

## 감압병 환자 치료의 임상적 고찰

김 우 정

제주대학교병원 응급의학과

### Recompression Therapy in Decompression Sickness

Woo-Jeong Kim

Department of Emergency Medicine, College of Medicine,  
Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

#### Abstract

**Purpose:** Decompression sickness (DCS) is a spectrum of clinical illness that result from the formation of small bubbles of nitrogen gas in the blood and tissue. The purpose of this study was to find the characteristics of DCS in Jeju.

**Methods:** A total of 44 cases that were treated with recompression therapy for DCS in Cheju National University Hospital from February 2002 to May 2005 were reviewed retrospectively. According to professional diving, professional group (n=27) and non-professional group (n=17) were compared. Also, according to DCS type, DCS type I group (n=21) and DCS type II group (n=17) were compared.

**Results:** Non-professional group showed a higher incidence of male, younger mean age, shorter time from symptom to treatment, and fewer No. of recompression therapy than did the professional group. There were no significant differences between DCS type I group and DCS type II group.

**Conclusion:** For proper diagnosis and treatment for DCS, more support of authorities and researches were needed.

**Key Words :** Decompression Sickness, Hyperbaric Oxygen Therapy, Recompression Therapy

#### 서 론

최근 우리나라에도 다양한 스포츠 활동의 증가와 더불어 SCUBA (self-contained underwater breathing apparatus) 잠수를 하는 인구가 나날이 증가하고 있다.

특히 제주 지역은 이런 여가 활동 외에 잠수를 생업으로 하는 해녀와 제주 연안 공사를 위한 해저작업을 하는 직업적 잠수부 등 잠수 인구가 많은 편이다. 하지만 잠수와 관련된 질환에 대한 전문 치료기관도 없고, 이에 대한 연구나 교육도 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

제주 지역 언론의 통계를 보면 제주 해녀는 2003

년말 현재 5600여명으로 은퇴자를 포함하면 1만여 명에 이르는 것으로 알려져 있고, 이들 중 1000여 명은 잠수와 관련된 질환을 갖고 있으나 체계적인 관리나 치료를 받지 못하고 있다. 특히 대표적인 잠수 관련 질환인 감압병 (Decompression Sickness, DCS)의 경우, 대부분 부산, 통영, 진해 등의 병원까지 가서 치료를 받고 있어 제주도내의 감압병 치료 활성화가 절실한 실정이다.

이런 배경하에 저자는 제주대학교병원에서 감압병 치료를 받은 환자들을 대상으로 감압병 치료에 대한 임상적 고찰을 하고자 하였다.

## 대상과 방법

2002년 2월부터 2005년 5월까지 40개월간 제주대학교병원에서 감압병으로 고압산소치료를 받은 35명의 환자에 대해 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 동일 환자가 연속되지 않은 다른 시간대에 감압병으로 고압산소치료를 받은 경우는 별개의 증례로 포함하여 모두 44개 증례에 대해 조사하였다. 각 증례에 대해 환자의 성별, 나이, 직업, 잠수 목적, 잠수 깊이, 잠수 시간, 주 증상, 증상에 따른 감압병의 유형, 고압산소치료까지 걸린 시간, 고압산소치료 횟수, 증상

의 호전 유무, 기타 합병증의 유무 등을 조사하였다.

직업 및 잠수 목적은 해녀, 잠수부, 잠수 강사, 기타 등으로 분류하였으나, 해녀, 잠수부, 잠수 강사는 직업적인 목적으로 지속적으로 잠수를 하고 있고, 기타는 잠수 체험을 위해 일시적인 잠수를 하였으므로, 해녀, 잠수부, 잠수 강사 등을 직업군으로, 기타는 비직업군으로 분류하였다.

감압병의 진단은 내원 당시의 병력, 증상, 신체검사, 잠수 관련 사항, 고압산소치료에 대한 반응 등을 종합하여 판단하였고, 사지 근골격계의 동통이나 피부 발진 등의 증상만 있는 경우는 제 1형 감압병 (DCS type I)으로, 흉골하 통증, 기침, 호흡곤란 등의 호흡기 증상이 있거나 두통, 현훈, 근력 저하나 감각 이상 등의 신경학적 증상이 있는 경우는 제 2형 감압병 (DCS type II)으로 분류하였다. 의무기록의 미비로 구분이 곤란한 경우는 감압병의 분류에서 제외하였다.

