

환상형 클래스프의 유지력에 관한 연구

전남대학교 치과대학 치과보철학교실

이재순 · 방몽숙

I. 서 론

치아가 부분적으로 상실되어 가철성 국소의치로 수복하게 되는 경우에, 유지력은 기계적 유지장치와 주위조직과의 긴밀한 관계에서 형성된 생리적 유지력에 의해서 얻어질 수 있다.

클래스프는 기계적 유지장치중 가장 널리 사용되고 있는데, 이탈력에 대하여 저항할 수 있는 적절한 유지력을 가져야 하며, 경사 응력이나 회전력이 직접 지대치에 전달되지 않아야 하며, 지대치에 긴밀하게 접촉되고 언더컷의 위치, 조직의 외형, 환자의 심미적 요구 등을 고려하여 선택해야 한다¹⁻⁶⁾.

클래스프의 유지력에 영향을 미치는 요소는 언더컷 양과 써베이 선에서 클래스프의 첨단까지의 수직거리 및 유지암의 탄력성이며, 유지암의 탄력성에 영향을 주는 요소는 유지암의 길이, 직경, 단면 형태 및 사용재료등이다¹²⁾.

클래스프 유지력 변화에 대한 연구로서 Warr⁷⁾, 이⁸⁾ 등은 언더컷 양의 크기 변화에 대하여, Avant⁹⁾, Blatterfein¹⁰⁾, Kaboenell¹¹⁾, 전과이¹²⁾ 등은 써베이 선에서 클래스프의 첨단까지의 수직거리 변화에 대하여, Frank등¹³⁾, Morris등¹⁴⁻¹⁶⁾, VandenBrink등¹⁷⁾은 클래스프의 탄력성 크기변화에 대하여 보고하였으며, Firtell¹⁸⁾, Clayton등¹⁹⁾, Bates등²⁰⁾, Mare²¹⁾ 등은 클래스프의 형태에 따른 유지력을 측정하였다.

클래스프의 형태에서 가공선 클래스프는 탄력

성이 우수하고 조절이 용이하며 지대치 접촉 면적이 적으나, 제작이 복잡하고 파절 가능성이 있다²²⁻²⁴⁾. 반면에, 주조 반원형 환상형 클래스프는 제작이 편리하고 유지와 안정능력 및 착용감이 우수하여 가장 널리 사용되고 있으나, 지대치에 가해지는 힘의 조절이 어렵고 지대치 접촉 면적이 증가되는 단점이 있다¹⁻²⁾.

Frank등²⁵⁾, Nelson등²⁶⁾은 주조 반원형 환상형 클래스프 대신에 주조 원형 환상형 클래스프를 임상에서 사용하여 탄력성이 증가됨을 보고하였다. 그러나 주조 원형 환상형 클래스프에 대한 기초적 연구 및 유지력의 크기 등에 관한 연구는 희귀하였다.

이에 본 연구는 주조 반원형 환상형 클래스프와 가공선 클래스프의 장점을 공유할 수 있는 주조 원형 환상형 클래스프의 적절한 언더컷 양을 알아보고 임상적 적용 범위를 모색하기 위하여 10G, 20G, 30G의 언더컷에서 주조 반원형 환상형 클래스프와 주조 원형 환상형 클래스프 및 가공선 클래스프의 유지력을 측정하여 비교하였으며, 이를 유한요소법으로 검증하였다.

II. 연구재료 및 방법

가. 연구 재료

본 실험에서는 치과용 모형(Model No. E50-546, Nissin Dental Products Inc., Japan) 의 하악

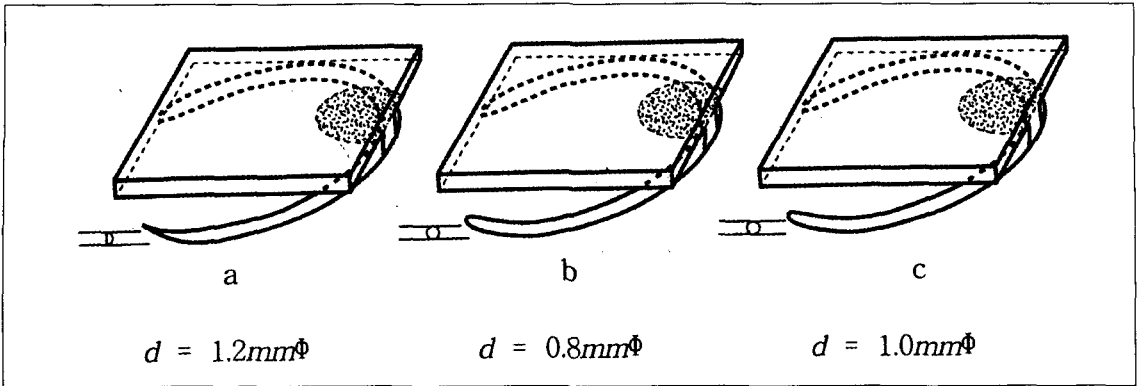


Fig.1 Schematic diagram of clasps used in this study

- a. Cast half round circumferential clasp
- b. Cast round circumferential clasp
- c. Wrought wire clasp

좌측 제 2소구치를 사용하였으며, 주조 반원형 환상형 클래스프의 유지암은 반원형 플라스틱 (Waxten[®], Krupp, Germany)을, 주조 원형 환상형 클래스프는 20G 원형 왁스(Dental waxes[®], 대동산업, 한국)를 사용하여 코발트 크롬 합금(Ticonium[®], CMP industries, U.S.A.)으로 주조하였고, 가공선 클래스프의 유지암은 코발트 크롬 가공선(Wiptam[®] Krupp, Germany)을 사용하였다(Fig. 1).

나. 연구 방법

1. Surveyed crown제작

연구 모형의 하악좌측 제 2소구치를 통상적인 방법으로 교합면은 편평하게 삭제하였으며, 원심와쪽에 레스트 시트를 형성한 후, 실리콘 인상재(Examix[®], GC, Japan)로 인상 채득한 후 치과용 경석고(SSS new gypsum[®], San-Esu Gypsum Co., Japan)로 3개의 복제모형을 만들었다.

3개의 모형에서 각각 10G, 20G, 30G 언더컷을 갖도록 근심협측 선각 부위를 조정하고 나머지 부위에서는 서로 유사한 형태와 크기의 클래스프가 놓일 수 있도록 surveying하고 왁스 형성하여 Type IV gold(구정합금, 한국)로 주조하고 휘니싱과 연마를 한 surveyed crown을 각각의 모형에 순간접착제로 부착하여 최종 모형을 완성

하였다.

