

도재소부전장관용 합금의 납착방법에 따른 납착부 굽힘강도에 대한 연구

부산대학교 치과대학 보철학교실

김진열, 전영찬

1. 서론

길이가 긴 고정성 보철물 제작시 주조체의 체적변화로 인하여 발생할 수 있는 적합불량을 방지하기 위한 방안으로 납착술은 오래전부터 많이 적용되어 왔다^(1~6).

고정성 보철물의 납착부는 충분한 강도와 함께 구강 내에서 변색이나 부식이 되지 않아야 하고, 모금속의 색과 유사하여야 하며^(1, 2, 7), 양호한 결합을 위해서는 작업시 납착면의 산화막 형성을 방지하고 청결히 하여 납(solder)이 금속표면에 잘 wetting되게 하는 것이 중요하다⁽¹⁾.

긴 고정성 보철물을 분할 주조한 후 납착연결 하였을 때 적합도는 향상되나, 파절강도가 저하된다고 지적되고 있으며^(8~12), 이를 해결하기 위한 방안으로 적합한 납착간격^(3, 13, 14~17)과 납착방법^(18~28), 그리고 납착부의 기화학적 형태^(11, 29), 및 적절한 합금 선택^(30~41), 용제^(14, 32, 33, 42), 열처리^(1, 43) 등에 관한 많은 연구가 보고되었다.

현재 널리 이용되는 납착방법은 사용하는 열원에 따라 torch soldering, oven soldering, infrared soldering 등으로 구분할 수 있는데^(6, 44), Torch를 이용한 납착은 flame의 조작으로 납의 유동을 용이하게

조절할 수 있다는 장점이 있으나 반면에 균일한 열 분산이 어려워 과열이 되기 쉽고 도재의 파절이 쉽게 발생할 수 있으며 기술적으로 숙련을 요하는 단점이 있다⁽⁶⁾. 그리고 oven을 이용한 납착은 주조체와 납에 열이 균일하게 전달되므로 국소적인 과열로 인한 도재파절등의 실패가 적고 기술적으로 단순하며 온도의 조절이 용이하나, 납이 용융되는 순간을 파악하기가 어려워 지속적인 가열로 인한 모금속의 용융이 발생할 수 있는 점이 단점으로 지적된다⁽⁴⁴⁾. 비교적 최근에 개발된 적외선 납착법의 경우, Honisberg등⁽⁴⁵⁾은 보철물 변형의 감소와 작업시간의 절감 및 양호한 결합등을 장점으로 보고하였고, Carlberg등⁽²⁶⁾은 납착부의 공포가 현저하게 감소한다고 하였으나 아직 실험적, 임상적 연구가 부족한 상태이다.

그리고 도재소부전장관의 납착은 도재소성 전납착과 후납착으로 구분할 수 있는데 전납착의 경우, 필요할 경우 도재의 수정이 가능하나 도재소성시 고온에서 보철물의 변형, 모금속과 납사이의 적은 용융온도차이로 인한 모금속 용융의 위험성등이 문제점으로 지적되었다⁽⁴⁴⁾. 반면에 후납착은 도재소성에 의한 변형의 위험이 없으나 납착후에 도재의 수정이 필요할 경우 도재소성후 납착을 다시 해야하는 단점이 있다⁽⁴⁴⁾.

이와같은 여러가지 납착방법이 각 합금에서 납착부

의 파절강도에 미치는 영향에 관해 여러 학자^{3, 8~10, 18~28, 30~32}들이 연구하였으나, 아직도 일치된 견해는 없으며, 이에 관한 연구가 계속되고 있는 상태이다.

이에 저자는 납착에 이용되는 여러가지 방법에 대한 선학들의 많은 연구를 토대로 하여, 고정성 국소의치 제작시 합금과 납착 방법의 적합한 선택을 알기 위하여 도재소부전장관용으로 널리 사용되는 팔라디움계 합금과 니켈-크롬계 합금에서 여러가지 방법으로 납착을 시행하고 납착부의 굽힘강도를 측정비교한 결과 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 모금속으로는 도재소부전장 팔라디움계합금인 Bond-on 4(Degussa A.G., Germany)와 니켈-크롬계 합금인 Vera Bond(Aalba Dent. Inc., USA)를 사용하였으며, 납(solder)과 용제(flux)는 제조사의 지시에 따라 선택하였다(표 1).

2. 실험방법

1) 시편제작

폭, 두께 각3mm의 기성 plastic beam(田宮模型社, 日本)을 25mm길이의 규격(그림 1)으로 절단하여

sprue를 부착한 후 고온용 인산염 결합 매몰제인 Hi-Temp(Whip-Mix co., USA)를 사용하여 제조사의 지시대로 매몰하고 소환한 후 원심주조한 다음 실온까지 서냉시켜 시편을 제작하였다.



Fig. 1. Dimension of the specimen.

후납착용의 시편은 진공도재로에서 도재소부전장관 제작시와 동일한 방법으로 열처리한 후 Aluminum oxide분말을 sandblasting하여 표면의 산화막과 오염물을 제거하였다.

이들 시편을 초경 석고모형재(Die-keen, Columbus dental Co., USA)로 고정하여 stone index에서 제거하여 초음파 세척기에서 증류수로 세척하였다(그림 2).

Soldering block을 제작하기 위하여 stone index 상에 시편을 위치시킨 후 0.3mm 두께의 card로 납착 간격을 유지하여 시편의 양끝을 sticky wax로 고정하고 Zapit(Dental Ventures of America Inc., USA)으로 절단부위를 고정한 다음 green inlay wax로 화염로를 만들었다(그림 3).

Table 1. Alloys, solders, and fluxes used

Method	Alloy	Solder	Flux
Presoldering	Bond-on 4	Degudent Lot N1*	Flux T*
	Vera Bond	Vera Solder**	Vera Flux**
Postsoldering	Bond-on 4	Degulor Lot 2*	Flux T
	Vera Bond	Degulor Lot 2	Vera Flux

* Degussa A.G., Germany.

