

사후 혈액에서 흡광도 분석의 유용성에 관한 연구

나주영^{1,2} · 박종태³

전남대학교병원 ¹의생명연구원 및
²응급의료센터, ³전남대학교 의과대학
법의학고실

Received: November 15, 2018
Revised: November 20, 2018
Accepted: November 26, 2018

Correspondence to

Jong-Tae Park
Department of Forensic Medicine,
Chonnam National University
Medical School, 160 Baekseo-ro,
Dong-gu, Gwangju 61469, Korea
Tel: +82-62-200-4090
Fax: +82-62-223-4290
E-mail: jtpark@jnu.ac.kr

Analysis of the Absorbance Pattern of Postmortem Blood Sample Using Spectrometer

Joo-Young Na^{1,2}, Jong-Tae Park³

¹Biomedical Research Institute and ²Emergency Medical Center, Chonnam National University Hospital, Gwangju, Korea, ³Department of Forensic Medicine, Chonnam National University Medical School, Gwangju, Korea

The diagnosis of cause of death (COD) or estimation of postmortem interval (PMI) is hard to perform using postmortem blood or other bodily fluids due to various biochemical changes that occur during the agonal phase or after death. To solve these problems, new paradigms and new analytical methods are needed. In this study, postmortem blood was fractionated with specific gravity 1.021, 1.029, 1.038, and 1.045, and the absorbance patterns of each sample of the 131 total cases (12 kinds of COD) were analyzed using a spectrometer. The absorbance was grouped into 9 patterns (ABS pattern 1 to 9) according to the wave length and the signal intensity. These patterns of postmortem blood were found to be distinctly different from the absorbance pattern of fresh blood. The analysis of ABS patterns is useful for the diagnosis of deaths due to acute or rapid bleeding, fire death, drowning and, in some cases, poisoning, but is not useful for the estimation of PMI.

Key Words: Spectrometry; Absorbance pattern; Cause of death; Postmortem interval

서 론

부검은 생명 현상이 정지되고 사후 변화가 진행되는 시점에 이루어지므로 부검에 의한 질병이나 사인 진단 과정에서는 임상의학에서 활발하게 활용하고 있는 기능적 평가를 적용시키기 어려운 경우가 대부분이다. 예를 들어 내인성 급사의 가장 흔한 원인인 심근경색을 진단하는데, 임상의학적으로는 심전도, 심초음파, 관상동맥조영술, 심장표지자 등을 활용하여 그 진단이 용이하고 질병상태에 대한 추적 관찰도 잘 이루어지고 있다[1-5]. 그러나 생체 기능이 정지된 후에 이루어

지는 부검에서는 심전도, 심초음파, 관상동맥조영술 등에 의한 진단이 불가능하고, 심장표지자 검사를 할 수는 하지만 사망의 경과 중에 나타나는 변화 또는 사후 변화가 있기 때문에 그 결과를 해석하는 데에 제한점이 많으므로 온전히 신뢰하기 어려운 경우가 많다[6]. 이러한 기능적 검사의 제한점 때문에 해부를 통하여 관상동맥의 폐쇄가 있는지를 보고 판단한다. 그런데, 법의부검 현실에서는 관상동맥 폐쇄의 정도와 심근경색에 의한 사망이 항상 일치하는 것은 아니다. 또한 관상동맥 경축(spasm)에 의한 심근경색도 있는데 이 경우에는 부검을 하여도 관상동맥의 이상을 알 수 없으므로 심

근경색이라고 단정하지 못하고 사망의 경과나 보조적인 자료에 의해 '심인성 급사의 가능성을 배제할 수 없다.'라고 진단할 수밖에 없다. 또한 사후경과시간(postmortem interval, PMI)을 추정하기 위해서 전해질이나 생화학 물질들을 분석하기도 하지만 각각의 전해질이나 생화학물질들의 사후 변화가 매우 다양하게 진행되므로 실무에 적용하기 어렵다[6]. Hausdorfer 등[7]과 Matoba 등[8]은 사후 생화학 물질 분석에서 가장 문제가 되는 것이 자가용해 등 사후 변화, 심폐소생술에 의한 심근의 손상, 사전기 직전의 심실 부정맥이나 심실 세동 등에 의한 생화학 물질의 변화에 의한 간섭현상이라고 설명하고 있다. 이처럼 기능적 변화를 보이는 질병을 사후에 진단한다는 것은 매우 어려운 영역이라고 할 수 있다.

따라서 사망 후 혈액을 비롯한 체액들이 사후 변화로 인해 변성되므로 변성된 각각의 구성 성분들을 직접 정량적으로 분석하는 방법보다는 거시적이고 전체적인 혈액 또는 체액의 변화를 계량화하거나 지금까지 알려진 임상의학적인 분석 방법과는 다른 개념의 분석 방법을 개발할 필요가 있다. 즉, 사후 검체를 분석할 때 기능적 분석 분야를 활용하지 못하고 있는 현실을 극복하기 위해서는 기존의 임상의학적인 검사 또는 분석 방법을 벗어나 새로운 개념의 접근 방법과 해석이 필요하다.

한편 분광기(spectrometer)는 빛을 분산시켜서 얻게 되는 스펙트럼을 측정하는 장치이며 분광분석에 쓰이는 외에도 분해능이 높은 것은 물질의 미세구조를 해명하는 데 유력한 수단으로 쓰이고, 이러한 원리를 이용하여 본 연구에서는 USB2000+ Spectrometer (Ocean Optics, Inc.)를 사후 혈액 분석에 응용하고자 하였다. 이에 저자들은 비중을 이용하여 사후 혈액을 분획하고, 분광기로 그 액체 상태의 분획에 대한 흡광도를 분석하여 이러한 분석이 사인 진단이나 PMI 판단 등에 활용할 수 있는 가치가 있는지 알아보고자 본 연구를 시도하였다.

재료 및 방법

부검 시에 독극물 분석을 위해 우심방의 혈액을 채취하였으

며, 남은 혈액을 실험에 활용하였다. 부검은 검사의 영장 청구 및 법원의 영장에 근거하여 시행되었으며, 실험에 사용된 검체는 익명화 후 사용되었다.

분광기에 적용되는 glass tube가 5 mL 용량의 5 cm 높이이므로 예비실험 과정을 거쳐서 혈액은 0.5 mL, 비중액의 양은 3 mL로 하였다. 또한 비중액의 비중은 sucrose의 농도로 조절하였고, 예비실험을 거쳐 최종적으로 1.021, 1.029, 1.038, 1.045의 비중액(비중의 오차범위 ± 0.002)을 선택하였다. 혈액 0.5 mL를 각각 4개의 5 mL 용량 glass tube의 바닥에 넣고, 각각의 비중액 3 mL를 각각의 glass tube의 벽에 흘려서 조심스럽게 넣은 후 30분 정도 기다렸다가 2,000 rpm (715.5 g)으로 10분간 원심분리(HA 1000-3, Hanil Scientific Inc., Gimpo, Korea)하였다. 분획된 상층액에 해당되는 부위가 분광기의 입사광 위치에 있도록 조절하여 고정함으로써 모든 실험 결과가 동일한 분획 높이에서 흡광도가 측정될 수 있도록 하였다. 측정하고자 하는 파장 영역은 400 nm부터 700 nm까지로 하였다. 대조군으로는 실험자들의 혈액을 EDTA가 처리된 CBC bottle에 채취하여 각 비중으로 분획한 후 사용하였다.

분광기는 USB2000+ Spectrometer (Ocean Optics, Inc., Winter Park, FL, USA)을 이용하였으며, 입사광이 glass tube 내의 비중액으로 분획된 층을 구성하는 입자들에 의해서 흡수되는 광량을 의미하는 흡광도(absorbance)를 측정하였다. 그 원리는 다음의 도식과 같으며 흡광도는 $Abs = \log(\text{입사광}/\text{투과광})$ 의 공식에 의해 자동 계산된다(Fig. 1).

흡광도를 측정한 예들을 실험 중반에 후향적으로 분류하였으며 사인은 허혈성 심장 질환(ischemic heart disease) 35예, 심근병증(cardiomyopathy) 10예, 부검에서 특별한 손상이나 질병이 없지만 사건개요상 심인성 급사의 경과(sudden cardiac death)를 취한 7예, 비외상성 뇌출혈(cerebral or subarachnoid hemorrhage, non-traumatic) 14예, 외상성 지주막하출혈 또는 경막하출혈(subdural or subarachnoid hemorrhage, traumatic) 4예, 박리성 동맥류 파열(rupture of dissecting aneurysm of aorta) 5예, 질식사(asphyxia)

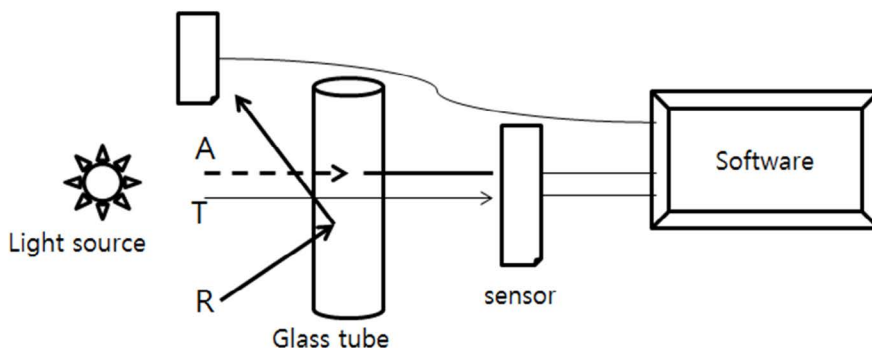


Fig. 1. Diagram of spectrometric analysis of postmortem blood. A, absorbance; T, transmittance; R, reflectance.