조사 내용을 대상으로 각각 직업군과 비직업군 (Table 1), 제 1형 감압병과 제 2형 감압병 (Table 2)의 두 군으로 나누어 두 군간의 차이를 분석하였다. 통계는 SPSS 11.0 for Windows를 이용하여 Pearson Chi-Square, Fisher's Exact Test, Independent Sample T Test 등을 시행하였고,  $p < 0.05$ 인 경우에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 간주하였다.

**Table 1.** Characteristics of Professional Group (PG) and Non Professional Group (NPG)

Variable	PG (N=27)	NPG (N=17)	p Value
Sex			0.011
Male	16 (59.2%)	16 (94.1%)	
Female	11 (40.8%)	1 (5.9%)	
Mean Age (yr)	48.3 ± 10.5	35.7 ± 7.7	0.000
Duration of Diving (hr)	5.9 ± 2.9	2.6 ± 3.0	0.061
Depth of Diving (m)	23.8 ± 4.8	27.0 ± 6.8	0.203
Time from Sx.			
to Recompression (hr)	4.5 ± 1.7	10.5 ± 7.7	0.03
No. of Recompression	2.0 ± 1.7	1.35 ± 0.7	0.023
No. of DCS Type			0.917
Type I	12 (54.5%)	9 (56.3%)	
Type II	10 (45.5%)	7 (43.7%)	

**Table 2.** Characteristics of DCS Type I Group and DCS Type II Group

Variable	Type I (N=21)	Type II (N=17)	p Value
Sex			0.062
Male	19 (90.5%)	11 (64.7%)	
Female	2 (9.5%)	6 (35.3%)	
Mean Age (yr)	41.3 ± 10.7	42.4 ± 11.5	0.769
Duration of Diving (hr)	5.4 ± 3.1	3.6 ± 3.6	0.331
Depth of Diving (m)	24.5 ± 5.5	25.8 ± 6.3	0.608
Time from Sx. to Recompression (hr)	8.3 ± 6.8	4.7 ± 2.4	0.203
No. of Recompression	1.5 ± 0.9	1.8 ± 1.7	0.429

## 결 과

### 1. 성별 분포

전체 44개 증례 중 남자는 32명 (72.7%), 여자는 12명 (27.3%)이었다. 직업에 따른 성별 분포는 해녀, 잠수부, 잠수 강사 등 잠수를 직업으로 하는 직업군과 다이빙을 위해 일시적으로 잠수 체험을 한 비직업군으로 나누어 보면, 직업군 중 남자는 16명 (59.2%), 여자는 11명 (40.8%)이었고, 비직업군 중 남자는 16명 (94.1%), 여자는 1명 (5.9%)으로 통계적으로 유의하게 직업군에 여자가 많았다 ( $p=0.011$ ). 감압병 유형에 따른 성별 분포는 제 1형 감압병 중 남자는 19명 (90.5%), 여자는 2명 (9.5%)이었고, 제 2형 감압병 중 남자는 11명 (64.7%), 여자는 6명 (35.3%)으로 유의한 차이는 없었다 ( $p=0.062$ ).

### 2. 연령 분포

연령 분포는 22세부터 61세까지로 평균 연령은 43.4 ± 11.3세였다. 직업군에 따른 연령 분포를 보면 직업군의 평균 연령은 48.3 ± 10.5세였고, 비직업군의 평균 연령은 35.7 ± 7.7세로 비직업군의 연령이 통계적으로 유의하게 낮았다 ( $p=0.000$ ). 감압병 유형에 따른 연령 분포를 보면 제 1형 감압병의 평균 연령은 41.3

± 10.7세였고, 제 2형 감압병의 평균 연령은 42.4 ± 11.5세로 유의한 차이는 없었다 ( $p=0.769$ ).

