

원 저

고압산소 치료에 대한 일개 권역 응급센터의 최근 10년 경험 및 제언

아주대학교병원 응급의학과

윤정훈 · 김기운 · 정윤석 · 한철수 · 민영기 · 조준필 · 최상천

Recent 10-Year Experience of One Regional Emergency Center and Recommendation for Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT)

Jung-Hoon Yoon, M.D., Gi-Woon Kim, M.D., Yoon-Seok Jung, M.D., Cheol-Soo Han, M.D.,
Young-Gi Min, M.D., Joon-Pil Cho, M.D., Sang-Cheon Choi, M.D.

Department of Emergency Medicine, Ajou University Hospital

Purpose: The aim of this study is to investigate current status, indications, and complications of hyperbaric oxygen therapy.

Methods: A retrospective investigation of patients who underwent hyperbaric oxygen therapy at a university medical center from September 2004 to August 2013 was conducted based on patients' medical records and results of an email survey for 99 emergency centers.

Results: During the study period, a total of 233 patients underwent hyperbaric oxygen therapy. Indications for hyperbaric oxygen treatment of illness or injury were as follows: 1) 151 cases of acute carbon monoxide poisoning(65.4%), 2) flap wound management, including 42 cases(18.2%), 3) skin care transplanted, including 23 cases(10.4%), 4) Burger's disease, including 5 five cases(2.1%), respectively. Total application time* frequency was 1,088 and total time was 1,239 hours. Among 233 patients who underwent hyperbaric oxygen therapy, 32 patients(13.7%) had complications: 1) otalgia in 21 cases(9.0%), 2) mastoiditis?in six cases(2.6%), 3) hemotympanum in five cases(2.1%), respectively. There were only 8 emergency centers that currently had an operational hyperbaric oxygen chamber in 77 emergency centers(10.4%).

Conclusion: Indications identified through this study showed difference from current indications worldwide. It seems necessary that physicians' perception regarding application of hyperbaric oxygen therapy for more indications be changed and improved. A hyperbaric chamber capable of providing respiratory assistance and intensive care is also needed. A good network for sharing treatment experiences and a specialized team for administration of hyperbaric oxygen therapy is also required.

Key Words: Hyperbaric Oxygen Therapy, Indication, Complication

투고일: 2013년 9월 26일

게재승인일: 2013년 11월 19일

책임저자: 최 상 천

수원시 영통구 원천동 산5

아주대학교 의과대학 응급의학교실

Tel: 031) 219-7754, Fax: 031) 216-7760

E-mail: avenue59@ajou.ac.kr

서 론

고압산소 치료(Hyperbaric oxygen treatment, HBOT)는 대기압 이상의 압력에서 100% 농도의 산소를 공급하는 치료로 정의되며, 대기압 하에서 시행되는 고농

도 산소 치료와는 차이를 나타낸다¹⁻⁴). 환자에게 2.5~3.0 기압의 HBOT를 시행하는 경우 동맥혈 분압이 1,500~2000 mmHg까지 증가할 수 있어 손상되거나 감염된 조직이나 장기 내에 산소 분압을 높여 치료 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다^{1,5-7}). 또한 동맥혈 분압의 증가는 뇌혈관의 수축을 일으켜 뇌혈류를 줄이고 대사를 줄여 뇌부종을 감소시킨다^{1,4,7,8}).

고압산소 치료의 시초는 1662년 영국에서 Henshow가 공기를 압축시키고 압축된 공기를 조절할 수 있게 제작된 금속통을 이용하여 일부 질환을 치료했던 것이 시초라 할 수 있다^{1,3}). 근대적으로는 1918년 Cunningham이 상업 시설이 포함된 고압 산소 치료 호텔을 캔자스시에 설립하였으나 경제 공황 및 미국의학협회의 비판에 의해 폐쇄되었으나, 1955년 Boerma가 흉부외과 수술에 고압산소치료술을 적용하기 시작하고, 1967년 잠수의학협회(Undersea Medical Society, UMS)가 창립되어 고압산소치료의 효과가 재조명되며 임상 치료에 다시 도입되기 시작했다³).

