

Shear Bonding Strength of Three Cements Luted on Pediatric Zirconia Crowns and Dentin of Primary Teeth

Jeongeun Lee, Howon Park, Juhyun Lee, Hyunwoo Seo

*Department of Pediatric Dentistry, Oral Science Research Center,
College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University*

Abstract

The aim of this study was to evaluate the shear bond strength of three luting cements and to identify the effect of thermocycling.

Zirconia discs were made similar to the inner surface of a preformed pediatric zirconia crown (NuSmile® ZR crown: ZRCr). The similarity between the zirconia discs and the inner surface of a ZRCr was confirmed by scanning electron microscope. Three luting cements were Ketac™ Cem Permanent Glass Ionomer Luting Cement (KGI), RelyX™ Luting Plus Cement (RLP), RelyX™ Unicem Self-Adhesive Universal Resin Cement (RUR). Three luting cements were bonded according to the manufacturer's instructions for 60 zirconia discs and 60 dentin of primary teeth. Total of 120 specimens were divided into two subgroups: One was not aged, and the other was tested with 5500 thermocycling. Shear bond strength was measured using a universal testing machine, and the fracture patterns were observed with SEM.

On the zirconia discs and the dentin of primary teeth, shear bond strength of RUR was higher than that of KGI and RLP, and there were statistically significant differences by cement type. The shear bond strength differences for RUR were not statistically significant depending on thermocycling.

Key words : Shear bond strength, Preformed pediatric zirconia crown, Primary teeth, Luting cement

I. 서 론

지르코니아는 안정한 화학구조로 생체적합성이 뛰어나고 단단하며 마모 저항성이 크다. 이러한 우수한 물성으로 인해 성인에서 도재전장관, 고정성 국소의치, 임플란트 지대주 등 넓은 범위에서 다양한 목적으로 사용되고 있다[1-3]. 최근 소아치과에 내원한 환자 보호자들의 심미적 요구가 증가함에 따라 유치 수복재료로 소아용 기성 지르코니아 전장관이 개발되었다[4,5]. 다른 유치 전장관에 비해 외관상 자연스럽게 강도가 높으며 변색

저항성이 뛰어나다는 장점이 있어 사용이 증가하고 있다[6].

임상에서 지르코니아 전장관의 성공은 지르코니아 전장관 내면과 시멘트 사이의 결합강도와 연관 되어 있다[7]. 이전 연구에서 성인 지르코니아 전장관을 수복할 때, 인산아연 시멘트나 글라스 아이오노머 시멘트와 같은 전통적인 시멘트를 사용하여도 적절한 유지력을 얻을 수 있으나 수복물의 더 나은 유지력과 변연 적합도, 파절 저항성을 얻기 위해서 레진 시멘트를 사용할 것을 추천하였다[1,8]. 하지만 최근 연구에서 레진 강화 글라스 아이오노머 시멘트가 자가 접착형 레진 시멘트와 비교시 인장강도

Corresponding author : Juhyun Lee

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University, 7 Jukheon-gil, Gangneung, 25457, Korea

Tel: +82-33-640-2452 / Fax: +82-33-640-3113 / E-mail: ljh55@gwnu.ac.kr

Received September 7, 2017 / Revised December 4, 2017 / Accepted November 24, 2017

www.kci.go.kr

에서 유의한 차이를 보이지 않는다는 연구 결과가 있었다[9]. 이렇듯 지르코니아 전장관을 수복할 때 사용할 적절한 시멘트의 선택 기준은 아직 명확하지 않다. 또한 대부분의 연구가 성인 지르코니아 전장관을 대상으로 하여 소아용 기성 지르코니아 전장관을 수복할 때 사용하는 시멘트에 관한 연구는 거의 없으며, 사용되는 치아도 대부분 영구치나 우치를 대상으로 하여 유치를 대상으로 한 연구는 거의 없다[10].

따라서 이 연구에서는 소아치과에서 사용되는 소아용 기성 지르코니아 전장관(NuSmile® ZR crown: NuSmile Pediatric Crowns, Texas, USA)의 내면과 유사한 디스크 형태의 지르코니아 시편을 제작한 후, 2종의 피착제(지르코니아 시편, 유구치 상아질 시편)와 3종의 시멘트 Ketac™ Cem Permanent Glass Ionomer Luting Cement: KGI, RelyX™ Luting Plus Cement: RLP, RelyX™ Unicem Self-Adhesive Universal Resin Cement: RUR (3M ESPE, MN, USA) 사이의 전단결합강도를 평가하고 열순환 시행이 전단결합강도에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

II. 연구 재료 및 방법

이 연구는 강릉원주대학교 치과병원 임상연구윤리위원회 (Institutional Review Board: IRB)의 승인을 받아 시행되었다(IRB No. : 2016-09).

1. 연구 재료

이 연구에서는 3종의 시멘트인 KGI, RLP, RUR과 2종의 피착제인 지르코니아 시편, 유구치 상아질 시편을 사용하였으며, 제조사의 접착시스템을 적용하였다. Table 1에 연구재료에 관한 자세한 내용을 기술하였다.