12예, 익사(drowning) 3예, 중독사(poisoning) 15예, 화재사(fire death) 9예, 감염 관련 사망(infection) 7예, 기타 10예 등 12 종류 총 131예이었다. 각 예에서 연령, 성별, 체질량지수(body mass index, BMI), PMI, 심장의 무게, 관상동맥의 폐쇄 정도, 혈중알코올농도 등 부검을 통해서 알 수 있는 자료들을 정리하여 흡광도 성적과 비교하였으며, PMI는 수사 자료를 기본으로 검안 및 부검 소견을 참고하여 추정되는 사망 시각부터 비중액에 의한 분획이 시작되는 시점으로 추정하였다.

결 과

1. 대조군 혈액에서의 흡광도

사망 전 혈액을 비중 1.021, 1.029, 1.038, 1.045으로 분획한 대조군 혈액 6예에서 400 nm에서부터 700 nm의 모든 분석 파장 영역에서 흡광도가 매우 낮았으며, 그 중에서도 비교적 높은 흡광도를 보이는 파장대(410-420 nm)에서 흡광도는 0.7 이하를 보였고 분획에 사용된 비중에 따른 차이는 없었고 또한

서로 다른 혈액 사이의 흡광도 차이는 없었다(Figs. 2, 3).

2. 사후 혈액에서의 흡광도

신선 혈액에서의 흡광도와는 달리 사후 혈액에서의 흡광도는 다양한 패턴으로 관찰되었으며, 이들 패턴을 사인이나 기타 부검 정보와의 비교가 용이하도록 흡광의 파장 및 흡광도의 peak를 기준으로 하여 9개의 패턴으로 분류하였다(Figs. 4-12). 자세히 설명하면, 파장이 500 nm 이하이면서 흡광도 peak가 1.0 미만인 경우를 ABS 1, 파장이 500 nm 이하이면서 흡광도 peak가 1.0 이상인 경우를 ABS 2, 파장이 500 nm를 약간 넘으면서 흡광도 peak가 1.0 이하인 경우를 ABS 3, 파장이 500 nm를 약간 넘으면서 흡광도 peak가 1.0 이상 1.5 이하인 경우를 ABS 4, 파장이 500 nm를 약간 넘으면서 흡광도 peak가 1.5 이상인 경우를 ABS 5, 파장이 550 nm 미만인 경우를 ABS 6, 파장이 600 nm 정도인 경우를 ABS 7, 파장이 600 nm 정도이면서 550 nm 근처에서 새로운 peak를 보이는 경우를 ABS 8, 파장이 650 nm를 넘으면서 peak가 편평함(plateau)을 보이는 경우를 ABS 9로 분류

Fresh blood, SG 1.029

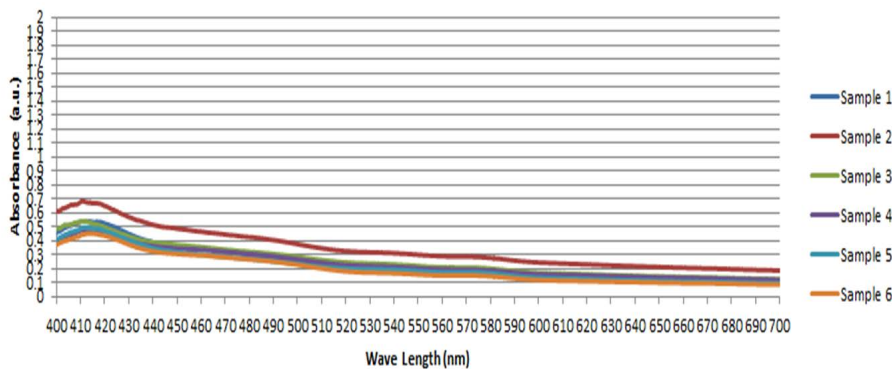


Fig. 2. Low level of absorbance signal in fresh blood fractionated with specific gravity 1.029.

Fresh blood, SG 1.038

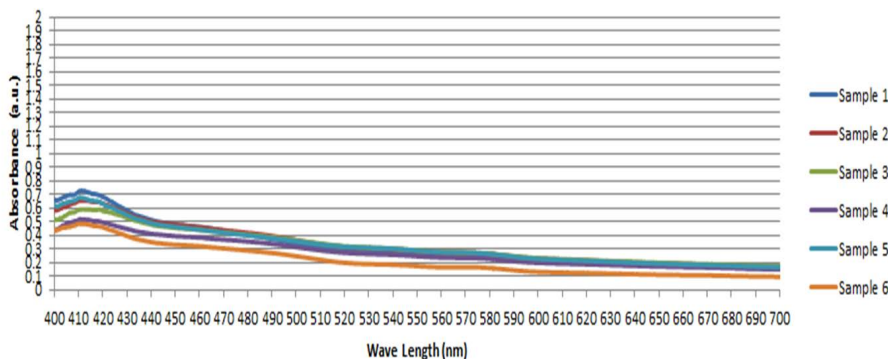


Fig. 3. Low level of absorbance signal in fresh blood fractionated with specific gravity 1.038.

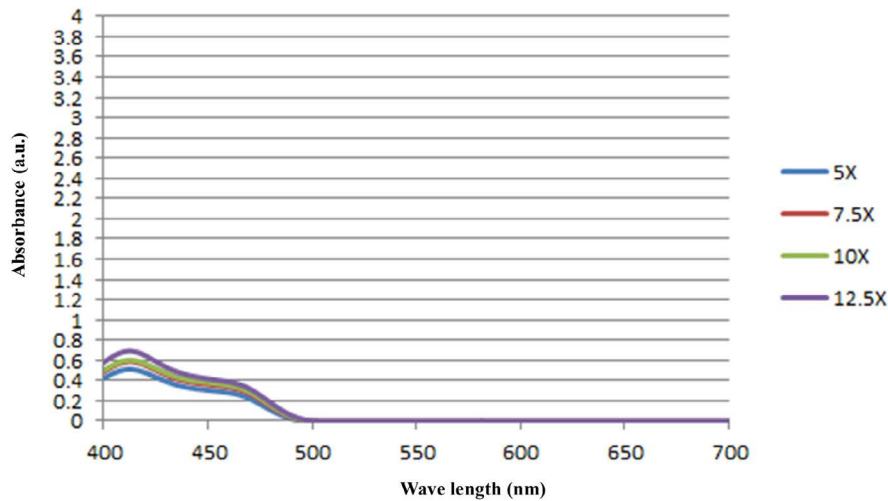


Fig. 4. Absorbance spectrum of ABS 1 is below 500 nm and the peak is less than 1.0 (5×, SG 1.021; 7.5×, SG 1.029; 10×, SG 1.038; 12.5×, SG 1.045).

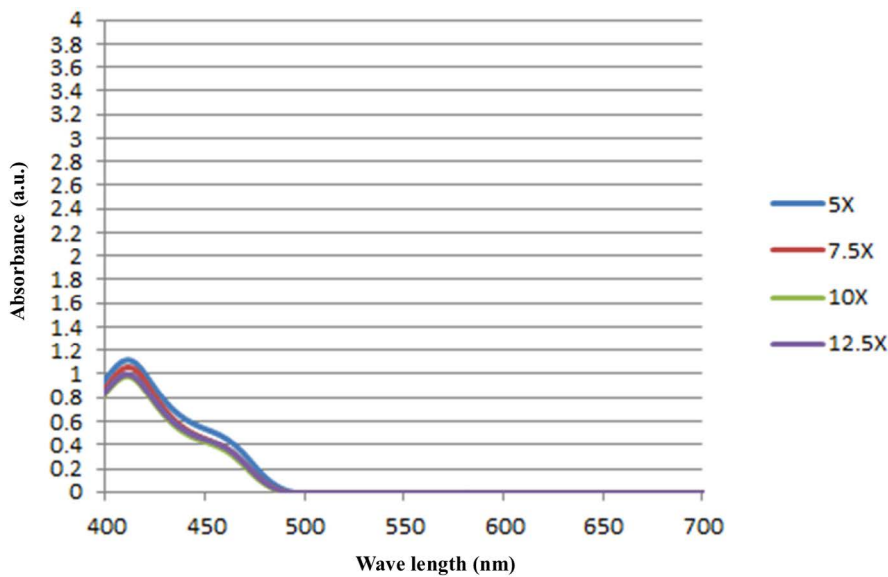


Fig. 5. Absorbance spectrum of ABS 2 is below 500 nm and the peak is more than 1.0 (5×, SG 1.021; 7.5×, SG 1.029; 10×, SG 1.038; 12.5×, SG 1.045).

