

## TiN 피막처리된 Co-Cr계 교정용 선재의 물성

김 정 민<sup>1)</sup> · 권 오 원<sup>2)</sup> · 김 교 한<sup>3)</sup>

TiN 피막처리된 Elgiloy (Co-Cr계 선재)의 임상 적용을 검토하기 위하여 제조된 상태의 Elgiloy, 250°C에서 30분간 가열처리된 Elgiloy, TiN 피막처리된 Elgiloy 각각의 4가지 temper, 그리고 비교를 위하여 스테인레스강 선재의 인장강도와 경도를 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 인장강도는 모든 temper에서 TiN 피막처리된 군이 가장 높았고, 가열처리된 군, 제조상태의 군의 순으로 나타났으나 가열처리된 군과 제조상태의 군간에는 통계학적으로 유의한 차가 없었다( $p>0.05$ ).
- 인장강도는 각 temper에서 TiN 피막처리시 제조상태의 Elgiloy보다 약 10kgf/mm<sup>2</sup> 정도의 증가를 보였다.
- 경도값은 Yellow, Green, 그리고 Red temper에서는 TiN 피막처리된 군이 가장 높았고, 가열처리된 군, 제조상태의 군의 순으로 나타났으나( $p<0.05$ ), Blue temper에서는 가열처리된 군과 제조상태의 군간에 통계학적으로 유의한 차가 없었다( $p>0.05$ ).
- 경도값은 각 temper에서 TiN 피막처리시 제조상태 Elgiloy보다 약 50~90VHN 정도의 증가를 보였다.
- 스테인레스강의 선재와 비교할 때 제조상태에서는 Red temper와, TiN 피막처리한 경우는 Green temper와 비슷한 인장강도를 나타내었다.

( 주요단어 : TiN 피막처리, Elgiloy, 인장강도, 경도 )

### I. 서 론

교정 치료에 있어서 정확한 치아이동은 매우 중요하며, 이러한 목적을 달성하기 위해 치아에 적절한 힘을 전달하는 재료가 교정용 선재이다. 일반적으로 교정용 선재는 구강내에서 장시간 사용하여야 하기 때문에 구강 내에서의 변색이나 부식이 없어야 하고, 조작이 쉬워야 하며 납착이 가능하여야 한다<sup>1)</sup>.

교정용 선재는 그 재질에 따라 스테인레스강계, Co-Cr계, Ni-Ti계,  $\beta$ -Ti계, optic fiber계 등의 여러 종류가 있으며 임상에서 각각의 목적에 따라 사용되고 있다.

Elgiloy는 미국의 Elgin사가 시계의 스프링용으로

개발한 합금을 Rocky Mountain Orthodontics사가 교정용 선재로 개발한 Co-Cr계 합금이다. Elgiloy는 유연하여 조작이 용이하고, 조작 후 열처리에 의해 스테인레스강과 비슷한 기계적 성질을 가질 뿐 아니라, 쉽게 납착이 되고, 피로저항이 크며 resilient spring의 기능을 오래 동안 유지하며, 간단한 열처리에 의해 spring performance를 증가시킬 수 있다는 장점 때문에 임상에서 널리 사용되고 있다<sup>2)</sup>.

Elgiloy 선재는 냉간가공과 그 이후의 열처리에 의해 탄성의 크기에 따라 4가지의 temper로 제공되며 각각의 temper에서도 열처리가 가능하기 때문에 Elgiloy의 열처리에 따른 물성의 변화에 관하여 많은 보고<sup>3-9)</sup>가 있었다.

