



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2015년 2월  
박사학위 논문

# 수중시체의 사인규명을 위한 검시의학적 접근 -동물실험을 통한 분석-

수중시체의 사인규명을 위한 검시의학적 접근  
-동물실험을 통한 분석-

조선대학교 대학원

바이오신약개발학과

홍정원

# 수중시체의 사인규명을 위한 검시의학적 접근 -동물실험을 통한 분석-

A Forensic Approach to Investigation of Cause of Death for  
the Immersed Bodies  
-Analysis of animal experiment-

2015년 2월 25일

조선대학교 대학원

바이오신약개발학과

홍정원

# 수중시체의 사인규명을 위한 검시의학적 접근 -동물실험을 통한 분석-

지도교수 김 윤 신

이 논문을 바이오신약개발학과 박사학위신청 논문으로 제출함

2014년 10월

조선대학교 대학원

바이오신약개발학과

홍 정 원

## 홍정원의 박사학위 논문을 인준함

심 사 위 원 장 조선대학교 교수 임 성 철 (인)

심 사 위 원 조선대학교 교수 이 미 자 (인)

심 사 위 원 조선대학교 교수 홍 란 (인)

심 사 위 원 서남대학교 교수 김 철 승 (인)

심 사 위 원 조선대학교 교수 김 윤 신 (인)

2014년 12월

조선대학교 대학원

## 목 차

List of Tables .....	iv
List of Figures .....	v
ABSTRACT .....	vii

### I. 서 론

A. 연구의 배경 .....	1
B. 익사의 정의 .....	3
C. 익사의 기전 .....	3
D. 익사의 경과 및 시체 소견 .....	4
E. 연구의 필요성 .....	5

### II. 실험재료 및 방법

A. 실험동물 .....	7
B. 해수와 담수 조건에서의 익사실험 .....	7
1. 익수매질 .....	7
2. 익사모델 및 수중 체류 시간에 따른 차이 .....	8
3. 익사모델 및 수압에 따른 차이 .....	8
4. 분석방법 .....	9
a. 가슴막 삼출액 발생 여부 관찰 및 측정 .....	9
b. 폐 장기의 육안 검사 및 폐 중량 측정 .....	9
c. 조직학적 검사 .....	10
d. Western blot 분석 .....	10
(1) CD163, CD68 단백질 발현 정도 측정 .....	10
(2) Pulmonary SP-A 단백질 발현 정도 측정 .....	11

C. 색소침가 담수 익수를 통한 익사와 사후투수의 폐 변화 .....	11
1. 음성대조군 .....	11
2. 익수 매질 .....	12
3. 익사군 .....	12
4. 사후 주입군 .....	12
5. 사후 투수 후 가압군 .....	13
6. 익수 매질의 확산범위 측정 .....	13

### III. 결과

A. 해수와 담수 조건에서의 익사실험 .....	14
1. 가슴막 삼출액의 발생량 분석 .....	14
a. 해수 조건 .....	14
b. 담수 조건 .....	14
2. 폐 중량의 변화 분석 .....	15
a. 해수 조건 .....	15
b. 담수 조건 .....	16
3. 폐의 육안적, 조직학적 소견 .....	16
a. 해수 조건 .....	16
b. 담수 조건 .....	17
4. 각 실험군의 단백질 발현 양상 .....	18
a. 각 조건에 따른 CD163/ CD68의 발현 양상 .....	18
(1) 해수 조건 .....	18
(2) 담수 조건 .....	19
b. 각 조건에 따른 pulmonary SP-A의 발현 양상 .....	20
(1) 해수 조건 .....	20
(2) 담수 조건 .....	20

B. 색소첨가 담수 익수를 통한 익사와 사후투수의 폐 변화 .....	20
1. 음성대조군 .....	20
2. 익사군 .....	21
3. 사후 주입군 .....	21
4. 사후 투수 후 가압군 .....	22
a. 1시간 가압군 .....	22
b. 24시간 가압군 .....	22
IV. 고찰 .....	24
V. 결론 .....	29
참고문헌 .....	30



## List of Tables

Table 1. Summary of histologic findings of lung according to experimental conditions (seawater) .....	34
Table 2. Summary of histologic findings of lung according to experimental conditions (freshwater) .....	35
Table 3. Summary of experimental result of dye diffusion in lung by groups .....	36

## List of Figures

Fig. 1. Compression tank was used to simulate the condition of underwater 10 m depth. ....	37
Fig. 2. Thoracic cage is opened to examine the volume of pleural effusion in seawater group. ....	38
Fig. 3. Histogram shows the difference of pleural effusion volume depending on the experimental conditions in seawater group. ....	39
Fig. 4. Thoracic cage is opened to examine the volume of pleural effusion in freshwater group. ....	40
Fig. 5. Histogram shows the difference of pleural effusion volume depending on the experimental conditions in freshwater group. ....	41
Fig. 6. Histogram shows the difference in lung weight depending on the experimental conditions in seawater group. ....	42
Fig. 7. Histogram shows the difference in lung weight depending on the experimental conditions in freshwater group. ....	43
Fig. 8. Photograph shows a dorsal surface of the lung on the gross examination. ....	44
Fig. 9. Histologic section of lung tissue shows alveolar edema, perivascular edema, alveolar hemorrhage, bronchiolar hemorrhage, atelectasis or emphysema. ....	45

Fig. 10. Expression level of CD163, CD68 and pulmonary SP-A in lung tissue is analyzed by Western blot. .... 46

Fig. 11. Gross appearance of the lung shows the different grade of dye diffusion depending on the experimental conditions. .... 47

Fig. 12. Ventral surface of lung shows a similar pattern and grade of dye diffusion compared to dorsal surface on the experimental conditions. .... 48

Fig. 13. Longitudinal section of the left lung shows more clear-cut comparison of dye diffusion on the experimental conditions. .... 49

Fig. 14. The photograph of histology reveals alveolar edema, alveolar hemorrhage and vascular congestion in the lung of rat which is immersed and pressurized after death. .... 50

## ABSTRACT

### A Forensic Approach to Investigation of Cause of Death for the Immersed Bodies -Analysis of animal experiment-

Jeong-Won Hong

Adviser : Prof. Youn Shin Kim M.D.

Department of Bio New Drug Development

Graduate School of Chosun University

To investigate the cause of death and the dying process in forensic pathology, it is essentially important not only to find morphological evidence but also to analyze biochemical markers of systemic responses to trauma including central nervous, cardiac and pulmonary dysfunctions. Death by drowning is a major cause of unnatural death worldwide. Examination of the immersed bodies is a critical task in the forensic practice because there are no absolutely specific methods to establish the diagnosis of drowning. As an effort to overcome this

obstacle, this study was a series of animal experiment to compare autopsy findings between seawater and fresh water drowning, including presence of pleural effusion and histologic findings of the lung. And this study was a series of study to investigate the pathologic findings by drowning medium through the airway before and after death in some experimental condition. For this purpose methylene blue dye was used to examine the spread of drowning medium to the lungs. The results was as follows: 1) the volume of pleural effusion was more in seawater drowning group than that of fresh water drowning and it was increased by postmortem interval, 2) the weight of lung was affected by type of drowning medium and postmortem interval, 3) histologic findings of lung showed no significant difference by type of drowning medium, and 4) the significant amount of drowning medium could enter into the airway while being immersed after death. It strongly suggests that these may affect the findings for the diagnosis of drowning.

# I. 서론

## A. 연구의 배경

전 세계적으로 익사로 인한 사망은 매년 약 45만 명에 달할 것으로 추산되고 있고,<sup>1)</sup> 비의도적 사고로 인한 사망원인으로서 교통사고에 이어 두 번째 순위를 차지하고 있는 중요한 사인의 하나이자, 사인 규명과 관련하여 심각한 사회적 문제가 야기 되고 있다.<sup>2)</sup>

우리나라 역시 마찬가지이다. 국내 통계청의 자료에 따르면 사고성 사망의 원인으로는 운수사고로 인한 사망이 가장 높게 나타나고 있으며, 추락사와 익사가 그 뒤를 잇고 있다.<sup>3)</sup> 특히 어린이의 사고성 사망 원인에 있어서는 운수사고(42.7%) 다음으로 익사(20.0%)가 주요 사망 원인을 차지하였다.<sup>4)</sup> 많은 사람들이 익사를 여름철 한 시기의 안전문제 정도로 치부하는 경향이 있지만, 검시실무상 익사로 인한 사망은 그 상황이 매우 다양하고, 경우에 따라 범죄나 보험분쟁 등 심각한 사회적 문제를 내포하고 있는 경우가 적지 않다. 2011년 국립과학수사연구원 본원의 법의부검 통계에 따르면 1,437건의 외인사 중 익사는 151건으로 전체 외인사의 사망건 중 10.5%를 차지하였으며, 반면에 자살로 인한 사망인지, 타살에 의한 사망인지, 사고사로 인한 사망인지의 구별, 즉 사망의 종류를 추정할 수 없었던 사망건 중에서는 익사가 54.2%로 압도적으로 높은 비율을 차지하였다.<sup>5)</sup> 이렇듯 익사는 외인사에 있어서도 높은 비율을 차지하고 있으며, 사인의 판단이 어려운 경우도 많고, 특히 ‘사망의 종류’ 판단이 불가능한 경우가 많아 검시 실무에 있어서는 물론, 사회적으로도 적지 않은 문제를 야기하게 된다.

이러한 사례로는 최근 언론에서 집중 보도되었던 이른바 ‘홍천강 살인사건’이 있다. 그 사건의 부검 결과, 시체에서 익사의 증거와 함께 목이 졸린 흔적이 동시에 발견되어 논란을 야기하였고, 결국 수중에서 경부의 압박과 함께 초래된 익사의 가능성이 인정되면서 법원은 여러 정황을 종합하여 보험금을 노린 남편의 계획된 살인으로 결론내린 바 있다. 이렇듯 익사와 관련된 법적 갈등이나 사회적 논쟁은 살인 사건과 같은 주요 강력 사건에만 연루되는 것

이 아니고, 종종 보험금 지급과 관련하여 보험회사와 분쟁이 발생하기도 한다. 예를 들자면, 과음 상태에서 대중목욕탕을 이용하던 중 탕내에서 사망한 사건의 경우에서처럼 상해사망보험금의 지급 책임과 관련해서 유가족과 보험회사 사이에 분쟁이 발생하기도 한다. 해당 사건의 부검감정서에 의하면 「양측 폐가 팽대되어 있고 폐 기관지와 기도에서 다량의 포말을 보는 등 익사 때 볼 수 있는 일반적인 소견들이 인정되며, 외표 검사상 사인이 될 만한 손상이 없고, 내경 검사상 우측 전두부에 국소적인 두피하출혈이 있으나 사인으로 단정할 만한 손상으로 보기 곤란하여 사인을 익사로 추정」 한다고 하였다. 덧붙인 참고사항에는 「보통의 성인이 목욕탕의 열탕에서 익사하기는 어렵다는 상황을 감안할 때, 부검 소견상 심장에서 고도의 관상동맥경화 소견을 보이고, 혈중 알코올이 중등도 명정상태로 검출되는 바, 변사자가 주취상태에서 허혈성 심장병의 증상이 발생하여 지구력을 상실하였을 가능성을 고려해 볼 수 있다」 고 기술하였다.<sup>6)</sup> 이에 유가족은 급격하고 우연한 외래의 사고에 해당하므로 상해사망보험금 및 장례비를 지급해야 한다고 주장하였고, 반면에 보험사는 부검 결과에서 망자에게 고도의 관상동맥경화 소견이 나타난 바와 같이 망자는 목욕 중 본인의 체질적 사유로 쓰러져 익사한 것이므로 상해사망 보험금 지급책임이 없다고 주장하였다. 결국 법원은 피보험자의 사인은 국립과학수사연구소의 부검결과 익사로 추정되고, 달리 반증이 없는 한 급격하고 우연한 외래의 사고로 인한 사망에 해당한다고 판시하면서 보험금 지급을 명하였다.

이들 두 사건에서 주목할 만한 공통점은 재판부의 판결결과가 시체에 대한 부검 결과, 즉 법의학적 감정결론에 절대적으로 의존하고 있다는 점이다. 이는 익사의 진단을 위한 법의학적 소견이 얼마나 중요한지를 단적으로 입증해 주고 있는 셈이다. 그러나 앞서 말한 바와 같이 익사를 진단하는 일은 여전히 어려운 과제로 남아있다. 그 이유는 익사를 확진할 수 있는 진단기법이 확립되어 있지 않음은 물론, 수중시체의 경우 부패를 동반하는 사례가 많아서 익사 여부의 판단을 위한 법의학적 소견이 소실되어 버리는 사례가 빈발하여 사인 규명에 있어 극복할 수 없는 한계가 자주 야기되고 있기 때문이다.<sup>7)</sup> 이러한 한계를 극복하기 위해서는 적극적이고 과학적인 대응 방안이 필요하다.

## B. 익사의 정의

익사의 정의는 매우 다양하다. 문헌조사에 따르면 1966년부터 2002년까지 익사에 관련된 논문은 약 6000개 이상 발표되었고, 그 중 800개의 논문을 조사하고 비교한 결과, 최소 20개 이상의 논문에서 익사의 정의가 다르게 언급되고 있다고 보고되었다.<sup>8)</sup> 이와 같이 익사의 정의는 병태생리, 치료, 진단, 예후, 역학 중 어느 부분에 중점을 두느냐에 따라 다양하게 규정될 수 있다. Golden 등<sup>9)</sup>은 진단과 치료에 초점을 맞추어 침수로 인한 질식사로 익사를 정의하기도 하였고, Cass 등<sup>10)</sup>은 위험인자에 초점을 맞추어 익사를 침수로 인한 비의도적인 죽음으로 규정하였다. 그 중 가장 일반적으로 받아들여지는 정의는 Roll<sup>11)</sup>에 의해 제시된 것으로, 익사란 익수매질에 의해 입과 코가 막힘으로써 초래되는 호흡 곤란의 결과로 정의된다.