### 3. 직업 및 잠수 목적의 분포

전체 44개 증례의 직업 분포는 해녀가 11명, 잠수부가 12명, 잠수 강사가 4명이었고, 기타가 17명이었다. 잠수 목적에 따라 직업군은 27명, 비직업군은 17명이었다.

### 4. 잠수 시간 및 잠수 깊이의 분포

잠수 시간의 분포는 1시간에서 8시간까지로 평균 잠수 시간은 4.8 ± 3.3시간이었다. 직업군에 따른 잠수 시간 분포는 직업군에서 5.9 ± 2.9시간이었고, 비직업군에서 2.6 ± 3.0시간으로 직업군에서 잠수 시간이 많은 경향을 보였지만 유의한 차이는 없었다 ( $p=0.061$ ). 감압병의 유형에 따른 잠수 시간의 분포는 제 1형 감압병에서 5.4 ± 3.1시간이었고, 제 2형 감압병에서 3.6 ± 3.6시간으로 유의한 차이는 없었다 ( $p=0.331$ ).

잠수 깊이의 분포는 20m에서 35m로 평균 잠수 깊이는 25.2 ± 5.9m이었다. 직업군에 따른 잠수 깊이의 분포는 직업군에서 23.8 ± 4.8m이었고, 비직업군에서 27.0 ± 6.8m로 유의한 차이는 없었다 ( $p=0.203$ ). 감압병 유형에 따른 잠수 깊이의 분포는 제 1형 감압병에

서  $24.5 \pm 5.5$ m이었고, 제 2형 감압병에서  $25.8 \pm 6.3$ m로 유의한 차이는 없었다 ( $p=0.608$ ).

### 5. 증상의 분포 (Table 3)

환자가 호소하는 증상들은 관절통 (36.8%), 근육통 (34.3%), 감각이상 (15.8%), 어지러움 (5.3%), 근력저하, 두통 등이 있었다. 기침, 가래, 객혈, 호흡곤란 등 호흡기 증상을 호소한 경우도 15.8%이었다. 한 증례에서 시야 장애가 있었으나 진해 해양의료원에서 치료 후 호전된 상태로 전원된 경우였다. 관절통의 경우 견관절 통증이 28.9%, 슬관절 통증이 7.9%이었고, 근육통의 경우 상지 통증이 21.1%, 하지 통증이 13.2%로 상지 근골격계 관련 증상이 하지 근골격계 관련 증상보다 많은 경향을 보였으나, 상지와 하지가 동시에 관련된 경우도 10.5%이었다. 감각이상은 모두 하지에 국한된 경향을 보였다.

Table 3. Symptoms of Decompression Sickness\*

Symptom	No. (%)
<b>Arthralgia</b>	
Shoulder	11 (28.9%)
Knee	3 (7.9%)
<b>Myalgia</b>	
Upper Extremities	8 (21.1%)
Lower Extremities	5 (13.2%)
<b>Neurologic Symptoms</b>	
Headache	1 (2.6%)
Numbness	6 (15.8%)
Weakness	1 (2.6%)
Visual Defect	1 (2.6%)
Dizziness	2 (5.3%)
<b>Respiratory Symptoms</b>	6 (15.8%)

\* Overlapping symptoms were counted in No.

### 6. 증상 발현 후 가압치료까지의 시간

증상 발현 후 고압산소치료까지 걸린 시간을 보면 2시간부터 24시간까지 분포하고, 평균 시간은  $6.8 \pm 5.5$ 시간이었다. 직업군에 따른 시간은 직업군에서 4.5

$\pm 1.7$ 시간이었고, 비직업군에서  $10.5 \pm 7.7$ 시간으로 직업군에서 고압산소치료까지 걸린 시간이 유의하게 적었다 ( $p=0.03$ ). 감압병 유형에 따라서는 제 1형 감압병에서  $8.3 \pm 6.8$ 시간이었고, 제 2형 감압병에서  $4.7 \pm 2.4$ 시간이었으나 유의한 차이는 없었다 ( $p=0.203$ ).

