

베릴륨함유 치과 주조용 비귀금속 합금의 젖산용액에 의한 금속 노출수준 평가

박 수 철, 장 은 진*, 한 석 윤*

김천대학교 치기공학과, 대구보건대학 치기공과*

Evaluation of a metal level in non-precious metal alloys dental casting having beryllium by lactic acid Solution

Soo-chul Park, Eun-jin Jang*, Sok-yoon Han*

Department of Dental Technology, Gimcheon University
Department of Dental Technology, Daegu Health College*

[Abstract]

Purpose: The purpose of this study is to investigate the level of each metal in non-precious metal alloys dental casting, still used even banned for use and trade by the law, for oral health.

Methods: Two kinds of metal alloys were analyzed. One was Ticonium 100 for removable prosthesis and the other was Rexillium V for dental porcelain. Two samples of each metal alloy were made in 0.5g, 1.0g, and 1.5g. Total number of samples were 12. Two kinds of lactic acid Solution, pH7 and pH4.6, were injected into each samples. After injection, each samples had been for 21days \pm 1 hour in the water tank of which temperature was 37°C. The level of metal was measured in each sample by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometer.

Results: In both metal alloys, metals, chrome, nickel, beryllium, and molybdenum, were founded. In Ticonium 1000, the highest level of nickel was 2.531ppm in 1.5g pH4.6 sample while the highest level of nickel was 4.062ppm in 1.5g pH4.6 sample of Rexillium V. In chemical composition of these metal alloys, chrome(14-17%) was much more than beryllium(1.95~1.99%) and molybdenum(5.0~9.0%) but beryllium and molybdenum were founded more than chrome in samples. Therefore, chrome showed better anti-corrosion than other metal alloys. In both metal alloys, more metals were founded in higher pH level and more mass. Levels of chrome was significantly different in samples of both metal alloys in each pH level($p < 0.05$). Levels of nickels was significantly different in samples of both metal alloys in each pH level($p < 0.05$).

Conclusion: For oral health, further studies are needed in nickel-chrome metal alloy and cobalt metal alloy of non-beryllium in addition to beryllium metal alloy and also long-term studies needed in various period and other non-precious metal alloys for dental casting.

○Key words : beryllium, Ni-Cr, metal release

교신저자	성명	박 수 철	전화	011-9062-3948	E-mail	remedios-1@hanmail.net	
	주소	대구시 북구 구암동 동서영남아파트 102-1112					
접수일	2011. 5. 19		수정일	2011. 6. 10		확정일	2011. 6. 24

I. 서 론

치과보철물에서 주조용 비귀금속 합금이 사용되기 시작하여 현재에도 다양한 보철에 이용되고 있다. 치과용보철은 영구보철물과 임시보철물로 나누어지며, 영구보철물은 고정성보철물과 가철성보철물로 나누어진다. 이러한 영구 보철물들은 도재, 치과 주조용 합금, 레진, 아말감, 등이 사용되며, 치과주조용 합금은 귀금속 합금과 니켈 크롬합금과 코발트 크롬합금, 등의 비귀금속 합금으로 나누어지며, 최근 귀금속의 가격상승으로 이를 대체할 재료들이 많이 개발되고 있으나 현재까지 비귀금속 합금을 이용한 보철이 주로 이용되고 있다(Leinfelder, 1997). 이러한 치과주조용 비귀금속 합금은 귀금속 합금에 비해 우수한 기계적 성질과 경제성으로 임상에서 많이 사용되고 있다. 하지만 치과주조용 비귀금속 합금에 포함되어있는 일부 성분들은 인체의 유해성가능성으로 현재까지도 많은 논란이 되고 있다. 유럽의 경우 베릴륨성분이 포함되어 있는 니켈 크롬 합금의 경우 인체유해성 때문에 생산 및 판매가 법으로 금지되어 있어 코발트 크롬합금을 주로 사용하고 있다. 그러나 국내의 경우 2%미만의 베릴륨성분이 포함되어 있는 니켈 크롬 합금이 주로 수입되어 사용되었다. 하지만 계속적인 유해성 논란으로 국내에서는 치과주조용 비귀금속 합금의 베릴륨의 함량을 0.02%미만으로 제한하는 기준이 명문화하였으며(의료기기기준규격 일부개정고시, 2008), 2008년 7월1일부터 2009년부터 베릴륨 함유 합금의 수입 및 제조를 금지하였다. 임상에서 치과 주조용 비귀금속 합금을 이용한 보철은 가철성보철물의 국소의치와 총의치의 금속구조물, 고정성보철물의 치과 도재의 금속구조물로 주로 사용된다.