2. 연구 방법

1) 지르코니아 디스크 시편 제작

소아용 기성 지르코니아 전장관(NuSmile® ZR crown)의 내면과 동일한 표면을 재현하기 위하여 NuSmile Pediatric Crowns(Texas, USA)사와 업무 협약하여 소아용 기성 지르코니아 전장관을 제작하는 HASS(Gangneung, South Korea)사에 디스크 형태의 지르코니아 시편 제작을 의뢰하였다. 소아용 기성 지르코니아 전장관의 내면과 지르코니아 시편(Zirconia discs: HASS, Gangneung, South Korea)의 표면이 동일하도록 제작하였으며 전계방사형 주사전자현미경(Field emission scanning electron microscope(SEM): Inspect F, FEI, USA)을 통해 유사함을 확인하였다(Fig. 1).

기성 소아용 지르코니아 전장관과 동일한 성분인 3Y-TZP (3mol% Ytria-tetragonal zirconia polycrystal)를 원료로 지르코니아 시편을 제작하였다. 직경 8.0 mm, 두께 2.0 mm 디스크 형태로 가압성형 한 후 1500°C에서 2시간 동안 상압 소결하였다.

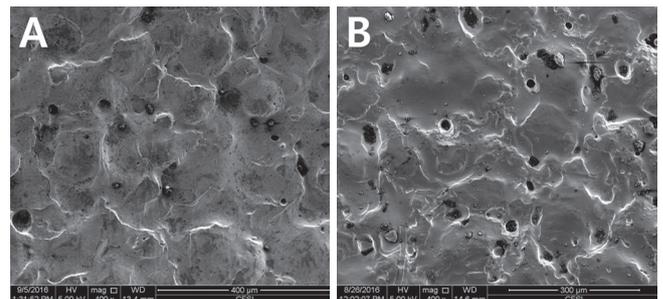


Fig. 1. Scanning electron microscope images (400). (A) Inner side surface of NuSmile® ZR crown, (B) Surface of zirconia disc.

Table 1. Compositions of cements used in this study

Material	Material group	Manufacturer	Composition
Ketac™ Cem Permanent Glass Ionomer Luting Cement	Glass ionomer	3M ESPE, MN, USA	Powder Glass powder, pigments
			Liquid Polycarboxylic acid, tartaric acid, water, conservation agents
RelyX™ Luting Plus Cement	Resin-modified glass ionomer	3M ESPE, MN, USA	Paste A Fluoroaluminosilicate glass, proprietary reducing agent, HEMA, water, opacifying agent
			Paste B Methacrylated polycarboxylic acid, BisGMA, HEMA, water, potassium persulfate, zirconia silica filler
RelyX™ Unicem Self-Adhesive Universal Resin Cement	Dual cure self-adhesive resin	3M ESPE, MN, USA	Powder Alkaline fillers, silanated fillers, initiator components, pigments
			Liquid Methacrylate monomers containing phosphoric acid groups, methacrylate monomers, initiator components, stabilizers

가압성형에 사용된 몰드의 상편치를 소아용 기성 지르코니아 전장관 내면과 동일한 패턴으로 표면처리 하여 지르코니아 디스크 시편 표면과 전장관 내면의 표면을 유사하게 얻었다(Fig. 2). 25.0 × 20.0 × 5.0 mm 의 몰드에 지르코니아 시편 표면이 노출되도록 중앙에 위치시킨 후 자가 중합형 아크릴릭 레진(Jet Teeth Shade™ Powder: Lang Dental Mfg Inc., Wheeling, USA)으로 매몰하였다.

총 60개의 지르코니아 시편을 3종의 시멘트에 따라 20개씩 나누고 열순환 시행 유무에 따라 다시 2개의 하위그룹으로 분류하여, 각 시편 10개씩 6개의 군으로 나누었다(Table 2).

2) 유구치 상아질 시편 제작

유식이나 결함이 없는 건전한 제2유구치 60개를 선정하여 시편 제작 전까지 생리식염수에 넣은 채 4°C에서 냉장 보관하였다.

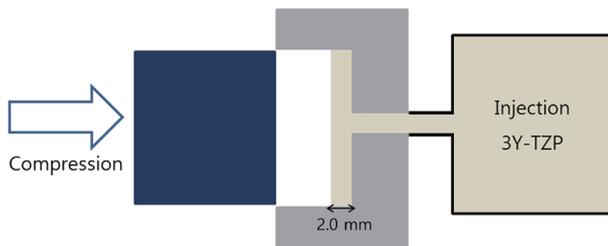


Fig. 2. Cross-sectional illustration of manufacturing zirconia discs. Surface of compression molding was prepared to have the same inner surface of NuSmile® ZR crown.

25.0 × 20.0 × 5.0 mm 몰드에 자가 중합형 아크릴릭 레진을 채운 후 유구치 치근부분을 아크릴릭 레진에 매몰하고 치관부분의 교합면을 노출하였다. 저속 다이아몬드 톱(Accutom-50: Struers, Copenhagen, Denmark)을 이용하여 주수 하에 치아 장축에 수직방향으로 교합면 법랑질을 삭제하여 편평한 상아질 표면을 노출하였다. 이후 주수 하에 #600 Sic 연마지(Buehler Ltd., IL, USA)로 표면을 30초간 연마하여 균일한 표면이 되도록 다듬었다.

총 60개의 유구치 상아질 시편을 3종의 시멘트에 따라 20개씩 나누고 열순환 시행 유무에 따라 다시 2개의 하위그룹으로 분류하여, 각 시편 10개씩 6개의 군으로 나누었다(Table 2).