### 7. 가압치료 횟수

고압산소치료 횟수의 분포는 1회부터 8회까지로 평균 횟수는  $1.8 \pm 1.5$ 회였다. 직업군에 따른 횟수는 직업군에서  $2.0 \pm 1.7$ 회였고, 비직업군에서  $1.35 \pm 0.7$ 회로 직업군에서 유의하게 고압산소치료 횟수가 많았다 ( $p=0.023$ ). 감압병 유형에 따라서는 제 1형 감압병에서  $1.5 \pm 0.9$ 회였고, 제 2형 감압병에서  $1.8 \pm 1.7$ 회로 유의한 차이가 없었다 ( $p=0.429$ ).

### 8. 가압치료 관련 합병증

고압산소치료와 관련된 합병증은 1개 증례가 있었다. 해당 증례는 고압산소치료 후 생긴 과호흡증후군으로 보존적 치료와 경과 관찰로 호전이 되었고 이후 추가적인 합병증은 없었다.

### 9. 기타

환자의 신체 검사에서 고막 파열을 동반한 만성중이염을 보인 증례가 2개 있었고, 이들은 모두 해녀로 제 2형 감압병의 증상을 보인 경우였다. 한 개의 증례를 제외하고 모든 증례에서 고압산소치료를 받은 후 증상의 호전을 보였다. 호전이 없던 증례는 고압산소치료 후에도 증상이 심해진 경우로 향후 치료를 위해 진해 해양의료원으로 전원하였다.

## 고찰

감압병은 잠수 관련 질환 중 대표적인 질환으로 주위의 압력이 낮아지면 체액 내에 용해되어 있던

불활성 기체가 과포화 상태가 되면서 혈액이나 조직 내에서 기포를 형성하고, 이러한 기포가 혈액 순환을 방해하거나 주변 조직에 기계적인 영향을 줌으로써 다양한 증상이 나타나는 질환이다 (1). 보통 잠수에서 압축 공기를 사용하기 때문에 질소가 체내의 불활성 기체가 된다. 질소는 지질에 대해 높은 용해성을 보이고 중추신경계는 지질 성분이 많기 때문에 감압병에 취약한 특성을 가지고 있다.

일반적으로 감압병은 나타나는 증상에 따라 두가지 유형으로 분류된다. 제 1형 감압병은 관절과 사지 등의 근골격계의 통증이나 발진 등의 피부 병변만 있는 경우이고, 제 2형 감압병은 제 1형 이외의 신경계 증상이나, 내이계, 폐순환기계 증상이 나타나는 경우로, 사지의 감각 이상, 근력 저하, 마비를 비롯하여 두통, 복시, 구음장애 등이 나타날 수 있다 (2). 일부에서는 신경학적 증상이 있고 동맥 공기 색전증 (arterial gas embolism)과 잠수병이 복합되어 나타나는 경우를 제 3형 감압병으로 추가 분류하기도 한다. 제 2형 감압병의 경우 대뇌 조직보다 척수가 더 흔히 관련되는데, 척수와 관련된 증상의 경우 대부분 흉추에 국한되는 것으로 알려져 있다 (3).

감압병의 유형별 빈도는 조사마다 조금씩 차이를 보이고 있는데, 크로아티아에서 1990년을 전후로 감압병 유형의 변화를 조사한 결과를 보면, 1967년부터 1990년까지는 제 1형 감압병이 52.84%, 제 2형 감압병이 47.16%이었지만, 1991년부터 2002년까지는 제 1형 감압병이 37.68%, 제 2형 감압병이 62.32%로 제 2형 감압병의 증가가 두드러지게 나타나고 있다 (4). 이는 잠수 관련 장비 등의 발달로 더 깊고 더 오래 잠수를 하게 되면서 나타난 현상으로 여겨지고 있다. 본 연구에서는 제 1형 감압병이 55.3%로 제 2형 감압병보다 조금 더 많았는데, 이는 제주 지역내의 감압병 치료 시설의 미비로 보다 중증의 증상을 보이는 제 2형 감압병의 경우에 전문 병원으로 후송되는 경우가 많기 때문인 것으로 생각된다.