2. 시편 제작

Surveyed crown상에 평행 블록아웃과 형상 블록아웃을 한 주 모형과 복제 모형을 만들어 클래스프의 유지암이 주조 반원형, 주조 원형, 가공선이 되도록 12개씩 설계하였다. 시편의 규격화를 위하여 3개의 주 모형에 형성된 평행 블록아웃 형태를 근사하게 일치시켰으며 기성 제품의 반원형 플라스틱 제품(1.2mm)과 20G 원형 왁스(0.8mm)와 18G 코발트 크롬 가공선(1.0mm)을 이용하였으며 왁스에 묻어서 부연결장치와 연결하였다. 교합면 상의 판을 제작하기 위하여 Baseplate wax를 10.0mm×9.0mm 1.5mm 크기의 직사각형으로 절단하여 원심 레스트 상방에 위치하였다.

코발트 크롬 합금으로 주조하였고, 본래의 형태와 크기를 손상시키지 않는 범위에서 세심하게 기포만을 제거하였으며 연마는 시행하지 않았다(Fig. 1).

3. 유지력 측정

모든 시편을 완성한 후, 주모형에 1차 시적하여 적합도가 양호한 시편을 각 군당 7개씩 선정하여 유지력을 측정하였다. 만능인장시험기(Universal Testing Machine, United Calibration Corp. Model No. STM-5-E, U.S.A.)의 중앙에 금

관이 장착된 최종모형의 제 2소구치 하방에 5mm 깊이의 구멍을 뚫어 원기둥 막대를 부착시킨 후 하부지지대에 연결하였다. 최종 모형과 원기둥 막대는 에폭시로 부착하였으며, 수평기를 이용하여 클래스프의 삽입로가 수직이 되도록 유지하면서 경화시켰다. 시편을 상방으로 들어 올리기 위하여 직경 10mm의 원기둥 막대를 클래스프 상방의 판에 순간접착제로 부착하였다. 원기둥 막대 위쪽은 10개의 볼이 연결된 쇠줄로 load cell 하방에 부착된 상부지지대에 연결하여, 시편을 상방으로 들어올릴 때 연직 인장 하중만 작용하도록 유도하여 측정하였다(Fig. 2).

시편이 주조금관에서 완전히 분리될 때까지의 최대치를 측정하고 이를 3회씩 반복 시행하였다. 이때 cross head speed는 1mm/min, full scale load는 10kg으로 하였다.

4. 실험군의 분류와 통계처리

각 시편의 유지력을 3회 반복 측정하여 평균값을 구하고 각 시편의 유지력으로 하였다. 클래스프의 종류와 언더컷 양에 따라 9개 군으로 구분하였는데, 10G, 20G, 30G 언더컷에서 주조 반원형 환상형 클래스프의 유지력을 측정한 1, 2, 3군, 주조 원형 환상형 클래스프의 유지력을 측정한 4, 5, 6군, 가공선 클래스프의 유지력을 측정한 7, 8, 9군으로 분류하였다(Table I).

클래스프 종류와 언더컷 양에 따라 분류한 9

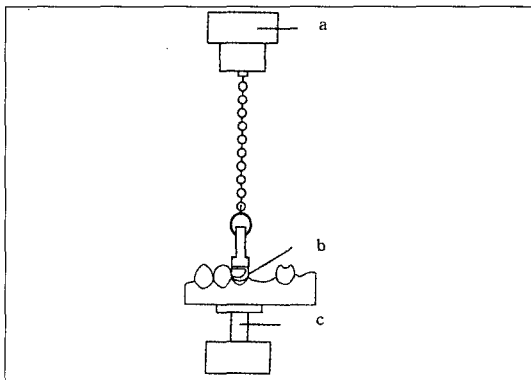


Fig.2 Schematic diagram of testing the retentive force of the clasps

- a. Load cell
- b. Clasp
- c. Supporting table

Table I. Classification of specimens

	Clasp-type	Undercut
Group 1	half round	10G
Group 2	half round	20G
Group 3	half round	30G
Group 4	round	10G
Group 5	round	20G
Group 6	round	30G
Group 7	wrought wire	10G
Group 8	wrought wire	20G
Group 9	wrought wire	30G

개 군의 평균값 및 표준편차를 구하였으며, 클래스프 종류와 언더컷 양의 차이에 따른 유지력의 변화에 관한 통계적 유의성을 검증하기 위하여 two-way ANOVA test를 시행하였고, 같은 종류의 클래스프에서 다른 언더컷 양을 갖는 3 구간과, 같은 언더컷 양에서 다른 3종류의 클래스프를 갖는 3 구간의 비교분석은 Duncan 다중 비교 검증으로 처리하였다.

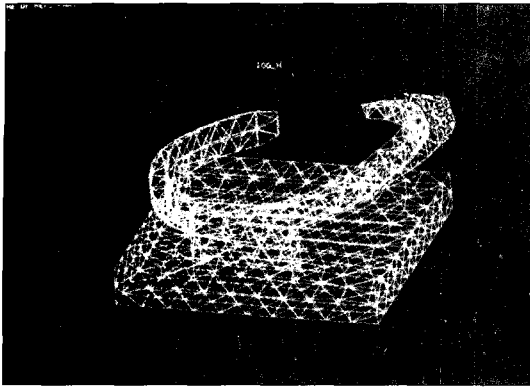
5. 유한요소 해석 모델

클래스프 유지암의 종류와 언더컷 양에 따라 분류한 각 군의 유지력을 수치해석적으로 검토하기 위하여 세 종류의 클래스프에 대한 3차원 해석 모델을 만들었다(Fig. 3). 각 클래스프 재료의 물성값은 제작사에서 제공한 탄성계수를 사용하였으며(Table II), 언더컷에 따른 유지력을 계산해야 하므로 언더컷이 있는 암의 선단에 언더컷 양만큼 벌어지게 하는데 필요한 힘을 계산하였다.