교정용 금속 선재는 구강내에서 장기간 사용에 따른 부식, 금속 이온 용출 등의 문제가 있고, 또 최근에는 교정치료시 심미성의 요구가 커짐으로써 심미성과 부식성, 이온 용출 등의 문제를 해결하고 선재와 브라

<sup>1)</sup> 경북대학교 치과대학 교정학교실, 대학원생

<sup>2)</sup> 경북대학교 치과대학 교정학교실, 교수

<sup>3)</sup> 경북대학교 치과대학 치과재료학 교실, 부교수

켓 사이의 마찰력의 감소를 위하여 표면화학법에 의한 metal ion plating<sup>10-12)</sup>, PD (Plasma Deposition)법<sup>13)</sup>, ion implantation법<sup>14)</sup> 등이 소개되고 있다. 이 중에서도 TiN ion-plating법은 우수한 내식성, 고경도, 내마모성 뿐 아니라 심미적인 황금색을 나타내어 공업적으로 널리 응용되어 왔고<sup>15-18)</sup>, 특히 치과용 재료에 대해서도 TiN의 증착을 시도하여 기계적 성질의 증가, 내마모성 및 내변색성의 향상에 대한 보고<sup>19,20)</sup>가 있었다.

국내에서는 권과 김<sup>21)</sup>이 스테인레스강 교정용 장치물에 TiN 피막처리를 실시하여 심미적으로 더 좋은 색조와 기계적 성질의 증가를 보고하여 임상에서의 사용가능성을 시사한 이래, 스테인레스강 교정용 선재의 TiN 피막처리에 의한 마찰력의 감소<sup>22)</sup>, 내식성과 내변색성의 향상<sup>23)</sup>, 금속이온 용출의 감소<sup>24)</sup> 등에 대한 보고가 있었다.

이와 같이 스테인레스강 교정용 장치물의 TiN 피막처리에 관해서는 보고가 있으나, Co-Cr계 선재의 TiN 피막처리에 따른 물성 변화에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 TiN 피막 처리된 4종류의 temper의 Elgiloy 선재의 물성 변화를 측정하고, TiN 피막처리된 Elgiloy 선재의 임상적용 가능성을 조사해 보았다.

## II. 재료 및 방법

### 재 료

본 실험에서는 TiN 피막처리된 선재로는 Co-Cr계 Elgiloy (Rocky Mountain Co., U.S.A.)의 Blue, Yellow, Green, Red의 4종류의 temper를, 그리고 비교를 위해 스테인레스강 선재인 Tru-chrome (Rocky Mountain Co., U.S.A.)을 사용하였고, 모두 .018" 직경의 선재를 사용하였다.

실험 군으로는 스테인레스강 선재 (Tru-chrome 군), 제조된 상태의 Elgiloy의 4가지 temper의 선재 (E군), TiN 피막처리된 Elgiloy의 4가지 temper의 선재 (TE군), 그리고 250°C에서 30분간 가열 처리된 Elgiloy의 4가지 temper의 선재 (HE군)로 하였다.

### 방 법

#### 1. TiN 피막처리

TiN 피막처리하기 전의 전처리로서 선재를 초음파

세척기에서 trichloroethane, NaOH, distilled water, iso-propyl alcohol에 차례로 세척하여 유기물과 무기물을 제거하였다. 처리된 시편을  $10^{-5}$  torr 정도로 배기시킨 진공조내에서 아르곤가스를 주입하면서 기판에 200V의 전압을 가하여 약 10분간 아르곤가스 bombardment를 실시하여 TiN 층의 밀착력을 높였다.

본 실험에서는 특별한 방전용 가스를 사용하지 않고도 증발물의 증기압을 이용하여 ARC 방전을 일으켜 증발물을 이온화시키는 ARC 방전형 고진공 Ion-plating장치 (PG-SY, Ion-plating system, Shinko Co., Japan)를 사용하였고, 증발원으로 순도 99% 이상의 Ti, 반응성 가스로는 질소(N<sub>2</sub>)를 이용하여 TiN 피막을 얻었다.

TiN 피막처리시 조건으로서 진공조내의 온도를 250°C로 유지하고, 기판에서 150V의 정전압을 걸어 주었으며, 질소 가스 분압은  $6 \times 10^{-4}$  torr로 하였다. 피막처리 후 진공조내의 온도가 100°C 이하로 내려간 후 진공조로부터 시편을 꺼내었다.

