

Evaluation of mechanical properties of several dual-cure resin cements by curing modes

Soo-Yeon Kim, Se-Hee Park, Jin-Woo Kim, Kyung-Mo Cho*

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, Republic of Korea

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the mechanical properties of several dual-cure cements by different curing modes. **Materials and Methods:** One resin-modified glass ionomer cement (FujiCEM 2), two conventional dual-cure resin cements (RelyX ARC, Multilink N), and two dual-cure self-adhesive resin cements (RelyX U200, G-CEM LinkAce) were used. To evaluate the influence of the curing methods, each cements divided into four conditions (n = 20); Condition 1: self-curing for 10 minutes, Condition 2: immediate after 20 seconds light-curing, Condition 3: 24 hours after self-curing, Condition 4: 24 hours after light-curing. The compressive strength and diametral tensile strength were measured with a universal testing machine. All data were statistically analyzed using *t*-test, one-way ANOVA and Scheffe's test. **Results:** The results showed the compressive strength and diametral tensile strength after 24 hours in all curing modes were higher than immediate except RelyX ARC light-cured and Multilink N light-cured. The FujiCEM 2 showed lowest values ($P < 0.05$). **Conclusion:** The outcome was cement-depend, but there is no significant difference about compressive strength and diametral tensile strength between dual-cure self-adhesive resin cements and conventional resin cements. And this result will be used as a base line data selecting resin cement for favorable long-term prognosis. (J Dent Rehabil Appl Sci 2015;31(1):1-9)

Key words: resin cement; dual-cure; self-adhesive; compressive strength; diametral tensile strength; curing modes

서론

주조수복물의 유지와 수명은 형성된 와동의 경사도, 응력 분산을 고려한 와동 설계, 수복물 내면의 표면 조도, 치질과 수복물에 대한 시멘트의 미세기계적 혹은 화학적 결합, 시멘트의 종류 등의 복합적인 요소에 영향을 받는다.¹

치과용 접착 시멘트는 고정성 수복물과 삭제된 치아 사이를 연결해주는 역할을 하며,² 수년동안 따뜻하고 습한 구강 환경에서 저작압과 비기능성 스트레스를 견디어 수복물을 장기간 안정적으로 유지해야 한다.³ 즉 구강 내

에서 용해도가 낮아야 하고, 기계적 유지와 화학적 결합에 의하여 치아 또는 수복물과 시멘트 사이의 결합력이 높아야 하며, 수복물과 치아 사이의 계면에서 응력에 저항할 수 있는 강도와 파괴인성을 가져야 한다. 또한 사용도 편리하고 생체적합적이어야 한다.⁴ 그러나 구강내 스트레스는 시멘트의 회복 가능한 탄성 혹은 영구적인 소성 변형을 일으키고 변연 파절 또는 변색, 치아의 2차 우식 등을 발생시켜 수복물의 유지에 악영향을 미친다.^{5,6}

과거에는 인산아연 시멘트(zinc phosphate cement), 폴리카복실레이트 시멘트(polycarboxylate cement), 글래스 아이오노머 시멘트(glass ionomer cement)와 같은 시멘

*Correspondence to: Kyung-Mo Cho
Professor, Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University, 7, Jukheon-gil, Gangneung, 210-702, Republic of Korea
Tel: +82-33-640-3155, Fax: +82-33-640-3103, E-mail: drbozon@gwnu.ac.kr
Received: October 27, 2014/Last Revision: February 3, 2015/Accepted: January 8, 2015

Copyright© 2015 The Korean Academy of Stomatognathic Function and Occlusion.
© It is identical to Creative Commons Non-Commercial License.

트들이 주로 사용되었지만 최근 들어 복합레진과 도재 등 심미적인 수복재료들의 사용이 점차 증가되면서부터 심미적이고 물리적 화학적으로 특성이 우수한 레진 시멘트의 사용도 더불어 증가하고 있는 추세이다.¹

레진 시멘트는 ANSI/ADA 규격 제 27호(ISO 4049)에서 중합 방법에 따라 자가중합형, 광중합형, 이중중합형으로 분류될 수 있다. 광중합형은 사용시 술자에 의한 시간 조절이 가능하다는 장점을 가지고 있으나, 주조수복물에 사용될 때 시멘트의 모든 부분으로 충분한 빛에너지가 도달될 수 없는 단점이 있다.⁷ 하지만 이중중합형은 빛이 도달되지 않는 부분에서도 중합이 일어날 수 있으며 술자에 의해 중합을 조절할 수 있는 장점을 가지고 있어 널리 이용되고 있다. 최근에는 치아 및 수복물에 전처리가 필요없는 다양한 이중중합 자가접착 레진 시멘트가 소개되어 지속적으로 기존 제품보다 향상된 상품을 출시하고 있다.⁸

