

KOSHA GUIDE

G - 128 - 2020

잠수용 기압조절실을 이용한
감압병 응급조치에 관한 지침

2020. 12.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 강준혁, 정은교

○ 제·개정 경과

- 2018년 11월 산업보건일반분야 기준제정위원회 심의(제정)
- 2020년 11월 산업보건일반분야 표준제정위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- U.S. Navy Diving Manual Rev7(0910-LP-118-3027)
- Diving and Hyperbaric Medicine Review for Physicians
- Diving Medic Field Operations - A Practical Guide

○ 관련법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건법 제39조(보건조치)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제538조(부상의 특례 등)
- 고기압작업에 관한 기준(고용노동부고시 제2020-59호)

○ 기술지침의 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 이 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2020년 12월

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

잠수용 기압조절실을 이용한 감압병 응급조치에 관한 지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건법 제39조(보건조치), 산업안전보건기준에 관한 규칙 제538조(부상의 특례 등), 고용노동부고시(제2020-59호) 「고기압 작업에 관한 기준」에 의거 잠수용 기압조절실을 이용한 감압병 응급조치 등에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 잠수작업자를 위한 지침으로써 잠수작업 현장에서 기압조절실을 이용한 감압병 응급조치에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “치료표(Treatment Table)”라 함은 불활성 기체에 의한 건강장해 징후 또는 건강장해 우려가 있을 때 기압조절실 내부를 대기압보다 높은 압력, 압력 유지 시간, 산소공급시간을 정한 그래프를 말한다.

(나) “실내 텐더(Inside Tender)”라 함은 기압조절실내에 있으면서 잠수작업자의 편의를 도모하거나 응급처치를 시행하는 자를 말한다.

(다) “잠수응급처치사(Diver Medic Technician, DMT)”라 함은 소정의 잠수작업 관련 응급처치 교육을 이수하고 해당 직무능력을 보유한 잠수작업자를 말한다.

(라) “절대압력(Absolute pressure)”이라 함은 진공상태를 기점(0)으로 하여 측정된 압력으로서 압력계로 측정한 압력에 대기압을 더한 값을 말한다.

- (2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 관련 고시에서 정하는 바에 의한다.

4 기압조절실 운영

4.1 기압조절실 운영 인력

- (1) 기압조절실을 이용하여 응급조치를 할 때의 운영 인력은 <표 3>에 따른다.

<표 3> 기압조절실 운영 인력

운영 인력	최소	최적	비상
잠수작업 감독자	-	1	-
기압조절실 운영감독자	1	1	1
잠수의학 전문의사	-	1	-
실내 텐더/잠수응급처치사	1	1	1
기록 담당자	-	1	-
실외 텐더	1	1	-
합 계	3	6	2

- 기압조절실을 운영하는 자 모두는 해당분야 직무능력을 갖추어야 한다.
- 최소 또는 비상인원으로 기압조절실을 운영하는 때, 기압조절실 운영감독자는 반드시 인원보강을 하여야 한다.
- 전문의료인을 기다리기 위해 응급조치를 미루지 않는다.
- 반드시 실내 보조사를 기압조절실 내에 배치한다.
- 실내보조사가 감압을 해야 하는 경우에는 감압절차에 따른다.

4.2 기압조절실 운영인력의 직무

- (1) 잠수작업 감독자는 다음과 같은 직무를 수행한다.

(가) 응급상황 대응조직 구성 및 구성원 확인 후 게시

(나) 응급상황 대비 훈련을 계획 및 감독

(다) 잠수작업 및 감압 계획 수립

(라) 기록자 부재 시 잠수 및 응급처치 기록 유지

(마) 기압조절실 운영 감독자 부재 시 기압조절실 운영 감독

(2) 기압조절실 운영 감독자의 직무는 다음과 같다.

(가) 기압조절실 내부에 체류하는 자와 통신

(나) 잠수 전문의사와 연락하여 응급상황 알림 및 도움 요청

(다) 기압조절실을 이용한 감압 관리 감독

(라) 치료표 운영 감독

(마) 치료표 운영시간 연장

(바) 잠수의학 전문의사에게 치료표 변경 요청

(3) 실내 텐더/잠수응급처치사의 직무는 다음과 같다.

