강화형 복합레진과 수종의 치과용 합금간의 전단결합강도에 관한 연구

단국대학교 치과대학 치과보철학교실

김 정 희·조 인 호

A Study on the Shear Bond Strength of the Reinforced Composite Resin to Dental Alloys

Kim, Jung-Hee, Jo, In-Ho

Department of Prosthodontics, Graduate School, Dankook University

The reinforced composte resin as the esthetic operative material continuously has been studied because the porcelain fused metal prosthesis is widely used for its excellent esthetics, rigidity and marginal integrity, but it has low fracture resistance against the tensile strength and stress, attrition of the opposite teeth. The reinforced composite resin is well adapt with the dental alloy but it is low the shear bond strength with the dental alloy vs the porcelain fused metal prosthesis, and then has been studied continuously.

The purpose of the study was to examine how metal was the higher shear bond strength among the dental alloy was used to the reinforced composite resin and to find the effect that the particle size of sandblasting influenced the shear bond strength. We built up the reinforced composite resin with 4 mm in diameter, 3 mm in height on circular alloy with 5 mm in diameter, 2 mm in height. Type II gold, type IV gold, and Ag-Pd alloy was used as alloys and 50 µm, 110 µm, 250 µm of the particle size was sandblasted at each alloy in bonding between alloy and resin. We made 90 secimens of 10 per each group and we measured the shear bond strength using the Instron(M100EC®, Mecmesin Co., England).

The obtained results were as follows :

1. In comparison among each alloys, Ag-Pd alloy had the highest shear bond strength and the shear bond strength was decreased significantly in the sequence of the type II gold and type IV gold($P<0.001$).
2. In comparison according to the size of sandblasting particle,
   ① In Ag-Pd alloy, shear bond strength was decreased in the sequence of 110 µm, 250 µm, 50 µm and there were significant difference in all the group. ($P<0.05$)
   ② In type II gold, it was decreased in the sequence of 250 µm, 50 µm, 110 µm and there were significant difference. ($P<0.05$)
   ③ In type IV gold, it was decreased in the sequence of 110 µm, 50 µ m, 250 µm. There were significant difference between the group of 110 µm and 50 µm, the group of 110 µm and 250, but there were no significant difference in the group of 50 µm and 250 µm.
3. The highest shear bond strength according to the size of sandblasting particle was 110 µm in Ag-Pd alloy and type IV gold, 250 µm in type II gold.

강화형 복합레진과 수종의 치과용 합금간의 전단결합강도에 관한 연구

단국대학교 치과대학 치과보철학교실

김 정 희·조 인 호

Ⅰ. 서 론

과학과 기술이 나날이 발달함에 따라 치과에서도 기능회복과 함께 심미적 개선에 관한 관심이 집중되고 있다. 보철치료에서도 심미적 개선을 위해서 가능한 자연치와 유사한 색조의 심미 수복재에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

