

총의치와 국소의치 금속의치상용 코발트-크롬 합금과 금속소부도재관용 코발트-크롬 합금의 부식저항성 평가

박 수 철, 최 성 미*, 강 지 훈**

김천대학교 치기공학과, 대구보건대학 치위생과*, 경운대학교 안경광학과**

Corrosion Resistance Evaluation in the Co-Cr Alloys for the Full and Removable Partial Denture Metal Frameworks and the Porcelain-fused-to-metal Crown

Soo-chul Park, Sung-mi Choi*, Ji-hun Kang**

Department of Dental Technology, Gimcheon University, Department of Dental Hygien, Daegu Health College*
Department of Optometry & Vision Science, Kyungwoon University**

[Abstract]

Purpose: This study was conducted to evaluate the corrosion resistance of metal ions of alloys and use the results as the dental health data. These were performed by examining the corrosion levels of Co-Cr alloys for the full and removable partial denture metal frameworks and porcelain-fused-to-metal crown, among the dental casting non-precious alloys.

Methods: The alloy specimens (N = 10) were manufactured in 15 mm × 10 mm × 1.2 mm and stored in two types of corrosive solutions at 37°C for seven days. The metal ions were quantitatively analyzed using the Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer.

Results: Of the three Co-Cr alloys, the Co ion concentration of the porcelain-fused-to-metal alloy was 1.512 µg/cm², which indicated the highest metal ion dissolution. The metal corrosion was higher in the more acidic pH 2.2 solution compared with the pH 4.4 solution. In all three Co-Cr alloys, Co ion dissolution was predominant in the two corrosive solutions.

Conclusion: The corrosion resistance of the three Co-Cr alloys was high, indicating a good biocompatibility.

○Key words : denture metal frameworks, porcelain-fused-to-metal, Co-Cr alloy, corrosion

교신저자	성명	박 수 철	전화	011-9062-3948	E-mail	remedios-1@hanmail.net	
	주소	대구시 북구 구암동 동서영남아파트 102-1112					
접수일	2012. 7. 26		수정일	2012. 9. 18		확정일	2012. 9. 21

I. 서 론

치과보철에 사용되는 재료는 임상에서 다양하게 이용되고 있으며, 이러한 치과 재료는 충분한 강도와 기능성, 심미성, 경제성의 기준을 충족시키는 재료들을 이용해 치과에서 환자의 치료계획을 세우고 치과기공소에서 치과보철물을 제작하여왔다. 하지만 일부 치과재료의 알려지반응과 세포독성 등의 연구(한창수와 천재식, 2005; Marcusson, 1996; Camner et al., 1984.)로 치과보철물의 생체적합성에 대한 문제가 제기되고 있으며, Kanerva 등(1994)은 강철(stainless steel)을 이용한 접촉성 알러지 연구에서 니켈이온의 부식으로 피부에 접촉되어 알러지가 발생할 수 있다고 보고를 볼 때, 치과수복재료의 세포독성과 염증, 알러지 등의 부작용은 구강 내 타액이나 음식물 등에 인한 금속이온의 부식과 저작운동으로 인한 마모로 유해 금속이온이 구강 내 점막이나 주위조직에 접촉 및 흡수에 의해 발생할 수 있으므로, 화학적, 생물적으로 안정성이 있고, 독성작용이 없는 생체적합성이 우수한 수복재료를 이용한 보철을 제작해야한다.

특히, 인체의 인공보철물로 사용되는 재료는 부식저항성 뿐만 아니라 생체적합성에 대한 안정성이 보장되어야만 사용될 수 있으며, 현재 사용되는 인공보철 재료 중 코발트-크롬 합금은 구강에 사용되는 치과보철뿐만 아니라 인공관절 등 인체에 매식되어 인공 보철물로 다양하게 사용되는 우수한 재료로 알려져 있다(김용식, 2004). 치과보철 재료 중 주조용 비귀금속 합금의 경우 니켈-크롬 합금과 코발트-크롬 합금, 티타늄 합금이 이용되고 있으나 티타늄 합금의 경우 주조와 연마의 문제로 사용이 제한적이다.

