

## 여러 스테인레스 스틸 호선의 물성 및 표면의 비교

이 성 호<sup>1)</sup> · 김 태 우<sup>2)</sup> · 장 영 일<sup>3)</sup>

본 연구의 목적은 새로이 생산된 국산 스테인레스 스틸호선의 특성을 평가하기 위하여, 현재까지 사용하고 있는 다른 스테인레스 스틸호선과 비교하여, 국산 스테인레스 스틸호선의 특성과 장단점을 분석하고 평가하여 임상적 사용시에 도움을 주고자 하는 것이다. 이를 위해 Unitek의 Standard, Resilient, Hi-T 3종류의 스테인레스 스틸호선과 Ormco의 Stainless Steel, 진성기업의 Stainless Steel등 5종(0.016×0.022과 0.019×0.025)을 가지고 성분, 치수비교, 인장물성, 만곡피로도물성, 비틀림물성, 경도 및 표면등을 관찰하여 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인장물성을 보면, 최대강도는 0.016x0.025의 경우 Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Jinsung Stainless Steel, Ormco Stainless Steel, Unitek Standard 순이고, 0.019x0.025의 경우 Unitek Hi-T, Jinsung, Ormco, Unitek Resilient, Unitek Standard의 순이었다.
2. 연신율은 0.016x0.022의 경우는 Unitek Standard, Ormco Stainless Steel, Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Jinsung Stainless Steel의 순이었고, 0.019x0.025의 경우는 Unitek Hi-T, Unitek Standard, Ormco Stainless Steel, Jinsung Stainless Steel, Unitek Resilient의 순이었다.
3. 탄성계수는 0.016x0.022의 경우 Jinsung Stainless Steel, Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Ormco Stainless Steel, Unitek Standard의 순이었고, 0.019x0.025의 경우 Unitek Resilient, Jinsung Stainless Steel, Ormco Stainless Steel, Unitek Hi-T, Unitek Standard의 순이었다.
4. 만곡피로도실험은 0.016x0.022의 경우 Jinsung Stainless Steel이 8.4회로 구부림에 대한 가장 파절저항도가 컸으며, Unitek Hi-T, Unitek Standard, Unitek Resilient, Ormco Stainless Steel의 순이고 0.019x0.025의 경우는 Unitek Hi-T가 10.4회 견디고, Jinsung Stainless Steel, Unitek Resilient, Unitek Standard, Ormco Stainless Steel의 순이었다.
5. 비틀림실험은 0.016x0.022의 경우 Unitek Resilient가 가장 비틀림에 대한 저항이 큰데, 64.8회의 회전후 파절한다. 그 다음으로 Jinsung Stainless Steel, Unitek Hi-T, Ormco Stainless Steel, Unitek Standard(50.6회) 순이었다. 0.019x0.025의 경우 Jinsung Stainless Steel이 가장 커서 83.2회의 회전에 저항하고, Unitek Resilient, Unitek Standard의 순이고 Ormco와 Unitek Hi-T가 가장 저항력이 작았다.
6. 주사전자현미경으로 본 표면은 모든 제품에서 생산과정 중에 보이는 압흔과 pitting이 관찰되는데, 진성기업의 Stainless Steel은 가늘고 긴 압흔이 있으며 비교적 매끄러운 표면을 보이고, Unitek 사의 경우 압흔과 함께 pitting이 관찰되며, Ormco Stainless Steel의 경우 불규칙한 pitting이 다수 존재했다.

( 주요단어 : 스테인레스 스틸호선, 물리적 성질, 표면 )

<sup>1)</sup> 서울대학교 치과대학 교정학교실, 대학원생.

<sup>2)</sup> 서울대학교 치과대학 교정학교실, 부교수.

<sup>3)</sup> 서울대학교 치과대학 교정학교실, 교수.

교신저자 : 이성호

서울특별시 종로구 연건동 28

서울대학교 치과대학 교정학교실 / 02-760-3038

sebastian181@hotmail.com

### 1. 서 론

교정치료의 목표를 달성하기 위해서는 정확한 치아이동이 필수적이며, 치아의 이동은 주로 교정용 탄선에 의해 이루어진다. 초기의 교정용 선재는 주로 금을 함유하는 귀금속 재료로 제작되었으나, 1929년 치

Table 1. The composition of Jinsung Stainless Steel (unit : wt. %)

	Cr	Ni	Mn	Si	C	P	S
Jinsung	18.86	8.58	1.10	0.35	0.07	0.014	0.002

음 스테인레스 스틸호선이 교정용 호선으로 이용되기 시작되었으며, 30년대 이후 보다 탄성이 높고, 내부식성이 있으며 가격이 저렴한 스테인레스 스틸 호선으로 대체되었다<sup>1)</sup>.

이후 Australian wire, Co-Cr 호선(Elgiloy), multi-stranded stainless steel 호선등의 철강계 호선이 개발되었으며, 그 이후 니켈-티타늄계 호선과 composite plastic wire와 같은 신소재가 개발되어 쓰이고 있으나, 현재에도 많은 임상가들이 스테인레스 스틸호선을 사용하고 있다.

