

열순환 횟수에 따른 복합레진의 미세누출

김창윤 · 신동훈*

단국대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

MICROLEAKAGE OF COMPOSITE RESIN RESTORATION ACCORDING TO THE NUMBER OF THERMOCYCLING

Chang-Youn Kim, Dong-Hoon Shin*

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

Present tooth bonding system can be categorized into total etching bonding system (TE) and self-etching bonding system (SE) based on their way of smear layer treatment. The purposes of this study were to compare the effectiveness between these two systems and to evaluate the effect of number of thermocycling on microleakage of class V composite resin restorations.

Total forty class V cavities were prepared on the single-rooted bovine teeth and were randomly divided into four experimental groups: two kinds of bonding system and another two kinds of thermocycling groups. Half of the cavities were filled with Z250 following the use of TE system, Single Bond and another twenty cavities were filled with Metafil and AQ Bond, SE system. All composite restoratives were cured using light curing unit (XL2500, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) for 40 seconds with a light intensity of 600 mW/cm².

Teeth were stored in distilled water for one day at room temperature and were finished and polished with Sof-Lex system. Half of teeth were thermocycled 500 times and the other half were thermocycled 5,000 times between 5°C and 55°C for 30 second at each temperature.

Teeth were isolated with two layers of nail varnish except the restoration surface and 1 mm surrounding margins. Electrical conductivity (μ A) was recorded in distilled water by electrochemical method. Microleakage scores were compared and analyzed using two-way ANOVA at 95% level.

From this study, following results were obtained: There was no interaction between variables of bonding system and number of thermocycling ($p = 0.485$). Microleakage was not affected by the number of thermocycling either ($p = 0.814$). However, Composite restoration of Metafil and AQ Bond, SE bond system showed less microleakage than composite restoration of Z250 and Single Bond, TE bond system ($p = 0.005$). [J Kor Acad Cons Dent 32(4):377-384, 2007]

Key words: Total etching bonding system, Self-etching bonding system, Thermocycling, Microleakage, Electrochemical method.

* Corresponding Author: **Dong-Hoon Shin**

Department of Conservative Dentistry,
College of Dentistry, Dankook University
7-1 Shinbu-dong, Cheonan, Chungnam, 330-716, Korea
Tel: 82-41-550-1965 Fax: 82-41-550-1963
E-mail: donyshin@dankook.ac.kr

- Received 2007.6.12., revised 2007.6.27.,
accepted 2007.6.28.-

※ 이 연구는 2005학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

I. 서 론

Buonocore¹⁾에 의해 법랑질 산 부식법이 소개된 이후, 법랑질과 레진 수복물간의 우수한 결합력 및 변연 봉쇄능력은 널리 인정되고 있으나, 법랑질과는 다른 조성, 구조적 특징, 지속적인 형태 변화, 도말층 존재 등으로 인해 상아질에 대한 신뢰할만한 레진 수복물의 접착을 얻는 데는 어려움이 많았다^{2,3)}. 그러나 1979년 Fusayama 등⁴⁾이 상아질에 대한 인산 처리가 치수 염증을 야기하지 않으면서 복합레진의 접착력을 향상시킨다고 보고한 이래, 상아질 접착에 대한 지속적인 연구 결과, 작금에는 법랑질에 견줄만한 접착력도 보고되는 등 많은 발전을 이뤄왔다⁵⁾.

현행 상아질 접착시스템의 기본이 되는 4세대 접착시스템은 1980년대 중, 후반 개발된 전부식 (total etching) 접착시스템 (이후 전부식 시스템)으로, 다단계 (multi-step) 상아질 접착시스템으로도 불린다. 이는 상아질을 산 처리하여 도말층을 제거한 다음 친수성 프라이머로 처리하고 마지막 단계로 접착용 레진을 도포하는 술식으로, 산과 프라이머로 처리하면 이질성 (heterogeneous)의 친수성 상아질 상태가 소수성인 접착용 레진과 결합될 수 있는 상태로 변한다. 이후 사용되는, filler가 없거나 또는 소량의 filler가 들어 있는 저점도 접착용 레진은 프라이머 처리된 치면과 공중합하는 동시에 수복용 복합레진과도 공중합하게 된다.

