

잠수 및 고압의학

연세대학교 의과대학 마취통증의학교실

김 기 준

Diving and Hyperbaric Medicine

Ki-Jun Kim, M.D.

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, and Anesthesia and Pain Research Institute, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Recently, a number of diving injuries have been reported due to the increase in the number of self-contained underwater breathing apparatus (SCUBA) divers in Korea. Most diving injuries are associated with the mechanics of the gases and pressure changes during descent and ascent. The main pathologies are barotrauma, decompression illness, the toxic effects of gases, and the aggravation of cardiopulmonary diseases. There are various modalities for the treatment and prevention of diving injuries, such as emergency care, hyperbaric oxygen therapy, drug and fluid therapy, rehabilitation, and pre- or post-diving evaluation etc. However, Korean doctors are unfamiliar with scuba and hyperbaric medicine. As an anesthesiologist, I believe that anesthesiologists should have a better understanding of scuba and hyperbaric medicine because anesthesiology is based on the cardiopulmonary physiology, medical gas, respiratory system, nervous system, as well as emergency and critical care. It is hoped that scuba and hyperbaric medicine will form a part of the field of anesthesiology in Korea. (Korean J Anesthesiol 2008; 54: 479~85)

Key Words: anesthesiologist, hyperbaric medicine, self-contained underwater breathing apparatus (SCUBA) medicine.

스쿠버(Self-Contained Underwater Breathing Apparatus; SCUBA) 다이빙은 전세계적으로 매우 인기있는 해양 스포츠 중 하나이다. 미국에서만 500만 명 이상이 스쿠버 다이빙 자격증을 가지고 있을 정도로 보편화되어 있고, 이에 따라 다이빙 관련 사고도 점차 늘고 있다.^{1,2)} 전세계적으로 치료망을 구성하고 있는, Divers Alert Network (DAN) 보고에³⁾ 의하면 매년 900 내지 1,000명의 환자가 다이빙 관련 질환으로 치료를 받는 것으로 되어있다. 한국에서도 국민소득의 향상과 해양 레저 활동에 대한 관심의 증가로 많은 이들이 스쿠버 다이빙을 즐기고 있으며, 자격증을 가진 다이버의 숫자는 대략 34만 명 정도로 추산된다(Table 1). 극히 일부 언론에 추적 보고된 사고만 해도 4년 동안 59건(사망 48건, 부상 11건)에 이를 정도이며,⁴⁾ 알려지지 않은 사고와 관련된 질환은 더 많을 것이다.

잠수의학(SCUBA medicine)은 수중과 관련된 인체 생리학적, 환경적 요소들을 연구하여, 이를 바탕으로 관련된 의학적 문제점들을 해결하고자 하는 스포츠의학의 한 분야이

며, 여기에는 고압의학(hyperbaric medicine)도 포함된다.

저자는 잠수의학이 마취통증의학을 전공하는 의사들에게 새로운 관심사의 한 분야가 될 수 있으며, 또한 그 어떤 분야의 의사보다도 마취통증의들이 이 학문을 더 잘 이해하고 접근에 용이할 것으로 생각하고 있다. 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 잠수의학은 기본적으로 고압이라는 환경 속에서 일어나는 인체의 생리적 변화, 특히 호흡 및 심장의 생리학적 변화와 적응에 대한 깊은 이해가 필요한데, 마취통증의들은 이를 쉽게 이해할 수 있다. 둘째, 잠수의학은 산소를 포함한 여러 가지 가스의 특성 및 이들의 흡수, 분포, 배출 그리고 이와 관련된 호흡회로에 대한 이해를 필히 요구하는데, 이는 의학용 가스(medical gas)와 여러 가지 호흡회로를 다루는 마취통증의들에게는 매우 친숙한 분야이다. 셋째, 다이빙 관련 질환 중 하나인 감압병의 진단 및 치료에는 통증 및 신경학적 장애에 대한 평가가 필요한데, 마취통증의들에게는 그리 어렵지 않다. 넷째, 다이빙과 관련된 응급조치들(심폐소생술, 기도확보, 수액요법, 산소공급 등) 또한 마취통증의들에게 큰 문제가 되지 않는다. 다섯째, 최근에 그 적응증이 급속히 증가하고 있는 고압산소 치료에는 산소독성을 포함하는 산소의 특성에 대한 이해가 반드시 필요한데, 이 또한 마취통증의들에게는 이해하기 어려운

책임저자 : 김기준, 서울시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 의과대학 마취통증의학교실, 우편번호: 120-752
Tel: 02-2227-4998, Fax: 02-312-7185
E-mail: kkj6063@yuhs.ac