스테인레스 스틸호선은 항복강도가 커서 다른 금속의 교정용 탄선재에 비하여 변형에 대한 저항력이 높다. 또한 마찰력이 적기 때문에 브라켓과의 사이에 생기는 마찰력이 작아서 sliding mechanics를 적용하는 호선으로 가장 적합하다고 할 수 있다. 또한 구외력을 적용할 장치, 예를 들어 J-hook이나 Asher face bow를 사용하여 전치부를 En masse retraction 시킬 때에 적합하다<sup>2)</sup>.

교정용 선재를 굽힐 경우 내부응력이 발생하며, 이러한 응력은 원자격자구조의 불균일성에 의해 발생되며 선재에서 발생하는 복원양상의 원인이 된다. 이러한 복원양상을 elastic memory 라고 하고 가공한 선재의 변형을 일으켜 원하지 않는 치아이동을 야기할 수 있다<sup>3)</sup>. 따라서 스테인레스 스틸호선에 루프, 스프링, 밴드등을 형성한 후 응력제거를 위한 열처리를 시행하여야 한다. 응력제거를 위한 저온 열처리는 선재의 기계적인 성질을 개선하며, 탄성기억(elastic memory) 과정을 촉진시켜 선재의 형태를 안정시킨다<sup>4)</sup>.

현재 국내에서 판매되는 스테인레스 스틸호선은 Unitek사의 Standard, Resiliant, Hi-T 3가지와 Rocky Mountain Orthodontics 사의 Tru-chrome, Ormco의 Stainless Steel, Hi-T, Wallaby 등이 있다. 이들 호선간에 물리적인 성질의 차이가 존재하며, 같은 회사의 다른 호선간에도 물성차이가 있다. 이는 스테인레스 스틸호선은 합금강재를 열간압연하고 인발가공(drawing)하여 2차 가공을 하여 제작되는데, 그 강재의 종류와 가공조건에 따라 물성의 차이가 부여되는 것이며 특히 탄성에 따라 구분하여 시판하기도 한다.

이 실험의 목적은 최근 국내에서 치과 교정용 스테인레스 스틸호선이 개발되어, 성분, 치수비교, 인장물성, 만곡특성, 비틀림물성, 경도 및 표면등의 여러 성질을 현재까지 사용하고 있는 다른 스테인레스 스틸호선과 비교하여, 국산 스테인레스 스틸호선의 특성과 장단점을 분석하고 평가하여 임상적 사용시에 도움을 주고자 하는 것이다.

## II. 연구재료 및 방법

### 가. 연구재료

본 실험에서는 실험군으로 진성기업(Jinsung Co.)의 스테인레스 스틸호선을 사용하고,대조군으로 3M Unitek 의 스테인레스 스틸호선 3가지(Standard, Resilient, Hi-T)와 Ormco사의 스테인레스 스틸호선을 사용하였다.

인장실험, 만곡피로도실험, 비틀림실험, 경도실험, 치수측정, 표면관찰은 0.016×0.022 호선과 0.019×0.025을 사용하였다. 화학 성분 실험은 0.019×0.025 진성기업의 스테인레스 스틸 호선에 대해서 실행하였다.

### 나. 연구방법

#### 1. 성분분석

진성기업의 0.019 x 0.025 스테인레스 스틸호선을 Ion Coupled Plasma(GBC, Australia)를 이용하여, KS D 1801-98 실험방법에 의거하여 정량 및 정성분석을 하였다.

#### 2. 치수비교

각각의 0.016 x 0.022 호선과 0.019 x 0.025 호선을 5개씩 가로와 세로를 마이크로미터 (Mitutoyo, Japan) 로 0.001mm 단위까지 측정하여 통계 처리하였다.

#### 3. 인장실험

만능 실험기(Instron : Model 4466, USA)로 측정하였다. 500kg의 load cell을 가지고, 이동속도(cross

head speed)는 5mm/min으로 하고, 호선의 초점거리 (focal distance)는 100mm로 하였다. 각 군의 호선 5개씩을 호선이 파절될 때까지 인장 실험을 하여 얻은 응력-변형 곡선에서, 데이터를 Series IX software를 사용하여, 다음 사항을 계산하였다.

- 1) 최대인장강도(ultimate tensile strength : kg/mm<sup>2</sup>) : 파절 직전에 호선이 견디는 최대강도를 의한다.
- 2) 연신율(elongation rate : %) : 호선이 파절될 때까지의 호선길이의 변형율을 의미한다.
- 3) 탄성계수(modulus of elasticity : kg/mm<sup>2</sup>) : 가소성이 보이는 범위(elastic range)내에서의 호선의 상대적 견성(stiffness)을 의미하며, 응력-변형 곡선상에서 가소성이 보이는 범위 내에서의 기울기이다. 그러므로, 높은 계수를 보이는 호선은 같은 응력에서 변형율이 적음을 의미한다.

4. 만곡피로도실험

만곡실험은 200mm의 시편을 상방에서는 그립을 이용하여 시편을 잡고, 하방에는 2.5kg의 추를 달아 그립이 0에서 90로 시편을 반복하여 만곡시켜 호선이 파절되는 구부림횟수를 관찰하였다. 각 제품당 5개의 시편을 사용하여 통계 처리하였다.

