

생체 시료중에서 Ethanol 농도 분포에 관한 연구

홍훈기 · 김동욱*

세종대학교 화학과

*국립과학수사연구소

(1997. 10. 15 접수)

The Analysis of Ethanol Distribution Level in Biological Specimens

Hoon-gi Hong and Dong-wook Kim*

Department of Chemistry, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

*National Institute of Scientific Investigation, Seoul 158-097, Korea

(Received October 15, 1997)

요 약: 15종의 분자량이 낮은 휘발성 유기용매 물질류를 사용하여 에탄올에 대한 분리분석 등을 검토하기 위하여 5가지 충전 칼럼과 2가지 모세관 칼럼을 이용한 기체 크로마토그래피 실험에서 Gaskuropack 54 와 DB-1 column이 좋은 분리능을 보여 주었다. GC 기화평형법에 의한 생체물 시료의 알코올 농도 측정에서 0.6N 과염소산, 1M 메타인산 및 염화나트륨 포화용액을 이용한 salt-effect 첨가 실험은 그 중 염화나트륨 포화 용액이 알코올 농도값을 얻는데는 가장 안정된 값을 보였다. 혈액 및 각 조직의 시료들에서 시간에 따른 농도변화 실험에서 에틸알코올 농도 변화, 무게 변화, 함수분 변화, 헤마토크리트 변화치 영향을 함께 실험한 결과, 용기의 직경에 따르는 알코올 농도의 감소 변화를 1차 함수로 제안 할 수 있었으며, NISI에 조사 의뢰된 25 부검 사례에서 각 장기별 에틸알코올 분배농도에 대한 실험에서 뇌, 혈액, 신장, 비장, 간장, 폐장의 순으로 분포율이 낮아지는 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract: Five kinds of packed column and two kinds of capillary column were used to get optimum condition for ethanol analysis by using fifteen different volatile, low molecular weight organic substances. Only two columns, Gaskuropack 54 and DB-1, showed good separation efficiency. In the adding salt-effect experiment 0.6N - perchloric acid, 1M - meta-phosphoric acid and saturated NaCl solution were used for alcohol concentration measurement of biological fluids and tissue specimens. Among adding salt experiment, adding saturated NaCl solution showed the most stable value of alcohol concentration. This fact might be due to the increased vaporization of alcohol in the saturated NaCl solution. In the time-course of blood alcohol concentration, the alcohol level was lineary decreased to the diameter of vessel containing specimens. This result was interpreted in view of ethanol level, weight, water content, and hematocrit value. The ethanol distribution levels were measured from samples of blood and tissue obtained from 25 post-mortems cases investigated by NISI. This study showed that the distribution level was decreased in order of brain, blood, kidney, spleen, liver, and lung.

Key words: GC, Ethylalcohol, Content, Blood, Brain, Liver, Sample

1. 서 론

알코올의 음용은 신체에서는 어떠한 영향을 미치며 알코올의 량 및 주정 상태의 진단적 판단은 매우 중요

한 문제이기 때문에 우선적으로 정확히 측정하여 규명할 필요가 있다. 알코올성 음료를 마시면 음료 속에 에틸알코올이 위나 소장,의 점막으로부터 신속히 흡수하여(약 20%는 위에서 80%는 소장, 적게는 구강 점

막에서 흡수) 체내 모든 조직 등에 확산 95% 이상은 체내에서 분해되고 나머지는 호기, 타액, 뇨, 땀, 눈물과 함께 신체 밖으로 배설된다. 위장벽으로부터 혈액 중에 들어가 바로 분해가 시작되나 분해 속도는 흡수 속도에 비해 완만하게 이루어진다. 체내에 흡수된 알코올의 소실은 산화와 배설 2개의 구성으로 행하여지는데 이는 주로 간장에서 진행되어 에탄올 대부분은 ADH(Alcohol Dehydrogenase)에 의해 Acetaldehyde로 되고 이는 ALDH(Aldehyde Dehydrogenase)에 의해 Acetate로 된다.^{1,2}

