



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

저 수온에서의 잠수가 신체 활력 징후 및
추위 인식도에 미치는 영향

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



지도교수 강 신 영

2013년 2월

한국해양대학교 해양관리기술대학원

수중잠수과학기술전공

김 명 훈

본 논문을 김명훈의
공학석사 학위논문으로 인준함.

위원장 강 효 진 (인)

위 원 강 신 범 (인)

위 원 강 신 영 (인)



2012년 12월 6일

한국해양대학교 해양관리기술대학원

목 차

목 차	i
그림 목 차	iii
표 목 차	iv
ABSTRACT	v
I. 서 론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	2
3. 연구의 가설	3
4. 용어 정의	3
II. 이론적 배경	5
1. 감압병	5
2. 잠수복	6
3. 수온	6
4. 신체 활력 징후	9
5. 저 수온에서의 신체 생리학	11
6. 선행연구 분석	14
III. 연구 방법	19
1. 실험 설계	19
2. 실험 대상	19
3. 실험 도구	19

4. 실험 방법	21
5. 실험 절차	25
6. 자료 처리	25
IV. 연구 결과	26
1. 신체 활력 징후 변화	26
2. 추위 인식도 변화	32
V. 분 석	36
1. 신체 활력 징후 변화	36
2. 추위 인식도 변화	39
VI. 논 의	45
1. 신체 활력 징후 변화	45
2. 추위 인식도 변화	47
3. 잠수복의 선택	48
VII. 결론 및 제언	49
1. 결론	49
2. 제언	50
참고 문헌	53

그림 목 차

그림 1. 수온에 따른 생존시간 예측	14
그림 2. 수온 15°C에서 잠수복 두께에 따른 심부체온 변화	15
그림 3. 실험 절차	25
그림 4. 잠수 후 체온 비교	27
그림 5. 잠수 후 맥박 비교	28
그림 6. 잠수 후 혈압 비교	30
그림 7. 잠수 후 호흡량 비교	31
그림 8. 정상체온과 잠수 후 체온 간에 비교 분석	37
그림 9. 정상 호흡량과 잠수 후 호흡량 간의 비교 분석	38
그림 10. 잠수 중 불편함에 대한 인식도 변화	40
그림 11. 잠수 중 추위에 대한 인식도 변화	41
그림 12. 잠수 중 손의 추위에 대한 인식도 변화	42
그림 13. 잠수 중 발의 추위에 대한 인식도 변화	43
그림 14. 잠수 중 떨림에 대한 인식도 변화	44

표 목 차

표 1. 2011년 한국 연안 수온 정보	8
표 2. 측정 부위별 정상체온	9
표 3. 측정된 수치에 따른 혈압 분류	11
표 4. 심부온도별 증상	13
표 5. 착용한 잠수복 내피 종류별 잠수 중단 기준 및 잠수 시간	16
표 6. 착용한 잠수복 내피에 따른 심부, 손가락, 발가락 체온 변화도	16
표 7. 피실험자의 신체적 특성	19
표 8. 실험 도구	20
표 9. 피실험자의 추위 인식도 설문지	24
표 10. 체온 변화	26
표 11. 맥박 변화	28
표 12. 혈압 수축기압 변화	29
표 13. 혈압 이완기압 변화	30
표 14. 습식 잠수복과 건식 잠수복에 호흡량 비교	31
표 15. 습식 잠수복과 건식 잠수복에 잠수 중 불편함에 대한 인식도 비교 ...	32
표 16. 습식 잠수복과 건식 잠수복에 잠수 중 추위에 대한 인식도 비교 ...	33
표 17. 습식 잠수복과 건식 잠수복에 잠수 중 손의 추위에 대한 인식도 비교 ...	33
표 18. 습식 잠수복과 건식 잠수복에 잠수 중 발의 추위에 대한 인식도 비교 ...	34
표 19. 습식 잠수복과 건식 잠수복에 잠수 중 떨림에 대한 인식도 비교 ...	35

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

Kim, Myoung Hoon

Abstract

The purpose of this research is to investigate the effects of cold water diving on both vital functions and coldness perception of the human body. The subjects in this research were aged between 21 and 30 with at least three years diving experience, 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.

SPSS 12.0 statistical analysis program was used to generate both average and standard deviation of the data. In addition, matched pair sample t-tests and One Way ANOVA were conducted yielding the result of $p < .05$. Cold perception analysis showed similar differences in both cases. Evaluations measured discomfort, cold, extremity temperatures and shivering.

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. The One Way ANOVA tests showed that, in both cases, a similar pattern.

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. It is suggested that further researches are required to study harmful effects of cold water diving.



I. 서론

1. 연구의 필요성

잠수에 역사적 배경은 인류가 식량을 확보하기 위해 시작되었고, 그 시점은 분명하지 않다. 그 후 잠수는 군사작전과 인간의 바다에 대한 욕망과 도전정신에 의하여 현재까지 발전해 왔다.

오늘날 잠수업계는 크게 군사 잠수, 산업 잠수, 레저 잠수, 과학 잠수 등으로 구분할 수 있다. 산업 잠수업계는 잠수 활동 목적이 일을 시도하는 것이고, 레저 잠수업계는 잠수 활동에 놀이와 활동에 즐거움을 추구하는 데 목적을 두고 있다. 또한, 과학 잠수업계는 자료 수집과 잠수 과학자 및 기술자들을 훈련시키고, 인증하며, 장비를 지원하는 것과 모든 잠수 작업이 안전하게 그리고 경제적인 측면에서 효율적으로 진행되도록 지원하는 일을 한다. 한편 군사 잠수는 전시와 평시로 구분하여 다양한 활동을 하고 있고, 대표적인 활동으로는 침선 인양, 수중 탐색, 해상 대테러, 수중 폭발물 처리 등의 임무를 수행하고 있다.

이처럼 현재에 잠수업계는 각각에 특색과 목표를 가지고 발전을 하고 있다. 하지만 잠수에 사전적 용어인 “사람이 물에 들어가는 것”이라는 공통적인 활동을 하는 모든 잠수사는 수중이라는 위험성을 가지고 각자의 업계에서 근무하고 있다.

우리 대한민국은 삼면이 바다이다. 그만큼 해양활동이 활발하게 이루어지고 있으며, 각각에 잠수업계에서는 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 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 우리에게 신체는 추위에 완벽히 적응할 수 없을 뿐만 아니라, 강인한 정신력을 지니고 있는 잠수사라고 하여도 정신력만으로 해결할 수 없는 생리학적 문제와 심리적 문제를 가지고 있다.

우리에게 신체는 항온동물로써 항상 일정한 체온은 유지하지만 차가운 물과 접

축하여 움직이면 대류현상이 생기고, 신체의 열을 빼앗는 난류가 발생한다. 이러한 시간이 지속되면 최초로 신체에 시상하부가 반응하여 심부체온을 유지하지만, 시간이 지남에 따라 체온유지를 위해 신체 말단 부분의 혈액의 흐름을 제한하기 위한 혈관수축이 생긴다. 하지만 이 또한 시간에 경과에 따라 심부체온이 내려가고 신체는 저체온증에 노출될 수 있다.

인간은 물속에 잠기면 육지보다 매우 빨리 몸이 차가워지고, 수온 22°C에서 습식 잠수복을 입지 않고는 잠시라도 견디기 힘들 뿐 아니라 수중에서 추위는 불편함 정도가 아니라 우리를 위협에 처하게 할 수 있다(NAUI, 2009).

저 수온에서 잠수로 인하여 차가워진 잠수사는 중간 레벨의 체온 저하라고 해도 감압병을 발병시킬 큰 위험이 있다. 저체온증은 혈액을 몰아 보내는 것 외에도, 대사 이상, 혈액의 화학 변화, 혈관의 수축, 탈수 상태, 기체의 방출과 흡수의 전환, 떨림, 근육의 긴장, 순환 량의 전환, 큰 온도변화(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 시도 할 것이며, 언젠가는 안전사고라는 결과가 발생할 것으로 생각한다.

그러므로 본 연구에서는 저 수온에서 잠수 시 신체 변화를 측정하여 잠수사의 안전과 효율적인 잠수 절차, 잠수 장비 발전에 필요성을 느껴 그에 따른 기초 자료를 제공하고자 연구를 진행하였다.

2. 연구의 목적

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.

3. 연구의 가설

본 연구의 목적을 규명하기 위하여 다음과 같은 연구 가설을 설정하였다.

가설 1. 저 수온에서 잠수 시 신체 활력 징후에 변화가 있을 것이다.

- 1-1. 저 수온에서 잠수 시 신체 체온에 변화가 있을 것이다.
- 1-2. 저 수온에서 잠수 시 신체 맥박에 변화가 있을 것이다.
- 1-3. 저 수온에서 잠수 시 신체 혈압에 변화가 있을 것이다.
- 1-4. 저 수온에서 잠수 시 신체 호흡량에 변화가 있을 것이다.

가설 2. 저 수온에서 잠수 시 착용한 잠수복에 따라 신체 활력 징후 변화에 차이가 있을 것이다.

- 2-1. 저 수온에서 잠수 시 착용한 잠수복에 따라 신체 체온에 차이가 있을 것이다.
- 2-2. 저 수온에서 잠수 시 착용한 잠수복에 따라 신체 맥박에 차이가 있을 것이다.
- 2-3. 저 수온에서 잠수 시 착용한 잠수복에 따라 신체 혈압에 차이가 있을 것이다.
- 2-4. 저 수온에서 잠수 시 착용한 잠수복에 따라 신체 호흡량에 차이가 있을 것이다.

가설 3. 저 수온에서 잠수 시 착용한 잠수복에 따라 피실험자의 추위 인식도 변화에 차이가 있을 것이다.

4. 용어 정의

1) 감압

잠수사 체내에 녹아들었던 불활성 기체를 배출하는 과정으로 포위 압력을 일정한 시간 동안 서서히 낮추어가며 순환기 계통 내 과잉된 불활성 기체를 체외로 배출하는 과정.

2) 감압병

잠수나 고압에 노출된 후 조직이나 혈액에 용해된 기체를 부적절하게 감압하여 생기는 병으로, 재 가압 치료가 필요한 잠수 질환.

3) 진식 잠수복

물의 침수를 막아주도록 완전히 수밀된 보호용 잠수복, 동 계절 또는 오염이 심한 곳에 잠수 시 사용되며 잠수복과 피부 사이에 물이 들어가지 않아 내피 착용으로 체온을 유지해 주며 오염된 물질로부터 잠수사를 보호할 수 있음. 기체 공급 및 배출밸브를 사용하여 잠수복 내부의 부력조절 기능을 갖추고 있음.

4) 습식 잠수복

잠수사 피부와 해수 경계층을 절연시킴으로 열전달을 막아주는 기능을 해주는 폐쇄된 합성고무 잠수복, 잠수복과 피부 사이에 물이 스며들어와 피부는 젖게 되나, 위험물체로부터 신체를 보호하며, 체온을 유지시켜 주는 잠수복.

5) 열 손실

외부 온도에 신체 노출 시 신체의 기능 및 체온의 변화를 가져오는 현상.

6) 활력 징후

사람이 살아있는지를 나타내는 가장 기본적인 자료가 되는 것으로 체온, 맥박, 호흡, 혈압을 일컬어 활력 징후(vital signs)라 하는데, 신체는 항상성 기전을 통해 활력 징후 각각의 요소가 일정한 정상범위를 유지하도록 함. 하지만 이러한 항상성 기전에도 활력 징후에 변화가 있다는 것은 신체 건강에 변화가 있음을 나타냄.

II. 이론적 배경

1. 감압병

감압병은 잠수나 고압에 노출된 후 조직이나 혈액에 용해된 기체를 부적절하게 감압하여 생기는 병으로, 재 가압 치료가 필요한 잠수 질환이다. 잠수 후 감압 도중 형성된 기포 방울 때문에 기계적으로 혈류가 막혀 통증, 마비, 감각 이상, 의식상실 그리고 심한 경우 죽음을 유발하기도 한다. 일부 감압병은 비감압한계 내의 잠수나 철저한 감압절차를 거친 감압잠수에서도 생길 수 있다. 잠수사의 신체적 상태나 주변 환경에서 불활성 기체의 과량 흡수가 유발되거나 정상적으로 조절된 감압 동안에도 용해된 기체의 제거가 억제될 때 발생할 수 있다(해양의료원 해양의학지원소, 2009).

감압병은 위에 언급된 내용과 같이 기포 방울이 신체에 기계적으로 막혀 생기는 질환이지만 적절한 감압 및 비감압한계에서 잠수 시 이론적으로 감압병이 발병하지는 않는다. 그렇지만 감압병의 위험을 증대시키는 것이 무엇인지를 조사해보면, 많은 상호관계가 있는 요인이 등장한다. 감압병의 요인 중에 가장 크고 잘 알려진 것은 탈수 상태이다. 탈수 상태가 되는 데는 많은 원인들이 있다. 알코올은 가장 주요한 원인이다. 알코올은 강력한 이뇨제이다. 게다가 알코올은 혈관 확장 작용을 하며, 혈지질도 상승시키는데, 이 두 가지가 감압병의 발생을 촉진시킬 수 있다. 또한, 비만은 상당한 위험 요인이다. 살찐 잠수사는(수분이 많은 조직에 비해 5배나 많다) 질소를 축적하는 지방 조직을 보다 많이 체내에 가지고 있고, 또 그 기체 배출속도는 다른 조직에 비해 늦다. 살찐 잠수사는 심장혈관의 컨디션이 그다지 좋지 않은 경향이 있다. 그러므로 조직에 공급하는 동맥은 지방의 침천물에 의해 움직임을 방해받을 가능성이 있고, 그것이 기체의 공급과 배출의 과정을 방해한다. 마지막으로 순환의 현저한 변화는 감압병의 위험을 높일 가능성이 있다. 열의 불균형은 큰 순환의 변화를 일으킨다. 이것은 잠수사가 너무 뜨겁거나 또는 너무 차가울 때 발생한다. 잠수사의 조직의 온도도 녹아들 수 있는 질소의 양에 영향을 미친다(차가우면 차가울수록 더 많은 불활성 기체가 녹아든다). 순환을 방해할 수도 있는 다른 요인에는 순환을 제지하는

슈트나 장비 및 상처가 포함된다(IANTD, 2009).

