

익사 부검례에서 다양한 사후 체액을 이용한 나트륨과 염소의 임상화학검사에 대한 평가

나주영¹ · 오연호²

¹양산부산대학교병원 병리과

²국립과학수사연구원 중앙법의학센터

Evaluation of Sodium and Chloride Biochemical Tests in Drowning Autopsy Cases

Joo-Young Na¹, Yeon-Ho Oh²

¹Department of Pathology, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan, Korea,

²Medical Examiner's Office, National Forensic Service, Wonju, Korea

There are several diagnostic findings required for confirming a postmortem diagnosis of drowning. However, postmortem diagnosis of drowning remains challenging for forensic pathologists. In previous reports, several biochemical tests using various body fluids have been studied for their potential use in the postmortem diagnosis of drowning. In this study, the concentration of sodium and chloride was tested in various postmortem body fluids (vitreous humor, sphenoid sinus fluid, pleural fluid, cerebrospinal fluid, etc.) and their results were interpreted for their potential use in postmortem diagnosis of drowning. We examined 67 autopsy cases (freshwater drowning, 12 cases; seawater drowning, 16 cases; control group, 39 cases). The sodium and chloride concentration in the vitreous humor, sphenoid sinus fluid, and pleural fluid significantly correlated with each other. Furthermore, the concentrations of sodium, chloride, and the sum of the concentrations of the two in the various postmortem body fluids were significantly different in the three groups, when compared with each other (generally the concentration being the highest in the seawater drowning group, followed by the control group and the freshwater drowning group). Biochemical tests using various postmortem body fluids may serve as useful indicators for the postmortem diagnosis of drowning and for the differential diagnosis between freshwater and seawater drowning.

Key Words: Drowning; Body fluids; Biochemistry; Autopsy

Received: September 24, 2019

Revised: November 5, 2019

Accepted: November 19, 2019

Correspondence to

Joo-Young Na

Department of Pathology, Pusan
National University Yangsan
Hospital, 20 Geumo-ro, Mulgeum-
eup, Yangsan 50612, Korea
Tel: +82-55-360-1864

Fax: +82-55-360-1865

E-mail: pdrdream@gmail.com

서 론

익사를 법의학적으로 진단하기 위해서는 다음과 같은 소견들이 유용할 수 있다(코와 입 및 기도 안 포말, 위와 샘창자 안 액상 내용물, 익사 허파와 흉강액, 여러 장기에서 확인되는

다수, 다종의 플랑크톤)[1]. 그러나 익사를 법의학적으로 진단하는 것은 여전히 어렵다[2]. 익사의 진단에 있어서 다른 한 가지 요점은 익사자가 담수에서 익사하였는지 또는 해수에서 익사하였는지 여부를 밝히는 것이다. 이는 익사자의 익사 장소를 결정하는 것에 중요할 뿐만 아니라 부검 시 확인할 수

있는 허파의 특성, 식사체의 전해질 검사 및 플랑크톤 검사에도 영향을 미치기 때문이다[3]. 이전의 보고[4]에서는 나비굴에서 0.55 mL 이상의 액상 내용물이 확인되는 경우는 부패된 시신이라도 물에 빠질 당시에 변사자가 생존해 있었을 것으로 판단할 수 있다고 보고되었다. 또한, 나비굴 안 액상 내용물에서 나트륨, 염소, 마그네슘 이온의 농도가 해수와 담수 식사를 구분하는 데 이용될 수 있다고 보고하였다[1]. 그 외에 눈유리체액[5], 흉강액[6,7], 뇌척수액[8-10]에서 임상화학검사를 시행하여 담수와 해수 식사를 사후 진단하기 위한 연구가 보고되었다. 이에 본 연구에서는 기존 논문들을 참고하여 부검 시 확인할 수 있는 여러 체액에서 현재 대한민국에서 사용되고 있는 검사 장비와 검사법에 따라 나트륨과 염소 이온 검사를 시행함으로써 이들 검사가 담수 또는 해수 식사 진단에 유용한지 여부를 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

담수와 해수에서 식사한 변사체 28 증례와 식사를 제외한 사망 39 증례에서 임상화학검사를 시행하였다. 담수와 해수 식사는 각각 12예, 16예이었다. 모든 부검 증례는 검사의 청구에 의해 법원에서 발부한 압수수색영장에 근거하여 시행되었으며, 모든 자료는 익명화된 후 사용되었다. 식사 증례와 대조군 증례의 기본 정보는 각각 Tables 1과 2에 정리하였다. 각각의 증례에서 사인은 경찰의 수사 자료 및 부검을 포함한 사후 검사를 통해 법의학자가 판단한 사인에 근거하였으며, 식사 장소와 물에 잠긴 시간 등은 수사 기록을 참고하여 판단되었다. 통상의 부검 절차에 따라 부검이 시행되었고, 임상화학검사를 위하여 눈유리체액, 나비굴 안 액상 내용물, 흉강액 및 뇌척수액이 각각 21예, 21예, 14예(양쪽 12예, 오른쪽 1예, 왼쪽 1예), 2예에서 채취되었으며, 일부 증례에서는 소변과 심낭액도 채취되었다. 뇌척수액은 수조천자를 통해 채취되었고, 부패 변성으로 인해 담수와 해수 식사, 각각 4 증례(증례번호 8-11번)와 3증례(증례번호 22-24번)에서 눈유리체액이 채취되지 못하였다. 변사 현장의 물이 6예(담수 5예, 해수 1예)에서 채취되었다. 각각의 검체는 1,800 ×g에서 10분간 원심분리하여 부유물을 제거하고 상층액을 채취하여 검사를 진행하였다. 임상화학검사는 생화학 분석기 BT1500 (Biotechnica Instrument S.p.A., Rome, Italy)을 이용하여 분석하였다. 임상화학검사 중 분석 대상은 기존의 보고를 참고하여 나트륨 이온과 염소 이온을 대상으로 하였다. 통계적 검정은 GraphPad Prism software (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA)를 이용하여 시행하였다. 대조군 증례와 담수 및 해수 식사 증례에서 각각 이온 농도의 통계적 차이를 확인하기 위해 독립 t 검정(unpaired t test)을 사용하였고, 식사 증례에서 물에 잠긴 시간과 각각 이온 농도의

