

색소첨가 익수를 이용한 사후 익수 흡입의 정도 분석을 위한 동물 실험

홍정원¹ · 최철호² · 김윤신¹

¹조선대학교 의학전문대학원
법의학교실

²국립과학수사연구원
서울과학수사연구소 법의조사과

접 수 : 2014년 1월 27일
수 정 : 2014년 2월 5일
게재승인 : 2014년 2월 19일

* 이 논문은 2013년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

책임저자 : 김윤신
(501-759) 광주광역시 동구 필문대로 309, 조선대학교 의학전문대학원 법의학 교실
전화 : +82-62-230-6998
FAX : +82-62-234-4584
E-mail : ysk007@hotmail.com

Animal Experiment for the Analysis of Postmortem Inhalation Degree by Drowning Medium Containing Methylene Blue

Jeong-Won Hong¹, Cheol Ho Choi², Youn Shin Kim¹

¹Department of Forensic Medicine, Chosun University School of Medicine, Gwangju, Korea

²Department of Forensic Medicine Investigation, Seoul Institute of Scientific Investigation, Seoul, Korea

Drowning is a leading cause of accidental deaths worldwide, but its pathological diagnosis remains a challenge for forensic pathologists owing to a lack of pathognomonic findings in drowning deaths and inconclusive autopsy findings caused by post-mortem changes. The aim of the present study was to investigate the pathway taken by inhaled drowning medium through the airway after death in a variety of experimental conditions, including underwater pressurization. We used methylene blue dye to monitor the spread of drowning medium to the lungs. Results of these experiments demonstrated that it is possible for a significant amount of drowning medium to enter the airway during immersion after death. Our results suggest that autopsies of immersed bodies and interpretation of these findings should be performed with special care.

Key Words : Drowning, Immersion, Underwater pressurization, Methylene blue, Autopsy

서 론

전 세계적으로 연간 약 15만 명이 익사로 인해 사망한다.¹⁾ 우리나라의 경우 2011년 국립과학수사연구원 본원의 법의부검 통계에 따르면, 1,437건의 외인사 중 익사는 151건으로 외인사의 10.5%를 차지하였으며, 반면에 사망의 종류를 추정할 수 없었던 사망에서는 익사가 54.2%로 압도적으로 높은 비율을 점하였다.²⁾ 이렇듯 익사는 외인사에 있어서도 높은 비중을 차지하고 있으나 사인의 판단이 어려운 경우도 많고, 특히나 사망의 종류의 판단이 불가능한 경우가 많아 검시 실무에 있어서는 물론, 사회적으로도 적지 않은 문제를 야기하게 된다. 그 이유는 익사를 확진할 수 있는 진단기법이 확립되어 있지 않음

은 물론, 수중시체의 경우 부패를 동반하는 사례가 많아서 익사 여부의 판단을 위한 법의학적 소견이 소실되어 버리기 때문에 사인 규명에 있어 극복할 수 없는 한계가 자주 야기되는 것이 현실이다.³⁾

특히 익사 후에 수중에서 부패된 시체와 다른 사인으로 사망한 후 사후에 수중에 투기된 시체의 감별은 법의학적으로 매우 민감한 업무가 되지만, 양자의 구별이 현재의 법의학적 감정 기법으로는 불가능한 실정에 놓여 있다. 이러한 한계를 극복할 수 있는 감정기법을 확립하고자 하는 노력의 하나로, 익사시체와 사후 투수시체의 감별을 위한 실험을 구상하게 되었다. 그를 위해 다양한 조건에서의 익사 상황을 가정하고 동물실험을 통해 색소(methylene blue)를 첨가한 익수(溺水)매질을 기도 내에 주입하거나 유입시켜서, 조건에 따른 익수매질의 확산 범

위와 차이를 확인함으로써 사후 조건에서 기도 내로 익수매질이 어느 정도 유입될 수 있는지를 분석하고자 하였다. 이 연구를 통해 익사와 사망 후에 수중에 투기된 시체에서 기도 내에 익수가 유입될 수 있는 가능성과 정도를 비교하고, 궁극적으로는 수중 시체의 사인 판단을 위한 객관적이고 적극적인 감정기법을 개발하는데 유용한 연구 자료를 축적해 나가고자 한다.

