

5개국 공기잠수감압표의 감압시간과 감압방법 비교

강준혁*

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

Comparison with decompression time and modes of air decompression tables in 5 countries

Joonhyuk Kang*

Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency

ABSTRACT

Objectives: The objective of this study is to assess relative safety level of the decompression tables in Ministry of Employment and Labor Public Notice No. 2014-28 in comparison with overseas decompression tables.

Methods: Decompression tables in the Public Notice No. 2014-28 were compared with examples from Japan, the USA, Canada, and France in terms of ascent rate, surface intervals after exceptional exposures, oxygen decompression and allowable partial pressure, depth limits in air diving, no-decompression limits, and decompression time and methods.

Results: Public Notice No. 2014-28 does not include air diving depth limits, exceptional exposure limits, mandatory surface intervals after exceptional exposures, oxygen decompression, and surface decompression schedules. Its decompression time was found to be the shortest among the five decompression tables.

Conclusions: Public Notice No. 2014-28 has the lowest safety level in comparison with overseas decompression tables. Deck decompression chambers are not applicable due to no regulations on surface interval and oxygen use in the chamber for decompression.

Key words: decompression table, exceptional exposure, in-water oxygen decompression, surface decompression

I. 서 론

이상기압관련 건강장해에 대한 연구는 고기압작업자(Moon et al., 1984), 수산물채취자(Cho et al., 1989; Sa, 1998), 잠수작업자(Hwang & Kim, 1994; Park et al., 1999)를 대상으로 진행되었다. 의료기관으로 내원한 감압병 이환자들의 사례 연구에서 감압병은 감압을 시행하지 않거나 표준화된 감압방법을 따르지 않고 자의적인 감압을 실시하여 발생하는 것으로 보고되었다(Hwang & Kim, 1994). 특히, 하루 2회 이상 잠수작업을 수행하는 경우, 체내에 잔류한

불활성기체의 배출시간을 고려하지 않고 잠수작업을 수행하기 때문에 감압병에 이환되는 것으로 알려졌다(Park et al. 1999). 선행 연구는 잠수병 이환자를 대상으로 한 사례연구이므로 잠수작업자들의 감압병 이환율을 추정하기에 미흡하였다. 잠수작업특성과 잠수관련질환 양상에 대한 연구에서 표본 분석을 통한 모집단의 특성을 추정하는 연구가 있었으나(Sakong, 1996), 표본이 수산물채취 잠수사에 한정되어 잠수작업자 전체의 특성을 추정하는데 한계가 있었다. 국내 수중공사업, 어장정화정비업 및 선박구난업의 시설기준과 기타 제조업의 특수건강진단 수진

*Corresponding author: Joonhyuk Kang, Tel: 052-703-0915, E-mail: cronbach@kosha.or.kr

Work Environment Research Bureau, OSHRI, 400 Jongga-ro, Jung-gu, Ulsan, Republic of Korea, 44429

Received: August 25, 2016, Revised: November 1, 2016, Accepted: November 15, 2016

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

자 수를 근거로 추정된 잠수작업자의 수는 1,840 ~ 2,180명이었고, 조사대상 잠수작업자들의 전체 유병률은 41.3%(어업잠수 70.1%, 산업잠수 19.6%)로 보고되었는데(Kim et al, 2005), 같은 기간 해외 감압병 유병률은 0.01%~0.03%(Vann et al. 2011)로 보고되어 차이가 있었다.

고기압작업 건강장해 예방을 위한 표준화된 감압 방법은 고용노동부 고시 제2014-28호(2014) “고기압작업에 관한 기준”에서 정한 감압표의 운영방법이다. 고기압작업에 관한 기준은 1990년 9월에 도입되었으나, 이와 관련하여 잠수병이나 이압성 골괴사에 대한 교육은 거의 없었다(Lee et al., 2006). 잠수관련 국가 기술자격시험에서 미해군 감압표가 공기잠수 표준감압으로 채택되어, 고기압작업에 관한 기준은 잠수작업자 기본교육과정에서 배제되었다.

국내 고기압작업에 관한 기준은 일본의 “고기압작업안전위생규칙”(2011)의 감압방법과 감압표를 준용하였다. “고기압작업안전위생규칙”의 감압표는 “고기압장해방지규칙”(1961)의 감압표를 단위만 개정한 것으로 일본에서는 현대 잠수기술에 적용될 수 없다는 비판이 있었다(MHLW, 2014). 이에 일본은 후생노동성고시 제457호(2014)를 통하여 감압방법을 개정함으로써 현대 잠수기술인 혼합기체사용 및 산소감압법을 제공하였다.

