

多用한약처방중 사용지역별 일부 금속농도의 비교

김기동¹⁾ · 서용찬²⁾ · 이선동³⁾*

¹⁾ 상지대학교 이공과대학 정밀화학신소재학과

²⁾ 상지대학교 이공과대학 환경공학과

³⁾ 상지대학교 한의과대학 예방의학교실

Comparative Evaluation of Metals in Frequent Using Herbal Medicinal Prescriptions according to the Consuming Area

Kee D. Kim¹⁾, Yong Chan Seo²⁾ & Sundong Lee³⁾*

¹⁾ Dept. of Fine Chemical and Advanced Materials, College of Science and Engineering, Sangji University

²⁾ Dept. of Environmental Engineering, College of Science and Engineering, Sangji University

³⁾ Dept. of Preventive Korean Medicine, College of Korean Medicine, Sangji University

Abstract

The concentration of 5 metals such as As, Cd, Co, Cr and Pb in 5 frequent using herbal medicinal prescriptions in Korea were analyzed according to the consuming area. The ready prepared 5 prescription samples were obtained from Korean regional hospitals nationwide. All the sample were well powdered and pre-treated to being a solution, and then analyzed by ICP/MS. As was detected the highest concentration of 0.55 mg/kg in Ojeoksan of Gyunggi-do, the lowest was 0.01 mg/kg of Sipjeondaebotang of Seoul C. The highest concentration of Co was found to be in Bojoongikgitang of Seoul B and the lowest was also detected in Bojoongikgitang of Seoul A. Cd concentration, Ojeoksan of Chungcheong-do, Bojoongikgitang of Seoul B and yookmijihwangtang of Chungcheong-do showed the low level of 0.1 mg/kg. In turn, the highest level of Cr was 5.59 mg/kg in Ojeoksan of Gyunggi-do B. The lowest concentration of Cr was 0.04 mg/kg in Sipjeondaebotang of Seoul C and the highest was 0.94 mg/kg in Samooltang of Gangwon-do. Finally, the lowest concentration of Pb was 0.00 mg/kg in Sipjeondaebotang of Chungcheong-do and the highest was 0.134 mg/kg in Ojeoksan of Jeju-do. As a result it seems that the same prescription can not guaranteed the safety from toxic metals since those metal concentrations are dramatically varied according to the area where the each prescribed medicine available.

Key words: Metals, Herbal Medicinal prescription, Consuming area, Korea

• 접수 : 2014년 3월 17일 • 수정접수 : 2014년 4월 10일 • 채택 : 2014년 4월 12일

*교신저자 : 이선동, 상지대학교 한의과대학 예방의학교실

전화 : +82-33-730-0665, 전자우편 : sdlee@sangji.ac.kr

I. 서론

최근 인간의 삶의 질이 개선되면서 사회 및 개인적 차원 등 모든 분야에서 안전의식이 크게 향상되고 있다. 이와 더불어 측정기술의 획기적인 발전으로 미세한 수준의 유해물질을 정확하게 측정할 수 있으며, 보건의료분야 연구의 질과 양의 발전을 통한 안전 및 유해물질의 영향에 대한 다양한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 또한 산업화와 기계화, 도시화 등의 반환경적 기술로 인한 자연 및 인공환경의 오염이 증가하여 인간의 건강을 위협하고 있는 수준이다. 특히 현대인의 질병양상이 급성질환에서 만성질환으로 변화하여 예방과 치료분야에서 서양의학의 한계로 한의학과 대체의료에 대한 관심이 크게 증가하고 있는 실정이다. 한국과 중국에서는 한약과 침을 사용하는 전통의학이 이러한 질병의 치료에 다양하게 사용되고 있다. 최근 여러 가지 이유로 한방의료기관 내 한약재의 소비가 크게 줄어들고 있으나 반대로 건강식품분야와 민간에서는 사용도가 계속 증가하고 있어¹⁾ 총 소비량은 줄어들지 않고 있다.

한약재종류는 세계적으로 26만 5천종 정도로 알려지고 있으나 한의서에는 4-5,000종이 기재되어 있으며 이중 한국내 한의사들은 200-300종의 한약을 주로 사용하고 있다.²⁾ 여러 한약재가 사용되는 처방은 약 10만 종으로 알려지고 있다.³⁾ 한의사들은 사물탕, 오적산, 십전대보탕, 보중익기탕, 육미지황탕 등을 기본처방으로 하여 환자의 증상에 따라 다른 약물을 가미하여 치료한다. 따라서 본 연구에서 사용된 위의 5개 처방은 한국의 한의사들이 주로 사용하는 대표적 처방이기 때문에⁴⁾ 약물의 치료효과 뿐만 아니라 약물의 안전성 및 오염 등의 연구에 매우 중요한 가치가 있다고 할 수 있다. 그동안 한약의 연구는 대부분이 효과(효능)위주의 연구가 진행되고 있으며 최근에서야 독성과 환경오염으로 인한 금속, 농약, 이산화황 등의 환경오염물질 관련한 연구가 진행되고 있는 형편이다. 그러나 개별한약재 위주의 연구가 대부분이며⁵⁻¹³⁾ 처방단위의 연구는 거의 없었다.¹⁴⁻¹⁷⁾ 또한 연구단위지역도 전국에서 수집하기 보다는 일부지역 중심이거나 사용지역을 알 수 없는 논문이 대부분이었다.⁷⁻¹¹⁾

현재 한국정부에서는 단일 한약재별로 몇가지 금속의 허용농도를 정하고 있으나¹⁸⁾ 처방별 금속농도의 허용기준치는 없는 실정이다. 한약재는 자연환경에서 발육 및

성장하기 때문에 청정지역이라고 하더라도 토양속에 이미 자연적으로 포함되어 있기 때문에 일정량 이상의 금속농도가 검출될 수 밖에 없다.¹⁹⁾ 여기에 인공적 환경오염경로를 통해서도 첨가된다. 이러한 자연 및 인공적 오염이 합쳐져 총 오염량이 된다.²⁰⁾ 한약재의 성장발육 환경의 차이는 지역별 오염농도의 차이를 생기게 하며 여기에 유통과정에서 첨가되는 오염량 때문에 결과적으로 약재나 처방별로 오염물질의 차이가 있게 된다. 이러한 한약재의 성장발육 및 유통의 특성상 자연적인 오염과 인위적인 오염경로를 통하여 일정이상의 오염물질이 포함될 수밖에 없다. 그러나 한약재에 포함된 오염물질이 인체에 미치는 위해성이 없거나 매우 미미한 것으로 연구되고 있으나²¹⁻²⁴⁾ 한약소비자들의 한약에 대한 인식은 매우 부정적으로 나타나고 있다.²⁵⁻²⁶⁾

본 연구는 이러한 한약재의 다양한 오염경로의 특성을 근거로 5개의 다용한약처방(사물탕, 오적산, 십전대보탕, 보중익기탕, 육미지황탕)을 전국에서 샘플링하여 As, Cd, Co, Cr, Pb의 농도를 분석하였으며 동일처방이라도 지역별이나 사용의료기관마다 농도차이가 있는지를 확인하고자 하였다. As, Cd와 Pb는 유해금속으로 기준치가 제한되고 있는 원소이나 Co와 Cr은 위해성이 확인되고 있음에도 아직 기준치 설정에 포함되지 않아 본 연구의 분석 항목에 포함하였다.