실험재료 및 방법

1. 실험동물 처치

9주령의 수컷 Sprague-Dawley 랫트(체중 280~320 g) 25마리를 익사군(n=5), 사후 주입군(n=5), 사후 투수 및 가압군(n=10), 음성 대조군(n=5)으로 분류하여 실험을 수행하였다. 수중 체류 시간의 차이에 따른 폐 조직 변화의 차이를 보기 위해서 사후 투수 및 가압군(n=10)은 1시간 가압군(n=5)과 24시간 가압군(n=5)으로 나누었고, 음성 대조군은 아무런 처치를 가하지 않은 대조군으로서 정상 랫트의 폐를 절제하여 폐의 무게만을 측정하였다. 실험에 사용된 익수 매질은 각 실험군의 좌우 양쪽 폐의 폐엽 별로 색소의 확산되는 정도를 육안으로 확인하기 쉽게 하기 위하여 메틸렌블루(DUSAN Reagents & Chemicals, CAS : 7220-79-3)를 첨가하였다. 익사군과 사후 주입군의 기도 내로 주입하는 익수매질은 메틸렌블루 파우더 0.1 g을 수돗물 50 ml에 용해한 후 그중 5 ml을 취하여 수돗물 45 ml에 1/10로 희석하여 사용하였다. 사후 투수 및 가압군의 압력탱크에 들어가는 익수매질은 메틸렌블루 파우더 8.0 g을 수돗물 40 l에 용해시켜서, 기도 내 주입하는 익수매질과 같은 농도의 메틸렌블루 용액을 제조하여 사용하였다. 익사군과 사후 주입군에서 기도 내로 주입하는 익수의 양은 선행연구를 통한 경험적 지식에 따라 2 ml로 하였다. 너무 많은 양이 주입되면 실험을 다 마치기도 전에 랫트가 죽어버릴 위험이 높고, 반대로 너무 적은 양이 주입되면 실험을 통해 관찰하고자 하는 변화의 정도가 불충분할 수 있기 때문이다. 마취는 랫트의 체중 300 g 당 졸레틸 0.2 ml (conc. 10 mg)를 복강 내 주사하여 마취를 유도하였으며, 본 실험은 조선대학교 동물실험윤리위원회의 심의를 거쳐 승인(CIACUC2013-A0018)을 받았다.

1-1. 익사군

마취 유도 후 경부의 피부를 세로로 절개하여 기관(氣管)을 노출한 후 메스를 이용하여 기관을 가로로 절개하고 기관 내에 카테터를 삽입하였다. 카테터를 통해 기도를 확보한 후 삽입된 카테터의 아래쪽 기관에 주사바늘을 찔러 넣고 주사기로 색소가 첨가된 익수매질 2 ml를 기도 내로 주입하였다. 이후 1회 환기량이 약 2.3 ml가 되도록 조작된 기계호흡기(ventilator,

SAR-830, CWE, INC. USA)를 카테터에 연결하여 실험동물의 호흡을 5분간 유지시키면서 심장박동이 유지되고 있음을 확인하였다. 이렇게 5분 동안 심장박동과 호흡을 유지시킨 후, 경추탈구법을 통해 실험동물을 희생시키고, 심장박동과 호흡이 정지된 것을 재차 확인한 후, 랫트의 폐 변화를 육안적으로 관찰하면서, 폐 조직을 절제하였다.

1-2. 사후 주입군

사후 주입군은 마취 유도 후 경추탈구법을 통해 실험동물을 희생시켜 심장박동과 호흡이 정지된 것을 확인한 후, 즉 사후에 랫트의 경부를 절개하여 기관을 노출시키고, 익사군과 동일한 방법으로 기관 내에 카테터를 삽입하였다. 마찬가지로 삽입된 카테터의 아래쪽 기관에 주사 바늘을 찔러 넣고 색소 첨가 익수 2 ml를 기도 내로 주입하였다. 이때 일정한 속도로 부드럽게 주입되도록 주의하면서 실험동물의 폐에 불필요한 손상이나 이상 변화가 초래되지 않도록 하였고, 익수 주입 후 5분 이상 방치하였다가 랫트의 폐 조직을 절제하였다.