2. 잠수복

수중에서 아무리 편하게 느낀다 하더라도 우리 신체가 적응하고 있는 환경과는 다른 환경이다. 이 때문에 잠수사는 해양 환경으로부터 보호하기 위해 잠수복을 입어야 한다. 잠수복은 보온을 해주며, 따개비, 산호와 같은 물체에 의해 신체가 손상을 입는 것을 방지해준다. 잠수복은 습식 잠수복과 건식 잠수복으로 구분된다. 건식 잠수복은 추위로부터 잠수사를 보호하는 가장 일반적인 형태이다. 잠수복의 재질은 독립된 기포의 네오프렌이다. 습식 잠수복의 보온 원리는 신체와 잠수복 사이의 얇은 층에 물이 갇히게 되고, 이 물을 체온으로 데워 방열제 역할을 하게 되어 전체가 보온되는 것이다. 습식 잠수복은 독립된 작은 기포 조직으로 되어 있기 때문에 압축이 된다. 수심이 깊어져 잠수복이 압축이 되면 방열 기능은 일부 상실되게 된다. 그리고 잠수복과 신체 사이에 갇히는 얇은 층의 물을 데우므로 열손실이 적으려면 잠수복이 몸에 잘 맞아야 한다. 너무 크거나 맞지 않는 잠수복은 물의 층 두께가 불규칙하게 되기 때문에 물이 많이 고인 곳은 추위에 노출되게 된다. 수온이 아주 차거나 장시간 수중에 체류해야 할 경우에는 완전하게 방수가 되는 건식 잠수복을 착용한다. 그리고 건식 잠수복 속에 잠수 활동에 요구되는 보온량을 조절하기 위해 내피를 입는다. 건식 잠수복은 찬 물에서 잠수하는데 가장 이상적이다. 부피도 다양하여 잠수사의 체온유지뿐만 아니라 부력조절에도 활용된다. 건식 잠수복을 재질로 구분하면, 독립 네오프렌, 압축 네오프렌, 그리고 셸 잠수복으로 구분된다. 건식 잠수복은 대개 원피스 형태이며, 손목과 목은 방수 씰(seal)로 되어있다. 또한, 수온에 따라 얇거나 두꺼운 내피를 선택할 수 있다(IANTD, 2010)

3. 수온

세계 해양의 바닷물은 대부분이 매우 차서 전체의 평균 수온은 약 3.5°C 정도에 불과하다. 해수가 받는 에너지는 전적으로 태양 복사열에 의존하며, 태양

복사열을 비교적 많이 받는 열대와 온대 해역의 표층 해수에서는 따뜻한 수온이 관측되나 그 이외의 해역과 심층에서는 대체로 수온이 낮아서 전체 해수의 약 75% 정도가 5°C 이하의 수온을 나타낸다.

표층 해수의 수온은 지리적 위치, 즉 위도에 의존하여 -1.9~35°C 사이의 큰 변화를 보인다. 극 해역에서 낮은 수온이, 그리고 저위도 해역에서 25~26°C의 높은 수온이 나타나며, 홍해안, 페르시아 만 등의 일부 고립된 해역에서는 34~35°C의 아주 높은 수온도 관측된다. 표층 수온은 태양 일조량의 변화에 따른 계절적 차이를 나타내며, 해류의 영향에 따른 지역적 차이도 있다.

해수 온도는 압력이 증가함에 따라 조금씩 증가한다. 그러나 압력에 따른 물의 부피 감소가 아주 적은 까닭에 압력에 의한 수온 변화는 그리 크지 않으며, 평균적으로 수심 1 km 증가함에 따라 약 0.1°C의 수온이 증가한다.

수온을 지배하는 요인은 어떤 점에서의 수온의 변화 및 바다 전체의 온도분포는 주로 네 가지 원인에 의하여 결정된다. 첫째, 바다가 태양으로부터 흡수하는 열복사와 바다로부터 공중으로의 열복사의 차. 둘째, 해면에서의 열전도에 의한 대기와의 열교환. 셋째, 해수의 증발에 의한 열손실 또는 수증기의 응고에 의한 열유입. 넷째, 해수의 운동(해류 또는 수직 방향의 대류 등)에 의한 열의 이동이다. 이 밖에 화학변화나 생물학적인 열변화과정에 의하는 것, 또는 지구 내부로부터의 열량, 마찰열의 발생, 방사성물질의 붕괴에 의한 열 등도 있는데, 이것들은 아주 미량이다. 앞의 요인이 겹쳐지기 때문에 장소에 따라서는 수온의 상한이 존재하며, 외양에서는 30°C를 넘는 일이 드물다. 하한은 해수의 어는 점 -2°C에 의하여 억제되어 있다. 수온의 분포구조는 표층 부근의 온도 기울기가 큰 곳은 수온약층이라고 한다. 또 4,000 m 부근에서 깊어지는 데 따라 온도가 높아지는 것은 물이 압축되어 있기 때문이다. 이 수압에 의한 온도의 상승분을 제외한 것, 즉 채수한 물을 1기압 하에서 측정된 온도를 퍼텐셜 수온이라고 하는 데 대하여, 채수한 깊이에서의 그대로 온도를 현장수온이라고 한다. 수온의 시간변화는 수온을 지배하는 네 가지 요인은 모두 장소에 따라 다르지만, 시간적으로도 변동한다. 수온 및 그 구조는 주로 태양광선의 변화에 따라 주기적으로 변동한다. 가장 뚜렷한 예는 계절에 의한 연변화이다. 고위도에서는 겨울 동안에 생긴 얼음이 봄이 되어 녹기 시작하지만, 태양광선이 약하기 때문에 온도 기울기는 그다지 커지지 않는다. 그러나 중위도에서는 뚜렷한 계절변

화가 일어난다. 즉 동계에 온도 기울기가 거의 없는 두꺼운 표층혼합층이 생기지만, 하계가 되는 데 따라 이 층의 온도 기울기가 커지고 두께도 얇아진다(이창복, 2010).

한편 국립수산과학원에서 2011년도의 한반도 주변 해양환경 변동 파악을 위하여 위성관측수온 정보와 해양조사선이 관측한 해양요소를 분석 정리하여 한반도 주변 수온분포에 변동 상황을 알 수 있도록 기록하였다. 대한민국의 해수 온도는 <표 1>에서 확인 할 수 있듯이 여름철 가장 높은 수온은 8월 여수에서 26.5°C까지 상승을 하고 가장 낮은 수온은 2월 인천에서 1.1°C까지 내려가는 것을 확인할 수 있다.

표 1. 2011년 한국 연안 수온정보 (°C)

관측일	주문진	포항	부산(기장)	통영(산양)	여수(화양)	제주	목포	군산	대전	인천(용유도)	평균
1월 01.01~01.07	8.9	7.2	15.1	9.8	6.2	13.6	3.9	4.0	4.5	1.8	7.5
2월 02.05~02.11	3.7	7.7	12.1	8.7	5.8	13.1	3.4	4.3	2.6	1.1	6.3
3월 03.05~03.11	4.7	8.9	12.5	8.9	8.2	12.6	5.2	8.5	4.1	2.7	7.6
4월 04.02~04.08	7.8	11.7	12.9	11.5	11.0	13.7	9.2	12.6	6.4	6.7	10.4
5월 05.07~05.13	9.6	15.2	15.1	15.5	16.1	16.8	15.0	19.2	12.9	11.7	14.7
6월 06.04~06.10	14.5	17.1	17.1	18.9	19.6	18.3	18.9	22.2	16.6	16.0	17.9
7월 07.02~07.08	17.5	19.3	11.4	19.2	21.3	20.7	20.4	24.8	21.5	18.3	19.4
8월 08.06~08.12	21.5	23.6	16.3	23.9	26.5	25.0	23.9	25.7	25.2	22.1	23.4
9월 09.03~09.09	23.8	24.5	23.4	23.9	24.7	22.2	23.1	26.4	24.7	23.4	24.0
10월 10.01~10.07	20.0	20.6	20.7	20.5	21.1	22.8	19.9	20.1	19.7	19.7	20.5
11월 11.05~11.11	16.8	17.6	18.8	18.0	18.2	20.9	16.9	19.1	16.8	16.4	18.0
12월 12.03~12.09	13.0	12.6	17.3	13.6	12.2	17.0	12.5	7.3	10.4	10.3	12.6
평균	13.5	15.5	16.1	16.0	15.9	18.1	14.4	16.2	13.8	12.5	15.2

출처: 국립수산과학원, 2012

4. 신체 활력 징후

1) 체온

신체가 지나는 온도로, 외부 환경적 조건에 따라 약간의 체온변화가 나타나지만, 시상하부에 체온조절 중추에 의해 우리 몸의 심부체온은 항상 일정하게 유지한다. 체온은 측정 부위에 따라 온도에 차이가 조금씩 나타난다. 심부체온(core temperature)은 폐동맥 온도를 말하며 이를 표준온도로 한다. 폐동맥 온도를 항시 잴 수가 없어서 심부체온을 잘 대표하는 온도를 측정하는 것이 중요하다. 신체의 체온을 측정하는 부위는 겨드랑이(의학용어는 '액와'), 피부, 입안(구강), 고막과 직장 등이 있다. 또한 측정하는 부위별로 정상범위가 조금씩 다르다. <표 2>는 측정부위별 정상체온이다(국군의무학교, 2011).

표 2. 측정 부위별 정상체온 (°C)

측정 부위	정상범위	평균 온도
액와(axillary)	34.7 ~ 37.3	36.4
구강(oral)	35.5 ~ 37.5	36.6
직장(rectal)	36.6 ~ 37.9	37.0
고막(tympanic)	35.7 ~ 37.5	36.6

출처: 국군의무학교, 2011

또한 일반적으로 심부체온을 측정하는 부위는 직장체온으로 대변한다고 생각되어 왔으나, Beach와 McCormick(1991)은 직장체온이 구강이나 고막체온보다 심부체온을 더 잘 대변하지 못한다고 주장하였다. 또한, Temdrup(1989)는 4세에서 16세까지의 소아들을 연구한 결과 고막체온이 직장체온보다 낮다는 결론을 내었다. Talo(1991) 역시 8개월에서 18세까지의 소아들을 연구한 결과 고막체온이 가장 효과적이라고 보고하였다.

고막체온계는 고막과 고막을 둘러싼 피부에서 발생하는 적외선을 이용하여 체온을 측정하는 것으로, 정확도를 높이기 위해 1초간 총 8회의 체온을 순간적으로 측정하여 그 중 가장 높은 온도를 액정 화면에 표시해 준다. 고막체온은 체온조절 중추가 있는 시상하부와 동일한 동맥으로부터 혈액공급을 받고 있는

고막 및 외이도에서 적외선을 이용한 고막체온계를 삽입하여 체온을 측정하며, 심부체온 측정에 가장 좋은 부위로 여겨지고 있다. 측정 시 고려할 점은 고막 체온계 프로브의 방향이 고막으로 잘 향하도록 외이도에 삽입하여야 하고 대기 온도에 의한 영향을 최대한 배제할 수 있도록 하여야 한다. 고막체온은 측정이 용이하고 1초 만에 측정되므로 측정 소요시간이 짧으며, 호흡, 흡연, 음식섭취 등의 영향을 받지 않으므로 사용이 계속 증가되고 있다(윤기욱 및 임인석, 2005).

2) 맥박

심장의 박동을 측정하는 것으로 좌심실의 수축 시 박출된 혈액의 압력이 동맥혈관을 따라 전해져 촉진되는 것을 맥박이라고 한다. 맥박의 측정 부위는 측두동맥(관자), 경동맥(목), 상완동맥(위팔), 요골동맥(노), 대퇴동맥(넙다리), 슬와동맥(오금), 족배동맥(발등), 후경골동맥(뒤정강) 등이 있다. 맥박은 규칙적인 리듬과 일정한 강도로 분당 60~100회가 정상범위이다(국군의무학교, 2011).

3) 호흡

신체에서 산소를 받아들이기 위해 숨을 들이쉬고(흡기), 신진대사의 노폐물인 탄산가스를 배출하기 위해 숨을 내쉬는 활동(호기)이며 흡기와 호기를 합하여 1회 호흡이라고 한다. 호흡은 일정한 흡기와 호기로 분당 12~20회가 정상 범위이고 1회 호흡량은 평균 400~550 ml이다(국군의무학교, 2011).

4) 혈압

동맥벽에 부딪히는 혈액의 힘을 말하는 것으로 혈액이 순환계 전체를 흐르게 하기 위해서는 심장은 아주 높은 압력으로 혈액을 동맥으로 밀어낸다.

(1) 혈압의 종류

- ① 수축기압: 좌심실이 수축하면서 혈액이 동맥벽을 향해 밀고 나가는 가장 높은 압력
- ② 이완기압: 심장이 이완되었을 때 좌심실의 수축이 일어나기 직전에

생기는 동맥 혈관 내 가장 낮은 압력

(2) 기록 방법

혈압의 측정방법은 수축기압/이완기압 mmHg로 기록한다.

(3) 혈압의 분류

혈압은 측정된 수치에 따라 <표 3>과 같이 분류된다.

표 3. 측정된 수치에 따른 혈압 분류 (mmHg)

혈압의 분류	수축기 혈압	이완기 혈압
정상 혈압	91~119	61~79
저혈압	90 이하	60 미만
고혈압 전단계	120~139	80~89
제 1기 고혈압	140~159	90~99
제 2기 고혈압	160 이상	100 이상

출처: 국군의무학교, 2011

5. 저 수온에서의 신체 생리학

저체온증은 우리가 잠수 시 적용되는 매체가 물이기 때문에 모든 잠수사에게 중요한 분석사항이다. 물은 공기의 약 25배의 속도로 신체에서 열을 빼앗는다. 공기와 비교하면 그것과 같은 양의 물을 따뜻하게 하는 데는 공기의 약 1,000 배의 열을 필요로 한다. 열은 따뜻한 것에서 차가운 것으로 이동되고, 쌍방의 물질이 같은 온도가 될 때까지 열 손실은 계속된다. 방열은 잠수사에게 열 손실의 중대한 결과는 아니다. 하지만 중대한 열 손실은 물과의 직접적인 접촉에 의한 열전도에 의해 발생한다. 이것은 잠수사 열 손실의 주요한 결과이다. 또한, 건조한 호흡용 혼합기체의 호흡 과정 중에도 저체온증은 일어난다. 잠수 전 후의 잠수사가 머리가 젖은 상태 혹은 습식 잠수복이나 의류를 착용한 상태일 때도 일어난다. 호흡용 혼합기체가 주위의 수온까지 차가워졌을 때의 열 손실은 잠수사의 폐 내부에서도 발생한다(IANTD, 2009).