압축강도는 압축력에 대한 재료의 저항력을 측정하는 것으로 아말감이나 시멘트 등의 취성재료 및 압축에 대한 저항성이 요구되는 재료에서 재료의 강약을 비교하기 위해 측정한다. 그리고 간접인장강도는 인장시험이 용이하지 않는 취성재료에서 인장강도를 측정하는 간단하고 재현성있는 방법이다.⁴ 취성이 있는 레진 시멘트의 압축강도와 간접인장강도가 강할수록 시멘트의 변형이 적고, 파절 저항이 높으며, 고르게 스트레스를 분산하고, 인장 또는 압축 실패의 위험도 줄며, 안정적이어서 임상적으로 성공확률을 높여주기 때문에 이러한 특성을 평가하고 이를 바탕으로 품질을 향상시켜서 임상에 사용하려는 노력이 필요하다.⁹

이상적인 접착 시멘트의 중요한 요구조건 중 하나는 기능적 저작력에 저항하는 뛰어난 기계적인 성질을 제공해 주는 능력이다. 지금까지 여러 접착 시멘트들의 flexural strength,^{10,11} hardness,¹² diametral tensile strength,^{12,13} modulus of elasticity,¹⁴ fracture toughness¹⁵ 등 다양한 기계적 특성들이 조사 및 연구되어 결과가 보고되고 있다. 하지만 현재 최근 출시된 레진 시멘트 제품에 관한 기계적 성질에 대한 연구는 아직 부족한 상황이다. 따라서 본 연구는 기존에 출시된 제품에서 최근 업그레이드되어 시판되고 있는 레진 시멘트 제품과 기존에 출시된 레진 시멘트의 기계적 성질 중에서 압축강도와 간접인장강도를 측정하여 비교 평가하고자 하였다.

연구 재료 및 방법

1. 실험 재료

이번 연구를 위해 3가지 다른 유형의 5가지 시멘트를 사용하였다. 대조군으로 하나의 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트인 FujiCEM 2 (GC Co., Tokyo, Japan), 2개의 전통적인 이중중합 레진 시멘트인 RelyX ARC (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)와 Multilink N (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein), 2개의 이중중합 자가접착 레진 시멘트인 RelyX U200 (3M ESPE)과 G-CEM LinkAce (GC Co.)를 사용하였다. 각 시멘트의 구성성분은 Table 1에 나타내었다.

2. 실험군 분류

2개의 전통적인 이중중합 레진 시멘트인 RelyX ARC와 Multilink N, 2개의 이중중합 자가접착 레진 시멘트인 RelyX U200과 G-CEM LinkAce를 다시 각각 4가지 조건 즉, 자가중합과 광중합에서 각 subgroup으로 즉시와 24시간으로 나눠 각각 20개씩의 시편으로 나눴다. 따라서 각 시멘트 군당 총 80개의 시편을 제작하였다. 하지만 대조군으로 사용한 FujiCEM 2는 자가중합 과정에서만 즉시와 24시간으로 나눠 시편을 각각 20개씩 총 40개의 시편을 제작하였다. 결과적으로 총 실험군 수는 18개 이다(Table 2).

3. 시편 제작

기계적 특성을 측정하기 위한 시편을 제작하기 위해 평가방법은 ISO Specifications 9917-1:2007에 의한 기준에 의하여 설계하였다.¹⁶ 테플론을 이용하여 압축강도를 위해 직경 4 mm, 높이 6 mm, 간접인장강도를 위해 직경 6 mm, 높이 3 mm인 시편을 제작하였다. 각각의 시멘트는 제조사의 지시에 따라 혼합하였다. 각 시멘트를 주형에 채워 mylar strip으로 덮은 뒤 유리판으로 누른 다음 즉시 자가중합은 온도 37 ± 1 , 상대습도 100%를 유지하는 빛이 들어가지 않는 항온기(SIB-1, Seo-Kwang Science Co., Seoul, Korea)에서 10분간 넣어 중합하였고, 바로 강도를 측정하였다. 24시간 자가중합은 항온기에 넣고 24시간동안 중합시킨 후 강도를 측정하였다. 광중합은 자가중합과 같이 시멘트를 주형에 채우