#### 2. 인장실험

인장실험은 100mm로 절단된 10개의 시편을 만능인장시험기 (Instron 4202, Instron Co., U.S.A.)에서 crosshead speed 0.5mm/min의 속도로 500kgf의 인장 load cell을 이용하여 행하였으며, 측정된 하중-연신 곡선의 최대 하중점으로부터 인장강도값을 구하였다.

#### 3. 경도실험

10mm로 절단된 선재를 예폭시 레진에 포매 후 미세 경도계 (MXT-a7, Matsuzawa Seiki Co., Ltd., Japan)를 이용하여 100gf의 하중을 가한 후, 하중을 제거하고 그때의 압흔의 길이로부터 경도 값을 구하였다.

#### 4. 통계처리

이상과 같은 인장실험, 경도실험을 통하여 수합된 모든 자료들은 SPSS/PC+ 통계 package를 이용하여 one-way ANOVA (일원변량분산분석기법)으로 각 군간의 차이검증을 시행한 후, 통계적으로 유의한 차이가 나타나는 변수들에 대해서는 유의수준 5%에서 Duncan's multiple range test로 사후검정하였다.

## III. 성 적

스테인레스강, 제조된 상태의 Elgiloy (E), 가열처

**Table 1.** Tensile strength values of each group  
(Unit : kgf/mm<sup>2</sup>)

Group	Mean ± SD
Tru-Chrome	170.3 ± 2.7
Elgiloy Blue	130.9 ± 0.6
Elgiloy Yellow	144.4 ± 1.2
Elgiloy Green	156.1 ± 1.6
Elgiloy Red	177.2 ± 1.9
Heat treated Elgiloy Blue	130.4 ± 0.2
Heat treated Elgiloy Yellow	145.8 ± 0.5
Heat treated Elgiloy Green	158.5 ± 2.4
Heat treated Elgiloy Red	177.4 ± 1.8
TiN ion-plated Elgiloy Blue	140.1 ± 0.6
TiN ion-plated Elgiloy Yellow	152.2 ± 1.1
TiN ion-plated Elgiloy Green	166.7 ± 4.0
TiN ion-plated Elgiloy Red	184.9 ± 0.9

**Table 2.** Surface microhardness values of each group  
(Unit : VHN)

Group	Mean ± SD
Tru-Chrome	363.2 ± 14.4
Elgiloy Blue	350.9 ± 8.2
Elgiloy Yellow	355.1 ± 4.3
Elgiloy Green	408.3 ± 12.6
Elgiloy Red	436.9 ± 2.6
Heat treated Elgiloy Blue	364.6 ± 4.6
Heat treated Elgiloy Yellow	375.7 ± 9.2
Heat treated Elgiloy Green	422.1 ± 7.3
Heat treated Elgiloy Red	448.4 ± 12.0
TiN ion-plated Elgiloy Blue	399.5 ± 20.3
TiN ion-plated Elgiloy Yellow	441.7 ± 7.6
TiN ion-plated Elgiloy Green	469.7 ± 6.4
TiN ion-plated Elgiloy Red	492.2 ± 3.3

VHN : Vickers Hardness Number

리된 Elgiloy (HE), 그리고 TiN 피막처리된 Elgiloy (TE)의 4가지 temper의 인장강도 및 경도의 평균 및 표준편차를 Table 1 및 2에 나타내었다.

- 인장강도 비교에서 Blue, Yellow, Green 및 Red temper에서 모두 TE군이 가장 높았고, HE군, E군 순으로 나타났으나 HE군과 E군간에는 통계학적으로 유의한 차가 없었다( $p > 0.05$ )(Table 3).
- 경도 비교에서 Yellow, Green, 그리고 Red temper에서는 TE군이 가장 높았고 HE군, E군의 순으로 나타났으나( $p < 0.05$ ), Blue temper에서는 HE군과 E군 간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ )(Table 4).
- Tru-Chrome, TiN 피막처리된 Elgiloy Blue (TEB), TiN 피막처리된 Elgiloy Yellow (TEY), TiN 피막처리된 Elgiloy Green (TEG) 및 TiN 피막처리된 Elgiloy Red (TER)간의 인장강도 비교에서 TER군이 가장 높았고, Tru-Chrome군, TEG군, TEY군, TEB군 순으로 나타났으나 Tru-Chrome군과 TEG군 간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ )(Table 5).