현재 국내에서는 니켈-크롬 합금을 이용한 치과보철물 제작 비용이 코발트-크롬 합금에 비해 높지만, 코발트-

크롬 합금은 니켈-크롬 합금에 비해 부식성과 생체적합성이 우수하다고 알려져 있고, 최영진 등(1999)의 2종의 니켈-크롬 합금과 1종의 코발트-크롬 합금을 대상으로 한 연구에서도 코발트-크롬 합금의 부식성저항성이 우수하다고 보고 하였다. 이러한 합금의 부식관련 연구는 치과 의사, 치과기공사, 치과 내원환자 등에게 정확한 정보 제공을 위해 필요하지만, 치과 주조용 코발트-크롬 합금을 대상으로 한 국내의 다양한 연구는 없는 실정이다.

국내 치과보철물 제작 시 코발트-크롬 합금은 총의치와 가철성 국소의치의 금속의치상용 합금이 주로 사용되며, 치과 도재소부용 합금으로의 사용은 적어, 이 연구에서는 코발트-크롬 합금 중 가철성보철의 총의치와 국소의치 금속의치상 제작에 사용되는 합금 2종과 치과 금속소부도재용으로 사용되는 합금 1종을 대상으로 국제표준기구(ISO10271) 치과용 합금의 부식시험법을 기준으로 2종류의 부식용액을 제작하여 합금별 금속의 부식정도와 부식용액에 따른 부식정도를 조사하여 치과 의사, 치과기공사, 치과 내원환자 등에게 정보제공과 구강보건의 자료로 활용하고자 연구를 실시하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 실험 재료 및 시편 제작

연구에 사용된 합금은 치과주조용 비귀금속 합금 중 가철성 보철의 국소의치와 총의치 금속의치상으로 사용되는 Biosil-F®(Dentsply, 독일)와 Solidur-CoCr®(Yeti, 독일) 2종과 치과 도재소부용 합금으로 사용되는 Staroy-C®(Dentsply, 독일) 1종을 대상으로 하였다. 실험대상 합금의 화학적 조성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. Chemical composition of specimen Cr-Cr alloys

alloy	composition									
	Co	Cr	Mo	W	Nb	V	Si	Fe	Mn	Wt%
Biosil-F®	64.8	28.5	5.3	-	-	-	0.5	-	0.5	Other
Solidur-CoCr®	63.0	29.4	5.95	-	-	-	0.7	0.05	0.6	Other
Staroy-C®	59.4	24.5	1.0	10.0	2.0	2.0	1.0	0.1	-	-

시편(N=30)의 제작은 sheet wax를 이용하여 15 mm×10 mm×1.2 mm의 직사각형태의 모양의 균일한 크기가 되도록 자른 후, 주입선을 부착하여 관교의치용 인산염계 매몰재(Moldavest Exact[®], Heraeus Kulzer, 독일)와 국소의치용 인산염계 매몰재(BC-VEST P-1000[®], 부광, 한국)를 매몰액을 이용하여 진공 매몰하였다. 매몰된 링을 소환로에서 1차적으로 분당 8℃의 상승온도로 300℃까지 가열하여 30분간 계류 후 서서히 가열하여 매몰재의 균열을 방지하였고, 1차 계류 후 Staroy-C[®]합금은 950℃까지 상승시켜 1시간 계류 후 산소불대와 원심주조기를 이용하여 Staroy-C[®]합금을 주조하였고, Biosil-F[®]합금과 Solidur-CoCr[®]합금은 최종 소환온도를 1,000℃까지 상승시켜 1시간 계류 후 동일한 방법으로 주조하였다. 주조된 링은 실온에서 서냉시켜 링의 온도가 실온상태까지 식은 후 매몰재를 제거하였다. 주조체의 주입선은 연마기구를 이용하여 절단하고, 표면의 산화막과 잔여 매몰재는 샌드블라스터를 이용하여 제거하고, 주조체 시편의 표면을 스톤포인트를 이용하여 이물질을 제거하였다. 마지막으로 각 합금의 시편의 최종처리는 젖은 실리콘 카바이드 페이퍼를 이용하여 거친 입자의 실리콘 카바이드 페이퍼부터 최종 1,200번의 실리콘 카바이드 페이퍼의 순서로 각 합금의 시편표면을 동일한 표면 상태로 마무리하였다. 그리고 각 합금의 시편의 크기를 측정하여 각 합금의 최종 표면적을 약 3.6 cm²가 되도록 하였고, 연마가 마무리된 시편을 초음파 세척기를 이용하여 에탄올에 2분간 침지 세척 후 증류수에 최종적으로 2분간 침지 세척하여 표면의 잔류이물질을 제거하여 시편을 건조시켰다.

