

# 스쿠버 활동시 감압증 이론과 관련한 제요인의 원인과 예방법에 관한 고찰

류재청<sup>1)</sup>

## - 목 차 -

- |               |                  |
|---------------|------------------|
| I. 서론         |                  |
| 1. 연구필요성 및 목적 | 3. 감압증 예방을 위한 도구 |
| II. 본론        | 4. 감압증 치료        |
| 1. 감압이론       | III. 요약 및 제언     |
| 2. 여성과 감압증    | 참고문헌             |

## A Review of mechanisms of influencing factors concerned with decompression sickness theory in SCUBA activity

Ryew, Che-Cheong

### SUMMARY

This review was undertaken to search the way for safe diving concerned with decompression sickness and types, Nitrogen saturation diving, Recompression equipments and theories of decompression sickness

#### 1. The origin of decompression theory

Recent all theories of decompression sickness was originated from 「Caisson or Bends」 mean and based on Haldene theory(1908). Theory shifted rom Haldene theory after that were theory of saturation diving, Haldane-Royal Navy table, U.S. Navy Diving Table(1965), Royal Navy Theory, Swiss theory, Canada theory, Dive Science and Technology Corporation(DSAT, 1987)

#### 2. Women and decompression

Women were more susceptible to decompression sickness than men because of first, having more body fat tissue, second more suceptible decompression due to stream of body fluid during menstruration, third unbalanced circulation due to birth control pill.

The symptoms generating in diving of pregnanent women consist of squeeze, air

1) 제주대학교 체육학과 조교수

embolism, Decompression sickness but these did not any problem on fetus.

### 3. Equipments for prevention of decompression sickness

#### 1) Dive tables

Many decompression tables developed on the basis of on U.S. Navy Diving Table used Haldene theory were NAUI, PEDI, BASAC etc. and the content composed in common was to avoid decompression sickness in safety stop(3min stop at 15 feet).

The skill to be practice on dive tables consist of resign of repetitive diving letter, Adjusted Maximum Dive Time(AMDT), min. surface interval time), Allowable max. depth in repetitive diving, RNT, SIT etc.

#### 2) Gages

The most popular gauge using to avoid decompression sickness were capillary type depth gauge, diaphragm type depth gauge, oil-filled type depth gauge, analog digital type, analog digital submersible type, dive computer.

Particularly It is recommended to use dive computer display accurate absorption of Nitrogen, depth to avoid penalty of 「maximum - time at maximum-depth」 in multi-level diving.

#### 3) Decompression prevention

It is said to recompression to treat serious symptom of decompression & air embolism, operated in recompression chambers. If you omitted safety stop, It is necessary to position of shock prevention, must be rest providing with pure 100% oxygen certifying symptom of decompression sickness, and be carried to hyperbaric facility.

The height of flying after dive must not be superceded 8000 feet, at least before 24 hours. It is desirable to dive shorter and deeper than shallower and longer diving when scheduled of flight.

## 1. 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

스쿠버 다이빙 활동은 그 목적에 따라서 스포츠 다이빙, 레크리에이션 다이빙, 산업다이빙, 군사다이빙, 컴머셜다이빙 등을 들 수 있다. 이중 가장 두드러지게 생활 속의 대중 스포츠로 자리를 잡아가고 있는 것이 레크리에이션 다이빙으로 그 인구는 매년 30-40의 증가추세에 있다.

이러한 현상은 현대의 급속한 산업화, 고도의 경제성장, 정보화, 사무 자동화 시대로 인한 노동시간 단축, 생활의 질적향상을 추구하는 결과로 레저·스포츠 활동의 참여가 보편화된 현상에 기인한다고 볼 수 있다.

특히 레크리에이션 스쿠버 다이빙의 목적은 수중의 새로운 신비의 세계를 맞이하는 초보 뿐 아니라 숙련된 дай버들에게도 아무리 강조해도 지나치지 않는 사실은 안전하고 즐겁게 다이빙을 하는 데 있다. 수중에서 빈번하게 야기되는 문제들은 크게 3가지로 요약될 수 있는 데, 이중 첫 번째 문제는 제대로 기초교육을 받지 못한 데서 오는 여러 심리적 불안에 의한 과도한 스트레스로서 이는 잘못 다루게 되면 치명적인 공포증(panic)현상 까지 초래하여 불의의 사고

를 당하는 경우가 있다. 두번째 문제로서 장비의 결함 및 불충분한 확인 등으로 인한 문제점들을 처리할 수 있도록 제대로 자신 및 상대방의 레스큐(rescue)와 관련한 문제점들을 들 수 있다. 세 번째 문제로서 안전수칙을 제대로 지키지 않은 데서 오는 여러 트러블로서 인체에 가장 큰 문제를 유발할 수 있는 것이 감압증(decompression)이다.

체내 가스의 방출이 외부압력의 감소율과 평형상태를 이루지 못한다면 조직에 있는 가스의 포화된 양은 기포형태(bubbling)로 용해시켜 빠져나오게 할 수 있다. 영국 생리학자 Haldane는 신체조직 속의 기포는 조직압력이 외부압력의 2배가 될 때 일어난다고 했다.

만약 기포가 혈관에서 생기게 되면 순환을 막게 되고, 조직에서 기포가 팽창하도록 조직을 비꼬이게 한다. 그 징후는 기포의 위치에 따라 다를 수 있는데 그 위치는 관절, 뼈, 근육, 신경일 수 있다. 심각성의 정도는 피부, 사지, 중추신경계, 호흡기의 순이며, 호흡기에서는 폐로가는 순환을 차단하기도 한다. 이러한 감압증 혹은 벤즈(bends)는 다이버가 잠수를 하여 폐 속의 질소 분압이 높아지면 그 질소는 혈액속에 녹아 들어가 체내 모든 조직까지 운반된다. 혈액 속의 질소 분압이 내려가므로써 체내조직에 축적되어 있던 질소는 분압이 적은 혈액속으로 흘러들어간다. 그리고 혈액은 운반되어 폐로 돌아왔을 때 질소는 호흡에 의해 체외로 배출된다. 조직에서 질소가 배출되고 있는 과정에서 다이빙 요령은 조직 내 및 혈액 속의 질소가 배출하고 있는 동안 녹은 채로 있도록 천천히 상승속도를 조정해야 한다. 그런데 상승속도가 너무 빠르면 질소는 녹은 상태로 있지 않고 체내조직이나 혈액속에서 작은 기포가 되어 혈액의 흐름을 방해하며 여러 가지 감압 증세를 보이기 시작한다. 따라서 감압증세를 요약하면 수중에서 어떤 일정시간동안 압축공기를 마신 후에 너무 빨리 상승하게 되면 질소가 체외로 정상적인 배출을 방해하는 기포가 혈관에 형성되어 혈액의 흐름을 방해하므로써 신체에 발생하는 여러 증상이라 할 수 있다.

이러한 감압증 증상은 기포가 피하의 모세혈관에서 발생하면 가려운 발진, 호흡곤란, 기침, 흉부에 압박을 가할 수 있고, 관절이나 근육속에서 발에 발생하면 통증을 느끼고, 폐에서 발생하면 기포가 뇌의 모세혈관속으로 운반되어 심할 경우 현기증 및 의식불명의 상태로 가는 심각한 상태에 빠지게 한다.

