

## 교정장치로부터의 니켈과 크롬의 유리에 관한 연구

류정현<sup>1)</sup> · 오소택<sup>1)</sup> · 강경화<sup>2)</sup> · 김상철<sup>3)</sup>

니켈과 크롬은 대부분의 교정장치를 제작하는데 사용되는 합금을 구성하는 주요한 금속이다. 그러나 이들 금속은 과민반응, 피부염, 천식 등의 주요한 원인이 되며, 이들 금속의 우발적인 흡입에 의해 암이 유발될 수 있음이 보고된 바 있다. 이에 하악 standard edgewise 브라켓을 이용한 사분악의 교정장치를 37°C, 0.05% NaCl 용액에 저장하여 교정 장치의 부식에 의해 유리된 니켈과 크롬을 Inductively Coupled Plasma(ICP) spectroanalyzer를 이용하여 측정하였다. 교정장치로부터, 1일 평균 9.83-70.0µg/day의 니켈이 유리되었으나, 크롬은 10ppb 측정한계에서 측정불가능 하였다. 니켈 유리량은 제품에 따라 유의한 차이를 가져왔다. Galvanic 조건이나 Sand blasting 처리는 니켈 유리량에 증가를 가져왔으나 통계학적으로 유의하지 않았다.

( 주요 단어 : 니켈 유리, 크롬 유리 )

### I. 서 론

구강 내에서 사용되는 교정용 브라켓을 포함한 대부분의 교정장치는 18% 크롬과 8% 니켈을 포함한 스테인레스 스틸을 사용하고 있다. 하지만 니켈과 크롬은 발암성 물질로서, 우발적인 흡입에 의해 암이 유발될 수 있으며, 이들 암의 일차적인 발생부위들로 흡입경로를 따라 허파와 비강 점막 등이 보고되어 왔다.<sup>1-6)</sup>

니켈은 인체에서, 금속에 의해 유도된 알레르기성 접촉성 피부염의 가장 흔한 원인이며, 다른 금속보다 더욱 빈번히 과민반응을 유발하는 것으로 알려졌다.<sup>7-14)</sup> Schriver<sup>7)</sup>는 스테인레스 스틸 호선으로 악간

교정을 했을 때, 쓰라림, 쑤심이나 목, 구개, 치은부의 부종 등의 과민반응을 보고 하였고, Temesvari와 Racz<sup>12)</sup>와 Espana등<sup>13)</sup>은 가철성 국소의치나 총의치 장착에 의한 과민반응을 보고하였다.

니켈 과민반응의 빈도에 관해서, Jones등<sup>14)</sup>은 nickel skin patch test에서 여성의 20%, 남성의 2%에서 양성반응이 나타남을 보고하였고, Blanco-Dalmau등<sup>15)</sup>은 여성의 31.9%, 남성의 20.7%에서 양성반응이 나타남을 보고하였다. Bass<sup>10)</sup> 또한 여성의 28%, 남성의 0%에서 양성반응을 보였다고 보고하였다. 대부분의 이전 연구<sup>10,14-16)</sup>에서 공통적으로 여성에서 남성보다 더 높은 빈도의 과민반응이 나타남을 보고하였으며, 이는 여성들이 귀걸이나 귀금속 장신구, 시계, 머리핀 등의 착용으로 인하여 남성보다 더욱 빈번히 금속에 노출되기 때문이라고 언급하였다.

교정치료와 과민반응의 연관성에 대해, Janson등<sup>16)</sup>은 교정치료 전, 동안, 후의 니켈 과민반응의 빈도에 관한 연구에서, 환자들의 금속 과민반응에 대한 이전의 기왕력과 피부에 접촉하는 금속 물체에 의한 니켈 과민반응 사이에는 연관성이 있다고 결론지었으며, 교정치료 전에는 음성반응을 보이던 환자가 교정치

1) 원광대학교 치과대학 교정학교실, 대학원생.

2) 원광대학교 치과대학 교정학교실, 전임강사.

3) 원광대학교 치과대학 교정학교실, 교수.

