

치과기공소 주조체 산세척과정에서 발생하는 폐수내 중금속 농도

정다이 · 사공준*†

영남대학교 환경보건대학원 보건학과, *영남대학교 의과대학 예방의학교실

A Study on Heavy Metal Concentrations in Waste Water Produced in the Casting Pickling Process at Dental Technical Laboratories

Da-i Jeong and Joon Sakong*†

Department of Public Health, School of Environment and Public Health, Yeungnam University

*Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine Yeungnam University

ABSTRACT

Objectives: This study set out to measure the heavy metal concentrations in waste water produced in the casting pickling process at dental technical laboratories and examine the actual state of its treatment.

Methods: The investigator measured the concentrations of each heavy metal at 55 dental technical laboratories using an inductively coupled plasma optical emission system.

Results: The annual usage of electrolytes was under 10 L in 50 (90.9%), and was 10L or more in five (9.1%) laboratories. Among the laboratories, 15 (27.3%) commissioned the treatment of waste, 12 (21.8%) treated the waste with general sewage, and 28 (50.9%) treated the waste in aseptic tank. The arithmetic mean \pm standard deviation and the geometric mean of chrome (Cr) were 75.3 ± 50.9 and 58.3 mg/L; those of cobalt (Co) were 112.3 ± 106.7 and 66.1 mg/L; those of nickel (Ni) were 62.9 ± 83.5 and 8.9 mg/L; those of molybdenum (Mo) were 17.1 ± 13.4 and 12.0 mg/L; those of iron (Fe) were 31.5 ± 44.1 and 6.2 mg/L; those of lead (Pb) were 0.3 ± 0.3 and 0.3 mg/L; those of beryllium (Be) were 3.6 ± 3.6 and 2.0 mg/L. The hydrogen ion concentration was under pH 2 across all the samples.

Conclusions: The findings show that the dental technical laboratories were not doing well with the separation, storage, collection, and treatment of the electrolytes they discarded, and that most of the electrolytes were introduced through the general sewage or aseptic tank. The causes of this include a lack of perception among the practitioners at dental technical laboratories and contracted companies avoiding collection for economic reasons. There is a need for education to improve the perceptions of waste water treatment among the practitioners at dental technical laboratories. Environment-related departments should be stricter with legal applications in the central and local governments. It is also required to provide proper management of commissioned treatment.

Key words: Dental, waste, environment, public health, disposal

I. 서 론

치과기공소의 작업공정은 초(paraffin) 공정, 사기 (porcelain) 공정, 금(gold crown) 공정, 수지(resin)

공정, 타이코늄(titanium) 공정 등이 통상적으로 이루어진다(치과기공학개론, 2005). 따라서 치과기공물 제작 및 수리 작업 중 귀금속과 비귀금속과 합성수지류, 도재 등 재료와, 석고류, 왁스류, 매몰재류, 연

†Corresponding author: Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine Yeungnam University, Daegu 705-717, Korea, Tel: +82-53-620-4372, Fax: +82-53-623-4399, E-mail: jjsakong@gmail.com
Received: 16 January 2018, Revised: 31 January 2018, Accepted: 20 February 2018

마재류 등의 많은 물질들이 사용되기 때문에 다양한 화학물질들이 배출될 가능성이 있다.

특히 의치 제작과정 중 주조체의 산세척(pickling)에 서는 니켈(Ni), 크롬(Cr), 코발트(Co), 망간(Mn), 철(Fe), 티타늄(Ti), 몰리브덴(Mo), 납(Pb), 안티몬(Sb), 베릴륨(Be), 구리(Cu), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 알루미늄(Al) 등의 중금속들이 전해액으로 용출될 수 있다.

치과기공소에서 배출되는 폐수의 양은 비록 적으나 고농도의 중금속을 포함하고 있으므로 '수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙' 별표4 제1호·제2호에 따라 폐수 배출 시설에 해당된다. 동 시행규칙 별표4 제2호의 분류표에 치과기공소가 따로 명시되어 있지 않다. 그러므로 치과기공소는 '기타 폐수 배출 시설'로 분류되는 것이 타당할 것이다. 따라서 치과기공소는 제11조의 규정에 의해 환경오염 방지시설을 설치하고 법제10조제1항에 의하여 배출 시설의 설치허가를 신청하거나 설치 신고서 허가(신고)증을 교부받아야 한다(수질환경법, 2000년 10월 23일 개정).