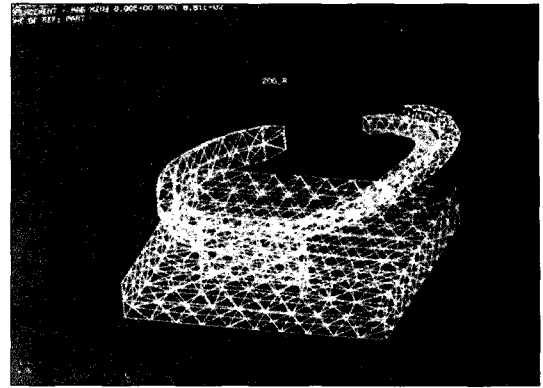
이때 클래스프가 움직이지 못하도록 블록하단을 x, y, z 방향으로 모두 고정 하였으며, 언더컷 양만큼 벌어지게 하는데 필요한 힘을 계산한 후, 이 값에 마찰계수를 곱하면 착탈에 필요한 연직 하중이 되므로 실험값과 비교할 때는 이

Table II. Material properties

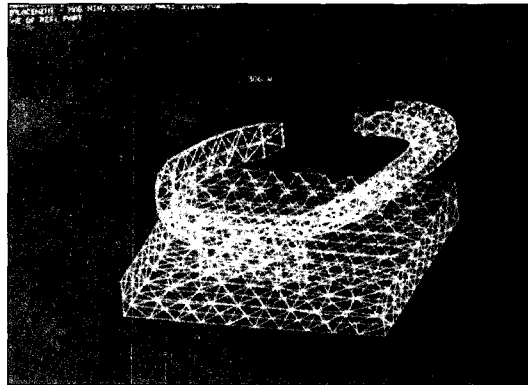
	Young's modulus	Friction coefficient	Yield stress
Ticonium	28×10^6 psi	0.5	385~460
Wiptam	27×10^6 psi	0.5	385~460



a. 10G-cast half round circumferential clasp



b. 20G-cast round circumferential clasp



c. 30G-wrought wire clasp

Fig. 3. Finite element analysis of clasp displacement

green : before displacement,
white : after displacement

값을 사용 하였다.

유한요소 해석은 IBM RS 6000 시스템에서 I-DEAS를 사용하여 수행하였으며, 계산된 응력과 변위값을 중심으로 클래스프 유지암의 강성과 유지력을 검토하였다.

III. 연구성적

각 시편의 유지력을 3회 반복 측정하여 평균값을 구하고 그 평균 측정값을 각 시편에 대한 유지력으로 하였다(Table III).

각 군당 7개 시편에 대한 유지력의 평균과 표준편차를 계산하여 도표화하였다(Table IV, Fig. 4).

주조 반원형 환상형 클래스프에 대한 유지력을 측정된 결과 10G에서 1,008gm, 20G에서 1,24gm, 30G에서 1,821gm을 나타내었다. 주조 원형 환상형 클래스프에 대한 유지력 측정결과 10G에서 391gm, 20G에서 786gm, 30G에서 1,573gm을 나타내었으며, 가공선 클래스프에 대해서는 10G에서 371gm, 20G에서 447gm, 30G에서 551gm을 나타내어, 세 종류의 클래스프에서 모두 언더컷 양이 증가할 수록 평균 유지력이 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 4).

또한 3종류의 클래스프에 대한 평균 유지력을 비교해 보면, 주조 원형 환상형 클래스프의 유지력은 모든 언더컷에서 주조 반원형 환상형 클래스프의 유지력보다 작게, 가공선 클래스프

Table III. Retentive forces of clasps

Clasp type	Undercut		10G				20G				30G			
	Specimen	1st	2nd	3rd	Mean	1st	2nd	3rd	Mean	1st	2nd	3rd	Mean	
Half round	1	1270	1040	940	1083	1560	1500	1480	1513	2190	2010	1960	2053	
	2	1260	990	910	1053	1520	1480	1390	1463	2030	2000	1970	2000	
	3	1130	1090	1050	1090	1450	1350	1330	1377	1930	1890	1850	1890	
	4	1030	950	820	933	1340	1240	1110	1230	1880	1860	1830	1857	
	5	1050	1010	900	987	1130	1090	1090	1103	1780	1760	1750	1763	
	6	1020	980	950	983	1110	1010	980	1033	1660	1600	1580	1613	
	7	990	920	860	923	1070	1020	970	1020	1610	1570	1550	1577	
Round	1	530	480	460	490	1180	1060	1050	1097	1680	1630	1570	1627	
	2	480	480	470	477	1030	970	950	983	1680	1510	1510	1567	
	3	430	410	400	413	900	850	830	860	1670	1570	1480	1573	
	4	370	300	260	310	840	830	810	827	1670	1490	1480	1547	
	5	360	290	280	310	640	600	570	603	1530	1510	1490	1510	
	6	500	460	450	470	620	530	520	557	1820	1790	1740	1783	
	7	370	240	200	270	600	590	550	580	1450	1410	1370	1410	
Wrought wire	1	560	470	460	497	580	560	530	557	780	650	620	683	
	2	460	400	390	417	550	510	500	520	640	610	590	613	
	3	440	410	410	420	500	490	460	483	600	580	560	580	
	4	390	330	300	340	490	460	450	467	580	540	530	550	
	5	340	320	310	323	450	430	430	437	550	530	520	533	
	6	340	310	290	313	370	340	320	343	500	460	440	467	
	7	300	371	280	290	360	320	300	327	460	440	400	433	

Table IV. Means and standard deviations of retentive force

Group	N	Mean(gm)	SD
1	7	1008	69
2	7	1248	205
3	7	1821	181
4	7	391	92
5	7	786	212
6	7	1573	114
7	7	371	82
8	7	447	86
9	7	551	85

SD : standard deviation

의 유지력보다 크게 나타났다. 언더컷 양의 증가에 따른 클래스프 유지력의 차이는 주로 원형 환상형 클래스프에서 가장 크게 나타났으며

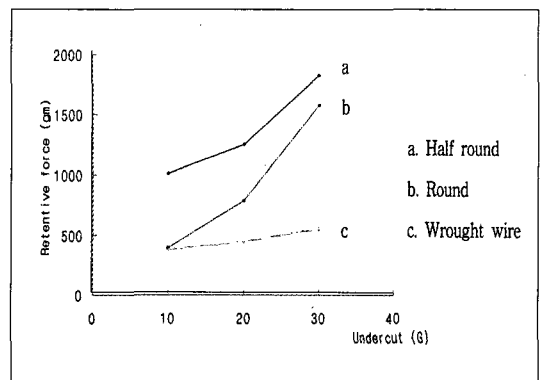


Fig. 4 Mean retentive force

가공선 클래스프에서 가장 작게 나타났다(Fig. 4).

