



PEKK의 표면처리 방법과 시멘트의 종류가 지르코니아와 전단결합강도에 미치는 영향

정안나¹, 김성민^{2*}

학생, 부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과¹
 교수, 김천대학교 치기공학과²

Effect of surface pre-treatments and adhesive types on the shear bond strength between PEKK and Zirconia

An-Na Jung¹, Sung-Min Kim^{2}*

¹Student, Department of Dental Laboratory science, College of Health Science, Catholic University of Pusan, Busan, Korea

²Professor, Department of Dental technology, College of Health Science, Gimcheon University, Gimcheon, Korea

In this study, the effects of surface pre-treatment and adhesive type on the shear bond strength between PEKK (polyetherketoneketone) and zirconia were analyzed by means of shear bond test and fracture aspect analysis.

RI group (sand blasted with 110 μ m Rocatec + silane primer applied + Premier implant cement) showed the highest shear bond strength value (9.01 MPa), followed by AI (7.94 MPa), NI (5.62 MPa), RT (2.71 MPa), AT (2.25 MPa), and NT (non-treated + Hy-bond, 1.96 MPa) groups showed the lowest values. Analysis of shear bond strength according to the type of cement showed that the group using resin cement for implant was higher than the group bonded with polycarboxylate cement regardless of the surface treatment ($p < 0.05$). As a result of analysis of shear bond strength according to the surface treatment, the silane primer applied to the surface of 110 μ m particle size Rocatec showed the highest value ($p < 0.05$). The fracture patterns of the specimens were analyzed by surface treatment and cement type. Polycarboxylate cement showed better bond strength with zirconia specimen and resin cement showed higher bond strength with PEKK specimen.

Key words : Shear bond strength, Surface treatment, PEKK (polyetherketoneketone), Zirconia, Adhesive

서론

* Correspondence: 김성민 (ORCID ID: 0000-0003-4984-7213)
 경북 김천시 대학로 214, 김천대학교 치기공학과
 Tel: +82-54-420-4051
 e-mail: sm.kim81@hanmail.net

Polyetherketoneketone은 반결정상의 구조로 열가소성을 가진 고기능성 폴리머로서 내열성 및 기계적 성질이 우수하고 화학적으로 안정된 생체 적합 재료로 알려져 있다.

이런 이유로 공업, 항공 우주산업 및 의료산업에 활발히 사용되고 있으며 밀링(milling), 3D 프린팅, 열가압 성형 등 다양한 방법으로 가공이 가능하다. 치과계에서는 금속합금과 세라믹을 대체할 재료로 소개되었고, 특히 임플란트 보철물에 적용시 저작압의 분산과 충격을 흡수하는데 효과적인 재료로 알려져 임플란트 지대주 및 다양한 어태치먼트(attachment) 제작의 적응증으로 점차 적용범위가 넓어지고 있다(Skinner 등, 1988; Shekar 등, 2009; Kurtz와 Devine, 2007; Bacci 등, 2013; Stawarczyk 등, 2014).

치과용 임플란트는 치아 결손부를 회복시키기 위한 방법으로 오랫동안 사용되어져 왔으며 빠른 성장을 거듭해 왔다(Ramp 등, 1999). 치과 임플란트는 지대주(abutment)와 상부 보철물이 결합되는 형태에 따라 시멘트 유지형(cement-retained implant), 나사 유지형(screw-retained implant) 보철물로 분류된다. 시멘트 유지형 보철물은 지대주와 상부 보철물의 수동적합(passive fit)과 지대주와 상부 보철물 사이에 개재되는 시멘트에 의해 유지력을 얻는데, 너무 강한 유지력은 상부 보철물을 제거할 때 불리하게 작용할 수 있으며, 어떤 경우에는 상부 보철물을 절단하여 분리해야 하는 경우도 발생한다(Shin 등, 2011). 또한 시멘트 유지형 보철물은 구강 내에서 기능을 할 때 나사의 풀림 현상이 발생할 수 있다고 보고되었는데, 문헌에 따르면 16~45%의 case에서 임플란트 매식체와 지대주 사이의 헐거움이 발생하여 지대주의 재조임(retightening)이 필요하다고 보고되었다(Covey 등, 2000; Henry 등, 1996). 이러한 이유로 상부 보철물을 제거하기 위해서는 지대주-상부 보철물 간 적합도가 적절하게 유지되어야 하기 때문에 유지력이 상대적으로 낮은 임시 시멘트나 임플란트 전용 시멘트의 사용이 추천되고 있다(Ramp 등, 1999; Seo 등, 2003). 시멘트 유지형 보철에서 유지력은 지대주 및 보철물제작 재료, 표면 거칠기 및 시멘트 종류 등에 의해 영향을 받는데, 시멘트를 통해 유지력을 조절하는 것이 효과적이라고 알려져 있다(Seo 등, 2003).

PEKK의 계면특성에 따라 컴포짓 레진과 결합강도를 비교한 연구에서 PEKK는 표면에너지가 낮고 비활성 표면을 가지기 때문에 화학적으로 처리가 어렵고, 표면 변형에 대한 저항성이 커서 기계적인 유지력을 확보하기 어렵기 때문에

시멘트와 결합력을 향상시켜야 한다고 보고하였다(Ohl 등, 1999; Noiset 등, 2000). 그리고 PEKK와 다양한 시멘트 종류 간 결합강도를 연구한 문헌들에서 PEKK의 표면에 적용한 모래분사, adhesive primer 도포, 실리카 코팅 등이 시멘트와 결합력에 영향을 미친다고 보고되었다(Schmidlin 등, 2010; Zhou 등, 2014; Lee 등, 2017; Song 등, 2018).

