

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.5.541>

JCCT 2022-9-67

## 수난 구조 활동에서의 급상승이 활성산소 증가에 미치는 영향

### Effect of sudden rise in underwater rescue activity on increase in reactive oxygen species

전재인\*

Jeon, Jai-In\*

**요약** 이 연구는 수난 구조 활동에서의 급상승이 활성산소 증가에 미치는 영향을 분석한 것이다. 119구조대원을 상대로 급상승에 따른 활성산소의 변화율을 실험한 연구는 없는 실정으로, 구조대원 인체에 나타나는 증상을 확인하고자 한다. 실험대상자는 5명으로 B, C, E는 잠수 전·후 활성산소 상승 수치가 각각 0.41 $\mu$ mol/L, 0.11 $\mu$ mol/L, 0.87 $\mu$ mol/L로 비슷한 수치를 나타내었다. 그런데, 실험대상자 D는 잠수 전·후 활성산소 상승 수치가 1.41 $\mu$ mol/L로 유의하게 높게 나타났는데, 수중 시계의 불량에서 오는 불안감 증가와 수중구조 활동 후에 급상승 시 피로도 상승에서 기인한 것으로 보인다. 실험대상자 A는 잠수 전·후 활성산소 상승 수치가 0.07  $\mu$ mol/L로 유의하게 낮게 나타났다. 그 이유는 A의 연령이 54세로 실험대상자 중 가장 잠수 경험이 많고, 119구조대원으로서의 풍부한 구조 활동 경험과 능숙한 수중활동이 불량한 시계에서 스트레스를 적게 받은 결과로 보인다. 피로도와 불안감은 4로 둘 다 높은 수치를 나타내었다. 수중활동 시의 심리적 긴장도가 피로도를 높였고, 수중 시야의 혼탁함이 불안감을 올린 것으로 사료된다.

**주요어** : 수난 구조 활동, 급상승, 활성산소, 피로도, 불안감

**Abstract** This study is to analyze the effect of rapid rise in the rescue activity of suffering on the increase of reactive oxygen species. There is no study that tested the change rate of reactive oxygen species according to the rapid rise in 119 rescue workers, so we want to check the symptoms that appear in rescue workers' bodies. There were 5 subjects, and B, C, and E showed similar values before and after diving: 0.41 $\mu$ mol/L, 0.11 $\mu$ mol/L, and 0.87 $\mu$ mol/L, respectively. However, in subject D, the level of active oxygen rise before and after diving was significantly higher at 1.41 $\mu$ mol/L, which is believed to be due to increased anxiety caused by poor underwater visibility and increased fatigue during rapid ascent after underwater rescue activities. Subject A showed a significantly low increase in active oxygen before and after diving at 0.07 $\mu$ mol/L. The reason seems to be that A is 54 years old and has the most diving experience among the test subjects, and it seems that it is the result of receiving less stress from the poor watch due to the abundant experience of rescue activities as a 119 rescue worker and the skillful underwater activities. Fatigue and anxiety were both high at 4. It is thought that the psychological tension during underwater activities increased fatigue, and the turbidity of the underwater vision raised anxiet.

**Key words** : Underwater Rescue Activity, Sudden Rise, Free Radicals, Fatigue, Anxiety

\*정회원, 광주대학교 소방행정학과 전임교수 (제1저자)  
접수일: 2022년 7월 20일, 수정완료일: 2022년 8월 15일  
게재확정일: 2022년 8월 31일

Received: July 20, 2022 / Revised: August 15, 2022  
Accepted: August 31, 2022  
\*Corresponding Author: jji8911@naver.com  
Dept. of Fire Administration, Gwangju Univ, Korea