** Aalba Dent. Inc., USA.

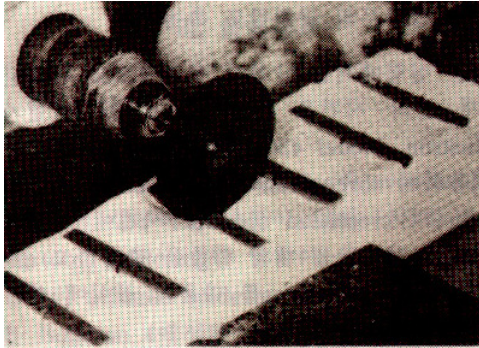


Fig. 2. Assembly for sectioning castings; specimen is held at right angles to separating disk.

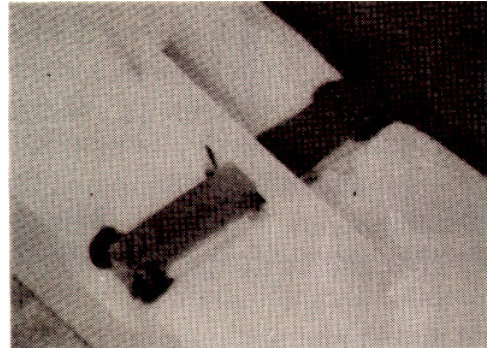


Fig. 3. Soldering assembly with a 0.3mm card in place

Soldering block의 크기를 표준화하기 위해 가로 1cm, 세로 3cm, 높이 0.5cm의 stone block을 제작하고 이것을 고무인상재(Provil, Bayer Dental Co., Germany)로 복제하여 10개의 mold를 제작하였다. Hi-temp를 제조사의 지시에 따라 혼합한 다음 mold 내로 붓고, Zapit과 wax로 고정된 시편을 1.5mm 깊이로 매몰되게 위치시키고 완전히 경화할 때까지 유지하였다. 납착은 전납착과 후납착으로 분류한 후 각각 3가지의 방법으로 각 합금에서 9개씩 총 12군 102개의 soldering block을 제작하였다.

가. Torch soldering

납착용 block을 실온에서 24시간 건조시킨 후, 제조사의 지시에 따라 전납착의 경우 Pdalloy는 800°C (1472°F), Ni-Cr alloy는 650°C(1200°F), 후납착의 경우 두 합금 모두 650°C(1200°F)까지 소환로에서 예열하고, 이 시편을 미리 가열시킨 석면판위에 놓고 납착부위에 적당량의 용제를 도포한 후, 용제를 문힌 납합금을 납착부위에 놓고 propane-oxygen gas torch로 납착을 실행하였다.

나. Infrared soldering

같은 방식으로 예열 된 block을 Infrared soldering machine(Ney Infrared, J.M. Ney co.,

USA)의 isolating pad위에 놓고, 납착부위에 용제 처리를 하고 용제를 문힌 납을 위치시켰다. Alignment rod의 끝부위에서 약 1mm 하방에 납착부위가 위치하도록 조정된 후, power lever을 maximum(10)으로 하여 납이 녹아서 납착부위로 흘러 들어갈때까지 lamp를 작동시키는 방식으로 납착을 시행하였다(그림 4, 5).

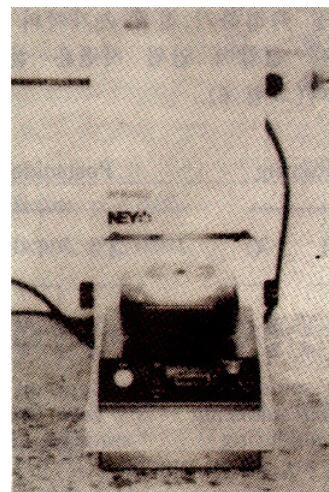


Fig. 4. Infrared soldering machine.

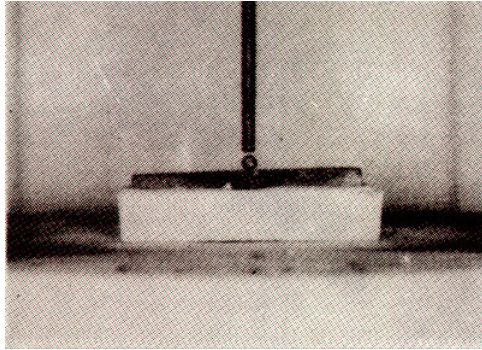


Fig. 5. Soldering block placed under the alignment rod in its soldering position.

다. Oven soldering

도재소성로에서 예열한 후, 시편을 소성로의 입구로 꺼내어 납착부위에 용제처리를 하고 용제를 묻힌 납을 위치시킨 후 다시 소성로내에 넣고 납합금이 용융될 때까지 온도를 상승시켜 납착을 시행하였다.

납착이 완료된 시편은 제조사의 지시에 따라 실온에서 서냉시킨 후 매물재를 제거하고, Pd alloy는 제조사의 지시에 따라 pickling을 시행하여 오염물질을 제거하였으며, 납착부 근처의 여분의 납은 완전히 제거하여 시편의 납착부 규격을 동일하게 만들었다. 파절 강도를 측정하기 전에 손가락의 힘으로 파절되거나 결합이 안된 시편은 실험에서 제외하였다(그림 6).

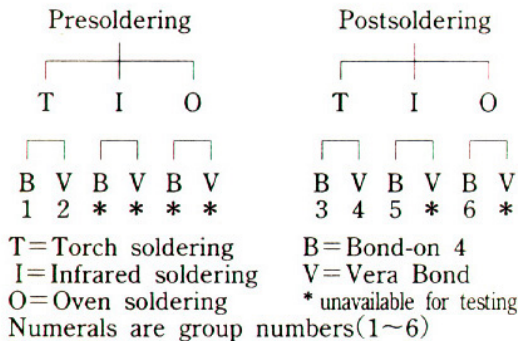


Fig. 6. Experimental design.