2. 부식 시험용액 제작 및 합금의 부식 시험평가

부식 시험용액은 실험의 신뢰성 확보를 위해 국제표준기구(ISO10271)의 부식시험기준을 이용하여 분석용 증류수에 분석용 90% 젖산(C₃H₆O₃) 10 g과 분석용 염화나트륨(NaCl) 5.85 g을 완전히 용해시킨 후 분석용 증류수를 희석시켜 pH(수소이온농도) 측정기를 이용하여 pH 2.2와 pH 4.4의 부식 시험용액을 제작하였다. 합금 시편의 6개의 면이 부식 시험용액에 침지될 수 있는 밀폐 가능한 폴리에틸렌 튜브에 부식 시험용액을 10 ml 씩 주입하여 각 합금의 시편을 1개씩 침지시켜 2종류의 부식 시험용액

을 15개씩 제작하여 이물질이 들어가지 않도록 폴리에틸렌 튜브커버로 완전히 밀봉하였다. 부식 시험의 온도는 구강 내 온도와 유사한 37℃의 온도의 항온수조에서 7일간 정지 침지시험 후 시편을 제거하고, 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-AES, Perkin Elmer, 미국)를 이용하여 pH 2.2와 pH 4.4의 공 시험(Blank test)을 시행한 후 부식 시험용액의 금속이온을 분석하였다.

3. 자료의 분석

각 합금별 부식 시험용액에서 측정된 금속이온의 농도(ppm)를 선행연구와의 비교를 위해 금속 시편의 단위면적당 금속이온의 부식정도($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)로 환산하여 표기하였다. 시험결과와 분석은 통계프로그램 SPSS ver. 18.0을 이용하여, 합금에 따른 금속성분별 금속이온의 부식차이와 pH 2.2와 pH 4.4의 부식 시험용액에서의 부식성 검정을 위해 Kruskal Wallis test를 이용하여 분석하였다.

III. 결 과

1. 각 합금 금속원소의 부식

Biosil-F[®]합금 시편의 부식시험결과 pH 2.2의 부식용액이 pH 4.4의 부식용액보다 부식수준이 높았으며, pH 2.2의 3번 부식용액에서의 부식 수준은 크롬이온이 0.049ppm(0.136 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)이 분석되었고, 코발트이온 0.489ppm(1.358 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 몰리브덴이온 0.011ppm(0.031 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 규소이온 0.002ppm(0.006 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 망간이온 0.011ppm(0.003 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 총 금속이온 부식수준은 0.562ppm(1.561 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)으로 pH 2.2의 5개의 부식용액 중 금속이온의 부식이 가장 높았다. pH 4.4의 6번 부식용액에서는 크롬이온이 0.001ppm(0.003 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 코발트이온이 0.085ppm(0.236 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 몰리브덴이온이 0.004ppm(0.011 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 망간이온이 0.003ppm(0.008 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 총 금속이온 부식수준은 0.093ppm(0.258 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)으로 pH 4.4의 5개의 부식 용액 중 부식이 가장 높았으며, pH 4.4의 부식용액에서 규소이온은 모든 부식용액에서 검출한계 이하였다(Table 2).