상관관계 및 검체 사이 이온 농도의 상관 관계를 확인하기 위해서는 피어슨 상관 관계 분석(Pearson's correlation)을 사용하였다. 통계적 의의는 P값 0.01을 기준으로 하였다.

결 과

1. 일반적 특성

담수 식사 12예에서 남성과 여성은 각각 9명, 3명이었고, 나이는 평균 43.5세이었다. 해수 식사 16예에서 남성과 여성은 각각 14명, 2명이었고, 나이는 불명인 1명을 제외하고 평균 53.4세이었다. 대조군 39예에서 남성과 여성은 각각 29명, 10명이었고, 나이는 평균 52.6세이었다. 담수 식사 증례에서 사망 장소는 육조, 호수, 농수로, 저수지, 강, 물웅덩이, 하천이 각각 2예, 1예, 2예, 2예, 2예, 1예이었다. 담수 식사 증례에서 입수 시간의 기간은 15분에서 168시간으로 평균 28.3시간이었고, 해수 식사 증례에서 입수 시간의 기간은 10여분에서 144시간으로 평균 41.8시간이었다. 대조군에서 사망의 종류는 내인사 21예, 외인사 18예이었다(Tables 1, 2).

2. 변사현장 액체

변사 현장의 물이 채취되어 검사가 진행된 경우는 담수 5예, 해수 1예가 있었으며, 담수 식사 증례 모두에서는 나트륨과 염소 이온이 검출 한계 미만으로 측정되어 검출 불가의 결과가 확인되었고, 해수 식사 증례에서는 나트륨과 염소 이온이 각각 205 mmol/L, 200 mmol/L를 초과한 것으로 확인되었다.

3. 눈유리체액

담수 식사 증례에서 눈유리체액은 9예에서 채취되었고, 나트륨과 염소 이온 및 나트륨과 염소이온의 합은 각각 평균 128.2 ± 6.7 mmol/L, 113.8 ± 5.1 mmol/L, 242.0 ± 10.6 mmol/L이었다. 해수 식사 증례에서 눈유리체액은 12예에서 채취되었으며, 나트륨과 염소 이온 및 나트륨과 염소 이온의 합은 각각 평균 160.2 ± 21.7 mmol/L, 146.8 ± 24.7 mmol/L, 306.9 ± 46.1 mmol/L이었다. 대조군 증례에서 눈유리체액은 38예에서 채취되었으며, 나트륨과 염소 이온 및 나트륨과 염소 이온의 합은 각각 평균 127.7 ± 11.5 mmol/L, 110.6 ± 9.9 mmol/L, 238.3 ± 20.41 mmol/L이었다. 해수 식사 증례에서 눈유리체액의 나트륨 이온은 담수 식사와 대조군에서 눈유리체액의 나트륨 이온과 비교하여 통계적으로 유의미하게 높았고(각각 $P < 0.001$, $P < 0.001$), 담수 식사 증례와 대조군 사이에서 나트륨 이온은 유의한 차이를 보이지 않았다($P = 0.901$)

(Fig. 1A). 해수 익사 증례에서 눈유리체액의 염소 이온은 담수 익사와 대조군에서 눈유리체액의 염소 이온과 비교하여 통계적으로 유의미하게 높았고(각각 $P=0.001$, $P<0.001$), 담수 익사 증례와 대조군 사이에서 염소 이온은 유의한 차이를 보이지 않았다($P=0.372$) (Fig. 1B). 또한, 눈유리체액의 나트륨과 염소 이온의 합은 해수 익사 증례에서 담수 익사와 대조군에 비해 통계적으로 유의미하게 높았고(각각 $P<0.001$, $P<0.001$), 담수 익사 증례와 대조군 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다($P=0.613$) (Fig. 1C).

4. 나비굴 안 액상 내용물

담수 익사 증례에서 나비굴 안 액상 내용물은 11예에서 채취

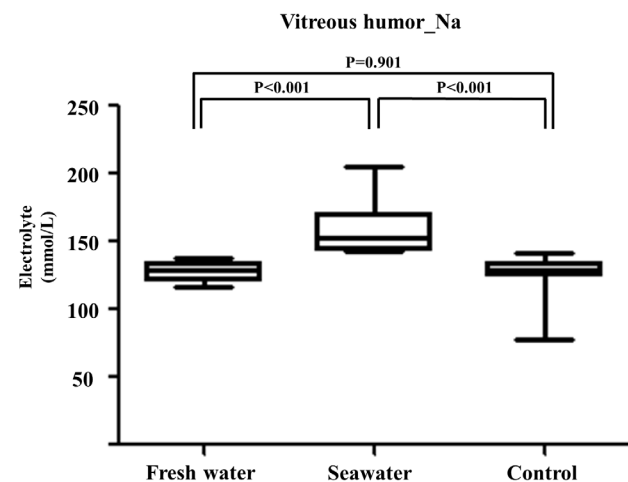
되었으며, 나트륨과 염소 이온 및 나트륨과 염소 이온의 합은 각각 평균 86.9 ± 20.1 mmol/L, 80.9 ± 20.3 mmol/L, 167.8 ± 32.2 mmol/L이었다. 해수 익사 증례에서 나비굴 안 액체