지금까지 고압산소 치료의 적응증으로 제시되는 질환은 가스 색전이나 감압병 등의 가스 손상, 급성 중독, 중증 상

처 감염, 외상으로 나뉘볼 수 있으며^{1,5,7,9-22}), 다양한 질환이나 손상군이 새로운 적응증으로 제시되고 있지만 아직 논란의 여지가 남아있는 경우가 있다²³⁻²⁵). 이러한 새로 제시되는 적응증 이외에도 최근 들어 중증 일산화탄소 중독 환자의 증가, 해양 레저나 스포츠 활동의 증가로 인한 감압병 환자의 증가, 등산 인구 증가로 인한 고산병 환자의 증가는 국내에서 고압산소치료의 필요성을 증가시키고 있다²⁶). 지금까지 중증 일산화탄소 중독이나 감압병에 대한 가장 중요한 치료는 조기에 시행하는 고압산소치료로 알려져 있으나, 감압병의 경우 내륙에 위치한 대다수의 의료기관의 치료 경험은 적은 것으로 보고되고 있다²⁶). 본원의 경우에도 1994년 5월 고압산소치료기를 설치한 이후 현재까지 고압산소치료실을 운영하고 있으나, 급성일산화탄소 중독과 중증 상처를 제외하면 비교적 제한적인 적응증에 한해 고압산소치료를 시행하고 있다. 이에 저자들은 본원의 최근 10년 동안의 고압산소 치료 현황, 적응증 및 시설 운영에 따른 문제점을 확인하고 기존의 운영 경험을 공유하며 향후 문제점을 개선하는데 도움이 되는 기본 자료를 얻기 위해 본 연구를 시행하였다.

안녕하십니까? **대한응급의학회**입니다. *

무더위와 병환내외의 복잡한 상황에서도 건승하고 계시길 바랍니다. *

학회차원에서 최근 들어 큰 문제가 되는 **일산화탄소 중독 환자**의 치료에 주 장비인 **고압산소챔버** 현황에 대하여 간단히 파악을 하고 이에 대한 학회차원에서의 대안 마련을 위해 이렇게 메일을 드리게 되었습니다. 바쁘시고 **여러가지** 신경 써야 할 일이 많겠지만 간단한 질문이니 해당하시는 수련기관에서는 꼭 응답해 주시면 대단히 감사하겠습니다. *

한 수련기관에 한 기간 작성하시어 **8월 10일**까지 학회에서 보낸 메일로 첨부하여 보내주시면 감사하겠습니다. (혹시 상황이 여의치 않아 보내지 못하는 경우 학회에서 직접 전화를 하여 간단한 조사를 하겠으니 번거롭더라도 전화를 받아 주시면 감사하겠습니다)*

* **귀환의 이름:** (예 한국외대 서울대학병원) *

* **응급의료기관:** 권역응급의료센터 전문응급의료센터 지역응급의료센터 지역응급의료기관 *

* **귀환의 위치(또는 시가지 표기):** (예 서울시 용구) *

* 해당되는 곳에 **일줄** 또는 **굵은색** 표시를 하여 **이메일**로 발송하여 주시면 됩니다. *

고압산소치료챔버를 운영하고 계십니까? 네 아니요 *

현재 CO 중독환자가 응급실에 올 경우 다른 과정 중 어떻게 치료를 하시나요?(중복 선택 가능) *

100% 산소 투여 고압산소치료가 가능한 병원으로 전원 *

본원에서 고압산소치료(초음시) *

현재 CO 중독환자가 응급실에 올 경우 중증으로 파악되어 전원을 결정할 경우 **전원할 병원**이나 연락 중에 어느 정도 어려움이 있습니까? *

주변에 있어 수월하다 매우 어렵고 찾기가 힘들다 **전원한다** *

거의 **전원하기가 힘들다** 기타 외간: *

_____ 건 *

대략적으로 CO 중독으로 응급실에 오는 환자의 수가 어느 정도가 되는지요?(한달 건수) *

_____ 건 *

(고압산소챔버를 소유하고 있는 경우) 가동여부(관계없이 소유하고 있는 경우) *

* 현재 **귀환**에 **고압산소챔버**를 소유하고 계신 분만 응답해 주시면 됩니다. *

현재 가동하고 있는지요? 네 아니요 *

가동하고 있지 않다면 이유를 고르시면? *

환자가 많지 않아 가동 중단하였음(사용은 가능함) *

이미 너무 오래되어 사용하지 못함 *

_____ *

한달에 대략적으로 **몇건** 정도 **고압산소챔버**를 가동하시나요? *

약(_____)건 *

_____ *

가동여부와 관계없이 현재 **보유하고** 경우 아래를 채워 주시면 대단히 감사하겠습니다. *

고압산소챔버의 종류: 1인용 챔버 다인용 챔버 *

고압산소챔버의 압력 범위: (_____) ATA 까지. (참고: 보통 2-2.5 ATA가 사용됨) *

고압산소챔버의 생산년도: (_____)년 *

고압산소챔버의 생산국가: (_____) *

고압산소챔버의 모델명: (_____) *

_____ *

대단히 감사합니다. *

대한응급의학회 이사장 유인술 *

Fig. 1. Questionnaire for current status of managing acute carbon monoxide poisoning and operating hyperbaric chamber.

대상과 방법

2004년 9월부터 2013년 8월까지 일개 응급의료센터를 방문하거나 응급의료센터가 소속된 대학병원에 입원했던 환자들 중 치료 경과 중 고압산소치료를 받았던 모든 환자들 대상으로 이들의 의무 기록을 후향적으로 조사하였다. 대상 환자들을 확인하기 위해 고압산소처치코드(M-5861~8)가 처방된 모든 환자들을 의무기록실과 보험팀에 문의하여 확인하였고, 대상이 된 환자들 중 의무 기록이나 영상 결과 확인이 불가능한 경우는 연구 대상에서 제외하였다. 대상자들의 인구통계학 자료, 진단, 고압산소 치료 회수 및 시간, 고압산소치료이후 합병증을 확인하였다.

