

Polyetherketoneketone (PEKK)과 다양한 의치상용 전장 레진 간의 인장결합강도에 관한 연구

A study of the tensile bond strength between Polyetherketoneketone (PEKK) and various veneered denture base resin

박연희·서재민·이정진*

Yeon-Hee Park, Jae-Min Seo, Jung-Jin Lee*

전북대학교 치과대학 치과보철학교실 및 구강생체과학연구소, 전북대학교병원 의생명연구원

Department of Prosthodontics, Institute of Oral Bio-Science, School of Dentistry, Jeonbuk National University, Research Institute of Clinical Medicine of Jeonbuk National University-Biomedical Research Institute of Jeonbuk National University Hospital, Jeonju, Republic of Korea

ORCID iDs

Yeon-Hee Park

<https://orcid.org/0000-0002-9183-9244>

Jae-Min Seo

<https://orcid.org/0000-0001-5095-4046>

Jung-Jin Lee

<https://orcid.org/0000-0002-7381-5230>

Purpose. This study aimed to investigate the effect of different veneering methods on the tensile bond strength between polyetherketoneketone (PEKK) and denture base resins. **Materials and methods.** A total of 80 PEKK T-shaped specimens were fabricated and the primer (Visio.link) was applied after airborne-particle abrasion with 110 μm alumina oxide powder. According to the veneering method, the specimens were divided into four groups ($n = 20$) to be veneered with the gingival colored packable photopolymerized composite resin (SR Adoro); flowable photopolymerized composite resin, (Crea.lign); heat-polymerized resin (Vertex); and self-polymerized resin (ProBase Cold). Each group was divided into two subgroups ($n = 10$) according to the artificial thermal aging. After the tensile bond strength measurement via universal testing machine, the fracture sections of all specimens were observed. Two-way ANOVA and Tukey's HSD post hoc test were used for the statistical analysis ($\alpha = .05$). **Results.** The results of the two-way ANOVA showed statistically significant differences in the tensile bond strength according to the veneering method and artificial thermal aging of denture base resins ($P < .001$). The highest tensile bond strength showed in the packable photopolymerized resin group before and after the artificial thermal aging. The lowest tensile bond strength showed in the heat-polymerized resin group. The mixed and adhesive fracture showed in all groups. **Conclusion.** The veneering method and artificial thermal aging can influence in the tensile bond strength between the resin and PEKK. The artificial thermal aging can reduce the tensile bond strength. (J Korean Acad Prosthodont 2022;60:231-8)

Keywords

Denture base; Polyetherketoneketone; Resin; Tensile bond strength; Veneering

Corresponding Author

Jung-Jin Lee

Department of Prosthodontics,
School of Dentistry and Institute
of Oral Bio-Science, Jeonbuk
National University, 567, Baekje-
daero, Deokjin-gu, Jeonju 54896,
Republic of Korea
+82 (0)63 250 2117
wjdwls04@gmail.com

Article history Received July 8,
2022 / Last Revision July 14, 2022 /
Accepted July 21, 2022

© 2022 The Korean Academy of Prosthodontics

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

최근 치과 영역에서도 computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD-CAM) 기술의 발전에 힘입어 기존에 금속이나 세라믹으로 한정되었던 분야에 고분자소재가 적용되고 있다.^{1,2} Polyaryletherketone (PAEK)는 우수한 물리적, 기계적 특징을 가지며, 쉽게 절삭가공이 가능해 CAD-CAM을 이용한 하이브리드(hybrid) 보철물 및 주조 금속 구조물로 적용이 가능하다.³ 또한 화학적 안정성이 높고 생체적합성이 뛰어나 금속 알레르기가 있는 환자에게 사용 가능하고, 비중이 낮아 보철물의 무게를 줄일 수 있다.³ 그러나 투명도가 낮고 회색을 띠고 있어 심미적인 보철물 제작 시 상부에 레진 또는 세라믹을 전장해야 본래의 자연스러운 색조를 재현하기에 유리하지만 낮은 표면 에너지로 인해 접착력이 상대적으로 약하다.⁴