따라서 본 고찰에서는 스쿠버 다이빙시 인체에 가장 위험한 영향을 미칠 수 있는 감압증을 주제로하여 이의 이론, 질소의 흡수와 감압증, 감압증의 유형, 질소와 포화다이빙, 안전다이빙을 위한 감압방법, 재감압, 감압장비 등에 대해 고찰하고, 감압증과 관련한 안전 다이빙을 위한 방안을 고찰하는 데 있다.

## II. 본 론

### 1. 감압이론

#### 1) 어원

현재 전 세계적으로 사용되고 있고 현재 연구중인 모든 감압이론의 근거는 1908년 영국의 J.B.S. Haldane의 연구결과에 근거하며, 이를 잠수의 목적과 지역의 특성에 따라서 발전시킨 이론이다. 감압증(decompression sickness)은 스쿠버 다이버 뿐아니라 다리교각 및 수중터널 공사를 하는 잠수 공사 인부에서도 증상을 보이는 경우가 비번하다. 다리교각 및 수중터널 공사를 하는 사람들이 보인 증상은 그 당시 사회 여성들에게 있기가 있었던 「Grecian bend」와 비슷한 자세를 취하면서 보행시 상체를 구부려 걷는 경향이 있었다. 이런 자세를 취하면서 보행

하는 동료들을 놀리면서 붙여진 이름이 「구부리다. 잠수병 혹은 게이슨 병」의 어원을 갖는 「Bends」였고, 이 어원이 현대에 와서 감압증(DSC) 혹은 벤즈(Bends)라 불리게 되었다.

## 2) 포화다이빙 이론(saturation diving)

포화 잠수란 감압시간과 수면휴식시간을 최소화하면서 수중체류시간을 최대로 늘리기 위한 잠수방식을 말한다. 잠수를 하면 기체의 총압력과 기타 기체들의 부분압이 증가하게 되는 데, 기체의 법칙에 따라서 액체속에 용해되는 A기체의 분압은 그 액체와 접해있는 혼합기체(공기)속의 A기체가 지니고 있는 부분압과 동일해질 때까지 증가하게 된다. 즉 기체들의 부분압이 양쪽에 동일해질 때 액체와 기체는 평형상태에 있게 되고, 동시에 액체는 포화상태가 되었다고 한다.

즉 혈액과 질소를 가지고 예를 들면 특정 수심에서 상승하는 동안 용해되어 있던 질소의 량이 인체와 접촉한 외부의 질소량보다 항상 많게된다. 따라서 초과한 인체내의 질소는 빠져나가게 되는 데, 인체에 용해된 질소의 부분압이 주변압보다 너무 크게되면 질소는 버블로 변하여 감압증의 원인이 된다.

따라서 조직은 특정 수심에서 즉시 포화상태가 되지 않기 때문에 감압불필요 잠수의 한계나 감압해야 할 시간이 잠수시간에 따라 달라야 한다. 즉 조직이 질소에 의해 완전히 포화되면 잠수시간에 관계없이 질소가 방출되는 시간은 동일하다.

질소의 흡수과정은 여러 단계로 구성되는 데, 이에겐 폐에서 혈액으로, 혈액에서 흘러가는 다양한 조직으로 비활성가스의 전달을 포함한다. 가스전달을 위한 추진력(gradient)은 폐와 혈액, 혈액과 조직사이 가스의 부분압의 차이에 의해 이루어지며, 조직을 통해 흘러가는 혈액의 량은 전체의 조직에 비해 적지만, 일정한 시간동안 조직에 전달된 가스는 혈액속으로 용해되어 옮겨진 것과 평행을 이루게 한다. 이 상태를 포화(saturation)라 부른다. 뼈의 골수와 같은 조직은 포화상태에 도달하는 데 많은 시간이 소요되지만, 뇌조직과 같은 경우는 매우 빨리 포화상태에 이르는 것 처럼 신체의 조직에 따라서 포화되는 시간이 다르다는 이론이 「하프타임」 논리이다.

조직에서 가스 용해도의 감압모델을 수학적으로 개발하는 목적에서 하프타임의 이론을 도입할 수 있다. 즉 인체의 조직은 처음에는 빠른 속도로 질소를 흡수 및 방출하다가 점진적으로 속도가 감소하게 되는 데, 이 과정에서 완전히 포화되는 질소의 량을 100이라 할 때 50%까지 질소가 용해되는 데 소요되는 시간을 하프타임이라 한다. 만약 특정 조직에 있어서 하프타임이 5분일 경우 제 2하프타임시간에는 나머지 50%의 절반인 25%가 더 용해되어 포화상태의 75%수준에 달한다. 제 3하프타임에서는 나머지 25%의 반인 12.5%가 더 용해되어 포화상태의 87.5%, 제 4하프타임에서는 나머지의 절반인 6.25%, 제 5하프타임에서는 나머지 절반인 3.13%, 제 6하프타임에서는 나머지 절반의 1.56%가 더 용해되어 포화상태의 98.44% 수준에 달한다. 따라서 하프타임이 5분인 조직의 경우 포화시간은 「5 \* 6=30」분으로 산출할 수 있다. 인체의 조직에 따라서 5분에서 10분, 20분, 40분, 75분 등의 다양한 하프타임이 있다. 특정 수심에서 완전히 포화상태에 돌입했다면 그 이후 그 수심에서 시간이 더 경과되어도 질소가 더 이상 용해되어 흘러들어가지 않으므로 질소가 방출되는 시간은 증가하지 않는다.

질소의 제거의 과정은 흡수의 반대 순이다. 상승동안 그리고 수면에 올라온 후 조직은 확산작용(더 큰 농도의 지역에서 더 낮은 농도의 지역으로 분자의 움직임)에 의해 초과된 비활성가스를 혈액속으로 흘러 들어가게 된다. 체내에서 확산하는 힘은 각 조직에서 비활성가스의 부분압과 혈액이 폐에서 가스와 평형을 이룬 혈관에서의 부분압과의 차이에 의한 것이다. 혈액으로

섭취된 비활성가스의 양은 제한되어 있다. 따라서 조직의 비활성가스 긴장은 점점 떨어지게 된다. 흡수과정에서와 같이 혈류의 비율, 부분압에서의 차이, 조직과 혈액에 용해된 비활성가스의 양이 제거된 비율을 결정한다.

제거되는 동안 혈액과 조직은 기포가 형성되지 않고, 초포화 용해상태(supersaturated solution)에 있는 가스를 흡수하게 된다. 초포화된 용해는 특정한 온도와 압력에 대해 평형상태에서 가능한 것보다 더 많은 가스를 흡수하는 용해이다. 혈액과 압력이 짧은 시간동안 초포화 되려는 능력 때문에, 다이버들은 최소한 다이빙의 기간 혹은 수심에 상관없이 상승할 수 있게 된다. 제거하려는 힘이 형성되어 비활성가스는 체내 조직으로부터 제거된다. 이 현상때문에 다이버들이 시간을 더 지연시킨 후에도 상승할 수 있게 해준다. 이 과정은 다이버가 안전하게 표면에 올라올 때까지 계속된다. 다이버의 신체는 어떤 조직에서 비활성가스를 포함하고 있지만, 감압계내에 있고 이상의 압력감소가 일어나지 않는다면 안전하다.