이렇듯 정의에서조차 다양한 견해의 차이와 국제적으로 통용되는 정의의 부재는 익사 사망의 통계분석과 감시활동에 상당한 제약을 야기하였고 이러한 혼란을 줄이기 위해서는 국제적으로 합의된 새로운 정의의 필요성이 요구되었다. 그리하여 2002년 세계보건기구(World Health Organization, WHO)는 익사란 액체의 침수에 의해 호흡 장애를 경험하는 과정으로 정의하였고 이러한 정의는 익사에 대해 정확한 분석을 가능하게 하고 공동 관리 자료로부터 중요한 결론의 도출을 용이하게 하며, 또한 익사의 예방 및 효과적인 감시활동을 개선하는데 도움이 될 것으로 기대하였다.<sup>12)</sup>

## C. 익사의 기전

익사란 액체의 침수에 의해 호흡 장애를 경험하는 과정이라는 정의에 따르면, 익사의 가장 본질적인 기전은 사고자의 기도에 흡인된 액체의 간섭으로 인해 호흡이 방해받는 것을 의미하게 되고, 이러한 익사를 그 정의상 전형적 익사(typical drowning)라고 한다. 그러나 모든 익사가 전형적 익사의 경과를 취하는 것은 아니고, 사고자의 기도가 익수와의 접촉만으로도 급격히 사망하는 경우가 있는데, 이를 비전형적 익사(atypical drowning) 또는 건성익사(dry drowning)라고 정의한다.<sup>13)</sup>



전형적 익사는 공기 대신 익수를 흡입하여 기도가 막혀 질식의 기전으로 사망하는 경우를 말하며 수흡성 익사(wet drowning)라고도 한다.<sup>14)</sup> 전형적 익사는 보통 단계적으로 1) 무증상기, 2) 호흡곤란기, 3) 경련기를 거쳐 이내 사망에 이르게 된다.<sup>14)</sup> 물에 빠지면 본능적으로 숨을 참게 되는데 이때를 무증상기라하며, 무증상기는 물의 흡입을 일으키는 호흡을 자극하는 CO<sub>2</sub>가 축적될 때까지 지속된다. 이어 호흡곤란기가 오는데 이때에는 후두부의 방어반사가 소실되어 대량의 물을 삼키고 토하는 현상이 빠르게 진행되고 의식을 잃게 된다. 깊은 의식불명 상태와 경련으로 발작적인 무의식적인 호흡 운동을 하는 단계를 경련기라 하며 사망은 2-3분 이내에 발생한다.

비전형적 익사의 경우, 그 사망 기전이 명확히 밝혀져 있지는 않지만 인두나 후두부에 물이 급격히 충돌될 때 미주신경자극에 의한 반사적인 심정지로 사망에 이르거나 혹은 지속적인 후두경축으로 인한 기계적인 질식이 직접적인 사인으로 작용하는 것으로 알려져 있다.<sup>13)</sup>

이렇듯 물에 빠져서 사망한 것은 동일하지만 사망의 기전에 차이가 있기 때문에 ‘비전형적 익사’에서는 ‘전형적 익사’의 부검소견을 보지 못하게 되고, 이와 같은 전형적 익사와 비전형적 익사의 차이 혹은 그 감별의 문제만으로도 익사 사망의 사인 규명은 심각한 한계를 내포하게 된다.

## D. 익사의 경과 및 시체 소견

익사가 일어나기까지의 시간은 매우 다양하며 여러 인자에 의해 달라질 수 있다. 대체로 물에 입수하여 사망에 이르기까지의 시간경과는 약 5~8분 정도가 소요될 것으로 보고 있지만, 사고자의 부상이나 손상 유무 혹은 질병 유무, 약물 중독 여부, 음주 여부와 같은 인체 상태와 수온이나 물의 성상(해수, 담수)등 주위의 상황에 따라 익사까지의 시간 경과에 상당히 달라질 수 있다.<sup>13)</sup> 이런 익사의 단계를 거치면서 대량의 물을 흡입하게 되면서 폐와 체액 등에 일정한 변화를 초래하게 되는데 이로 인하여 양쪽 폐의 팽대 및 가슴막 삼출액의 증가, 폐부종과 출혈 등의 조직학적 변화가 발생하게 되고, 따라서 이들 소견들이 익사의 부검소견으로 받아들여지고 있다. 그러한 변화의 정도는 당연히 들이마신 물의 양과 성상에 영향을 받게 될 것으로 추정할 수

있다. Swann 등<sup>15)</sup>은 해수 익사와 담수 익사에서 각각 체액의 변화를 확인하기 위해 동물실험을 수행하였고, 그 연구 결과, 담수를 흡입하였을 경우에는 폐포 내로 흡입된 담수가 순환계로 흡수됨으로써 혈액의 양이 증가되어 결과적으로 혈액의 희석이 일어나고 삼투압의 변화로 인하여 용혈이 일어난다고 보고하였다. 반면 해수를 흡입한 경우에는 삼투압의 영향으로 인해 순환계에서 폐포 내로 체액이 빠져나오게 되어, 담수 익사의 경우와는 반대로 폐포내 부종이 초래된다고 하였다. 이런 현상에 의해 담수 익사의 경우 저산소증과 혈액의 희석이 야기되고 이로 인해 부정맥이 초래되지만, 해수 익사의 경우 심한 폐부종과 고나트륨혈증이 야기된다.<sup>16)</sup>

이렇듯 익사라고 하더라도 흡입한 물의 물리적 성상에 따라 법의학적 소견은 상당한 차이를 보일 수 있게 되며,<sup>17)</sup> 또한 수온이나 들이마신 양, 수압 등과 같은 요인 역시 이러한 소견에 영향을 미칠 것으로 보인다. 그러므로 사망 장소의 수역(水域)이나 수심 등, 사망의 정황에 대한 세심한 고려가 없이 시체에 대한 부검 소견만으로 익사의 여부를 판단해야 하는 상황에서는 다양한 어려움이 야기될 수 있다.

## E. 연구의 필요성

‘수중시체’(水中屍體)는 단지 물에서 발견된 시체라는 장소적 개념에서 착안한 용어로서, 시체에 대한 사후검사를 통해 사인이 익사로 확인된 시체를 의미하는 ‘익사체’와의 구별이 필요하다. 수중시체에 있어 그 사망의 원인이 익사일 경우도 있지만 입수 전 질병으로 인한 사망의 가능성, 수중에서 질병 증상 발현으로 인한 사망의 가능성, 입수 전 부상에 의한 사망의 가능성, 수중에서 부상에 의한 사망의 가능성, 음독 후 투신의 가능성, 살해 후 투기의 가능성 등 다양한 상황이 존재할 수 있기 때문이다. 특히 익사 후에 수중에서 부패된 시체와 다른 사인으로 사망한 후 사후에 수중에 투기된 시체의 감별은 법의학적으로 매우 민감한 업무가 되지만, 양자의 구별이 현재의 법의학 감정 기법으로는 불가능한 경우가 많아, 검시 실무상 많은 어려움이 야기되고 있다.

따라서 본 연구는 다양한 조건의 익사 상황에서 익사판정을 위해 논의되고

있는 진단적 기준들 중 객관적이고 검증 가능한 유형들에 대해 동물실험을 진행하여 보다 정확한 사인 판정을 위한 객관적이며 정확한 부검소견을 찾아내는 데 목적을 두었다. 통상의 익사 상황에서는 수온 등 환경과 수영 능력 등 개인차에 따라 익수 후 흡입량과 사망의 경과 등이 다양하게 차이를 보이게 될 것이나, 본 연구에서는 흡입량을 일정하게 고정함으로써 특정 통제 조건에서의 육안적, 조직학적 부검소견을 비교하고자 하였다. 이러한 목적에 근거하여 기도 내 흡입량을 동일하게 유지하면서 최소한 물의 물리적 성상, 즉 해수와 담수의 조건으로 구분하여 수심과 수중 체류시간에 따른 부검 소견의 차이가 있는지를 살펴보고자 하였다. 또한 익사와 사망 후에 수중에 투기된 시체에서 기도 내에 익수가 유입될 수 있는 가능성과 정도를 비교하고자 하였다. 궁극적으로 본 실험을 통해 수중 시체의 사인 판단을 위한 객관적이고 적극적인 감정기법을 개발하는데 유용한 연구 자료를 축적해 나가하고자 하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### A. 실험동물

이 실험은 조선대학교 동물실험 윤리위원회의 승인을 거쳐 실험을 진행하였다. 실험동물은 실험실 내에서 조작 및 처치 등의 편의성을 고려하여 체중 270-300 g의 Sprague-Dawley계 수컷 랫트를 사용하였고 실험 전 사료와 물을 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였다.

### B. 해수와 담수 조건에서의 익사실험

실험은 해수와 담수를 구분하고, 수표면과 수심 조건으로 구분하였으며, 각각의 조건에서 시간의 경과에 따른 차이를 보기 위해 2시간 방치군과 20시간 방치군으로 실험을 계획하였다. 각각의 실험군을 보면 그룹1은 해수 주입 후 수표면에서 2시간 방치군(n=5), 그룹2는 해수 주입 후 수표면에서 20시간 방치군(n=5), 그룹3은 해수 주입 후 수심 10 m 조건에서 2시간 방치군(n=5), 그룹4는 해수 주입 후 수심 10 m 조건에서 20시간 방치군(n=5), 그룹5는 담수 주입 후 수표면에서 2시간 방치군(n=5), 그룹6은 담수 주입 후 수표면에서 20시간 방치군(n=5), 그룹7은 담수 주입 후 수심 10 m 조건에서 2시간 방치군(n=4), 그룹8은 담수 주입 후 수심 10 m 조건에서 20시간 방치군(n=5)으로 나누었고, 총 8개의 실험군으로 분류하여 실험하였다. 그룹7인 담수 주입 후 수심 10 m 조건에서 2시간 방치군의 경우 랫트의 익사 상태를 유도하는 과정 중 랫트 한 마리가 호흡곤란으로 희생되어 실험결과는 4례에 그쳤다.

#### 1. 익수 매질

익사를 유도하기 위해 익수 매질을 기도 내 주입하게 되는데 이때 익수 매질로 해수와 담수를 준비하였다. 해수는 전남 완도군 신지면 명사십리 해역

에서 채수하였고, 담수는 실험실에 공급되는 통상의 수돗물을 사용하였다. 준비한 익수매질은 염분 측정기(TM30D, Takemura, Japan)을 이용하여 염분의 농도를 측정하였고, 해수는 30.0%, 담수는 0.02%로 측정되었다.

## 2. 익사모델 및 수중 체류 시간에 따른 차이

기도 내 흡입량과 노출시간 등을 일정한 조건으로 동일하게 유지하면서 인위적으로 익사 상태를 만들기 위해 다음과 같은 순서로 외과적 처치를 수행하였다. 먼저 실험동물의 통증을 차단하기 위해 체중 300 g 당 졸레틸 0.2 ml (conc. 10 mg)를 복강 내에 주사하여 마취를 유도하였다. 마취제의 복강 내 주입 후 일정시간을 기다려 통증에 대한 반응이 저하된 것을 확인한 후 경부의 피부를 세로로 절개하여 기관을 노출시킨 다음, 메스를 이용하여 기관을 가로로 절개하고 기관 내에 카테타를 삽입하였다. 카테타를 통해 기도를 확보한 후 삽입된 카테타의 아래쪽 기관에 주사바늘을 찔러 넣고 주사기로 각각의 익수 매질 2 ml을 기도 내로 주입하였다. 이후 1회 환기량이 약 2.3 ml이 되도록 조작된 인공호흡기(Ventilator, SAR-830, CWE, Inc, USA)를 연결하여 호흡을 5분 동안 유지시켰다. 5분이 지난 후에 실험동물을 경추 탈구로 희생시키고 심장박동과 호흡이 정지된 것을 확인하였다. 다시 경부를 봉합하여 실험조건에 따라 수중에 방치되는 동안 기도의 절개부를 통해 익수가 추가로 유입되는 것을 방지하였다. 이후에 해수로 익사시킨 군은 해수에서, 담수로 익사시킨 군은 담수에서 방치하여 각 실험군에 사용한 익수 매질과 동일하게 노출시켰고 수중에 방치하는 시간은 2시간과 20시간으로 구분하여 실험하였다.

## 3. 익사모델 및 수압에 따른 차이

익사 상태를 유도하기 위해 위와 동일한 외과적 처치를 수행하여 기도 내로 익수를 주입하였고 경추탈구법으로 희생시킨 후 다시 경부를 봉합하였다. 이후에 해수로 익사시킨 군은 해수에서, 담수로 익사시킨 군은 담수에서 방

치하여 각 실험군에 사용한 익수 매질과 동일하게 노출시켰고 해수와 담수에서 수압의 유무에 따른 차이를 확인하기 위하여 수표 조건과 수심 10 m 조건으로 구분하여 실험하였다. 수표 조건은 수압이 없는 상태로 수조(가로 40 \* 세로 25 \* 높이 17 cm, 최대용량 15 l)에 7 l의 익수 매질을 채운 후 랫트의 코와 입이 익수매질에 잠길 수 있도록 얹어놓은 상태로 수중에서 방치하였다. 수심 조건은 가압탱크 안에 익수 매질 40 l을 채운 후, 랫트의 코와 입이 익수매질에 잠길 수 있도록 가라앉힌 후, 수표에 떠오르는 것을 방지하기 위해 랫트의 발을 실로 묶고 추를 달아 수중에 고정시켰다. 이렇게 물에 잠긴 상태로 유지시키면서 실제 수심 10 m와 같은 압력이 가해지도록 2 atm (0.196 MPa)의 압력을 적용하였다. 본 실험에서 적용한 압력은 대기압 1 atm과 수압 1 atm의 합으로 실질적으로 수심 10 m에서 인체에 가해지는 압력 조건이다. 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 l이고 최대 가용 압력은 9 atm (0.912 MPa)이다 (Fig. 1).

