

금속 wire의 아크릴릭 레진 보강효과에 관한 연구

부산대학교 치과대학 보철학교실

정창모 · 전영찬 · 임장섭

I. 서 론

아크릴릭 레진은 조작성이 간편하고 재질이 비교적 안정하여 보철물이나 교정장치 제작에 가장 널리 사용되고 있다. 그러나 아크릴릭 레진의 낮은 기계적 강도로 인한 응력집중부위의 파절은 오랫동안 임상적 문제점 중의 하나로 지적되어 왔으며, 이러한 파절문제를 예방하기 위하여 여러가지 금속재료나 강화섬유를 이용한 보강방법이 임상에 소개되어 이용되고 있다^{1,2,3,7,8,9,12,15,19}.

이러한 아크릴릭 레진의 보강방법중 금속 wire를 레진내 포매시키는 보강법은 경제성 및 간단한 조작성 등으로 인하여 임상에서 흔히 사용되고 있는 방법으로 일반적인 레진상¹⁰ 또는 임시레진치관^{5,11,16} 제작이나 파절수리시 보강효과¹²를 얻기 위하여 사용되고 있으며, 더불어 중합레진의 체적안정성 증진효과를 기대할 수 있다¹⁴.

그러나 아크릴릭 레진 파절문제의 임상적 중요성이나 금속 wire 보강방법의 사용빈도에 비하여 금속 wire의 보강효과에 대한 연구가 매우 미흡할 뿐만아니라 몇몇 실험보고에서조차 금속 wire의 보강효과에 대하여 서로 상이한 실험 결과를 보고 하고 있으며^{1,3,6,12,15}, 많은 임상가들은 자신의 임상경험을 통하여 이러한 금속 wire가 실제로 아크릴릭 레진에 보강효과를 갖고 있는지에 대하여 의문을 제시하고 있다^{3,7,9,19}.

따라서 금속 wire의 아크릴릭 레진에 대한 보강효과에 대한 재고찰이 필요할 것으로 생각되며, 또한 이러한 보강방법에 사용되는 금속 wire의 굵기나 갯수 등이 주로 술자의 경험에 의해 선택되고 있는 점을 고려해 볼 때 이러한 요소들이 아크릴릭 레진의 기계적 강도에 미치는 영향을 비교 연구함으로써 보다 효과적인 금속 wire의 보강효과를 얻기 위한 임상적 지침을 마련할 수 있을 것으로 생각된다.

이외에도 하중시 예상되는 금속 wire와 아크릴릭 레진사이의 계면에서 발생하는 미끄럼 현상과 두 재료간의 불연속성으로 인한 응력집중을 방지하기 위하여^{11,12} 현재 심미 레진피 개보철물에 주로 사용되고 있는 레진과 금속 간의 화학적 접착 시스템(chemical adhesive system)^{7,9,18,19}을 이용하여 금속 wire 보강재와 아크릴릭 레진을 화학적으로 접착시켰을 경우, 이러한 접착 결합력이 금속 wire의 보강효과에 어떠한 영향을 주는가에 대한 연구도 매우 흥미로운 과제로 생각되나 아직 보고된 바는 없다.

이에 본 연구에서는 금속 wire를 이용하여 아크릴릭 레진을 보강할 경우, 1) 아크릴릭 레진에 포매되는 금속 wire의 갯수 또는 굵기의 변화와 2) 계면에서 일어나는 미끄럼현상이나 응력집중을 방지하기 위한 화학적 접착 시스템의 사용유무나 그 종류에 따른 보강효과의 차이를 상호 비교하여 효과적인 금속 wire 보강법을 알아 보고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

가. 아크릴릭 레진 시편 제작

삼점굽힘강도 측정을 위한 $64 \times 10 \times 3$ mm 크기의 직사각형 아크릴릭 레진시편을 제작하였다. 이때 실험의 정밀도를 높이기 위하여 여러개의 같은 크기의 시편을 동시에 제작할 수 있도록 기존의 플라스틱 대신 금속 mold를 절삭가공하여 사용하였으며, 금속 mold는 5개의 시편을 동시에 제작할 수 있는 기본 틀과 편평한 상판 덮개로 이루어져 있고 두 부분이 나사로 고정될 수 있도록 설계하였다.¹

사용된 아크릴릭 레진은 교정용 자가중합형 아크릴릭 레진(L. D. Caulk Division, Densply Int. Inc., U. S. A.)으로써 제조자의 지시에 따라 레진의 분말과 액의 비를 3:1로 혼합하여 레진 충전에 적절한 점도를 갖는 병상이 형성될 때까지 약 2분간 기다린 후 레진 충전하여 압착기에서 잉여 레진을 제거하였다. 레진 충전 즉시 금속 mold를 110°F 의 온수가 있는 압력솥에 넣어 20psi압력하에 20분간 중합시키고 시편들을 변형이나 손상이 없도록 조심스럽게 금속 mold에서 제거하였다. 제작된 시편들을 실온의 물이 담긴 용기에 48시간 이상 보관시킨 후 시편제작시 발생한 미세한 두께의 오차를 400번과 600번 사포로 연마하여 조정하였으며 Digimatic Micrometer (Mitutoyo Corp., Japan)로 각 시편의 3mm 두께를 확인하였다.

