

가공선 크라스프의 가요성에 관한 비교 연구

서울대학교 치과대학 치과보철학교실

엄태완 · 장익태 · 김광남

- 목 차 -

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고찰
- V. 결 론
- 참고문헌

I. 서 론

후방연장 국소 의치의 직접 유지 장치는 의치의 착탈 및 기능시에 지대치에 가해지는 측방압을 최소한으로 줄이도록 제작되어야 한다. 그 해결책으로서 직접 유지 장치에 사용하는 금속의 가요성(flexibility)을 부여 하기 위해 가공선이 사용되어 왔으며, 이 가공선으로는 금속간의 성질을 비교할 수 있으나, 임상적 기능을 비교하는데에는 한계가 있다. 더욱 임상에 근접한 정보를 얻기 위해서는 임상 사용과 유사한 조건을 부여하여야 한다. Bush등¹⁾은 인장 강도와 굽힘 비례 한도간의 관계에 대해 연구한 바 있으며, Taylor와 Peyton⁶⁾은 열처리한 가공선의 인장 강도와 굽힘 강도간의 관계를 평가하였으며 실험 결과 두 성질간에 연관성이 있음을 보고 하였다.

가공선의 cantilever bending test로서, Moore와 Peyton⁷⁾은 직선 형태의 stainless steel wire에 대한 시험을 하였으며, 이⁸⁾는 교

정용 가공선의 loop 형성에 의한 하중변형도에 관한 시험을 하였다. Morris등⁹⁻¹¹⁾은 자신이 개발한 기기를 이용하여 압축과 인장을 연속 반복한 Stress-relaxation test를 하였으며, Frank와 Nicholls¹²⁾도 같은 기기를 이용하여 가공선의 가요성을 비교하였다. 그 외에도 Shell¹³⁾은 Tinius Olsen stiffness tester를 이용하여, 각도 변위에 의한 가공선의 가요성을 비교하였으며, 교정용 가공선에 대한 실험으로는, Brantley¹⁴⁾등의 굽힘 변형 시험, Yoshikawa등¹⁵⁾의 flexure modulus에 관한 시험, Drake등¹⁶⁾의 인장, 굽힘, 비틀림에 관한 시험, Burstone등¹⁷⁾의 최대 굽힘한도에 관한 시험, 권¹⁸⁾의 인장과 굽힘 시험 등이 있다.

가공선의 가요성에 영향을 미치는 요소로서는, 금속 성분, 가공선 단면 형태, taperness, 길이, 직경, 열처리 등이 있는데 Coleman⁴⁾은 가공선의 물리적 성질을 측정하는 기준을 만들었으며 Paffenbarger등과 Taylor등^{3,5,6)}은 열처리와 성분 변화에 의한 가요성의 비교를 하였고, Frank등¹²⁾은 성분, 직경의 변화에 따르는 결과를 보고하였으며 Morris등^{10,11)}은 성분, 직경, 길이의 차이에 의한 가공선과 주조 금속의 가요성을 비교한 바 있다. Bush등¹⁾은 단면 직경의 변화에 의한 물리적 성질의 비교실험에서, 굽힘비례한도에 차이가 없었다고 보고하였다. 가공선의 국소의치 부착 방법에 따르는 가요성의 변화에 관한 실험으로서, Brudvik과 Wormley¹⁹⁾는 납착 방법이 가장 가요성이 높

있다고 보고하였으며 Stadel등²⁰⁾은 가공선을 국소 의치 금속 골체와 같이 주조한 경우와 레진에 매식한 경우, 영구 변형의 양이 크다고 하였다. Matheson등²¹⁾은 영구 변형된 가공선의 제조정에 의한 가요성의 변화에 차이가 없었다고 했다. 본 연구의 목적은 가공선의 가요성에 영향을 미치는 요소들을 연구함으로써 가공선을 이용한 직접유지장치의 임상적 응용에 도움을 주는데 있다. 이 실험에서 저자는 cantilever bending test를 이용하여 성분, 직경, 열처리의 변화에 따르는 가공선의 가요성의 변화를 측정할 바, 다소의 지견을 얻었기에 그 결과를 보고하고자 한다.

II. 연구재료 및 방법

가) 실험재료

1) 귀금속 합금

미국치과의사협회 치과재료규격 No. 7에 의하면, 금과 백금계의 함량이 75% 이상인 합금은 Type 1, 그리고 금과 백금계의 함량이 65% 이상인 합금을 Type 2로 분류하고 있

다.