Polyetherketoneketone (PEKK)은 수 년간 의료분야에서 사용되어오던 고분자 재료인 polyetheretherketone (PEEK)과 함께 polyaryletherketone (PAEK)에 속하며, 강도와 녹는점이 개선된 고성능 고분자 재료이다.⁵ 그러나 이전의 연구에서 PEEK은 소수성이고 화학적으로 활성이 낮은 표면을 가지며 고도로 가교결합된 구조이므로 methacrylate와 반응할 수 있는 기능기가 적어 전장 레진과의 결합력이 높지 않다.^{6,7} 이를 개선하기 위하여 여러 전처리 방법에 관한 다수의 연구들이 이루어져 왔다. 알루미늄 입자를 분사하는 기계적 방법¹²과 화학적으로 산부식 또는 전처리제 (primer)를 적용하는 방법 등이 PAEK와 전장 레진 간의 접착 강도를 증가시킬 수 있다고 하였다.^{4,6,8-10}

의치상용 레진은 일반적으로 polymethylmethacrylate를 기반으로 레진의 중합 방식에 따라 열중합, 자가중합, 광중합 등으로 나뉘지며, 중합 방식에 따라 기계적, 물리적 특성이 다를 수 있다. 열중합 의치상용 레진이 우수한 강도와 안정성을 보여 가장 보편적으로 이용되며, 자가중합 레진은 열중합 의치상용 레진에 비해 상대적으로 중합수축이 적지만 중합도가 상대적으로 낮아 강도와 색 안정성의 저하가 단점으로 지적된다. 한편 광중합형 의치상용 레진은 상대적으로 우수한 내마모성과 가공 편의성 등이 있으나 비용이 높은 편이다.^{11,12}

제조사들은 치은 색의 복합레진으로 하부 구조물을 전장할 경우, 알루미늄 입자 분사 후 복합 전처리제를 도포하고 광중합 후 레진을 적용하면 우수한 접착력을 얻을 수 있어 이를 추

천하고 있다. 그러나 아직까지 PEKK 구조물의 표면 처리 방법 및 의치상용 레진의 전장 방식에 따른 결합강도에 대한 연구는 많지 않은 실정이다. 이에 본 연구는 전장 방식이 PEKK와 의치상용 레진 사이의 인장결합강도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 귀무가설은 의치상용 레진의 전장 방식이 PEKK와 의치상용 레진 사이의 인장결합강도에 영향을 미치지 않는다는 것이다.

재료 및 방법

가로 6 mm, 세로 4 mm, 높이 10 mm, 접착 면적 16.0 mm²인 T자형 PEKK 시편(Pekkton®, Cendres+Métaux SA, Biel, Switzerland) 총 80개를 절삭가공 장비(5X-400, Arum Dentistry, Daejeon, Korea)를 이용해 준비하였다 (Fig. 1A). 시편의 접착면을 자동연마기(MP-100F, MTDI, Daejeon, Korea)에서 # 600 - 2000번대의 SiC 연마지를 이용해 단계적으로 60초 동안 주수 하에 연마하고, 110 μm의 Al₂O₃를 2 bar 압력으로 10 cm 거리에서 10초 동안 공기분사처리 하였다. 증류수에서 5분 동안 초음파 세척(Mujigae SD-120H, Seongdong ultrasonic Co., Seoul, Korea) 후 실온에서 건조하였다.

적용과 중합 개시 방법에 따라 4종류의 유동형 광중합 복합레진(Crea.lign gum gel G3 pink, Bredent, Senden, Germany), 충전형 광중합 복합레진(SR Adoro, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), 자가중합(Vertex RS, Vertex-Dental BV, Zeist, The Netherlands), 열중합(ProBase Cold, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) 레진으로 실험군을 나누고 스테인리스 스틸과 테플론 지그를 이용해 PEKK에 전장하였다 (Fig. 1B). 실험에 사용된 실험군에 따른 재료와 중합 과정은 Table 1에 나타내었다. 충전형 광중합 복합레진과 유동형 광중합 복합레진은 제조사에서 추천에 따라 접착면에 전처리제(Visio.link, Bredent, Senden, Germany)를 도포하고 공기 분사하여 건조시킨 후, 광중합기(Elipar Freelight 2, 3M-ESPE, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 90초 동안 광중합하였다. 이후 레진을 2 mm씩 적층 하였으며, 각 층을 180초 동안 광중합기(bre. Lux PowerUnit 2, Bredent, Senden, Germany)를 이용해 중합하였다. 열중합형 레진은 납형 제작 후 PEKK과 함께 플라스크에 매몰해 제조사의 추천대로 온성하였다. 자가 중합