#### 4. 분석방법

##### a. 가슴막 삼출액 발생 여부 관찰 및 측정

각 실험군의 랫트의 흉복부 피부 및 흉곽을 절개하여 가슴막 삼출액의 발생 정도를 육안으로 확인하고 주사기를 이용하여 흡인한 다음, 그 양을 관찰하고 기록하였다. 육안적으로 삼출액이 거의 없어 보이거나 주사기로 빨려 들어오는 양이 미미할 때는 흔적(trace)으로 처리하였다. 또한 가슴막 삼출액에서 출혈이 관찰이 되면 혈성(bloody)으로 기록하였다.

##### b. 폐 장기의 육안 검사 및 폐 중량 측정

랫트의 흉강을 절개하여 폐를 적출하여 분리한 다음 실험대 위에 올려놓고 폐의 팽창 및 폐출혈, 폐 허탈, 폐 울혈 등이 있는지 육안으로 관찰하여 기록

하였다. 이후 전자저울(MWII-N300, CAS, Korea)을 이용하여 폐의 중량을 측정하였다.

### c. 조직학적 검사

절제한 폐 조직의 조직학적 검사는 검사결과와 일관성을 확보하기 위하여 단엽으로 이루어진 왼쪽 폐를 사용하였다. 왼쪽 폐의 가운데 부위를 세로방향으로 절단하여 가장 긴 조직 절편을 취해 10% 중성 포르말린 용액에 24시간 고정하였다. 이후 파라핀 포매 과정을 거친 뒤 4  $\mu\text{m}$  두께로 조직절편을 제작한 다음 헤마톡실린-에오신(hematoxylin & eosin, H&E)염색을 실시하여 광학현미경으로 관찰하였다. 각 검체는 폐의 조직학적 변화를 검사하고 그 정도를 측정하기 위해 폐포내 부종, 혈관주위 부종, 폐포내 출혈, 기관지내 출혈, 가슴막하 울혈 또는 출혈, 무기폐, 폐기종 등 7가지 소견을 광학현미경으로 관찰하면서 소견의 경중도를 측정하였다. 경중도에 따라 0, 1+, 2+, 3+로 분류하였다.

### d. Western blot 분석

#### (1) CD163, CD68 단백질 발현 정도 측정

해수와 담수의 각 조건에서 수중 체류 시간과 수압의 유무에 따라 염증발현 정도를 확인하기 위하여 큰포식세포의 표지자로 CD163과 CD68을 이용하였다. 각 실험군의 오른쪽 폐 조직 1 g을 취하여 막자사발 안에서 분쇄한 후 lysis buffer (10 mM Tris-Cl (pH 7.4), 5 mM EDTA (pH 8.0), 130 mM NaCl, 1% Triton X-100, 0.5 mM PMSF) 200  $\mu\text{l}$ 을 넣고 초음파 파쇄하여 검체를 완전히 분쇄하였다. 이후 얼음 위에서 10분 동안 반응시키고 4°C에서 14,000 rpm으로 원심분리하여 세포성분을 가라앉힌 후 상층액만 취하였다. 단백질 정량은 BCA protein assay (Pierce, USA)를 이용했다. 추출한 단백질은 전기영동하여 분자량 크기별로 분획하였고, 전기영동 후 gel을 PVDF membrane (Amersham Pharmacia Biotech, USA)에 상온에서 blotting한 후

5% nonfat skim milk로 blocking하였다. primary CD163 항체, CD68 항체 (Santa Cruz Biotechnology, USA)와 Actin 항체(Santa Cruz Biotechnology, USA)는 1:1,000으로 희석하여 4℃에서 18시간 동안 반응시키고, 이후 TBS-T washing buffer (0.1% Tween-20 in Tris buffer saline, pH 7.5)로 10분씩 3번 씻어주어 membrane에 남아있는 primary Ab를 제거하였다. 세척 후에는 secondary anti-rabbit IgG (Santa Cruz Biotechnology, USA)를 1:10,000으로 희석하고 상온에서 1시간 반응시킨 후 TBS-T로 20분씩 3번 씻어 주었다. 단백 발현을 확인하기 위해 ECL Western blotting detection reagent (Millipore, Germany) I, II를 1:1로 섞어 membrane과 1분 간 반응시키고 laser densitometer와 analysis software (IMAGE READER LAS-1000 lite, Fuji Photo Film Co. Ltd., Japan)를 이용하여 분석하였다.

## (2) Pulmonary surfactant-associated protein-A 단백질 발현 정도 측정

폐표면 장력에 관여하는 pulmonary surfactant 구성 단백질 중의 하나인 pulmonary surfactant-associated protein-A (SP-A)의 발현 정도를 각각의 익사 조건에서 비교 분석하였다. pulmonary SP-A의 단백질 발현은 폐 손상의 지표로써 강하게 발현될수록 폐의 손상이 있음을 시사한다.<sup>18)</sup> primary SP-A 항체(Santa Cruz Biotechnology, USA)는 1:1,000으로 희석하여 4℃에서 18시간 처리하고, 나머지 과정은 위와 동일한 방법으로 처리하여 pulmonary SP-A의 단백질 발현 정도를 확인하였다.

## C. 색소첨가 담수 익수를 통한 익사와 사후 투수의 폐 변화

### 1. 음성대조군

아무런 처치를 하지 않은 음성대조군(n=5)을 익사군, 사후 주입군, 사후 투수 후 가압군의 폐 무게의 변화를 표준화하기 위해 실험에 사용하였다. 마취



유도 후 경추탈구법을 통해 실험동물을 희생시켜 폐의 무게만을 측정하였다.

## 2. 익수 매질

익사를 유도하기 위해 익수 매질을 기도 내로 주입하게 되는데 이때 익수 매질이 기도 내로 확산되는지의 여부와 그 정도를 육안으로 쉽게 확인하기 위해 익수 매질에 색소를 첨가하였다. 실험에 사용한 색소는 메틸렌블루 (DUKSAN Reagents & Chemicals, CAS : 7220-79-3)를 이용하였다. 메틸렌블루는 핵을 푸른색으로 염색시키는 염료로서 질푸른 녹색의 결정이 산화되면 푸른색으로 변하고, 환원되면 무색으로 변하는 성질을 가지고 있다. 색을 띠는 부분이 (+)로 하전되어 있어 조직 내에서 (-)로 하전된 부분과 결합을 하기 때문에 핵을 염색하는 염료로 흔히 사용된다. 메틸렌블루는 정해진 용량을 사용하면 독성이 매우 적고, 물에 빠르게 확산되는 성질을 갖고 있다. 색소 첨가 익수매질의 제조는 메틸렌블루 파우더 0.1 ml을 수돗물 50 ml에 용해한 후 그 중 5 ml을 취하여 수돗물 45 ml에 1/10로 희석하여 사용하였다. 압력탱크에 들어가는 익수 매질은 메틸렌블루 파우더 8.0 g을 수돗물 4 l 에 용해시켜서, 기도 내 주입하는 익수 매질과 같은 농도의 메틸렌블루 용액을 제조하여 사용하였다.

## 3. 익사군

익사군(n=5)은 메틸렌블루를 첨가한 익수 매질 2 ml을 기도 내로 주입하여 익사상태를 유도하였다. 앞선 실험방법과 동일하게 인공호흡기를 사용하여 5분 동안 호흡을 유지시킨 후 경추탈구법을 통해 실험동물을 희생시킨 뒤 심장박동과 호흡이 정지된 것을 확인한 후 랫트의 폐 변화를 육안으로 관찰하면서 폐조직을 적출하였다.

## 4. 사후 주입군

사후 주입군(n=5)은 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 카테타를 삽입하였다. 마찬가지로 삽입된 카테타의 아래쪽 기관에 주사 바늘을 찔러 넣고 색소 첨가 익수 2 ml을 기도 내로 흘려넣듯이 부드럽게 주입하였고 5분 방치하였다. 호흡이 정지된 상태에서 기도내로 유입된 익수가 어느 정도로 폐포로 확산될 수 있는지를 확인하기 위해 랫트의 폐 변화를 육안으로 관찰하면서 폐 조직을 적출하였다.

## 5. 사후 투수 후 가압군

마취 유도 후 경추탈구법을 통해 실험동물을 희생시켜 심장박동과 호흡이 정지된 것을 확인한 후, 색소를 첨가한 익수 매질을 가득 채워둔 가압탱크에 랫트를 가라앉히고 수심 10 m와 같은 압력(2 atm)이 가해지도록 가압탱크를 조작하였다. 가압 조건에서 1시간군(n=5)과 24시간군(n=5)으로 방치시간을 나누어 실험하였다. 이후 가압탱크에서 랫트를 꺼낸 뒤 흉곽을 열어 폐의 변화를 육안으로 관찰하면서 폐조직을 적출하였다.

## 6. 익수 매질의 확산범위 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. 착색 정도를 관찰하기 더 용이하도록 폐 조직을 10% 중성 포르말린 용액에 6시간 정도 고정하여 다시 착색의 범위와 정도를 한 번 더 확인했고, 이어 단엽으로 이루어진 왼쪽 폐의 중앙 부위를 세로방향으로 절단하여 단면에서의 익수 매질의 확산 범위를 재차 확인하였다. 또한 H&E 염색을 시행하여 각 실험군에서 폐의 조직학적 소견을 관찰하였다.

### III. 결과

#### A. 해수와 담수 조건에서의 역사실험

##### 1. 가슴막 삼출액의 발생량 분석

###### a. 해수 조건

해수 역사군의 경우, 수표면에서 2시간 방치한 그룹1은 가슴막 삼출액의 발생이 거의 없었다. 반면 수표면에서 20시간 방치한 그룹2는 가슴막 삼출액의 발생량이 가장 많이 확인되었고, 그 양은 최소 2.6 ml에서 최대 6.0 ml로 평균 4.0 ml의 가슴막 삼출액이 측정되었다. 이와 같이 해수 역사군의 수표 조건에서는 수중 방치시간이 길어질수록 가슴막 삼출액의 발생량이 증가하였다.

수압이 있는 조건, 즉 해수로 역사시킨 후 수심 10 m 조건에서 2시간 방치한 그룹3은 최소 0.2 ml에서 최대 0.8 ml로 평균 0.52 ml의 가슴막 삼출액이 발생하였고, 수심 10 m 조건에서 20시간 방치한 그룹4의 경우 최소 1.05 ml에서 최대 2.65 ml로 평균 1.43 ml의 가슴막 삼출액 발생량이 확인되었다. 해수 역사군의 수심 10 m 조건에서도 마찬가지로 수중 방치시간이 길어질수록 가슴막 삼출액의 발생량이 증가하였다.

해수 역사군의 경우, 가슴막 삼출액의 발생량 순서는 수표면에서 20시간 방치한 그룹2가 가장 높았고 다음으로 수심 10 m 조건에서 20시간 방치한 그룹4, 수심 10 m 조건에서 2시간 방치한 그룹3, 수표면에서 2시간 방치한 그룹1의 순으로 낮아졌다. 해수 역사군의 흉강 안의 모습은 Fig. 2에 나타내었으며 가슴막 삼출액의 발생량은 Fig. 3에 그래프로 요약하였다.

###### b. 담수 조건

담수 익사군의 경우, 수표면에서 2시간 방치한 그룹5는 가슴막 삼출액의 발생이 단 한건에서도 없었고, 수표면에서 20시간 방치한 그룹6은 5례 중 1례에서만 1.1 ml의 발생량이 확인되었으며, 나머지 4례에서는 가슴막 삼출액의 발생이 없었다. 따라서 담수 익사군의 수표조건에서는 수중 방치시간에 따른 차이를 보기 힘들었다.

수심 10 m 조건에서 2시간 방치한 그룹 7은 가슴막 삼출액이 평균 0.18 ml (최소 0.06 ml에서 최대 0.32 ml)로 측정되었고, 20시간 방치한 그룹8은 가슴막 삼출액의 발생량은 평균 1.38 ml (최소 미량에서 최대 2.4 ml)로 확인되었다.

즉, 담수 조건의 경우, 수심 10 m 조건에서 20시간 방치한 그룹8이 가슴막 삼출액의 평균 발생량이 가장 높게 측정되었고, 이러한 결과에 따르면, 수심 10 m 조건에서는 수중 방치시간이 길어질수록 가슴막 삼출액의 발생량이 증가하는 경향이 확인되었다. 담수 익사군에서 가슴막 삼출액의 발생량의 순서는 수심 10 m 조건에서 20시간 방치한 그룹8, 수심 10 m 조건에서 2시간 방치한 그룹7, 수표면에서 20시간 방치한 그룹6, 수표면에서 2시간 방치한 그룹5의 순으로 낮아졌다. 담수 익사군의 흉강 안의 모습은 Fig. 4에 나타내었으며 가슴막 삼출액의 발생량은 Fig. 5에 그래프로 요약하였다.

## 2. 폐 중량의 변화 분석

### a. 해수 조건

해수 익사군의 경우, 수표면에서 2시간 방치한 그룹1은 폐 무게가 평균 4.73 g (최소 4.07 g, 최대 5.87 g)으로 측정되었고, 수표면에서 20시간 방치한 그룹2는 평균 3.25 g (최소 3.12 g, 최대 3.40 g)으로 측정되었다. 이와 같이 해수 익사군의 수표조건에서는 수중 체류시간이 증가함에 따라 폐 무게는 감소하였다.