2) 납착부의 굽힘강도 측정

본 실험에서는 납착이 성공적으로 완료된 6개 군의 시편을 이용하였다. 만능시험기(Instron, Model 4301, Instron Co., USA)를 이용하여 three-point flexure load를 0.5mm/mim의 crosshead speed를 시편에 가하여 파절이 일어났을 때의 하중을 측정하고 midspan flexural stress를 다음의 공식에 의거하여 산출 하였다.

$$\text{Flexure stress(MPa)} : \alpha = 1.5 Fl/wt^2$$

(F = load, l = length of span, w = width, t = thickness)

F는 파절이 일어났을 때의 하중이며 l는 20mm, w는 3mm, t는 3mm였다(그림 7).

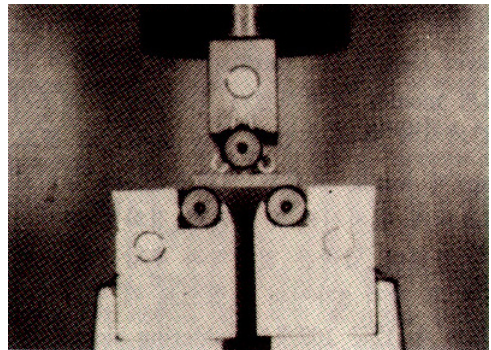


Fig. 7. Test specimen in Instron universal testing machine.

3) 파절면 기공용 현미경 관찰

파절된 시편의 납착면을 기공용 현미경(SMZ-10, Nikon Co., Japan)으로 20배율로 관찰하였으며, 각 군간의 파절양상과 각 실험군당 공포발생의 평균치를 비교하여 강도와의 연관성을 살펴보았다.

III. 실험결과

1. 굽힘강도 실험

전납착의 infrared soldering과 oven soldering에서 성공적인 납착이 일어나지 않았으며, torch soldering만 납착이 성공하였다. 후납착의 infrared soldering 및 oven soldering은 Bond-on 4에서만 성공적으로 납착이 되었고, Vera Bond에서는 실패하였다(그림 6). 굽힘강도 실험에 이용된 각군의 평균치와 표준편차를 표 2와 그림 8에 요약하였으며, 각 군간의 강도차이를 비모수 통계법인 Mann-Whitney test로 검증하였다(표 3).

Table 2. Flexure strength(MPa) of each group.

Group	No.*	Mean	S. D.**
1	9	242.42	75.14
2	9	537.83	122.14
3	9	438.53	165.03
4	9	541.90	120.81
5	9	517.85	143.65
6	9	793.65	131.25

* No. = Number of specimens

** S. D. = Standard deviation

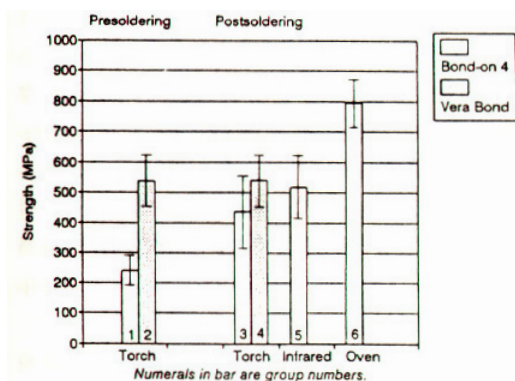


Fig. 8. Comparison of flexure strength in each group.

Torch를 이용하여 납착할 경우, Pd alloy는 후납착이 전납착에 비해 유의하게 강도가 높았으며($p < 0.05$, 표 3), Ni-Cr alloy는 전납착과 후납착사이에 유의한 강도차이가 없었다($\alpha = 0.05$, 표 3). Torch를 이용한 전납착의 경우는 Ni-Cr alloy가 Pd alloy에 비해 유의하게 강도가 높았으며($p < 0.01$, 표 3), 후납착의 경우 Pd alloy나 Ni-Cr alloy사이에는 유의한 강도차이가 없었다($\alpha = 0.05$, 표 3).

후납착법에서 3가지 방법간의 강도비교를 위해 Pd alloy를 사용한 3군, 5군, 6군을 개별 비교한 결과, Torch soldering과 Infrared soldering사이에는 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 유의한 강도차이가 없었으나, Oven soldering은 Torch나 Infrared soldering에 비해 유의수준 $\alpha = 0.01$ 에서 유의성있게 강도가 높았다(표 3).

Table 3. Results of Mann-Whitney test(U) for Comparison of flexure strength between each group.

Group	1	2	3	4	5	6
1		0**	15*	0**	4**	0**
2			29	37	37	6**
3				33	35.5	3**
4					40	7**
5						6**
6						

* Significant, $p < 0.05$.

** Significant, $p < 0.01$.

2. 파절면 기공용 현미경 관찰(사진부도1~6)

각 군의 파절유형과 공포의 평균수를 표4에 정리하였다.

1군의 경우 cohesive failure와 cohesive-adhesive failure가 주종을 이루고, 파절면에 많은 공포들이 존재하였으나 비교적 깨끗한 표면을 보였다. 2군에서는 cohesive failure가 대부분이었으며 납착부

Table 4. Number of type of failures and porosity in solder joints.

Group	Type of failures			Mean No. of porosity
	Coheive	Adhesive	Combined	
1	4	1	4	3.33
2	8	0	1	3.56
3	9	0	0	1.78
4	9	0	0	4.22
5	4	2	3	0.22
6	0	9	0	0.11

파절면에서 산화막의 형성과 용제의 함입이 관찰되었고, 매우 불규칙한 파절면과 함께 큰 공포가 관찰되었다. 3군의 경우에는 모두 cohesive failure가 발생하였으며 작은 공포들이 일부 시편에서 관찰되었으나 파절표면은 비교적 깨끗하였다. 4군에서도 모두 cohesive failure가 발생하였으나 파절면이 매우 불규칙하며 많은 공포와 용제의 함입이 관찰되었다. 5군에서는 cohesive failure, adhesive failure, cohesive-adhesive failure가 모두 관찰되었으며 파절면에는 공포가 거의 없었고 매우깨끗한 표면을 보였다. 6군의 경우는 모두 adhesive failure만 발생하였고 공포가 거의 없는 매우 깨끗한 표면을 보였다.