또한 2012년 상반기 기준 고압산소 치료에 관한 전국적 현황을 확인하기 위해 대한응급의학회에서 지역응급의료센터 이상 총 99개 의료기관을 대상으로 시행하였던 인터넷 설문 및 전화 설문 결과에서 기관종별, 현재 고압산소 치료시설 운영 여부, 급성일산화탄소 중독 치료 방법, 평균 환자수를 확인하였다(Fig. 1).

본원에서 현재 사용하고 있는 고압산소치료기는 1994년 5월 제작된 단일 챔버 고압산소치료기(고압산소치료기, 남북의료기계작소(주), 대한민국)로 현재 3기압까지 승압이 가능하다(Fig. 2).

본원에서는 급성일산화탄소 중독과 감압병에 2.5~3기압에서 1시간/1일 2~3일 반복, 골수염에서는 2.5기압에서 30~60분/1일 수일 반복, 상처관리, 이식피부관리, 버

거씨병에 2기압에서 30분/1일 수일 반복하는 치료 프로토콜을 운영하고 있다.

본 연구에 참여한 두 명의 응급의학과 전공의가 의무 기록 분석 및 설문을 시행하였고, 얻어진 자료에 대하여 두 명의 응급의학과 전문의가 분석하였다. 자료 분석에 대하여 전문의간 이의가 있는 경우 제 3의 다른 응급의학과 전문의가 의견을 조절하였다.

의무 기록 및 설문을 통해 얻은 자료들을 부호화하여 SPSS 15.0 통계 패키지에 합당한 자료들로 변환하였으며, 기술적 통계에 대해 연속 변수는 평균±표준편차로 표기하였다. 본 연구는 아주대학교병원 임상연구윤리위원회의 연구 심의를 통과하였다.

결 과

1. 대상자들의 특성

대상 기간 동안 총 233명의 환자들이 고압산소 치료를 시행 받았으며, 평균 연령은 45.9 ± 17.7 세였고, 남성이 여성보다 2배 가량 많았다. 입원과는 응급의학과가 153명으로 65.7%, 성형외과가 69명으로 29.6% 등이었다. 자세한 내용은 Table 1과 같다.



Fig. 2. Hyperbaric oxygen apparatus currently operated in Ajou University Hospital.

2. 고압산소치료 적응증 및 총 치료 시간

고압산소 치료의 적응증이 되었던 질환이나 손상은 1) 급성일산화탄소 중독 151례(65.4%), 2) 피관술(flap)을 포함한 상처 관리 42례(18.2%), 3) 이식 피부 관리 - 식피술(graft) 24례(10.4%), 버거씨병이 5례(2.1%), 감압병 4례(1.7%), 골수염 4례(1.7%)였다(Table 2). 총 치료 시간은 성형외과 699시간, 응급의학과 96시간, 정형외과 49.5시간이었고, 적응증 별로는 이식 피부 관리 - 식피술 372시간, 상처 관리 314시간, 급성일산화탄소 중독 87.5시간, 버거씨병 76시간, 감압병 4.5시간 등이었다(Fig. 3).

3. 고압산소 치료 경과 및 부작용

급성 일산화탄소 중독 151례에서 고압산소 치료가 시행되었으나, 환자 상태 변화 및 협조 불가, 긴장, 공포, 추위 등 중도 실패가 28례(18.5%)에서 발생하였다. 감압병은 4례에서 시행 후 호전되었으나, 가스 색전 1례는 사망하였다. 상처 관리나 이식 피부 관리에서 절단은 없었다.

고압산소치료가 시행된 233명의 환자들 중 32례(13.7%)에서 부작용이나 합병증이 발생하였다. 귀통증이 21례(9.0%)로 가장 많았고, 유두돌기염 6례(2.6%), 혈성 고막 5례(2.1%)가 있었으나, 기흉, 기종격동과 같은 압력 손상은 없었다.

4. 전국 의료기관의 고압산소치료기 설치 및 운영 현황

설문이 시행된 총 99개 의료 기관중 77개 의료기관에서 응답하여 전체 응답률은 77.8%였고, 응답한 의료 기관을 종별로 살펴보면 권역응급의료센터 17기관, 지역응급의

료센터 55기관, 지역응급의료기관 3기관, 전문응급의료센터 2기관이었다. 2012년 상반기 기준 고압산소 치료기 설치된 기관은 11곳(n=11/77, 14.3%), 설치되지 않는 기관은 66곳(n=66/77, 85.7%)이었고, 지역 분포는 Fig. 4와 같다. 그러나 고압산소 치료기가 설치된 기관중 실제로 운영중인 기관은 8곳이었으며, 운영하지 않는 기관은 3곳이었다. 고압산소 치료기를 운영하고 있는 의료 기관의 한 달 평균 가동 건수는 3.3 ± 1.4 건이었고, 성능상 가용 압력은 2ATA 5개, 2.5ATA 2개, 3ATA 1개, 4ATA 1개, 6ATA 1개, 모름 1개였다. 운영하지 않는 이유는 3곳 모두 시설 노후 및 고장이었다.