알코올 농도의 법화학 분석의 정성 및 정량법으로는 그간 많은 보고가 되어오고 있으며 이 중에서 생체 시료 중에서의 방법은 Widmark법, Cavett법, Conway법, ADH법 등이 실제적으로 많이 이용되어 오다가 GC(Gas chromatography)법이 출현하여 세계 각국에서 이용되어 오고 있으며 생체 시료들로부터의 에틸알코올 측정방법으로는 용매 추출, 단백질 침전, 증류 방법, 직접법, 기화 평형법과 같은 기술이 활용되어지고 있으며 즉 사법 재판에 관계되어지고 있는 법화학 분야에서는 신뢰성이 높고 신속 정확한 결과를 얻고 있다.⁴

분석의 대상이 되는 특히 생체와 관련되어지는 분야에서는 체내에 흡수되어 미변화체로 존재되어 직접적인 증명을 한다던가 또는 체내 대사산물로써 이동 식별을 탐색하는데까지 증명하는 방법의 확립도 중요한 점이라고 할 수 있다. 주취의 정도는 음주량에 의하여 좌우되는 것은 확실하지만 그 진단에는 혈중 알코올 농도치가 가장 유력한 지표로 사용되는 것은 예측되어지고 있는 것이다. 알코올 검사의 대상이 되는 것은 크게 나뉘어 생체의 경우와 사체의 경우로 생각할 수 있는데 생체 내에서의 알코올 농도 변동 및 검체 채취에 따르는 차등에 대하여는 여러 가지 제한적 요소가 많아 그리 널리 알려지고 있지 않다.^{5,6} 또 실제에 있어서 생체보다도 사체의 경우에 있어서는 알코올의 사후 생산, 위내 알코올 확산에 의한 농도 상승, 사인이나 사망 경과에 의한 변화, 각 조직에 따르는 알코올 분포, 검체 채취에 따르는 문제 등을 고려하여야 하며 생전시 특히 사건 발생시의 음주 정도를 추정하는 것이 중요하다. 그러기 위하여는 사례에 응하는 복수 시료를 분석하여야 하고 따라서 이러한 것들이 단순한 알코올 분석만은 아니며 사인이나 사망 경과의 판단, 더욱이 사망 시각의 추정까지 도움이 된

다고 할 수 있기 때문에 사체 알코올의 문제는 그 외의 분석 분야와는 취향이 다른 독특한 영역이라는 점을 간과해서는 안된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 사항을 고려하여 휘발성 물질 류에 대한 GC 시스템 적정 분리 조건, 부검 사체 각 장기 조직시료 중에서의 알코올 농도, 첨가물에 대한 농도 효과, 알코올 농도 유실률 검색, 생체 시료와 혈중 농도 사이의 상호 관계, 측정, 분포를 등에 대하여 목적으로 하였으며 이에 따른 인수 변화를 알코올 농도 판단에 활용할 수 있다고 기대된다.

2. 실험

2.1. 기기 및 시약

2.1.1. 기기

Gas chromatography (Varian Model 4600, FID), Integrator Serial 3394A, Orion Model II, Coulter Automatic Analyser (S-Plus, JR) 등이다.

2.1.1. 시약

메타인산, 과염소산, 에틸알코올 외 15종의 시약은 시판되는 일산, 미국산으로써 특급 및 1급을 그대로 사용하였으며 표준품으로는 Sigma사로부터 Ethanol control-H, Ethanol control-L, 0.50 mg/mL, 1.0 mg/mL, 3.0 mg/mL을 각각 구입하여 사용하였다.

2.2. 시료

모든 생체물의 액상 및 조직인 혈액, 뇨, 위내용물, 뇌, 폐장, 신장, 간장, 비장, 시료들은 4°C 이하에서 주의깊게 제공되어졌으며 혈액시료는 심장에서 직접 얻어졌고 뇌조직은 고정되지 않고 이동에 의해 대뇌를 대표적으로 하였으며 선정 시료들은 즉시 분석되어졌다.