Table 2. Elemental corrosion from Biosil-F casting alloy

pH	No	Biosil-F						
		Cr	Co	Mo	Si	Mn	Total	
pH 2.2	1	ppm	0.043	0.432	0.009	ND	0.008	0.492
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.119	1.200	0.025	ND	0.022	1.367
	2	ppm	0.039	0.407	0.004	0.001	0.008	0.459
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.108	1.131	0.011	0.003	0.022	1.275
	3	ppm	0.049	0.489	0.011	0.002	0.011	0.562
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.136	1.358	0.031	0.006	0.031	1.561
	4	ppm	0.036	0.402	0.005	ND	0.006	0.449
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.100	1.117	0.014	ND	0.017	1.247
	5	ppm	0.041	0.425	0.008	0.001	0.009	0.484
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.114	1.181	0.022	0.003	0.025	1.344
pH 4.4	6	ppm	0.001	0.085	0.004	ND	0.003	0.093
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.003	0.236	0.011	ND	0.008	0.258
	7	ppm	0.001	0.079	0.002	ND	0.001	0.083
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.003	0.219	0.006	ND	0.003	0.231
	8	ppm	ND	0.071	0.001	ND	ND	0.072
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	ND	0.197	0.003	ND	ND	0.200
	9	ppm	ND	0.069	ND	ND	0.001	0.070
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	ND	0.192	ND	ND	0.003	0.194
	10	ppm	ND	0.061	0.001	ND	ND	0.062
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	ND	0.169	0.003	ND	ND	0.172

Solidur-CoCr[®]합금 시편의 부식시험결과 pH 2.2의 부식용액이 pH 4.4의 부식용액보다 부식수준이 높았으며, pH 2.2의 4번 부식용액에서의 부식 수준은 크롬이온이 0.048ppm(0.133 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)이 분석되었고, 코발트이온 0.398ppm(1.106 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 몰리브덴이온 0.010ppm(0.030 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 규소이온 0.002ppm(0.006 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 총 금속이온 부식수준은 0.464ppm(1.289 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)으로 pH 2.2의 5개의 부식용액 중 금속이온의 부식이 가장 높았으며, pH 2.2의 부식용액에서 철이온은 모든 부식용액에서 검출한

계 이하였다. pH 4.4의 부식용액에서는 9번 부식용액에서 크롬이온이 0.002ppm(0.006 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 코발트이온이 0.081ppm(0.225 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 몰리브덴이온이 0.005ppm(0.014 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 망간이온이 0.002ppm(0.006 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 총 금속이온 부식수준은 0.090ppm(0.250 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)으로 pH 4.4의 5개의 부식 용액 중 부식이 가장 높았으며, pH 4.4의 부식용액에서 규소이온과 철이온은 모든 부식용액에서 검출한계 이하였다(Table 3).

Table 3. Elemental corrosion from Solidur-CoCr casting alloy

pH	No	Solidur-CoCr							
		Cr	Co	Mo	Si	Fe	Mn	Total	
pH 2.2	1	ppm	0.042	0.387	0.008	ND	ND	0.009	0.446
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.117	1.075	0.022	ND	ND	0.025	1.239
	2	ppm	0.031	0.341	0.004	ND	ND	0.007	0.383
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.086	0.947	0.011	ND	ND	0.019	1.064
	3	ppm	0.033	0.353	0.007	0.001	ND	0.008	0.402
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.092	0.981	0.019	0.003	ND	0.022	1.117
	4	ppm	0.048	0.398	0.010	0.002	ND	0.006	0.464
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.133	1.106	0.030	0.006	ND	0.022	1.289
	5	ppm	0.039	0.375	0.009	0.001	ND	0.005	0.429
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.108	1.042	0.025	0.003	ND	0.014	1.192
pH 4.4	6	ppm	0.001	0.067	ND	ND	ND	ND	0.068
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.003	0.186	ND	ND	ND	ND	0.189
	7	ppm	0.001	0.073	0.001	ND	ND	ND	0.075
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.003	0.203	0.003	ND	ND	ND	0.208
	8	ppm	0.001	0.071	0.002	ND	ND	ND	0.074
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.003	0.197	0.006	ND	ND	ND	0.206
	9	ppm	0.002	0.081	0.005	ND	ND	0.002	0.090
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.006	0.22	0.014	ND	ND	0.006	0.250
	10	ppm	ND	0.058	ND	ND	ND	0.001	0.059
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	ND	0.161	ND	ND	ND	0.003	0.164