1) 잠수사 체온에 대한 고려

저체온증은 심부체온의 저하를 나타내는 의학적인 용어이다. 깊이 오래 잠수하는 잠수사는 저체온증을 고려할 필요가 있다. 잠수사는 저체온증을 예방하거나 그 경과를 늦추는 과정이 필요하다. 공기에 비해 수중에서 저체온증이 보다 빨리 일어난다는 사실은, 다소 개인차를 고려하더라도 잠수사를 위급한 사태로 빠트릴 가능성이 있다. 많은 심해 잠수 시 저 수온 및 체온 저하가 혼수상태(질소 마취)의 원인이 되어 그 영향을 높이는 것으로 알려져 있다. 심부체온을 비축해두기 위해 신체는 말초에서 혈액을 몰아오기 때문에 손가락은 곱아지고 손놀림은 감소한다. 저체온증은 정신적인 기능을 손상시키고, 집중력의 가벼운 상실이 시작되고, 보다 심각한 상황으로는 완전한 의식불명에 도달하는 상태까지 발전한다.

물은 우수한 열 전도체이고, 공기보다도 약 25배나 빨리 열을 전도한다. 사람에게 매우 쾌적한 기온이라 할지라도, 같은 온도의 수중에서라면(견딜 수 없을 만큼) 차가운 것을 잠수사는 알고 있을 것이다. 많은 수중환경에서는 일반적으로 깊이 잠수할수록 차가워진다. 수온이 명확히 달라지는 층을 수온약층이라고 한다. 수온약층은 불과 1~2℃ 변할 경우도 있지만, 1개의 층에서 다음 층까지 5℃ 이상 변하는 경우도 있다.

저체온증의 증상은 신체 끝이 차갑게 느껴지는 것부터 시작한다. 손발의 떨림과 저림이 계속되고, 체온 저하가 계속되면, 컨트롤 할 수 없을 만큼 떨리게 되고 혈관이 수축하지 않는다. 잠수사는 갑자기 따뜻하게 느낄 때도 있다. 조금 더 상태가 진행되면 잠수사는 심부체온이 내려가게 된다. 즉 추위를 느낄 수 없게 되고, 컨트롤 할 수 없는 속도로 체온을 잃는다. 저체온증이 계속되어 멈추지 않으면 의식불명 상태에서 혼수상태까지 진행되고, 곧 사망으로 이어지는 경우도 있다(IANTD, 2009).

2) 저체온증

저체온증은 우리 몸의 심부체온이 낮아지는 것을 의미한다. 침수 저체온은 저 수온에서 잠수 작업 시 언제라도 일어날 수 있는 잠재적 위험이다. 저 수온에 침수된 잠수사의 반응은 착용한 잠수복과 수온에 달려있다. 일정한 온도에

서 잠수복 없이 체온을 유지하기 위한 수온은 약 33℃이다. 수온이 23℃ 아래로 떨어지면 잠수복이 없는 잠수사는 급속히 과도한 열 손실에 의한 영향을 받게 되고 곧이어 저체온 상태에 이르게 된다.

잠수 중의 저체온증은 우리 몸이 생산하는 열보다 손실되는 체온이 더 많을 때 발생한다. 보통 건조한 환경에서는 운동하게 되면 열을 생산하여 체온을 상승시킨다. 역설적으로 차가운 물에서의 운동은 체온을 더욱 빨리 떨어뜨리는 원인이 될 수 있다. 피부가 물과 접촉한 상태에서는 모든 움직임은 열의 대류를 일으킨다. 팔과 다리에서 열 손실이 일어나는 원인은 대류를 비롯해 움직이는 동안 팔, 다리에 유입되는 혈액이 증가하기 때문이다. 지속적인 움직임은 격리된 표피보다 내부 구조에 영향을 미친다. 이 두 가지가 충돌하면서 따뜻한 물에서 내부온도는 유지되거나 높아지고 차가운 물에서 내부온도는 떨어진다.

경미한 경우 환자는 통제 불가능한 떨림, 어눌한 말, 평형 이상, 판단력 저하와 같은 증상을 경험하게 된다. 저체온증이 심한 경우는 떨림 상실, 정신 상태 장애, 불규칙한 심박 및/또는 매우 약한 맥박 또는 호흡 등의 증상으로 특징지어진다. 이것은 의학적 응급상황이다. 심부체온 저하에 따른 징후와 증상들은 <표 4>에서 보여주고 있지만 심부체온 저하에 따른 개개인의 반응은 다양하다. 극도로 낮은 온도 또는 장시간의 침수와 같은 상황은 체온 상실로 사망할 수 있다(USN, 2008).

표 4. 심부온도별 증상

체온(℃)	증상
37	한기, 피부 혈관수축, 근육긴장 증가, 산소소모 증가
36	자의적 운동에 의한 떨림, 발작적 심한 떨림, 산소소모 더욱 증가
35	실험에서의 개인 적응 한계, 정신혼란, 합리적 사고 장애
34	기억력 손실, 언어 장애, 감각 기능 장애, 운동 실행 장애
33	환각, 망상, 의식의 부분적 손실, 떨림 장애
32	불규칙한 심박, 심각한 운동 실행 장애
31	떨림 멈춤, 동료 인식 저하
30	근육 경직, 통증에 무반응
29	의식상실
27	심실세동(비능률적 심박), 근육 이완
26	사망

출처: USN, 2008

6. 선행 연구 분석

대기를 벗어나 수중활동을 실행함으로써 발생하는 신체 변화에 관한 선행 연구를 검토하였고, 또한 저 수온에서 활동 시 신체에 변화 및 위험성에 관한 선행 연구를 검토하였다. 다음 선행 연구들을 살펴보면 저 수온, 압력 변화, 심리적 변화에 따라 신체는 다양한 형태로 변화를 일으키고 있다는 것을 확인할 수 있다.

1) 저 수온으로 인한 신체 변화

Tarlochan & Ramesh(2005)는 침수 시 생존시간을 예측하는 모델을 연구하였는데, 수온에 따른 생존예측시간, 잠수복의 두께에 따른 심부체온 변화를 예측하는 데이터를 제시하였다. 수온에 따른 생존예측시간은 잠수복 없이 저 수온에서 생존시간을 예측하였고, 잠수복의 두께에 따른 심부체온 변화는 수온 15°C에서 보온복의 두께에 따라 달라지는 심부체온을 예측하여 보고하였다. 결과는 <그림 1>과 <그림 2>에 도시되었는데, 예를 들어 맨몸이거나 얇은 잠수복을 착용할 경우 15°C에서 약 8시간 전후에 사망하는 것으로 나타났다.

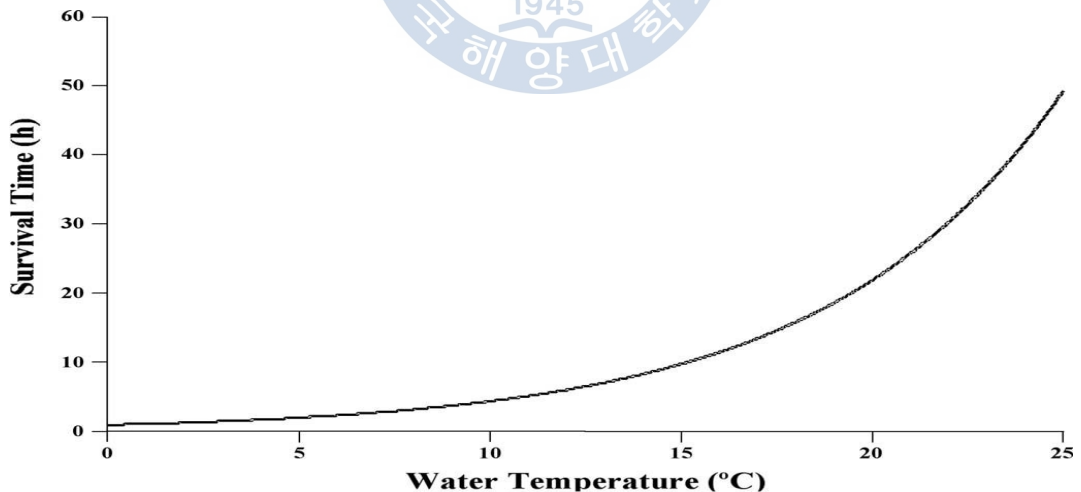


그림 1. 수온에 따른 생존시간 예측(Tarlochan & Ramesh, 2005)

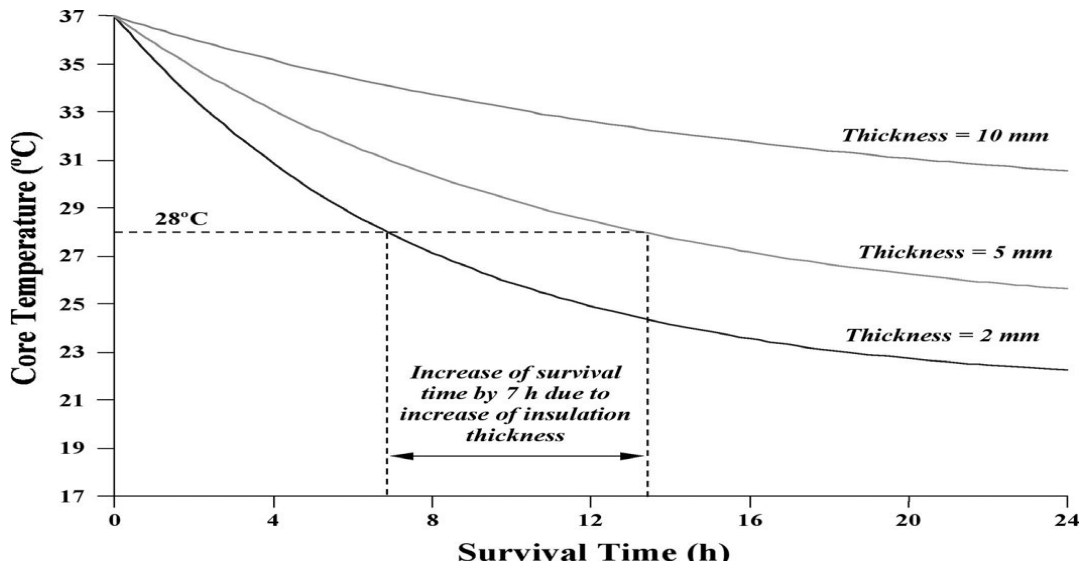


그림 2. 수온 15°C에서 잠수복 두께에 따른 심부체온 변화(Tarlochan & Ramesh, 2005)

한편 NEDU(2006)는 Superinsulation Aerogel 소재 건식 잠수복 내피의 효과를 측정하기 위해 저 수온에서 잠수를 실행하여 연구하였다. 연구방법은 수온 1.7~4.4°C 풀장에서 기존의 Thinsulate 소재에 건식 잠수복 내피를 착용하고 잠수를 하는 유형과 Aerogel 소재에 건식 잠수복 내피를 착용하고 잠수를 하는 유형으로 구분하여 비교 분석하였다. 사용된 잠수 장비는 미국 해군 MK20 수중호흡장치를 사용하여 잠수를 실행하였다. 온도 측정은 손가락과 발가락, 심부체온을 실시간으로 모니터링하였고, 가슴, 허벅지, 종아리, 이두 부위에 피부 온도를 측정하였다. 기록방법은 손가락과 발가락, 심부체온은 실시간 모니터링하였고, 수중통화기를 사용하여 30분마다 설문조사를 실행하여 기록하였다. 실험 종료 시점은 잠수시간이 6시간이 지나거나, 심부체온이 1.5°C 이하로 내려간 후 5분이 경과되거나, 심부체온이 35°C 이하로 내려가면 잠수를 중지하였다. 또한, 손가락과 발가락 온도가 12°C 이하로 내려간 후 5분이 경과되면 잠수를 중지하였다. 결과는 모든 실험에서 6시간이 지나기 전에 잠수가 종료되었고, 잠수를 실행한 시간과 잠수를 포기하는 사유는 <표 5>와 같다. 실험 중 최저 잠수시간은 63분으로 기록되었고, 가장 긴 시간은 153분간 잠수를 한 기록이었다.

표 5. 착용한 잠수복 내피 종류별 잠수 중단 기준 및 잠수 시간

Diver ID	Dive Duration (min)		Abort Criterion	
	Aerogel	Thinsulate	Aerogel	Thinsulate
1	157	113	finger	voluntary ⁴
2	96	63	finger	finger
3	101	81	finger ¹	toe
4	109	88	toe	finger
5	147	106	voluntary ²	finger/toe
6	147	96	voluntary ³	finger/toe
M±SD	126.2±27	91.2±18		

출처: NEDU, 2006

<표 6>은 시간 경과에 따른 체온이 하락한 수치를 기록한 것이다. 측정된 결과는 모든 체온이 Superinsulation Aerogel 소재에 잠수복 내피를 착용한 잠수에서 보온성이 더욱 우수하다는 결과를 나타내었다.

