

주조연결된 니켈-크롬-베릴리움 주조체의 굽힘강도에 관한 비교연구

부산대학교 치과대학 보철학교실

정창모 · 전영찬 · 임장섭

I. 서 론

천금속 합금은 현재 금속도재 수복물이나 가철성 국소의치의 금속 구조물 등을 제작하기 위하여 임상에서 널리 사용되고 있는 치과용 합금 중에 하나이다. 그러나 천금속 합금으로 주조된 보철물은 주조오차 수정이나 수리를 위한 납착이 어려워 일정한 납착결과를 얻기 힘들다는 점이 천금속 합금 사용에 있어 큰 제한점이 되고 있다¹⁾.

천금속 합금은 납착과정 중 쉽게 산화되기 때문에 용융된 납의 젖음성이 불량하게 되어 납착강도가 저하된다²⁾. 또한 천금속 합금 납착과정 중 흔히 발생하는 과열로 인한 결정립 성장과 결정화는 납착부 파절의 주원인이 된다³⁾.

이러한 천금속 주조체의 납착연결에 대한 대안으로 Weiss와 Munyon⁴⁾에 의하여 제안된 주조연결법(casting connection, cast joining)은 연결될 두 주조물의 인접면에 기계적인 유지부를 형성한 후 동일한 금속으로 다시 주조하여 연결하는 방법으로, 천금속 합금 자체의 높은 인장강도와 경도가 연결부에 적절한 강도를 부여할 것으로 기대하고 있다⁵⁾.

주조연결법은 고정성 국소의치에서 분할된 주조체의 연결^{6,7)}은 물론 주조체의 결합부 수리⁸⁾나 가철성 국소의치와 도재합금 가공치의 연결⁹⁾ 등에 이용될 수 있으며, 근자에는 기능운동로(functionally generated path) 기법을 이용한 고정성 보철물의 교합면 형성¹⁰⁾이나 납착부가 많고 납착부위들

이 서로 근접하여 납착이 어려운 임프란트 보철물의 주조체 연결¹¹⁾까지 점차 응용범위가 확대되어 가고 있다.

이처럼 주조연결법은 특수한 장비 없이 비교적 쉽고 간단하게 일정한 연결효과를 얻을 수 있으며⁷⁾, 특히 연결부위가 다수일 경우 시간절약 효과가 크다는 장점¹¹⁾을 갖고 있기 때문에 그 활용성이 매우 높을 것으로 생각되나, 주조연결법이 납착법을 대신하여 임상에서 안심하고 사용할 수 있는 주조체 연결술식임을 입증하여 줄 수 있는 주조연결부위의 결합강도에 관한 비교연구는 매우 드문 실정이다.

과거 주조연결법의 결합강도에 관한 실험연구로, Bertolotti와 Napolitano¹²⁾는 니켈-크롬 합금 보철물에서 주조연결부위의 항복강도가 일체(one-piece) 주조물의 약 60% 이상을 나타내었다고 보고하였으나, Dehoff 등⁸⁾은 도재실패를 의미하는 0.1%의 임계 변형률과 주조체의 항복강도에 해당하는 변형률 수준에서의 주조연결부위가 갖고 있는 load-transfer effectiveness는 각각 일체 주조물의 21.3%와 10%에 불과하였다고 보고한 바 있다.

이처럼 소수의 실험보고에서조차 주조연결법의 결합강도에 관하여 서로 상이한 실험결과를 보고하고 있을 뿐만 아니라, 납착강도와의 비교연구는 문헌고찰을 통하여 찾아 볼 수 없었으며, 또한 임상에서 가끔씩 경험하는 주조연결부위의 파절은 주조연결법의 결합강도를 개선시키기 위한 보다 체계적인 실험연구의 필요성을 시사하는 것으로 생

각된다.