고 찰

저자들은 본 연구를 통하여 최근 10년 동안 아주대학교 병원 고압산소치료실에서 치료받은 환자는 총 233명으로 이중 151명(68.4%)이 급성일산화탄소 중독이었고, 급성 일산화탄소 중독과 이식술 및 피관술을 포함한 상처 치료를 제외하면 현재 고압산소치료의 적응증으로 제시되고 있는 가스 색전, 급성 동맥성 허혈증, 중증 감염, 만성 감염이나 골수염, 감압병, 일부 외상성 뇌손상이나 복강손상, 골절 등에 대해서는 매우 적은 빈도로 사용되고 있음을 확인할 수 있었다. 류 등¹⁷⁾이 발표한 1996년 7월부터 1999년 9월까지 강남병원 고압산소실 운영 결과에 따르면 감압병 472명, 구강악안면외과 80명, 정형외과 63명, 급성 일산화탄소 중독 41명, 일반외과 39명, 기타 65명 총 760명으로 본원의 결과와 차이를 나타내는데 시간적 차이, 지정학적 차이, 치료 설비 차이를 고려하더라도 본원

Table 1. Demographics of the subjects indicated for hyperbaric oxygen therapy (HBOT)

Subjects	233
Age	45.9 ± 17.7
Gender	
M:F	1:0.5
Admission Department	
ED	153 (65.7%)
PS	69 (29.6%)
OS	5 (2.1%)
ENT	5 (2.1%)
OBYG	1 (0.5%)

ED: Emergency department, PS: Plastic surgery, OS: Orthopedic surgery, ENT: Ear, Nose and Throat, OBYG: Obstetrics and Gynecology

Table 2. Indications and complications of hyperbaric oxygen therapy (HBOT)

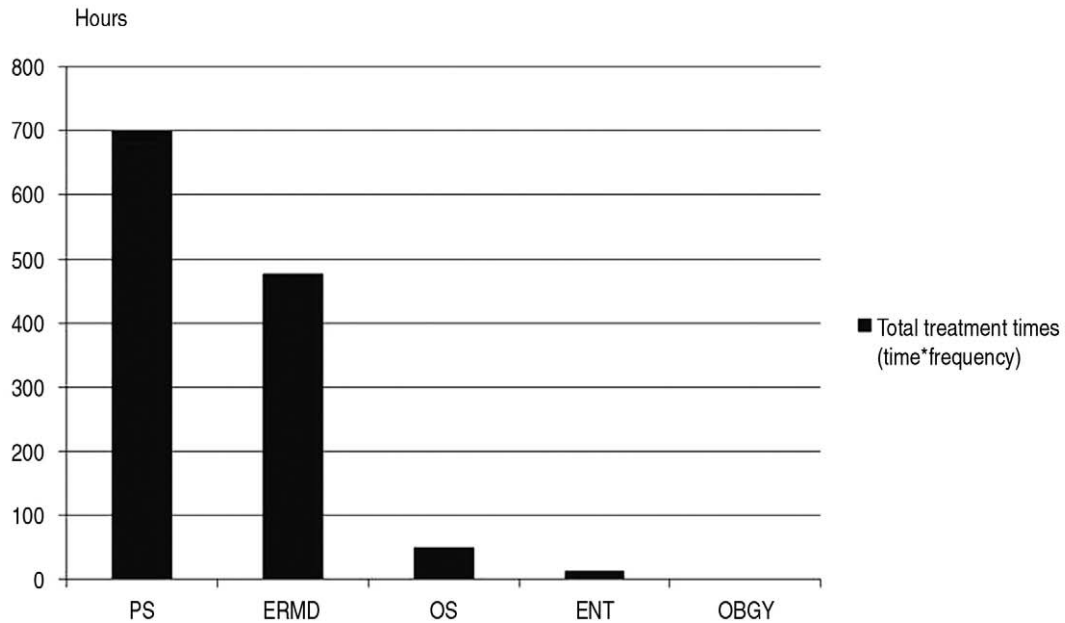
	Number (%)
Indications	233 (100)
Acute CO poisoning	151 (64.8)
Wound care	42 (18.0)
Graft	24 (10.3)
Buerger's disease	5 (2.1)
Decompression sickness	4 (1.7)
Osteomyelitis	4 (1.7)
Gas inhalation	2 (0.9)
Gas embolism	1 (0.5)
Complications	32 (13.7)
Otagia	21 (9.0)
Mastoiditis	6 (2.6)
Hemotympanum	5 (2.1)