### 3) 할데인(Haldane)의 이론

다이빙을 할 때 체내 조직은 주변의 각종 가스와 평형상태를 이루려는 성질이 있다. 수면에 있을 때의 조직은 평형상태를 이루어 가스가 체내를 빠져나가는 만큼 체내로 다시 들어오게 되어 원래의 양에서 더 이상의 가스 축적(net gas)이 없이 항상 평형상태를 이루게 된다. 다이빙을 할 때 조직에서 순수한 가스의 증가량(net gas amount)을 생성시키면서 배출되는 가스의 양보다 흡수되는 양이 더 많아지게 된다. 이런 현상은 조직이 주위환경과 평형을 이루거나 수면에 다시 올라올 때까지 계속유지된다.

할데인은 33피트(10m) 이하(FSW:feet of sea water)의 얕은 물에서 다이빙을 할 경우 주위환경과 평형상태를 계속 유지할 수 있으며, 상승속도에 상관 없이 신체의 조직은 아무 문제를 유발하지 않고 수면으로 상승할 수 있다. 수심 10m 부터 수면에 상승하게 되면 압력은 50%가 감소된다는 사실을 토대로 신체 조직은 수심 10m에서 수면까지이든 수심 30m에서 10m이든 압력은 50%의 감소상태를 유지할 수 있다는 주장이 할데인의 2:1 압력 감소 이론(pressure reduction theory) 혹은 하프타임(half time) 이론이다.

하프타임은 특정 조직에서 질소가 50%포화되는 데 소요되는 시간으로 정의하고 포화가 빠른 뇌, 심장의 조직과, 포화가 느린 골격근의 조직으로 각각 신체조직마다 포화(saturation) 시간은 다르다는 근거하에 현대의 감압이론을 발전시켜왔다.

인체는 다양한 유형의 조직으로 구성되어 있으며 심장, 뇌, 근육, 골격, 혈관, 방광, 지방질 등은 모두 인체를 구성하는 부분들로서 각각의 조직은 특정 압력하에서 다르게 작용하고, 각각의 비율로 가스를 흡수하고 방출하지만 항상 평형상태를 유지하려는 속성을 가지고 있다. 이러한 속성을 가지고, 신체 근육과 다른 조직의 가스흡수를 측정하므로써 인체 조직의 포화 범위를 가늠하기 위해 가설적인 신체조직의 스펙트럼을 개발하였다.

조직이 가스를 흡수하고 방출하는 속도는 하프타임(Half-Time) 논리에 의해 설명이 가능하다. 조직은 처음에는 빠른 속도로 질소를 흡수(방출)하다가 점진적으로 그 속도가 감소한다. 이 과정에서 조직이 완전히 포화되는 질소의 양을 100으로 보았을 때 50%까지 질소가 용해되는 데 소요되는 시간을 하프타임(half time)이라 한다. 첫 하프타임 이후 가스의 50%는 방출되고, 50%만 남게된다. 두 번째 하프타임 이후 방출된 가스의 50%는 전체의 76%가 되고, 세 번째 하프타임 이후는 전체의 87.5%가 조직으로부터 방출되게 된다. 여섯째 하프타임 이후 전체의 98%이상이 사라지고, 100%에 가까운 방출이 일어난다.

할데인은 인체의 감압모델을 개발하기 위해 각 조직에 대해 시간 구분을 5, 10, 20, 40,

75분으로 할당하는 조직 하프타임(tissue half time)을 활용하였다. 이 하프타임을 활용하여 다이빙 과정동안 다양한 조직에서의 압력을 산출한 결과 특정 조직에서 절대압력이 66FSWA 라면 다이버는 바로 수면으로 상승해서는 안된다. 즉 각각의 다이빙 수심에 대해 필요한 안전 정지의 최대시간을 산출하였다.

또한 할데인은 감압단계 방법 즉 다이버는 2:1비율을 초과하지 않고 가능한 가장 얇은 안전 정지 지점까지 상승하여 조직으로부터 가스가 충분히 방출될 때까지 안전정지 지점에 머문 후 안전하게 상승해야 한다고 제안했다.

이러한 원리를 바탕으로 만든 감압테이블이 「할데인-영국해군 테이블(Haldane-Royal Navy table)」이며, 이 때부터 여러 연구자들에 의해 적극적인 연구의 발판이 되었다.

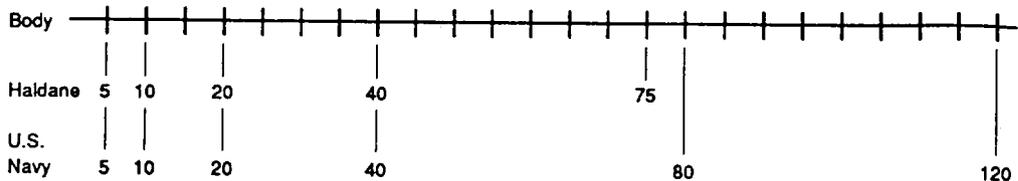
#### 4) 미국의 이론(American theory)

미 해군성은 1937년 워싱턴에 있는 「U.S. Navy Experimental Diving Unit」에서 독자적인 감압 기준표를 만들 때까지 할데인의 「할데인-영국해군 테이블(Haldane-Royal Navy table)」을 사용하였다. 미국 이론의 주요 특징은 첫째 조직에 따라서 다양한 수면비율(surfacing ratio)원리를 적용하였다. 둘째 압력이 감소되는 동안 산소부분이 산화되기 때문에 감압측면에서 비활성 기체부분(inert portion of gas)만이 중요한 것으로 간주했다. 세 번째 수정내용은 감압모델에서 더 긴 하프타임을 적용시킨 후, 1965년 미 해군성은 새로운 감압 모델을 개발하였다.

수면비율의 총압력(total pressure surfacing ratio)이 총 조직압력(total tissue pressure)을 토대로 산출되는 한 수면비율(surfacing ratio)의 질소압력은 조직의 질소압력과 관계를 가진다. 공기를 호흡할 때 전체 비율중 질소가 0.79배일 때 이는 질소의 함량이 된다. 이는 「질소비율 \* 33 FSWA수면압력」은 최대 허용 조직 질소압력(maximum allowable tissue nitrogen pressure)이 된다.

감압이론을 논의할 때 자주 언급되는 Workman model에서 사용되는 용어인 M-value는 그 모델의 특정 조직에서 최대허용 조직 질소압력((maximum allowable tissue nitrogen pressure)이다. 할데인이 활용한 대로 공기를 호흡할 때 질소압력 수면비율은 전체의 0.79배가 된다. 이 때 수면 M-value는 「질소압력수면비율(nitrogen pressure surfacing ratio) \* 수면압력(pressure at the surface)(33FSW)」를 곱한 것이 된다.