이에 본 연구에서는 향후 주조연결법의 결합강도를 개선시킬 수 있는 방법을 개발하기 위한 기초자료를 얻기 위하여, 니켈-크롬-베릴리움 합금으로 제작한 일체주조물과, 분할 후 주조연결법이나 납착법으로 연결한 주조물 간의 굽힘강도 차이를 상호 비교하여 보고, 아울러 주조연결 시 기계적 유지를 위하여 형성한 유지구의 개수나 상대적인 연결위치가 주조연결부위의 굽힘강도에 미치는 영향을 알아 보고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 금속시편 제작

주조연결시편을 제작하기 위하여 먼저 밀링머신(Hasegawa Co., Japan)을 이용하여 절단면이 장축에 수직인 직경 3mm의 금속 환봉을 2개 제작한 후, 첫 번째 금속봉의 한 쪽 절단면에는 언더컷이 없는 깊이 1mm, 폭 0.6mm의 유지구를 수평, 수직으로 하나 씩 서로 십자형(A형)으로 직교하도록 절삭하고, 나머지 금속 환봉 절단면에도 같은 깊이와 폭을 갖는 수평 또는 수직 유지구를 각각 2개와 1개(B형) 씩 형성하였다(Fig. 1). 이렇게 금속 환봉 절단면에 형성된 두 가지 유형의 유지구를 복제하기 위하여, Fastray(Harry J. Bosworth Co., USA)로 개인 레진트레이를 제작하고 Examix(GC America Inc., USA) 인상재를 이용하여 금속 환봉

절단면으로 부터 유지구를 포함한 약 3mm부위의 인상을 채득하였다. 채득된 인상체에 brush-on기법으로 Pattern Resin(GC Corp., Japan)을 적용하고 20분간 실온에서 경화시켰다. 이렇게 제작된 레진 유지부와 적당한 길이로 절단한 직경 3mm의 환봉 형태의 플라스틱 주입선(수성치재산업사, 서울)을 미리 제작한 Exaflex(GC America Inc., USA) 실리콘 퍼티몰드에 위치 시킨 후 Pattern Resin으로 고정, 연결시키고 왁스를 이용하여 연결부위가 3mm의 균일한 직경이 되도록 조정하였으며, 전체 길이는 15mm가 되도록 하였다.

제작된 레진시편들에 통법에 따라 주입선을 연결하고 인산염계 매몰재인 Hi-temp(Whip-mix, USA)를 제조사의 지시에 따라 매몰, 경화, 소환시킨 후 니켈-크롬-베릴리움 합금인 Verabond(Aalba Dent Inc., USA)를 고주파 유도 주조기(Globucast, Krupp Medizintechnik GmbH, Germany)에서 주조하여 실온까지 서냉시켰다. 주조된 시편은 50 μ m aluminum oxide로 sand-blasting하여 표면의 잔존 오염물과 산화막을 제거한 다음 초음파세척기에서 아세톤, 알콜, 증류수 순으로 세척하였다.

대조군과 납착시편의 제작은 직경 3mm의 플라스틱 주입선을 30mm 길이로 절단하여 주조연결시편과 같은 방법으로 매몰 주조한 후 주조된 시편들의 반은 대조군으로 이용할 일체주조시편으로 이용하였으며, 나머지 반은 납착시편 제작을 위하여 석고로 고정된 후 주조체 정중앙부위를 디스크로 장축과 수직이 되도록 절단하고, 납착 예정면을 rubber point로 연마하고 세척하였다.

2. 주조연결 및 납착

주조연결을 위하여 제작한 금속시편의 유지구부위에 용제(Vera Flux, Aalba Dent Inc., USA)를 얇게 바른 후 실리콘 퍼티 몰드에서 thickness gauge를 이용하여 두 시편간의 간격이 0.75mm⁸⁾가 되도록 조절하고, Pattern Resin과 왁스를 이용하여 고정, 연결하였다.