클래스프의 종류와 언더컷 양의 변화에 따른

Table V. Comparison between means of retentive force using two-way ANOVA

Source of Variation	Sum of squares	DF	Mean of squares	F	P
Main effects	16154608,798	8	2019326,10	108,02	0,0001
Type of clasp	8532960,6032	2	4266480,302	228,24	0,0001
Type of undercut	5718302,8892	2	2859151,444	152,95	0,0001
Two-way interaction					
Clasp/undercut	1903345,3024	4	475836,325	25,45	0,0001
Residual	1009438,8654	54	18693,31		
Total	17164047,65	62			

Table VI. Duncan's multiple range test for clasp type

Clasp-type	Group	Mean	Duncan Grouping
Half round clasp	3	1821	A
	2	1248	B
	1	1008	C
Round clasp	6	1573	A
	5	786	B
	4	391	C
Wrought wire clasp	9	551	A
	8	447	B
	7	371	B

The same letter is not significantly different

Table VII. Duncan's multiple range test for undercut

Undercut	Group	Mean	Duncan Grouping
10G	1	1008	A
	4	391	B
	7	371	B
20G	2	1248	A
	5	786	B
	8	447	C
30G	3	1821	A
	6	1573	B
	9	551	C

The same letter is not significantly different

유지력의 차이에 관한 통계적 유의성을 검증하기 위하여 two-way ANOVA test를 시행한 결과 클래스프의 종류와 언더컷 양의 변화에 따라 유지력에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 ($P < 0.0001$) (Table V).

언더컷 양에 따른 클래스프 유지력의 통계학

적 유의성을 검증하기 위하여 Duncan 다중 비교 검증을 시행한 결과 1, 2, 3군 및 4, 5, 6군과 7, 9군과 8, 9군 간에는 유의한 차이가 있었으나 7, 8군간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다 (Table VI). 또한 클래스프의 종류에 따른 유지력에 대한 Duncan 다중 비교 검증을 시행

Table VIII. Measuring of separating distance

	Half round			Round			Wrought wire		
	10G	20G	30G	10G	20G	30G	10G	20G	30G
1	3.59	5.14	4.50	5.10	5.30	4.70	4.87	5.14	4.85
2	4.32	4.25	4.66	4.69	4.89	4.90	5.25	4.90	4.94
3	3.95	3.95	5.30	5.39	3.95	4.90	3.65	4.55	4.94
4	5.30	4.30	4.71	4.50	4.80	5.35	5.04	5.12	5.28
5	3.97	5.39	4.40	4.70	3.90	4.81	4.95	5.17	5.10
6	4.67	5.55	5.00	4.15	5.45	4.45	4.95	5.15	5.62
평균	4.30	4.763	4.762	4.757	4.175	4.852	4.785	5.005	5.123
표준편차	0.581	0.680	0.329	0.411	0.659	0.290	0.571	0.244	0.258

Table IX. Experimental results and F.E. results of retentive force

Group	Stiffness	Von-Mises	Max. principal	Lateral force	Total load	
					FEM(g)	Exp.(g)
1	4.854	134	90.1	1214	607	1008
2	3.906	180	120	1953	977	1248
3	4.831	117	79.6	3623	1812	1821
4	3.663	208	213	916	458	391
5	2.342	186	182	1171	586	786
6	2.725	184	188	2044	1022	1573
7	11.442	128	140	2860	1430	371
8	8.850	144	144	4425	2213	447
9	9.901	130	140	7426	3713	551

Unit load : 1kg

Friction coefficient : 0.5

한 결과 2, 5, 8군 및 3, 6, 9군과 1, 4군과 1, 7군 간에는 유의한 차이가 있었으나 4, 7군간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table VII).

클래스프 종류와 언더컷 양에 따른 유지력을 유한요소법으로 검토하여 클래스프 유지암의 변형을 살펴보면 반복 착탈에 따라 탄성 변형 및 소성 변형도 관찰할 수 있었으며 (Table VIII), 클래스프 단면 형태에 따라 검토한 결과 원형의 경우가 원형의 경우에 비해 유지력이 크게 나타났고(Table IX), 가공선 클래스프의 경우 실험에 의한 측정값이 유한요소법에 의한 계산값보다 작게 나타났다(Table IX).

IV. 총괄 및 고찰

국소의치에서 사용하는 클래스프의 종류로는 환상형 클래스프와 가공선 클래스프 및 바형 클래스프가 있다. Cecconi등^{27,28)}은 교합면 레스트가 근심에 놓임으로써 나타나는 지대치운동의 변화에 관하여 연구하였으며, Morris등¹⁴⁻¹⁶⁾, Winkler등²⁹⁾, VandenBrink등¹⁷⁾, 이등³⁰⁾ 등은 가공선 클래스프 제작과정 중에 나타나는 열처리 효과에 관하여 연구하였다. Stade등³¹⁾, Brudvik등³²⁾, Frank등^{22,23)}, Matheson등²⁴⁾ 등은 가공선 클래스프의 탄력성에 관하여 연구를 하였으며, Krol³³⁾은 RPI를, Eliason³⁴⁾은 RPA를, Nelson등²⁶⁾은 주조 원형 RPA를 고안하였다.

가철성 국소의치의 클래스프 재료로 많이 사용되고 있는 코발트-크롬 합금은 금 합금에 비

하여 비례한도 내에서의 탄성률이 2배나 높아서 강직성(rigidity)이 우수하며 유지력이 높다. 그러나 항복강도가 낮아 클래스프의 영구변형을 초래하게 되어 사용 후 얼마되지 않아서 유지력이 감소한다^{3,35-38}). 특히 유리단 국소의치에 많이 사용되는 I 바의 경우에 약 1년 정도 사용한 후에는 피로에 의해 영구변형이 발생하고, 약 7년 후에는 피로파절이 올 수 있다^{35,39}). 반면에 가공선 클래스프는 주조한 클래스프보다 단위면적당 인장강도가 약 25%가량 크기 때문에 보다 작은 직경으로도 피로 현상이나 궁극적인 파괴현상 없이 탄력성을 부여할 수 있다⁴⁾. 그러나 가공선 클래스프를 제작하기 위해서는 납착이나 주조체로 포배하는 과정을 거쳐야 하며 이 과정에서 PGP(platinum-gold-palladium)는 44%, Ticonium은 76%의 강성(stiffness)이 증가된다^{28,40}).