1709년 Böttger가 최초로 금속-도재 수복물의 심미적인 특성을 이용하여 인공치아를 제조하려는 시도이후 Brecker[1)]에 의해 도재를 금속에 전장시킨 도재전장 주조관을 개발하여 계속가공의치로써 사용되었으며 이것이 최근까지 널리 사용되어지고 있다. 도재-금속 보철술식이 금속의 견고성 및 변연적합성과 더불어 우수한 도재의 심미성 때문에 오늘날 광범위하게 사용되어져오고 있으나 도재는 대합치를 마모시킬 수 있고 파절되기 쉬우며 미세 균열이 발생하기 쉬운 단점이 있어서[2)] 최근에는 도재를 대체할 만한 심미 수복재에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 이런 문제를 해결하기 위한 재료로 레진이 개발되었으며 초기 레진은 낮은 마모 저항뿐 아니라 취급성이 불량하였으나 최근에는 우수한 심미성과 함께 자연치와 유사한 마모도를 가진 간접복합레진이 개발되어 금속-레진 보철물에 대한 응용이 이루어지고 있는데 최근 개발된 Polyglass라 불리는 ceramic polymer는 도재와 복합레진의 새로운 성분을 포함하여 물성과 심미성이 개선되어진 강화형 간접복합레진으로 분류될 수 있다. 강화형 간접복합레진은 무기질 충전재의 상당한 개선으로 열팽창과 중합수축은 감소하고 굴곡강도도 120 - 150 MPa로 높으며 자연치와 유사한 마모도, 좋은 생체친화성, 수리가 용이하고 치과에서 사용되는 대부분의 합금과 친화력이 좋다는 장점이 있으며 색조안정성, 심미성 등의 이유로 도재수복물을 대체할 수 있을만한 수복물로 예상되고 있다[3,4)]. 그러나, 레진과 합금간의 결합강도는 도재전장관에 비해 낮으므로 이를 극복하기위한 연구가 계속되고 있다[5,6,7,8)].최근까지 소개되어진 합금과 복합레진과의 결합방법은 크게 기계적인 방법과 화학적인 방법으로 나눌 수 있다[9)]. 기계적인 방식으로는 납형제작시 mesh pattern이나 금속표면에 loop, wire, bead등의 기계적인 유지형태를 부여하는 방법, 금속의 표면을 산식각하는 방법, 모래를 분사하여 기계적인 유지형태를 부여하는 방법등이 있다[10,11,12,13,14)]. 화학적인 방식으로는 4-META함유의 아크릴계 또는 인산 에스테르계 복합레진 접착제를 이용하는 방법과 금속의 표면에 silicate층을 제공한 후 silane결합제를 적용하는 방식인 Silicoater system(Kulzer Co., Wehrheim, Germany)등이 있다[6,15)]. 최근에는 Sandblasting과 같은 기계적 유지력과 금속 표면처리에 의한 화학적 유지력을 동시에 이용하여 결합력을 증진시키려는 여러 방법이 소개되고 있다. Artglass®(Haraeus/Kulzer Co., Wehrheim, Germany)의 경우 Silicoator system을 개선한 Siloc system을 이용하고 있다. 이러한 연구되어진 결합방법에 의해 제작하더라도 금속-레진 보철물의 큰 문제점으로써 계면의 결합소실과 하부 금속과의 결합강도는 금속-도재 보철물보다 낮은 것으로 보고되어지는 바 계속된 연구가 필요하다[6), 7)]. Mukai등[11)]은 sandblasting이 복합레진과 금속의 결합에 미치는 효과에 대한 연구에서 sandblasting이 표면적을 넓히

고 합금표면을 결합에 맞게 증진시킨다고 하였다. 그래서 일반 치과용 합금과의 veneering 재료로써도 그 가치를 비교해보며 각 종의 합금과의 결합강도를 비교해보고 또 sandblasting시 산화알루미늄의 입자크기가 결합강도에 미치는 영향에 대해서 평가해보고자 본 실험에서 간접복합레진과 치과용 합금간의 결합강도를 비교 분석해보았다.

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 금속 시편제작을 위한 합금으로써 type II gold(Au 76%, Pt 2%, Ag 12.5%), type IV gold(Au 53%, Pt 2%, Pd 3%, Ag 26%), Ag-Pd alloy(Ag 69%, Pd 25%, Au 2%) 3가지 종류를 사용하였으며 간접복합레진은 Artglass®(Heraeus/Kulzer Co., Wehrheim, Germany)사용하였다.

2. 실험방법

1) 합금과 전장재료의 결합

가) 금속 시편의 제작(Fig.1)

직경 5mm, 두께 2mm의 실리콘 몰드(mold)를 이용하여 원판형 납형(wax pattern)을 제작한 후 알파덴트사(알파덴트 Co., Korea)의 type II gold(Cast-2®), type IV gold(Alpha-1®), Ag-Pd alloy(Alpha-2000®) 각각의 합금을 매몰재인 Hi-Temp 2® (Whip Mix Co., Louisville, U.S.A.)에 진공매몰한 후 통법에 따라 용융주조하여 금속 시편을 제작하였고, 주조된 합금의 표면을 평평하게 유지하기 위해 주수하에 Silicone carbide 연마지를 이용하여 #1000번까지 순차적으로 연마한 후 초음파 세척기에서 10분간 세척하였다. 초음파 세척후 복합레진과 도재가 버니어링(veneering)될 금속시편의 표면에 수직으로 1 cm전방에서 10초간 3bar의 압력으로 각각 50 μm, 110 μm, 210 μm의 산화알루미늄으로 sandblasting을 시행하여 각군당 10개씩 시편을 제작하였다(Table 1).