이와 같이 시멘트 유지형 임플란트 보철에서 유지력의 조절은 중요한 요소이며, 피착면 간 표면 처리 및 시멘트의 종류에 따른 결합강도에 대한 연구가 활발히 보고되었지만 지대주로 사용된 PEKK와 상부 보철물 재료로 많이 사용되고 있는 지르코니아 사이의 결합력에 대한 연구는 미비한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 PEKK의 표면처리와 시멘트 종류가 지르코니아와의 전단결합강도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 시편 제작

실험에 사용된 PEKK (OXPEKK[®] Polymer, OPM, USA)는 인체 매식용으로 사용되며, 직경 8 mm의 원기둥 형태로 공급된다. PEKK 시편은 정밀시편절단기(PICO155, Ace Technologies, USA)를 사용하여 직경 8 mm × 높이 2.5 mm의 원판형태로 준비하였다(n=30). PEKK는 일률적인 표면을 얻기 위해서 #1000 Sic paper를 사용하여 고속연마기로 연마되었다. 연마된 표면에 110 μm의 산화알루미나(Al₂O₃) (Eazimull[™] A11, Vericom, South Korea)와 실리카(silica)가 코팅된 110 μm의 산화알루미나(Rocatec, 3M ESPE, USA)로 펜블라스터(Basic Classic, Renfert, Germany)를 사용하여 4 bar의 압력으로 일정한 거리에서 10초 동안 고르게 분사하여 각각 표면처리를 하였다(n=15). 실리카가 코팅된 110 μm 입자크기의 산화알루미나로 표면처리된 PEKK 시편은 제조사의 지시에 따라 실란 primer (ESPE-SIL, 3M ESPE, USA)를 균일하게 도포한 후 5분 동안 자연 건조시켰다.

지르코니아 시편을 위해 사용된 가소결 지르코니아 원판(UPCERA, ShenZhen Upcera, China)은 정밀시편절단기를

Table 1. The list of materials and characteristics

specimen materials	Name	Composition	Manufacturers
PEKK	OXPEEK	Polyetherketoneketone	OPM
Zirconia	UPCERA	Ytria-stabilized zirconia	Shenzhen
Adhesive materials	Name	Composition	Manufacturers
Polycarboxylate cement	HY-BOND	Powder: Zinc Oxide (ZnO), Magnesia (MgO), Silicon Oxide (SiO ₂), Liquid: Copolymer (acrylicacid+tricarboxylic acid), Deionised water	Shofu
resin cement (MMA)	Premier Implant cement	Catalyst: Triethylenglycoldimethacrylate, Benzoyl Peroxide, Fumed Silica Base: Triethylenglycoldimethacrylate, 2-Hydroxyethylmethacrylate, Co-initiator, Fumed Silica	Premier
Surface treatment	Name	Composition	Manufacturers
Sandblasting	Eazimull™ A11	Aluminum oxide particle	Vericom
Silica coating	Rocatec	silica-modifided aluminum oxide	3M ESPE
Silane coupling agent	ESPE Sil	silane methacrylate	3M ESPE

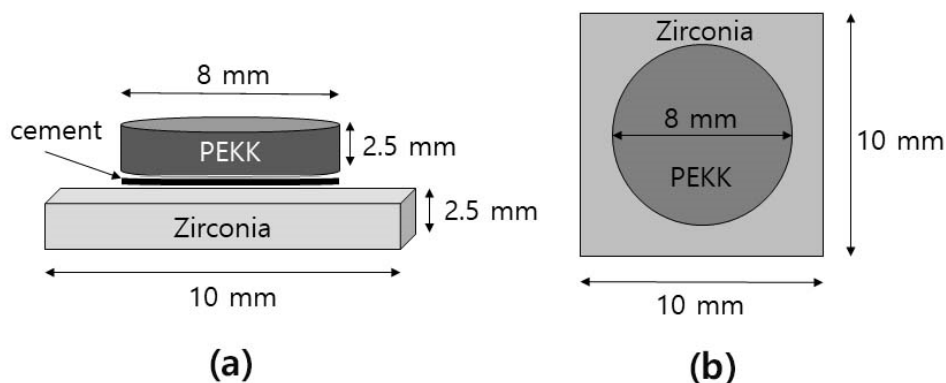


Figure 1. Schematic diagram of specimen; (a) frontal plane, (b) horizontal plane

Table 2. Classification of specimens

Group	Surface treatment on PEKK	Cement	n
NT	non-treated	Hy-bond	5
NI	non-treated	Premier Implant	5
AT	sandblasting (110 μm Al ₂ O ₃)	Hy-bond	5
AI	sandblasting (110 μm Al ₂ O ₃)	Premier Implant	5
RT	sandblasting (110 μm Rocatec)	Hy-bond	5
RI	sandblasting (110 μm Rocatec)	Premier Implant	5

