

Primer가 이중중합 레진시멘트의 중합에 미치는 영향

강릉원주대학교 치과대학 치과보존학교실

이은혜, Enkhbileg Nyamsuren, 김진우, 조경모, 박세희

ORCID ID

Eun-Hye Lee,  <http://orcid.org/0000-0003-3175-5791>

Kyung-Mo Cho,  <http://orcid.org/0000-0003-3464-9425>

Nyamsuren Enkhbileg,  <http://orcid.org/0000-0003-3489-5730> Se-Hee Park,  <http://orcid.org/0000-0002-4052-4082>

Jin-Woo Kim,  <http://orcid.org/0000-0002-0004-0710>

ABSTRACT

Effect of primer on the polymerization of dual cure resin cements

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

Eun-Hye Lee, Nyamsuren Enkhbileg, Jin-Woo Kim, Kyung-Mo Cho, Se-Hee Park

Objectives: The primer (G-Cem One Adhesive Enhancing Primer), which promote self-polymerization more in the absence of polymerization light is developed. To date, many studies on the mechanical properties and prognosis of various self-adhesive resin cements have been published. Since there is almost no comparison of the degree of polymerization depending on the application of primers, this study was attempted. **Materials and Methods :** A total of three types of dual cure self-adhesive resin cements (G-Cem One, G-Cem LinkAce, Rely-X U200) and one type of dual cure resin cement (Rely-X Ultimate) were evaluated. G-Cem One Primer was used as a primer enhancing of auto-polymerization. A mold 5 mm in diameter and 2 mm thick was made from aluminum, primers were applied on a glass slit, and each material was filled in the mold, and self-polymerization was induced. The microhardness was measured with a Vickers microhardness machine after 10 minutes, 1 hour, 3 hours, 6 hours and 24 hours. All dates were statistically analyzed. **Results :** G-Cem One, G-Cem LinkAce and Rely-X U200 showed high microhardness values when primers were applied at the beginning of cement mixing. Primer application did not show significantly different in Rely-X Ultimate. **Conclusion :** The application of a new primer has a dual cure self-adhesive resin cement which promotes the polymerization at the beginning of the mixing.

Key words : dual cure resin cement, hardness test, polymerization, primer, self-cure.

Corresponding Author

Se-Hee Park

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Gangneung-Wonju National University, 7, Jukheon-gil, Gangneung-si, Gangwon-do, Korea, 25457

TEL : +82-33-640-2760 / FAX : +82-33-640-3103 / E-mail : drendo@gwnu.ac.kr

ACKNOWLEDGEMENT 이 논문은 2019년도 강릉원주대학교치과병원 학술연구조성비(SR1902) 지원에 의하여 수행되었음.

I. 서론

간접수복물의 잘못된 접착 시 상아질의 노출과 술 후 민감도^{1~3)}, 이차 우식 등의 문제점들을 초래하므로 간접수복물의 적절한 접착은 중요하다^{3,4)}. 간접수복물의 접착에 있어 접착의 단계를 줄여 사용의 편리성과 술자의 민감도를 줄이기 위한 요구에 따라 자가접착 레진시멘트가 개발되었다^{4,5)}.

간접수복물의 장기적 성공을 위해서는 레진시멘트의 우수한 중합이 중요한 요소이다^{4,6)}. 자가접착 레진시멘트는 빛에 의한 중합과 빛이 없는 환경에서도 중합이 개시되는 화학중합 등 두 가지 중합이 모두 일어나는 이중중합 방식이 대부분이다. 자가접착 레진시멘트의 중합 정도에 따라 물성이 다르게 나타나며 일반적으로 보다 높은 중합이 되었을 때 더 우수한 물리적 성질과 접착이 나타나기 때문에 중합 능력은 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 레진시멘트의 적절한 중합은 기계적 성질의 전제 조건이라 할 수 있으며^{7,8)}, 중합 기전은 레진시멘트의 고유의 물리적 특성과 기계적 특성을 보장한다⁹⁾.

자가접착 레진시멘트의 중합은 조사되는 광량에 의존한다^{6,7)}. 대부분의 자가접착 레진시멘트는 수복물의 두께가 증가하여 투과되는 빛의 양이 줄어들수록, 빛이 닿지 못하는 수복물 하방에서 자가중합의 정도가 낮게 나타난다^{6,10)}. 이중중합 레진시멘트는 화학중합 만으로는 중합반응이 완전하지 않고^{1,11,12)}, 따라서 기계적 성질이 취약하게 나타나는 것으로 알려져 있다^{13~15)}. 레진시멘트의 기계적 특성은 시멘트가 힘에 저항하고 영구 변형 없이 에너지를 흡수하는 능력을 제공하므로 임상적으로 간접수복물의 장기적 예후에 있어 중요하다^{9,16~18)}. 따라서 보다 나은 레진시멘트의 접착을 위해 다양한 표면 처리 방법이 제안되고 있다¹⁹⁾. 자가접착 레진시멘트의 기계적 특성은 재료에 따라 다르고 그 화학 성분과 관련이 있을 수 있다⁴⁾. Primer의 역할은 자가접착 레진시멘트와 준비된 치아 표