표 6. 착용한 잠수복 내피에 따른 심부, 손가락, 발가락 체온 변화도 (°C)

	30 Minutes		60 Minutes	
	Aerogel	Thinsulate	Aerogel	Thinsulate
Finger	-7.29 (4.86)	-13.59 (1.53)	-13.96 (3.34)	-18.18 (1.74)
Toe	-3.31 (1.29)	-7.00 (1.27)	-5.97 (1.60)	-10.63 (1.67)
Core	0.50 (0.30)	0.47 (0.30)	0.28 (0.28)	0.17 (0.39)

출처: NEDU, 2006

결론은 Thinsulate 소재에 건식 잠수복 내피를 착용하였을 때보다 Superinsulation Aerogel 소재에 건식 잠수복 내피를 착용 후 잠수 시 약 38%

에 잠수 시간이 증가하는 것을 확인하였다. 하지만 대부분에 실험에서 손가락과 발가락에 온도가 하락하여 잠수를 중단하였고, 차후 손가락과 발가락 보온에 대한 연구가 필요하다는 결론을 내었다.

Brooks(2001)는 저 수온에서 생존의 관한 연구에서 저 수온에서 사망하는 이유를 몇 가지 설명하였다. 첫 번째로는 초기 추위 충격으로 인한 사망을 보고하였다. 그 이유는 급격한 호흡률 증가와 맥박, 혈압증가 때문에 경련 등으로 사망한다고 보고하였고, 그 시간은 약 2~3분으로 예상하였다. 두 번째는 수영 실패를 보고하였다. 개인의 수영능력의 따라 생존시간은 변화하겠지만, 침수 후 30분 이내 사망은 평균적으로 개인의 수영능력 부족으로 판단하였다. 세 번째는 저체온증을 보고하였다. 침수 후 30분 후 사망의 가장 큰 이유는 저체온증이고 그 이유는 물에서는 공기에서 보다 열전도율이 20~25배 빨라서 열손실이 급격히 일어난다고 보고하였다. 네 번째로는 구조 실패로 인한 사망으로 보고하였다.

DuCharme(2008)은 조종사들의 특수 복장을 제작하여 그 복장을 착용 후 저 수온에서 침수 시 생존시간과 피부 체온변화를 보고하였다. 이 연구에서는 건강한 9명의 남자와 1명의 여자를 대상으로 연구하였고 평균 나이는 34살이었다. 주변 환경은 기온 $11.1\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 를 유지하였고 수온은 $10.3\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 의 가상의 해상과도 40 cm가 생기도록 하였다. 침수 전 특수복장을 착용하고 12곳(이마, 쇄골, 가슴, 어깨, 이두, 삼두, 배, 등, 넓적다리 앞과 뒤, 정강이, 종아리)에 체온 센서를 부착하고 90분간 피부 체온을 측정하였다. 결과는 90분간 평균 피부 온도는 $28.3\pm 0.48^{\circ}\text{C}$ 였고, 초기 피부 온도에서 3.2°C 감소한 것으로 확인되었다. 예상 생존시간은 0°C 의 수온에서 LASA NBC suit 착용 후 약 15시간 생존 가능하다는 결과를 보고하였다.

2) 잠수 시 신체적 변화

강지현(2003)의 스킨스쿠버 다이빙 시 심박수와 에너지 소모량의 분석 논문은 수심 5 m 수심에서 잠수를 실행하여 10분 간격으로 심박수 변화 및 에너지 소비량을 측정하였다. 심박수의 변화는 10분 후 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나 20분 후 t-test 결과 94.60 ± 4.93 beats/min에서 89.04 ± 1.82 beats/min으로 약 5 beats/min 감소하였고 30분 후 t-test 결과 92.55 ± 3.33 beats/min에

서 88.34 ± 2.78 beats/min으로 약 4 beats/min 감소하였다는 결과를 보고하였다. 또한, 에너지 소비량의 변화는 잠수 전과 수중활동 10분, 20분, 30분 후 t-test 결과 통계적으로 유의한 차이가 인정되지 않았다고 보고하였다.

김중수(2001)는 스포츠 다이빙 시 초급, 중급, 고급잠수사의 심박수 및 공기 소모량 변화에 대한 비교 분석 논문에 의하면 초급, 중급, 고급잠수사를 구분하여 잠수를 실행하였고 잠수 전과 10분, 20분, 30분에 공기 소모량과 심박수를 측정하였다. 연구결과를 다음과 같이 보고하였다. 첫 번째, 사항은 잠수 30분 후 초급잠수사가 83, 중급잠수사가 100, 고급잠수사가 122의 공기량을 보유하고 있어 초급, 중급, 고급 순으로 공기를 적게 소모하고 다이빙 경험이 수중활동 시 공기 소모량에 영향을 미친다고 보고하였다. 두 번째, 사항은 잠수 전 심박수를 측정한 결과 초급잠수사가 103.00 beats/min와 고급잠수사가 91.20 beats/min으로 측정되어 초급잠수사가 고급잠수사보다 심리적으로 안정되지 못한 것으로 보고하였다. 세 번째, 사항은 잠수 중 심박수를 측정하였고 결과는 초급잠수사보다 고급잠수사의 심박 수량이 더욱 적게 측정되었고 다이빙 경력이 수중활동 시 심박수 변화에 영향을 미치는 것으로 보고하였다.

차정택(2009)은 테크니컬 스쿠버 다이빙 시 많은 요인으로 저온환경에서의 잠수 시 저체온에 대한 급격한 변화로 볼 수 있으며, 수온이 낮은 온도에서 잠수하였을 때 신체에 강한 스트레스를 주며 호르몬에 많은 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 이는 잠수 시 수온, 수중에 대한 불안감이 스트레스의 요인으로 볼 수 있으며 깊은 수심에 따른 심리적, 생리적 스트레스의 요인으로 에피네프린, 노르에피네프린 농도가 증가하면 동일한 수중에서의 활동 시에는 개개인의 신체적 조건, 심리적, 생리적 스트레스가 혈중 카테콜아민의 농도 변화가 다르게 나타나는 것으로 보고하였다.

김승철(2004)은 저온환경과 해수수압에서의 운동대사는 내분비기능을 비롯하여 다양한 요인들이 작용할 것으로 간주하고, 스쿠버 다이빙 시 수심(5 m, 10 m)차이에 따른 혈액성분 농도 및 수치 변화에 젖산농도에서는 유의한 차이를 나타내지 않았지만, 적혈구 수치의 변화에서는 수심 5 m에서와 수심 10 m에서의 유의한 변화를 나타냈다. 그러한 결과를 고려하여 잠수 수심이 깊어지고 잠수시간이 장시간 지속할 때 저온현상 및 해수수압 증가를 비롯한 수중환경이 증가하면서 신체 신진대사의 변화양상이 뚜렷해질 것으로 보고하였다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 실험 설계

본 실험은 저 수온에서 잠수 시 잠수사의 신체 활력 징후 변화 및 피실험자의 추위 인식도를 관찰함으로써 그에 따른 신체손상 및 부상을 예방하고 저체온증 및 감압병 발병률을 감소시키는 것에 목적을 두고 실험을 설계하였다.

2. 실험 대상

본 실험은 잠수 경력이 3년 이상, 잠수 횟수 50회 이상의 잠수사를 대상으로 실험에 참여하였다. 또한 <표 7>과 같이 신체 건강한 7명의 남성으로 평균연령 25.2세의 잠수사들이 실험에 참여하였다.

표 7. 피실험자의 신체적 특성

이름	나이	신장	체중
김**	만 29.3세	188 cm	88 kg
박**	만 29.1세	167 cm	64 kg
이**	만 27.2세	176 cm	70 kg
윤**	만 23.9세	168 cm	65 kg
지*	만 23.5세	175 cm	68 kg
최**	만 22.6세	170 cm	70 kg
정**	만 21.2세	182 cm	76 kg
평균	25.2±3.24세	175.14±7.71 cm	71.57±8.24 kg

3. 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 <표 8>과 같다.

표 8. 실험 도구

장비명	Type	용도	사진
스쿠버 실린더	Catalina 80 CUFT Aluminium alloy Cylinder and K-Valve	호흡기체 저장	
스쿠버 호흡기	Seac Sub D-Synchro Balance Diaphragm Type Regulator	수중 호흡	
건식 잠수복	Neoprene 90%, Nylon 10% Type Dry Suit and Polatec Type Undersuit	체온 보호	
습식 잠수복	Neoprene 90%, Nylon 10% Type 3 mm Wet Suit and Neoprene 90%, Nylon 10% Type 3 mm Vest Suit	체온 보호	
고막 체온계	BRAUN Infrared Thermometer IRT 4520	고막 체온 측정	
혈압/맥박계	A&D UA-772C 디지털 혈압 및 맥박계	혈압 및 맥박 측정	
수온계	큐맥스 RT-304 온도계	수온 측정	

4. 실험 방법

본 실험은 동일한 환경과 수온에서 습식 잠수복과 건식 잠수복을 각각 착용한 후 잠수 전과 30분간 잠수 후 신체 활력 징후와 피실험자의 추위 인식도를 측정하였다.

1) 유형

(1) 유형1 - 수온 11℃, 수심 5 m 풀장에 습식 잠수복을 착용 후 30분간 잠수를 실행하여 잠수 전/후 신체 활력 징후 및 피실험자의 추위 인식도 측정

(2) 유형2 - 수온 11℃, 수심 5 m 풀장에 건식 잠수복을 착용 후 30분간 잠수를 실행하여 잠수 전/후 신체 활력 징후 및 피실험자의 추위 인식도 측정

이상의 2가지 유형으로 잠수를 실행하였고 잠수 전 후 신체 활력 징후 및 피실험자의 추위 인식도를 측정하였다.

2) 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.

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

4) 신체 활력 징후 측정

(1) 잠수 전 측정

① 체온

잠수 10분 전 최대한 안정을 취한 상태에서 고막 체온계를 사용하여 측정하였고 측정 방법은 다음과 같다.

가. 체온계 사용 전 탐침 부위에 뚜껑을 씌우거나 알코올 솜으로 닦는다.

나. 귓바퀴를 후상 방으로 당긴다.

다. 탐침을 고막방향으로 삽입한다.

라. 측정버튼을 눌러 소리 후에 측정된 체온을 확인한다.

마. 측정된 체온을 기록한다.

② 맥박

잠수 10분 전 최대한 안정을 취한 상태에서 UA-772C 디지털 혈압/맥박계를 사용하여 측정하였고 측정방법은 다음과 같다.

가. 측정자가 의자에 앉은 자세에서 우측 팔을 테이블 위에 올린다.

나. 상완동맥부위에 커프를 씌운다.

다. 혈압/맥박계에 측정버튼을 누른 후 20~30초간 기다린다.

라. 측정된 맥박을 기록한다.

③ 호흡

잠수 전 실린더의 공기량을 측정하여 기록하였다.

참 고

실린더의 공기량은 레귤레이터 게이지에 측정된 압력(bar)으로 기록하였고 잠수 절차상 10단위로 기록하였다.

④ 혈압

잠수 10분 전 최대한 안정을 취한 상태에서 UA-772C 디지털 혈압/맥박계를 사용하여 측정하였고 측정방법은 다음과 같다.

가. 측정자가 의자에 앉은 자세에서 우측 팔을 테이블 위에 올린다.

나. 상완동맥부위에 커프를 씌운다.

다. 혈압/맥박계에 측정버튼을 누른 후 20~30초간 기다린다.

라. 측정된 혈압을 기록한다.

(2) 잠수 후 측정

① 체온

잠수 직후 1분 내에 잠수 전과 동일한 방법으로 체온을 측정하였다.

② 맥박

잠수 직후 2분 내에 잠수 전과 동일한 방법으로 맥박을 측정하였다.

③ 호흡

잠수 후 실린더의 공기량을 측정하여 기록하였다.

참 고

실린더의 공기량은 레귤레이터 게이지에 측정된 압력(bar)으로 기록하였고 잠수 절차상 10단위로 기록하였다.

④ 혈압

잠수 직후 2분 내에 잠수 전과 동일한 방법으로 혈압을 측정하였다.

5) 피실험자의 추위 인식도 변화

잠수 후 10분 내에 잠수 중 느꼈던 추위 인식도를 설문지를 이용하여 작성하였고, 질문지는 <표 9>와 같다. 본 설문지는 NEDU(2006)에서 superinsulation aerogel 소재의 잠수복 성능평가를 위한 연구에서 추위 인식도에 대한 연구 시 사용된 설문지이다.

표 9. 피실험자의 추위 인식도 설문지

성명 :										
1. 잠수 중 불편함을 느꼈습니까?										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15분 경과
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	30분 경과
매우 불편함 ←—————→ 매우 편함										
2. 잠수 중 추위를 느꼈습니까?										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15분 경과
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	30분 경과
매우 추움 ←—————→ 춥지 않음										
3. 잠수 중 손이 추웠습니까?										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15분 경과
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	30분 경과
매우 추움 ←—————→ 춥지 않음										
4. 잠수 중 발이 추웠습니까?										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15분 경과
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	30분 경과
매우 추움 ←—————→ 춥지 않음										
5. 잠수 중 떨었습니까?										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15분 경과
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	30분 경과
매우 떨음 ←—————→ 떨지 않음										

출처: NEDU, 2006

5. 실험 절차

본 실험 절차는 <그림 3>과 같이 실험 유형 1과 2에서 피실험자의 신체 활력 징후 측정 및 추위 인식도 조사를 실시하였다.

