열순환이 상아질접착제 처리 후 미세누출에 미치는 영향에 관한 연구

단국대학교 치과대학 소아치과학 교실

유 승 훈

5세대 상아질 접착제인 Adper Single bond 2.0 (3M-ESPE, USA), 6세대 상아질 접착제인 Prompt L-pop (3M-ESPE, USA), AdheSE (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) 를 각 상아질 접착제당 30개의 건전한 소구치 및 대구치를 선정하여 협면과 설면에 5급와동을 형성하고 복합레진을 적용하였다. 이중 절반은 열순환을 시행하지 않고 나머지 절반은 열순환을 시행하였다. 이후 메틸렌 블루를 침투시켜 시약의 침투 정도를 측정한 후 통계분석하였다.
열순환을 시행하지 않은 군과 열순환을 시행한 군을 통틀어 열순환을 시행하지 않은 상아질 군에서만 Single Bond 2.0의 미세누출의 양이 Prompt L-Pop과 AdheSE에 비하여 높았고 (p <.05) 나머지 군에서는 모두 Single Bond 2.0의 미세누출의 양이 적었다. (p <.05)
열순환 이후에 미세누출의 양이 늘어난 군은 Prompt L-Pop과 AdheSE의 상아질 군이었다.

주요단어 : 미세누출, 열순환 (대한치과턱관절기능교합학회지 2008:24(2):147-155)

서 론

복합레진은 치아에 와동을 형성한 후 바로 적용이 가능하다는 편리함과 치아의 색상과 유사하여 심미적이라는 이유로 치과 임상술식에서 많이 사용되고 있다.[1-3] 하지만 재료의 중합과정에서 발생하는 수축으로 인한 미세누출은 2차 우식, 과민증, 미생물의 침투에 의한 치수의 병변 및 치아의 파절과 수복의 실패라는 다양한 문제를 야기할 수 있다.[4,5]

복합레진 수복에서 필요한 치아 수복면의 처리과정은 4세대 상아질 접착제 시스템에서 소개된 산부식, 상아질 전처리 접착레진의 적용 3단계로 구성된 방법이 확립되었다.[6]

이후에 소개된 5세대 상아질 접착제는 산부식제(etchant)와 상아질 전처리제(primer)를 하나의 용기에 넣고 본딩제(bonding agent)를 분리한 형태와 산부식제를 먼저 사용하고 상아질 전처리제와 본딩제를 하나의 용기에 넣은 형태의 두가지 종류가 소개되었다. 6세대 상아질 접착제는 여기서 더 나아가 산부식제와 상아질 전처리제 그리고 본딩제를 하나의 용기에 넣은 형태로 재료를 한번에 적용할 수 있도록 하였다.

이번 연구에서 사용한 3M-ESPE 사의 Adper

교신저자 : 유승훈
단국대학교 치과병원 소아치과학교실, 충청남도 천안시 안서동 산29번지, 330-714 대한민국
팩스 : + 82-41-555-2329
이메일 : yoo.seunghoon@gmail.com
원고접수일 : 2008년 3월 7일, 원고수정일 : 2008년 5월 29일, 원고채택일 : 2008년 6월 25일

Single bond 2.0은 상아질 전처리제와 본딩제가 하나의 용기에 들어있는 5세대 상아질 접착제이고 3M-ESPE 사의 Prompt L-pop 과 Vivadent 사의 AdheSE 는 세가지 성분을 한번에 적용하는 6세대 상아질 접착제다.

위의 상아질 접착제를 이용하여 지속적으로 온도변화가 일어나고 있는 구강내 재현을 위한 열순환(Thermocycling)을 시행한 군과 열순환을 시행하지 않는 군에서 각각 법랑질(enamel)과 상아질(dentin)에서의 미세누출의 차이를 비교해 보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구재료

5세대 상아질 접착제인 Adper Single bond 2(3M-ESPE, USA), 6세대 상아질 접착제인 Prompt L-pop (3M-ESPE, USA)과 AdheSE (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)를 적용(Table I)하고 복합레진 Z250 (3M-ESPE, USA)으로 충전하였다.

