

## 깊이 잠수하지 못하는 이유?



강신영 교수  
한국해양대학교 해양관리기술대학원 수중잠수과학기술전공  
TEL)051-410-4323 FAX) 051-404-3538  
E-mail) sykang@kmaritime.ac.kr



인공어초 또는 양식장 설치와 관련하여, 가끔 잠수작업이 필요한 경우가 있다. 그렇지만 수심이 50 m 이상이 되면 잠수작업을 하기 힘들다는 얘기를 듣게 된다. 왜 그럴까? 대개는 깊이 들어갈수록 수압이 높아져, 우리 인체가 그것을 견디지 못하기 때문이라 알고있다. 전혀 틀린 얘기는 아니지만 정답이라고 할 수 없다. 깊이 못 들어가는 이유는 수압에 의한 직접적인 영향보다는 간접으로 발생하는, 소위 인체 생리작용과 관련

된 문제들 때문인데, 이에 대해 논하기 전에 먼저 잠수 시 인체가 받는 압력에 대해 알아보자.

수중에 물체를 넣으면 그 물체는 압력을 받게 된다. 압력의 크기는 수심에 정비례하여 증가하기 때문에 깊을수록 큰 압력을 받는다. 예를 들어 바닥에 놓인 상자는 상자 윗면에서 수면까지의 물기둥 무게만큼 압력(힘)을 받는다. 만일 상자 내부가 비어 있다면, 외부에 작용하는 수압과 내부의 압력과의 차이에 의해 상자는 건디지 못

하고 부서지게 된다. 그래서 잠수함이나 잠수정은 수압에 견딜 수 있도록 튼튼한 재질로 제작을 하는데, 이들도 한계를 넘어서 깊이 들어가면 결국에는 파괴되고 만다. 그런데 만일 바닥에 있는 상자 속에 외부에 작용하는 수압과 같은 압력이 되도록 공기압을 조절하는 장치를 넣으면 어떻게 될까? 아마 상자는 아무리 깊은 수심에서도 부서지지 않을 것이다.

우리 인체는 어떨까? 인체는 뼈와 같이 단단한 부분도 있지만 대부분은 압력을 전달(통과)시킬 수 있는 조직이다. 따라서 뼈로 둘러싸여 있는 공기 공간을 제외하고는 인체가 압력에 의해 찌그러지는 일은 없을 것이다. 수년전 국내에 개봉된 공상과학 영화 심연(Abyss)에서 허파를 비롯한 인체 내부의 공기 공간에 산소로 충만된 액체를 넣어 폭탄 회수작업을 수행하는 장면이 나오는데, 이러한 생리학적인 문제점을 해결하는 하나의 방법이라고 할 수 있다. 그런데 산업 잠수사들이나 스포츠 다이버들이 잠수를 할 때는 상황이 이와 다르다. 그들은 주위의 압력과 같은 압력의 호흡기체로 계속 숨을 쉰다. 그리고 호흡을 하면서 수심이 바뀌면 압력 평형이란 것을 한다. 즉 공기로 찬 상자 속에 외부의 압력과 내부의 압력이 같아지도록, 공기를 채워 넣거나 방출시켜 압력에 의한 영향을 없애는 것이다. 결국 이론적으로는 이런 압력 평형 작업으로 인하여 아무리 깊은 수심에서도 문제없이 활동을 할 수 있다.

그러면 무엇이 문제일까? 제일 큰 문제는 공기 중의 질소가 일으킨다(혼합 기체의 경우 헬륨, 수소 등의 불활성 기체). 공기는 약 20%가 산소이고 나머지 80%는 질소로 구성되어 있다. 질소를 비롯한 불활성 기체는 농도가 낮을 때는 아무런 부작용도 나타내지 않지만 고압이 되어 농도