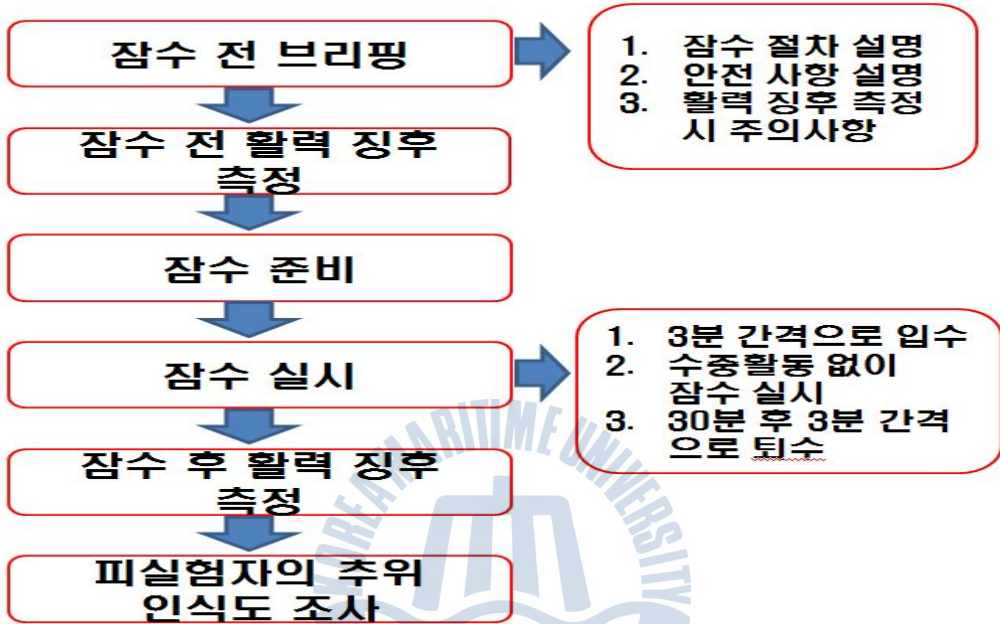


그림 3. 실험 절차

6. 자료 처리

본 연구에서의 자료 분석 방법은 SPSS 12.0 프로그램을 사용하여 분석하였다. 잠수 전과 잠수 후에 신체 활력 징후를 측정하여 분석을 실행하였고, 평균과 표준편차를 구하고 체온, 혈압, 맥박에서는 일원배치 분산분석(One Way ANOVA)으로 분석하였고, 호흡은 대응표본 t-test를 실시하여 이때 유의도 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다. 또한, 피실험자의 추위 인식도 분석에서는 건식 잠수복과 습식 잠수복을 착용 후 잠수 중 느꼈던 추위 인식도 변화를 비교하여 분석을 실행하였고, 평균과 표준편차를 구하고 대응표본 t-test를 실시하여 유의도 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

IV. 연구 결과

본 연구는 저 수온에서 잠수 시 신체 활력 징후 및 피실험자의 추위 인식도를 관찰하여 저 수온이 신체에 어떠한 영향을 미치는지 파악하였다.

1. 신체 활력 징후 변화

1) 체온 변화

체온에 변화는 <표 10> 및 <그림 4>와 같으며 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($p < .05$).

표 10. 체온 변화 (°C)

	유형	응답수	평균	표준편차	f	p
잠수 전/후 체온 변화	습식 잠수복 잠수 전	7	36.48	.504	2.21	.000 *
	습식 잠수복 잠수 후	7	34.27	.394		
	건식 잠수복 잠수 전	7	36.41	.463	1.31	.000 *
	건식 잠수복 잠수 후	7	35.1	.522		
잠수복에 따른 체온 변화	습식 잠수복 잠수 전	7	36.48	.504	.07	.992
	건식 잠수복 잠수 전	7	36.41	.463		
	습식 잠수복 잠수 후	7	34.27	.394	-0.82	.016 *
	건식 잠수복 잠수 후	7	35.1	.522		

* $p < .05$

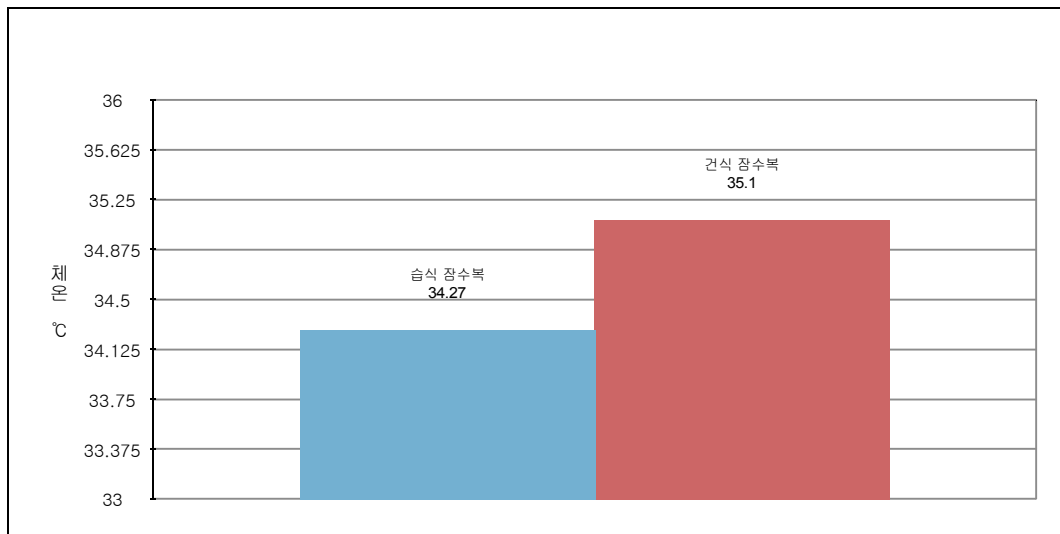


그림 4. 잠수 후 체온 비교

또한 습식 잠수복 착용 시와 건식 잠수복 착용 시 잠수 후 체온을 비교하여 일원배치 분산분석을 실시한 결과 습식 잠수복 착용 후 체온은 $34.27 \pm 0.39^{\circ}\text{C}$ 로 측정되었고 건식 잠수복 착용 후 체온은 $35.1 \pm 0.52^{\circ}\text{C}$ 로 확인되었다. 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($p < .05$).

2) 맥박 변화

맥박에 변화는 <표 11> 및 <그림 5>와 같으며 습식 잠수복 착용 후 잠수 전 맥박은 63.57 ± 12.38 beats/min이었고 잠수 후 맥박은 65.71 ± 13.74 beats/min으로 평균 2.14 beats/min 상승하였다. 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. 또한 습식 잠수복 착용 시와 건식 잠수복 착용 시 잠수 후 맥박을 비교하여 일원배치 분산분석을 실시한 결과 습식 잠수복 착용 후 맥박은 65.71 ± 13.74 beats/min으로 측정되었고 건식 잠수복 착용 후 맥박은 66.00 ± 6.65 beats/min으로 확인되었다. 건식 잠

수복을 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.

표 11. 맥박 변화 (beats/min)

		유형	응답수	평균	표준편차	f	p
잠수 전/후 맥박 변화	습식 잠수복 잠수 전		7	63.57	12.28	-2.14	.980
	습식 잠수복 잠수 후		7	65.71	13.74		
	건식 잠수복 잠수 전		7	71.71	6.62	5.71	.733
	건식 잠수복 잠수 후		7	66	6.65		
잠수복에 따른 맥박 변화	습식 잠수복 잠수 전		7	63.57	12.28	-8.14	.471
	건식 잠수복 잠수 전		7	71.71	6.65		
	습식 잠수복 잠수 후		7	65.71	13.74	-.28	1.000
	건식 잠수복 잠수 후		7	66	6.65		

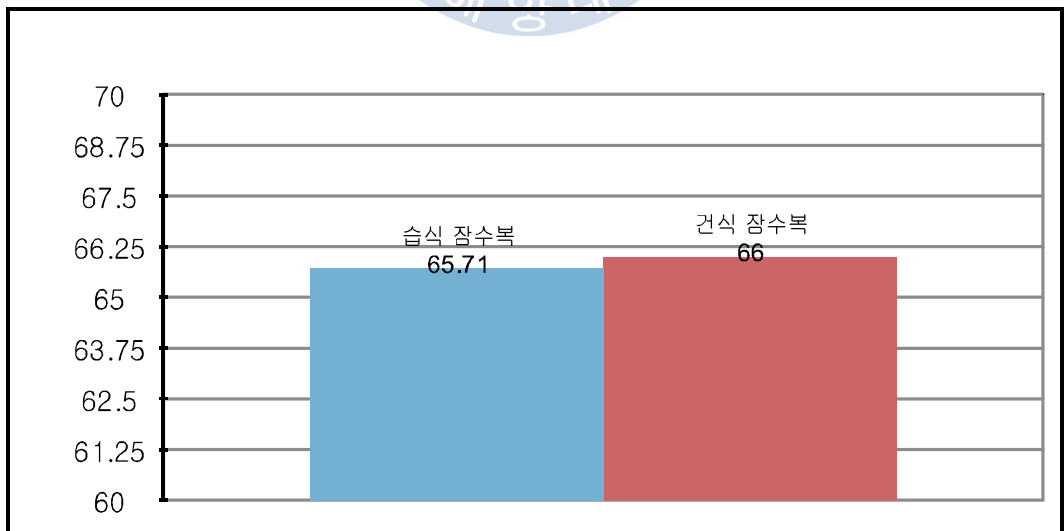


그림 5. 잠수 후 맥박 비교

3) 혈압 변화

혈압에 변화는 <표 12, 13> 및 <그림 6>과 같으며 습식 잠수복 착용 후 잠수 전 혈압은 수축기압 128.85±8.19 mmHg로 측정되었고, 이완기압 82.00±8.79 mmHg이었고 잠수 후 혈압은 수축기압 144.85±11.69 mmHg로 측정되었고, 이완기압 85.57±21.51 mmHg로 수축기압은 평균 16 mmHg 상승하였고, 이완기압은 평균 3.57 mmHg 상승하였다. 건식 잠수복 착용 후 잠수 전 혈압은 수축기압 132.42±7.13 mmHg으로 측정되었고, 이완기압 83.28±8.26 mmHg이었다. 잠수 후 혈압은 수축기압 136.85±10.58 mmHg으로 측정되었고, 이완기압 82.85±10.31 mmHg이었으며, 수축기압은 평균 4.42 mmHg 상승하였고, 이완기압은 평균 0.42 mmHg 하락하였다. 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.

표 12. 혈압 수축기압 변화 (mmHg)

	유형	응답수	평균	표준편차	f	p
잠수 전/후 혈압	습식 잠수복 잠수 전	7	128.85	8.19	-16	.022 *
	습식 잠수복 잠수 후	7	144.85	11.69		
수축기압 변화	건식 잠수복 잠수 전	7	132.42	7.13	-4.42	.823
	건식 잠수복 잠수 후	7	136.85	10.88		
잠수복에 따른 혈압	습식 잠수복 잠수 전	7	128.85	8.19	-3.57	.897
	건식 잠수복 잠수 전	7	132.42	7.13		
수축기압 변화	습식 잠수복 잠수 후	7	144.85	11.69	8	.823
	건식 잠수복 잠수 후	7	136.85	10.88		

* p<.05

표 13. 혈압 이완기압 변화

(mmHg)

	유형	응답수	평균	표준편차	f	p	
잠수 전/후 혈압 이완기압 변화	습식 잠수복 잠수 전	7	82	8.79	-3.57	.958	
	습식 잠수복 잠수 후	7	85.57	21.51			
	건식 잠수복 잠수 전	7	83.28	8.26	.28	1.000	
	건식 잠수복 잠수 후	7	83	10.01			
	잠수복에 따른 혈압 이완기압 변화	습식 잠수복 잠수 전	7	82	8.79	-1.28	.998
		건식 잠수복 잠수 전	7	83.28	21.51		
습식 잠수복 잠수 후		7	85.57	8.26	2.57	.983	
건식 잠수복 잠수 후		7	83	10.01			

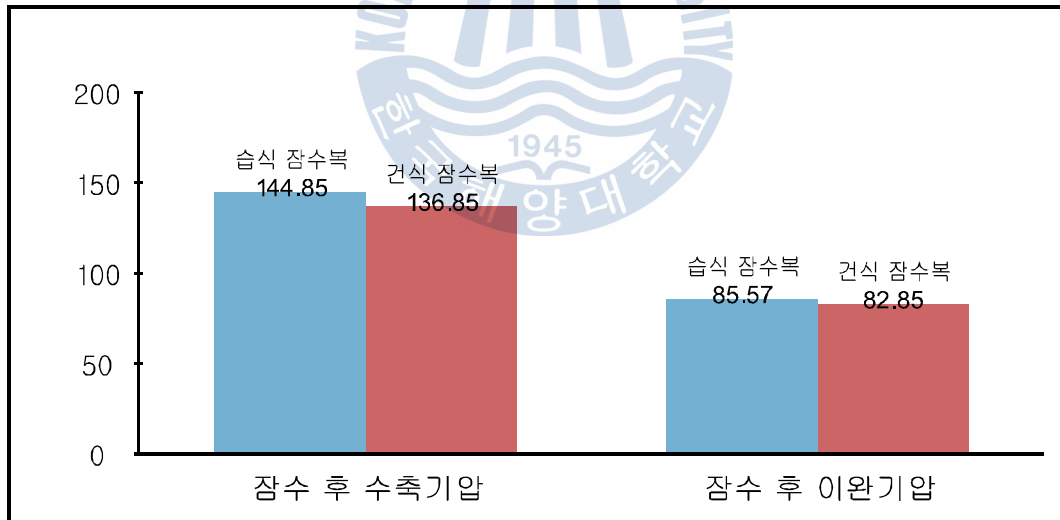


그림 6. 잠수 후 혈압 비교

또한 습식 잠수복 착용 시와 건식 잠수복 착용 시 잠수 후 혈압을 비교하여 일원배치 분산분석을 실시한 결과 습식 잠수복 착용 후 수축기압은 144.85±11.69 mmHg로 이완기압은 85.57±21.51 mmHg로 측정되었다. 그리고

건식 잠수복 착용 후 수축기압은 136.85 ± 10.58 mmHg로 이완기압은 82.85 ± 10.31 mmHg로 측정되었다. 건식 잠수복을 착용하였을 때보다 습식 잠수복을 착용하였을 때 잠수 후 수축기압은 평균 8 mmHg 높게 측정되었고, 이완기압은 평균 2.71 mmHg 낮게 측정되었다. 두 유형의 잠수 후 혈압은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

4) 호흡 변화

잠수 후 호흡량 변화는 <표14> 및 <그림 7>과 같으며 습식 잠수복 착용 후 잠수 시 30분간 19.95 ± 4.6 ft³을 소모하였고, 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 30분간 15.96 ± 4.6 ft³을 소모하였으며, 습식 잠수복을 착용하였을 때보다 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 평균 3.99 ft³을 덜 소모하는 것으로 확인되었다. t-test를 실시한 결과 양 잠수에서 잠수 후 호흡량은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$).