친수성 프라이머로는 아세트산, 에탄올, 물과 같은 다양한 용매를 사용하고 있으며 두 가지를 함께 사용하기도 한다. 아세트산은 빨리 증발하는 대신 상아질에서의 퍼짐성을 위해 여러 번 도포해야 하며 냄새도 강하고 용기에서 따른 다음 빨리 증발되어 소모성이 강한 단점도 있다. 이에 비해 물을 용매로 사용하는 경우에는 반대로 건조 시간이 오래 걸리며, 제거되지 않고 남아있는 경우에는 접착력 저하를 초래하지만, 상아질의 습윤 상태에 크게 영향을 받지 않는다는 장점이 있다. 에탄올 계통은 아세트산과 물의 중간으로 각각의 장단점을 가진 것으로 이해되고 있다.

4 세대 접착시스템은 현재까지 가장 강한 접착력을 갖는 것으로 다수 보고되고 있지만, 습윤 접착법에 따른 술식 민감성과 시간이 오래 걸리며 다단계에 따른 오염 가능성이 높다는 문제가 있다⁶⁾. 이에 적용 단계를 간소화함으로써 이러한 문제점들을 해소하려는 시도가 있었으며, 이 결과 1990년대 초, 상아질을 산 부식한 다음 프라이머와 접착용 레진 성분을 함께 처리하는 2 단계 시스템인 5 세대 접착시스템이 개발되었다. 이 역시 4 세대와 같이 산 처리에 의해 도말층을 제거하는 시스템이지만, 후속 프라이머와 접착용 레진을 동일 용기에 넣어 처리하기 때문에 단일병 접착시스템 (one-bottle system, 이후 단일병 시스템)이라고도 불린다⁷⁾.

5세대 단일병 시스템은 간편한 술식으로 인해 많이 사용

되고 있지만, 이 역시 습윤 접착법에 따른 술식 민감성이 여전히 문제로 남아 있고 젖음성 (wettability)과 안정성 (stability)이 4 세대 다단계 접착시스템에 비해 떨어지므로 전반적인 접착양태가 열등하다는 보고들도 있다^{8,9)}.

한편 1990년대 중,후반에 걸쳐 개발된 6 세대 접착시스템은 자가부식형 (self-etching)으로, 상아질의 산 처리와 프라이머 처리를 동시에 하고 접착용 레진을 도포하는 2 단계 시스템과 산 부식, 프라이머, 접착용 레진 처리를 한꺼번에 하는 단일 단계 자가부식 접착시스템이 있다. 이는 산과 프라이머 성분을 동시에 처리하기 때문에 4 세대 및 5 세대와는 접착 개념이 근본적으로 다른 시스템으로, 산 처리를 통해 도말층을 제거하지 않는 대신 용해시켜 접착계면에 포함시킨다. 또한 산 처리와 동시에 프라이머 성분이 침투하기 때문에 전부식 (total-etching)과 습윤접착 (wet-bonding) 술식에 따른 상아질의 과도한 건조로 인한 교원질의 붕괴나 과도한 젖음 (over-wetting) 현상과 같은 임상적 술식 민감성을 피할 수 있게 되었다^{7,10)}. 또한 상대적으로 탈회 는 되었지만 레진이 침투되지 않은 상아질 층이 적은 것으로 알려져 있으나^{11,12)}, 약산성으로 인해 법랑질과의 결합력이 의심되며 내구성이 불리한 것으로 알려져 있다^{13,14)}. 이외에도 자가부식형 접착시스템 (이후 자가부식형 시스템)은 전부식형에 비해 친수성이 강해 변연부 변색이 잘 일어난다는 문제가 있다. 이는 미세 기공으로의 색소 침착에 의한 것이 아니라, 접착시스템 자체의 변색에 의한 것이라는 특징이 있으며, 물을 흡수한 결과 시간이 경과함에 따라 중합체가 가수분해되고, 단량체 또는 소중합체의 성분이 방출됨에 따른 현상이기도 하다¹⁵⁾.