5. 비틀림실험

경강성 비틀림시험기(홍신상사, 한국)를 이용하여 한국공업규격 KS D3556-84의 방법으로 실험하였다. 즉 한쪽은 고정된 grip으로 잡고 다른편은 회전할 수 있는 grip으로 잡고, 물림간격은 100mm로 회전속도는 분당 45회로 계속 회전시켜 호선을 파절될 때까지 비틀었다. 파절시까지 시편을 비튼 횟수를 관찰한다. 이때 360로 비튼 것을 1회 비틀림한 것으로 간주한다. 각 호선당 5개의 시편을 사용하여 통계 처리하였다.

6. 경도

Micro-Vickers 경도계(MVK-GII, Akashi, Japan)를 이용하여, 한국공업규격 KS B 0811-93의 방법으로 경도를 관찰하였다. 각 호선당 5개의 시편을 이용하여 통계처리하였다.

7. 표면의 관찰

표면을 관찰하기 위하여 주사전자현미경을 사용하였다. 주사전자현미경(JSM-840A JELCO Corp. USA)으로 표면을 관찰하기 위해 초음파 세척기에서 아세톤으로 5분간 세척하고, 70% 이소프로필 알코올 스펀

지로 닦아내어 표면의 이물질 제거하고, 진공관에 넣어서 500배의 배율에서 주사전자현미경으로 관찰하고 촬영하였다.

III. 연구 결과

1. 성분검사

진성기업의 스테인레스 스틸호선의 정성 및 정량분석의 결과는 Table 1.과 같다.

2. 치수비교

각 호선의 가로와 세로를 제어본 결과는 Table 2.와 같다.

동일한 치수로 시판된 제품이라도 회사마다 실질적으로 치수가 서로 다르다. 대체로 Ormco 호선이 가장 두껍고 Jinsung의 제품이 가장 얇았다.

3. 인장실험

각 호선의 인장실험을 통하여 얻은 최대강도, 연신율, 탄성계수는 Table 3.과 같다.

4. 만곡피로도시험, 비틀림시험, 경도시험

각 호선의 만곡피로도시험, 비틀림시험, 경도시험 결과는 Table 4.와 같다.

5. 표면 관찰

주사전자현미경으로 관찰한 표면은 Fig. 1-5에 나타나 있다.

제품마다 차이는 있지만, 생산과정 중에 생기는 압흔자국이 있다. 진성기업의 경우 drawing 과정중에 생기는 장축방향의 가늘고 긴 압흔이 나타났고, 그외의 pitting은 거의 없었다. Unitek의 Standard의 경우 장축방향의 압흔은 가늘고 적었으나 표면에 불규칙적인 pitting이 관찰되는데 0.019x0.025의 경우에 크기가 다양한 pitting이 다수 존재한다.

Unitek Resilient의 경우는 pitting은 거의 없으나 장축방향의 압흔이 굵고 뚜렷하다. Unitek Hi-T의 경우 수많은 다양한 크기의 pitting이 관찰되고 있다. Ormco사의 경우 약간의 장축방향의 압흔과 불규칙한 pitting

**Table 2.** The size of various stainless steel wires in cross section(n=5)

	Wd. (mm)		Ht. (mm)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
0.016 x 0.022				
Jinsung SS	0.401	0.000	0.553	0.000
3M Standard	0.407	0.001	0.562	0.002
3M Resilient	0.408	0.001	0.552	0.001
3M Hi-T	0.407	0.001	0.570	0.003
Ormco SS	0.415	0.002	0.563	0.001
0.019 x 0.025				
Jinsung SS	0.464	0.001	0.640	0.001
3M Standard	0.481	0.003	0.644	0.004
3M Resilient	0.478	0.001	0.640	0.001
3M Hi-T	0.487	0.002	0.644	0.019
Ormco SS	0.487	0.002	0.634	0.001

**Table 3.** The tensile properties of various stainless steel wires (n=5)

	maximum tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )		elongation rate(%)		modulus of elasticity (kg/mm <sup>2</sup> )	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
0.016 x 0.022						
Jinsung SS	200.46	3.48	1.91	0.08	10521.19	491.60
3M Standard	194.56	4.11	2.22	0.23	8832.75	743.35
3M Resilient	202.43	1.76	1.96	0.07	10314.90	312.37
3M Hi-T	207.89	5.98	2.00	0.13	10403.40	391.88
Ormco SS	196.03	4.69	2.06	0.12	9525.51	431.72
0.019 x 0.025						
Jinsung SS	203.61	4.14	2.19	0.14	9310.50	447.15
3M Standard	197.55	3.16	2.32	0.05	8510.03	174.83
3M Resilient	199.50	1.84	2.13	0.06	9380.09	225.87
3M Hi-T	218.81	4.57	2.46	0.11	8895.59	449.37
Ormco SS	201.34	4.69	2.19	0.08	9189.10	170.69