## I. 서론

「수상에서의 수색·구조 등에 관한 법률」 제7조에 의하면 소방청장, 소방본부장 및 소방서장은 내수면에서의 수난 구호를 위하여 구조대를 편성·운영하도록 하고 있다. “내수면”이란 「수상레저안전법」 제2조 제7호에 따른 하천, 댐, 호수, 늪, 저수지, 그 밖에 인공으로 조성된 담수나 기수의 수류 또는 수면을 말한다. 이에 따라 내수면에서의 수난 구호 업무는 소방관서의 장이 수행하고 있다[1]. 내수면에 사람이 빠지는 사고가 생기면 사람의 생명은 위험한 상황에 놓이게 된다. 사람이 물에 빠지면 119 수난구조대원은 익수자를 살리고자 신속히 물속으로 잠수하여 탐색과 수색을 한다. 119 수난구조대원이 익수하고 있는 사람을 직접 목도하거나, 사고 발생 직후 현장에 도착하면, 119 수난구조대원은 최대한 신속하게 물속으로 들어가게 된다. 수중 수색중에 익수자를 확인하면 수면으로 급상승을 시도하는 경우가 발생한다. 119 수난구조대원들은 한국 잠수작업 안전기술 지침에 의거하여 9m/min의 상승 속도를 준수하면서 자연스럽게 호흡하지만, 수중에서의 사고는 사람의 생명을 신속히 구조하여 응급처치를 시행하는 급박한 상황이 전개되므로 수면으로 천천히 올라오는 상승 속도를 유지하기 힘든 상황이 발생한다. 수면으로 급상승을 시도하면 과도한 질소 기체를 흡수하게 되고 축적과 배출이 잘 이루어지지 않아 감압병이 발생할 수도 있다[2].

내수면 수중구조 활동과 급상승에 대한 기존 연구는 없는 실정이다. 다만, 박헌(2016), 조성진(2017) 등의 연구에서는 바다 등 해수면으로 급상승할 때 감압병이 걸릴 위험성을 보여주고 있는데[3][4], 특히, 10m 이하의 수심에서도 감압병의 증상이 나타난다는 연구 결과가 있다[5]. 또한 20m 이하의 수심에서 차분히 9m/min의 상승 속도를 철저히 지키고, 5m 수중에서 안전하게 감압을 시행하면서 수면으로 올라온 후 코르티솔의 변화율을 측정된 실험은 있었다. 이 실험에서는 코르티솔 변화율이 물에 들어가기 전 17.50ug/dl, 물에서 나온 후 18.24ug/dl로 비슷한 수치를 보여 의미 있는 결과를 확인하지는 못하였다[6]. 그러나, 한강 등에서 수중사고가 발생하여 수중구조 활동을 하는 119구조대원을 상대로 하여 급상승에 따른 활성산소의 변화율을 실험한 연구는 없는 실정이다. 이에 급상승 전·후의 활성산소

변화량을 확인하고 구조대원 인체에 나타나는 증상을 분석하고자 한다.

## II. 활성산소(TOS) 및 인체증상

활성산소종(Reactive oxygen species)은 유기호흡을 하는 생물이 호흡하는 과정에서 필수적인 산소가 세포 내에서 대부분의 전자 운반 과정 혹은 에너지대사 과정에서 불완전하게 환원되어 생성되거나 성장인자, cytokine 및 다양한 작용의 자극에 의해 발생하는 것으로 superoxide anion( $O_2^-$ ), hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ), 그리고 the hydroxyl radical ( $HO\cdot$ )등을 일컫는다. 이 활성산소종은 free radical을 가져 불안정하며, 그로 인해 강한 활성을 나타낸다. 이러한 강한 활성 때문에 생산이 과잉되면 생체 내에서 독성을 나타내어 산화적 손상(oxidative stress)을 가져오고 이로 인한 산화적 스트레스(oxidative stress)는 직접적이거나 간접적인 활성산소에 의한 핵산(Nucleic acid), 단백질(protein), 지질(Lipid)에 영향을 주어 암을 유발하거나(carcinogenesis) 신경퇴화(neurodegeneration) 동맥경화(atherosclerosis)와 당뇨병(diabetes) 그리고 노화(aging)를 유발함이 밝혀진 바 있다[7].