2.3. 휘발성 물질류의 분리 실험 및 조건

15종의 휘발성 물질류인 아세트알데하이드, 아세톤, 벤젠, 사염화탄소, 클로로포름, 에틸알코올, 에틸에테르, 이소프로필알코올, 프로필알코올, 메틸에틸케톤, 에틸아세테이트, 메틸알코올, 메틸렌클로라이드, 테트라부틸알코올, 테트라하이드로퓨란을 사전에 각각 물에 적당한 농도(약 1g/L)로 하였고, 물에 잘 녹지 않는 물질류는 메틸알코올을 가한 후 기체크로마토그래피에 L를 주입하여 분석하여 각각의 분석조건

Table 1 Experimental conditions for packed column GC

Chromatographic Parameter	Stationary phase (2 mm × 2 mm ID)				
	OV-17	OV-101	OV-225	DEGS	Gaskuropack 54
Detector	FID (pro)	FID (pro)	FID (pro)	FID (pro)	FID (pro)
Detector temp.	280°C	280°C	280°C	280°C	280°C
Injector temp.	280°C	280°C	280°C	280°C	280°C
Column temp.		40°C (5°C) → 10°C → 280°C			
Carrier gas (He)		40°C (5°C) → 10°C → 280°C			
Attenuator range			10 ¹⁰ × 256		
Sample inj. vol.			0.5 µL		
Run time			0.5 cm/min		

을 Table 1과 2에 나타내었으며, Table 3에는 RRT를 나타내었다.

2.4. 에틸알코올 표준용액 조제 및 검량선 작성

에틸알코올(Merk, 99.9%)을 취해 0.5, 1, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mg/mL 표준용액으로 하였다. 이들 표준용액을 각각 0.2 mL씩 취하고 내부표준물질로 선정한 0.05% 테트라부틸알코올 0.1 mL와 포화 염화나트륨 용액 0.2 mL를 가하여 칼럼 Gasku개 pack 54를 선택하여 기화 평형법으로 GC 측정 조건에 따라 주입하여 크로마토그램을 얻었으며 이때 얻은 피크를 내부표준 물질에 대한 표준품의 면적비에 따라 적분기에 의해 검량선을 작성하였으며 에틸알코올 측정의 모든 시료들은 Fig. 1에 의하였고 Fig. 2에는 에틸알코올에 대한 검량선을 Y=

Table 2. Experimental conditions for a capillary column GC

Chromatographic Parameter	Capillary column (L30m)	
	DB-1 (φ0.53 mm, DB-WAX (φ0.32 mm, Film 0.25 µm)	Film 0.15 µm)
Detector	FID (program)	FID (program)
Detector temp.	280°C	280°C
Injector temp.	280°C	280°C
Column temp.	40°C (5°C) → 10°C → 280°C	
Carrier gas (He)	40°C (5°C) → 10°C → 280°C	
Attenuator range	10 ¹⁰ × 256	
Sample inj. vol.	0.5 µL	
Run time	0.5 cm/min	

0.219X+0.005(r=0.999)의 양호한 직선성으로 나타내었으며 부틸알코올 실험도 이에 준하였다.

Table 3. Relative retention time of substance in 7 systems

No	Substance	Packed column					Capillary column	
		OV-17	OV-101	OV-225	Gaskuro	DAGE	DB-1	DB-WAX
1	Acetaldehyde	68	66	40	67	29	65	23
2	Methanol	65	69	64	49	81	68	76
3	Ethylether	108	135	38	165	17	137	20
4	Acetone	156	119	102	139	56	117	35
5	Ethylalcohol	100	100	100	100	100	100	100
6	Tert-butylalcohol	179	150	95	150	65	148	55
7	Tetrahydrofuran	365	324	166	230	70	322	43
8	Methylethylketone	323	248	166	225	95	243	54
9	Iso-propylalcohol	129	135	217	145	104	143	84
10	Ethylacetate	332	293	162	237	82	290	48
11	Carbontetrachloride	400	457	120	277	48	446	44
12	Methylenchloride	559	370	303	254	191	375	135
13	Benzene	497	440	200	278	ND	447	ND
14	N-propylalcohol	222	214	231	194	166	209	191
15	Chloroform	451	293	189	231	114	291	78

ND: none detected.

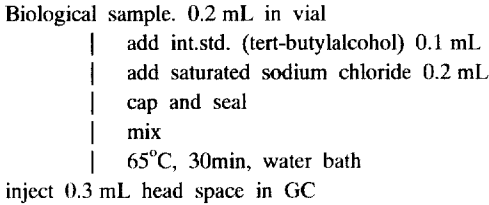


Fig. 1. Flow diagram for the determination of ethylalcohol in sample.