2. 연구방법

(1) 실험대상 치아

치아우식이나 구조적 결함이 없고 교정치료를 목적으로 발거한 소구치와 제3대구치 90개를 준비하여 치근부는 레진블록에 매몰하였다.

(2) 실험군 분류

세가지 상아질 접착제에 따라 나누고 이를 열순환을 시행한 군과 열순환을 시행하지 않은 군으로 분리한 후 각각의 시편에 있는 법랑질과 상아질군으로 세분하였다.

(3) 와동형성

고속 치아 절삭기에 장착한 #330 고속용 바를 이용하여 치아의 협설면에 각각 2개의 길이 5.0 X 폭 3.0 X 깊이 2.0mm의 5급와동을 법랑질과 상아질에 걸쳐 형성하였으며 와동의 하방은 백아법랑 경계 1.0mm까지 연장하였다.

(4) 상아질 접착제를 이용한 치면처리

무작위로 30개씩 치아를 분류하여 제조사에서 지시하는 방법대로 상아질 접착제를 적용하였다.

(5) 와동 충전 및 연마

Z250으로 와동을 충전한 후 Elipar Freelight 2 LED Curing Light (3M-ESPE, USA)를 이용하여 20초간 광중합하였다. 중합기의 광도를 Radiometer (DentAmerica, USA)를 이용하여 측정하였다. Sof-lex disc XT (3M-ESPE, USA)를 이용하여 충전한 수복물의 변연을 균일하게 연마하였다.

Table I. Dentin bonding agents used in experiment

Bonding agent	Composition
Single Bond 2.0	BisGMA, HEMA Dimethacrylates, Vitrebond polyalkenoic acid copolymer Ethanol/Water, 5nm spherical silica particles (10%)
Prompt L-pop	Methacylated phosphoric esters, Initiator, Stabilizer Water, Fluoride complex
AdheSE	Phosphotic acid acrylate Bis-acrylamide, Water Dimethacrylates, Hydroxyethyl methacrylate, Silicon dioxide

(6) 열순환

중합이 완료된 시편을 탈이온수에 넣어 37°C로 고정한 항온기에서 24시간 보관하였다. 각 군에서 15개씩 무작위로 추출하여 열순환기(Tokyo, Japan)에 넣고 5°C에서 55°C로 30초간 침적시켜 500회의 열순환을 시행하였다.

(7) 색소침투

복합레진을 충전한 와동변연 1mm를 제외하고 내산성 바니쉬를 2회 균일하게 도포하고 충분히 건조한 후 2% methlyene blue 용액에 침적시켜 37°C로 고정된 항온기에서 24시간동안 보관하였다.

(8) 표본 절단 및 영상입력

디스크로 레질블록에 매몰된 치근부위를 절단하고 고속 절단기 (METASAW RB 205, R&B, Korea)를 이용하여 다이아몬트 디스크로 절단하였다. 절단한 시편을 1200, 2500 grit silicon carbide paper 로 연마한 후 실체 현미경(Nikon, Japan)에 연결한 디지털 카메라로 촬영하였다.

(9) 색소 침투 양상의 평가

색소의 침투 정도에 따라 0에서 3까지 4단계로 나누어 평가하였다(Table II).

(10) 통계분석

각 군의 미세누출 측정치를 SPSS Version 15.0 프로그램을 이용하여 Mann-Whitney test 시행하였다.

Table Ⅱ. Scores of dye penetration

Score	Extent of dye penetration
0	No dye penetration
1	Dye penetration up to half of the depth
2	Dye penetration more than half of the depth
3	Dye penetration extend to the floor of the cavity

결 과

열순환을 시행하지 않은 경우와 열순환을 시행한 경우에 미세누출의 차이를 보인 군은 Prompt L-Pop 의 상아질군, AdheSE 의 법랑질군, 상아질군이었다. (p <.05)

열순환을 시행하지 않은 법랑질군에서는 SingleBond 2.0에 비하여 Prompt L-Pop과 AdheSE 이 유의하게 미세누출의 양이 많았으며 (p <.05) Prompt L-Pop과 AdheSE 간에는 유의한 차이가 없었다. (p <.05)