나. 금속 wire 보강재

1. 금속 wire의 굵기 및 갯수

금속 wire로 보강된 아크릴릭 레진 시편을 제작하기 위하여 사용된 wire는 직선형 교정용 wire(Remanium : Dentaureum, Germany)로써 굵기에 따른 보강효과를 비교하기 위하여 0.7, 1.0, 1.2mm 세가지 굵기의 wire를 사용하였으며, 갯수에 따른 보강효과의 비교를 위하여 각각의 wire 굵기에 따라 1, 2, 3개의 wire를 사용하였다. 따라서 사용된 금속 wire의 굵기와 갯수에 따라 총 9군의 보강된 시편군을 제작하였으며, 금속 wire로 보강되지 않은 아크릴릭 레진 시편군을 대조군으로 사용하였다.

각각의 실험군의 시편수는 10개씩 대조군과 보강된 실험군을 포함하여 총 100개의 실험시편을 제작하였다(Table I).

2. 금속 wire의 위치 및 고정

금속 wire를 아크릴릭 레진 시편에 포매시키는 방법은 wire 양단 외측에 2mm의 아크릴릭 레진이 존재할 수 있도록 각각의 wire를 60mm로 절단한 후, 가능한 wire가 시편 두께 중앙에 위치할 수 있도록 0.7mm wire 보강시편에서는 1.2mm wire를, 1.0mm wire 보강시편에서는 1.0mm wire를, 그리고 1.2mm wire 보강시편에서는 0.9mm wire를 각각 8mm의 길이로 절단하여 보강wire의 양단 내측 2mm에 보강 wire와 직교되도록 위치시키고 동일 자가중합형 아크릴릭 레진으로 고정시킴으로써 아크릴릭 레진 공간부여를 위한 지지대로 사용하였다. 또한 시편 너비에 대한 보강 wire의 위치관계는 시편의 너비를 사용되는 보강 wire의 갯수에 따라 등분하여 시편의 장축과 평행이 되도록 위치시켰다.

다. 화학적 접착 시스템

각각 두개의 0.7, 1.0, 1.2 mm 굵기의 금속 wire를 아래와 같은 레진과 금속간의 화학적 결합을 위한 두가지 금속표면처리를 시행한 후 위에서 기술한 바와 같은 방법으로 보강된 아크릴릭 레진 시편을 제작하였다. 이 실험에서도 각 실험군간 시편수는 10개씩 총 60개의 추가적인 시편을 제작하였다(Table I).

1. Silicoater system(Heraeus Kulzer GmbH, Germany)

보강 wire의 표면을 sandblaster(Pen blaster, 우성사)를 이용하여 250micron aluminum oxide로 15초간(방출 압력 $5\text{kg}/\text{cm}^2$, 방출거리 5mm) 분사한 후 초음파 세척기로 증류수에서 30분간 기계적 세척을 시행하였다. 그 후 Siliclean(ethyl acetate)에서 10분간 다시 한번 표면세척을 시행한 후, Sililink를 금속표면에 적용하고 Silicoater MD에서 temperature-time-program2로 silicoating을 시행한 후 4분동안 서냉시키고 즉시 Siliseal(silane coupling agent)을 적용하였다. Siliseal적용 후 30분 이

내에 Dentacolor opaque 레진의 액과 분말을 1 : 1의 비로 혼합하여 균일한 두께로 도포하여 Unilux AC에서 15 irradiation code동안 경화시켰으며 두번의 opaque 레진을 적용하였다.

2. Metalprimer(GC Dental Products Corp., Japan)

Silicoater system과 동일한 방법으로 보강 wire의 표면을 sandblasting하고 초음파 세척기에서 기계적 세척을 시행한 후 primer를 붓으로 wire 전면에 얇게 도포하고 primer의 휘발성분이 증발하여 젖은 표면이 정상으로 돌아올 때까지 공기중에 방치하였다.

라. 3점 굽힘강도 측정

하중-변형 곡선을 기록할 수 있는 만능시험기(Instron : Model 4301, England)를 이용하여 지점간거리 42mm에서 crosshead speed 5mm/min로 하중을 가하여 시편의 파절음과 함께 하중의 갑작스런 감소가 나타나는 지점의 하중치를 기록하였다.