면의 친수성을 증가시키고 친수성 치아기로 단량체의 침투를 증강시킨다. 몇몇 primer는 자가접착 레진시멘트와 primer가 적용된 면 사이의 계면 중합을 촉진시키는 개시제를 함유하고 있다^{5,13)}. 이에 중합광이 닿지 않는 곳에서 자가중합을 좀 더 촉진하는 primer로 G-Cem Primer (GC Co., Tokyo, Japan)이 개발되었다.

레진시멘트의 기계적 특성에 대한 연구는 재료의 임상 적용에 중요한 통찰력을 제공하며 핵심 연구 요소로 남아 있다⁹⁾. 현재까지 다양한 자가접착 레진시멘트의 기계적 성질과 그 예후에 대한 많은 연구가 발표되었는데, 자가중합도와 관련된 연구는 미미하고, primer의 적용에 따른 중합도의 차이에 대한 비교는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 중합 촉진 primer의 사용이 이중중합 레진시멘트의 중합에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다.

II 재료 및 방법

1. 연구재료

이중중합 형태의 자가접착레진시멘트인 G-Cem One (GC Co., Tokyo, Japan), G-Cem Linkace (GC Co., Tokyo, Japan), Rely-X U200 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)의 세 종류와 이중중합 레진시멘트인 Rely-X Ultimate (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 사용하였으며 각각의 구성 성분은 Table 1에 정리하였다.

자가중합을 촉진 하는 성분의 primer로는 G-Cem One Primer (GC Co., Tokyo, Japan)를 사용하였다. 구성 성분은 Table 2에 정리하였다.

Table 1. Composition of materials used in this study. (cements)

Cement	Type	Composition
G-Cem One	Dual cure Self-adhesive (A2 color)	Paste A: fluoro-alumino-silicate glass, UDMA, dimethacrylate, silicon dioxide, initiator, inhibitor Paste B: silicon dioxide, UDMA, dimethacrylate, initiator, inhibitor
G-Cem Linkace	Dual cure Self-adhesive (A2 color)	Paste A: Fluoro-alumino-silicate glass, Urethanedimethacrylate, Dimethacrylate, Silicon dioxide, Initiator, Inhibitor, Pigment Paste B: Silicon dioxide, Urethanedimethacrylate, Dimethacrylate, Initiator, Inhibitor
Rely-X U200	Dual cure Self-adhesive (A2 color)	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
Rely-X Ultimate	Dual cure (A3.0 color)	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

Table 2. Composition of materials used in this study. (primer)

Cement	Composition
G-Cem One Primer	Ethanol, trimellitic acid, water, 4-methacryloxy-ethyl phosphate ester type monomer, thiophosphate ester type monomer, polymerization initiator

2. 연구방법

1) 시편제작

시편제작을 위한 최소한의 조명이 있는 상황에서 유리 판 위에 두께 2 mm, 지름 5 mm의 원통형 구멍이 뚫린 알루미늄 몰드를 올리고 각각의 시멘트를 혼합해 채운 뒤 슬라이드 커버 글래스로 덮고 자가중합을 유도하여 시편을 제작하였다. G-Cem Linkace, Rely-X U200은 smart mixing tip을 장착해 시멘트를 혼합하였으며, G-Cem One, Rely-X Ultimate은 믹싱 패드에 적절한 양을 짤 뒤 스파출라로 시멘트를 혼합하였다.

Primer를 적용하는 실험군에서는 마이크로브러쉬 (Microbrush International, Grafton, MI, USA) regular

크기를 충분히 적시는 primer의 양을 미리 측정하여 10 μ l의 primer를 시편마다 사용하였으며, 마이크로피펫을 이용해 정해진 양의 primer를 마이크로브러쉬에 떨어뜨린 후 지름 15 mm의 원 형태 범위로 유리판에 도포하고 10 초간 방치한 후 몰드를 올리고 시멘트를 혼합하여 넣어 시편을 제작하였다.

각각의 시멘트를 혼합하고 10 분 뒤 몰드에서 시편을 제거하였으며 여러 시간대의 측정을 위해 보관은 37℃, 100% 상대습도의 항온기에서 보관하였다.

각각의 시멘트에서 primer를 적용한 군과 적용하지 않은 군으로 나누어 총 8개의 실험군이 만들어졌으며, 각각의 실험군마다 15 개의 시편을 제작하였다.