Table 1. Composition of materials used in this study

Material	Manufactures	Type	Composition
FujiCEM 2	GC	Resin-modified glass ionomer	Paste A: Alumino-fluoro-silicate glass (amorphous), Hydroxyethyl methacrylate, Dimethacrylate, Bis(4-methacryloxy ethoxyphenyl)propane (Bis-MEPP), Silicon Dioxide, pigment Paste B: Polyacrylic acid, Distilled water, Silicone dioxide, Initiator
RelyX U200	3M ESPE	Dual-cure Self-adhesive	Base paste: Methacrylate monomers containing phosphoric acid groups, Methacrylate monomers, Silanated fillers, Initiator components, Stabilizers, Rheological additives Catalyst paste: Methacrylate monomers, Alkaline (basic) fillers, Silanated fillers, Initiator components, Stabilizers, Pigments, Rheological additives
RelyX ARC	3M ESPE	Dual-cure conventional	Paste A: Silane treated ceramic, Triethylene glycol-glycidyl methacrylate (TEGDMA), Bisphenol glycidyl methacrylate (Bis-GMA), Silane treated silica, Functionalized dimethacrylate polymer, Triphenylantimony Paste B: Silane treated ceramic, Triethylene glycol-glycidyl methacrylate (TEGDMA), Bisphenol glycidyl methacrylate (Bis-GMA), Silane treated silica, Functionalized dimethacrylate polymer, 2-benzotriazolyl-4-methylphenol, Benzoyl peroxide
Multilink N	Ivoclar Vivadent	Dual-cure conventional	Base + Catalyst: Dimethacrylate, 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA), Barium glass filler, Silicon dioxide filler, dibenzoyl peroxide, Ytterbium trifluoride, Catalysts, Stabilizers, Pigments
G-CEM LinkAce	GC	Dual-cure Self-adhesive	Paste A: Fluoro-alumino-silicate glass, Urethanedimethacrylate, Dimethacrylate, Silicon dioxide, Initiator, Inhibitor, Pigment Paste B: Silicon dioxide, Urethanedimethacrylate, Dimethacrylate, Initiator, Inhibitor

Data from manufacturers's websites and/or product catalogs.

Table 2. Experimental groups of this study

Cement	Experimental condition	
FujiCEM 2	Immediate	Self-cured (n = 20)
	24 hr	Self-cured (n = 20)
RelyX U200	Immediate	Self-cured (n = 20)
		Light-cured (n = 20)
	24 hr	Self-cured (n = 20)
		Light-cured (n = 20)
RelyX ARC	Immediate	Self-cured (n = 20)
		Light-cured (n = 20)
	24 hr	Self-cured (n = 20)
		Light-cured (n = 20)
Multilink N	Immediate	Self-cured (n = 20)
		Light-cured (n = 20)
	24 hr	Self-cured (n = 20)
G-CEM LinkAce	Immediate	Self-cured (n = 20)
		Light-cured (n = 20)
	24 hr	Self-cured (n = 20)
		Light-cured (n = 20)

고 mylar strip으로 덮은 뒤 유리판으로 누른 다음 LED 광중합기(G-Light, GC Co.)를 이용하여 주형의 양쪽면에 각각 20초간 광중합하였다. 즉시 광중합은 광중합이 끝난 뒤 바로 강도를 측정하였고, 24시간 광중합은 LED 광중합 후 자가중합과 동일한 조건의 항온기에 24시간동안 넣어 자가중합을 추가로 유도한 뒤 강도를 측정하였다.

4. 기계적 특성 측정

시편을 testing table에 올려두고 만능 시험기(RB-306, R&B Inc., Daejeon, Korea)를 이용하여 최대하중 1 KN의 조건에서 1분당 0.5 mm의 cross-head speed로 시멘트가 파절되는 시점까지 최대힘(N)을 측정하였다. 압축강도와 간접인장강도는 다음 각각의 공식에 따라 Megapascal (MPa)로 계산하였다.

$$\text{Compressive strength} = 4p/\pi d^2$$

여기서 p 는 가해진 최대힘(N)이고, d 는 측정된 시편의 직경(mm)이다.

$$\text{Diametral tensile strength} = 2P/\pi DT$$

여기서 P 는 가해진 최대힘(N), D 는 시편의 직경(mm), T 는 시편의 두께(mm)이다.

5. 통계 분석

SPSS Ver 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하여 각 측정시점에서 동일한 시멘트의 중합방법에 따른 압축강도와 간접인장강도를 t -test로 비교하였고, 각 시멘트간의 압축강도와 간접인장강도를 95% 유의수준에서 One way ANOVA test로 분석하였으며, Scheffe's test로 사후검정하였다.

결과

압축강도에서는 RelyX ARC의 광중합과 Multilink N의 광중합, 간접인장강도에서는 RelyX ARC의 광중합을 제외하고 모든 중합방법에서 24시간뒤 측정된 강도가 즉시 측정한 강도보다 더 높은 값을 보여주었다(Table 3, 4).