Table 1. The Number of Scuba Diver in Korea (2005)

Name	Location	Telephone	Start	The number of divers		
				Total	Activity*	New diver in 2005
BSAC	Seoul	489-0180	1989	26,500		1,500
CMAS	Seoul	420-7494	1968	91,000		6,000
KUDA	Seoul	425-5800	1979	26,000		4,000
IANTD	Seoul	422-3117	1998	1,000		100
NASDS	Seoul	362-8251	1997	840		40
NAUI	Seoul	573-7857	1981	51,200		1,200
PADI	Seoul		1982	58,000		3,000
TDI	Seoul	487-6377	1998	6,500		1,200
PDIC	Seoul		1997	1,120		120
Military			1955	15,900		400
SDD	Seoul	934-6967		7,000		800
SI	Seoul	991-5016	2003	4,000		1,000
Total				289,060		19,360

If the number of scuba divers were increased by 20,000 per year, the number of scuba divers would have reached 340,000 in the end of 2007.I *: There is no data how many divers stop scuba diving.

문제가 아니다. 이 이외에도 여러 가지 이유가 있을 수 있으나, 현재 전세계적으로 다이빙 관련 질환에 대해 치료망을 구성하고 있는 DAN과,⁵⁾ 부속된 고압산소 치료 센터가⁶⁾ 미국 듀크 대학의 마취과에서 운영되고 있다는 사실을 숙고해보면 저자의 주장이 설득력이 있음을 알 수 있을 것이다.

저자는 이 논문을 통하여 스쿠버 다이빙과 관련된 주요 질환의 종류 및 그 내용을 간략히 소개함으로써 잠수 및 고압의학에 대한 이해를 넓히고자 한다. 참고로 여기에서는 지식 잠수(breath-holding diving), 대심도 잠수(deep diving), 테크니컬 잠수(technical diving) 등과 관련된 보다 전문적이고 깊은 내용은 다루지 않았다.

압력 손상

보일은 압력을 빠른 속도로 감소시킬 때, 체내에서 공기 방울이 생성됨을 1670년 처음으로 보고했다.⁷⁾ 그는 압력과 부피의 관계를 일명 “보일의 법칙”으로 정립하였는데, 이는 일정 온도에서 주어진 기체의 부피는 압력에 반비례 한다는 내용이다. 보일의 법칙에 따르면, 해수면(1기압)에서의 일정 부피는 수심 10 m (2기압)에서는 50%로 감소하고, 수심 30 m (4기압)에서는 25%로, 수심 70 m (8기압)에서는 12.5%로 감소한다. 즉, 가장 큰 부피의 변화는 해수면 근처의 얕은 수심에서 일어난다.⁸⁾ 다이버들이 상승하거나 하강할 때, 신체의 폐쇄 공간(폐, 귀, 부비동 등)의 부피는 지속

적으로 변화하며, 이는 주위 조직 및 공간으로부터 적절한 적응이 일어나 압력 평형이 이루어지게 된다. 그러나 주위 조직들의 적응 능력보다 더 빨리 부피의 변화가 일어나면, 신체의 폐쇄 공간에 손상이 일어나게 된다. 일반적으로 신체의 밀폐 공간에 압력이 증가되면 그 부피는 감소하게 되고, 따라서 이를 보충하기 위하여 조직과 혈관의 견인이 발생되고, 결국 조직의 부종 또는 출혈 등이 발생하게 된다. 반대로 밀폐된 공간의 압력이 감소되면 그 부피는 증가되고, 이는 주위 조직들을 압박하게 되어, 조직 손상을 초래한다.¹⁾

귀 압력 손상

외이도: 외이도가 귀지, 귀마개 또는 꼭 끼는 후드(tight hood) 등으로 막히면, 막힌 부위와 고막 사이의 폐쇄 공간이 압축되어 고막이 외이도 쪽으로 불거지고 피부는 붓게 되는데, 대개 하강할 때 발생한다.⁸⁾ 증상으로는 귀의 충만감, 이통 등이 있으며, 외이도에 점상출혈이 발생할 수 있다.⁸⁾

중이: 다이버들이 가장 많이 경험하는 질환이며, 다이빙 초험자의 약 30%, 경험자의 약 10%에서 발생한다.⁹⁾ 다이버들이 하강할 때, 중이의 공간 부피가 수축하게 되는데, 유스타키오관(Eustachian tube)을 통하여 공기를 넣어줌으로써 압력평형이 이루어지게 되어 부피가 정상적으로 회복된다.¹⁾ 그러나 상기도염, 알레르기비염, 중이 및 비구강의 해부학적인 손상 등이 있을 때, 또는 다이버가 압력평형을 이루어