Staroy-C[®] 합금 시편의 부식시험결과 pH 2.2의 부식용액이 pH 4.4의 부식용액보다 부식수준이 높았으며, pH 2.2의 2번 부식용액에서의 부식 수준은 크롬이온이 0.051ppm(0.142 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)이 분석되었고, 코발트이온 0.602ppm(1.672 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 몰리브덴이온 0.019ppm(0.053 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 텅스텐이온 0.161ppm(0.447 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 니오브이온 0.009ppm(0.025 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 바라듐이온 0.059ppm(0.164 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 규소이온 0.004ppm(0.011 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 총 금속이온의 부식수준은 0.905ppm(2.514 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)으로 pH 2.2의 5개의 부식용액 중 금속이온의 부식이 가장 높았으며, pH

2.2의 부식용액에서 철이온은 모든 부식용액에서 검출한계 이하였다. pH 4.4의 부식용액에서는 9번 부식용액에서 코발트이온이 0.095ppm(0.264 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 몰리브덴이온 0.003ppm(0.008 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 텅스텐이온 0.011ppm(0.031 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 바라듐이온 0.002ppm(0.006 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), 총 금속이온의 부식수준은 0.112ppm(0.311 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)으로 pH 4.4의 5개의 부식 용액 중 부식이 가장 높았으며, pH 4.4의 부식용액에서 니오브이온과 규소이온, 철이온은 모든 부식용액에서 검출한계 이하였다(Table 4).

Table 4. Elemental corrosion from Staroy-C casting alloy

pH	No	Staroy-C									
		Cr	Co	Mo	W	Nb	V	Si	Fe	Total	
	1	ppm	0.042	0.512	0.015	0.136	0.006	0.052	0.003	ND	0.766
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.117	1.422	0.042	0.378	0.017	0.144	0.008	ND	2.128
	2	ppm	0.051	0.602	0.019	0.161	0.009	0.059	0.004	ND	0.905
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.142	1.672	0.053	0.447	0.025	0.164	0.011	ND	2.514
pH 2.2	3	ppm	0.045	0.532	0.017	0.147	0.008	0.054	0.002	ND	0.805
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.125	1.478	0.047	0.408	0.022	0.142	0.006	ND	2.236
	4	ppm	0.048	0.575	0.017	0.151	0.007	0.056	0.003	ND	0.857
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.133	1.597	0.047	0.419	0.019	0.156	0.008	ND	2.381
	5	ppm	0.038	0.501	0.013	0.134	0.005	0.049	0.001	ND	0.741
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.106	1.392	0.036	0.372	0.014	0.136	0.003	ND	2.058
	6	ppm	ND	0.089	0.001	0.008	ND	ND	ND	ND	0.098
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	ND	0.247	0.003	0.022	ND	ND	ND	ND	0.272
	7	ppm	0.001	0.091	0.002	0.009	ND	0.001	ND	ND	0.104
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.003	0.253	0.006	0.025	ND	0.003	ND	ND	0.289
pH 4.4	8	ppm	0.001	0.095	0.003	0.011	ND	0.002	ND	ND	0.112
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	0.003	0.264	0.008	0.031	ND	0.006	ND	ND	0.311
	9	ppm	ND	0.087	ND	0.007	ND	ND	ND	ND	0.094
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	ND	0.242	ND	0.019	ND	ND	ND	ND	0.261
	10	ppm	ND	0.084	ND	0.005	ND	ND	ND	ND	0.089
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	ND	0.233	ND	0.014	ND	ND	ND	ND	0.2477

2. pH와 합금의 금속 부식수준

pH 2.2의 부식용액에서 실험합금의 화학 조성에 모두 포함된 금속성분과 총 금속이온의 부식정도는 Staroy-C[®] 합금의 코발트이온이 1.512 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 몰리브덴이온 0.045

$\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 규소이온 0.007 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 총 금속이온 2.263 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 Biosil-F[®]합금과 Solidur-CoCr[®]합금에 비해 높은 부식수준을 보였으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$)(Table 5).