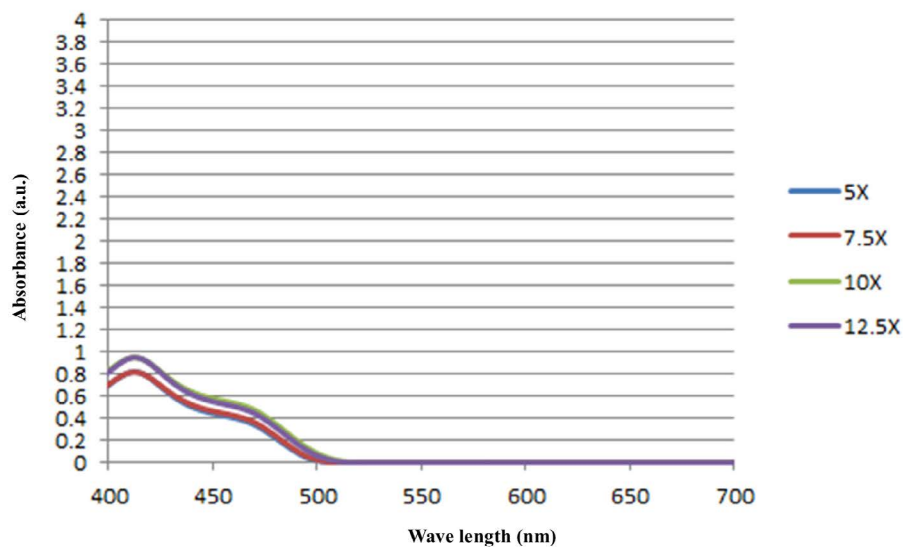


Fig. 6. Absorbance spectrum of ABS 3 is slightly over 500 nm and the peak is less than 1.0 (5×, SG 1.021; 7.5×, SG 1.029; 10×, SG 1.038; 12.5×, SG 1.045).

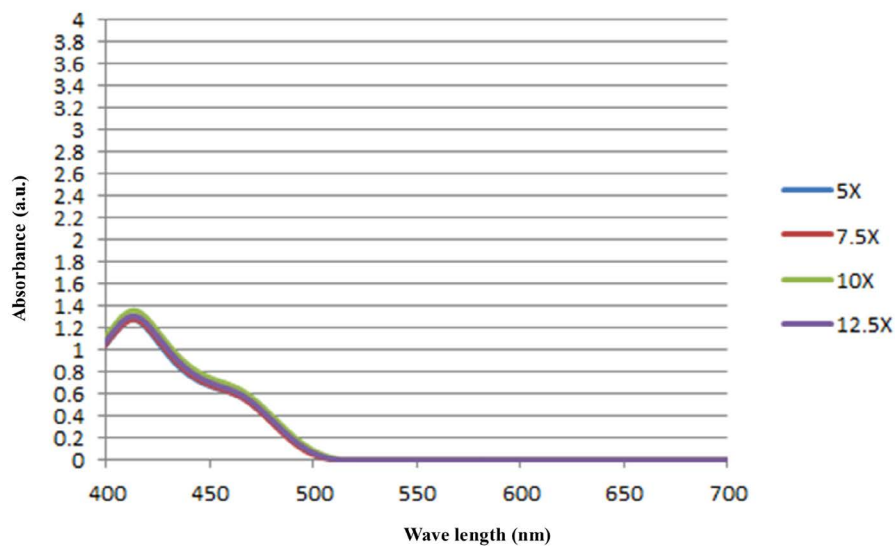


Fig. 7. Absorbance spectrum of ABS 4 is slightly over 500 nm and the peak is more than 1.0 (5×, SG 1.021; 7.5×, SG 1.029; 10×, SG 1.038; 12.5×, SG 1.045).

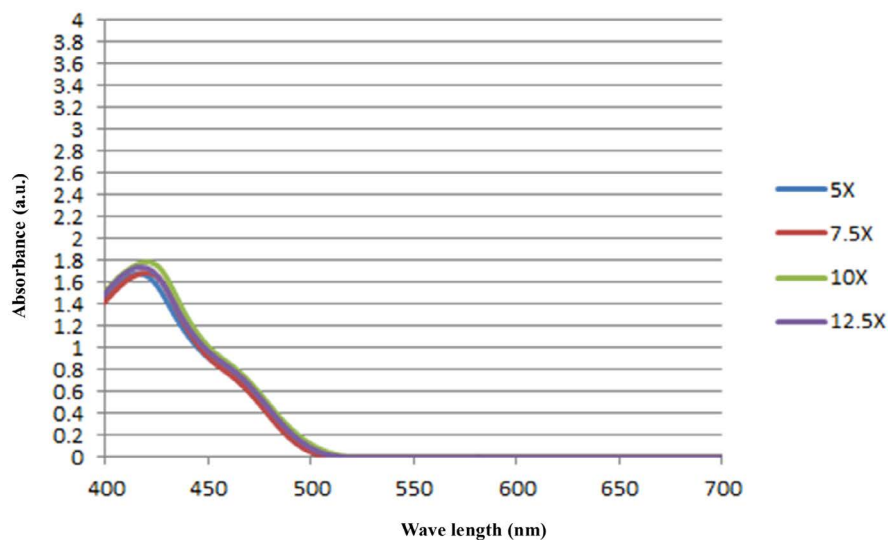


Fig. 8. Absorbance spectrum of ABS 5 is slightly over 500 nm and the peak is more than 1.5 (5×, SG 1.021; 7.5×, SG 1.029; 10×, SG 1.038; 12.5×, SG 1.045).

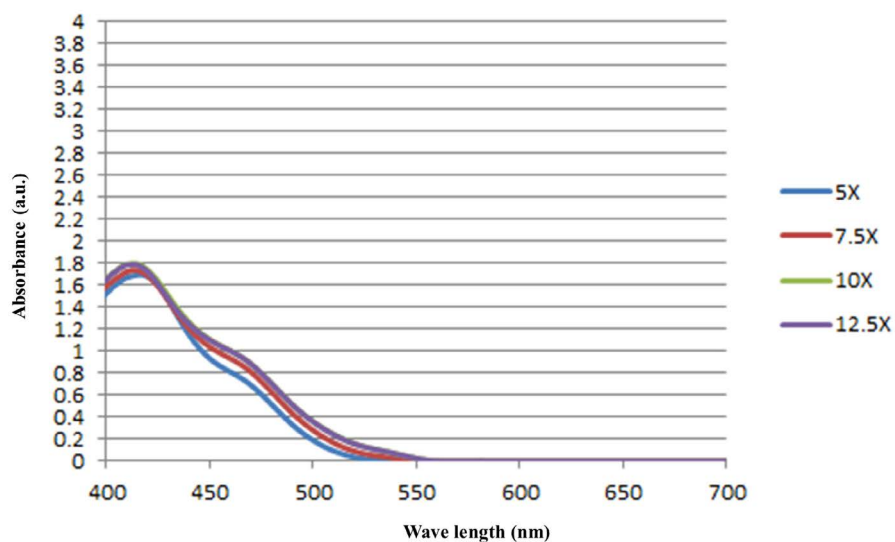


Fig. 9. Absorbance spectrum of ABS 6 is below 550 nm (5×, SG 1.021; 7.5×, SG 1.029; 10×, SG 1.038; 12.5×, SG 1.045).

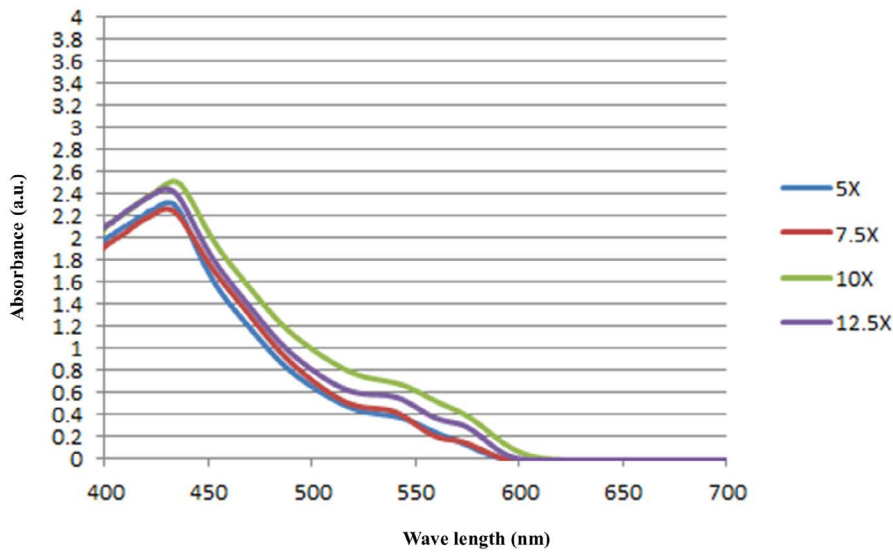


Fig. 10. Absorbance spectrum of ABS 7 is below 600 nm (5×, SG 1.021; 7.5×, SG 1.029; 10×, SG 1.038; 12.5×, SG 1.045).