야 하는 것을 잊은 상태에서 계속 하강할 때는 중이의 공간 내에 혈액이나 조직액 등이 차오르다가, 결국 고막이 찢어지게 된다.^{1,8)}

나타나는 증상으로는 압박감, 이통, 이명, 청각 장애, 현기증(vertigo) 등이 있다. 고막이 파괴된 경우에는, 찬물이 증기로 들어와 평형기관을 자극함으로써(caloric stimulation) 극심한 현기증을 느끼게 되고, 이는 물속에서의 방향감각을 소실하게 함으로써 익사 사고로 이어질 수 있다.^{1,8)}

고막 손상 및 파열을 진단할 수 있는 검사 방법으로는 웨버 검사(Weber test), 린네 검사(Rinne test), 직접적으로 고막을 관찰하는 이경 검사 등이 있다.^{1,8-10)} 청력 소실의 정도와 향후 예후를 평가하기 위하여 청력 검사(audiogram)를 반드시 실시하여야 한다.

치료로는 휴식, pseudoephedrine 같은 경구 충혈완화제(decongestant), oxymetazoline 같은 국소적 혈관수축제 등을 사용할 수 있고, 혈종이 고여 있을 때는 고막절개술(myringotomy), 심한 고막 파열 시에는 patching 등의 수술을 시행할 수 있다.^{1,8,9)}

내이: 다이버가 하강할 때, 과도한 중이의 압력평형 노력에 의하여 증가된 뇌압이 내이의 원형창(round window) 또는 와우(cochlear)를 손상시킴으로써, 내이액이 누출되거나 누공(fistula)이 생겨 발생한다. 증상으로는 감각신경성 청각 손실, 이명, 현기증, 구토 등이 발생한다. 치료로는 절대안정이 가장 중요하며, 누공이 자연치유가 되지 않을 때는 수술을 하여야 한다.^{8,10)}

부비동 압력 손상

다이버들에게 두 번째로 많은 손상이며, 비강과 연결된 작은 관을 막는 비점막의 만성 염증 및 충혈, 구조적 장애, 종괴 등이 원인이다.¹⁾ 68%의 경우는 하강할 때 발생하고, 32%는 상승할 때 발생한다. 하강 시에 부비동이 폐쇄되면, 부비동의 부피가 감소되고, 따라서 둘러싸고 있는 조직의 부종이 일어나고 급기야는 출혈이 발생하게 된다. 상승 시에 부비동이 폐쇄되면, 부비동의 부피가 급격히 증가하게 되어 주위 조직의 손상을 일으켜 통증 및 출혈이 발생하는 것으로 생각된다. 전두동(frontal sinus)에 가장 많이 발생하며, 해당 부비동 근처의 통증이 가장 많은 증상이며, 그 다음은 비출혈이다.¹¹⁾ 치료로는 국소적 또는 전신적 항충혈제를 사용하며, 농이 나오면 항생제를 사용하여야 한다.^{1,11)}

폐 압력 손상

폐 압력 손상으로 인한 2차적 공기색전증은 가장 많은 사망 원인이며, 급격하게 상승할 때 많이 발생한다.^{1,12)} 상승하는 동안 압력이 감소하면서 폐 속의 가스 부피는 팽창하게 된다. 따라서 상승 동안 다이버가 숨을 참는다든지 또는

충분히 가스를 배출하지 못하면 폐는 과도하게 팽창되고 급기야는 파열되고 만다. 이러한 폐 조직의 파열은 기흉(pneumothorax), 기종격동(pneumomediastinum), 피하기종(subcutaneous emphysema), 폐출혈, 공기색전증 등을 초래한다.^{1,8,12)} 갑작스런 흉통, 호흡곤란이 생기며, 심장발작(heart attack)을 일으켜 사망에 이를 수 있다. 산소 흡입 및 고압 치료가 필요하며, 수술적 치료가 요구되기도 한다.¹³⁾