사용하여 1×1×2.5 mm의 크기로 절단한 후 PEKK 시편이 접착될 면을 #1000 Sic paper로 균일하게 연마하였다. 절단된 시편은 지르코니아 전용 신터링 유닛(Nabertherm, Keison Products, UK)에서 소성되었으며, 소성이 완료된 지르코니아 시편은 만능시험기의 지그에 장착시키기 위해 원기둥 형태의 몰드 (mould)에서 자가중합형 아크릴릭 레진 (self-cured acrylic resin)으로 묻어서 고정하였다. 이 과정에서 지르코니아 시편의 표면으로 흘러나온 레진은 #1000 Sic paper가 부착된 고속연마기를 사용하여 연마하였다. 지르코니아 시편은 그 외 별도의 표면처리는 시행하지 않았다. 각각의 표면처리된 PEKK 시편들은 폴리카복실레이트 (polycarboxylate) 계열의 임시 시멘트(Hy-bond Temporary cement soft, Shofu, Japan)와 임플란트용 레진 시멘트 (Premier Implant Cement, Premier, USA)를 사용하여 각각 지르코니아 시편에 접착시킨 후 균일한 힘으로 접착시키기 위해 21 g의 무게추로 가압한 상태로 공기 중에서 24시간 동안 자가중합 되었다. 시편 제작에 사용된 재료들에 대한 정보는 Table 1에 나타내었으며 제작된 시편들은 Table 2와 같이 분류하였다.

2. 실험방법

1) 전단결합강도 측정

두 종류로 표면처리된 PEKK 시편들을 시멘트의 종류에 따라 각각 지르코니아 시편에 접착시킨 후 만능시험기 (STM-5, United, California, USA)를 사용하여 전단결합강도를 측정하였다. 크로스헤드 스피드 5 mm/min 조건으로 PEKK-지르코니아 시편 간 계면에 평행하게 수직하중을 가하였고, PEKK-지르코니아 시편 간 계면으로부터 PEKK 시편이 탈락되는 순간의 최대하중을 측정하였다(Figure 2). 측정된 최대하중은 PEKK-지르코니아 간 접촉면적으로 나누어 MPa 단위로 환산하였다($\tau = F/A$; τ = shear bond stress (MPa), F= forece (N), A= bonding area (πd^2))

2) 파단면 분석

두 종류로 표면처리된 PEKK 시편을 시멘트의 종류에 따라 지르코니아 시편에 접착시킨 후 각각의 전단결합강도

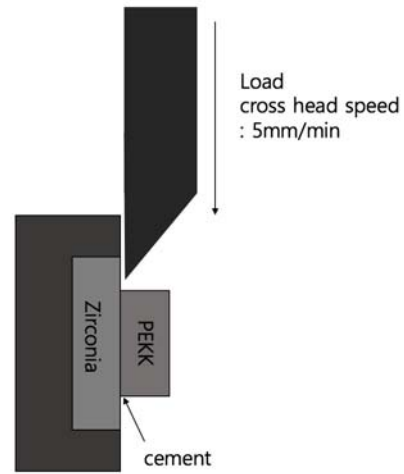


Figure 2. Schematic diagram of shear bond strength test

를 측정하였다. PEKK 시편이 탈락된 파단면을 관찰하여 파절 양상을 분석하기 위해 실체현미경 (SZX7, Olympus, Japan)을 사용하여 ×12.5 배율로 관찰하였다.

3. 통계분석

두 종류로 표면처리된 PEKK 시편을 각각 시멘트의 종류에 따라 지르코니아 시편에 접착시킨 후 전단결합강도를 측정하여 통계분석 소프트웨어(SPSS Ver. 23, IBM, USA)로 검정하였다.

시멘트의 종류에 따른 전단결합강도 값은 Mann-Whitney Test로($p=0.05$) 95%의 신뢰수준으로 검정하였다(Table 3). 표면처리에 따른 전단결합강도 값은 Krusal-Wallis Test로 분석하였고($p=0.05$), 이 값의 개별집단 간 유의성을 검정하기 위해 Bonferroni Correction Method로 검정하였다(Table 4).

결 과

1. 전단결합강도 분석

PEKK 시편을 표면처리와 시멘트의 종류에 따라 지르코니아 시편과 접착시킨 후 전단결합강도를 측정하여 비교한 결과 RI 그룹(110 μ m Rocatec으로 샌드블라스팅 + 실란

Table 3. Shear bond strength value according to adhesive type

	Hy-bond	Premier Implant cement	p*
	Mean±SD (MPa)		
non-treated	1.96±0.06	5.62±0.16	0.008
sandblasting (110 μm Al ₂ O ₃)	2.25±0.39	7.94±0.20	0.009
sandblasting (110 μm Rocatec)	2.71±0.12	9.01±1.09	0.009

*Mann-Whitney Test (p=0.05)

Table 4. Shear bond strength according to surface treatment

	non-treated	sandblasting (110 μm Al ₂ O ₃)	sandblasting (110 μm Rocatec)	p*
	Mean±SD (MPa)			
Hy-bond	1.96 ^a ±0.06	2.25 ^{ab} ±0.39	2.71 ^b ±0.12	0.013
Premier Implant cement	5.62 ^a ±0.16	7.94 ^b ±0.20	9.01 ^b ±1.09	0.006

*Kruskal-Wallis Test (p=0.05)

The difference between the surface treatment groups was statistically determined by the Bonferroni Correction method (B.C. Method).