1-3. 사후 투수 및 가압군

마취 유도 후 경추탈구법을 통해 실험동물을 희생시켜 심장박동과 호흡이 정지된 것을 확인한 후, 색소를 첨가한 익수매질을 가득 채워둔 가압탱크에 랫트를 가라앉히고 수심 10 m와 같은 압력이 가해지도록 가압탱크를 조작하였다. 가압탱크(Y-스쿠바, 한국)는 자체적으로 주문 제작하였으며 수심 0~70 m까지 환경설정이 가능하며 탱크의 크기는 지름 30 cm, 높이 60 cm로 탱크의 용량은 최대 42 l 이고 최대 가용 압력은 9 atm (0.912 MPa)이다(Fig. 1). 본 실험에서 적용한 압력은 2

가압장치 (모델명: Y-wpt12)

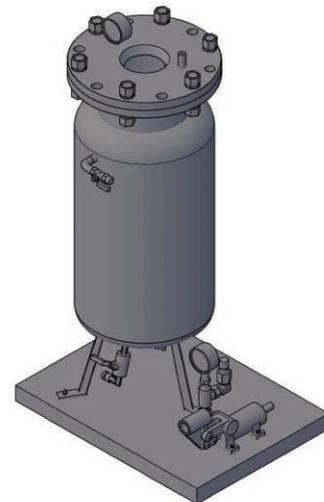


Fig. 1. Compression tank was used to simulate the condition of underwater 10 m depth.

atm (0.196 MPa)으로 대기압 1 atm과 수압 1 atm의 함으로 실질적으로 수심 10 m에서 인체에 가해지는 압력 조건을 가정하고 실험하였다. 실험군별로 1시간과 24시간 동안 압력을 가한 후 각각 압력을 해제하고 랫트를 가압탱크에서 꺼내어 흉곽을 열고 랫트의 폐 조직을 절제하였다.

2. 익수매질의 확산 범위 측정

폐 조직을 절제한 다음 폐에서 색소에 의한 착색이 일어난 정도를 육안으로 관찰하고 기록하였고, 절제된 폐 조직의 무게를 측정하였다. 염색의 범위 판정은 전체 폐의 1~25% 범위에서 착색되었을 경우를 1+로 하고, 26~50% 범위를 2+, 51~75% 범위를 3+, 76% 이상의 범위에 착색되었을 경우를 4+로 하여 확산 정도를 분류하였다. 확산되는 정도를 확인한 폐 조직은 10% 중성 포르말린 용액에 6시간 이상 고정하였다. 고정된 폐 조직은 다시 육안 관찰을 통해 착색의 범위와 정도를 한 번 더 확인했고, 이어 단엽으로 이루어진 왼쪽 폐의 중앙 부위를 세로방향으로 절단하여 단면에서의 익수 매질의 확산 범위를 재차 확인하였다. 또한, 염색 색소에 의한 폐 조직의 염색 범위를 현미경적으로 확인하기 위해 통상의 조직검사방법을 통해 H&E 염색을 시행하였고, 그 결과를 관찰하였다.

결 과

1. 익사군

익사군의 폐 무게는 평균 1.46 g (1.4 g~1.5 g)으로 측정되었다. 육안 관찰을 통해 본 익수매질의 확산 정도는 5예 모두에서 전체 폐 조직의 1~25% (1+) 수준을 보였다. 포르말린에 고정하기 전에는 착색 부위의 확인이 어려웠으나, 고정 후에는 오히려 착색된 부위가 더 뚜렷하게 관찰되어 확산의 범위를 측정하기가 더 용이해지는 경향을 보였다. 착색 범위는 5마리 전 부에서 (1+) 수준으로 제한되어 나타났지만, 등쪽(dorsal) 가슴막보다는 가슴쪽(ventral) 가슴막에서 더 현저한 착색을 보였고, 일부에서는 가슴쪽 가슴막의 국한된 범위에서 원형의 착색이 관찰되었다(Figs. 2, 3). 왼쪽 폐의 절단면에 대한 검사에서는, 착색의 범위가 25% 이내(1+)로 제한된 범위에 그쳤지만, 특징적으로 폐실질내 기관지를 중심으로 주변 폐 조직에 집중되어 착색이 관찰되었다(Fig. 4). 실험군별 폐 무게, 착색의 정도 등에 대한 결과는 Table 1에 요약하였다.