Table 1. Materials and curing method in this study

Group	Materials (manufacturer)	Main composition ^a	Curing methods
CL	Crea.lign gingiva (Bredent)	Dimethacrylate, initiators, pigments Fillers: 50% (40 nm, titanium dioxide)	180s light curing (per surface)
SA	SR Adoro gingiva (Ivoclar Vivadent)	Dimethacrylate, copolymer, initiators, pigments Fillers: 64 - 65% (10 - 100 nm, silicon dioxide)	180s light curing (per surface)
PC	ProBase Cold (Ivoclar Vivadent)	PMMA, catalysts, pigments, MMA. DMA	Pouring technique : self-curing at 40°C for 15 min in 2 Bar
VR	Vertex RS (Vertex-Dental BV)	PMMA, catalysts, pigments, MMA, EGDMA	Pack and press : heat curing at 74°C for 9 hours in 2 Bar
	Pektkon [®] (Cendres+ Métaux)	Polyetherketoneketone, Titanium Dioxide	

^a According to the information provided by the manufactures. PMMA: Polymethylmethacrylate, MMA: Methyl methacrylate, DMA: Dimethacrylate, EGDMA: Ethylene glycol dimethacrylate

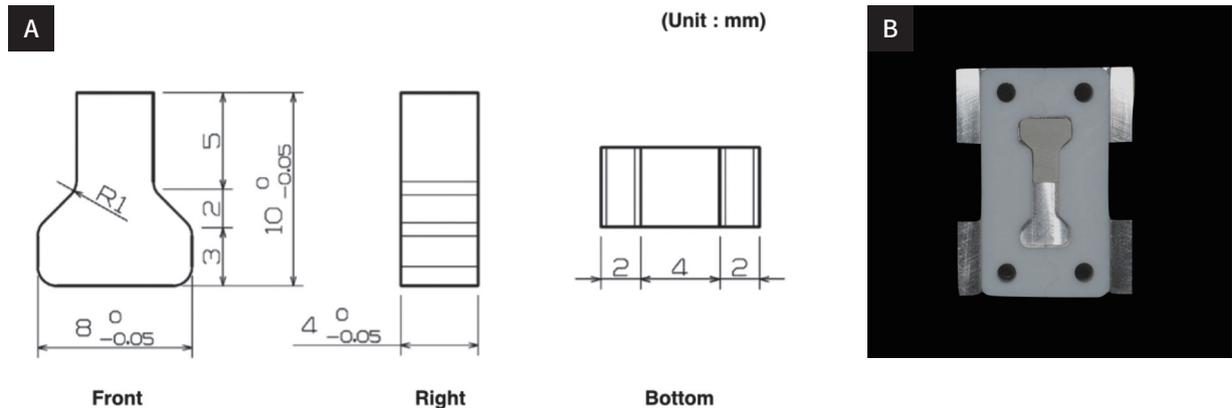


Fig. 1. (A) Schematic image of specimens, (B) Customized jig for specimens.

레진은 제조사의 추천대로 가루와 액을 pouring technique 으로 지그에 압접하였고, 40°C의 수중에서 15분 동안 2 기압의 압력으로 온성하였다.

각 군별로 준비된 시편을 인공시효처리 여부에 따라 하위군 (n = 10)으로 나누었다. 절반은 24시간 동안 37°C의 증류수에서 보관하였고, 나머지 절반은 인공시효처리장치(RW-3025G, Jeio Tech Co., Kimpo, Korea)를 이용하여 5와 55°C의 온도로 1회당 30초씩 교대로 10,000회 인공시효처리를 시행하였다.¹³

준비된 시편을 만능시험기(US/5569, Instron Co., Norwood, FL, USA)에 고정하고 crosshead speed 0.5 mm/

min의 속도로 인장하중을 가해 파절 순간 하중을 기록하였다. 인장결합강도는 기록된 하중(N)을 접착 면적(mm²)으로 나누어서 계산하였다. 인장 시험 후 파절된 시편의 단면을 20 배율의 실제 현미경(Leica DM 2700 M, Leica Microsystems, Wetzlar, Germany), 전자주사현미경(JSM-5900, JEOL Ltd., Tokyo, Japan)을 관찰하고, 에너지분산형 분광 분석기(energy dispersive X-ray spectroscopy, EDS) (IN-CAX-sight EDS Detectors, Oxford Instruments, Abingdon, Oxfordshire, UK)로 파절면의 화학 성분을 비교 분석하였다.