감압병

다이버가 고압에서 압축 공기를 호흡하면, 증가된 분압의 질소를 마시게 되고, 분압의 차이로 인하여 질소는 폐에서 흡입되어 혈관으로, 그리고 인체의 조직 안으로 이동되어, 체내에 녹아있는 질소의 양이 점점 증가하게 된다. 이러한 질소 흡수는 시간에 따라 지수함수적 경향을 띠게 되며, 장시간이 지나면 신체는 포화상태가 된다. 질소는 체내에서 불활성임으로, 폐에서의 분압이 감소할 때까지 체내에 녹아 있게 되고, 호흡의 역과정을 통하여 체외로 배출된다. 그런데, 질소는 물에서보다 지방에서의 용해도가 5배나 높기 때문에 장시간의 배출시간을 요구한다. 다이버가 상승하면, 조직 속의 질소 분압은 대기압보다 높게 되는, 이른바 과포화(supersaturation) 상태가 되며, 조직과 혈액 속에 기포들을 만들게 된다. 이러한 기포들은 주요 장기로 가는 혈관들을 막고, 뇌와 척수 등의 조직에서는 신경을 압박하여 감압병을 일으키게 된다.¹⁴⁾ 즉, 혈관 내의 기포뿐만 아니라 혈관 외의 기포들도 기계적인 또는 생화학적 반응을 통하여 증상을 일으키는 것이다. 보다 복잡한 분자생물학적인 기전들이 제시되어 있으나, 여기서는 생략하기로 한다.

분류 및 증상

감압 후에 체내에 기포들이 존재할 수 있는데, 이들은 폐 압력 손상의 결과로 폐모세혈관을 통해 동맥으로 공기가 직접 들어갔거나, 또는 과포화 때문에 생기는 작은 기포들이 서로 뭉쳐 성장한 결과이다. 전자의 경우에는 동맥혈 색전증(arterial gas embolism, AGE)이라 하고, 후자의 경우는 감압병(decompression sickness, DCS)이라 한다. DCS는 증상에 따라 1형(type I), 2형(type II)으로 나눈다. 그러나 AGE와 DCS는 동일한 증세와 소견을 보일 때가 많으며, 임상적인 소견으로 구분하기가 쉽지 않다. 따라서 이런 모호한 경우를 감압질병(decompression illness, DCI)이라 부르기도 한다.¹⁵⁾

감압병은 스쿠버 다이빙을 하는 사람들이 병원에 입원하는 가장 큰 원인이 된다. DAN의 보고에 의하면, 환자의 24%가 1형 DCS였고, 67%가 2형 DCS였으며, 9%가 AGE였다.¹⁴⁾

제 1형 감압병: 일명 잠수병통증 또는 벤즈(bends)라 알려져 있는 고전적인 감압병으로, 근골격계나 관절의 통증을 특징으로 한다. 대개 수면으로 상승한 지 1시간 이내에 통증이 나타나며, 다음 24-36시간 동안 점차 증가한다. 손상당한 관절을 움직이더라도 통증이 증가되지 않는다. 경미한 경우에는 특별한 통증의 아닌, 이상하고 불쾌한 느낌(odd feeling)만 있을 수 있는데, 이를 니글(niggles)이라 한다. 인접한 부위의 피부로 가는 혈관이나 임파선이 막혀, 피부에 희끗희끗한 반점을 동반한 부종이 나타날 수 있다(peau d'orange 양상).^{1,10,16)}

제 2형 감압병: 신경 장애, 심폐 장애, 또는 전정기관 장애 등을 나타내는 감압병이며, 영구적인 장애나 죽음에 이를 수 있기 때문에, 최선의 치료를 가능한 빨리 시행하여야 한다.

신경 장애의 증상은 손상된 신경 부위에 따라 다르다. 척수 장애가 가장 많으며, 그 다음은 뇌, 그 외는 말초 및 뇌신경 손상 순이다. 이상감각(paresthesia)이 가장 흔한 증세이며, 50%에서 한쪽에서만 나타난다. 감각, 운동, 의식 및 지적, 자율신경계, 반사 기능 등의 저하가 다양하게 조합되어 나타남으로 철저한 신경학적 검사가 필요하다.^{16,17)}

심폐 장애는 많은 양의 기포가 폐동맥을 막거나, 좌심으로 들어간 기포가 심장의 혈류를 차단하기 때문에 생긴다. 폐고혈압 및 폐부종으로 인한 기침, 흉통, 호흡곤란 등이 생기며(choke), 관상동맥이 막힐 경우 심근경색이 생겨, 급사할 수 있다.⁸⁾

전정기관 장애는 내이의 와우와 전정기관에 기포가 생김으로써 발생되며, 현기증, 이명, 청력감소, 구토 등이 나타난다. 내이의 압력 손상과 반드시 감별진단 하여야 한다.¹⁶⁾

동맥혈 색전증: 영상 진단 및 병리학적 소견으로 제 2 감압병의 신경 장애와 감별할 수 없으며, 임상적인 증세도 유사하다. 폐 압력 손상으로 직접적으로 공기가 동맥으로 들어가거나, 정맥혈 속의 기포가 심장의 좌-우 단락에 의해 좌심으로 넘어가면서 발생한다. 감압병 환자의 60%에서 심장의 좌-우 단락이 있었다는 보고가 있다.¹⁸⁾

치료

점진적인 조직 손상 때문에 증상이 급격이 나빠지는 경우가 많으므로, 감압병이 의심되는 환자는 즉각적인 평가 및 치료를 받아야 한다.