환상형 클래스프는 유지와 안정 능력이 우수하므로 국소의치에서 주로 사용하고 있으나, 유지력 조절이 불가능하므로 유리단 국소의치에서 사용한다면 부작용을 초래할 수 있다고 알려져 있다. 그러나 Curtis등⁴¹⁾의 보고에 의하면 캘리포니아 북부지역에서 사용한 가공지시서를 분석한 결과 케네디 분류 제 일급과 제 이급에 속하는 국소의치의 제작에 환상형 클래스프의 사용이 빈번하다고 보고하였으며, Chou등^{42,43)}은 레스트의 근심이나 원심 위치보다는 기능력의 방향이나 잔존 치조제의 형태가 지대치운동에 더 큰 영향을 미친다고 하였다. Bates²⁰⁾는 클래스프의 종류보다 클래스프의 재질이나 언더컷 양, 클래스프의 견고성 등을 고려하여 선택해야 한다고 하였다. Frank등²⁵⁾은 19-20G 주조 원형 환상형 클래스프 유지암의 탄력성이 18G 가공선 클래스프와 유사하다고 하였으며, Mare²¹⁾는 주조 반원형 환상형 클래스프와 주조 원형 환상형 클래스프의 유지력을 측정하여 유리단 국소의치에서 가공선 클래스프 대신에 주조 원형 환상형 클래스프 사용을 추천하였다.

클래스프의 유지암의 단면 형태는 클래스프의 탄력성에 영향을 미치며 반원형보다는 원형이, 너비에 비해 두께가 얇을수록 탄력성이 증가하므로²⁰⁾, 본 연구에서는 단면형태가 반원형인 주조 반원형 환상형 클래스프와 원형인 주조 원

형 환상형 클래스프, 단면형태는 같으나 유지암의 재료가 다른 가공선 클래스프의 유지력을 비교하고자 하였다.

Firtell¹⁸⁾은 가공선 클래스프는 단면이 원형이고 직경이 작기 때문에 주조 반원형 환상형 클래스프 보다 탄력성이 좋다고 보고하였으며, Frank와 Nicholls¹³⁾는 주조 반원형 환상형 클래스프와 18G 주조 원형 환상형 클래스프의 탄력성은 18G 가공선 클래스프의 약 1/2이라고 하였고, 가공선의 직경이 18G(1.0mm)에서 20G(0.8mm)로 되면 탄력성이 두배로 증가하며, 19-20G 주조 원형 환상형 클래스프의 탄력성은 18G 가공선 클래스프와 유사하다고 하였다. 본 연구의 결과에서도 10G 언더컷에서 주조 원형 환상형 클래스프의 유지력을 측정된 4군과 10G 언더컷에서 가공선 클래스프의 유지력을 측정된 7군 간에는 유지력의 차이가 없는 것으로 나타났으나, 10G 언더컷에서 주조 반원형 환상형 클래스프의 유지력을 측정된 1군과는 유의한 차이가 있었는데, 그것은 클래스프 유지암의 단면 형태가 원형이기 때문에 반원형보다 탄력성이 증가하여서 나타난 결과라고 생각된다.

클래스프의 유지력은 탄력성을 가진 클래스프 첩단이 지대치에 있는 언더컷에서 이탈할 때 저항하는 마찰력이며 클래스프의 탄성 변형에 필요한 양으로 결정된다⁴⁾. 본 연구의 결과 클래스프의 언더컷 양이 증가하면 유지력도 증가하였으며 언더컷 양의 변화에 따른 유지력의 차이는 주조 원형 환상형 클래스프에서 가장 크게 나타났다. Firtell¹⁸⁾은 10G 언더컷에서 여러 종류의 클래스프를 갖는 국소의치의 유지력을 측정된 결과, 가공선 클래스프는 1,398gm이었고 주조 반원형 환상형 클래스프는 2,335gm이었으며, Bates²⁰⁾도 Firtell과 유사한 방법으로 클래스프의 유지력을 측정하여 유사한 결과를 얻어 확인하였다. Frank와 Nicholls¹³⁾는 18G PGP 가공선 클래스프를 갖는 유리단 국소의치에서 국소의치의 유지력을 측정하여 0.010mm 언더컷에서 328gm, 0.015mm 언더컷에서 733gm이었다고 보고하였다. Frank등²⁵⁾은 비례한도를 초과할 때까지 클래스프를 변형시켜 비례한도 내에서의 변위량을 측정하고 0.25mm 변위시키는데 필요한

하중을 계산하여, 반원형 Ticonium은 1,175gm, 20G 원형 Ticonium은 431gm, 18G Ticonium 가공선은 510gm이었다고 보고하였다. 본 실험의 결과와 비교하여 주조 반원형과 주조 원형 환상형 클래스프의 10G 언더컷에서의 유지력은 Frank등²⁵⁾의 결과와 유사하였으나, 18G Ticonium 가공선 클래스프의 유지력은 본 실험의 결과와 비교하여 Frank와 Nicholls⁴³⁾의 결과보다는 크게 나타났으나 Frank등²⁵⁾의 결과보다는 약간 작게 나타났다. 본 연구는 금관이 부착된 모형 위에서 한 방향으로 클래스프의 유지력을 측정하였으므로 다른 연구자들이 시행한 연구방법과 다르고, 클래스프의 유지력에 영향을 미치는 여러 요소에 대한 실험조건이 다르며, Frank등²⁵⁾의 결과는 여러 종류의 상품화된 Ticonium 가공선에 대한 평균값을 보고한 것이지만 본 실험에서는 한 제조회사의 상품에 한정하였으므로 그 결과에 있어 다소의 차이가 발생한 것이라고 생각된다.

또한 시편 제작과정에서 가공선 클래스프 시편을 규격화시키기 위하여 모든 시편을 모형 블록아웃에 맞추어 길이와 형태를 조절하였으며, 한 군 당 12개씩 제작한 후 주조 금관에 일차 시적하여 적합도가 좋은 시편 7개씩을 측정 한 결과이기 때문에 Frank등의 결과보다는 다소 작게 나타났을 것이라고 생각되며, 적합도에 대한 정확한 검사를 하고 더 많은 시편을 제작하여 적합도가 우수한 것만을 선택하여 측정한다면 유지력이 더 크게 나타날 것이라고 생각된다.