5. 통계분석

각 군의 인장결합강도의 평균과 표준편차를 계산하고 Kolmogorov-Smirnov와 Shapiro-Wilk test를 시행하여 정규성 검정하였다. 전장 방법과 인공시효처리에 따른 교호작용을 분석하기 위해 통계 분석 프로그램(SPSS 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용해 이원분산분석(two-way ANOVA)을 시행하였다($P < .05$). 각군 간 인장결합강도의 유의성을 알아보기 위해 일원변량분석(one-way ANOVA)과 t-test를 시행하였다. Tukey's test로 사후 검정 시행하였다 ($P < .05$).

결과

1. 인장결합강도

각 군에 따른 인장결합강도의 평균과 표준편차는 Table 2에 나타내었다. 이원분산분석 결과 전장 방법과 인공시효처리에 따라 인장결합강도에 통계적으로 유의한 차이가 있었고, 열순환 유무와 의치상용 레진을 전장하는 방식 사이에 상호작용이 존재하였다($F = 46.807, P < .001$). 인공시효처리 전에는 CL 군에서 14.5 ± 1.2 로 가장 높았고, SA (12.2 ± 1.1)와 PC (9.1 ± 0.8)군이 다음으로 높았으며, VR군에서 3.1 ± 0.6 으로 가장 낮은 값을 보였다. 인공시효 처리 후에는 CL 군에서 8.2 ± 0.9 으로 가장 높았고, SA (6.6 ± 0.7)와 PC (6.1 ± 1.2)군이 다음으로 높았으며, VR군에서 2.6 ± 0.7 로 가장 낮은 값을 보였다 (Table 3). 인공시효처리 전, 후의 인장결합강도는 SA, CL, PC군에서는 인공시효처리 후에 유의하게 인장결합강

Table 2. Mean and standard deviation of tensile bond strength (unit: MPa)

Group	Artificial thermal aging	
	Before	After
CL	$14.5 \pm 1.2^{a,A}$	$8.2 \pm 0.9^{a,B}$
SA	$12.2 \pm 1.1^{b,A}$	$6.1 \pm 1.2^{b,B}$
PC	$9.1 \pm 0.8^{c,A}$	$6.6 \pm 0.7^{c,B}$
VR	$3.1 \pm 0.6^{d,A}$	$2.6 \pm 0.7^{d,A}$

Groups showing different lowercase letters are significantly different ($P < .05$). Same uppercase letters are not significantly different after artificial thermal aging ($P > .05$).

도가 감소하였으나 ($P < .001$), VR군에서는 인공시효처리에 따른 유의한 차이는 관찰되지 않았다 ($P = .210$).

2. 파절 양상 분석

모든 실험군에서 관찰된 실패 양상과 비율은 Table 3에 정리되어 있다. 전반적으로 인장결합강도가 높은 실험군에서는 응집파괴(cohesive failure)와 계면파괴(adhesive failure)가 혼재된 혼합형 파괴(mixed failure)의 비율이 높았고, 인장결합강도가 낮은 실험군에서는 계면파괴의 비율이 높았다. CL을 제외한 모든 실험군에서 인공시효처리 후에는 계면파괴의 비율이 더 높게 나타났다.

3. 조직형태학적 분석

의치상용 레진을 전장 하기 전 PEKK시편과 인장강도 측정 후 파절면을 전자주사현미경으로 관찰하였다. PEKK의 표면은 연마, 공기분사 처리, 전처리제 도포에 따라 달라지는 표면 양상이 관찰되었다 (Fig. 2). 연마 후에는 일정 방향의 구(groove)가 형성되어 있고, 알루미늄 공기 분사 후에는 불균일한 요철 구조가 관찰되었다. 전처리제 적용 후에는 매끄러운 양상이 관찰된다. 에너지분산형 분광분석법으로 비교한 결과에서 전장 전 PEKK 시편의 표면에서는 탄소(C)와 산소(O)만이 검출되었고, 알루미늄 입자 분사를 시행한 시편에서는 전처리에 관계없이 알루미늄(Al)이 추가로 검출되었다 (Table 4). 전장 후 파절 단면에서는 의치상용 레진의 종류에 따라 차이가 존재하였다. 광중합형 복합레진인 SA군과 CL군이 유사한 주사전자현미경 이미지와 에너지분산형 분광분석 결

Table 3. Relative frequency (%) of failure type for each group

Groups	Artificial thermal aging			
	Before		After	
	Mixed	Adhesive	Mixed	Adhesive
CL	80	20	50	50
SA	80	20	40	60
PC	30	70	20	80