그러나 의치 제작과정 중 산세척과정에서 사용된 전해액은 강산성이고 고농도의 중금속을 포함하고 있음에도 불구하고 치과기공소는 일반폐기물로 처리되고 있는 실정이므로 국민의 건강과 환경 및 생태계에 유해한 영향을 미칠 수 있다.

이 연구는 대구·부산 지역의 치과기공소를 대상으로 주조체 산세척과정에서 발생하는 폐수내 중금속 농도를 측정하여, 폐수의 처리실태를 파악함으로써

문제점을 제시하고자 한다. 관리실태를 조사하여 부적절한 폐기물 처리될 때 발생할 수 있는 수질오염과 수생태계 오염을 예방하고, 치과기공소 종사자들의 폐기물에 대한 교육과 치과기공소의 폐수처리에 대한 관리와 감독 및 관련법규의 제정, 보완에 대한 참고자료로 활용하고자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 조사대상

대구·부산지역의 치과기공소 495개소 중 일반기공소 42개소, 치과기공실 13개소를 편의추출하였다.

2. 분석방법

2014년 3월부터 2015년 3월까지 연구자가 각 치과기공소를 직접 방문하여 치과기공소에서 폐수로 배출되기 직전의 전해액양을 측정하고 그 중 10 mL 용량의 코니컬 튜브에 채취 후 증류수 희석하여 유도 결합 플라즈마 분광 분석기(Inductively Coupled Plasma Spectrometer, iCAP 7000 SERIES)를 이용하여 Ni-Cr 합금, Cr-Co 합금, Ni-Cr (Be) 합금에서 중금속의 종류 및 그 농도를 측정하고, pH를 측정하였다.

치과기공소장 및 치과기공사와 연구자가 면담을 통하여 해당 치과기공소의 치과기공사 수, 1일 평균 틀니 작업 개수, 의치 금속 성분 구성, 전해액 연간 사용량, 폐기물 처리방법을 조사하였다.

Table 1. Acceptable criteria of discharge applicable to wastewater discharge facilities

Heavy metal	Clean (mg/L or less)	Ga (mg/L or less)	Na (mg/L or less)	Special case (mg/L or less)
Chrome	0.5	2	2	2
Soluble iron	2	10	10	10
Zinc	1	5	5	5
Copper	0.5	3	3	3
Cadmium	0.02	0.1	0.1	0.1
Mercury	0.01	0.005	0.005	0.005
Lead	0.1	0.5	0.5	0.5

Areas of Grade Clean) Very good environmental criteria (Ia) for water quality and aquatic ecosystems.

Areas of Grade Ga) Good (Ib) or a little bit good (II) environmental criteria for water quality and aquatic ecosystems.

Areas of Grade Na) Average (III), a little bit bad (IV), and bad (V) environmental criteria for water quality and aquatic ecosystems.

Areas of a Special Case) Areas designated as Joint Processing Zones by Minister of Environment based on Article 49, Clause 3 of the concerned act or as agricultural or industrial complexes by the Mayor or County Governor based on Article 8 of Industrial Sites and Development Act.

의치(denture)의 작업공정 중 합금 용융 및 주조 과정 후 주조체의 산세척 공정에서 합금의 주요 성분인 크롬, 코발트, 니켈 등의 성분이 전해액으로 용출된다. 허용기준은 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙 제 34조 및 별표13 제2호 나목2에 명시되어있다(Table 1).

III. 연구결과

1. 조사대상 치과기공소 특성

1.1. 치과기공소 종사자

조사대상 치과기공소 중 일반기공소 42개소는 치과기공사가 1명인 치과기공소는 17개소(40.5%), 2~3명인 치과기공소는 20개소(47.6%), 4명 이상인 치과기공소는 5개소(11.9%)였다. 조사대상 치과기공실 13개소는 치과기공사가 1명인 치과기공실은 3개소(23.1%), 2~3명인 치과기공실은 10개소(76.9%)였다. 조사대상 치과기공소 55개소 중 일반 기공소 42개소에 종사하는 치과기공사수는 평균 2.1명이며, 일일 의치 작업수는 평균 3.2개이다. 치과기공실 13개소에 종사하는 치과기공사는 평균 2.2명이며, 일일 의치 작업수는 평균 2.9개이다(Table 2).