II. 실험방법 및 시료분석

1. 기기 및 시약

분석기기는 Varian사의 Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometer(ICP/MS)를 사용하여 분석하였다. 전처리에 사용한 증류수는 Milli-Q시스템을 사용하였으며, 광학분석시약용 질산(Wako, 일본)과, 1000ppm As, Pb, Cd 표준용액(Showa, 일본)과 Co, Cr 표준용액(Junsei, 일본)을 사용하였다.

2. 표준용액(Standard solution) 및 검정곡선의 제조방법

100ml 부피 플라스크에 As, Pb Cd(Showa 1000ppm)과 Co, Cr(Junsei 1000ppm) 표준용액을 1ml를 넣는다. 여기에 질산 20ml를 넣고 증류수로 눈금을 맞춰

10mg/L 용액을 만든다. 이 용액을 희석하여 5ug/L, 10ug/L, 30ug/L, 50ug/L, 100ug/L 용액을 만든다. 검정곡선은 증류수를 포함한 위의 표준용액을 사용하여 작성하였다. 직선성은 $r^2 = 0.999$ 이상임을 확인하였으며 검정 범위는 검정곡선 이내에서 평가하였다.

3. 시료의 전처리

재료를 티타늄 날을 가진 분쇄기로 파쇄하여 시료를 잘 섞은 후 50 mL 비커에 0.5 g의 시료를 정확히 재어 옮기고 20 mL의 질산을 넣는다. hot plate에 넣고 약 140℃로 가열하여 잔류물을 분해한다. 분해 시 갈색 가스가 방출되므로 주의하여야 한다. 분해가 완료되면 실온으로 식히고 깔대기를 100 mL volumetric flask에 장착한 뒤 위의 비커에서 녹인 시료를 flask에 옮긴다. 비이커를 증류수로 닦고 그 여액을 모두 위의 flask에 넣는다. flask에 증류수를 채워 100 mL 표선에 맞춘 뒤 입구를 막고 흔들어 잘 섞는다. 만들어진 용액을 50 mL 팔콘튜브에 넣고 마개를 닫고 라벨을 붙인다. 초기 0.5 g의 시료를 100 mL로 하였으므로 200배 희석한 용액이 되었으므로 기기분석으로 얻은 값에 200배를 하여 최종 분석값으로 한다.

4. 방법검출한계 및 회수율

기기검출한계(Instrumental Detection Limit, IDL)는 증류수를 7회 반복 측정하여 얻은 표준편차 값에

99% 신뢰수준의 Student t 값인 3.14를 곱하여 얻었다. 방법검출한계(Method Detection Limit, MDL)는 증류수에 최종 농도가 0.01mg/kg이 되도록 표준용액을 미량첨가하여 분석시료와 동일한 방법으로 처리, 분석을 7회 반복 측정하여 얻은 표준편차 값에 99%신뢰수준의 Student t 값인 3.14를 곱하여 얻었다. 회수율은 증류수에 최종 농도가 0.01mg/kg이 되도록 표준용액을 미량첨가하고 분석을 7회 반복 실시하여 얻은 평균값을 사용하였다(Table 1 참고).

5. 시료의 수집

한국의 한의사가 사용하는 5개 처방(사물탕, 오적산, 십전대보탕, 보중익기탕, 육미지황탕)을 전국의 한방의료기관에서 수집하였다. 수집기간은 2012년 4월에서 5월 사이였으며 연구의 대표성을 최대화하기 위하여 전국의 모든 시, 도를 대상으로 골고루 수집하였다. 또한 구입의료기관 수도 지역별 한방의료기관수에 비례하여 서울 3곳, 경기 2곳, 그리고 각 도별 1곳씩 배정하였다.

III. 분석결과

1. As농도

사용지역별 다용한약처방의 As농도는 표 2, 그림 1과 같다.

Table 1. MDL and Recovery

unit : mg/kg, %

metals Sample number	As		Cd		Co		Cr		Pb	
	Concentration	Recovery								
Sample 1	0.009	93.00	0.009	95.00	0.012	115.42	0.010	104.76	0.011	115.30
Sample 2	0.010	103.00	0.010	105.00	0.012	122.08	0.011	111.15	0.011	116.20
Sample 3	0.010	103.00	0.011	106.00	0.012	119.97	0.011	112.77	0.011	114.40
Sample 4	0.01	97.00	0.011	107.00	0.011	107.77	0.01	97.99	0.010	102.50
Sample 5	0.010	100.00	0.010	103.00	0.013	130.01	0.011	110.83	0.012	119.10
Sample 6	0.01	98.00	0.010	103.00	0.012	120.46	0.011	113.42	0.011	111.60
Sample 7	0.010	103.00	0.010	102.00	0.013	131.83	0.011	113.95	0.012	124.70
MDL	0.001		0.001		0.003		0.002		0.002	
Recovery(average)		99.00		103.00		121.00		109.00		114.00

사용지역별 사물탕의 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.08-0.41mg/kg, 0.19±0.11mg/kg, 오적산은 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 0.05-0.55mg/kg, 0.16±0.14mg/kg, 십전대보탕은 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.01-0.31mg/kg,

0.17±0.11mg/kg, 보중익기탕은 0.05-0.33mg/kg, 0.17±0.11mg/kg, 그리고 육미지황탕은 0.03-0.40mg/kg, 0.20±0.13mg/kg이었다. 따라서 사용지역과 처방에 따라 As농도의 차이가 있었다.

Table 2. As concentrations according to the consuming area.

unit : mg/kg

Prescription		Samooltang	Ojeoksan	Sipjeondaebotang	Bojoongikgitang	Yookmijihwangtang
Consuming area						
Seoul	Hospital A	0.08	0.16	0.14	0.07	0.33
	Hospital B	0.19	0.08	0.31	0.17	0.37
	Hospital C	0.29	0.06	0.01	0.30	0.03
Ave. ± SD		0.19±0.11	0.10±0.05	0.15±0.15	0.18±0.12	0.24±0.19
Gyeonggi	Hospital A	0.41	0.39	0.06	0.05	0.11
	Hospital B	0.13	0.55	0.06	0.08	0.23
Ave. ± SD		0.27±0.20	0.47±0.11	0.06±0.00	0.06±0.02	0.17±0.08
Gangwon	Hospital	0.09	0.05	0.09	0.32	0.26
Chooncheong	Hospital	0.32	0.09	0.04	0.15	0.11
Gyungsang	Hospital	0.14	0.06	0.18	0.20	0.40
Jeonra	Hospital	0.16	0.13	0.04	0.33	0.13
Jeju	Hospital	0.11	0.05	0.03	0.07	0.06
Total Ave. ± SD		0.19±0.11	0.16±0.17	0.09±0.09	0.17±0.11	0.20±0.13