IV. 총괄 및 고안

납착이란 용융된 납착용 합금이 모금속사이의 미세관 작용에 의해 유동하여 모금속의 표면에 wetting되므로서 결합되는 것으로, 모금속의 용해에 의한 것이 아니다^(1, 2, 5, 7).

용융된 납의 좋은 유동성이나 wetting은 모금속 표면의 청결상태와 표면의 산화정도에 의해서 좌우되며, 산화막의 형성을 방지하기 위해 용제의 사용이 필수적이다^(1, 3, 5, 15). 본 실험에서는 납착부의 청결을 위해 표

면의 오염물질을 초음파 세척기에서 증류수로 세척을 하였고, 모금속 제조사의 추천에 따라 납착용 합금과 용제를 선택하였으며, Vera Bond의 후납착시는 615 fine의 납을 추천하였으나 방법간의 비교를 용이하게 하기 위해 Degulor Lot2를 사용하였다.

납착부의 변형은 납착간격, indexing material, 매물재, 냉각방법등에 의해서 영향을 받는데, Dixon등⁽⁴⁶⁾의 연구에 의하면 resin index material로는 Zapit 이 정확도면에서 가장 우수하나 생체 안전성이 입증되지 않아 Duralay가 적당하다고 보고하였으며, Harper등⁽⁴⁷⁾은 ZOE indexing-investment system 이 가장 변형이 적다고 보고하였고, Moon등⁽⁴⁸⁾은 Plaster index가 가장 정밀한 결과를 보였다고 보고한 바 있다. 그리고 soldering investment는 변형을 줄이기 위해 gold alloy인 경우 최소의 경화팽창과 열팽창을 가진 quartz-based investment가 cristobalite-based gypsum investment보다 권장되고 있다⁽¹⁾. 본 실험에서 각군의 매물재는 조건을 동일하게 하기위해 인산염 결합 고온 매물재(Hi-Temp)로 통일하여 사용하였다.

Type III와 Type IV gold casting alloy에서는 납착후 냉각시 갑자기 급냉시키면 열응력의 발생으로 변형이 야기되고, 반면 실온에서 서냉하면 과도한 재결정과 grain의 성장으로 납착부를 약화시키므로 5분간

서냉한 후 급냉하면 변형도 적고 ordering heat treatment를 가능하게 해서 강도도 증진된다고 한다^(3, 5, 24, 49) 본 실험에서는 모금속 제조사의 지시에 따라 납착후 각 군의 시편을 실온에서 서냉시켰다.

한편, 납착부의 강도는 납착부의 면적, 공포, 납착 간격, 납착부의 기하학적 형태, 모금속 표면의 상태, 용제의 유입, 주조후의 열처리 및 냉각방법, 모금속의 강도, 납착방법등 여러가지 인자에 의해 영향을 받는다고 보고되고 있다^(3, 16, 28, 32, 38, 50~53).

납착간격이 납착부강도에 미치는 영향은 많은 학자들에 의해 연구되었는데, Stadel⁽³⁾과 Rasmussen⁽⁸⁾은 납착간격이 증가하며 0.3mm의 간격을 추천하였다. Nicholls⁽²⁸⁾과 Wills⁽¹⁶⁾은 0.15mm간격을 추천하였고 Shillingburg⁽⁵⁾과 Dykema⁽⁵⁴⁾등은 납착부의 변형을 고려하여 0.13mm의 간격을 주장하였으며, Rosenstiel⁽⁴⁴⁾은 변형과 강도를 고려하여 0.25mm의 간격을 추천하였다. 또한 Anusavice⁽¹³⁾은 base metal alloy의 납착시 납착간격과 굽힘강도사이에서 일정한 상관관계를 발견할 수 없었다고 보고하였다. 대다수의 연구에서 간격이 증가할수록 강도는 증진되지만, 간격이 너무 크면 변형도 크고 모세관 작용을 얻기가 어려워 납착이 힘들며, 간격이 너무 작으면 납의 적절한 흐름이 방해되어 불완전하거나 약한 결합부위가 된다고 하였다^(3, 8, 17, 32).

또한 납착부의 강도는 납착면적에 비례하여 증가하는데, Ferencz⁽¹¹⁾는 interproximal connector부위의 납착시 가장 약한 강도를 나타내고 midpontic area의 납착이 더 강한 강도를 나타내는데 midpontic soldering시는 수직 혹은 사선형태의 결합부 사이에 강도 차이가 없었다고 보고하였다. Moskowit⁽²⁹⁾은 joint surface에 slot을 형성한 경우와 형성하지 않은 경우 사이에 강도차이를 비교한바, 차이가 없음을 확인하고 홈을 형성한 경우는 그 부위에 공포의 발생이 증가하여 표면적 증가, stress분산, crack 차단이 효과가 상쇄된다고 생각하였다.

납착부의 강도를 측정하는데 있어서, Anusavice⁽¹³⁾은 과거의 대다수 연구가 인장 강도를 측정하였는데

이는 실제로 보철물에 가해지는 하중과는 다른 유형이어서 부적합하다고 주장하면서 flexure test를 납착부의 강도실험에 추천하였다.

본 실험에서는 강도의 비교에 중점을 두어 0.3mm의 납착간격을 선택하였고 납착부의 강도 실험은 Anusavice⁽¹³⁾의 방법에 따라 3point flexure load를 가한 flexure test를 시행하였다.

전납착법과 후납착법을 비교한 선학^(3, 8~10, 19, 24, 28, 30, 31, 36)들의 연구에서는, 전납착시는 torch를 후납착시는 oven을 이용하였는데, 방법에 의한 차이가 개입되므로 전, 후납착만의 비교가 어려웠다. 그래서 본 실험에서는 전납착법과 후납착을 비교하기 위해서 동일한 방법을 이용한 군사이의 비교를 하고자 하였다.

본 연구에서 전납착을 적외선 납착기로 시행한 경우 납이 적절하게 용융되지 않았으며 도재소성로를 이용한 경우에는 wetting이 일어나지 않았다. 그리고 후납착에서는 Vera Bond를 적외선 납착기와 도재소성로로 납착한 경우 wetting이 일어나지 않아 실패하였는데 이들 합금에서 이러한 납착방법에 관한 연구가 더 필요할 것으로 사료되었다.