교신저자 : 김상철

전북 익산시 신룡동 344-2

원광대학교 치과대학 교정학교실 / 063-850-1960

sangkim@wonkwang.ac.kr

원고접수일 : 2003년 4월 7일 심사통과일 : 2003년 7월 25일

료후 양성으로 반전된 경우를 들어 교정치료가 니켈 과민반응을 유발할 수 있다고 언급하였다. 그러나 Bishara 등<sup>17)</sup>은 교정장치 장착전, 장착후 2개월, 장착 후 4-5개월에 교정환자의 혈액표본을 채취하여 혈중 니켈 농도 분석을 통해, 모든 치아에 일반적인 교정장치나 니켈-타이타늄 합금을 이용한 교정장치가 부착된 환자에서 4-5개월의 교정치료동안 니켈 혈중 농도에서 유의하거나 지속적인 증가를 보이지 않는다고 결론지었다.

교정장치의 부식에 의한 니켈과 크롬의 유리에 관한 체외 연구들<sup>18-20)</sup>은 NaCl 용액이나 인공 타액 내에서 스테인레스 스틸 브라켓이 부식되면서 니켈과 크롬을 유리하지만, 음식에 의한 1일 섭취량 니켈 300-600 $\mu$ g, 크롬 5-100 $\mu$ g과 비교했을 때<sup>21)</sup>, 유의하지 않은 적은 양이라고 보고하고 있다. Park과 Shearer<sup>18)</sup>는 하악 브라켓의 사분악 교정장치를 이용한 연구에서 니켈 40 $\mu$ g, 크롬 36 $\mu$ g이 하루에 유리되며, 이는 1일 섭취량에 비해 훨씬 적지만, 이전에 과민반응을 가졌던 환자에 있어서 과민반응을 유발할 수 있다고 주장했다.

스테인레스 스틸 브라켓의 부식에 영향을 미칠 수 있는 인자들에 대해, Maijer와 Smith<sup>22)</sup>는 재료 자체의 부식에 대한 감수성, 금속에 대한 납착이나 용접 효과, 이형 금속의 존재에 의한 galvanic action, 치태 내 미생물에 의한 대사산물과 pH의 변화, 재생 브라켓의 사용, 산소나 이산화탄소와 같은 gas의 선택적인 상호작용, 장치의 표면적, 장치의 표면 연마 정도 등이 고려되어질 수 있다고 언급하였다.

본 연구에서는 교정장치에 있어서 제품에 따른 니켈과 크롬의 유리량을 알아보고, galvanic 조건이 부식에 의한 니켈과 크롬의 유리량에 영향을 미치는지 여부와 sand blasting 처리가 부식에 의한 니켈과 크롬의 유리량에 영향을 미치는지 여부 등을 알아보고자 하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구 재료

하악의 standard edgewise 브라켓을 이용하여 사분악에 해당되는 가상 교정치료가 준비하였다. 각 조는 1개의 제2대구치 밴드와 튜브, 1개의 제1대구치 밴드와 더블 브라켓, 2개의 소구치 브라켓, 1개의 견치 브라켓, 2개의 하악전치 브라켓으로 구성하였다.

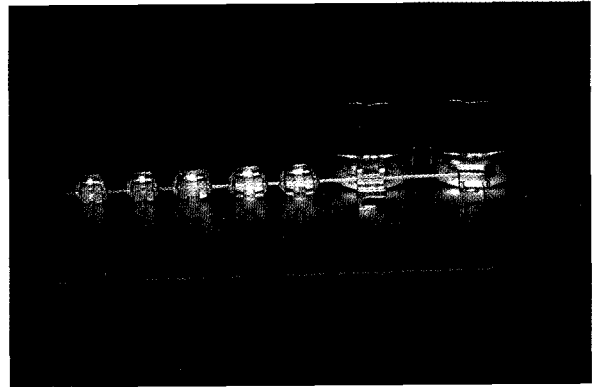


Fig. 1. Simulated mandibular half-arch used to measure the release of nickel and chromium: brackets of 3M Unitek Co. (Dyna-Lock).

각 장치조는 50mm의 .016x.022" 각형 스테인레스 스틸 호선에 elastic ring을 이용하여 결합되어 구성하였다 (Fig. 1).

아래와 같은 4개의 실험군을 준비하였으며, 각 군은 2개의 장치조로 구성하였다.