일본의 잠수부를 대상으로 한 연구에서 호흡 정지 잠수 (Breath-hold diving)의 감압병은 주로 뇌에 국한

되어 나타남을 보여주고 있는데 (5), 제주 해녀에서도 비슷한 결과를 예측할 수 있지만 본 연구에 포함된 해녀의 11 증례 중에 뇌에 국한된 증례는 없었다. 감압병의 병태생리에 관해서 아직까지 명확히 밝혀진 바는 없다. 다양한 염증성 반응과 혈전의 형성, 내피세포의 투과성 증가, 혈소판 응집 등이 제시되어 왔지만, 불활성 기체가 조직이나 혈류내에서 생성되어 직접적인 역할을 하는 것으로 받아들여지고 있다. 최근에는 감압병 모델의 동물 실험에서 결막층을 현미경으로 관찰한 결과 혈관 연축과 관련이 있음을 보고한 바 있다 (6).

일반적으로 감압병의 위험 요인으로 피곤함, 과로, 탈수, 잠수후 추운 환경에의 노출, 잠수후 비행, 비만 등이 있는데 (7), 나이가 유의하게 감압병과 연관이 있다는 보고도 있다 (8). 이 외에 흡연도 감압병의 중증도를 증가시키는 위험 인자이다 (9). 여성에 있어서는 생리 주기에 따라 감압병의 발생률이 차이가 나는데, 생리 주기의 첫 주에 감압병의 발생이 많고, 경구 피임약을 복용하지 않는 경우 이러한 발생률의 차이가 더 큰 것으로 나타났다 (10).

감압병의 위험 인자의 하나로 열린타원구멍 (patent foramen ovale)이 주목을 받고 있는데, 230명의 잠수부를 대상으로 열린타원구멍의 유무와 크기를 조사한 결과, 열린타원구멍이 있는 경우, 없는 경우보다 감압병의 위험도가 5배나 높고, 그 크기와도 비례하였다 (11). 또 다른 연구에서는 열린타원구멍의 유무와 크기를 조사하여 7년 후 재검사해보니 시간이 지남에 따라 잠수부의 열린타원구멍의 유병율과 크기가 유의하게 증가함을 보여주었다 (12). 이러한 결과는 감압병의 위험을 가지고 있는 직업적 잠수부나 해녀의 관리에 있어서 심장초음파의 필요성을 말하고 있다고 할 수 있다.

본 연구에서 감압병 유형에 따른 남녀비나 평균 나이에는 차이가 없었으나, 직업군과 비직업군에 따른 비교에서는 비직업군에서 유의하게 남자가 많고 평균 나이도 적었다. 이는 제주를 방문하여 일시적으로 SCUBA 등의 체험을 위한 젊은 남성들이 반영되

있음을 의미한다. 이런 부분에서 더욱 제주 지역 내의 감압병 치료 시설 확충이 필요하다고 할 수 있다. 잠수 시간과 잠수 깊이에 있어서는 직업군과 비직업군의 비교나 감압병 유형별 비교에서 모두 차이가 없었고, 직업군과 비직업군의 감압병 유형 빈도도 차이가 없었는데, 이는 감압병의 발생이 잠수의 직업적인 요소나 감압병의 중등도에 관계없이 일정한 깊이 이하로 일정 시간 이상을 잠수하면 언제나 생길 수 있음을 의미한다.

감압병은 환자의 병력과 증상에 근거하여 임상적으로 진단을 하게 된다. 감압병의 진단에서 중요한 요인들로는 처음 나타나는 신경학적 증상, 증상 발생 시간, 관절통의 호소, 재가압 치료후 증상의 호전, 마지막 잠수의 최대 깊이 등을 들 수 있다 (13). 하지만 그 증상이 잠수와 관련이 있는지를 판단하기는 쉽지 않다. 진단에 도움을 주는 검사로는 초음파를 이용하여 정맥내 미세기포를 확인하는 방법 등이 있지만, 기포의 확인이 증상과 늘 일치하지는 않는다. 감압병 동물 모델에서 백혈구의 응집과 활성이 관찰되어 감압병의 표지로서의 가능성을 제기하였지만 (14), 아직은 감압병을 진단하는데 도움이 되는 혈액 검사는 없다. 따라서 감압병의 진단에는 증상과 함께 잠수와 관련된 여러가지 정보가 중요한 역할을 한다.