열순환을 시행한 경우 법랑질군에서는 SingleBond 2.0에 비하여 Prompt L-Pop과 AdheSE 이 유의하게 미세누출의 양이 많았으며(p <.05) Prompt L-Pop과 AdheSE 간에는 유의한 차이가 없었다. (p <.05)

열순환을 시행하지 않은 상아질군에서는

Table Ⅲ. Enamel Specimens

	열순환을 시행하지 않은 군				열순환을 시행한 군			
	0	1	2	3	0	1	2	3
Single Bond 2.0	30	0	0	0	30	0	0	0
Prompt L-Pop	11	19	0	0	6	23	1	0
AdheSE	19	10	1	0	11	8	4	7

Table Ⅳ. Dentin Specimens

	열순환을 시행하지 않은 군				열순환을 시행한 군			
	0	1	2	3	0	1	2	3
Single Bond 2.0	0	13	4	13	1	12	8	8
Prompt L-Pop	15	4	3	8	2	2	1	25
AdheSE	15	4	3	8	0	0	3	27

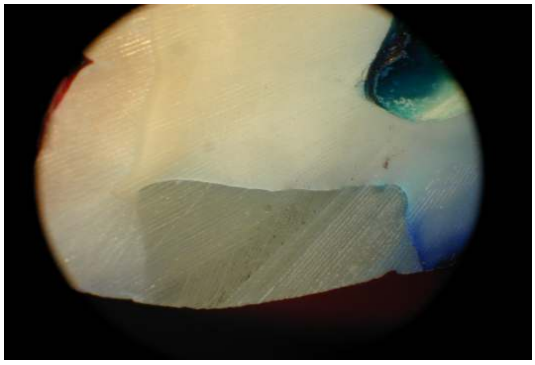


Fig. 1. Specimen with Single Bond 2.0 applied without thermocycling shows no marginal leakage at enamel margin but shows leakage at dentin margin (methylen blue dye)

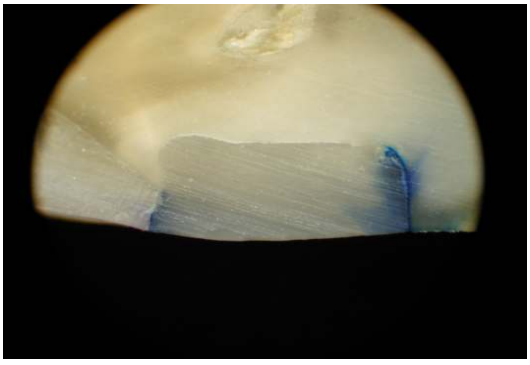


Fig. 6. Specimen with Prompt L-Pop applied without thermocycling shows marginal leakage at both enamel margin and dentin margin (methylen blue dye)

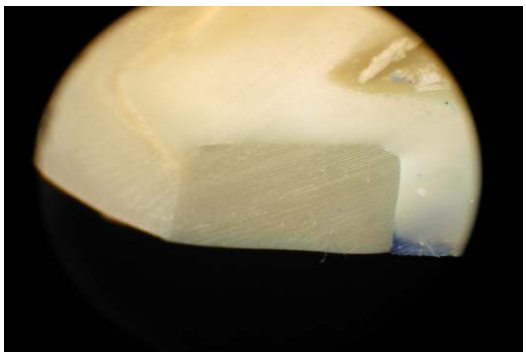


Fig. 5. Specimen with Single Bond 2.0 applied with thermocycling shows no marginal leakage at enamel margin but shows leakage at dentin margin (methylen blue dye)