2. 사후 주입군

폐의 무게는 평균 3.34 g (3.0 g~3.8 g)으로 측정되었고, 이는 익사군에 비해 현저한 증가를 보였다. 익수매질의 확산 정

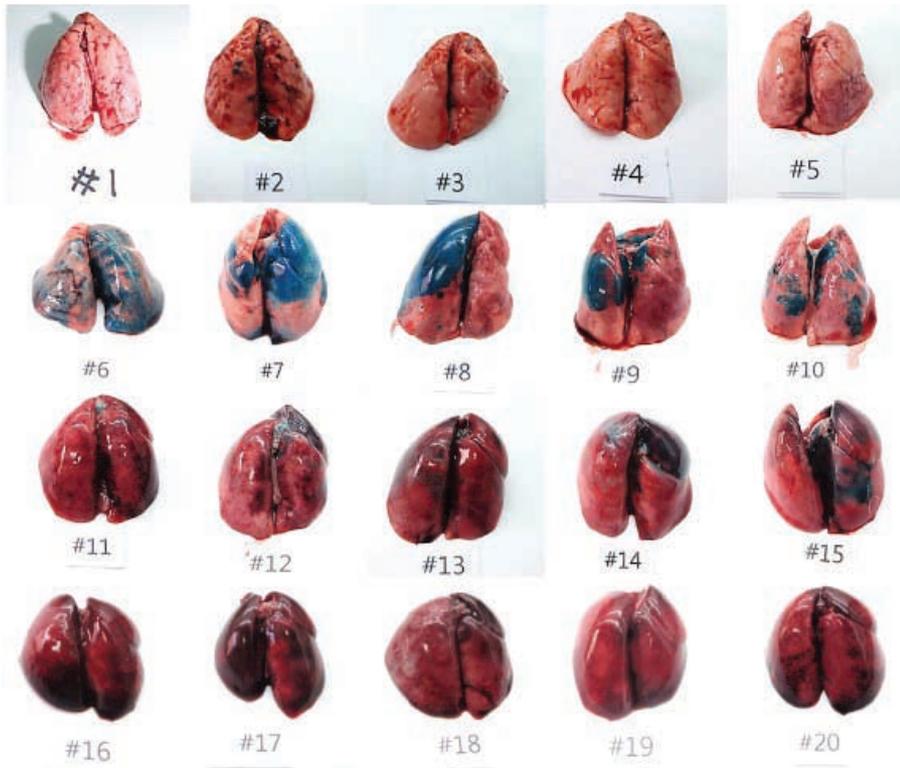


Fig. 2. Gross appearance of the animal lungs shows very different grade of dye diffusion depending on the experimental conditions.



Fig. 3. Ventral surface of animal lungs shows similar pattern and grade of dye diffusion compared to dorsal surface on the experimental conditions (after formalin fixation).

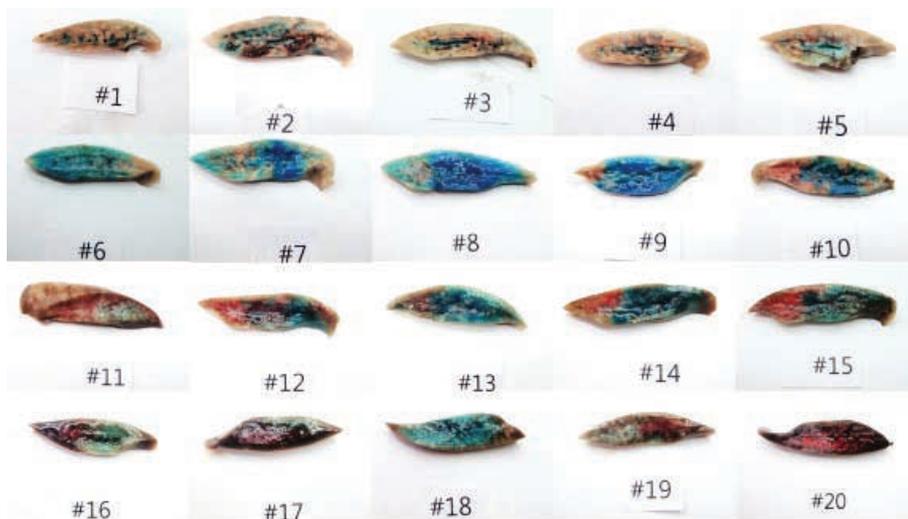


Fig. 4. Longitudinal section of the left lungs shows more clear-cut comparison of dye diffusion on the experimental conditions (after formalin fixation).