감압병의 치료에서 가장 중요한 것은 재가압 치료이다. 재가압 치료의 원리는 체내에 형성된 기포를 재가압을 통해 다시 체액에 용해시킨 후 서서히 감압을 하여 호흡기를 통해 과포화된 불활성 기체를 배출하는 것이다. 재가압 치료는 고압산소치료실에서 이루어지며, 나라마다 차이는 있지만 일반적으로 미국 해군에서 사용하는 표준 재가압 치료 지침에 따르고 있다. 제 1형 감압병의 경우, 60 feet of sea water (fsw) 까지 가압하고 45분 후에 감압해나가는 135분 동안의 프로토콜을 사용하고, 보다 중증인 제 2형 감압병의 경우, 더 높은 기압이나 더 많은 시간의 프로토콜을 사용한다 (15). 하지만 국내에는 다인용 가압실을 극히 적고, 대부분의 병원이 일산화탄소 중독 치료를 위한 일인용 가압실만을 가지고 있고, 그나마 일인용

가압실도 운용이 되고 있는 곳이 많지 않은 실정이다. 이러한 100% 산소로 가압하는 일인용 가압실을 이용할 때는 산소 독성의 가능성 때문에 오랫동안 가압하지 못하고, 3기압까지 가압하고 30분 후에 감압해나가는 120분 동안의 프로토콜을 사용한다. 본 연구에서는 감압병 환자의 치료에 위의 일반적인 프로토콜을 따르지 못하고 제주대학교병원에서 시행해 오고 있는, 2기압까지 가압하고 30분 후에 감압해나가는 120분 동안의 프로토콜을 사용하였다. 3기압까지 재가압을 하지 못해 재가압의 치료 효과가 떨어지는 문제가 있지만, 1개의 증례를 제외한 모든 증례에서 치료 후 호전을 보여 2기압까지의 고압산소치료도 중증을 제외한 대부분의 감압병 치료에 효과를 보일 수 있다는 것을 알 수 있고, 향후 더 연구되어야 할 부분이라고 생각된다.

본 연구에서 직업군에서 가압 치료까지 걸린 시간이 비직업군에 비해 적고 가압 치료 횟수도 많았는데, 해녀나 잠수부 등의 직업군이 감압병의 치료에 대한 인식이 더 많은 것을 보여주는 것이라고 생각된다. 재가압 치료를 12시간 이내에 시행하는 것이 치료 결과에 중요한 영향을 미치므로 (15) 빠른 치료 시작이 중요하지만, 치료가 지연된 경우에도 고압산소치료에 반응을 보이므로 (3) 증상이 발생되면 언제라도 치료를 받도록 해야한다.

고압산소치료를 이용한 재가압 치료외에 추가적인 치료에 대한 연구들이 이루어져 왔는데, tenoxicam 20mg을 7일간 투여하였을 때 퇴원시까지 고압산소치료의 횟수가 유의하게 감소함을 보여준 연구 (16)는 의료비 감소의 효과를 제시하고, 돼지의 감압병 모델에서 perfluorocarbon (PFC) emulsion을 투여한 실험에서는 대조군에 비해 감압병의 발생이 감소하고 신경학적 증상을 보인 경우도 없어 (17) 재가압 치료가 늦어지거나 할 수 없는 경우에 사용할 수 있는 가능성을 보였다.

감압병을 줄이고 사전에 예방하기 위한 연구들도 다양하게 이루어지고 있다. 한 연구에서는 투명한 새우를 1기압부터 8기압까지 다양한 산소 압력에 5분

부터 20분까지 전처치 한 후에 2기압의 질소에 노출시키고 감압을 하고 현미경 관찰을 통해 기포 밀도와 총 기체량을 측정하였더니, 4기압의 산소에 5분간 전처치 한 군에서 기포 밀도와 총 기체량이 각각 51%와 71% 감소하였다 (18). 이러한 개념의 잠수전 짧은 전처치로 감압시 기체 발생을 줄여 결국 감압병의 발생도 줄일 수 있다는 제안도 있다.