응급처치: 감압병 환자의 응급처치는 A-B-C 순으로 즉, 기도 확보(airway)-호흡 유지(breathing)-순환계 유지 순서로 시행한다.

산소: 100% 산소를 공급하여, 순환이 좋지 않은 조직으로의 산소 전달을 증가시키고, 기포내의 질소 분압을 낮추어 기포의 크기를 줄인다.¹⁹⁾

자세 유지: 골반에 비해 머리를 낮추는 두하위 또는 트렌델렌버그(Trendelenburg) 자세는 뇌로 가는 기포를 줄이는 가능성 때문에 한 때 권장되었으나, 뇌부종의 위험 때문에 더 이상 권장되지 않는다. 앙와위(supine position)는 기립성 저혈압의 가능성을 줄이고, 질소의 배출을 촉진시키기 때문에 앉거나 서는 자세보다 권장된다.²⁰⁾

수액 공급: 감압병 환자들은 호흡기를 통한 수분의 소실, 침수로 유발되는 이뇨, 그리고 혈관내피 세포의 손상으로 인한 조직으로의 혈액 및 수분의 소실 등으로 탈수 상태에 빠져 있기가 쉽다.²¹⁾ 환자의 상태가 경할 때는 물을 먹이는 것으로 충분하지만, 중할 때는 등장성 수액을 정주해야 한다.²²⁾ 환자가 스스로 소변을 볼 수 없으면 소변 카테터를 삽입해야 한다.

적극적 처치

스테로이드(steroids): 감압병 환자에서 스테로이드의 효과에 대하여, 구체적이고 체계적인 임상 연구는 되어 있지 않다. 그러나 척수 손상 환자에서 다량의 스테로이드 정주가 신경 손상에 대한 후유증을 호전 시킨다는 연구가 있다.⁸⁾

항응고제: 현재까지의 증거로 보아, 심한 잠수병통증, 심부정맥혈전, 심각한 폐색전 이외의 경우에는 추천되지 않는다.⁸⁾

고압산소 치료: 가장 확실하고 효과적인 감압병 치료이며, 고압산소 챔버를 이용하여(Fig. 1), 적절한 치료표(treatment table)대로 가압을 한다. 체내 압력이 증가되면 보일의 법칙에 따라 기포의 크기가 줄어들고 증세가 완화된다. 고압의 산소를 공급하면, 허혈 조직의 순환을 증가시키고, 중추 신경계의 부종을 줄이며, 백혈구가 혈관내피 세포에 결합하지 못하게 한다.^{1,8)} 따라서 최근에는 공기만 사용하는 방법보다 산소를 사용하는 치료표를 사용한다.

여러 가지 다양한 형태의 치료표가 나와 있다. 이들은 최대 압력, 치료 기간, 호흡 가스 등에 차이가 있다. 고압산소실의 압력은 보통 감압병에 걸린 환자를 위해 18 m (60 ft) 수심에 맞게 가압하고, 감압은 2-5시간에 걸쳐 시행한다. 챔버 안의 공기로 채우고, 환자는 마스크를 통해 산소를 호흡한다. 여기서는 여러 가지 치료표 중 비교적 최근의, 가장 많이 사용되는, 미해군 치료표 6 (US Navy Table 6)(Fig. 2)에 대해 설명한다. 18 m sea water (msw; 0.28 MPa) 압력에서 100% 산소를 20분 동안 3번에 걸쳐 호흡시키고, 그 뒤 9 msw (0.19 MPa) 압력에서 100% 산소를 여러 차례 호흡시킨다. 산소 독성을 예방하기 위하여 중간 중간에 5분 동안 공기를 호흡시킨다. 전체 재가압 시간은 대략 4시간 45분 정도이다.²³⁾



Fig. 1. Recompression chamber. Pictures of the chamber (A) and actual treatment (B) are illustrated.