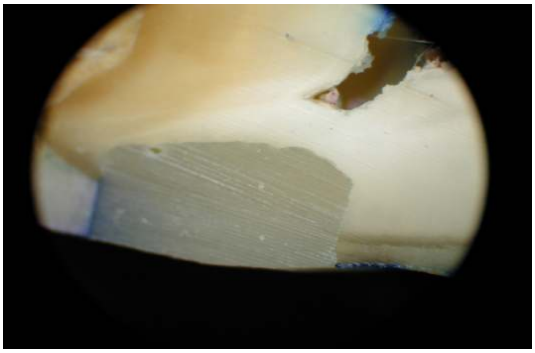


Fig. 7. Specimen with AdheSE applied without thermocycling shows marginal leakage at enamel margin but no leakage at dentin margin (methylen blue dye)

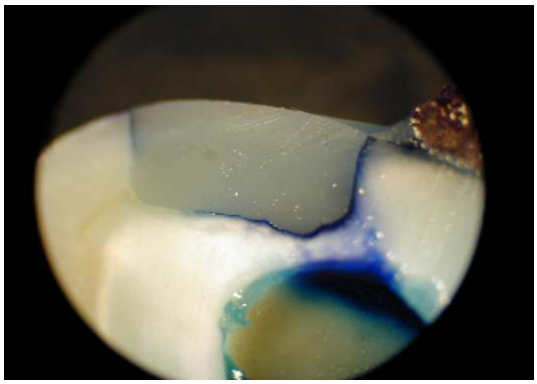


Fig. 8. Specimen with Prompt L-Pop applied with thermocycling shows marginal leakage at enamel margin and sever leakage at dentin margin (methylen blue dye)

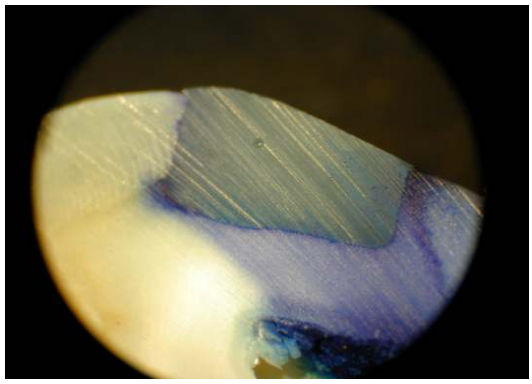


Fig. 9. Specimen with AdheSE applied with thermocycling fail to prohibit the leakage at both enamel margin and dentin margin (methylen blue dye)

SingleBond 2.0에 비하여 Prompt L-Pop과 AdheSE 이 유의하게 미세누출의 양이 적었으며 (p <.05) Prompt L-Pop과 AdheSE 간에는 유의한 차이가 없었다. (p <.05)

열순환을 시행한 경우 상아질군에서는 SingleBond 2.0에 비하여 Prompt L-Pop과 AdheSE 이 유의하게 미세누출의 양이 많았으며 (p <.05) Prompt L-Pop과 AdheSE 간에는 유의한 차이가 없었다. (p <.05)

총괄 및 고안

이상적인 수복제는 중합과정에서 발생하는 수축이 없거나 최소화된 형태이어야 한다고 하였다.[7] 현재의 복합레진을 이용한 수복에 치질과 재료간에 존재하는 결합력은 20MPa 가 넘는 수치를 보이지만, 수축하면서 발생하는 수축응력은 4.0에서 7.0MPa 로 알려져있다.[8,9] 따라서 재료가 중합하면서 발생하는 수축력이 치질과 수복물간의 결합력보다 커진다는 이론은[10] 수축응력이 결합을 파괴할 정도로 강하지 못하다는 주장과 대치된다.[13] 복합레진을 이용한 수복에서 발생하는 미세누출은 중합과정에서 발생하는 복합레진의 중합수축에 의한 것으로 이를 최소화하기 위한 노력은 재료의 발전과 함께 지속적인 연구의 대상이었다. 복합레진의 수복과정에서 중합수축을 최소화하기 위한 연구의 대상으로 광중합 조사기의 광량 조절, 와동 형태의 변형[14] 및 수복재료의 조성의 변화 등이 있었으나 상아질 접착제의 경우 그 단계를 최소화하는데 초점이 맞춰져 있었다. 상아질 접착제는 용매의 형태에 따라 성상이 달라지고 시술의 민감도에도 영향을 줄 수 있는데, 상아질 접착제의 두께는 얇을수록 좋다는 Pereira의 주장[11]에 따르면 휘발성이 좋은 acetone base 의 수복재료가 더 얇은 층을 형성하기 때문에 미세누출의 양을 줄여줄 수 있겠지만, 실제 임상에서는 wet한 상태를 유지시키는 어려움으로 인하여[12] water base를 이용하는 상아질 접착제도 소개되고 있다. 임상과정에서 완전 탈수된 상태에서도 상아질의 섬유질을 원상회복시키는 기능으로 임상적인 실패를 줄여주는 효과를 갖고 있지만 접착면의 두께가 두꺼워지는 문제가 있다. 이렇게 두꺼워진 상아질 접착제는 장기적으로 볼 때 파괴시 미세누출의 원인을 제공하기도 하지만, 복합레진의 중합

