한국산업위생학회지 제 5 권 제 1 호
Korean Ind. Hyg. Assoc, J
Vol. 5, No. 1, April, 1995

편광 Zeeman 보정 및 D_2 보정 방법에 의한 혈중연 측정치의 비교 연구

순천향대학교 화학과* · 순천향대학교 산업의학연구소

이석기* · 안규동 · 이병국

— Abstract —

A Comparative Study of Blood Lead Measurement by Polarized Zeman Effect Correction AAS and D_2 Correction AAS Method

Seok Ki Lee*, Kyu Dong Ahn, Byung Kook Lee

Department of Chemistry, Soonchunhyang University Institute of Industrial Medicine, Soonchunhyang University*

Blood lead assay by D_2 lamp background correction method of atomic absorption spectrophotometer(AAS) with wavelength of 283.3 nm is most popular in occupational health practice in Korea. On the other hand, D_2 lamp background correction method with wavelength of 217.0 nm is also often used in general chemical analysis for lead assay in general purpose. But both methods have some weakness of background correction which brought direct effect on the results of analysis. Recently blood lead assay with polarized Zeeman effect of AAS was introduced and is now preferred in many laboratory than D_2 correction method in blood lead analysis. But still AAS with D_2 lamp are widely used in the field of occupational health in Korea. This study compared blood lead assay data with D_2 correction methods(283.3 and 217.0 nm) and with that of polarized Zeeman effect correction method to evaluate the validity of D_2 correction methods. The results obtained were as follows;

1. Taking the value of polarized Zeeman effect method as reference value of 1.00, the mean relative value of D_2 correction method with wavelength of 217.0 nm was 0.92 and that with wavelength of 283.3 nm was 0.90 respectively in the analysis of blood lead whose value were below 20.0 $\mu g/dl$ ($p<0.001$). Both mean values were statistically smaller than polarized Zeeman effect correction method. But in the analysis of blood whose value were between 20.0 to 40.0 $\mu g/dl$, the mean relative value of D_2 correction method was 0.96 in both wavelength and did not differ from polarized Zeeman effect method($p<0.001$). There was no difference of blood lead between D_2 correction method and polarized Zeeman effect method in the analysis of blood lead whose value were over 40.0 $\mu g/dl$.

2. The variations of background correction value in polarized Zeeman effect method were not changed by increase of blood lead, but those in D_2 correction methods were increased by the increase of blood lead.

While then relative standard deviation(RSD) of data measured by Zeeman effect method were decreased by the increase of blood lead, those by D_2 methods were not differed by the increase of blood lead.

서 론

연은 인간이 가장 오래 전부터 사용했던 금속중의 하나로 원자번호 82번, 원자량 207.21, 비중 11,34의 청색 또는 은회색의 연한 금속이다(MERCK, 1983). B.C. 370년경 히포크라테스는 금속 추출 작업자들에게서 심한 복부산통의 증상 발현을 기술하였고, 기원전 2세기에 니칸더는 연창백, 변비, 연산통, 연 마비를 기술한 바 있다(Zenz, 1988). 오늘날에 이르러서는 일반 환경중의 연의 농도가 급격히 증가하고 있어 직접적인 연 작업뿐만이 아니라 일상생활을 통해서도 연에 의한 건강장애가 초래될 가능성이 있어 많은 사람들이 우려하는 유해 요인이 되었다(Hammond, 1979). 따라서 연 작업장에 대한 작업환경관리 및 근로자의 건강관리 제도가 도입되어 연 중독을 예방하려는 노력을 해 왔으며 환경오염 방지 차원에서 우리 나라도 자동차 휘발유에 알킬연의 첨가를 금하고 있는 실정이다.

혈액중 연의 측정은 연 폭로의 가장 좋은 지표로 알려져 연 중독이 의심되는 환자의 진단과 산업현장 혹은 환경오염으로부터 연에 의한 건강이 염려되는 사람들에 대하여 실시하는 중요한 검사항목 중의 하나로 많은 건강진단기관에서 수 십년 동안 다양한 분석 방법으로 측정되어 왔다(강성규, 1990; 노동부, 1992). 그러나 혈액 중에 존재하는 금속원소들을 정량하기 위하여는 방해물질인 유기물의 제거가 관건이 되었으며, 유기물을 제거하기 위한 전 처리 방법에는 TCA법, 회석법, 습식회화법 등이 잘 알려져 있다.