본 실험에 사용한 귀금속 합금은 Elastic, Denture clasp, PGP(Ney회사), Clasps wire (Degussa 회사), D.M.(동명), Standard, No. 2(Jelenko회사)이다. Degussa제품은 19, 18, 17 gauge를, 그외의 가공선은 19, 18 gauge를 실험에 이용하였다(Table 1).

2) 비귀금속 합금

합금의 대부분은 stainless steel계에 속하며, 교정용으로 쓰이고 있다. 국소의치의 직접유지 장치로 사용하는 대표적인 합금으로 Ticonium이 있으며, 이 합금을 실험의 재료로 선택하였다.

나) 실험방법

각 금속재료를 25mm길이의 시편으로 총 12개씩 제작 하였다. 이들을 4개씩 3개의 group으로 나누어, group 1은 시편상태로 분류하였고, group 2는 시편을 교정용 ligature wire로 묶어(Fig. 1), 700°C에서 10분간 열처리한 후 실온 수중에서 급냉시켰으며, group 3은

Table 1. Wrought wire alloys tested

Wire	Manufacturer	Major Components
Elastic	J.M. Ney Co. Bloomfield, CT.	Au (15%), Pt (9%), Pd (37%)
Denture Clasp	J.M. Ney Co.	Au (50%), Pd (5%)
PGP	J.M. Ney Co.	Au (25%), Pt (50%), Pd (25%)
Degulor- Clasps wire	Degussa AG Frankfurt 1	Au (65%), Ag (13%), Pt (8.9%), Cu (11.5%)
D.M.	Dong Myung Co. Armonk, N.Y.	Au (67%), Ag (12%), Pd (11.5%) Pd (2%)
Standard	J.F. Jelenko & Co. Armonk, N.Y.	Au (63%), Pt (10%), Ag (11.5%) Pd (2%)
No. 2	J.F. Jelenko & Co.	Au (65%), Ag (19%), Pd (8.9%)
Ticonium	Ticonium Co. Albany, NY	Ni (10%), Cr (19%), Co (50%) W (13%), Fe

Au = gold, Pt = platinum, Ag = silver, Pd = paladium, Cu = copper, Ni = nickel, Co = cobalt, Cr = cromium, W = tungsten, Fe = iron

group2와 같은 과정을 거친후 다시 450°C에서 2분간 열처리 후 250°C까지 30분에 냉각시킨 후 oven cooling시켰다. wire holder로서 직경 5.5mm, 길이 40mm의 brass rod 중앙에 가공선 직경에 맞게 구멍을 형성하여 제작한 다음 (Fig. 2), 시편을 여기에 끼워, 실험길이가 10mm가 되게 한 후, rod의 측면을 나사로 조여 시편이 탈락하지 않게 하였다. 다음 과정으로 이 rod를 부착할 수 있는 만능측정기기의 하부 accessory를 강철로 제작하였다. 실험에 사용한 기기는 독일의 Zwick회사의 Universal prüf maschine을 사용하였다(Fig. 3). 만능측정기기의 상부 accessory는 5mm/min의 속도로 하강시켜 가공선의 장축에 직각인 힘을, 시편의 실험길이가 10mm되는 부위에 가하여

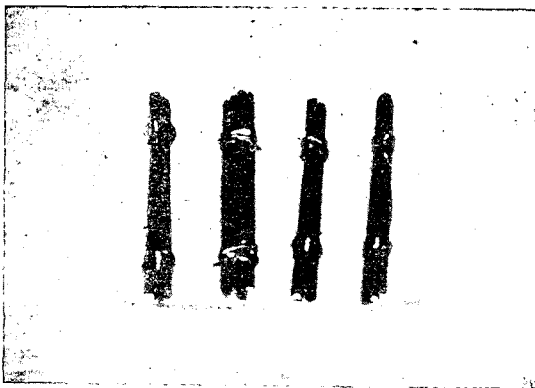


Fig. 1. Test samples bounded together with stainless steel wire.