가 높을 때는, 신경 세포막에 작용하여 신경의 정보 전달 기능을 마비시켜 마취 작용을 일으킨다. 질소 마취 현상은 공기 잠수시 약 30m 수심에서 그 증세가 나타나기 시작하는데, 사람마다 저항력이 크게 다르다. 처음에는 술 취한 것처럼 느껴지지만 수심이 깊어질수록 사고력, 판단력, 추리력, 기억력이 점차 흐려진다. 심하면 사리 판단이 극도로 흐려져 업무 수행이 불가능해지며, 응급 사태에도 대처하지 못하므로 아주 위험하다. 질소 마취는 일단 시작되면 아주 빨리 진행된다. 또 그 원인이 없어도 곧 회복될 수 있으므로 30m 이내의 수심으로 올라오면 곧 사라진다. 체내에 이산화탄소 농도가 높으면 같은 수심에서도 질소 마취가 더 쉽게 온다. 따라서 수중에서 힘든 일을 할 때는 질소 마취의 위험성이 높아진다. 또 음주, 불안감, 추위 등에 의해서도 질소 마취 증세가 심해진다.

질소 마취의 위험성 때문에 공기 잠수는 그 깊이가 제한되어 있다. 스포츠 잠수에서는 안전 수심을 보통 30m로 제한하며, 훈련이 잘된 경우 40m까지도 허용하지만 극히 조심해야 한다. 감압실 등 육상 지원 시설을 잘 갖춘 산업 잠수의 경우에도 절대 50m를 넘지 않는다. 심해 잠수에서는 이러한 이유로 질소 대신 마취성이 약한 헬륨을 산소와 혼합한 헬리옥스(Heliox), 또는 헬륨과 산소 그리고 소량의 질소를 혼합한 트리믹스(Trimix)를 사용한다.

질소는 또한 감압병에 걸리게 한다. 잠수시 하잠을 하게 되면 고압의 공기로 호흡하게 되어, 체내에서 질소가 용해되고 배출되는 균형이 깨어진다. 즉 압력이 높아지면 호흡 기체의 밀도가 높아지는데, 이 때문에 호흡으로 체내에 용해되는 질소 분자의 수도 많아진다. 이 화학 작용은

호흡 기체와 체내의 질소가 평형을 이룰 때까지 계속된다. 그리고 나서 상승을 하면 압력이 낮아져 체내의 질소 균형은 다시 깨어지는데, 이때는 혈관과 세포 내의 질소 농도가 호흡 기체의 그것보다 훨씬 크게 되어, 다시 평형 상태가 될 때까지 질소의 배출은 계속된다. 질소는 배출될 때 세포로부터 혈관으로, 그리고 허파로 가서 호흡을 통하여 몸밖으로 빠져 나간다. 이 과정은 용해 과정과 마찬가지로 초기에는 빨리 진행되지만, 시간이 지날수록 진행이 점점 늦어져 새로운 평형 상태에 이르기까지는 몇 시간이 걸린다. 이 과정에서 수면으로 상승하는 속도, 즉 압력이 줄어드는 정도가 지나치게 빠르면 체내에 녹아 있는 질소는 세포 조직 안에서 기포를 형성하게 된다. 이 기포들이 바로 인체에 통증을 일으키는 원인인데, 이 잠수병을 “감압병(Decompression sickness)” 또는 “벤즈(Bends)”라고 부른다.

감압병의 원리는 병에 든 사이다를 이용하여 쉽게 설명할 수 있다. 사이다와 같은 탄산음료 속에는 이산화탄소가 고압의 상태로 녹아 있는데, 마개를 따면 압력이 갑자기 낮아지므로 사이다 속에 기포 방울이 발생하여 거품이 일어난다. 그런데 만일 압력을 천천히 낮출 수 있다면 기포를 발생시키지 않고서도 병마개를 딸 수 있다. 즉 기포는 압력이 낮아지면 무조건 발생하는 것이 아니다. 기포가 형성되려면 어떤 특정 비율 이상으로 압력이 낮아져야 한다. 만일 10m 이상의 깊은 수심에서 오랫동안 잠수하여 체내에 질소가 충분히 축적된 상태에서 갑자기 상승하게 되면, 이때의 압력 변화율은 기포가 발생하기에 충분하다. 그러나 얕은 수심에서는 상승하여 수면에 올라와도 감압병에 걸리지 않는다.