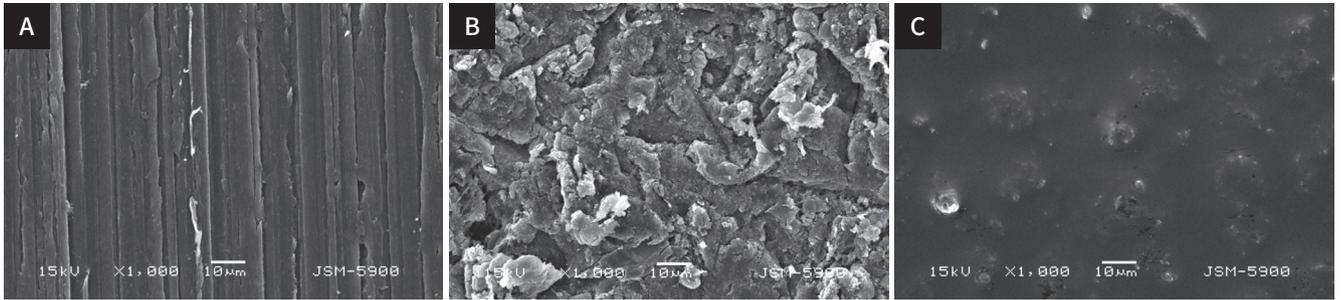


Fig. 2. Scanning electron microscope images made at 1,000× magnification of polyetherketoneketone specimens. (A) Polished, (B) air-borne particle abrasion, (C) Primer application.

Table 4. Summary of energy dispersive X-ray spectroscopy analysis

Specimens	Elements Composition (weight%)				
	C	O	Al	Si	
Polished	80.2	19.8	-	-	
Pektkton	Air-borne particle abrasion	57.3	24.4	18.3	-
	Primer application	65.7	33.4	0.9	-
Crea.lign	58.7	30.3	2.5	8.5	
SR Adoro	54.1	28.3	8.4	9.2	
ProBase Cold	65.4	22.3	11.1	1.2	
Vertex RS	63.4	23.5	9.7	3.4	

과를 보였다. 혼합형 파괴가 일어난 시편의 에너지분산형 분광분석 결과 응집파괴가 일어난 부위에서는 모든 실험군에서 산소와 탄소 및 알루미늄 이외에 실리카(Si)가 검출되었고, 계면파괴가 일어난 부위에서는 실리콘이 검출되지 않았다. 계면파괴가 일어난 시편에서는 모든 실험군에서 시편의 표면 양상 및 화학 성분이 유사하게 나타났다.

고찰

본 연구 결과를 통해 전장 방법의 차이는 PEKK과 의치상용 레진 사이의 인장결합강도에 영향을 주지 않을 것이라는 귀무가설은 기각되었다. 각 의치상용 레진과 PEKK시편과의 인장결합강도는 레진의 중합방식에 따라 광중합형 복합레진에서 가장 높았고, 자가중합형 레진, 열중합형 레진의 순서로 낮은 강도를 보였다.

PEEK와 전장한 레진의 결합강도를 연구한 기존의 문헌들을 살펴보면 Hallmann은 PEEK를 110 µm 알루미늄 입자 분사, piranha solution 산부식, 전처리제 적용 후 17.6

- 19.8 MPa의 인장결합강도를 얻었다고 하였다.⁶ Kern과 Lehmann은 110 µm 알루미늄 입자 분사와 다기능 methacrylate를 함유한 전처리제를 적용한 경우 14.5 ± 2.6 MPa로 가장 높은 인장결합강도를 얻었다고 보고하였다.¹⁴ 이는 본 실험에서 유동형 광중합 복합 레진군(14.5 ± 1.19 MPa)과 유사한 결과이다.

자가중합형 레진과 열중합형 레진은 주요 화학 성분에 큰 차이가 없음에도 PEKK와의 결합강도는 큰 차이를 보였는데, 이는 자가중합형 레진에 비해 열중합형 레진에서 전장 과정 중 수축과 팽창을 야기하는 온도의 변화가 커 잔류 응력이 보다 크기 때문으로 생각된다. 또한 매몰재인 석고의 열팽창 계수(17 ppm/°C)와 의치상용 레진의 열팽창 계수(81 ppm/°C)의 차이로 인한 열적 부조화에 의해 열중합 후 냉각 시 의치상용 레진과 석고의 계면에서 압축력이 형성되었고, 매몰재에서 레진 시편을 분리 시 계면에 존재하는 응력 및 기계적 자극에 의해 시편의 결합강도가 약해진 것으로 생각할 수 있다. 자가중합형 레진의 경우 석고에 매몰하지 않고, 지그에서 중합하였기 때문에 중합 및 시편 제거 시 응력이 상대적으로 작게 남아