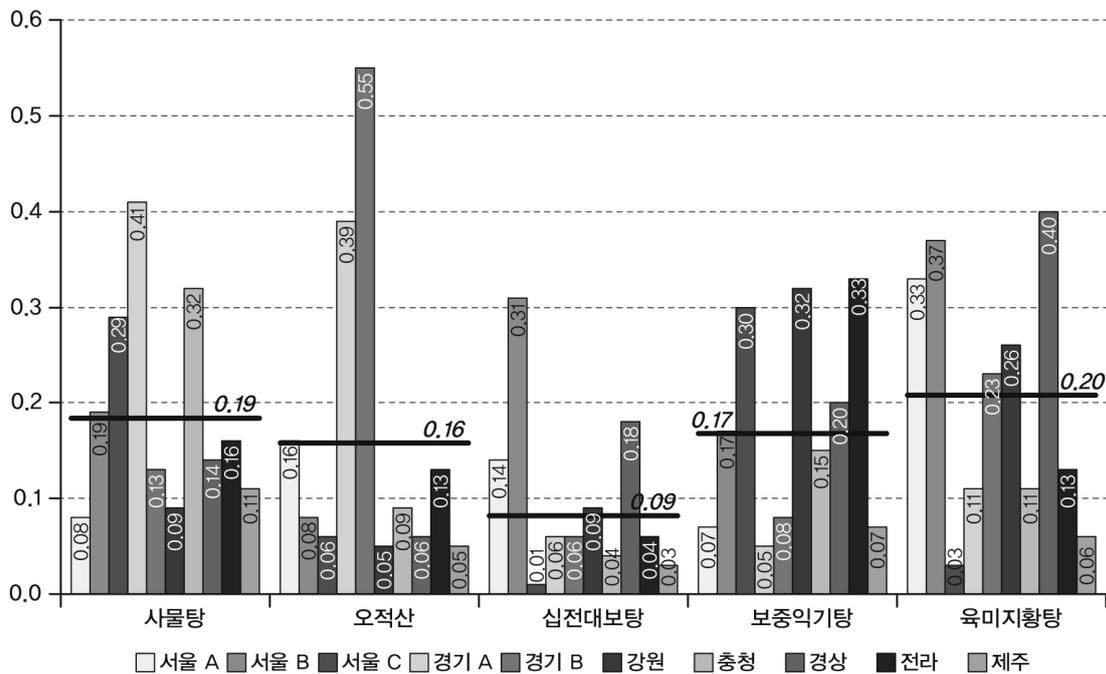


Fig 1. As concentrations according to the consuming area.

참고: '—' 표시는 처방별 As의 지역평균값임

2. Co농도

사용지역별 다용한약처방의 Co농도는 표 3, 그림 2와 같다.

사용지역별 사물탕의 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.06-0.16mg/kg, 0.09±0.03mg/kg, 오적산은 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 0.06-

0.11mg/kg, 0.09±0.02mg/kg, 십전대보탕은 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.04-0.14mg/kg, 0.08±0.03mg/kg, 보중익기탕은 0.02-0.17mg/kg, 0.06±0.05mg/kg, 그리고 육미지황탕은 0.03-0.08 mg/kg, 0.05±0.002mg/kg이었다. 따라서 사용지역과 처방에 따라 Co농도의 차이가 있었다.

Table 3. Co concentrations according to the consuming area.

unit : mg/kg

Prescription		Samooltang	Ojeoksan	Sipjeondaebotang	Bojoongikgitang	Yookmijihwangtang
Consuming area						
Seoul	Hospital A	0.07	0.11	0.09	0.02	0.04
	Hospital B	0.06	0.09	0.10	0.17	0.06
	Hospital C	0.12	0.06	0.06	0.05	0.05
	Ave. ± SD	0.08±0.03	0.09±0.03	0.08±0.02	0.08±0.08	0.05±0.01
Gyeonggi	Hospital A	0.06	0.09	0.04	0.05	0.08
	Hospital B	0.07	0.11	0.06	0.03	0.07
	Ave. ± SD	0.06±0.00	0.10±0.01	0.05±0.01	0.04±0.01	0.07±0.01
Gangwon	Hospital	0.12	0.10	0.09	0.03	0.03
Chooncheong	Hospital	0.09	0.07	0.04	0.03	0.06
Gyung-sang	Hospital	0.07	0.09	0.06	0.07	0.07
Jeonra	Hospital	0.16	0.10	0.10	0.03	0.03
Jeju	Hospital	0.13	0.11	0.14	0.08	0.03
Total Ave. ± SD		0.09±0.03	0.09±0.02	0.08±0.03	0.06±0.05	0.05±0.02

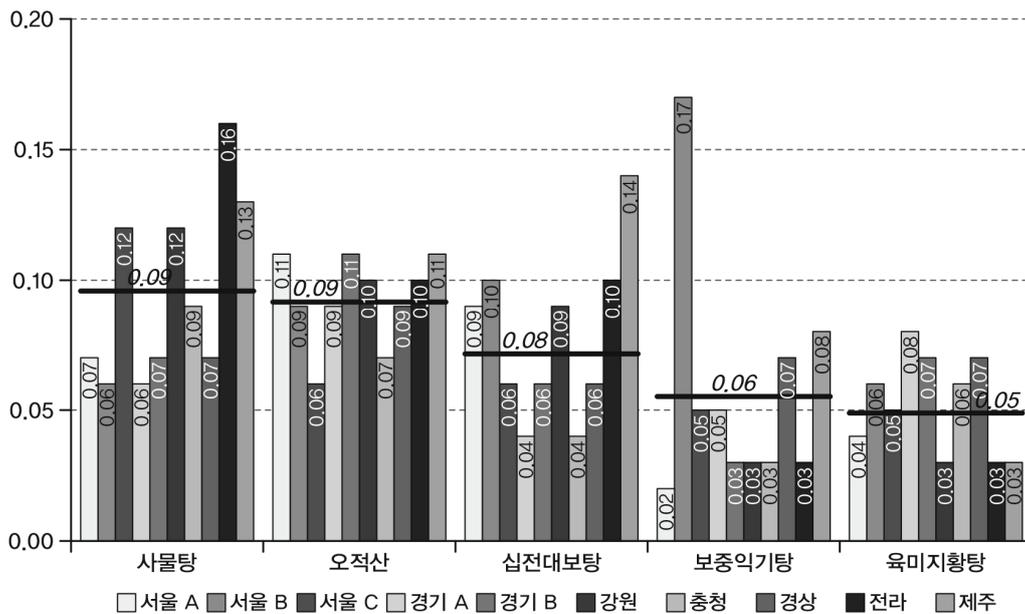


Fig 2. Co concentrations according to the consuming area.

참고: '—' 표시는 처방별 CO의 지역평균값임

3. Cd농도

사용지역별 다용한약처방의 Cd농도는 표 4, 그림 3과 같다.

사용지역별 사물탕의 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.11-1.35mg/kg, 0.33±0.37mg/kg, 오적산은 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.10-5.59mg/kg, 0.72±1.71mg/kg, 십전대보탕은 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.08-

3.96mg/kg, 0.55±1.20mg/kg, 보중익기탕은 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.10-0.29mg/kg, 0.16±0.07mg/kg, 그리고 육미지황탕은 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.10-0.32mg/kg, 0.17±0.07mg/kg이었다. 따라서 사용지역과 처방에 따라 Cd농도의 큰 차이가 있었다. 특히 서울B의 오적산과 강원, 경기B의 십전대보탕은 각각 5.59mg/kg, 3.96mg/kg으로 고농도를 함유하고 있었다.