국내에서도 개정의 필요성이 제기되고 있으나 아직 개정되지 않고 있다. 따라서 이 연구는 한국 “고기압작업에 관한 기준”의 감압표를 일본, 미국, 캐나다, 프랑스 등의 감압표와 비교하여 한국 “고기압작업에 관한 기준” 개정 시 참고자료와 잠수작업자의 건강보호에 활용할 목적으로 진행하였다.

II. 대상 및 방법

1. 비교대상 감압법

고용노동부 고시 제2014-28호(2014), 일본 후생노동성고시 제457호(2014), 미국 해군 잠수매뉴얼 개정 6판(2011), 캐나다 환경의학연구소 잠수매뉴얼(1992), 프랑스 노동부령(2012)의 감압방법과 감압표를 비교하였다(Table 1).

2. 연구방법

감압법에 포함된 항목 중, 가압·감압 속도, 예외노출 잠수 후 휴식시간, 산소 감압 수심, 산소 허용분압, 공기 잠수 허용수심, 비감압잠수 허용시간, 수심별 잠수시간과 감압시간, 공기감압과 산소감압 시간의 차이, 감압의 방법 등을 비교하였다.

III. 연구결과

1. 감압표의 차이

하잠 속도는 프랑스가 30 m/min 이하로 가장 빨랐고, 미국 22.8 m/min, 캐나다 18 ± 3 m/min의 순이었다. 한국과 일본은 가압속도를 분당 8미터 이하로 규정하고 있으나, 잠수작업 하잠속도와 가압속도가 같은 의미인지 명시하지 않았다. 상승 속도는 미국이 9 ± 3 m/min으로 가장 느렸고, 캐나다가 18 m/min으로 가장 빨랐다. 한국과 일본의 상승 속도는 10 m/min으로 미국 다음이었다(Table 2).

감압병 또는 산소 중독의 위험이 큰 예외노출 잠수 후 잠수 금지 시간은 미국과 캐나다가 18시간으로 가장 길었고, 일본 14시간, 프랑스가 12시간 순이

Table 1. Source of decompression tables(Segadal, 2014)

Nation	Organization	Source	Latest Issue	Table developed	Model
Korea	Ministry of Employment and Labor(MoEL)	Public notice 2014-28	2014	1961	-
Japan	Ministry of Health, Labour, and Welfare(MHLW)	Ordinance 457	2014	1990	Bühlmann
USA	United States Navy(USN)	Diving manual Rev 6	2011	2007	Gerth & Doolette
Canada	Defence and Civil Institute of Environmental Medicine(DCIEM)	Diving manual	1992	1984	Kidd & Stubbs
France	Ministry of Labour(MoL)	Decree on 30 Oct 2012	2012	1986	Comex/JP Imbert

Table 2. Comparison of decompression tables

	Korea	Japan	USA	Canada	France
Descent rate (m/min)	N/A	N/A	≤ 23	≤ 18	≤ 30
Ascent rate (m/min)	≤ 10	≤ 10	9 ± 3	18 ± 3	12 ± 3
Surface interval(hour) after exceptional exposure dive*	N/A	14	18	18	12
O ₂ Breathing depth (wet environment, m)	-	12	9	9	6
O ₂ Breathing depth (dry environment, m)	-	-	15	12	12
O ₂ percentage during decompression(%)	N/A	80	100	100	100
Allowable O ₂ partial pressure while working(kPa)	N/A	160	160	-	130 ~ 160
Decompression method	In-water air	In-water air In-water oxygen	In-water air, In-water oxygen, Surface deco	In-water air, In-water oxygen, Surface deco	In-water air, In-water oxygen, Surface deco
Surface interval(min) for surface decompression	N/A	N/A	5	7	4
Maximum allowable air diving depth(m)	-	40	58	54	50

* Exceptional exposure dive has greater risk of decompression sickness or oxygen toxicity than on a normal diving(USNDM, 2011).

었다. 한국은 예외노출잠수 후 잠수 금지 시간에 대한 지침이 없었다. 다만, 작업 간 가스압감소시간(분)과 작업 후 가스압감소시간(분)을 제공하는데, 최장의 작업 간 가스압감소시간(분)은 150분이며, 최장의 작업 후 가스압감소시간(분)은 60분으로 해외 감압표와 차이가 있었다(MoEL, 2014).