니켈은 공기중에는 변하지 않고 산화반응을 일으키지 않아 다양한 합금에 많이 사용되고 있는 재료이다(선지영, 2008). 그러나 니켈은 피부접촉 시 알레르기성 접촉성 피부염의 가장 흔한 원인이며 다른 금속보다 많은 과민반응을 일으키는 것으로 알려져 있다(정치현, 2008).

베릴륨은 특정화학 물질 1류 물질로 가용성 베릴륨화합물이 피부에 닿으면 접촉성 피부염이 일어나지만 산화베릴륨 같은 불용성 베릴륨 화합물에서는 접촉성 피부염은 생기지 않지만 상처가 있는 피부에 닿으면 피하육아종이

생기며(김정만, 1985), 베릴륨 함유 치과 주조용 비귀금속 합금의 유해성에 대해 보고되고 있다(알파덴트 부설 기술연구소, 2005). 니켈 크롬 합금의 경우 제조회사에 따라 니켈의 함량이 약60-75%, 크롬의 함량이 20%이하가 함유되며 몰리브덴, 알루미늄, 베릴륨, 등이 소량 함유된다. 코발트 크롬합금의 경우 제조회사에 따라 코발트 60-70%, 크롬30%이하가 함유 되며 제조회사에 따라 몰리브덴, 망간, 탄소, 규소, 질소, 등이 소량 함유된다.

니켈 크롬 합금과 관련한 연구는 치과보철물 제작 시 니켈 크롬 합금에 치과기공사가 폭로되어 자매염색분체 교환빈도를 증가시키는 것으로 연구보고 되었으며(신민정 외, 2002), 니켈 크롬 합금의 보철물을 장착해 생겨날 수 있는 세포 배양 연구가 보고된 바 있다(Bumgardner, et al, 1995; Hamano, 1992). 이밖에도 코발트 크롬합금으로 제작된 의치를 사용하는 일부환자들에게서 구강점막에 과민증이 발생이 연구보고 되고 있다(Hubler et al, 1983; Wood, 1974). 치과 보철물의 주된 합병증은 변연의 결합, 치아우식증, 치주질환순으로 연구보고 되고 있다(윤미정 외, 2009; SchWartz NL et al, 1970; Glantz PO et al, 1984). 국내 치과보철 중 치과주조용 비귀금속 합금이 차지하는 비중이 매우 높다. 불용성물질로 알려진 치과주조용 비귀금속 합금은 액체에서 용해되지 않는 물질로 규정되어있으나, 국외의 연구에서 인공타액에 의한 치과주조용 비귀금속 합금의 중금속노출이 보고되고 있다(Jin Song Liu et al, 2009). 일반적으로 구강 내 pH는 pH 7.0정도의 중성이며 음식물의 섭취에 따라 구강내의 pH는 많은 차이를 보이므로, 치과 주조용 비귀금속 합금의 pH에 따른 금속 검출수준 연구가 필요하다.

이 연구의 목적은 수입 금지된 베릴륨함유 치과주조용 비귀금속 합금의 pH에 의한 시액 내 금속 노출수준을 조사하여 수입 금지되었으나 아직까지 임상에서 사용 중인 베릴륨함유 치과 주조용 비귀금속 합금의 금속원소별 금속 검출정도를 통해 구강환경에 적절한 합금과 환자의 구강보건 자료로 활용하고자 수행하였다.

II. 연구 방법

1. 실험 재료 및 시편 제작

국내에 수입 제조되어 사용되는 치과주조용 비귀금속 합금 중 수입 및 판매가 금지되었으나 현재까지도 사용되고 있는 가철성보철에 사용되는 니켈 크롬합금(Ticonium

100, Ticonium, USA) 1종과 고정성보철로 치과도재의 금속구조물로 이용되는 니켈 크롬합금(Rexillium V, Pentron, USA) 1종, 총 2종의 합금을 대상으로 하였으며, 각 합금의 화학적조성은 다음과 같다(Table 1).