우리 신체에는 필요한 산소도 있으나 유해한 산소도 존재하는데, 이것은 급격한 운동이나 폭식, 과음으로 에너지원과 산소의 균형이 깨지면 대사 과정에서 남거나 부족한 산소가 불안정한 상태로 바뀌게 된다. 즉 세포공장이 무리하게 가동할 때 체내에 들어온 산소가 free radical로 전환되어 단백질, 지방 핵산과 결합하여 산화작용을 일으켜 세포의 기능을 마비시키고 조직을 파괴하게 된다[8]. 산소는 에너지 시스템에 있어서 인간의 생명 유지에 필수 불가결한 것으로 이것이 변성되면 위험한 성질을 가지고 있어 이 물질을 적절하게 조절하여야만 한다. 운동을 하게 되면 카테콜라민(catecholamine), 체온, 부종, 헤모글로빈 자동 산화 등이 증가하고 트레이닝 상태에 따라 생리적 변화가 나타난다. 그리고 강한 운동은 free radical의 생성을 증가시키게 되는데, 갑자기 강한 운동을 하거나 익숙하지 않은 운동을 할 때는 특히 주의하여야 한다.

피로의 특징은 지침, 고갈, 무기력, 불균형 등으로 파악되며, 각자 개인의 다분히 주관적인 느낌으로 다양한 육체적 피로로 부담이 증가되어 매사에 능률이 떨어지며

표 1. 실험대상자의 특성

Table 1. Characteristics of Subjects

| Subject        | Sex         | Age          | Height (cm)   | Weight (kg)  | Rescue (Year) | Diving (Times) | Blood Pressure(120 mmHg/80mmHg) | Pulse (60~80 times/min) | Blood Sugar (110 mg/dl) | Health Condition |
|----------------|-------------|--------------|---------------|--------------|---------------|----------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| A              | Male        | 54           | 174           | 67           | 18            | 300            | 120/80                          | 58                      | 98                      | Normal           |
| B              | Male        | 50           | 178           | 71           | 14            | 250            | 125/80                          | 61                      | 94                      | Normal           |
| C              | Male        | 46           | 176           | 72           | 9             | 200            | 120/80                          | 62                      | 89                      | Normal           |
| D              | Male        | 45           | 182           | 78           | 6             | 120            | 120/85                          | 60                      | 91                      | Normal           |
| E              | Male        | 33           | 169           | 63           | 4             | 110            | 120/80                          | 64                      | 90                      | Normal           |
| <b>Average</b> | <b>Male</b> | <b>45.60</b> | <b>175.80</b> | <b>70.20</b> | <b>10.20</b>  | <b>196.00</b>  | <b>121.00</b>                   | <b>61.00</b>            | <b>92.40</b>            | <b>Normal</b>    |

에너지 불균형 상태에서 대부분 발생한다[9]. 불안감은 개인의 신체 활성화나, 초조, 걱정과 공포감을 포함하는 부정적인 심리 상태로 볼 수 있다[10]. 어지러움은 회전감과, 부동감, 완전한 암흑감을 동반하는 평형장애를 일으키는 주관적인 증상으로서, 객관적인 확인과 측정은 쉽지 않다[11].

### III. 급상승의 실험구성

#### 1. 실험대상자의 선정 및 혈액 분석

실험대상자는 인체실험의 안전성과 위험성을 고려하여, 소방서 119구조대원으로 활동하고 있는 신체 강건하고 수중 구조 활동 경험이 많은 남자 119구조대원 5명을 선정하여 실시하였다. 수난구조대 근무 및 특수부대 경험자를 선별한 후 심층 면담과 실험 참여에 대한 동의를 받았다. 실험 참여 119구조대원은 특전사 출신 3명, 심해 잠수 훈련과 경험이 풍부한 UDT 출신 2명으로 구성하였다. 세부적인 선정 기준은 정신적으로 강건하고, 수중구조 활동 경험이 100회 이상으로서, 인명구조사 및 잠수기능사 자격을 보유한 수중구조 활동에 익숙한 119구조대원으로 구성하였다. 비만 지수의 하나인 BMI(Body mass index, kg/m<sup>2</sup>)를 확인하여 비만자는 제외하였고, 수중구조 활동을 할 때 함께 하는 동료의 유무에 의하여 심리적 안정감에 영향을 주므로 2인 1조의 수중구조 활동의 원칙을 지켰다.