다.

한편 임상에서는 기능적인 면만을 고려하여 사용하기 때문에 내구성 또는 착탈성 면에서 실패하는 경우가 있다. 표 3을 검토해 보면, 전반적으로 실험 결과가 1회 때 보다 2회 때 작게 나타나고 3회에는 더욱 작아지는 양상을 보이고 있다. 이런 현상은 클래스프 암의 착탈시마다 언더컷 양 만큼 벌어지면서 탄성변형 뿐만 아니라 소성변형까지 동반되어 클래스프 암 사이의 간격이 늘어난 결과이다. 실험이 끝난 후 클래스프의 간격을 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정한 결과, 표 9에 나타난 것처럼 초기 주물제작 상태에서 암 간의 간격보다 크게 나타났으며, 언더컷 양이 클수록 더 크게 벌어져 있었다. 이는 클래스프가 연직 하중에 의해 이탈될 때 소성변형이 동반됨을 의미한다. 또, 유한요소해석 결과를 검토해 보면 표 10에 보인 바와 같이 언더컷이 적을 경우에도 최대 Von-Mises 응력값이 항복응력값 보다 크기 때문에, 부분적으로 항복이 발생됨을 볼 수 있었다. 따라서 영구 변형이 잔존될 것으로 예측되므로 착탈 횟수가 증가할수록 클래스프가 헐거워지면서 유지력이 감소될 것으로 생각된다. 그런데 표 9에서 언더컷이 10G인 경우를 보면 외형적인 클래스프의 형태들은 거의 비슷하므로 유지력도 유사한 크기를 가질 것으로 예측되는데, 실제 클래스프 암이 원형인 가공선과 주조 원형 유지암인 경우는 평균 371gm 과 391gm 정도로 유사한 크기이나 반원형의 경우만 평균 1008gm 의 크기로



a. friction

b. friction and scratching

Fig. 5 Schematic drawing of clasp effect

2배 이상 크게 나타남을 볼 수 있었다. 이것은 반원 단면의 경우는 Fig 5 b에서와 같이 단면 상부 edge가 칼날처럼 예리하기 때문에 언더컷 상부를 파고드는 효과가 발생되어, 원형단면의 Fig 5 a에서와 같이 접촉마찰력만 작용하는 경우와는 크게 달라서 착탈시 치아 표면을 스크래칭 하면서 빠져나오게 되므로 더 큰 하중이 작용될 것으로 보인다. 이 경우에 대한 유한요소해석 결과를 보면, 표 10에서와 같이 마찰력만 작용한다고 계산한 결과가 훨씬 낮게 나타났으므로 반원형의 경우에는 마찰력과 스크래칭 하중이 동시에 작용한 결과로 생각된다. 이런 경향은 20G, 30G 에서도 유사하게 나타났다. 따라서 반원형의 클래스프 암을 사용하면 유지력은 원형 단면과 비슷하나 착탈력은 두배 이상 증가되어 언더컷부가 쉽게 절손 되리라 예측되었다. 한편 착탈력의 크기 면에서 본다면 가공선 클래스프 유지암의 직경은 1.0mm이고 주조 원형 환상형 클래스프의 직경은 0.8mm이며 유사한 재료이므로 이론적으로는 직경이 큰 가공선 클래스프의 경우가 강성이 더 커서 착탈력이 더 클 것으로 기대됐으나, 실험 결과는 이와 반대로 주조 원형 환상형 클래스프의 경우가 더 큰 것으로 나타났다. 표 10의 유한요소 해석 결과를 보더라도 가공선 클래스프의 경우는 계산값보다 실험값이 오히려 낮게 나타남을 볼 수 있었다. 이런 결과는 클래스프의 제작과정에서 주조 원형 환상형 클래스프와 주조 반원형 환상형 클래스프의 경우는 전체 형태를 동일 용융 금속으로 주조하여 제작하므로 균일한 강성을 갖을 것으로 예측되나, 가공선 클래스프의 경우는 유지암 부위만 가공선을 사용하고 나머지 부위는 주물로 제작하였기 때문에 주물과 접합된 가공선의 물성이 크게 변하여 탄성이 매우 저하된 것으로 판단된다. 일반적으로 선재를 가공할 때는 인발(drawing)이라는 방법을 사용하며, 이 방법은 직경이 굵은 선재를 순차적으로 감소시켜 원하는 직경이 될 때까지 여러 개의 인발 다이를 통과 시켜서 제작한다. 이렇게 소성 변형을 시키는 과정에서 금속 재료는 가공경화 현상이 생겨 탄성 변형 구간이 매우 크게 된다^{44,45}. 가공경화가 된 소재를 재가열하면 가열부위에 재결정 변화가

일어나고 탄성구간이 매우 감소하는 현상이 나타나는데, 본 실험에서 제작한 가공선 클래스프의 경우에 이런 현상이 접합 경계면에서 발생되어 항복 응력의 저하로 소성 변형이 쉽게 발생될 것으로 추정된다.

클래스프의 종류에 따른 적절한 언더컷 양의 결정을 위해서는 클래스프의 유지력에 관여하는 요소인 써베이 선에서 클래스프 침단까지의 수직거리 그리고 클래스프 유지암의 탄력성의 관계를 분석해야 한다. 특히 클래스프의 탄력성은 쉽게 조절할 수 있는 요소이므로 탄력성과의 관계를 분석하여 언더컷 양을 선택할 수 있다. 클래스프의 탄력성은 강성으로 표현되며, 강성은 비례한도 내에서 변형(deflection)시킬 때 지대치에 가해지는 힘의 크기로 결정된다⁴⁶. Morris등⁴⁴⁻⁴⁶은 강성 지수를 사용하여 클래스프의 탄력성을 비교하였고, Yuasa등⁴⁶은 클래스프와 탄력성의 관계를 공식화하였고, VandenBrink등⁴⁷은 여러 종류의 클래스프 재질에 대한 강성과 비례한도를 측정하여 임상에 적용하는 방법을 제시하였다. 그러나 실제 임상에서는 클래스프의 탄력성 이외에도 지대치와 치조제의 상태, 유도면의 수와 유지력 등을 고려하여 클래스프의 종류와 적절한 언더컷 양을 결정해야 될 것으로 생각된다⁴⁷⁻⁵⁰. 본 연구에서 나타난 결과로 비추어 볼 때 유지력 측면에서는 실제 임상에서 주로 사용되고 있는 10G 언더컷에서 주조 반원형 환상형 클래스프와 30G 언더컷에서 가공선 클래스프의 유지력과 비교하여 20G 언더컷에서 주조 원형 환상형 클래스프가 그 사이의 범위 내에 있으므로 주조 원형 환상형 클래스프가 적절한 유지력을 얻기 위해서는 20G 언더컷을 사용하는 것이 바람직하다고 생각된다.