자가중합 방법에서 시멘트의 그룹간 통계적 차이를 살펴보기 위해 사후검정을 한 결과 압축강도와 간접인장강도에서 레진강화형 글래스아이오노머인 Fujicem 2가 통계적으로 유의하게 가장 낮은 값을 보였다($P < 0.05$, Table 5, 6).

압축강도에서는 RelyX ARC 자가중합, RelyX ARC 광중합, Multilink N 자가중합, Multilink N 광중합에서 측정시간에 따른 강도 비교시 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 24시간 뒤 다른 중합방법에서 측정한 압축강도는 RelyX ARC, Multilink N, G-CEM LinkAce에서 통

Table 3. Compressive strength of several cements according to curing modes and measured time [Mean (MPa) and Standard deviation]

Group		N	Immediate	24 hr
FujiCEM 2	Self-cured	20	64.15 ± 4.37	203.10 ± 45.85
RelyX U200	Self-cured	20	220.50 ± 57.29	362.55 ± 44.96
	Light-cured	20	360.30 ± 49.73	407.65 ± 47.54
RelyX ARC	Self-cured	20	430.45 ± 50.24	463.45 ± 57.94
	Light-cured	20	478.75 ± 21.42	467.45 ± 47.13
Multilink N	Self-cured	20	500.95 ± 62.71	511.65 ± 61.89
	Light-cured	20	542.40 ± 49.95	511.25 ± 78.73
G-CEM LinkAce	Self-cured	20	498.70 ± 53.23	580.75 ± 40.62
	Light-cured	20	430.40 ± 56.63	559.05 ± 53.88

Table 4. Diametral tensile strength of several cements according to curing modes and measured time [Mean (MPa) and Standard deviation]

Group		N	Immediate	24 hr
FujiCEM 2	Self-cured	20	10.20 ± 2.21	26.65 ± 6.12
RelyX U200	Self-cured	20	15.15 ± 3.84	49.80 ± 6.44
	Light-cured	20	62.55 ± 10.93	76.20 ± 11.41
RelyX ARC	Self-cured	20	60.75 ± 11.46	86.55 ± 11.92
	Light-cured	20	88.85 ± 8.01	88.60 ± 16.10
Multilink N	Self-cured	20	77.60 ± 25.00	88.05 ± 7.94
	Light-cured	20	97.25 ± 15.78	104.70 ± 8.62
G-CEM LinkAce	Self-cured	20	73.35 ± 16.48	111.45 ± 15.61
	Light-cured	20	77.75 ± 17.88	109.90 ± 14.04

Table 5. Scheffe's test result of compressive strength in inter-cements according to same curing mode and measured time [Mean (MPa)]

	N	Immediate		24 hr	
		Self-cured	Light-cured	Self-cured	Light-cured
FujiCEM 2	20	64.15 ^a	-	203.10 ^a	-
RelyX U200	20	222.50 ^b	360.30 ^a	362.55 ^b	407.65 ^a
RelyX ARC	20	430.45 ^c	478.75 ^c	463.45 ^c	467.45 ^b
Multilink N	20	498.70 ^d	542.40 ^d	511.65 ^c	511.25 ^c
G-CEM LinkAce	20	500.95 ^d	430.40 ^b	580.75 ^d	559.05 ^c

Means followed by superscript letters are significantly different ($P < 0.05$) cements, representing same curing mode (vertical comparisons).

Table 6. Scheffe's test result of diametral tensile strength in inter-cements according to same curing mode and measured time [Mean (MPa)]

	N	Immediate		24 hr	
		Self-cured	Light-cured	Self-cured	Light-cured
FujiCEM 2	20	10.20 ^a	-	26.65 ^a	-
RelyX U200	20	15.15 ^a	62.55 ^a	49.80 ^b	76.20 ^a
RelyX ARC	20	60.75 ^b	88.85 ^{b,c}	86.55 ^c	88.60 ^b
Multilink N	20	77.60 ^c	97.25 ^c	111.45 ^d	104.70 ^c
G-CEM LinkAce	20	73.35 ^{b,c}	77.75 ^b	88.05 ^c	109.90 ^c

Means followed by superscript letters are significantly different ($P < 0.05$) cements, representing same curing mode (vertical comparisons).

Table 7. Scheffe's test result of compressive strength in intra-cements according to different curing mode and measured time [Mean (MPa)]

		RelyX U200	RelyX ARC	Multilink N	G-CEM LinkAce
Immediate	Self-cured (n = 20)	220.50 ^a	430.45 ^a	500.95 ^a	498.70 ^b
	Light-cured (n = 20)	360.30 ^b	478.75 ^b	542.40 ^a	430.40 ^a
24 hours	Self-cured (n = 20)	362.55 ^{b,c}	463.45 ^a	511.65 ^a	580.75 ^c
	Light-cured (n = 20)	407.65 ^c	467.45 ^{a,b}	511.25 ^a	559.05 ^c

Means followed by superscript letters are significant difference ($P < 0.05$) in different curing mode (vertical comparisons).