측정된 파절 하중치를 이용하여 다음과 같은

공식에 의해 굽힘강도를 계산하였다.

$$s = \frac{3LP}{2bd^2}$$

여기서 P는 파절시 하중, L은 지점간거리, b는 시편의 너비, d는 시편의 두께를 의미한다.

III. 실험결과

측정된 각 실험군들의 굽힘강도 평균값과 표준편차를 Table I과 같이 정리하여 나타내었으며, 각 실험조건에 따른 굽힘강도 차이의 상호 비교를 용이하게 하기 위하여 Fig. 1과 Fig. 2에 각각의 실험변수에 따라 별도의 그래프로 다시 정리하였다.

금속 wire의 굵기나 갯수 변화가 굽힘강도에 미치는 영향(실험군 : C, S1, S2, S3, M1, M2, M3, L1, L2, L3)과 여러 굵기의 금속 wire에 화학적 접착 시스템을 적용시 화학적 접착 시스템의 사용유무나 종류 그리고 금속 wire의 굵기가 굽힘강도에 미치는 영향(실험군 : S2, M2,

Table I. Classification of the test groups and values of the measured transverse strengths according to type of reinforcement

Group	Wire		Adhesive system	Transverse strength	
	Diameter(mm)	Number		Mean(kg/cm ²)	SD
C	—	—	—	789.11	65.30
S1	0.7	1	—	752.81	66.78
S2	0.7	2	—	820.28	87.32
S3	0.7	3	—	829.15	65.72
M1	1.0	1	—	834.26	69.50
M2	1.0	2	—	1009.40	49.97
M3	1.0	3	—	1169.91	78.38
L1	1.2	1	—	977.83	75.56
L2	1.2	2	—	1191.82	68.86
L3	1.2	3	—	1532.83	114.87
SSC	0.7	2	Silicoater	952.00	95.35
MSC	1.0	2	Silicoater	1103.48	110.62
LSC	1.2	2	Silicoater	1565.69	83.76
SMP	0.7	2	Metalprimer	886.55	121.12
MMP	1.0	2	Metalprimer	1119.09	97.24
LMP	1.2	2	Metalprimer	1522.50	121.70

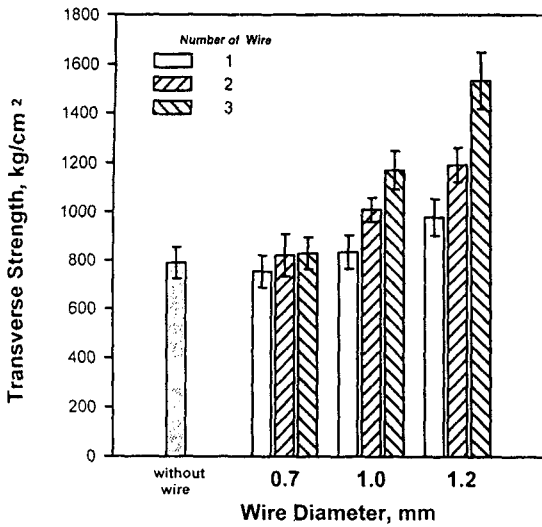


Fig. 1. Transverse strengths of test groups with different numbers and diameters of reinforcing wires.

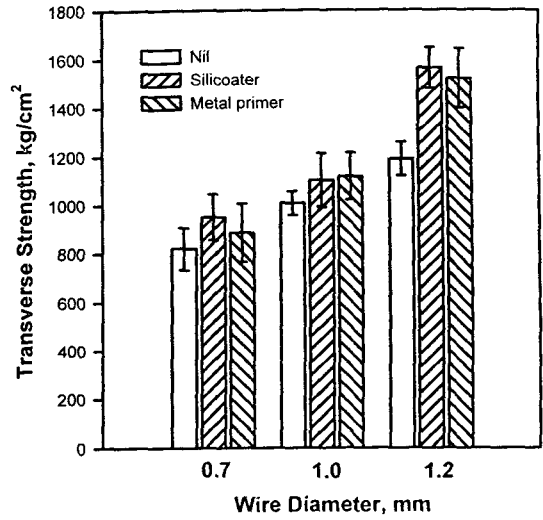


Fig. 2. Transverse strengths of test groups with different types of chemical adhesive systems.