표 14. 습식 잠수복과 건식 잠수복에 호흡량 비교 (ft³)

	유형	응답수	평균	표준편차	t	p
호흡량 비교	습식 잠수복	7	19.95	4.6	2.64	.038 *
	건식 잠수복	7	15.96	4.6		

* $p < .05$

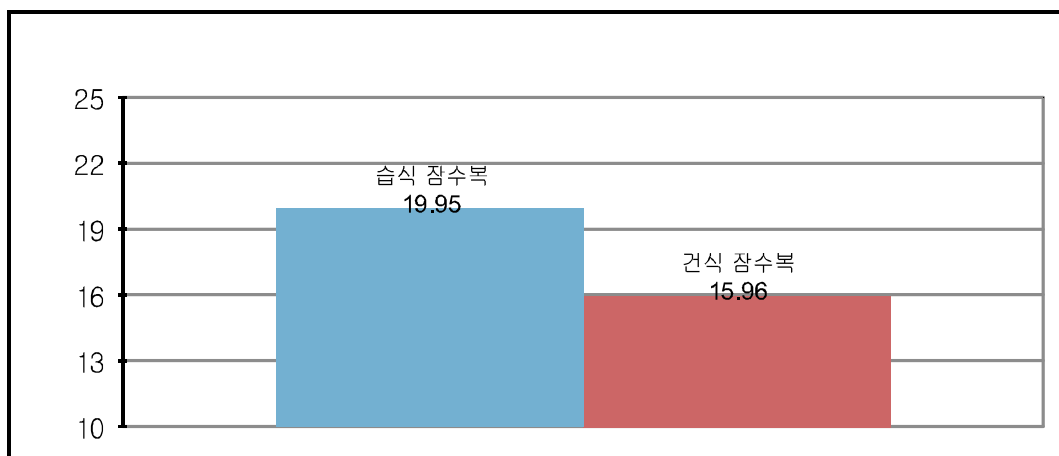


그림 7. 잠수 후 호흡량 비교(ft³)

2. 추위 인식도 변화

1) 잠수 중 불편함에 대한 인식도

습식 잠수복과 건식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 불편함에 대한 추위 인식도는 <표 15>와 같다. 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($p < .05$).

표 15. 습식 잠수복과 건식 잠수복에 잠수 중 불편함에 대한 인식도 비교

	유형	응답수	평균	표준편차	t	p
15분경과	습식 잠수복	7	5.42	2.22	-3.05	.022 *
	건식 잠수복	7	8.00	.57		
30분경과	습식 잠수복	7	3.57	1.27	-3.95	.007 *
	건식 잠수복	7	6.14	.89		

* $p < .05$

2) 잠수 중 추위에 대한 인식도

습식 잠수복과 건식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 추위에 대한 인식도는 <표 16>과 같다. 잠수 15분경과 후 습식 잠수복의 결과는 4.71 ± 1.6 로 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 결과는 3.42 ± 1.13 로 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($p < .05$).

표 16. 습식 잠수복과 건식 잠수복에 잠수 중 추위에 대한 인식도 비교

	유형	응답수	평균	표준편차	t	p
15분경과	습식 잠수복	7	4.71	1.6	-6.76	.001 *
	건식 잠수복	7	8.28	.48		
30분경과	습식 잠수복	7	3.42	1.27	-4.26	.005 *
	건식 잠수복	7	6.57	1.13		

* $p < .05$

3) 잠수 중 손의 추위에 대한 인식도

습식 잠수복과 건식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 손의 추위에 대한 인식도는 <표 17>과 같다. 잠수 15분경과 후 습식 잠수복의 결과는 6 ± 2.16 로 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($p < .05$).

표 17. 습식 잠수복과 건식 잠수복에 잠수 중 손의 추위에 대한 인식도 비교

	유형	응답수	평균	표준편차	t	p
15분경과	습식 잠수복	7	6	2.16	-2.46	.049 *
	건식 잠수복	7	7.28	1.11		
30분경과	습식 잠수복	7	3.42	1.39	-6.35	.001 *
	건식 잠수복	7	5.71	1.25		

* $p < .05$

4) 잠수 중 발의 추위에 대한 인식도

습식 잠수복과 건식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 발의 추위에 대한 인식도는 <표 18>와 같다. 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($p < .05$).

표 18. 습식 잠수복과 건식 잠수복에 잠수 중 발의 추위에 대한 인식도 비교

	유형	응답수	평균	표준편차	t	p
15분경과	습식 잠수복	7	6.14	2.54	-3.33	.016 *
	건식 잠수복	7	9	.57		
30분경과	습식 잠수복	7	3.85	1.95	-6.48	.001 *
	건식 잠수복	7	7.71	1.38		

* $p < .05$

5) 잠수 중 떨림에 대한 추위 인식도

습식 잠수복과 건식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 떨림에 대한 추위 인식도 <표 19>와 같다. 잠수 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 것으로 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($p < .05$).

표 19. 습식 잠수복과 건식 잠수복에 잠수 중 떨림에 대한 인식도 비교

	유형	응답수	평균	표준편차	t	p
15분경과	습식 잠수복	7	5.42	2.57	-3.83	.009 *
	건식 잠수복	7	9.14	1.06		
30분경과	습식 잠수복	7	2.85	1.21	-4.701	.003 *
	건식 잠수복	7	7.42	2.22		

* $p < .05$



V. 분석

저 수온에서 잠수 시 발생할 수 있는 신체 활력 징후 변화 및 피실험자의 추위 인식도를 관찰하였고 그 결과로 나온 자료 중 통계학적 유의한 변화가 관찰된 내용을 신체의 정상범위, 잠수 전/후에 변화, 마지막으로 잠수복간의 차이를 비교 분석하여 잠수 활동의 효율성 및 발전 방향을 제시하고자 한다.

1. 신체 활력 징후 변화

1) 체온 변화

(1) 정상체온과 잠수 후 체온 간의 비교 분석

신체의 정상체온인 35.7~37.5℃(평균 36.6℃)와 본 연구에서 결과인 잠수 후 체온을 비교하였을 때 습식 잠수복을 착용한 후 잠수 시 체온은 평균 34.27℃, 건식 잠수복을 착용한 후 잠수 시 체온은 평균 35.1℃로써 습식 잠수복을 착용 후 11℃에서 30분간 잠수 시 정상체온에서 약 2.33℃ 하락한 것을 알 수 있었다. 또한, 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 정상체온에서 약 1.5℃ 하락하였다. 이는 모두 경미한 저체온증이 발생하였다. 습식 잠수복을 착용 후 잠수 시 기억력 손실, 언어 장애, 감각 기능 장애, 운동 실행 장애 등의 증상들이 발생할 수 있고, 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 실험에서의 개인 적응 한계, 정신혼란 합리적 사고 장애, 익사 가능성, 저항의지 감소 등의 증상이 발생할 수 있다. 다음 <그림 8>은 정상체온과 건식 잠수복, 습식 잠수복을 착용 후 잠수 직후 체온을 비교 분석하였다.

(2) 잠수 전과 잠수 후 체온 간에 비교 분석

습식 잠수복 착용 후 잠수 전 체온은 평균 36.48±0.5℃였고 잠수 후 체온은 평균 34.27±0.39℃로 약 2.2℃ 하락하였다. 건식 잠수복 착용 후 잠수 전 체온은 평균 36.41±0.46℃였고 잠수 후 체온은 평균 35.1±0.52℃로 약 1.3℃ 하락한 것을 확인할 수 있었다. 이는 잠수 전 정상체온에서 저 수온으로 인한 저체온증이 발생한 것을 확인할 수 있었다.

(3) 잠수복 간에 비교 분석

습식 잠수복을 착용한 후 잠수 시 체온은 평균 $34.27 \pm 0.39^\circ\text{C}$ 건식 잠수복을 착용한 후 잠수 시 체온은 평균 $35.1 \pm 0.52^\circ\text{C}$ 로 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 약 0.82°C 체온이 덜 하락하는 것을 확인할 수 있었다. 물론 양 잠수 모두 저체온증이 발생되었지만 일원배치 분산분석을 실시한 결과 유의도 $.016(p < .05)$ 로 통계학적 유의한 변화가 있다는 것을 확인하였다. 이는 시간이 길어질수록 또 수온이 더욱 차가울수록 변화의 폭이 더욱 커질 것으로 사료된다.

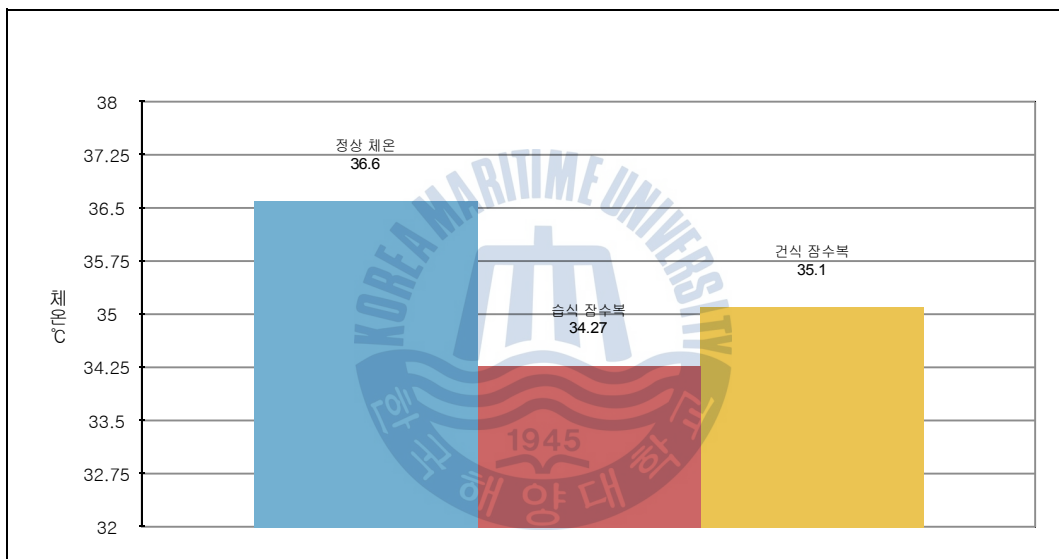


그림 8. 정상체온과 잠수 후 체온 간의 비교 분석

2) 호흡량 변화

(1) 정상 호흡량과 잠수 후 호흡량 간의 비교 분석

신체의 평균 호흡량이 안정 호흡 시 분당 약 0.33 ft^3 호흡을 한다고 예측하였을 때 수심 5 m에서 잠수 시 대기압력 증가에 따른 호흡률도 증가함으로 5 m에서 안정 호흡으로 30분간 잠수 시 평균 소모량은 14.85 ft^3 로 예상된다. 습식 잠수복을 착용하여 잠수 시 30분간 약 19.95 ft^3 를 소모하였고, 건식 잠수복을 착용하여 잠수 시 30분간 약 15.96 ft^3 를 소모하였다. 이는 평균 호

흡량보다. 습식 잠수복을 착용 후 잠수 시 약 5.1 ft³를 더 소모하였고, 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 약 1.11 ft³를 더 소모하는 것으로 나타났다. 다음과 같은 상황은 5 m에서 잠수 시 발생한 변화로 수심의 증가와 수온의 변화가 클수록 호흡량의 변화는 더욱 증가할 것으로 사료된다. 다음 <그림 9>은 정상 호흡량과 건식 잠수복, 습식 잠수복을 착용 후 잠수 직후 호흡량을 비교 분석하였다.

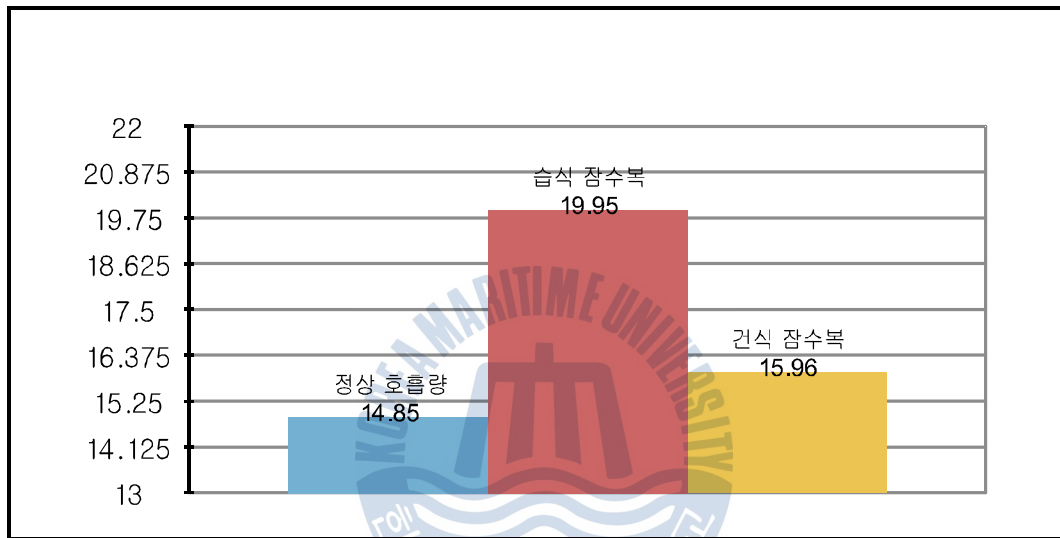


그림 9. 정상 호흡량과 잠수 후 호흡량 간의 비교 분석

(2) 잠수복 간에 비교 분석

습식 잠수복 착용 후 잠수 시 30분간 19.95±4.6 ft³을 소모하였고 건식 잠수복 착용 후 잠수 시 30분간 15.96±4.6 ft³을 소모하였으며 습식 잠수복을 착용하였을 때보다 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 평균 3.99 ft³을 덜 소모하는 것으로 확인할 수 있었다. t-test를 실시한 결과 유의도 .038(p<.05)로 통계학적 유의한 변화가 있다는 것을 확인하였다. 이는 시간이 길어질수록 수온이 더욱 차가울수록 변화의 폭이 더욱 커질 것으로 사료된다.