도는 5례 모두에서 전체 폐 조직의 26~50% (2+) 이상을 나타냈고, 한 예(#7)에서는 51~75% (3+), 또 다른 한 예(#6)에서는 76% 이상(4+)의 착색 범위를 보였다. 역사군과는 달리 착색된 부위가 포르말린에 고정하기 전부터 비교적 뚜렷하게 관찰되었다. 실험 랫트 6번은 양쪽 폐의 전반에 걸쳐 고른 착색을 보였으나, 실험 랫트 7번에서는 좌폐에 비해 상대적으로 우폐의 착색이 더 현저하였고, 반면 실험 랫트 8번과 9번은

좌폐에 착색이 집중되었으며, 실험 랫트 10번은 다른 것들에 비해 착색의 범위가 작았지만 양쪽 폐에 걸쳐 상대적으로 고른 착색을 보였다. 즉, 익수 매질의 확산되는 범위나 정도, 혹은 부위가 같은 실험조건 내에서도 일관성 있게 이루어지지 않았다. 이러한 결과는 아마도 익수의 주입과정에서 압력에 의해 특정 부위에 집중되거나 인위적인 손상이 발생하는 것을 막기 위해 부드러운 압력으로 주입했다고는 하지만 먼저 물줄기의 흐름

Table 1. The Summarization of Experimental Result by Groups

No.	Group	Weight		Grade
		Body	Lung	
1	Drowning group	291.0	1.4	1+
2		286.4	1.5	1+
3		284.3	1.5	1+
4		301.7	1.4	1+
5		293.2	1.5	1+
	Average	291.3	1.46	
6	PM* intratracheal instillation group	293.5	3.0	4+
7		307.2	3.2	3+
8		297.3	3.3	2+
9		284.0	3.4	2+
10		288.5	3.8	2+
	Average	294.1	3.34	
11	PM submersion group for 1hr	287.2	3.8	1+
12		289.0	3.4	2+
13		294.4	3.7	2+
14		282.0	3.5	2+
15		290.5	3.7	2+
	Average	288.6	3.62	
16	PM submersion group for 24hr	304.3	2.6	1+
17		290.6	3.0	1+
18		291.5	2.4	2+
19		284.0	2.4	1+
20		290.6	3.2	1+
	Average	292.2	2.72	
21	Negative group	289.2	1.5	0
22		311.7	1.6	0
23		306.0	1.4	0
24		294.0	1.3	0
25		302.5	1.4	0
	Average	300.7	1.44	

*PM: Postmortem

이 형성된 기도 부분으로 익수가 집중되었을 가능성 때문이라고 생각된다.

3. 사후 투수 및 가압군

3-1. 1시간 가압군

1시간 가압군의 폐 무게는 평균 3.62 g (3.4 g~3.8 g)으로 측정되었다. 이는 사후 주입군 보다는 약간 더 무겁고, 익사군 보다는 훨씬 더 현저한 증가를 보였다. 외견상 전반적으로 폐가 더 붉고 단단해 보였으며, 이는 폐출혈과 폐부종을 시사하는 소견으로 생각되었다. 착색의 정도는 4건에서 폐 조직의 26~50% (2+) 수준을 보였고, 한 건(#11)에서만 1~25% (1+)의 착색을 보였다. 착색 부위의 확인은 포르말린 고정 후에 관찰이 더 용이해졌으며, 일부에서는 폐실질의 착색을 넘어서 흉선(#14)과 횡격막(#15)까지 착색되기도 하였다.

3-2. 24시간 가압군

폐의 무게는 평균 2.72 g (2.4 g~3.2 g)으로 측정되었다. 이는 익사군 보다는 높지만, 사후 1시간 가압군 보다 훨씬 낮은 무게였다. 육안검사상, 사후 투수 및 1시간 가압군과 유사하게 폐의 출혈과 부종이 관찰되었고, 조직학적 검사에서도, 폐포 내 출혈과 부종, 혈관의 울혈이 확인되었다(Fig. 5A, B). 착색의 정도는 4건에서 전체 폐 조직의 1~25% (1+)의 소견을 보여 사후 투수 및 1시간 가압군보다 낮았지만, 한 건(#18)에서는 폐 조직의 26~50% (2+) 범위에서 착색을 보였다.

4. 음성 대조군

아무런 처치를 하지 않은 실험군으로, 폐의 무게는 평균 1.44 g (1.3 g~1.6 g)으로 측정되었다.