이때 유지구의 상대적인 연결 위치에 따른 결합강도 변화를 알아보기 위하여 A형 유지구를 갖고 있는 시편의 반은 서로 십자형이 대칭이 되도록 위

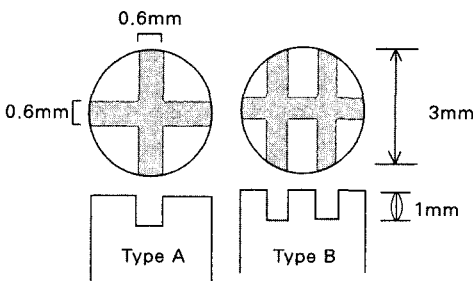


Fig. 1. Two pattern designs of specimens for evaluation of load-bearing effectiveness of cast-joined structures.

Table 1. Experimental groups and conditions

Group	Method for joining	Type of groove pttrens*	Matching of groove patterns
1	Cast in one piece	-	-
2	Presoldering	-	-
3	Cast-joining	Type A	In mirror image
4	↑	↑	Crossly at an angle of 45°
5	↑	Type B	In mirror image
6	↑	↑	Perpendicularly

*Refer to Fig. 1.

치시켰으며, 나머지 반은 십자형 유지구가 서로 45도 어긋나도록 고정하였다. B형 유지구를 갖고 있는 시편에서도 반은 유지구 형태가 서로 대칭이 되도록 위치시켰으나, 나머지 반은 90도 회전시켜 유지구 형태가 서로 교차하도록 위치시켰다(Table 1).

주조연결부에 10 gauge 왁스 주입선을 달고, 위와 동일한 매물재, 금속, 그리고 주조기에서 주조하여, 실온에서 서냉시켰다.

납착을 위한 금속시편들 역시 주조연결시편과 동일한 방법으로 고정, 연결하였으나, 납착간격은 0.3 mm가 되도록하였다. Soldering block을 제작하기 위하여 내면의 부피가 30×10×5mm의 실리콘 몰드를 제작한 후 Hi-temp를 제조사가 지시한 혼수비에 따라 증류수와 혼합한 다음 몰드내로 붓고, 시편을 1.5mm 깊이로 고정시켜 실온에서 24시간 경화, 건조시켰다. 균일한 가열이 되도록 납착부위를 충분히 노출시키고 화염로를 형성하였다. 소환로에서 800°C까지 예열한 후 꺼내어, 용제를 납착될 부위와 납합금인 Vera Solder(Aalba Dent Inc., USA)에 적용하고 propane-oxygen torch로 납착을 시행하였다. 납착이 완료된 시편들은 실온에서 서냉시킨 후 매물재를 제거하고, 납착부 근처의 여분의 납을 stone point로 조심스럽게 제거하였다.

굽힘강도 측정전 납착부위에 유관적인 결함이 있거나, 손의 힘으로 파절이 되는 시편들은 실험에서 제외하였다.

3. 굽힘응력 측정

네가지 주조연결군들과 납착군, 그리고 일체 주

조시편인 대조군의 시편들을 실험군당 각 7개씩 총 42개의 시편을 제작한 후(Table 1), 만능시험기 (Instron Ltd., England) 상에서 3mm/min의 cross head speed 조건 하에서 4점 굽힘하중을 가하여, 낮은 수준에서 파절이 일어나는 점의 하중치나 strip-chart recorder 상에서 초기 소성변형이 일어나는 항복강도를 0.2% 오프셋 방법으로 결정하여¹³⁾ 굽힘응력 계산에 이용하였다.

굽힘응력은 다음과 같은 공식에 의거하여 계산하였으며, 이 때 시편들의 미세한 직경 차이로 인한 오차를 수정하였다.

$$S = \frac{AP}{r^3}$$

여기서 S는 굽힘응력, P는 측정된 하중치, r은 시편의 반경을 의미하며, A는 측정조건에 따른 상수로써¹⁴⁾ 본 실험에서는 미결정 상수로 처리하였다. 따라서 실험결과에 나타난 굽힘응력 수치는 절대응력 수치가 아닌 실험군 간의 상대적인 굽힘응력 (relative flexural stress)을 의미한다¹⁵⁾.