잠수를 할 때 질소가 체내에 용해되고 배출되

는 과정은 여러모로 술을 마시는 것과 비슷하다. 깊이 잠수하면 양주와 같이 알코올의 농도가 높은 술을 마시는 것과 같고, 얇게 잠수하면 맥주를 마시는 것과 같다. 누구에게나 양주의 경우는 몇 잔, 맥주의 경우는 몇 잔이라는 주량이 있다. 또한 재잠수를 하게 되면 2차 가는 것과 유사하다. 1차에서 마신 술이 깨지 않은 채로 계속해서 술을 마시는 것과 같다. 주량과 마찬가지로 잠수를 할 때도 몇 m에서는 몇 분간 잠수할 수 있다는 것을 명시한 잠수표가 있다. 자기의 주량을 알고 술을 마셔야 하듯이 안전을 위해서는 반드시 잠수표를 참조하여 잠수 계획을 세워야 한다.

그리고 산소 또한 잠수를 하는데 제약을 주는데, 보통 때는 아무 문제가 없지만 체내에 들어오는 산소의 분압이 너무 높을 때는 문제가 발생한다. 우리 몸에서 음식물이 산화될 때 세포내 미토콘드리아에서 소량의 활성 산소가 관여된다. 우리 몸에는 활성 산소를 제거하는 효소들이 있기 때문에 평상시에는 큰 문제가 발생하지 않지만, 산소 분압이 높은 기체를 호흡하여 활성 산소의 생성량이 너무 많아지면 효소들이 다 처리하지 못해 세포가 손상을 입는다. 이러한 세포 손상은 호흡기와 신경 계통에서 잘 일어난다. 만일 산소 분압이 0.6기압(공기 잠수시 수심 약 20m)인 기체를 6시간 이상 호흡하면 폐외 기관지 세포가 손상되어 호흡 곤란을 일으킨다(호흡계 산소 독성). 또 산소 분압이 1.5기압(공기 잠수시 수심 약 60m) 이상인 기체를 45분 이상 호흡하면 신경 세포막의 기능이 변하여 중추 신경계에 이상이 나타난다(중추신경계 산소 독성). 압축 공기를 사용하는 스포츠 잠수에서는 잠수 수심을 40m 이내로 제한하므로 산소 독성이 나타날 확률이 낮다. 그러나 100% 산소를 사용하거나 산소

비율이 높은 혼합 기체를 사용할 때는 중추신경계에 산소 독성이 나타날 위험성이 있다. 중추신경계 산소 독성의 증상은 구토, 현기증, 근육 경련(특히 안면과 입술 주위), 사지 마비, 시야의 축소, 피로감, 정신 착란 등이다. 이러한 증상이 나타나기 시작할 때 즉시 낮은 데로 상승하지 않으면 발작이 일어날 수 있으며, 발작이 일어나면 의식을 잃게되므로 익사할 위험이 있다.

결국 높은 압력 그 자체보다는 질소 마취, 감압병, 산소 독성 이 세 가지가 깊이 잠수를 못하는

되는 주된 원인이라 할 수 있다. 우리 나라에서는 해군과 해양 경찰을 제외하고 혼합 기체로 수중 작업을 할 수 있는 업체는 한 두군데에 불과하다. 따라서 거의 대부분의 잠수 작업은 공기 잠수로 행하여져야하는 현실을 감안할 때, 작업 한계 수심은 40m라고 생각하는 것이 옳을 것이다. 최근 스포츠 잠수계에서 공기에 헬륨을 섞은 일종의 트리믹스를 사용하여 50m 이상의 심해 잠수에 도전하고 있지만, 산업 잠수계에서는 매우 위험한 방식으로 받아들이고 있다.

(사진제공: 국제신문 박수현 기자)