치과주조용 비귀금속 합금의 시료는 임상보철 제작방법과 동일하게 제작하였다. 먼저 치과용 wax(Modeling

Table 1. Chemical composition of experimental specimen alloys(Wt%)

material	composition (Wt%)					
	Ni	Cr	Mo	Al	Be	Ti
Ticonium100	70.0≥	17.0%	5.0	5.0	1.95≥	-
Rexillium V	74.0	14.0	9.0	2.50	1.99≥	Balance

wax, Kim's, USA)를 이용하여 36mm×16mm×1.3mm의 크기의 직사각형 형태의 wax 시편에 주입선을 부착하고 관교의치용 매몰재(CB-30, Ticonium, USA)와 국소의치용 매몰재(Ticonium, Ticonium, USA)를 이용하여 진공 매몰하고 제조사의 설명서에 따라 매몰된 링을 소환로에서 300℃에서 30분간 계류 후 800℃까지 상승시킨 후 30분 계류 후 산소 불대를 이용하여 주조하였다.

주조된 링을 서냉시켜 매몰재를 제거하여 시편 주조체의 주입선을 제거하고 샌드블라스터를 이용하여 산화막을 제거하고, 시편의 표면 상태는 이물질이 완전히 제거될 수 있도록 최소한 0.1mm 이상의 표면연마 공정을 표준화된 금속표면 가공절차에 따라 시행한 후 텅스텐 카바이드 바를 이용하여 가루형태의 시료를 각 합금별로 0.5g, 1.0g, 1.5g 단위로 2개씩 총12개의 튜브를 제작하여 주입하였다.

2. 시액 제작 및 합금의 금속 검출량 측정

시액은 pH7의 분석용 증류수(D.I. Water, grade2)시액과 분석용 증류수에 분석용 염화나트륨(NaCl)과 분석용 젖산(lactic acid, C3H6O3, 90%)을 이용하여 pH4.6의 시액을 제작하여 총2종류의 시액을 제작하였다. 총12개 튜브에 pH7의 시액 6개, pH4.6의 시액 6개씩으로 나누어 제작된 시액을 10ml 씩 주입하여 37℃의 항온수조에서 21±0.1일 후 유도결합 플라즈마 질량분석기(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission

Spectrometer, Perkin Elmer, USA)를 이용하여 12개의 시료의 금속 검출실험을 실시하여 각 시료에 검출되는 금속의 종류와 검출수준, 시료의 질량별 금속 노출수준, 합금의 원소별 금속 검출수준을 측정하였다.

3. 자료분석

본 연구에서 이용된 합금의 금속 검출량 자료의 처리와 결과의 분석은 통계프로그램 SPSS ver. 13.0을 사용하였으며, pH와 합금의 원소별 차이의 검정을 위해 일원배치 분산분석을 사용하여 분석하였다.

III. 결 과

1. pH에 따른 금속원소 검출수준

21±0.1일 후 12개의 시료를 유도결합 플라즈마 질량분석기를 이용하여 분석한 결과 두 합금 모두 증류수 시액과 pH4.6 시액에서 크롬, 니켈, 베릴륨, 몰리브덴이 검출되었다. Ticonium 100에서는 증류수 시액 중 0.5g의 시료에서 금속원소 중 크롬이 0.007ppm으로 가장 낮게 검출되었으며, pH4.6 시액 중 1.5g의 시료에서 금속원소 중 니켈이 2.531ppm으로 가장 높게 검출되었다. Rexillium V에서는 증류수 시액의 0.5g, 1.0g의 시료에서 금속원소 중 크롬이 0.002ppm으로 가장 낮게 검출되었으며, pH4.6 시액의 1.5g 시료에서 금속원소 중 니켈이

4.062ppm으로 가장 높게 검출되었다. 두 합금 모두 화학 조성비율이 가장 높은 니켈이 다른 금속원소에 비해 높게 검출되었으며, 크롬의 경우 두 합금 모두 베릴륨, 몰리브덴에 비해 화학조성비율이 높으나 검출량은 두 원소에 비해 낮게 검출되었다. 두 합금에서 증류수 시액의 0.5g, 1.0g

의 시료에서 크롬을 제외하고 질량의 증가와 증류수에 비해 높은 산을 보이는 pH4.6 시액에서 높은 금속원소가 검출되었다. Ticonium 100의 화학조성 성분 중 알루미늄은 검출되지 않았으며 Rexillium V의 화학조성 성분 중 알루미늄과 티타늄은 검출되지 않았다(Table 2, 3).