#### Longer Half-times



〈그림-1〉 할데인-영국해군테이블을 기준을 수정한 미해군 기준표.(더 긴 하프타임이 감압모델에서 제시되어야 하기 때문에 120분 조직으로 추가 시켰고, 75분 조직은 80분 조직으로 변화시켰음)

〈표-1〉 Walkman-미 해군감압(1965)표.( 5분에서 120분까지 6개 조직군을 사용하였으며, 포화가 더 빠른 조직은 영국해군 모델에서 보다 더 높은 수면비율을 적용하였고, 더 느린 조직

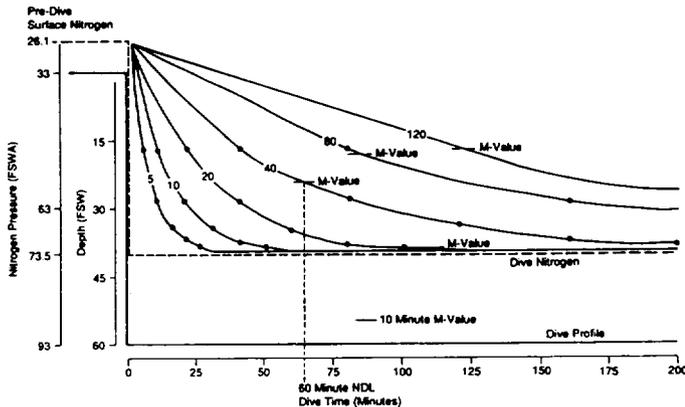
스쿠버 활동시 감압병 이론과 관련한 제요인의 원인과 예방법에 관한 고찰(류재청)

비율은 할데인의 2:1의 원리를 적용하였다.)

조직 하프타임	총압력/수면비율	질소압력/수면비율	수면 M-Value
5분	4:1	3.15:1	104 FSWA
10분	3.4:1	2.67:1	88 FSWA
20분	2.75:1	2.18:1	72 FSWA
40분	2.22:1	1.76:1	58 FSWA
80분	2:1	1.58:1	52 FSWA
120분	1.96:1	1.55:1	51 FSWA

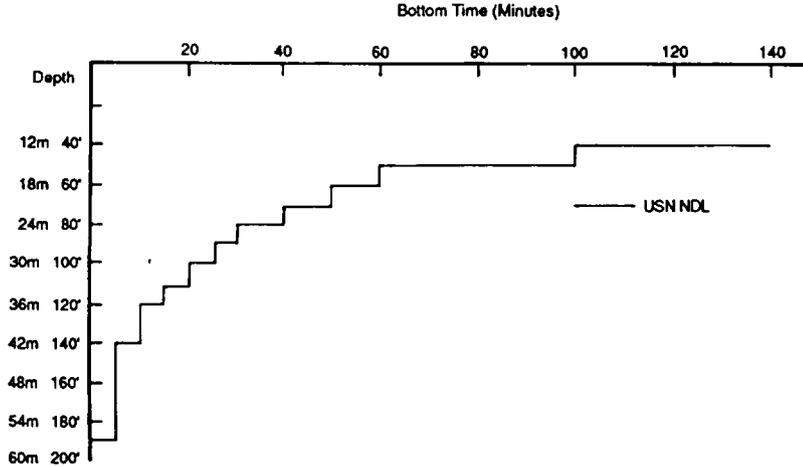
따라서 60피트까지 다이빙할 때 질소의 압력은 73.5FSWA이며, 5, 10, 20분 조직압력은 얼마나 머물러 있는가에 상관없이 최대치를 초과할 수 없다. 40분 조직은 60피트 USN NO-decompression limit(NDL)에서 60분을 가능하게 하면서 60분후에 이들의 한계에 도달하게 된다. 40분 조직은 다이빙을 완료하도록 강요하기 때문에 다이빙을 60피트까지 조정한다. 40분 조직은 31-60피트사이 수심에 대해 미 해군 테이블을 이용하도록 1회 다이빙을 조정한다.

미 해군성은 할데인 모형에다 반복다이빙의 개념을 추가시켰다. 수면공급다이버는 작업이 완료될 때 까지 작업장소에 머물러 수 있다. 이 경우 감압 테이블은 공기공급이 제한을 받지 않을 때 한계점을 가진다. 1943년 스쿠버 탱크의 발명으로 인해 탱크 교환을 위해 상승하고 하강하는 문제가 중요시되었다. 할데인 테이블은 수면에서 소요한 시간에 대해 다이버에게 어떤 믿음도 주지 못했다. 1972년에 영국해군 테이블을 사용하던 British scuba club(BSAC) 다이버들은 30피트 이상까지 12시간내 이루어진 반복다이빙 혹은 잠수시간을 고려해야만 했다. 총 합쳐진 다이빙 시간과 도달한 최대수심을 가지고 감압에 필요한 사항을 결정했다. 다이버가 60피트에서 60분 보내게 되면, 12시간이 경과할 때까지 안전 감압없이는 그 수심까지 되돌아 갈 수 없다. 미 해군 모형에서 120분 조직에서 수면에 대한 압력을 토대로 한 문자군으로 할당된 다이버는 문자당 2FSW가 된다. 따라서 다이버는 120분 조직에서 총 압력의 33-35FSWA사이를 가진다. 다이버가 수면에 머무르고 있는 동안 질소는 감소된 문자군을 유지하면서 신체로부터 방출하게 된다. 수중으로 다시 돌아오게 되면 새로운 문자군은 그 수심에서 잔여질소시간(residual nitrogen time: RNT)을 결정하는 데 이용된다. RNT는 120분 조직에서 질소의 양을 토대로 이루어졌고, 반복 다이빙 수심에서 이미 소요된 것으로 생각되는 분단위로 측정된다.

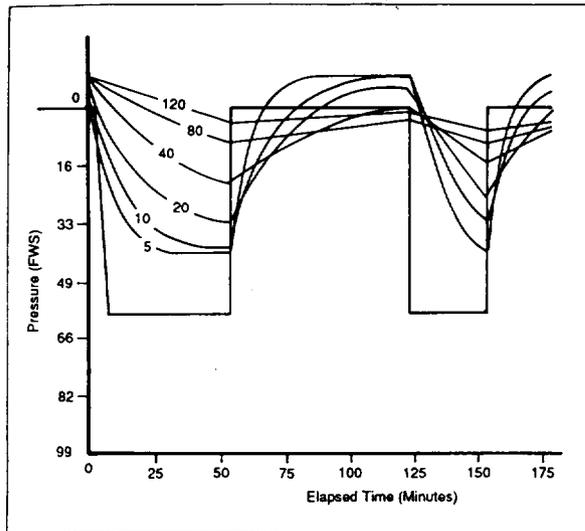


〈그림-2〉 60피트까지 다이빙을 할 때 질소압력은 73.5FSWA이고, 5분과 10분 조직은 수중

에서 머문 시간과 상관없이 최대치인 104와 88FSWA를 초과할 수 없다. 40분 조직은 60피트 무감압한계(USN:U.S.navy, NO-Decompression Limit:NDL)에서 60분을 머물게 하면서 60분 후에 최대에 도달한다. 40분 조직은 60피트까지 다이빙을 조정한다고 한다. 즉 이 조직은 다이빙을 완료하도록 강요를 받기 때문이다. 40분 조직은 31에서 60피트사이 수심에 대해 미 해군 테이블을 사용하는 1회 다이빙을 하도록 조정한다.