2. 추위 인식도

본 연구의 피실험자의 추위 인식도에 대한 관찰은 NEDU(2006)에서 superinsulation aerogel 소재의 잠수복 성능평가를 위한 연구에서 추위 인식도에 대한 연구 시 사용된 설문지를 모델링하여 잠수 직후 설문 조사하였다. 설문지의 경도는 매우 추움(불편함)을 0에서 춥지 않음(편안함)을 10으로 선정하였고 잠수 중 15분 경과와 30분경과를 구분하여 잠수사의 추위 인식도를 관찰하여, 그 결과로 나온 자료들을 비교 분석하였다.

1) 잠수 중 불편함에 대한 인식도

(1) 잠수 전과 잠수 중 불편함에 대한 비교 분석

잠수 전 기준을 10으로 선정 후 습식 잠수복을 착용하여 잠수 중 15분 경과 평균 5.42 ± 2.22 를 기록하였고, 30분 경과 3.57 ± 1.27 를 기록하였다. 또한, 건식 잠수복을 착용하여 잠수 중 15분 경과 8.00 ± 0.57 를 기록하였고, 30분 경과 6.14 ± 0.89 를 기록하였다. 이는 기준점이 10이었을 때 습식 잠수복을 착용 후 잠수 시 대부분 잠수 초반부터 불편함을 호소하였고, 30분 경과 후 거의 모든 잠수사가 매우 불편함을 호소하였다. 그러나 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 잠수 초반에는 불편함을 느끼지 못하였고, 시간이 지날수록 조금씩 불편함을 느껴 30분 경과 후 경미한 불편함을 호소하였다. 다음 <그림 10>은 건식 잠수복과 습식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 불편함에 대한 비교 분석을 하였다.

(2) 잠수복 간의 비교 분석

습식 잠수복 착용 후 잠수 시 15분 경과 5.42 ± 2.22 를 기록하였고, 건식 잠수복 착용 시 8.00 ± 0.57 를 기록하여 서로 간의 약 2.58의 차이를 기록하였다. 또한, 30분 경과 습식 잠수복 착용 시 3.57 ± 1.27 를 기록하였고, 건식 잠수복 착용 시 6.14 ± 0.89 를 기록하여 서로 간의 약 2.58의 차이를 기록하였다. 이는 습식 잠수복보다 건식 잠수복 착용 시 잠수사의 안정감을 크게 증가한다는 분석이 가능하다.

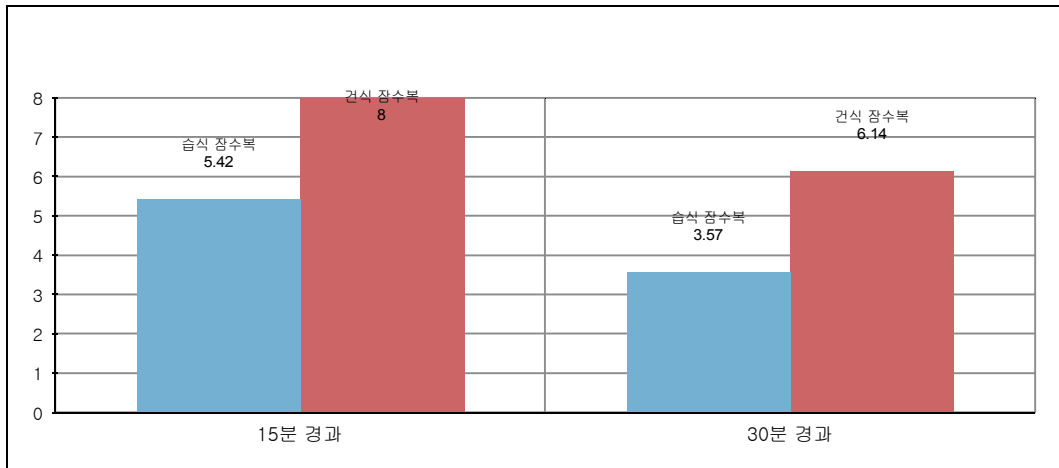


그림 10. 잠수 중 불편함에 대한 인식도 변화

2) 잠수 중 추위에 대한 인식도

(1) 잠수 전과 잠수 중 추위에 대한 비교 분석

잠수 전 기준을 10으로 선정 후 습식 잠수복을 착용하여 잠수 중 15분 경과 평균 4.71 ± 1.6 을 기록하였고, 30분 경과 3.42 ± 1.13 을 기록하였다. 또한, 건식 잠수복을 착용하여 잠수 중 15분 경과 8.28 ± 0.48 을 기록하였고, 30분 경과 6.57 ± 1.27 을 기록하였다. 이는 기준점이 10이었을 때 습식 잠수복을 착용 후 잠수 시 잠수 초반 경미한 추위를 호소하였으며, 30분 경과 후 거의 모든 잠수사가 추위를 호소하였다. 그러나 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 잠수 초반에는 추위를 느끼지 못하였고, 시간이 지날수록 조금씩 추위를 느껴 30분 경과 후 경미한 추위를 호소하였다. 다음 <그림 11>은 건식 잠수복과 습식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 추위에 대한 비교 분석을 하였다.

(2) 잠수복 간의 비교 분석

습식 잠수복 착용 후 잠수 시 15분 경과 4.71 ± 1.6 을 기록하였고, 건식 잠수복 착용 시 8.28 ± 0.48 을 기록하여 서로 간의 약 3.57의 차이를 기록하였다. 또한, 30분 경과 습식 잠수복 착용 시 3.42 ± 1.13 을 기록하였고, 건식 잠수복 착용 시 6.57 ± 1.27 을 기록하여 서로 간의 약 3.15의 차이를 기록하였다. 이는 습식 잠수복 보다 건식 잠수복 착용 시 잠수사의 추위에 대한 부담이 더욱 적다는 것을 알 수 있었다.

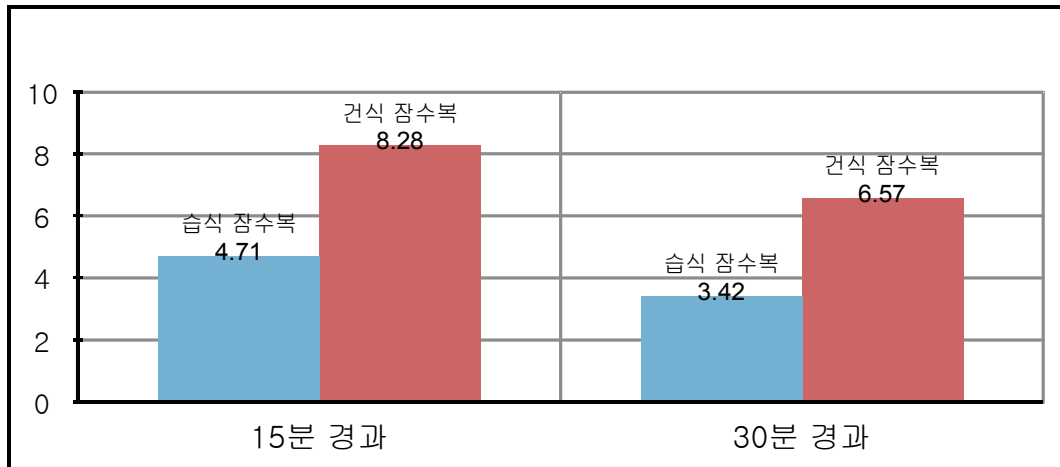


그림 11. 잠수 중 추위에 대한 인식도 변화

3) 잠수 중 손의 추위에 대한 인식도

(1) 잠수 전과 잠수 중 손의 추위에 대한 비교 분석

잠수 전 기준을 10으로 선정 후 습식 잠수복을 착용하여 잠수 중 15분 경과 평균 6 ± 2.16 을 기록하였고, 30분 경과 3.42 ± 1.39 를 기록하였다. 또한, 건식 잠수복을 착용하여 잠수 중 15분 경과 7.28 ± 1.11 을 기록하였고, 30분 경과 5.71 ± 1.25 를 기록하였다. 이는 기준점이 10이었을 때 습식 잠수복을 착용 후 잠수 시 잠수 초반 경미한 손의 추위를 호소하였으며, 30분 경과 후 거의 모든 잠수사가 손의 추위를 호소하였다. 또한, 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 잠수 초반에는 손의 추위를 느끼지 못하였고, 시간이 지날수록 조금씩 추위를 느껴 30분 경과 후 경미한 손의 추위를 호소하였다. 다음 <그림 12>은 건식 잠수복과 습식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 손의 추위에 대한 비교 분석을 하였다.

(2) 잠수복 간의 비교 분석

습식 잠수복 착용 후 잠수 시 15분 경과 6 ± 2.16 을 기록하였고, 건식 잠수복 착용 시 8.28 ± 0.48 을 기록하여 서로 간의 약 2.28의 차이를 기록하였다. 또한, 30분 경과 습식 잠수복 착용 시 3.42 ± 1.39 를 기록하였고, 건식 잠수복 착용 시

5.71±1.25를 기록하여 서로 간의 약 2.29의 차이를 기록하였다. 이는 두 유형의 잠수 모두 보온 장갑을 착용하지 않았음에도 습식 잠수복 착용 시 손에 대한 추위를 더욱 더 호소하였고, 습식 잠수복이 손에 추위에 대한 부담을 덜어 줄 수 있다고 분석된다.

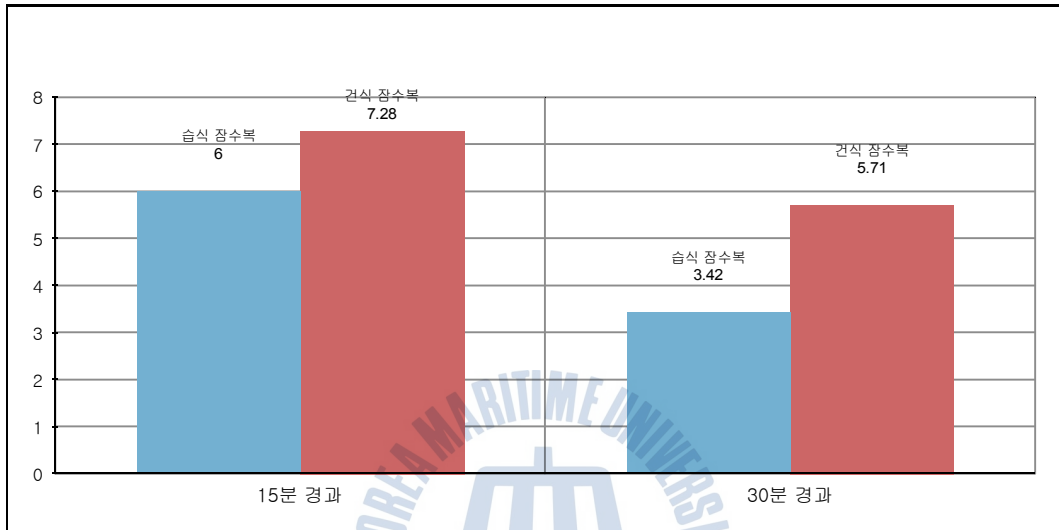


그림 12. 잠수 중 손의 추위에 대한 인식도 변화

4) 잠수 중 발의 추위에 대한 인식도

(1) 잠수 전과 잠수 중 추위에 대한 비교 분석

잠수 전 기준을 10으로 선정 후 습식 잠수복을 착용하여 잠수 중 15분 경과 평균 6.14±2.54를 기록하였고, 30분 경과 3.85±1.95를 기록하였다. 또한, 건식 잠수복을 착용하여 잠수 중 15분 경과 9±0.57을 기록하였고, 30분 경과 7.71±1.38을 기록하였다. 이는 기준점이 10이었을 때 습식 잠수복을 착용 후 잠수 시 잠수 초반 경미한 발의 추위를 호소하였으며, 30분 경과 후 거의 모든 잠수사가 발의 추위를 호소하였다. 그러나 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 30분 경과 후에도 대부분의 잠수사가 발에 대한 추위를 호소하지 않았다. 다음 <그림 13>은 건식 잠수복과 습식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 발의 추위에 대한 비교 분석을 하였다.

(2) 잠수복 간의 비교 분석

습식 잠수복 착용 후 잠수 시 15분 경과 6.14±2.54를 기록하였고, 건식 잠수복 착용 시 9±0.57을 기록하여 서로 간의 약 2.86의 차이를 기록하였다. 또한, 30분 경과 습식 잠수복 착용 시 3.85±1.95를 기록하였고, 건식 잠수복 착용 시 7.71±1.38을 기록하여 서로간의 약 3.86의 차이를 기록하였다. 이는 건식 잠수복 착용 시 발 부위까지 건식으로 되어있어 양 잠수복 간에 명확한 차이를 보이고 있으며, 건식 잠수복 착용 시 발에 대한 추위를 많이 배제할 수 있다고 분석된다.

