

## 폐포내 혈철소탐식세포 : 스쿠버 다이빙 사망의 유인인가?

-부검 1예-

김윤신

조선대학교 의학전문대학원  
법의학교실

접 수 : 2012년 4월 12일  
게재승인 : 2012년 5월 10일

책임저자 : 김윤신  
(501-759) 광주광역시 동구 서석동 375  
조선대학교 의학전문대학원 법의학교실  
전화 : (062) 230-6998  
FAX : (062) 234-4584  
E-mail : ysk007fm@hotmail.com

### Alveolar Siderophages : A Precipitating Factor in a Fatal Scuba Diving Accident? -An Autopsy Case-

Youn Shin Kim

Department of Forensic Medicine, Chosun University School of Medicine, Gwang-ju, Korea

The author report the case of a 40-year-old male leisure scuba diver (height, 176 cm; weight, 73 kg) who died from asphyxiation by aspiration of gastric content, allegedly triggered by pulmonary hemosiderosis and/or full stomach. On the first dive of the day, the deceased complained of difficulty in descent and tried to descend several times but finally gave up and separated from his companions. After several minutes of separation, he was found dead, face down position on the sea surface, by the captain of the boat carrying the diving party. On autopsy, the lungs showed foreign bodies from stomach, intra-alveolar hemorrhage, and siderophages in the alveolar sac. A small amount of air bubbles was noted in the mesenteric vein, iliac artery, right ventricle and pulmonary artery. The cause of death was asphyxiation by aspiration of gastric content and pulmonary hemosiderosis, which probably provoked the event. Alveolar hemosiderosis may be a causal factor in fatal scuba diving accident.

**Key words :** scuba, asphyxiation, aspiration, intraalveolar hemorrhage, hemosiderosis, autopsy

## 서 론

스쿠버 다이빙은 매우 흥미롭고 활동적인 여가활동의 하나로 주목 받고 있지만 잠재적인 사고의 위험성이 결코 작지 않은 스포츠 중의 하나이다. 다이빙을 즐기기 위해서는 일정한 교육을 받아야 하고, 교육 이수 전에 다이빙의 건강을 확인하는 절차가 있으나, 국가나 잠수교육단체에 따라 의사의 건강진단을 필수요건으로 하는 경우가 있고,<sup>1)</sup> 자기답변식 설문지에 건강의 이상 여부를 직접 기술하는 설문지형 건강 확인만으로 요건을 간소화하고 있는 경우도 있다.<sup>2)</sup> 다이빙이 급기되는 질환 또는 조건으로서 간질, 천식, 기흉, 심근경색이나 관상동맥 질환, 심장판막질환, 심근병증, 부정맥, 당뇨, 두부손상의 병력 등이 있다.<sup>3)</sup> 그러나 잠수사고의 원인 중의 하나는 일시적인 건강상의 문제가 있을 때, 그것을 인식하지 못하거나 혹은 사소하게 여기고 잠수활동에 들어가는 경우이다.

본 증례의 경우, 잠수 전에 특별한 신체적 이상 증상을 인지하지 못한 상황에서 인터넷 동호회를 통해 현장에서 합류한 일행들과 잠수를 시작하려다 입수 후 수중하강에 어려움을 겪던 중 갑자기 사망한 것으로, 부검결과 폐포내에서 혈철소-탐식대식세포의 침윤을 보았고, 이러한 병변이 잠수사망사고의 촉발요인(trigger)이 되었을 것으로 해석되었다. 잠수중 사망사고의 법의학적 감정을 위한 부검소견의 해석에 있어서는 잠수장비에 대한 검사 결과와 함께 사망의 정황 등에 대한 상세한 정보가 마땅히 포함되어 한다. 본 증례의 해부소견과 사망의 정황에 대한 정보 획득의 과정을 검토해 봄으로써 잠수사고의 부검을 위한 사례 경험을 공유하고, 더 나아가 향후 증가할 것으로 예상되는 잠수사고의 감시절차와 유사 사고의 방지를 위해 개선되어야 할 제도적 장치는 없는지를 고찰하고자 한다.