^{a,b,c} Statistically significant difference for different surface treatments in each group.

primer 도포 + Premier implant cement로 접착)이 가장 높은 값(9.01 MPa)을 나타내었고, 그 다음으로 AI (7.94 MPa), NI (5.62 MPa), RT (2.71 MPa), AT (2.25 MPa), 그리고 NT (control + 임시치관용 시멘트로 접착, 1.96 MPa) 그룹 순으로 나타났다.

시멘트의 종류에 따른 전단결합강도값을 통계적으로 분석하여 그 결과를 Table 3과 Figure 4에 나타내었다. PEKK에 아무런 처리를 하지 않은 시편(non-treated)에서는 Premier Implant cement로 접착된 그룹(5.62 MPa)이 Hy-bond로 접착된 그룹(1.96 MPa) 보다 값이 높게 나타났고(p<0.05), 110 μm의 산화알루미늄으로 표면처리된 시편에서는 Premier Implant cement로 접착된 그룹(7.94 MPa)은 Hy-bond로 접착된 그룹(2.25 MPa) 보다 값이 높게 나타났고(p<0.05). 그리고 110 μm의 Rocatec으로 표면처리 후 실란 primer가 도포된 시편에서는 Premier Implant cement로 접착된 그룹(9.01 MPa)이 Hy-bond로 접착된 그룹(2.71 MPa) 보다 전단

결합강도 값이 높게 나타났고(p<0.05).

표면처리의 방법에 따른 전단결합강도 값을 통계적으로 분석하여 그 결과를 Table 4와 Figure 3에 나타내었다. Hy-bond cement로 접착된 그룹에서는 110 μm의 Rocatec으로 표면처리 후 실란 primer가 도포된 그룹의 전단결합강도 값(2.71 MPa)이 가장 높게 나타났고 110 μm의 산화알루미늄으로 표면처리된 시편의 값은 2.25 MPa로 나타난 결과, 두 그룹에서 모두 non-treated 그룹의 값(1.96 MPa) 보다 높았게 나타났다(p<0.05). 이 결과를 Bonferroni Correction Method로 통계 분석한 결과 non-treated 그룹과 110 μm의 Rocatec으로 표면처리 후 실란 primer가 도포된 그룹 간에는 값의 차이가 있었으나, 110 μm의 산화알루미늄으로 표면처리된 그룹은 나머지 두 그룹들과 차이를 나타내지 않았다. Premier Implant cement를 사용하여 접착된 그룹에서는 110 μm의 Rocatec으로 표면처리된 그룹의 전단결합강도값(9.01 MPa)이 가장 높게 나타났고 110 μm의 산화알루미늄으로

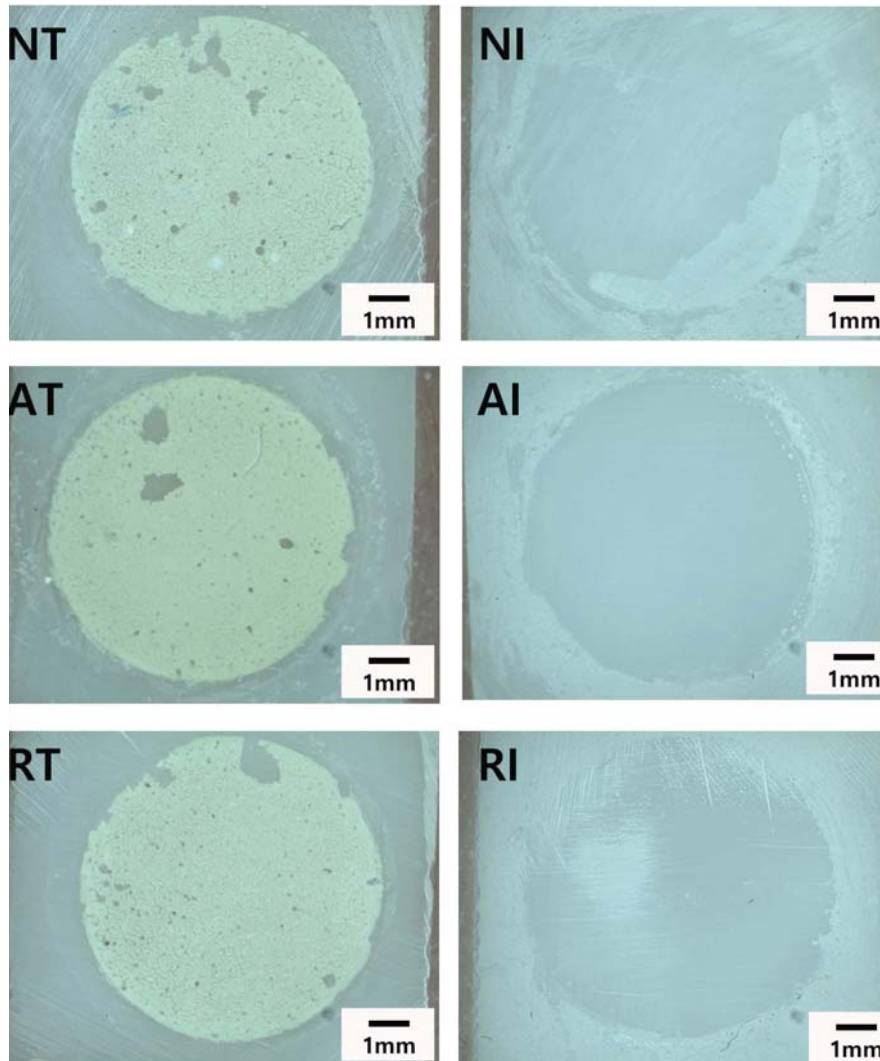


Figure 3. Stereomicrographs of $\times 12.5$ magnification of fractured surface after shear bond strength test in each group