TCA법에서는 Trichloroacetic acid 용액과 혈액을 동일 양을 혼합하고 수용액상에서 가온하여 단백질을 침전시킨 다음 그 상등액을 분석용액으로 하고, 회석법에서는 증류수 또는 0.1N-HCl용액으로 수 배 혹은 수 십배 회석시켜 사용한다. 그러나 이 방법은 분석용액과 바탕 용액간의 성분물질의 차가 크고, 혈액내 존재하는 각종 무기 금속이온들을 동반하므로 정량시 방해를 주는가 하면, 회석으로 인하여 극미량 원소들은 더욱 묽어져 분석을 어렵게 한다. 이러한 난점을 고려하여 혈액시료에 질산-황산 또는 질산-과산화수소 등을 가하여 가열 농축시키는 습식 회화법이 많이 이용되고 있기는 하지만 전처리 과정의 시간 소요가 너무 길고, 가하는 시약으로부터의 오염이 우려되며 또한 원자흡광법에는 진한 산 용액이 흡광도에 영향을 주고, 다른 금속이온들도 동시에 농축되므로 이들 물질들이 분석시 바탕 보정영향을 크게 하여 분석오차의 원인이 될 수도 있다(Olson과 Hamlin, 1968).

이러한 어려움 때문에 전 처리된 시료에 킬레이트제를 이용하는 용매추출법이 이용되고 있다. 연을 추출하기 위해서 흔히 사용되는 착화제로는 APDC, DDTC 및 dithizone 등이 있는데 그중 APDC가 가장 널리 사용되며 추출율도 매우 우수하다. APDC를 사용하는 경우 HNO_3, $HClO_4$, H_2SO_4 등과 같은 산으로 시료를 습식회화하여 이를 Methyl Isobutyl ketone(MIBK), 또는 chloroform 등으로 추출하여 분리 농축하여 분석한다(Christian과 Feldman, 1970).

원자흡광법에 의한 연의 분석에는 분석파장을 217.0 nm와 283.3 nm를 주로 선택하는데 217.0 nm는 Sb, Fe, Cu 등의 많은 공명선을 가지며, 또 283.3 nm의 분석선을 선택하는 경우 역시 많은 분석 공명 선을 갖게 되므로 바탕보정에 문제가 있는 것으로 알려져 있다(Tsalev와 Zaprianov, 1984; Bouman, 1984).

Fernandez(1975)가 전혈을 계면활성제인 Triton X-100(TX-100)으로 회석하여 흑연로(GFAAS)를 이용하여 분석한 후 요즘은 대부분 이 방법을 사용하여 분석하나 연이 휘발성 원소이기 때문에 회화과정에서 일정온도 이상 높일 수 없기 때문에 시료에 함유된 유기성분의 제거가 불완전하며 이들 성분이 원자화 직전 단계까지도 잔존하여 넓고 큰 바탕선이 나타나게 된다. 그래서 Subramanian(1989)은 연의 휘발을 최소화하면서 회화 온도를 높여 방해 성분을 효율적으로 제거시킬 수 있는 매트릭스 변형제의 첨가 기법을 추천하였으며, Prusz-

kowska(1983)등은 $(NH_4)_2HPO_4$, $Mg(NO_3)_2$등을 사용하면 방해를 감소시킬 수 있다고 보고하였다. 인산암모늄은 공존하는 염화물이 암모니아성 염화물 등의 휘발되기 쉬운 물질로 변환됨으로써 분석성분과 공존 물질간의 휘발을 선택적으로 조절해 주기 때문에 많이 사용되는 변형제 중의 하나이다.

Manning과 Slavin(1978)는 메트릭스 변형제를 사용하였을 때 수용액에서는 염소의 농도가 큰 경우 화학적 간섭은 개선되지만 혈액과 소변의 경우 연과 카드뮴 측정의 경우에는 개선되지 않는다고 보고하였다. Selander과 Cramer(1970)은 혈중연 분석을 dithizone으로 하던 기기분석을 하던 어느정도 오차를 감수하여야 하며 아주 숙련된 분석자라도 최저 10%의 오차는 있을 수 있다고 한다. 따라서 본 연구는 혈중연이나 카드뮴 분석에 바탕 보정값이 우수하다는 편광 Zeeman 바탕 보정 방식의 기기를 이용하여 혈액중 연의 함량을 분석하고 현재 우리 나라에서 주로 사용하는 D_2 바탕 보정 방식의 기기에서 분석된 결과를 비교하며, 특히, 217.0 nm와 283.3 nm의 분석선에 의한 분석결과를 비교하여 혈액중 연 분석에 어떤 파장이 더 우수한가를 확인하고, 혈액내 다량 공존하는 원소(철, 구리, 아연)들이 연의 분석에서 바탕보정과 반복성에 어떤 영향을 주는지를 확인하며, 또한 이들 공존 물질들이 혈액중 연과 어떤 관련성이 있는가를 확인하기 위해 시도하였다.

연구 방법 및 재료

1. 시료의 수집

시료 수집은 연의 폭로량을 감안하여 직업적인 연폭로가 없는 혈중연 농도가 20.0 ㎍/dl 이하의 피검자 45명, 20.1-40.0 ㎍/dl 정도의 연폭로자 38명, 40.1-60.0 ㎍/dl 정도의 연폭로자 45명 그리고 60.1 ㎍/dl 이상인 연폭로자 37명으로 총 165을 대상으로 하였으며, 시료채취는 heparin vaccutainer에 채취하여 분석시까지 4℃에 냉장 보관하였다.