Table 8. Scheffe's test result of diametral tensile strength in intra-cements according to different curing mode and measured time [Mean (MPa)]

		RelyX U200	RelyX ARC	Multilink N	G-CEM LinkAce
Immediate	Self-cured (n = 20)	15.15 ^a	60.75 ^a	77.60 ^a	73.35 ^a
	Light-cured (n = 20)	62.55 ^c	88.85 ^b	97.25 ^{b,c}	77.75 ^a
24 hours	Self-cured (n = 20)	49.80 ^b	86.55 ^b	88.05 ^{a,b}	111.45 ^b
	Light-cured (n = 20)	76.20 ^d	88.85 ^b	104.70 ^c	109.90 ^b

Means followed by superscript letters are significant difference ($P < 0.05$) in different curing mode (vertical comparisons).

계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 7).

간접인장강도에서는 RelyX ARC 광중합, Multilink N 자가중합, Multilink N 광중합에서 측정시간에 따른 강도 비교시 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 다른 중

합방법에서 비교시 24시간후 RelyX ARC, 24시간후 G-CEM LinkAce, 즉시 G-CEM LinkAce에서 측정한 간접인장강도 값이 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (Table 8).

고찰

레진 시멘트의 기계적인 성질 중 압축강도를 측정할 때, 시편의 형상이 변하거나 압축 과정에서 시편에 굽힘이 발생하면 강도 값이 실제 값보다 낮게 측정되는 문제가 발생할 수 있다.⁴ 또한 간접인장강도를 측정할 때 도 파절 전 시편의 형상이 심하게 변형되는 경우에는 측정 값이 인장응력에 의한 것인지 변형을 일으키는 전단 응력에 의한 것인지 구분할 수 없는 문제가 존재한다.^{4,17} 따라서 이번 실험 과정에서 강도를 측정할 때 시편의 형상이 미세하게 변하였더라면 측정 값이 실제 값과는 다르게 측정되었을 가능성이 높을 것으로 생각된다.

압축강도에서는 RelyX ARC의 광중합과 Multilink N의 광중합, 간접인장강도에서는 RelyX ARC의 광중합을 제외하고, 나머지 압축강도와 간접인장강도는 즉시 측정된 값보다 24시간 뒤 측정한 값이 더 높게 나타났다. 그 이유는 기계적 성질이 중합체(polymer)의 cross-linking과 중합반응 동안 형성되는 network의 질(quality)에 의존하기 때문이며,¹⁸ 또한 시간이 증가할수록 중합반응이 증가하기 때문에 더 높은 강도 값을 나타냈다고 생각할 수 있다.

레진 시멘트 중에 광중합형은 연장된 작업시간과 필요에 따라 조절가능한 경화시간, 향상된 색조안정성의 임상적 장점을 가지고 있으나, 빛 도달 여부에 따른 수복물 두께의 제한이 있다.¹⁹ 따라서 빛이 잘 도달되지 않는 간접 수복물 접착시에는 광중합과 자가중합이 모두 일어나는 이중중합 레진 시멘트를 사용하게 된다.²⁰ 이번 실험에 사용한 레진 시멘트에서 전반적으로 광중합 후 그리고 24시간이 지난 뒤 측정한 강도값이 자가중합 후 즉시 측정한 값보다 높게 나타났다. 이는 자가중합이 활성화 되기 위해서는 시간이 필요하며 같은 시간이 주어진다고 가정한다면 광중합과 자가중합 모두가 발생해야 더 많은 중합반응이 일어난다고 생각할 수 있다. 그러나 Manso AP 등의 연구에서는 이중중합 시멘트에서 광중합 활성이 자가중합 반응을 방해하고 시멘트의 최대 기계적 성질을 제한하는 경향이 있음을 보고한 바 있다.^{19,20} 본 실험 결과에서도 압축시험에서 G-CEM LinkAce 레진 시멘트의 경우, 측정 시간에 따라 광중합(즉시 측정값: 430.40 ± 56.63 MPa, 24시간 뒤 측정값: 559.05 ± 53.88 MPa) 보다 자가중합의 강도값(즉시 측정값: 498.70 ± 53.23 MPa, 24시간 뒤 측정값: 580.75 ± 40.62 MPa)이 더 큼을 볼 수 있었다(Table 3). 제조사에

따르면 이중중합 레진 시멘트 사용할 때에는 항상 광중합 사용을 추천 하고 있는데, 기계적인 측면에서 살펴볼 때 이 결과는 임상적으로 중요한 의미를 가진다. 즉 이는 임상적으로 이중중합 레진 시멘트를 사용할 때 가능한 최대시간으로 자가중합을 한 후 광중합을 고려해야 함을 암시한다.²⁰ 그러나 더 자세히 평가하기 위해서는 추가적인 연구가 필요할 것이다.