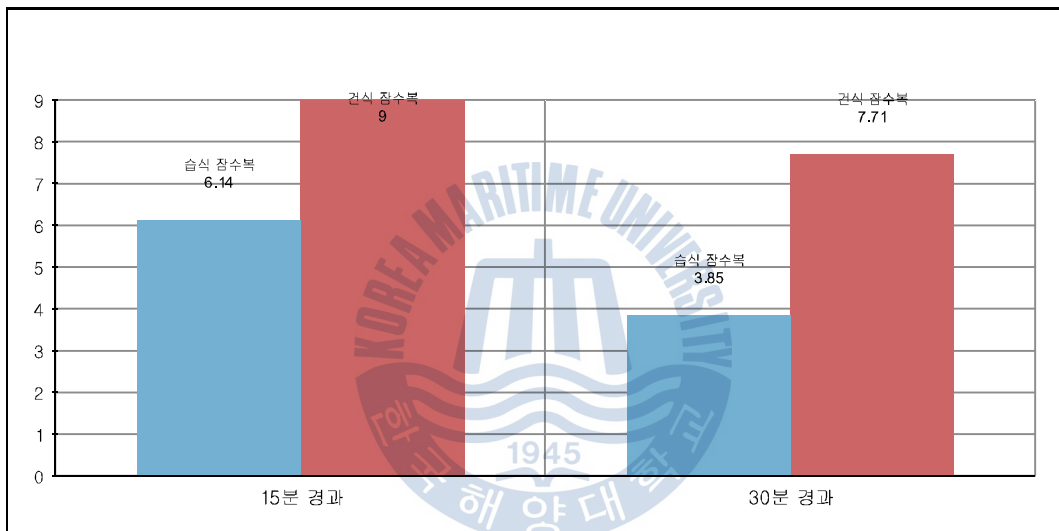


그림 13. 잠수 중 발의 추위에 대한 인식도 변화

5) 잠수 중 떨림에 대한 추위 인식도

(1) 잠수 전과 잠수 중 추위에 대한 비교 분석

잠수 전 기준을 10으로 선정 후 습식 잠수복을 착용하여 잠수 중 15분 경과 평균 5.42±2.57을 기록하였고, 30분 경과 2.85±1.21을 기록하였다. 또한, 건식 잠수복을 착용하여 잠수 중 15분 경과 9.14±1.06을 기록하였고, 30분 경과 7.42±2.22를 기록하였다. 이는 기준점이 10이었을 때 습식 잠수복을 착용 후 잠수 시 잠수 초반 경미한 떨림을 호소하였으며, 30분 경과 후 거의 모든 잠수사가 떨림을 호소하였다. 그러나 건식 잠수복을 착용 후 잠수 시 대부분에 잠수

사들이 잠수 종료 시까지 떨림을 호소하지 않았다. 다음 <그림 14>은 건식 잠수복과 습식 잠수복을 착용 후 잠수를 실행하여 잠수 중 떨림에 대한 비교 분석을 하였다.

(2) 잠수복 간의 비교 분석

습식 잠수복 착용 후 잠수 시 15분 경과 5.42±2.57을 기록하였고, 건식 잠수복 착용 시 9.14±1.06을 기록하여 서로 간의 약 3.72의 차이를 기록하였다. 또한, 30분 경과 습식 잠수복 착용 시 2.85±1.21을 기록하였고, 건식 잠수복 착용 시 7.42±2.22를 기록하여 서로 간의 약 4.57의 차이를 기록하였다. 이는 습식 잠수복 보다 건식 잠수복 착용 시 잠수사의 떨림에 대한 부담이 더욱 적다는 것을 분석할 수 있다.

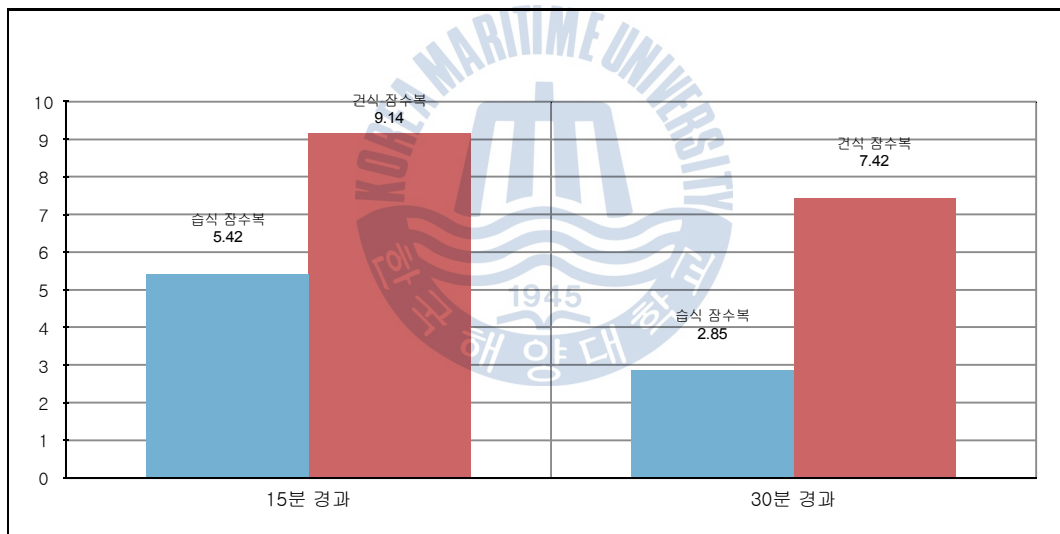


그림 14. 잠수 중 떨림에 대한 인식도 변화

VI. 논의

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(차정택, 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 유의도 .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 잠수복 착용 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 수온

에서 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 중에서보다 25배나 빨리 체온손실이 발생하기 때문에 저 수온에서 잠수 시 저체온증이 발생하기 쉽다. 수중에서 저체온증이 발생하면 떨림, 판단 능력 저하, 세밀한 작업능력 저하 때문에 수중에서 자신의 안전을 무시하고 상승률을 증가시킬 수 있고, 일부 또는 전체의 감압을 생략하고 해면으로 상승하여 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 안전문제 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 조금 이라고 경험해본 사람이라면, 떨림을 경험했을 것으로 생각한다. 떨림이란 추위에 노출되어 근 긴장도가 높아져서 혈관 평활근의 수축으로 오한이 나며 어느 한계의 근 긴장도를 넘게 되면 불수의적으로 골격근이 10~20회/초의 빈도로 불규칙

하게 수축과 이완을 반복하게 되는 것을 말한다. 다음과 같이 골격근에 불규칙한 수축과 이완에 반복은 신체의 에너지 소비량의 증가로 인해 경도 저체온증에서 중증 저체온증으로 발달할 수 있으므로 잠수사들에 안전사고로 이어질 수 있다.

3. 잠수복의 선택

USN(2008)은 26.5°C 이상의 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°C이하의 체온을 나타냈고, 평균 35.1°C에 체온을 기록하였다. 만약 위에 표기된 시간 수온 7°C에서 5시간 동안 잠수를 실행한다면 더 많은 체온손실이 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.

VII. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 저 수온에서의 잠수가 신체 활력 징후 및 추위 인식도에 미치는 영향을 관찰하기 위해 7명에 잠수사가 수온 11℃에서 30분간 잠수를 실행하였다. 잠수 전과 후를 비교하여 신체의 변화를 분석하였고, 동일한 환경에서 건식 잠수복과 습식 잠수복 착용에 따른 추위 인식도를 조사하여 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 신체 활력 징후의 변화에서 체온에 변화는 건식 잠수복 착용 시 유의도 (.05), 습식 잠수복 착용 시 유의도 (.05)로 양 잠수 모두 잠수 전과 후에 통계학적 유의한 차이를 보였고 맥박에 변화는 건식 잠수복 착용 시 유의도 (.733), 습식 잠수복 착용 시 유의도 (.980)로 양 잠수 모두 잠수 전과 후에 통계학적 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 혈압에 변화는 습식 잠수복 착용 시 수축기압 유의도 (.05)로 통계학적 유의한 차이를 나타냈고, 이완기압 유의도 (.958), 건식 잠수복 착용 시 수축기압 유의도 (.823), 이완기압 유의도 (1.000)로 잠수 전과 후 통계학적 유의한 차이를 보이지 않았다.

둘째, 착용한 잠수복의 종류에 따른 신체 활력 징후의 변화에 차이에서 체온 변화는 유의도 (.05)로 통계학적 유의한 차이를 보였고 맥박 변화에는 유의도 (1.000)로 통계학적 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 혈압 변화에서도 수축기압 유의도 (.823), 이완기압 유의도 (.983)로 통계학적 유의한 차이를 보이지 않았다. 마지막으로 호흡에 변화는 유의도 (.05)로 통계학적인 유의한 차이를 보였다.

셋째, 착용한 잠수복에 따른 피실험자의 추위 인식도 변화에 차이에서 불평함에 대한 추위 인식도 변화는 15분경과 유의도 (.05), 30분경과 유의도 (.05)로 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 추위에 대한 인식도 변

화는 15분경과 유의도 (.05), 30분경과 유의도 (.05)로 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한, 손과 발에 추위에 대한 추위 인식도 변화는 15분경과 손 유의도 (.05), 발 유의도 (.05), 30분경과 유의도 .각각 (.05)로 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다. 마지막으로 떨림에 대한 추위 인식도 변화는 15분경과 유의도 (.05), 30분경과 유의도 (.05)로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

이상의 연구결과를 종합해 보면 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.

다음과 같은 연구결과로 확인할 수 있는 사항은 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.

2. 제언

본 연구에 결과로 인한 차후 잠수 절차 및 잠수 장비에 발전을 위하여 다음과 같이 제언하고자 논문 결론 맺고자 한다. 해군 및 각종 잠수 단체는 매년 겨울에 추위를 극복하기 위해 혹한기 훈련 및 얼음 밑 잠수를 시도한다. 우리에 신체는 추위에 따른 면역체계가 있는 것은 사실이다. 그러므로 신체는 추위에 어느 정도 적응하고 추위 순응에 따른 신체 적응도 있다. 하지만 우리에 신체가 자연을 완벽히 극복하고 수중환경을 정복할 수는 없을 것이다. 그래서 우리는 더욱 안전하고 편리한 잠수 절차 및 장비를 연구하고 개발해야 할 필요성을 느끼며 다음과 같이 제언한다.

1) 수온별 명확한 잠수복에 선택

미국 해군 잠수 교재에 나온 수온별 잠수복 착용에 대한 기준표는 논의에 언급한 것처럼 한국 잠수사들에 신체적 조건과 접합하지 않다고 생각된다. 또한, 각종 잠수 관련 교재에서는 수온에 따른 잠수복 착용 기준을 표기하였지만, 잠수 시간에 대한 추가적인 설명은 대부분 찾을 수가 없었다. 이처럼 정확한 기준표가 없어서 대부분에 잠수사들은 봄, 여름, 가을, 겨울 한 가지 잠수복으로 잠수를 실행하고 있고 해군 해난구조대 잠수사들도 천안함 사건 및 많은 동계 작전, 훈련에서 습식 잠수복을 착용 후 작전 및 훈련을 실행하고 있다. 이 때문에 감압병 증가 및 다수에 잠수사들은 저체온증에 노출되었다. 다음과 같은 상황이 생기지 않도록 명확한 기준표를 개발하여 많은 잠수사들이 안전하게 잠수를 실행할 수 있어야 한다고 사료된다.

2) 저 수온에서 잠수 시 추가적인 감압시도

감압병에 추가적인 발병 요인에서 수온이 차가울수록 감압병에 발병률은 더욱 증가할 것이라는 이론 및 내용을 확인할 수 있었다. 실제로 동계절 작전 및 훈련에서 정상적인 감압절차를 지켰음에도 다수에 잠수사들이 감압병을 소호하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 상황에서 안전 하게 잠수를 실행하기 위해서는 추가적인 감압이 필요할 것이라고 생각한다. 하지만 아직 대한민국에서는 잠수 관련 연구 제도가 없어서 수온과 수중 체류시간에 따른 감압시간 증가에 대한 정확한 데이터를 알아내기가 쉽지 않은 실정이다. 때문에 잠수 연구 제도를 만들어 잠수 절차 및 잠수 장비를 개발해야 한다고 사료된다.

3) 저 수온에서 잠수 시 잠수 전과 후 관리

동계절 작전 및 훈련을 실행하다 보면 잠수사들에 잠수 전과 잠수 후에 추가적인 관리가 필요하다고 느낀 적이 많았다. 육상 및 함정에서 잠수 장비를 착용한 잠수사들은 일정 거리를 고무보트에 타서 이동해야 한다. 또한, 입수 전 조류 시간 확인 및 잠수 절차 설명 등으로 장시간을 고무보트에서 대기해야 하는 상황이 많이 발생한다. 이러면 잠수사는 이미 추운 기온으로 인하여 체온손실이 발생하고, 잠수를 실행함과 동시에 저 수온에서 저체온증에 노출될 확률

이 높다. 또한, 잠수를 종료 후 몸과 잠수복이 젖은 상태에서 일정 거리를 이동해야 한다. 이 또한 육상에서 낮은 기온 때문에 잠수사들은 저체온증에 노출될 수 있다. 그러므로 잠수를 실행하기 전과 후에 체온보호에 대한 대책 및 안전 사항이 개발하여 잠수사들이 안전하게 잠수를 실행할 수 있어야 한다고 사료된다.



참 고 문 헌

강지현(2003). 스킨스쿠버 다이빙 시 심박 수와 에너지 소모량의 분석. 석사학위논문. 청주대학교 대학원.

국군 의무학교(2011). 간호 업무(간부 과정). 계룡: 국군 인쇄창.

국립수산과학원(2012). 2011년 한국근해 해양정보. (주) 보성인쇄.

김승철(2004). 스쿠버 다이빙시 수심차이에 따른 생리적 변화에 관한 연구. 석사학위논문. 인제대학교 교육대학원.

김종수(2001). 스포츠 다이빙 시 초급, 중급, 고급잠수사의 심박수 및 공기 소모량 변화에 대한 비교 분석. 석사학위논문. 청주대학교 대학원.

윤기욱 및 임인석(2005). 고막 체온계와 이마 체온계의 정확성 및 유용성에 대한 연구. Korean Journal of Pediatrics, Vol. 48, No. 8.

이창복(2010). 해양환경의 이해. 서울: 서울대학교 출판문화원.

차정택(2009). 테크니컬 스쿠버 다이빙시 잠수경력이 스트레스호르몬에 미치는 영향. 석사학위논문. 단국대학교 대학원.

해군 해난구조대(2007). 잠수·구조 용어집. 진해: 해군해난구조대.

해양의료원 해양의학지원소(2009). 잠수 의학 Diving Medicine 제3판. 진해: 해양의료원 해양의학지원소.

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.

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.

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.

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.

Tarlochan, F., & Ramesh, S.(2005). **Heat Transfer Model for Predicting Survival Time in Cold Water Immersion**. Department of Mechanical Engineering, University Tenaga Nasional, Selangor, Malaysia.

Ternstrup, T. E.(1989). **Tympanic Membrane Thermometers**. *Annals of Emergency Medicine*, 18 (9), 1004-1006.

USN(2008). **U.S Navy Diving Manual. Rev. 6**. Department of the Navy Naval Sea Systems Command.