III. 실험성적

Table 2에 각 실험군들의 상대적인 굽힘응력 평균치와, 대조군인 일체주조실험군에 대한 주조연결이나 납착 실험군들의 상대적인 굽힘응력의 비 (joining effectiveness)를 퍼센트로 계산하여 나타내었으며, 각 실험군 간의 상호비교를 용이하게 하기 위하여 상대적인 굽힘응력 평균치를 Fig. 2에 그래프로 다시 표시하였다.

또한 각 실험군의 상대적인 굽힘응력 간의 통

Table 2. Mean relative flexural stress and joining effectiveness of specimens

Group	Relative flexural stress		Joining effectiveness (%)
	Mean	SD	
1	39.58	3.76	100
2	32.61	1.83	82
3	10.33	0.74	26
4	10.07	0.83	25
5	15.15	1.33	38
6	15.09	1.21	38

#Groups connected by same line are not essentially different using Duncan's multiple range test at a significance level of $p=0.05$.

계학적 유의차를 검증하기 위하여 일원변량분석과 Duncan의 다중범위 검정을 시행하였으며, 그 결과를 Table 2에 함께 나타내었다.

실험결과 납착실험군의 상대적인 굽힘응력은 32.61로 구조연결실험군들에 비하여 최소 두 배 이상 높게 나타났으며, 일체구조실험군에 대한 joining effectiveness는 82%였다.

구조연결실험군들에서는 십자형 유지구를 갖는 A형 실험군들의 상대적인 굽힘응력은 3군이 10.33, 4군이 10.07이었으며, 유지구가 한 개 더 있는 B형 실험군들에서는 5군이 15.15, 6군이 15.09으로 B형 실험군들이 A형실험군들보다 1.5배 더 높은 굽힘응력을 나타내었다. Joining effectiveness는 A형 실험군들에서 25-26%, B형 실험군들에서는 38%를 각각 나타내었다. 그러나 같은 형태 또는 개수의 유지구를 갖는 실험군들 사이에서는 유지구의 상대적 위치에 따른 굽힘응력의 크기에 통계학적으로 유의성 있는 차이가 나타나지 않았다 ($p>0.05$).

IV. 총괄 및 고찰

본 실험에서는 시편 장축의 중앙부에 하중을 가하므로써 연결부위에 가장 높은 굽힘응력을 유발시켜 균열 개시점에 영향을 줄 수 있는 3점 굽힘 시험보다는, 납착부위나 구조연결부위에 응력을 좀 더 균일하게 분산시킬 수 있는 4점 굽힘시험을 이

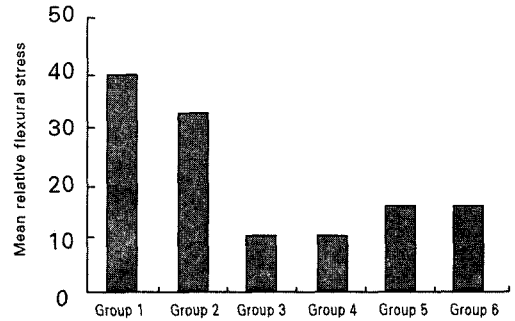


Fig. 2. Mean relative flexural stress required to produce plastic deformation or fracture of specimens.

용하였다.

또한 연결부위에서 파절보다는 영구적인 소성변형을 야기시킬 수 있는 항복응력이 발생하였을 경우를 실제적인 보철물의 임상적 실패로 간주할 수 있기 때문에, 극한응력 보다는 항복응력을 측정하여 굽힘강도 비교에 이용하였다²⁾. 따라서 본 실험 결과로 계산된 최대 굽힘응력 수치는 극한응력을 이용한 다른 실험들의 최대 굽힘응력 수치에 비하여 작은 값을 보일 것으로 생각된다. 그러나 Fig. 3에 나타난 각 실험군들의 전형적인 하중-변형 곡선에서 볼 수 있는 것처럼, 다른 실험군들과는 달리 납착 실험군에서만은 파절이 일어날 때까지 하중과 변위가 서로 선형 비례관계를 보였기 때문에, 납착 굽힘강도는 극한응력을 이용하였다.