1.2. 주조체 금속성분에 따른 치과기공소 분포

조사대상 일반기공소 42개소 중 틀니 내부 구조물

제작을 위해 Ni-Cr 합금, Cr-Co 합금, Ni-Cr (Be) 합금을 사용하는 곳은 각각 8개소(19.0%), 27개소(64.3%), 7개소(16.7%)였다. 치과기공실 13개소 중 틀니 내부 구조물 제작을 위해 Ni-Cr 합금, Cr-Co 합금, Ni-Cr (Be) 합금을 사용하는 곳은 각각 6개소(46.2%), 6개소(64.2%), 1개소(7.7%)였다(Table 3).

1.3 주조체 종류에 따른 전해액 사용량

조사대상 일반기공소 42개소 중 틀니 내부 구조물 금속성분이 Ni-Cr 합금을 사용하며 전해액 연간 사용량이 5 L 미만인 치과기공소는 1개소(2.4%), 5 L 이상 10 L 미만인 치과기공소는 4개소(9.5%), 10 L 이상 15 L 미만인 치과기공소는 2개소(4.8%), 15 L 이상인 치과기공소는 1개소(2.4%)였다. Cr-Co 합금을 사용하며 전해액 연간 사용량이 5 L 미만인 치과기공소는 2개소(4.8%), 5 L 이상 10 L 미만인 치과기공소는 24개소(57.1%), 10 L 이상 15 L 미만인 치과기공소는 1개소(2.4%)였다. Ni-Cr (Be포함) 합금을 사용하며 전해액 연간 사용량이 5 L 미만인 치과기공소는 1개소(2.4%), 5 L 이상 10 L 미만인 치과기공소는 5개소(11.9%), 15 L 이상인 치과기공소는 1개소(2.4%)였다.

조사대상 치과기공실 13개소 중 틀니 내부 구조물 금속성분이 Ni-Cr 합금을 사용하며 전해액 연간 사용량이 5 L 미만인 치과기공실은 3개소(23.1%), 5 L

Table 2. Characteristics of the subject dental technical laboratories

Characteristic	Category	General technical laboratories (n=42)	Dental technical laboratories (n=13)	Total (n=55)
Number of dental technicians	1	17(40.5%)	3(23.1%)	20(36.4%)
	2~3	20(47.6)	10(76.9)	30(54.5)
	4~5	5(11.9)	0(-)	5(9.1)
Number of dentures made per day	1~2	16(38.1%)	7(53.8%)	23(41.8%)
	3~4	17(40.5)	3(23.1)	20(36.4)
	5~6	9(21.4)	3(23.1)	12(21.8)

Table 3. Distribution of dental technical laboratories according to the metal components of castings

Component	General technical laboratories (n=42)	Dental technical laboratories (n=13)	Total (n=55)
Ni-Cr alloy	8(19.0%)	6(46.2%)	14(25.5%)
Cr-Co alloy	27(64.3)	6(46.2)	33(60.0)
Ni-Cr alloy (including Be)	7(16.7)	1(7.7)	8(14.5)

Table 4. Volume of used electrolytes according to the casting types

Annual volume (L)	General technical laboratories (n=42)			Dental technical laboratories (n=13)			Total (n=55)
	Ni-Cr	Cr-Co	Ni-Cr (including Be)	Ni-Cr	Cr-Co	Ni-Cr (including Be)	
≥4	1(2.4%)	2(4.8%)	1(2.4%)	3(23.1%)	4(30.8%)	1(7.7%)	12(21.8%)
5-9	4(9.5)	24(57.1)	5(11.9)	3(23.1)	2(15.4)	-	38(69.1)
10-14	2(4.8)	1(2.4)	-	-	-	-	3(5.5)
≥15	1(2.4)	-	1(2.4)	-	-	-	2(3.6)

Table 5. Waste water treatment methods according to the volume (L) of used electrolytes

Category	General technical laboratories (n=42)				Dental technical laboratories (n=13)		Total (n=55)
	≤4	5-9	10-14	≥15	≤4	5-9	
Commissioned treatment	1(2.4%)	7(16.7%)	-	-	5(38.5%)	2(15.4%)	15(27.3%)
General sewage	-	11(26.2)	-	-	-	1(7.7)	12(21.8%)
Septic tank	3(7.1)	5(35.7)	3(7.1%)	2(4.8)	3(23.1)	2(15.4)	28(50.9%)