2. 분석방법

분석에 필요한 모든 초자기구는 다른 중금속으로부터 오염을 방지하기 위해서 20% 묽은 질산에 24시간 담근후 탈 이온수로 여러 번 세척한 것을 완전히 건조하여 사용하였다.

1) 혈중연, 구리 : 채취된 혈액시료 0.5 ml를 1% triton X-100으로 8배 희석하여 편광 Zeeman 바탕 보정(Hitachi, model Zeeman 8100)법과 Deuterium 바탕 보정(Shimadzu model 6500, D_2 lamp)법으로 혈중연을 분석하였고, 구리는 Deuterium 바탕 보정(Shimadzu, model 6500, D_2 lamp)법으로 표준물 첨가법으로 3회 반복 측정하여 평균하였으며 분석조건은 다음 표 1-1, 1-2와 같다. Fernandez(1975).

2) 혈중 철 및 아연 : 시료를 상기와 같은 방법으로 100배 희석하여 Stevens등(1977)의 방법에 의해 Deuterium 바탕 보정(Shimadzu, model 6500, D_2 lamp)법을 이용하여 표준물 첨가법으로 다음(표 2)과 같은 조건에서 분석하였다.

3. 통계처리

분석된 결과는 SAS Version 6.04를 이용하여 Zeeman 바탕 보정 방법의 혈중연 농도와 D_2 바탕 보정의 217.0nm와 238.3nm를 이용하는 방법에

Table 1-1. The condition of analytical instrument by analytes

	Pb(Zeeman)	Pb(D_2 Lamp)	Cu(D_2 Lamp)	
Lamp current(mA)	7.5	14.0	10.0	6.0
Wavelength(nm)	283.3	217.0	283.3	324.8
Slit(nm)	1.3	0.2	0.5	0.5
Sample Volume(g)	10.0	10.0	10.0	5.0

Table 1-2. The tempterature program by analytes

metal	Pb(Zeeman)		Pb(D_2)	Cu(D_2)
step	start	end		
1. Dry(℃)	80	120	120	120
Ramptime(s)		30	20	20
2. ASH1(℃)	550	550	250	250
Ramptime(s)		30	10	20
3. ASH2(℃)			500	500
Steptime(s)			17	10
4. ASH3(℃)			500	500
Steptime(s)			3	3
5. Atomize(℃)	2000	2000	1800	2300
Steptime(s)		10	3	2
6. Cleam(℃)	2400	2400	2000	2400
Steptime(s)		3	2	2

혈중연 측정결과의 차이에 영향을 준 요인에 대한 변수를 파악키 위해, 두 방법간의 차를 종속변수로 하고 타금속의 혈중농도와 혈중연 바탕보정치를 독립변수로 하여 다중 회기분석등을 실시하였다.

성 적

피검자들의 혈중연 바탕보정을 편광 Zeeman 바탕 보정으로 하여 분석한 것을 기준으로 하여 혈중연을 표 1-1, 1-2의 조건으로 분석하였을 때 D_2 바탕 보정한 분석선 217.0, 283.3 nm에서 분석된 결과의 평균값은 표 3과 같다.

Zeeman형의 바탕보정 방식을 사용하는 기기의 결과를 편의상 1.00으로 하고, D_2 형 보정 장치의 217.0 nm와 283.3 nm에서의 결과를 짝비교(paired t-test)를 하였을 때 혈중연 농도가 20.0 $\mu g/dl$ 이하인 경우에 0.92와 0.90으로 Zeeman형보다 낮은 값으로 분석되었으며 통계적으로 유의하였다($P<0.001$). 그러나 혈중연 농도가 높아짐에 따라서 D_2 보정 방식에 의한 결과 차이가 적어졌으며 통계적으로도 유의성이 있었다.

Table 2. Iron and zinc analytical conditions

	Fe	Zn
Lamp current	10.0 mA	8.0 mA
Wave length	248.3 nm	213.9 nm
Slit	0.2 nm	0.5 nm
Burner Height	6.0 mm	7.0 mm
Fuel gas flow Rate	2.2l/mim	2.0l/mim
Gas	C_2H_2+Air	C_2H_2+Air

표 4는 분석방법에 따른 흡광도에 대한 바탕 보정치와 분석방법 간의 변이계수를 비교한 것으로 혈중연 농도에 따라서 Zeeman 보정방법과 D_2 보정방법의 바탕 보정값이 크게 변화하지는 않았고 Zeeman 보정방법에서 바탕 보정값이 D_2 보정방법의 바탕 보정값보다 컸으며 217.0 nm에서가 283.3 nm 보다 바탕 보정값이 큰 것을 알 수 있었다.