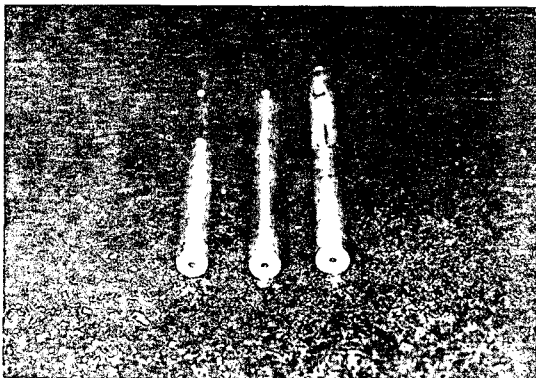


Fig. 2. Brass rod into which the wire is inserted.

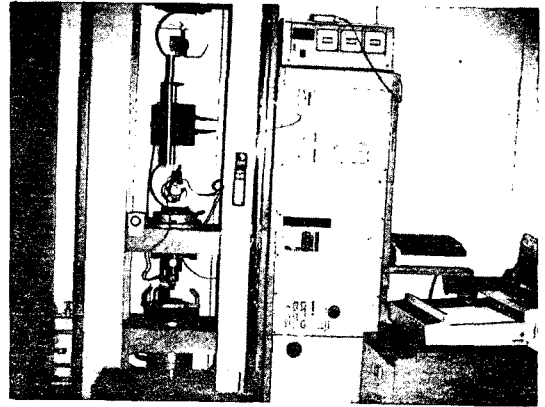


Fig. 3. Universal prüf maschine (Type 1474, Zwick GmbH & Co.)

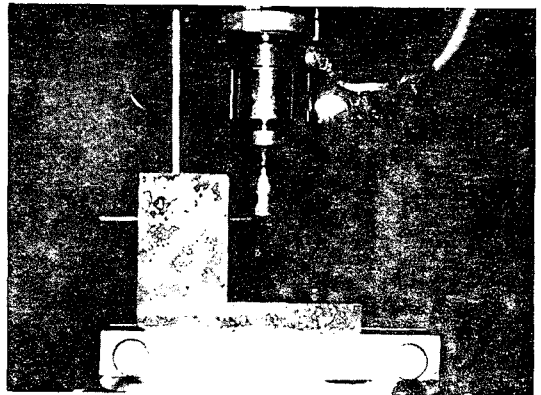


Fig. 4. The wire loaded in the form of cantilever beam.

cantilever bending을 하였다(Fig. 4). Force-deflection recorder는 상부 accessory 1mm 하강당 6mm의 chart speed로 조정 하였다. 이때 0.25mm, 0.50mm의 굴곡에서의 힘을 측정하여 각 group의 평균치를 측정하였다.

III. 연구성적

* 연화 열처리에 의한 가요성의 변화

19 gauge 가공선의 0.25mm deflection 경우 연화열처리에 의한 가요성의 증가가 모든 종류의 가공선에서 있었으나, D.M.에서만 유의한 차이가 있었으며 (Fig. 5), 0.50mm deflection시에는 Denture clasp, D.M., Standard에서 유의한 차이가 있었다(Fig. 6).

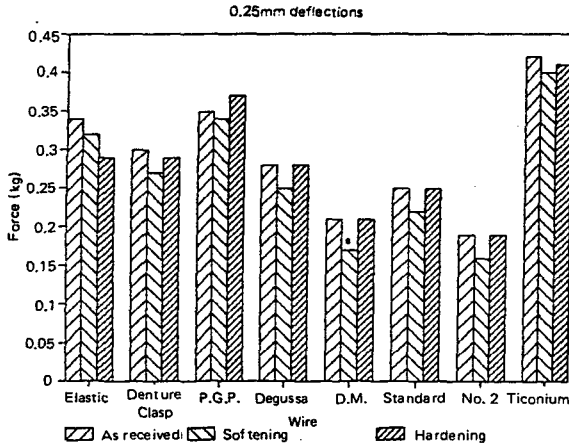


Fig. 5. Force at 0.25mm (0.01 inch) deflections for all eight 19 gauge samples.

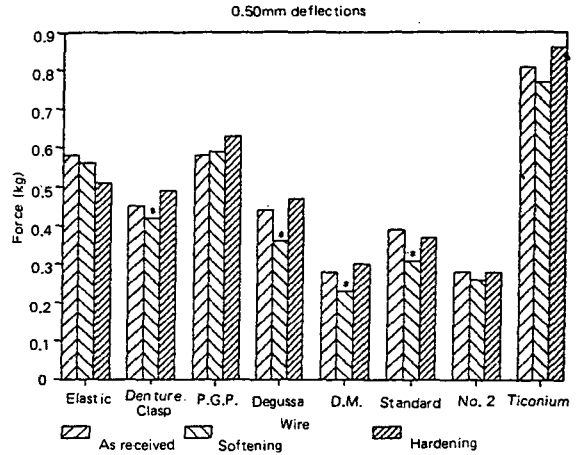


Fig. 6. Force at 0.50mm (0.02 inch) deflections for all eight 19 gauge samples.