이상 10 L 미만인 치과기공실은 3개소(23.1%)였다. Cr-Co 합금을 사용하며 전해액 연간 사용량이 5 L 미만인 치과기공실은 4개소(20.8%), 5 L 이상 10 L 미만인 치과기공실은 2개소(15.4%)였다. Ni-Cr (Be 포함) 합금을 사용하며 전해액 연간 사용량이 5 L 미만인 치과기공실은 1개소(7.7%)였다. 조사대상 일반기공소 42개소 중 연간 전해액 사용량이 10 L 미만인 곳이 37개소(84.1%)였고, 치과기공실 13개소는 모두 연간 전해액 사용량이 10 L 미만이었다(Table 4).

1.4. 전해액 사용량(L)에 따른 폐수 처리방법

조사대상 일반기공소 42개소 중 위탁처리하는 곳은 8개소(19.0%)였고, 34개소(81.0%)는 일반하수와 정화조를 통해 폐수를 처리하는 것으로 나타났다. 치과기공실 13개소 중 위탁처리하는 곳은 7개소(53.8%)였고, 6개소(46.2%)는 일반하수 혹은 정화조를 통해 폐수를 처리하는 것으로 나타났다(Table 5).

2. 주조체 합금 산세척액 중금속 농도 분석

2.1. 니켈-크롬(Ni-Cr) 합금

니켈-크롬(Ni-Cr) 합금 주조체 산세척액 중금속 농도의 분석 결과 니켈(Ni), 크롬(Cr), 코발트(Co)의 농도가 각 149.87, 108.06, 83.22 mg/L로 높게 나타났다(Table 6). 설문조사에서 니켈-크롬(Ni-Cr) 합금을 사용하여 틀니 내부 구조물을 제작한다고 응답한 14 곳의 치과기공소에서 채취한 시료 중 1-5, 17, 26, 33, 34, 36, 39, 41, 42, 46번상의 시료에서 Ni, Cr

의 농도가 높았다(Fig. 1).

2.2. 크롬-코발트(Cr-Co) 합금

크롬-코발트(Cr-Co) 합금 주조체 산세척액의 중금속 농도의 분석 결과 코발트(Co), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo)의 농도가 각 143.90, 68.75, 64.59 mg/L로 높게 나타났다(Table 7). 설문조사에서 크롬-코발트(Cr-Co) 합금을 사용하여 틀니 내부 구조물을 제작한다고 응답한 33개소의 치과기공소에서 채취한 시료 중 8-16, 19-25, 27-29, 31, 37, 38, 40, 43, 45, 47, 48, 50-55번상의 시료에서 Cr, Co의 농도가 높았다(Fig. 2).

2.3. 니켈-크롬(베릴륨)(Ni-Cr (Be)) 합금

니켈-크롬(베릴륨)(Ni-Cr (Be)) 합금 주조체 산세척액 중금속 농도의 분석 결과 니켈(Ni), 크롬(Cr), 코발트(Co)의 농도가 각 146.19, 48.04, 25.13 mg/L로 높게 나타났다(Table 8). 설문조사에서 니켈-크롬-베릴륨(Ni-Cr- (Be 포함)) 합금을 사용하여 틀니 내부 구조물을 제작한다고 응답한 8개소의 치과기공소에서 채취한 시료 중 6, 7, 18, 30, 32, 35, 44, 49 번상의 시료에서 Ni, Cr, Be의 농도가 높았다(Fig. 3).

3. 치과기공소에서 배출되는 중금속 농도 분석

크롬(Cr) 농도는 평균 75.3±50.9 mg/L (95% 신뢰구간, 61.24-89.30), 기하평균 58.3 mg/L (95% 신뢰구간, 46.75-72.62), 최소값은 2.7 mg/L, 최대값은 50번 시료

Table 6. Heavy metal concentration (mg/L) of the pickling solution for Nickel-Chrome (Ni-Cr) alloy castings