## 증 례

### 사건개요

변사자는 40세의 남성으로, 어느 해 8월 오후 무렵 서해안의 한 섬에 10여명의 일행들과 함께 다이빙을 위해 방문하였다. 변사자와 다른 일행들은 인터넷 동호회를 통해 만난 사이로 서로 안면이 없었으며 따라서 상호간의 잠수 경력과 잠수 능력에 대한 정보도 없었던 것으로 보인다. 첫 회 다이빙을 위해 3명이 한조(buddy)가 되어 입수 후 하강을 시도하던 중 변사자는 하강장애를 호소하였고, 2~3회 더 하강을 시도하였으나 끝내 하강에 실패하고 잠수 포기 의사를 밝혀 나머지 두 명의 일행만 잠수에 들어갔다. 일행과 떨어진 사고 잠수자는 약 5분후쯤 의식 불명의 상태로 신체 앞쪽이 해저를 향하고 있는 자세로 수표면에 떠 있는 것을 잠수 일행을 현장으로 실어 온 선박의 선장에 의해 발견되었고, 급히 선상으로 인양되었으나 끝내 사망하였다. 사고잠수자는 군 생활 시절에 잠수교육을 받았고, 1년



Fig. 1. Autopsy showed large amount of regurgitated gastric content in the oropharynx.



Fig. 2. On cut surface of the lung, hemorrhage and edema were revealed.

에 한차례 정도 레저로서 잠수활동에 참가해 왔던 것으로 알려졌으나, 정확한 잠수경력과 직업, 흡연력, 질병력 등에 대한 정보는 확보되지 않았다.

### 부검소견

변사자는 신장 약 176 cm, 체중 약 73 kg이었고, 시반은 배부에 출현해 있었다. 콧구멍에서 혈액색의 누출을 보았고, 구강내에서 토물이 관찰되었다. 이마 좌측의 작은 표피박탈과 우측 두정-측두부의 피하출혈을 동반한 표피박탈(5×3.5 cm)이 확인되었다. 좌측 어깨, 좌측 전완부와 팔꿈치에서 각각 표피박탈을 보았고, 우측 팔꿈치의 표피박탈 및 피하출혈, 양측 하퇴부 하단의 작은 표피박탈, 우측 주관절 내측의 흉터(길이 약 10 cm), 좌측 전완부의 주사침흔이 관찰되었다. 우측 두정-측두부의 표피박탈 및 두피하출혈을 보는 외, 두개골과 뇌막 및 뇌실질에서 특기할 이상 소견을 보지 못하였다. 기도 입구(인후부)에서 다량의 토물(Fig. 1)과 기관(氣管) 및 기관지 내 토물 흡인을 보았고, 위(胃) 내강에서 다량의 취식물을 보았으며, 양폐의 팽윤과 엽간 폐늑막에서 다수의 일혈점을 보았다. 폐 실질의 절단면상, 울혈 및 부종, 폐출혈 소견(Fig. 2)을 보았고, 광학현미경(Leica DM 2500 & Jenoptik C5 Cooled, Germany) 검사상, 폐포내에서 혈철소-탐식 대식세포(Hemosiderin-laden macrophage)의 침윤과 토물 흡인(Fig. 3)이 관찰되었다. 이들 대식세포들은 Prussian blue 염색에 양성 반응을 보였다(Fig. 4). 복강내 혈관(장간막정맥)에서 공기방울이 확인되었고(Fig. 5), 장골동맥, 우심실 및 폐동맥을 천자했을 때 공기방울이 확인되었다.

분석검사결과, 혈액 및 위(胃)내용물에서 약독물 음성이었다고, 혈중에서 알코올도 검출되지 않았다. 폐는 물론 간, 신장, 심장 등 전신 장기에서 플랑크톤이 검출되지 않았다. 스쿠버 장비에 대한 검사결과, 공기통내 공기 잔압은 150 bar이었고,