**Table 4.** The bending fatigue properties, twist properties and surface hardness of various stainless steel wires (n=5)

	bending fatigue test		twist test		surface hardness (Hv 1.0kg)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
0.016 x 0.022						
Jinsung SS	8.40	0.89	61.80	1.79	530.40	3.05
3M Standard	7.20	0.45	50.60	1.34	509.40	3.51
3M Resilient	7.20	0.45	64.80	1.30	529.20	3.70
3M Hi-T	7.40	1.14	60.60	0.55	529.20	3.70
Ormco SS	6.00	0.71	58.80	1.48	554.00	20.58
0.019 x 0.025						
Jinsung SS	8.60	0.89	83.20	1.30	544.40	3.21
3M Standard	7.80	0.84	70.40	1.52	547.20	2.95
3M Resilient	8.00	0.71	75.40	2.07	559.00	5.34
3M Hi-T	10.40	0.89	69.40	1.67	562.20	3.35
Ormco SS	7.00	1.00	69.80	6.53	586.80	17.31

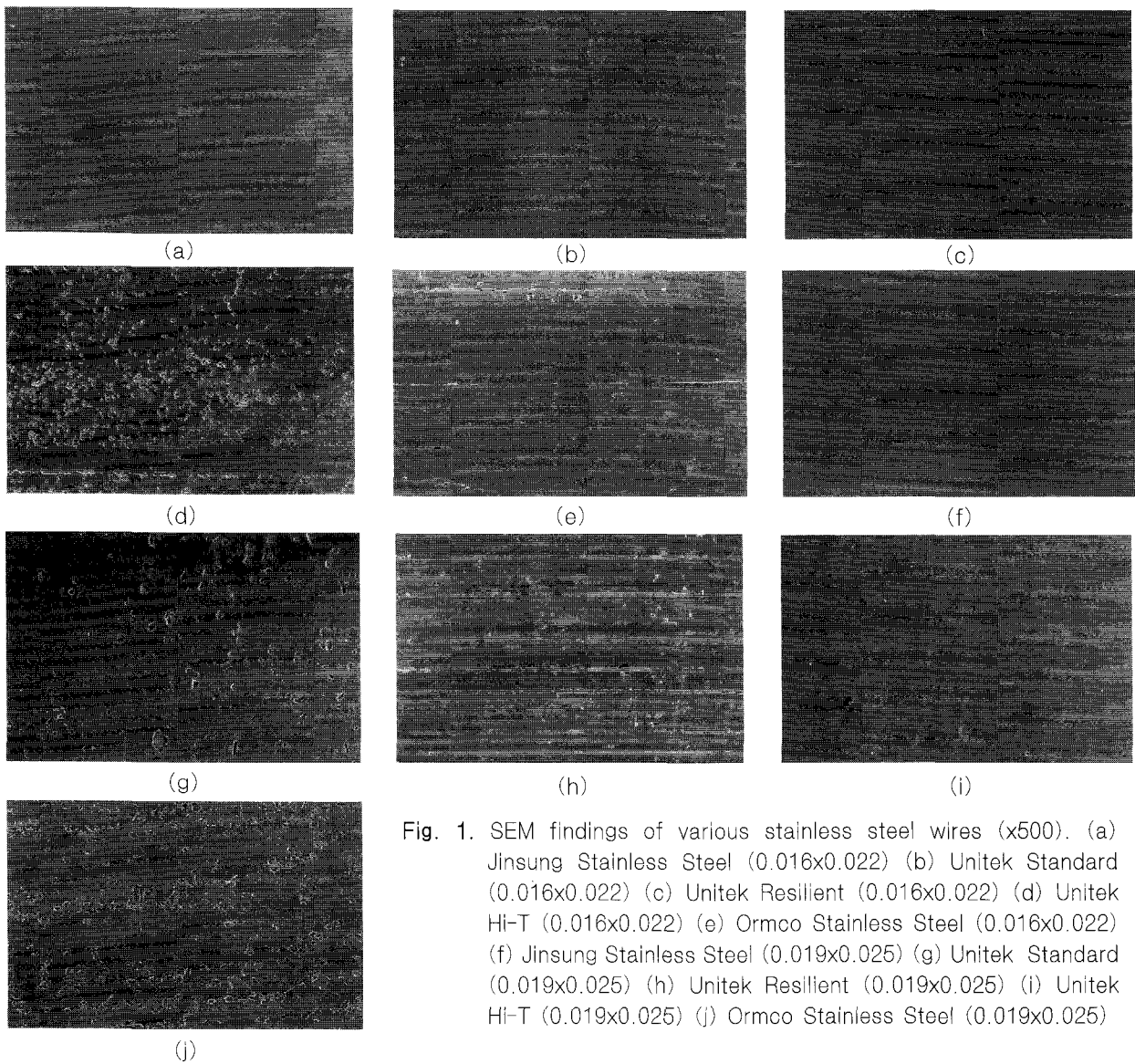


Fig. 1. SEM findings of various stainless steel wires (x500). (a) Jinsung Stainless Steel (0.016x0.022) (b) Unitek Standard (0.016x0.022) (c) Unitek Resilient (0.016x0.022) (d) Unitek Hi-T (0.016x0.022) (e) Ormco Stainless Steel (0.016x0.022) (f) Jinsung Stainless Steel (0.019x0.025) (g) Unitek Standard (0.019x0.025) (h) Unitek Resilient (0.019x0.025) (i) Unitek Hi-T (0.019x0.025) (j) Ormco Stainless Steel (0.019x0.025)