고 찰

익사의 진단은 폐의 특이적인 육안적 소견 및 조직학적 변화 등의 부검 소견을 바탕으로 한다. 이러한 소견으로는 기도 내 포말괴, 폐기종과 수성 폐부종, 늑골의 압흔, Paltauf 반점, 폐 무게의 증가 및 가슴막 삼출액의 증가 등이 있으며,⁴⁾ 익수 흡인으로 인한 현미경적 변화로는 폐포 내 부종과 폐포강 확장 등이 익사의 특징적인 소견으로 보고되고 있다.⁵⁾ Lunetta 등⁶⁾은 익사로 추정되는 578건의 부검 증례에 대한 분석을 통해 익사의 98.6%에서 익수 흡인의 증거가 폐에서 발견되었다고 하면서, 따라서 익수의 흡인에 대한 증거가 반드시 있어야만 익사로 진단할 수 있고, 궁극적으로는 사후 투수의 경우 폐로 물의 유입이 어려울 것이라고 주장하였다.

그러나 본 실험에서 폐 조직 내 색소의 착색 결과를 관찰하였을 때, 익사군에서 보다는 사후 주입군에서 착색이 더 현저하였고, 그 범위 또한 상대적으로 더 넓다는 점을 확인할 수 있었다. 더욱이 색소를 첨가한 익수매질에 사후에 투기할 실험군에서 조차도 색소에 의한 착색이 폐 조직에 발생하였고, 또한, 그 정도도 익사군에 비해 넓거나 최소한 비슷한 정도를 보여주었다. 사후 투수군 내의 비교에 있어 24시간 가압군에 비해 1시간 가압군에서 상대적으로 착색의 정도가 더 현저한 것은 아마도 침수 과정에서의 시간 경과에 따른 물리적 변화가 착색의 정도에 영향을 미치고 있을 것으로 추정된다.

익사군의 폐에서 착색의 정도가 오히려 사후 주입군에 비해 제한되는 이유를 설명함에에서는, 불과 5분여의 시간 경과에 불과하지만 익수의 주입 과정에서 그동안에도 기도 내로 유입된 색소 첨가 익수에 대해 즉각적인 생체 반응이 일어나 색소를 처리하고 있음을 시사해 준다고 해석된다. 이러한 해석은 익사군에서 메틸렌블루가 큰 기관지 쪽에만 현저하게 남아 있는 점, 그리고 투여된 익수매질 만큼의 폐 무게 증가가 없는 점 등

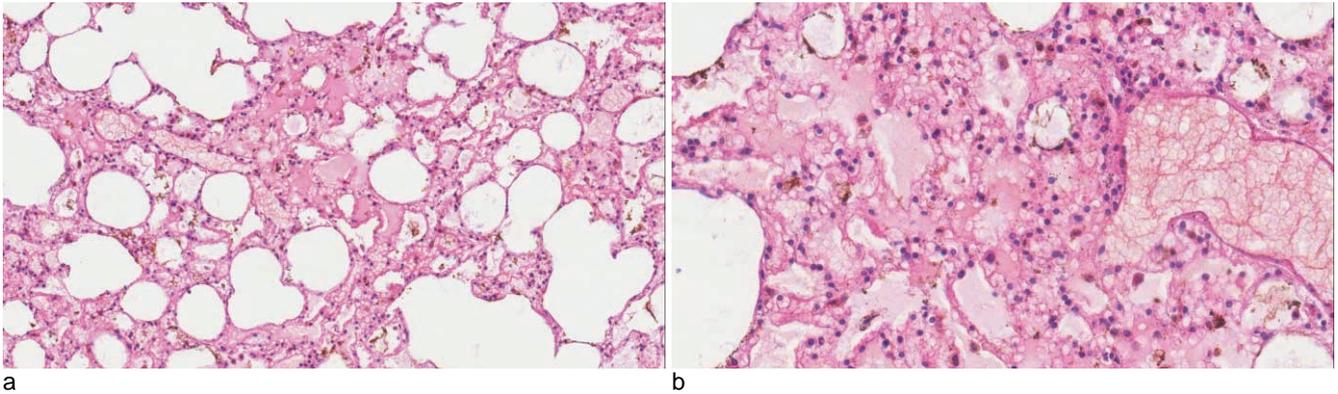


Fig. 5. The photograph of histology reveals alveolar edema, alveolar hemorrhage and vascular congestion in the rat's lung which is immersed and pressurized after death (H & E, a: $\times 200$, b: $\times 400$).