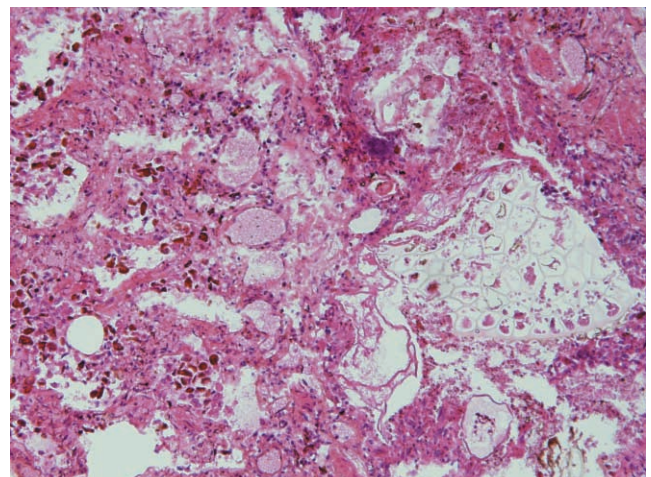


Fig. 3. Histologic section of the lung showed brown-pigmented macrophages and aspirated food material (H & E × 100).



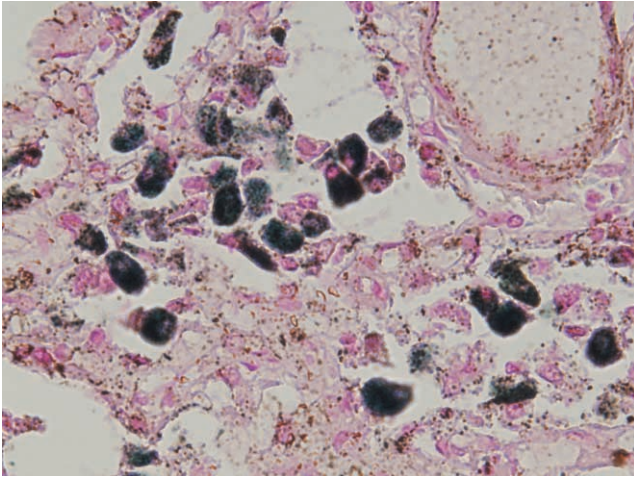


Fig. 4. Macrophages in alveolar spaces showed positive reaction with Iron stain (Prussian blue  $\times 400$ ).

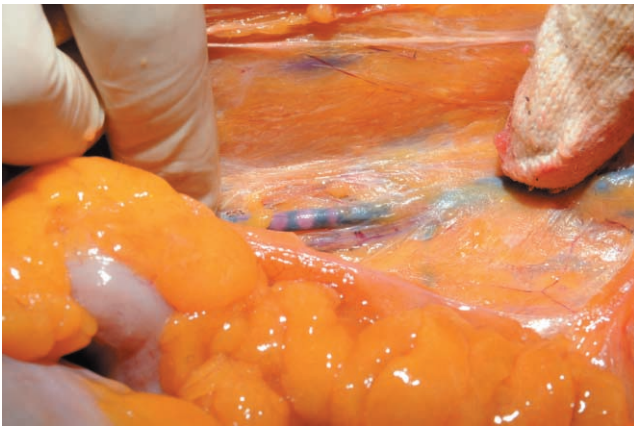


Fig. 5. After manual removal of mesenteric fat, air bubbles were noted in the mesenteric vein.

O-링과 필터의 부식을 보는 외, 장비의 기계적인 이상 소견을 보지 못하였다.

위의 부검소견과 약독물 분석결과, 그리고 잠수장비에 대한 검사결과를 종합하여 다음과 같은 결론을 내렸다. 폐포내 출혈 및 폐포내 혈철소-탐식 대식세포의 침윤에 비추어, 변사자는 사고일 잠수활동 이전부터 원인을 특정하기 어려운 폐출혈 상태에 있었던 것으로 해석했고, 콧구멍의 혈색액 누출에 비추어서는 사고당일의 잠수활동과 관련하여 폐 압력손상으로 인한 폐출혈이 발생하였을 가능성도 배제되지 않았다. 또한 구강과 인후부, 폐포 등 기도내 토물 흡인을 보는 점에 있어 토물 흡인에 의한 질식의 경과가 본 건 사망의 원인이 되었을 가능성이 있다고 해석했다. 장간막정맥과 장골동맥, 폐동맥 및 우심실에서 공기방울을 보았으나, 폐 압력손상에 의한 동맥공기색전증으로 인한 사망으로 보기는 어렵다고 해석했다. 두피와 어깨, 팔 등의 표피박탈 또는 피하출혈 소견은 그 양태에 비추어 사고 발생 이후 피해자를 선상으로 인양 혹은 구조하는 과정에서