(가) 기압조절실 출입문 개폐 보조

(나) 기압조절실 운영을 감독하는 자와 통신

(다) 응급처치(응급처치 교육 훈련을 이수한 경우에 한함)

(라) 기압조절실내 잠수작업자의 활력징후 모니터링

(마) 기압조절실내 잠수작업자 산소마스크 사용 보조

(바) 기압조절실내 잠수작업자 산소 중독증상 관찰

(사) 기압조절실내 잠수작업자 보호

- (4) 기록 담당자는 잠수 및 기압조절실 운영상황을 기록하여 관리하며, 기압조절실 운영을 보조한다.
- (5) 실외 텐더는 기압조절실을 점검하고 청결하게 유지하며, 기압조절실 운영을 감독하는 자의 감독 하에 기압조절실을 운영한다. 기록자가 부재 시 기록을 작성한다.

4.3 기압조절실의 점검

기압조절실 점검에 관한 사항은 안전보건기술지침 G-122-2016 「잠수용 기압조절실 점검 관리 기술지침」에 따른다.

4.4 기압조절실용 산소마스크(built-in breathing system, BIBS)

- (1) 기압조절실에서 산소로 호흡할 때에는 산소 공급호스와 배기호스가 부착된 산소 마스크를 사용한다.
- (2) 기압조절실 내외의 압력차이가 2.8배를 초과할 때에는 산소마스크 배출부에 배압조절기(back pressure regulator)가 장착되어야 한다.
- (3) 기압조절실 내·외의 압력차이가 2.8배 이하일 때에는 배압조절기와 연결된 측관 밸브(by-pass valve)를 개방하여 호흡저항이 발생하지 않도록 한다.
- (4) 산소마스크를 사용할 때에는 들숨이 아닐 때 산소가 공급되지 않도록 공급량을 조절한 후 사용한다.
- (5) 실내 텐더가 사용할 수 있도록 여분의 산소마스크와 산소마스크를 체결할 수 있는 매니폴드를 갖추어야 한다.

4.5 기압조절실 환기

- (1) 기압조절실내 산소농도, 이산화탄소농도, 온도를 <표 4>에서 제시된 값 이하로 유지하기 위하여 환기하여야 한다.

<표 4> 기압조절실 산소, 이산화탄소, 온도 환기 조건

산소	이산화탄소	온도
25%	1.5%(SEV)*	29℃

* 대기압 환산농도(Surface Equivalent Value, SEV). 압력보정농도이며, 용량농도(% , ppm) × 노출환경의 절대압력(bar)으로 구한다.

- (2) 기압조절실 실내 공기를 환기할 때에는 공기 공급밸브와 배출밸브를 동시에 열어 환기한다. 이 때 기압조절실 내부 압력의 변화가 없어야 한다.
- (3) 흡한기와 흡서기에 기압조절실 내부온도를 환기만으로 조절할 수 없을 때에는 기압조절실 내부 온도를 조절할 수 있는 장치를 설치하거나, 기압조절실을 실내 또는 컨테이너 안에 설치하고 해당 공간에 냉난방장치를 설치하여 운영한다.

4.5 기압조절실 가압 후 출입

- (1) 기압조절실을 가압한 후 기압조절실 출입이 필요한 때에는 기압조절실의 주실(Main lock)과 부실(Entry lock) 사이의 격문을 닫고 배출밸브를 개방하여 부실의 압력을 낮춘다. 이 때 주실의 압력이 저하되지 않도록 주의한다.
- (2) 부실의 압력이 대기압과 같아지면 기압조절실로 입실하는 자는 부실로 들어가 부실의 문을 닫는다.
- (3) 기압조절실을 운영자는 부실의 압력이 주실의 압력과 같아질 때까지 가압한다.
- (4) 주실과 부실의 압력평형 밸브를 개방하여 압력이 같은지 확인한 후, 입실하는 자에게 이동 가능함을 알려 주실로 이동하게 한다.

5 감압병 응급조치

5.1 감압병 증상

- (1) 경증 감압병(제1형 감압병) 증상은 <표 5>와 같다.