**Table 3.** Statistical comparison of tensile strength among each group

Blue				Yellow			
Group	E	HE	TE	Group	E	HE	TE
E	-			E	-		
HE	NS	-		HE	NS	-	
TE	*	*	-	TE	*	*	-

  

Green				Red			
Group	E	HE	TE	Group	E	HE	TE
E	-			E	-		
HE	NS	-		HE	NS	-	
TE	*	*	-	TE	*	*	-

NS : Not significant

\* : Significantly different by Duncan's multiple range test at the level 0.05

E : Elgiloy

HE : Heat treated Elgiloy

TE : TiN ion-plated Elgiloy

**Table 4.** Statistical comparison of microhardness among each group

Blue				Yellow			
Group	E	HE	TE	Group	E	HE	TE
E	-			E	-		
HE	NS	-		HE	*	-	
TE	*	*	-	TE	*	*	-

  

Green				Red			
Group	E	HE	TE	Group	E	HE	TE
E	-			E	-		
HE	*	-		HE	*	-	
TE	*	*	-	TE	*	*	-

NS : Not significant

\* : Significantly different by Duncan's multiple range test at the level 0.05

**Table 5.** Statistical comparison of tensile strength among each group

Group	TEB	TEY	TEG	Tru-Chrome	TER
TEB	-				
TEY	*	-			
TEG	*	*	-		
Tru-Chrome	*	*	NS	-	
TER	*	*	*	*	-

NS : Not significant

\* : Significantly different by Duncan's multiple range test at the level 0.05

TEB : TiN ion-plated Elgiloy Blue

TEY : TiN ion-plated Elgiloy Yellow

TEG : TiN ion-plated Elgiloy Green

TER : TiN ion-plated Elgiloy Red

Tru-Chrome군, TEB군, TEY군, TEG군 및 TER군 간의 경도비교에서 TER군이 가장 높았고 TEG군, TEY군, TEB군, Tru-Chrome군 순으로 나타났다 ( $p < 0.05$ )(Table 6).

#### IV. 고 찰

Co-Cr합금은 고온부식에 강하고, 내열피로성, 용

**Table 6.** Statistical comparison of microhardness between each group

Group	Tru-Chrome	TEB	TEY	TEG	TER
Tru-Chrome	-				
TEB	*	-			
TEY	*	*	-		
TEG	*	*	*	-	
TER	*	*	*	*	-

NS : Not significant

\* : Significantly different by Duncan's multiple range test at the level 0.05

접성, 주조성 등이 우수하여 정밀주조용으로 많이 사용되며, Stellite, Vitailium, Hastelloy, Astroloy, Elgiloy 등의 합금이 공업용으로 개발되었다.

Co-Cr 합금은 스테인레스강에 비해 우수한 물리적 성질을 나타내어 내피로성, 내변형성 등이 크고, 탄성의 성질을 오랫동안 유지할 수 있는 장점을 가진다. 또 전해연마가 가능하고, 쉽게 납착되며 간단한 열처리에 의해서도 spring 능력을 증가시킬 수 있다는 장점이 있다.

Elgiloy의 조성은 40% Co, 20% Cr, 15% Ni, 7% Mo, 2% Mg, 0.15% C, 0.04% Be, Fe balance로 되어 있으며 Elgiloy는 냉간가공과 그 이후의 열처리에 의해 4가지 temper로 제공된다. 즉, Blue(soft temper), Yellow(ductile temper), Green(semiresilient temper) 및 Red(resilient temper)로 이 4가지 temper의 탄성적 성질이 다른데, 이는 선재가공중 인발 과정에서 축적된 가공경화의 정도를 열처리에 의해 적절히 없애 줌으로써 얻어진 것이다. 열처리에 의해 blue가 yellow temper의, yellow가 green temper의 그리고 green이 red temper 정도의 탄성을 나타내게 된다. 보통 red temper는 열처리하지 않고 사용하며, 그 탄성은 같은 직경의 스테인레스강보다 약간 높은 정도를 나타낸다<sup>25)</sup>.