Table 4. Cd concentrations according to the consuming area.

unit : mg/kg

Prescription		Samooltang	Ojeoksan	Sipjeondaebotang	Bojoongikgitang	Yookmijihwangtang
Consuming area						
Seoul	Hospital A	0.17	0.16	0.20	0.23	0.12
	Hospital B	0.18	5.59	0.18	0.10	0.13
	Hospital C	0.36	0.16	0.29	0.23	0.18
	Ave. ± SD	0.24±0.11	1.97±3.13	0.22±0.06	0.18±0.08	0.14±0.03
Gyeonggi	Hospital A	0.27	0.17	0.21	0.11	0.10
	Hospital B	0.11	0.15	0.11	0.14	0.32
	Ave. ± SD	0.19±0.12	0.16±0.01	0.16±0.07	0.13±0.02	0.21±0.16
Gangwon	Hospital	0.27	0.47	3.96	0.10	0.28
Chooncheong	Hospital	0.16	0.10	0.08	0.10	0.10
Gyung-sang	Hospital	1.35	0.16	0.20	0.17	0.16
Jeonra	Hospital	0.17	0.14	0.22	0.29	0.16
Jeju	Hospital	0.22	0.13	0.12	0.16	0.12
Total Ave. ± SD		0.33±0.37	0.72±1.71	0.55±1.20	0.16±0.07	0.17±0.07

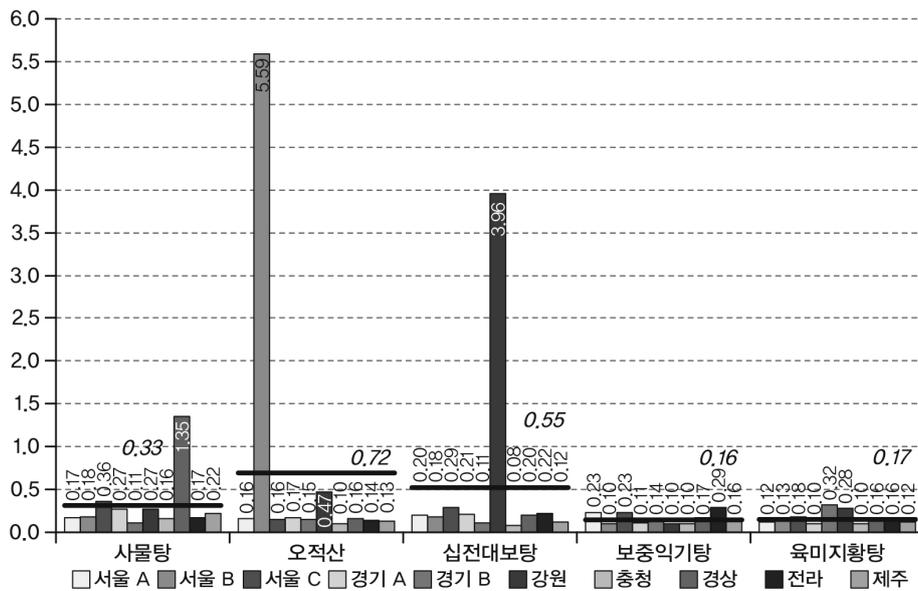


Fig 3. Cd concentrations according to the consuming area.

참고: '—' 표시는 처방별 Cd의 지역평균값임

4. Cr농도

사용지역별 다용한약처방의 Cr농도는 표 5, 그림 4와 같다.

사용지역별 사물탕의 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.19-0.94mg/kg, 0.37±0.24mg/kg, 오적산의 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.10-0.76±mg/kg, 0.24±0.20mg/kg, 십전대보

탕의 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.04-0.36mg/kg, 0.16±0.11mg/kg, 보중익기탕의 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.08-0.87mg/kg, 0.29±0.23mg/kg, 그리고 육미지황탕의 최소-최대농도 및 평균 표준편차 농도는 0.09-0.48mg/kg, 0.31±0.12mg/kg이었다. 따라서 사용지역과 처방에 따라 Cr농도의 차이가 있었다.

Table 5. Cr concentrations according to the consuming area.

unit : mg/kg

Prescription		Samooltang	Ojeoksan	Sipjeondaebotang	Bojoongikgitang	Yookmijihwangtang
Consuming area						
Seoul	Hospital A	0.34	0.13	0.29	0.18	0.28
	Hospital B	0.33	0.21	0.36	0.30	0.32
	Hospital C	0.21	0.10	0.04	0.29	0.09
Ave. ± SD		0.29±0.07	0.14±0.06	0.23±0.17	0.25±0.07	0.23±0.12
Gyeonggi	Hospital A	0.22	0.76	0.08	0.38	0.37
	Hospital B	0.28	0.10	0.09	0.87	0.48
Ave. ± SD		0.25±0.04	0.43±0.46	0.09±0.00	0.63±0.35	0.42±0.08
Gangwon	Hospital	0.94	0.27	0.28	0.09	0.48
Chooncheong	Hospital	0.23	0.16	0.07	0.11	0.38
Gyungsang	Hospital	0.63	0.17	0.17	0.21	0.33
Jeonra	Hospital	0.33	0.14	0.15	0.39	0.19
Jeju	Hospital	0.19	0.35	0.09	0.08	0.23
Total Ave. ± SD		0.37±0.24	0.24±0.20	0.16±0.11	0.29±0.23	0.31±0.12

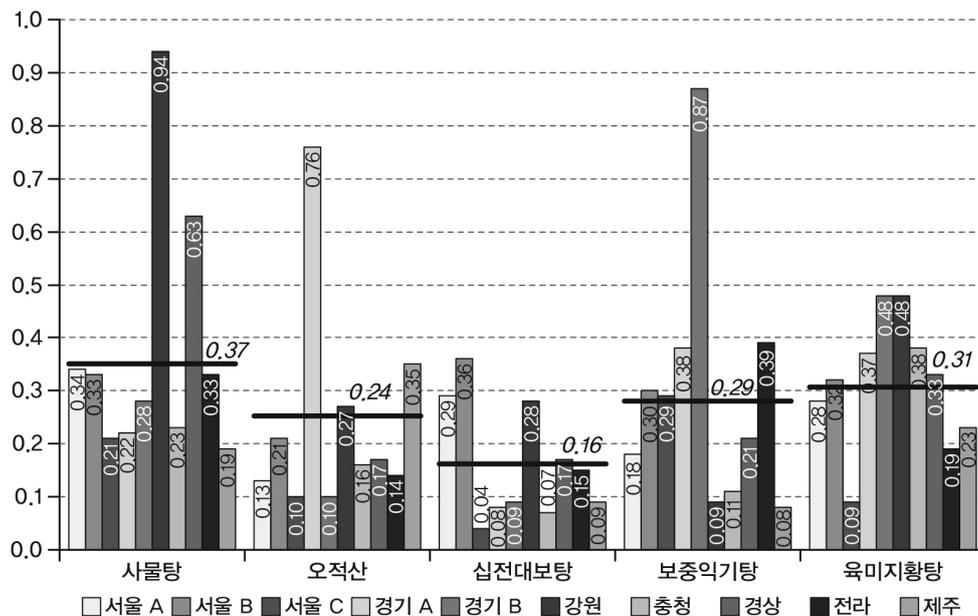


Fig 4. Cr concentrations according to the consuming area.