있을 것으로 보인다. 또한 열중합형 레진의 적용 시점인 병상 기 전에 흐름성을 갖는 상태로 점도가 낮고 젖음성이 커 PEKK 표면의 미세 구조에 침투하여 기계적 결합이 향상되었을 것으로 생각된다.¹⁵

광중합형 레진 중 유동형 레진인 CL군의 인장결합강도가 충전형 레진인 SA군에 비해 더 높았다. SA군은 필러 함유량이 높아 점도가 더 높았고, 필러의 입자 크기도 10 - 100 nm로 다양하지만 CL군은 40 nm로 균일한 표면을 보였다. 그리고 점도 차이로 인해 상대적으로 흐름성이 좋은 CL군이 PEKK 표면에 있는 요철부위로 흘러 들어가 미세기계적 결합이 더 향상될 것으로 생각된다.^{16,17} 한편 점도가 높은 SA군은 충전 기구로 PEKK 표면의 미세 요철을 충분히 채울 수 있도록 적절한 기구로 압력을 가하는 과정이 필요하고, 기구를 이용하여 조심스럽게 충전하더라도 충전 중 레진이 PEKK 표면이나 이전에 충전한 레진의 표면에 적절히 적용되지 못하고 결합이 생길 수 있으며 (Fig. 3), 접착 계면 부위가 열적 변화와 기계적 응력을 받게 될 때 이들 결합 주위로 응력이 집중되어 낮은 결합 강도의 요인이 될 수 있다.

여러 연구에서 열적 변화가 계면의 결합 강도에 영향을 준다고 보고되어, 본 연구는 시편의 인공시효처리 시험을 통해 각 시편의 열적 변화가 인장결합강도에 미치는 차이를 관찰하고자 하였다. 10,000회의 인공시효처리는 *in vivo*에서 약 1년의 시간을 의미한다고 알려져 있다.¹⁸ 또한 5°C와 55°C의 온도에서 30초의 계류시간(dwel time)을 두어 열적 스트레스가 가해지도록 연구를 수행하였다.¹⁹ 인공시효처리 전과 후의

인장결합강도를 비교해 보면, 광중합형 복합 레진과 자가중합형 레진에서 인공시효처리 후 큰 결합 강도의 감소를 보였다. 전처리제 및 의치상용 레진의 수분에 의한 용해 현상, 열순환 과정에서 PEKK와 전장한 레진의 열팽창계수의 차이에 의한 체적 변화와 잔류응력 등이 이에 영향을 미쳤을 것으로 생각되고,^{7,16} 열중합형 레진의 경우 인장결합강도 자체가 낮아 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 사료된다.

한편 복합 레진인 SA군과 CL군에서 상대적으로 응집 파괴와 계면 파괴가 혼재된 혼합형 파괴가 많았고, polymethylmethacrylate계열인 PC군과 VR군에서는 상대적으로 계면파괴가 많이 나타났다. 파괴 유형은 인장결합강도에 영향을 받으며, 인장결합강도가 높을수록 맞물림(interlocking)이 잘 이루어져 혼합형 파괴 비율이 높게 나타났다. 의치상용 레진의 종류에 상관없이 계면 파괴의 파절면은 전처리제 처리 전 알루미나 입자 분사한 PEKK의 표면과 유사하였고, 이는 주로 PEKK 시편과 전처리제 사이에서 계면 파괴가 일어난 것으로 생각할 수 있다. 또한 혼합형 파괴 시편의 표면 중 응집 파괴가 나타난 부위에서 검출된 실리콘은 레진의 필러 및 색소의 성분으로 볼 수 있으며, 응집 파괴는 PEKK가 아닌 의치상용 레진 상에서 발생한 것으로 생각된다.