피복된 TiN은 일종의 질화물로 공업적으로는 고경도, 내구력, 내마찰력 및 내식성을 향상시키고<sup>15-18)</sup>, 교정용 장치물의 경우에는 심미성의 향상 및 기계적 성질의 증가<sup>21)</sup>, 용출이온의 감소<sup>24)</sup>, 마찰력의 감소<sup>22)</sup> 등의 장점을 가진다. 권과 김<sup>21)</sup>은 교정용 선재에 TiN ion-plating 시킴으로 Type II gold alloy보다 약간 황색이 강하고, 채도가 유사한 피막이 얻어졌다고 보고하였다. 이때 얻어지는 TiN 피막의 색채적 성질은

온도, 가스분압, 정전압 등의 피막처리시의 조건에 의해서 크게 변화시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서 반응 온도를 250°C, 그리고 질소가스를 단독으로 사용하고 가스 분압을  $6 \times 10^{-4}$  torr로 하여 약간의 green gold 색조의 TiN 피막을 얻었다.

본 연구에서는 Co-Cr계 교정용 선재인 Elgiloy의 4가지 temper를 TiN 피막처리에 따른 물성변화에 대하여 실험하였다. 실험방법으로는 인장강도, 경도의 값을 TiN 피막처리하기 전과 후의 선재에 대하여 측정하였다. 또 비교를 위해 스테인레스강 선재도 같이 실험하였으며, TiN 피막처리가 250°C에서 30분 정도 행해지므로 250°C에서 30분의 가열 효과와 TiN 피막처리 효과를 각각 알아보기 위해 250°C, 30분간 가열한 각 temper의 Elgiloy에 대해서도 같은 실험을 하여 비교하였다.

일반적으로 교정용 선재의 물성은 인장시험에 의해서 많이 구하여지나, 실제적으로 교정용 선재가 인장의 힘을 필요로 하는 경우는 거의 없다. 그러나 각 재료를 비교하는데 기본이 되므로 인장강도, 탄성률 등을 구하는 경우가 많다.

한편 교정용 선재의 탄성율은 ADA 규격 No. 32에 의하면 지점거리 1 inch로 한 cantilever 시험에 의하여 구하도록 되어 있다. Asgharnia와 Brantley<sup>6)</sup>는 교정용 선재의 기계적 성질 특히 탄성계수는 인장시험보다는 임상에서의 상태를 더 잘 나타내는 굴곡시험에 의해서 얻어야 한다고 주장하였다. 그러나 그들은 실험결과 ADA 규격 No. 32에 의해서 얻어진 탄성계수는 직경이 큰 선재에서만 유효하며, 또 열처리한 스테인레스강이나 Elgiloy 선재에 대해서는 정확한 값이 얻어지지 않는다고 보고하였다.

Goldberg 등<sup>26)</sup>은 austenite계 스테인레스강 교정용 선재의 탄성계수는 냉간가공 과정에 의해서 크게 영향을 받는다고 하였지만, Kusy와 Dilley<sup>27)</sup>는 냉간가공의 정도에 따라 탄성계수는 크게 영향을 받지 않고, 탄성계수 값이 여러 연구자에 의해 다르게 보고되는 것은 작은 단면적의 시편을 실험하는데서 일어날 수 있는 실험의 오차라고 주장하였다.

본 실험에서는 인장시험 및 3점 굴곡시험에 의해 탄성계수를 구하였으나, 인장시험에 의한 탄성계수와 3점굴곡 시험에 의한 탄성계수 사이의 일관성이 보이지 않아 실험결과로 사용하지 못하였다. 이와 같은 결과로 보아 교정용 선재의 탄성계수 측정방법에 대해서는 앞으로 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다. 따라서 본 실험에서는 탄성계수 대신에 선재의 표면

을 대상으로 재료의 기계적 성질을 비교적 간단하게 측정할 수 있는 표면미세경도를 측정하여 비교하였다.