참고: '—' 표시는 처방별 Cr의 지역평균값임

5. Pb농도

사용지역별 다용한약처방의 Pb농도는 표 6, 그림 5와 같다.

사용지역별 사물탕의 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.11-0.57mg/kg, 0.28±0.14mg/kg, 오적산의 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.13-1.34±mg/kg, 0.53±0.35mg/kg, 십전대보

탕의 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.00-0.36mg/kg, 0.19±0.10mg/kg, 보중익기탕의 최소-최대농도 및 평균(표준편차)농도는 각각 0.06-0.60mg/kg, 0.26±0.16mg/kg, 그리고 육미지황탕의 최소-최대농도 및 평균 표준편차 농도는 0.09-0.40 mg/kg, 0.26±0.12mg/kg이었다. 따라서 사용지역과 처방에 따라 Pb농도의 차이가 있었다.

Table 6. Pb concentrations according to the consuming area.

unit : mg/kg

Prescription		Samooltang	Ojeoksan	Sipjeondaebotang	Bojoongikgitang	Yookmijihwangtang
Consuming area						
Seoul	Hospital A	0.25	0.34	0.32	0.28	0.31
	Hospital B	0.18	0.45	0.18	0.41	0.09
	Hospital C	0.48	0.46	0.17	0.20	0.17
Ave. ± SD		0.30±0.16	0.42±0.07	0.22±0.08	0.29±0.11	0.19±0.11
Gyeonggi	Hospital A	0.57	0.27	0.13	0.17	0.30
	Hospital B	0.17	0.40	0.18	0.08	0.10
Ave. ± SD		0.37±0.28	0.33±0.09	0.16±0.03	0.12±0.06	0.20±0.14
Gangwon	Hospital	0.26	0.89	0.21	0.38	0.37
Chooncheong	Hospital	0.11	0.13	0.00	0.06	0.20
GyungSang	Hospital	0.22	0.40	0.18	0.60	0.40
Jeonra	Hospital	0.24	0.64	0.36	0.18	0.21
Jeju	Hospital	0.30	1.34	0.19	0.28	0.40
Total Ave. ± SD		0.28±0.14	0.53±0.35	0.19±0.10	0.26±0.16	0.26±0.12

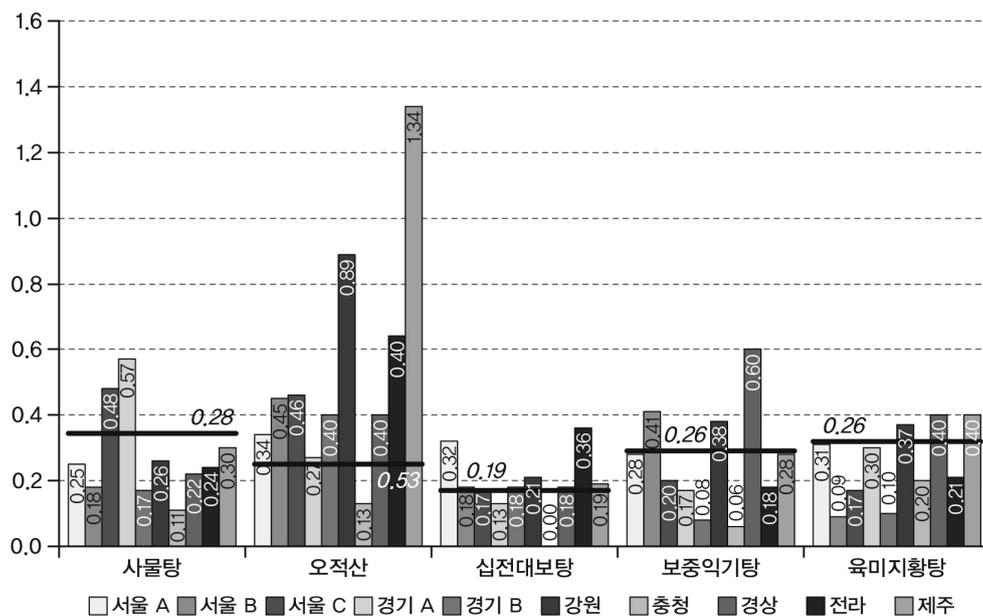


Fig 5. Pb concentrations according to the consuming area.

참고: '—' 표시는 처방별 Pb의 지역평균값임

IV. 고 찰

기존 한의서에 한약재는 4-5,000여종과 처방은 10만종이 수록되어 있다. 이러한 약재나 처방의 일부를 한의사나 중의사들은 환자의 질병과 증상에 맞게 처방한다. 이중 한방의료기관을 이용하는 환자의 질병과 증상이 근골격계 및 통증질환, 허약체질 등의 환자들이 주로 한방의료기관을 이용²⁷⁾하기 때문에 사용하는 처방도 상당히 편중되어 사용된다. 다시 말하면 한방의료기관 이용환자의 질병과 증상을 근거로 할 때 본 연구에서 사용된 사물탕, 오적산, 십전대보탕, 보중익기탕, 육미지황탕류의 처방을 많이 사용할 수밖에 없다.²⁸⁻²⁹⁾ 이러한 처방을 사용하여 치료효과를 얻을 뿐만 아니라 또한 이들 약물의 독성이나 안전성이 환자들에게 미치는 영향이 그만큼 크게 된다. 그러나 최근까지의 연구는 의학적 효과위주의 논문이 대부분을 차지하고 있으며 일부 연구만이 부작용이나 독성, 그리고 환경오염분야의 연구가 있을 뿐이다. 그동안의 연구가 대부분이 한국의 일부지역에서 유통되는 각 한약재를 대상으로 진행하여⁷⁻¹¹⁾ 대표성과 현실을 반영하지 못하는 한계성을 갖고 있다. 이러한 한계 뿐만 아니라 대부분 한약의 복용형태가 탕제인데 다리기 전의 단계에서 연구되고 있다.⁵⁻¹³⁾ 연구에 의하면 첩약상태와 복용단계인 탕제에 환경오염물질 농도가 크게 차이가 있는 것으로^{14,16,31)} 나타났으며 특히 금속이나 농약, 이산화황 등은 대부분 또는 전부가 찌꺼기 속에 그대로 남아 있거나 휘발되기 때문이다.