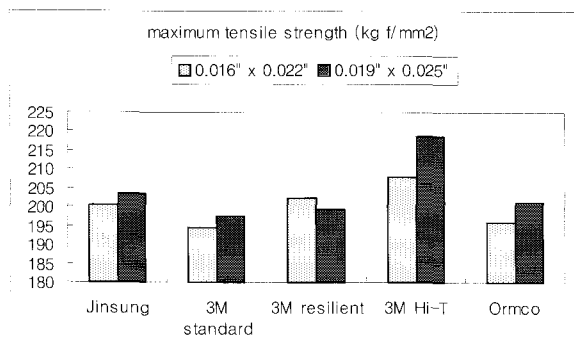


Fig. 2. Maximum tensile strength of various stainless steel wires.

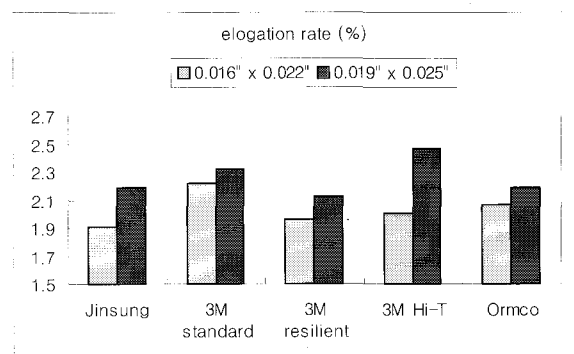


Fig. 3. Elongation rate of various stainless steel wires.

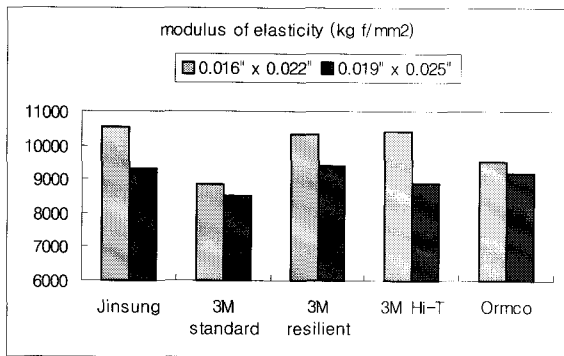


Fig. 4. Modulus of elasticity of various stainless steel wires.

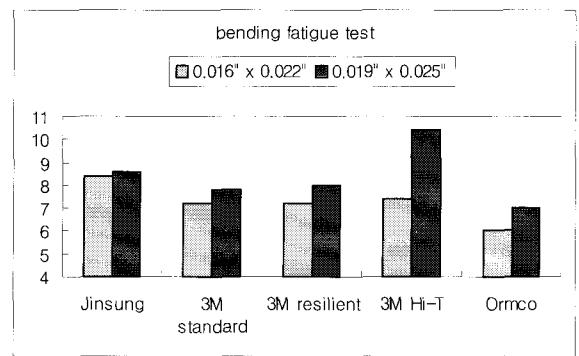


Fig. 5. Bending fatigue resistance of various stainless steel wires.

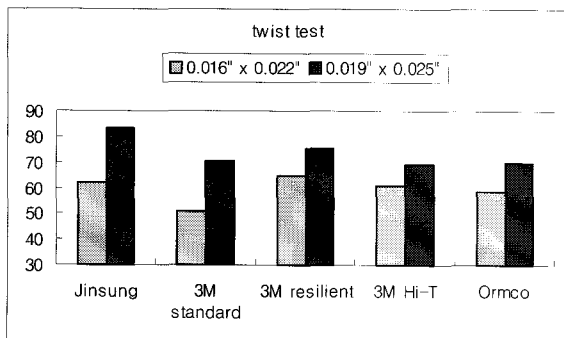


Fig. 6. Twist resistance of various stainless steel wires.

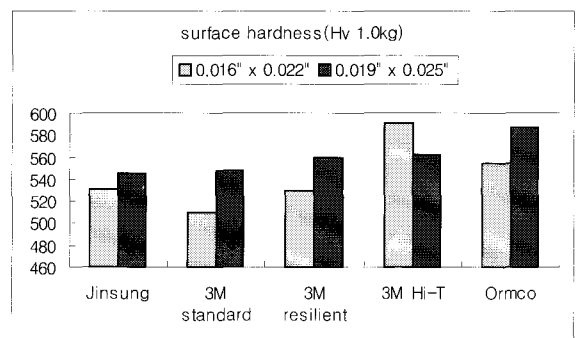


Fig. 7. Surface hardness of various stainless steel wires.

이 존재하고 0.019x0.025의 경우 표면의 irregularity가 관찰된다(Fig. 1).