Table II. Statistical analysis of transverse strength differences among test groups with different numbers and diameters of reinforcing wires

Group	C	S1	S2	S3	M1	M2	M3	L1	L2	L3
C	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
S1		-	-	-	-	+	+	+	+	+
S2			-	-	-	+	+	+	+	+
S3				-	-	+	+	+	+	+
M1					-	+	+	-	+	+
M2						-	+	-	+	+
M3							-	+	-	+
L1								-	+	+
L2									-	+
L3										-

- = No statistically significant difference ($P > .05$) ; + = significant difference ($P < .05$).

L2, SSC, MSC, LSC, SMP, MMP, LMP)을 통계학적으로 비교 분석하기 위하여 각각의 경우에 대한 이원변량분석을 시행한 결과, 금속 wire의 굵기와 갯수의 변화에 따라 각각 굽힘강도에 차이가 있었으나 두 변수사이에는 상호작용이 존재하였다($P < .0001$). 그리고 화학적 접착 시스템과 금속 wire의 굵기 변화 역시 각각 굽힘강도에 영향을 주는 것으로 나타났으며 두 변수사이에도 역시 상호작용이 있는

것으로 나타났다($P < .0001$).

따라서 각각의 경우, 수준의 조합에서 모평균의 유의차를 추정하고자 먼저 대조군을 포함한 금속 wire의 굵기와 갯수 변화에 따른 각 실험군들간의 일원변량분석을 시행하고($P < .05$), Scheffe F-test($P = .05$)로 평균치 개별비교를 시행하여 그 결과를 Table II에 정리하여 나타내었다. 다음으로 본실험에 이용한 세가지 굵기의 금속 wire와 화학적 접착 시스템의 사용

Table III. Statistical analysis of transverse strength differences among test groups with different types of chemical adhesive systems

Group	S2	SSC	SMP	M2	MSC	MMP	L2	LSC	LMP
S2	-	-	-	+	+	+	+	+	+
SSC		-	-	-	-	-	+	+	+
SMP			-	-	+	+	+	+	+
M2				-	-	-	+	+	+
MSC					-	-	-	+	+
MMP						-	-	+	+
L2							-	+	+
LSC								-	-
LMP									-

- = No statistically significant difference ($P > .05$) ; + = significant difference ($P < .05$).

유무 및 종류에 따른 각 실험군들간의 굽힘강도 평균값의 유의차를 비교하고자 위와 같은 방법으로 일원량변량분석($P < .05$)과, Scheffe F-test($P = .05$)를 시행하여 그 결과를 Table III에 나타내었다.

금속 wire의 굽기나 갯수를 변화시킨 실험군들의 굽힘강도 유의차를 비교 분석한 결과, 대조군과 0.7mm 금속 wire를 사용한 S1, S2, S3 실험군 그리고 1.0mm 금속 wire 1개를 사용한 M1 실험군들사이에는 굽힘강도에 통계학적 유의차가 없었다. 그러나 1.2mm 금속 wire 1개를 사용한 L1 실험군에서는 대조군에 비하여 유의성 있는 굽힘강도 증가를 보였다. 1.0mm 금속 wire 2개를 사용한 M2 실험군과 1.2mm 금속 wire 1개를 사용한 L1 실험군, 그리고 1.0mm 금속 wire 3개를 사용한 M3 실험군과 1.2mm 금속 wire 2개를 사용한 L2 실험군 사이에는 각각 굽힘강도에 유의차가 없는 것으로 나타났다. 그리고 1.0mm 또는 1.2mm 금속 wire를 사용한 실험군들에서는 각각 갯수 증가에 따른 굽힘강도 증가를 보였으며, 대조군에 비하여 M2와 L1 실험군들은 약 25%, M3와 L2 실험군들은 약 50%, L3 실험군은 약 95%의 굽힘강도 평균값의 증가를 보였다.

금속 wire의 굽기와 화학적 접착 시스템의 사용유무나 종류에 따른 굽힘강도의 변화를 비교 분석해 보면, 0.7mm 금속 wire를 사용한 실험군과 1.0mm 금속 wire를 사용한 실험군

들에서는 화학적 접착 시스템의 사용이나 종류에 따른 굽힘강도의 변화가 나타나지 않았으나 1.2mm 금속 wire를 사용한 실험군에서는 화학적 접착 시스템을 사용함으로써 굽힘강도가 크게 증가하여 L2군에 비하여 LSC와 LMP 실험군들이 약 30% 증가된 굽힘강도 평균값을 보였다. Silicoater나 Metalprimer 처리한 0.7mm 금속을 사용한 SSC와 SMP 실험군들과 화학적 접착 시스템을 사용하지 않은 1.0mm 금속 wire를 사용한 M2 실험군, 그리고 1.0mm 금속 wire에 Silicoater나 Metalprimer를 처리한 MSC와 MMP 실험군들과 화학적 접착 시스템을 사용하지 않은 1.2mm 금속 wire를 사용한 L2 실험군 사이에는 각각 굽힘강도에 유의차를 보이지 않았다. 그리고 같은 굽기의 금속 wire를 사용한 실험군들사이에서는 Silicoater나 Metalprimer의 화학적 접착 시스템 종류에 따른 굽힘강도에 차이가 없는 것으로 나타났다.