한약의 대부분은 수확, 수집, 가공, 유통 상의 문제 등으로 품질관리가 어렵고 산업 발달 및 환경오염으로 금속 오염의 우려가 커지고 있어 그 안전성이 우려된다. 산업화 및 공업화로 인해 배출되는 각종 오염물질 중에서 Pb, As, Cd, Hg 같은 금속비중이 4 이상으로 이동성이 적어 최초로 오염되는 지역에 머무르는 경향이 강하기에 금속 물질로 인한 한약재 오염이 증가하면서 인체 또한 금속 오염에 노출될 가능성이 증가하고 있다.³²⁾ 이러한 금속은 유기물과는 달리 자연 분해가 극히 어려우며 인체 내에서 장기간 축적되어 여러 효소의 활성을 저해하며 뼈 및 내장기관에 중독 증상을 유발하고 성장을 저해한다. As의 경우 치사량은 성인이 100~130mg이며, 특히 축적성이 크다. 장기간 섭취하면 수족에 발진이 나타나고 암으로도 발전한다. 음료수의

경우는 0.05ppm 이하를 허용 한도로 정하고 있다.³³⁻³⁵⁾ Cd의 장기노출은 상피세포 손상, 다양한 신장의 영향을 일으키며, 쇠약, 세포 섬유형성, 사구체 경화, 괴사 등이 발생한다고 보고되고 있다.³³⁻³⁵⁾ Co는 코발트염(塩)을 과량으로 경구섭취한 인체의 중독증상에서는 발진을 수반하는 안면홍조, 가역성난청, 신기능장애, 갑상샘비대, 식욕부진, 오심, 구토 등이 보고되고 있다. 금속코발트에 의한 산화코발트는 호흡기도의 점막을 자극하고 다량 흡입하면 기관지염, 폐렴이 생긴다. 기침이나 호흡곤란을 수반하는 호흡기질환이나 X-선에 의한 진폐소견의 보고도 있다. 또 피부에 있어서는 금속코발트, 코발트염의 접촉에 따른 알러지성의 홍반과 구진상 발진이 알려지고 있으며 눈에서는 결막, 각막을 자극한다.³³⁻³⁵⁾ Cr의 급성중독 증상으로는 피부접촉의 경우, 화상, 진무름, 괴사를 일으키며, 흡입하면 기침, 녹황색담, 호흡곤란, 폐출혈을 일으킨다. 섭취시 녹황색점액의 구토, 복통을 유발할 수 있고, 전신증상으로서 간장, 위장장애를 일으킨다. 특히 혈뇨, 결핍뇨, 뇨독증을 일으키며, 중증의 경우는 사망하게 될 수도 있다.³³⁻³⁵⁾ Pb의 급성 독성에 대해서는 오래전부터 알려졌다. 최근에 안전을 위한 최소 기준(threshold level)이 매우 낮아졌다. 만성 Pb 중독은 혈액 중의 납 농도가 80(g/dL) 이상인 경우 발생한다고 보고되었으나, 혈중 30(g/dL) 이상에서는 만성독성을 유발할 수 있으며 10(g/dL) 혹은 그 이상이 되면 특히 어린이들에게 잠정적으로 해를 끼칠 수 있다고 보고되고 있다.³³⁻³⁵⁾

한약재는 천연물이므로 산지에 따라 금속의 오염도가 큰 편차로 존재할 가능성이 많으나 지역별 한약재의 금속 오염도를 체계적으로 연구한 자료는 많지 않은 편이다. 특히 한약재는 품질관리를 위해서도 유통 한약재의 유해 금속 오염도를 조사하는 작업이 필요하다.

우리나라의 식품의약품안전처 고시 중 생약 등에 대한 금속 허용기준에는 식물성 생약은 Pb 5 mg/kg 이하, As 3 mg/kg 이하, Hg 0.2 mg/kg 이하, Cd 0.3 mg/kg 이하로 규정되어 있으며, 생약의 추출물과 생약만을 주성분으로 하는 제제에 대한 금속 허용 기준치는 총 중금속으로서 30 ppm 미만으로 고시되어 있을 뿐 세부적인 약재나 처방별로 개별 금속에 대한 기준 설정은 제시되어 있지 않다.¹⁸⁾ 본 연구에서는 각 지역별 한약재 처방의 금속함유정도를 분석하여 위해도를 파악하기 위한 것으로 서울 3곳, 경기 2곳 그리고 강원, 경상, 충청, 제주의 각 1곳에서 보중익기탕, 육미지

황탕, 십전대보탕, 사물탕, 오적산 처방약재를 구입하였다. 본 연구의 측정의 정확성을 위해 한약재 중 금속함량측정 시 분석정도 관리법을 준수하여³⁶⁾ 방법검출한계(MDL) 및 회수율(recovery)을 7회 반복하여 측정된 결과에서 얻어내었다. 각 금속의 평균 방법검출단계 및 회수율을 As는 0.004ppm, 99.00%, Cd는 0.001ppm, 103.00%, Co는 0.003ppm, 121.00%, Cr은 0.002ppm, 109.00%, Pb는 0.002ppm, 114.00%로 확인되었다. 본 연구의 분석결과에서 사물탕의 평균농도는 0.19±0.11mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.08mg/kg에서 최대 0.41mg/kg였으며 오적산의 평균농도는 0.16±0.17mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.05mg/kg에서 최대 0.55mg/kg이었으며, 십전대보탕의 평균농도는 0.09±0.09mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.01mg/kg에서 최대 0.31mg/kg이었으며, 보중익기탕의 평균농도는 0.17±0.11mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.07mg/kg, 최대 0.33mg/kg이었으며 육미지황탕의 평균농도는 0.20±0.13mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.06mg/kg에서 최대 0.40mg/kg이었다. 이러한 결과에서 사물탕의 As지역별 최대/최소 비는 5.1배, 오적산은 10배, 십전대보탕은 31배, 보중익기탕은 6.6배, 육미지황탕은 13.3배로 나타났다. 특히 십전대보탕, 육미지황탕과 오적산에서 큰 차이가 있었다. 사물탕의 Co 평균농도는 0.09±0.03mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.06mg/kg에서 최대 0.16mg/kg였으며, 오적산의 평균농도는 0.09±0.02mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.09mg/kg, 최대 0.11mg/kg이었으며, 십전대보탕의 평균농도는 0.08±0.03mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.04mg/kg, 최대 0.14mg/kg였으며, 보중익기탕의 평균농도는 0.06±0.05mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.02mg/kg에서 최대 0.17mg/kg였다. 그리고 육미지황탕의 평균농도는 0.05±0.02mg/kg, 최소 0.03mg/kg, 최대 0.08mg/kg이었다. 이러한 결과에서 사물탕의 Co지역별 차이는 2.66배, 오적산은 1.83배, 십전대보탕은 3.5배, 보중익기탕은 8.5배, 육미지황탕은 2.6배로 나타났다 (Table 3과 Fig 2 참고). 사물탕의 Cd평균농도는 0.33±0.37mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.11mg/kg, 최대 1.35mg/kg였으며, 오적산은 0.72±1.71mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.10mg/kg에서 최대 5.59mg/kg였으며, 십전대보탕은 0.55±1.20mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.08mg/kg에서 최대 3.96mg/kg였으며, 보중익기탕은 0.16±0.07mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.10mg/kg에서 최대 0.29mg/kg이었다. 그리고 육미지황탕은 0.17±0.07mg/