표 5는 혈중연 농도 구분에 따른 혈중에 공존하는 금속함량의 변동을 나타낸 것으로 혈중 철의 경우 혈중연 증가에 따라 감소하는 것을 알 수 있었으며 통계적으로 유의하였다. 구리의 경우는 혈중연이 증가함에 따라 97.0±20.9, 114.9±22.2, 120.9±24.7, 128.0±21.0 $\mu g/dl$로 통계적으로 유의하게 증가하였다($P<0.001$). 혈중 아연도 984.4±103.3, 1107.4±161.6, 1206.8±208.4, 1259.1±193.7 $\mu g/dl$로 통계적으로 유의하게 증가하였다($P<0.001$).

표 6은 혈중연 20.0 $\mu g/dl$ 이하의 집단에 대한 분석방법별 혈액중 철, 구리 및 아연 함량에 따른 바탕보정치의 상관성을 나타낸 것으로 Zeemzn 보정방법의 바탕보정치는 타금속의 혈중농도와는 역상관을 나타내며 통계적인 유의성이 있는것은 구리와 아연이었다. D_2 보정방식으로는 217.0 nm와 283.8 nm에서 통계적인 유의성을 나타낸 금속은 구리와 아연이었으며, 혈중농도와 정상관을 나타내고 있으나 통계적인 유의성을 가진 것은 없었다. 혈중연 20.1-40.0 $\mu g/dl$인 집단에서의 타금속 함량과 바탕보정치간의 상관성을 나타낸 것으로 Zeeman 보정방식에서 철은 역상관을 나타내었으며, 아연은 정상관을 나타내었고 통계적으로도 유의성이 있었다. 그러나 217.0 nm에서는 바탕보정치와 타금속 함량간

Table 3. Mean values of each analytical methods by PbB levels

PbB($\mu g/dl$)	N	polarized Zeeman correct	217.0 D_2 correct	283.3 D_2 correct
<20.0	45	13.3 ± 4.3 (1.00)	12.4 ± 4.4 (0.92)*	12.1 ± 4.2 (0.90)*
20.1-40.0	38	29.5 ± 6.7 (1.00)	28.1 ± 6.6 (0.95)*	28.3 ± 6.8 (0.96)*
40.1-60.0	45	50.1 ± 5.3 (1.00)	49.6 ± 5.5 (0.97	50.7 ± 6.0 (0.98)*
60.1<	37	71.2 ± 8.0 (1.00)	71.0 ± 7.9 (0.99)	69.9 ± 7.6 (0.97)*

*:P<0.001

에 상관이 없었으며 238.3 nm에서의 철은 Zeeman 보정방식에서 처럼 역상관, 아연은 정상관을 나타내었으며 통계적으로도 유의하였다($p<0.001$). 혈중연 40.1-60.0 ㎍/㎗인 집단의 것으로 Zeeman 보정방식은 역시 철의 함량에 따라서 역상관을 나타내며, 아연은 정상관을 나타내었다. D_2 보정방식으로는 217.0 nm에서 역시 타금속의 함량과는 관련성이 적었으며, 283.3 nm에서 Zeeman 보정방식처럼 철은 역상관, 아연에서는 정상관을 나타내었으며 통계적으로도 유의하였다. 혈중연 농도가 60.1 ug/㎗ 이상인 집단의 것으로 앞에서와는 달리 Zeeman 보정방식과 D_2 보정방식에서 바탕보정 장치와는 상관이 없는 것으로 나타났다. Zeeman형에 의한 바탕보정 방법의 혈중연 농도를 기준으로 하였을 경우 D_2 바탕보정장치에서 파장 217.0 nm와 238.3 nm를 이용한 혈중연 측정결과의 차이에 영향을 주는 요인에 대한 변수를 파악키 위해, 두 방법간의 차를 종속변수로 하고 각 분석법에서의 바탕보정치와 타금속의 혈중 농도를 독립변수로 하여 다중회기분석을 한 결과는 표 7과 같다. 표 7에 나타난 바와 같이 Zeeman에 의한 분석 결과에 대하여 분석법간의 혈중연 농도차에 영향을 주는 요인은 217.0 nm에서는 구리와 철이었고, 283.3 nm에서는 바탕보정치 만이 영향을 주는 것으로 나타났으며 통계적으로도 유의하였다.