3) 시편에 대한 시멘트 접착

각 군의 지르코니아 시편과 유구치 상아질 시편에 3종의 시멘트를 제조사의 지시에 따라 적용하였다. 내경 5.0 mm, 높이 3.0 mm 의 테플론 몰드를 사용하여 동일한 양의 시멘트를 사용하였다.

(1) Ketac™ Cem Permanent Glass Ionomer Luting Cement

유구치 시편의 표면을 치과용 시린지(3-way syringe)를 이용하여 공기 건조 하였다. 시멘트를 3M ESPE RotoMix™(3M ESPE, MN, USA)로 20초간 혼합한 후 테플론 몰드 내에 적용하여 10분간 자가중합 하였다. 지르코니아 시편에도 동일한 방법으로 적용하였다.

Table 2. Experimental group classification

Group	Subgroup	N	Material	Specimen
I	A	10	Ketac™ Cem Permanent Glass Ionomer Luting Cement	Zirconia discs
	B	10		
II	A	10	RelyX™ Luting Plus Cement	
	B	10		
III	A	10	RelyX™ Unicem Self-Adhesive Universal Resin Cement	
	B	10		
IV	A	10	Ketac™ Cem Permanent Glass Ionomer Luting Cement	
	B	10		
V	A	10	RelyX™ Luting Plus Cement	Primary teeth
	B	10		
VI	A	10	RelyX™ Unicem Self-Adhesive Universal Resin Cement	
	B	10		

Subgroup A: Without thermocycling, Subgroup B: Thermocycling

(2) RelyX™ Luting Plus Cement

유구치 시편의 표면을 치과용 시린지를 이용하여 공기 건조하였다. Paste A와 Paste B를 1 : 1 비율로 20초간 혼합한 후 테플론 몰드 내에 적용하여 7.5분간 자가 중합하였다. 지르코니아 시편에도 동일한 방법으로 적용하였다.

(3) RelyX™ Unicem Self-Adhesive Universal Resin Cement

유구치 시편의 표면을 치과용 시린지를 이용하여 공기 건조하였다. 시멘트를 3M ESPE RotoMix™로 20초간 혼합한 후 테플론 몰드 내에 적용하였다. 1.5 mm 두께로 2회 적층 충전하고, 각 층마다 40초씩 광중합기(Bluephase®: Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)를 이용하여 중합하였다. LED Radiometer (Shenghua Industry Co. Ltd., Beijing, China)를 사용하여 약 800 mW/cm²의 광도를 유지하였다. 지르코니아 시편에도 동일한 방법으로 적용하였다.

4) 열순환 및 보관

시멘트를 접착한 시편을 절반씩 나누어 2개의 하위그룹으로 나누었다.

하위그룹 A는 전단결합강도를 측정하기 전까지 37°C 습윤항온기에 보관하였다. 하위그룹 B는 37°C 습윤항온기에 24시간 동안 보관한 후, 5°C와 55°C에서 각각 30초 동안 1분간 열순환 한 것을 1회로 하여 총 5500회의 열순환을 시행하였다. 열순환 시행 후 전단결합강도를 측정하였다.

5) 전단결합강도 측정

전단결합강도 측정을 위해 만능 재료 시험기(Universal Testing Machine: R&B Inc., Daejeon, South Korea)를 사용하였다. 각 시편에 0.5 mm/min의 속도로 전단력을 가해 시멘트가 시편에서 탈락할 때의 최대하중을 구하고, 이를 단위면적당 결합강도(MPa)로 환산하였다(Fig. 3).

6) 파절 양상의 판별

전단결합강도 측정 후, 파절된 표면을 10.0 nm 백금 입자로 코팅 하였다. 코팅된 표면을 SEM을 이용해 200배율에서 조사한 후, 아래와 같이 파절 양상에 따라 분류하였다. 시멘트와 피착제 계면에서 발생하는 부착성 파절(Adhesive failure), 시멘트 내 또는 피착제 내에서 발생하는 응집성 파절(Cohesive failure), 위의 2가지 양상이 혼합되어 나타나는 혼합성 파절(Mixed failure)의 3가지 범주로 나누었다(Fig. 4).

7) 통계학적 분석

각 군당 전단결합강도의 평균과 표준편차를 산출하였다. 자료의 정규성 검사를 위해 Shapiro-Wilk test를 시행하였고 검사 결과 정규성을 확인하였다. 시멘트 종류별 평균 전단결합강도에 대한 유의성 검증은 일원변량분석(One-way ANOVA)을 이용하여 비교 분석하였고, Tukey's Post Hoc Test를 이용하여 사후 검정하였다. 열순환 시행 전후 평균 전단결합강도에 대한 유의성 검증은 Independent sample t-test를 이용하여 비교 분석하였다 (SPSS 23.0: IBM Corp., Chicago, USA).

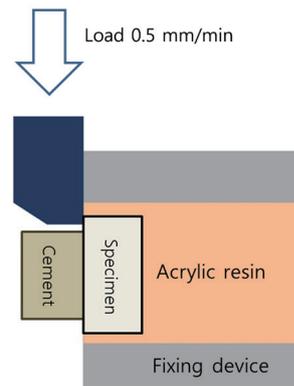


Fig. 3. Cross-sectional illustration of shear bond strength test.