<그림-3> 미 해군 무감압한계(미 해군 모델을 정상적인 다이빙 수심에 적용될 때, 감압정지 없이 다이빙을 위한 시간 제한이 발생한다. 테이블을 점진적으로 증가하는 10개 눈금으로 구분하면 분명한 증가추세의 단계를 구분할 수 있다)



<그림-4> 안전반복 다이빙에서 미해군 조직(두번째 다이빙은 다이빙 계획을 계산하는 동안 잔여 질소량을 산출하므로서 무감압 한계보다도 더 짧게 다이빙 시간을 안전하게 계획할 수 있다)

#### 5) 영국이론(British theory)

영국해군성 이론(Royal Navy Theory)은 할데인-영국해군 테이블(Haldane-Royal Navy table)을 바탕으로 작성하였고, 잔여질소 테이블(R.N. table)은 더 짧은 수중활동시간을 제시한 미국의 경우보다 더 긴 수면시간 비율을 (conservative surfacing ratio)할당하였고, 모든 반복 다이빙은 수면휴식시간(surface interval)에 상관없이 1회 다이빙으로 합쳐 산출하였다. 영국해군 테이블은 1972년부터 British Sub-Aqua club(BSAC)에서 사용되었고, 1980년 BSAC 감압테이블을 가지고 BSAC/Royal Navy 생리학 연구실에서 실제 활용을 위한 강의를 하였다. 이 테이블은 영국해군의 것보다 더욱 최근의 이론에 근거를 두고, 수심에서 더 많은 시간을 지체할 수 있게 하였고, 미 해군의 것보다는 더 짧은 시간을 지체하게 설계하였다. 이 테이블에서는 하루에 2회이상 다이빙일 경우 모든 다이빙시간은 다수심(multi level diving)과 최대 수심을 이용하는 원칙을 세웠지만 2회째 다이빙은 수면 휴식시간을 더 확보하도록 고안하였다. BSAC/RNPL 테이블은 감압정지시간을 기억하는 데 쉽게 되어있다. 미 해군표와 달리 무감압한계(NDL)에 대한 첫번째 정지는 수심의 깊이에 따라서 10피트에서 2분-10분까지 다양하며, RNPL 테이블에서 나타난 첫 번째 안전정지는 20미터 이하의 얕은 다이빙에 대해 5미터에서 5분정도이고 더 깊은 다이빙에서는 10미터에 대해 5분을 기준으로 세웠다.

#### 6) 스위스 이론(Swiss theory)

스위스 이론은 쾰리히 대학 고압생리학 실험실(Laboratory of Hyperbaric Physiology)에서 Haldane이론을 토대로 개발되었다. 이 이론의 특징은 긴 다이빙에 필요한 감압요구뿐 아니라 1회 혹은 반복다이빙을 위한 비감압한계(no-decompression limit)를 제시하기 위해 2.65분에서-6.35분의 하프타임을 이용한 16개 신체조직을 적용했다. 할데인, 영국 및 미국이론과 달리 고도 다이빙까지 확장시킨 이론으로, M-valve, 혹은 최대수면 질소압력(max. surfacing nitrogen pressure)은 일정하지 않지만, 대기압에 대한 수학적인 함수로 표시하였다. 다른 이론보다 다소 복잡하지만 감소된 대기압에서 타당성이 있도록 설계하였다.

#### 7) 캐나다 이론(Canadian theory)

캐나다 테이블은 Defence and Civil Institute of Environmental Medicine(DCIEM)에서 개발하였으며, 할데인의 이론을 근거로 하지 않았다. 어떠한 원리도 감압과정에 신체의 물리 및 생리학적 지식을 토대로 한 것이 아니라, 시간과 수심의 경과와 증후(symptom-free result)를 이용하여 수학적인 방정식을 개발하였다. 할데인 이론은 평형조직 원리를 활용하여, 주위 조직에 관계없이 주변환경(ambient environment)으로 부터 가스를 흡수 및 방출한다는 원리이지만 DCIEM 이론은 일련의 1세트의 조직군에 적용하였다. 두 번째와 연속적인 조직은 주변의 가스 공급으로 부터가 아니라 이전의 조직으로 부터 가스를 섭취하고 방출한다는 원리를 적용하였다. 이러한 일련의 모형은 미국 테이블과 비교가 될 수 있도록 설계하였다. 이 이론의 결과를 스포츠 다이빙 상황에도 적용할 수 있을 만큼 타당성이 있는 것으로 알려졌다.

#### 8) DSAT이론

1987년에 Dive Science and Technology Corporation(DSAT)는 미국의 120분 조직이론 보다는 제한된 하프타임으로 60분으로 할당된 감압 모델을 개발하였다. DSAT는 상업용 및 군사용 다이빙에서 사용하는 것과 반대로 레크리에이션용 다이빙에 적합하게 고안하였다. 개발된 문자의 반복그룹의 수는 잔여 질소를 감소시키기 위한 목적으로 증가시켰다. 미국 테이블

블 보다 더 적은 무감압 한계는 안전요인으로 고려한 나머지 DSAT 테이블에 삽입하였다. DSAT의 차이는 첫 번째 다이빙에서 더 짧은 무감압 한계 시간을 가지지만 반복 다이빙에서는 더 긴 잠수를 할 수 있게했고, 더 짧은 수면 휴식시간이 필요하다는 점이다.

## 2. 여성과 감압증

미 해군성 다이빙테이블(U.S.Navy Dive Table)는 건강한 젊은 남성을 기준으로 하여 고안된 것이기 때문에 이 테이블의 기준에 알맞지 않는 체력이나 신체조건이라면 감압증에 더 걸릴 확률이 많을 수 있다. 특히 여성 다이버일 경우 남성에 비해 감압증에 더 쉽게 노출될 확률이 높다. 첫째 여성은 남성보다 더 많은 지방질을 가지고 있고, 이 지방은 감압증에서 버블을 일으키는 원인인 질소에 높은 친화력을 가진다. 둘째 여성의 생리기간동안에 부종이나 체액의 체류로 인해 감압증에 더 쉽게 감염될 수 있다. 세번째 펌프 등의 복용으로 불균형적인 체내순환을 유발 할 확률이 높다.

Bruce. B. 씨는 1968년에서 1977년까지 미공군 고도 비행훈련 프로그램에 의해 수집된 자료를 이용하여 분석한 결과 고도훈련에서 피험자들은 1기압에서 포화가 되었고, 고도에서 압력감소현상을 보였다고 했다. 이 결과는 비행훈련동안 남성에서 보다 여성의 경우가 고도 감압증이 4배정도 발생율이 많은 결과를 직접 스포츠 다이빙에 적용할 수 없는 이유는 비포화 다이빙 상태이기 때문에 무리가 뒤따랐다.

다른 연구의 경우 남녀 스쿠버 다이빙 강사들을 대상으로 다이빙 습관, 감압증의 발생 등에 대한 연구과정에서 여자집단은 남성에 비해 3.3배 더 많이 감염된 것으로 나타났다.