Table 2. ANOVA and Duncan's multiple range test for wrought wire alloys

Condition	Deflection	Gauge	ANOVA	Duncan' group
A. R.	0.25mm	19	*	Tic PGP Ela Den Deg Std D.M. No. 2
		18	*	Tic PGP Ela Deg Den Std D.M. No. 2
	0.50mm	19	*	Tic Ela PGP Den Deg Std No. 2 D.M.
		18	*	Tic PGP Deg Ela Std Den D.M. No. 2
Softening	0.25mm	19	*	Tic PGP Ela Den Deg Std D.M. No. 2
		18	*	Tic Deg PGP Ela Std Den D.M. No. 2
	0.50mm	19	*	Tic PGP Ela Den Deg Std D.M. No. 2
		18	*	Tic Deg PGP Den Ela D.M. Std No. 2
Hardening	0.25mm	19	*	Tic Ela PGP Den Deg Std No. 2 D.M.
		18	*	Tic Deg PGP Ela No. 2 Den D.M. Std
	0.50mm	19	*	Tic PGP Ela Den Deg Std No. 2 D.M.
		18	*	Tic Deg PGP Ela Den D.M. Std No. 2

* $P < 0.05$

Tic = Ticonium, PGP, Ela = Elastic, Den = Denture clasp, Deg = Degussa, Std = Standard. D.M., No. 2. Groups connected by horizontal lines are not significantly different.

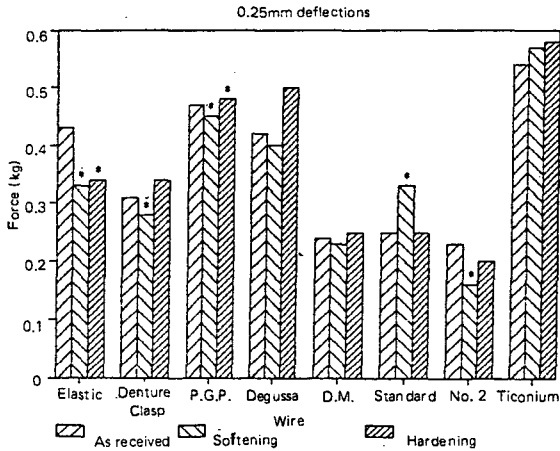


Fig. 7. Force at 0.25mm (0.01 inch) deflections for all eight 18 gauge samples.

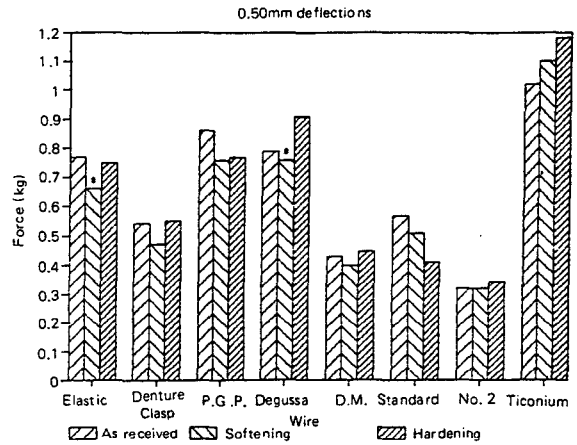


Fig. 8. Force at 0.50mm (0.02 inch) deflections for all eight 18 gauge samples.