주조 원형 환상형 클래스프는 주조 반원형 환상형 클래스프의 구조에서 유지암 부위만 원형으로 변화된 형태이므로 주조 반원형 환상형 클래스프의 장점인 유지와 안정성이 우수하며, 가공선 클래스프와 유사한 탄력성을 가지며 가공선 클래스프 제작과정 중에 해야하는 납착이 필요 없고 왁스 플라스틱 제품을 붙여서 제작하므로 적합성이 더 우수하다. 그러나 클래스프가 균

일하지 못하면 파절되기 쉬우므로 원형 왁스 플라스틱 제품을 연결할 때 주의를 요한다. 뜨거운 기구로 압박하면 변형이 되고 가늘어지므로 유도면 쪽에서 왁스를 소량 첨가하여 연결한다.

본 연구에서는 모형 상에서 언더컷 양을 달리 하여 주조 원형 환상형 클래스프와 주조 반원형 환상형 클래스프 및 가공선 클래스프의 유지력만을 비교하였으나, 임상에 적용하기 위해서는 주조 원형 환상형 클래스프를 장착한 후에 일어나는 치아의 이동이나 치주건강, 지대치나 치조제 상태와의 관계, 변형이나 파절 등에 관한 장기적인 연구가 더 필요하다고 생각된다. 그리고 임상적으로 몇 회 정도의 착탈 후까지 변형이 발생되지 않을 것인지와 클래스프로 사용되는 재료의 물리적 성질을 향상시키는 방법에 대해서도 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 언더컷 양에 따른 주조 반원형 환상형 클래스프(Cast half round circumferential clasp), 주조 원형 환상형 클래스프(Cast round circumferential clasp), 가공선 클래스프(Wrought wire clasp)의 유지력을 비교하고 주조 원형 환상형 클래스프의 적절한 언더컷 양을 알아보기 위하여 10G(0.25mm), 20G(0.50mm), 30G(0.75mm)의 언더컷을 갖는 하악 제 2소구치의 금관을 제작한 후, 각 금관에 대해 주조 반원형, 주조 원형, 가공선 유지암을 갖는 세 종류의 클래스프를 제작하여, 각각의 주조금관에 클래스프를 위치시키고 만능인장시험기로 유지력을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 클래스프 종류에 따른 유지력을 비교한 결과 주조 반원형 환상형 클래스프가 가장 크고, 주조 원형 환상형 클래스프, 가공선 클래스프의 순서로 나타났다.
2. 언더컷 양의 증가에 따른 클래스프 유지력의 차이는 주조 원형 환상형 클래스프에서 가장 크게 나타났다.
3. 반복 삼입 철거시 클래스프 암의 탄성변형 및 소성 변형이 나타났다.

이상의 결과에서 주조 원형 환상형 클래스프의 유지력은 주조 반원형 환상형 클래스프와 가공선 클래스프 사이의 범위 내에 있었으며, 유지력 측면에서 20G 언더컷을 사용하는 것이 적절하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Henderson D, McGivney GP, and Castleberry DJ : McCracken's removable partial prosthodontics, 7th ed., St. Louis, Mosby Co., 1985.
2. Stewart KL, Rudd KD, Kuebker WA : Clinical removable partial prosthodontics, 2nd ed., St. Louis, Mosby Co., 1983.
3. Chandler JA, Brudrik JS : Clinical evaluation of patients eight to nine years after placement of removable partial dentures, J Prosthet Dent 51(6) : 736, 1984.
4. Cohn LA : Fixation in precision attachment partial Dentures, J Prosthet Dent 6 : 220, 1956.
5. Mensor MC : The rationale of resilient hinge-action stressbreakers, J Prosthet Dent 30(3) : 204, 1968.
6. Steffel VL : Clasp partial dentures, J Am Dent Assoc 66 : 803, 1963.
7. Warr JA : Numerical system of clasp design, J Prosthet Dent 11(6) : 1105, 1961.
8. 이호용 : Undercut 양에 따른 clasp 유지력의 비교연구. 대한치과보철 학회지, 25(1) : 243, 1987.
9. Avant WE : Factors that influence retention of removable partial dentures, J Prosthet Dent 25(3) : 265, 1971.
10. Blatterfein L : A study of partial denture clasping, J Am Dent Assoc 43 : 169, 1951.
11. Kabcenell JL : Effective clasping of removable partial dentures, J Prosthet Dent 12(1) : 104, 1962.
12. 전영식, 이호용 : 유지부의 수직거리가 clasp