2) 미세경도 측정

각각의 실험군에서 시멘트 혼합 후 10 분, 1 시간, 3 시간, 6 시간, 24 시간 시점에 미세경도측정기 (HM 124, Mitutoyo, Kawasaki, Japan)를 이용해 50 g의 힘으로 5 초간 힘을 가해 Vickers hardness number를 산출해 내었다. 미세경도의 측정은 시편의 중앙부위에서 인접한 세 점 부위에서 측정하였으며 세 점의 평균 값을 계산하여 해당 시편의 미세경도 값으로 정하였다. 각각의 시간대에서는 이전 시간대에 미세경도를 측정한 부위의 인접한 곳에서 미세경도를 측정하였다.

3) 통계 분석

통계분석은 SPSS Ver 25.0 (IBM Co, NY, USA)을 활용하였다.

시멘트별로 각각의 미세경도 측정시점에서 primer의 적용유무가 미세경도에 영향을 미치는가를 보기 위해 independent T test를 하였으며, 측정시기별로 시멘트와 primer 적용유무가 차이를 나타내는가를 비교하기 위해 One-way ANOVA로 분석하고 Scheffe test로 사후분석을 하였다. 또한 시멘트와 primer 적용유무가 시간경과에 따른 미세경도의 변화에 영향을 미치는 가를 비교하기 위해 시멘트와 primer 적용유무의 집단구분을 한 개의 변수로 하고 혼합 후 10 분, 1 시간, 3 시간, 6 시간, 24 시간의 시간별 반복 측정을 또 하나의 변수로 하여, 반복측정이 있는 이원배치 분산분석을 SPSS의 일반선형모형(Generalized Linear Model)의 반복측정 분석(Repeated Measure)을 이용하여 분석하였고 사후 분석은 역시 같은 프로그램의 일반선형모형의 일변량분석(Univariate analysis)에서 Scheffe test로 유의수준을 0.05로 하는 양측검정을 이용하여 분석하였다. 모든 통계 분석은 95% 유의수준에서 진행하였다.

III. 결과

1. 각각의 시멘트에서 혼합 후 측정시기별 primer 적용유무에 따른 미세경도의 비교

G-cem One, G-cem Linkace, Rely-X U200, Rely-X Ultimate 네 가지 시멘트의 측정시기 별 primer 적용유무에 따른 미세경도 값의 평균과 표준편차는 예 나타내었다.

모든 시멘트는 Primer 적용여부와 상관 없이 혼합 후 10 분에서 가장 낮은 미세경도 값을 보이며 24 시간 뒤 가장 높은 미세경도 값을 보였다. 이에 대해 independent T-test를 한 결과는 Table 3에 나타내었다.

G-Cem One, G-cem Linkace 시멘트는 혼합 후 10 분 뒤를 제외하고 매 측정시기에서 primer를 적용한 경우에 더 높은 미세경도 값을 나타내었다. ($p < 0.05$)

Rely-X U200 시멘트는 혼합 후 매 측정시기에서 primer를 적용한 경우에 더 높은 미세경도 값을 나타내었다. ($p < 0.05$)

Rely-X Ultimate 시멘트는 혼합 후 모든 측정시기에서 primer를 적용여부에 상관없이 미세경도의 차이를 보이지 않았다. ($p > 0.05$)

2. 측정시기별 모든 시멘트의 primer 적용유무에 따른 미세경도 비교

각 시멘트 혼합 10 분 후, 1 시간 후, 3 시간 후, 6 시간 후, 24 시간 후 primer 적용유무에 따른 미세경도의 ANOVA 결과는 Table 4와 같으며 이에 대한 사후검정 결과는 Table 5에 나타내었다.

1) 10분

Rely-X U200, Rely-X Ultimate이 G-Cem One, G-

Table 3. Microhardness value of all cements in each measurement times. (mean±SD)

Cement	Group	10 min	1 hour	3 hours	6 hours	24 hours
G-Cem One	Without primer	13.50±3.35*	18.13±3.54	18.11±5.21	17.45±4.89	24.81±9.59
	With primer	14.65±3.39*	27.99±7.17	29.46±7.56	28.42±7.51	34.31±9.11
G-Cem Linkace	Without primer	13.50±3.35*	18.13±3.54	18.11±5.21	17.45±4.89	24.81±9.59
	With primer	14.65±3.39*	27.99±7.17	29.46±7.56	28.42±7.51	34.31±9.11
Rely-X U200	Without primer	1.42±0.54	1.92±0.66	1.95±0.60	1.95±0.68	2.34±0.81
	With primer	3.07±1.45	5.05±3.58	7.50±5.80	9.58±9.13	11.21±11.34
Rely-X Ultimate	Without primer	1.46±0.50*	1.98±0.65*	1.93±0.61*	2.07±0.67*	2.78±0.92*
	With primer	1.88±1.13*	2.55±1.43*	3.45±3.60*	2.99±1.90*	6.44±9.26*

Values marked with asterisk were not significantly different within the column.