이번 실험의 연구 결과 전통적인 이중중합 레진 시멘트인 RelyX ARC와 Multilink N은 압축강도에서 광중합 후 즉시 측정값이 자가중합 후 즉시 측정한 값보다 유의하게 높은 값을 보여주었다($P < 0.05$). 이는 자가중합이 광중합보다 항상 낮은 중합을 보인다는 결과와 일치한다.²¹ 하지만, 24시간이 경과 후 광중합과 24시간이 경과 후 자가중합의 측정값은 자가중합 후 즉시 측정한 값보다는 높은 값을 보여주지만 광중합 후 즉시 측정한 값보다는 낮은 값을 나타내어 24시간이 지난 뒤에는 중합방법에 따른 강도 차이가 없음을 보여준다(Table 3).

실험 결과에서 G-CEM LinkAce의 압축강도와 간접인장강도가 다른 이중중합 레진 시멘트에 비해 비교적 높은 강도 값을 보였는데, 그 이유를 시멘트의 구성성분인 urethanedimethacrylate (UDMA)의 사용으로 생각해 볼 수 있다. 레진 시멘트의 필러 함량은 이론적으로 물질의 강도, 수분 흡수의 저항, 압입 저항, 마모 저항, 중합수축과 관련이 있다는 연구결과가 있다.¹² 레진 시멘트의 높은 기계적 성질은 일차적으로 레진 종류와 레진 기질의 구성 성분, 필러 종류와 필러 함유량에 영향을 받으며, 필러 입자는 레진 기질 자체보다 더 뛰어난 기계적인 성질을 제공한다.² 또한 레진 시멘트의 물리적인 성질은 중합 메커니즘과 더불어 중합과 무기질 상(phase)의 양과 질의 차이로 다양해질 수 있다.¹² 시멘트 G-CEM LinkAce의 구성성분인 UDMA는 점도가 낮아 저분자량의 단량체를 첨가하지 않아도 많은 양의 필러가 함유되어 강도가 크게 측정되었다고 생각된다.²²

이중중합 자가접착 레진 시멘트인 RelyX U200과 G-CEM LinkAce는 같은 중합방법에서 즉시 측정된 값보다 24시간 뒤 측정한 강도 값이 더 높았다. 또한 RelyX U200은 광중합 후 24시간 뒤 측정 값이 가장 높으나 G-CEM LinkAce는 자가중합 후 24시간 뒤 측정한 값이 가장 높게 측정되었다. 이는 시간이 지남에 따라 자가중합이 계속 일어나며 제품마다 다른 구성요소가 강도에 영향을 미친다고 유추할 수 있다(Table 3, 4). 하지만 이러한 원인을 설명하기 위해 제조사가 제공하는 자료를

바탕으로 자세한 구성성분과 함량을 알아보려고 하였으나 공개된 정보가 적거나 없고, 아직까지 새롭게 출시된 재료에 대한 연구가 미흡하여, 제품 정보를 구하고 이를 설명하기에 어려움이 있다.

일반적으로 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트는 polyalkenoic acid의 수용액과 fluoroaluminosilicate glass powder 사이의 산-염기 반응에 의해 경화된다.²³ 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트는 전통 글래스아이오노머 시멘트, 인산아연 시멘트와 비교시 높은 압축강도와 간접인장강도를 가진다는 연구결과가 있다.¹² 본 실험에서 사용한 이중중합 자가접착 레진 시멘트인 G-CEM LinkAce는 제조사가 제시한 구성성분으로 보면 레진강화형 글래스아이오노머와 같은 시멘트 분류에 속할 것으로 보이나, 실험결과와 강도 측면에서 레진강화형 글래스아이오노머 시멘트의 강도와 큰 차이를 보인다(Table 1, 3, 4). 이를 설명하기 위해 각 제품의 구체적인 성분의 차이를 알아보려 하였으나 제조사에서 제공하는 정보에는 자세한 구성 성분이 나타나지 않고, 이를 분석한 연구도 아직까지 없는 실정이어서 설명하기 어렵다.