Table 2. Basic characteristics of control cases

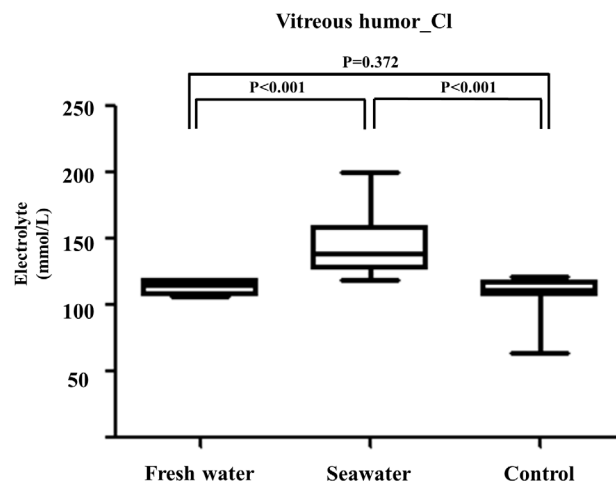
Case No.	Sex	Age (yr)	Cause of death
1	Male	57	Acute myocardial infarction
2	Male	67	Acute myocardial infarction
3	Male	56	Head trauma
4	Male	45	Pneumonia
5	Male	57	Ischemic heart disease
6	Female	67	Carbon monoxide intoxication
7	Female	41	Sudden cardiac death
8	Female	50	Multiple trauma
9	Male	33	Stab wounds
10	Male	18	Sudden cardiac death
11	Male	44	Hypertrophic cardiomyopathy
12	Male	38	Zolpidem intoxication
13	Male	66	Ischemic heart disease
14	Male	42	Ischemic heart disease
15	Male	33	Hanging
16	Male	45	Ischemic heart disease
17	Male	44	Hypertrophic cardiomyopathy
18	Female	81	Ligature strangulation
19	Male	65	Glyphosate intoxication
20	Male	68	Ischemic heart disease
21	Female	50	Ischemic heart disease
22	Male	50	Fire death
23	Female	47	Myocarditis
24	Male	42	Fire death
25	Male	58	Carbon monoxide intoxication
26	Female	57	Cervical trauma
27	Male	88	Manual strangulation
28	Female	55	Head trauma
29	Female	43	Acute alcohol intoxication
30	Male	81	Fire death
31	Male	47	Aortic dissection
32	Male	18	Sudden cardiac death
33	Male	60	Acute myocardial infarction
34	Male	67	Ischemic heart disease
35	Male	69	Ischemic heart disease
36	Male	60	Ischemic heart disease
37	Male	51	Chocking
38	Male	58	Renal failure
39	Female	35	Hanging

Table 1. Basic characteristics of drowning cases

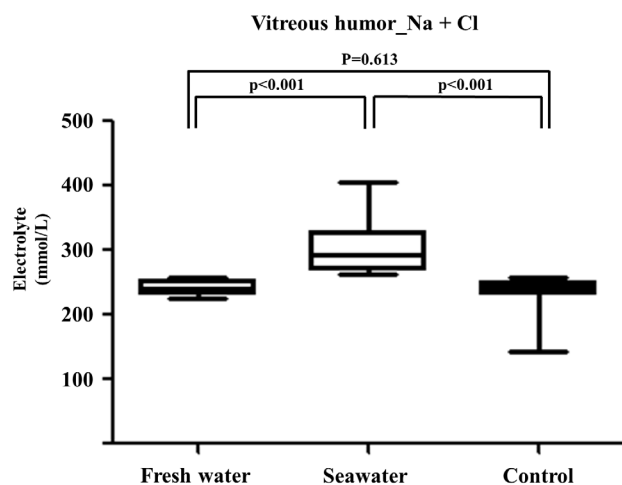
Case No.	Sex	Age (yr)	Water	Duration of immersion (hr)
1	Female	81	Bathtub water	5
2	Male	49	Lake water	1
3	Male	61	Farm waterway	6
4	Male	28	Reservoir	1
5	Male	25	River	10
6	Female	8	Puddle	2
7	Female	6	Puddle	2
8	Male	52	Reservoir	168
9	Male	82	Farm waterway	48
10	Male	56	Stream	48
11	Male	31	River	48
12	Male	27	Bathtub water	0.25
13	Male	27	Seawater	13
14	Male	59	Seawater	7
15	Female	64	Seawater	6
16	Male	Unknown	Seawater	Unknown
17	Male	75	Seawater	12
18	Male	77	Seawater	2
19	Male	66	Seawater	2
20	Male	65	Seawater	8
21	Female	77	Seawater	144
22	Male	30	Seawater	120
23	Male	20	Seawater	120
24	Male	52	Seawater	144
25	Male	62	Seawater	18
26	Male	55	Seawater	0.2
27	Male	74	Seawater	24
28	Male	24	Seawater	7