초래되었을 것으로 해석했다. 결론적으로, 본 변사자의 사인은 토물 흡인과 폐출혈(old and fresh hemorrhage), 수중환경 등의 복합적인 여건에 기인한 질식사(窒息死)로 판단하였다. 폐출혈 상태와 관련하여 발생한 하강중의 과호흡이 하강장애의 원인이 되었고, 반복되는 하강 시도 중에 위(胃)의 음식물 충만과 과호흡 등이 원인이 되어 구토가 발생하였을 것으로 추정하였다.

## 고 찰

법의학자가 일상적인 검시업무에서 다이빙 사망 사고의 부검을 집도하는 것은 흔치 않은 경험이다. 다이빙 사고의 건수가 적은 탓이기도 하지만 많은 다이빙 관련사망들에 있어서 법의검시가 생략되고 있기 때문이다. 짐작할 수 있는 것처럼 잠수중 사망사고에 있어서 가장 흔한 사인은 익사이다.<sup>4)</sup> 그러나 해부소견에만 근거한 잠수중 사망에 있어서의 익사 판단은 경우에 따라서는 적극적인 사후검사가 생략된 채 사망의 임상적 경과에만 근거하여 내려지는 급성 심장사라는 사인 판단과 비슷한 상황을 야기하게 된다. 즉 익사를 초래한 선행원인을 밝히지 못한 사인 판단은 죽음을 초래한 일련의 이벤트에서 선행원인을 밝히지 못하게 되는 것이고, 이것은 사고의 실질적인 원인을 밝히지 못하는 것과 다를 바가 없다는 것이다. 그래서 Denoble 등<sup>4)</sup>은 잠수중 사망사고의 사인을 규명함에 있어 촉발원인(trigger), 불능잠수요인(disabling agent), 불능손상요인(disabling injury), 사인(COD)으로 분류하여 조사할 필요성을 주장하였다.

다이빙 중에는 상당한 신체적 활동이 요구되고 차가운 바닷물을 소량이라도 들이키게 되는 경우가 있어 호흡에 악영향이 야기될 수 있다. 심지어는 위(胃)내강의 충만이 수중에서 구토를 유발할 수도 있다.<sup>5)</sup> 여러 가지 심장질환<sup>6)</sup>은 물론 본건과 같은 비교적 가벼운 폐 병변도 잠수상황에서는 치명적인 사고의 촉발 요인이 될 수 있다. 다이빙 사고는 일련의 복잡한 정황에 기인하고, 거기에는 다이버의 훈련과 경험정도, 신체적 적합성 등이 관여할 수 있으며, 조류나 바람 등의 환경인자, 잠수장비의 기능, 심지어는 해양생물의 공격 등도 포함될 수 있다.<sup>7)</sup> 잠수에 있어서는 압축공기를 사용하기 때문에 압력손상의 위험성이 내재되어 있고, 특히 폐조직은 압력손상에 일차적으로 노출되게 되며, 그 결과 폐포손상으로 인한 폐실질내 출혈과 공기의 혈관내 유입으로 인한 공기색전증 등이 발생할 수 있다. 또한 압축공기를 이용한 잠수를 장시간 혹은 반복하는 경우에 있어서는 감압병의 형태로서 혈액속에 용해되어 있던 질소가스가 기화되면서 혈관내에 공기방울이 형성될 수도 있다. 그러나 이러한 혈관내 가스는 압력손상이나 감압실패에 의해서는 물론 미세 기포(micro gas bubbles)의 형태로 온전한 폐순환을 통해서도 발생할 수 있으며, 사망 후에라도 주변 압력이 떨어지면 과용해되었던 질소가 기포를 형성(off-gassing)할 수

있으므로,<sup>8)</sup> 동맥 공기색전증이나 감압병의 진단을 위해서는 철저한 해부소견의 확보와 함께 잠수행적에 대한 정보의 확보가 필수적이게 된다.