본 연구에서 광중합형 복합레진과 PEKK 사이의 인장결합강도는 유동형에서 14.5 ± 1.2 , 충전형에서 12.2 ± 1.1 MPa를 보였으나, 인공시효 처리 후에는 각각 8.2 ± 0.9 와 6.1 ± 1.2 MPa로 감소되어 적절한 결합 강도가 유지된다고 보기 어려웠다. 치은색의 복합 레진은 다른 의치상용 레진에 비해 결합강도가 높고, 색조가 다양해 적용 시 색조 재현성이나 수리가능성 등 여러 장점을 가지고 있어 PEKK의 전장에 유리하다.^{20,21} 그러나 더욱 안정적인 결합력을 얻기 위해서는 추가적인 실험을 통해 장기간 동안 강도가 지속될 수 있도록 개선된 표면 처리 방법이나 의치상용 레진에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론

이 연구에서는 심미성 개선을 위해 사용하는 치은 색조의 레진의 종류와 인공시효처리가 Polyetherketoneketone (PEKK)과의 인장결합 강도에 미치는 영향을 알아보았다. 유동형 광중합 레진이 가장 우수한 결합 강도를 보였고, 자가중합 레진이 가장 낮은 값을 보였다. 이에 본 실험의 한계 내에

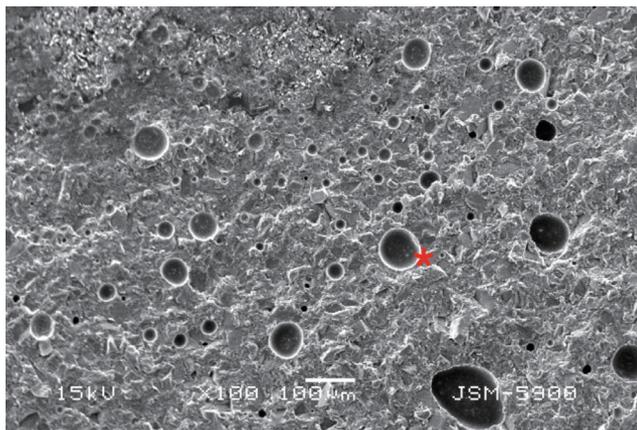


Fig. 3. Scanning electron microscope images made at 1,000× magnification of the failure surface of packable light-polymerized composite group. Asterisk (red) shows the void.

서 PEKK의 심미성을 개선하기 위해 레진 전장이 필요할 경우 유동형의 광중합형 복합 레진의 사용이 가장 높은 결합 강도를 보여 임상적으로 유리한 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Papathanasiou I, Kamposiora P, Papavasiliou G, Ferrari M. The use of PEEK in digital prosthodontics: A narrative review. *BMC Oral Health* 2020;20:217.
- Akay C, Ersöz MB. PEEK in dentistry, properties and application areas. *Int Dent Res* 2020;10:60-5.
- Najeeb S, Zafar MS, Khurshid Z, Siddiqui F. Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics. *J Prosthodont Res* 2016;60:12-9.
- Stawarczyk B, Keul C, Beuer F, Roos M, Schmidlin PR. Tensile bond strength of veneering resins to PEEK: impact of different adhesives. *Dent Mater J* 2013;32:441-8.
- Stawarczyk B, Beuer F, Wimmer T, Jahn D, Sener B, Roos M, Schmidlin PR. Polyetheretherketone-a suitable material for fixed dental prostheses? *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2013;101:1209-16.
- Hallmann L, Mehl A, Sereno N, Hämmerle CHF. The improvement of adhesive properties of PEEK through different pre-treatments. *Appl Surf Sci* 2012; 258:7213-8.
- Stawarczyk B, Bähr N, Beuer F, Wimmer T, Eichberger M, Gernet W, Jahn D, Schmidlin PR. Influence of plasma pretreatment on shear bond strength of self-adhesive resin cements to polyetheretherketone. *Clin Oral Investig* 2014;18:163-70.
- Schmidlin PR, Stawarczyk B, Wieland M, Attin T, Hämmerle CH, Fischer J. Effect of different surface pre-treatments and luting materials on shear bond strength to PEEK. *Dent Mater* 2010;26:553-9.
- Sproesser O, Schmidlin PR, Uhrenbacher J, Eichberger M, Roos M, Stawarczyk B. Work of adhesion between resin composite cements and PEEK as a function of etching duration with sulfuric acid and its correlation with bond strength values. *Int J Adhes Adhes* 2014;54:184-90.
- Fuhrmann G, Steiner M, Freitag-Wolf S, Kern M. Resin bonding to three types of polyaryletherketones (PAEKs)-durability and influence of surface conditioning. *Dent Mater* 2014;30:357-63.
- Haselden CA, Hobkirk JA, Pearson GJ, Davies EH. A comparison between the wear resistance of three types of denture resin to three different dentifrices. *J Oral Rehabil* 1998;25:335-9.
- Lee HH, Lee CJ, Asaoka K. Correlation in the mechanical properties of acrylic denture base resins. *Dent Mater J* 2012;31:157-64.
- Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 1999;27:89-99.
- Kern M, Lehmann F. Influence of surface conditioning on bonding to polyetheretherketon (PEEK). *Dent Mater* 2012;28:1280-3.
- El-Sheikh M, Powers J. Tensile bond strength of four denture resins to porcelain teeth with different surface treatment. *J Adv Prosthodont* 2013;5:423-7.
- Stawarczyk B, Jordan P, Schmidlin PR, Roos M, Eichberger M, Gernet W, Keul C. PEEK surface treatment effects on tensile bond strength to veneering resins. *J Prosthet Dent* 2014;112:1278-88.
- Stawarczyk B, Thrun H, Eichberger M, Roos M, Edelhoff D, Schweiger J, Schmidlin PR. Effect of different surface pretreatments and adhesives on the load-bearing capacity of veneered 3-unit PEEK FDPs. *J Prosthet Dent* 2015;114:666-73.
- Leibrock A, Degenhart M, Behr M, Rosentritt M, Handel G. In vitro study of the effect of thermo- and load-cycling on the bond strength of porcelain repair systems. *J Oral Rehabil* 1999;26:130-7.
- Hancox NL. Thermal effects on polymer matrix composites: Part 1. Thermal cycling. *Mater Design* 1998;19:85-91.
- An HS, Park JM, Park EJ. Evaluation of shear bond strengths of gingiva-colored composite resin to porcelain, metal and zirconia substrates. *J Adv Prosthodont* 2011;3:166-71.
- Koizuka M, Komine F, Blatz MB, Fushiki R, Taguchi K, Matsumura H. The effect of different surface treatments on the bond strength of a gingiva-colored indirect composite veneering material to three implant framework materials. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:977-84.