CO: Carbon monoxide

의 고압산소치료에 대한 치료 적응증이 매우 제한적이라 할 수 있겠다. 이는 고압산소 치료법에 대한 의료인의 인식 부족, 낮은 치료 수가, 치료 장비의 노후화, 치료 인력 부족 등으로 생각되며 최근 고압산소치료의 수요가 증가하는 점을 고려할 때 향후 개선이 반드시 필요할 것으로

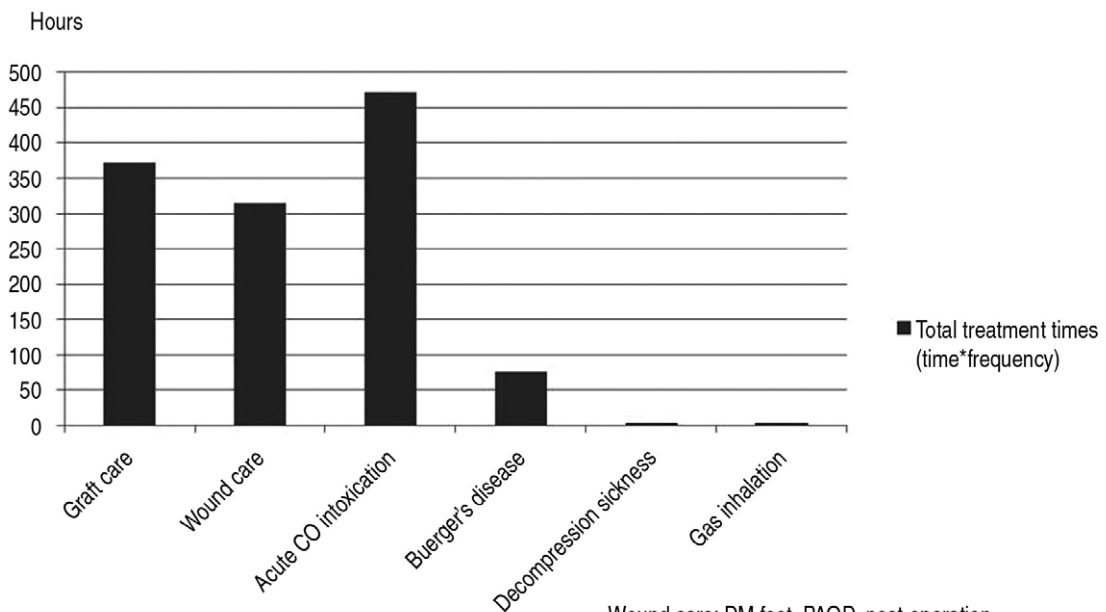
생각된다.

본 연구 결과에서 고압산소 치료에서 가장 높은 빈도를 나타냈던 적응증은 급성 일산화탄소 중독이었는데, 본원 응급의학과와 고압산소치료 프로토콜은 내원 당시 일산화탄소혈색소 농도와 관계없이 의식변화, 경련과 같은 신



PS: Plastic surgery, ERMD: Emergency department, OS: Orthopedic surgery, ENT: Ear, nose and throat, OBGY: Obstetrics and gynecology

(A) Treatment times on each department



Wound care: DM foot, PAOD, post-operation

CO: carbon monoxide, DM: diabetes mellitus, PAOD: peripheral artery obstructive disease

(B) Treatment times on each indication

Fig. 3. Treatment times of hyperbaric oxygen therapy. (A) and (B).

경학적 합병증, 흉통, 호흡기 질환이 배제된 상태에서 지속되는 호흡곤란, 심전도상 허혈성 변화, 또한 혈중 일산화탄소혈색소 농도가 25%이상인 경우에 고압산소 치료를 시행한다⁷⁾. 그러나 결과 3과 같이 고압산소 치료 대상이 되었던 환자들 중 28명(18.5%)에서 고압산소치료가 실패하였고, 본 연구 결과에는 포함시키지 않았으나 기관내삽관 상태를 포함한 환자의 중증 상태로 인해 고압산소 치료를 시도조차 하지 못한 환자들을 포함하면 급성일산화탄소 중독 환자에서 많은 수가 적절한 치료를 받지 못하고 있는 것으로 생각된다. 저자들이 근무하는 기관에서 운영하고 있는 고압산소치료기는 1994년에 설치되었기 때문에 성능상 기관내삽관 상태로 호흡 보조가 필요한 환자, 90 mmHg 미만의 저혈압이 지속되어 생체 징후 감시 및 혈압상승제나 승압제 투여가 필요한 환자, 의식이 명료하지 않아 고압산소치료를 협조할 수 없는 환자들을 수용할 수 없어 치료 대상에서 제외하고 있다. 또한 고압산소치료실에 난방이 원활하지 못한 관계로 추위에 의해 중단된 경우도 있었다. 전국의 고압산소치료기의 설치 사유나 시기가 비슷했던 점을 감안하면 고압산소치료기를 운영하고 있는 다른 의료기관에서도 비슷한 같은 문제점이 있을 것으로 생각된다. 그러나, 실제 급성일산화탄소 중독환자에서 문제가 되는 지연성신경학적 합병증 발생이 상기 기술된 중증 환자에서 많이 발생하는 점을 고려할 때 기존 장비의 기능 향상을 위한 노력이나 조속한 교체가 반드시 필요하다고 생각한다.