수중 산소 호흡의 수심은 6~12 m이었고, 기압조절실과 같은 건식 환경(dry environment)에서는 12~15 m이었다. 감압 시 미국, 캐나다 및 프랑스는 100%의 산소를 사용하였고, 일본은 80%의 산소를 사용하였다. 국가별 작업 시 잠수작업자가 호흡하는 기체의 최대 산소분압은 160 kPa이었다. 프랑스는 50 m 이상의 잠수에서 산소의 분압을 130 kPa 미만으로 규정하였다. 우리나라는 잠수작업 중 고농도 산소의 사용을 금지하고, 감압병에 이환될 경우에 한하여 고농도 산소의 사용을 허용하고 있으나, 감압 시 사용에 관한 지침은 없었다(MoEL Rules 144, Article 546, 2014).

미국, 캐나다, 프랑스는 수중공기감압, 수중산소감압, 표면감압 등의 감압법을 제공하였고, 일본은 수

중공기감압과 수중산소감압법을 제공하였다. 표면감압법은 기압조절실 내에서 산소를 이용하여 감압하는 방법으로 감압 중 대기압에 노출되는 과정이 있다. 감압 중 대기압 노출로 인하여 감압병의 위험이 증가하므로 표면감압을 제공하는 국가는 노출시간을 제한하였다. 미국은 수중 12 m에서 출발하여 기압조절실 15 m까지 진입하는데 경과시간을 5분으로 제한하였고, 수중 9 m에서 기압조절실 12 m까지 진입하는데 캐나다는 7분, 프랑스는 4분의 경과시간을 허용하였다.

국가별 감압표의 최대 수심은 한국 90 m, 일본 40 m, 미국 91 m, 캐나다 72 m, 프랑스 60 m이었다. 국가별로 일본 40 m, 프랑스 50 m, 캐나다 54 m, 미국 58 m를 초과할 때, 호흡기체 중 불활성기체인 질소를 헬륨으로 대체할 것을 명시하였으나, 한국은 공기잠수 한계 수심이나 헬륨사용에 대한 지침이 없었다.

2. 비감압잠수 허용시간

이론적으로 감압하지 않고 잠수할 수 있는 허용수심은 한국 10 m, 일본 8 m, 미국과 캐나다 6 m,

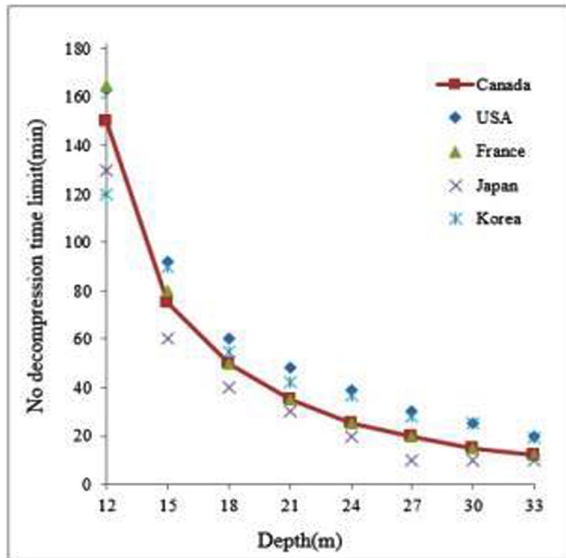


Figure 1. Maximum allowable bottom time of no-decompression diving

프랑스 7.5 m이었다. 허용된 수심보다 깊은 곳에서 잠수할 경우 특정시간까지 감압하지 않아도 건강상의 장애가 발생하지 않는 것으로 알려졌다. 수심 12 m에서 비감압잠수 허용시간은 프랑스, 미국, 캐나다, 일본, 한국 순이었다. 수심 15 m에서 미국의 비감압잠수 허용시간이 가장 길었고, 한국, 프랑스, 캐나다, 일본 순이었다. 18 m 이상의 수심에서 캐나다와 프랑스의 비감압잠수 허용시간은 같았다. 일본은 15 m 이상의 수심에서 가장 짧은 비감압잠수 허용시간을 제공하였다. 18 m 이상의 수심에서 미국과 한국의 허용잠수시간이 가장 길었다(Figure 1).