시 발생하는 응력을 분산시키는 'stress breaker'의 역할을 할 수 있다.

4세대 상아질 접착제의 성능은 임상적으로 널리 받아들여지게 되었으나, 단계가 세분화되어 있기 때문에 각 단계에서 발생하는 문제는 수복의 실패로 이어질 수 있다.[15] 따라서 성분의 혼합을 통한 단계의 수를 줄이는 과정은 임상적인 편이성뿐만 아니라 단계에서 발생할 수 있는 오류의 가능성을 낮춰준다는 장점이 있다.[16] 이러한 장점 때문에 모든 과정을 한번에 처리하는 one-bottle system 이 지속적으로 소개되고 있다. 5세대 상아질 접착제 중에서 산부식제와 전처리제가 하나로 합쳐진 상아질 접착제가 산부식제를 별도로 적용해야 하는 동세대의 상아질 접착제에 비하여 미세누출의 양이 많았던 것은 산부식 이후의 수세과정을 거치지 않아 잔존하는 산부식 성분이 이후의 재료와 치질간의 미세누출에 영향을 주었기 때문이었다.[19]

다양한 온도의 음식을 섭취하는 실제의 구강환경을 재현하기 위한 과정으로 열순환법이 있고 시편에 지속적이고 반복적인 힘을 가하여 교합력을 재현하는 방법이 있으며 이중에서 열순환법이 널리 사용되고 있다. 열순환을 오래 적용할 수록 수복재료와 상아질접착제의 안정성을 확인하는데 도움이 되겠지만 열순환을 더 오랫동안 시행해도 미세누출의 양이 증가하지는 않는 것으로 알려져 있다.[17] 하지만 다양한 재료를 이용한 미세누출의 비교실험에서 열순환을 시행했는가의 여부가 재료의 차이에 비해서 더 큰 영향을 주는 것으로 보고되었기 때문에[18] 열순환법의 적용은 실험과정에서 의미가 있는 것으로 생각되며 실험결과에서도 영향을 주는 것으로 나타났다. 산부식의 과정이 분리된 Single Bond 2.0의 경우 열순환을 시행한 경우와(Fig. 1) 시행하지 않은 경우 모두 법랑질에서의 미세누출이 없었다. (Fig. 2) 반면에 6세대의 Prompt L-Pop (Fig.3) 과 AdheSE (Fig. 4) 는 열순환 전에도 법랑질의 미세누출의 양이 Single Bond 2.0에 비하여 많았으며 열순환 이후에는 미세누출의 양이 더 많아졌다.(Fig. 5, Fig. 6) 상아질부위에서는 열순환 전에는 Single Bond 2.0의 미세누출의 양이 Prompt L-Pop, AdheSE에 비하여 많았지만, 열순환 이후에는 오히려 Prompt L-Pop 과 AdheSE의 미세누출의 양이 늘어났고, 유의한 차이가 있었다.