굽힘강도 실험 결과, torch로 Pd alloy를 전납착한 1군에서 가장 낮은 강도를 보였는데, 파절면에 많은 porosity가 존재하였다. 이는 Lorenzana⁽³¹⁾의 결과와 일치하는 것으로 과다한 용제의 사용과 과열이 원인으로 생각된다. 같은 방법으로 Ni-Cr alloy를 전납착한 2군의 경우, 파절면에서 많은 공포와 함께 용제의 함입과 산화막이 관찰되었는데 이는 Staffanou⁽²⁴⁾과 Townsend⁽³⁸⁾이 지적한 것과 같이 비귀금속에서의 과도한 산화고온에서의 base metal 성분의 증발등이 원인으로 생각되며 2군이 1군에 비해 강도가 높은 것은 납합금 자체의 강도차이에 의한 것으로 사료된다. Torch로 Pd alloy와 Ni-Cr alloy를 각각 후납착한 3군과 4군사이에는 유의한 강도차이가 존재하지 않았지만 평균치는 Ni-Cr alloy의 경우가 높았다. 이와같이 torch를 이용한 납착에서 Ni-Cr alloy군이 Pd alloy군보다 높은강도를 나타내는 것은 Kriebel⁽³⁰⁾과 Lautenschlager⁽⁵¹⁾의 보고와 유사한 결과로

서, 비귀금속의 납착시 겪는 기술적인 어려움과 결과의 불균일성을 고려한다면 임상적으로는 의미가 없을 것으로 판단된다.

Pd alloy를 torch로 후납착한 3군과 전납착한 1군을 비교하면 3군이 Mann-Whitney U-test의 $\alpha = 0.05$ level에서 유의성있게 강도가 높았으며, 파절면의 공포도 후납착의 경우가 적었다. 이는 후납착시의 낮은 납착온도(745°C)로 인해 과열, 공포발생등의 문제점이 발생하지 않았기 때문이라고 생각되어진다. Ni-Cr alloy의 경우 torch를 이용한 전납착과 후납착 사이의 강도차이는 유의성이 없었지만 후납착이 높은 평균치를 보였다. 이는 Staffanou등⁽²⁴⁾의 보고와 유사한 결과로 실패율이 높고 기술적으로 까다로운 presoldering보다 조절이 쉬운 postsoldering이 더 양호한 결과를 보이는 것으로 사료된다. 동일 하계 torch를 이용하여 전, 후납착법을 비교한 바 준귀금속인 Pd alloy에서는 후납착이 높은 강도를 보였고 비귀금속인 Ni-Cr alloy에서는 전, 후납착 간에 유의한 강도차이가 없었는데, 이는 Monday등⁽²²⁾의 보고와는 다소 차이가 있는 것으로 사용한 재료의 차이에 의한 것으로 생각된다. 합금과 방법에 따라 강도가 상이한 선학의 보고와 본 실험의 결과를 종합해보면, 합금에 따라서 높은 강도를 보이는 방법이 각각 다를 것으로 생각되며 각 합금종류에 따라 적합한 납착방법에 대한 계속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Pd alloy를 torch, infrared machine, oven의 3가지 방법으로 각각 후납착한 경우인 3군, 5군, 6군의 결과를 비교 검증한 결과, torch와 infrared machine을 이용한 군사이에는 유의한 강도차이가 존재하지 않았으며 이는 Louly등⁽²¹⁾과 Cattaneo등⁽²⁷⁾의 보고와 일치한다. 그리고 oven을 이용한 군과 torch나 infrared machine을 이용한 군사이에는 Mann-Whitney U-test의 $\alpha = 0.01$ level에서 유의성 있는 강도차이가 존재하였고 oven을 이용한 군이 높은 강도를 나타내었다. 그리고 파절면에서 공포도 oven을 이용한 군에서 다른군에 비해 현저히 적게 발생하였다. 이 결과는 Stade등⁽³⁾과 Rasmussen등⁽⁸⁾의 보고와

는 일치하나, Monday등⁽²²⁾과의 보고와는 상이한 결과로 역시 합금종류와 납착조건에 의해서 강도가 영향을 받는 것으로 사료되며 이는 Pd alloy를 oven에서 납착할 경우 과열로 인한 공포발생이 적고 산화를 적절히 조절할수 있어 wetting이 양호한 결과라고 생각된다.

Torch를 이용한 3군에서 공포가 5군 6군에 비해 많은 것은 앞서 언급한 과열이나, 부적절한 flame의 조작등이 원인으로 생각되며 optical thermometer등의 사용으로 이를 방지하기 위한 적절한 조치가 필요하다고 생각되어진다.

Infrared machine의 사용시에는 납착부를 정확히 focal point에 위치시키는 것이 중요하며, 또한 machine자체의 focus가 잘 조절된 상태라야 납착이 가능하므로 솔자는 항상 focus를 적절하게 조절할 수 있어야 한다. 그리고 infrared machine의 lamp온도는 3400°C까지 가온되나 대상 물체의 maximum attainable temperature는 물체의 mass, thermal conductivity, emissivity, reflectivity등에 의해서 좌우될 수 있다고 제조사에서 언급하였으며, Louly등⁽²¹⁾은 high thermal diffusivity를 가진 alloy인 경우가 있다고 보고하였다. 그러므로 infrared soldering 시는 가능한 soldering block의 크기를 최소화하여 온도상승을 용이하게 하고 납착부의 표면을 열흡수에 적합한 상태로 유지해서 시행해야 만족할만한 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

Oven postsoldering의 6군과 torch presoldering의 1군사에도 유의한 강도차이가 존재하였으며 oven postsoldering의 경우가 높은 강도를 나타내었다. 이는 선학들의 보고와 일치하는 결과이다^(3, 8, 10, 31).