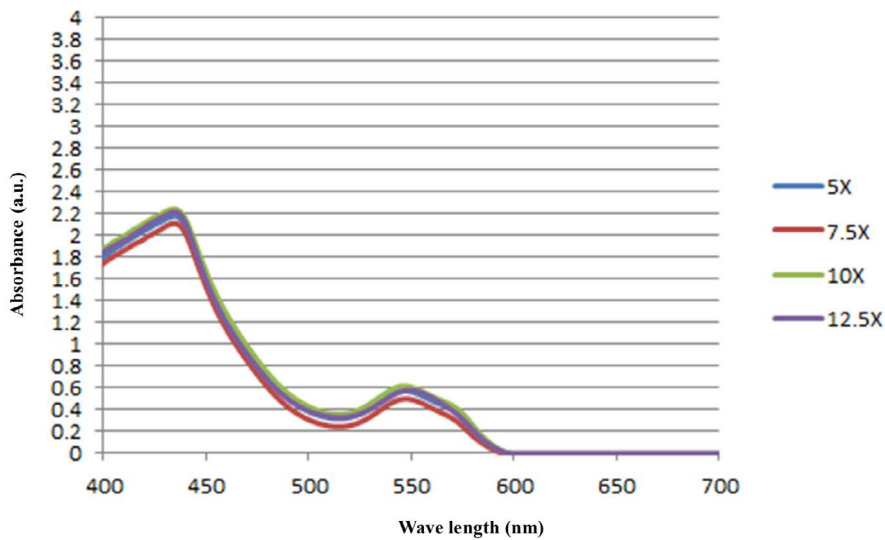


Fig. 11. Absorbance spectrum of ABS 8 is below 600 nm and new peak is in 550 nm (5×, SG 1.021; 7.5×, SG 1.029; 10×, SG 1.038; 12.5×, SG 1.045).

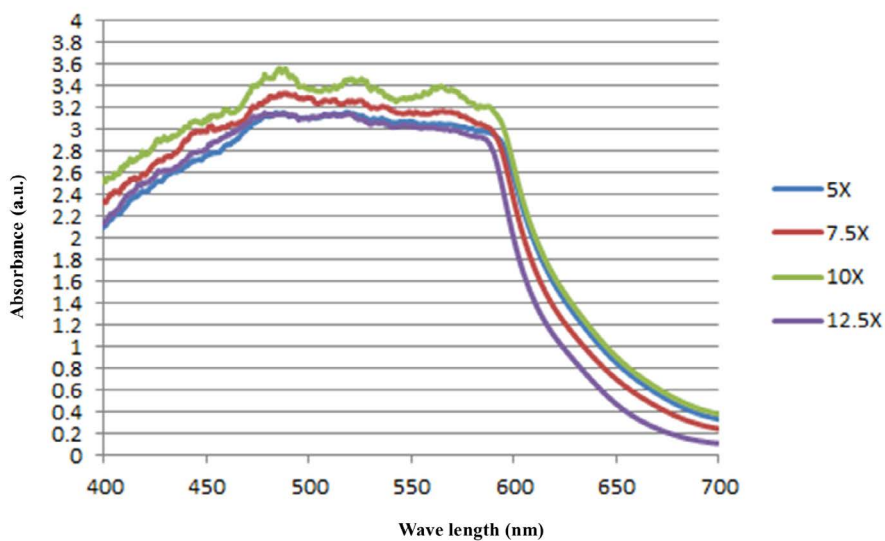


Fig. 12. Absorbance spectrum of ABS pattern 9 is over 650 nm and peak show plateau (5×, SG 1.021; 7.5×, SG 1.029; 10×, SG 1.038; 12.5×, SG 1.045).

하였다. 이러한 ABS 패턴 중 ABS 7부터 ABS 9까지는 흡광도의 peak가 2.0 이상을 보이는 패턴이어서 ABS 1부터 ABS 6까지와 비교하여 혈액의 전체적인 흡광도가 급격히 높아지는 패턴들이라고 할 수 있다(Figs. 10-12).

흡광도가 측정된 예에서 사인은 허혈성 심장 질환 35예, 심근병증 10예, 부검에서 특별한 손상이나 질병이 없지만 사건 개요상 심인성 급사의 경과를 취한 7예, 비외상성 뇌출혈 14예, 외상성 지주막하출혈 또는 경막하출혈 4예, 박리성 동맥류 파열 5예, 질식사 12예, 익사 3예, 중독사 15예, 화재사 9예, 감염 관련 사망 7예, 기타 10예 등 12 종류 총 131예이었으며 ABS pattern을 사인 종류별로 비교하였다(Table 1).

전체 대상 131예 중 ABS 4가 31예(23.7%)로 가장 많았고, 다음으로 ABS 8이 25예(19.1%), ABS 9가 23예(17.6%)의 순이었다. 특히 화재사 9예와 익사 3예에서 모두 ABS 8 또는 ABS 9의 패턴을 보였고, 박리성 대동류 파열 5예 중 4예에서 ABS 9의 패턴을 보였다. 각각의 사인별로 ABS 패턴을 BMI, PMI, 심장의 무게, 관상동맥의 폐쇄, 알코올 농도 등 정보와 비교하였다.

(1) 허혈성 심장 질환

허혈성 심장 질환은 총 35예이었으며, 관상동맥의 동맥경화에 의한 허혈성 심질환은 총 33예이었고, 가교동맥에 의한 경우는 2예이었다(Table 2).

관상동맥의 동맥경화에 의한 허혈성 심장 질환 33예 중 15예에서 BMI가 25 이상이었고, 혈중 알코올 농도가 0.1% 이상인 경우는 2예에 불과하였다. 좌전하행관상동맥, 좌관상동맥회전지, 우관상동맥 등 주요 관상동맥들 중 좌전하행관상동맥이 폐쇄되는 경우가 많았고 가교관상동맥 2예를 제외한 모든 예에서 3가지 주요 관상동맥 중 어느 하나에서 60% 이

상 폐쇄되었다.

관상동맥의 동맥경화에 의한 허혈성 심장 질환 33예에서 ABS 7 이상인 경우가 13예 (39.4%)이었으며, 다음으로 ABS 4가 10예(30.3%)로 높은 비율을 보였지만 ABS의 패턴은 허혈성 심장질환, BMI, PMI, 관상동맥의 폐쇄 정도와의 관계는 불분명하였다.

(2) 심근병증

관상동맥의 동맥경화가 불분명하고 사인으로 고려할 만한 다른 질병이 없으면서 독극물 분석에서도 음성이고, 좌심실 근육에 대한 조직검사서 심근 세포 핵 크기와 모양의 다형성, 심근 세포의 변성, 간질섬유조직의 증가에 의한 심근 세포 간격의 증가 및 심근 조직의 섬유화 등이 광범위하게 관찰되면서 심인성 급사의 경과를 취하는 경우의 사인을 심근병증이라고 하였고 각 예에 대한 ABS 패턴은 Table 3과 같다.

전체 10예 중 3예에서 BMI가 25 이상이였다. ABS 패턴은 전체적으로 고르게 분포하였으며, ABS 8과 9는 없었다. ABS 패턴은 심근병증, BMI, PMI, 심장의 무게, 관상동맥의 폐쇄 정도와의 관계는 불분명하였다.

(3) 심인성 급사 추정

외상이 없으며, 다른 장기의 육안 및 조직검사서 질병이 없고, 특기할 약독물이나 알코올이 혈액에서 검출되지 않으며, 조직검사서도 심근병증으로 진단하기에는 그 변화가 크지 않고, 안검 결막의 울혈이나 일혈점, 심장의 암적색 유동혈, 폐 울혈 등이 관찰되고 사건의 개요가 내인성 급사의 경과를 보이는 경우를 심인성 급사 추정으로 분류하였다. 이들의 ABS 패턴은 Table 4와 같다.

전체 7예 중 BMI가 25 이상은 없었고, ABS 7과 ABS 8은 3

Table 1. Relationship between the ABS pattern of postmortem blood samples and causes of death

	IHD	CMP	SCA	nt ICH/ SAH	t SAH/ SDH	RDA	Asphyxia	Drowning	Poisoning	Fire death	Infection	Etc.	Total
ABS 1	2 (5.7)	1 (10.0)	1 (14.3)	3 (21.4)	0	0 (0.0)	2 (16.7)	0	0	0	0	0	9
ABS 2	1 (2.9)	1 (10.0)	0	0	0	1 (20.0)	0	0	2 (13.3)	0	1 (14.3)	0	6
ABS 3	4 (11.4)	2 (20.0)	1 (14.3)	0	1 (25.0)	0	1 (8.3)	0	1 (6.7)	0	0	1 (10.0)	11
ABS 4	10 (28.6)	1 (10.0)	2 (28.6)	4 (28.6)	1 (25.0)	0	2 (16.7)	0	5 (33.3)	0	3 (42.9)	3 (30.0)	31
ABS 5	2 (5.7)	2 (20.0)	0	4 (28.6)	0	0	0	0	1 (6.7)	0	0	1 (10.0)	10
ABS 6	3 (8.6)	1 (10.0)	0	2 (14.3)	1 (25.0)	0	2 (16.7)	0	0	0	0	0	9
ABS 7	1 (2.9)	2 (20.0)	1 (14.3)	1 (7.1)	0	0	1 (8.3)	0	0	0	0	1 (10.0)	7
ABS 8	5 (14.3)	0	2 (28.6)	0	1 (25.0)	0	4 (33.3)	2 (66.7)	2 (13.3)	2 (22.2)	3 (42.9)	4 (40.0)	25
ABS 9	7 (20.0)	0	0	0	0	4 (25.0)	0	1 (33.3)	4 (26.7)	7 (77.8)	0	0	23
Total	35	10	7	14	4	5	12	3	15	9	7	10	131

Values are presented as number (%).

ABS, absorbance; IHD, ischemic heart disease; CMP, cardiomyopathy; SCA, sudden cardiac arrest; nt, nontraumatic; ICH, intracerebral hemorrhage; SAH, subarachnoid hemorrhage; t, traumatic; SDH, subdural hemorrhage; RDA, rupture of dissecting aneurysm of aorta.

예이였으며, ABS 패턴은 심인성 급사 추정, BMI, PMI, 심장의 무게, 관상동맥의 폐쇄 정도와의 관계는 불분명하였다.