고 찰

연은 역사이래 가장 오랫동안 사용되어온 비철금속의 하나로서 20세기 대량생산체제와 자동차 산업의 발달과 더불어 사용량이 급격히 증가하면서 지속적으로 대기환경 오염을 유발시키며 지난 수 십년

Tables 4. Mean background and RSD of analyticalmethods by PbB levels

PbB level	Method Mean ± SD	BKG Mean ± SD	RSD
<20.0	Zeeman	0.37 ± 0.06	2.82 ± 1.84
	D_2 217.0	0.25 ± 0.02	2.66 ± 1.22
	D_2 283.3	0.15 ± 0.02	2.32 ± 1.30
20.1-40.0	Zeeman	0.35 ± 0.07	1.72 ± 1.24
	D_2 217.0	0.23 ± 0.04	2.69 ± 1.24
	D_2 283.3	0.15 ± 0.03	1.33 ± 0.95
40.1-60.0	Zeeman	0.37 ± 0.07	1.33 ± 1.01
	D_2 217.0	0.25 ± 0.05	1.97 ± 1.17
	D_2 283.3	0.15 ± 0.03	1.86 ± 1.17
60.1<	Zeeman	0.42 ± 0.10	1.16 ± 0.60
	D_2 217.0	0.26 ± 0.07	1.93 ± 1.11
	D_2 283.3	0.18 ± 0.06	1.38 ± 0.84

Table 5. Means of Fe, Cu and Zn in blood by PbB levels

PbB (㎍/㎗)	N	Fe (㎍/㎖)	Cu (㎍/㎗)	Zn (㎍/㎗)
<20.0	45	787.4 ± 86.0	97.0 ± 20.9	984.4 ± 103.3
20.1-40.0	38	715.2 ± 80.7	114.9 ± 22.2	1107.4 ± 161.6
40.1-60.0	45	697.3 ± 87.6	120.9 ± 24.7	1206.8 ± 208.4
60.1<	37	697.0 ± 69.9	128.0 ± 21.0	1259.1 ± 193.7
F Value		12.0*	14.7*	21.2*

* : $P < 0.001$

동안 인간에 해로운 공해물질로서 알려져 현재까지도 대중의 관심이 많이 집중되는 독성물질의 하나이다(Legge, 1981).

우리의 주변환경으로부터 알게 모르게 인체에 침입하는 연은 일반대중에게도 공포의 대상이며, 특히, 직업적으로 연에 폭로되는 근로자들에게는 더욱 중대한 문제이다. 따라서 혈액중의 연의 측정은 연의 중독이 의심되는 환자의 진단과 산업현장 혹은 주위환경으로부터 오염이 염려되는 사람들에 대한 가장 중요한 검사항목이 되어 많은 산업보건 전문인들의 연구를 통하여 측정방법은 그 간편성과 정확성이 개선되어져 왔다(이병국, 1989, 1990, 1991). 그러나 아직도 혈중연의 분석은 장비와 혈액이 갖는 특성으로 인하여 분석의 어려움이 따르며 비용 면에서도 난점을 가지고 있다(Herberg, 1980;Fischbein, 1983).

혈액 및 소변중 연을 측정하기 위하여는 시료를 채취할 때 첫째, 사용하는 용기가 연에 오염되어 있지 말아야 하며, 응고를 방지하고, 분석전 운반과 보관에서도 세심한 주의가 필요하다. 이후의 분석 또한 고도의 숙련된 분석기법과 세심한 주의가 요구된다. 미국 질병관리센타(Center for Disease Control)가 상업적인 임상분석 시험실을 상대로 조사한 바에 따르면 혈중연 분석에 있어 전체 대상기관의 1/3 정도만이 적합하다고 보고하였으며, 주 또는 공공기관의 실험실은 2/3 정도가 적합하다는 결과를 보고하였다(NIOSH, XII-7, 1984). 김현과 조수헌(1991)의 국내 25개 기관에서 1978년부터 1989년까지 정상인의 평균 혈중 카드뮴 농도에 관한 발표논문 25편의 성적을 비교분석 결과에 따르면, 정상인의 평균 혈중 카드뮴 농도가 최저 0.128 ㎍/dl에서 6.1 ㎍/dl까지 분포하고 있어 연구자에 따라 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 또 장재연(1990)은 연을 첨가한 혈액 5개의 시료를 5개 기관에서 분석한 결과 상대표준편차가 저농도에서는 100.3%, 60 ㎍/dl를 초과하는 고농도의 시료에서 18.1%로써

Table 6. Correlation matrix of Fe, Cu, Zn concentration and background by PbB levels

PbB level	N	Method	Fe	Cu	Zn
< 20.0	45	Zeeman	-0.33	0.146*	-0.166*
		D_2 217.0	-0.15	0 0.181	-0.129
		D_2 283.3	-0.259	0.095	-0.101
20.1-40.0	38	Zeeman	-0.408**	-0.053	0.229*
		D_2 217.0	-0.314	0.081	0.129
		D_2 283.3	-0.411**	-0.048	0.226*
40.1-60.0	45	Zeeman	-0.265	-0.082	0.435
		D_2 217.0	-0.097	0.036	0.223
		D_2 283.3	-0.208	-0.152	0.303
60.1 <	37	Zeeman	0.214	0.009	0.013
		D_2 217.0	0.225	0.067	-0.064
		D_2 283.3	0.255	0.003	-0.101