수중구조 활동은 의학적으로 심혈관계와 순환계 등에 이상이 없어야 할 수 있는 활동이다. 폐, 심장질환, 당뇨병, 천식 및 발작 등은 위험을 초래할 수 있어, 급하고

있으므로, 표 1과 같이 혈압과 맥박, 혈당을 측정하였고, 신장과 체중도 측정하여 건강의 이상 유무를 확인하였다. 실험대상자의 평균 연령은 45.6세, 잠수경력은 196회, 신장은 175.8cm, 체중은 70.20kg이다.

채혈한 표본 혈액의 응고를 예방하기 위해, 미리 heparin을 넣은 bottle을 이용하고, 간호사 경험이 있는 구급대원이 일회용 주사기를 이용하여 상지의 정맥로를 확보하여 3cc의 혈액을 실험 전·후 2회 채혈하였다. 공기접촉을 막고자 즉시 밀폐하여 냉장 보관한 후 미국 병리학회(College of American Pathologists·CAP) 인증을 받은 ○○의료재단에 검사 의뢰하여 독성물질인 활성산소(oxygen free radical)의 변화율을 분석하였다.

#### 2. 실험조건

실험은 2022년 ○월○일에 하였는데, 이는 실험대상자의 안전을 위하여 한겨울을 피하고 적당한 평균온도를 확보하기 위해서이다. 실험 시 환경은 표 2와 같다. 장소는 한강으로서 수심이 5m인 곳이다, 장비는 공기(Air)를 고압으로 압축하여 저장한 공기통, 수중구조 활동 중 부력을 조절하기 위한 부력조절기, 공기압력계이지, 나침반, 수심계, 핀 등을 이용하였다. 요구조자는 수난구조대원이 훈련 시 사용하는 25kg 마네킹으로 대용하였다. 슈트는 보온을 위해 내피를 입고 건식을 입었다. 체온을 유지하기 위해 수중 장갑과 머리에 후드를 착용하였다. 날씨는 맑았으며, 기온은 14℃, 수온은 16℃, 풍속은 4~5m, 너울은 0.3~0.4m였다. 수중 유속은 0.7 m/s이고 시계(視界)가 약 0.3m로 불량하였다.

표 2. 실험 시의 환경

Table 2. Environment of Experiment

| Classification          | Description      |
|-------------------------|------------------|
| Place                   | Han River(Korea) |
| Weather                 | Sunny            |
| Air Temperature         | 14°C             |
| Water Temperature       | 16°C             |
| Flow Rate               | 0.7m/s           |
| Swell                   | 0.3~0.4m         |
| Underwater Visual Field | 0.3m             |

#### IV. 실험 결과 및 고찰

##### 1. 수중수색 전·후의 활성산소의 변화율

한강에서 근무하는 수난구조대원들을 통하여 빈번한 출동 수심이 약 5m임을 설문으로 확인하였다. 또한, 실험대상자와의 심층 면담으로 급박한 구조 활동 후 요구자와 함께 상승하는 속도는, 수중 5m에서 수면까지 약 6초가 소요됨을 확인하였으므로, 이를 분 단위로 환산하여 급상승의 정의를 50m/min의 속도로 상승하는 것으로 한다.

일반적으로 청소년기 연령대에서는 익수사고가 발생한 후 20분을 넘어가면 생존하기 힘들다[12]. 이런 이유로, 이 연구는 수심 5m에서 20분간 구조 활동 후 익수자 함께 50m/min의 속도로 급상승한 후에 119 수난구조대원의 활성산소 변화량을 확인하고, 인체에 나타나는 증상을 분석하고자 한다.

표 3은 실험조건 하에서 활성산소의 변화량을 나타낸다. 잠수 전의 활성산소 평균 농도는 0.78 $\mu$ mol/L로 나타났고, 잠수 후는 1.35 $\mu$ mol/L로 상승하여 유의미한 차이를 보였다.