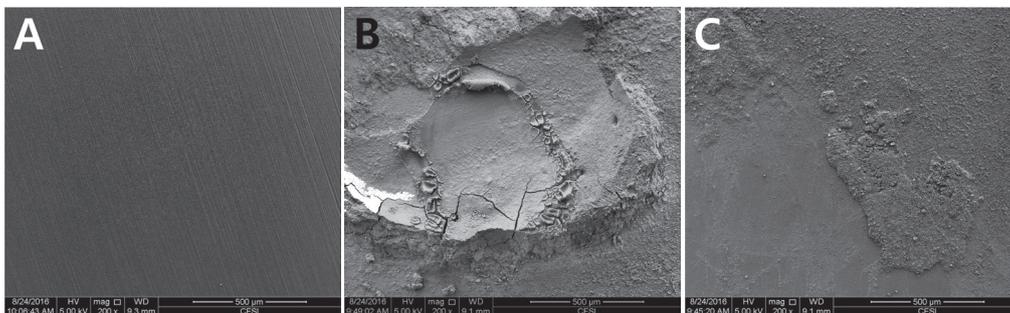


Fig. 4. Representative scanning electron microscope image of fracture mode on zirconia discs (200). (A) Adhesive failure, (B) cohesive failure, (C) mixed failure.

Ⅲ. 연구 성적

1. 전단결합강도 측정

Table 3에 각 군당 평균 전단결합강도 및 표준편차를 기록하였고, Table 3의 각 군당 평균 전단결합강도를 통계 분석하여 Fig. 5를 작성하였다. 지르코니아 시편과 3종의 시멘트 사이의 전단결합강도는 Ⅲ군인 RUR가 18.79±1.30 MPa 로 가장 높은 값을 보였으며, I 군인 KGI가 5.08±0.59 MPa로 가장 낮은 값을 보였다. 시멘트 종류에 따라 전단결합강도는 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다($p < 0.05$). 열순환 시행한 하위그룹 B의 전단결합강도는 열순환을 시행하지 않은 하위그룹 A의 전단결합강

도보다 낮았다. 하지만 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다(Table 3, Fig. 5)

유구치 상아질 시편과 3종의 시멘트 사이의 전단결합강도는 VI군인 RUR이 14.12±0.76 MPa로 가장 높은 값을 보였으며 IV군인 KGI가 6.12±0.42 MPa 로 가장 낮은 값을 보였다. 시멘트 종류에 따라 전단결합강도는 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다($p < 0.05$). RLP의 열순환 시행한 하위그룹 B의 전단결합강도는 열순환을 시행하지 않은 하위그룹 A보다 통계적으로 유의하게 낮았다($p < 0.05$). KGI와 RUR의 전단결합강도는 열순환을 시행하지 않은 하위그룹 A와 열순환 시행한 하위그룹 B 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3, Fig. 5).

Table 3. Mean shear bond strength of cement materials luted on specimens according to thermocycling

Group	Subgroup A (Mean ± SD, MPa)	Subgroup B (Mean ± SD, MPa)	† <i>p</i> value
I	5.08 ± 0.59 ^a	4.23 ± 0.59 ^a	0.33
II	15.23 ± 0.96 ^c	14.33 ± 0.98 ^c	0.22
III	18.79 ± 1.30 ^c	18.30 ± 1.20 ^c	0.89
IV	6.12 ± 0.42 ^a	5.40 ± 0.84 ^a	0.11
V	12.89 ± 0.72 ^b	11.41 ± 0.68 ^b	0.00
VI	14.12 ± 0.76 ^b	13.71 ± 0.69 ^b	0.56
‡ <i>p</i> value	0.00	0.00	

‡ One-way ANOVA, Tukey's Post Hoc Test, † t-test
^{abc} : Different letters indicate significant difference ($p < 0.05$, Tukey's Post Hoc Test)
 Subgroup A: Without thermocycling, Subgroup B: Thermocycling

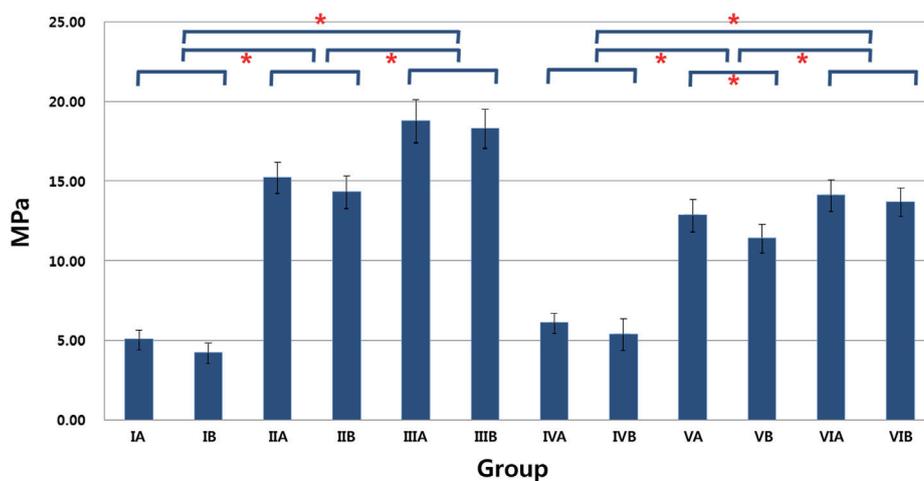


Fig. 5. Mean shear bond strength of cement materials luted on specimens according to thermocycling. One-way ANOVA, Tukey's Post Hoc Test, t-test (* : $p < 0.05$).