에 의해 뒷받침되고 있다고 생각된다. 또한, 사후 주입군의 경우에는 기도 내로의 익수의 유입이 양압에 의해 밀려들어 갔거나 흘러들어간 반면에, 사후 투수군의 경우는 폐포 실질 내 공기 공간에 수압이 작용함으로써 음압이 형성되었고, 그로 인해 익수가 빨려 들어가게 되고, 더불어 그러한 음압이 폐혈관의 울혈이나 폐부종, 폐포 내 출혈 등의 의미 있는 변화를 초래하게 되었을 것으로 해석된다.

이러한 결과를 통해 볼 때, 사후 투수된 상황에서도 수압 등의 수중 환경의 영향에 의해 사망자의 기도 내로 충분한 정도의 익수의 유입이 발생할 수 있음을 알 수 있고, 부검을 통한 익사의 판단 과정에서 그 소견의 해석에 얼마나 더 신중해야 하는지, 아울러 부검을 통한 익사의 진단이 왜 그렇게 어려운 과제였는지를 뒷받침해주는 근거라 할 수 있다 하겠다.

폐 무게 측정의 경우도 마찬가지이다. 폐의 무게는 사후 투수 1시간 가압군에서 가장 무거웠고, 이어 사후 주입군, 사후 투수 24시간 가압군, 익사군의 순으로 무게가 작아졌다. 사후 주입군의 폐 무게는 평균 3.34 g이었고 이는 사후 기도 내로 주입한 익수매질 2 ml이 그대로 반영된 것으로 보인다. 반면 사후 투수 1시간 가압군의 폐 무게는 평균 3.62 g으로 측정되었고, 이를 통해 볼 때, 사후에 투수된 상황에서도 수압 등에 의한 익수의 유입량이 인위적으로 익수를 주입한 상황과 비슷한 수준 혹은 그 이상에 이를 수 있음을 보여준다. 이 결과는 익수의 흡인에 따른 폐 무게의 변화 소견을 익사의 지표로서 단순 적용하는 것에는 명백한 한계가 있음을 증명해주고 있다고 생각된다. 아울러 이러한 결과를 단순한 수치만으로 비교하여 익수의 유입이 익사군보다 사후 주입군이나 사후 투수군에서 더 많았다고 해석해서는 곤란하다는 것이다. 저자들의 선행 연구 결과에 따르면⁷⁾ 해수 익사와는 달리 담수에 의한 익사의 경우, 음성 대조군의 폐 무게와 담수 익사군의 폐의 무게는 유사한 수준을 보였으며, 이와 마찬가지로 본 실험에서도 익사군의 폐의 무게는 평균 1.46 g으로 음성 대조군의 평균 폐 무게 1.44g과 큰 차

이가 없었다. 2 ml의 익수를 기도 내로 주입한 익사군에 있어서 대조군의 폐 무게 측정 결과에 비추어 주입된 익수 만큼의 무게가 반영되지 않는 무게를 보이는 점은 색소 착색 결과의 해석과 마찬가지로 익사의 과정에서 유입된 익수에 대한 생체 반응이 즉각적으로 시작되고 있음을 시사한다고 해석된다. 그러한 해석은 사후에 기도내로 2 ml의 익수를 주입한 사후 주입군의 폐 무게를 볼 때, 대조군의 폐 무게에 익수의 무게를 더한 값과 유사한 수치를 보이고 있음을 통해 뒷받침되고 있다. 그러나 사후 투수 후 1시간 가압군의 폐 무게가 사후 주입군의 폐 무게보다 더 무겁다는 점은 더욱 놀랍다. 사후에 수중에 투기 되는 것만으로도 수압 등의 영향에 의해 기도 내로 익수가 유입될 수 있음을 여실히 보여주고 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고 1시간 가압군에 비해 24시간 가압군의 폐 무게가 더 낮다는 점은 이 또한 착색의 경우와 마찬가지로 수중 환경에서의 시간의 경과 등 물리적인 영향이 시체 소견에 일정한 변화를 초래할 수 있는 가능성을 제기하고 있다고 해석된다. 이러한 결과를 근거로 할 때, 최소한 담수 익사의 경우에는 폐 무게가 익사 판정의 진단적 소견으로 단순 적용되어서는 안 된다는 점을 보여주고 있다.