수심 10 m 조건에서는 2시간 방치한 그룹3의 경우, 폐의 무게가 평균 5.36 g(최소 4.43 g, 최대 5.75 g)으로 더 높게 확인되었고, 20시간 방치한 그룹 4는 평균 3.22 g(최소 3.10 g, 최대 3.34 g)으로 측정되었다. 따라서

수심 10 m 조건 에서도 마찬가지로 수중 체류시간이 증가함에 따라 폐 무게는 감소하였다.

이와 같이 해수 익사군에 있어 폐 무게는 수심 10 m 조건에서 2시간 방치한 그룹3, 수표면에서 2시간 방치한 그룹1, 수표면에서 20시간 방치한 그룹2, 수심 10 m 조건에서 20시간 방치한 그룹4의 순으로 낮아졌다. 각 실험군의 폐 무게는 Fig. 6에 그래프로 나타내었다.

## b. 담수 조건

담수 익사군의 경우, 수표면에서 2시간 방치한 그룹5의 폐 무게가 평균 1.92 g (최소 1.58 g, 최대 2.35 g)으로 측정되었으며, 수표면에서 20시간 방치한 그룹6은 평균 1.84 g (최소 1.63 g, 최대 2.13 g)으로 나타났다. 담수 익사군의 경우, 수표조건에서는 수중 체류시간에 따른 폐 무게의 차이는 두드러지지 않았고 유사한 수준의 측정값을 보였다.

수심 10 m 조건에서 2시간 방치한 그룹7은 평균 3.90 g (최소 2.53 g, 최대 4.76 g)으로 폐 무게가 측정되었고, 20시간 방치한 그룹8은 평균 3.06 g (최소 2.77 g, 최대 3.35 g)으로 측정되었다. 이와 같이 수심 10 m 조건에서 방치한 실험군은 수중 체류시간이 증가함에 따라 폐의 무게가 다소 감소하는 경향을 보였다.

담수 익사군에 있어 폐 무게는 수심 10 m 조건에서 2시간 방치한 그룹7, 수심 10 m 조건에서 20시간 방치한 그룹8, 수표면에서 2시간 방치한 그룹5, 수표면에서 20시간 방치한 그룹6의 순으로 낮아졌고, 각 실험군의 폐 무게는 Fig. 7에 그래프로 나타내었다.

## 3. 폐의 육안적, 조직학적 소견

### a. 해수 조건

육안 소견상 전반적으로 모든 폐가 약간의 팽창을 보였고, 해수 익사군은

방치시간이 길어질수록 출혈의 소견이 관찰되었다(Fig. 8). 폐 변화의 정도를 H&E 염색하에서 관찰한 결과, 폐포내 부종은 수심에서 20시간 방치한 그룹4와 수표면에서 20시간 방치한 그룹2에서 현저하게 나타났다. 즉, 해수 익사군의 경우, 수중 체류시간이 증가함에 따라 폐포내 부종이 현저해지는 경향을 보였다. 혈관주위 부종은 해수 익사군의 모든 실험군에서 전반적으로 중등도 이상의 소견이 관찰되었다. 폐포내 출혈은 수표면에서 2시간 방치한 그룹1의 경우 1+ (3례), 2+ (1례), 3+ (1례)로 다양한 소견이 관찰되었고, 수표면에서 20시간 방치한 그룹2는 1례를 제외한 4례에서는 1+의 소견이 관찰되었다. 또한 수심에서 2시간 방치한 그룹3은 모두 1+로 관찰되었고, 수심에서 20시간 방치한 그룹4는 1+ (1례), 2+ (1례), 3+ (3례)의 소견이 확인되었다. 기관지내 출혈은 수표면에서 2시간 방치한 그룹1의 경우 출혈 소견이 관찰되지 않은 예(3례)와 1+ (1례), 2+ (1례)가 관찰되었고, 수표면에서 20시간 방치한 그룹2는 출혈 소견이 관찰되지 않은 예(1례), 1+ (3례), 2+ (1례)로 다양한 소견이 보였다. 또한 수심에서 2시간 방치한 그룹3은 기관지내 출혈이 관찰되지 않은 예(1례), 1+ (3례), 2+ (1례)가 관찰되었고, 수심에서 20시간 방치한 그룹4는 기관지내 출혈 소견이 관찰되지 않은 예(3례), 1+ (2례)가 관찰되었다. 가슴막하 출혈 및 울혈의 소견은 대부분의 해수 익사군에서 관찰되지 않았으며, 1례에서만 2+의 소견이 관찰되었다. 폐기종 소견은 경도 내지 중등도의 소견이 확인되었고, 수심과 체류시간 등의 실험조건에 따른 차이는 보이지 않았다. 해수 익사군에서 각 실험군 별 폐포내 부종 및 혈관주위 부종, 폐포내 출혈, 기관지내 출혈, 가슴막하 출혈 및 울혈, 폐기종 등 조직학적 소견은 Table 1에 요약하였고 각 소견은 Fig. 9에 나타내었다.

## b. 담수 조건

담수 익사군의 경우, 수표면에서 방치한 실험군은 폐 조직이 전반적으로 창백상을 띠었고, 수심 10 m 조건에서 방치한 실험군은 수표 방치군에 비해 보다 울혈상을 보였다(Fig. 8). 조직학적 검사상 폐포내 부종은 일정한 경향을 보이지 않았고, 정도면에서는 경도에서 고도까지 산발적인 경향을 보였다. 즉, 담수 익사군의 수표조건에서는 폐포내 부종이 모든 실험례에서 관찰되었

으나, 수심 10 m 조건에서는 약 반수의 실험레에서 폐포내 부종이 관찰되지 않았고, 부종의 정도에 있어서는 수표 방치군의 경우 1+에서 3+까지 다양한 결과를 보였으나, 수심 10 m 조건의 경우에는 부종이 관찰되지 않은 예와 함께 3+의 부종을 보이는 예가 4레 관찰되는 등, 정도와 빈도에서 일정하지 않은 경향을 보여주었다. 혈관주위 부종은 1레를 제외한 나머지 실험레에서 관찰되었고, 그 정도는 1+에서 2+의 소견을 보였다. 폐포내 출혈은 수표조건의 경우 모든 실험레에서 관찰되었고 그 정도는 1+에서 2+의 소견을 보였다. 반면, 수심 10 m 조건에서는 폐포 내 출혈 소견이 전혀 관찰되지 않은 실험레와 2+에서 3+로 중등도 이상의 소견이 관찰되는 실험레가 혼재되어 나타나 특징적인 조직학적 소견을 찾기 힘들었다. 기관지내 출혈은 수표에서 2시간 방치한 그룹5의 경우 출혈소견이 관찰되지 않은 예(2레)와 1+ (3레)가 관찰되었고, 수표에서 20시간 방치한 그룹6도 출혈소견이 관찰되지 않은 예(2레)와 1+ (3레)가 관찰되었다. 반면, 수심 10 m 조건에서 방치한 그룹7과 그룹8은 1레(1+)를 제외하고 나머지 실험레에서는 기관지내 출혈 소견이 관찰되지 않았다. 가슴막하 출혈 및 울혈은 수심에서 2시간 방치한 그룹7에서 1레(2+)가 관찰되고 나머지 실험레에서는 관찰되지 않았으며, 무기폐의 소견은 수표면에서 2시간 방치한 그룹5에서 1레(2+)만 관찰되고 나머지 실험레에서는 관찰되지 않았다. 폐기종은 수표면에서 2시간 방치한 그룹5와 수심에서 방치한 그룹7,8에서 중등도의 소견으로 관찰되었고 수표면에서 20시간 방치한 그룹6의 경우에는 1+ (2레), 2+ (3레)가 확인되었다. 담수 조건에서 각 실험군 별 폐포 내 부종 및 혈관주위 부종, 폐포내 출혈, 기관지내 출혈, 가슴막하 출혈 및 울혈, 폐기종 등 조직학적 소견은 Table 2에 요약하였다.

#### 4. 각 실험군의 단백질 발현 양상

##### a. 각 조건에 따른 CD163/ CD68의 발현 양상

###### (1) 해수 조건

염증세포의 증가 및 활성화 정도를 확인하기 위해 CD163과 CD68을 이용하여 Western blot를 시행하였다. 그 결과 해수 익사군은 수표면에서 2시간 방치한 그룹1과 수표면에서 20시간 방치한 그룹2에서 CD163 단백질 발현의 차이를 확인하였고, 그 정도는 수표에서 2시간 방치한 그룹1에서 더 강하게 발현되었다(Fig. 10). 이러한 결과는 수심에서 방치한 실험군에서도 동일하였다. 즉, 수심에서 2시간 방치한 그룹3이 수심에서 20시간 방치한 그룹4보다 CD163의 발현되는 정도가 현저하게 나타났다. 이러한 결과에 의하면 해수 익사군의 경우, 수중에 방치한 시간이 길어질수록 CD163 단백질 발현은 감소하는 경향을 확인하였다. 그러나 CD68 단백질 발현은 일정한 경향을 보이지 않았다. 그룹1의 경우, 실험례 중 비교적 강한 발현을 보이는 1례와 약한 발현을 보이는 1례가 관찰되었고, 나머지 실험례에서는 음성으로 관찰되었다. 마찬가지로 그룹2도 비교적 강한 발현을 보이는 1례와 약한 발현을 보이는 1례가 관찰되었으나, 나머지 실험례에서는 발현되지 않았다. 수심에서 방치군의 경우도 2시간 방치한 그룹3에서 2례만 발현되고 나머지 실험례에서는 음성으로 관찰되어, 역시 일정한 경향을 확인하지 못하였다.

## (2) 담수 조건

담수 익사군의 경우, CD163의 발현은 수표조건에서 2시간 방치한 그룹5와 20시간 방치한 그룹6의 모든 실험례에서 비슷한 정도로 발현되어(Fig. 10), 시간 경과에 따른 차이가 보이지 않았다. 반면 수심 10 m 조건에서 CD163의 발현은 다양한 양상을 보였다. 구체적으로 보면 수심 10 m 조건에서 2시간 방치한 그룹7은 강한 발현을 보이는 3례가 관찰되었고, 1례에서는 음성으로 관찰되었다. 수심 10 m 조건에서 20시간 방치한 그룹8의 경우는 1례에서 음성으로 관찰되었고, 약하게 발현되는 2례와 강한 발현이 보이는 2례가 혼합되어 나타났다. 해수 익사군과 마찬가지로 담수 익사군도 CD68 단백질 발현은 일정한 경향을 보이지 않았다. CD68 단백질 발현의 경우, 수표면에서 2시간 방치한 그룹5는 1례에서만 관찰되었고, 수표면에서 20시간 방치한 그룹6은 2례에서 약한 발현이 관찰되었다. 수심 10 m 조건에서 2시간 방치한 그룹7은 CD68 단백질 발현이 관찰되지 않았고, 수심 10 m 조건에서 20시간 방



치한 그룹8은 2례가 약하게 발현되고 나머지 실험례에서는 관찰되지 않았다.

## b. 각 조건에 따른 pulmonary SP-A의 발현 양상

### (1) 해수 조건

해수 조건에서는 pulmonary SP-A의 단백 발현은 일정한 경향을 유지하였다(Fig. 10). 해수 익사군의 경우, 수표면에서 2시간 방치한 그룹1은 수표면에서 20시간 방치한 그룹2에 비해 발현의 정도가 약했고, 마찬가지로 수심 10 m 조건에서 방치한 실험군도 2시간 방치한 그룹3이 20시간 방치한 그룹4보다 발현의 정도가 더 약한 경향을 보였다. 즉, pulmonary SP-A의 단백 발현은 방치시간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 확인하였다.

### (2) 담수 조건

담수 익사군의 경우, 수표면에서 방치한 실험군은 모든 실험례에서 시간 경과와 상관없이 모두 유사한 수준으로 발현되었으며, 이러한 결과는 CD163 단백 발현과 비슷한 경향을 보였다. 그러나 수심 10 m 조건에서 방치한 실험군의 경우 pulmonary SP-A의 단백 발현은 모든 실험례에서 관찰되지 않았다(Fig. 10).

## B. 색소침가 담수 익수를 통한 익사와 사후 투수의 폐 변화

### 1. 음성대조군

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

## 2. 익사군

익사군의 폐 무게는 평균 1.46 g (1.4 g ~ 1.5 g)으로 계측되었고 이러한 수치는 음성대조군의 폐의 무게(평균 1.44 g)와 비슷한 측정치이다. 익수에 첨가된 색소의 확산 정도에 근거하여, 육안 관찰을 통해 본 익수매질의 확산 정도는 익사군의 모든 실험례에서 전체 폐 조직의 1~25% (1+)수준을 보였다(Fig. 11). 착색의 범위는 5마리 전부에서 (1+) 수준으로 제한되어 나타났지만, 등쪽(dorsal) 가슴막보다는 배쪽(ventral) 가슴막에 더 현저한 착색을 보이는 경향을 나타냈으나, 일부에서는 배쪽 가슴막의 국한된 범위에서 원형의 착색이 관찰되기도 하였다. 이러한 결과는 색소 주입 후 사체를 복와위 상태로 방치한 것이 색소의 착색 부위에 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 왼쪽 폐의 절단면에 대한 검사에서는 착색의 범위가 25% 이내(1+)로 제한된 범위에 그쳤지만, 특징적으로 폐실질내 기관지를 중심으로 주변 폐 조직에 집중되어 착색이 관찰되었다. 또한 포르말린에 고정하기 전에는 착색 부위의 확인이 어려웠으나, 고정 후에는 착색된 부위가 더 뚜렷하게 관찰되어 확산의 범위를 측정하기가 더 용이해지는 경향을 보였다(Fig. 12). 실험군별 폐 무게, 착색의 정도에 대한 결과는 Table 3에 요약하였다.