실험결과 각 temper에서 TiN 피막처리된 경우가 제조된 상태의 Elgiloy보다 약 4-7% 증가한 인장강도를 나타내었다. Red temper가 스테인레스강 선재보다 약간 높은 인장강도 값을 보였고, TiN 피막처리시 Green temper가 스테인레스강 선재와 비슷한 인장강도를 나타내었다. Elgiloy의 각 temper간에는 약 10~20kgf/mm<sup>2</sup> 정도의 인장강도의 차이가 나며 TiN 피막처리에 의해 약 10kgf/mm<sup>2</sup>의 인장강도가 증가하였다. 권과 김<sup>21)</sup>도 스테인레스강을 TiN 피막처리하였을 때 약 10kgf/mm<sup>2</sup>의 인장강도 값의 증가를 보였다고 보고하였고, 본 실험의 Co-Cr 합금의 경우도 같은 결과가 얻어져 TiN 피막에 의한 강도증가 효과가 재질에 관계없이 거의 일정함을 알 수 있었다.

경도 값은 TiN 피막처리에 의해 각 temper에서 13-24% 정도 증가하였고, 스테인레스강 선재의 경도는 Yellow temper와 비슷하였다.

Elgiloy의 열처리는 900°F(482°C)에서 7-12분간하는 것이 가장 이상적인 것으로 실험에 의해서 밝혀졌고<sup>7)</sup>, 열처리에 의해 기계적 성질이 증가하는 원인은 Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> 등과 같은 금속간 화합물의 석출에 의한 것으로, 어떤 형태로 존재하는가는 Cr과 C의 비에 의해서 결정되는 것으로 알려져 있다<sup>28)</sup>.

본 실험에서는 TiN 피막처리는 250°C에서 30분간 행하므로, 이 온도에서의 가열처리가 Elgiloy에 열처리 경화효과를 가져오는지, 또 열처리 경화효과가 있다면 TiN 피막처리된 재료에서 TiN 피막에 의한 기계적 성질 증가와 가열처리에 의한 열처리 효과를 구별하기 위하여 Elgiloy의 각 temper를 250°C에서 30분간 가열처리한 후 기계적 성질을 측정하였다. 인장강도의 경우 가열처리한 군이 제조상태의 군과 비교하여 거의 변화가 없어 가열처리의 영향은 없었던 것으로 생각된다. Co-Cr-Ni의 3원 상태를 살펴보면 Elgiloy의 조성에서 650°C에서 상온까지는 Cr과 Ni 그리고 αCo로 이루어진 상들이 존재하므로 Elgiloy의 열처리 온도인 480°C나 TiN 처리시 가열되는 온도인 250°C에서는 같은 상들이 존재하게 되고 각각의 온도에서의 열처리는 같은 효과가 나타날 것으로 사료되고, 250°C의 30분의 가열처리로는 고온에서의 열처리와 같이 금속간 화합물의 충분한 석출이 일어나지 않았을 것이다.

그러나 경도의 경우 Blue temper를 제외하고는 가열처리에 의해 유의한 증가가 있었는데 이러한 현상

은 250°C의 30분의 가열처리에 의해 선재 전체에는 석출물의 형성이 이루어지지 못하고 선재의 표면의 입계에 약간의 석출물이 형성된 결과로 생각된다. 경도는 표면의 상태에 영향을 받기 쉬우므로 이와 같은 현상이 나타나는 것으로 생각되나 인장강도는 선재의 단면적 방향으로 하중이 고르게 분포되어 나타나는 결과이므로 인장강도에서의 가열처리의 효과는 나타나지 않은 것으로 생각된다.