Table 5. Elemental corrosion from metal ions in pH 2.2 Solution

Element	pH2.2			F	p-value
	Biosil-F(N=5)	Solidur-CoCr(N=5)	Staroy-C(N=5)		
Cr	0.115±0.014	0.107±0.019	0.125±0.014	2.327	0.312
Co	1.197±0.096	1.030±0.066	1.512±0.119	12.500	0.002
Mo	0.021±0.008	0.021±0.007	0.045±0.006	9.442	0.009
Si	0.002±0.003	0.002±0.003	0.007±0.003	6.400	0.041
Total	1.359±0.123	1.180±0.091	2.263±0.186	11.580	0.003

Kruskal Wallis test.

pH 4.4의 부식용액에서 실험합금의 화학 조성에 모두 포함된 금속성분과 총 금속이온의 부식정도는 Staroy-C[®] 합금의 코발트이온이 0.248 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 총 금속이온 0.276 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 Biosil-F[®]합금과 Solidur-CoCr[®]합금에 비해 높

은 부식수준을 보였으며 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p < 0.05$), 크롬이온과 몰리브덴이온의 부식은 합금별로 미세한 차이를 보였으나 통계적으로 유의성은 없었다($p > 0.05$)(Table 6).

Table 6. Elemental corrosion from metal ions in pH 4.4 Solution

Element	pH4.4			F	p-value
	Biosil-F(N=5)	Solidur-CoCr(N=5)	Staroy-C(N=5)		
Cr	0.001±0.002	0.003±0.002	0.001±0.002	2.700	0.259
Co	0.203±0.026	0.194±0.023	0.248±0.012	8.781	0.012
Mo	0.005±0.004	0.005±0.006	0.003±0.004	0.165	0.921
Total	0.211±0.034	0.203±0.031	0.276±0.025	7.980	0.018

Kruskal Wallis test.

IV. 고 찰

현재 임상에서 사용되는 치과주조용 비귀금속 합금의 물리적성질 등의 우수함은 제조회사와 많은 선행 연구들에 의해 잘 알려져 있으나, 부식저항성과 같은 치과재료의 안정성에 대한 정보는 부족하였다. 이러한 재료의 부식저항성은 생체적합성과 많은 연관성을 가지고 있어 합금의 금속이온의 부식이 구강조직의 자극과 알러지, 염증과 같은 부작용이 보고되고 있으나(Piliero et al., 1979; Hodosh et al., 1964), 비귀금속 합금의 부식과 관련한 연구는 매우 부족한 실정이다.

본 연구에서는 국제표준기구(ISO10271)의 부식시험기준을 이용하여 3종의 코발트-크롬 합금과 2종류(pH 2.2, pH 4.4)의 부식용액을 이용한 7일간 실험으로 Beck 등(2012)의 니켈-팔라듐-크롬 합금, 니켈-크롬 합금, 2종의 코발트-팔라듐-크롬 합금, 코발트-크롬 합금, 총 5종의 합금을 대상으로 한 부식연구의 pH 2.3과 유사하였으며, 시편표면의 최종처리방법은 젖은 상태의 1,200번의 실리콘 카바이드 페이퍼를 이용하여 표면을 마무리한 방법과 동일하였고, 본 연구의 합금의 시편크기 약 3.6 cm^2 보다 큰 약 8.82 cm^2 의 주조합금의 시편을 이용하였다. 국제표준기구(ISO10271)의 부식시험기준은 1주간의 총 금속이온이 200 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이하로 규정되어 있으며, 이 연구에 사

용된 3종의 합금의 부식수준은 모두 기준치 이하로 측정되었다.