<표 5> 경증 감압병 증상

구 분	주 요 증 상
근골격계	움직임과 무관한 관절 통증*
림프계	부종
피부	가려움증, 발진 등†

* 관절 통증 가운데 가슴, 복부, 대퇴부, 허리 등의 통증은 중증 감압병으로 간주하여 응급조치를 한다.

† 피부가 대리석 모양처럼 보이는 증상은 중증 감압병으로 간주하고 응급조치를 한다.

(2) 중증 감압병(제2형 감압병) 또는 동맥혈 공기색전증 증상은 <표 5>와 같다.

<표 5> 중증 감압병 및 동맥혈 공기색전증 증상

구 분	주 요 증 상
중추신경계 이상	감각변화, 이상감각, 운동수행능력 변화, 떨림, 마비, 소변장애, 인성변화, 혼란, 기억상실, 건망증 등
내이 이상	귀울림, 청력 저하, 현기증, 구역, 구토 등
심폐 이상	호흡증가, 들숨 때 가슴 통증 악화, 호흡 곤란 등
동맥혈 공기색전증	심한 피로, 사고 불가능, 현기증, 구역, 구토, 피가 섞인 가래, 떨림, 무감각 등

5.2 응급조치의 절차

- (1) 잠수 후 잠수작업자가 중증 감압병 또는 동맥혈 공기색전증이 의심될 때에는 <별표 1>의 절차에 따른다.
- (2) 잠수 후 잠수작업자가 경증 감압병 증상이 의심될 때에는 <별표 2>의 절차에 따른다.
- (3) 기압조절실을 이용한 응급처치 중 감압병 증상이 재발하였을 때에는 <별표 3>의 절차에 따른다.

5.3 치료표

5.3.1 치료표 제외

산소를 사용하지 않아 감압병에 대한 고압산소의 장점이 없는 미해군 치료표 1A, 미해군 치료표 2A, 미해군 치료표 3과 운영상 높은 숙련도와 장시간 운영하는 미해군 치료표 4, 미해군 치료표 7은 잠수현장 응급처치용으로 적합하지 않아 응급처치에서 제외한다.

5.3.2 <별표 4> 치료표 5의 용도

- (1) 산소 호흡주기 2이하인 기압조절실 감압 중 표면경과시간이 7분을 초과한 때
※ 표면경과시간 5분 초과 7분 이하인 때에는 기압조절실을 이용하여 감압할 때 50 피트(15미터)에서 산소호흡시간을 15분 연장하여 30분으로 한다.