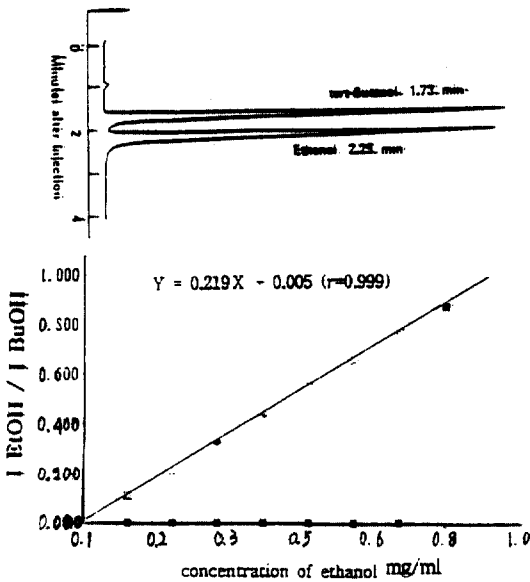


Fig. 2. Chromatogram and calibration curve for ethylalcohol. Butylalcohol was used as an internal standard.

2.5. 생체 시료에서 에틸알코올 농도 측정 실험

모든 시료로 사용되는 조직류의 시료들은 일정 부위를 2.4에 의한 기화평형법에 의해 그 기상 0.3 mL를 가스용 주사기로 GC에 주입한 후 미리 작성된 검량선에 의해 함량 측정을 하였고 이때 3회 실험으로 평균값을 얻었으며 또한 혈액 표준품 0.05%, 0.10%, 0.30%(sigma control-L 0.077% 사용시 범위는 0.064~0.090%, sigma control-H 0.187% 사용시 범위는 0.157~0.217%)을 실험하였다.

2.6. 제단백 효과에 대한 에틸알코올 농도차 실험

단백질을 함유하고 있는 생체 시료중 혈액, 뇨, Sigma 표준품(0.05, 0.10, 0.30%), 조직류(신장, 간장)에서 보다 효과적인 에틸알코올 농도치를 얻기 위하여 3종의 제단백제인 0.6 N 과염소산, 1 M 메타인산, 포

화 염화나트륨 용액을 선별하여 2.4에 의하여 실험을 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 에틸알코올 농도의 측정효과

생체물 시료에서 에틸알코올 측정의 여러 가지 GC 방법 중에서 염화나트륨 용액이 용해시키는 차이에 의한 에틸알코올의 액체-기체상에서의 분배율의 변화를 최소로 하는 포화상태로, 생체물 시료내 에틸알코올의 증기 압력을 올려준다는 Wallace & Dahl¹⁰의 보고된 이래 미국 등 여러 나라에서는 염화나트륨 용액의 이용이 보편화되었으며 岡田, 塚本⁸ 등은 0.6 N 과염소산, 1 M 메타인산으로 실험을 보고하였기에 저자는 염 첨가 실험에 대하여 동일 시료안에서 성적을 비교하여 Table 4에 나타내었다. 염을 첨가하지 않은 시료보다 첨가한 시료에서 전체적으로 기화 량의 증가 상승비율이 1.01~1.42배 높게 나타났으며, 3종의 첨가물 0.6 N 과염소산, 1 M 메타인산 및 포화 염화나트륨 용액 모두가 적당하다고 볼 수 있으나 이중 포화 염화나트륨 용액이 기화량 증가 변화를 범위가 그중 가장 안정한 것을 볼 수 있었다. 따라서 생체 시료 중에서는 염 첨가 에틸알코올의 정량 실험에는 유용한 의미를 갖는다고 생각되어진다.

3.2. 생체 각 조직중 에틸알코올 농도

대부분 에틸알코올은 위장내에서 흡수되며 순환계로 들어간다. 초기 흡수과정에서 순환혈은 더 높은 에틸알코올 농도를 함유한다. 심장으로부터의 혈액 에틸알코올은 조직 부분에 분배되어지는데 여러 조직이나 몸의 유동체의 에틸알코올 농도는 조직내의 수분 함유량에 의존한다. 대체적으로 지방 조직은 적게 분배되고 혈중농도의 1/4로 알려지고 있다. 인체에 대해 직접적으로 농도의 차이 상황으로써 신장이나 간같은 중심 몸의 부분 안으로 에틸알코올 분배에 관한 보고는 동물 실험에 의해 검토하여 나타낸 경우는 종종 있으나 인체에 대해 직접적으로 농도의 차이, 상황 등에 대해 나타낸 것은 거의 발표되지 않고 있고 극히 드문 실정이다. 특히 인체에 있어서 평형 시간이 알려져 있지 않으며 또한 개인의 차이가 많다고 할 수 있다. 그리고 신체에 있어서의 수분은 체중의 2/3 정도를 차지하고 있는 가장 중요한 구성 성분