본 연구에서는 pH 2.2의 부식용액에서 코발트이온의 부식수준이 Biosil-F[®]합금에서 1.197 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, Solidur-CoCr[®]합금에서 1.030 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, Staroy-C[®]합금에서 1.512 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 측정되어 매우 낮은 부식 수준을 보였으나, Beck 등(2012)의 5종 합금 부식 연구에서는 코발트-크롬 합금의 부식 수준이 1주일 후 코발트이온이 2.9 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 크롬이온 0.3 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, 몰리브덴이온이 1.6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 측정되어 다른 4종류의 합금들에 비해 최대 약 17.3배의 높은 부식저항성을 보고하였으나, 본 연구의 3종의 코발트-크롬 합금에 비해 높은 금속이온의 부식의 차이를 보였다. 채영진 등(1999) 3일간의 부식실험에서도 1종의 코발트-크롬 합금성분 중 코발트이온의 부식수준이 3일 후 2.30 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 2종의 니켈-크롬 합금의 니켈이온 부식에 비해 최대 약 5.3배의 높은 부식저항성을 보인 연구의 결과와 김영빈 등(2005)의 치과주조용합금의 공식거동연구에서 2종의 코발트-크롬 합금인 Wironit[®]합금과 PDS[®]합금이 니켈-크롬 합금인 Ticonium[®]합금보다 금속의 표면에 국부적으로 발생하는 작은 구멍모양의 부식저항이 우수한 내공식성(pitting corrosion)을 보고하였고, Galo 등(2012)의 인공타액을 이용한 3종의 니켈-크롬 합금과 1종의 코발트-크롬 합금의 동전위 분극연구에서도 코발트

크롬 합금의 부식저항성이 우수하다는 연구결과를 볼 때, 코발트-크롬 합금의 부식저항성이 니켈-크롬 합금에 비해 우수한 것으로 판단된다. 또한 Beck 등(2012)과 김영빈 등(2005), 채영진 등(1999)의 연구에서 합금의 조성성분 중 크롬의 조성성분 비율이 높은 합금의 부식저항성이 높은 것과 동일하게 본 연구에서도 크롬의 조성성분 비율이 높을수록 부식저항성이 높았으나, Beck 등(2012)의 연구와는 달리 본 연구에서는 몰리브덴의 조성성분 비율이 높을수록 부식 저항성이 높은 결과를 볼 때 합금의 내부식성 향상에 크롬과 몰리브덴의 큰 역할을 하는 것으로 판단된다.

하지만 선행 연구들의 코발트-크롬 합금의 부식수준과 본 연구의 코발트-크롬 합금의 부식수준은 연구에 따라 많은 차이를 보였다. 이러한 차이는 pH의 기준과 합금시편의 구조상태, 연마정도, 시편크기의 차이 등에 의한 차이로 판단된다.

고정성 보철의 경우 구강내 조직과 접촉되는 면적은 작지만 한번 장착되면 구강환경의 많은 영향을 줄 수 있으며, 가철성보철의 경우 구강내 노출되는 시간은 고정성보철에 비해 매우 짧지만 보철의 특성상 구강조직과 접촉되는 면적이 넓은 단점이 있기 때문에 비귀금속 합금의 우수한 내부식성이 필요하다. 치과보철물의 구조과정에서 발생하는 수축성기포와 구조체의 결합은 금속의치상과 고정성보철물의 과절의 원인이 되며(양천승, 2004) 합금의 부식수준이 증가하는 원인이 된다. 이러한 비귀금속 합금 중 니켈-크롬 합금의 부식은 구강건강에 악영향을 미친다는 선행 연구들(Silvennoinen-Kassinen et al., 1992; Pierce & Goodkind, 1989; Silver & Misra, 1988; Van Loon et al., 1984; Magnusson et al., 1982)을 볼 때 보철물 제작시 니켈-크롬 합금에 비해 부식저항성이 우수한 코발트-크롬 합금을 이용한 보철물제작이 권장되어야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 임상에서 사용되고 있는 비귀금속 합금 중 코발트-크롬 합금을 대상으로 실시하였으나 코발트-크롬 합금을 대상으로 한 선행 연구의 부족으로 한계성이 있었으며, 국제표준기구(ISO10271)의 부식시험기준을 기준으로 연구를 실시하였으나 7일간의 실험으로 합금의 부식성을 평가하는데 한계가 있다고 판단되어 보다 장기적인 부

식연구와 보다 많은 합금을 대상으로 많은 연구들이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 코발트-크롬 합금 중 가철성보철의 금속의치상용 합금 2종과 치과 금속소부도재용 합금 1종을 대상으로 국제표준기구(ISO10271) 치과용합금의 부식시험법을 기준으로 2종류의 부식용액을 이용하여 7일간 부식 연구 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 가철성보철의 금속의치상용 합금인 Biosil-F[®]합금과 Solidur-CoCr[®]합금이 금속소부도재용 합금인 Staroy-C[®]합금에 비해 총 금속이온의 부식저항성이 높았으며, 유의한 차이를 보였다.(p<0.05)

2. 치과구조용 코발트-크롬 합금의 부식관련성은 크롬과 몰리브덴의 조성이 높을수록 합금의 부식저항성이 높았다.