실험대상자 B는 1.41  $\mu$ mol/L에서 1.82  $\mu$ mol/L로 0.41  $\mu$ mol/L 상승, C는 0.85  $\mu$ mol/L에서 0.96  $\mu$ mol/L로 0.11  $\mu$ mol/L 상승, E는 0.37 $\mu$ mol/L에서 1.24 $\mu$ mol/L로 0.87 $\mu$ mol/L 상승하여 각각 비슷한 상승률을 보였다. 그러나, 실험대상자 D는 0.01  $\mu$ mol/L에서 1.42  $\mu$ mol/L로 1.41  $\mu$ mol/L로 상승하여 유의하게 높았다. 그 이유는 수중 시계의 불량으로 인한 불안감이 다른 대상자보다 크게 나타났고, 수면으로 급상승할 때, 과도한 긴장과 체력의 소모가 활성산소 상승에 영향을 미친 것으로 보인다. D와 달리 실험대상자 A는 1.26  $\mu$ mol/L에서 1.33  $\mu$ mol/L로

표 3. 활성산소의 변화량

Table 3. Change in Free radical

| Subject of Experiment | Underwater Depth(m) | Rising Speed(m/min) | Before Diving( $\mu$ mol/L) | After Diving( $\mu$ mol/L) | Elevated Value( $\mu$ mol/L) |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| A                     | 5                   | 50                  | 1.26                        | 1.33                       | 0.07                         |
| B                     | 5                   | 50                  | 1.41                        | 1.82                       | 0.41                         |
| C                     | 5                   | 50                  | 0.85                        | 0.96                       | 0.11                         |
| D                     | 5                   | 50                  | 0.01                        | 1.42                       | 1.41                         |
| E                     | 5                   | 50                  | 0.37                        | 1.24                       | 0.87                         |
| <b>Average</b>        | <b>5</b>            | <b>50</b>           | <b>0.78</b>                 | <b>1.35</b>                | <b>0.57</b>                  |

표 4. 급상승으로 인해 인체에 나타난 증상

Table 4. Symptoms of the Human Body Due to the Sudden Rise

| Subject of Experiment | Fatigue (1~5) | Anxiety (1~5) | Symptom   |
|-----------------------|---------------|---------------|-----------|
| A                     | 5             | 5             | Dizziness |
| B                     | 4             | 4             | Dizziness |
| C                     | 3             | 3             | Dizziness |
| D                     | 4             | 4             | Dizziness |
| E                     | 4             | 4             | Dizziness |
| Average               | 4.00          | 4.00          | -         |

0.07  $\mu\text{mol/L}$ 의 낮은 상승률을 보였다. 이는 A의 연령이 54세로 실험대상자 중 가장 잠수 경험이 많고, 119 수난구조대원으로서의 풍부한 구조 활동 경험과 능숙한 구조기법으로 수중에서 스트레스를 적게 받은 요인이 작용한 결과로 판단된다. 이는 갑작스런 수면으로의 급상승을 지양하고, 충분한 수중구조 활동 경험으로 자신감과 안정감을 체득화 하면, 항산화제의 생성에 도움을 주어 free radical의 피해를 최소화할 수 있을 것으로 사료된다.

## 2. 급상승 후 나타난 인체 증상

표 4는 급상승으로 인체에 나타난 증상이다. 피로도와 심리적 불안감을 5개 척도로 구분하였다. 전혀 아니다는 1로, 매우 그렇다는 5로 정한 후에 피로도와 불안감을 확인한바 평균 4로 답하였다. 이와 같은 결과는 급상승으로 인한 과도한 긴장감이 피로도를 올리고, 불량한 수중환경이 불안감을 높인 것으로 판단된다. 급상승 후에 실험대상자 인체 증상으로는, A~E 실험자 모두 공통으로 가벼운 어지러움을 느꼈다. 이 현상은 수면으로 급상승할 때, 급격한 압력 차이로 질소의 기포화가 일부 진행되어 인체에 영향을 미친 것으로 보인다.