3. 수심별 감압시간

수심 18 m에서 60분간 잠수하였을 때, 캐나다와 프랑스의 감압시간이 가장 길었고, 일본, 한국, 미국의 순이었다. 미국의 경우, 60분간 잠수하였을 때 감압시간이 “0”인 비감압잠수로 간주하였다. 80분간 잠수하였을 때, 일본의 감압시간이 가장 길었고, 프랑스, 미국, 한국, 캐나다 순이었다. 한국의 경우 80~100분의 잠수 시 감압시간이 동일하게 관찰되었다. 잠수시간 100분 이후 감압시간은 미국, 일본, 캐나다, 프랑스, 한국 순이었고, 감압시간의 격차는 증가하였다(Figure 2-a).

수심 21 m 80분 이상의 잠수에서 감압시간은 미국

이 가장 길었고, 일본, 캐나다, 프랑스 한국 순이었다. 60분 이하의 잠수에서 일본의 감압시간이 가장 길었고, 한국, 프랑스, 미국, 캐나다 순이었다. 잠수시간이 증가할수록 감압시간의 격차도 증가하였다(Figure 2-b).

24 m 이상의 잠수에서 미국의 감압시간이 가장 길었고, 일본, 캐나다와 프랑스, 한국 순이었으며, 미국과의 격차는 증가하였다(Figure 2-c, d, e, f).

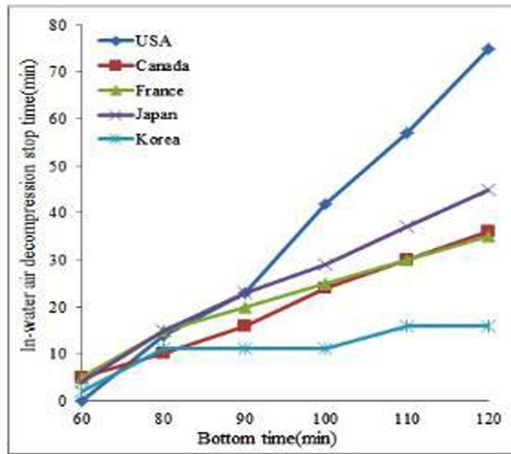
4. 수중 산소감압

해외 감압표 중 미국, 캐나다, 프랑스는 수중에서 100% 산소를, 일본은 최대 80%의 산소를 허용하였다. 수심 18~39 m까지 수심별 60분간 잠수하고 난 후 수중에서 산소로 감압할 때 감압시간을 비교하였다. 수심이 깊을수록 산소를 이용한 감압시간은 공기를 이용한 감압시간보다 감소하였다. 수심 18 m에서 일본은 산소감압시간이 더 길었는데, 비교대상인 산소감압표의 안전율이 공기감압표의 안전율보다 1.27배 더 높기 때문이었다(MHLW, 2014). 미국과 캐나다의 경우 두 감압기체 간 감압시간의 차이는 없었다. 21 m에서 캐나다는 산소와 공기감압에 동일한 감압시간을 부여하였고, 일본, 미국, 프랑스의 경우 공기감압시간에 비해 산소감압시간이 11%, 43%, 53% 감소하였다. 수심이 깊을수록 산소감압으로 감소되는 감압시간의 최대 비율은 일본 42%, 미국 69%, 캐나다 46%, 프랑스 46%이었다(Table 3).

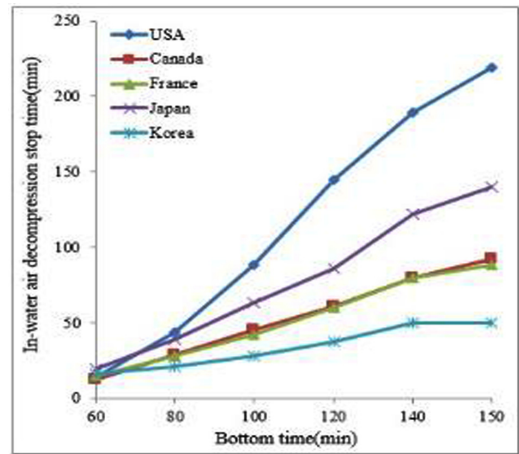
느린 상승속도, 예외노출 후 긴 휴식시간, 다양한 감압방법, 짧은 표면경과시간, 얇은 공기잠수 한계수심, 긴 감압시간, 짧은 잠수시간 등의 변수로 국가별 감압표의 순위를 평가한 결과, 미국 감압표의 안전성이 높고, 캐나다, 일본, 프랑스, 한국 순으로 고찰되었다(Table 4).