A



B



C

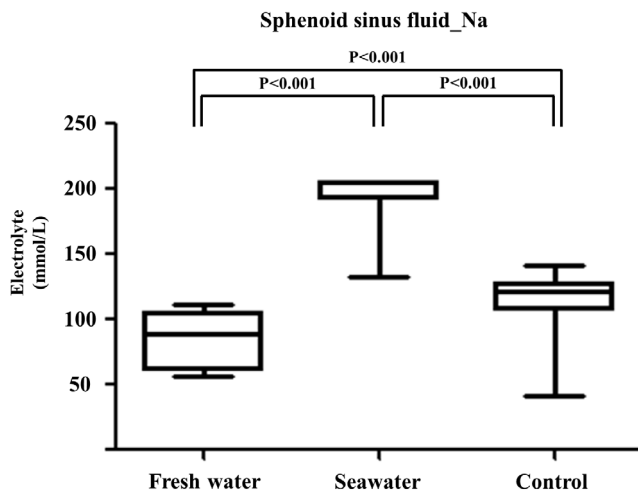
Fig. 1. Box plots of the concentration of electrolytes (A, Na, sodium; B, Cl, chloride; C, sum of sodium and chloride) in the vitreous humor of the three groups (freshwater drowning, seawater drowning, and control groups). Among the three groups, the concentration of electrolytes in the vitreous humor of the seawater drowning group was significantly higher than that of the freshwater drowning and control groups.

는 10예에서 채취되었으며, 나트륨과 염소 이온 및 나트륨과 염소 이온의 합은 각각 평균 195.1 ± 21.4 mmol/L, 191.6 ± 23.0 mmol/L, 386.7 ± 44.1 mmol/L이었다. 대조군 증례에서 나비굴 안 액체는 36예에서 채취되었으며, 나트륨과 염소 이온 및 나트륨과 염소 이온의 합은 각각 평균 116.5 ± 18.8 mmol/L, 95.4 ± 13.3 mmol/L, 212.0 ± 31.1 mmol/L이었다. 담수 및 해수 익사 증례와 대조군에서 나비굴 안 액체의 나트륨 이온은 각각의 군에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(모두 $P < 0.001$) (Fig. 2A). 해수 익사 증례에서 나비굴 안 액체의 염소 이온은 담수 익사와 대조군에서 눈유리체액의 염소 이온과 비교하여 통계적으로 유의미하게 높았고(모두 $P < 0.001$), 담수 익사 증례와 대조군 사이에서도 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($P = 0.009$) (Fig. 2B). 또한, 나비굴 안 액체의 나트륨과 염소 이온의 합은 해수 익사 증례에서

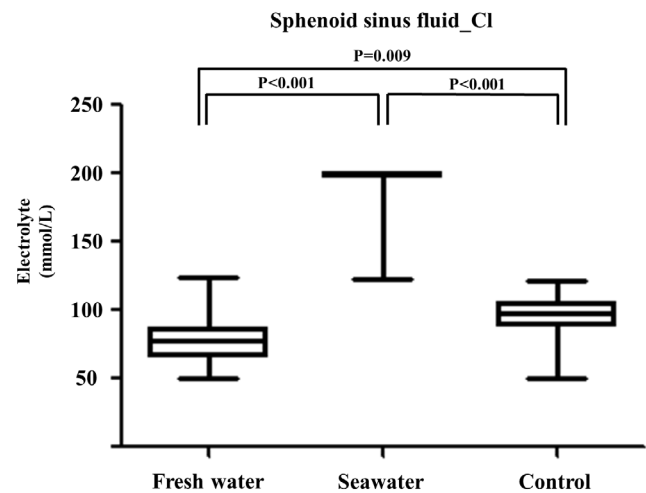
담수 익사와 대조군에서 통계적으로 유의미하게 높았고(모두 $P < 0.001$), 담수 익사 증례와 대조군 사이에서도 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($P < 0.001$) (Fig. 2C).

눈유리체액과 나비굴 안 액상 내용물에서 나트륨 이온($r = 0.696$, $P < 0.001$)과 염소 이온($r = 0.759$, $P < 0.001$)은 통계적으로 유의미한 상관 관계를 보였다(Fig. 3).

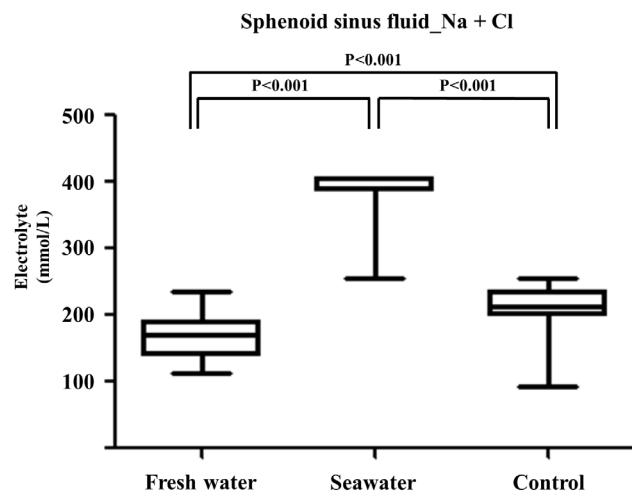
또한, 담수와 해수 익사 증례에서 눈유리체액의 나트륨과 염소 이온 및 두 이온의 합과 물에 잠긴 시간과의 상관 관계는 통계적으로 무의미하였고, 나비굴 안 액체의 나트륨과 염소 이온 및 두 이온의 농도의 합과 물에 잠긴 시간과의 상관 관계 역시 통계적으로 무의미하였다(Table 3).