Metal	Number of samples	mean±standard deviation	95% CI	Geometric mean	95% CI	Minimum value	Maximum value
Ni	14	149.87±54.30	117.06-182.68	140.20	110.40-178.00	54.70	234.10
Cr	14	108.06±35.45	86.64-129.48	102.50	83.22-126.30	24.80	149.80
Co	14	83.22±86.61	30.89-135.56	44.88	20.99-95.96	5.40	278.20
Fe	12	64.59±61.65	23.18-106.01	32.17	10.69-96.83	ND	222.90
Mo	14	20.28±13.97	11.84-28.73	13.72	6.76-27.86	0.60	43.70
Al	13	4.32±3.30	2.22-6.42	2.46	1.05-5.74	ND	8.90
Cu	12	3.06±5.72	-1.03-7.15	0.95	0.33-2.76	ND	18.40
Sb	8	0.79±0.44	0.38-1.19	0.66	0.36-1.24	ND	1.40
Be	3	0.50±0.17	0.70-0.93	0.48	0.18-1.29	ND	0.60
Pb	12	0.50±0.43	0.21-0.79	0.36	0.21-0.64	ND	1.50
Zn	10	0.47±0.31	0.23-0.71	0.36	0.20-0.67	ND	0.90

ND: not detected.

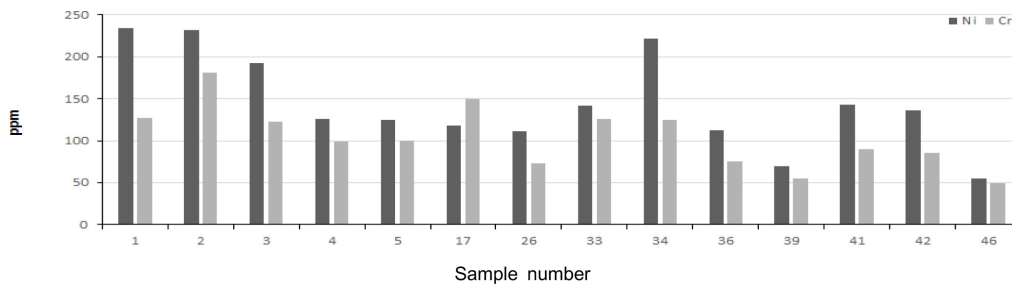


Fig. 1. Analysis of Ni-Cr concentration at dental technical laboratories using the Ni-Cr alloy.

에서 측정된 207.1 mg/L였다. 허용기준치인 2 mg/L 보다 높게 측정된 시료는 55개중 50개(91%)였다. 코발트(Co) 농도는 평균 112.3±106.7 mg/L (95% 신뢰구간, 83.44-141.13), 기하평균 66.1 mg/L (95% 신뢰구간, 48.39-90.38), 최소값은 5.4 mg/L, 최대값은 389.5 mg/L였다.

Table 7. Heavy metal concentration (mg/L) of the pickling solution for Chrome-Cobalt (Cr-Co) alloy castings

Metal	Number of samples	mean±standard deviation	95% CI	Geometric mean	95% CI	Minimum value	Maximum value
Co	33	143.90±112.31	104.71-183.09	103.00	74.95-141.60	5.40	389.50
Cr	31	68.75±55.34	48.80-88.70	49.90	36.25-68.69	-	207.10
Fe	33	26.66±36.85	13.80-39.52	4.42	1.80-10.90	0.10	116.00
Mo	33	64.59±61.65	6.16-21.84	11.54	8.34-15.98	0.60	46.60
Cu	30	9.00±14.63	-19.66-27.76	2.44	1.19-5.04	-	77.50
Ni	31	6.83±12.77	2.23-11.43	1.55	0.74-3.24	-	69.10
Sb	32	0.76±0.70	0.51-1.01	0.51	0.36-0.71	-	2.50
Al	32	0.57±0.52	0.39-0.75	0.43	0.32-0.57	-	2.60
Pb	13	0.23±0.15	0.14-0.32	0.19	0.13-0.27	-	0.50
Zn	23	0.19±0.12	0.14-0.24	0.36	0.13-0.20	-	0.50

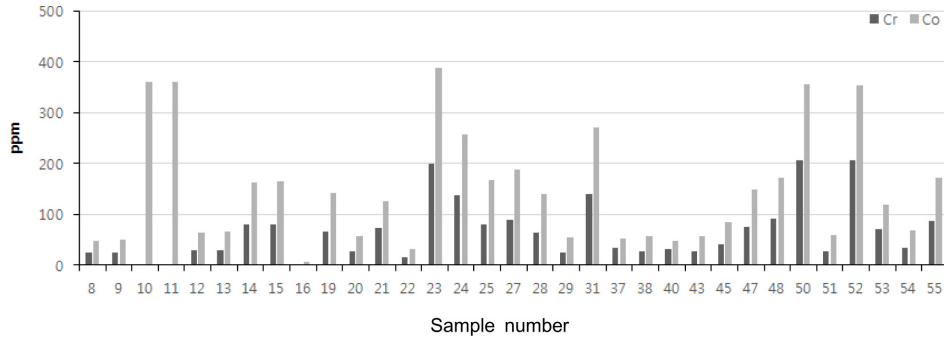


Fig. 2. Analysis of Cr-Co concentration at dental technical laboratories using the Cr-Co alloy.