최근 미 해군 다이빙과 구조훈련에 참여한 다이버들을 대상으로 더욱 통제된 상황에서 분석이 이루어 졌다. 훈련 기간동안 참여한 6000명중 6명의 여자에 대한 분석한 결과 짧은 다이빙 시간 동안은 남성보다 감압증의 위험은 보이지 않았다는 결론을 내렸다.

따라서 여성 스포츠 다이버를 위한 감압테이블은 남성들의 것과 동일하다. 개개인에 따라 감염에 영향을 줄 수 있는 여러 요인들로서 과체중, 중년, 피로상태, 특히 수심 등에 따라 다양하다.

특히 임신과 다이빙(pregnancy and diving)의 관계를 분석하기 위해 많은 연구가 실시되어왔다. 임신동안 다이빙은 대부분의 다이버들이 생각하는 것과 다르다.

수중의료협회(Undersea Medical Society and The major diving organization)는 「임신동안 스쿠버 다이빙을 하지말라」는 충고를 하지만 초보자일 경우 여러 잠재적 생리문제에 대해 충분한 이해를 하므로써 태아들에 대한 다이빙이 미치는 영향과 의학적 문제점을 알아둘 필요가 있다.

### 1) 평창(squeeze)

다이빙동안 첫 번째 문제는 고막평창으로 다이버에게 공기 공간에서 일어나는 고통 혹은 손상으로 정의할 수 있다. 태아는 완전하게 자궁 속의 양수속에 둘러 쌓여있고, 공기 공간이 전혀없다. 따라서 태아는 고막평창이나 어떤 압력에 노출되지 않는다는 사실이다.

### 2) 공기색전증(air embolism)

공기색전증은 다이버가 압축된 공기를 들여마시게 될 때와 호흡을 중지하고 수면으로 상승할 때 생길 수 있다. 이는 폐포를 파열시키고, 버블이 동맥혈로 들어가게 하는 데, 태아는 기능적인 폐를 가지지 않고, 호흡을 하지 않기 때문에 공기색전증은 태아에게 해가 될 수 없다.

공기색전증이 모체에서 발생한다면 모체의 생명이 위태로워지기 때문에 태아의 생명도 위태로울 수 있다. 공기색전증(혹은 감압증)으로 부터 고통을 받는 다이버는 재압챔버에서 치료를 받아야 한다. 고압 산소치료는 이론적으로 볼 때 태아에게 문제를 유발할 수 있다. 따라서 임신한 다이버는 공기색전증을 피하기 위해 필요한 지식, 경험, 주의사항에 대해 알고 다이빙을 해야 한다.

### 3) 감압증(Decompression sickness)

감압증은 과포화 조직으로 부터 질소기포가 형성되는 것을 말한다. 만약 모체가 감압증으로 부터 고통을 받게되면 태아에게 문제가 될 수있을까? 태아도 기포를 형성할 수 있을까? 이러한 여러 질문은 감압증이 임신동안 다이빙에 관한 가장 복잡한 문제화 시킬 수 있다. 이 문제를 간략히 하면 다음 세가지로 압축할 수 있다.

① 임신다이버가 감압에 걸리게 되면 태아에게 해가 있을 것인가를 알아보기 위해 임신한 양을 가지고 높은 압력하에 임신말기에 노출시킨 결과 양은 정상적인 새끼를 분만했다는 연구보고서가 있다. 임신초기에 감압증에 걸린 임신여성이 치료를 받고, 여전히 다른 문제를 가지고 있었지만 충분한 과학적 증거가 없다.

② 기포가 모체에서 생성되는 정도로 빠르게 형성될까? 임신부 다이버에 대한 관심은 비록 안전한 감압다이빙을 한다할지라도 태아에서 기포 형성의 가능성이 있다. 태아에 얼마나 기포가 생성될 것인가에 대한 연구를 위해 임신한 양을 대상으로 많은 실험이 진행되었다. 즉 165피트의 수심과 동등한 압력하에 처했을 때 모체에서 기포가 형성되었지만 태아에서는 발견되지 않았다. 양과 염소를 대상으로 비슷한 상황에서 실험한 결과 기포가 모체와 태아에서 모두 발견되었지만 새끼들은 정상적으로 출산했다. 이러한 여러 연구결과를 종합할 때 모체에서 보다 새끼에서 기포가 덜 생성되는 것으로 나타났다.

③ 스쿠버 동안 생긴 질소기포는 silent bubble이라 하며, 이는 병증을 일으키지 않는 수준의 기포로서 감압증 직전의 단계에 머물러 있는 수준으로 밝혔다. 「『DAN』의 사일런트 버블의 연구는 1986년 시작되었다. 즉 첫 다이빙을 27m이상을 하고, 두 번째 다이빙을 21m이내에서 하고 나온 다음 10분동안 다이빙을 초음파 도플러 계이기로 모니터링하였다. 이 때 기포가 지나가면 주파수가 변하며, 1급은 기포가 없는 것을 의미하고, 4급의 경우는 1분당 기포가 1000개 이상 도플러 앞을 통과하는 량을 측정하는 것이다. 즉 처음 두 차례연구에서 피실험자의 95%가 다이빙 후 어느 정도의 기포를 가지고 있고, 대부분의 다이버들의 기포는 2급 수준을 보인 것으로 보고했다.」

사일런트 버블은 다이버의 폐에 모여지며, 결코 순환시스템의 동맥쪽에 도달하지 않는다. 즉 임신 다이버에서 형성된 기포는 태반에서 모여지지만 태아에는 도달하지 않는다.

그러나 만약 기포가 태아에서 생성될 경우 태아가 해를 입는 것은 분명하지만 태아는 기포형성에 어떤 저항을 가지고 있다고 볼 수 있다.

동물을 대상으로 실험이 행해졌지만 버블형성으로 부터 출생결함을 증명할 결정적인 증거는 없었다. 임신한 양을 대상으로 최고 태아 생성시기에서 음식물섭취 초기에 고압에 노출시킨 결과 어떤 비정상현상도 발견되지 않았다고 한다.

## 3. 감압증 예방을 위한 도구

### 1) 다이빙 테이블(Dive tables)

수많은 다이빙 표가 존재하지만 오늘날 대부분이 미 해군성 다이빙 테이블(U.S. Navy Diving

Table)을 이용하거나 변형시킨 레크리에이션용 NAUI, PEDI, BASAC 등이 있으며, 미 해군성 감압테이블은 모든 반복 다이빙의 종료시 수심 15피트에서 3분 안전정지가 이루어 져야하고, 이때 안전 감압정지시간은 잠수시간이나 수면휴식시간으로 계산하지 않는 것이 특징이다.