표면처리된 시편의 값은 7.94 MPa로 나타나, 두 시편 모두 non-treated 그룹의 값 5.62 MPa) 보다 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$). 이 결과를 Bonferroni Correction Method로 통계분석한 결과 non-treated 그룹의 값은 각기 다른 표면처리된 두 그룹의 값과 유의한 차이를 나타내었으나 110 μm 의 Rocatec으로 표면처리 후 실란 primer가 도포된 그룹과 110 μm 의 산화알루미늄으로 표면처리된 그룹 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다.

2. 파절양상 분석

두 종류로 표면처리된 PEKK 시편을 Hy-bond cement와 Premier implant cement로 지르코니아 시편에 각각 접착시켜 전단파절 시킨 후 파단면을 관찰하여 파절양상을 분석하였다. 그 결과 Hy-bond cement로 접착된 시편에서 표면처리를 하지 않은 그룹(NT), PEKK 시편에 110 μm 의 산화알루미늄으로 표면처리한 그룹(AT), PEKK 시편에 110 μm 의 Rocatec으로 표면처리 후 실란을 도포한 그룹(RT)에서 모두

시멘트가 지르코니아 시편의 표면에 90% 이상 잔류하여 PEKK와 Hy-bond cement 사이에서 접착 파절(adhesive failure)이 발생한 것이 관찰되었다. Premier implant cement를 사용한 경우에는 표면처리를 하지 않은 그룹(NI), PEKK 시편에 110 μm 의 산화알루미늄으로 표면처리한 그룹(AI), PEKK 시편에 110 μm 의 Rocatec으로 표면처리 후 실란을 도포한 그룹(RI)에서 모두 지르코니아 표면에 잔류하는 시멘트가 10% 이하로 관찰되어 지르코니아-임시 치관용 시멘트 사이에서 접착 파절이 발생하였다. 즉, 표면처리 방법에 관계없이 Hy-bond cement는 지르코니아와 대부분 접착되었고 Premier implant cement는 PEKK와 대부분 접착된 것을 확인하였다.

고 찰

최근에 소개된 PEKK (polyetherketoneketone)는 생체 친화성 고성능 고분자로서 의료계에서는 생체매식재료로 잘 알려져 있다. PEKK는 높은 파절 저항성, 효과적인 응력 분산 능력, 낮은 마모도, 우수한 충격 흡수력 등의 특성으로 인해 금속과 세라믹 보철물을 대체할 재료로 소개되었다 (Stawarczyk 등, 2014). 치과계에서 PEKK는 임플란트 보철물을 위한 임시 지대주로서 사용이 증가하고 있으며 (Tetelman과 Babbush, 2008; Schwitalla 등, 2013) 지대주는 다양한 재료의 상부 보철물과 결합되어 유지력을 발생한다.

시멘트 유지형 보철물은 지대주의 형태, 피착면의 거칠기, 시멘트의 종류 등에 의해 유지력이 조절될 수 있으며, 유지 기전은 지대주-시멘트-상부 보철물 간 계면의 요철에 의한 기계적 유지, 시멘트와 피착면 간 화학적인 반응에 따른 화학적 유지 또는 이 두 가지 기전이 동시에 작용한다 (Fwlton 등, 1987). 시멘트 유지형 보철에서 지대주로부터 상부 보철물을 제거한 경우에는 지대주의 외면 또는 상부 보철물의 내면에 시멘트가 잔류하게 되며, 이러한 잔류 시멘트는 재접착 과정에 결합력을 떨어뜨리는 등 좋지 않은 영향을 미치므로 완벽하게 제거되어야 한다(Grasso 등, 2002). 만약 지대주 표면에 잔류 시멘트가 존재한다면 구강 내에서 제거해야 하거나 지대주의 나사를 풀어 구강 외에서

제거해야 하는 등의 어려움이 발생한다. 따라서 상부 보철물 제거시 잔류 시멘트가 지대주 표면이 아닌 상부 보철물 내부에 잔류하도록 유도할 수 있다면 시멘트 제거를 위한 접근성이 좋아질 뿐만 아니라 작업 시간이 단축되어 임상가들에게 효율적인 방안으로 제시할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 임플란트 지대주로 사용되는 PEKK에 표면 처리 방법을 다르게 한 후 조성이 서로 다른 시멘트로 지르코니아 시편과 접착시켜 표면처리와 시멘트 종류에 따른 결합 강도를 분석하고 파단면 분석을 통해 시멘트의 잔류 양상을 분석하고자 하였다.