IV. 총괄 및 고찰

아크릴릭 레진의 보강에 사용되는 금속 보강재의 요구조건으로는 우수한 기계적 강도, 간편한 성형이나 제작, 심미성 등을 들 수 있다⁷⁾. 이러한 관점에서 교정용 금속 wire는 구입이

쉽고 조작성이 용이하며, 상악 구개부나 하악 설측에 제한적으로 사용하거나 심미성이 요구되는 부위에서는 pink opaque 레진을 도포하여 사용함으로써 심미적인 문제를 해결할 수 있다는 점에서 금속보강재로써 어느정도 좋은 조건을 갖고 있다고 할 수 있다. 결국 금속 wire 보강재 사용시 남아있는 문제점은 우수한 보강효과를 나타낼 수 있는 충분한 기계적 강도를 얻는 방법으로써 과연 어느정도 굵기의 금속 wire가 보강효과를 나타내며 금속 wire 갯수의 증가가 어떻게 보강효과에 영향을 미치는가, 그리고 금속 wire와 아크릴릭 레진과의 계면 사이에 발생하는 미끄럼현상이나 응력집중을 방지하기 위한 기계적 혹은 화학적 결합이 보강효과에 어떠한 영향을 미칠 것인가를 규명하는데 있을 것이다.

실험결과, 본 실험의 대조군으로 사용한 교정용 자가증합 레진의 평균 굽힘강도(789.11 kg/cm²)는 같은 레진을 사용한 Carroll과 von Fraunhofer³⁾의 실험결과(598.5kg/cm²)보다 매우 높은 수치를 보이고 있는데 이는 전자의 경우 레진혼합 후 병상에서 충전시키는 방법을 사용한 반면 후자의 경우 salt-and-pepper 방법을 이용한 결과로 생각되며, 따라서 자가증합용 레진을 사용할 때에도 가능하면 전자와 같은 방법을 이용하여 단량체의 사용량을 줄이고 레진밀도를 증가시키며 레진내 공포를 줄이는 것이 파절예방에 도움이 될 것이다.

금속 wire의 굵기나 갯수의 변화에 따른 보강효과의 비교에서 먼저 0.7mm 또는 1.0mm 금속 wire 한개를 사용한 경우 대조군과 굽힘강도에 차이가 없는 것으로 나타났는데 이는 선행들^{3,12)}의 실험결과와 유사한 경향을 보이는 결과로써, 비록 각 실험에 사용된 시편이나 금속보강재의 두께나 종류가 서로 상이하여 절대적 비교는 불가능하지만 일반적으로 가는 굵기의 금속 wire의 사용은 보강효과를 갖지 못하며 특히 본 실험에서는 통계학적 유의차는 없지만 0.7mm 금속 wire를 사용한 경우 굽힘강도 평균값이 대조군보다 더 낮은 값을 보였고 이는 아마도 너무 가는 금속 wire를 사용할 경우 오히려 재질의 불연속성으로 인한 강도저하가

원인인 것으로 사료되며, 정¹⁰⁾은 인장응력이 발생하는 의치상 구개부 연마면에 스트레인 게이지를 이용하여 변형률을 측정된 결과 금속 wire를 구개부 의치상에 정중선과 수직으로 포매시켰을 경우 인장변형이 증가됨을 보고한 바 있다.

또한 0.7mm 금속 wire를 1,2,3개 사용한 실험군들에서는 금속 wire 갯수의 증가에 따라 굽힘강도 평균값이 약간씩 증가하였으나 통계학적인 유의차를 보이지 않은 반면 1.0mm, 1.2mm 금속 wire를 사용한 경우에는 금속 wire 갯수의 증가에 따라 굽힘강도에 유의성 있는 증가를 나타냈다. 과거 선행의 보고¹²⁾나 임상적 경험에서 금속 wire의 갯수를 증가시키므로써 그에 상응하는 보강효과를 얻을 수 있을 것이라는 예측과는 달리 본 실험결과 우선적으로 보강효과를 갖을 수 있는 충분한 굵기의 금속 wire를 선택할 때만이 비로서 갯수 증가에 따른 추가적인 보강효과를 얻을 수 있는 금속 wire 굵기와 갯수간에 상호작용이 있음을 알 수 있으며, 따라서 이러한 상호작용이 1.2mm 금속 wire 세개를 사용한 L3군이 다른 군에 비하여 현저히 높은 굽힘강도를 보인 원인으로 생각된다.