A

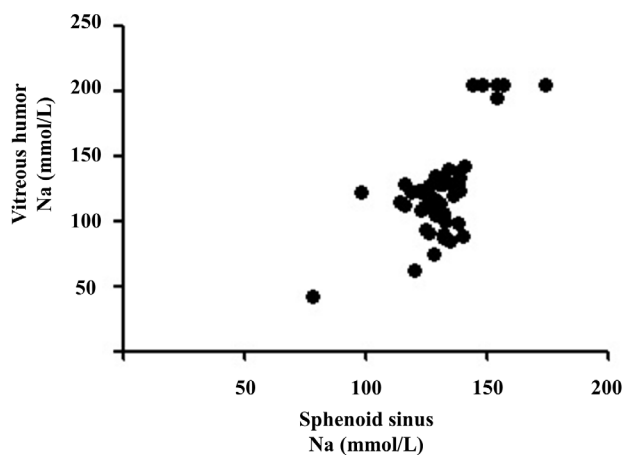


B

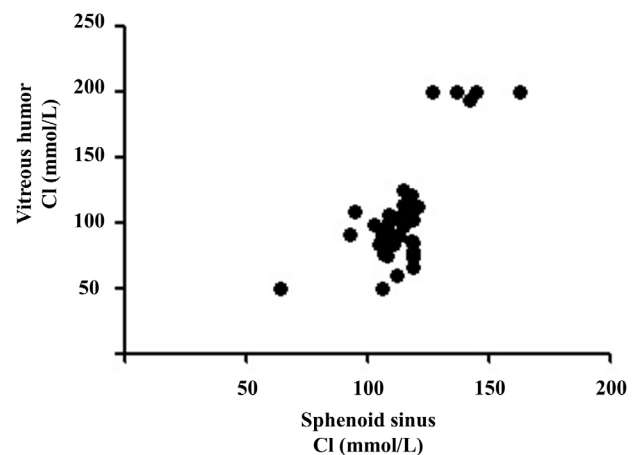


C

Fig. 2. Box plots of the concentration of electrolytes (A, Na, sodium; B, Cl, chloride; C, sum of sodium and chloride) in the sphenoid sinus fluid of the three groups (freshwater drowning, seawater drowning, and control groups). Among the three groups, the concentration of electrolytes in the sphenoid sinus fluid was significantly different in each group.



A

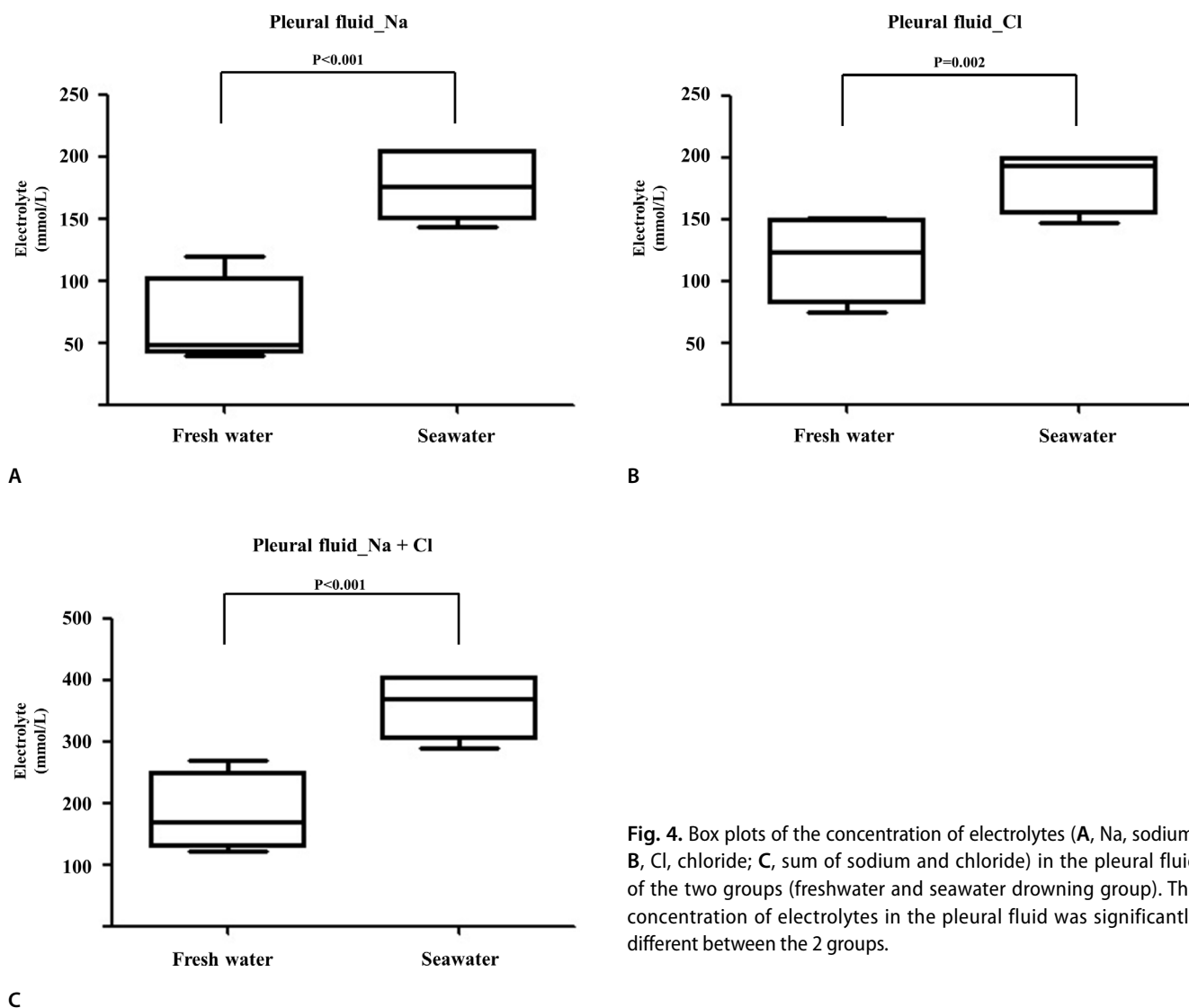


B

Fig. 3. Concentration of electrolytes (A, Na, sodium; B, Cl, chloride) is significantly correlated between in the vitreous humor and sphenoid sinus fluid (A, $r=0.696$, $P<0.001$; B, $r=0.759$, $P<0.001$).