최근 자가접착 레진 시멘트는 전처리 과정이 필요하지 않고 한 단계의 과정만으로 간접수복물을 합착하기 때문에 임상에서 편의성과 시간 절약의 장점으로 인기를 끌고 있다.⁸ 2002년도에 첫 출시된 자가접착 레진 시멘트인 RelyX Unicem (3M ESPE) 이란 제품은 단량체에 인산기를 반응기로 가지고 있어서 치아의 수산화인 회석으로부터 칼슘 이온과 반응하여 화학 결합을 이루고,²⁴ 산성기(acidic group)는 염기성 무기물인 필러와 화학적으로 산-염기 중합반응을 일으켜 결합하는 메커니즘을 가진다.^{8,25} 제조사의 정보에 따르면 RelyX Unicem Clicker의 압축강도는 자가중합시 216 MPa, 광중합시 244 MPa라고 하며 RelyX U200은 RelyX Unicem의 업그레이드 된 제품으로, RelyX U200의 압축강도는 291 MPa라고 한다. 실험 결과에서 RelyX U200의 압축강도는 자가중합 후 즉시 측정값은 200.50 ± 57.29 MPa, 광중합 후 즉시는 360.30 ± 49.73 MPa, 자가중합 후 24시간 뒤는 362.55 ± 44.96 MPa, 광중합 후 24시간 뒤는 407.65 ± 47.54 MPa 값으로 즉시 자가중합을 제외하면 제조사의 수치보다 큰 값을 보인다(Table 3). 이러한 차이를 보이는 이유는 실험 환경과 실험자, 표본수 등의 차이 때문일 것이다.

이번 연구에서는 이중중합 레진 시멘트의 중합 방법

에 따라 측정 시기를 즉시와 24시간으로 나눠 살펴보았으나, 장기적인 수복물의 예후 측정을 위해 더 긴 기간을 추가로 측정해 보는 것이 필요할 것으로 생각된다. 또한 레진 시멘트의 강도는 수분에 큰 영향을 받기 때문에 추가적으로 구강내 환경을 설정하여 실험해보는 것도 필요할 것으로 생각된다.

압축강도와 간접인장강도는 단지 치과용 시멘트 선택시 고려되는 2가지의 기계적 성질의 기준이 되며 결정적인 것은 아니다. 강력한 시멘트는 스트레스 분산이 좋고, 보철물 탈락 실패의 가능성이 적으며, 임상적으로 성공 가능성을 높여준다. 현재 이중중합 자가접착 레진 시멘트에 대한 임상적인 연구는 짧은 기간의 연구에 관한 것만 있기 때문에 유의한 임상적 효과를 판별하기 어렵다. 현재는 참고자료가 부족한 상황이며, 앞으로 추가적인 연구가 진행되어 재료 선택시 도움이 되는 자료를 만들어야 할 것이다. 또한 고정성 수복물의 접착을 위해 시멘트를 선택할 때 다른 여러 기계적인 성질과 생체적 합성, 시술후 과민증, 심미성, 사용 편의성 등의 복합적인 요소가 고려해야만 할 것이다.

결론

치과용 시멘트 중에서 최근 출시된 이중중합 자가접착 레진 시멘트는 기존의 레진 시멘트와 비교시 제품별로는 차이가 있었으나 압축강도와 간접인장강도에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 이번 결과는 임상에서 레진 시멘트의 유용한 사용을 위한 하나의 기초자료가 될 수 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgements

이 논문은 2013년도 강릉원주대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 수행되었다.

References

1. The korean academy of conservative dentistry. Operative dentistry. 4th ed. Seoul; DaehanNarae publishing Inc.; 2003. p. 217-20.
2. Piwowarczyk A, Lauer HC. Mechanical properties of luting cements after water storage. Oper Dent 2003;28:535-42.