#### IV. 고 안

화학성분검사서 정성 및 정량검사한 결과는 표1에 나타난 것과 같다. 교정용 탄산재로 사용되는 스테인레스강은 18-8로써 Cr의 함량이 18%, Ni의 함량이 8%이고, 미국철강협회의 분류상 type 302또는 type 304로써 그 성분조건은 Cr 17.00-19.00%, Ni 8.00-10.00%, C 0.15% 이하, Mn 2.00% 이하, Si 1.00% 이하, P 0.045% 이하, S 0.030% 이하이어야 한다. 성분 검사결과, Jinsung기업의 스테인레스 스틸호선의 성분은 교정용 탄산재로써 갖추어야 할 조건을 충족시킨다.

치수를 검사한 결과, 표2처럼 동일한 치수로 시판

되는 호선이라도 제품마다 실질적으로 치수의 차이가 존재하며 제품내의 표준편차는 매우 적었다. Ormco Stainless Steel이 0.016x0.022, 0.019x0.025 모두에서 가장 굵고, Jinsung 기업의 것이 가장 작았으나 그 차이는 0.014-0.023mm 정도로 호선의 굵기의 3.5-5.0% 정도이다. 호선의 크기가 물성에 영향을 미치는데 다른 조건이 동일할 때, 호선의 크기가 증가할수록 마찰력이 증가하며, 인장물성에도 영향을 끼친다<sup>5)</sup>. 물론 마찰력의 경우 이외에 표면거칠기, 호선의 재질, 견성, 곡률반경의 차이, 표면의 편평도, 브라켓과 호선사이의 second order deflection 등의 영향을 받는다.

인장물성을 보면, 최대강도는 0.016x0.025의 경우 Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Jinsung Stainless Steel, Ormco Stainless Steel, Unitek Standard 순이었다. 0.019x0.025의 경우 Unitek Hi-T, Jinsung Sta-

inless Steel, Ormco Stainless Steel, Unitek Resilient, Unitek Standard 의 순이었다(Fig. 2).

연신율은 0.016x0.022의 경우는 Unitek Standard, Ormco Stainless Steel, Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Jinsung Stainless Steel의 순이었다. 즉 인장실험시 파절될 때까지의 변형율이 Unitek Standard가 가장 크고, Jinsung Stainless Steel이 가장 작았다(Fig. 3). 0.019x0.025의 경우는 Unitek Hi-T, Unitek Standard, Ormco Stainless Steel, Jinsung, Unitek Resilient의 순이었다.

탄성계수의 경우는 큰 값을 나타내면, 같은 응력하에서 변형율이 작음을 의미하는 것으로, 0.016x0.022의 경우 Jinsung Stainless Steel, Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Ormco Stainless Steel, Unitek Standard 의 순이었고, 0.019x0.025의 경우 Unitek Resilient, Jinsung Stainless Steel, Ormco Stainless Steel, Unitek Hi-T, Unitek Standard의 순이었다(Fig. 4).

재료학적인 견지에서 보면, Resilient, Standard, Hi-T의 차이는 응력-변형곡선에서 탄성변형구역의 면적의 차이를 의미하며, 일반적으로 Resilient하다는 말은 그 곡선의 기울기(즉, 탄성계수)가 작다는 것을 의미한다. Unitek사의 Standard, Resilient, Hi-T의 경우는 최대인장강도는 0.016x0.025, 0.019x0.025 모두 Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Unitek Standard 순이었고, 연신율의 경우 0.016x0.022는 Unitek Standard, Unitek Hi-T, Unitek Resilient 순이고, 0.019x0.025는 Unitek Hi-T, Unitek Standard, Unitek Resilient의 순이었다. 탄성계수는 0.016x0.022의 경우 Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Unitek Standard의 순이었고, 0.019x0.025의 경우 Unitek Resilient, Unitek Hi-T, Unitek Standard의 순으로 인장 물성에서는 이들 제품간에 일관된 차별화가 이루어지지 않고 있다.

만곡피로도실험은 90°로 시편을 접었다 폈다를 반복하여 호선이 파절되는 횟수를 관찰하는 것으로, 임상적으로는 space closing archwire, multiloop edgewise archwire 등에서 loop를 구부릴 때, 임상가가 호선을 접었다 폈다하는 상황을 재현하는 실험이다. 0.016x0.022의 경우 Jinsung Stainless Steel이 8.4회로 만곡에 대한 가장 파절저항도가 컸으며, Unitek Hi-T, Unitek Standard, Unitek Resilient, Ormco Stainless Steel의 순이며 Ormco Stainless Steel는 6회의 만곡에 파절된다. 0.019x0.025의 경우는 호선이 굽기 때문에 저항이 더 큰데, Unitek Hi-T가 10.4회

견디고, Jinsung Stainless Steel, Unitek Resilient, Unitek Standard, Ormco Stainless Steel의 순이며, Ormco Stainless Steel는 굽곡 7회만에 파절되었다(Fig. 5).