Table 8. Heavy metal concentration (mg/L) of the pickling solution for Ni-Cr (including Be) alloy castings

Metal	Number of samples	mean±standard deviation	95% CI	Geometric mean	95% CI	Minimum value	Maximum value
Ni	8	146.19±98.03	64.23-228.15	110.60	53.07-230.60	23.30	270.40
Cr	8	48.04±22.26	29.43-66.65	43.23	28.37-65.87	20.90	72.60
Co	8	25.13±19.98	83.44-141.13	18.88	9.68-36.82	8.50	53.70
Mo	8	14.00±9.38	6.16-21.84	11.59	6.76-19.87	5.60	29.70
Al	8	7.46±4.98	3.30-11.63	5.50	2.50-12.12	1.00	12.90
Fe	8	6.58±6.64	1.02-12.13	2.57	0.54-12.90	0.10	17.70
Cu	2	4.95±6.86	-56.68-66.58	-	-	-	9.80
Be	8	4.71±3.66	1.12-6.01	3.31	1.47-7.45	0.70	9.70
Sb	8	0.24±0.13	0.13-0.35	0.20	0.12-0.34	0.10	0.40
Zn	1	0.10	-	-	-	ND	0.10

ND: not detected.

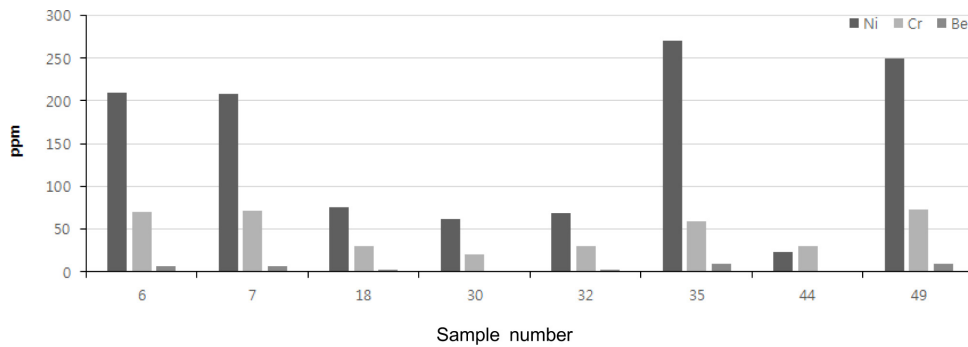


Fig. 3. Analysis of Ni-Cr- (including Be) concentration at dental technical laboratories using the Ni-Cr- (including Be) alloy

니켈(Ni) 농도는 평균 62.9±83.5 mg/L (95% 신뢰 구간, 39.95-85.95), 기하평균 8.9 mg/L (95% 신뢰 구간, 4.21-18.84), 최소값은 0.1 mg/L, 최대값은 270.4 mg/L였고 나머지 중금속의 농도 분석 결과는 Table 9과 같다.

IV. 고 찰

치과기공소에서 배출되는 폐수의 적절한 관리를 통하여 환경오염 예방하는데 있어 자료로 활용하고자 치과기공소 주조체 산세척과정에서 발생하는 폐

Table 9. Heavy metal concentration¹⁾ of waste water produced at dental technical laboratories