## 3. 사후 주입군

폐의 무게는 평균 3.34 g (3.0 g~3.8 g)으로 계측되었고, 이는 익사군(평균 1.44 g)에 비해 현저하게 높게 측정되었다. 익수매질의 확산 정도는 5례 모두에서 전체 폐조직의 26~50% (2+)이상을 나타냈고, 1례(#7)에서는 51~75% (3+), 또 다른 1례(#6)에서는 76% 이상(4+)의 착색 범위를 보였다(Fig. 11). 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 실험사례에 비해 착색의 범위가 작았지만 양쪽 폐에 걸쳐 상대적으로 고른 착색을 보였다. 즉 익수 매질의 확산되는 범위나 정도, 혹은 부위가 같

은 실험조건 내에서도 일관성 있게 이루어지지 않았다. 이러한 결과는 아마도 익수의 주입과정에서 압력에 의해 특정 부위에 익수 유입이 집중되었거나, 혹은 인위적인 손상의 발생을 방지하기 위해 부드러운 압력으로 익수를 주입하고자 했음에도 불구하고, 먼저 물줄기의 흐름이 형성된 기도 부분으로 익수가 집중되었을 가능성 때문이라고 생각된다. 착색 부위의 확인은, 익사군의 경우와는 달리 포르말린에 고정하기 전부터 착색 부위가 비교적 뚜렷하게 관찰되었다(Fig. 11).

#### 4. 사후 투수 후 가압군

##### a. 1시간 가압군

1시간 가압군의 폐 무게는 평균 3.62 g (3.4 g~3.8 g)으로 계측되었다. 이러한 수치는 사후 주입군(평균 3.34 g) 보다는 약간 더 무겁고, 익사군(평균 1.16 g) 보다는 훨씬 더 높게 측정된 값이다. 외견상 전반적으로 익사군이나 사후 주입군에 비해 폐가 더 붉고 단단해 보였으며, 이는 폐출혈 혹은 폐부종을 시사하는 소견으로 생각되었다. 착색의 정도는 4레에서 폐 조직의 26~50% (2+) 수준을 보였고, 1레(#11)에서만 1~25% (1+)의 착색을 보였다(Fig. 11). 착색 부위의 확인은 포르말린 고정 후에 관찰이 더 용이해졌으며(Fig. 12), 일부에서는 폐실질의 착색을 넘어 흉선(#14)과 횡격막(#15)까지 착색되기도 하였다.

##### b. 24시간 가압군

폐의 무게는 평균 2.72 g (2.4 g~3.2 g)으로 계측되었다. 이는 익사군(평균 1.16 g) 보다는 높지만, 사후 1시간 가압군(평균 3.62 g)과 사후 주입군(평균 3.34 g) 보다 훨씬 낮은 무게였다. 육안검사 상, 사후 투수 및 1시간 가압군과 유사하게 폐의 출혈과 부종이 관찰되었고, 조직학적 검사에서도, 폐포내 출혈과 부종, 혈관의 울혈이 확인되었다. 착색의 정도는 4레에서 전체

폐 조직의 1~25% (1+)의 소견을 보여 사후 투수 및 1시간 가압군보다 낮았지만, 1례(#18)에서는 폐 조직의 26~50% (2+) 범위에서 착색을 보였다(Fig. 11).

## IV. 고찰

익사의 법의학적 사인 판단은 여전히 쉽지 않은 검시 실무상의 과제로 남아있다. 그러한 이유는 익수의 흡입으로 인해 야기되는 저산소증, 후두경련, 전해질 장애와 저체온 등 사망의 기전이 다양한 반면<sup>19)</sup>, 이를 확진할 수 있는 시체소견상의 특징적인 소견은 부족하기 때문이다.<sup>14)</sup> 익사를 확진할 수 있는 시체소견으로는 비강 및 구강에서 백색 포말괴의 유출이 있고, 내부소견으로는 익사폐와 기도내 포말, 혈액 전해질의 변화, 그리고 폐와 전신 폐쇄장기에서의 구조류 검출 등<sup>20)</sup>이 있다. 그러나 이들 시체소견들 중의 일부는 수중에 있었다는 근거가 될 뿐, 익사의 확진적 소견이 되지 못하는 경우가 많아서, 익사의 판단을 위해서는 익사의 생활반응을 증명하며, 더불어 사망에 이른 상황을 조사한 후 여러 조건들을 종합적으로 해석하여 결론을 내려야 할 것이다. 이를 반영이라도 하듯 의학용어에서 ‘익사’를 의미하는 ‘drowning’이라는 영문 표현이 미국속어로 ‘혼란한’, ‘이해할 수 없는’를 뜻하기도 한다. 이러한 혼란을 해결하기 위한 목적에서 익사는 많은 연구의 대상이 되어왔다.

본 연구 결과에 의하면, 물의 성상에 따른 가슴막 삼출액의 발생량은 담수에서 보다 해수에서 현저하게 높게 발생하였다. 해수 익사군에서 가슴막 삼출액의 발생이 가장 높게 측정된 실험군은 해수 익사 후 수표에서 20시간 방치군으로 평균 4.0 ml 발생하였고, 담수 익사군에서 가슴막 삼출액의 발생이 가장 높게 측정된 실험군은 담수 익사 후 수심 10 m 조건에서 20시간 방치군으로 평균 1.38 ml 발생하였다. 즉, 해수 익사군이 담수 익사군보다 가슴막 삼출액의 발생량이 대략 2.9배로 높게 발생하였다.

수중 체류 시간에 따른 가슴막 삼출액의 발생량은 해수 익사군의 경우, 수중에 방치한 시간이 길어질수록 가슴막 삼출액의 발생량이 높았다. 해수 익사 후 수표에서 방치한 실험군은 2시간 방치군의 경우, 가슴막 삼출액의 발생량이 거의 없었던 반면, 20시간 방치군은 평균 4.0 ml 발생하여 체류 시간이 길어질수록 높게 발생하였다. 해수 익사 후 수심 10 m 조건에서 방치한 실험군도 역시, 2시간 방치군의 경우 평균 0.52 ml 발생하였고, 20시간 방치군의 경우 평균 1.43 ml 발생하여 마찬가지로 체류 시간이 길어질수록 높게

발생하였다. 담수 익사 후 수표에서 방치한 실험군의 경우, 2시간 방치군은 가슴막 삼출액의 발생량이 없었고, 20시간 방치군은 1례에서만 1.1 ml 발생하여 수중 체류 시간에 따른 가슴막 삼출액의 발생량을 비교 분석하기 어려웠다. 반면, 담수 익사 후 수심 10 m 조건에서 2시간 방치군은 평균 0.18 ml 발생하였고, 20시간 방치군은 평균 1.38 ml로 대략 7.6배 높게 발생하여, 수심 10 m 조건에서는 해수 익사군과 마찬가지로 수중 체류 시간이 증가함에 따라 가슴막 삼출액의 발생량도 증가하였다.

수압에 따른 가슴막 삼출액의 발생량은 해수 익사군의 경우, 수표면에서 2시간 방치군은 가슴막 삼출액의 발생이 측정되지 않았으나, 수심 10 m 조건에서 2시간 방치군은 평균 0.52 ml의 삼출액의 발생량이 증가하여 수압의 차이가 가슴막 삼출액의 발생에 영향을 미쳤을 가능성이 인정되었으나, 수표조건에서 20시간 방치군은 가슴막 삼출액의 발생량이 평균 4.0 ml인데 비해 수심 10 m 조건에서 20시간 방치군은 1.43 ml로 오히려 발생량이 감소하여 수압이 가슴막 삼출액의 발생에 미치는 영향의 정도 및 기전을 합리적으로 해석하기가 곤란하였다. 담수 익사군에서 2시간 방치군의 경우, 수표조건에서는 가슴막 삼출액의 발생이 없었으나 수심 10 m 조건에서는 소량의 발생이 확인되었다. 담수 익사군의 20시간 방치군은 수표조건에서 5례의 실험레 중 1례(1.1 ml)에서 가슴막 삼출액이 발생이 있었으나 나머지 4례에서는 발생이 없었고, 수심 10 m 조건에서는 평균 1.38 ml의 발생량을 보였으나 1례의 실험레에서는 가슴막 삼출액의 발생이 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 해수 익사군의 경우와 마찬가지로, 수압과 가슴막 삼출액의 발생 사이에 어떤 일관된 상관관계를 확인하기 어려웠다.

가슴막 삼출액의 발생과 폐 무게의 변화는 해수 익사군에 있어서, 깊은 관련성이 있는 것으로 판단된다. 해수 익사 후 수표에서 2시간 방치군은 가슴막 삼출액의 발생은 거의 없고 수표에서 20시간 방치군은 가슴막 삼출액의 발생량이 평균 4 ml로 증가한 반면, 폐 무게는 수표에서 2시간 방치군은 평균 4.73 g, 수표에서 20시간 방치군은 3.25 g으로 다소 감소하였다. 해수 익사 후 수심 10 m 조건에서 방치한 실험군 역시, 2시간의 경우 가슴막 삼출액이 0.52 ml, 20시간 방치군의 경우 1.43 ml로 발생량이 증가한 반면, 폐 무게는 2시간의 경우 5.36 g, 20시간의 경우 3.22 g으로 감소하는 것으로

로 확인되었다. 가슴막 삼출액의 발생량이 많으면 폐 무게는 감소하고 양이 적으면 폐 무게는 증가하는 경향을 보였고 즉, 폐의 무게는 기도 내로 주입한 익수량과 폐조직의 원래 무게를 합한 수치이다. 그러므로 가슴막 삼출액이 발생하였을 때에는 폐의 총 무게가 감소하는 것으로 보인다. 이를 토대로 해수에서 발견된 익사체의 경우 가슴막 삼출액의 양과 폐 무게의 측정값은, 수중 체류시간을 추정할 수 있는 단서가 될 수 있을 것으로 생각된다. 담수 익사군의 경우, 수심 10 m 조건에서는 수중 체류시간에 따라 가슴막 삼출액의 발생량이 증가하였고, 폐 무게는 2시간 방치군은 평균 3.90 g, 20시간 방치군은 3.06 g 다소 감소하여 가슴막 삼출액의 발생량이 증가하면 폐 무게가 감소하는 경향을 확인하였다. 그러나 담수 익사 후 수표에서 2시간 방치군과 수표에서 20시간 방치군은 가슴막 삼출액의 발생이 거의 없었으며, 2시간 방치군의 경우 평균 폐 무게는 1.92 g으로 측정되었고, 수표에서 20시간 방치군의 경우 폐 무게가 평균 1.84 g으로 나타나 수중 체류시간에 따른 폐 무게의 변화가 크지 않았고 또한 가슴막 삼출액의 발생량과 폐 무게간의 상관성을 찾기 어려웠다. 이러한 이유로 담수 익사의 경우에는 가슴막 삼출액의 양과 폐 무게의 측정값으로 수중 체류 시간의 추정이 어렵거나 매우 제한될 것으로 보인다.

익사에 대한 여러 연구 결과 중에 Piette와 De Letter<sup>21)</sup>는 가슴막 삼출액은 익사자의 흉강 안에서 종종 발생하고, Morild<sup>22)</sup>는 담수에서 보다는 해수에서 그 양이 많으며 수중 체류시간과 사후 경과시간이 영향을 미치나 성별, 신장, 체중, 연령, 심장 및 폐 무게, 수온, 수압 등에 의해서는 의미 있는 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. Kringsholm 등<sup>23)</sup>은 수중 체류시간의 증가에 따라 폐 무게는 감소했지만 가슴막 삼출액의 양은 증가하였다고 보고하였다. 이러한 보고는 본 실험 결과와 유사한 결과로서 본 연구 결과를 뒷받침해주고 있다.

색소를 첨가한 담수 익수 매질을 이용하여 폐에서의 익수 매질의 확산 정도를 분석한 실험 결과에 따르면, 조직내 색소의 착색 정도는 익사군에서 보다 사후 주입군에서 현저하였고, 이러한 결과는 익사군의 경우, 즉각적인 생체반응이 일어나 색소를 처리하고 있기 때문으로 해석된다. 사후 투수군에서도 폐에 색소 착색이 확인되었고 그 정도 역시 익사군의 착색 정도 보다 더

현저하였다. 사후 투수군의 폐 무게는 음성대조군의 폐 무게보다 증가하였고, 뿐만 아니라 익사군의 폐 무게보다 더 증가하였다. 이러한 소견은 사후 투수된 상황에서도 수압 등의 수중 환경의 영향에 의해 사망자의 기도 내로 충분한 정도의 익수의 유입이 발생할 수 있음을 강력히 시사해 주는 결과로서, 검시 실무상 수중시체의 부검소견을 해석함에 있어 의미하는 바가 매우 크다고 생각된다. 게다가 사후 투수 후에도 1시간 가압군에 비해 24시간 가압군의 색소 착색의 정도가 감소하고 폐 무게가 줄어들었다는 점은 사후 투수에서도 마찬가지로 수중 환경에서의 시간의 경과 등 물리적인 영향이 시체 소견에 일정한 변화를 초래할 수 있는 가능성을 제기하고 있다고 해석된다.