Table 3. Significance of the differences among gauges

Gauge	Deflection	Elastic	Dent clasp	P G P	D M.	Standard	No. 2
19-18	0.25mm	*		*	*		
	0.50mm	*	*	*	*	*	
		Degussa	Ticonium				
19-18	0.25mm						
	0.50mm	*	*				
18-17	0.25mm	*	*				
	0.50mm	*	*				

* P < 0.05

18 gauge 가공선의 0.25mm deflection 경우에는 Elastic, Denture clasp, PGP, Standard, No.2, 에서 유의한 차이로 가요성의 증가가 있었으며 (Fig. 7), 0.50mm deflection 시에는 Degussa에서만이 가요성의 유의한 차이가 있었다 (Fig. 8). ($p < 0.05$)

* 경화 열처리에 의한 가요성의 변화

경화열처리 경우, 모든 gauge의 wire에서 비교군과 유의한 차이가 없었다. ($p < 0.05$)

* Wire의 종류에 따른 가요성의 차이

열처리상태, deflection 정도, gauge 차이에 따른 가요성의 변화에 있어서, 가장 가요성이 높은 합금은 No.2이었으며, 가장 가요성이 낮은 금속은 Ticonium이었다 ($p < 0.05$) (Table 2).

* Gauge의 차이에 따른 가요성의 변화

No.2를 제외한 모든 wire에서, gauge의 차이에 의한 가요성의 변화에 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.05$) (Table 3).

IV. 총괄 및 고찰

가공선 합금의 가요성을 측정하는 방법으로, 저자는 cantilever bending을 이용하였다.

19 gauge 선재 경우, 0.25mm deflection 시 드는 힘의 양은 140-460g이었으며, 0.50mm deflection 시 230-910g의 힘이 필요하였다. 주어진 deflection에서 가장 힘이 많이 가해진 가공선은 비귀금속 합금인 Ticonium이었으며, 귀금속 합금에서는 PGP가 bending force가

가장 컸다. 치아의 동요를 일으킬 수 있는 힘의 양을 300g이라고 볼때¹⁰⁾, Ticonium과 PGP를 제외한 모든 가공선에서 임상적으로 적합하다고 하겠다.

18 gauge 선재 경우, 0.25mm deflection시에는 250-1060g의 힘이 필요하며, 0.50mm deflection시는 340-1230g으로서의 의치의 착탈시에 치아의 무리한 힘을 가할 수 있다.

대부분 18 gauge 가공선을 사용하고 있으므로, clasp에는 적절히 제작된 reciprocation이 필요하다. 이 실험에서는 시편길이가 10mm이므로 소구치, 전치에 clasp를 사용할 경우 그 길이가 더 짧으므로 더 많은 힘이 필요하다. Frank등⁴⁾은 18 gauge의 wire에 힘을 가함에 있어서, 선재의 길이를 감소시킨 결과 deflection은 0.425mm에서 0.150mm로 크게 감소하였다고 보고하였다. 따라서 치아에 가해지는 힘을 일정하게 하기 위해서는 gauge의 조절이 필요하다. 국소의치의 적당한 유지력을 400-1000g이라고 볼때 19, 18 gauge의 가공선은 임상적으로 적합한 상태라 할 수 있다.

Brudvik과 Morris¹¹⁾는 곧은 선재와 굽은 선재를 실험비교한 결과, 굽은 선재에서 가요성이 6% 감소하였으며, 수차례 굽힐 경우 강직성이 더욱 증가하는 것을 볼때, circumferential wire는 최소한으로 굽혀야 한다고 하였다.

Frank와 Nicholls¹²⁾는 18 gauge에서 19 gauge로 직경감소시, 41%의 탄성 강도가 감소하였다고 보고하고있다. Matheson등²¹⁾은 19 gauge가 18gauge 보다 가요성이 32% 더 크다고 하였다.

연화열처리에 의한 효과는 귀금속합금의 경우, gauge의 변화에 상관없이 가요성의 증가를 보였으나, 동종금속에서 gauge와 deflection의 양에 따르는 가요성의 일관성이 없는 이유는 금속의 비례한도의 차이에 기인 한다고 본다.

가요성의 증가는 wire를 구부러서 지대치에 접합시키기에 수월한 장점이 있다.

그러나, 이 상태로는 유지력의 약화도 야기하지만, 환자의 부주의로 인한 변형^{33,34)}을 방지하기 위하여 경화열처리를 하게 된다. 따라

서 납착이나 주조부착한 경우 연화열처리의 효과가 나타나므로, 후에 경화열처리를 할 필요가 있다²³⁾. 경화열처리를 한 경우 귀금속합금에서는 시편상태와 유사한 정도의 가요성을 나타냈다. 비귀금속합금인 Ticonium에서는 열처리에 의한 가요성에 차이가 없었다. Paffenbarger등²⁴⁾에 의하면 Ticonium을 비롯한 비귀금속 주조합금의 열처리에 의한 효과는 적었다고 하였다. Morris등²⁵⁾에 의하면 국소의치용 비귀금속 주조합금의 열처리 결과, as-cast상태가 어떤 형태의 열처리 보다도 강도가 높았다고 하였다. 공급되는 wire의 상태는 일정하지 않았으며, Ney회사의 경우 소둔상태로 공급이 되며³⁴⁾, Jelenko회사 제품은 반경화상태로 제공된다²³⁾. 따라서, 시편상태에서의 가요성이 너무 큰 금속은 금속주조물 제작시 경화열처리가 필요하다.