IV. 고 찰

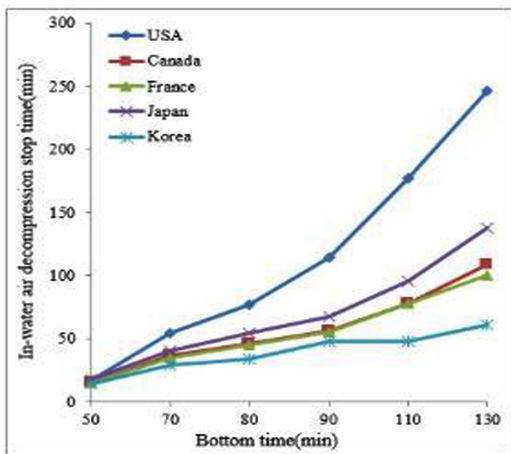
우리나라는 12 m 이하의 수심에서 가장 짧은 비감압잠수 시간을 허용하였고, 최대 상승속도를 분당 10 m 이하로 제한하여 해외 감압표에 비해 우수하였다. 그러나 12 m 초과하는 수심에서 일본, 캐나다, 프랑스 보다 긴 비감압잠수를 허용한 반면 감압시간은 짧았다. 수심이 깊고 잠수시간이 길수록 한국과 해외



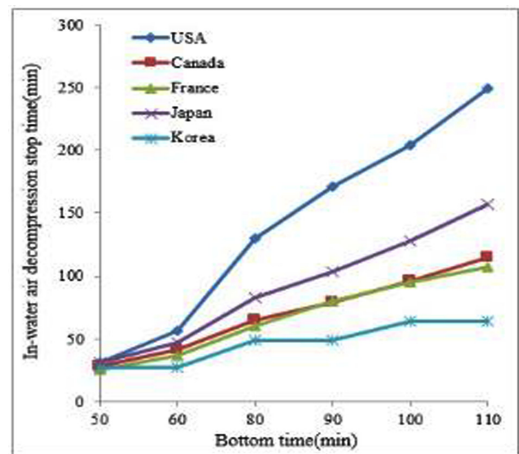
a) Decompression time at 18 meters



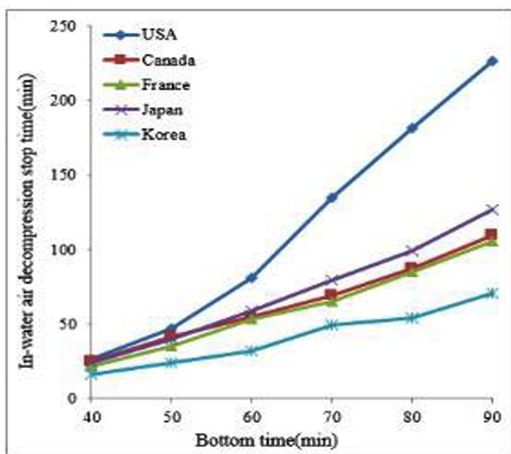
b) Decompression time at 21 meters



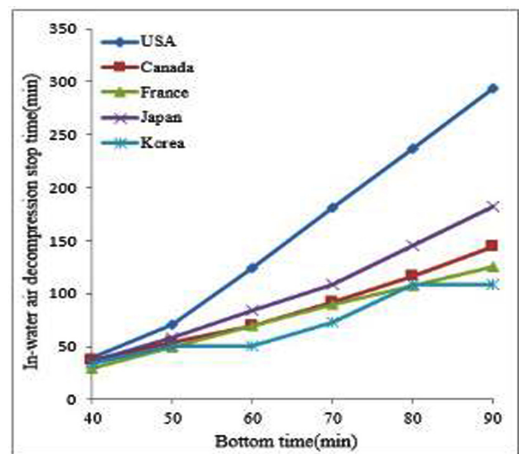
c) Decompression time at 24 meters



d) Decompression time at 27 meters



e) Decompression time at 30 meters



f) Decompression time at 33 meters

Figure 2. Comparison of decompression time at depths. Bottom time means the total elapsed time from the time a diver leaves the surface to the time she/he starts surfacing.