Table 4. ANOVA test result of microhardness in 10minutes, 1hour, 3 hours, 6 hours, 24 hours from baseline.

Time	Sig.
10 minutes	.000
1 hour	.000
3 hours	.000
6 hours	.000
24 hours	.000

Table 5. Homogeneous subsets of Scheffe test result between groups in 10min, 1hour, 3 hours, 6 hours, 24 hours from baseline. (VHN)

	10 min	1 hour	3 hours	6 hours	24 hours
U200 No Primer	1.4180 _a	1.9200 _a	1.9340 _a	1.9500 _a	2.3400 _a
Ultimate No Primer	1.4620 _a	1.9847 _a	1.9553 _a	2.0733 _a	2.7873 _a
Ultimate Primer	1.8840 _a	2.5487 _a	3.4633 _a	2.9880 _{a,b}	6.4433 _a
U200 Primer	3.0667 _a	5.0507 _a	7.4987 _a	9.5793 _b	11.2100 _{a,b}
GCemOne No Primer	13.5007 _b	16.4333 _b	16.1187 _b	16.6487 _c	17.4193 _b
Linkace No Primer	14.6493 _b	18.1313 _b	18.1067 _b	17.4487 _c	24.8087 _c
Linkace Primer	15.5933 _b	27.9887 _c	29.4553 _c	28.4200 _d	34.3127 _d
GCemOne Primer	16.5513 _b	35.9653 _d	37.5313 _d	38.6380 _e	40.1247 _e

Values marked with the same lower-case letter were not significantly different within each row.

Cem Linkace에 비해 낮은 미세경도 값을 나타냈다. ($p < 0.05$)

2) 1시간

Rely-X U200, Rely-X Ultimate이 혼합 10분 후와 마찬가지로 G-Cem One, G-Cem Linkace에 비해 낮은 미세경도 값을 나타냈으며, G-Cem One 시멘트에 primer를 적용한 경우가 가장 높은 미세경도 값을 나타냈다. ($p < 0.05$)

3) 3시간

Rely-X U200, Rely-X Ultimate이 혼합 1 시간 후와 마찬가지로 G-Cem One, G-Cem Linkace에 비해 낮은 미세경도 값을 나타냈으며, G-Cem One 시멘트에 primer를 적용한 경우가 가장 높은 미세경도 값을 나타냈다. ($p < 0.05$)

4) 6시간

대체적으로 혼합 3 시간 후와 마찬가지로 경향이 보였으며, G-Cem One 시멘트에 primer를 적용한 경우가 가장 높은 미세경도 값을 나타냈다. ($p < 0.05$)

5) 24시간

대체적으로 혼합 6 시간 후와 유사한 경향이 보였으며, G-Cem One 시멘트에 primer를 적용한 경우가 가장 높은 미세경도 값을 나타냈다. ($p < 0.05$)

3. 시멘트와 primer 적용유무가 시간경과에 따른 미세경도의 변화에 미치는 영향 비교

각각의 시멘트와 primer 적용유무에 따라 혼합 후 24 시간까지의 시간대별 미세경도의 변화 양상을 반복측정으로 분석한 결과, 유의한 차이가 보였기에 ($p < 0.05$) Scheffe test로 사후분석을 하였으며, 그 결과는 Table 6에 나타내었고 이에 대한 모식도는 Fig. 1에 나타내었다.

각 측정시기별 분석과 유사하게 Rely-X U200, Rely-X Ultimate이 G-Cem One, G-Cem Linkace에 비해 낮은 미세경도 값의 증가를 나타냈으며 G-Cem One 시멘트에 primer를 적용한 경우가 가장 높은 미세경도 값의 증가를 보였다. ($p < 0.05$)

Table 6. Homogeneous subsets of Scheffe test result between groups in linear model analysis. (VHN)

	N	1	2	3	4
U200 No Primer	15	1.9167			
Ultimate No Primer	15	2.0483			
Ultimate Primer	15	3.4655			
U200 Primer	15	7.2811			
GCemOne No Primer	15		16.4427		
Linkace No Primer	15		18.3992		
Linkace Primer	15			26.9652	
GCemOne Primer	15				33.7621
Sig.		.050	.961	1.000	1.000