*: $P < 0.005$, **: $P < 0.001$

Table 7. Multiple regression analysis of PbB difference on selected parameters(background, Fe, Cu, Zn) by Zeeman and D_2 methods

	Step	Variable Entered	Partial R**2	Model R**2	C(p)	F	Pvalue
217.0nm	1	Cu	0.1498	0.1498	5.2515	16.5580	0.0001
	2	Fe	0.0436	0.1933	2.2678	5.0233	0.0274
283.3nm	1	BG	0.0850	0.0850	1.0762	8.7268	0.0040

기관간에 저농도에서 4.1배까지의 상당한 차이를 보인다고 보고하였다.

요즘에는 원자흡광법(GFAAS)을 이용하여 전혈을 TX-100으로 희석하여 분석하는 방법을 많이 이용하나, 이 방법은 흡광도에 영향을 주는 시료중 유기성분이 회화과정을 거쳐 원자화 과정까지도 남게 되는 매트릭스의 존재로 비원자화 흡광도가 나타난다. 이 비원자화 흡광도는 바탕 보정장치로 보정하여야 한다(Chrkrabarti, 1978). 이 보정방식에서 오차요인을 줄이기 위해 회화온도를 높여주어 유기성분을 완전하게 제거할 수 있으나 연의 융점이 낮아 연이 휘발하게 되므로 이 역시 분석 오차의 원인이 된다(이석기, 1994;Tsalev와 Zaprianov, 1984) 이 때문에 연의 휘발을 막기 위하여 일반적으로 매트릭스 변형제를 사용하기도 한다(유광식과 권진기, 1992). 이러한 문제점을 해결하려고 Patrick등(1991)은 혈액중의 연과 카드뮴의 분석에 매트릭스 변형제의 농도변화, 회화온도, 가스유량, TX-100, 질산의 농도 등을 변화시켜보았으나 바탕보정을 완전히 해결하지 못했으며, 이런 현상은 L'vov platform이 없을 때 더욱 심하게 나타난다(Subramanian, 1983).

Tsalev(1984)는 연을 분석할 때 분석파장에 대하여 다음과 같이 설명하고 있다. 217.0 nm의 파장은 283.3 nm에 비하여 2.5배 감도가 좋으며 보다 좋은 S/N비를 갖으며 고감도인 반면 283.3 nm는 직선성이 범위가 넓고 분자흡수보정에 있어 217.0 nm보다 우수하다. Zeeman 바탕 보정 장치에서는 차장의 선택에 제한을 받는다. 그 이유는 자장 속에 있는 연이 자력에 평행으로 편광된 광성분에 만 Zeeman 효과가 나타난다. 이러한 현상을 정상 Zeeman이라 하며 이런 효과는 283.3 nm에서만 효과가 있다. D_2 바탕 보정방식에서 미량의 연을 분석하는 경우 특별한 방해요인이 없다면 217.0 nm의 분석선을 사용하는 것도 무난할 것 같다. 김영상 등(1989)은 미량의 연을 흑연로에 의한 원자흡광법(217.0 nm)으로 정량할 때 영향을 주는 원소는 철, 구리, 아연이라고 하였다. 본 연구에서는 20.0 $\mu g/dl$ 이하의 저농도의 혈중연 분석에서 Zeeman effect 바탕보정방식은 구리의 함량이 상관을 가지며 철과 아연은 역상관을 가지며, D_2 보정 방식에서도 Zeeman 방식과 같은 경향을 나타냈으며, 혈중연의 증가에 따라서 아연은 오히려 정상관을 나타냈으며 혈중연이 높은데서는 철이 영향을 주었고 혈중연 자체가 바탕보정치를 높이지는 않는다고 생각된다. 다만 앞의 연구자들은 분석시료가 혈액이 아닌 정제수에 연과 방해요인인 다른 원소를 첨가한 것으로 수용액에서의 연 분석에 대한 방해요인으로 앞에서 열거한 철, 구리, 아연 등 불순물이외에는 특정한 유기물이 없는 상태이므로 수평적인 고찰을 할 수는 없다. 그러나 시료중 연 분석에 있어 다른 금속들이 방해요인이기는 하나 혈중연을 분석할 때 Zeeman 보정방식과 D_2 바탕 보정방식이 분석치에 큰 영향을 주지는 못하는 것으로 생각되며, 이는 Patrick등, (1991)이 연구한 Zeeman-AAS와 D_2-AAS의 혈중연 농도 비교에서 42개의 시료에서 $Y = 1,049 \times - 3.48 (r = 0.998)$의 결과와도 일치된다.