Table 4. The effect on ethylalcohol level in biological specimens

Sample	Ethylalcohol concentration (mg/mL)							
	(a) non-add	(b) add-NaCl	(a)/(b)	(c) add-PCA	(a)/(c)	(d) add-MPA	(a)/(d)	
Blood	N-1	0.52	0.59	1.12	0.74	0.42	0.69	1.32
	N-2	1.11	1.21	1.09	1.45	1.30	1.37	1.23
	N-3	1.15	1.25	1.09	1.64	1.42	1.44	1.25
	N-4	2.23	2.41	1.08	2.75	1.23	2.62	1.17
	N-5	3.00	3.26	1.08	3.92	1.31	3.44	1.14
Range				1.08~1.12		1.23~1.42		1.14~1.32
(mean)				1.08		1.23		1.19
Blood	S-1	0.50	0.51	1.02	0.56	1.12	0.51	1.02
STD.	S-2	1.10	1.10	1.07	1.15	1.15	1.15	1.15
(sigma)	S-3	3.00	3.00	1.01	3.62	1.20	3.27	1.09
Range				1.01~1.07		1.12~1.20		1.02~1.15
(mean)				1.08		1.15		1.19
Spleen	N-6	1.20	1.25	1.04	1.35	1.13	1.25	1.04
Liver	N-7	0.68	0.70	1.02	0.74	1.09	0.72	1.05
Kidney	N-8	1.06	1.14	1.08	1.27	1.27	1.25	1.18
Range				1.02~1.08		1.09~1.27		1.04~1.18
(mean)				1.05		1.13		1.11

*NaCl: 염화나트륨, PCA: 과염소산, MPA: 메타인산, **mean values of three determinations.

으로 어떠한 액체보다도 높은 열 용량을 가지고 체온 유지 및 완충제 구실을 하며 또한 어느 용매보다도 많은 물질들을 용해시킬 수 있는 가장 보편적인 용매 이면서 아주 안정한 물질이다. 그리고 신체 내에서 대부분의 수분은 장점막을 통해 흡수되고 신장을 통해 뇨로 배출된다. 따라서 본 실험을 통한 실험 치료 써 유효한 지표로써 갖는 데 큰 의의가 있다고 간주된다. 현재까지 기발포되어진 실험 결과를 정리 요약하여 보면, Mayer¹⁴는 인체 부검의 최근 연구에 있어서 뇌-혈액 에틸알코올율은 0.29~8.00으로 다양하게 보고하였고(평균율:1.24) 뇌가 각 부분마다 다른 수분 함유량을 가지고 있지만 주로 보고된 것은 한 부분의 평균이며, 뇌(뇌척수액)에 에틸알코올 분배시 수분량보다는 혈액공급에 더 의존한다고 제안하였다. Luvoni와 Marozzi¹⁵는 부검 사례에서 에틸알코올 분배를 연구하였는데 알코올 섭취 후 흡수전 상태에서는 조직에 낮은 농도를 추정하였고 흡수후 상태에서는 조직에 높은 농도를 가지게 된다는 것을 알아내었다. Backer¹⁶ 등은 사후 흡수후 조건을 측정하기 위하여 위 내용물에 의해 수행된다고 제안하였는데 담즙 0.99, 뇌 0.91, 척수액 1.16, 수정체 1.19 조직-혈액의 비율을 얻어 보고하였다. Harger, Christophulose^{11,17} 등은 중독자 부검 경우에서 혈액-간장

비는 0.53~0.83 범위와 혈액-신장비는 0.57~0.76 범위를 나타내었으며 Isokoski¹⁸ 등은 12 부검사례에서 대퇴골, 골수에서 에틸알코올을 실험하였는 바 이는 역시 개인적으로 다양하여 에틸알코올 농도를 정확히 구분하는 것은 매우 어렵고 복잡하다고 언급하였다. 또한 Winek와 Jones¹⁹도 이와 비슷한 연구를 하였는데 대퇴골 대신에 늑골수를 사용하고 0.34~0.61 범위를 가진 비를 발견하였는데 이 넓은 범위의 차이는 지질 함유의 차이라고 가정하였다. Table 5의 실험 결과에서와 같이 25 부검 사례로부터 신체 각 조직에 에틸알코올 분배 비율은