Table 2. Elemental release from Ticonium 100 casting alloy(ppm)

Element	pH7(21±0.1day)			pH4.6(21±0.1day)		
	0.5g	1.0g	1.5g	0.5g	1.0g	1.5g
Cr	0.007	0.009	0.017	0.019	0.040	0.056
Ni	0.587	0.785	1.049	1.532	1.987	2.531
Be	0.014	0.019	0.044	0.028	0.038	0.072
Mo	0.140	0.248	0.629	0.283	0.459	0.827
Al	-	-	-	-	-	-
Total	0.748	1.061	1.739	1.862	2.524	3.486

Table 3. Elemental release from Rexillium V casting alloy(ppm)

Element	pH7(21±0.1day)			pH4.6(21±0.1day)		
	0.5g	1.0g	1.5g	0.5g	1.0g	1.5g
Cr	0.002	0.002	0.006	0.006	0.009	0.019
Ni	2.842	2.959	3.861	3.257	3.831	4.062
Be	0.012	0.021	0.042	0.025	0.040	0.035
Mo	0.144	0.195	0.304	0.251	0.343	0.421
Al	-	-	-	-	-	-
Ti	-	-	-	-	-	-
Total	3.000	3.177	4.213	3.539	4.223	4.537

증류수와 pH4.6, 두 합금차이에 따른 몰리브덴 검출량의 일원배치 분산분석 결과 증류수 시액의 Ticonium 100 시료에서 .140으로 가장 낮았으며 pH4.6 시액의 Ticonium

100 시료에서 .523으로 가장 높게 나타났으나 $p > 0.05$ 이므로 몰리브덴의 검출량에서 네 그룹간의 차이가 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다(Table 5).

Table 5. Elemental release from molybdenum in distilled water and lactic acid Solution

pH	Material	N	M±SD	F	P
pH7	Rexillium V	3	.214±.082	1.237	0.358
	Ticonium 100	3	.339±.257		
pH4.6	Rexillium V	3	.338±.085		
	Ticonium 100	3	.523±.278		
Total		12	.354±.204		

증류수와 pH4.6, 두 합금차이에 따른 크롬 검출량의 일원배치 분산분석 결과에서는 증류수 시액의 Rexillium V 시료에서 .003으로 가장 낮았으며 pH4.6 시액의 Ticonium

100 시료에서 .038로 가장 높게 나타났으며 $p < 0.05$ 이므로 크롬의 검출량에서 네 그룹간의 차이가 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 6).

Table 6. Elemental release from chrome in distilled water and lactic acid Solution

pH	Material	N	M±SD	F	P
pH7	Rexillium V	3	.003±.002	6.660	0.014
	Ticonium 100	3	.011±.005		
pH4.6	Rexillium V	3	.011±.007		
	Ticonium 100	3	.038±.019		
Total		12	.016±.016		

증류수와 pH4.6, 두 합금차이에 따른 니켈 검출량의 일원배치 분산분석 결과에서는 증류수 시액의 Ticonium 100 시료에서 .807로 가장 낮았으며, pH4.6의 Ticonium 100 시료에서 2.017, 증류수 시액의 Rexillium V 시료에서

3.221, pH4.6의 Rexillium V 시료에서 3.717 순이었으며 $p < 0.05$ 이므로 니켈의 검출량에서 네 그룹간의 차이가 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 7).