검시 실무상, 상당한 양의 가슴막 삼출액의 발생과 양쪽 폐의 팽대는 익사의 진단을 위한 매우 의미 있는 병리학적 소견으로 간주되고 있고,<sup>24)</sup> 폐 무게의 증가는 폐 울혈, 순환장애와 같은 다양한 요소에 의한 폐부종에 기인한 것으로, 결과적으로는 폐 무게와 폐부종이 가슴막 삼출액의 발생과 관련 있을 것으로 보고하였다.<sup>25)</sup>

그러나, 본 연구 결과를 근거로 할 때, 최소한 담수 익사의 경우, 폐 무게가 익사 판정의 진단적 소견으로 단순 적용되어서는 안 된다는 점을 보여주고 있다. 또한 사후에도 기도 내로 익수의 유입이 충분한 정도로 가능하다면 폐부종 등과 유사한 조직학적 변화를 초래할 수 있을 것으로 보인다. 즉, 그동안 익사의 진단을 위해 적용이 시도되었던 폐의 조직학적 소견은 그 진단적 가치에 대해 재검토가 필요할 것으로 생각된다.

면역 조직화학적 염색법을 통해서 본 SP-A 단백질의 발현은 익사를 증명해 줄 진단 표지자로서 가치가 있다는 보고가 있다.<sup>18)</sup> 이러한 연구결과에 의하면 SP-A의 발현의 증가는 직접적인 익수의 흡입에 따라 폐 표면장력의 손상에 의해 야기되거나 혹은 익수의 흡입 이후에 제2형 폐포 세포의 기능 부전에 의한 것으로 보고된다. SP-A의 높은 발현은 해수보다 담수에서 빈번하게 관찰되는 것으로 알려져 있다.<sup>26)</sup> 따라서 pulmonary surfactant의 기능적인 손상은 해수보다는 담수에 의해 빈번하게 일어나고 더 강력한 손상이 있음을 시사해준다.<sup>27)</sup> 본 실험에서도 SP-A의 발현은 빈도와 정량적인 측면에서 해수보다 담수에서 높은 수준으로 나타났으나, 수심 10 m 조건에서는 담수에서 SP-A의 발현이 관찰되지 않았다. 해수 익사군의 경우 수중 체류시간이



길어짐에 따라 발현정도가 강하게 나타났고, 수심 10 m 조건에서도 동일한 경향으로 관찰되었다. 이러한 경향은 가슴막 삼출액의 발생과 동일한 경향으로써 수중 체류시간이 길어지면 가슴막 삼출액의 발생이 증가하고 SP-A의 발현 역시 증가하는 것을 확인하였다. 이런 결과로 미루어 볼 때, 해수 익사군의 경우, SP-A의 발현정도는 수중 체류시간에 영향을 받을 것으로 보인다. 그러나 담수 익사군의 경우, 수표조건에서는 수중 체류시간과 상관없이 모든 실험례에서 유사한 수준으로 발현양상이 확인되었으나 수심 10 m 조건에서는 모든 실험례에서 음성으로 관찰되어 SP-A의 발현되는 정도와 수중 체류시간에 따른 관련성을 해석하기 곤란하였다. 보고에 따르면, SP-A 단백을 포함하고 있는 큰포식세포는 해수 익사군과 담수 익사군에서 종종 관찰이 되는데, 이러한 세포의 출현은 익사 경과 중에 나타나는 저산소증의 지속 시간과 관련 있을 것으로 추정하였고,<sup>18)</sup> 이러한 현상으로 미루어볼 때 SP-A의 발현 정도와 익사의 사망기전은 상당한 관련성이 있을 것으로 추정되고 향후 지속적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

CD163은 scavenger receptor cysteine-rich group B (SRCR-B)의 family 중 일원으로 주로 큰포식세포에 발현하여 광범위한 음성 하전의 거대 분자와 결합하여 이입하는 막 수용체 중의 하나이다. CD163의 기능은 헤모글로빈과 합도글로빈의 복합체에 대한 수용체로 작용하며 선택적으로 활성화된 큰포식세포를 시사하는 지표이다.<sup>28)</sup> 즉 CD163의 광범위한 발현은 용혈상태거나 염증상태에서 큰포식세포의 활성화와 관련이 있음을 의미한다. CD163을 통해 본 폐내 염증반응은 해수 익사군의 경우, 수중 체류시간이 길어짐에 따라 감소하는 경향을 보였다. 반면 담수 익사군의 경우, 수표조건에서는 수중 체류시간에 상관없이 모든 실험례에서 동일한 수준으로 발현이 관찰되어, CD163의 발현은 수중 체류시간에 영향을 받지 않는 것으로 확인하였다. 담수 익사군의 수심조건에서는 일정한 경향을 보이지 않고 강한 발현을 보이거나 음성으로 관찰되는 실험례가 혼재되어 있어 그 의미를 해석하기 곤란하였다. 즉 담수 익사군의 경우, 폐 무게 및 가슴막 삼출액의 발생, 염증 반응 및 폐기능의 손상 등 어느 지표에서도 서로간의 상관성을 찾기 어려웠고 이러한 연구 결과는 부검을 통한 익사의 진단이 왜 그렇게 어려운 과제였는지를 뒷받침해주는 근거라 할 수 있겠다.

## V. 결론

본 연구는 익사 판정에 있어서 논란이 되고 있는 법의학적 소견을 동물 실험을 통해 보다 정확한 사인 판정을 위한 부검소견을 찾아내고자 하였다. 이를 위해 해수와 담수의 조건으로 구분하여 실험을 진행하였고 수심과 수중 체류시간에 따른 차이를 비교하였으며, 익사 이외의 사인으로 사망한 후 수중에 투기된 시체에 있어 기도 내로 익수의 유입이 가능한지를 조사하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 가슴막 삼출액은 담수에서 보다는 해수에서 발생량이 많았다.
2. 가슴막 삼출액의 발생은 수중 체류시간과 관계가 있으며 체류시간이 길어질수록 발생량도 증가하였다.
3. 익사군의 폐의 무게는 수중 체류시간이 길어질수록 감소하였고, 이러한 결과는 유입된 익수의 삼출에 따른 것으로 보인다.
4. 해수와 담수, 즉 익수의 물리적 성상에 따른 폐의 조직학적 소견의 차이는 확인되지 않았다.
5. 사후에 투수된 상황에서도 수압 등의 수중 환경의 영향에 의해 기도 내로 충분한 정도의 익수가 유입될 수 있음이 확인되었고, 이는 기존 규조분석법을 통한 익사의 판단에 있어, 폐 조직에서만 검출되는 규조의 해석에 더욱 신중해야 함을 확인하였다.

결론적으로 익사의 진단을 위해 적용되어 왔던 폐의 조직학적 소견 등의 부검소견의 진단적 의미와 규조분석법의 가치와 한계에 대한 신중한 재검토가 필요할 것으로 생각된다. 이처럼 수압을 포함한 수중환경의 영향이 시체 소견에 중대한 변화를 일으킬 수 있으므로, 보다 적극적이고 정확한 수중시체의 사인 규명을 위해서는 해수, 담수의 구분, 수중 체류시간, 수중압력에 의한 영향을 대변할 수 있는 시체의 발견 수심 등에 대한 정보가 확보되어야 하고, 이러한 정황정보를 종합한 부검소견의 신중한 해석이 시도되어야 할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- 1) Soar J, Deakin CD, Nolan JP, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005. Section 7. Cardiac arrest in special circumstances. Resuscitation 2005;67SI:135-70.
- 2) Van Beeck EF, Branche CM, Szpilman D, et al. A new definition of drowning: towards documentation and prevention of a global public health problem. Bull World Health Organ 2005;83:853-6.
- 3) Korea National Statistical Office, 2013. 2013년 사망원인통계 [cited 2014 Sep 23]. Available from: <http://kostat.go.kr> .
- 4) Korea National Statistical Office, 2008. 사고에 의한 어린이 사망 OECD 국가 비교 [cited 2009 May 7]. Available from: <http://kostat.go.kr> .
- 5) Na JY, Park JP, Choi MS, et al. The statistical analysis of legal autopsies in 2011. Korean J Leg Med 2012;36:165-73.
- 6) Available from: <http://baro8585.now8658.gethumpy.com>.
- 7) 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.
- 8) Papa L, Hoelle R, Idris A. Systematic review of definitions for drowning incidents. Resuscitation 2005;65:255-64.
- 9) Golden FS, Tipton MJ, Scott RC. Immersion near-drowning and drowning. Br J Anaesth 1997;79:214-25.
- 10) Cass DT, Ross F, Lam LT. Childhood drowning in New South Wales

1990–1995 a population–based study. Med J Aust 1996;165:610–2.

11) Roll HF. Leerboek der Gerechtelijke Geneeskunde voor de scholen tot opleiding van Ind. artsen, 's-Gravenhage, Martinus Nijhoff, 1918.

12) Idris AH, Berg RA, Bierens J, et al. Recommended guidelines for uniform reporting of data from drowning: the “Utstein style”. Resuscitation 2003;59:45–57.

13) Yoon JJ. A textbook of forensic medicine. 1st ed. Seoul: Korea medical book; 1995. p164–74.

14) DiMaio DJ, DiMaio VJM. Drowning, Forensic Pathology. New York: Elsevier Science Publishers; 1989. p357–65.

15) Swann HG, Spafford NR. Body salt and water changes during fresh and sea water drowning. Tex Rep Biol Med 1951;9:356–62.

16) Chowdhury MH, Rahman MM, Hosasain MG, et al. Socio–demographic characteristics of drowning cases recorded at a Tertiary Care Hospital. J Shaheed Suhrawardy Med Coll, 2012;4:57–9.

17) Davis JH. Autopsy findings in victims of drowning. In: Modell JH, ed. The pathology and treatment of drownings and near–drowning. Illinois: Charles C Thomas Publisher; 1971. p74–82.

18) Zhu BL, Ishida K, Quan L, et al. Pulmonary immunohistochemistry and serum levels of a surfactant–associated protein A in fatal drowning. Legal Med 2002;4:1–6.

19) Cooke CT. Drowning. In: Masson JK, ed. The pathology of trauma.

London: Edward Arnold; 1993. p214-26.

20) Knight B. Immersion deaths, Forensic pathology. 3rd ed. London: Arnold; 2004. p395-411.

21) Piette MH, De Letter EA. Drowning: still a difficult autopsy diagnosis. Forensic Sci Int 2006;163:1-9.

22) Morild I. Pleural effusion in drowning. Am J Forensic Med Pathol 1995;16:253-6.

23) Kringsholm B, Filskov A, Kock K. Autopsied cases of drowning in Denmark 1987-1989. Forensic Sci Int 1991;52:85-92.

24) Yorulmaz C, Arican N, Afacan I, et al. Pleural effusion in bodies recovered from water. Forensic Sci Int 2003;136:16-1.

25) Giamona ST, Modell JH. Drowning by total immersion, effects on pulmonary surfactant of distilled water, isotonic saline and sea water. Am J Dis Child 1967;114:612-6.

26) Maeda H, Fujita MQ, Zhu BL, et al. Pulmonary surfactant-associated protein A as a marker of respiratory distress in forensic pathology: assessment of the immunohistochemical and biochemical findings. Legal Med 2003;5:318-21.

27) Gonzalez-Rothi RJ. Near drowning: consensus and controversies in pulmonary and cerebral resuscitation. Heart Lung 1987;16:474-82.

28) Polfliet MM, Fabriek BO, Daniels WP, et al. The rat macrophage

scavenger receptor CD163: expression, regulation and role in inflammatory mediator production. Immunobiology 2006;211:419-25.

[Table 1] Summary of histologic findings of lung according to experimental conditions (seawater)

Group	Animal ID.	Alveolar edema	Perivascular edema	Alveolar hemorrhage	Bronchiolar hemorrhage	Subpleural space congestion or hemorrhage	Atelectasis	Emphysema
Group 1 (seawater/surface/2hrs)	1	0	2	1	0	0	0	1
	2	1	2	2	0	0	0	2
	3	1	2	1	1	0	0	2
	4	2	2	3	2	0	0	1
	5	1	2	1	0	0	0	trace
Group 2 (seawater/surface/20hrs)	6	1	2	1	1	0	0	2
	7	3	2	1	0	0	0	2
	8	2	2	1	1	0	0	2
	9	3	2	1	1	0	0	2
	10	3	2	2	2	0	0	1
Group 3 (seawater/depth/2hrs)	11	1	2	1	1	0	0	1
	12	1	2	1	0	0	1	2
	13	2	2	1	1	0	0	2
	14	2	2	1	2	0	1	2
	15	1	2	1	1	0	0	2
Group 4 (seawater/depth/20hrs)	16	2	2	2	0	0	0	2
	17	3	2	3	1	0	0	2
	18	3	2	3	0	0	0	1
	19	3	3	3	1	0	0	1
	20	3	1	1	0	2	0	0

[Table 2] Summary of histologic findings of lung according to experimental conditions (freshwater)

Group	Animal ID.	Alveolar edema	Perivascular edema	Alveolar hemorrhage	Bronchiolar hemorrhage	Subpleural space congestion or hemorrhage	Atelectasis	Emphysema
Group 5 (freshwater/surface/2hrs)	21	3	1	1	0	0	0	2
	22	1	1	2	0	0	2	2
	23	1	0	1	1	0	0	2
	24	1	1	1	1	0	0	2
	25	3	1	1	1	0	0	2
Group 6 (freshwater/surface/20hrs)	26	3	1	2	1	0	0	1
	27	1	1	1	1	0	0	2
	28	1	1	2	1	0	0	2
	29	2	2	2	0	0	0	2
	30	2	2	2	0	0	0	1
Group 7 (freshwater/depth/2hrs)	31	1	1	0	0	0	0	2
	32	0	2	0	0	0	0	2
	33	0	2	0	0	0	0	2
	34	3	2	2	0	2	0	2
Group 8 (freshwater/depth/20hrs)	36	0	1	0	0	0	0	2
	37	0	1	0	0	0	0	2
	38	3	1	3	0	0	0	2
	39	3	2	3	0	0	0	2
	40	3	2	2	1	0	0	2



[Table 3] Summary of experimental result of dye diffusion in lung by groups.