두번째로 사용 빈도가 높았던 질환은 피관술을 포함한 상처 치료로 42례가 있었는데, 기존에 학계에서 제시되고 있는 프로토콜과는 차이를 나타냈다. 급성 질환에 대한 일반적인 고압산소 치료는 2-3 ATM, 4시간/일, 10회 이상이며, 만성 질환인 경우 30회 이상으로 증가한다^{7,19,27)}. 수술이 시행된 경우에는 10회 이상이 추가된다. 본원에서 시행된 상처 치료의 고압산소치료 시간×회수는 총 314시간으로 학계에서 제시하는 기준을 적용할 때 계산되는 총1,680시간(42×4×10)보다 매우 적었다. 본 연구가 후향적 연구로 환자 상태나 치료 경과를 정확히 모두 반영할 수 없고 치료는 하였으나 처방이 빠진 환자들 이 있을 수 있다는 점을 감안하더라도 사용 시간이 적은 것으로 생각되며 향후 이에 관한 치료 프로토콜 교정이 필요할 것으로 생각된다.

감압병과 관련하여 연구 대상 기간 동안 총 4례가 방문하였는데 모두 경증인 형태로 고압산소치료 후 호전되었다. 그러나 현재 본원에서 운영하고 있는 고압산소 치료기의 성능이 2.5~3.0기압의 범주에서 100% 고압산소 치료가 가능하므로, 중증 감압병이나 더 높은 기압 치료가 필

요한 다른 질환들의 경우^{10,26)} 중증 치료에 대한 경험이 없고 장비 또한 이러한 치료를 뒷받침 할 수 없으므로 이러한 질환들에 대비해 전원이 가능한 의료 기관이나 치료 기관을 사전에 확인해두고 치료 네트워크 구성과 같은 사전 준비 활동이 반드시 필요할 것으로 생각된다. Fig. 4를 살펴보면 감압병이 발생할 가능성이 많은 해안 주변 지역의 경우 현재 고압산소 치료기를 운영하고 있지 않은 지역이 많으므로 해당 기업이나 시설에서 고압산소 치료기를 자체적으로 운영하고 있음을 감안할 때 의료 기관과 고압산소 치료기를 운영하는 시설간 사전 교류 및 네트워크 구성이 반드시 필요하리라 생각된다. 또한 고압산소 치료기 운영과 관련된 설문에서 고압산소 치료기를 운영하는 의료 기관 중 다인용 고압산소 치료기를 운영하는 곳은 없었으므로 대량 환자 발생시에 대비해 다인용 고압산소 치료기의 운영 또한 필요하리라 생각된다.

기존의 연구들에 따르면 100% 3ATM 고압산소 치료를 1~2시간/일 10회 이상 지속적으로 시행하는 경우 골절의 치유가 촉진된다고 보고하였는데^{7,22)}, 본 연구 결과를 살펴보면 골절이나 중증 뇌손상과 관련하여 고압산소 치료의 사용 빈도가 한 건도 없었다. 응급의료센터에 내원하는 골절이나 뇌손상 환자수나 입원하는 골절이나 뇌손상 관련 환자수, 중증 뇌손상 환자수를 고려할 때 고압산소 치료의 사용 빈도가 없는 것은 해당 분야 치료진의 고압산소 치료법 자체에 대한 인식 부족이나 고압산소치료실 이용에 관한 인식 부족이 아닌가 생각된다.

고압산소 치료 후 발생하는 부작용이나 합병증으로 가장 큰 것은 압력 손상으로 알려져 있으며^{6,9,28)}, 본 연구에서는 귀통증이 21례와 혈성고막이 5례로 중이에 대한 압력



Fig. 4. Emergency medical centers currently equipped hyperbaric oxygen apparatus.

손상의 빈도가 가장 높은 것으로 확인되었다. 그러나 중이 압력 손상은 보존적 치료가 가능하며 필요한 경우 고막절개(myringotomy)를 시행하면 회복될 수 있는 합병증으로 치명적이 손상을 일으키지는 않는다⁶⁾. 이는 의식이 명료하지 못한 환자에서 고압산소치료가 시행되었기 때문에 환자들이 발살바 법과 같은 중이내 양압 유지법을 시행하지 못한 이유 때문이라 생각된다. 본 연구에서 중이 손상을 제외하면 기흉이나 다른 압력 관련 손상, 고농도산소 유도 경련, 중추신경계 독성, 저혈압, 기관지경련, 진행성 저산소증, 근시(myopia) 등의 고압산소 치료 후 발생하는 합병증은 확인되지 않았다^{6,7,28,29)}.