Bush와 Peyton²²⁾은 귀금속 가공선의 기계적 성질연구에서 선재의 단면크기에 따르는 굽힘시의 비례한도에는 차이가 없었다고 하였다. 다만 기준두께가 18 gauge로서 이보다 작은 gauge의 wire는 비례한도가 작았으며, 열처리에 의한 변화는 없었다고 하였다.

Bush등²⁾은 가공선의 성분중 백금의 함량이 클수록, 합금의 입자크기가 작아지게 되며, 열처리에 의한 영향을 덜 받는 것으로 나타났다고 하였다. 따라서 PGP wire경우 열처리에 의한 가요성의 변화가 적다고 하겠다. 그 외에도 Brudvik등^{28/35)}은 구리가 들어가지 않은 합금은 열처리에 의한 효과가 적다고 하였다. 비귀금속합금인 Ticonium은 열처리에 의한 가요성의 변화를 찾을 수 없었다. 가공선 크라스프의 가요성은 원형주조 크라스프보다 우수하여, Frank등²⁶⁾은 19, 20 gauge의 원형주조 크라스프의 가요성이 18 gauge의 가공선 크라스프의 그것과 유사 하다고 하였다. 가공선의 단면형태도 중요한 역할을 하며, Morris등²⁷⁾은 크라스프의 넓이-두께 관계와 taperness가 가요성에 중요한 영향을 미친다고 하였다. McGivney²³⁾는 크라스프에 가해지는 stress를 균일하게 분포하기 위해서는 가공선을 taper시켜야 하며, 이로써 가요성은 더욱 우수해 진다

고 하였다.

열처리시의 온도는 모든 합금에 해당되는 적절한 온도는 아니나, 열처리온도의 차이에 의한 편차를 최소화할 수 있다. 그리고 같은 열처리하에 있는 시편은 미리 절단하여 가공정화에 의한 오차를 줄이도록 하였으며 교정용 ligature wire로 묶어 열처리하여 시편간의 온도차를 최소화 하였다.

가공선재는 본 실험에서 변수로 사용한 성분, 직경, 열처리에 의해 가요성이 변화할 뿐만 아니라 금속구조물에 부착시키는 법에 따라 서로 달라질 수 있다. Brudvik과 Wormley¹⁹⁾에 의하면 금속구조물에 주조한 경우나 부연결 장치에 가까이 납착할 경우, 가요성이 많이 감소하며 금속구조물의 retentive mesh후방에 납착할 경우 시판상태와 유사한 가요성을 얻을수 있다고 하였다. 따라서 가공선 크라스프의 시작 부위에 납착하면, 가요성이 감소 할뿐만 아니라 파절될 가능성도 있다.

보철물의 취급 부주의로 인해 얻은 영구 변형은 조절할 필요가 있다. Matheson등²¹⁾은 계속된 영구 변형에 의한 가공선의 가요성에 대해 연구한 결과 임상적으로 문제될 만큼 가요성이 변화하지는 않았으나 영구 변형에 의한 유지력의 감소는 중요한 결과를 나타냈다고 했다. Stade등²⁰⁾도 가공선 크라스프의 가요성에 대한 제작 방법의 영향에 관해 실험한 결과 금속구조물과 같이 주조한 경우 강직성이 증가했다고 하였다.

실험 과정에서, 선재의 열처리 전후의 직경의 오차는 무시하였으며 하중시의 고유장축의 편위, 나사로 고정시에 발생하는 stress에 의한 가공경화도 고려하지 않았다. 본 실험에 의한 가공선의 가요성을 임상적으로 적용하기 위해서는, 직경과 성분, 열처리의 적절한 선택이 필요하다고 하겠다. 그 외에도, 변수로서 작용할 수 있는 단면형태, taperness, 길이의 조합에 의한 가요성의 비교평가도 필요하다고 본다.