Table 3. Comparison of decompression time(min) between air and oxygen for decompression

Depth(m)	Japan			USA			Canada			France		
	Air	O ₂	%	Air	O ₂	%	Air	O ₂	%	Air	O ₂	%
18	4	9	-	0	0	0	5	5	0	5	3	40
21	19	17	11	14	8	43	12	12	0	15	7	53
24	28	21	25	30	16	47	27	16	41	23	15	35
27	47	35	26	56	24	57	41	25	39	37	20	46
30	59	40	32	81	33	59	55	32	42	53	33	38
33	84	50	40	127	43	66	70	41	41	70	45	36
36	96	60	38	169	53	69	90	51	43	85	55	35
39	125	73	42	210	72	66	112	60	46	105	65	38

% means decrease in decompression time in oxygen breathing in comparison with air decompression

Table 4. Relative conservatism of decompression tables

	More conservative			Less conservative	
	1	2	3	4	5
Ascent rate	USA	Korea Japan	-	France	Canada
Resting time after EED	USA Canada	-	Japan	France	Korea
Decompression method	France	USA Canada	-	Japan	Korea
Surface interval for Sur D	France	USA	Canada	Korea Japan	-
Diving depth limit	Japan	France	Canada	USA	Korea
Allowable No-D time	Japan	Canada	France	Korea	USA
In-water decompression	USA	Japan	Canada	France	Korea
Max safe bottom time	Canada	USA	France	Japan	Korea

EED means exceptional exposure dive. Sur D means surface decompression. No-D means surfacing without stop. Score is sum of multiplying number of rows that a country is placed in a column by the column number on top. 8 indicates the most conservative while 30 represents the least conservative. USA = 18, Canada = 20, Japan = 21, France = 22, Korea = 35

의 감압시간 격차가 증가하여 감압병의 위험이 상대적으로 높았고, 수중공기감압법에 적용할 수 있으나, 산소감압과 표면감압에 적용할 수 없는 것으로 고찰되었다. 또한 압축공기를 이용한 잠수에서 주의나 경고 없이 수심 90 m까지 감압표를 제공함으로써, 질소마취에 의한 재해위험이 있었다.

산소감압은 감압의 효율성을 향상시킴에도 불구하고 고압산소는 중추신경계에 또는 폐와 전신에 작용하는 독성이 있는 것으로 알려졌다(Hamilton, 1997). 중추신경계에 작용하는 독성은 산소의 분압이 160 kPa 이상에서 수분 이내에 발현하는 것으로 고찰되었고, 폐 또는 전신에 작용하는 산소 독성은 50 kPa 이

상에서 수 시간 이상 산소에 노출될 경우 나타나는 것으로 보고되었다(Hamilton, 1997). 50 kPa 이상의 산소독성을 예측하기 위하여 폐산소독성단위(Unit of pulmonary oxygen toxicity dose, UPTD)를 식(1)과 같이 사용하였다.

$$UPTD = \left(\frac{P_{O_2} - 0.5}{0.5} \right)^{\frac{5}{6}} \times t(\text{min}) \quad (1)$$

PO₂ : partial pressure of oxygen in absolute pressure
0.5 : the threshold below which no measurable effect on vital capacity

t : exposure time in minutes

5/6 : the exponent which gives the best fit to experimental observations

UPTD가 615이면 폐활량이 4% 감소한 것으로 관찰되어, 잠수작업 시 615를 최대 노출값으로 정하고 있다(Hamilton, 1997). 캐나다, 미국의 감압표에서 산소를 이용하여 감압할 때에는 산소로 30분 간 호흡한 후 5분간 공기로 호흡하는 공기휴식(Air break)을 취하여 장시간 노출로 인한 독성에 대비하고 있다(Hamilton, 1997). 일본은 1일 UPTD를 600이하, 1주일 누적 노출량을 2,500이하로 규제하고 있다(MHLW, 2014). 우리나라는 분압이 50 kPa 이상의 산소에 관한 관리 규정이 없어 산소감압을 허용할 경우, 폐산소중독을 예방할 수 있는 방안이 마련되어야 한다.

표면감압은 수중환경에서 감압시간을 단축시켜 잠수작업자를 저체온증과 같은 위험으로부터 보호할 수 있으나, 감압 중 대기압 노출로 인한 감압병 위험을 내포하고 있다. 미국, 캐나다, 프랑스 등은 대기압 노출시간을 제한함으로써 감압병의 위험을 관리하고 있었다. 캐나다는 7분으로 가장 긴 시간을 허용하였으나, 감압표 개발 당시 저온 환경으로 인하여 감압병 이환율은 낮은 것으로 알려져 있다(Lauckner et al., 1984). 표면감압을 수행할 때 기압조절실을 가압하는 기체는 공기이나, 기압조절실내 잠수작업자가 마스크를 통하여 호흡하는 기체는 산소이므로 감압 시 사용되는 산소의 분압과 노출시간은 관리되어야 한다.