No.	Group	Lung Weight	Grade
1	Drowning group	1.4	1+
2		1.5	1+
3		1.5	1+
4		1.4	1+
5		1.5	1+
	Mean	1.46	
6	PM* Intratracheal instillation group	3.0	4+
7		3.2	3+
8		3.3	2+
9		3.4	2+
10		3.8	2+
	Mean	3.34	
11	PM* Submersion group for 1hr	3.8	1+
12		3.4	2+
13		3.7	2+
14		3.5	2+
15		3.7	2+
	Mean	3.62	
16	PM* Submersion group for 24hr	2.6	1+
17		3.0	1+
18		2.4	2+
19		2.4	1+
20		3.2	1+
	Mean	2.72	

PM\*—postmortem

## 가압장치 (모델명: Y-wpt12)

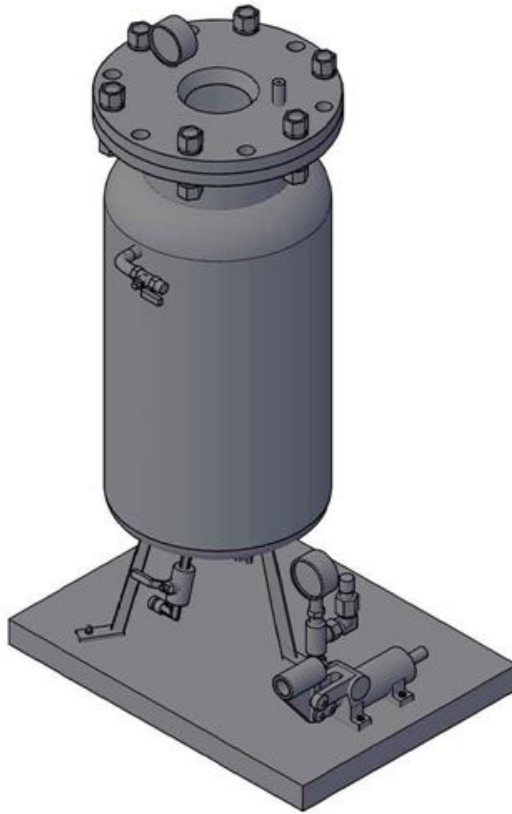


Fig. 1. Compression tank was used to simulate the condition of underwater 10 m depth.

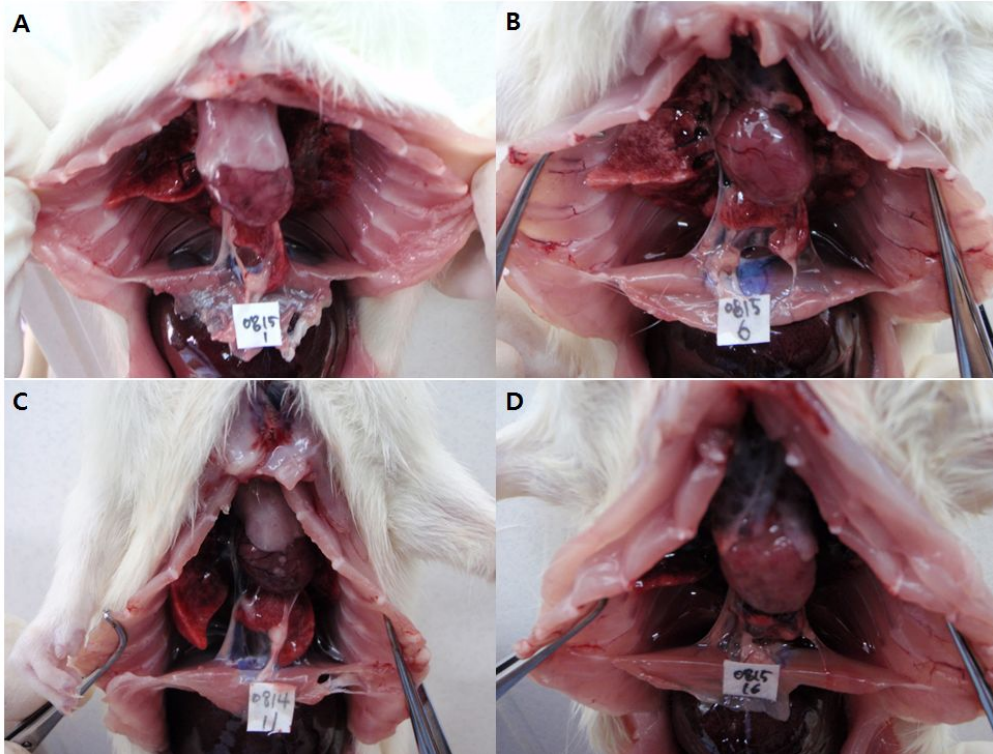


Fig. 2. Thoracic cage is opened to examine the volume of pleural effusion in seawater group. (A: Group 1, B: Group 2, C: Group 3, D: Group 4) The volume of pleural effusion increases most in group 2. Group 2 is an experiment placed for 2 hrs in water after drowned in seawater.

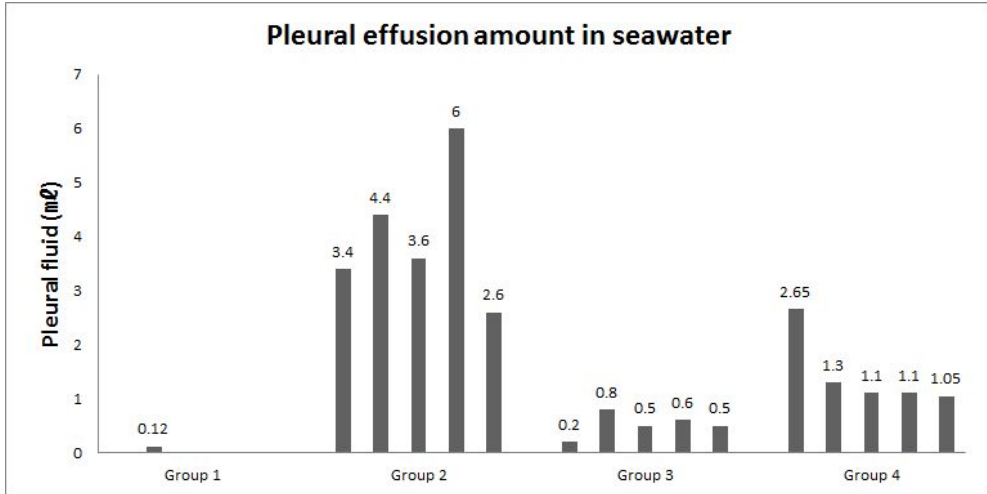


Fig. 3. Histogram shows the difference of pleural effusion volume depending on the experimental conditions in seawater group. The volume of pleural effusion increase most in group 2. It becomes increased as the placing time is longer. Group 2 is an experiment placing for 20 hrs in water after drowned in seawater.

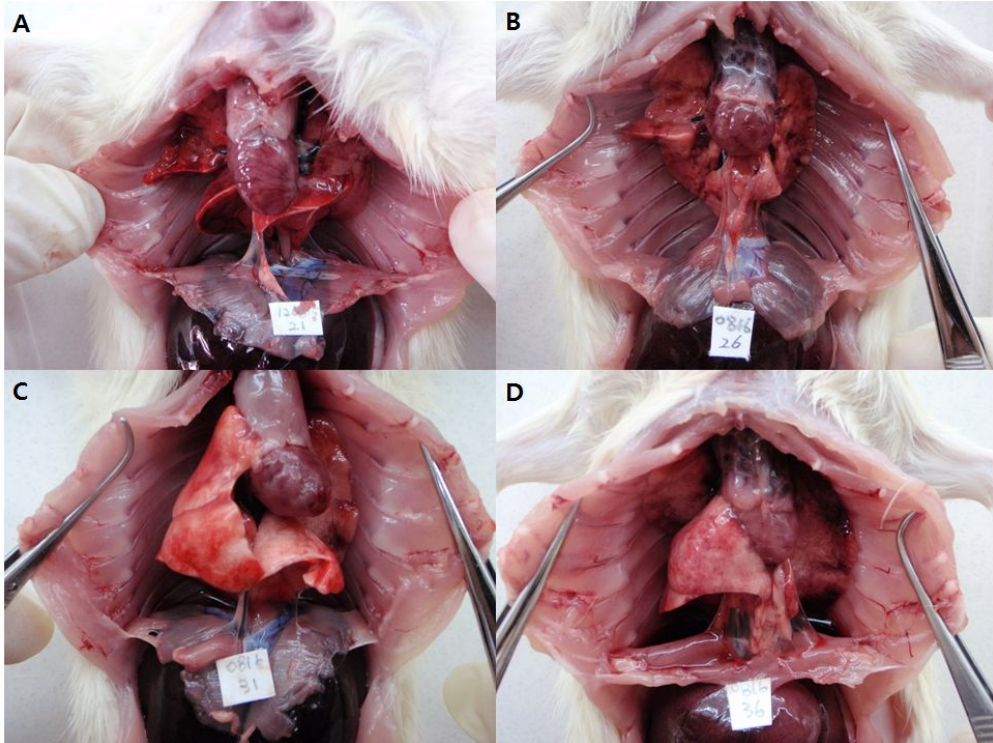


Fig. 4. Thoracic cage is opened to examine the volume of pleural effusion in freshwater group. (A: Group 5, B: Group 6, C: Group 7, D: Group 8) The volume of pleural effusion increases most in group 8. Group 8 is an experiment placed for 20 hrs in depth of water after drowned in freshwater.

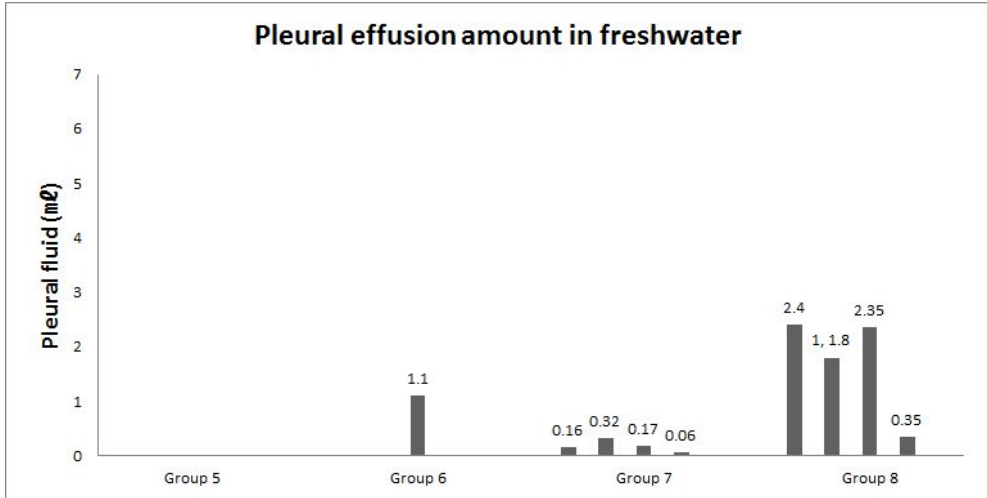


Fig. 5. Histogram shows the difference of pleural effusion volume depending on the experimental conditions in freshwater group. It shows increase as the placing time is longer, but there was no difference caused by placing time in the surface condition.

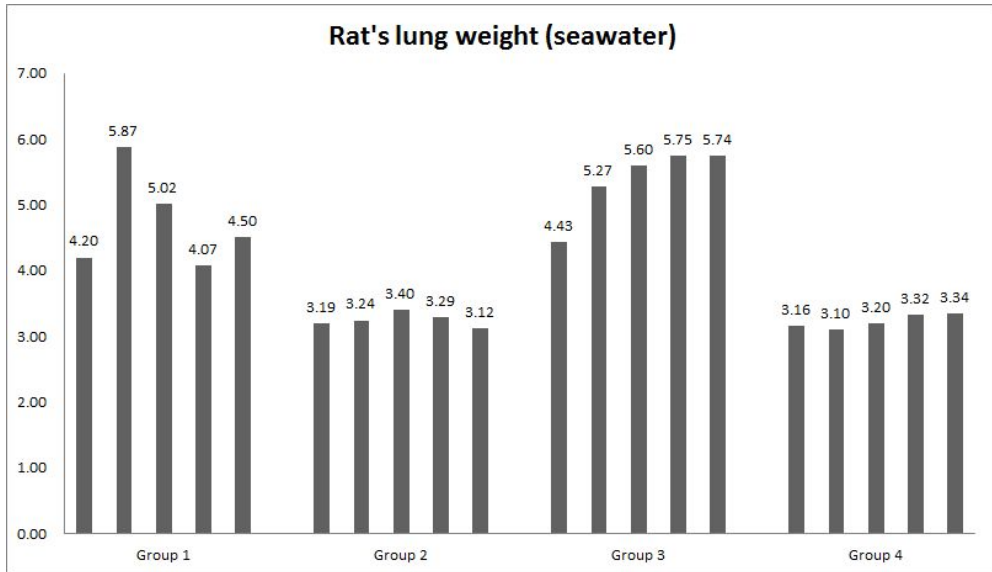


Fig. 6. Histogram shows the difference in lung weight depending on the experimental conditions in seawater group. The more placing time increases, the more the lung weight becomes decreased. The lung weight becomes the heaviest in group 3.