대조군 : U회사의 브라켓과 구치용 밴드(3M Unitek Co. USA, Dyna-Lock)를 사용

이중 장치군 : T회사의 브라켓과 구치용 밴드(Tomy Co. Japan, MICRO-LOC)를 사용

Galvanic군 : U회사의 브라켓과 구치용 밴드(3M Unitek Co. USA, Dyna-Lock)를 사용하였으며 galvanic 조건을 형성하기 위해 1cm<sup>2</sup> 크기의 83% gold alloy를 통상적인 인공치관의 연마과정을 거쳐 구치용 밴드와 접촉시켜 저장

Sand blasting군 : U회사의 브라켓과 구치용 밴드(3M Unitek Co. USA, Dyna-Lock)를 사용하였으며 각 브라켓과 구치용 더블 브라켓, 튜브에 50 $\mu$ m particle size의 aluminum oxide를 이용하여 1초씩 sand blasting

U회사의 제품은 주형에 금속을 주입시켜(sintering) 하나의 덩어리로 제작되었으며, T회사의 제품은 milling에 의해 제작되었고 브라켓 본체와 기저부의 납착에 gold solder material(Au 33%, Cu 28%, Ag 39%)을 이용한 것으로 파악되었다. 각 회사제품의 성분은 Table 1과 같다.

각 밴드와 브라켓의 접착면을 접착용 세멘트나 레

Table 1. Compositions and manufacturing method of brackets

	U-company (%)	T-company (%)	
Compositions	Cr	16.5	17.0-19.0
	Cu	4.0	—
	Ni	4.0	8.0-10.0
	Mn	1.0	<2.00
	Si	1.0	<0.10
	C	0.07	<0.15
	P	—	<2.00
	Mo	—	<0.80
	Fe	balance	balance
Manufacturing Method	Sintering	Milling & Soldering	

Table 2. Amounts of nickel release per day for each experimental group

	Mean ( $\mu\text{g/day}$ )	SD
Control (U-company)	9.8	1.7
T-company	70.0 *	4.7
Galvanic	10.8	0.2
Sand blasting	11.5	0.2

(\* : significant at level of  $p < 0.05$ )

진으로 회복하려는 시도는 하지 않았다<sup>18)</sup>. 따라서, 본 연구에서의 부식 표면적은 임상에서 나타나는 부식 표면적의 약 2배가 될 것이다.

## 2. 연구 방법

각 장치조는 0.05% NaCl 용액 100ml가 담겨진 밀봉 가능한 폴리에틸렌병에 담겨져 37°C에서 보관하였다. 1일, 3일, 6일, 9일, 12일에 각 병으로부터 100ml의 용액을 추출하고 새로운 100ml의 용액을 첨가하였다. 추출된 용액 내의 니켈과 크롬 분석은 Inductively Coupled Plasma (ICP) spectrometer(JOBIN YVON com., JY50P., detectable limit: 10ppb)를 이용하여 중박 수행되었다. 각 실험군의 1일 평균 유리량과 총누적 유리량을 계산하여, 실험군간 및 기간별 차

이를 Student t-test를 통해 알아보았다.

또한 각 실험군에 사용된 모든 브라켓을 입체 현미경(Stereo Star, AO scientific instruments., AO 580,  $\times 40$ )을 이용하여 부식 부위를 검사하였다.

## III. 결 과

### 1. 니켈의 유리

#### 1일 평균 니켈의 유리량 (Table 2)

각 실험군에서 산출된 1일 평균 니켈 유리량은 이종 장치군에서  $70.0 \pm 4.7 \mu\text{g}$ , Sand blasting 군에서  $11.5 \pm 0.2 \mu\text{g}$ , Galvanic 군에서  $10.8 \pm 0.2 \mu\text{g}$ , 대조군에서  $9.8 \pm 1.7 \mu\text{g}$ 의 순서였으며, 이종 장치군에서 다른 군에 비해 유의하게 더 많은 니켈이 유리되었다.

Table 3. Comparison of amounts of nickel release between control (U-company) and T-company

	Control (U-company)		T-company		Sig.
	Mean( $\mu$ g)	SD	Mean( $\mu$ g)	SD	
0~1 day	1.5	0.6	15.0	5.8	*
1~3 days	5.0	0.8	30.0	11.6	*
3~6 days	9.0	0.4	45.0	5.8	*
6~9 days	4.5	0.6	55.0	7.1	*
9~12 days	9.5	2.9	65.0	5.8	*
Total	29.3	3.9	210.0	12.3	*

Table 4. Comparison of amounts of nickel release between control, galvanic and sand blasting groups ( $\mu$ g)

	Control		Galvanic	Sand blasting		Sig.	
	Mean	SD	Mean	Mean	SD		
0~1 day	1.5	0.6	3.0	1.2	3.5	0.6	NS
1~3 days	5.0	0.8	4.0	1.4	4.5	0.6	NS
3~6 days	9.0	0.4	8.5	1.0	7.5	0.6	NS
6~9 days	4.5	0.6	8.5	4.2	9.5	0.6	NS
9~12 days	9.5	2.9	8.5	1.7	9.5	0.6	NS
Total	29.3	3.9	32.5	2.4	34.5	0.6	NS