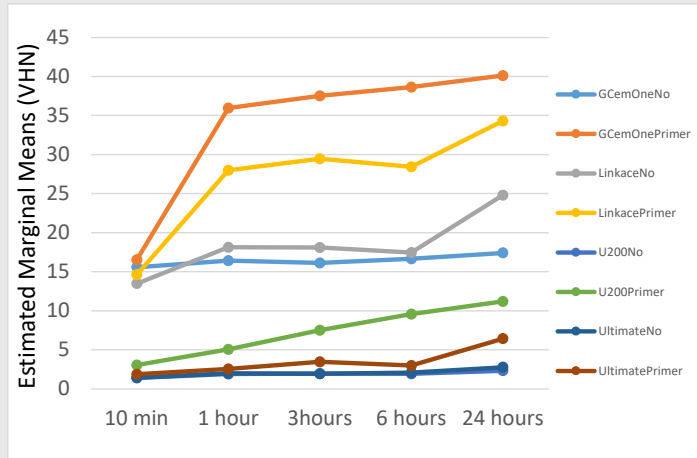


Fig. 1. Profile plot of microhardness changes in each test groups.

IV. 고찰

이전의 연구들을 통해 이중중합 레진시멘트는 광중합 시 자가중합 만을 했을 때와 비교하여 빠르게 중합 반응을 활성화하여 이중결합 전환 및 기계적 성질을 향상시킨다는 것이 입증되었다^{16,20}. 광중합이 개시되지 않으면 화학중합 만으로 폴리머 체인의 교차 결합이 개시되는데 이 전환율은 여러 가지 변수에 의존한다¹³. Watts 등은 몇몇 레진시멘트는 지나치게 광중합에 의존적이라 임상적으로 부적절한 중합과 기능을 보이므로 이를 보상할 수 있는 화학중합을 하는 이중중합 시멘트의 필요성을 강조하였다²¹. 하지만 대부분의 자가접착 이중중합 레진시멘트는 빛이 닿지 못하는 수복물 하방에서 화학적 중합만을 통한 자가중합 만으로는 낮은 중합도를 나타낸다^{6,10}. Leila Pishevar 등의 연구에 의하면 이중중합 레진시멘트에서는 자가중합만으로는 충분한 표면미세경도를 얻을 수 없으며, 세라믹 수복물의 두께가 3mm 이상인 경우 광중합을 실시해도 수복물 두께에 따른 광 강도 감쇠로 인해 이

중중합 레진시멘트의 중합에 부정적인 영향을 미친다는 결과도 발표된 바 있다⁶.

레진시멘트의 중합도는 시멘트의 물성에도 관여한다. 폴리머 체인이 형성하는 교차결합 네트워크의 질이 시멘트의 기계적 성질을 결정한다^{9,22}.

레진시멘트의 중합도가 낮을 경우 물리적, 기계적 특성이 손상될 수 있으며 간접 수복물의 장기적 결합 강도에 영향을 미친다^{15~17,23}. Fonseca는 레진시멘트의 완전한 중합은 강도, 고정, 수복물의 장기적 수명에 필요한 요소라고 하였다⁸. Thaian R. 등은 광중합의 전체적인 부재는 단기적으로 시멘트의 노화 후에도 시멘트의 기계적 특성을 저해시킬 수 있다고 보고한 바 있다⁹. 따라서 빛이 도달하지 못하는 곳에서 화학중합이 개시될 수 있는 이중중합 레진시멘트가 임상적으로 광강도가 감쇠될 때에도 높은 중합 값과 기계적 특성을 생성할 것으로 생각된다^{9,15}.

레진시멘트의 전환도를 평가하는 방법은 여러 가지가 있다. 직접적인 평가 방법으로는 FT-IR 또는 Raman

laser spectroscopy가 가장 민감한 방법이 지만 상당히 시간 소비가 크고 비용이 비싸다⁶⁾. 또 다른 직접적인 방법으로는 중합 전과 후 중합체 내부에 남아있는 탄소 이중 결합의 수를 측정하는 infrared spectroscopy가 있다^{24~27)}. 경제적인 대안으로 간접적인 측정 방법은 미세경도 측정법이다⁶⁾. Rueggeberg 등의 연구에 의하면 미세경도를 이용하여 복합 레진의 중합도를 측정하는 방법이 FT-IR spectroscopy와 비교할 때 유사한 결과를 나타낸다고 하였다²⁵⁾. 미세경도 측정법은 레진시멘트의 전환도를 측정하는데 사용되는 가장 일반적인 방법이다²⁸⁾. Vickers hardness는 시멘트의 미세 경도 측정에 적합한 비파괴적 검사방법이며²²⁾, 간접적으로 레진시멘트의 중합정도를 평가할 수 있다²⁹⁾. 이번 연구에서는 이중중합 레진시멘트의 자가중합 능력을 Vickers hardness number를 측정하여 상관관계를 입증하고자 하였다.