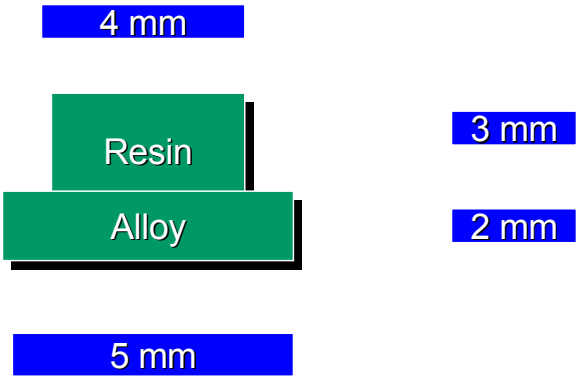

Fig. 1. Schematic illustration of experimental specimen

Table 1. Classification of experimental groups

Resin	Alloy	Group	Thickness of Sandblasting(μm)	No. of Sample	Total
Artglass®	Type II gold	II-50	50	10	90
		II-110	110	10	
		II-250	250	10	
	Type IV gold	IV-50	50	10	
		IV-110	110	10	
		IV-250	250	10	
	Ag-Pd alloy	A-50	50	10	
		A-110	110	10	
		A-250	250	10	

나) 복합레진 축성

표면 처리된 금속시편에 직경 4 mm, 두께 3 mm인 투명한 실리콘 몰드를 이용하여 dentin레진을 축성한 후 광중합시켰다. 축성 및 중합과정은 제조사의 방법에 따라 금속시편의 표면을 붓으로 잘 닦고 siloc-pre를 도포한 후 최소 2분 동안 자연 건조시키고 siloc tray에 위치시킨 후 siloc unit안에 위치시켰다. 그 과정 후 실온에서 4분간 냉각시킨 후 siloc bond를 고르게 도포하고 최소 5분 동안 자연 건조시키고 Artglass opaque를 도포한 후 광중합 unit인 Uni XS에서 450 - 500 nm의 광도로 90초간 중합시켰다. 그 후 투명한 실리콘 몰드를 이용하여 Artglass dentin을 축성한 후 Uni XS에서 180초간 중합시켰다.

2) 전단결합강도 측정

전단결합강도의 측정이 용이하도록 시편의 합금부분만 복합레진내에 잠기도록 한 후 전단결합강도 측정시 하중이 정확히 가하여 질 수 있도록 복합레진이 경화되기 전에 다듬어서 레진 블록과 합금면이 평면이 되게 하였다. 전단결합강도는 만능강도시험기(Instron M100EC®, Mecmesin Co., England)로 측정하였다. 하중속도는 2 mm/min으로 하였으며 합금과 간접복합레진과의 분리가 일어나는 단위면적으로 환산하였다(Fig. 2). 합금의 종류와 sand-blasting시의 Al_2O_3의 두께가 전단결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위해 one way ANOVA 와 Sheffe's multiple range test를 시행하였다.

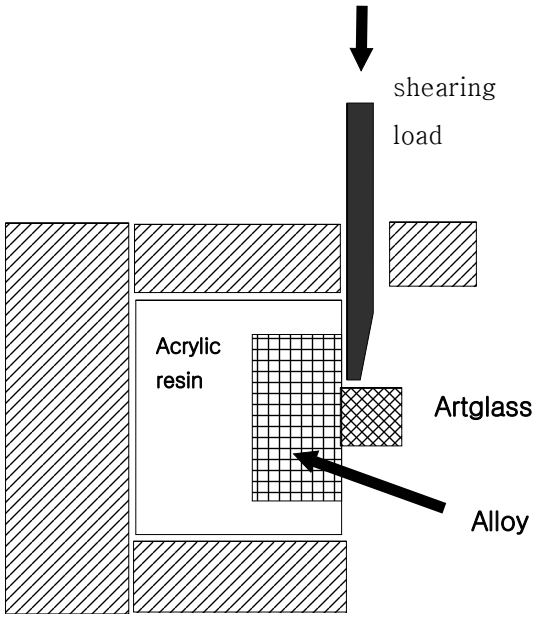

Fig. 2. Assembly used to measure shear bond strength

Ⅲ. 실험 결과

가장 높은 전단결합강도를 보인 금속은 Ag-Pd alloy와의 결합군이었으며 그중에서도 110μ에서 평균 216.08 kg/cm^2, 250μ에서 184.71 kg/cm^2, 50μ에서 168.23 kg/cm^{2}의 전단결합강도를 나타내었으며, 그다음은 type II gold 결합군으로써 250μ에서 176.69 kg/cm^2, 50μ에서 146.42 kg/cm^2, 110μ에서 119.17 kg/cm^{2}을 보였으며, type IV gold에서는 110μ

Table 2. Mean, standard deviation(SD) according to each group.

Group	No.	Min.	Max.	Mean	SD
II-50	10	212.82	185.51	146.42	19.65
II-110	10	102.71	135.35	119.17	10.91
II-250	10	157.64	195.86	176.69	12.16
IV-50	10	86.78	118.63	103.18	11.55
IV-110	10	114.65	138.09	128.07	7.48
IV-250	10	85.06	106.69	97.51	6.60
A-50	10	143.31	197.71	168.23	18.24
A-110	10	196.66	234.08	216.08	12.70
A-250	10	172.77	199.84	184.71	9.84

Table 3. Results of one way ANOVA test.