Metal	Arithmetic mean± standard deviation	95% CI	Geometric mean	95% CI	Minimum value	Maximum value	Permissible level ²⁾	Samples over the permissible level
Cr	75.30±50.90	61.24-89.30	58.3	46.75-72.62	2.7	207.1	2.0	50/55(90%)
Co	112.30±106.70	83.44-141.13	66.1	48.39-90.38	5.4	389.5	- ³⁾	-
Ni	62.90±83.50	39.95-85.95	8.9	4.21-18.84	0.1	270.4	-	-
Mo	17.10±13.40	13.45-20.70	12.0	9.32-15.54	0.6	46.6	-	-
Cu	5.80±12.90	3.45-11.42	1.9	1.04-3.40	0.1	77.5	-	20/55(40%)
Pb	0.30±0.30	0.21-0.48	0.3	0.18-0.35	0.1	1.5	1.0	25/55(45%)
Zn	0.30±0.20	0.18-0.34	0.2	0.15-0.25	0.1	0.9	5.0	0/55(0%)
Fe	31.50±44.10	19.36-43.64	6.2	3.13-12.08	0.1	222.9	10.0	28/55(51%)
Al	2.40±3.50	1.46-3.39	0.9	0.64-1.38	0.1	12.9	-	-
Sb	0.70±0.60	0.49-0.86	0.5	0.35-0.59	0.1	2.5	-	-
Be	3.60±3.60	1.12-6.01	2.0	0.85-4.46	0.3	9.7	-	-

¹⁾Types of heavy metal produced in the casting pickling process ²⁾The permissible level is found in “Enforcement Regulation 34 and Asterisk 13 of Water Quality and Ecosystem Conservation Act.” ³⁾A permissible level is not applicable according to “Enforcement Regulation 34 and Asterisk 13 of Water Quality and Ecosystem Conservation Act.”

수내 중금속 농도에 관한 연구를 수행하였다. 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙 제34조(배출허용기준) 및 제6조 별표4(폐수배출시설)에서 귀금속 장식구 및 관련 제품 제조 시설은 폐수량에 관계없이 모두 폐수 배출시설에 포함되고 있으며, 치과기공소에서 의치 제작에 사용되는 산세척과정에서 니켈-크롬(Ni-Cr), 크롬-코발트(Cr-Co), 니켈-크롬(베릴륨)(Ni-Cr (Be)) 합금으로 부터 니켈(Ni), 크롬(Cr), 코발트(Co)가 전해액으로 용출되고 있음이 확인되었다.

크롬(Cr)의 경우 시료 55개 중 50개(91%)에서 허용기준치인 2 mg/L 보다 높았다. 크롬 농도의 평균은 75.3 mg/L으로 허용기준치의 약 37배였으며, 최대값은 207.1 mg/L으로 허용기준치의 약 100배로 나타났다. 니켈 농도의 평균 62.9 mg/L, 최대값 270.4 mg/L였고, 코발트 농도의 평균 112.3 mg/L, 최대값 389.5 mg/L였다.

조사대상인 일반기공소 42개소, 치과기공실 13개소 중 액상폐기물을 위탁처리하는 곳은 일반기공소 8개소(19.1%), 치과기공실 7개소(53.9%)였다. 위탁처리하는 곳을 제외한 40개소(70%)의 치과기공소가 액상폐기물을 일반 하수 또는 정화조를 통해 처리하고 있었다. 이는 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률에 준해서 처리해야할 액상폐기물이 적법하게 처리되고 있지 않음을 의미한다.

산업안전보건법 관리규정의 관리대상 유해물질에는 23가지 금속물질이 포함되어 있으며, 구리·납·니켈·바륨·알루미늄·철·크롬·코발트·지르코늄 및 무기화합물은 특별 관리물질로 지정되어 관리되고 있다. 카드뮴은 체내의 효소 생성이나 영양소의 장애를 축적되며, 두발 및 손톱 등에 특이적으로 축적된다(대한예방의학회, 1989). 인체 내 침입 경로는 코를 통한 흡입, 입을 통한 섭취 및 피부를 통한 침투로 납은 중추신경과 말초신경 모두에 침범 할 수 있다. 말초신경은 주로 운동신경을 침범하며, 중추는 회질, 백질을 침범하여 소뇌의 시냅스 발육장애를 야기하고, 인체에 축적 시에는 식욕저하, 체중감소, 관절통, 빈혈, 탈모, 면역력 저하, 신장과 간질환, 골다공증 증상이 나타난다(안전보건공단, 2017).

치과기공소의 의치 제작과정에서 발생하는 산세척 전해액의 양은 비록 적으나 고농도의 중금속을 포함하고 있다. 따라서 ‘수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙’ 별표 4 제1호·제2호, 법제10조 제1항에 의해 의치 제작에서 발생하는 산세척 전해액은 폐수 배출시설을 통해 처리하거나 폐기물 전문처리업체에 위탁처리 해야한다.