이상의 연구에서 Co-Cr계 합금 (Elgiloy)에 TiN 피막처리시 인장강도는 약 10kgf/mm<sup>2</sup> 정도는 13~24% 증가하여 TiN 피막처리된 Co-Cr계 합금의 임상적용 가능성을 시사하나 더욱 정밀한 굴곡시험 및 이온용출시험 등이 필요할 것으로 생각된다.

V. 요약

TiN 피막처리된 Elgiloy (Co-Cr계 선재)의 임상 적용을 검토하기 위하여 제조된 상태의 Elgiloy, 250°C에서 30분간 가열처리된 Elgiloy, TiN 피막처리된 Elgiloy 각각의 4가지 temper, 그리고 비교를 위하여 스테인레스강 선재의 인장강도와 경도를 측정 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 인장강도는 모든 temper에서 TiN 피막처리된 군이 가장 높았고, 가열처리된 군, 제조상태의 군의 순으로 나타났으나 가열처리된 군과 제조상태의 군간에는 통계학적으로 유의한 차가 없었다(p>0.05).
- 인장강도는 각 temper에서 TiN 피막처리시 제조상태의 Elgiloy보다 약 10kgf/mm<sup>2</sup> 정도의 증가를 보였다.
- 경도값은 Yellow, Green, 그리고 Red temper에서는 TiN 피막처리된 군이 가장 높았고, 가열처리된 군, 제조상태의 군의 순으로 나타났으나(p<0.05), Blue temper에서는 가열처리된 군과 제조상태의 군간에 통계학적으로 유의한 차가 없었다(p>0.05).
- 경도값은 각 temper에서 TiN 피막처리시 제조상태 Elgiloy보다 약 50~90VHN 정도의 증가를 보였다.
- 스테인레스강의 선재와 비교할 때 제조상태에서는 Red temper와, TiN 피막처리한 경우는 Green temper와 비슷한 인장강도를 나타내었다.

참고문헌

1. O' Brien WJ, Ryge C. An Outline of dental materials,

Philadelphia, W.B. Saunder Co., 1978:307-319.

2. Rocky mountain dental product company. Orthodontic wire, a product information publication, 1957.

3. Fillmore GM, Tomlinson JS. Heat treatment of cobalt-chromium alloy wire. Angle Orthod 1976;46:187-195.

4. Fillmore GM, Tomlinson JL. Heat treatment of cobalt-chromium alloy of various tempers. Angle orthod 1979;49:126-130.

5. Barrowes KJ. Archwire flexibility and deformation. J Clin Orthod 1982; 16:803-811.

6. Asgharnia MK, Brantley WA. Comparison of bending and tension tests for orthodontic wires. Am J Orthod 1986;89:228- 236.

7. Matin RL, Sarkar NK, Schwaninger B. Effect of the heat treatment on various properties of blue Elgiloy. J Clin Orthod 1884;18:432-435.

8. Waters NE, Huston WJB, Stephens CD. The Characterization of archwires for the initial alignment of irregular teeth. Am J Orthod 1981;79:373-389.

9. Klump JP, Duncanson MG, Nanda RS, Currier GF. Elastic energy/stiffness ratios for selected orthodontic wires. Am J Orthod Dentofac Orthop 1994;106:588-596.

10. Ting CY. TiN formed by evaporation as a diffusion barrier between Al and Si. J Vac Sci Technol 1982;21: 14-18.

11. Mäntylä TA, Helevirta PJ, Lepistö TT, Siitonen PT. Corrosion behavior and protective quality of TiN coatings. Thin Solid Films 1985;126: 275-281.

12. Erdemir A, Carter WB, Hochman RF. A study of the corrosion behavior of TiN films. Materials Science and Engineering 1985;69:89-93.

13. Loh IH, Hudson DM. Plasma enhanced parylene deposition. ANTEC/SPE Conference. Montreal: Society of Plastics Engineering, 1991;1099-1103.

14. Sioshans P. Tailoring surface properties by ion-implantation. Mater Eng 1981;19-23.

15. Sundgren JE. Structure and properties of TiN coatings. Thin Solid Films 1985;128:21- 44.

16. Telama A, Mäntylä T, Kettunen P. A study of defects in sputtered TiN coatings by electrochemical polarization. J Vac Sic Technol 1986;4:2911-2914.