(NS : not significant)

**장치종류에 따른 니켈의 유리 (Table 3)**

대조군과 이종장치군의 비교에서, 이종장치군에서는 12일의 실험기간 동안 210.0±12.3 $\mu$ g의 니켈이 유리되었으며, 대조군에서는 29.3±3.9 $\mu$ g이 유리되었다. 이종장치군에서 대조군보다 더 많은 니켈이 유리되었으며, 통계학적으로 유의했다.

**니켈의 유리에 대한 Galvanic 효과 (Table 4)**

대조군과 Galvanic 군의 비교에서, Galvanic 에서 12일의 실험기간 동안 32.5±2.4 $\mu$ g의 니켈이 유리되었으며, 대조군에서는 29.3±3.9 $\mu$ g이 유리되었다. Galvanic 군에서 대조군보다 더 많은 니켈이 유리되었으나 통계학적으로 유의하지 않았다.

**니켈의 유리에 대한 Sand blasting 효과 (Table 4)**

대조군과 Sand blasting 군의 비교에서, Sand blasting 군에서 12일의 실험기간 동안 34.5±0.6 $\mu$ g의 니켈이 유리되었으며, 대조군에서는 29.3±3.9 $\mu$ g이 유리되었다. Sand blasting 군에서 대조군보다 더 많은 니켈이 유리되었으나 통계학적으로 유의하지 않았다.

**2. 크롬의 유리 (Table 5)**

각 실험군에서, 각 기간별로 추출된 표본의 대부분에서, 크롬 유리량은 본 연구에 사용된 Inductively Coupled Plasma(ICP) spectrometer의 검출 한계 10ppb내에서 측정 불가능하였다.

Table 5. Amounts of chromium release for each experimental group

	Control ( $\mu\text{g}$ )				T-company ( $\mu\text{g}$ )				Galvanic ( $\mu\text{g}$ )				Sand blasting ( $\mu\text{g}$ )			
	1i	1ii	2i	2ii	1i	1ii	2i	2ii	1i	1ii	2i	2ii	1i	1ii	2i	2ii
0~1 day	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1~3 days	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
3~6 days	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
6~9 days	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	1	1	1	1	1	1
9~12 days	5	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	1

(1, 2 : sample number, i: 1st examination, ii: 2nd examination)

### 3. 부식 부위 검사

국소적인 rust-colored 부식은 전체 56개의 브라켓과 16개 구치용 밴드 중에서 23개에서 발견되었다. 이런 시각적으로 분별 가능한 부식은 전체 브라켓과 밴드의 약 32%에서 보였다. U회사의 제품을 이용한 실험군들에서는 특정 부식부위가 발견되지 않았지만, T회사의 제품을 이용한 실험군에서는 브라켓 본체와 기저부의 연결부위를 위한 납착부에서 부식이 주로 발견되었다.

## IV. 총괄 및 고찰

크롬은 인체와 동물에서 필수성분으로 알려졌으나,<sup>1)</sup> 니켈은 어떤 동물에서는 필수성분으로 알려졌지만 인체에서도 그러한지는 논란의 여지가 있다.<sup>21)</sup> 니켈과 크롬에 노출되었을 때, 인체의 반응으로 암의 발생, 알레르기(과민반응), 접촉성 피부염, 천식 등이 보고된 바 있다.<sup>1-15,23,24)</sup>

니켈과 크롬에 의한 과민반응의 기전에 관한 이전 연구들<sup>9,25,26)</sup>에 따르면, 니켈에 의한 과민 반응은 thymus-derived lymphocytes-dependent cellular immunity(type IV hypersensitivity)로 알려져 있으며, 이는 최초 노출 후에 특정 항원을 인식할 수 있는, 장기간 생존하는 memory lymphocytes에 의해 발생된다.

니켈 과민반응의 빈도에 관한 이전 연구<sup>10-14)</sup>에 의하면, 남성의 0~20.7%, 여성의 20~31.9%에서 나타나는 것으로 보고되고 있으며, 남성보다는 여성에서 더욱 높은 빈도로 발생되며, 이는 여성들의 귀걸이, 귀금속 장신구, 시계, 머리핀 등의 사용으로 인한 니켈에 대한 빈번한 접촉 때문이라고 설명되었다.