치과 보철물에 대한 수요 증가, 치과기공소의 증가 및 치과 보철물 제작 건수의 증가와 맞물려 치과기공소에서 배출되는 중금속의 양은 점점 늘어날

것으로 예상된다. 특히 노인들니 건강보험 적용과 관련된 치과 급여범위 확대 시행에 따라 2012년 7월 1일부터 레진상 완전틀니, 2013년 7월 1일부터 클라스프 유지형 금속상 부분틀니가 건강보험 적용(국민건강보험법 시행령 제19조 제1항 별표 2)되고 있어 향후 치과기공소 주조체 산세척과정에서 발생하는 폐수의 양은 증가할 것으로 예상된다. 따라서 수생태계로 유입되는 경로를 차단해야할 필요성이 증가하고 있다.

이 연구는 대구 및 부산 지역의 일부 치과기공소만을 대상으로 하였기 때문에 그 결과를 일반화시키는 것은 어려우며 시료 채취를 일부의 치과기공소에게만 국한시킴으로써 각 치과기공소의 측정값을 대표하기 어렵다는 제한점이 존재하지만 치과기공소의 주조체 산세척과정에서 발생하는 폐수 내 중금속 농도를 최초로 측정했다는 측면에서 의의를 가진다고 하겠다.

V. 결 론

대구·부산 지역 치과기공소들의 의치제작 과정 중 에 발생한 전해액 내에는 크롬(Cr), 구리(Cu), 아연(Zn), 철(Fe), 망간(Mn), 티타늄(Ti), 몰리브덴(Mo), 납(Pb), 안티몬(Sb), 베릴륨(Be), 구리(Cu), 카드뮴(Cd), 알루미늄(Al)등 대부분의 치과기공소는 영세사업장으로서 폐기되는 전해액의 분리, 보관, 수거, 처리가 잘 안되고 있어 대부분의 전해액이 일반하수, 정화조를 통해 수생태계로 유입되고 있다. 이는 치과기공소 종사자의 인식부족, 정부와 대중의 무관심 그리고 낮은 경제성 때문에 수거를 기피하는 위탁업체 등이 원인으로 추정된다. 따라서 치과기공소 종사자들의 폐수처리에 대한 인식을 개선시킬 교육이 필요하며, 정부와 지방자치단체의 환경관련 부서에서는 법적용을 보다 엄격하게 수행할 필요가 있다. 또한 위탁처리에 관한 적절한 관리가 필요할 것이다.

References

1. Waste control enforcement ordinance, Article 5. Ministry of Environment Ordinance No. 14532; 2017.
2. Guideline for eco-friendly medical waste management and public health. National Institute of Environmental Research (NIER); 2007.
3. Hibberd JH, Smith DC. Systemic mercury levels in dental office personnel in Ontario: a pilot study. *J Can Dent Assoc.* 1972; 38(7): 249-254.
4. Reinhardt JW, Chan KC, Schulein TM. Mercury vaporization during amalgam removal. *J Prosthet Dent.* 1983; 50(1): 62-64.
5. Park S-B. The relationship between amalgam use and the concentration of urine mercury of workers in dental hospitals [dissertation]. [Daegu]: Yeungnam University; 2009.
6. Law enforcement regulations for water quality and conservation of ecosystems, Article 6. Ministry of Environment Ordinance No. 629; 2017.
7. Law enforcement regulations for water quality and conservation of ecosystems, Article 34. Ministry of Environment Ordinance No. 629; 2013.
8. Lee H-Y. A study on the effective treatment of infectious hospital wastes [dissertation]. [Seoul]: Hanyang University; 2001.
9. Yang K-Y. Method and current status of medical waste treatment. [dissertation]. [Seoul]: Yonsei University; 2007.
10. Chang Y-H. The effect of long-term exercise on pulmonary function, cardio-pulmonary function and heavy metal accumulation from high density air pollution [dissertation]. [Yongin]: Yong In University; 2015.
11. Kim D-H, Kim O-B, Chang B-K. Hair Heavy Metal Contents in Mentally Retarded Children I -In Association with Lead-. *Korean Journal of Preventive Medicin.* 1989; 22: 125-135.
12. Sin D-Y, The Study on the Management, Supervision, and Liability of a Contractor for Work with a Subcontractor under the Chemicals Control Act [dissertation]. [Jeju]: Jeju National University; 2014.