2. 파절 양상의 판별

지르코니아 시편에 사용한 시멘트가 KGI일 때, 모든 시편에서 부착성 파절이 관찰되었고 RLP 또는 RUR일 때, 혼합성과 응집성 파절 양상이 20 - 40% 관찰되었다. 유구치 상아질 시편에 사용한 시멘트가 KGI일 때, 모든 시편에서 부착성 파절이 관찰되었고 RLP 또는 RUR일 때, 혼합성과 응집성 파절 양상이 20 - 30% 관찰되었다(Table 4).

IV. 총괄 및 고찰

시멘트 제조사별 차이를 줄이기 위해 3종의 시멘트 모두 3M ESPE사의 제품을 선택하였다. Luthy 등[11]의 연구에서, 지르코니아 전장관을 수복할 때, 임상에서 사용가능한 결합강도는 10 - 13 MPa이라고 하였다. 이 연구에서 지르코니아 시편에 합착한 시멘트의 전단결합강도는 시멘트 종류에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p < 0.05$), RUR과 RLP가 임상에서 사용 가능한 결합강도를 나타내었다. KGI의 전단결합강도는 임상에서 사용 가능한 결합력 보다 낮게 관찰되었다.

지르코니아 표면은 산에 저항성이 있고 실리카를 포함하지 않기 때문에 접착력을 높이기 위해 도재에 시행하는 불산과 실란 처리를 이용한 표면처리 방법을 동일하게 지르코니아에 시행하는 것은 효과적이지 않다[12]. 최근 인산단량체가 지르코니아의 결합력을 개선하는데 유용한 화학적 구성성분으로 보고되었으

며 인산 화합물의 methacryloxy 말단기가 레진기질과 결합하고 인산 말단기가 지르코니아 표면과 반응한다. RUR의 인산단량체가 지르코니아 표면 위에 적용되면 인산 말단기의 두개의 수소가 지르코니아 표면의 산소와 반응하여 물분자를 배출하고 안정된 Zr-O-P 결합을 형성하므로 지르코니아 시편과의 결합력을 향상시킨다[13,14]. Marchan 등[15]은 지르코니아 세라믹 포스트를 글라스 아이오노머 시멘트나 레진강화 글라스아이오노머 시멘트로 합착하였을 때, 자가접착형 레진시멘트로 합착한 것보다 매우 낮은 결합강도를 가진다고 보고하였으며 가능한 원인으로 글라스 아이오노머 시멘트나 레진강화 글라스아이오노머 시멘트에는 phosphate/phosphonate monomer을 포함하지 않아 지르코니아 세라믹 포스트와 화학적 결합을 얻을 수 없기 때문이라고 하였다. 따라서 3종의 시멘트 중 RUR이 가장 높은 전단결합강도를 보인 것이라 생각된다[16].

시멘트의 접착력은 장기간의 시효 과정을 거친 후에도 유지되는 것이 중요하다. Chang 등[17]은 장기간의 수중보관과 열순환을 통해 접착안정성을 평가 할 수 있으며, 이러한 변수에 영향을 받지 않아야 임상에서 사용할 수 있다고 하였다. Gale 등[18]은 10000 회의 열순환 과정은 임상에서 1년의 사용 기간과 같다고 주장하였고, 열순환 과정이 수복물을 접착할 때 사용하는 시멘트의 전단결합강도를 유의하게 감소시킨다고 하였다. 이 연구에서 지르코니아 시편과 3종의 시멘트 접착 후 5500회 열순환을 시행하였을 때, 열순환 시행한 하위그룹 B의 전단결합강도가 열순환 시행하지 않은 하위그룹 A의 전단결합강도보다 감소하였

Table 4. Distribution of failure mode between cement materials and specimens

Group Subgroup	Material-Specimen	Failure mode			Total N
		Adhesive N	Cohesive N	Mixed N	
I A	KGI-Zirconia discs	10	0	0	10
I B		10	0	0	10
II A	RLP-Zirconia discs	6	2	2	10
II B		6	3	1	10
III A	RUR-Zirconia discs	6	1	3	10
III B		8	0	2	10
IV A	KGI-Primary teeth	10	0	0	10
IV B		10	0	0	10
V A	RLP-Primary teeth	7	3	0	10
V B		7	3	0	10
VIA	RUR-Primary teeth	7	1	2	10
VIB		8	0	2	10

Subgroup A: Without thermocycling, Subgroup B: Thermocycling
KGI: Ketac™ Cem Permanent Glass Ionomer Luting Cement, RLP: RelyX™ Luting Plus Cement, RUR: RelyX™ Unicem Self-Adhesive Universal Resin Cement

으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 이전 연구와는 달리 열순환 과정이 적어 통계적으로 유의한 차이가 보이지 않은 것으로 생각된다. Carrilho 등[19]에 따르면 접착제를 중합한 후 물에 장기간 보관 하였을 때, 접착제의 기계적 성질은 현저히 감소되고 수복물의 내구성이 약화되므로, 장기간의 시효 과정을 포함한 추가적인 연구가 필요할 것이라 생각된다.