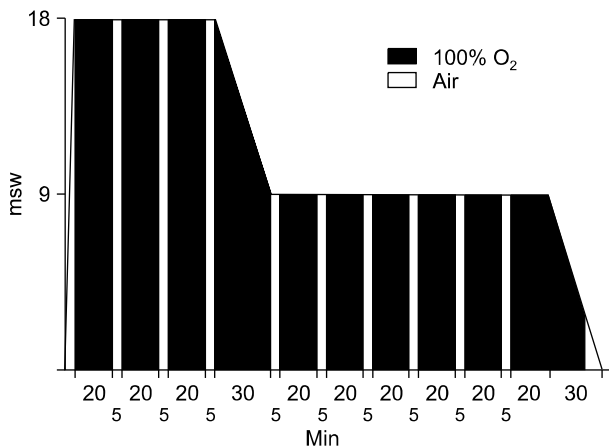


Fig. 2. Modified US Navy Table 6. Three pure oxygen breathing cycles of 20 min duration each at 18 msw (0.28 MPa) are followed by subsequent oxygen cycles at 9 msw (0.19 MPa). Intermittent 5 min air breathing prevents oxygen toxicity.

잠수 가스 관련 문제

산소 독성

산소는 대사과정 중에 자유기(free radicals; superoxide anions, hydrogen peroxide, hydroperoxy & hydroxy radical, singlet oxygen)들을 만들어 내는데, 이는 여러 가지 효소(peroxidase, catalases, superoxide dismutase 등)들에 의해 제거되어 진다. 그러나 장시간 높은 산소 분압에 노출되면, 자유기들이 충분히 제거되지 못하게 되고, 이것들이 체내 불포화 지방산 및 세포의 효소들을 산화시켜 세포대사에

문제를 일으키게 된다.²⁴⁾

폐 독성: 개인마다 매우 다양하나, 1 대기압 산소(대기압에서 100% 산소를 호흡할 때)에서는 12-16시간, 1.5 대기압 산소에서는 8-14시간, 2 대기압 산소에서는 3-6시간 후에 증상이 나타난다.²⁵⁾ 증상으로는 흉골 뒤편 불쾌감, 기침, 호흡곤란 등이 있으며, 폐부종 및 무기폐 등이 동반된다.¹⁴⁾

중추신경계 독성: 1.6 대기압 이상의 산소에서 나타날 수 있다. 증상으로는 창백, 시각 장애, 현기증, 이명, 빈맥, 구토, 안면 경련, 심한 경우에는 발작 등이 나타난다.²⁵⁾

이산화탄소 중독

스쿠버 다이빙에 사용하는 폐쇄 또는 반폐쇄 회로 속에는 마취기와 마찬가지로 소다라임이 들어있어 이산화탄소를 흡수하는데 이 회로에 문제가 있을 때, 또는 바닷물에 의해 소다라임이 젖었을 때, 발생하기 쉽다. 대개 두통으로 증상이 시작되며, 현기증, 안면홍조, 호흡곤란, 시각 장애, 의식변화 등이 나타난다.¹⁰⁾

일산화탄소 중독

많은 경우, 압축공기를 만드는 공기압축기(compressor)의 매연이 압축공기에 섞여 들어가 발생한다. 혈중 카르복시헤모글로빈(COHgb)의 농도에 따라서 다양한 증상이 나타나는데, 두통, 현기증, 구토, 혼란, 의식소실, 마비, 혼수 등이 나타난다. 고압산소 치료가 도움이 된다.²⁶⁾

질소마취

대기압에서 질소는 신체에 독성을 나타내지 않지만, 압력이 높아져 신경계 내의 질소 분압이 높아지면 마취 가스와 같은 기전으로 인하여 마취 효과가 나타나게 되며, 대부분 30 m 이상의 수심에서 압축 공기를 호흡할 때 발생한다.²⁷⁾ 기억장애, 환각, 신경근 부조화, 지적 능력 저하, 방향감각 상실 등이 나타나 매우 위험하다.

공황 장애

레크레이션 스쿠버 다이빙 사망 원인의 많은 부분(40-80%)이 공황 장애(panic disorder)와 관련이 있다는 보고가 있다.²⁸⁾ 공황이 발생하면, 이성적으로 사고하고 판단하는 능력이 상실되어, 응급 상황 또는 위험한 상황을 원만히 해결할 수가 없게 된다. 공황의 초기 증세로 과환기(hyper-ventilation), 불안 및 초조 등이 나타난다. 이를 예방하려면 충분한 이론적 지식의 습득 및 반복적인 해양 실습, 안전한 다이빙 과정의 설계(환경 및 장비 포함), 공황 장애를 예측할 수 있는 심리검사 등이 선행되어야 한다.²⁹⁾

스쿠버 다이빙에 영향 미치는 질병과 의학적 평가

스쿠버 다이빙에 영향을 미치는 많은 질병들이 있으나, 그 중 생명과 직결되는, 가장 중요한 것은 심장과 폐에 관련된 질환들이다. 따라서 이런 질환들을 가지고 있는 사람들은 스쿠버 다이빙을 하기 전 그 질환의 중증도 및 다이빙 위험도를 철저히 평가받아야 하는데, 이는 마취전 평가와 매우 유사하다. 그 외 이비인후과, 정신과, 안과, 치과, 내분비 등과 관련된 질병들도 평가를 받아야 한다.