V. 결 론

저자는 가공선의 가요성을 비교분석 하기 위하여, cantilever bending을 이용하여, 7종류의 귀금속합금과 1종류의 비귀금속합금 가공선의 직경, 성분, 열처리상태의 변화에 따르는 가요성의 차이를 비교연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 가공선의 두께, 열처리 여부에 관계없이 Ticonium의 가요성이 가장 낮았으며, 가요성이 가장 높은 금속은 No. 2였다.
2. 연화열처리 결과, 대부분의 귀금속 합금에서 가요성의 증가를 보였으나, 유의한 차이는 없었다.
3. 경화 열처리에 의한 가요성의 변화는 없었다.
4. 가공선 굵기의 변화에 따른 가요성의 변화에 유의한 차이가 있었다.

REFERENCES

1. Bush, H.S., Taylor, D.F., and Peyton, F.A. A comparison of the mechanical properties, chemical compositions, and microstructures of dental gold wires. J Prosthet Dent 1: 177, 1951.
2. Crowell, W.S.: The development of physical testing of dental materials and specifications for testing methods. J.A.D.A. 19: 87, 1932.
3. Taylor, N.O., and Paffenbarger, G.C., and Sweeny, W.T.: A study of wrought gold alloys: Preliminary report. J.A.D.A. 19:410, 1932.
4. Coleman, R.L.: Physical properties of dental materials II.: J.A.D.A., 12:520, 1925.
5. Paffenbarger, G.C., Sweeney, W.T., and

- Issacs A.: Wrought gold wire alloys: Physical properties and specification. *J.A.D.A.*, 12: 520, 1925.
5. Paffenbarger, G.C., Sweeney, W.T., and Issacs, A.: Wrought gold wire alloys. Physical properties and a specification. *J.A.D.A.* 19:2061, 1932.
 6. Taylor, D.F., and Peyton, F.A.: A comparison of the tensile and bending properties of dental gold wires. *J Dent Res* 30:290, 1951.
 7. Moore, G.R., and Peyton, F.A.: Measuring forces of displacement in orthodontic spring appliances. *Internat. J. Orthodontia.* 19: 683, July 1933.
 8. 이용국 : Looped wire의 하중변형도와 열처리에 의한 변화. *대한치과교정학회지*, 16 : 133 1986.
 9. Morris, H.F., Asgar, K., and Tillitson, E.: Stress-relaxation testing. Part 1: A new approach to the testing of removable partial denture alloys, wrought wires, and clasp behavior. *J Prosthet Dent* 46:133, 1981.
 10. Morris, H.F., Asgar, K., Roberts, E.P., and Brudvik, J.S.: Stress-relaxation testing. Part 2: Comparison of the bending profiles, microstructures, microhardnesses, and surface characteristics of several wrought wires. *J Prosthet Dent* 46:256, 1981.
 11. Brudvik, J.S., and Morris, H.F.: Stress-relaxation testing. Part 3: Influence of wire alloys, gauges, and lengths on clasp behavior. *J Prosthet Dent* 46:374, 1981.
 12. Frank, R.P., Nicholls, J.I.: A study of the flexibility of wrought wire clasps. *J Prosthet Dent* 45:259, 1981.
 13. Shell, J.S.: Stiffness characteristics and bending tests as applied to dental materials. *J.A.D.A.* 27:232, 1940.
 14. Brntley, W.A., Augat, W.S., Myers, C.L., and Winders, R.V.: Bending deformation studies of orthodontic wires. *J Dent Res* 57:609, 1978.
 15. Yoshikawa, D.K., Burstone, C.J., Goldberg, A.J., and Morton, J.: Flexure modulus of orthodontic stainless steel wires. *J Dent Res* 60:139, 1981.
 16. Drake, S.R., Wayne, D.M., Powers, J.M., and Asgar, K.: Mechanical properties of orthodontic wires in tension, bending, and torsion. *Am. J. Orthod.* 82:206.
 17. Burstone, C.J., and Goldberg, A.J.: Maximum forces and deflections from orthodontic appliances. *Am. J. Orthod.* 84:95, 1983.
 18. 권오원, 손병화 : 교정용 스테인리스강선재의 물리적 성질에 관한 비교연구. *연세치대논문집*, 4 : 9 1987.
 19. Brudvik, J.S., and Wormley, J.H.: Construction techniques for wrought-wire retentive clasp arms as related to clasp flexibility. *J Prosthet Dent* 30:769, 1973.
 20. Stade, E.H., Stewart, G.P., Morris, H.F., and Pesavento, J.R.: Influence of fabrication technique on wrought wire clasp flexibility. *J Prosthet Dent* 54:538, 1985.
 21. Matheson, G.R., Brudvik, J.S., and Nicholls, J.I.: Behavior of wrought wire clasps repeated permanent deformation. *J Prosthet Dent* 55:226, 1986.
 22. Bush, S.H., and Peyton, F.A.: The effect of section size on the mechanical properties of wrought gold wires. *J Dent Res* 30:745, 1951.
 23. McGivney, G.P., and Castleberry, D.J.: *McCracken's Removable Partial Prosthodontics.* 244 8ed. The C.V. Mosby Co., 1989.
 24. Paffenbarger, G.C., Caul, H.J., and Dickson, G.D.: Base metal alloys for oral restorations. *J.A.D.A.* 30:852, 1943.
 25. Morris, H.F., Asgar, K. Rowe, A.P., and