유구치 상아질 시편에 접착한 RUR과 RLP가 임상에서 사용 가능한 전단결합강도를 나타내었다. KGI의 전단결합강도는 6.12 ± 0.42 MPa로 3종의 시멘트 중 가장 낮은 전단결합강도를 보였으며 이는 이전 연구의 전단결합강도인 4.1 MPa과 마찬가지로 임상에서 사용 가능한 결합강도보다 낮았다[20]. 유구치 시편에 접착한 시멘트의 전단결합강도는 시멘트 종류에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

Holderegger 등[21]의 연구에서 제3대구치의 상아질에 RUR을 접착 후 측정된 전단결합강도는 9.2 ± 1.6 MPa로, 이 연구에서 측정된 RUR의 전단결합강도보다 낮았다. Holderegger 등[21]의 연구에서 RUR을 자가중합함으로써 완전 중합이 이루어지지 못했기 때문이라 생각된다. 레진시멘트를 자가중합으로 사용할 경우, 광중합이나 이중중합모드로 사용할 때에 비하여 결합강도가 유의하게 감소하거나 완전히 감소하였다[22]. 이 연구에서는 광조사를 하여 RUR이 완전 중합을 이룰 수 있도록 하였다.

임상에서는 광중합을 위한 빛이 소아용 기성 지르코니아 전장관을 지난 후 치면에 접촉한 RUR을 중합하므로, 이 연구에서 직접 광조사를 하여 RUR을 중합한 결과와는 차이가 있을 것이라 생각되며 광조사 빛이 지르코니아를 통과하기 어려우므로 광중합시멘트 보다는 RUR과 같은 이중중합 시멘트가 임상에서 더 선호된다[23].

RUR은 주로 methacrylate phosphoric acid로 이루어져 있어 인산기의 친수성 성분이 치면과 전처리 과정없이 화학적 결합을 이룬다. 산성의 인산기가 필러의 알칼리 성분과 중화반응을 이루어 높은 강도의 결합력을 나타내어 3종의 시멘트 중 가장 높은 전단결합강도를 보인 것이라 생각된다[24].

유구치 상아질 시편과 3종의 시멘트 접착 후 5500회 열순환을 시행하였을 때, 열순환 시행한 하위그룹 B의 전단결합강도가 열순환 시행하지 않은 하위그룹 A의 전단결합강도보다 낮았다. 열순환 시행하지 않은 하위그룹 A와 열순환 시행한 하위그룹 B 사이에 KGI와 RUR의 전단결합강도는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. RLP의 전단결합강도는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 이전 연구에서 레진강화 글라스아이오노머 시멘트와 상아질 사이의 결합력은 10 - 15 Mpa 였으며, 도말층을 제거하거나 상아질 결합제 등으로 처리하여 상아질 결합강도를 개선하거나 결합안정성을 높일 수 있다고 하였다[25]. 이

연구에서 유구치 상아질 시편에 RLP를 적용할 때, 도말층을 제거하거나 상아질 결합제를 사용하지 않았으며 이러한 차이가 열순환 시행 후 결합안정성이 낮아지는 원인이 될 수 있을 것이라 생각된다. RLP의 결합안정성이 RUR의 결합안정성보다 낮음을 알 수 있다[17,26].

KGI를 접착한 모든 시편에서 부착성 파절이 관찰되었으며, RLP와 RUR을 접착한 시편에서 혼합성 파절과 응집성 파절이 관찰되었다. 시편과의 결합력이 시멘트 내 결합력 보다 높은 경우, 시멘트 내에서 응집성 파절이나 피착제에서 응집성 파절이 일어나게 된다. 반면에 시멘트 내의 결합력보다 시편과의 결합력이 낮을 경우, 시편과의 접착 계면에서 부착성 파절이 일어나게 된다. KGI의 시멘트 내 결합력이 시편과의 결합력보다 커 모든 시편에서 부착성 파절이 관찰 되었으며, KGI에서 관찰되지 않은 혼합성, 응집성 파절이 RUR에서 관찰된 이유는 RUR내 인산기의 친수성 성분이 상아질과 화학적 결합을 이루고 RUR의 인산 단량체가 지르코니아 표면과 Zr-O-P 결합을 형성하여 시편과의 결합력이 증가하였기 때문이라 생각된다[13,14,24].

RLP와 RUR을 각각 지르코니아 시편과 유구치 상아질 시편에 접착할 때, 지르코니아 시편과의 결합력이 유구치 상아질 시편과의 결합력보다 높았다. 하지만 실제 임상에서는 구강 내 환경 요인에 영향을 받아 지르코니아 전장관과 시멘트 사이의 탈락이 보고 되고 있다[27]. 그 중 지르코니아의 접착과정 중 발생하는 타액 및 혈액 오염이 지르코니아의 내면과 시멘트의 결합력을 약화시키는 가장 주요한 요인으로 생각된다[28]. RUR의 기능성 단량체가 중합이 되었더라도 구강 내 환경에 노출되면 수분을 흡수하므로 지속적인 접착력을 얻는 것이 쉽지 않으며 임상에서는 타액 및 치은 출혈로 인한 혈액오염을 고려하여야 한다. 이에 관한 임상상황에 관한 추가적인 연구가 필요할 것이라 생각된다.