또한 잠수 프로그램에 있어서 감압병을 줄이기 위한 연구에서는 25m에서 20여분간 잠수후 상승시에 상승 속도와 해저 체류의 효과를 실험한 결과, 분당 10m의 속도로 상승하면서 15m와 6m에서 5분간 해저 체류를 하였을 때 기체 발생이 가장 적었다 (19).

감압병의 위험 요인으로 알려진 잠수 직후의 비행기 탑승에 대해 많은 지침에서 잠수 후에는 일정 시간 이내의 비행을 금지하고 있는데, 이에 대해서는 아직 논란이 있다. 한 연구에서는 2기압에서 1시간동안 잠수를 하고 각각 12시간, 18시간, 24시간의 비행전 체류 기간을 가진 후 3시간동안 비행을 하였을 때, 잠수 없이 비행만 한 대조군과 비교하여 감압병의 위험에 차이가 없음을 보이지만 (20), 다른 연구에서는 2기압에서 4기압까지의 잠수를 하고 3시간에서 17시간까지의 비행전 체류 기간을 가진후 4시간동안 비행을 하였을 때, 잠수후 비행전 체류 기간이 길수록 감압병의 발생이 적고, 반복 잠수를 한 경우에 한 번 잠수를 한 경우보다 더 많은 비행전 체류 기간이 필요함을 보여주었다. 이 실험에서는 17 시간 이상의 비행전 체류 시간을 가졌을 경우 감압병이 발생하지 않았다 (21).

운동의 감압병 예방 효과에 대해서도 연구들이 이루어지고 있는데, 쥐의 잠수병 모델에서 잠수 24시간 전에 최대 심박동수의 90%로 treadmill 운동을 3분간 하고 최대 심박동수의 50%로 2분간 하는 방식으로 40분간 운동을 했을 때 운동하지 않은 군에 비해 폐동맥에서의 기포 발생이 의미있게 감소하는 것을 보여주었다 (22). 비슷한 다른 실험에서는 운동으로 인한 기포 발생의 감소 효과가 잠수하기 30분, 5시간, 48시간전에 운동한 경우에는 나타나지 않고 20시간

전에 운동한 경우에만 나타난다고 하였다 (23). 이러한 결과들을 바탕으로 감압병을 줄이기 위해 잠수 하루전에 적절한 운동을 하도록 하는 교육이 필요함을 알 수 있다.

감압병은 위에 언급된 다양한 예방적 활동에도 불구하고 잠수를 하는 누구에게나 발생할 수 있고, 그 진단과 치료가 쉽지 않다. 특히 국내에서 가장 많은 잠수 인구가 있는 제주 지역 내에 잠수 관련 질환에 대한 체계적인 연구와 지원이 없다는 것은 감압병의 치료에 있어 큰 문제라 할 수 있다.

본 연구의 제한점은 제주 지역 감압병 환자가 모두 포함되지 않았다는 점과 치료 시설의 미비로 표준화된 치료와의 비교가 어렵다는 점이다. 향후 보다 많은 감압병 환자를 대상으로 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Tintinalli JE. Emergency Medicine: A Comprehensive Study Guide. 6th edition. New York: McGraw-Hill 2004;1213-1217.
2. Marx JA. Rosen's Emergency Medicine: Concepts and Clinical Practice. 5th edition. St. Louis: Mosby 2002;2020-2034.
3. Barratt DM, Van Meter K. Decompression sickness in Miskito Indian lobster divers: review of 229 cases. *Aviat Space Environ Med* 2004;75(4):350-3.
4. Andric D, Petri NM, Stipancevic H, Petri LV, Kovacevic H. Change of occurrence of type 1 and type 2 decompression sickness of divers treated at the Croatian Naval Medical Institute in the period from 1967 to 2000. *Int Marit Health* 2003;54(1-4): 127-134.
5. Kohshi K, Wong RM, Abe H, Katoh T, Okudera T, Mano Y. Neurological manifestations in Japanese Ama divers. *Undersea Hyperb Med* 2005;32(1):11-20.