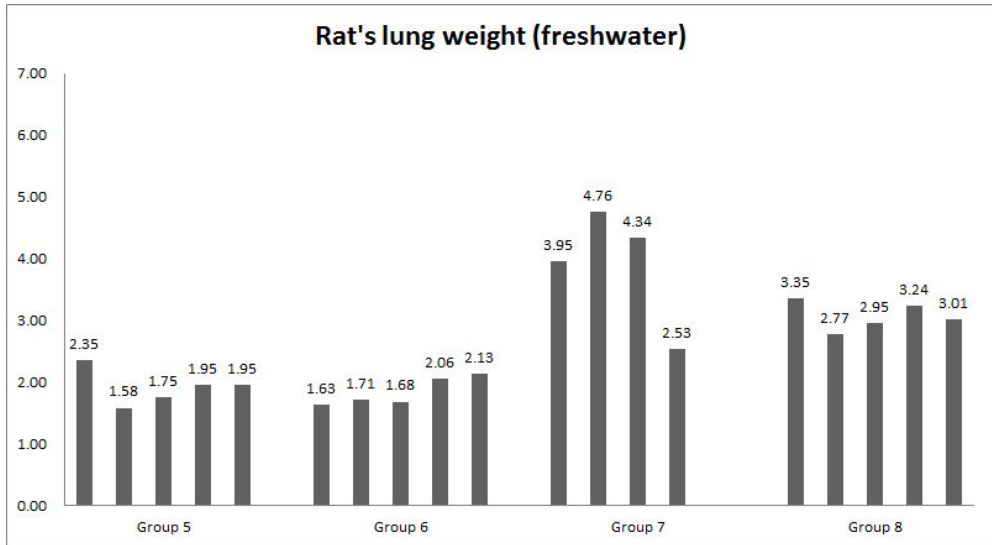


Fig. 7. Histogram shows the difference in lung weight depending on the experimental conditions in freshwater group. There is no change of the lung weight caused by placing time in the surface condition. But in the depth condition, the lung weight is slightly decreased by increasing of the placing time. The lung weight becomes the heaviest in group 7.



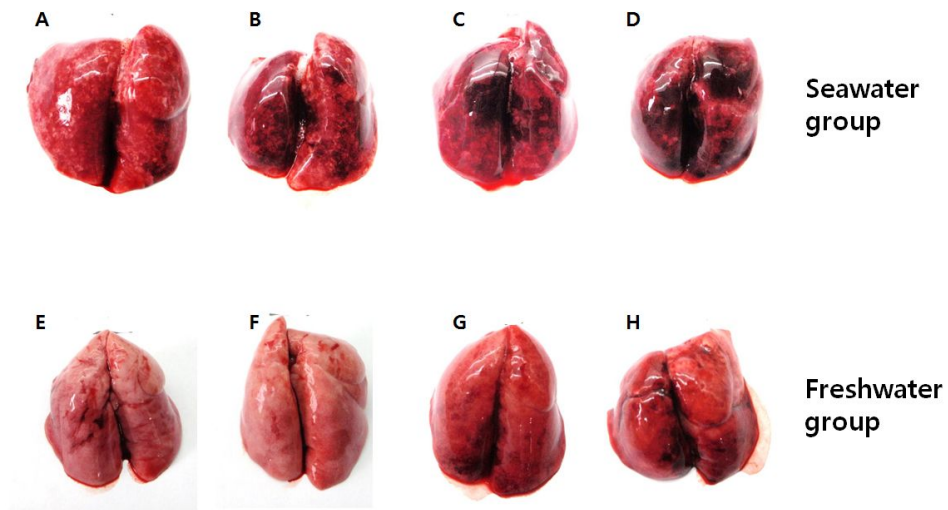


Fig. 8. Photograph shows a dorsal surface of the lung on the gross examination. (A: Group 1, B: Group 2, C: Group 3, D: Group 4, E: Group 5, F: Group 6, G: Group 7, H: Group 8) Alveolar edema and alveolar hemorrhage are observed in seawater group rather than freshwater group.

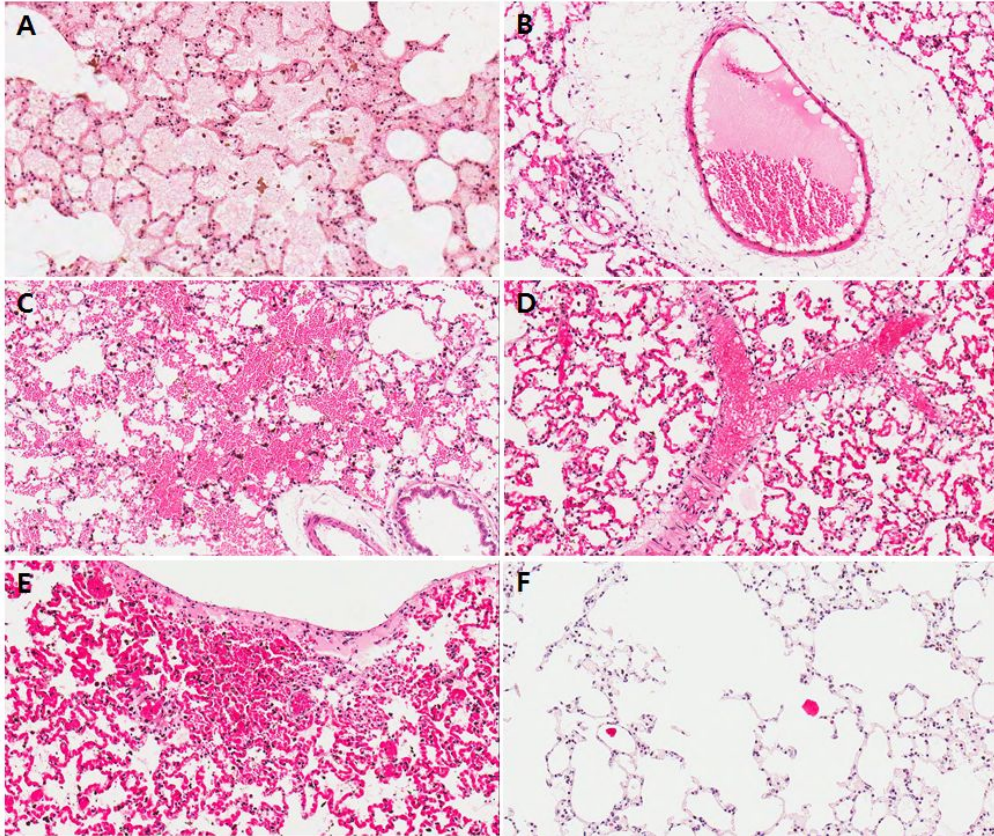


Fig. 9. Histologic section of lung tissue shows alveolar edema, perivascular edema, alveolar hemorrhage, bronchiolar hemorrhage, atelectasis or emphysema. (A; 2+ of alveolar edema in Group 6(#29), B; 2+ of perivascular edema in Group 3(#11), C; 3+ of alveolar hemorrhage in Group 1(#4), D; 3+ of bronchiolar hemorrhage in Group 2(#10), E; 1+ of atelectasis in Group 3(#12), F; 2+ of emphysema in Group 5(#22)) But those were no difference between freshwater and seawater group.

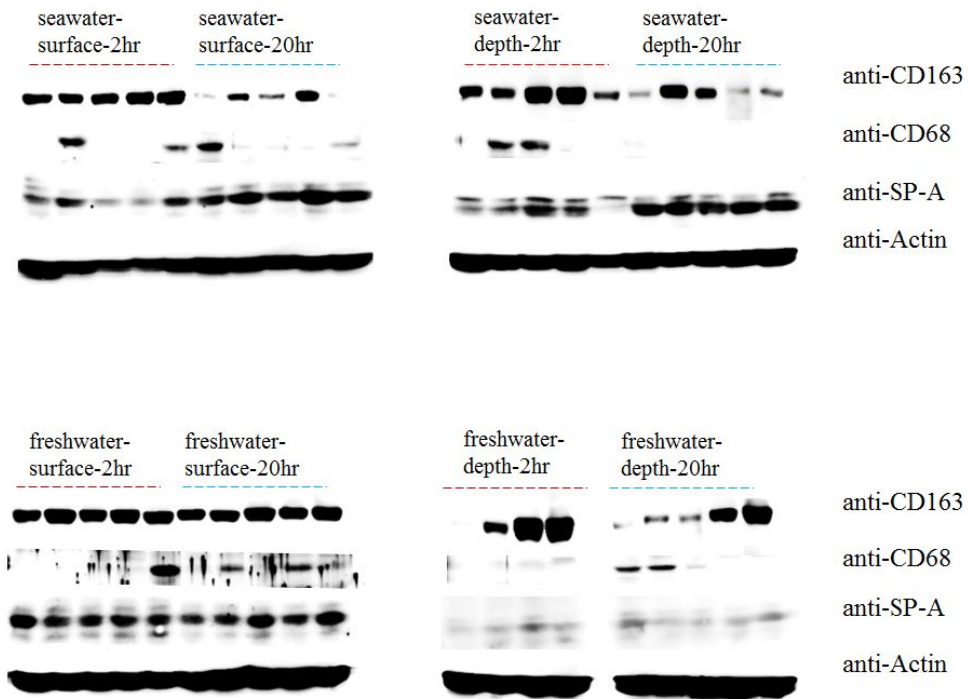


Fig. 10. Expression level of CD163, CD68 and pulmonary SP-A in lung tissue is analyzed by Western blot. In seawater group, expression of CD163 was decreased, but of SP-A was increased according to residence time. On the other hand, in freshwater group, CD163 and SP-A expression were similar in all case drowned the surface of freshwater. And CD163 and SP-A expression did not show a constant pattern.

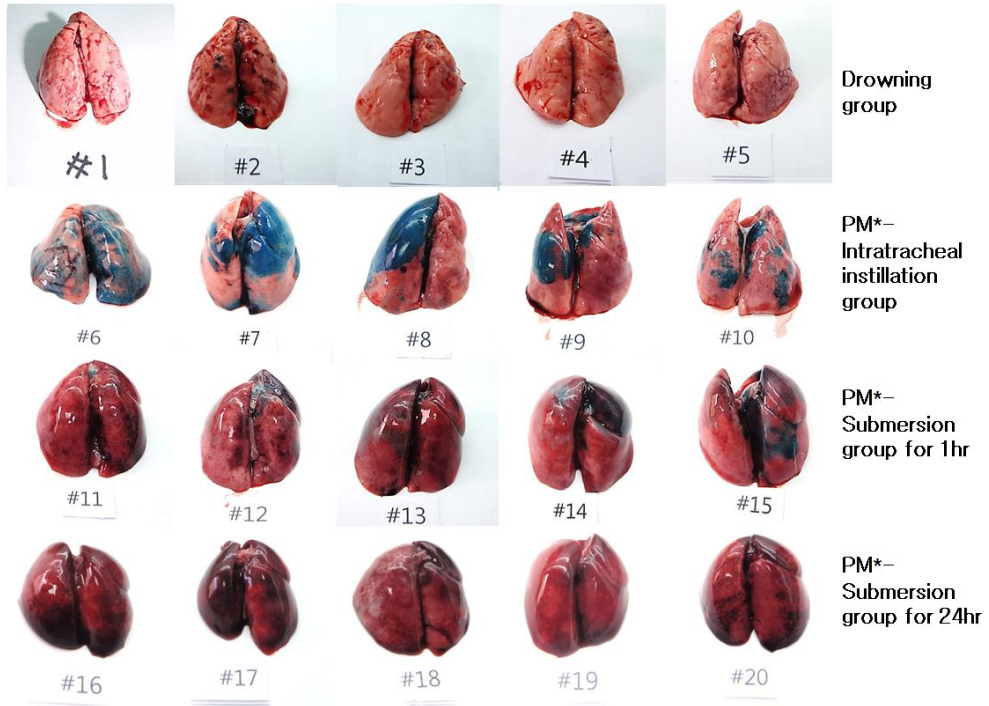


Fig. 11. Gross appearance of the lung shows the different grade of dye diffusion depending on the experimental conditions. In the postmortem intratracheal instillation group, the degree of diffusion was most marked. PM\*—postmortem



Fig. 12. Ventral surface of lung shows a similar pattern and grade of dye diffusion compared to dorsal surface on the experimental conditions. (after formalin fixation) Diffusion of dye was observed in postmortem submersion group as well as drowning group. PM\*—postmortem



Fig.13. Longitudinal section of the left lung shows more clear-cut comparison of dye diffusion on the experimental conditions. (after formalin fixation) The degree of dye diffusion was most remarkable in the postmortem intratracheal instillation group. PM\*—postmortem

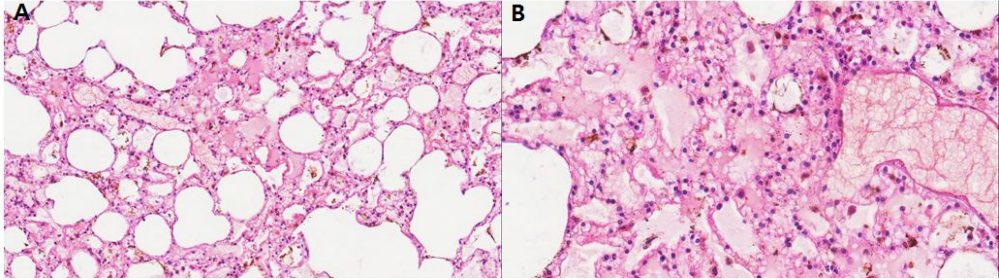


Fig.14. The photograph of histology reveals alveolar edema, alveolar hemorrhage and vascular congestion in the lung of rat which is immersed and pressurized after death. (H & E, A:  $\times 200$ , B:  $\times 400$ )