폐 혈철소증(pulmonary hemosiderosis)이란 여러 가지 원인에 의해 폐포내에 출혈이 발생하거나 혹은 출혈이 흡인되어 폐포 내에 혈액이 차게 되면 이를 처리하기 위한 기전으로 폐포 내에 대식세포가 동원되어 적혈구와 거기에서 유리된 혈철소(hemosiderin)를 탐식하게 되는데, 이로 인해 조직 내에 혈철소가 과다하게 존재하는 상태를 말한다. 폐 혈철소증을 초래할 수 있는 폐출혈의 원인은 다양하며, 울혈성 심부전, 사구체신염, 결체조직질환, 폐고혈압증 등이 있고, 전기한 원인들이 없이 폐출혈이 발생하여 혈철소침착이 초래되면 이를 특발성 폐혈철소증(idiopathic pulmonary hemosiderosis)이라고 부른다. 특발성 폐혈철소증의 원인 및 기전은 현재까지 밝혀져 있지 않으며, 주로 어린이와 젊은 성인에서 발생하는 것으로 알려져 있고, 주요 증상으로는 기침 혹은 각혈, 호흡곤란, 빈혈 등이 있으나, 환자가 느끼는 자각 증상의 정도와 임상 경과가 매우 다양한 것으로 알려져 있다.<sup>9,10)</sup> 본건의 경우, 부검을 통해 우연히 발견하게 된 폐포내 혈철소-탐식 대식세포(Hemosiderin-laden macrophage)의 침윤, 즉 폐 혈철소증(pulmonary hemosiderosis)에 근거하여 본 잠수사고 이전(수일에서 수주)에 폐출혈이 발생해 있었을 것으로 추정하고, 이 폐 병변이 잠수사고의 선행원인으로 작용하였을 것으로 해석하였으나, 사고 당일의 잠수활동 이전에 이 폐 병변과 관련하여 어떤 이상증상을 호소한 적이 있었는지는 확인할 수 없었다. 폐병변으로 인한 사망으로 부검 감정결론이 내려지자 자기 과실에 의한 사망으로 분류되어 수사기관의 입장에서는 더 이상의 조사를 진행할 필요성이 없어졌기 때문이라고 한다. 우리 검시제도의 한계를 여실히 보여주는 상황이 아닐 수 없다.

치명적 잠수사고는 사소한 응급상황에서의 패닉(panic), 장비조작 실수나 장비기능 불량, 알코올이나 약물의 영향, 기저 질환의 영향 등 4가지 유형으로 분류되기도 한다.<sup>11,12)</sup> 응급상황에서의 패닉이나 그로 인한 장비조작 실수 등이 치명적인 결과를 초래할 수도 있으나 이런 정황들은 구조적, 객관적으로 입증하기 어렵다는 문제를 내포하게 된다. 이와 같이 잠수중 사고를 야기하는 촉발사건(trigger event)은 부검만으로는 입증될 수 없는 경우가 많기 때문에 잠수 사망사고의 최종 결론은 경찰의 조사기록과 다이빙 장비 및 잠수행적에 대한 잠수전문가 의견, 그리고 현장정황에 대한 재구성 등을 종합하여 내려져야 한다.<sup>13)</sup> 잠수중 사망의 사인 규명을 위한 좀 더 체계적인 부검을 시행하기 위해서는 익사의 근거가 있는가, 있다면 그 선행원인은 무엇인가, 감압장애 혹은 공기색전의 증거가 있는가, 치명적 결과를 초래하였거나 촉발하였다고 볼만한 기저 질환 혹은 손상의 증거가 있는가, 알코올 등 독물학적 원인은 배제될 수 있는가 등의 질문에 답하면서 사건 상황의 재구성을 위한 유용한 정보의 확보를 위해 노력을 경주할 필요가 있다.<sup>8)</sup>

그러나 아직도 많은 나라들에 있어서 잠수사고에 대한 공식적인 보고체계가 확립되어 있지 않기 때문에, 밝혀지지 않은 다이빙 사고 증례가 매우 높을 것으로 추정된다고 한다.<sup>8)</sup> 이러한 상황은 우리나라에도 그대로 적용되어 국내 다이빙 인구에 대한 현황 파악은 물론 사고의 건수, 사고의 유형에 대한 조사자료가 빈약한 실정이나, 최근 잠수중 사망 사고의 보다 적극적인 법의학적 개입을 위해 관련 사고의 조사에 활용할 수 있는 조사표(checklist)가 제안되기도 하였다.<sup>14,15)</sup>