17. Motojima S, Kohno M. Corrosion and abrasion resistivities to sea water and whirled sea sand of TiN-coated stainless steel. Thin Solid Films 1986;137: 59-63.

18. Perry AJ. Tempering effects in ion-plated TiN films : Texture, residual stress, adhesion and colour. Thin Solid Films 1987;146:165-174.

19. 吉成正雄. イオソブレイティングの齒科收復物への應用に關する 研究(I). 齒科材料, 器械 1984;3:71-78.

20. 吉成正雄. イオンプレーティングの歯科收復物への應用に關する 研究(III). 齒科材料, 器械 1986;5:17-25.
21. 권오원, 김교한. 교정용 장치물에 대한 TiN Ion-plating의 응용. 대치교정지 1991;21:7-15.
22. 장시호, 권오원, 김교한. TiN 피막 처리된 교정 장치물의 마찰 저항력에 관한 비교연구. 대치교정지 1993;23:671-691.
23. 김진희, 권오원, 최영운. Ion-plating 법에 의하여 TiN 피막 처리된 교정용 장치물의 변색성 및 내식성. 대치교정지 1993;23:327-340.
24. 김명숙, 성재현, 권오원. TiN 피막처리된 스테인리스강 교정용 장치물의 금속 유리에 대한 연구. 대치교정지 1995; 25:43-54.
25. 김영복. 교정용 탄선재 선택방법의 재평가. 한국약교합·교정연구지 1995; 2:151-197.
26. Goldberg AJ, Vanderby R, Burstone CJ. Reduction in the modulus of elasticity in orthodontic wires. J Dent Res 1977;56: 1227-1331.
27. Kusy RP, Dilley GJ. Elastic modulus of triple stranded stainless steel archwire via three and four point bending. J Dent Res 1984;63:1232-1240.
28. ASM Handbook Committee. Metals handbook, Vol. 8 : Metallography, structure and phase diagrams, 8th ed., 1973;267.

- ABSTRACT -

## THE PHYSICAL PROPERTIES OF TIN ION-PLATED CO-CR(ELGILOY) ORTHODONTIC WIRES

Jung-Min KIM<sup>1)</sup>,\* Oh-Won KWON<sup>1)</sup>, Kyo-Han KIM<sup>2)</sup>

*Department of Orthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University<sup>1)</sup>*

*Department of Dental Materials, School of Dentistry, Kyungpook National University<sup>2)</sup>*

To estimate the possibility of clinical application of TiN ion-plated Elgiloy(Co-Cr wire), measurements of tensile strength and hardness were made on the four tempers on each of the manufactured Elgiloy, the (heat-treated) Elgiloy for 30 minutes at 250°C and the TiN ion-plated Elgiloy.

For comparison, the tensile strength and hardness of Stainless Steel wires were also measured.

The following are the results of the study:

- In the 4 tempers, tensile strength was the greatest in the TiN ion-plated group, followed by the heat-treated Elgiloy group and the manufactured Elgiloy group, but no statistical difference was noticed between heat-treated and manufactured Elgiloy groups(P>0.05).
- In each temper, tensile strength of ion-plated Elgiloy increased about 10kgf/mm<sup>2</sup> in comparison with the values of the manufactured Elgiloy
- In yellow, green and red tempers except the blue, hardness was the greatest in ion-plated group. In the blue temper, there was no statistical difference between heat-treated and manufactured Elgiloy groups(P>0.05).
- In each temper, hardness of ion-plated Elgiloy increased about 50-90VHN in comparison with the values of the manufactured Elgiloy.
- The tensile strength of Stainless Steel wire was similar to that of the red temper of manufactured Elgiloy and the green temper of ion-plated Elgiloy.

KOREA. J. ORTHOD. 1998 ; 28 : 371-377

\* **Key words** : TiN ion-plating, Elgiloy, Tensile strength, Hardness