Maijer와 Smith<sup>22)</sup>와 Ceen과 Gwinnett<sup>27)</sup>는 교정용 브라켓 제거 후 치아에 검정색이나 푸른색 착색의 발생을 발견하고, 이와 같은 의원성의 착색은 브라켓의 부식에 의해 형성된 크롬염이 법랑질 내로 침투하여 형성된 것이라고 언급하였다. 브라켓의 위치 시나 레진이 중합되는 동안에 크롬염이 접착용 레진의 monomer로 확산될 수 있으며, 이런 pigmented resin이 white spot과 같은 투과성이 증가된 법랑질 내로 투과된 후 중합되어 형성된 것이라고 주장했다.

치과에서 사용되는 재료들의 니켈과 크롬의 함유량과 이들 재료의 부식에 의해 니켈과 크롬이 유리되는 것에 대한 관심이 증가했다. 특히 교정치료에 사용되는 브라켓, 교정용 호선 및 기타 기구들이 주로 니켈과 크롬을 포함하고 있는 스테인레스 스틸로 제작되었기 때문에 교정 분야에서도 많은 관심을 끌어들였다.

각 실험군에서 1일에 유리된 니켈량은 T회사 제품을 이용한 이종 장치군에서  $70.0 \pm 4.7 \mu\text{g}$ 으로 최대였고, Sand blasting 군에서  $11.5 \pm 0.2 \mu\text{g}$ , Galvanic 군에서  $10.8 \pm 0.2 \mu\text{g}$ , 대조군에서  $9.8 \pm 1.7 \mu\text{g}$ 의 순서였다. 니켈의 음식을 통한 1일 섭취량은  $300-600 \mu\text{g}$ 이며<sup>21)</sup>, 본 연구의 결과와 비교했을 때, 모든 실험군에서 유리된 니켈의 양은 유의하지 않은 적은 양이었다. 그러나 군 간의 비교에서 이종 장치군에서 다른 군보다 통계학적으로 유의하게 더 많은 니켈이 유리되는 것으로 나타났다. 이전의 Park와 Shearer<sup>18)</sup>의 연구에서의 니켈 유리량  $40 \mu\text{g}$ 이나 Barrett 등<sup>20)</sup>의 연구에서의  $26.1 \mu\text{g}$ 과 비교했을 때, U회사의 브라켓을 사용하여 조건을 달리한 대조군, Galvanic 군, Sand blasting 군에서는 더 작았으나 T회사의 브라켓을 사용한 이종 장치군에서는 더 많았다. 이전 연구<sup>18-20)</sup>의 결과와 본 연구의 결

과에서 다소의 차이가 나타난 것은 각 연구간에 사용된 NaCl의 농도 차이나 실험 방법의 차이, 스테인레스 스틸 브라켓에 사용된 합금 차이, 제조 방법의 차이에 의한 것으로 사료된다.

니켈 유리에 대한 이중장치의 효과에 대해, T회사의 이중 장치군에서 실험기간 동안  $210.0 \pm 12.3 \mu\text{g}$ 의 니켈이 유리되었고 대조군에서는  $29.3 \pm 3.9 \mu\text{g}$ 의 니켈이 유리되어, 이중 장치군에서 통계학적으로 유의하게 더 많은 니켈이 유리되는 것으로 나타났다. 두 군사이의 차이는 브라켓의 제조에 사용된 합금에서의 성분 차이와 제조방법에서의 차이 등의 여러 인자가 복합적으로 작용한 것으로 사료된다. 이에 대해 이전의 Grimsdottir 등<sup>19)</sup>의 연구에 의하면, 브라켓의 조성이 니켈과 크롬의 유리량에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이때 브라켓 본체와 기저부의 납착에 사용되는 납착 재료의 존재여부, 과소, 조성 등이 영향을 미치는 것으로 언급되었으며, 납착 재료의 존재는 galvanic action을 형성하므로 부식을 촉진시키고, 니켈과 크롬의 유리를 촉진시키기 때문이라고 하였다.