Smith¹³⁾는 그의 논문에서 금속 보강재가 총 단면적의 50% 이상을 차지해야 보강효과를 얻을 수 있다고 주장하였으나 본 실험결과나 다른 선행들의 실험결과^{3,12,19)}를 비교분석해 볼 때 이러한 절대적 비와는 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 아마도 실험에 사용된 레진과 금속 보강재간의 상대적 강도나 전체적인 시편의 기하학적 형상, 하중조건 등 실험조건의 차이로 인한 것으로 생각된다. 비록 금속 wire의 굵기와 갯수를 지속적으로 증가시켜 보강효과를 증진시킬 수 있다 하더라도 심미성, 조작성, 위생관리의 관점에서 금속 wire의 노출없이 적정량의 아크릴릭 레진이 금속 wire를 포매하고 있어야 한다는 점을 고려해 볼 때 가장 효율적인 전체 단면적에 대한 금속 wire의 굵기와 각 금속 wire들간의 거리에 대한 보다 깊은 연구가 필요하리라 사료된다.

과거부터 공학적으로 콘크리트 기둥을 철근

으로 보강할 때 콘크리트와 철근 계면간의 미끄럼현상을 방지하기 위하여 표면이 매끄러운 철근 보다는 요철이 있는 철근이 사용되고 있다. 이러한 개념을 금속 wire를 이용한 아크릴릭 레진 보강법에 도입하여 아크릴릭 레진과 금속 wire사이의 기계적 혹은 화학적 결합을 얻을 수 있다면 금속 wire 보강효과에 도움이 될 것으로 추측할 수 있다¹¹⁾.

금속 wire의 기계적 결합을 얻기 위한 방법으로는 미시적으로는 금속표면을 거친 aluminum oxide로 blasting하거나 전기화학적으로 식각하는 방법을 생각할 수 있으며, 거시적으로는 braid형태의 wire를 사용하거나 금속 wire 표면에 절흔형성, 매듭짓기, 구부림 또는 양단에 고리형성 등을 고려할 수 있다. 그러나 이러한 기계적 결합이 아크릴릭 레진의 파절 강도에 미치는 영향에 대한 실험보고는 거의 찾아 볼 수 없었으며, 다만 soft braided brass wire를 사용시 약간의 보강효과를 나타냈으나 그 효과가 적었고 금속 wire 양단에 고리형성 유무는 굽힘강도변화에 아무런 영향이 없었다는 Carroll과 von Fraunhofer⁹⁾의 보고와 금속보강재를 이용한 임시레진치관의 보강효과에 관한 몇몇 보고가 있을 뿐이다^{5,11)}. 그러나 본 실험에서는 이러한 기계적 결합의 영향을 실험변수로 고려하지 않고 제조사의 지시에 따라 금속 wire에 aluminum oxide blasting한 후 화학적 접착 시스템을 적용하였다.

Silicoater 시스템은 ceramic interfacial bonding을 이용한 것으로, 금속표면에 형성된 약 0.5micron 두께의 SiO_x-C layer는 금속 산화막과 화학적 결합을 하고 레진 접착면에서는 silane bonding을 위한 Si-OH 또는 Al-OH군을 제공함으로써 금속과 레진간의 화학적 결합을 가능하게 한다^{10,18)}. Metalprimer는 새로이 개발된 metal adhesive monomer(MEPS: thiophosphoric methacrylate)를 포함하고 있으며, 이중 thiophosphoric part에 있는 sulfur는 금속과 상호 작용을 하고 methacrylic group은 공유결합으로 레진과 결합한다⁴⁾. Metalprimer는 silicoater 시스템과는 달리 복잡한 장비나 전처치 없이 간단히 금속표면을 alumina bla-

sting 후 1-2회 얇은 층을 도포하여 사용할 수 있다는 장점이 있으나 그 결합력에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

본 실험결과 0.7mm 또는 1.0mm 금속 wire를 사용한 실험군들에서 각각의 금속 wire 굽기에 대하여 Silicoater나 Metalprimer를 사용한 실험군들이 화학적 접착 시스템을 사용하지 않은 실험군에 비하여 약간의 증가된 굽힘강도 평균값을 보였으나 통계적으로 유의성 있는 차이는 없었다. 그러나 1.2mm 굽기의 금속 wire를 사용할 경우에는 두가지 화학적 접착 시스템을 사용한 실험군 모두에서 매우 큰 굽힘강도 증가효과를 나타내었다. 따라서 본 결과 역시 금속 wire의 갯수 증가에 의한 효과와 마찬가지로 기본적으로 보강효과를 갖을 수 있을 만큼 충분히 굵은 wire를 사용해야만 화학적 접착 시스템에 의한 부가적인 보강효과를 얻을 수 있음을 시사하는 것으로 생각된다.