이번 연구에서 각각의 시멘트와 primer 적용 유무에 따라 혼합 후 24시간까지의 시간대별 미세경도의 변화 양상을 반복 측정으로 분석한 모식도 Fig. 1에서 보면 G-Cem One 시멘트는 primer를 적용했을 때 제일 가파르게 Vickers hardness number가 증가했다. Primer를 바르지 않은 실험군에서도 G-Cem One과 G-Cem LinkAce는 Vickers hardness number가 빠르게 증가하고 결과적으로 최종값도 높았다. 이는 이번 실험에 사용된 이중중합 레진시멘트 중에 자가중합 능력이 높은 것이 G-Cem One과 G-Cem LinkAce임을 나타내는 것이라 할 수 있다. 또한 Fig. 1에서 최종 중합 값은 primer를 적용하지 않은 G-Cem LinkAce 군이 primer를 적용하지 않은 G-Cem One군 보다 높게 나타났다. 이는 G-Cem One primer는 G-Cem One과 병용 시 상승 효과가 더 크고 primer를 적용할 수 없는 경우에는 G-Cem LinkAce를 선택하는 것이 높은 중합도를 낼 수 있음을 뜻한다.

G-Cem LinkAce는 이전의 연구에서 자가중합 이후에

광중합 할 때 보다 높은 Vickers hardness number를 보인 보고가 있다³⁰⁾. 이는 산성 단량체와 반응하는 3차 amine을 함유하고 있지 않아 자가중합 이후에 더 높은 강도를 보인다³¹⁾. G-Cem One과 G-Cem LinkAce는 라디칼 반응뿐 아니라 alkaline filler (fluoroaluminosilicate glass)와 산성 단량체의 부가적인 산-염기 중합반응을 보인다³²⁾.

레진 베이스 재료의 기계적 특성에 무기 성분은 주요한 역할을 한다⁹⁾. G-Cem One과 G-Cem LinkAce는 Urethanedimethacrylate (UDMA)을 구성 성분으로 갖고 있다. UDMA는 점도가 낮아 저분자량의 단량체를 첨가하지 않아도 많은 양의 필러를 함유할 수 있어서 최종 값이 높게 나타난 것으로 생각된다^{33,34)}. Asmussen 등은 UDMA 때문에 자유 라디칼이 매끄럽게 이동하여 중합 전환도를 높이기 때문이라고도 하였다³⁵⁾.

그러나 자가중합 모드 만으로는 자가접착 이중중합 레진시멘트의 최적의 기계적 성질을 얻기 위한 표면미세경도를 얻을 수 없음은 이미 이전의 연구들에 의해 논의되어 왔다^{6,20)}. 중합도를 높이기 위한 노력으로 수복물의 전처리 중요성은 이미 다른 논문들에서도 입증되었다⁹⁾. 그중 primer의 적용이 중합을 촉진시키는 방법으로 제시되고 있다^{5,6,13)}. Hiroyasu 등은 자가접착 레진시멘트의 계면 중합을 촉진하기 위해 공동 개시제를 함유한 primer의 사용이 필요하다고 하였다⁵⁾. Primer는 중합 반응을 향상시키는 amine의 양을 증가시킨다¹³⁾. 또한 Takubo는 공동 개시제가 레진시멘트 자체의 산성 기능성 단량체와 반응하고 중합을 증강시키는 자유 라디칼을 생성한다고 하였다^{13,36)}.

이번 연구에서는 G-Cem One primer를 적용한 G-Cem One과 G-Cem LinkAce 그룹이 가장 높은 Vickers hardness number를 보였다. G-Cem One primer는 4-[[2-(methacryloyloxy)ethoxy]carbonyl]phthalic acid(4-MET)와 10-methacryloyloxydecyl dihydro-

gen phosphate (10-MDP)같은 산성 기능성 단량체를 함유하고 있다. 치질과 화학적으로 결합하여 두꺼운 혼성층을 형성하여 레진시멘트의 자가 접착 능력을 향상시킨다고 한다^{37~39}). 결합 계면에서 라디칼을 생성하는 touch curing 기능을 하여 접착 계면의 중합을 촉진하고 강화시킨다고 제조사에서 설명하고 있다.

Rely-X U200과 Rely-X ARC는 G-Cem One primer 적용 시에도 G-Cem One과 G-Cem LinkAce에 비해 유의하게 낮은 미세경도 값을 보였고 Rely-X ARC는 24시간 후에도 미세경도 값이 증가하지 않는 양상을 보여 시간이 지나도 중합도는 거의 증가하지 않는 결과를 보였다. Rely-X U200은 이전의 연구에서도 자가중합 시 광중합할 때 보다 낮은 Vickers hardness number를 보였다³⁰). 이는 Rely-X U200의 자가중합 활성화제 성분 (sodium p-toluen sulfinate) 때문일 수 있다⁴⁰). Sodium p-toluen sulfinate는 산성 단량체와 반응하여 phenyl 또는 benzenesulfony 자유 라디칼을 형성하는데 이 반응은 단량체의 전환도를 낮추는 것으로 보고되고 있다⁴¹).