증류수와 pH4.6, 두 합금차이에 따른 베릴륨 검출량의

Table 7. Elemental release from nickel in distilled water and lactic acid Solution

pH	Material	N	M±SD	F	P
pH7	Rexillium V	3	3,221±.558	25.858	0.001
	Ticonium 100	3	0.807±.232		
pH4.6	Rexillium V	3	3.717±.415		
	Ticonium 100	3	2.017±.500		
Total		12	2,440±1,237		

일원배치 분산분석 결과에서는 증류수 시액의 Rexillium V 시료에서 .025로 가장 낮았으며, 증류수 시액의 Ticonium 100 시료에서 .026, pH4.6 시액의 Rexillium V 시료에

서 0.33, pH4.6의 Ticonium 100 시료에서 0.46순이었으며 $p > 0.05$ 이므로 니켈의 검출량에서 네 그룹간의 차이가 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다(Table 8).

Table 8. Elemental release from Beryllium in distilled water and lactic acid Solution

pH	Material	N	M±SD	F	P
pH7	Rexillium V	3	.025±.015	1.053	0.421
	Ticonium 100	3	.026±.016		
pH4.6	Rexillium V	3	.033±.008		
	Ticonium 100	3	.046±.023		
Total		12	.032±.017		

IV. 고찰

치과 주조용 비귀금속 합금에 대한 연구는 다양하게 연구되어왔다. 국내의 경우 치과주조용합금의 연구는 치과 기공사의 건강과 관련한 연구들(이계재, 2004; 이정오 외, 1990; 차성수, 1988)이 있으며, 구강과 관련한 연구는 주로 세포나 내성균에 대한연구(최영진 외, 1999; 채영아 외, 1999)들이 있었으나 구강 내 젖산용액과 비귀금속 합금에 관련한 연구는 없는 실정이다.

이 연구와 유사한 국외의 연구(Jiang Ji-gang et al, 2009)에서는 니켈 크롬 고정성 보철물을 이용하여 젖산용액 10ml에 37℃의 항온수조에서 4주간 보관 후 원자흡수 분광광도계를 이용해서 금속 검출실험을 실시하였으나, 보철물의 무게나 크기에 대한 기준이 없었으며 제작된 젖산용액 성분이 국내 식품의약품안정청기준과는 달라 이 연구에서는 식품의약품안정청기준과 구강 내 여러 환경을 고려하여 이용하여 pH4.6의 젖산용액시액과, pH7의 증류수 시액, 총2가지의 pH시액을 제작하였다. 이 연구에 사용된 합금은 국내에 수입 제조되어 사용되는 치과주조용 비귀금속 합금 중 수입 및 판매가 금지되었으나 현재까지도 일부에서 사용되고 있는 가철성 보철물에 사용되는 니켈 크롬합금 1종과 고정성보철 중 치과도재의 금속구조물로 이용되는 니켈 크롬합금 1종, 총 2종의 합금을 대상으로 하여 0.5g, 1.0g, 1.5g단위로 구분하여 37℃의 항온수조에서 21±0.1일 후 유도결합 플라즈마 질량분석기를 이용하여 금속 검출실험을 실시하였다.

시료를 분석한 결과 두 합금 모두 증류수 시액과 pH4.6 시액에서 크롬, 니켈, 베릴륨, 몰리브덴이 검출되었으며, Ticonium 100 합금의 금속 검출실험에서는 Ticonium 100의 0.5g시료의 증류수 시액에서 금속원소 중 크롬(0.007ppm)이 가장 낮았으며, 몰리브덴(0.140ppm), 베릴륨(0.014ppm), 니켈(0.587ppm)순으로 낮게 검출되어 다른 5개의 시료 중 가장 적은 금속이 검출되었다. Ticonium 100 합금 1.5g 시료의 pH4.6 시액과 0.5g 시료의 증류수 시액과 비교해 금속의 검출량이 크롬이 8배(0.056ppm), 베릴륨이 5배(0.072ppm), 몰리브덴이 5배 이상(0.827ppm), 니켈이 4배 이상(2.531ppm) 높았다. Rexillium V 검출실험에서도 0.5g과 1.0g의 시료 중 증