결합강도를 평가하는 방법에는 인장, 굴곡, 전단 파절 시험 등이 사용되고 있으나, 이러한 방법들은 일관성 있는 시편제작이 어렵고 결과 값의 편차가 크게 나타날 수 있다. 특히 임플란트 지대주를 실린더 형태로 제작하였을 경우에 시편에 가해지는 힘은 분산되어 값의 편차를 크게하는 요인이라고 보고되었다(Shin 등, 2011). 그 중 전단결합강도 시험(shear bond strength test)은 임상적 상황을 쉽고 빠르게 반영할 수 있고 시멘트의 결합강도를 테스트 하기 위해 적절한 방법으로 소개되었다(Aboushelib 등, 2011). 따라서 본 연구에서는 전단결합강도 시험을 시행하였고, 시편의 형태는 단순히 평면상에서 계면 접촉에 따른 성질을 평가하였다. 또한 전단력이 한 곳에 집중될 수 있도록 PEKK 시편의 형태를 원판형으로 제작하였다.

Schmidlin 등은 PEKK 표면에 산화알루미늄을 분사하여 기계적인 유지력을 증가시킨 시편과 실리카가 코팅된 산화알루미늄(Rocatec)를 분사한 후 실란(silane) 처리를 통해 기계적 및 화학적 유지력을 함께 유도한 시편의 전단결합강도를 분석한 연구에서 실리카가 코팅된 산화알루미늄을 분사한 후 실란이 도포된 시편의 결합강도가 더 우수하다고 보고하였다($p > 0.05$) (Schmidlin 등, 2010). Zhou 등은 PEKK 표면에 산화알루미늄을 분사하면 표면에 유기물 성분이 제거되어 표면이 활성화되고 표면 조도가 향상되어 결합력이 향상된다고 보고하였다(Zhou 등, 2017). 이와 같은 결과는 본 연구에서 PEKK 시편에 동일한 압력으로 110 μm 산화알루미늄을 분사한 시편과 110 μm 실리카가 코팅된 산화알루미늄을 분사한 후 실란을 도포한 시편을 동일한 시멘트로 접착시킨 후 결합강도를 확인한 결과 110 μm 실리

카가 코팅된 산화알루미나를 분사한 후 실란을 도포한 시편의 값이 더 높게 나타난 결과와 일치한다($p < 0.05$). Lee 등은 실란이 포함된 시멘트를 사용한 경우 결합력이 효과적으로 증가한다고 보고하였는데(Lee 등, 2017), 본 연구에서 사용된 두 종류의 시멘트에 실란이 첨가된 제품은 없었으나 실란이 도포된 그룹에서 결합력이 증가한 결과에 비춰볼 때 실란이 PEKK와 시멘트 간 화학적인 결합력을 상승시켰다고 생각된다.

시멘트 유지형 보철물의 접착을 위해 다양한 유지력을 가진 시멘트가 사용되고 있는데 Breeding 등은 영구 시멘트를 사용할 경우 강한 유지력 때문에 보철물 제거가 어려운 상황에 놓이게 되며, 임시 시멘트를 사용할 경우엔 너무 낮은 유지력 때문에 보철물이 탈락될 위험이 있다고 보고하였다(Breeding 등, 1992). 반면, Ramp 등은 임플란트 보철물의 가철성을 위해 임시 시멘트의 사용을 추천하였으며(Ramp 등, 1999), Clayton 등은 임시 시멘트의 불안정성을 이유로 영구 시멘트를 추천하기도 하였다(Clayton 등, 1997). 이와 같이 시멘트 유지형 임플란트 지대주에 상부 보철물을 결합하기 위해 추천되는 시멘트는 학자들마다 다른 견해를 보이며, 최근엔 임플란트 보철을 위해 적절한 유지력을 가진 반영구 접착이 가능한 임플란트 전용 시멘트가 개발되어 사용되고 있다.

본 연구에서는 폴리카복실레이트계 임시 시멘트(Hy-bond)와 임플란트 전용 레진 시멘트(Premier implant)를 사용하여 PEKK와 지르코니아 간 전단결합강도를 비교하였다. 그 결과 표면처리를 하지 않은 시편(non-treated), 110 μm 산화알루미나를 분사한 시편(A), 실리카가 코팅된 110 μm 산화알루미나를 분사한 후 실란 primer를 도포한 시편(R) 모두에서 임플란트 전용 레진시멘트의 결합강도가 높게 나타났다($p < 0.05$). Cho 등은 시멘트 유지형 임플란트 보철물의 유지력에 시멘트가 미치는 영향을 분석한 결과 폴리카복실레이트 시멘트에 비해 레진 시멘트의 결합강도가 높게 나타났다고 보고하였는데(Cho 등, 2003), 본 연구에서도 레진 시멘트(Premier implant cement)가 폴리카복실레이트(Hy-bond)보다 결합강도 값이 높게 나타났다.