수복물의 내구성에 지대한 영향을 주는 미세누출도에 대해 Brackett 등¹⁶⁾은 전부식 시스템에서는 50%의 변연부에서, 자가부식 시스템에서는 31%의 변연부에서 미세누출을 보였지만, 접착시스템 사이에 통계학적 유의한 차이는 없었다 하였다. 또한 Fabianelli 등¹⁷⁾은 전부식 시스템 (Excite)과 자가부식 시스템 (15초의 Prompt-L-Pop, Etch and Prime 3.0, 30초의 Prompt-L-Pop)으로 2급 수복물의 변연밀폐 효과를 평가한 결과, 전부식 시스템이 자가부식 시스템에 비해 교합면측 변연부에서는 적은 누출을 보였지만, 상아질 변연부에서는 차이가 없다고 하였다. 이외에도 Santini 등¹⁸⁾은 자가부식 시스템과 단일병 전부식 시스템으로 단일 충전 및 적층 충전하였을 때 법랑질 변연에서는 미세누출이 없었고, 상아질 변연에서만 미세누출을 볼 수 있었지만 충전 방법 및 접착시스템 사이에는 차이가 없다고 하였다. 그러나 Cardoso 등¹⁹⁾은 법랑질 변연에서는 자가부식 시스템이 단일병 전부식 시스템에 비해 많은 누출을 보였고 ($p < 0.001$), 상아질 변연에서는 두 시스템 모두 미세누출을 보였으나 일부 단일병 시스템이 자가부식형에 비해 우수한 결과를 보였다고 하였다.

한편 이러한 접착 시스템들의 임상 평가에 대해 Turkun²⁰⁾은 전부식 시스템인 Prime & Bond NT/Spectrum TPH 복합레진 수복물과 자가부식 시스템 Clearfil SE Bond/Claerfil AP-X 복합레진 수복물을 2년간 평가한 결과, 유지율이 자가부식형은 93%, 전부식형은 91%였으며, 2차 우식, 해부학적 형태 및 술후 민감성에서 우수한 alpha로 평가되어 두 가지 수복 모두 임상적으로 매우 우수한 것으로 평가하였다.

한편 이러한 치질 접착시스템의 효용성은 시기적으로 두 가지를 고려해볼 수 있는데, 하나는 수복 초기의 효용성을, 또 다른 하나는 시간 경과에 따른 효용성인, 내구성을 들 수 있다. 이상적인 수복재라면 접착 초기뿐만 아니라, 내구성도 뛰어나야 하므로, 실험실 실험의 경우, 접착 직후 또는 장시간 보관 후 평가하는 방법과 장시간에 해당하는 자극을 부여한 다음 평가하는 방법을 사용하고 있다.

이에 본 연구에서는 두 가지 접착시스템으로 [전부식 시스템 (Single Bond/Z250)과 자가부식 시스템 (AQ bond/Metafil)] 수복된 5급 수복물에, 수복 초기의 효용성을 의미하는 500회의 열순환 자극과 상대적인 내구성을 의미할 수 있는 5,000회의 열순환 자극을 부여하여, 이에 따른 미세누출도 차이를 평가하고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

Table 1과 같은 성분을 보이는 전부식 접착시스템인 Single Bond (3M ESPE, USA)와 자가부식 접착시스템인 AQ Bond (Sun Medical, Japan)를 각기 동일 제조회

사의 수복용 복합레진인 Z250과 Metafil을 이용하여 5급 와동을 수복하였다.

2. 연구방법

건강한 40개의 단근관을 가진 우치 (bovine tooth)를 이용하여, 각 치아의 치근단 3 mm를 절단, 제거하고 file을 이용하여 치수를 없앤 다음, 5% 차아염소산 나트륨에 보관하여 잔존 치수를 제거하였다.