- (2) 30피트(9미터) 이하 수심에서 7분 이상 감압하지 못하였을 때

- (3) 경증 감압병 증상이 있을 때

5.3.3 <별표 5> 치료표 6의 용도

- (1) 산소 호흡주기 2.5 이상인 기압조절실 감압 중 표면경과시간이 7분을 초과한 때

- (2) 30피트(9미터)를 초과하는 수심에서 7분 이상 감압을 하지 못하였을 때

- (3) 중증 감압병 증상이 있을 때

5.3.4 <별표 6> 치료표 6A의 용도

- (1) 중증 감압병 또는 동맥 공기색전증 증상이 의심될 때

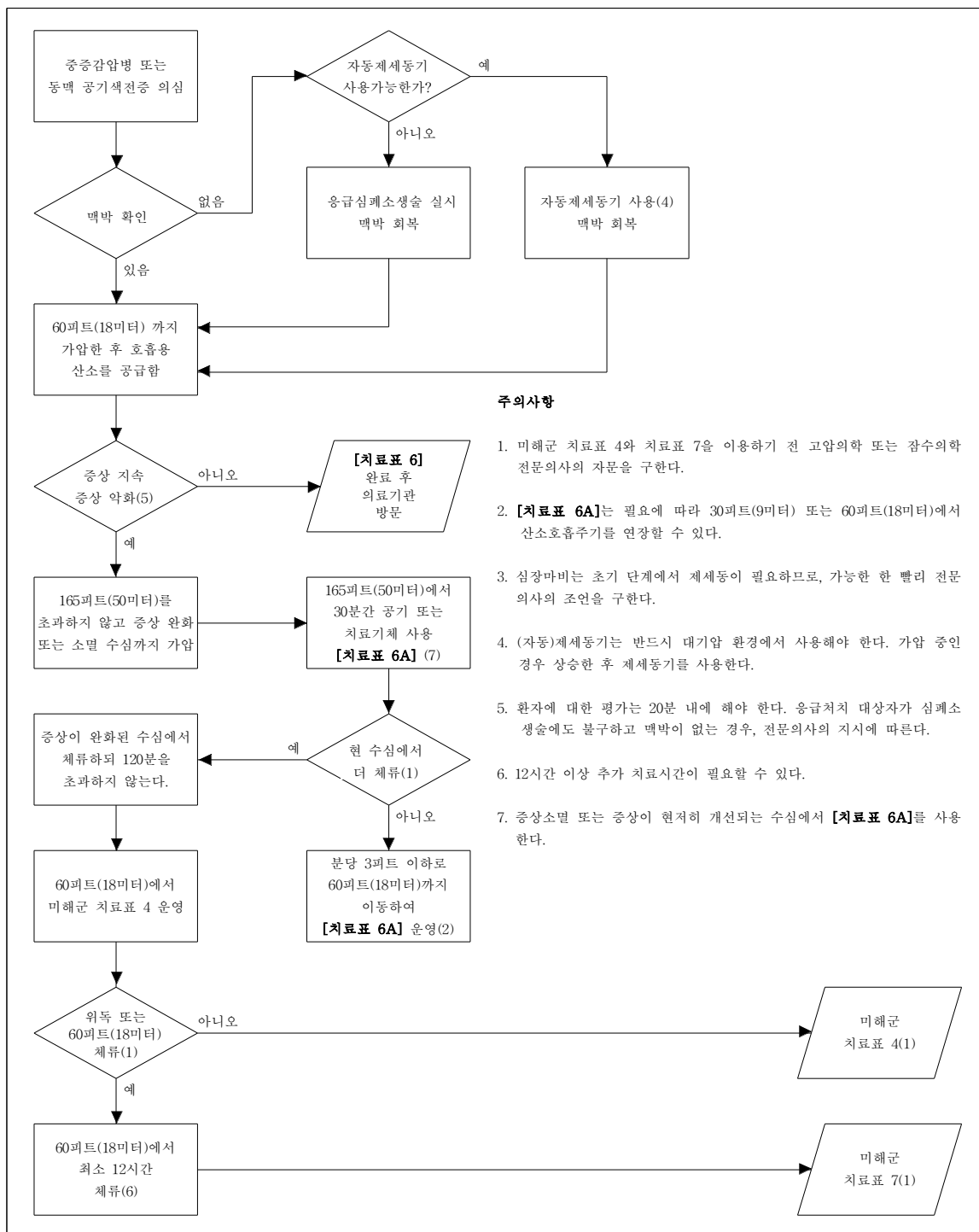
- (2) 60피트(18미터)에서 감압병 관련 증상의 변화가 없을 때

- (3) 60피트(18미터)에서 통증이 지속될 때