Table 3. Correlation between the duration of immersion and ion concentration

	Vitreous humor				Sphenoid sinus			
	Freshwater		Seawater		Freshwater		Seawater	
	Sodium	Chloride	Sodium	Chloride	Sodium	Chloride	Sodium	Chloride
Pearson r	-0.7469	-0.1337	0.6692	0.6895	-0.5156	0.3314	-0.9383	0.2702
P-value	0.0208	0.7317	0.0173	0.0131	0.1045	0.3195	0.2884	0.4820
R squared	0.5578	0.0179	0.4478	0.4755	0.2658	0.1098	0.1586	0.0730

**Fig. 4.** Box plots of the concentration of electrolytes (A, Na, sodium; B, Cl, chloride; C, sum of sodium and chloride) in the pleural fluid of the two groups (freshwater and seawater drowning group). The concentration of electrolytes in the pleural fluid was significantly different between the 2 groups.

5. 흉강액

담수 익사 증례에서 흉강액은 4예에서 채취되었으며, 나트륨과 염소 이온 및 두 이온의 합은 평균 64.0 ± 32.0 mmol/L, 118.0 ± 31.4 mmol/L, 182.0 ± 55.5 mmol/L이었다. 해수 익사 증례에서 흉강액은 10예에서 채취되었으며, 나트륨과

염소 이온 및 두 이온의 합은 각각 평균 176.5 ± 24.1 mmol/L, 180.5 ± 22.0 mmol/L, 357.0 ± 44.9 mmol/L이었다. 담수 및 해수 익사 증례에서 나트륨 이온 ($P < 0.001$), 염소 이온 ($P = 0.002$) 및 두 이온의 합 ($P < 0.001$)은 각각의 군에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(Fig. 4). 또한, 흉강액과 눈유리체액 또는 나비굴 안 액상 내용물의 나트륨 이온($r = 0.831$,

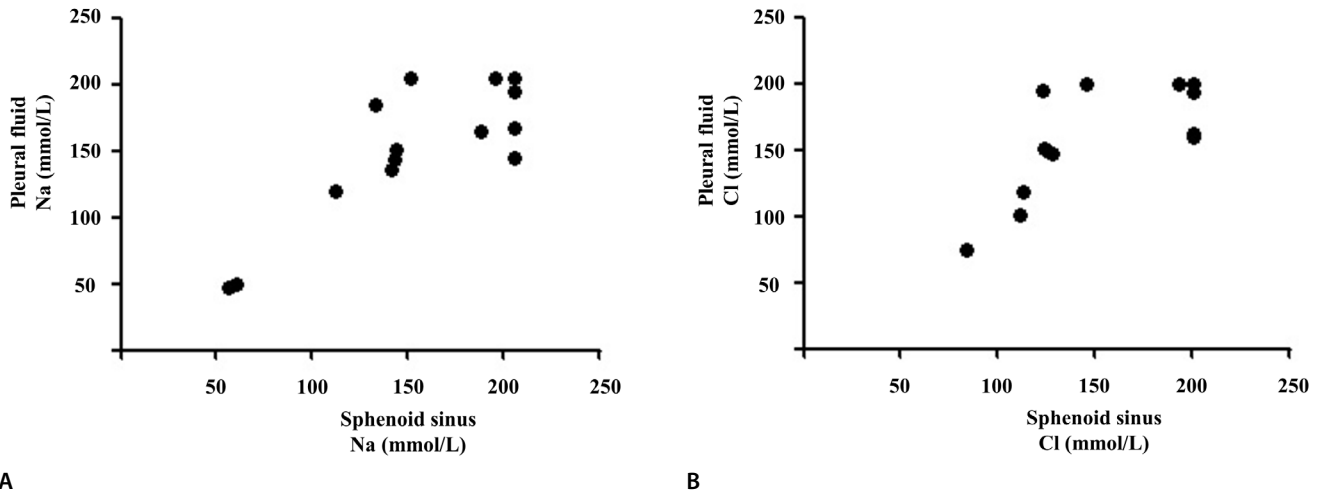


Fig. 5. The concentration of electrolytes (A, Na, sodium; B, Cl, chloride) is significantly correlated between the pleural fluid and sphenoid sinus fluid (A, $r=0.831$, $P<0.001$; B, $r=0.729$, $P=0.003$).

$P<0.001$)과 염소 이온($r=0.729$, $P=0.003$)은 통계적으로 유의미한 상관 관계를 보였다(Fig. 5). 그러나 흉강액의 나트륨과 염소 이온 및 두 이온의 합과 입수 시간 사이의 상관 관계는 통계적으로 무의미하였다.

6. 뇌척수액

뇌척수액은 담수 익사에서 1예, 해수 익사에서 1예에서 채취되었는데, 담수 익사에서 뇌척수액 중 나트륨과 염소 이온 및 두 이온의 합은 각각 112 mmol/L, 106 mmol/L, 218 mmol/L이었고, 해수 익사에서 뇌척수액 중 나트륨과 염소 이온 및 두 이온의 합은 각각 123 mmol/L, 110 mmol/L, 233 mmol/L이었다.