조직학적 검사에 있어서도, 사후 투수군에서 폐부종 및 울혈, 폐출혈의 소견(Fig. 5A, B)이 확인되었다. 실험의 설계상 사후에 충분한 시간 간격을 두지 않은 상태에서 가압탱크에 실험동물을 넣고 가압조작을 했기 때문에, 불과 한 시간 남짓의 사후 시간 경과를 두고 익수와 압력에 노출시킨 결과이므로 그 해석에 한계가 없지는 않을 것이나, 죽음 이후에도 사후경과가 짧다면 본 실험의 결과에서 보여주는 것처럼 폐출혈과 폐부종 같은 익사의 소견이 초래될 수 있다는 것이고, 수중환경에 따른 압력 등의 영향이 우리가 예상했던 것보다 더 크고 민감한 변화를 초래할 수 있을 것으로 추정된다. 그러나 안타깝게도 염색(H&E)한 조직슬라이드에서는 물론 염색하지 않은 조직슬라이드(unstained slide)에서도 메틸렌블루에 의한 폐실질 조

직의 직접 염색은 관찰되지 않았다. 이는 아마도 조직의 처리 과정에서 메틸렌 블루가 씻겨나가 버린 결과로 추정된다.

본 실험을 통해, 사후에도 시체의 기도를 통해 익수가 유입될 수 있다는 점을 확인하였고, 그 정도가 오히려 순수한 익사의 경우에서보다 더 뚜렷할 수도 있으며, 그로 인해 초래되는 시체소견의 차이 또한 익사의 진단에 충분히 영향을 미칠 수 있는 정도에 이를 수 있음이 확인되었다. 또한, 사후 투수군에 있어 1시간 가압군보다 24시간 가압군에서 색소의 확산 정도가 더 작고 폐의 무게 또한 더 낮은 점은 사후 경과시간이 익사 소견의 출현 혹은 소실에 일정한 영향을 미칠 수 있는 가능성을 제기해 준다. 더불어 익사군에서 색소 착색의 정도가 오히려 낮고, 폐 무게의 증가가 주입된 익수의 양을 온전히 반영하지 못하는 점은 익사의 과정에서부터 즉각적인 생체반응이 일어나고 있으며, 이러한 반응은 당연히 익사에 대한 시체소견에도 일정한 영향을 미치게 될 것임을 시사해준다.

결론적으로, 익사의 진단을 위해 적용되어 왔던 폐의 조직학적 소견의 진단적 가치에 대해 심각한 고민과 재검토가 필요할 것으로 생각된다. 이처럼 수압 등을 포함한 수중환경의 영향이 시체소견에 중대한 변화를 일으킨다면 앞으로 수중시체의 사인 판단을 위해서는 해수, 담수의 구분, 수중 체류시간은 물론 수중압력에 의한 영향을 대변할 수 있는 시체의 발견 수심 등에 대한 정보가 종합되어야 할 필요성이 더욱 높아진다 하겠다. 특히 사후에도 기도 내로의 익수의 유입이 가능하다면, 익

사의 진단을 위한 구조검사의 해석에서도 더 엄격한 기준이 마련되어야 하겠다.

참 고 문 헌

1. Layon AJ, Modell JH. Drowning: Update 2009. *Anesthesiology* 2009;110:1390-401.
2. Na JY, Park JP, Choi MS, et al. The statistical analysis of legal autopsies in 2011. *Korean J Leg Med* 2012;36:165-73.
3. Ludes B, Quantin S, Coste M, et al. Application of a simple enzymatic digestion method for diatom detection in the diagnosis of drowning in putrified corpses by diatom analysis. *Int J Legal Med* 1994;107:37-41.
4. Fornes P, Pépin G, Heudes D, et al. Diagnosis of drowning by combined computer-assisted histomorphometry of lungs with blood strontium determination. *J Forensic Sci* 1998;43:772-6.
5. Piette MH, De Letter EA. Drowning: still a difficult autopsy diagnosis. *Forensic Sci Int* 2006;163:1-9.
6. Lunetta P, Modell JH, Sajantila A. What is the incidence and significance of "dry-lungs" in bodies found in water? *Am J Forensic Med Pathol* 2004;25:291-301.
7. Hong JW, Lim SC, Kim YS. Comparison of pathologic findings by seawater or freshwater drowning on the experimental animals. *Korean J Leg Med* 2013;37:119-28.