기공현미경으로 파절면을 관찰한 결과, Ni-Cr alloy인 Vera Bond에서 Palladium alloy인 Bond-on 4보다 공포의 발생이 많았으나 강도의 순위와는 일치하지 않았다. Pd alloy group간에는 전납착에서 공포의 발생이 많았고 후납착시에는 공포의 발생이 적었다. 다시 말하자면 공포의 발생은 전납착과 후납착에 따라, 그리고 모금속의 귀금속성분 함량에 따라서

는 차이가 많았으나 강도의 순위와 직결되지는 않았으며, 후납착에 적용한 3가지 방법간에는 차이가 적었다.

파절양상은 torch soldering인 경우 다공성의 파절 단면을 보이는 cohesive failure가 주류를 이루었고, infrared soldering의 경우 cohesive-adhesive failure가 모두 관찰되었다. 반면에 oven postsoldering의 경우는 모두 adhesive failure였고 porosity도 거의 없었으며 가장높은 강도를 보였다. 그러나 파절양상과 굽힘강도 사이에는 유의할 만한 상관관계를 발견할 수 없었다.

이상과 같이 선학의 연구와 본실험의 결과를 종합해 보면, 납착부의 강도는 납착방법과 사용합금에 의해서 영향을 받으며 이상적인 납착부 형성을 위해서는 각 합금, 특히 비귀금속의 산화방지에 적합한 용제 및 납착방법에 대해서 더욱 연구되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결론

저자는 도재소부 전장관용 팔라디움계 합금인 Bond-on 4와 니켈-크롬계 합금인 Vera Bond를 이용하여 납착간격 0.3mm로 각각 납착을 행한 후, Instron test machine으로 굽힘강도를 측정하고 파절면을 기공용 현미경으로 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 팔라디움계 합금을 후납착한 경우에는 도재소성로를 이용한 군이 가장 높은 강도를 보였고 gas-oxygen torch를 이용한 군사이에는 유의한 강도차이가 없었다.
2. 팔라디움계 합금에서 gas-oxygen torch를 이용한 경우에는 후납착이 전납착에 비하여 높은 강도를 보였다.
3. 니켈-크롬계 합금에서 gas-oxygen torch를 이용한 경우에는 전납착과 후납착사이에 유의

한 강도차이가 없었다.

4. 파절면의 공포는 gas-oxygen torch를 이용한 군이 적외선 납착기나 도재소성로를 이용한 군보다 많이 발생하였으나, 강도와 공포의 수와는 일정한 상관관계가 없었다.
5. 파절양상은 도재소성로를 이용한 군에서는 Adhesive failure를 보였고 gas-oxygen torch나 적외선 납착기를 이용한 군에서는 Cohesive failure와 Cohesive-Adhesive failure가 많았다.

참고문헌

1. Phillips, R.W. : Skinner's science of dental materials. 8th ed., p. 534, W. B. Saunders Co., 1982.
2. O'Brien, W.J. : Dental Materials : Properties and Selection., p. 419, Quintessence publishing Co., 1989.
3. Stade, E.H., Reisbick, M.H., and Preston, J.D. : Preceramic and postceramic solder joints. J. Prosthet. Dent., 34 : 527, 1975.
4. Saxton, P.L. : Post-soldering of nonprecious alloys. J. Prosthet. Dent, 43 : 529, 1980.
5. Shillingburg, H.T., Hobo, S., and Whitsett, L.D. : Fundamentals of fixed Prosthodontics. P. 410, Quintessence Co., 1981.
6. Padilla, M.T. and Bailey, J.H. : Margin configuration, die spacers, fitting of retainers/crowns, and soldering Dent. Clin. Nor. Am., 36 : 758, 1992.
7. Craig, R.G. : Restorative dental materials. 7th ed., p. 373, The C. C. Mosby Co., 1985

8. Rasmussen, E.J., Goodkind, R.J., and Gerberich, W.W. : An investigation of tensile strength of dental solder joints. *J. Prosthet. Dent*, 41 : 418, 1979.
9. Marshall, A.G. and Goodkind, R.J. : An investigation of the tensile strength of nickel-chromium alloy dental solder joints. *J. Prosthet. Dent.*, 52 : 666, 1984.
10. Rosen. H. : Ceramic/metal solder connectors. *J. Prosthet. Dent*, 56 : 671, 1986.
11. Ferencz, J.L. : Tensile strength analysis of midpontic soldering. *J. Prosthet. Dent.*, 57 : 696, 1987.
12. Boudrias, P. and Nicholls, J.I. : Tensile strength of postceramic solder joints with a palladium-silver alloy. *J. Prosthet. Dent*, 57 : 165, 1987.
13. Anusavice, K.J., et al. : Flexure test evaluation of presoldered base metal alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 54 : 507, 1985.
14. Khayat, P.G. and Nicholls, J.I. : Tensile bond strength of low-fusing solder joints with the use of a nickel-chromium-beryllium base metal alloy. *J. Prosthet. Dent.*, 58 : 563, 1987.
15. Ryge, G. : Dental soldering procedures. *Dent. Clin. Nor. Am.*, 2 : 747, 1958.
16. Willis, L.M. and Nicholls, J.I. : Distortion in dental soldering as affected by gap distance. *J. Prpsthet. Dent.*, 43 : 272, 1980.
17. 박상남·계기성 : 가공의치 납착부의 강도와 내부구조에 관한 실험적 연구. *대한 치과보철학회지.*, 23 : 747, 1958.
18. Arnault, F.D.S., et al. : Improved fixed partial denture soldering. *J. Prosthet. Dent.*, 57 : 528, 1987.
19. Kaylakie, W.G. and Brukl, C.E. : Comparative tensile strengths of nonnoble dental alloy solders. *J. Prosthet. Dent.*, 53 : 455, 1985.
20. Lanzano, J.A. : Postceramic soldering in fixed prosthodontics. *Quintessence of Dental Technology.*, 13 : 69, 1989.
21. Louly. A.C., et al. : Tensile strength of preceramic solder joints formed using an infrared heat source. *Int. J. Prosthodont.*, 4 : 425, 1991.
22. Monday. J.J.L. and Asgar, K. : tensile strength comparison of presoldered and postsoldered joints. *J Prosthet. Dent*. 55 : 23. 1986.
23. Sobieralski, J.A., Brukl, C.E., and Smith, N.K. : tensile strength and microscopic analysis of nickel-chromium base metal postceramic solder joints. *J. Prosthet. Dent.*, 58 : 35, 1987.
24. Staffanou, R.S., Radke, R.A., and Jendresen. M.D. : Strength properties of soldered joints from various ceramic-metal combinations. *J. Prosthet. Dent.*, 43 : 31, 1980.
25. Stackhouse, J.A. : Assembly of dental units by soldering, *J. Prosthet. Dent.*, 18 : 131, 1967.
26. Carlberg. T. and Wictorin, L. : Soldering of dental alloys under vacuum by IR-heating. *Dent. Mater.*, 2 : 279, 1986.
27. Cattaneo, G., et al. : Comparison of tensile strength of solder joints by infrared and conventional torch technique. *J. Prosthet. Dent.*, 68 : 33, 1992.
28. Nicholls, J.I. and Lemm, R.W. : Tensile strength of presoldered and postsoldered joints. *J. Prosthet. Dent.*, 53 : 476, 1985
29. Moskowitz, H., Janus, C.E., and Beck, D.A. : tensile strength of an alternative soldered