구강 내 금합금을 이용한 인공치관 장착으로 구치용 밴드 사이에서 발생하는 galvanic action이 니켈과 크롬의 유리량에 유의한 증가를 가져오는가를 알아보기 위한 대조군과 Galvanic 군의 비교에서, 실험기간 동안 Galvanic 군에서는  $32.5 \pm 2.4 \mu\text{g}$ 이 유리되어, 대조군의  $29.3 \pm 3.9 \mu\text{g}$ 보다 더 많은 니켈을 유리했으나 통계학적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 하지만 실제 구강 내와 같이 지속적인 금합금과 교정용 밴드의 접촉이나 교합에 의한 기계적인 힘이 가해질 때는 본 연구의 결과와는 다른 양상이 나타날 수 있을 것이다.

과개교합의 환자의 교정치료 시에 브라켓으로 인한 교합간섭을 제거하기 위한 브라켓의 삭제를 임상에서는 자주 접하게 된다. 이런 브라켓의 삭제는 표면을 거칠게 만들고, 작은 흠들을 발생시키게 된다. 이런 효과가 부식에 영향을 주어 더 많은 니켈과 크롬이 유리되는 것을 알아보기 위한 Sand blasting 군과 대조군의 비교에서, Sand blasting 군에서 실험기간 동안  $34.5 \pm 0.6 \mu\text{g}$ 의 니켈이 유리되어, 대조군의  $29.3 \pm 3.9 \mu\text{g}$ 보다 더 많은 니켈이 유리되었으나 통계학적으로 유의하지는 않았다. Sand blasting 군에서 더 많은 니켈이 유리된 이유로는 각 브라켓에 대한 1초 동안의 sand blasting에 의해 표면에 형성된 passivation layer의 상실을 들 수 있다. passivation layer는 표면의 부가적인 12-20%의 크롬이 산소와 결합하여 형성하며, 이것이 브라켓과 NaCl과의 직접적인 접촉을 차단함으로써, 부식에 대

한 저항성을 가져오게 된다. 이런 passivation layer의 상실이 교합력이나 일반적인 잇솔질에 의해서도 상실될 수 있음이 이전의 연구<sup>22)</sup>에서 언급된 바 있다. 추정되어질 수 있는 다른 요소로는 표면이 더욱 거칠어지고 작은 흠들이 형성됨으로 인해 NaCl과 접촉 면적이 증가되었고, 국소적인 산소 고갈 부위가 형성됨으로 인해 부식에 더욱 민감해졌을 것이라는 것이다. 이런 거친 표면이나 흠들이 구강 내 브라켓이 존재한다면, 환자의 불편감은 물론이고, 구강 미생물의 집락화를 더욱 촉진 시킬 뿐 아니라 미생물의 대사산물이나 국소적인 pH의 변화가 부식을 더욱 촉진시키는 방향으로 국소적인 환경을 변화시킬 것이다. 따라서, 임상에서는 브라켓에 의한 교합간섭을 제거하기 위해 브라켓의 삭제를 시행했을 때는, 삭제면이 거칠지 않도록 rubber와 같은 일반적인 연마재료를 이용하여 연마를 시행하는 것이 환자의 편안과 미생물의 집락의 형성을 방지 및 브라켓 부식으로 인한 니켈과 크롬의 유리를 줄이기 위해 바람직하다.

크롬의 유리량 측정에서, 각 실험군에서 각 기간별로 추출된 대부분의 표본에서 크롬의 유리량은 본 연구에서 사용된 Inductively Coupled Plasma(ICP) spectroanalyzer의 검출한계인 10ppb내에서 측정 불가능하였다. 따라서, 크롬의 1일 유리량은  $1 \mu\text{g}$ 이하라고 추정할 수 있으며, 이는 음식에 의해 1일 섭취되는 양인 5-100 $\mu\text{g}$ 과 비교했을 때<sup>21)</sup>, 유의하지 않을 정도로 적은 양이다. 36 $\mu\text{g}$ 의 크롬 유리를 보고한 Park과 Shearer<sup>18)</sup>의 연구와 본 연구의 결과가 많은 차이를 나타낸 것은 본 연구에서는 크롬 유리량의 대부분을 차지하는 침전물이 발견되지 않았고, 이런 불용해성 크롬을 측정하지 않았기 때문인 것 같다.