(4) 뇌출혈

비외상성 뇌출혈은 뇌실질내 출혈이 8예, 지주막하 출혈

이 5예이였으며, 뇌실질내 출혈 예에서는 지주막하 출혈이 동반되기도 하였고 생후 7일 된 신생아의 동정맥 기형(arteriovenous malformation)에 의한 출혈 1예는 비외상성 출혈을 포함하여 비외상성 뇌출혈은 모두 14예이었다. 외상성 뇌출혈은 지주막하 출혈 또는 경막하 출혈 등 4예이였

Table 2. Relationship between the ABS pattern of postmortem blood samples and BMI, PMI, coronary artery disease, and blood alcohol concentration in the individuals who died of ischemic heart disease

ABS pattern	Age (yr)	Sex	BMI	PMI (hr)	Heart (g)	Occlusion of coronary artery	Alcohol (%)
ABS 1	38	M	22.7	36	372	LAD >60%	0.01
ABS 1	77	F	17.0	46	356	LAD >80%	0.055
ABS 2	36	M	18.8	47	414	LAD >90%	0.01
ABS 3	56	M	27.7	42	632	LAD almost	0.015
ABS 3	70	M	19.9	55	330	LAD >70%	0.01
ABS 3	35	M	18.8	46	410	LAD almost	0.01
ABS 3	46	M	22.7	52	412	LAD, RCA >90%	0.01
ABS 4	54	M	26.0	28	408	LAD >90%	0.01
ABS 4	47	M	27.8	38	526	RCA >60%	0.01
ABS 4	57	M	24.4	86	553	LAD, LCX almost	0.01
ABS 4	71	F	23.0	32	420	LAD >70%–80%	0.01
ABS 4	59	M	25.4	31	364	LAD >80%–90%	0.01
ABS 4	54	M	21.1	35	556	LAD >60%	0.01
ABS 4	55	M	24.9	25	342	LAD >70%–80%	0.01
ABS 4	76	F	20.0	87	406	LAD >90%	0.01
ABS 4	53	M	29.2	46	600	LAD >60%	0.011
ABS 4	54	M	20.1	42	358	Bridging*, LAD 10%	0.01
ABS 5	59	M	26.5	49	546	LAD, RCA >90%	0.01
ABS 5	62	M	26.6	49	620	LAD >90%	0.01
ABS 6	33	M	22.3	42	328	LAD almost	0.01
ABS 6	38	M	27.7	51	432	LAD >80%	0.01
ABS 6	65	M	26.1	54	456	LAD >70%	0.01
ABS 7	59	M	26.4	58	602	LAD >60%	0.01
ABS 8	65	M	26.3	139	544	RCA >60%	0.242
ABS 8	55	M	24.1	29	426	LAD, RCA >60%	0.01
ABS 8	50	M	29.7	35	474	LAD >60%	0.01
ABS 8	59	M	22.4	50	490	LAD >80%	0.011
ABS 8	60	M	21.7	27	364	RCA >80%	0.223
ABS 9	57	M	26.7	72	514	LAD >90%	0.015
ABS 9	52	M	22.4	80	414	LAD >60%	0.01
ABS 9	81	M	24.6	56	658	LAD >60%	0.01
ABS 9	61	M	26.9	55	732	LAD >90%	0.01
ABS 9	51	M	20.5	82	430	LAD >70%–80%	0.039
ABS 9	57	M	28.7	70	542	LAD >90%	0.01
ABS 9	46	F	19.2	27	330	Bridging*, 0%	0.052

ABS, absorbance; BMI, body mass index; PMI, postmortem interval; LAD, left anterior descending coronary artery; RCA, right coronary artery; LCX, left circumflex coronary artery; Bridging*, ischemic heart disease due to intramuscular coronary artery.

고 ABS 패턴과의 비교는 Table 5와 같다.

외상성 뇌출혈 여부에 관계없이 대부분에서 심장의 무게가 증가하거나 관상동맥이 부분적으로 폐쇄되는 등 심혈관계 질환이 동반되었으며, BMI 25 이상은 비외상성 뇌출혈 14예 중 6예(42.9%)에서 관찰되었다. ABS 패턴은 전체적으로 고르게 분포하는 경향이었지만 비외상성 뇌출혈 14예 중에서 8예(57.1%)에서 ABS 4와 ABS 5로 특징적으로 관찰되었다. 관상동맥의 동맥경화에 의한 허혈성 심장 질환과는 다르게 ABS 7 이상이 전체 18예 중 단 2예에서만 관찰되었다. ABS 패턴은 뇌출혈, BMI, PMI, 심장의 무게, 관상동맥의 폐쇄 정도와의 관계는 불분명하였다.

(5) 박리성 대동맥류 파열

박리성 대동맥류 파열(rupture of dissecting aneurysm of aorta)은 전체 5예이며, 그 중 4예는 심탐포네이드로, 1예는 혈흉으로 사망하였고, ABS 패턴과의 비교는 Table 6과 같다.

심탐포네이드로 사망한 4예(80.0%)에서는 3예의 BMI가 25 이상이었고, 심장의 무게는 500 g 이상이었지만 관상동맥

에는 폐쇄가 특징적이지 않았고, ABS 8 또는 ABS 9의 패턴을 보였다. ABS 2의 패턴을 보이는 1예는 동맥류 파열에 의한 혈흉으로 사망하였는데, 심장의 무게는 480 g이고 좌전하행지가 90% 폐쇄되었으며 혈중 알코올 농도는 0.424%이었다. ABS 패턴은 박리성 대동맥류 파열에 의한 심탐포네이드를 잘 반영하지만, BMI, PMI, 심장의 무게, 관상동맥의 폐쇄 정도와의 관계는 불분명하였다.

(6) 질식사

질식사는 전체 12예이었으며, 목맴사 7예, 교사 2예, 기도폐색성 질식사 2예, 체위성 질식사 1예이었고 ABS 패턴과의 비교는 Table 7과 같다.

질식사 12예 중 혈중 알코올 농도가 0.2%를 넘은 경우는 목맴사 5예와 체위성 질식사 1예로 모두 6예(50.0%)이었으며, ABS 7 이상이 5예(41.7%)이었지만 ABS 패턴은 질식사 또는 질식사의 종류, BMI, PMI, 심장 질환 등 사이에 연관성은 보이지 않았다.

Table 3. Relationship between the ABS pattern of postmortem blood samples and BMI, PMI, coronary artery disease, and blood alcohol concentration in the individuals who died of cardiomyopathy

ABS pattern	Age (yr)	Sex	BMI	PMI (hr)	Heart (g)	Occlusion of coronary artery	Alcohol (%)
ABS 1	45	M	19.6	23	394	LAD 10%	0.01
ABS 2	39	M	17.8	73	444	LAD 10%	0.01
ABS 3	57	M	25.2	31	544	(-)	0.01
ABS 3	56	F	17.3	46	252	(-)	0.01
ABS 4	53	M	25.2	27	450	(-)	0.28
ABS 5	35	F	23.2	56	260	(-)	0.01
ABS 5	80	F	15.6	106	250	(-)	0.013
ABS 6	56	M	20.0	29	404	LAD 20%	0.158
ABS 7	35	M	25.6	47	376	(-)	0.032
ABS 7	47	F	21.4	26	358	(-)	0.01

ABS, absorbance; BMI, body mass index; PMI, postmortem interval; LAD, left anterior descending coronary artery.

Table 4. Relationship between the ABS pattern of postmortem blood samples and BMI, PMI, coronary artery disease, and blood alcohol concentration in the individuals who died of sudden cardiac

ABS pattern	Age (yr)	Sex	BMI	PMI (hr)	Heart (g)	Occlusion of coronary artery	Alcohol (%)
ABS 1	24	M	22.2	37	350	(-)	0.01
ABS 3	16	M	19.1	34	362	(-)	0.01
ABS 4	33	F	18.8	46	236	(-)	0.01
ABS 4	23	M	20.1	35	270	(-)	0.01
ABS 7	38	F	20.2	84	252	(-)	0.01
ABS 8	60	F	18.3	56	272	(-)	0.01
ABS 8	50	M	22.1	115	360	(-)	0.01

ABS, absorbance; BMI, body mass index; PMI, postmortem interval.

(7) 역사

역사는 총 3예이었으며 모두 ABS 8 이상인 것이 특징적이었고, ABS 패턴과 BMI, PMI 등은 관계가 없었다(Table 8).

(8) 중독사

중독사는 알코올 관련 6예, 메소밀, 포스파미돈, 파라쿼트, 글리포세이트 등 농약 또는 살충제 관련 중독 4예, 약물 1예, 자연독 2예, 일산화탄소 중독 2예로 총 15예이었고 ABS 패턴과의 비교는 Table 9와 같다. 대부분의 중독사에서 ABS 패턴의 특이성을 찾기 어려웠으나 메소밀, 포스파미돈, 파라쿼트 등

의 중독사에서는 ABS 9로 특징적이었다(Table 9).