kg 지역별 농도는 최소 0.10mg/kg에서 최대 0.32mg/kg이었다. 이러한 결과에서 사물탕의 Cd지역별 차이는 사물탕이 12.27배, 오적산은 55.9배, 십전대보탕은 49.5배, 보중익기탕은 2.9배, 육미지황탕은 3.2배로 특히 오적산과 십전대보탕에서 매우 큰 차이가 있었다 (Table 4와 Fig 3참고). 사물탕의 Cr평균농도는 0.37±0.24mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.19mg/kg에서 최대 0.94mg/kg였으며, 오적산은 0.24±0.20mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.10mg/kg에서 최대 0.76mg/kg였으며, 십전대보탕은 0.16±0.11mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.04mg/kg에서 최대 0.36mg/kg였으며, 보중익기탕은 0.29±0.23mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.08mg/kg에서 최대 0.87mg/kg, 육미지황탕은 0.31±0.12mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.09mg/kg에서 최대 0.48mg/kg이었다. 이러한 결과에서 사물탕은 4.94배, 오적산은 7.6배, 십전대보탕은 9.0배, 보중익기탕은 10.88배, 육미지황탕은 5.3배로 특히 보중익기탕에서 차이가 컸다 (Table 5와 Fig 4 참고). 사물탕의 Pb평균농도는 0.28±0.14mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.11mg/kg에서 최대 0.57mg/kg였으며, 오적산은 0.53±0.35mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.13mg/kg에서 최대 1.34mg/kg였으며, 십전대보탕은 0.19±0.10mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.00mg/kg에서 0.36mg/kg였으며, 보중익기탕은 0.26±0.16mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.06mg/kg에서 최대 0.60mg/kg였으며 육미지황탕은 0.26±0.12mg/kg, 지역별 농도는 최소 0.09mg/kg에서 최대 0.40mg/kg이었다. 이러한 결과에서 사물탕은 5.18배, 오적산은 10.31배, 십전대보탕은 36.0배, 보중익기탕은 10배, 육미지황탕은 4.44배로 특히 십전대보탕, 오적산, 보중익기탕에서 큰 차이가 있었다. 이처럼 동일처방과 동일금속에서 사용지역에 따라 최소 1.8배에서 최대 55.9배까지 차이가 있었다 (Table 6과 Fig 5 참고).

본 연구의 5개 한약처방에서 분석된 As, Cd, Co, Cr, Pb 농도는 다른 연구와 일치되거나 거의 비슷하였다.³⁷⁻³⁸⁾ 다만 지금까지의 대부분 연구는 단일한약재를 대상으로 연구되었으며 복합한약처방을 대상으로 연구된 것은 거의 없었다. 일부의 연구에서도 처방이 사물탕, 오적산, 십전대보탕,¹⁴⁾ 보중익기탕, 육미지황탕이 아니라 태음인 사상처방¹⁶⁾이나 쌍화탕,¹⁵⁾ 과립제나 생약제제¹⁷⁾ 등을 대상으로 연구한 결과이어서 직접비교하는 것은 한계가 있었다. 또한 한국에서 한약의 최종소비비는 대부분이 탕제형태로 복용하는데 기기에 2-3시

간 동안 물이나 알콜을 넣어 전탕하는 과정을 거치게 된다. 이 과정에서 금속의 대부분은 전탕 후 버리는 찌꺼기 속에 그대로 포함되어 탕제로 이동되지 않으며^{14), 31)} 농약, 이산화황, 기타 오염물은 휘발되거나 없어진다. 실제로 현재 유통되는 한약재의 국제식품첨가물위원회(JECFA)의 잠정주간섭취허용량(PTWI) 기준으로 볼 때 Pb가 3.1%, Cd가 0.9%, Hg는 0.5%수준으로 위해도가 낮아 안전성이 매우 높은 것으로 연구되고 있다.²¹⁻²⁴⁾ 이외에도 윤³⁹⁾ 등의 동물실험과 박⁴⁰⁾, 이⁴¹⁾ 등의 한약 복용이 인체에 미치는 영향의 연구에서도 한약 비복용 군과의 농도차이가 없었다. 그러나 본 연구의 결과에서도 볼 수 있듯이 사용지역(사용의료기관)별 각 처방의 금속농도의 차이가 매우 커서 일부 한약처방은 문제가 있을 수 있다. 한약오염은 생장 및 발육, 수확하는 자연환경으로 인한 1차오염, 수확후 유통과정에서의 2차 오염 뿐만 아니라 다양한 약재사용부위 및 종류별 차이로 의료기관이나 처방별로 큰 차이가 발생할 수 있다.^{20), 42)} 한약재 및 한약복합처방 오염물질의 올바른 관리는 이미 자연적으로 포함된 일정량은 어쩔 수 없지만 유통 및 저장과정 등의 잘못관리 할 수 있는 부분을 없애거나 최소화해야 한다. 즉 식품의 HACCP과 같은 각 단계별 철저한 예방적 오염관리가 필요하다.⁴³⁾ 더불어 일부지역에서 비정상적으로 높은 금속농도가 검출되는 처방에 대한 원인의 규명과 특별관리가 또한 필요할 것으로 사료된다.

V. 요약 및 결론

전국에서 수집한 한국에서 多用하는 처방인 사물탕, 오적산, 십전대보탕, 보중익기탕, 육미지황탕 중 As, Cd, Co, Cr, Pb의 농도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- As농도는 서울C의 십전대보탕에서 0.01mg/kg으로 최저와 경기의 오적산에서 0.55mg/kg으로 최대로 검출되었으며 최대/최소의 비(ratio)는 5.1-31.0배로 지역 및 처방별 매우 차이가 컸다.
- Co농도는 서울A의 보중익기탕에서 0.02mg/kg으로 최저와 서울B의 보중익기탕에서 0.17mg/kg으로 최대로 검출되었으며 최대/최소의 비는 1.83-8.5배로 지역과 처방별 차이가 컸다.

- Cd농도는 충청의 오적산, 서울B와 강원 of 보중익기탕, 경기A와 충청의 육미지황탕에서 0.10mg/kg으로 최저와 경기B의 오적산에서 5.59mg/kg으로 최대로 검출되었으며 최대/최소의 비는 2.9-55.9배로 지역 및 처방별 차이가 매우 컸다. 특히 서울B의 오적산과 강원 of 십전대보탕은 각각 5.59mg/kg, 3.96mg/kg으로 매우 높은 농도가 검출되었다.
- Cr농도는 서울C의 십전대보탕에서 0.04mg/kg으로 최저와 강원 of 사물탕에서 0.94mg/kg으로 최대로 검출되었으며 최대/최소의 비는 4.94-10.88배로 지역 및 처방별 차이가 있었다.
- Pb농도는 충청의 십전대보탕에서 0.00mg/kg으로 최저와 제주의 오적산에서 0.134mg/kg으로 최대로 검출되었으며 최대/최소의 비는 4.44-36.0배로 지역 및 처방별 차이가 매우 컸다.

위의 결과를 종합해볼 때 동일처방이라도 사용지역별로 금속농도마다 큰 차이가 있는 것을 알 수 있었다. 특히 금속 중 Cd는 지역별, 처방별 농도가 전체적으로 높았으며 차이가 컸다. 따라서 각 금속농도에서 이러한 지역별 큰 차이가 발생하는 이유에 대한 심도있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 상지대학교 교내연구비로 수행하였으며 이에 감사한다.