5.4 응급조치의 기록 및 후속조치

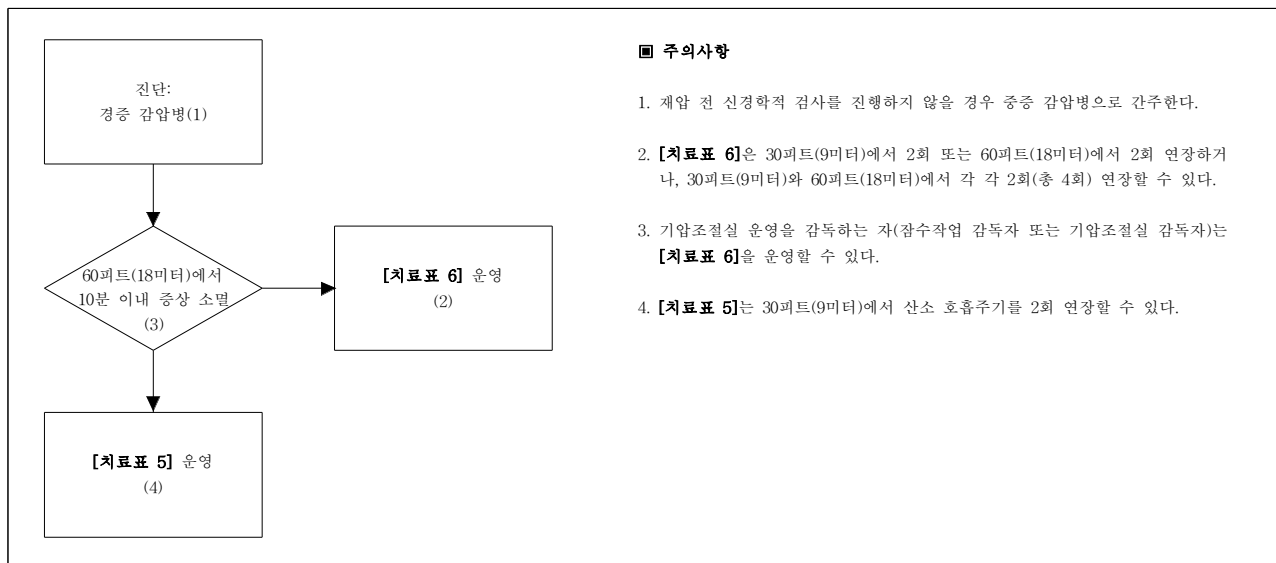
- (1) 치료표를 이용하여 잠수작업자에게 응급조치한 때에는 <별지서식 1>의 양식에 기록하여 보관한다.
- (2) 기압조절실을 이용하여 응급조치 시행 후 증상이 완전히 소멸되었더라도 해당 잠수작업자는 의료기관으로 이송하여 잠수의학 전문의사의 검진을 받도록 한다.

<별표 1> 중증감압병 또는 동맥혈 공기색전증 증상 대응 절차



1. 응급상황 발생 시 감독관은 잠수의학 전문의와 연락하여 상황을 설명하고 전문의의 조언에 따른다.
2. 기압조절실 운영을 감독하는 자는 응급처치 시 시간에 따라 모든 조치 사항을 기록하여 보관한다.