Blood-Kidney ratio range 0.08-1.50 (average: 0.79)

Blood-Brain ratio range 0.21-1.17 (average: 1.11)

Blood-Lung ratio range 0.20-1.23 (average: 0.67)

Blood-Liver ratio range 0.31-1.15 (average: 0.73)

Blood-Spleen ratio range 0.16-1.40 (average: 0.78)

으로 나타났으며, 평균 조직 분배율이 높은 순위로는 뇌, 혈액, 신장, 비장, 간장, 폐장 순으로 나타났으며 이러한 실험 결과로써 추정하여 볼 때 신체 각조직에 분배되는 비율은 각 조직에 따른 수분의 함유량, 지질 함유량, 혈액 공급량등 여러 가지의 제반 여건들에 의한 것으로 생각되어지며 또한 이 흡수되는 과정, 평형

Table 5. Distribution of ethanol level ratio in blood and tissues

Case no.	Ratio ethanol in blood/tissue						
	Sex	Brain	Kidney	Lung	Liver	Spleen	Gastric-juice
95-13392	F	0.21	0.41	0.37	0.36	0.16	1.05
95-13394	F	0.59	0.34	0.34	0.91	0.84	2.65
95-13579	M	0.36	0.39	0.52	0.52	0.33	8.94
95-13818	M	0.72	0.85	0.57	0.67	0.42	1.28
95-13945	M	0.68	0.83	0.76	0.52	0.59	1.24
95-14397	M	0.56	0.51	0.36	0.49	0.79	4.25
95-14398	M	0.60	0.56	0.84	0.68	0.59	2.26
95-14400	M	1.11	1.34	0.89	1.15	0.98	6.25
95-13579	M	0.96	0.85	0.54	0.67	0.85	1.53
95-14242	F	0.83	0.88	0.20	0.34	0.44	4.36
95-14833	M	0.14	0.08	0.37	0.81	0.19	13.2
95-14839	F	0.39	1.02	0.34	0.31	0.87	1.87
95-14935	F	0.37	0.38	0.25	0.84	0.37	7.65
95-15086	M	0.83	0.75	0.71	0.70	0.70	1.02
95-16923	M	0.81	0.89	0.45	1.08	0.69	0.93
95-17099	F	0.41	0.77	0.80	0.64	0.57	0.97
95-19845	F	0.90	0.84	0.66	0.56	0.24	0.77
96-499	F	1.17	1.50	1.00	0.88	0.60	6.99
96-695	F	1.16	1.21	1.23	1.53	1.40	8.57
96-2014	F	0.89	0.80	0.77	0.54	0.73	1.17
96-2170	F	0.74	0.61	0.56	0.49	0.91	7.31
96-3103	M	0.74	0.91	0.72	0.64	0.89	1.10
96-3168	M	0.91	0.82	0.92	0.51	0.93	4.80
96-3229	M	0.85	0.76	0.57	0.47	0.84	2.40
96-4816	M	0.97	1.00	0.88	0.64	0.96	1.11
Range		0.21~1.17	0.08~1.50	0.20~1.23	0.31~1.15	0.16~1.40	0.77~13.21

M: male, F: female.

의 상태 등이 각 개인에 따라 차이가 많다는 것을 발견할 수가 있다. 특히 위 내용물의 농도에 대하여는 음주 후 시간이 없이 사망한 경우는 에틸알코올 농도가 상당히 높은 것으로서 사례 95-13579, 95-14833, 95-14935 등이 흡수 상태에 있었다는 것을 알 수 있고 반면에 혈중 에틸알코올 농도보다 낮은 농도를 나타낸 경우도 95-16923, 95-17099, 95-19845의 3 사례로서, 이 경우는 에틸알코올이 체내에 이미 분해기 정도가 넘어선 것으로 보아 사망 바로 직전 약 1시간 전 정도에서 음주한 것으로 추정을 할 수도 있는 것이다. 대체적으로 위 내용물 농도와 각 조직과의 관계는 일관관계를 나타내어 질 수는 없다. 따라서 혈액 채취 시 오염된 경우라든가 채취가 어려운 경우에는 차선의 시료 선택의 경우에는 뇌, 신장 등의 조직으로써 2개의 교차된 부위에서 다종을 적용하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