본 실험결과 납착실험군의 일체구조실험군에 대한 joining effectiveness는 82%를 보였는데, Anusavice 등¹⁾은 16개의 Ni-Cr합금 실험군 중 4개의 실험군에서만 80% 또는 그 이상의 soldering effective value를 보였다고 보고한 바 있다. 또한 그들은 천금속 합금의 전납착은 납착의 질과 강도에 있어 변이가 심하였으며, 그 원인으로는 부적절한 용제의 산화막 제거능력과 사용방법, 불량한 납착 부위의 가열상태, 부적절한 납착간격, 또는 이러한 요인들의 복합작용의 결과 때문이라고 기술하였다. 본 실험의 납착시편을 제작하는 과정에서도 3개의 시편들에서 유관적인 결함이 발견되어 실험에서 제외시켰으며, 그 중 하나의 시편은 손가락의 힘으

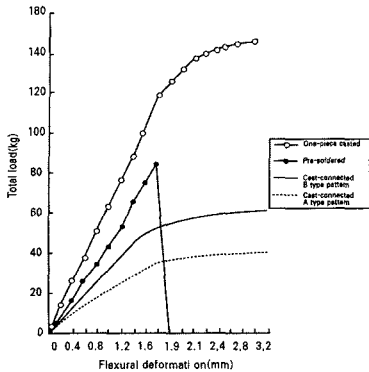


Fig. 3. Typical plot of total load versus flexural deformation.

로 파절되었다. 그러나 유관적 결합이 없는 굽힘강도 측정에 이용된 시편들에서는 Table 2의 표준편차에서 볼 수 있듯이 항복응력은 변이가 적은 비교적 일정한 수치를 나타내었다.

파절된 납착시편의 파절면을 유관으로 관찰한 결과, 모든 시편에서 납합금과 모금속간의 계면에서의 파절(adhesive failure)보다는 주로 납합금 내에서의 파절(cohesive failure)이 일어났음을 알 수 있었다. Anusavice 와 Shafagh²⁾는 이러한 납합금 내에서의 파절 원인을 모금속의 굽힘강도나 모금속과 납합금 간의 납착강도보다 낮은 납합금 자체의 굽힘강도와, 개스의 합입이나 잔존 용체에 의하여 형성된 납합금 내부의 결함부 때문이라고 하였으며, 납합금과 모금속간의 계면에서의 파절은 용융된 납합금의 모금속에 대한 불량한 젖음성과 결합부가 주원인이라고 하였다.

주조연결 실험군들에서는 납착 실험군에 비하여 더 작은 표준편차를 보이는 것으로 미루어 납착법보다 주조연결법이 좀 더 일정한 결과를 나타내는 것으로 생각되나, 굽힘강도 측면에서는 납착실험군에 비하여 매우 낮은 수치를 나타내었고 joining effectiveness는 A형 유지구 실험군에서 25-26%, B형 유지구 실험군에서는 38%에 불과하였다. 그러나 본실험결과와는 달리 Bertolotti와 Napolitano¹²⁾는 니켈-크롬 합금의 주조연결부위의 항복강도가 일체 주조물 항복강도의 약 60% 이상을 나타내었으며, 이러한 강도는 일반적으로 금-팔라듐-은 합금으로 제작한 일체주조 고정성 국소의치나 전납착한 고정성 국소의치의 항복강도를 초과하였다고

보고하였다. 이러한 실험결과와의 차이는 첫째 Dehoff 등⁹⁾에 의하면 Bertolotti와 Napolitano의 실험에서는 단축 인장하중 하에서 시편을 하중축과 30도의 각도로 위치시킴으로써 인장과 전단의 복합하중이 주조연결부에 가해지는 하중조건을 이용하였으며, 둘째 본 실험에서는 기계적 유지구를 형성할 때, 비록 굽힘강도가 감소될 것으로 예상되었으나, 유지구에 추가적인 언더컷을 형성하지 않았기 때문으로 생각된다.