이 연구에서는 4 종류의 이중중합 레진시멘트를 primer 적용 유무에 따른 Vickers hardness number를 시험하였다. G-Cem One primer의 적용에 여부에 따른 중

합도 차이는 상대적으로 Vickers hardness number로 평가할 수 있으나 높은 Vickers hardness number가 반드시 높은 중합도와 높은 강도를 보이는 시멘트를 의미한다고 할 수는 없다. 이전의 연구 들에서도 시멘트의 중합도와 기계적 특성 사이의 상관관계는 증명했으나²⁴), 그렇지 않은 연구들도 보고되어 왔다^{42,43}). 이번 연구의 결과를 통해 수복물의 두께가 두껍거나 위치적 제한으로 인해 광접근이 제한되는 임상 상황에서 자가접착 이중중합 레진시멘트의 적용 시 광 강도 감쇠를 보상할 수 있는 방법으로 G-Cem One primer와 G-Cem One 또는 G-Cem LinkAce 이중중합 레진시멘트의 조합 선택이 도움이 될 수 있다. 또한 이 조합으로 혼합 후 자가중합 시에도 빠른 미세경도 증가 값을 보이므로 간접 수복물 접착 후 잉여 시멘트 제거에 소요되는 시간을 줄이는 데에도 도움이 될 수 있다.

앞으로 primer의 적용이 시멘트의 primer가 적용된 표면에만 영향을 미치는지 시멘트의 두께가 증가하는 경우에도 중합도를 높이는데 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요하다. 또한 장기적 예후를 평가하기 위해 primer 적용 시 thermocycling 등의 임상적 상황을 고려한 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Kilinc E, Antonson S, Hardigan PC, et al. The effect of ceramic restoration shade and thickness on the polymerization of light-and dual-cure resin cements. *Operative Dent*. 2011;36(6):661-9.
2. Cardash HS, Baharav H, Pilo R, et al. The effect of porcelain color on the hardness of luting composite resin cement. *J Prosthet Dent*. 1993;69(6):620-3.
3. Akehashi S, Takahashi R, Nikaldo T, BURROW MF, Tagami J. Enhancement of dentin bond strength of resin cement using new resin coating materials. *Dent Mater J*. 2019;.
4. Almeida CM, Meereis CTW, Leal FB, Ogliari AO, Piva E, Ogliari FA. Evaluation of long-term bond strength and selected properties of self-adhesive resin cements. *Braz. Oral Res*. 2018;32:e15.
5. Kurokawa H, Shiratsuchi K, Suda S, Nagura Y, Suzuki S, Moritake N, Yamauchi K, Miyazaki M. Effect of light irradiation and primer application on polymerization of selfadhesive resin cements monitored by ultrasonic velocity. *Dent Mater J*. 2018; 37(4): 534-41.