소아용 기성 지르코니아 전장관은 크기가 정해져 있어 성인 지르코니아 전장관보다 치아 삭제량이 많아 파절 저항성이 낮다. 소아용 기성 유전치 지르코니아 전장관의 삭제량은 절단면에서 2.5 - 3.0 mm, 인접면에서 1.5 - 2.0 mm, 순면에서 0.5 - 1.0 mm 이다[29]. 이는 절단면에서 1.5 mm, 인접면 1.0 mm 치아 삭제가 이루어지는 성인 중절치 지르코니아 전장관의 삭제량보다 크며, 치아 삭제량이 많은 소아용 기성 지르코니아 전장관은 치아삭제량 두께만큼 레진시멘트를 치질과 전장관 사이에 빈 공간 없이 사용함으로써 보철물의 파절 강도를 높이고 충분한 유지력을 얻을 수 있다[30-32]. 하지만 빈 공간없이 레진시멘트를 사용하였다 하더라도 시멘트를 중합하는 과정에서 2.0 - 3.2%의 중합수축이 발생한다[33]. 특히 광중합형이 화학중합형보다 중합속도가 빠르므로 단시간에 큰 수축응력이 일어나며 300 kg/cm^2

이상의 중합수축응력이 발생한다. 임상에서 RUR을 사용할 때, 짧은 경화시간을 위해 광중합하여 사용하고 있다. 광중합하여 사용한 RUR은 화학중합하여 사용하는 KGI나 RLP보다 단시간에 큰 수축응력이 일어난다. 이러한 큰 중합수축응력은 변연 누출 및 변연부의 치질파괴가 발생할 위험이 높다[34].

이 연구는 소아용 기성 지르코니아 전장관의 내면과 유사한 지르코니아 시편을 제작하여 지르코니아 시편과 유구치 시편에 각각 3종의 시멘트를 접착하여 전단결합강도를 평가하였다. 하지만 임상에서는 치면-접착제-지르코니아 전장관이 하나로 사용되며 이러한 임상상황을 재현하지 못하였다. 제조사에서는 임상에서 지르코니아 전장관을 사용할 때, 지르코니아 전장관 내면에 RUR을 담아 치면에 setting 후, 약 2초간 가볍게 광중합하여 과량의 큰 시멘트는 스케일러나 탐침으로 제거할 것을 추천하였다. 이후 한 면당 20초씩 충분히 광조사하여 중합하며, 교합면을 먼저 중합한 후 협설면 순으로 중합한다[35]. 이 연구에서는 광조사가 시멘트에 직접 이루어졌지만, 임상에서는 지르코니아 전장관을 통과한 광조사만이 시멘트 중합에 사용되게 된다. 같은 양을 조사하더라도 실제 시멘트 중합에 이용될 수 있는 광량은 차이가 있을 수 있으며 이러한 임상상황을 재현한 추가적인 연구가 필요할 것이라 생각된다.

V. 결 론

지르코니아 시편 및 유구치 상아질 시편에 접착한 3종의 시멘트 중 자가접착형 레진 시멘트인 RUR이 가장 높은 전단결합강도를 보였으며, 열순환 시행하지 않은 군과 열순환 시행한 군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

References

1. Blatz MB, Chiche G, Holst S, Sadan A : Influence of surface treatment and simulated aging on bond strengths of luting agents to zirconia. *Quintessence Int*, 38:745-753, 2007.
2. Ozcan M, Vallittu PK : Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater*, 19:725-731, 2003.
3. Phark JH, Duarte S Jr, Blatz M, Sadan A : An in vitro evaluation of the long-term resin bond to a new densely sintered high-purity zirconium-oxide ceramic surface. *J Prosthet Dent*, 101:29-38, 2009.
4. Anusavice KJ : Recent developments in restorative dental ceramics. *J Am Dent Assoc*, 124:72-74, 76-78, 80-74, 1993.
5. Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD : Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent*, 75:18-32, 1996.
6. Waggoner WF : Restoring primary anterior teeth : updated for 2014. *Pediatr Dent*, 37:163-170, 2015.
7. Passos SP, May LG, Valandro LF, *et al.* : Adhesive quality of self-adhesive and conventional adhesive resin cement to Y-TZP ceramic before and after aging conditions. *Oper Dent*, 35:689-696, 2010.
8. Derand T, Molin M, Kvam K : Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. *Dent Mater*, 21:1158-1162, 2005.
9. Palacios RP, Johnson GH, Phillips KM, Raigrodski AJ : Retention of zirconium oxide ceramic crowns with three types of cement. *J Prosthet Dent*, 96:104-114, 2006.
10. Bae YE, Kim Shin, Jeong TS, Kim JY : Effect of artificial saliva contamination on the bond strength of three dentin adhesive to dentin of primary teeth. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 44:72-81, 2017.
11. Lüthy H, Loeffel O, Hammerle CH : Effect of thermocycling on bond strength of luting cements to zirconia ceramic. *Dent Mater*, 22:195-200, 2006.
12. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R : Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now?. *Dent Mater*, 27:71-82, 2011.
13. Aboushelib MN, Matinlinna JP, Salameh Z, Ounsi H : Innovations in bonding to zirconia-based materials: part I. *Dent Mater*, 24:1268-1272, 2008.
14. Amaral R, Ozcan M, Bottino MA, *et al.* : Effect of conditioning methods on the microtensile bond strength of phosphate monomer-based cement on zirconia ceramic in dry and aged conditions. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 85:1-9, 2008.
15. Marchan S, Coldero L, Whiting R, Barclay S : In vitro evaluation of the retention of zirconia-based ceramic posts luted with glass ionomer and resin cements. *Braz Dent J*, 16:213-217, 2005.
16. Kern M, Barloi A, Yang B : Surface conditioning influences zirconia ceramic bonding. *J Dent Res*, 88:817-822, 2009.
17. Chang JC, Powers JM, Hart D : Bond strength of composite to alloy treated with bonding systems. *J Prosthodont*, 2:110-114, 1993.
18. Gale MS, Darvell BW : Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*, 27:89-99, 1999.
19. Carrilho MR, Carvalho RM, Tay FR, Pashley DH : Effects of storage media on mechanical properties of adhesive sys-