류수 시액에서 금속원소 중 크롬(0.002ppm)이 가장 낮았으며, Rexillium V의 0.5g의 시료 중 증류수 시액에서 베릴륨(0.012ppm), 몰리브덴(0.144ppm), 니켈(2.842ppm)순으로 낮게 검출되어 다른 5개의 시료 중 가장 적은 금속이 검출되었다. Rexillium V 1.5g 시료의 pH4.6 시액과 0.5g 시료의 증류수 시액과 비교해 금속의 검출량이 크롬 8배(0.019ppm), 베릴륨 약3배(0.035ppm), 몰리브덴 약3배(0.421ppm), 니켈 약1.5배(4.062ppm) 높았다. 두 합금 모두 시액이 산성에 가까울수록, 질량이 높을수록 금속이 높게 검출되었다. Ticonium 100 합금의 시료에서는 알루미늄은 검출되지 않았으며 Rexillium V 합금의 시료에서는 알루미늄과 티타늄은 검출되지 않았다. 두 합금 중 Rexillium V 합금의 시료에서 총 검출량이 Ticonium 100 합금보다 모든 항목에서 높았다. 12개의 시료에서 모두 베릴륨이 검출되었고, 그 양이 많지는 않았으나 베릴륨 함유 합금의 유해성에 대해 연구보고가 되고 있으므로(알파덴트 부설 기술연구소, 2005; 김정만, 1985), 사용이 금지되어야 한다고 판단된다.

크롬 검출량의 두 합금별, 두 가지 pH의 일원배치 분산 분석 결과 $p < 0.05$ 이므로 크롬은 네 그룹간의 차이가 통계적으로 유의하다고 볼 수 있었으며, 니켈 검출량의 두 합금별, 두 가지 pH의 일원배치 분산분석 결과에서도 $p < 0.05$ 이므로 니켈은 네 그룹간의 차이가 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

몰리브덴 검출량의 두 합금별, 두 가지 pH의 일원배치 분산분석 결과 $p > 0.05$ 이므로 몰리브덴은 네 그룹간의 차이가 통계적으로 유의성이 없었으며, 베릴륨 검출량의 두 합금별, 두 가지 pH의 일원배치 분산분석 결과에서도 $p > 0.05$ 이므로 베릴륨 검출량은 네 그룹간의 차이가 통계적으로 유의성이 없었다.

V. 결론

이 연구는 베릴륨이 함유된 치과주조용 비귀금속 합금의 젖산용액에 의한 금속 검출수준을 조사하여 수입 및 제조, 판매가 금지되었으나 아직까지 임상에서 사용 중인 베릴륨이 함유된 치과 주조용 비귀금속 합금의 금속원소

별 금속 검출정도를 통해 구강환경에 적절한 합금과 환자의 구강보건 자료로 활용하고자 수행하였다.

실험에 사용된 합금은 가철성보철에 사용되는 Ticonium 100 1종과 고정성보철로 치과도재의 금속구조물로 이용되는 Rexillium V 1종을 대상으로 하여 시료를 제작하였고 ICP분석을 통해 중금속 검출실험을 실시한 결과, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 금속 분석 결과 두 합금 모두 증류수 시액과 pH4.6 시액에서 크롬, 니켈, 베릴륨, 몰리브덴이 검출되었으며, 두 합금 모두 시액이 산성에 가까울수록, 질량이 높을수록 금속이 높게 검출되는 것으로 나타났다.
2. 두 합금의 화학조성 중 크롬(14~17%)은 베릴륨(1.95~1.99%)과 몰리브덴(5.0~9.0%)에 비해 매우 높으나 금속검출은 대부분의 시료에서 크롬보다 높게 검출되어 크롬의 부식저항성이 높은 것으로 판단되며 Ticonium 100 합금의 화학조성 성분 중 알루미늄은 검출되지 않았으며 Rexillium V 합금의 화학조성 성분 중 알루미늄과 티타늄이 검출되지 않았다.
3. 크롬 검출량의 두 합금별, 두 가지 pH의 네 그룹간의 차이가 통계적으로 유의하였으며($p < 0.05$), 니켈 검출량의 두 합금별, 두 가지 pH의 네 그룹간의 차이에서도 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

본 연구는 현재 베릴륨 함유합금의 수입 및 제조, 판매가 금지되어있는 베릴륨이 함유된 치과주조용 비귀금속 합금의 젯산용액에 의한 금속검출수준 통해 구강환경에 적절한 합금인지와 구강보건자료로 활용하기위해 실시하였으나 3주 동안에 이루어진 실험으로는 한계가 있었으며, 다양한 기간과 장기적인 실험이 필요하다고 판단되며 실험에 사용된 합금이 베릴륨이 함유된 니켈 크롬합금에 국한되어 있어 논베릴륨 니켈 크롬합금과 코발트 크롬합금 등의 다양한 합금을 이용한 연구가 필요하다고 판단된다.