다이빙 테이블은 감압 및 재감압증을 피하고 안전하고 즐거운 다이빙을 위해 오픈 워터 코스에서 숙지해야 할 내용이다. 여기에 내포된 물리학과 생리학의 복잡성으로 인해 정확한 답을 내는데 어렵지만 지난 80년동안 연구결과 세계전역에서 다양한 이론과 테이블이 개발되고, 이들 각각은 다양하고 특수한 환경에 적용시키고 있다. 따라서 감압 탱블을 이용하여 충분히 숙지해야 할 사항은 1회 혹은 반복 다이빙 계획시 반복 문자군 명시와, 반복다이빙시 최대다이빙 시간 (Adjusted Maximum Dive Time,AMDT) 제시, 반복 다이빙시 최소 수면휴식 시간(min. surface interval time) 제시, 반복 다이빙시 허용가능한 최대수심 제시가 가능해야 한다.

## 2) 감압을 위한 각종 계이지

감압에 대해 정보를 줄 수 있는 장비는 많지만 얼마나 깊이 들어가서 얼마나 오래동안 그 수심에서 머무는가 하는 것은 자신이 결정할 문제이다. 가장 중요한 것은 감압증을 피하려고 시도할 때이다. 감압에 가장 일반적으로 사용되는 다이빙 테이블 이외 모세형 수심계이지 (capillary depth gauge), 다이어프램 수심계이지(diaphragm depth gauge), 오일형 수심계이지(oil-filled depth gauge), 아나로그 시계, 디지털 시계, 아나로그 잠수시계, 디지털 잠수시계, 다이빙 컴퓨터 등을 들 수 있다.

이러한 보조 기기들중 가장 신빙성이 있는 것은 다이빙 컴퓨터를 들 수 있다. 할데인은 감압 이론의 시초로 감압에 대해 거의 80년동안 이루어 지고 있다. 수면에서 공기를 공급하는 다이빙에 비해 스쿠버 다이빙의 역사는 약 45년 정도 된다. 출현 10년도 채 되지 않은 시점에서 다이빙 컴퓨터의 출현으로 모든 다이빙에서 안전하고 즐겁게 하 수 있는 계기를 마련한 셈이다.

미 해군 테이블은 일반 감압이론을 단순화시킨 것으로 읽고 사용하기에 편리하게 되어있다. 이 간편함에도 불구하고 다이빙 테이블의 계산은 종종 혼란을 야기하기도 하며, 복잡성을 지니지만 컴퓨터에서 감압모델을 가동시키므로써 모든 다이빙 유형을 가능하게 하였다.

또한 다수심 다이빙 (multi-level diving)시 미 해군 테이블은 한곳의 수심에서 소요하는 다이빙의 개념을 토대로 고안되었지만 실제 레크리에이션 다이빙은 일정한 수심을 유지하는 경우는 거의 희박하다. 따라서 다양한 수심에서 다이빙을 할 때 실제 보다 더 많은 질소를 흡수하게 된다. 다양한 수심에서 다이빙을 할 때 『최대수심에서 최대시간』의 원칙을 지키거나 수많은 조직에 의한 정확한 질소 흡수, 정확한 수심을 계속적으로 산출해주는 다이빙 컴퓨터를 사용하는 것이 좋다. 일반적으로 다이빙 컴퓨터의 기능은 모델에 따라서 약간의 차이는 있지만 무감압 한계, 현재수심, 잔유질소량, 최대수심, 잠수시간, 상승속도, 감압정지수심과 시간 등 상세한 정보를 제공해준다.

## 4. 감압증 치료

### 1) 재압챔버(recompression chambers)

감압증이나 에어엠펙리즘과 같은 심각한 다이빙 상해에 대한 처치를 재압이라고하고, 이는 재압챔버에서 이루어 진다. 챔버에서 치료를 받게 되는 경우는 일반적으로 세가지 집단으로 분류된다.

첫 번째 관심없이 계속적으로 다이빙을 즐기는 집단으로서 감압이나 에어엠펙리즘으로 고통을 받고 있는 경우, 둘째 한계를 벗어난 다이버(over-the limit)로서 자신의 지식과 훈련의

한계를 초월하여 다이빙을 하는 경우로서 적절한 가이드 없이 심해잠수나 반복다이빙을 하는 초심자의 경우와, 세번째 부적절하게 교육을 받은 다이빙 집단으로 상승동안 호흡을 정지한 채로 올라오거나, 시간과 수심을 잘 조정하지 못하여 감압증을 피하지 못하는 경우를 들 수 있다.

감압챔버의 특징은 압력용기로서 주변환경압과 다른 압력상태를 유지하는 일정량의 가스를 유지하고 있다. 챔버는 반원통형(실린더형)이지만 켄머셜 다이빙에서 사용하는 원통형이 있으며, 챔버 용량은 지름의 크기를 측정하는 데, 54인치형, 26인치형 및 96인치형 등이 있다.

압력은 가용압력(psi) 혹은 절대기압(ATA)으로 나타내며 에어앰블리증이나 감압증을 즉시 치료하기 위해서는 수심 165피트의 높은 기압인 6ATA 혹은 90psi에 환자를 압축시킨다.

챔버는 여러개의 부분(copartment)과 락(lock)으로 구성하는 데 락은 출입문과 닫을 때 압력이 밀폐되는 통과문으로 구성되며 각 부분품은 주변압과 서로 독립적으로 압축될 수 있는 공간이다. 한국의 경우 재압챔버 시설이 되어 있는 곳은 서울 강남병원 고압산소치료실(02-554-9011), 부산 동아대학교 부속병원 잠수클리닉(240-2275), 진해 해군해양의학적성훈련원(0553-49-5896), 여수제일클리닉(0662-83-2011), 제주 서귀의료원을 들 수 있다.

## 2) 감압을 생략한 경우

미 해군의 수중에서 재감압 및 생략된 감압에 대한 절차는 저명 물리요법가 및 생리학자들에 의해 연구된 결론을 토대로 이루어 졌다. 미 해군의 테이블 절차는 감압정지 1분으로 40', 30', 20', 10'의 수심에서 감압을 명시해주도록 되어있지만, 생략된 감압정지를 한 다이버들은 수면에 나와서 쇼크방지자세를 취하게 한 후 휴식과 100% 산소호흡, 음료섭취 등으로 감압증의 증후, 증상을 확인해야한다. 만약 감압증세를 보이면 고압시설(hyperbaric facility)로 운반되어야 한다.

조심해야 할 사항은 다시 동일한 수심의 물속에서 재감압을 실시하는 시도는 잘못된 발상이다. 즉 짧은 시간으로 형성된 버블을 제거할 수 없을 뿐 아니라 물속에서 감압조치로 인해 더 악화된 결과를 초래할 수 있기 때문에, 순수 산소호흡은 물속에서 여러 절차보다 더 유익할 수 있다. 감압을 생략하였을 경우 어떠한 증후가 없다 할지라도 최소한 24시간 동안 다이빙을 금해야 한다.

## 3) 다이빙 후 비행

다이빙 후 비행하게 될 때 해수면의 압력보다 주변압을 감소시켜 감압증 증세를 유발할 수 있다. 다이빙 후 비행을 하려 할 때 다음의 절차가 필요하다. 첫째 가압을 하지 않은 비행기에서 고도는 8000피트를 초과하지 말아야 한다. 둘째 감압 다이빙 후 최소 24시간 경과 후 비행을 한다. 셋째, 비행이 계획되었을 경우 길고 얕은 다이빙보다는 깊고 짧은 다이빙이 바람직하다. 즉 짧고 깊은 다이빙은 빠른 조직의 하프타임 원칙에 제한을 받는다. 조직들은 가스가 빠르게 방출되고, 잔여질소량은 천천히 방출하는 느린 조직에서 보다 비행을 할 때가 더 적게 축적이 된다.