마지막으로 고압산소 치료가 적응증에 비해 적게 이용되는 것과 관련하여 치료 수가가 영향을 미치는 것으로 생각된다. 국외의 경우 고압산소치료 1회 비용이 약 30만원 정도가 되는 반면 국내의 경우 3만원 정도로 책정되어 있어 많은 차이를 나타낸다. 앞서 언급한 것처럼 장비가 낙후되어 있으므로 새로운 장비 구입에 대한 필요성, 고압산소 치료에 필요한 인력, 시간을 고려할 때 치료 수가 조절이 반드시 필요할 것으로 생각된다. 본원의 경우 고압산소 치료를 시행하는 인력이 인턴 의사인데 합병증을 줄이고 효과적인 고압산소 치료법을 시행하기 위해서는 한 환자당 적어도 2시간 정도의 시간이 필요하다. 그러나 해당 인턴 의사에게 부여된 다른 업무들을 고려할 때 이를 지속적으로 인턴 의사가 유지하는 것은 문제가 있는 것으로 보인다. 국외의 경우 고압산소 치료 시행자를 따로 두고 있으며 고압산소학회차원에서 이들에 대한 자격, 관리를 시행하고 있다. 향후 이러한 제도의 도입이나 혹은 관리가 반드시 필요하리라 생각한다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 연구의 특성상 후향적 연구이므로 고압산소 치료 실패의 사유나 치료가 시행되지 않았던 사유를 명확히 파악할 수 없었고, 또한 고압산소 치료 여부를 고압산소 치료실 사용 장부를 확인할 수 없어 청구 코드만을 이용하였기 때문에 실제 사용 현황을 과소 평가했을 수 있다. 둘째, 현재 본원에서 운영 중인 고압산소 치료기는 호흡 보조 기능이 없는 1인용으로 호흡 보조가 필요하거나 혹은 다수의 환자가 내원하여 동시에 치료가 필요했던 환자들의 경우 치료가 가능했던 타시설으로 전원되는데 이를 확인할 수 없어 또한 사용 현황을 과소 평가했을 수 있다. 셋째, 고압산소 치료 후 발생하는 경미한 합병증 및 부작용의 경우 환자가 의료진에게 보고하지 않았을 가능성이 있다. 넷째, 본원이 내륙에 위치한 지리학적 특성상 감압병이나 고산병 등과 같은 질환의 내원 빈도가 적어 이를 현황으로 과소 평가했을 가능성이 있다. 다섯째, 본 연구의 설문 결과와 관련하여 설문에

포함된 지역응급의료센터 이상 의료기관이 2012년 기준 총 136개이지만 본 설문은 99개 의료기관에 대해 시행되었고, 응답율이 77.8%였던 점을 고려할 때, 고압산소 설치 및 운영 현황을 과소 평가했을 가능성이 있다. 그러나 오 등²⁰⁾에 따르면 고압 산소치료를 운영하고 있는 의료기관이 29개이고 이중 17개 기관(권역응급의료센터 7개, 전문응급의료센터 1개, 지역응급의료센터 9개)에서 운영되고 있다고 보고한 점을 고려하면 본 연구에서 설문 대상 기관이 적었던 점이 결과에 미칠 영향은 제한적인 것으로 생각된다.

결론적으로 현재 고압산소치료 적응증으로 제시되고 있는 질환이나 손상에 대한 고압산소 치료 적용 빈도가 낮은 점과 전국적으로 고압산소치료 시설이 설치된 의료 기관(14.3%)이 적고, 설치된 기관의 72.7%(n=8/11)에서만 실제 고압산소치료 시설을 운영함을 감안할 때, 현재 고압산소 치료가 잘 이루어지지 않는 것으로 생각된다. 고압산소 치료실을 정상적으로 운영하기 위해서는 현재 고압산소 치료법의 적응증이지만 적용되지 못하고 있는 질환이나 손상에 대한 치료진의 인식 변화, 호흡 보조와 집중 치료가 가능한 고압산소 치료기의 확보, 고압산소 치료가 필요한 질환이나 손상 치료의 경험을 공유하기 위한 네트워크 구성, 전문적으로 고압산소치료를 운영하는 인력 확보가 필요하리라 생각한다.

참고문헌

1. Tibbles PM, Edelsberg JS. Hyperbaric-oxygen therapy. *N Engl J Med*. 1996;334:1642-8.
2. Thom SR. Hyperbaric oxygen-its mechanisms and efficacy. *Plast Reconstr Surg*. 2011;127(Suppl 1):131S.
3. Available from: <http://www.quackwatch.org/01QuackeryRelatedTopics/HBOT/hm01.html>.
4. Leach R, Rees P, Wilmshurst P. ABC of oxygen: hyperbaric oxygen therapy. *BMJ: British Medical Journal*. 1998;317:1140.
5. Hopf HW, Holm J. Hyperoxia and infection. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. 2008;22:553-69.
6. Plafki C, Peters P, Almeling M, Welslau W, Busch R. Complications and side effects of hyperbaric oxygen therapy. *Aviation, Space and Environmental Medicine*. 2000; 71:119-24.
7. Undersea, Committee HMSHO, Gesell LB. Hyperbaric oxygen therapy indications: The Hyperbaric Oxygen Therapy Committee report: Undersea and Hyperbaric Medical Society; 2008.
8. Rockswold SB, Rockswold GL, Vargo JM, Erickson CA,