		Sum of Sqares	df	Mean Square	F	Sig.
Type II gold	Between Groups	16555.047	2	8277.523	38.021	000
	Within Groups	5878.156	27	217.709		
	Total	22433.203	29			
Type IV gold	Between Groups	5283.741	2	2641.870	34.010	.000
	Within Groups	2097.314	27	77.678		
	Total	7381.055	29			
Ag-Pd alloy	Between Groups	11818.062	2	5909.031	30.021	.000
	Within Groups	5314.363	27	196.828		
	Totals	17132.425	29			

Table 4. Results of Scheffe's multiple range test(Unit : kg/cm^2)

	Particle Size of Sandblasting	Particle Size of Sandblasting	Sig.	95% Confidence Interval
				Lower Bound
Type II-gold	50	110	.001	10.1583
		250	.000	-47.3567
	110	50	.001	-44.3397
		250	.000	-74.6057
	250	50	.000	13.1753
		110	.000	40.4243
Type IV-gold	50	110	.000	-35.0907
		250	.368	-4.5327
	110	50	.000	14.6733
		250	.000	20.3493
	250	50	.368	-15.8847
		110	.000	-40.7667
Ag-Pd alloy	50	110	.000	-64.1014
		250	.046	-32.7314
	110	50	.000	31.6006
		250	.000	15.1196
	250	50	.046	.2306
		110	.000	-47.6204

에서 128.07 kg/cm^2, 50μ에서 103.18 kg/cm^2, 250μ에서 97.52 kg/cm^{2}로써 가장 낮은 전단결합강도를 나타내었다(Fig. 3).

각 금속의 평균은 type IV gold가 109.59 kg/cm^2, type II gold가 147.42 kg/cm^2, Ag-Pd alloy군에서 189.51 kg/cm^{2}로써 각 군 모두 유의하게 차이가 있었으며 type IV gold-type II gold-Ag-Pd alloy순으로 강도가 증가하였다(Table 2-8).

Table 5. Results of multiple range test for shear bond strength according to types of alloy

	Type IV gold (109.59±8.54)	Type II gold (147.43±14.24)	Ag-Pd alloy (189.67±13.59)
Type IV gold			
Type II gold	*		
Ag-Pd alloy	*	*	

*Denotes pair of alloy significantly different at the 0.05 level

Table 6. Results of multiple range test for shear bond strength between each groups according to particle size of sandblasting on the type II gold

	110 μm (119.17±10.91)	50 μm (146.42±19.65)	250 μm (176.69±12.16)
110 μm			
50 μm	*		
250 μm	*	*	

*Denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

Table 7. Results of multiple range test for shear bond strength between each groups according to particle size of sandblasting on the type IV gold

	250 μm (97.51±6.60)	50 μm (103.18±11.55)	110 μm (128.07±7.48)
250 μm	-		
50 μm			
110 μm	*	*	

*Denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

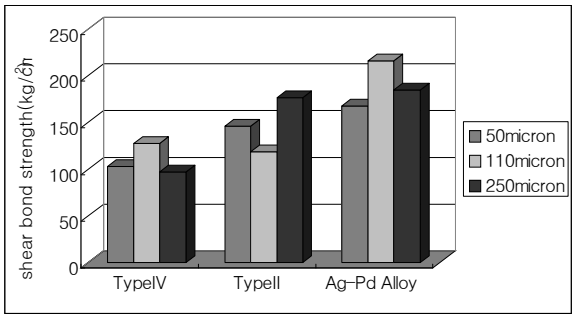

Fig. 3. Graph of the mean of shear bond strength

Ⅳ. 총괄 및 고안

전치부 보철적인 수복은 강도와 심미성이 동시에 요구되므로 도재전장관이 가장 널리 사용되어져 왔으나 도재는 대합하는 자연치의 마모를 일으키기 쉽고 파절되기 쉬우며 내부금속관과 열팽창계수가 비슷해야 하고 융합온도가 금속의 녹는점보다 낮아야 하는 등의 내부금속의 제작을 위한 합금의 종류에 제한되는 등의 단점이 있다. 금속-도재 수복물의 이러한 문제를 해결하기 위한 대체 재료로써 근래

Table 8. Results of multiple range test for shear bond strength between each groups according to particle size of sandblasting on the Ag-Pd alloy

	50 μm (168.23±18.24)	250 μm (184.71±9.84)	110 μm (216.08±12.70)
50 μm	*		
250 μm			
110 μm	*	*	

*Denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

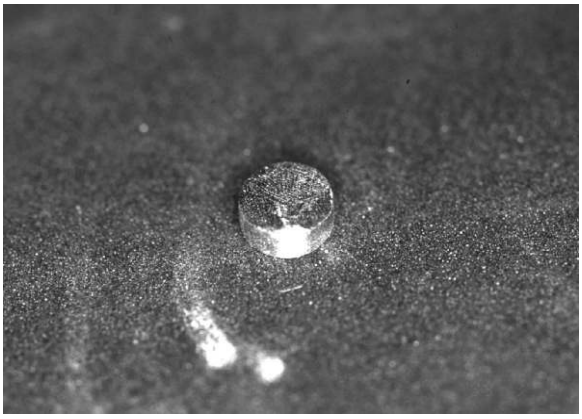

Fig. 4. Fabricated alloy part of specimen

Fig. 6. Curing unit of resin

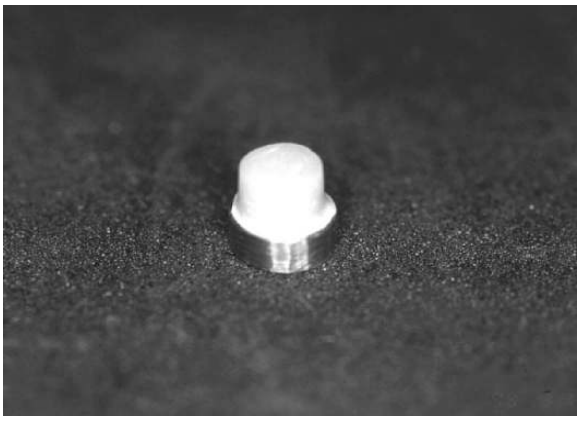

Fig. 5. Photograph of specimen

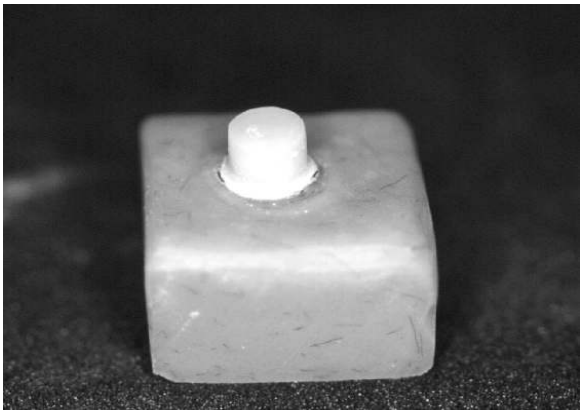

Fig. 7. Resin block formation for measuring of shear bond strength

개선된 전장용 복합레진은 구강내 수리가 용이하고 자연치질과 유사한 마모도를 가지며 대부분의 치과 합금으로 제작이 가능하다는 장점을 갖고 있어 그에 대한 관심이 커지고 있다. 특히, 간접법에 의하여 금속-레진 보철물을 제작하는 경우 직접법에 비해 더 정확한 해부학적 형태를 부여해 줄 수 있으며 변연적합도가 좋은 등 직접법보다 상대적으로 많은 장점을 가지고 있다. 간접복합레진은 80년대의 1세대와 90년대의 2세대로 분류할 수 있는데 1세대는 임상적 사용에 문제점을 일으키는 물성을 가졌으나 최근 개발된 Ceramic Polymer(일명 Polyglass,

Fig. 8. Mashine used to measure shear bond strength

Ceromer)는 도재와 복합레진의 성분을 조합하여 강화된 물성과 심미성을 지녀 강화형 간접복합레진으로 분류할 수 있다. 이러한 강화형 간접복합레진은 자연치와 유사한 마모도를 가지며 생체 친화성이 있어 구강내 수리가 용이하며 색조 안정성, 양호한 심미성과 함께 치과에서 사용되는 대부분의 합금과 친화력이 좋다는 장점이 있다고 하여 그 합금들 간의 결합력을 연구 조사해 보았다.

최근까지 소개된 레진과 합금 간의 결합방법은 크게 기계적인 방법과 화학적인 방법으로 나눌 수 있는데 기계적인 방법으로는 sandblasting, 금속 표면의 loop, bead, wire형성, 납형제작시의 mesh pattern형성 등이 있고 화학적인 방법으로는 금속 표면의 etching, 4-META함유의 접착제, silane결합제 이용 등이 있다. 이중 sandblasting은 금속 표면에 미세한 요철 부위를 형성하여 레진접촉 면적을 증가시키고 동시에 표면을 용해시켜 화학적 결합에도 관여한다고 하였다. 그리하여 Sandblasting 처리시 입자 크기가 결합력에 미치는 영향에 대한 보고는 상이하여 이에 합금 종류에 따른 결합강도의 차이를 비교해보고자 하였다. William과 Wiltshire[13].에 의하면 110μ 또는 250μ시 50μ보다 더 높은 결합강도를 보인다고 보고하였다.