(9) 화재사

화재사는 모두 9예이었으며, 1예(case 7)는 실외 화재에 의해 탄화가 일부 진행되었으며 심근병증이 사망의 경과에 영향을 주었을 것으로 설명된 예이었고, 1예(case 8)는 실외 화재로 부분적인 탄화, 전신에 1도 및 2도 화상, 상기도 내에 소량의 매만 부착, 혈중 일산화탄소-헤모글로빈은 1%인 예이며, 1예(case 9)는 화재현장에서 혼수상태로 구출되어 3일간의 치료 끝에 사망한 예이므로 고압산소 치료 등으로 일산화탄소

Table 5. Relationship between the ABS pattern of postmortem blood samples and BMI, PMI, coronary artery disease, and blood alcohol concentration in the individuals who died of intracranial hemorrhage

ABS pattern	Cause of death	Age (yr)	Sex	BMI	PMI (hr)	Heart(g)	Occlusion of coronary artery	Alcohol (%)
ABS 1	nt ICH&SAH	57	M	22.8	29	578	LAD >60%	0.01
ABS 1	nt ICH&SAH	50	M	25.3	38	572	LAD >70%	0.01
ABS 1	nt AV malformation	7d	F	18.2	56	22	(-)	0.01
ABS 3	t SAH	36	F	22.0	35	296	(-)	0.178
ABS 4	nt ICH&SAH	54	M	18.8	41	326	LAD >70%	0.01
ABS 4	nt ICH&SAH	43	F	28.7	53	610	RCA >50%	0.01
ABS 4	nt SAH	56	M	26.0	26	342	(-)	0.01
ABS 4	nt SAH	40	M	29.3	26	436	(-)	0.136
ABS 4	t SDH	53	M	19.8	83	316	LAD >50%	0.01
ABS 5	nt ICH&SAH	68	M	19.9	29	370	LAD >60%	0.01
ABS 5	nt ICH&SAH	38	M	24.1	29	590	LAD 30%	0.01
ABS 5	nt SAH	56	M	26.0	28	434	RCA 20%	0.01
ABS 5	nt SAH	55	M	17.5	28	320	(-)	0.01
ABS 6	nt ICH&SAH	54	M	25.5	42	472	LAD 30%	0.01
ABS 6	nt SAH	50	M	16.9	58	274	(-)	0.01
ABS 6	t SDH	73	F	22.5	45	562	LAD 20%	0.01
ABS 7	nt ICH&SAH	49	M	24.4	53	512	RCA 10%	0.01
ABS 8	t SAH&SDH	60	M	23.7	86	448	LAD >60%	0.137

ABS, absorbance; BMI, body mass index; PMI, postmortem interval; nt, nontraumatic; ICH, intracerebral hemorrhage; SAH, subarachnoid hemorrhage; LAD, left anterior descending coronary artery; AV, arteriovenous; t, traumatic; RCA, right coronary artery; SDH, subdural hemorrhage.

Table 6. Relationship between the ABS pattern of postmortem blood samples and BMI, PMI, coronary artery disease, and blood alcohol concentration in the individuals who died of aortic aneurysm (or aortic dissection)

ABS pattern	RDA	Age (yr)	Sex	BMI	PMI (hr)	Heart (g)	Occlusion of coronary artery	Alcohol (%)
ABS 2	Hemothorax	68	M	21.8	41	480	LAD, LCX >90%	0.424
ABS 8	Cardiac tamponade	55	M	27.7	111	790	RCA >60%	0.01
ABS 8	Cardiac tamponade	62	M	24.5	94	528	LAD >80%	0.01
ABS 9	Cardiac tamponade	54	F	27.7	22	508	LAD 10%	0.018
ABS 9	Cardiac tamponade	44	M	31.0	67	574	(-)	0.01

ABS, absorbance; BMI, body mass index; PMI, postmortem interval; RDA, rupture of dissecting aneurysm of aorta; LAD, left anterior descending coronary artery; LCX, left circumflex coronary artery; RCA, right coronary artery.

Table 7. Relationship between the ABS pattern of postmortem blood samples and BMI, PMI, coronary artery disease, and blood alcohol concentration in the individuals who died of asphyxia

ABS pattern	Case	Age (yr)	Sex	BMI	PMI (hr)	Heart (g)	Occlusion of coronary artery	Alcohol (%)
ABS 1	Hanging	42	M	24.0	34	444	LAD 10%	0.211
ABS 1	Hanging	56	M	19.6	86	332	(-)	0.01
ABS 3	Ligature strangulation	31	F	20.8	36	228	(-)	0.01
ABS 4	Hanging	21	F	17.3	55	216	(-)	0.179
ABS 4	Choking	59	M	24.3	50	422	LAD 30%	0.01
ABS 6	Choking	78	F	19.6	32	342	(-)	0.01
ABS 6	Postural asphyxia	42	M	34.8	29	446	(-)	0.242
ABS 7	Hanging	39	F	20.9	38	260	(-)	0.216
ABS 8	Hanging	37	F	17.7	56	264	(-)	0.282
ABS 8	Hanging	76	M	18.8	53	376	(-)	0.221
ABS 8	Hanging	48	M	23.9	44	422	LAD >80%	0.027
ABS 8	Ligature strangulation	76	M	22.1	45	506	LAD >90%	0.01

ABS, absorbance; BMI, body mass index; PMI, postmortem interval; LAD, left anterior descending coronary artery.

Table 8. Relationship between the ABS pattern of postmortem blood samples and BMI, PMI, coronary artery disease, and blood alcohol concentration in the individuals who died of drowning

ABS pattern	Age (yr)	Sex	BMI	PMI (hr)	Heart (g)	Occlusion of coronary artery	Alcohol (%)
ABS 8	56	M	31.4	109	534	(-)	0.01
ABS 8	50	M	23.8	33	414	LAD 50%	0.01
ABS 9	68	F	22.3	50	326	LAD 50%	0.011

ABS, absorbance; BMI, body mass index; PMI, postmortem interval; LAD, left anterior descending coronary artery.

Table 9. Relationship between the ABS pattern of postmortem blood samples and BMI, PMI, coronary artery disease, and blood alcohol concentration in the individuals who died of poisoning

ABS pattern	Case	Age (yr)	Sex	BMI	PMI (hr)	Heart (g)	Occlusion of coronary artery	Alcohol (%)
ABS 2	AAI	50	F	19.0	36	284	(-)	0.459
ABS 2	CAI	68	M	16.2	43	280	(-)	0.01
ABS 3	Tetrodotoxin	35	M	21.1	44	384	(-)	0.018
ABS 4	AAI	65	M	16.2	42	278	LAD >80%	0.503
ABS 4	Glyphosate	52	M	25.7	31	412	(-)	0.214
ABS 4	Propofol	53	F	17.9	87	306	(-)	0.01
ABS 4	Phytotoxin	66	M	26.9	65	416	LAD 30%	0.01
ABS 4	CO-Hb 64%	56	M	17.0	30	280	(-)	0.11
ABS 5	AAI, ACMP	48	M	19.6	48	408	(-)	0.388
ABS 8	ACMP	59	M	30.6	83	504	LAD 10%	0.158
ABS 8	CAI	31	M	21.5	59	264	(-)	0.066
ABS 9	Methomyl	55	F	23.2	26	386	(-)	0.161
ABS 9	Phosphamidon	59	M	26.3	79	488	(-)	0.114
ABS 9	Paraquat	59	M	18.9	44	390	(-)	0.198
ABS 9	CO-Hb 72%	36	F	19.0	93	194	(-)	0.01

ABS, absorbance; BMI, body mass index; PMI, postmortem interval; AAI, acute alcohol intoxication; CAI, chronic alcohol intoxication; LAD, left anterior descending coronary artery; CO-Hb, carboxyhaemoglobin; ACMP, alcoholic cardiomyopathy.

Table 10. Relationship between the ABS pattern of postmortem blood samples and BMI, PMI, coronary artery disease, and blood alcohol concentration in the fire death

ABS pattern	Case	Age (yr)	Sex	BMI	PMI (hr)	Heart (g)	Occlusion of coronary artery	CO-Hb (%)	Alcohol (%)
ABS 8	Case 1	53	F	20	70	346	(-)	79	0.318
ABS 8	Case 2	47	F	16.7	32	292	(-)	63	0.317
ABS 9	Case 3	79	F	23.6	36	402	(-)	61	0.01
ABS 9	Case 4	71	F	17.7	61	350	(-)	53	0.045
ABS 9	Case 5	75	M	22.8	32	416	(-)	42	0.162
ABS 9	Case 6	29	M	16.9	37	310	(-)	40	0.331
ABS 9	Case 7	76	M	15.9	51	558	(-), CMP	3	0.01
ABS 9	Case 8	91	M	18.9	68	304	(-)	1	0.183
ABS 9	Case 9	43	F	31.2	28	640	LAD 40%, PE	0	0.01

ABS, absorbance; BMI, body mass index; PMI, postmortem interval; CO-Hb, carboxyhaemoglobin; CMP, cardiomyopathy; LAD, left anterior descending coronary artery; PE, pulmonary edema.

Table 11. Relationship between the ABS pattern of postmortem blood samples and BMI, PMI, coronary artery disease, and blood alcohol concentration in the individuals who died of infection

ABS pattern	Cause of death	Age (yr)	Sex	BMI	PMI (hr)	Heart (g)	Occlusion of coronary artery	Alcohol (%)
ABS 2	Sepsis	52	F	16.9	26	364	RCA > 80%	0.01
ABS 4	Pneumonia	93	M	19.3	38	378	(-)	0.01
ABS 4	Sepsis	69	F	22.7	84	450	LAD, RCA > 90%	0.01
ABS 4	Sepsis	39	F	21.2	37	374	(-)	0.01
ABS 8	TB, pneumonia	60	M	18.9	60	308	(-)	0.01
ABS 8	Cellulitis	87	F	24.8	65	398	LAD 30%	0.03
ABS 8	Peritonitis	70	M	24.1	44	280	LAD, LCX 10%	0.063

ABS, absorbance; BMI, body mass index; PMI, postmortem interval; RCA, right coronary artery; LAD, left anterior descending coronary artery; TB, Tuberculosis; LCX, left circumflex coronary artery.