4. 결 론

- 15종의 휘발성 유기용매 물질의 GC(FID) 분리에서 총진 칼럼 5종 모세관칼럼 2종의 분리 실험에서는 Gaskuropack 54와 모세관칼럼 DB-1이 그 중 분리가 양호함을 알 수 있었다.
- 생체물 시료의 에틸알코올 농도 측정에서 0.6 N 과염소산, 1 M 메타인산, 및 포화 염화나트륨 용액중 염 첨가 실험의 기화량 증가상승 비율이 1.01~1.42배 증가되었고 그 중 포화 염화나트륨 용액이 가장 안정된 값을 보였다.
- NISI에 의뢰되었던 25 부검 사례에서 각 장기별 에틸알코올 농도 분배율에 대한 실험결과 혈액-비장 0.08~1.50, (평균 0.79), 혈액-폐 0.20~1.23, (평균 0.67), 혈액-뇌 0.21~1.17, (평균 1.11), 혈액-간장 0.31~1.15, (평균 0.73), 혈액-비장 0.16~1.40, (평균

0.78)의 분배 비율을 알 수 있었고 이는 각 개인의 체 조건 등에 따라 차이가 다르나 뇌, 혈액, 신장, 비장, 간장, 폐장의 순으로 나타났음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구결과는 1995년도 교육부 기초과학 육성연구비(BSRI-95-000)의 지원에 의한 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. J. Glaister, "Medical Jurisprudence and toxicology", The Williams and Wilkins Company, Britain, 1982.
2. S. Ueno, *Gerrichtliche Medizin, Jan.*, 253 (1989).
3. J. C. Garritott, *Clinics in Lab. Med.*, **3**, 385 (1983).
4. J. W. Cavett, *J. Lab. Med.*, **23**, 543 (1938).
5. K. Okada, *et al.*, *The Practice & Research of Forensic Medicine, Jan.*, **77** (1986).
6. R. N. Harger and R. B. Forney, *J. Lab. Clin. Med.*, **36**, 306 (1950).
7. J. B. Lynn and L. Ting-kai, *Alcohol Metabolism, Jan.*, **1**, 294 (1976).
8. D. Inoue, *et al.*, *The Practice & Research of Forensic Medicine, Jan.*, **27** (1984).
9. R. Nanikawa and K. Ameno, *Forensic Science International*, **20**, 133 (1982).
10. J. E. Wallace and E. V. Dahl, *J. of Clin. Pathology*, **36**, 152 (1966).
11. K. H. Harger, *Q. J. Stud. Alcohol*, **17**, 18 (1956).
12. K. H. Meyer, *Q. J. Stud. Alcohol*, **20**, 785 (1959).
13. R. N. Harger, R. B. Forney, and R. S. Backer, *Q. J. Stud. Alcohol*, **17**, 18 (1956).
14. K. H. Meyer, *Q. J. Stud. Alcohol*, **20**, 785 (1959).
15. R. Luvoni and E. Marozzi, *J. Forensic Med.*, **15**, 67 (1968).
16. R. C. Backer, R. V. Pisano, and I. M. Sopher, *J. of Forensic Sciences*, **25**(2), 327 (1980).
17. G. Christopulose, E. R. Kirch and J. E. Gerrien, *J. of Chromatography*, **87**, 455 (1973).
18. M. Isokoski, A. Alha and K. Laiho, *J. Forensic Med.*, **15**, 9 (1968).
19. C. L. Winek, and K. L. Murphy, *Forensic Sci. Int.*, **25**, 159 (1984).
20. Hayagashoy *et al.*, *J. of Legal Medicine*, **27**, 57 (1984).
21. L. Blaine, L. Glendening and A. Robert, *J. of Forensic Sciences*, **14**, 14 (1969).
22. M. P. Harding and M. C. Murray, *J. of Forensic Science*, **37**, 99 (1992).
23. R. D. Budd, *J. of Chromatography*, **259**, 353 (1989).