레진과 도재는 금속의 종류에 따라 결합력에 차이를 보인다고 알려져 있다. Twesme등[17]은 레진과 금속간의 결합에서 Ni-Cr이 가장 높고 Ag-Pd, gold Alloy순으로 결합강도가 감소한다고 보고하였고 Peutzfeldt 와 Asumussen[12]은 Ag-Pd합금과 Pd합금에는 sandblasting시 sand입자 크기가 결합력에 영향을 미친다고 보고 하였다. 최와 방[18].의 실험에서는 Ni-Cr 금속과 레진전장관의 결합에서 sandblasting이 더욱 효과적이라고 하였으며 50μ과 250μ의 산화알루미늄으로 sandblasting한 경우 입자크기에 따른 통계적 유의 차는 없게 나타난 것으로 미루어 표면이 단단한 비귀금속 합금에서는 sandblasting시 입자크기는 표면적을 넓히는데 큰 영향을 주지 않는 것으로 보고하였다. 레진 및 도재는 금속의 종류에 따라 결합력에 차이를 보인다고 알려져 있는데 도재의 경우는 비귀금속보다는 금합금에 대한 결합력이 더 높은 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 입상에서 사용되고 있는 강화형 복합레진과 3종의 치과용 합금을 이용하여 레진과 금속간의 전단결합 강도를 알아보고자 실험한 결과 Artglass®는 gold alloy에서보다는 Ag-Pd alloy에서 더욱 높은 전단결합강도를 나타내었다. 금속간의 비교에는Ag-Pd alloy가 가장 높고 type II gold, type IV gold순으로 유의성있게 감소하였다. 각 금속내에서 입자 크기에 따른 결합강도를 비교한 결과 type II gold에서는 110μ, 50μ, 250μ순으로 유의성있게 증가하였으며 type IV gold에서는 250μ, 50μ, 110μ순으로 전단결합강도가 증가하였으며 250μ과 110μ, 50μ과 110μ간에는 유의성이 있었으며 250μ과 50μ간에는 유의성이 없었다. Ag-Pd alloy에서는 50μ, 250μ, 110μ순으

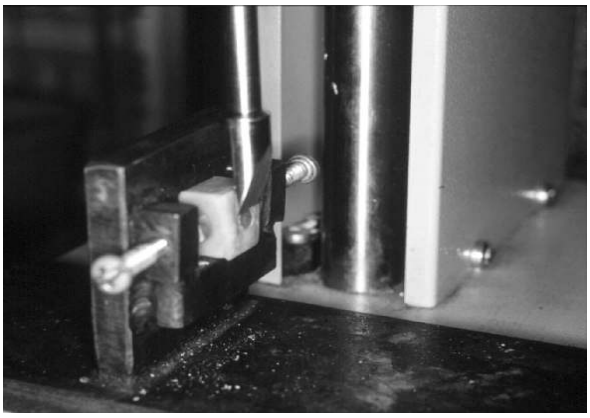

Fig. 9. specimen against to applied load

로 증가하였으며 각 군당 유의성이 있었다. 이상의 결과로 미루어보아 레진과 여러 치과용 합금간의 결합력에서는 Pd alloy의 경우가 우세하며 sandblasting시 입자크기는 금속의 물리적 성질에 따라 적절한 것을 선택해야할 것으로 사료되며 레진과 치과용 합금간의 결합력을 증진시키기 위한 많은 방법들이 연구 개발되어져 있으나 아직까지 금속과 도재의 결합강도에 비해 낮은 것으로 보고되어지는 바 다양한 표면처리 방법과 다른 부가적인 결합방법에 관한 지속적인 연구와 분석이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 임상에서 사용되고있는 강화형 간접복합레진과 3종의 치과용 합금을 이용하여 레진과 금속간의 전단 결합강도를 알아보고자 각기 50, 110, 250 μm 두께로 sandblasting의 표면처리한 후 각 군당 10개씩 시편을 제작하여 만능강도시험기로 전단결합강도를 측정하였다. 그리고 금속의 종류와 sand의 크기가 전단결합강도에 미치는 영향을 분석하고자 one way ANOVA 와 Sheffe's multiple range test를 시행한 결과 다음과 같은 결론를 얻었다.