고 찰

본 연구에서는 부검 시 채취한 체액(눈유리체액, 나비굴 안 액체, 흉강액 등)을 이용하여 현재 대한민국에서 사용하고 있는 사후 검사 장비와 검사법으로 나트륨과 염소 이온을 측정하여 담수 및 해수 익사의 진단에 대한 유용성을 확인하고자 하였다. 먼저 변사 현장에서 채취한 액체를 이용한 검사상 담수에서는 나트륨과 염소 이온이 측정 농도 미만으로 측정 불가하였고, 해수에서는 나트륨과 염소 이온이 각각 205 mmol/L, 200 mmol/L 초과로 측정되었는데, 기존의 연구[1]에서 담수의 경우 나트륨과 염소 이온이 각각 5.9 ± 1.3 mmol/L, 12.9 ± 1.5 mmol/L로 검출되었고, 해수의 경우 나트륨과 염소 이온이 각각 429.0 ± 51.7 mmol/L, 499.9 ± 35.2 mmol/L로 검출되어 이들은 본 연구의 결과와 배치되지 않았다. 또한, 본 연구에서 검사한 체액에서 나트륨과 염소 이

온의 농도는 변사 현장의 이온 농도와 달랐기 때문에 흉강액이나 나비굴 안의 액상 내용물 등의 체액이 단지 체 내로 들어온 변사현장의 액체가 아님을 확인할 수 있었다.

눈유리체액에서 나트륨과 염소 이온은 해수 익사의 사후 진단에 유용한 것으로 보고되었고[5,11-13], 나트륨과 염소 이온의 합이 259 mmol/L인 경우에 해수 익사로 진단할 수 있다고 보고되었다[9]. 본 연구에서도 눈유리체액에서 나트륨과 염소 이온은 해수 익사에서 유의미하게 높게 측정되어 해수 익사의 경우 담수 익사와 대조군에 비하여 차이를 보였고, 해수 익사의 모든 경우에서 눈유리체액의 나트륨과 염소 이온의 합은 259 mmol/L 이상이였다. 또한, 해수 익사의 모든 경우에서 나비굴 안 액상 내용물과 흉강액의 나트륨과 염소 이온의 합 역시 모두 259 mmol/L 이상이였다.

나비굴 안 액상 내용물에서는 대조군과 담수 및 해수 익사군에서 각각 모든 경우에 나트륨과 염소 이온이 유의미한 차이를 보였다. 기존의 보고에서는 나비굴에서 액상 내용물이 0.55 mL 이상 확인되는 경우에 해수 익사의 진단적 소견으로 보고하였으나[4], 본 연구에서는 다수의 대조군 증례에서 0.55 mL 이상의 액상 내용물이 나비굴에서 채취되어 기존의 보고에 반하는 결과를 보였고, 이는 다른 보고에서도 확인되었다[1]. 또한, 눈유리체액과 나비굴 안 액상 내용물 및 흉강액의 나트륨과 염소 이온이 서로 통계적으로 유의미한 상관 관계를 보였기 때문에 부패로 인해 눈유리체액의 채취가 어려운 경우에 나비굴 안 액상 내용물이나 흉강액을 통해 나트륨과 염소 이온의 검사가 시행될 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서 담수 익사 4예, 해수 익사 3예에서 부패로 인해 눈유리체액이 채취되지 못하였는데, 이러한 7증례에서 나비굴 안 액상 내용물이 채취되었고, 나비굴 안 액상 내용물에서 나트륨과 염소 이온은 각각 담수와 해수 익사에 합당한 소견

을 보였다. 나비굴 안 액상 내용물의 경우에는 익사와 대조군 사이에서도 차이가 인정되어 담수 및 해수 익사의 진단에서 눈유리체액보다 더욱 유용할 수 있을 것으로 생각된다. 다만, 머리카름 가슴부위 손상이 있는 경우에는 체강이 노출되지 않았는지 주의해야 할 것으로 생각된다.

홍강액의 경우 본 연구에서는 대조군의 홍강액이 채취되지 않아 익사군과 대조군 사이의 비교가 이루어지지 못했으나, 기존의 보고에서는 홍강액에서 나트륨, 칼륨, 염소 이온의 합이 195.9 mmol/L 미만인 경우 담수 흡입의 기준으로 제시하였고, 282.7 mmol/L 초과한 경우 해수 흡입의 기준으로 제시하였다[7]. 또한, 홍강액의 경우 나트륨이나 염소 이온 단독으로 검사하는 것보다 이들 이온의 농도를 합산하는 것이 익사의 진단 및 담수와 해수 익사를 구분하는 데 더욱 유용하다고 보고되었고, 홍강액의 경우 홍강액의 양도 함께 고려해야 한다고 보고되었다[7].