부식부위에 대한 검사에서, sintering에 의해 제조된 브라켓에서는 일정한 부식 부위를 발견할 수 없었으나, gold solder material을 이용한 납착 제조방법을 사용한 브라켓에서는 모든 부식이 브라켓 본체와 기저부 사이의 납착부 주변에서 발견되었다. 또한 브라켓과 교정용 밴드사이의 용접부 주변에서도 다수의 부식이 발견되었다. 이는 이전의 Park과 Shearer<sup>18)</sup>와 Grimsdottir 등<sup>19)</sup>의 연구나 Maijer와 Smith<sup>22)</sup>의 교정치료 후 제거된 브라켓의 부식에 관한 연구에서 주요한 부식부위로 용접부위가 언급된 것과 일치한다. 용접부위의 부식이 다른 부위보다 우세한 것은 용접 과정에서 금속에 300-500 $^{\circ}\text{C}$ 의 열이 발생 때문이다. 이런 열의 발생은 재생용 브라켓의 미세구조 변화와 부식에 관한 Buchman<sup>23)</sup>의 연구에서 나타난 것처럼, 금속 미세구조

에 영향을 가져와 금속내 grain의 크기 증가를 가져오고, 그로 인하여 금속의 부식저항성을 감소시키기 때문인 것 같다. 또한 납착부 주변의 부식이 우세한 것은 납착부에 사용된 납착 재료와 브라켓 본체나 기저부 사이에 galvanic 현상이 발생되기 때문이다.

본 연구에서 교정장치로부터 유리되는 니켈과 크롬의 양은 유의하지 않은 적은 양인 것으로 나타났으나 교정용 장치가 건강에 미치는 유해효과를 결정하기 위해서는 교정장치가 구강내 조건에서 유해한 금속 복합물을 방출하는 속도, 인체가 유해한 금속 복합물을 흡수하는 정도, 유해한 금속 복합물이 인체 내에 잔류하는 기간 등에 대한 더 많은 연구가 앞으로 시행되어야 할 것이다.

### V. 결 론

니켈과 크롬은 대부분의 교정장치를 제작하는데 사용되는 합금을 구성하는 주요한 금속이다. 그러나 이들 금속은 과민반응, 피부염, 천식 등의 주요한 원인이 되며, 이들 금속의 우발적인 흡입에 의해 암이 유발될 수 있음이 보고 된 바 있다. 이에 하악 standard edge-wise 브라켓을 이용한 사분악의 교정장치를 37°C, 0.05% NaCl 용액에 저장하여 교정장치의 부식에 의해 유리된 니켈과 크롬을 Inductively Coupled Plasma (ICP) spectroanalyzer를 이용하여 측정하였다. 제품에 따른 니켈과 크롬의 유리량의 차이와 galvanic 조건, sand blasting 처리가 니켈과 크롬의 유리량에 미치는 영향을 알아보다 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 교정장치로부터, 1일 평균 9.8-70.0µg/day의 니켈이 유리되었으나, 크롬은 10ppb 측정 한계에서 측정 불가능 하였다.
2. 제품에 따라 니켈 유리량에 유의한 차이를 가져왔다.
3. Galvanic 조건은 니켈 유리량에 증가를 가져왔으나 통계학적으로 유의하지 않았다.
4. Sand blasting 처리는 니켈 유리량에 증가를 가져왔으나 통계학적으로 유의하지 않았다.

### 참 고 문 헌

1. Psaila-Savona P. Health hazards associated with base metal alloys. Aust Soc Prosthodontists Bull 1982 : 12 : 4-7.
2. Bencko V. Nickel : a review of its occupational and environmental toxicology. J Hyg Epidemiol Microbiol Immunol 1983 : 27 : 237-7.
3. National Institute of Dental Research. Workshop : biocompatibility of