참 고 문 헌

김정만. 특정 화합물질과 발암물질. 한국의 산업의학, 24(3), 63-72, 1985.

선지영. 천연고분자를 이용한 니켈, 아연, 카드뮴 제거에 관한 연구. 전남대학교 대학원 환경공학과 석사학위논문, 2008.

신민정, 성재혁, 김웅철, 이세훈. 니켈-크롬 합금에 폭로된 치과기공사들에서 자매염색분체 교환 빈도. 한국의 산업의학, 41(2), 74-83, 2002.

알파덴트 부설 기술연구소. 베릴륨(Be) 함유 치과용 비귀금속 합금의 유해성. 대한치과기공학회지, 27(1), 256, 2005.

이정오, 이종섭, 유인수. 전북지방 치과기공실 공기중 및 치과기공사의 노중 중금속 함량에 관한 연구. 한국환경보건학회지, 16(2), 97-103, 1990.

이계재. 치과기공소의 작업환경실태. 고신대학교 대학원 의학과 석사학위논문, 2004.

윤미정, 전영찬, 정창모. 고정성 보철물의 임상적 상태에 대한 평가. 대한치과보철학회지, 47(2), 99-107, 2009.

의료기기기준규격 일부개정고시. 식품의약품안정청, 2008.

정치현. 대기 중 유해금속 수준 및 인체 위해성평가. 금오공과대학교 산업대학원 토목환경및 건축공학과 석사학위논문, 2008.

차성수. 치과기공실 공기중 및 치과기공사의 혈액, 요중 중금속 함량에 관한 연구. 대한치과기공학회지, 10(1), 11-24, 1988.

채영아, 우이형, 최부병, 최대균, 이성복, 권공록. 니켈-크롬 합금 보철물 주위 치은열구 내에서 발견된 니켈 내성 균주에 관한 분자생물학적 연구. 대한치과보철학회지, 37(6), 741-755, 1999.

최영진, 육종인, 정문규. 구강점막 상피세포에 대한 치과 주조용 비귀금속 합금의 세포독성. 대한치과보철학회지, 37(6), 717-728, 1999.

Bumgardner JD, Lucas LC. Cellular response to metallic ions released from nickel-chromium dental alloys. Journal of Dental Research, 74

(8), 1521-1527, 1995.

Glantz PO, Ryge G, Jendresen MD, Nilner K.
Quality of extensive fixed prosthodontics
after five years. *The Journal of Prosthetic
Dentistry*, 52(4), 475-479, 1984.

Hamano H. Fundamental studies on biological
effects of dental metals-nikel dissolution,
toxicity and distribution in cultured cells.
Kokubyo Gakkai Zasshi, 59(2), 456-478, 1992.

Hubler WR, Hubler WR. Dermatitis from a
chromium dental plate. *Contact Dermatitis*, 9
(5), 377-383, 1983.

Jiang Ji-gang, Rong Xiang-guo, Wang Xiao-yan.
GFAAS Determination of Ni in Artificial
Saliva Eroded from Ni-Cr Alloy Dental
Crown. *Physical Testing and Chemical
Analysis Part B Chem*, 45(1), 112-113, 2009.

Jin Song Liu, Qi Wang, Chuan LV, Jia Ning Sun,
Zhi Qing Chen, Ning Gao: Elemental Release
from Ni-Cr Dental Alloy in Artificial Saliva
and Saline Solution. *Materials Science
Forum*, 610-613, 1164-1167, 2009.

Leinfelder KF. An evaluation of casting alloys used
for restorative procedures. *J Am Dent Assoc*,
128(1), 37-45, 1997.

SchWartz NL, Whitsett LD, Berry TG, Stewart JL.
Unserviceable crown and fixed partial
denture: life-span and causes for loss of
serviceability. *J Am Dent Assoc*, 81(6), 1395-
1401, 1970.

Wood JF. Mucosal reaction to cobaly-chromium
alloy. *Br Dent J*, 136(10), 423-424, 1974.