세대에 따른 상아질 접착제의 치아 부위에 따른 성능의 차이를 이해하는 것은 적용하는 부위에 따라서 다르게 재료를 선택하는데 도움을 준다. 일반적으로 산부식을 별도로 진행하는 경우 법랑질에서 높은 결합강도 및 미세누출의 감소를 보고하고 있고 4세대 이후의 연구는 접착면에서 더 많은 부분을 차지하는 상아질에 집중되어 있어 성과도 나타나고 있으나 상아질 부위의 결합과 관련한 연구를 통해 법랑질에서의 결합력의 저하를 가져온다면 이것은 바람직하지 않은 것으로 보인다. 이번 연구에서 사용한 6세대 상아질 접착제인 Prompt L-Pop과 AdheSE 또한 재료 적용후 별도의 수세과정이 없어 산부식 재료의 성분이 잔존할 가능성이 높다. 이러한 자가부식 접착형 상아질접착제의 경우 높은 산도를 유지하고 있기 때문에 결합력의 저하를 유발시킬 수 있다.[19] 또한 탈회과정에서 발생하는 산물들을 완전히 제거하지 못하는 경우 혼화층에 섞이게 된다.[20] 이번 실험에 사용한 재료들의 pH를 측정한 결과 Single Bond 2.0 은 6.0으로 측정되었고, Prompt L-Pop 은 혼합전의 첫 번째 빨간 부분의 재료는 0의 수치로 측정되었고, 두 번째 노란 부분의 재료는 3.5를 나타내었다. 두 재료를 혼합한 이후에는 30분까지 지속적으로 0.5의 pH를 유지하였다. AdheSE의 경우 프라이머는 0으로 기록되었고, 본딩제는 6.0으로 나타났다. 두 재료를 혼합한 직후에는 0의 pH를 나타내었으나 이후 30분까지 지속적으로 pH 0.5 를 나타내었다. 수세과정이 생략된 경우 러버댐을 장착하지 않은 소아환자에게 적용할 때에는 장점이 될 수 있다. 이러한 장점에도 불구하고 미세누출의 양이 시간의 흐름과 열순환에 따라 증가한다면 수복시 사용하는 상아질접착제로 선택하기 어려울 것이다.

열순환법은 온도의 변화를 통해 재료를 극한의 상태로 유지시키면서 상태의 변화를 관찰하고자 하는 목적뿐 아니라 시간의 흐름을 부여한다는 의미가 있다. 따라서 열순환을 이용한 구강내 재현 뿐 아니라 좀더 다양한 자극과 오랜 시간의 관찰을 통하여 6세대 상아질 접착제의 미세누출예방효과에 대한 검증이 필요할 것으로 사료된다.

결 론

1. 열순환을 시행하지 않은 군과 시행한 군의 비교에서 5세대 상아질 접착제는 법랑질과 상아질 모두에서 유의한 차이를 보이지 않았으나 (p <.05) 6세대 상아질 접착제는 미세누출의 양이 증가하였고 Prompt L-Pop 에서는 상아질 부분에서, AdheSE 는 상아질과 법랑질에서 유의한 차이를 보였다. (p <.05)
2. 열순환을 시행하지 않은 상아질군에서는 5세대 상아질 접착제의 미세누출의 양이 6세대 상아질 접착제에 비하여 더 많은 미세누출을 보였으나 열순환 후에는 5세대 상아질 접착제에 비하여 6세대 상아질 접착제의 미세누출의 양이 증가하였다. (p <.05)
3. 열순환을 시행하면서 6세대 상아질 접착제를 이용한 수복물에서는 미세누출의 양이 증가하였으며 이는 임상적으로 볼 때 5세대 상아질 접착제의 대안으로 보기 힘들며 좀 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

연구비 지원 및 사의

본 연구는 2006년도 단국대학교 신진연구비의 지원으로 수행됨.