세가지 굽기의 금속 wire 모두에서 Silicoater나 Metalprimer 실험군들사이에는 유의성 있는 굽힘강도의 차이를 보이지 않았다. 그러나 이러한 결과로부터 Silicoater와 Metalprimer가 유사한 접착 결합강도를 갖고 있다고 단정적인 결론을 내리기에는 무리가 있을 것으로 사료되며, 이는 위에서 언급한 것처럼 금속 wire 자체가 굽힘강도 변화에 주요소로 가장 큰 영향을 미치고 있기 때문에 화학적 접착 시스템의 접착결합강도 차이로 인한 영향이 축소되어 나타날 가능성이 높기 때문이다.

삼점굽힘강도 실험시 실험시편의 파절이 일어나 파절음과 함께 하중-변형 곡선에서 하중의 갑작스런 감소를 나타내는 지점의 하중치를 측정 한 후 관찰된 시편들의 파절양상은 모든 시편에서 시편중앙에 위치한 금속 wire를 중심으로 인장응력이 발생하는 하중의 반대쪽에서 파절이 일어났으며 금속 wire가 압축응력쪽으로의 파절전달을 차단하는 양상을 보였다.

Kawano 등⁷⁾은 금속판을 이용한 아크릴릭 레진 의치상의 보강효과를 연구한 실험에서 시편 중앙에 금속판을 위치시켰을 경우 보강효과가 없었으나 압축 또는 인장 응력을 받는

부위에 금속판을 위치시켰을 경우 보강효과가 나타났으며 특히 인장응력을 받는 부위에 금속판을 접착시켰을 경우 무보강 실험군에 비하여 굽힘강도가 약 두배 증가되었음을 보고 하였다. 정¹⁶⁾ 역시 아크릴릭 레진이 인장응력에 취약하다는 점을 고려해 볼 때 이중재료의 복합 구조물의 단면을 등가단면으로 환산시킬 경우¹⁷⁾ 중립축의 위치가 인장응력이 발생하는 부위에 가깝게 위치할수록 인장변형이 줄어들음을 강조 하였다. 따라서 금속 wire를 인장응력이 발생하는 부위(예를 들어 상악 의치상 구개부의 연마면 등)에 근접하여 위치시킬 때 보다 우수한 보강효과를 기대할 수 있겠으나 금속판 보강재와는 달리 제한된 레진 두께에서 실질적으로 금속 wire의 위치를 술자의 의도에 따라 조절할 수 있을지는 의문스럽다.

Silicoater나 Metalprimer를 사용한 실험군들의 파절시편들에서는 모두 파절로 노출된 금속 wire 표면에 잔존 opaque 레진이나 아크릴릭 레진이 남아있지 않는 adhesive failure를 보였다.

V. 결 론

금속 wire를 이용한 효과적인 아크릴릭 레진의 보강법을 연구하고자 금속 wire의 굽기(0.7, 1.0, 1.2mm) 또는 갯수(1, 2, 3개)의 변화와, 화학적 접착 시스템의 사용유무나 그 종류(Silicoater, Metalprimer)에 따른 실험군들의 아크릴릭 레진 시편에 대한 삼점굽힘강도를 측정하여 상호 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 금속 wire 보강재를 사용하지 않은 대조군과 0.7mm 금속 wire를 1, 2, 3개 사용한 실험군들 그리고 1.0mm 금속 wire 1개를 사용한 실험군사이에는 굽힘강도에 통계학적 유의차가 없었다($P > .05$).
2. 1.0mm 또는 1.2mm 금속 wire를 사용한 실험군들에서는 각각 갯수 증가에 따른 굽힘강도 증가를 보였다($P < .05$).
3. 0.7mm 또는 1.0mm 금속 wire를 사용한 실험군들에서는 Silicoater나 Metalprimer

사용에 따른 굽힘강도 증가를 보이지 않았다($P > .05$).

4. 같은 굽기의 금속 wire를 사용한 경우 Silicoater 실험군과 Metalprimer 실험군사이에 화학적 접착 시스템 종류에 따른 굽힘강도에 차이가 없는 것으로 나타났다($P > .05$).