공기잠수 수심을 제한하는 해외 감압표는 제한 수심을 초과하는 잠수에서 불활성기체를 헬륨으로 대체할 것을 권장하고 있다(MoL 2012; MHLW 2014). 압축공기는 300 kPa 이상의 압력에서 질소로 인하여 방향감각상실, 기억력 저하, 이상 행복감, 환각, 운동 협조부전, 지적능력저하 등과 같은 증상을 유발하는 것으로 보고되었다(Rostain & Balon, 2006). 공기잠수 수심을 40m로 제한하는 일본은 30 m 이상의 잠수작업에서 질소마취에 대한 안전조치로 헬륨사용을 권장하였다(MHLW, 2014). 미국, 캐나다, 프랑스의 감압표는 질소마취의 위험이 있는 수심인 58 m, 54 m, 50 m까지 공기잠수를 허용하면서 해당수심에서 잠수할 때에는 잠수장비를 표면공급식 장비로 제한하였다. 우리나라 고시 제2014-28호는 수심 90 m까지

감압표를 제공하고 있으나, 질소마취 예방에 관해서는 규정하지 않고 있다.

우리나라는 잠수시간을 잠수작업자가 잠수를 시작한 때부터 부상을 시작한 때까지의 시간으로 정하고, 2회 이상의 잠수에서 잠수시간의 합계를 잠수시간과 잠수작업수정시간의 합으로 정의하고 있다(MoEL, 2014). 미국, 캐나다, 프랑스는 2회 이상의 잠수에서 잠수시간은 해저체류시간(bottom time), 감압시간, 잔류질소시간(residual nitrogen time)의 합으로 정의하였다. 해저체류시간은 수면에서 입수하여 상승하기 직전까지 경과한 시간으로 잠수시간과 같고, 잔류질소시간은 잠수작업간 잠수작업 수정시간과 의미상 같다. 국내 잠수시간의 합계는 감압시간을 제외하므로 해외 잠수시간의 합계보다 저평가됨을 확인할 수 있었다.

이 연구결과 우리나라의 감압의 속도는 보수적이거나, 예외노출 잠수 후 휴식시간과 감압시간이 해외 감압표보다 짧았고, 산소감압 및 산소의 허용분압, 공기잠수 제한수심, 표면감압에 대한 규정이 없었다. 이 연구는 우리나라 감압표와 해외 감압표의 비교를 통한 상대적 안전성 평가에 국한되었다. 향후 잠수기록관리를 통하여 감압표 적용 시 감압병 이환율에 대한 연구가 필요하다.

V. 결 론

한국, 미국, 캐나다, 프랑스, 일본의 감압표를 비교하면 다음과 같았다.

1. 하잠속도는 캐나다(18 ± 3 m/min) < 미국(22.8 m/min) < 프랑스(30 m/min) 순으로 증가하였다. 한국과 일본은 하잠속도를 규정하지 않고, 가압속도를 8 m/min으로 정하고 있다.
2. 예외노출잠수 후 잠수금지 시간은 미국과 캐나다(18시간) > 일본(14시간) > 프랑스(12시간) 순이었고, 한국의 최장 금지시간은 150분이었다.
3. 감압 시 미국, 캐나다, 프랑스는 100% 산소를, 일본은 80% 산소를 허용하였다. 한국은 감압 시 산소 사용 기준이 없었다.
4. 미국, 일본, 프랑스, 캐나다는 잠수작업 중 호흡기체의 산소분압을 160 kPa 이하로 제한하였으나, 한국은 제한 기준을 명시하지 않았다.

5. 기압조절실을 이용한 표면감압 시 대기압 노출 허용한계는 프랑스(4분) < 미국(5분) < 캐나다(7분) 순이었으며, 한국과 일본은 대기압 노출허용한계를 명시하지 않았다.

6. 공기잠수 수심의 허용한계는 일본(30 m) < 프랑스 (50 m) < 캐나다(54 m) < 미국(58 m) 순이었다.

비감압잠수 허용시간은 수심 15 m 미만에서 한국 < 일본 < 캐나다 < 프랑스 < 미국 순이었다. 15 m 이상의 수심에서 일본 < 캐나다, 프랑스 < 한국 < 미국 순이었다. 수심별 잠수시간과 감압시간을 비교한 결과, 잠수시간이 증가할수록 감압시간은 미국 > 일본 > 캐나다 > 프랑스 > 한국 순이었다. 산소로 감압할 때에는 공기감압시간에 비해 감압시간이 최대 69%(미국), 46%(캐나다, 프랑스), 42%(일본) 감소하였다. 미국, 캐나다, 프랑스는 수중공기감압, 수중산소감압, 표면감압법을 제시하였고, 일본은 수중공기감압과 수중산소감압법을 제시하였다. 한국의 감압표는 기압조절실내 산소감압시간과 표면경과시간 관리방안을 명시하지 않아 잠수용 기압조절실 운영에 적합하지 않았다.