1. 각 금속간의 비교에서는 type IV gold-type II gold-Ag-Pd alloy 순으로 전단결합 강도가 유의하게 증가하였다($P<0.001$).
2. 같은 금속내에서 sandblasting시의 입자크기에 따른 전단결합강도를 비교해 본 결과,
   ① Type II gold에서는 110, 50, 250 μm 순으로 증가하였으며, 각군 사이에 유의할 만한 차이가 있었다($P<0.05$).
   ② Type IV gold에서는 입자크기가 250, 50, 110 μm순으로 증가하였으며, 50과 110 μm, 110과 250 μm 간에는 유의한 차이가 있었으나 ($P<0.05$) 50, 250μm 사이에는 유의성이 없었다.
   ③ Ag-Pd alloy 에서는 입자크기가 50, 250, 110 μm 순으로 증가하였으며 각 군사이에 유의한 차이가 있었다($P<0.05$).
3. Type IV gold와 Ag-PD alloy는 110 μm에서 가장 결합력이 좋으며 type II gold에서는 250 μm에서 가장 결합력이 강하였다.

REFERENCES

1. Brecker, S.C. : Porcelain baked to gold ; A new medium in prosthodontics. J. prosthet. Dent., 6 : 801, 1956
2. Phillips, R.W. : Skinner's science of dental materials, 8th ed., W.B. Saunders Co., 528-529, 1982..
3. Bertolotti, R.L. : A new polymer glass utilized for modification and repair of fixed partial dentures. Quint. Int., 28 : 437, 1997.
4. Touati, B., Aidan, N. : Second generation laboratory composite resins for indirect restorations, J. Esthet. Dent., 9 : 108, 1997.
5. Shue, S.L., Nicholls, J.I., Townsend, J.D. : The effect of metal retentive designs on resin veneer prostheses. J. Prosthet. Dent., 58 : 297, 1987.
6. Tanaka, T., Nagata, K., Takeyama, M., Atsuta, M., Nakabayashi, N., Masuhara, E. : 4-Meat opaque resin- A new resin strongly adhesive to nickel-chromium alloy. J. Dent. Res., 60 : 1697, 1981.
7. Jones, M.R., Goodcare, C.J., Moore, B.K., Dykema, R.W. : A comparison of the physical properties of four prosthetic veneering materials. J. Prosthet. Dent., 61 : 38,1989.
8. Matsumura, H., Kawahara, M., Tanaka, T., Atsuta, M. : Surface preparations for metal frameworks of composite resin veneered prostheses made with an adhesive opaque resin. J. Prosthet. Dent., 66 : 10, 1991.
9. Hansson, O. : The silicoater technique for resin-bonded prostheses : clinical and laboratory procedures. Quint. Int., 20 : 85, 1989.
10. Brazilary, I., Mayers, M.L., Cooper, L.B., Graser, G.N. : Mechanical and chemical retention of laboratory cured composite to metal surfaces. J. Prosthet. Dent., 59 : 131, 1988
11. Livaditis, G., Thompson, V. : Etched castings : An improved retentive mechanism for resin-bonded retainers. J. Prosthet. Dent., 47 : 52, 1982.
12. Peutzfeldt, A., Asumussen, E. : Silicoating : Evaluation of a new method of bonding composite resin to metal. Scand. J. Dent. Res., 96 : 171, 1988.
13. Williams, A., Wiltshire, B. : Tensile bond strengths of various alloy surface treatments for resin-bonded bridges. Quint. Dent. Technol., 10 : 227, 1986.
14. Stokes, A.N., Tidmarsh, B.G. : Porous metal coating-a microretentive alterbative to etched metal prostheses. Quint. Int., 18 : 675, 1987.