## V. 결 론

이 연구는 한강 등 내수면의 수난 구조 활동에서도 수중수색 부분에 한정하고, 실험대상자 5명을 대상으로 실험하였다. 5m 수중에서 50m/min의 속도로 수면으로 급상승할 때 활성산소의 변화를 분석하였다. 실험 결과는 다음과 같다.

(1) 실험대상자 B, C, E는 잠수 전·후 활성산소 상승 수치가 각각 0.41 $\mu\text{mol/L}$ , 0.11 $\mu\text{mol/L}$ , 0.87 $\mu\text{mol/L}$ 로 비슷한 수치를 나타내었다.

(2) 실험대상자 D는 잠수 전·후 활성산소 상승 수치가 1.41  $\mu\text{mol/L}$ 로 유의하게 높게 나타났다. 그 이유는 수중 시계의 불량에서 오는 불안감 증가와 수중구조 활동 후 급상승 시 피로도 상승에서 기인한 것으로 판단된다.

(3) 실험대상자 A는 잠수 전·후 활성산소 상승 수치가 0.07  $\mu\text{mol/L}$ 로 유의하게 낮게 나타났다. 그 이유는 A의 연령이 54세로 실험대상자 중 가장 잠수 경험이 많고,

119구조대원으로서의 풍부한 구조 활동 경험과 능숙한 수중활동 기법을 터득하여 불량한 시계에서 스트레스를 적게 받은 결과로 판단된다.

또한, 급상승으로 나타난 인체 증상의 분석 결과는 다음과 같다.

(1) 피로도와 불안감은 4로 둘 다 높은 수치를 나타내었다. 수중활동 시의 심리적 긴장도가 피로도를 높이고, 수중시계의 불량함이 불안감을 올린 것으로 판단된다.

(2) 실험대상자 모두 가벼운 어지러움을 호소하였는데, 이것은 급상승 시, 급격한 압력 차가 발생하여 질소의 기포화가 일부 진행되고, 이것이 신체 급격한 피로도를 가져와 활성산소 농도 상승에 영향을 미친 것으로 판단된다.

향후 연구과제로 한강 등 내수면에서 근무하는 수난구조대원들을 상대로 급상승의 실태를 파악하고, 개선안을 제시할 필요가 있다.

## References

- [1] Water rescue law Chapter 3, Article 13, (Suffering Aid Competence)
- [2] Cho, Seong Jin, A Study on the Effect of Surface Interval and Safety Stop on Body Nitrogen in Repeated Dive, Depart of Physical Education, Graduate School, Hallym University, (2017), p, 2.
- [3] Heon-Park, A study on the work for industrial diver engaged in port construction work, Department of Safety Engineering, The Graduate School of Industry Pukyong National University, (2016), p, 2.
- [4] Cho, Seong Jin, A Study on the Effect of Surface Interval and Safety Stop on Body Nitrogen in Repeated Dive, Depart of Physical Education, Graduate School, Hallym University, (2017), p, 11.
- [5] Su-Gang Cha, Incidence of decompression sickness symptoms and related factors in fishery diver, Department of Medical Science Graduate School Yeungnam University, (2008), p, 11.
- [6] 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, (2006), p, 45.
- [7] An, Eun-Jung, Novel Function of p190RhoFEF in Nox4-mediated ROS generation, Ewha Womans University,(2014),p,1.
- [8] Kim, Nam-Ik, Roles of Free Radical in Exercise, Institute of Sports Science, Yonsei University, (2006), pp.3~10
- [9] Wook-Hyun Ha, Effect of Fatigue Types on Human Voice, Industrial Engineering Hannam University, (2011) p, 9.
- [10]Koh, Kwang-Hyung, The Effects of Anxiety Level Resulting from Competition on the Actual Performance of Swimmers, Graduate School of Education, Inha University, (2013), p, 8.
- [11]Kag Kim, A clinical review of 1,060 dizziness cases who visited patients in emergency room, Department of Medical Science Graduate School of Chonnam National University, (2006) p. 3.
- [12]Circulation volume 102(8), 22 August 2000, pp, 233~236.

※ 이 논문은 2022년도 광주대학교 대학연구비의 지원을 받아 수행됨.