References

- American National Standards Institute(ANSI). American National Standard for Divers, Commercial Diver Training - Minimum Standard. 2009. p.5 Available from: URL: www.acde.us/ansistd.pdf
- Cho SH, Yang DH, Choi H. Serious Decompression Sickness among Korean Diving Fisherman: An Analysis of 37 Cases, The Kor. J. of Occup. Med. Vol. 1, No. 1, Feb., 1989;pp.98-108
- Defence and Civil Institute of Environmental Medicine (DCIEM) Diving Manual. Air decompression procedures and tables. 1992. Available from: URL: <http://www.divetable.de/skripte/p125936.pdf>
- Hamilton RW. Tolerating oxygen exposure, J of South Pacific Underwater Med Soc 1997;27(1): pp.43-47
- Hwang KY, Kim HJ. 163 Cases of decompression sickness among Korean divers, Korean J of Occup Med 1994; 6(2): pp.364-376
- Kim BK, Choi BS, Kim EA. The investigation for the number of the professional divers and the condition of their health related to diving practices in Korea, Korea Occupational Safety and Health Agency, 2005
- Lauckner GR, Nishi RY, Eatock BC. Evaluation of the DCIEM 1983 decompression model for compressed air diving(series A-F), Department of National Defence Canada; 1984. p.13
- Lauckner GR, Nishi RY, Eatock BC. Evaluation of the DCIEM 1983 decompression model for compressed air diving(series G-K), Department of National Defence Canada; 1984. p.12
- Lee JY, Song JH, Lee HY, Koh HS, Jeong JY et al. Epidemiologic study and analysis of serum markers for osteonecrosis of professional divers, J Korea Hip Soc Vol 18 No 3, Jun 2006.
- Ministry of Labour(MoL). Decree of 30 October 2012 relating to hyperbaric and underwater work; 2016. Available from: URL: <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000026762149&dateTexte=20160323#LEGISCTA000026763140>
- Ministry of Health, Labour and Welfare(MHLW). Report on revision of ordinance on safety and health of work under high pressure; 2014. Available from: URL: <http://www.mhlw.go.jp/sft/shingi/0000037880.html>
- Ministry of Health Labour and Welfare(MHLW). Ordinance 457 of MHLW, 2014. Available from: URL: <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyoukuanzeniseibu/keisanhouhoukokuj.pdf>
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Hyperbaric Work Standard(MoEL Public Notice No. 2014-28), 2014.
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Rules on occupational safety and health standards, Decree of MoEL No. 160, 2016
- Moon JD, Chin IS, Kim YO. An epidemiological study on the decompression sickness in an underwater work. Korean J. of Prev. Med. 1984;17(1):211-215
- Occupational Safety and Health Administration(OSHA) Regulation, 29 CFR Part 1910 Subpart T - Commercial diving operations. Available from: URL: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=DIRECTIVES&p_id=4995
- Park IC, Park SG, Han J, Choi BS, Kim HD. Hyperbaric oxygen therapy in decompression sickness. J Korean Soc Emerg Med 1999;10:97-107
- Rostain JC, Balon N. Recent neurochemical basis of inert gas narcosis and pressure effect. J Undersea Hyperb Med 2006;33(3):197-204
- Sakong J. Diving patterns and diving related disease of diving fishermen in Korea, Korean J Prev Med 1988;31(1): 139-156

Schellart NAM. Neo-Haldanian and bubble models, Bühlmann, bubble grow and bubble dynamics; 2006. Available from: URL: <http://www.duikresearch.org/download/Publicaties/Haldane%20en%20bellen%202006.pdf>

Segadal K, Comparison of decompression tables for surface supplied diving; 2014. Available from: URL: <http://www.psa.no/getfile.php/PDF/NUI-rapport%202014-01%20Dekompresjonstabeller%20overflateorientert%20dykking.pdf>

%20dykking.pdf

United States Navy. U.S. Navy Diving Manual(USNDM) Revision 6, Change A, Vol. 2, Chapter 9 Air Decompression 2011, Available from: URL: <http://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/SUPSALV/Diving/Dive%20Manual%20Rev%206%20with%20Chg%20A.pdf?ver=2016-02-26-123349-523>

Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression Illness, Lancet 2011;377:153-156