3. 3종의 코발트-크롬 합금 모두 화학조성 중 코발트의 조성비율이 가장 높았으나, 3종의 합금에 따른 코발트의 조성비율 차이와 코발트의 부식수준은 관련이 없었다.

4. pH 2.2의 부식용액에서 3종의 코발트-크롬 합금 모두 코발트이온의 부식수준이 가장 높았으며, 크롬, 몰리브덴 순으로 금속이온의 부식수준이 높았다.

참 고 문 헌

- 김영빈, 정욱기, 이명신. 0.9% NaCl 용액에서 치과용 주조합금의 공식거동. 구강생물학연구, 29(3), 93-104, 2005.
- 김용식. Biomaterials in Total Hip Arthroplasty. 대한고관절학회지, 16(2), 89-92, 2004
- 양천승. 국소치 부연결장치의 주조방법에 따른 결합특

- 성. 조선대학교 대학원 석사학위논문, 2004.
- 최영진, 육종인, 정문규. 구강점막 상피세포에 대한 치과 주조용 비귀금속 합금의 세포독성. 대한치과보철 학회지, 37(6), 717-728, 1999.
- 한창수, 천재식. 치과주조용 금합금에서 정상인 치은 섬 유세포의 세포 독성연구. 대한구강악안면병리학회 지, 29(4), 271-282, 2005.
- Beck KA, Sarantopoulos DM, Kawashima I, Berzins DW. Elemental Release from CoCr and NiCr Alloys Containing Palladium. *Journal of Prosthodontics*, 21(2), 88-93, 2012.
- Camner P, Casarett-Bruce M, Curstedt T, Jarstrand C, Wiernik A, Johansson A, Lundborg M, Robertson B. Toxicology of nickel. *IARC Sci Publ*, 53, 267-276, 1984.
- Galo R, Ribeiro RF, Rodrigues RC, Rocha LA, Mattos Mda G. Effects of chemical composition on the corrosion of dental alloys. *Braz Dent J*, 23(2), 141-148, 2012.
- Hodosh M, Montagna W, Povar M, Shklar G. Implants of Acrylic Teeth in Human Beings and Experimental Animals: Clinical and Microscopic Studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 18(11), 569-579, 1964.
- International Standards Organization. Dental metallic materials-corrosion test methods, was applied to provide test methods. *ISO 10271*, 2001.
- Kanerva L, Sipiläinen-Malm T, Estlander T, Zitting A, Jolanki R, Tarvainen K. Nickel release from metals, and a case of allergic contact dermatitis from stainless steel. *Contact Dermatitis*, 31(5), 299-303, 1994.
- Marcusson JA. Contact allergies to nickel sulfate, gold sodium thiosulfate and palladium chloride in patients claiming side-effects from dental alloy components. *Contact Dermatitis*, 34(5), 320-323, 1996.
- Magnusson B, Bergman M, Bergman B, Söremark R. Nickel allergy and nickel-containing dental alloys. *European Journal of Oral sciences*, 90(2), 163-167, 1982.
- Pierce LH, Goodkind RJ. A status report of possible risks of base metal alloys and their components. *J Prosthet Dent*, 62(2), 234-238, 1989.
- Silvennoinen-Kassinen S, Ikäheimo I, Karvonen J, Kauppinen M, Kallioinen M. Mononuclear cell subsets in the nickel-allergic reaction in vitro and in vivo. *J Allergy Clin Immunol*, 89(4), 794-800, 1992.
- Silver S, Misra TK. Plasmid-Mediated Heavy Metal Resistances. *Annu Rev Microbiol*, 42, 717-43, 1988.
- Van Loon LAJ, van Elsas PW, van Joost Th, Davidson CL. Contact stomatitis and dermatitis to nickel and palladium. *Contact Dermatitis*, 11(5), 294-297, 1984.