참 고 문 헌

1. Mazer RB, Leinfelder KF, Russell CM. Degradation of microfilled posterior composite. Dent Mater. 1992 May;8(3):185-9.
2. Willems G, Lambrechts P, Lesaffre E, Braem M, Vanherle G. Three-year follow-up of five posterior composites: SEM study of differential wear. J Dent. 1993 Apr;21(2):79-86.
3. Bayne SC, Heymann HO, Swift EJ Jr. Update on dental composite restorations. J Am Dent Assoc. 1994 Jun;125(6):687-701.
4. Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL : Curing contraction of composites and glass-ionomer cements. J Prosthet Dent, 59:297-300, 1988.
5. Suliman AH, Boyer DB, Lakes RS : Polymerization shrinkage of composite resins : comparison with tooth deformation. J Prosthe Dent, 71:7-12, 1994.
6. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. J Dent Res. 1979 Apr;58(4):1364-70.
7. Dauvillier BS, Aarnts MP, Feilzer AJ : Developments in shrinkage control of adhesive restoratives. J Esthet Dent 10:88-96, 1997.
8. Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. J Dent Res. 1984 Dec;63(12):1396-9.
9. Eick JD, Welch FH. Polymerization shrinkage of posterior composite resins and its possible influence on postoperative sensitivity. Quintessence Int. 1986 Feb;17(2):103-11.
10. Puckett AD, Smith R. Method to measure the polymerization shrinkage of light-cured composites. J Prosthet Dent. 1992 Jul;68(1):56-8.
11. Pereira PN, Okuda M, Nakajima M, et al. : Relationship between bond strength and nanoleakage : Evaluation of a new assessment method. Am J Dent, 14:100-105, 2001.
12. Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SH : The overwet phenomenon : A scanning electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resion-dentin interface. Am J Dent, 9:109-114, 1996.
13. Davidson CL, de Gee AJ : Relaxation of polymerization contraction stress by flow in dental composites. J Dent Res, 63:146-8, 1984.
14. Saksguchi RL, Peters MCRB, Nelson SR et al :

Effect of polymerization contraction in composite restorations. J Dent 20:178-182, 1992.
15. Frankenberger R, Krämer N, Petschelt A. Technique sensitivity of dentin bonding: effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. Oper Dent. 2000 Jul-Aug;25(4):324-30.
16. Frankenberger R, Perdigão J, Rosa BT, Lopes M. "No-bottle" vs "multi-bottle" dentin adhesives--a microtensile bond strength and morphological study. Dent Mater. 2001 Sep;17(5):373-80.
17. Rossomando KJ, Wendt SL Jr. Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. Dent Mater. 1995 Jan;11(1):47-51.Links
18. Wahab FK, Shaini FJ, Morgano SM. The effect of thermocycling on microleakage of several commercially available composite Class V restorations in vitro. J Prosthet Dent. 2003 Aug;90 (2):168-74.
19. Guéders AM, Charpentier JF, Albert AI, Geerts SO. Microleakage after thermocycling of 4 etch and rinse and 3 self-etch adhesives with and without a flowable composite lining. Oper Dent. 2006 Jul-Aug;31(4): 450-5.
20. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Oper Dent. 2003 May-Jun;28(3):215-35.Links

The Study of the Effect of Thermocycling on Microleakage within Various Dentin Bonding Agents

Seung-Hoon Yoo

Department of Pediatric dnetistry, College of Dentistry, Dankook University

Three groups of dentin bonding agents (5th generation Single Bond 2.0 and two 6the generation Prompt L-Pop, AdheSE) applied to class V cavities (upper portion with enamel margin and lower portion with dentin margin) prepared at buccal and lingual portion of premolars and molars. Each groups consist of 30 teeth. Devide into two groups, one without thermocycling and the other thermocycled. After then, infiltrate methylene blue into the gap between restoration and tooth. Within non-thermocycled groups, Single Bond 2.0 group shows lesser leakage at enamel margin than other two bonding agents (p <.05) but shows more leakage at dentin margin than other two bonding agents. (p <.05)
Within thermocycled groups, Single Bond 2.0 group shows lesser leakage at both enamel and dentin margins. (p <.05)

Key words : Microleakage, Thermocycling

Correspondence to : Prof, Seung-Hoon Yoo
Department of Pediatric dnetistry, College of Dentistry, Dankook University, San 29, Chon-ahn si, Chungchung-namdo, 330-714, Korea.
Fax : + 82-41-555-2329
E-mail : yoo.seunghoon@gmail.com
Received : March 7, 2008, Last Revision : May 29, 2008, Accepted : June 25, 2008