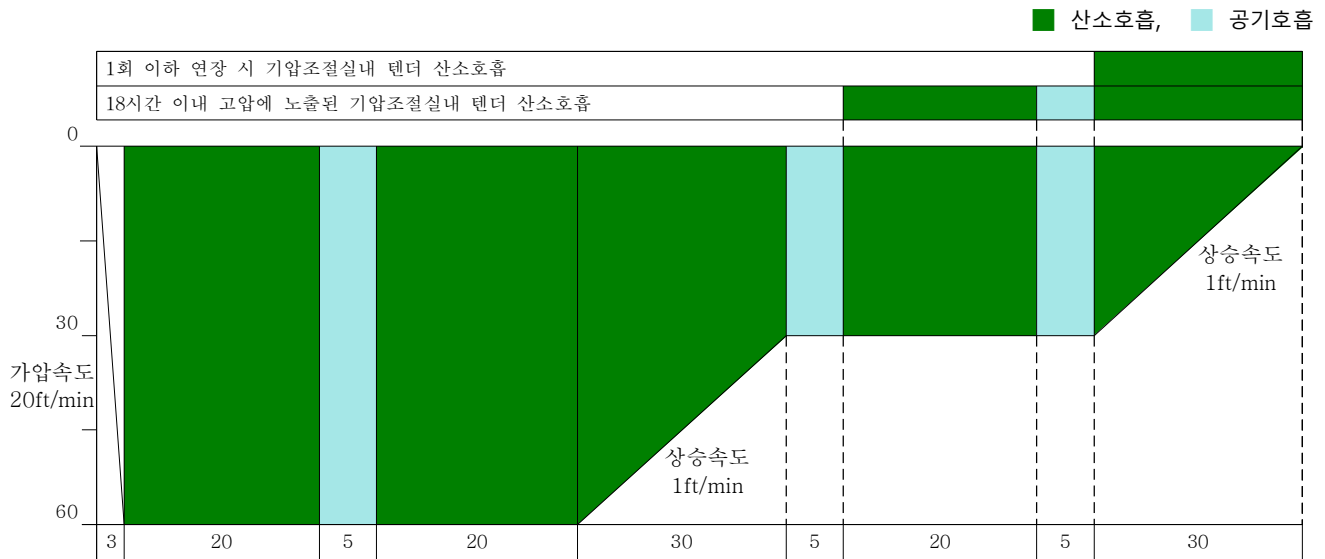
<별표 2> 경증 감압증상 의심 증상 대응 절차



1. 응급상황 발생 시 감독관은 잠수의학 전문의사와 연락하여 상황을 설명하고 전문의사의 조언에 따른다.
2. 기압조절실 운영을 감독하는 자는 응급처치 시 시간에 따라 모든 조치 사항을 기록하여 보관한다.

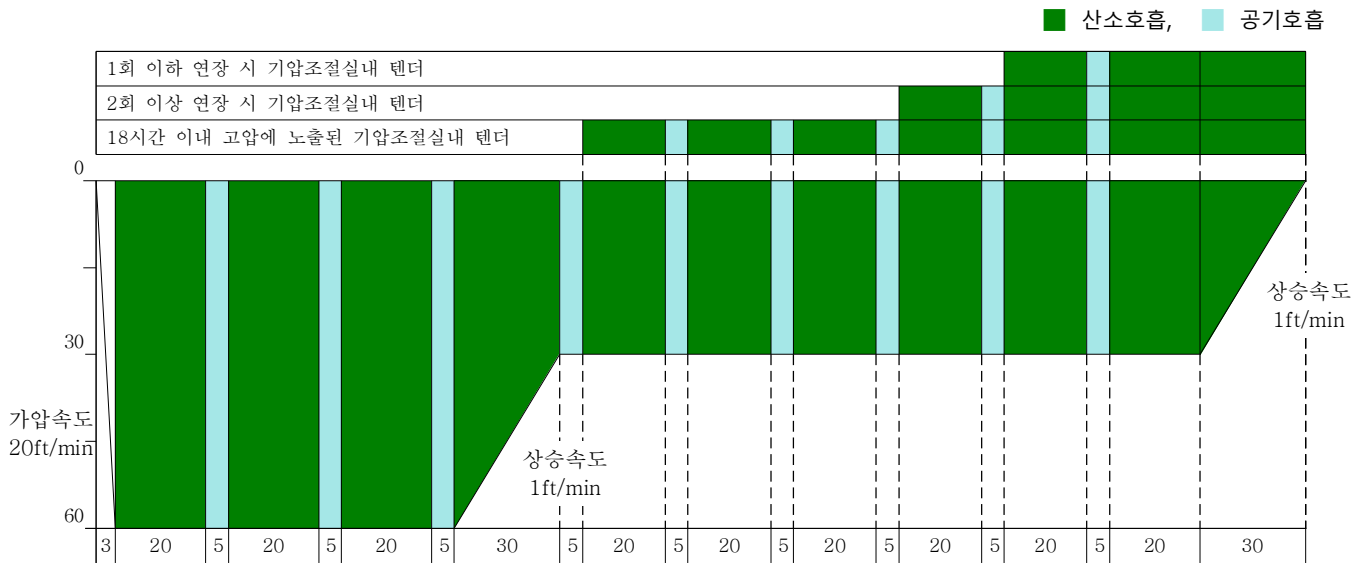
[illegible]