참고문헌

1. 테이코산업연구소. 건강기능식품과 기능성식품소재 시장현황. 테이코산업연구소 2011
2. Bran Minter. Flant and Marine Derived Pharmaceuticals: Discovery and Development. Decision Resources, 1997
3. 包明葱, 江克明 편저. 校訂방제학대사전. 도서출판 의성당. 1991
4. 강순수. 바른방제학. 대성문화사. 1996
5. 이미경, 박정숙, 임현철, 나환식. 유통한약재의 중금속 함량조사. 한국식품저장유통학회지. 2008;15(2):253-260
6. 이승훈, 최호영, 박창호. 한약재내 중금속 함량분

- 석 및 물세척 효과. 한국생물공학회지. 2003;18(2):90-93
7. 김동규, 김복순, 한은정, 한창호, 김옥희, 최병현, 황인숙, 채영주, 김민영, 박승국. 서울지역 유통한약재의 약용부위에 따른 유해중금속 분포. 한국분 석과학회. 2009;22(6):504-513
 8. 김동규, 김복순, 한창호, 김은주, 최병현, 박승국. 서울지역 유통한약재의 통계적 품질관리. 약학회 지. 2009;53(5):274-280
 9. 박문기, 김승영, 황현욱. 한약재의 중금속 평가연 구 -경기북부지역 한약재를 중심으로-. 한국환경 과학회지. 2004;13(12):1117-1122
 10. 김광중, 양재하, 권영규, 이현정. 경북북부지역 재 배한약재와 토양의 중금속 함량연구. 동의생리병리 학회지. 2003;17(6):1419-1426
 11. 이향희, 서정미, 오무술, 강인숙, 박종진, 서계원, 하등룡, 김은선. 광주지역 유통한약재의 유해물질 잔류실태조사. 한국식품위생안전성학회지. 2010;25(2):83-90
 12. 차윤엽, 허성규, 김동건, 백태현, 서형식, 박희수, 김병우, 권기록, 이승기, 유준상, 손영주, 신승호, 차배천, 서승학. 한약재내 중금속 함량 및 잔류농 약 분석. 동의생리병리학회지. 2007;21(1):226-230
 13. 장설, 김태희, 이아름, 이아영, 최고야, 김호경. 유 통한약재의 중금속 잔류실태조사. 한국약용작물학 회지. 2012;20(6):434-439
 14. 서창섭, 황대선, 이준경, 하혜경, 천진미, 엄영란, 장설, 신현규. 전탕 전과 후의 중금속, 잔류농약 및 잔류이산화황의 농도변화 - 십전대보탕 구성처 방을 중심으로-. 대한한의학회지. 2009;30(4):108-117
 15. 김진숙, 황성원, 김종문, 마진열. 한약재와 탕약(쌍 화탕)중 내분비계 장애물질로서의 개별 중금속의 함량연구(1). 한국한의학연구원논문집. 2000;6(1): 117-122
 16. 서창섭, 황대선, 이준경, 하혜경, 천진미, 엄영란, 장설, 김종열, 이시우, 신현규. 중금속, 잔류농약 및 잔류이산화황의 전탕 전, 후의 농도변화 - 다빈 도 태음인 사상처방을 중심으로 -. 사상체질의학 회지. 2009;21(1):237-246
 17. 배종섭, 박종필, 김용웅, 박문기. 과립제와 환제 및 현탁액으로 만들어진 생약제제의 중금속 농도. 한 국생물공학회지. 2010;26:94-96
 18. KFDA Notification. No.2011-42.2011
 19. 환경부 환경백서. 2010년도 토양측정망 및 토양오 염실태조사. 2011
 20. 이선동, 김명동, 박경식. 한약재의 안전성 확보 및 관리방안-오염경로 및 대책을 중심으로-. 대한예 방한의학회지. 1998;2(1):209-229
 21. 이성득, 이영기, 김무상, 박석기, 김연선, 채영주. 유통 환제의 유해 중금속 함량 및 위해도 평가. 한 국식품위생안전성학회지. 2012;27(4):375-387
 22. 박해모, 최경호, 정진용, 이선동. 한약재 복용으로 인한 금속 섭취량 추정 및 위해성 평가연구. 한국 환경보건학회지. 2006;32(2):186-191
 23. 김성단, 정선옥, 김복순, 윤은선, 장민수, 박영애, 이용철, 채영주, 김민영. 유통 환(丸)제품의 중금속 함량 및 위해성 평가. 한국식품영양과학회지. 2010; 39(7):1039-1048
 24. 정일형, 김종화, 전종섭, 조상훈, 박신희, 조현례, 김영숙. 한약 및 한약제제의 안전성 평가. 한국식 품위생안전성학회지. 2010;25(3):232-237
 25. 한국소비자원. 한약 및 한약재 소비자 정보제공 강 화방안연구. 2014
 26. 보건복지가족부. 2008년도 한방의료이용실태조사. 2008
 27. 보건복지부, 한국보건사회연구원. 한방의료이용 및 한약소비실태조사, 2011
 28. 식품의약품안전청. 한국인의 한약재복용실태조사연구. 2005
 29. 한의학연구원. 한약처방의 과학적 근거기반 구축 사업/표준한방처방의약품정보집. 2013
 30. Lee Sundong, Shin HeonTae, Park Hae Mo, Ko Seong Gyu, Kook Yoon Bum, Ryu Jin Yeol, Kim Hyundo, Hu Howard, Park Sung Kyun. Metal Concentrations of Chinese herbal medicine products in the United States. OEPM. 2010;10(24):294-303
 31. 이선동, 박해모, 이장천, 국윤범. 한약재에 포함된 금속의 煎湯전과 후의 농도변화연구-첩약/다린찌 꺼기/탕약을 중심으로. 대한한의학회지. 2003;24(2):59-65
 32. 和田 功저. 이영환, 정문호역. 금속과 사람. 신광 출판사, 1993

33. 曹治权, 주편, 孫作民 孫愛貞 부주편. 微量元素与 中醫葯. 중국중의약출판사. 1993
34. Morton Lippmann. Environmental toxicants. Wiley-Interscience. 2000
35. Howard Frumkin. Environmental Health, Jossey-Bass. 2005
36. 서용찬, 이선동, 유진열, 한약재중의 중금속 함량 측정시 분석정도관리법에 관한 연구. 한국환경위생학회지. 1998;24(4):105-112
37. 허성규, 차운엽, 김유진, 조웅희, 이한, 백태현, 서형식, 박희수, 김병우, 권기록, 이승기, 유준상, 손영주, 신승호, 강희철, 서용찬. 모 한방병원 한약재내 중금속과 이산화황 함량 및 잔류농약 분석연구. 동의생리병리학회지. 2008;22(4):948-953
38. 한상백. 다용한약재의 산지별 중금속농도에 관한 연구. 상지대학교 대학원. 1998
39. 윤성욱, 이선동. 십전대보탕을 투여한 흰쥐의 장기 중 금속농도변화에 대한 연구. 대한예방한의학회지. 2000;4(1):51-59
40. Park Yeong Chul, Kim Myung Dong, Park Sung Kyun, Kim Hyundo, Lee Sundong. Comparison of heavy metal concentration in hairs of a small sample of Korean patients taking traditional herbal medicine. OPEM. 2010;10(3):141-149
41. 이선동, 이정석, 김명동. 한약복용환자의 노와 머리카락중 금속간의 상관관계. 대한예방한의학회지. 2002;6(1):129-139
42. 전성진, 이선동, 박해모, 최종환, 이현우. 구입경로가 다른 두 종류의 육미지황탕을 투여한 흰쥐의 혈액분석연구. 대한예방한의학회지. 2005;9(1):107-123
43. 보건복지부/식품의약품안전청. 식품위해요소중점관리기준(HACCP). 2002