참 고 문 헌

6. Pishevar L, Ashtijoo Z, Khawaji M. The effect of ceramic thickness on the surface microhardness of dual-cured and light-cured resin cements. *The journal of contemporary dental practice*. 2019;20(4):466-70.
7. Shim JS, Kang JK, Jha N, Ryu JJ. Polymerization Mode of self-adhesive, dual-cured dental resin cements light cured through various restorative materials. *J Esthet Restor Dent*. 2017;29(3):209-14.
8. Fonseca RG, Cruz CA, Adabo GL. The influence of chemical activation on hardness of dual-curing resin cements. *Braz Oral Res*. 2004;18(3):228-32.
9. Aguiar TR, de Oliveira M, Arrais CA, Ambrosano GM, Rueggeberg F, Giannini M. The effect of photopolymerization on the degree of conversion, polymerization kinetic, biaxial flexure strength, and modulus of self-adhesive resin cements. *J Prosthet Dent*. 2015;113:128-34.
10. Lee IB, An W, Chang J, et al. Influence of ceramic thickness and curing mode on the polymerization shrinkage kinetics of dual-cured resin cements. *Dent Mater J*. 2008;24(8):1141-7.
11. El-Mowafy O, Rubo M, El-Badrawy W. Hardening of new resin cements cured through a ceramic inlay. *Operative Dent*. 1999;24:38-44.
12. Caughman WF, Chan DC, Rueggeberg FA. Curing potential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical situations. *J Prosthet Dent*. 2001;85(5):479-84.
13. Takubo C, Yasuda G, Murayama R, Ogura Y, et al. Influence of power density and primer application on polymerization of dual-cured resin cements monitored by ultrasonic measurement. *Eur J Oral Sci*. 2010; 118: 417-22.
14. Arrais CA, Rueggeberg FA, Waller JL, De Goes MF, Giannini M. Effect of curing mode on the polymerization characteristics of dual-cured resin cement systems. *J Dent*. 2008;36: 418-26.
15. Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA. Kinetic analysis of monomer conversion in auto- and dual-polymerizing modes of commercial resin luting cements. *J Prosthet Dent*. 2009; 101:128-36.
16. Aguiar TR, Di Francescantonio M, Ambrosano GM, Giannini M. Effect of curing mode on bond strength of self-adhesive resin luting cements to dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2010;93:122-7.
17. Meng X, Yoshida K, Atsuta M. Influence of ceramic thickness on mechanical properties and polymer structure of dual-cured resin luting agents. *Dent Mater J*. 2008;24:594-9.
18. Arrais CAG, Ambrosano GMB, Giannini M. The effect of viscosity and activation mode on biaxial flexure strength and modulus of dual resin cements. *J Dent Sci*. 2012;27:147-51.
19. Yu H, Yoshida K, Cheng H, Sawase T. Bonding of different self-adhesive resins to high-strength composite resin block treated with surface conditioning. *J Prosthet Dent*. 2019;63(3):340-6.
20. Piva E, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA, Consani S, Demarco FF, Powers JM. Influence of energy density of different light sources on Knoop hardness of a dual-cured resin cement. *J Appl Oral Sci*. 2008;16(3):189-93.
21. Watts D, Cash A, Chauhan J, et al. Variables influencing hardness development in dual-cure composite luting materials. *J Dent Res*. 1994;73:801.
22. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater*. 1985; 1: 11-4.
23. Calixto LR, Bandéa MC, Clavijo V, Andrade MF, Vaz LG, Campos EA. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent*. 2012;37:80-6.
24. Asmussen E. Restorative resins: hardness and strength vs. quantity of remaining double bonds. *Scand J Dent Res*. 1982; 90: 484-9.
25. Rueggeberg FA, Craig RG. Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. *J Dent Res*. 1988;67:932-7.
26. Asmussen E. Factors affecting the quantity of remaining double bonds in restorative resin polymers. *Scand J Dent Res*. 1982;90:490-626.
27. Moraes LG, Rocha RS, Menegazzo LM, de Areaújo EB, Yukimiti K, Moraes JC. Infrared spectroscopy: a tool for determination of the degree of conversion in dental composites. *J Appl Oral Sci*. 2008;16:145-9.
28. Lee JW, Cha HS, Lee JH. Curing efficiency of various resin-based materials polymerized through different ceramic thicknesses and curing time. *J Adv Prosthodont*. 2011;3(3):126-31.
29. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater J*. 1985; 1: 11-4.
30. Kim AR, Jeon YC, Jeong CM, Yun MJ, Choi JW, Kwon YH, Huh JB. Effect of activation modes on the compressive strength, diametral tensile strength and microhardness of dual-cured self-adhesive resin cements. *Dent Mater J*. 2016; 35(2): 298-308.
31. Tay FR, Pashley DH, Yiu CH, Sanares AM, Wei SH. 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*. 2003; 5: 27-40.
32. Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Vallittu PK. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. *Int J Prosthodont*. 2004; 17: 357-63.
33. 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.

참 고 문 헌

34. Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dent Mater J.* 2005;21:895-910.
35. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA, Bis-GMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater J.* 1998; 14: 51-6.
36. Ikemura K, Endo T. Effect on adhesion of new polymerization initiator systems comprising 5-monosubstituted barbituric acids, aromatic sulfinate amides, and tert-butyl peroxy maleic acid in dental adhesive resin. *J Appl Polym Sci.* 1999; 72: 1655-68.
37. Bae IH, Son SA, Park JK. The effects of deproteinization and primer treatment on microtensile bond strength of self-adhesive resin cement to dentin. *Korean J Dent Mater.* 2019;46(2):99-108.
38. Wang T, Nikaido T, Nakabayashi N. Photocure bonding agent containing phosphoric methacrylate. *Dent Mater J.* 1991;7(1):59-62.
39. Chigira H, Yukitani W, Hasegawa T, Manabe A, Itoh K, Hayakawa T, et al. Self-etching dentin primers containing phenyl-P. *J Dent Res.* 1994;73(5):1088-95.
40. Suh BI, Feng L, Pashley DH, Tay FR. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically cured or dual-cured composites. Part III. Effect of acidic monomers. *J Adhes Dent.* 2003; 5: 267-82.
41. Suh BI. Principles of adhesion dentistry. 1st ed. Seoul:Well publishing inc. 2013, p. 109-10.
42. Chung KH, Greener EH. Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. *J Oral Rehabil.* 1990; 17: 487-94.
43. Ilie N, Simon A. Effect of curing mode on the micro-mechanical properties of dual-cured self-adhesive resin cements. *Clin Oral Investig.* 2012; 16: 505-12.