본 연구에서는 혈중연 함량이 증가함에 따라서 구리와 아연이 증가하는 것으로 나타났다(Cu; r= 0.5911, Zn; r=0.7649). 그러나 혈중연 증가에 따라서 철, 구리, 아연의 혈중농도가 변한다는 연구발표는 드물다(김두희외, 1986). 이상숙과 김두희, (1985)는 도시와 농촌 고교생들의 혈액중 연, 카드뮴, 구리 함량 조사에서 연과 구리의 함량간에는 상관이 없다고 보고하였다. 그러나 김두희 등, (1986)은 비행청소년의 두발중 연, 카드뮴, 아연의 함량을 조사하여 두발중 연함량이 증가함에 따라서 카드뮴과 아연이 정상관을 가지며 증가하는 것으로 보고하였다. 위의 혈액중 금속함량 또는 두발중 금속함량 연구결과들에 따르면 정상인에 있어 혈중연 농도가 변동됨에 따라 다른 금속들의 함량 변동이 있을 것이라는 추정은 현재로서는 곤란하다. 특히 본 연구의 대상이 20.0$\mu g/dl$ 이상의 군이 직업적으로 연에 폭로되는 근로자들이라는 점에서 연폭로로 인한 혈중연 증가가 필수금속인 구리나 아연의 함량에 영향을 주었는지 여부는 좀 더 연구를 하여야 확인할 수 있을 것이다.

요 약

현재 국내에서 원자흡광법에 의한 혈중연 분석은 분석선 283.3 nm에서의 D_2 보정 방식을 이용한 흑연로 원자흡광법이 주로 이용되고 있으며, 일반적인 시료중 납에 관한 분석은 217.0 nm에서의 D_2 보정 방식이 보편화되어 있다. 그러나 이들 방식은 바탕

보정에 제한성 때문에 새로운 바탕 보정법에 대해 관심을 가지게 되었다. 그러던 중 1980년대 말부터 혈중연 분석자들은 연 분석에 있어 Zeeman effect 보정방식이 보다 좋은 결과를 나타낸다 하여 이 방법에 대하여 관심을 갖게 되었다. 따라서 본 연구는 국내 대부분의 혈중연 분석기관들이 보유하고 있는 D_2 보정방식(217.0 과 283.3 nm)의 혈중연 측정결과를 편광 Zeeman effect 보정방식의 측정 결과와 비교함으로서 현재 사용 중인 기기 들의 측정결과의 타당성을 검토하기 위하여 시도하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

Zeeman형의 바탕보정 방식을 사용하는 기기의 결과를 편의상 1.00으로 하고, D_2 형 보정 장치의 217.0 nm와 283.3 nm에서의 결과를 짝비교(paired t-test)를 하였을 때 혈중연 농도가 20.0 $\mu g/dl$ 이하인 경우에 0.92와 0.90으로 Zeeman형보다 낮은 값으로 분석되었으며 통계적으로 유의하였다($P<0.001$). 20.1-40.0 $\mu g/dl$인 군에서는 D_2 보정방식의 결과간에 차이는 없었다.

Zeeman 및 D_2 보정방법에서는 혈중연 증가에 따른 바탕보정장치의 변동이 적었고 혈중연 이외의 다른 금속 즉, 철, 구리, 아연에서는 바탕보정장치에 관계없이 철은 역상관인 것으로 나타났으며, 구리와 아연은 정상관을 갖는 것으로 나타났다.

연구 결과로 미루어보아 두방법간의 차이가 없으므로 혈중연 분석에 있어서 Zeeman형 바탕보정 장치를 사용하거나 D_2 바탕보정 방식(217.0, 283.3 nm)의 기가를 사용하여도 무난할 것으로 생각된다.

REFERENCES

강성규 : 납 중독의 임상적 측면, 납취급 노동자의 건강장해. 근로복지공사 직업병연구소. 직 13-90-2, 1990.