6. Yuan JF, Ji ZY, Lei CX, Wang P, Tao WZ. A study on etiology and pathogenic mechanism of decompression sickness. *Space Med Med Eng (Beijing)* 2005;18(1):19-24.
7. 허재택. 잠수병의 방사선학적 소견 및 치료에 대한 연구. *대한응급의학회지* 1999;10(4):667-679.
8. Conkin J, Powell MR, Gernhardt ML. Age affects severity of venous gas emboli on decompression from 14.7 to 4.3 psia. *Aviat Space Environ Med* 2003;74(11):1142-1150.
9. Buch DA, El Moalem H, Dovenbarger JA, Ugucioni DM, Moon RE. Cigarette smoking and decompression illness severity: a retrospective study in recreational divers. *Aviat Space Environ Med* 2003;74(12):1271-1274.
10. Lee V, St Leger Dowse M, Edge C, Gunby A, Bryson P. Decompression sickness in women: a possible relationship with the menstrual cycle. *Aviat Space Environ Med* 2003;74(11):1177-1182.
11. Torti SR, Billinger M, Schwerzmann M, Vogel R, Zbinden R, Windecker S, Seiler C. Risk of decompression illness among 230 divers in relation to the presence and size of patent foramen ovale. *Eur Heart J* 2004;25(12):1014-1020.
12. Germonpre P, Hastir F, Dendale P, Marroni A, Nguyen AF, Balestra C. Evidence for increasing patency of the foramen ovale in divers. *Am J Cardiol* 2005;95(7):912-915.
13. Freiburger JJ, Lyman SJ, Denoble PJ, Pieper CF, Vann RD. Consensus factors used by experts in the diagnosis of decompression illness. *Aviat Space Environ Med* 2004;75(12):1023-1028.
14. Nyquist PA, Dick EJ Jr, Buttolph TB. Detection of leukocyte activation in pigs with neurologic decompression sickness. *Aviat Space Environ Med* 2004;75(3):211-214.
15. 박인철, 박세광, 한진, 최병선, 김희덕. 고압산소 요법을 이용한 감압병 환자 치료의 고찰. *대한응급의학회지* 1999;10(1):97-107.
16. Bennett M, Mitchell S, Dominguez A. Adjunctive treatment of decompression illness with a non-steroidal anti-inflammatory drug (tenoxicam) reduces compression requirement. *Undersea Hyperb Med* 2003;30(3):195-205.
17. Dromsky DM, Spiess BD, Fahlman A. Treatment of decompression sickness in swine with intravenous perfluorocarbon emulsion. *Aviat Space Environ Med* 2004;75(4):301-305.
18. Ertracht O, Arieli R, Arieli Y, Ron R, Erlichman Z, Adir Y. Optimal oxygen pressure and time for reduced bubble formation in the N<sub>2</sub>-saturated decompressed prawn. *J Appl Physiol* 2005;98(4):1309-1313.
19. Marroni A, Bennett PB, Cronje FJ, Cali-Corleo R, Germonpre P, Pieri M, Bonuccelli C, Balestra C. A deep stop during decompression from 82 fsw (25 m) significantly reduces bubbles and fast tissue gas tensions. *Undersea Hyperb Med* 2004;31(2):233-243.
20. Pollock NW, Natoli MJ, Gerth WA, Thalmann ED, Vann RD. Risk of decompression sickness during exposure to high cabin altitude after diving. *Aviat Space Environ Med* 2003;74(11):1163-1168.
21. Vann RD, Gerth WA, Denoble PJ, Pieper CF, Thalmann ED. Experimental trials to assess the risks of decompression sickness in flying after diving. *Undersea Hyperb Med* 2004;31(4):431-444.
22. Dujic Z, Duplancic D, Marinovic-Terzic I, Bakovic D, Ivancev V, Valic Z, Eterovic D, Petri NM, Wisloff U, Brubakk AO. Aerobic exercise before diving reduces venous gas bubble formation in humans. *J Physiol* 2004;16;555:637-642.
23. Wisloff U, Richardson RS, Brubakk AO. Exercise and nitric oxide prevent bubble formation: a novel approach to the prevention of decompression sickness. *J Physiol* 2004;16;555:825-829.