본 실험이나 Bertolotti와 Napolitano¹²⁾의 실험에서는 임상적으로 보철물실패를 의미하는 하중의 크기로 항복강도치를 이용하였으나, Dehoff 등⁹⁾이 지적인 것처럼 이러한 항복강도를 도재피복 보철물의 실패 하중으로 간주하기에는 문제가 있을 것으로 생각된다. Fig. 3에서 볼 수 있는 것처럼 각 실험군마다 굽힘강도 뿐만아니라 하중-변형 곡선의 기울기도 서로 다르다는 것을 알 수 있다. 즉 일체주조 실험군에서는 높은 항복강도와 급격한 경사도를 보이는 반면, 주조연결 실험군들은 낮은 항복강도와 대체로 완만한 경사도를 나타내고 있다. 따라서 주조연결부위의 낮은 연결강도로 인한 금속 구조물의 실패 뿐만아니라, 연결부의 큰 굴곡 변형으로 인한 파괴도재의 파절 가능성이 매우 높을 것으로 생각된다. Dehoff 등⁹⁾은 도재실패가 일어나는 0.1% 임계 변형률에서의 주조연결부위가 갖고 있는 load-transfer effectiveness는 일체 주조물의 21.3%에 불과하다고 보고하였다.

기계적 유지구의 개수에 따른 굽힘강도의 차이를 보면 십자형 유지구를 갖는 A형 실험군보다 유지구가 한 개 더 있는 B형 실험군이 약 1.5배 더 높은 굽힘강도를 나타내었다. 따라서 주조연결부위에 여러개의 유지구를 형성하는 것이 임상적으로 유리한 방법으로 생각되나, 측정 후 분리된 B형 실험군시편의 주조연결부위 대부분에서 유지구 개수 증가에 따라 얇아진 주변 모금속이 변형된 것을 관찰할 수 있었다. 또한 몇몇 주조연결시편에서는 유지구 바닥까지 이차 주조물이 완전히 주조되지 못한 시편들을 발견할 수 있었다. 이러한 현상으로부터 이차 주조물의 적절한 강도와 완전한 주조성을 위하여 유지구가 충분한 폭을 가져야 할 뿐만아니라, 유지구 주변의 모금속 역시 적절한 두께가 유지되어야 한다는 것을 알 수 있다. 따라서

주조연결부위의 위치는 근원심 인접면보다는 가공치 중앙부처럼 충분한 부피의 금속이 존재하는 곳이 바람직할 것으로 생각된다.

두 형태의 유지구실험군 모두에서 유지구 간의 상대적인 연결위치 즉, 하중에 대한 유지구의 상대적인 위치는 주조연결부의 굽힘강도에 유의성 있는 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다.

주조연결부의 분리는 대부분 이차 주조물과 어느 한 쪽 유지구 사이에서만 일어났으며 나머지 다른 쪽의 유지구에는 이차 주조물들이 계속 연결 유지되고 있었는데, 이는 실험의도와는 다르게 유지구 내에 형성된 미세 요철부나 언더컷에 의한 영향 때문으로 생각된다.

이차 주조물의 분리면은 거의 산화막이 형성되지 않은 광택있는 주조면을 나타내었으나, 모금속 유지구 내에는 장시간의 소환과정에서 형성된 두꺼운 산화막을 관찰할 수 있었다. Fehling⁹⁾은 임상적으로 이러한 산화막이 도재의 결합이나 연결부의 강도에 어떠한 유해한 영향을 주는 것을 발견할 수 없었으며, 미국 규격표준국에서 시행한 주사전자현미경적 연구에서 산화막이 일차 주조물과 이차 주조물 간의 합금화(alloying)를 방해하고 있음을 입증하였다고 보고한 바 있다.