15. Laufer, B., Nicholls, J., Townsend, J. : SiOx-C coating : A composite-to-metal bonding mechanism. J. Prosthet. Dent., 60 : 320, 1988.
16. Mukai, M., Fukui, H., Hasegawa, J. : Relationship between sandblasting and composite resin-alloy bond strength by a silica coating. J. Prosthet. Dent., 74 : 151, 1995.
17. Twesme, D.A., Lacefield, W.R., O'neal, S.J. : Effects of thermocycling, silicoating and etching on composite bonding to Cu. Au and Ni base alloys. J. Dent. Res. 66 : 206 <Abstracts> # 799, 1987
18. 최낙준, 방몽숙 : 레진 전장관의 금속면 처리 방법이 레진과 금속간 접착강도에 미치는 영향. 대한 치과 보철학회지, 32 : 471, 1994.
19. Wollwage, P. : Veneering materials for crowns and bridges. Ivoclar Vivdent Report., Nr. 3, May, 1986.
20. 최현식, 황정원, 신상완, 서규원 : Targis & Vectris System을 이용한 심미적 수복. 대한 심미치과학회지, 7 : 18, 1998.
21. Naegeli, D.G., Duke, E.S., Schwartz, R., Norling, B.K. : Adhesive bonding of composites to a casting alloy. J. Prosthet. Dent., 60 : 279, 1988
22. Jones, R.M., Moore, B.K., Goodacre, C.J., Munoz-Viveros, C.A. : Microleakage and shear bond strength of resin and porcelain veneers bonded to cast alloys. J. Prosthet. Dent., 65 : 221, 1991.
23. Yoshida, K., Taura, Y., Natumura, H., Atsuta, M. : Effect of adhesive metal primers on bonding a prosthetic composite resin to metals. J. Prosthet. Dent., 69 : 357, 1993.
24. Scientific Documentation Targis/Vectris Research and Development. Shaan, Ivoclar Co., Scientific Service/ April 1997.
25. 양홍서, 박영준 : 금전착이 치과용 합금과 전장 레진관의 접착강도에 미치는 영향. 대한 치과 보철학회지, 35 : 103, 1997.
26. Berge, M. : Properties of prosthetic resin-veneer materials processed in commercial laboratories, Dent. Mater., 5 : 77, 1989.
27. Taleghani, M., Leinfelder, K.F., Taleghani, A.M. : An alternative to cast etched retainers. J. Prosthet. Dent., 58 : 424, 1987.
28. LaBarre, E.E., Ward, H.E. : An alternative resin-bonded restoration. J. Prosthet. Dent., 52 : 247, 1984.
29. Watanebe, F., Powers, J., Lorey, R. : In vitro bonding of prosthodontic adhesive to dental alloys. J. Dent. Res., 667 : 479, 1988.
30. El-sherif, M.H., El-Messery, A., Halhoul, M.N. : The effects alloy surface treatments and resins on the retention of resin-bonded retainers. J. Prosthet. Dent., 65 : 782, 1991
31. Musil, R., Tiller, H-J. : The adhesion of dental resins to metal surfaces. The silicoater technique. Wehrheim. Kulzer Co. GmbH., 1987.
32. Yamauchi, J., Omura, I., Harada, I. : Adhesive and mechanical properties of a new dental adhesive. J. Dent. Res., 63 : 314, 1984.
33. Uwe Ziesche : Artglass : Is it the future of veneer technolgy? : QDT, 21, 1997.
34. Langner, J. : Targis and Vectris : New crown and bridge materials. : QDT, 99, 1998.
35. 금속도재의 친화성 : 치과 생체 재료학 자료집, 8 : 97, 1994.
36. 도재 : 치과 생체 재료학 자료집, 8 : 19, 1994.
37. 세라믹-금속 시스템 : 치과 생체 재료학 자료집, 10 : 35, 1995.
38. 치과용도재 II : 치과 생체 재료학 자료집, 10 : 73, 1995.
39. 비귀금속 치과 주조용 합금 : 치과 생체 재료학 자료집, 13 : 63, 1995.
40. 이태정, 김진완 : 치과 도재의 이론과 임상, 서울, 지성사, 1998.
41. Phillips, R.W. : Science of dental materials. Indiana University. 505, 1991.
42. 신현수, 한동후, 이근우 : Silicoating이 수지 접합 수복물의 결합력에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한 치과 보철학회지, 27 : 101, 1989.
43. Chadwick, R.G. : Thermocycling-the effects upon the compressive strength and abrasion resistance of three composite resin. J. Oral Rehabilitation, 21 : 533, 1994.
44. Doerr, L. : Effect of thermocycling on the microleakage of conventional and resin-modified glass ionomer. Am. J. Dent., 9 : 19, 1996.
45. Lin, T.H., Chang, H.J., Chung, K.H. : Interfacial strengths of various alloy surface treatments for resin-bonded fixed partial dentures. J. Prosthet. Dent., 64 : 158, 1990.
46. 정애리, 방몽숙 : 파절된 도재 전장관의 표면처리 방법에 따른 수복 레진의 접합강도에 관한 연구. 대한 치과 보철학회지, 29 : 117, 1991.
47. 치과용 도재 : 치과 생체 재료학 자료집, 8 : 1, 1994.
48. 설영훈, 정창모, 전영찬 : Au-Ag-Cu-Pd 합금과 복합레진간의 접착 결합강도에 관한 연구. 대한 치과 보철학회지, 32 : 378, 1994.