이상의 결과를 종합하여 보면, 아크릴릭 레진에 대한 보강효과를 얻기 위해서는 우선적으로 충분한 굽기의 금속 wire가 사용되어야 하며 이러한 조건이 만족되었을 때 금속 wire의 갯수 증가나 화학적 접착 시스템의 사용으로 인한 추가적인 보강효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Berry, H.H. and Funk, O.J. : Vialium strengthener to prevent lower denture breakage, *J.Prosthet.Dent.*, 26 : 532, 1971.
2. Beyli, M.S. and von Fraunhofer, J.A. : An analysis of causes of fracture of acrylic resin dentures, *J.Prosthet.Dent.*, 46 : 238, 1981.
3. Carroll, C.E. and von Fraunhofer, J.A. : Wire reinforcement of acrylic resin prostheses, *J.Prosthet.Dent.*, 52 : 639, 1984.
4. Directions for Metalprimer, GC Dental Products Corp., Japan.
5. Hazelton, L.R., et al. : Influence of reinforcement design on the loss of marginal seal of provisional fixed partial denture, *Int.J. Prosthodont.*, 8 : 572, 1995.
6. Jennings, R.E. and Wuebbenhorst, A.M. : The effect of metal reinforcement on the transverse strength of acrylic resin, *J.Dent. Child.*, 27 : 162, 1960.
7. Kawano, F., et al. : Reinforcement of acrylic resin denture base with a Ni-Cr alloy plate, *Int.J.Prosthodont.*, 3 : 484, 1990.
8. Ladizesky, N.H., et al. : Reinforcement of complete denture bases with continuous high performance polyethylene fibers, *J.*

- Prosthet.Dent.,68 : 934,1992.
9. Miyamoto,M. : Studies on reinforcement by affixing metal plate. Part2. An experimental study on the upper complete denture, J.Jpn.Prostodont.Soc., 32 : 853,1988.
 10. Musil,R. and Tiller,H.J. : Die molekulare Kopplung der Kunststoff-Verblendung an die Legierungsoberfläche,Dental-labor XXXII Heft.,1155 : 1161,1984.
 11. Powell,D.B.,et al. : A comparison of wire and kevlar-reinforced provisional restorations,Int.J.Prostodont.,7 : 81,1994.
 12. Ruffino,A.R. : Effect of steel strengtheners of fracture rsistance of the acrylic resin complete denture base,J.Prosthet. Dent.,54 : 75,1985.
 13. Smith,D.C. : Studies in denture base materials with special reference to polymethyl methacrylate,Ph.D. thesis, University of Manchester,1957.
 14. Vallittu,P.K. : Dimensional accuracy and stability of polymethyl methacrylate reinforced with metal wire or with continuous glass fiber, J.Prosthet.Dent.,75 : 617,1996.
 15. Wasserman,B.S. : Removable acrylic space maintainers,Dent.Student's Mag.,35 : 21,1957.
 16. Yuodelis,R.A. and Faucher,R. : Provisional restorations : An integrated approach to periodontics and restorative dentistry, Dent.Clin.North.Am.,24 : 285,1980.
 17. 김문생, 방시환, 양원호, 장동일,조효남 : 재료역학,2nd ed.,청문각, 서울, 1991, p232.
 18. 설영훈,정창모,전영찬 : Au-Ag-Cu-Pd합금과 복합레진간의 집착결합강도에 관한 연구, 대한치과보철학회지,32 : 378,1994.
 19. 정창모 : 수종의 상악총의치수지상 금속보강법에 관한 비교연구,대한치과보철학회지, 34 : 363,1996.

Abstract

REINFORCEMENT OF ACRYLIC RESIN WITH METAL WIRE

Chang Mo Jeong, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Young Chan Jeon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Rusan National University

The purpose of this study was to assess the effect of 1) the diameter(0.7,1.0,1.2mm) and number(1,2,3) of commonly available orthodontic metal wires embedded in self-curing orthodontic acrylic resin specimens(64X10X3mm) and 2) the use of chemical adhesive system(Silicoater,Metalprimer) to prevent slipping at the interface between the resin and the metal wire on reinforcement by using three-point bending test.

From this study, the following results were obtained.

1. No statistically significant difference was found among the transverse strengths for the control without reinforcement, one 0.7mm wire, two 0.7mm wires, three 0.7mm wires, and one 1.0mm wire groups($P>.05$).
2. In the groups with 1.0 or 1.2mm wires, the transverse strength increased in proportion to the increase of number of wires($P<.05$).
3. In the groups with 0.7 or 1.0mm wires, neither of Silicoater and Metalprimer increased the transverse strength significantly($P>.05$).
4. No statistically significant difference was found in transverse strength between Silicoater groups and Metalprimer groups with same diameter of wires($P.>05$).

From these result, it is concluded that diameter of wires is a primary considering factor to reinforce the acrylic resin effectively and, when this requirement is satisfied,increased number of wires or chemical adhesive systems can be expected to produce the additional reinforcing effect.