이상의 실험결과를 종합해 볼 때, 천금속 합금의 납착은 여러 가지 요인들로 인하여 불완전한 납착의 가능성이 많으나, 숙련자가 제원칙을 잘 이행하여 유관적으로 결합이 없는 납착을 시행하였다면 납착연결부위는 임상적으로 허용할 만한 충분한 굽힘강도를 갖을 수 있을 것으로 생각된다. 반면 주조연결법은 납착법에 비하여 매우 낮은 굽힘강도와 큰 변위를 나타냈으며, 따라서, 비록 현재로서는 구강내에서 발생하는 기능하중을 견딜 수 있는 보철물의 최소 굽힘강도를 알 수는 없으나, 외팔보나 다수의 가공치로 인하여 큰 굽힘모멘트를 받거나 특히 도재가 파괴되는 연결부위에 본 실험과 같은 유지구 조건을 갖는 주조연결법을 사용하는 것은 바람직하지 못한 임상결과를 초래할 것으로 생각된다.

그러나 위에서 언급한 것처럼 본 실험에서는 Weiss와 Munyon⁵⁾의 제안과는 달리 주조연결 유지구에 언더컷을 형성하지 않았기 때문에 실제로 다 상대적으로 낮은 굽힘강도를 보였을 것으로 예

상된다. 따라서 본 실험결과와 해석에는 이러한 점이 고려되어야 하며, 추후 언더컷 형성이 주조연결부의 굽힘강도에 미치는 영향과 함께 효율적인 언더컷 설계방법에 대한 추가적인 실험연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 니켈-크롬-베릴리움 합금의 주조체를 분할하여 납착한 실험군과 언더컷이 없는 유지구를 형성하여 주조연결한 실험군 간의 상대적인 굽힘강도와 일체주조물에 대한 joining effectiveness의 차이를 상호 비교하고, 또한 주조연결법의 기계적 유지를 위하여 형성한 유지구의 개수나 상대적인 연결위치의 변화가 주조연결부위의 굽힘강도에 미치는 영향을 4점 굽힘시험을 통하여 알아 본 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 납착 실험군의 굽힘강도가 주조연결 실험군에 비하여 최소 두 배 이상 높게 나타났으며, 일체 주조실험군에 대한 joining effectiveness는 82%였다.
2. 주조연결 실험군들에서는 십자형 유지구를 갖는 실험군들보다 유지구가 한 개 더 형성되어 있는 실험군들이 약 1.5배 더 높은 굽힘강도를 나타내었으며, joining effectiveness는 각각 25-26%, 38%였다.
3. 그러나 유지구의 상대적인 연결위치에 따른 굽힘응력의 차이는 나타나지 않았다($p>.05$).

참 고 문 헌

1. Anusavice, K.J., Okabe, T., Galloway, S.E., et al.: Flexure test evaluation of presoldered base metal alloys, *J. Prosthet. Dent.*, 54:507-517, 1985.
2. Anusavice, K.J., Shafagh, I.: Inert gas presoldering of nickel-chromium alloys, *J. Prosthet. Dent.*, 55:317-323, 1986.
3. Staffanou, R.S., Radke, R.A., Jendresen, M.D.: Strength properties of soldered joints from various ceramic metal combinations, *J. Prosthet.*