법의부검의 목적은 이미 발생한 사망에 대한 합리적인 원인 규명과 함께 향후 계속하여 발생할 수도 있는 또 다른 사망 사고의 예방을 위한 사례정보의 축적에 까지 미쳐야 한다. 앞서 언급한 것처럼 잠수중 사망의 가장 흔한 원인인 익사의 해부소견이 명백한 경우라 하더라도 그 선행원인을 밝히지 못하면 실질적인 사인 규명에 이르지 못한 것이라는 사실에 인식을 같이 하고 부검을 통해 의미 있는 모든 소견을 확보할 수 있도록 노력해야 하며, 이러한 해석의 전제로서 마땅히 사고 현장의 상황과 잠수행적, 잠수 경력, 잠수장비, 질병력 등에 대한 소상한 정보가 확보될 수 있도록 관계기관이 인식을 공유할 필요가 있다. 이러한 노력을 통해 사건 상황의 재구성을 위한 유용한 정보의 확보와 사인 및 사망의 종류의 판단을 위해 좀 더 구체적이고 적극적인 검사가 필요하고 이를 뒷받침할 수 있는 사회적 합의와 제도적 장치의 마련이 필요하다고 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Taylor DM, O' Toole KS, Ryan CM. Experienced, Recreational Scuba Divers in Australia Continue to Dive Despite Medical Contraindications. *Wilderness and Environmental Medicine* 2002;13:187-93.
2. Sim RJ, Youngs RP. Otolaryngological requirements for recreational self-contained underwater breathing apparatus (SCUBA) diving. *J Laryngol Otol* 2007;121:306-11.
3. Bove AA. Fitness to Dive. In: Brubakk AO, Neuman TS. *Bennett and Elliott's Physiology and Medicine of Diving*. 5th ed. Philadelphia: Saunders; 2003. p.700-17.
4. Denoble PJ, Caruso JL, Dear GL, Vann RD. Common causes of open-circuit recreational diving fatalities. *Undersea Hyperb Med* 2008;35:393-406.
5. Obafunwa JO, Busuttill A, Purdue B. Deaths of amateur scuba divers. *Med Sci Law* 1994;34:123-9.
6. Obafunwa JO, Purdue B, Busuttill A. Endomyocardial fibrosis in a scuba diving death. *J Forensic Sci* 1993;38:1215-21.
7. Haydon JR, Williamson JA, Ansford AJ, Sherif A, Shapter MJ. A SCUBA-diving fatality. *Med J Aust* 1985;143:458-62.
8. Plattner T, Thali MJ, Yen K, et al. Virtopsy - Postmortem Multislice Computed Tomography(MSCT) and Magnetic Resonance Imaging(MRI) in a Fatal Scuba Diving Incident. *J Forensic Sci* 2003;48:1347-55.
9. Ioachimescu OC, Stoller JK. Diffuse Alveolar Hemorrhage:

Diagnosing it and finding the cause. *Cleve Clin J Med* 2008;75:258-80.

10. Ioachimescu OC, Sieber S, Kotch A. Idiopathic pulmonary hemosiderosis revisited. *Eur Respir J* 2004;24:162-70.
11. Noguchi TT, Moore SM. Scuba diving fatalities. *Med Arts Sci* 1962;i6:81-7.
12. Eckert WG. Injuries from increased atmospheric pressure. In: Tedeschi CG, Eckert WG, Tedeschi LG, eds. *Forensic medicine: a study in trauma and environmental hazards*. Philadelphia: WB Saunders. 1977:636-40.
13. Luderwald S, Zinka B. Fatal diving accidents: Two case reports and an overview of the role of forensic examinations. *Forensic Sci Int* 2008;180:e1-e5.
14. Kim YS. Forensic Review of Underwater Diving-Related Death. *Kor J Legal Med* 2002;26:17-26.
15. Kim YS. Checklist for Forensic Investigation on Fatal SCUBA Diving Accidents. *Kor J Legal Med* 2009;33:107-10.