). NAUI Asia.
- NEDU(2006). *Manned Evaluation of a Prototype Composite Cold Water Diving Garment Using Liquids and Superinsulation Aerogel Materials*. Department of the Navy Naval Sea Systems Command.
- Ship Salvage&rescue Unit(2007). *diving:succor Glossary*. Jinhae: Sea Salvage&rescue Unit.
- Soo Hee Kim(2008) *The Work and Status of Diving Fishermen during the Joseon Era -Focusing on the Diving Fishermen on Jeju Island-*, 32, 105-138.
- Talo, H. · Macknin, M. L. & Mendendorp, S. V.(1991). *Tympanic Membrane Temperatures Compared to Rectal and Oral Temperatures*. *Clinical Pediatrics*, 30 (3), discussion 34-35.

• Received : 04 April, 2017

• Revised : 02 May, 2017

• Accepted : 15 May, 2017