해수 익사한 경우에 뇌척수액에서 나트륨과 염소 이온이 증가한 증례가 보고되었고[8], 다른 보고에서는 뇌척수액의 나트륨과 염소 이온의 합이 216 mmol/L 이상인 경우에 해수 익사로 진단할 수 있으며, 186 mmol/L 미만인 경우 해수 익사로 판단하기 어렵다고 보고하였다[9]. 본 연구에서는 비록 증례가 많지 않아 제한적이지만, 담수 익사 1예에서 나트륨과 염소 이온의 합은 218 mmol/L이었고, 해수 익사 1예에서는 233 mmol/L로 확인되었다. 뇌척수액의 경우 더 많은 증례에서 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

또한 자료를 제시하지 않았으나, 담수 익사 1예와 대조군 6예에서 소변을 채취하여 나트륨과 염소 이온을 측정하였는데, 나트륨과 염소 이온의 농도가 담수와 해수 익사의 구분 없이 각각 1-98 mmol/L, 1-131 mmol/L로 측정되어 유의미한 결과가 확인되지 않았다. 한편, 해수 익사 3예에서 심낭액 중 나트륨과 염소 이온의 농도가 눈유리체액, 나비굴 안 액상 내용물 및 홍강액에서의 나트륨과 염소 이온의 농도와 유사한 것으로 확인되었기 때문에 심낭액의 경우 더 많은 증례에서 연구가 진행되어야 할 것으로 생각되었다.

사후 체액(눈유리체액, 나비굴 안 액체, 홍강액)을 이용한 나트륨과 염소 이온의 임상화학검사를 통해 해수와 담수 익사의 구분이 가능할 것으로 생각한다. 그리고 해수 익사의 경우 대조군에 비해 유의미하게 사후 체액(눈유리체액과 나비굴 안 액체)에서 나트륨과 염소 이온이 증가하였고, 나트륨과 염소 이온의 농도 및 해수에 잠긴 시간과의 상관관계는 통계적으로 무의미하였기 때문에 이러한 검사를 통해 해수 익사의 진단이 가능할 것으로 생각된다. 담수 익사의 경우 눈유리체액과 나비굴 안 액체 중 나비굴 안 액체에서만 나트륨과 염소 이온이 대조군과 차이를 보였으나, 이전 연구에서는 담수 익사에서도 나트륨과 염소 이온의 검사가 익사의 진단에 유용하다고 보고되었기 때문에 특히 담수 익사 증례에서 더 많

은 연구가 필요할 것으로 생각된다. 익사 진단의 실무적 어려움을 감안할 때, 본 연구는 익사 진단의 정확도를 높이기 위한 새로운 진단법에 대한 시도로서 가치가 있다고 생각된다.

ORCID: Joo-Young Na: <https://orcid.org/0000-0003-1138-433X>; Yeon-Ho Oh: <https://orcid.org/0000-0002-2230-414X>

Conflict of Interest

Joo-Young Na, a contributing editor of the Korean Journal of Legal Medicine, was not involved in the editorial evaluation or decision to publish this article. The authors have no conflict of interest to be declared.

Acknowledgments

This research was supported by a basic research through the Ministry of Education and National Research Foundation of the Republic of Korea (NRF-2018R1D1A1B07049459) and a grant (BCRI19012) of the Chonnam National University Hospital Biomedical Research Institute.

References

- Hayakawa A, Terazawa K, Matoba K, et al. Diagnosis of drowning: electrolytes and total protein in sphenoid sinus liquid. *Forensic Sci Int* 2017;273:102-5.
- Piette MH, De Letter EA. Drowning: still a difficult autopsy diagnosis. *Forensic Sci Int* 2006;163:1-9.
- Saukko P, Knight B. Knight's forensic pathology. 4th ed. Boca Raton: CRC Press; 2015, p. 405-13.
- Zivkovic V, Babic D, Nikolic S. Svechnikov's sign as an indicator of drowning in immersed bodies changed by decomposition: an autopsy study. *Forensic Sci Med Pathol* 2013;9:177-83.
- Tse R, Garland J, Kesha K, et al. Combining postmortem vitreous sodium and chloride and lung-body ratio in aiding the diagnosing saltwater drowning. *Am J Forensic Med Pathol* 2018;39:229-35.
- Matoba K, Murakami M, Hayakawa A, et al. Application of electrolyte analysis of pleural effusion to diagnosis of drowning. *Leg Med (Tokyo)* 2012;14:134-9.
- Yajima D, Saito H, Sato K, et al. Diagnosis of drowning by summation of sodium, potassium and chloride ion levels in pleural effusion: differentiating between freshwater and seawater drowning and application to bathtub deaths. *Forensic Sci Int* 2013;233:167-73.
- Garland J, Philcox W, Kesha K, et al. Elevated cerebrospinal fluid sodium and chloride levels in a saltwater drowning death. *Am J Forensic Med Pathol* 2019;40:258-61.
- Garland J, McCarthy S, Hensby-Bennett S, et al. Elevation of

- postmortem cerebrospinal fluid sodium and chloride levels is a potential adjunct test in the diagnosis of salt water drowning. *Am J Forensic Med Pathol* 2019;40:251-7.
10. Paulis MG, Hasan EI. Electrolytes and biochemical changes in cerebrospinal fluid in drowning: experimental rabbit model. *Am J Forensic Med Pathol* 2018;39:236-41.
 11. Cala AD, Vilain R, Tse R. Elevated postmortem vitreous sodium and chloride levels distinguish saltwater drowning (SWD) deaths from immersion deaths not related to drowning but recovered from saltwater (DNRD). *Am J Forensic Med Pathol* 2013;34:133-8.
 12. Anne S, Tse R, Oldmeadow C, et al. Immersion of bovine eyeballs after 1 hour in seawater does not result in elevation of postmortem vitreous humor sodium and chloride levels. *Am J Forensic Med Pathol* 2016;37:108-11.
 13. Garland J, Tse R, Oldmeadow C, et al. Elevation of post mortem vitreous humour sodium and chloride levels can be used as a reliable test in cases of suspected salt water drowning when the immersion times are less than one hour. *Forensic Sci Int* 2016;266:338-42.