Polyetherketoneketone (PEKK)과 다양한 의치상용 전장 레진 간의 인장결합강도에 관한 연구

박연희·서재민·이정진*

전북대학교 치과대학 치과보철학교실 및 구강생체과학연구소, 전북대학교병원 의생명연구원

목적: 본 연구는 의치상용 레진의 전장방법이 polyetherketoneketone (PEKK)과의 인장결합강도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. **재료 및 방법:** 총 80개의 PEKK 시편을 T자 형태로 절삭 가공하고, airborne-particle abrasion 처리 후 전처리제(Visio.link)를 도포하였다. 전장 방법에 따라 4개의 군(n = 20)으로 나누어, 충전형 광중합형 복합레진(SR Adoro), 유동형 광중합형 복합레진(Crea.lign), 열중합형 의치상용 레진(Vertex RS), 자가중합형 의치상용 레진(ProBase Cold)으로 전장하였다. 각 군은 인공시효처리 여부에 따라 2가지 하위 군(n = 10)으로 나누었다. 만능시험기를 이용해 인장결합강도 측정하고 현미경으로 파절단면을 관찰하였다. 통계적 검증을 위해 이원 분산분석 및 Tukey's HSD 사후 검정을 시행하였다($\alpha = .05$). **결과:** 인공시효처리와 레진 전장방법은 인장결합강도에 통계적으로 유의한 영향을 주었다($P < .001$). 인공시효처리 전과 후 모두 유동형 광중합형 복합레진 군에서 가장 높은 값을 보였고, 열중합형 레진 군에서 가장 낮은 값을 보였다($P < .05$). 파절 단면은 군에 따라 혼합 파절과 계면 파절이 혼재되어 나타났다. **결론:** 레진의 전장 방식은 PEKK과의 인장결합강도에 영향을 줄 수 있으며, 인공시효처리는 인장결합강도를 감소시킨다. (대한치과보철학회지 2022;60:231-8)

주요단어

의치상; Polyetherketoneketone; 레진; 인장결합강도; 전장

교신저자 이정진
54896 전북 전주시 덕진구 백제대로
567, 전북대학교 치과대학 치과보철
학교실
063-250-2117
wjdwls04@gmail.com

원고접수일 2022년 7월 8일
원고최종수정일 2022년 7월 14일
원고채택일 2022년 7월 21일

© 2022 대한치과보철학회
© 이 글은 크리에이티브 커먼즈
코리아 저작자표시-비영리
4.0 대한민국 라이선스에
따라 이용하실 수 있습니다.