- tems. *Am J Dent*, 17:104-108, 2004.
20. Abo-Hamar SE, Hiller KA, Schmalz G, *et al.* : Bond strength of a new universal self-adhesive resin luting cement to dentin and enamel. *Clin Oral Investig*, 9:161-167, 2005.
21. Holderegger C, Sailer I, Fischer J, *et al.* : Shear bond strength of resin cements to human dentin. *Dent Mater*, 24:944-950, 2008.
22. Tay FR, Pashley DH, Wei SH, *et al.* : Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part I. single-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent*, 5:27-40, 2003.
23. Ozcan M, Nijhuis H, Valandro LF : Effect of various surface conditioning methods on the adhesion of dual-cure resin cement with MDP functional monomer to zirconia after thermal aging. *Dent Mater J*, 27:99-104, 2008.
24. Kim AJ, Yu SH, Oh SH, Bae JM : Effect of self-adhesive resin cements on the shear bond strengths between bovine teeth and composite resin block. *J Korean Soc Dent Mater*, 40:367-372, 2013.
25. Nakanuma K, Hayakawa T, Tornita T, Yamazaki M : Effect of the application of dentin primers and a dentin bonding agent on the adhesion between the resin-modified glass-ionomer cement and dentin. *Dent Mater*, 14:281-286, 1998.
26. Ozcan M, Kerkdijk S, Valandro LF : Comparison of resin cement adhesion to Y-TZP ceramic following manufacturers' instructions of the cements only. *Clin Oral Investig*, 12:279-282, 2008.
27. Olsson KG, Fürst B, Andersson B, Carlsson GE : A long-term retrospective and clinical follow-up study of In-Ceram Alumina FPDs. *Int J Prosthodont*, 16:150-156, 2003.
28. Yang B, Lange-Jansen HC, Kern M, *et al.* : Influence of saliva contamination on zirconia ceramic bonding. *Dent Mater*, 24:508-513, 2008.
29. Lee JM, Lee HS, Choi SH, *et al.* : Three dimensional analysis of primary maxillary central and lateral anterior zirconia crown. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 43:176-186, 2016.
30. Scherrer SS, De Rijk WG, Belser UC : Fracture resistance of human enamel and three all-ceramic crown systems on extracted teeth. *Int J Prosthodont*, 9:580-585, 1996.
31. Bindl A, Richter B, Mörmann WH : Survival of ceramic computer-aided design/manufacturing crowns bonded to preparations with reduced macroretention geometry. *Int J Prosthodont*, 18:219-224, 2005.
32. Manicone PF, Rossi Iommetti P, Raffaelli L : An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent*, 35:819-826, 2007.
33. Davidson CL, Van Zeghbroeck L, Feilzer AJ : Destructive stresses in adhesive luting cements. *J Dent Res*, 70:880-882, 1991.
34. Crim GA : Assessment of microleakage of 12 restorative systems. *Quintessence Int*, 18:419-421, 1987.
35. Technical Guide Instructions for Use and General Information. Available from URL : <https://multimedia.3m.com/mws/media/174266O/relyx-tm-unicem-self-adhesive-resin-cement.pdf> (Accessed on July 3, 2007).

국문초록

3종 시멘트로 접착한 소아용 기성 지르코니아 전장관과 유치 상아질의 전단결합강도

이정은 대학원생 · 박호원 교수 · 이주현 교수 · 서현우 교수

강릉원주대학교 치과대학 소아치과학교실 및 구강과학연구소

이 연구의 목적은 3종 시멘트의 전단결합강도를 평가하고 열순환 시행이 전단결합강도에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

소아치과에서 사용되는 소아용 기성 지르코니아 전장관(NuSmile[®] ZR crown)의 내면과 유사한 디스크 형태의 지르코니아 시편(Zirconia discs)을 제작하였다. 소아용 기성 지르코니아 전장관의 내면과 지르코니아 시편의 표면이 동일하도록 같은 몰드를 이용하여 제작하였으며 주사전자현미경을 통해 유사함을 확인하였다. 60개의 지르코니아 시편과 60개의 유구치 상아질 시편을 3종의 시멘트 Ketac[™] Cem Permanent Glass Ionomer Luting Cement(KGI), RelyX[™] Luting Plus Cement(RLP), RelyX[™] Unicem Self-Adhesive Universal Resin Cement(RUR)에 따라 20개씩 나누고, 열순환 시행 유무에 따라 다시 10개씩 2개의 하위그룹으로 나누었다. 하위그룹 A는 열순환을 시행하지 않았고 하위그룹 B는 5500회의 열순환을 시행하였다. 만능 재료 시험기를 이용하여 전단결합강도를 측정 후 파절 양상을 주사전자현미경으로 관찰하였다.

지르코니아 시편 및 유구치 상아질 시편에 접착한 시멘트의 전단결합강도는 RUR이 KGI와 RLP보다 높았으며 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다($p < 0.05$). RUR의 전단결합강도는 열순환 시행하지 않은 군과 열순환 시행한 군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없었다.