본 연구에서 전단과절 시험 후 파단면을 분석하여 결합양상을 분석한 결과 모든 시편에서 접착 실패(adhesive failure)

의 양상이 나타났다. 나아가 표면처리 방법에 상관없이 폴리 카복실레이트계 시멘트로 접착된 그룹에서는 지르코니아 표면에 시멘트가 잔류하고 있었고, 레진계 임플란트 전용 시멘트로 접착된 그룹에서는 PEKK 표면에 시멘트가 잔류하는 것이 관찰되었다. 이는 폴리카복실레이트계 임시 시멘트의 파우더(powder)에 무기질 성분인 산화아연, 산화마그네슘, 이산화규소 등이 포함되어 무기질 재료인 지르코니아와 결합력이 더 컸고, 레진계 임플란트 전용 시멘트는 기저재(base)와 촉진제(catalyst)가 유기물로 구성되어 있어 유기질 폴리머인 PEKK와 결합력이 더 우수하게 나타난 것으로 생각된다. 따라서 PEKK 임플란트 지대주에 지르코니아 상부 보철물을 시멘트로 결합할 경우 폴리카복실레이트계 시멘트를 사용하면 보철물 제거 시 지르코니아 내면에 시멘트가 잔류하도록 유도할 수 있을 것으로 생각된다.

본 실험은 단순히 시멘트에 의해 결합된 두 재료 간 결합강도와 파절양상을 알아보기 위해 설계되었으며, 전단결합강도 시험에서 오차를 최소화 하기 위해 지르코니아 시편을 판상으로 제작하고 전단 load가 닿은 PEKK 시편을 원판으로 제작하였다. 이러한 방법으로 실험결과 값의 편차는 줄일 수 있었다고 생각되지만, 이것은 보철물이 구강내에서 기능하는 환경과 다르기 때문에 본 실험의 결과가 임상적 결과와 일치할 것이라고 확신할 수는 없다. 하지만 본 실험을 통해 PEKK에 시행되는 표면처리와 시멘트의 종류에 따른 결과를 객관적으로 비교할 수 있을 것이라 생각한다.

결론

본 연구에서는 PEKK의 표면처리 방법과 시멘트 종류가 지르코니아와의 전단결합강도에 미치는 영향을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. RI 그룹 (110 μm Rocatec으로 샌드블라스팅 + 실란 primer 도포 + 임플란트용 시멘트로 접착)이 가장 높은 전단결합강도값(9.01 MPa)을 나타내었고, 그 다음으로 AI (7.94 MPa), NI (5.62 MPa), RT (2.71 MPa), AT (2.25 MPa), 그리고 NT (non-treated + 임시 시멘트로 접착, 1.96 MPa)

그룹 순으로 나타났다.

2. 시멘트의 종류에 따른 전단결합강도를 분석한 결과 표면 처리에 상관없이 임플란트 전용 레진 시멘트를 사용한 그룹이 폴리카복실레이트 시멘트로 접착된 그룹에 비해 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$).
3. 표면처리에 따른 전단결합강도를 분석한 결과 시멘트의 종류에 상관 없이 110 μm 입자 크기의 Rocatec으로 표면처리 후 실란 primer가 도포된 그룹의 값이 가장 높게 나타났다($p < 0.05$).
4. 표면처리와 시멘트의 종류에 따른 파절양상을 분석한 결과 모두 접착 파절 양상을 나타냈으며, 폴리카복실레이트 시멘트는 지르코니아 시편과 결합력이 우수하였고, 레진 시멘트는 PEKK 시편과 높은 결합력을 나타내었다.

이상의 결과로부터 PEKK 지대주와 지르코니아 상부 보철물로 시멘트 유지형 임플란트 보철물 제작 시 폴리카복실레이트 시멘트로 접착하는 것이 추후 상부 보철물을 제거하고 재접착하는데 필요한 시간을 단축시킬 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- Aboushelib MN (2011). Evaluation of zirconia/resin bond strength and interface quality using a new technique. *J Adhes Dent* 13:255-260.
- Bacchi A, Consani RLX, Mesquita MF, dos Santos MBF (2013). Effect of framework material and vertical misfit on stress distribution in implant-supported partial prosthesis under load application: 3-D finite element analysis. *Acta Odontol Scand* 71(5):1243-1249.
- Breeding LC, Dixon DL, Bogacki MT, Tietge JD (1992). Use of luting agents with an implant system Part I. *J Prosthet Dent* 68:737-741.
- Cho jh, Jeong CM, Jeon YC. Effect of various cement and thermocycling of retentive strengths of cemented implant-supported prostheses (2003). *J Korean Acad Prosthodont* 41:482-491.
- Clayton GH, Driscoll CF, Hondrum SO (1997). The effect of luting agents on the retention and marginal adaptation of the CeraOne implant system. *Int J Oral Maxillofac implant* 12:660-665.
- Covey DA, Kent DK, Germain HA Jr, Koka S. (2000). Effect of abutment size and luting cement type on the uniaxial retention force of implant-supported crowns. *J Prosthet Dent* 83:344-348.
- Fwlton DA, Kanoy BE, White JT (1987). Recementation of dental casting with zinc phosphate cement: effect on cement bond strength. *J Prosthet Dent* 58:579-583.
- Grasso CA, Caluori DM, Goldstein GR (2002). In vivo evaluation of three cleansing techniques for prepared abutment teeth. *J Prosthet Dent* 88:437-441.
- Henry PJ, Laney WR, Jemt T, Harris D, Krogh PH, Polizzi G (1996). Osseointegrated implants for single-tooth replacement; A prospective 5-year multi-center study. *Int J Oral Maxillofac implant* 11:450-455.
- Kurtz SM, Devine JN (2007). PEEK biomaterials intrauma, orthopedic, and spinal implants. *Biomaterials* 28:4845-4869.
- Lee KS, Shin MS, Lee JY, Ryu JJ, Shin SW (2017). Shear bond strength of composite resin to high performance poymer PEKK according to surface treatments and bonding materials. *J Adv Prosthodont* 9:350-357.
- Noiset O, Schneider YJ, Marchand-Brynaert J(2000). Adhesion and growth of CaCo2 cells on surface-modified PEEK substrata. *J Biomater Sci Polym Ed* 11:767-86.
- Ohl A, Schroder K, Keller D, Meyer-Plath A, Bienert H, Husen B (1999). Chemical micropatterning of polymeric cell culture substrates using low-pressure hydrogen gas discharge plasmas. *J Mater Sci Mater Med* 10:747-54.
- Patrick R, Schmidlin, Bogna Stawarczyk, Marco Wieland, Thomas Attin, Christoph HF (2010). H | mmerle, Jens