비틀림실험은 호선을 계속 회전시켜 파절할 때까지 비틀어 파절시까지 시편을 비트 횟수를 관찰하는 것으로 0.016x0.022의 경우 Unitek Resilient가 가장 비틀림에 대한 저항이 큰데, 64.8회의 회전후 파절하였다. 그 다음으로 Jinsung Stainless Steel, Unitek Hi-T, Ormco Stainless Steel, Unitek Standard(50.6회) 순이었다. 0.019x0.025의 경우 Jinsung Stainless Steel이 가장 커서 83.2회의 회전에 저항하고, Unitek Resilient, Unitek Standard의 순이고 Ormco Stainless Steel와 Unitek Hi-T(69.4회)가 가장 저항력이 작았다(Fig. 6).

Micro-Vickers 경도계를 이용한 경도는 수치가 높을수록 표면의 hardness가 크다는 것을 의미하며, 0.016x0.022호선에서는 Ormco Stainless Steel(554.00)가 가장 크며, Jinsung Stainless Steel, Unitek Resilient, Hi-T, Standard(509.40)의 순이었다. 0.019x0.025의 경우 역시 Ormco Stainless Steel(586.80)가 가장 크고, Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Unitek Standard, Jinsung Stainless Steel(544.40)의 순이다(Fig. 7).

티타늄합금호선이 널리 쓰이기 전에는 스테인레스 스틸호선의 장점을 극대화시키기 위해 loop를 추가시켰다. 이는 견성을 감소시키거나, range를 증가시킨다<sup>6)</sup>. 또한, 수평적, 혹은 수직적으로 부조화가 존재하는 경우 LDR을 낮추어 견성을 줄이는 것 또한 loop의 첨가로 이루어진다<sup>7)</sup>. 또한 MEAW 기법에서 사용하는 combination archwire, multiloop edgewise arch wire와 straight 기법에서 널리 사용하는 spacing closing archwire 역시 스테인레스 스틸호선에 loop를 부여하여 사용하는 경우가 많다. 이때 임상가들은 loop를 구부리는 과정에서 다시 구부렸다 펴는 과정이 있을 수 있는데, 만곡실험의 기본 개념이다.

또한, 토크를 부여하는 것을 응용하는 것이 비틀림 실험의 기본 개념이다. 호선에 loop를 구부리는 과정 중 종종 파절될 수 있다. 만곡실험과 비틀림실험을 통해 loop와 토크부여시 파절저항도를 알아보는 것이다<sup>8)</sup>.

이번 실험에서는 지금까지 국내에서 널리 사용되는 스테인레스 스틸호선의 기본 물성을 비교하여 보았다. 현재 시판되는 스테인레스 스틸호선은 각각 치

수 및 물리적인 성질에서 얼마간의 차이를 보이고 있다. 본 실험에 사용된 새로 제조된 국산 스테인레스 스틸호선의 경우 인장물성에 있어 탄성계수가 우수하며, 만곡피로도특성, 비틀림특성도 우수하였으며, 대체로 표면처리도 우수하였다.

본 논문에서 사용된 제품군의 수가 적으므로 제조된 모든 제품을 대표한다고 볼 수는 없다. 그러나, 교정용 재료를 수입에 의존하지 않고 국산화한다는 관점에서 새로 개발된 국산재료의 물성에 대한 비교연구는 더 나은 재료의 개발을 위한 기초자료를 제공하는데 그 의의가 있다고 할 수 있다.

### V. 결 론

국산 스테인레스 스틸호선의 특성을 평가하기 위해 성분, 치수비교, 인장물성, 만곡특성, 비틀림물성, 경도 및 표면등의 여러 성질을 현재까지 사용하고 있는 다른 스테인레스 스틸호선과 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인장물성을 보면, 최대강도는 0.016x0.025의 경우 Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Jinsung Stainless Steel, Ormco Stainless Steel, Unitek Standard 순이고, 0.019x0.025의 경우 Unitek Hi-T, Jinsung Stainless Steel, Ormco Stainless Steel, Unitek Resilient, Unitek Standard 의 순이었다.
2. 연신율은 0.016x0.022의 경우는 Unitek Standard, Ormco Stainless Steel, Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Jinsung Stainless Steel의 순이었고, 0.019x0.025의 경우는 Unitek Hi-T, Unitek Standard, Ormco Stainless Steel, Jinsung Stainless Steel, Unitek Resilient의 순이었다.
3. 탄성계수는 0.016x0.022의 경우 Jinsung Stainless Steel, Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Ormco Stainless Steel, Unitek Standard의 순이었고, 0.019x0.025의 경우 Unitek Resilient, Jinsung Stainless Steel, Ormco Stainless Steel, Unitek Hi-T, Unitek Standard의 순이었다.
4. 만곡피로도실험은 0.016x0.022의 경우 Jinsung Stainless Steel이 8.4회로 만곡에 대한 가장 파절저항도가 컸으며, Unitek Hi-T, Unitek Standard,

unitek Resilient, Ormco Stainless Steel의 순이고 0.019x0.025의 경우는 Unitek Hi-t가 10.4회 견디고, Jinsung, Unitek Resilient, Unitek Standard, Ormco Stainless Steel의 순이었다.