- metals in dentistry. J Amer Dent Assoc 1984 : 109 : 469-71.
4. Moffa JP. Biocompatibility of nickel based dental alloys. Calif Dent Assoc J 1984 : 12 : 45-51.
5. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment : Biological effects of Nickel-containing dental alloys. J Am Dent Assoc 1982 : 104 : 501-5.
6. Eggleston DW. Effect of dental amalgam and nickel alloys on T-lymphocytes : Preliminary report. J Prosthet Dent 1984 : 51 : 617-23.
7. Schriver WR, Shereff RH, Domnitz JM, Swintak EF, Civjan S. Allergic response to stainless steel wire. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1976 : 42 : 578-81.
8. Fisher AA. Contact Dermatitis, ed. 2, 1973, Lea & Febiger, Publishers.
9. Rickles NH, Fine H, Cisneros GJ. Allergy in surface lesions of the oral mucosa. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1972 : 33 : 744-54.
10. Bass JK. Nickel hypersensitivity in the Orthodontic patient. Am J Orthod Dentofac Orthop 1993 : 103 : 280-5.
11. Rickles NH. Oral Pathology, New York, 1965, McGraw-Hill Book Company, Inc., pp. 501-34.
12. Temesvari E, Racz I. Nickel sensitivity from dental Prosthesis. Contact Dermatitis 1988 : 18 : 50-1.
13. Espana A, Alonso M, Soria C, Guimaraens D, Ledo A. Chronic urticaria after implantation of two nickel-containing dental prosthesis in a nickel-allergic patient. Contact Dermatitis 1989 : 21 : 204-5.
14. Jones TK, Hansen CA, Singer MT, Kessler HP. Dental implications of nickel hypersensitivity. J Prosthet Dent 1986 : 56 : 507-9.
15. Blanco-Dalmau L, Carrasquillo-Alberty H, Silva-Parra J. A study of nickel allergy. J Prosthet Dent 1984 : 52 : 116-9.
16. Janson GRP, Dainesi EA, Consolaro A, Woodside DG, de Freitas MR. Nickel hypersensitivity reaction before, during, and after orthodontic therapy. Am J Orthod Dentofac Orthop 1998 : 113 : 655-60.
17. Bishara SE, Barrett RD, Selim MI. Biodegradation of orthodontic appliances. Part II. Changes in the blood level of nickel. Am J Orthod Dentofac Orthop 1993 : 103 : 115-9.
18. Park HY, Shearer TR. In vitro release of nickel and chromium from simulated orthodontic appliances. Am J Orthod Dentofac Orthop 1983 : 84 : 156-9.
19. Grimsdottir MR, Gjerdet NR, Hensten-Petersen A. Composition and in vitro corrosion of orthodontic appliances. Am J Orthod Dentofac Orthop 1992 : 101 : 525-32.
20. Barrett RD, Bishara SE, Quinn JK. Biodegradation of orthodontic appliances. Part I. Biodegradation of nickel and chromium in vitro. Am J Orthod Dentofac Orthop 1993 : 103 : 8-14.
21. Schroeder HA, Balassa JJ, Tipton IH. Abnormal trace metals in man-nickel. J chron Dis 1961 : 15 : 51-65.
22. Maijer R, Smith DC. Corrosion of orthodontic bracket bases. Am J Orthod Dentofac Orthop 1982 : 81 : 43-8.
23. Block GU, Yeung M. Asthma induced by nickel. J Amer Med Assoc 1982 : 247 : 1600-2.
24. Fisher JR, Rosenblum GA, Thomson BD. Asthma induced by nickel. J Amer Med Assoc 1982 : 248 : 1065-6.
25. Maijer R, Smith DC. Biodegradation of the orthodontic bracket system. Am J Orthod Dentofac Orthop 1986 : 90 : 195-8.
26. Gell PGH, Coombs RRA. Clinical Aspects of Immunology, ed. 2. Philadelphia, 1969, F.A.Davis Company.
27. Ceen RF, Gwinnett AJ. Indelible latrogenic staining of enamel following debonding A case report. J Clin Orthod 1980 : 14 : 713-5.
28. Buchman DJL. Effects of recycling on metallic direct-bond orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop 1980 : 77 : 654-68.

- ABSTRACT -

## A study on the release of nickel and chromium from simulated orthodontic appliances

Jeong-Hyun Ryu, Soh-Taek Oh, Kyung-Wha Kang, Sang-Cheol Kim

*Departments of Orthodontics, School of Dentistry, Wonkwang University*

Nickel and chromium are two major metals used in the alloys of most orthodontic appliances. But these metals are known to cause hypersensitivity, dermatitis, and asthma. In addition, a significant carcinogenic and mutagenic potential has been demonstrated for compounds containing these metals. The purpose of this study was to find out how much nickel and chromium was released from orthodontic appliances, and which factors would influence the release. The simulated orthodontic appliances were constructed for a half of a mandibular arch and incubated in 0.05% NaCl solution at 37°C. Nickel and chromium release was quantified with an Inductively Coupled Plasma (ICP) spectroanalyzer.

The results were as follows :

1. From simulated orthodontic appliances, nickel was released 9.83-70.0 $\mu$ g/day but the release of chromium was not detectable in limit of 10ppb.
2. The amount of nickel release was significantly different between the types of appliances.
3. The galvanic condition increased the amount of nickel release, which was not statistically significant.
4. The sand blasting increased the amount of nickel release, which was also not statistically significant.

KOREA. J. ORTHOD. 2003 : 33(5) : 351-8

※ Key words : Nickel release, Chromium release