# III. 요약 및 제언

본 고찰에서는 스쿠버 다이빙시 인체에 가장 위험한 영향을 미칠 수 있는 감압증을 주제로하여 이론의 원리, 질소의 흡수와 감압증, 감압증의 유형, 질소와 포화다이빙, 안전다이빙을 위한 감압방법, 재감압, 감압장비 등에 대해 알아보고, 감압증과 관련한 안전 다이빙을 위한 방안을

모색하는 데 있다.

## 1. 감압증의 유래와 이론

현대의 감압증의 유래는 게이슨 병의 어원을 갖는 「Bends」가 현대에 와서 감압증(DSC)을 불리게 되었으며, 안전하고 즐거운 다이빙을 하기 위한 노력의 일환으로 현대의 모든 감압증과 관련된 이론은 할데인(J.B.S. Haldane, 1908)에서 비롯되었다.

즉 감압시간과 수면휴식시간을 최소화하면서 수중체류시간을 최대한 늘리기 위한 잠수방식인 포화다이빙이론(saturation diving), 미해군성에서 할데인-영국해군 테이블(Haldane-Royal Navy table) 토대로 상황과 환경에 맞게 변형시킨 1965년 미 해군성은 새로운 감압모델(U.S. Navy Diving Table), 할데인-영국해군 테이블(Haldane-Royal Navy table)을 바탕으로 작성한 영국해군성 이론(Royal Navy Theory), Haldane이론을 토대로 2.65분에서 -6.35분의 하프타임을 적용한 16개 신체조직을 적용한 스위스 이론, 시간과 수심의 경과와 증후를 이용하여 수학적 방정식을 개발한 캐나다 테이블, 레크리에이션용으로 1987년에 Dive Science and Technology Corporation(DSAT)에서 개발한 모형인 DSAT이론은 미국의 120분 조직이론 보다는 제한된 하프타임으로 60분으로 활당한 감압 모델을 제시했다.

## 2. 여성과 감압증

여성 다이버일 경우 남성에 비해 감압증에 더 쉽게 노출될 확율이 높은 이유는 첫째 감압증에서 버블을 일으키는 원인인 질소에 높은 친화력을 지방질을 많이 가지고 있으며, 둘째 여성의 생리기간동안에 부종이나 체액의 체류로 인해 감압증에 더 쉽게 감염될 수 있다. 세번째 펌 약 등의 복용으로 불균형적인 체내순환을 유발 할 확율이 높다.

임신과 다이빙(pregnancy and diving)의 관계에서 문제가 될 수 있는 증상으로서 평창(squeeze), 공기색전증(air embolism), 감압증(Decompression sickness)을 들 수 있으나, 여러 연구결과 태아가 양수에 둘러쌓여 있는 결과로 인해 큰 문제가 없는 것으로 결론을 내렸다.

## 3. 감압증 예방을 위한 도구

### 1) 다이빙 테이블(Dive tables)

현대의 많은 다이빙 테이블은 할데인의 이론을 바탕으로 개선시킨 결과인 U.S. Navy Diving Table을 이용하거나 변형시킨 레크리에이션용 NAUI, PEDI, BASAC 등이 있으며, 이들 모든 감압테이블의 공통사항은 종료시 수심 15피트에서 3분 안전정지 원칙을 지키므로써 감압증을 예방할 수 있다고 한다. 감압 테이블을 이용하여 충분히 숙지해야 할 사항은 1회 혹은 반복 다이빙 계획시 반복 문자군 명시와, 반복다이빙시 최대다이빙 시간(Adjusted Maximum Dive Time, AMDT) 제시, 반복 다이빙시 최소 수면휴식 시간(min. surface interval time) 제시, 반복 다이빙시 허용가능한 최대수심 제시가 가능해야 한다.

### 2) 감압을 위한 각종 게이지

감압증을 피하기 위한 수단으로 가장 일반적으로 사용되는 다이빙 테이블 이외 모세형 수심

게이지(capillary depth gauge), 다이어프램 수심게이지(diaphragm depth gauge), 오일형 수심게이지(oil-filled depth gauge), 아날로그 시계, 디지털 시계, 아날로그 잠수시계, 디지털 잠수시계, 다이빙 컴퓨터 등이 있다.

또한 다수심 다이빙 (multi-level diving)시 「최대수심에서 최대시간」의 원칙을 지키거나 수많은 조직에 의한 정확한 질소 흡수, 정확한 수심을 계속적으로 산출해주는 다이빙 컴퓨터 사용을 권장한다.

### 3) 감압증과 관련한 주의사항

감압증이나 에어엠블리즘과 같은 심각한 다이빙 상해에 대한 처치를 재압이라고하고, 이는 재압챔버에서 이루어 진다 재압챔버(recompression chambers), 생략된 감압정지를 한 다이버들은 수면에 나와서 쇼크방지자세를 취하게 한 후 휴식과 100% 산소호흡, 음료섭취 등으로 감압증의 증후, 증상을 확인해야한다. 만약 감압증세를 보이면 고압시설(hyperbaric facility)로 운반하여야 한다. 다이빙 후 고도는 8000피트를 초과하지 말고, 최소 24시간 경과후 비행을 하고, 비행이 계획되었을 경우 길고 얇은 다이빙 보다는 깊고 짧은 다이빙이 바람직하다.

## 5. 제언

안전하고 즐거운 레크리에이션 다이빙을 위한 경우라면, 앞서 설명한 감압이론의 원리를 충분히 이해하고, 이를 피하기 위한 적절한 장비, 안전수칙을 잘 지키도록 하고, 절대 모험심이나 과욕을 부리지 않도록 하는 것이 스쿠버다이빙의 발전을 위한 한 방법이다.

## 참고문헌

- 1) 류재청(1997) 제주도 해양·레저 스포츠의 활성화 방안. 온누리 인쇄문화사. 제주대학교 체육과학연구소 제 3회 체육과학 세미나. PP. 35-48.
- 2) NAUI(1991) Advanced Diving(Technology and Techniques). National Association of underwater Instructors. PP 131-155.
- 3) NAUI(1992) The NAUI Textbook II. National Association of underwater Instructors. PP 125-33.
- 4) SSI(1994) Open Water Diver Manual. Scuba School International. PP.149-175.
- 5) SCUBA diver(1995) Scuba diver magazing. Vol. 50. P. 185.
- 6) SCUBA diver(1996) Scuba diver magazing. Vol. 52 PP. 180-312.
- 7) SCUBA diver(1996) Scuba diver magazing. Vol. 56. PP. 256-257.
- 8) SCUBA diver(1997) Scuba diver magazing. Vol. 57. PP. 180-225.
- 9) SCUBA diver(1998) Scuba diver magazing. Vol. 63. PP. 200-203.
- 10) SCUBA diver(1998) Scuba diver magazing. Vol. 63. PP. 156-157.