5. 비틀림실험은 0.016x0.022의 경우 Unitek Resilient가 가장 비틀림에 대한 저항이 큰데, 64.8회의 회전후 파절한다. 그 다음으로 Jinsung Stainless Steel, Unitek Hi-T, Ormco Stainless Steel, Unitek Standard(50.6회) 순이었다. 0.019x0.025의 경우 Jinsung Stainless Steel이 가장 커서 83.2회의 회전에 저항하고, Unitek Resilient, Unitek Standard의 순이고 Ormco와 Unitek Hi-T가 가장 저항력이 작았다.
6. 주사전자현미경으로 본 표면은 모든 제품에서 생산과정 중에 보이는 압흔과 pitting이 관찰되는데, 진성기업의 스테인레스 스틸호선은 가늘고 긴 압흔이 있으며 비교적 매끄러운 표면을 보이고, Unitek 사의 경우 압흔과 함께 pitting이 관찰되며, Ormco사의 경우 불규칙한 pitting이 다수 존재한다.

### 참 고 문 헌

1. Wilkinson JV. Some metallurgical aspects of orthodontic stainless steel, Am J Orthod 1962 : 48 : 192-202.
2. Kim YB. A reassessment of orthodontic wire selection. 대약안면성형지 1995 : 2 : 151-215.
3. 오정제, 박수병, 손우성. 열처리가 냉간가공한 stainless steel wire의 복원양상에 미치는 영향. 대치교정지 1992 : 22 : 647-55.
4. Thurow RC. Edgewise orthodontics, Saint Louis, Mosby.
5. Frank CA, Nikoli RJ. A comparative study of frictional resistance between orthodontic bracket and arch wire. Am J Orthod 1980 : 78 : 593-609.
6. Kusy RP, Stevens LE. Triple stranded stainless steel wire. Angle Orthod 1987 : 57 : 18-32.
7. Ghosh J, Nanda RS, Currier GF. Stiffness-deflection behavior of selected orthodontic wires. Angle Orthod 1997 : 67 : 209-18.
8. Kapila S, Sachdeva, R. Mechanical properties and clinical applications of orthodontic wires. Am J Orthod Dentofac Orthop 1989 : 96 : 100-109.



- ABSTRACT -

## PHYSICAL PROPERTIES AND SURFACE TOPOGRAPHY OF ORTHODONTIC STAINLESS STEEL WIRES : COMPARING A NEW KOREAN PRODUCT WITH OTHERS FROM FOREIGN COMPANIES

Sung-Ho Lee, Tae-Woo Kim, Young-Il Chang

*Department of Orthodontics, College of Dentistry, Seoul National University*

The purpose of this study was to investigate the property of a new Korean stainless steel wire(Jinsung Ind.) comparing with other foreign products. Five types of stainless steel wires (Standard, Resilient, HI-T of Unitek, Stainless steel of Ormco and Jinsung Ind.) in 0.016x0.022 and 0.019x0.025 were tested to observe for composition analysis, size difference, tensile properties, flexure bending property, torsion property, surface hardness and surface topography by means of SEM. The findings suggest that:

1. In maximum tensile strength of tensile properties, Unitek Hi-T showed the greatest value, followed by Unitek Resilient, Jinsung Stainless Steel, Ormco Stainless Steel, Unitek Standard in 0.016x0.022, and Unitek Hi-T showed highest value, followed by Jinsung Stainless Steel, Ormco Stainless Steel, Unitek Resilient, Unitek Standard in 0.019x0.025.
2. In elongation rate, Unitek Standard showed the greatest value, followed by Ormco Stainless Steel, Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Jinsung Stainless Steel in 0.016x0.022, and Unitek Hi-T showed the highest value, followed by Unitek Standard, Ormco Stainless Steel, Jinsung Stainless Steel, Unitek Resilient in 0.019x0.025.
3. In modulus of elasticity, Jinsung Stainless Steel showed the greatest value, followed by Unitek Hi-T, Unitek Resilient, Ormco Stainless Steel, Unitek Standard in 0.016x0.022, and Unitek Resilient showed the highest value followed by Jinsung Stainless Steel, Ormco Stainless Steel, Unitek Hi-T, Unitek Standard in 0.019x0.025.
4. In bending fatigue test, Jinsung Stainless Steel showed the greatest fracture resistance, followed by Unitek Hi-T, Unitek Standard, Unitek Resilient, Ormco Stainless Steel in 0.016x0.022, and Unitek Hi-T showed the greatest fracture resistance followed by Jinsung Stainless Steel, Unitek Resilient, Unitek Standard, Ormco Stainless Steel in 0.019x0.025.
5. In twist test, Unitek Resilient showed the greatest fracture resistance, followed by Jinsung Stainless Steel, Unitek Hi-T, Ormco Stainless Steel, Unitek Standard in 0.016x0.022, and Jinsung showed the greatest fracture resistance, followed by Unitek Resilient, Unitek Standard, Ormco Stainless Steel, Unitek Hi-T.
6. In surface topography, every products showed indentation and pitting. Jinsung stainless steel wire showed long thin indentation and relatively smooth surface. Unitek wires showed indentation and pitting and Ormco wire showed a lot of irregular pittings.

KOREA. J. ORTHOD. 2001 : 31(1) : 149-57

※ **Key words** : stainless steel wire, physical property, surface topography