는 제거되었을 것으로 추정되는 예이다. 나머지 6예에서 혈 중 일산화탄소-헤모글로빈 농도는 40%에서 79%까지 다양하였다. 화재사 9예 모두 ABS 패턴은 ABS 8 또는 ABS 9이었으며, 익사, 농약 또는 살충제 관련 중독사와 함께 매우 의의가 있는 결과라고 할 수 있다(Table 10). 하지만 ABS 패턴과 BMI, PMI, 심장의 상태, 일산화탄소-헤모글로빈 농도, 알코올 농도 등과의 관계는 불분명하였다.

(10) 감염

감염과 관련하여 사망한 예는 모두 6예이었으며, ABS 패턴은 ABS 2가 1예, ABS 4가 3예, ABS 8이 3예를 보이지만 사인과 BMI, PMI, 심장 등과는 관계를 설명하기 어려웠다(Table 11).

(11) 기타

기타 사인 10예에 대한 흡광도를 분석하였으며, 그 중 7예 각각 간 및 비장 파열(ABS 3), 위궤양 출혈(ABS 5), 경부 자창에 의한 경정맥 절단(ABS 7), 간세포암 파열(ABS 8), 소장 출혈성 경색(ABS 8), 심장파열 및 횡격막 파열(ABS 8), 상완

동맥 및 요골동맥 절단(ABS 8) 등 대량 출혈과 관련된 사망이었다. 이들 대량 출혈을 유발한 손상들 중 간 및 비장 파열(ABS 3), 위궤양 출혈(ABS 5)등을 제외한 5예에서는 ABS 7 또는 ABS 8의 소견을 보였다(Table 12).

고 찰

본 연구는 ‘New Paradigm and New Parameter’라는 개념으로 기존의 임상의학 연구 방법인 ‘특정 생화학 물질’을 대상으로 하는 연구에서 벗어나서 생화학 물질 전체의 변화를 대상으로 분석할 수 있는 새로운 방법을 도입하여 ‘새로운 분석 방법에 의한 새로운 진단 기준’을 찾아보고자 한 것이었다. 사후 혈액은 사후 변화로 인해 혈청이나 혈장 분리가 어려우므로 본 연구에서는 비중을 이용하여 분획함으로써 사후 혈액에서 혈청이나 혈장의 상태와 유사한 액체 성상을 분리할 수 있었다. 이러한 액체 성상의 성분을 거시적으로 분석하기 위해서 분광기를 이용하여 흡광도를 측정하였다.

시험적 연구의 성격이 강하므로 비중의 선택이나 혈액 양

Table 12. Relationship between the ABS pattern of postmortem blood samples and BMI, PMI, coronary artery disease, and blood alcohol concentration in the individuals with other cause of death

ABS pattern	Cause of death	Age (yr)	Sex	BMI	Heart (g)	Occlusion of coronary a.	Alcohol conc. (%)
ABS 3	Rupture, liver, and spleen	54	M	21.9	284	LAD >70%	0.21
ABS 4	DM, CRF, CMP	53	M	20.9	556	(-)	0.01
ABS 4	Diabetic ketoacidosis	62	M	15.1	272	LAD 10%	0.01
ABS 4	Spine injury, C1 and C2	47	M	20.8	346	(-)	0.234
ABS 5	Gastric ulcer bleeding	34	F	22.6	320	(-)	0.01
ABS 7	Jugular vein injury	32	M	22.3	320	(-)	0.01
ABS 8	HCC rupture	57	M	14.8	272	LAD, LCX >70%	0.312
ABS 8	Hemorrhagic infarct, intestine	54	M	17	290	(-)	0.01
ABS 8	Rupture, heart and diaphragm	52	M	23.4	318	(-)	0.312
ABS 8	Brachial and radial A, injury	57	M	25.6	404	LAD 50%	0.219

ABS, absorbance; BMI, body mass index; PMI, postmortem interval; LAD, left anterior descending coronary artery; DM, diabetes mellitus; CRF, chronic renal failure; CMP, cardiomyopathy; HCC, hepatocellular carcinoma; LCX, left circumflex coronary artery.

과 비중액의 비율 등에 관련된 예비 실험을 반복하였으며 최종적으로 비중액의 비중을 1.021, 1.029, 1.038, 1.045로 하여 본 실험을 진행하였다. 본 연구의 대상인 131예의 혈액을 분획할 때 4가지의 비중액을 4개의 각각의 glass tube의 혈액에 첨가하여 분획하였으며, 각각의 분획된 혈액에서 분광기로 분석한 흡광도는 비중에 따른 차이가 크지 않았다. 한편 비중에 의한 분획에서 원심분리의 rpm이나 원심분리 시간은 매우 중요한데, 이 또한 반복적인 예비실험을 통해서 2,000 rpm, 10분 원심분리가 가장 적절하였음을 확인하였고 131예의 혈액을 분획할 때 동일한 조건의 원심분리를 적용하였다. 이상의 과정을 거쳐서 측정된 대조군 혈액에서의 흡광도는 전체적으로 매우 약하기는 하였지만 400 nm에서 700 nm까지 분석되었고, 410-420 nm에서 가장 강한 흡광도를 보이지만 그 강도는 0.7을 넘지는 못했다. 서로 다른 6예의 대조군 혈액에서 동일한 흡광도 패턴을 보이므로 본 연구의 분광기를 이용하여 측정한 흡광도 값은 신뢰할 만한 결과라고 할 수 있었다.

대조군 혈액과는 달리 사후 혈액에서는 매우 다양한 형태의 흡광도 패턴을 보였으므로 흡수되는 광의 파장 길이와 흡수되는 광의 양을 기준으로 하여 ABS 1부터 ABS 9까지 9개의 흡광도 패턴으로 분류할 수 있었다. 특히 ABS 7부터는 흡수되는 광의 파장이 600 nm 이상이고 흡수되는 광량도 2.0 이상으로서 ABS 1에서 ABS 6까지보다 흡광도가 현저하게 증가하는 소견을 보였다. 따라서 각 사인별로 또는 기타 부검 정보 등과 비교할 때에는 ABS 7 이상과 ABS 6 이하로 구분하여 비교하는 것도 의의가 있을 것으로 생각된다. 이러한 흡광도 분류 기준에 의하면 대조군 혈액의 흡광도와 가장 유사한 흡광도 패턴은 흡광도의 강도 측면에서 ABS 1로 생각되고, 사후 혈액에서 ABS 1의 파장은 500 nm 이내에서만 관찰

되었는데, 대조군 혈액에서 흡광도 파장은 700 nm까지 관찰되었다는 점이 차이라고 할 수 있다. 허혈성 심장 질환에서 흡광도 패턴은 33예 중 ABS 7 이상인 경우가 13예(39.4%)이었고, 다음으로 ABS 4가 10예(30.3%)로 ABS 4와 ABS 7 이상의 흡광도 패턴이 주를 이루므로 허혈성 심장 질환의 진단 지표로 활용되기에는 적절하지 않다고 생각되었고, PMI나 BMI 등 기타 자료들도 흡광도 패턴과의 관련성을 찾기는 어려웠다. Matoba 등[8]도 임상적으로 사용되고 있는 cTnT kit를 부검 예에 적용하였는데, 좌심실과 우심실의 혈액에서는 95.1%의 강한 cTnT 양성율을 보였고, 말초혈액에서는 71.2%의 강한 cTnT 양성율을 보였지만, 사후 cTnT의 농도는 비심인성 질환에 의한 사망, 사후변화, 및 응급소생술에 의해 영향을 받기 때문에 법의학리학 분야에서 활용 가치가 없다고 하였으며, 흡광도 패턴 역시 가치가 크지 않다고 생각되었다. 그 외에 심근병증, 심인성 급사 추정, 뇌출혈, 질식사, 감염 관련 사망 등에서도 흡광도의 패턴은 사인이나 PMI 등 기타 정보와도 관련성이 없으므로 진단 지표로 활용되기에는 적절하지 않다고 생각되었다.

박리성 대동맥류 파열은 모두 5예로서 증례가 충분하지는 않지만, 대동맥류 파열에 의한 혈흉으로 사망한 1예를 제외하고 나머지는 심탐포네이드로 사망하였는데, 심탐포네이드로 사망한 4예 전부에서 ABS 8 또는 ABS 9의 패턴을 보였고, 혈흉으로 사망한 1예에서는 ABS 2를 보여서 매우 특이하였다. 이와 같은 흡광도 패턴을 보이는 이유를 추정적으로나 설명하기 위해서 기타 사인군의 ABS 패턴을 참고하면 10예 중 7예가 손상에 의한 출혈로 사망에 이른 예들이며, 간과 비장의 파열에 의한 출혈 예는 ABS 3, 위궤양 출혈 예는 ABS 5, 경정맥 손상에 의한 출혈은 ABS 7, 간세포암 파열에 의한 출

혈, 장의 출혈성 경색, 심장과 횡격막의 파열, 상완 및 요골동맥 손상에 의한 출혈 등 4예는 ABS 8의 흡광도 패턴을 보였다. 이상의 출혈과 관련된 사망에서 심탐포네이드처럼 사망의 경과가 급하게 진행되거나 또는 출혈의 속도가 매우 빠르게 이루어질 것으로 추정되는 예들에서 ABS 7 이상의 흡광도 패턴을 보인 것으로 설명할 수 있다. 이와 같은 성적에 대한 해석은 출혈이 진정한 사망 원인인지 또는 다른 원인이 개입되었을 가능성이 있는지 등의 분쟁에서 참고자료로 활용될 가능성이 높다고 생각되었다.