폐 질환

심각한 폐 질환이 있으면, 스쿠버 다이빙을 하는데 위험할 수 있다. 폐 압력 손상을 피하려면 폐가 충분한 탄성도와 유순도를 가지고 있어야 하며, 폐포로부터 들고 나는 공기의 흐름이 순조로워야 한다. 천식, 만성기관지염, 폐기종, 기관지확장증 등이 있을 때는 면밀한 검사와 평가가 이루어져야 한다. 검사 및 평가 결과, 상기 질환이 확실할 때는 스쿠버 다이빙을 하지 않도록 권하는 것이 일반적이다. 그러나 상기 질환을 가진 환자가 스쿠버 다이빙을 하고자 할 때는 약물치료 등으로 폐기능 검사 결과가 정상 수준을 회복하는지를 꼭 확인해야 한다. 자발성 기흉의 과거력이나 수술력이 있을 때는 스쿠버 다이빙을 금한다.³⁰⁾

심혈관계 질환

수영 능력을 포함한 안전을 고려해 볼 때, 스쿠버 다이버들은 산소소모량 40 ml/kg/min 이상의 최대작업부하량(workload), 24 ml/kg/min 이상의 유지작업부하량을 견딜 수 있어야 한다. 이는 약 13 metabolic equivalents (mets)에 해당되며,³¹⁾ 이 만큼의 부하를 심장이 견딜 수 있어야 한다는 의미이다. 따라서 심근의 능력을 저하시킬 수 있는 만성고혈압, 관상동맥질환, 각종 선천성 또는 후천성 심질환 등을 가진 환자들은 심전도, 운동부하검사, 심초음파, 혈관조형술 등을 이용해 철저한 평가를 받아야 한다. 심장의 좌-우 단락과 저산소증을 가진 환자는 운동능력의 저하와 공기 색전증의 위험 때문에 스쿠버 다이빙을 금해야 한다.³¹⁾

맺 는 말

여기에 소개한 잠수 및 고압의학은 그 역사적 뿌리는 깊으나, 일반 대중은 물론, 의사들에게도 그 내용 및 중요성이 잘 알려져 있지 않다. 잠수의학은 바다에 대한 관심의 증가, 해양 레저 활동의 증가 등으로 향후 성장 가능성이 매우 높은 의학의 한 분야이다. 또한 고압산소 치료는 그 적용 범위가 감압병, 상처 및 염증 치료, 일산화탄소 중독 뿐만 아니라, 만성통증,³²⁾ 뇌성마비,³³⁾ 암,³⁴⁾ 장기이식³⁵⁾ 등의 분야에까지 급속히 확장되고 있다. 그러나 불행하게도 국내에는 이를 전공하는 의사들이 매우 드물며(그것도 대부분 기초학을 전공하는 분들이다), 해군의 해양의료원을 비롯한 극소수의 병원에서만 고압 산소실이 유지 운영되고 있는 실정이다. 따라서, 저자는 잠수 및 고압의학이 마취통증의학을 전공하는 의사들에게 새로운 하나의 영역이 될 수 있다고 생각한다. 진취적이고 미래지향적인 전공의들의 도전을 기대한다.

참 고 문 헌

1. Melamed Y, Shupak A, Bitterman H: Medical problems associated with underwater diving. *N Engl J Med* 1992; 326: 30-5.
2. Richardson D: Current philosophy and practice of emergency ascent training for recreational divers. *SPUMS* 1993; 23: 214-22.
3. Divers Alert Network; Report on decompression illness, diving fatalities and project dive exploration: DAN's annual review of recreational diving injuries and fatalities based on 2002 data. Durham, NCL Divers Alert Network, 2004, pp 21-45.
4. Lee BD: Let's reduce diving accident. *Underwater World* 2001; 76: 216-9.
5. <http://anesthesia.mc.duke.edu/divisions/dan.html>
6. <http://anesthesia.mc.duke.edu/divisions/hyperbarics.html>
7. Kindwall EP: A short history of diving and diving medicine. In:

- Diving Medicine. 3rd ed. Edited by Bove AA: Philadelphia, W B Saunders. 1997, pp 4-5.
8. Moon RE: Treatment of diving emergencies. *Crit Care Clin* 1999; 15: 429-56.
 9. Brown M, Jones J, Krohmer J: Pseudoephedrine for the prevention of barotitis media: a controlled clinical trial in underwater divers. *Ann Emerg Med* 1992; 21: 849-52.
 10. Chesire WP Jr, Ott MC: Headache in divers. *Headache* 2001; 41: 235-47.
 11. Fagan P, Mckenzie B, Edmonds E: Sinus barotrauma in divers. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1976; 85: 61-4.
 12. Powers AT, Bass B, Stewart J, Flahan M, Neuman TS: A six-year review of scuba diving fatalities in San Diego County. *Undersea Biomed Res* 1992; 19(Suppl): 20.
 13. Neuman TS, Jacoby I, Bove AA: Fatal pulmonary barotrauma due to obstruction of central circulation with air. *J Emerg Med* 1998; 16: 413-7.
 14. DeGorordo A, Vallejo-Manzur F, Chanin K, Varon J: Diving emergencies. *Resuscitation* 2003; 59: 171-80.
 15. Vann RD: Mechanisms and risks of decompression. In: *Diving Medicine*. 3rd ed. Edited by Bove AA: Philadelphia, W B Saunders. 1997, pp 146-58.
 16. Dutka AJ, Francis TJ: Pathophysiology of decompression sickness. In: *Diving Medicine*. 3rd ed. Edited by Bove AA: Philadelphia, W B Saunders. 1997, pp 159-71.
 17. Strauss RH, Yount DE: Decompression sickness. *Am Sci* 1977; 65: 598-604.
 18. Wilmshurst P, Nightingale S: Relationship between migraine and cardiac and pulmonary right-to-left shunts. *Clin Sci* 2001; 100: 215-20.
 19. Hyldegaard O, Madsen J: Effect of air, heliox and oxygen breathing on air bubbles in aqueous tissues in the rat. *Undersea Hyperb Med* 1994; 21: 413-24.
 20. Balldin UI: Effects of ambient temperature and body position on tissue nitrogen elimination in man. *Aerosp Med* 1971; 42: 489-93.
 21. Levin LL, Stewart GJ, Lynch PR, Bove AA: Blood and blood vessel wall changes induced by decompression sickness in dogs. *J Appl Physiol* 1981; 50: 944-9.
 22. Smith RM, Van Hoesen KB, Newman TS: Arterial gas embolism and hemoconcentration. *J Emerg Med* 1994; 12: 147-53.
 23. Tetzlaff K, Shank ES, Muth CM: Evaluation and management of decompression illness-an intensivist's perspective. *Intensive Care Med* 2003; 29: 2128-36.
 24. Halliwell B, Gutteridge JMC: Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *Biochem J* 1984; 219: 1-14.
 25. Clark JM, Thom SR: Toxicity of oxygen, carbon dioxide, and carbon monoxide. In: *Diving Medicine*. 3rd ed. Edited by Bove AA: Philadelphia, W B Saunders. 1997, pp 131-40.
 26. Varon J, Marik PE, Fromm RE, Gueler A: Carbon monoxide poisoning: a review for clinicians. *J Emerg Med* 1999; 17: 87-93.
 27. Rostain JC, Balon N: Recent neurochemical basis of inert gas narcosis and pressure effects. *Undersea Hyperb Med* 2006; 33: 197-204.
 28. Magruder KM, Norquist GS, Feil MB, Kopans B, Jacobs D: Who comes to an voluntary depression screening program? *Am J Psychiat* 1995; 152: 1615-22.
 29. Morgan WP, Raglin JS, O'Connor PJ: Trait anxiety predict panic behavior in beginning scuba students. *Int J Sports Med* 2004; 25: 314-22.
 30. Neuman TS: Pulmonary disorders. In: *Diving Medicine*. 3rd ed. Edited by Bove AA: Philadelphia, W B Saunders. 1997, pp 270-7.
 31. Bove AA: Cardiovascular disorders. In: *Diving medicine*. 3rd ed. Edited by Bove AA: Philadelphia, WB Saunders. 1997, pp 278-92.
 32. Yildiz S, Uzun G, Kiralp MZ: Hyperbaric oxygen therapy in chronic pain management. *Curr Pain Heasache Res* 2006; 10: 95-100.
 33. McDonagh MS, Morgan D, Carson S, Russman BS: Systematic review of hyperbaric oxygen therapy for cerebral palsy: the state of the evidence. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49: 942-7.
 34. Daruwalla J, Christophi C: Hyperbaric oxygen therapy for malignancy: a review. *World J Surgery* 2006; 30: 2112-31.
 35. Mori M, Shinohara H, Arakawa Y, Kanemura H, Ikemoto T, Imura S, et al: Beneficial effects of hyperbaric oxygen pretreatment on massive hepatectomy model in rats. *Transplantation* 2007; 84: 1656-61.