<별표 4> 치료표 5



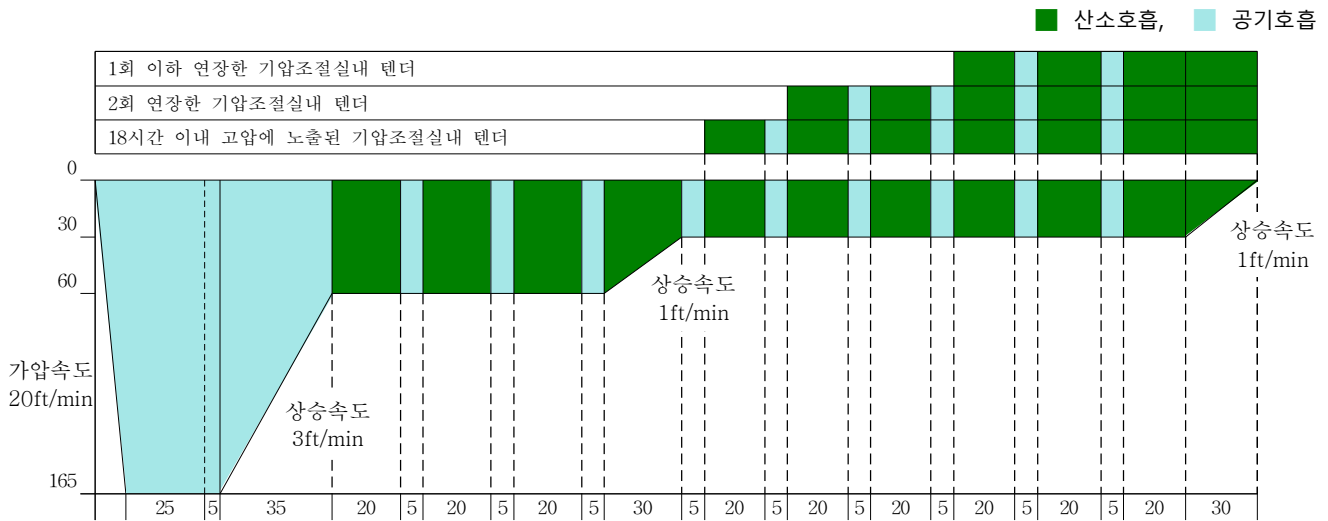
- 가압속도는 분당 20피트(6미터). 다만, 60피트(18미터)이하의 수심에서 급상승한 경우, 대상자에게 건강장해가 발생하지 않는 한 최대한 빠른 속도로 가압한다.
- 감압속도는 분당 1피트(0.3미터). 빠르게 감압한 경우, 감압을 멈춘 후 속도에 맞게 감압한다.
- 60피트(18미터)에 도착한 후 산소를 공급하고 시간 측정을 시작한다.
- 중추신경계 산소중독으로 산소공급을 중단한 경우, 중독증세가 완전히 사라진 뒤 15분 후에 다시 산소를 공급한다.
- 30피트(9미터)에서 산소호흡주기를 최대 2회 연장할 수 있다. 60피트(18미터)에서 9미터로 상승할 때, 공기휴식은 없다.
- 기압조절실에 텐더가 동행할 경우, 해당 텐더는 30피트(9미터)에서 상승할 때 산소로 호흡한다. 만약 동행하는 텐더가 18시간 이내에 고압환경에 노출되었으면, 30피트(9미터)에서 20분간 산소로 호흡하고, 상승 전 5분의 공기휴식을 한 후 상승할 때 산소로 호흡한다.
- 기압조절실 운영자는 텐더가 산소호흡을 할 수 있도록, 통신기를 통하여 산소마스크 착용을 알려야 한다.

<별표 5> 치료표 6



- 가압속도는 분당 20피트(6미터). 다만, 60피트(18미터)이내의 수심에서 급상승한 경우, 대상자에게 건강장해가 발생하지 않는 한 최대한 빠른 속도로 가압한다.
- 감압속도는 분당 1피트(0.3미터). 빠르게 감압한 경우, 감압을 멈춘 후 속도에 맞게 감압한다.
- 60피트(18미터)에 도착한 후, 산소를 공급하고 시간을 측정한다.
- 중추신경계 산소중독으로 산소공급을 중단한 경우, 중독증세가 완전히 사라진 뒤 15분 후에 다시 산소를 공급한다.
- 60피트(18미터)에서 산소호흡주기(20분 산소 + 5분 공기)를 최대 2회 추가하거나, 30피트(9미터)에서 산소호흡주기[(20분 산소 + 5분 공기) × 3회]를 최대 2회 추가할 수 있고, 60피트와 30피트에서 각 2회(총 4회) 추가하여 운영할 수 있다.
- 산소호흡을 추가하지 않거나 또는 1회 산소호흡주기를 추가하여 운영할 경우, 기압조절실의 내부 텐더는 30피트(9미터)에서 40분 동안 그리고, 상승할 때 산소로 호흡한다. 2회 이상 산소호흡주기를 연장한 경우에는 30피트(9미터)에서 60분 동안, 상승할 때 산소로 호흡한다. 18시간 이내에 고압환경에 노출된 기압조절실 내부 텐더는 30피트(9미터)에서 120분 동안, 상승할 때 산소로 호흡한다.
- 기압조절실 운영자는 보조사가 산소호흡을 할 수 있도록, 통신기를 통하여 산소마스크 착용을 알려야 한다.