- 의 유지력에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한치과 의사협회지, 24(12) : 1061, 1986.
13. Frank RP, Nicholls JI : A study of the flexibility of wrought wire clasps, J Prosthet Dent 45(3) : 259, 1981.
 14. Morris HF, Asgar K, Tillitson E : Stress-relaxation testing. Part I : A new approach to the testing of removable partial denture alloys, wrought-wires and clasp behavior. J Prosthet Dent 46(2) : 133, 1981.
 15. Morris HF, Asgar K, Roberts EP, Brudvik HS : Stress-relaxation testing. Part II : Comparison of bending profiles, microstructures, microhardness, and surface characteristics of several wrought wires. J Prosthet Dent 46(3) : 256, 1981.
 16. Morris HF, Asgar K, Brudvik JS, Winkler S, Roberts EP : Stress-relaxation testing. Part IV : Clasp pattern dimensions and their influence on clasp behavior. J Prosthet Dent 50(3) : 39, 1983.
 17. VandenBrink JP, BScEng, Wolfaardt JF, Faulkner MG : A comparison of various removable partial denture clasp materials and fabrication procedure for placing clasps on canine and premolar teeth. J Prosthet Dent, 70(2) : 180, 1993.
 18. Firtell DN : Effect of clasp design upon retention of removable partial dentures. J Prosthet Dent 20(1) : 43, 1968.
 19. Clayton JA, Jaslow C : A measurement of clasp forces on teeth. J Prosthet Dent 25(1) : 21, 1971.
 20. Bates JF : Retention of partial dentures. Brit Dent J 149 : 171, 1980.
 21. Marei MK : Measurement (in vitro) of the amount of force required to dislodge specific clasps from different depths of undercut. J Prosthet Dent, 74(3) : 258, 1995.
 22. Frank RP : Direct retainers for distal extension removable partial denture. J Prosthet Dent 56(5) : 562, 1986.
 23. Brudvik JS, Wormley JH : Construction techniques for wrought wire retention clasp arms as related to clasp flexibility. J Prosthet Dent 30(5) : 769, 1973.
 24. Matheson GR, Brudvik JS, Nicholls JI : Behavior of wrought wire clasps after repeated permanent deformation. J Prosthet Dent 55(2) : 226, 1986.
 25. Frank RP, Brudvik JS, Nicholls JI : A comparison of the flexibility of wrought wire and cast circumferential clasps. J Prosthet Dent 49(4) : 471, 1983.
 26. Nelson DR, Gonten AS, Kelly TW : The cast round RPA clasp. J Prosthet Dent 54(2) : 307, 1985.
 27. Cecconi BT, Asgar K, Dootz E : The effect of partial denture clasp design on abutment tooth movement. J Prosthet Dent 25(1) : 44, 1971.
 28. Cecconi BT, Asgar K, Dootz E : Clasp assembly modifications and their effect on abutment tooth movement. J Prosthet Dent 27(2) : 160, 1972.
 29. Winkler S, Morris HF, Monteiro JM : Changes in mechanical properties and microstructure following heat treatment of a nickel-chromium base alloy. J Prosthet Dent 52(6) : 821, 1984.
 30. 이광희, 장익태, 김광남 : wrought wire clasp의 물리적 성질에 관한 실험적 연구. 대한치과보철학회지, 27(2) : 201, 1989.
 31. Stade EH, Stewart GP, Morris HF, Pesavento JR : Influence of fabrication technique on wrought wire clasp flexibility. J Prosthet Dent 54(4) : 538, 1985.
 32. Brudvik JS, Morris HF : Stress-relaxation testing. Part III : Influence of wire alloys, gauges, and lengths on clasp behavior. J Prosthet Dent 46(4) : 374, 1981.
 33. Krol AJ : Clasp design for extension base partial dentures. J Prosthet Dent 29(4) : 408,

- 1973.
34. Eliason CM : RPA clasp design for distal-extension removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 49(1) : 25, 1983.
 35. Ghani F, Mahood M : A laboratory examination of the behaviour of cobalt-chromium clasps. *J Oral Rehabil* 17 : 229, 1990.
 36. Benson D and Spolsky VW : A clinical evaluation of removable partial dentures with I-bar retainers. *J Prosthet Dent* 41(3) : 246, 1979.
 37. Elbert CA, Ryge G : The effect of heat treatment on hardness of a chromium-cobalt alloy. *J Prosthet Dent* 15(5) : 873, 1965.
 38. Highton R, Caputo A, Matyas J : Force transmission and retentive capabilities utilizing labial and palatal I-bar partial dentures. *J Oral Rehabil* 14 : 489, 1987.
 39. Vallittu PK, Kokkonen M : Deflection fatigue of cobalt-chromium, titanium, and gold alloy cast denture clasp. *J Prosthet Dent* 74(4) : 412, 1995.
 40. Moris HF, Asgar K, Rowe AP, Nasjleti CE : The influence of heat treatments on several types of base-metal removable partial denture alloys. *J Prosthet Dent* 41(4) : 388, 1979.
 41. Curtis DA, Curtis TA, Wagnild GW, Finzen FC : Incidence of various classes of removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 67(5) : 664, 1992.
 42. Chou TM, Caputo AA, Moore DJ, Xiao B, Sakumura JS : Photoelastic analysis and comparison of force transmission characteristics of intracoronal attachments with clasp distal extension removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 62(3) : 313, 1989.
 43. Chou TM, Eick JD, Moore DJ, Tira DE : Stereophotogrammetric analysis of abutment tooth movement in distal extension removable partial dentures with intracoronal attachments and clasps. *J Prosthet Dent* 66(3) : 343, 1991.
 44. Dowling NE : Mechanical behavior of materials. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1993.
 45. Smith WF : Principles of Materials Science and Engineering. USA, McGraw-Hill, Inc., 1986.
 46. Yuasa Y, Sato Y, Ohkawa S, Nagasawa T, Tsuru H : Finite element analysis of the relationship between clasp dimensions and flexibility. *J Dent Res* 69(10) : 1664, 1990.
 47. Ahmad I, Sherriff M, Waters NE : The effect of reducing the number of clasps on removable partial denture retention. *J Prosthet Dent* 68(6) : 928, 1992.
 48. Ahmad I, Waters NE : Value of guide planes in partial denture retention. *J Dent* 20(1) : 59, 1992.
 49. Schneider RL : Significance of abutment tooth angle of gingival convergence on removable partial denture retention. *J Prosthet Dent* 58(2) : 194, 1987.
 50. Frank RP, Nicholls JI : An investigation of the effectiveness of indirect retainers. *J Prosthet Dent* 38(5) : 494, 1977.

ABSTRACT

A STUDY ON THE RETENTIVE FORCE OF CIRCUMFERENTIAL CLASP

Jae-Sun Lee, Mong-Sook Vang

Dept of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonnam National University

The purpose of this study was to compare the retentive force of cast half round circumferential clasps, cast round circumferential clasps and wrought wire clasps on three different depths of undercut(10G,20G,30G), and to determine the proper amount of undercut for cast round circumferential clasp. Three different lower second premolar crowns were cast and each of clasp was made. Each of clasp affixed to the different types of clasp. Their retentive forces were measured with universal testing machine.

The results were as follows:

1. When the depth of undercut was same, the greatest retentive force was exerted by cast half round circumferential clasp, followed by cast round
- 33 -
circumferential clasp and wrought wire clasp.
2. The degree of variation amount of retentive force according to depth of undercut was greatest for cast round circumferential clasp.
3. Not only elastic deformation but also permanent deformation of the retentive arm was observed after insertion and removal of the clasp.

The results of this study show that the retentive force of cast round circumferential clasp falls between those of cast half round circumferential clasp and wrought wire clasp, and suggest that a 20G undercut is suitable for ensuring an appropriate degree of the retentive force.