- Fischer, Effect of different surface pre-treatments and luting materials on shear bond strength to PEEK. *dental materials* 26:553-559.
- Ramp MH, Dixon DL, Ramp LC, Breeding LC, Barber LL (1999). Tensile bond strengths of provisional luting agent used with an Implant system. *J Prosthet Dent* 81:510-514.
- Schwitalla A, Muller WD. PEKK dental implants: a review of the literature (2013). *J Oral Implantol* 39:743-749.
- Seo KS, Tae-Yub Kwon TY, Kwon YH, Kim KH (2003). The Comparison of the Tensile Bond Strengths of Provisional Luting Cements in Implant-Supported Crowns, *Kor J Dent Mater* 30:395-402.
- Shekar RI, Kotresh TM, Rao PMD, Kumar K (2009). Properties of high modulus PEEK yarns for aerospace applications. *J Appl Polym Sci* 112:2497-2510.
- Shin HK, Song YG, Shin SY . The Effect of Temporary Cement Cleaning Methods on the Retentive Strength of Cementation Type Implant Prostheses (2011). *J Dent Rehab App Sci* 27:125-140.
- Skinner HB. Composite technology for totalhip arthroplasty (1988). *Clin Orthop Relat Res* 235:224-236.
- Song SH, Choi JW, Jeon YC, Jeong CM, Lee SH, Kang ES, Yun MJ, Huh JB (2018). Comparison of the Microtensile Bond Strength of a Polyetherketone-ketone (PEKK) Tooth Post Cemented with Various Surface Treatments and Various Resin Cements. *Materials* 11:916.
- Stawarczyk B, Jordan P, Schmidlin PR, Roos M, Eichberger M, Gernet W, Keul C (2014). PEEK surface treatment effects on tensil bond strength to veneering resins. *J Prosthet Dent* 112:1278-1288.
- Tetelman ED, Babbush CA. A new transitional abutment for immediate aesthetics and function (2008). *Implant Dent* 17:51-58.
- Zhou L, Qian Y, Zhu Y, Liu H, Gan K, Guo J (2014). The effect of different surface treatments on the bond strength of PEEK composite materials. *Dental Materials* 8:e209-e215.

PEKK의 표면처리 방법과 시멘트의 종류가 지르코니아와 전단결합강도에 미치는 영향

정안나¹, 김성민^{2*}

학생, 부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과¹
교수, 김천대학교 치기공학과²

본 연구에서는 PEKK의 표면처리 방법과 시멘트 종류가 지르코니아와의 결합력에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. PEKK는 110 μm 산화알루미나와 110 μm 의 Rocatec으로 각각 표면처리되었으며, Rocatec으로 표면처리된 시편은 전용의 실란프라이머(silane primer)를 도포하였다. 표면처리된 시편은 폴리카복실레이트(polycarboxylate) 시멘트와 임플란트 전용 레진시멘트를 사용하여 지르코니아 시편과 각각 접착시킨 후 전단결합강도를 분석하였다. 그 결과 RI 그룹(110 μm Rocatec으로 샌드블라스팅 + 실란 primer 도포 + 임플란트용 시멘트로 접착)이 가장 높은 값(9.01 MPa)을 나타내었고, NT (non-treated + 임시 시멘트로 접착, 1.96 MPa) 그룹이 가장 낮은 값을 나타내었다. 이 결과값을 시멘트의 종류와 표면처리 방법에 따라 각각 분석하였다. 시멘트의 종류에 따른 전단결합강도를 분석한 결과 표면처리에 상관없이 임플란트 전용 레진 시멘트를 사용한 그룹이 폴리카복실레이트 시멘트로 접착된 그룹에 비해 높은 값을 나타내었다 ($p < 0.05$). 표면처리에 따른 전단결합강도를 분석한 결과 시멘트의 종류에 상관없이 110 μm 입자 크기의 Rocatec으로 표면처리 후 실란 primer가 도포된 그룹의 값이 가장 높게 나타났다($p < 0.05$). 전단파절된 양상을 분석한 결과 모든 시편에서 접착 파절 양상을 보였으며, 폴리카복실레이트 시멘트는 지르코니아 시편과 결합력이 더 우수하였고, 레진 시멘트는 PEKK 시편과 더 높은 결합력을 나타내었다.

색인 단어 : 전단결합강도, 표면처리, 폴리에테르케톤케톤, 지르코니아, 시멘트