김두희, 김홍진, 장봉기 : 두발중 납, 카드뮴, 아연 함량과 MPPI와의 연관성. 경북의대지 1986:27(1):1-10

김두희, 장봉기 : 두발중 납, 카드뮴, 아연 함량과 지능지수. 대한의학협회지 1986:29(1):78-88

김영상, 최종문, 박석준 : 흔적량 납(Pb)의 원자흡수 분광분석을 위한 용매추출에 관한 연구. 분석학 1989:2(1):13-22

김 헌, 조수헌 : 한국인 체내 카드뮴 농도의 기하 평균치와 참고치의 추정에 관한 연구, 대한산업의학회지 1992:3(1):76-88

노동부 : 노동부 예규 제 208호 : 근로자 건강진단 관계규정. 노동부, 1992

이병국 : 납취급 근로자의 관리, 납취급 노동자의 건강장해. 근로복지공사직업병연구소. 직 13-90-2, 1990

이병국, 안규동, 남택승 : 연 작업자등의 보건 관리시 혈중 ZPP측정의 의의. 한국의 산업의학 1989:28(4):110-115

이병국, 남재성, 안규동, 남택승 : 연폭로 근로자들의 자각증상과 연흡수 지표에 관한 연구. 대한산업의학회 1991:3(1)65-75

이상숙, 김두희 : 도시와 농촌 약년자의 혈액가스 및 중금속 함량 비교. 예방의학회지 1985:18(1)129-136

이석기, 김풍작 : SR보정법과 D2바탕보정법에 의한 혈액중 Pb분석. 분석과학. 1994:7(4):427-434

유광식, 권진기 : 흑연로 원자흡수 분광법에 의한 혈중 납 분석시 메트릭스 변형체의 역할. 분석과학 1992:15(4):349-358

장재연 : 납 분석의 정도관리, 납취급 노동자의 건강장해. 근로복지공사 직업병연구소. 직 13-90-2, 1990

Boumans P. W. J. H. : *Line coincidence Tables for inductively coupled Plasma Atomic Emission spectrometry* 2nd 1984

Charkrabarti CL : *Progress in analytical Atomic Spectroscopy*. 1978;1:267-296

Christian GD, Feldman JJ : *Atomic Absorption Spectroscopy, Application in Agriculture Biology and Medicine. Wiley, New York*, 1970

Fernandez FJ : *Micromethod for lead determination in whole blood by atomic absorption with use of graphite furnace, Clin Chem* 1975;21:555-561

Fernadez FJ, Hilligoss : *An Improved graphite furnance method for the determination of lead in blood using matrix modification and the L'vov platform. At Spectosc* 1982;3:130-131

Fischbein A : *Enivironmental and Occupational Lead Exposure. In. Rom W.N. Eds. Environmental and Occupational Medicine, Little Brown and Company, Boston*, 1983.

Hammond PB : *Human health implication. In. Bogges, W.R., Wixon, B.G., Eds. Lead in environment. Tunbridge Wells, Kent : Castle House Publications Ltd*, 1979:195-198

Hernberg S : *In lead Toxicity. R L singhol and JA Tomas(Eds) Urban and Schwarzenberg Baltimore MD* 1980;182-212

Legge TM : *Industrial Lead Poisoning, Jr Hyg* 1981;1:96-108

Manning DC, Slavin W : *Determination of lead in a chloride matrix with the graphite furnace. Anal Chem* 1978;50:1234-1238

MERCK INDEX : *MERCK INDEX TENTH EPITION Published by MERCK & Co., Inc PAHWAY, N. J U.S.A.* 1983;776

NIOSH : *NIOSH MANUAL OF ANALYTICAL METHODS, THIRD EDITION,* 1984

Olson AD and Hamlin WB : *Atomic Absorption Newsletter,* 1968;7:69

Patrick CD, Haese, Ludwig V. Lainberts, Lian Liang, Frank L. Van de Vyver, and Marc E. De Broe : *Elimination of Matrix and Spectral Interferences in the Measurement of Lead and Cadmium in Urine and Blood by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry with Deuterium Background Correction Clin. Clim* 1991;37(9):1583-1589

Pruszkowska E, Carnrick GR, Slavin W : *Direct determination of cardmium in urine with use of a stabilized temperature platform furnace and Zeeman background correction. Clin Chem* 1983;29:477-480

Selander S, Cramer K : *Interrelationships between lead in blood, lead in urine, and ALA in urine during lead work. Br J Ind Med.* 1970;27:28-39

Subramanian KS, Maranger J-C, MacKeen JE : *Graphite furnace atomic absorption spectrometry with matrix modification for determination of cadmium and lead in urine. Anal. Chem* 1983;55:1064-1067

Stevens MD, Mac Kenzie WF, Anand VD : *Asimplified method for determination of zinc in whole blood, plsama and erythrocytes by atomic absorption spectrophotometry. Biochem Med* 1977;18:158-163

Subramanian KS : *Determination of lead in blood by graphite furnace atomic absorption spectrophotometry-A critique. The Science of the Total Environment.* 1989;237-250

Taslev DL and Zaprianov ZK : *Atomic Absorption in Spectrometry in Occupational and Environmetal Health Pratice, Aspects and Health Significance, CRC Press, Boca Ranton, Florida* 1984;(Vol.1):137-150

Taslev DL : *Atomic Absorption in Spectrometry in Occupational and Environmental Health Pratice, Determination of individual Elements, CRC Press, Boca Ranton, Florida* 1984;(Vol. Ⅱ):97-111

Taylor A, Briggs RJ : *An external quality assessment scheme for trace elements in biological fluides. J anal Atom Spectrosc* 1986;1:391-395

Zenz C : *Occupational Medicine, principles and practical applications, Year Book Medical publishers, Inc., Chicago,* 1988;2nd ED:547-582