- connectors. *J. Prosthet. Dent.*, 57 : 301, 1987.
30. Kriebel, R., et al. : A comparison of the strength of base metal and gold solder joints. *J. Prosthet. Dent.*, 51 : 60, 1984.
31. Lorenzana, R.E., et al. : Strength properties of soldered joints for a gold-palladium alloy and a palladium alloy. *J. Prosthet. Dent.*, 57 : 450, 1987.
32. Sloan, R.M., Reisbick, M.H., and Preston, J.D. : Post-ceramic soldering of various alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 48 : 686, 1982.
33. Beck, D.A., Moon, P.C., and Janus, C.E. : A quantitative study of preporecelain soldered connector strength with palladium-based porcelain bonding alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 56 : 301, 1985.
34. Gustavsen, F., Berge, M., and Hegdahl, T. : Flexural strength of a high-temperature soldered cobalt-chromium alloy. *J. Prosthet. Dent.*, 61 : 568, 1989.
35. Hawbolt, E.B. and MacENTEE, M.I. : Effects of fatigue on a soldered base metal alloy. *J. Dent. Res.*, 62 : 1226, 1983.
36. Hawbolt, E.B., MacENTEE, M.I., and Zahel, J.I. : The tensile strength and appearance of solder joints in three base metal alloys made with high- and low-temperature solders. *J. Prosthet. Dent.*, 50 : 362, 1983.
37. Janus, C.E., Taylor, D.F., and Holland, G.A. : A microstructural study of solder connectors of low-gold casting alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 50 : 657, 1983.
38. Townsend, L.W.A., Vermilea, S.G., and Griswold, W.H. : Soldering nonnoble alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 50 : 51, 1983.
39. 이선행 : 금합금과 도재소부전장주조관용 비금속 합금간의 납착에 관한 연구. *대한치과의사협회지.*, 15 : 969, 1977.
40. 이선행 : 주조용 귀금속 합금과 비금속 합금간 납착부의 인장강도. *대한치과의사협회지.*, 16 : 953, 1978.
41. 진태호·김기환 : 주조용 합금간 납착부의 인장강도에 관한 실험적 연구. *대한치과의사협회지.*, 22 : 523, 1984.
42. Blustein, R., et al. : A reliable technique of post soldering of nonprecious ceramic units. *J. Prosthet. Dent.*, 36 : 112, 1976.
43. Leinfelder, K.F., O'Brien, W.J., and Taylor, D.F. : Hardening of dental gold-copper alloys. *J. Dent. Res.*, 51 : 900, 1972.
44. Rosenstiel, S.F., Land, M.F., and Fujimoto, J. : Contemporary fixed prosthodontics. P. 438, the C.V Mosby Co., 1988.
45. Honigsberg, A., Dworetzky, P.J., and Kaufman, E.G. : The use of infrared energy for dental soldering and melting procedures. *J. Dent. Res.*, 46 : 80, 1967.
46. Dixon, D.L., Breeding, L.C., and Lindquist, T.J. : Linear dimensional variability and tensile strengths of three solder index materials. *J. Prosthet. Dent.*, 67 : 726, 1992.
47. Harper, R.J. and Nicholls, J.I. : Distortions in indexing methods and investing media for soldering and remount procedures. *J. Prosthet. Dent.*, 42 : 1972, 1979.
48. Moon, P.C., et al. : Comparison of accuracy of soldering indices for fixed prostheses. *J. Prosthet. Dent.*, 40 : 35, 1978.
49. El-Ebrashi, M.K. and Bigelow, W.C. : Electron

- microscopy of gold soldered joints. *J. Dent. Res.*, 47 : 5, 1968.
50. Fusayama, T., Wakumoto, S., and Ho-soda, H. : Accuracy of fixed partial dentures made by various soldering techniques and one-piece casting. *J. Prosthet. Dent.*, 14 : 334, 1964.
51. Lautenschlager, E.P., et al. : Strength mechanisms of dental solder joints. *J. Dent. Res.*, 60 : 154, 1981.
- soldering. *J. Prosthet. Dent.*, 9 : 441, 1956.
53. Patterson, J.C. : A technique for accurate soldering. *J. Prosthet. Dent.*, 28 : 552, 1972.
54. Dykema, R.W., Goodacre, C.J., and Phillips, R.W. : *Johnston's modern practice in fixed prosthodontics*. 4th ed., p. 317, W.B. Saunders Co., 1986.