<별표 6> 치료표 6A



- 가압속도는 분당 20피트(6미터). 다만, 165피트(50미터)이하의 수심에서 급상승한 경우, 대상자에게 건강장해가 발생하지 않는 한 최대한 빠른 속도로 가압한다.
- 감압속도 165피트(50미터)에서 60피트(18미터)까지 분당 3피트(0.9미터) 이하로 감압하고, 60피트(18미터)이내의 수심에서는 분당 1피트(0.3미터)이하로 감압한다.
- 가압시간을 치료표 운영시간에 포함하지 않는다.
- 가압할 때, 60피트(18미터)에 정지하여, 대상자의 상태를 살피고 의사소통이 가능하면 구두로 확인한다. 165피트(50미터)로 가압하기 전에 60피트(18미터)에서 최대 20분간 머물 수 있다. 다만, 증상이 개선되지 않거나, 악화되거나, 60피트(18미터)보다 깊은 수심에서 급상승한 경우에는 그렇지 아니하다.
- 165피트(50미터)에서 산소의 분압이 높은 혼합기체(이하 치료기체)를 사용할 수 있다. 다만, 산소의 분압은 3.0bar를 초과해서는 안 되며, 기압조절실 외부 산소배출관에는 배압조절기(back pressure regulator)를 설치하여야 한다. 기압조절실내 165피트(50미터)에서 산소가 50%인 헬리옥스로 25분간 호흡하고 5분간 기압조절실내 공기로 호흡한다.
- 기압조절실내 60피트(18미터)이상에서 치료기체로 호흡할 때, 중추신경계 산소중독이 발생하여 치료기체 공급을 중단하면, 모든 증상이 사라진 후 15분 뒤에 치료기체를 공급을 재개한다. 이 때, 치료기체로 호흡하지 않는 시간을 응급처치 시간에 포함한다. 상승할 때에도 치료기체로 호흡할 수 있다.

7. 기압조절실내 60피트(18미터) 이하에서 100% 산소를 호흡하던 중, 중추신경계 산소 중독증상이 나타날 경우, 모든 증상이 사라진 후 15분 뒤에 산소로 다시 호흡한다. 이 때, 산소를 호흡하지 않은 시간은 응급처치 시간에 포함하지 않는다.
8. 60피트(18미터)에서 산소호흡주기(20분 산소 + 5분 공기)를 최대 2회 추가하거나, 30피트(9미터)에서 산소호흡주기[(20분 산소 + 5분 공기) × 3회]를 최대 2회 추가할 수 있고, 60피트와 30피트에서 각 2회(총 4회) 추가하여 운영할 수 있다.
9. 기압조절실내 보조사가 입실하였을 때, 1회 이하 산소 호흡주기를 연장한 경우, 실내 보조사는 30피트(9미터)에서 60분 동안과 상승하는 30분 동안 산소를 호흡한다.
10. 기압조절실내 보조사가 입실하였을 때, 2회 이상 산소 호흡주기를 연장한 경우, 실내 보조사는 30피트(9미터)에서 100분 동안, 상승하는 30분 동안 산소를 호흡한다.
11. 기압조절실내 보조사가 입실하였을 때, 해당 보조사가 18시간 이내에 고압환경에 노출된 적이 있으면, 9미터에서 120분 동안, 감압하는 30분 동안 산소를 호흡한다.
12. 기압조절실내 165피트(50미터)에서 30분 동안, 응급처치의 효과가 미미한 경우, 잠수 전문의사의 의견에 따라 미해군 치료표 4를 운영한다.

치료표 운영기록

이름

[illegible]