- Sutton RL, Bergman TA, et al. Effects of hyperbaric oxygenation therapy on cerebral metabolism and intracranial pressure in severely brain injured patients. *J Neurosurg.* 2001;94:403-11.
9. Frawley G, Bennett M, Thistlethwaite K, Banham N. Australian paediatric hyperbaric oxygen therapy 1998-2011. *Anaesth Intensive Care.* 2013;41:74-81.
 10. Shank ES, Muth CM. Decompression illness, iatrogenic gas embolism, and carbon monoxide poisoning: the role of hyperbaric oxygen therapy. *Int Anesthesiol Clin.* 2000;38:111-38.
 11. Choi SC, Bae YS, Yoon SK, Jung YS, Cho JP. Paradoxical Cerebral Air Embolism Immediately after Ingestion of 5% Hydrogen Peroxide. *J Korean Soc Emerg Med.* 2003;14:462-6.
 12. Davis JC, Gates GA, Lerner C, Davis Jr MG, Mader JT, Dinesman A. Adjuvant hyperbaric oxygen in malignant external otitis. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery.* 1992;118:89.
 13. Kajs-Wyllie M. Hyperbaric oxygen therapy for rhinocerebral fungal infection. *J Neurosci Nurs.* 1995;27:174-81.
 14. Faglia E, Favales F, Aldeghi A, Calia P, Quarantiello A, Oriani G, et al. Adjunctive systemic hyperbaric oxygen therapy in treatment of severe prevalently ischemic diabetic foot ulcer: a randomized study. *Diabetes Care.* 1996;19:1338-43.
 15. Riseman JA, Zamboni WA, Curtis A, Graham D, Konrad H, Ross D. Hyperbaric oxygen therapy for necrotizing fasciitis reduces mortality and the need for debridements. *Surgery.* 1990;108:847-50.
 16. Murphy BP, Harford FJ, Cramer FS. Cerebral air embolism resulting from invasive medical procedures. Treatment with hyperbaric oxygen. *Ann Surg.* 1985;201:242.
 17. Lyoo JH, Um KH, Bae JS, You JY, Jang MJ, Kim YK. A study on clinical use of hyperbaric oxygen therapy of the oral and maxillofacial region. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2001;27:447-52.
 18. Han IJ, Yoon JH. Experimental study on the antimicrobial effect of hyperbaric oxygen therapy on the microorganisms of the mandibular osteomyelitis in albino rats. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 1992;18:27-43.
 19. Kalani M, Jörneskog G, Naderi N, Lind F, Brismar K. Hyperbaric oxygen (HBO) therapy in treatment of diabetic foot ulcers: long-term follow-up. *J Diabetes Complications.* 2002;16:153-8.
 20. Bennett M, Best T, Babul S, Taunton J, Lepawsky M. Hyperbaric oxygen therapy for delayed onset muscle soreness and closed soft tissue injury. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005;(4):CD004713.
 21. Oguz H, Sobaci G. The use of hyperbaric oxygen therapy in ophthalmology. *Surv Ophthalmol.* 2008;53:112-20.
 22. Marx RE, Ames JR. The use of hyperbaric oxygen therapy in bony reconstruction of the irradiated and tissue-deficient patient. *J Oral Maxillofac Surg.* 1982;40:412-20.
 23. Helms A, Whelan H, Torbey M. Hyperbaric oxygen therapy of cerebral ischemia. *Cerebrovasc Dis.* 2005;20:417-26.
 24. Bennett M, Wasiak J, Schnabel A, Kranke P, French C. Hyperbaric oxygen therapy for acute ischaemic stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005;(3):CD004954.
 25. Al-Waili NS, CHT GJB, Beale J, Abdullah MS, Hamilton RB, Lee BY, et al. Hyperbaric oxygen in the treatment of patients with cerebral stroke, brain trauma, and neurologic disease. *Adv Ther.* 2005;22:659-78.
 26. Oh KJ, Choi SW, Park JS, Lee SU. A Study on Hyperbaric Chambers for Treating Decompression Sickness in the Republic of Korea. *J Korean Soc Emerg Med.* 2011;22:253-8.
 27. Kranke P, Bennett M, Roeckl-Wiedmann I, Debus S. Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004;(2):CD004123.
 28. Rivalland G, Mitchell SJ, Van Schalkwyk JM. Pulmonary barotrauma and cerebral arterial gas embolism during hyperbaric oxygen therapy. *Aviation, space, and environmental medicine.* 2010;81:888-90.
 29. Butler Jr F, White E, Twa M. Hyperoxic myopia in a closed-circuit mixed-gas scuba diver. *Undersea Hyperb Med.* 1999;26:41-6.