화재사 9예에서는 모두 ABS 8 또는 ABS 9의 흡광도 패턴을 보였으며, 매우 특이한 결과라고 할 수 있었고, 흡광도 패턴은 일산화탄소-헤모글로빈 농도나 PMI 등 기타의 부검 정보들과의 연관성이 없었다. 화재사 9예 중 6예는 논란이 없는 일반적인 화재사의 예들이었고, 나머지 3예들 중 1예(case 7)는 실외에서의 화재에 의해 탄화가 일부 진행되었지만 일산화탄소-헤모글로빈 농도가 3%이고 기저질환인 심근병증이 사망의 경과에 영향을 주었을 것으로 설명된 예이었고, 1예(case 8)는 91세의 고령자가 실외에서의 화재로 부분적인 탄화, 전신 1도 및 2도 화상, 상기도 내에 소량의 매 부착, 혈중 일산화탄소-헤모글로빈 농도 1%인 예이었으며, 1예(case 9)는 화재 현장에서 전신 화상 및 혼수상태로 구출되어 3일간의 치료 끝에 사망한 예이므로 고압산소 치료 등으로 일산화탄소-헤모글로빈이 제거되었을 것으로 추정되는 예이다. 예를 들어 심근병증이 있었던 case 7의 경우를 본 연구에서는 사건 개요 및 수사 내용 등을 참고하여 화재사로 분류하기는 했지만 심근병증으로 사망하였을 가능성도 주장할 수 있으므로 재해사망보험이나 질병사망보험 사이에 분쟁이 발생할 수 있는 증례라고 할 수 있다. 그런데, 본 연구의 대상이 충분하지는 않지만 심근병증에서는 ABS 9의 흡광도 패턴이 없었으므로 심근병증이 주된 역할을 한 것이 아니고 화재가 사망에 주된 역할을 하였을 것으로 설명하는 데에 보조적으로 활용될 수 있는 자료라고 생각되었다. 물론 증례가 매우 부족하므로 이와 같은 해석이 무리일 수도 있지만 이러한 판단의 근거를 확보하기 위해서는 많은 증례들을 대상으로 하여 지속적인 연구가 이루어져야 한다고 생각된다. 화재사의 모든 예에서 ABS 8 또는 ABS 9의 흡광도 패턴을 보이는 기전으로 열에 의한 혈액의 변화를 추정하여 설명할 수 있으나 혈액 변화의 정확한 내용에 대해서는 보고된 문헌도 없고, 본 연구의 목적과는 다르므로 다른 연구에서 추후 지속적으로 연구되어야 할 것으로 생각되었다.

익사 3예에서도 ABS 8 또는 ABS 9의 흡광도 패턴을 보여서 화재사에서의 흡광도 패턴과 유사한 결과를 보였으며, BMI나 PMI 등과의 연관성은 없었다. 본 연구에서 보는 흡광도 패턴은 익사 진단에 플랑크톤 검사보다도 더 중요한 보조자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 본 연구의

증례가 매우 적기 때문에 추후 추가적인 연구가 진행되어야 할 가치는 높다고 생각된다.

중독사는 알코올 중독, 일산화탄소 중독 등 모두 15예이었으나 흡광도 패턴에는 일관성이 없었다. 단지, 메소밀, 포스파미돈, 파라쿼트 등의 농약 종류의 중독사에서는 ABS 9의 흡광도 패턴을 보여서 특징적이기는 하였지만 추가적인 연구가 필요하다고 생각되었다.

한편 대조군 혈액 6예에서는 일정한 형태의 흡광도 패턴을 보였으나 사후 혈액에서는 9개의 흡광도 패턴을 보였다는 것은 사후 변화가 반영된 결과라고 해석될 수 있다. 이렇게 대조군 혈액과 사후 혈액에서의 차이를 보이는 이유는 비중에 의해 분획되면서 혈액 분획의 상층에 위치하는 물질들의 종류 또는 물질의 양이 대조군 혈액과 사후 혈액에서 서로 다르기 때문에 발생하였다는 설명은 당연하다. 이러한 현상에 대해서 사망의 경과, 즉 사망의 원인 질환이나 손상 발생 후부터 사망이 완료되기까지의 경과, 또는 사전기 직전의 시간적 길이, 심폐소생술 여부, 사망 전 사인 이외의 질병상태 등에 따른 생체 내 생화학 물질의 변화도 한 몫 할 것으로 추정된다고 설명하고 있다[7,9-11].

본 연구에서 대조군 혈액의 흡광도 영역은 흡광도가 약할지라도 400 nm에서 700 nm까지 고르게 관찰되는 반면, 사후 혈액에서는 ABS 1-ABS 8에서는 긴 파장(600-700 nm 영역)의 흡광도가 관찰되지 않았는데, 그 이유는 사후 변화 과정에 생화학 물질의 변성 또는 파괴에 의한 것으로 추정해서 설명해 볼 수 있다. 다른 한편으로는 흡광도의 강도는 대조군 혈액에서는 흡광도가 매우 낮았고, 사후 혈액에서는 전체적으로 높은 흡광도를 보였는데, 이는 죽음이 완료되기 전에 진행되는 사망의 경과 중에 보일 수 있는 생리적 반응의 결과로 새롭게 생성되는 생화학 물질들이 증가하여 특정 영역의 파장에서 흡광도가 증가하였을 가능성도 추정해 볼 수 있다. 즉, 흡광도에 영향을 줄 수 있는 인자들은 사망에 이를 수 있는 질병의 발작과 사망의 완료 사이의 생화학적 변화와 사망이 완료된 후의 사후 변화 등으로 설명할 수 있다. 이러한 성적들을 분석하면 PMI와 어느 정도의 관련성이 있을 것으로 생각되었으나 본 연구에서는 관련성을 찾기 어려웠다.

이상의 연구 성적들에 대한 고찰을 종합하면, 대조군 혈액과 사후 혈액의 흡광도 패턴에는 매우 큰 차이가 있었지만 PMI와의 관련성을 설명하기 어려웠다. 본 연구의 대상인 허혈성 심장 질환을 포함한 심인성 급사, 뇌출혈, 질식사 감염 관련 사망의 진단에서도 흡광도 패턴이 도움이 되지 못할 것으로 생각되었다. 그러나 박리성 대동맥류 파열에 의한 심탐포네이드나 주요 혈관 손상에 의한 출혈로 사망의 경과가 빠르게 진행되거나, 익사, 화재사, 일부 중독사 등의 진단에는 흡광도 패턴 분석이 활용될 가능성이 높으므로 연구를 지속할 가치가 높다고 생각되었다.

ORCID: Joo-Young Na: <https://orcid.org/0000-0003-1138-433X>; Jong-Tae Park: <https://orcid.org/0000-0003-3192-7557>

Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgments

This work was supported by National Forensic Service (NFS2014MED05 and NFS2015MED06), Ministry of the Interior and Safety, Republic of Korea.

References

1. Wang K, Asinger RW, Marriott HJ. ST-segment elevation in conditions other than acute myocardial infarction. *N Engl J Med* 2003;349:2128-35.
2. Hauser AM, Gangadharan V, Ramos RG, et al. Sequence of mechanical, electrocardiographic and clinical effects of repeated coronary artery occlusion in human beings: echocardiographic observations during coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1985;5(2 pt 1):193-7.
3. Eggers KM, Oldgren J, Nordenskjold A, et al. Diagnostic value of serial measurement of cardiac markers in patients with chest pain: limited value of adding myoglobin to troponin I for exclusion of myocardial infarction. *Am Heart J* 2004;148:574-81.
4. Normand ST, Landrum MB, Guadagnoli E, et al. Validating recommendations for coronary angiography following acute myocardial infarction in the elderly: a matched analysis using propensity scores. *J Clin Epidemiol* 2001;54:387-98.
5. Warraich HJ, Benson CC, Khosa F, et al. Diagnosis of acute myocardial infarction on computed tomography angiogram. *Circulation* 2014;129:272-3.
6. Min BW, Park JT, Choi JS. Postmortem biochemistry (I): cardiac markers. *Korean J Leg Med* 2012;36:1-14.
7. Hausdorfer C, Pedal I, Zimmer G, et al. Catecholamines, myofibrillary degeneration of the heart muscle and cardiac troponin T in various types of agony. *Arch Kriminol* 1995;196:46-57.
8. Matoba K, Terazawa K, Watanabe S, et al. Problems in applying a rapid assay kit for cardiac troponin T to medico-legal blood samples. *Hokkaido Igaku Zasshi* 2006;81:359-63.
9. Zhu BL, Ishida K, Quan L, et al. Post-mortem urinary myoglobin levels with reference to the causes of death. *Forensic Sci Int* 2001;115:183-8.
10. Madea B. Is there recent progress in the estimation of the postmortem interval by means of thanatochemistry? *Forensic Sci Int* 2005;151:139-49.
11. Luna A. Is postmortem biochemistry really useful? Why is it not widely used in forensic pathology? *Leg Med (Tokyo)* 2009;11 Suppl 1:S27-30.