3. Li ZC, White SN. Mechanical properties of dental luting cements. *J Prosthet Dent* 1999;81:597-609.
4. The Korea professor conference for dental materials. *Dental materials*. 4th ed. Seoul; Koonja publishing Inc.; 2006. p. 46-50, 237-8.
5. Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. Dental luting agents: a review of the current literature. *J Prosthet Dent* 1998;80:280-301.
6. Smales RJ, Webster DA. Restoration deterioration related to later failure. *Oper Dent* 1993;18:130-7.
7. de la Macorra JC, Pradies G. Conventional and adhesive luting cements. *Clin Oral Investig* 2002;6:198-204.
8. Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJ. Self-adhesive resin cements - chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil* 2011;38:295-314.
9. Yüzügüllü B, Ciftçi Y, Saygılı G, Canay S. Diametral tensile and compressive strengths of several types of core materials. *J Prosthodont* 2008;17:102-7.
10. Cattani-Lorenti MA, Godin C, Meyer JM. Early strength of glass ionomer cements. *Dent Mater* 1993;9:57-62.
11. Ban S, Hasegawa J, Anusavice KJ. Effect of loading conditions on bi-axial flexure strength of dental cements. *Dent Mater* 1992;8:100-4.
12. White SN, Yu Z. Physical properties of fixed prosthodontic, resin composite luting agents. *Int J Prosthodont* 1993;6:384-9.
13. Canay S, Hersek N, Akça K, Ciftçi Y. The effect of weight loss of liquid on the diametral tensile strengths of various kinds of luting cements. *Int Dent J* 1996;46:52-8.
14. Scherrer SS, de Rijk WG, Belser UC, Meyer JM. Effect of cement film thickness on the fracture resistance of a machinable glass-ceramic. *Dent Mater* 1994;10:172-7.
15. Mueller HJ. Fracture toughness and fractography of dental cements, lining, build-up, and filling materials. *Scanning Microsc* 1990;4:297-307.
16. Editor. Book ISO Specifications 9917-1. City; 2007. Chapter Chapter, ISO Specifications 9917-1.
17. Yap AU, Cheang PH, Chay PL. Mechanical properties of two restorative reinforced glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil* 2002;29:682-8.
18. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater* 1985;1:11-4.
19. Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dent Clin North Am* 2007;51:453-71, x.
20. Manso AP, Silva NR, Bonfante EA, Pegoraro TA, Dias RA, Carvalho RM. Cements and adhesives for all-ceramic restorations. *Dent Clin North Am* 2011;55:311-32, ix.
21. Rueggeberg FA, Caughman WF. The influence of light exposure on polymerization of dual-cure resin cements. *Oper Dent* 1993;18:48-55.
22. Song CK, Park SH, Kim JW, Cho KM. Physical properties of different automixing resin cements and the shear bond strength on dentin. *J Dent Rehabil Appl Sci* 2009;25:435-42.
23. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1999;81:135-41.
24. Gerth HU, Dammaschke T, Züchner H, Schäfer E. Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites-a comparative study. *Dent Mater* 2006;22:934-41.
25. Vrochari AD, Eliades G, Hellwig E, Wrbas KT. Curing efficiency of four self-etching, self-adhesive resin cements. *Dent Mater* 2009;25:1104-8.

중합방법에 따른 여러 이중중합 레진 시멘트의 기계적 성질 평가

김수연, 박세희, 김진우, 조경모*

강릉원주대학교 치과대학 치과보존학교실

목적: 중합방법 및 측정시기에 따른 여러 이중중합 레진 시멘트의 기계적 성질인 압축강도와 간접인장강도를 비교 평가하는 것이다.

연구 재료 및 방법: 1개의 레진강화형 글래스이오노머 시멘트인 FujiCEM 2, 2개의 전통적인 이중중합 레진 시멘트인 RelyX ARC와 Multilink N, 2개의 이중중합 자가접착 레진 시멘트인 RelyX U200과 G-CEM LinkAce를 사용하였다. 제조사의 지시에 따라 시멘트를 혼합하여 압축강도와 간접인장강도 측정을 위한 시편을 제작하였다. 중합방법 및 측정시기의 영향을 평가하기 위해 시멘트에 따라 4가지 실험 조건으로 나뉘고, 만능시험기로 압축강도와 간접인장강도 측정하였다. 각각의 강도 값을 계산 후 통계처리 하였다.

결과: 압축강도에서는 RelyX ARC의 광중합과 Multilink N의 광중합, 간접인장강도에서는 RelyX ARC의 광중합을 제외하고 모든 중합방법에서 24시간 뒤 측정된 강도가 즉시 측정한 강도보다 더 높은 값을 보여주었다. FujiCEM 2는 시멘트간 비교에서 가장 낮은 강도 값을 보였다($P < 0.05$).

결론: 치과용 시멘트 중에서 최근 출시된 이중중합 자가접착 레진 시멘트는 기존의 레진 시멘트와 비교시 제품별로 차이가 있었으나, 압축강도와 간접인장강도에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

(구강회복응용과학지 2015;31 (1):1-9)

주요어: 레진 시멘트; 이중중합; 자가접착; 압축강도; 간접인장강도; 중합방법

*교신저자: 조경모

(210-702) 강원도 강릉시 죽헌길 7 강릉원주대학교 치과대학 치과보존학교실
Tel: 033-640-3155 | Fax: 033-640-3103 | E-mail: drbozon@gwnu.ac.kr
접수일: 2014년 10월 27일 | 수정일: 2015년 2월 3일 | 채택일: 2015년 1월 8일