- Nasjleti, C.E.: The influence of heat treatment, on several types of base-metal removable partial denture alloys. *J Prosthet Dent* 41:388, 1979.
26. Frank, R.P., Brudvik, J.S., and Nicholls J.I.: A comparison of the flexibility of wrought and cast circumferential clasps. *J Prosthet Dent* 49:471, 1983.
 27. Morris, H.F., Asgar, K., Brudvik, J.S., Winkler, S., and Roberts, E.P.: Stress-relaxation testing. Part 4: Clasp pattern dimensions and their influence on clasp behavior. *J Prosthet Dent* 50:319, 1983.
 28. Rudd, K.D., Morrow, R.M., and Eissmann, H.K.: *Dental Laboratory Procedures*. Vol 3: Removable Partial Denture p. 268 The C.V. Mosby Co., 1981.
 29. Stewart, B.L., and Edwards, R.O.: Retention and wear of precision-type attachments. *J Prosthet Dent* 49:28, 1983.
 30. Clayton, J.A., and Jaslow, C.: A measurement of clasp forces on teeth. *J Prosthet Dent* 25:21, 1971.
 31. Bates, J.F.: Studies on the retention of cobalt-chromium partial dentures. *Brit. Dent. J.*, 125:97, 1968.
 32. *Dental Alloys for the Degussa Precision casting system*.
 33. Anderson, J.N., and Bates, J.F.: The cobalt-chromium partial denture. *Brit. Dent. J.*, 107:57, 1959.
 34. *The J.M. Ney Company Catalog*.
 35. Phillips, R.W.: *Science of dental materials*. 8 ed. 258-533, 598-611, 28-35. C.V. Mosby., 1982.

— Abstract —

A COMPARATIVE STUDY ON THE FLEXIBILITY OF THE WROUGHT WIRE CLASPS

Eom Tae-Wan, D.D.S. Ik Tae Chang, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Kwang-Nam Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Dept. of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University

Bend test is one of the methods comparing the physical properties of the clasp wires. The type of bend test used in this investigation was the cantilever loading of a wrought wire.

The purpose of this study was to compare the flexibility of a number of commonly used clasp wires, in according to gauge, alloy and heat treatment, under specific condition of load and deflection. Seven noble and one base metal wires were tested under three conditions as follows: (1) as received, (2) quenched (placed in an oven at 700°C for ten minutes and immediately quenched in water at room temperature.), (3) oven cooled (quenched as described, then placed in an oven at 450°C for two minutes and uniformly slowly cooled to 250°C in thirty minutes.)

The basic test specimen consists of a sample 25 mm in length and 19, 18 gauge in diameter (17 gauge also in two alloys), and the wire was loaded in the form of straight cantilever beams. Force at 0.25 mm (0.01 inch) and 0.5 mm (0.02 inch) deflections for all samples were recorded.

The results were as follows;

1. Ticonium was least flexible and No. 2 was most flexible in according to gauge, alloy and heat treatment.
2. In most of precious wrought wire, the flexibility was increased, but there was no statistically significant differences between as-received and softened condition.
3. There was no statistically differences between as-received and hardened condition.
4. For each alloy, there were statistically significant differences in flexibility due to clasp diameter.