52. Meyer, F.S. : The elimination of distortion during

논문사진부도

Picture 1. Fracture surface of torch presoldered Bond-on 4 specimen. (×20)

Picture 2. Fracture surface of torch presoldered Vera Bond specimen. (×20)

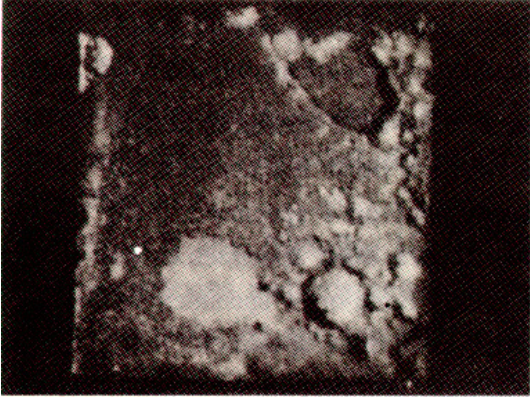
Picture 3. Fracture surface of torch presoldered Bond-on 4 specimen. (×20)

Picture 4. Fracture surface of torch presoldered Vera Bond specimen. (×20)

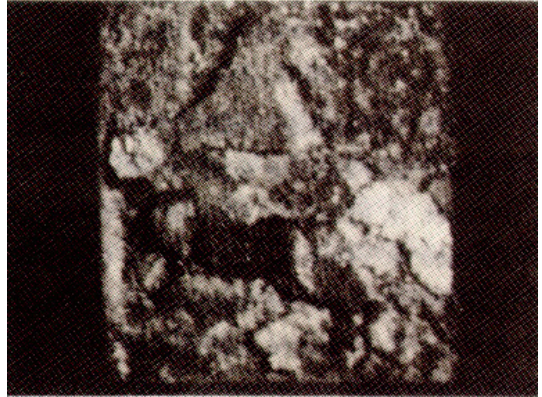
Picture 5. Fracture surface of infrared postsoldered Bond-on 4 specimen. (×20)

Picture 6. Fracture surface of oven postsoldered Bond-on 4 specimen. (×20)

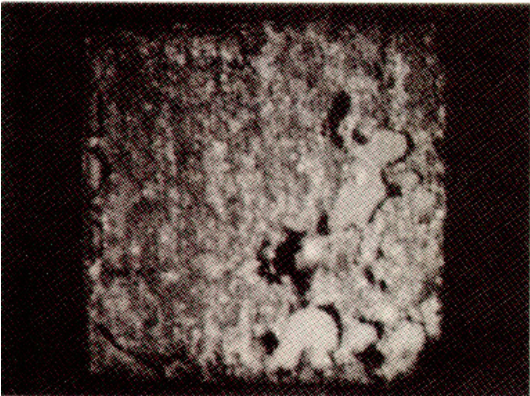
논문사진부도



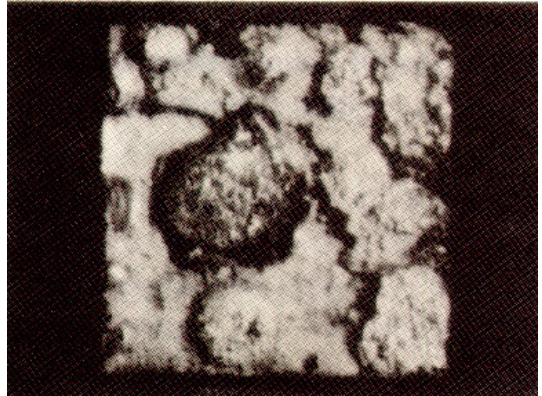
Picture 1.



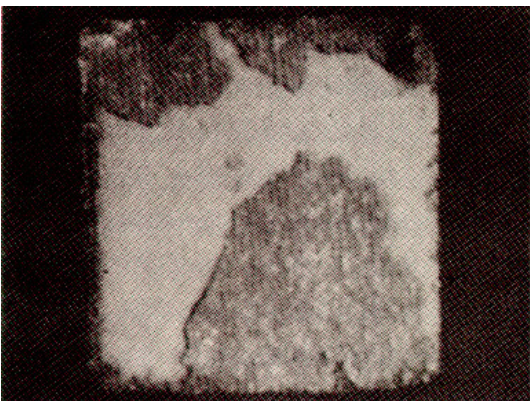
Picture 2.



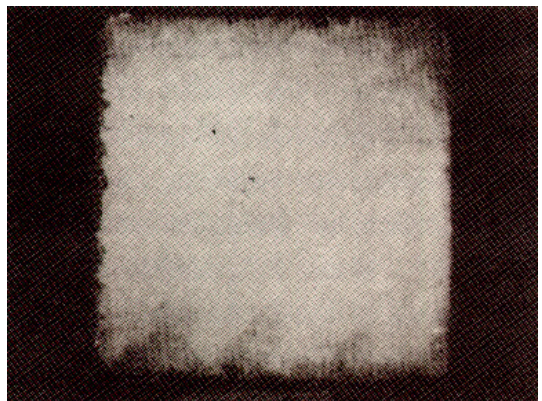
Picture 3.



Picture 4.



Picture 5.



Picture 6.

=Abstract=

A STUDY ON FLEXURE STRENGTH OF THE SOLDER JOINTS FORMED USING VARIOUS SOLDERING TECHNIQUES FOR CERAMO-METAL ALLOYS

Jin-Yeoul Kim, Young-Charn Chun

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

In order to compare the strength of soldered joints relative to the various soldering method, soldering processes were performed using Palladium based ceramo-metal alloy(Bond-on 4)and Nickel-cromium alloy(Vera Bond). The obtained data include difference in strength between presoldering and postsoldering The data also contain difference among postsoldered groups for 3 difference soldering methods(torch, infrared. Oven)

The following results were obtained :

1. For postsoldering with Pd alloy, the oven-using group showed the highest strength while the difference in strength between the torch-using group and the infrared machine group was negligible.
2. For Pd alloy with the torch method, postsoldering resulted in the higher strength than presoldering.
3. There was a negligible difference in strength between presoldering and postsoldering when Ni-Cr alloy with torch method is used.
4. Through microscopic study of the fractured surfaces, the torch-using group showed more porosity than both the oven-using and the infrared machine groups.
5. In terms of fracturing patterns, the oven-using group showed adhesive failure while both the torch and the infrared machine groups showed cohesive failure and cohesive-adhesive failure.