- Dent., 43:31-39, 1980.
4. Craig, R.G., O'Brien W.J., Powers, J.M.: Dental materials properties and manipulation. St. Louis: C.V. Mosby Co., 1975, p191.
 5. Weiss, P.A., Munyon, R.E.: Repairs, corrections, and additions to ceramo-metal frameworks(II), Quint. Dent. Technol.,7:45-58, 1980.
 6. Moffa, J.P., Jenkins, W.A., Ellison J.A., Hamilton, J.C.: A clinical evaluation of two base metal alloys and a gold alloy for use in fixed prosthodontics, J. Prosthet. Dent., 52:491-500, 1984.
 7. Fehling, A.W., Sansom, B.P., Meiser, E.T., Johnson, P.F.: Cast connectors: an alternative to soldering base metal alloys, J. Prosthet. Dent., 55:195-197, 1986.
 8. DeHoff, P.H., Anusavice, K.J., Evans, J., Wilson, H.R.: Effectiveness of cast-joined Ni-Cr-Be structures, Int. J. Prosthodont., 3:550-554, 1990.
 9. Fehling, A.W.: Cast connectors as cores for ceramometal pontics on removable partial dentures and for splinting anterior crowns, J. Prosthet. Dent., 63:167-171, 1990.
 10. Minagi, s., Tanaka, T., Sato, T., matsunaga, T.: Double-casting method for fixed prosthodontics with functionally generated path, J. Prosthet. Dent., 79:120-124, 1998.
 11. McCartney, J.W., Pearson, R.: Stabilization investment template for direct casting connection of implant framework segments, J. Prosthet. Dent., 78:106-108, 1997.
 12. Bertolotti R.L., Napolitano, L.H.: Strength of cast-joined nonprecious alloy frameworks, J. Dent. Res., 63(special issue):208(abstr. no. 334), 1984.
 13. 김경남, 김교한, 김형일 외 4인: 치과재료학, 서울:군자출판사, p36, 1995.
 14. Popov, E.P.: Mechanics of materials, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall Inc., 1952, pp100-102.
 15. Kreibel, R., Moor, B.K., Goodacre, C.J., Dykema, R.W.: A comparison of the strength of base metal and gold solder joints, J. Prosthet. Dent., 51:60-66, 1984.

ABSTRACT

FLEXURE STRENGTH OF CAST-JOINED CONNECTOR WITH Ni-Cr-Be ALLOY

Chang-Mo Jeong, Young-Chan Jeon, Jang-Seop Lim

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University

Soldering is the usual method used to correct an unstable fixed partial denture framework at patient's try-in; However, presoldering base metal alloys is technique-sensitive and results are unstable because it is difficult to maintain uniform heat distribution and to prevent oxidation of an alloy.

A cast-joining technique has been developed by Weiss and Munyon for repair, correction and addition to base metal framework. This joining technique eliminates the problem with presoldering of non-precious frameworks.

The object of this study was to 1) compare the relative flexure strength and the joining effectiveness of Ni-Cr-Be cast in two pieces and "pre-soldered" versus in two pieces and "cast-joined", 2) determine the effect of increasing the number of retentive grooves on the face of the cast and 3) determine the effect of the relative matched position of groove patterns on flexure strength. The joining effectiveness can be expressed by the ratio of the mean flexure stress of soldered or cast-joined specimens to that of one-piece cast.

Resin rods 3mm in diameter were used as pattern of specimens for one-piece casted, presoldered, and cast-joined groups. Cast-joined specimens had two different patterns of retentive grooves on the joined faces. Type A had cross-shaped grooves 1mm in depth, 0.6mm in width. Type B was the same except for the addition of one more retentive groove. In the experiment connecting cast-joined specimens, half of specimens with type A pattern had their patterns on the faces of paired casts matched with each other as mirror image. With the rest pairs, it was proceeded that one of paired casts turned 45 degrees so that the patterns crossed. Half of specimens with type B pattern also had the patterns matched as mirror image; However, here, one of paired casts turned 90 degrees with the other pairs. Retentive groove in this study lacked the intentional undercuts, in contrast with the suggestion of Weiss and Munyon.

The specimens were subjected to four-point flexural loading in an Instron testing machine. The midspan flexural stress was calculated at the point of initial plastic strain as determined from a strip-chart recorder or at the point of failure if this occurred at a lower stress level.

Within the scope of this study, the following results were obtained.

1. The presoldered group showed flexural strength at least 2 times higher than the cast-joined groups. Its joining effectiveness was 82%.
2. In cast-joined groups, the flexural strength of joints with type B patterns exhibited 1.5 times that of joints with type A patterns. Joining effectivenesses were 38% for type B patterns, 25-26% for type A patterns.
3. The relative matched position of groove patterns did not have any significant effect on flexural strength of the cast-joined specimens with either type A patterns or type B patterns($p>.05$).

key words : Cast-joined connector, Four-point flexure strength