백악법랑 경계부를 중심으로 직경 5 mm, 교합면 깊이 2 mm, 치경부 깊이 1.5 mm인 5급 와동을 형성하였으며 (C-factor \approx 2), 치아를 각각 10개씩 4개의 그룹 (열순환 횟수 2종 \times 복합레진 수복 2개 군)으로 분류하였다. 20개의 치아에는 전부식 시스템인 Single bond와 Z250 (shade A4)을 이용하여 충전하였으며, 나머지 20개의 치아에는 자가부식 시스템인 AQ bond와 Metafil (shade A4)로 각각 충전하고 광중합기 (XL2500, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 600 mW/cm²의 광도로 40초간 광중합하였다. 수복물 경화를 위해 모든 시편을 실온에서 24 시간동안 증류수에 보관하였으며, Sof-Lex (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 사용하여 연마하고 각 수복물의 반은 섭씨 5도와 55도의 수조에 30초씩 담겼으며 이동 시간 10초의 열순환 (thermocycling)을 500회 시행하였고, 나머지 반은 5,000회 실시하였다.

미세 전류 측정을 위해 근첨부를 통하여 증류수를 치수강 내에 채우고 0.018" stainless steel wire를 치수벽에 닿을 때까지 삽입한 뒤, sticky wax로 근첨부를 밀봉하고 nail varnish를 와동의 변연에서 1 mm 떨어지게 하여 전 치면에 2회 도포하였다.

Table 1. Component of dentin bonding systems

Type	Dentin bonding system	Component	Manufacturers	Code
Total etching system	Single bond	Etchant: phosphoric acid (35%)	3M ESPE, USA	SB
		HEMA, Bis-GMA, Dimethacrylate Copolymer with methacrylic function, Polyacrylic & polyitaconic acids, Water, Ethanol		
Self etching system	AQ Bond	Base, AQ sponge 4-META, UDMA, Water, Acetone, Monomethacrylate, Photoinitiator, p-toluene sulfinate salt	Sun Medical, Japan	AQ

Figure 1과 같은 회로를 통해 10 V의 전압 하에서 미세 전류 (μA)를 측정하였다. 일정한 전압을 부여하기 위해 직류 공급원인 TOE 8841 (TOELLNER electronic instrument GMBH, Germany)을 이용하였고, 미세전류 측정에

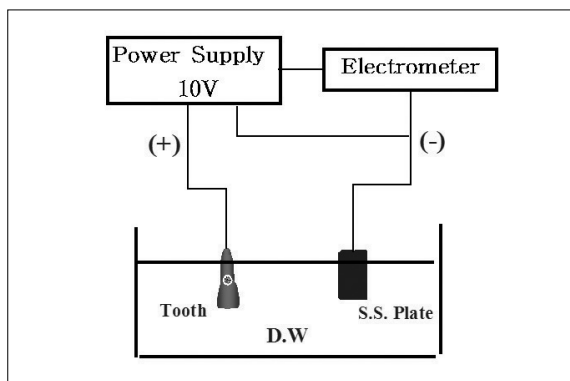


Figure 1. Schematic drawing of electrochemical test.

는 6514 system Electrometer (Keithley Co., Cleveland, Ohio, USA)를 사용하였다. 전류를 흐르게 한 다음 5 - 10분까지 20초 간격으로 측정한 15개 측정치의 평균값을 시편의 미세전류 측정치로 인정하였다.

3. 통계 처리

각 군간의 미세전류 측정치에 대한 유의성은 수복재 및 열 순환 횟수의 두 가지 변수에 대한 Two-way ANOVA test 로 95 % 유의 수준에서 검증하였다.

Ⅲ. 실험 성적

수복방법과 열 순환 횟수에 따른 미세전류 측정값은 Table 2와 같다. 전부식 접착시스템 (SB)을 이용한 수복이 열순환 횟수에 따라 각기 $34.37 \pm 16.07 \mu\text{A}$, $30.56 \pm 15.77 \mu\text{A}$ 를 보였으며, 자가부식 접착시스템 (AQ)을 이용

Table 2. Currents from electrochemical test (μA)

Restoratives	No. of thermocycling	Current (Mean \pm S.D.)
Single Bond + Z250	500	34.37 ± 16.07^b
	5,000	30.56 ± 15.77^b
AQ bond + Metafil	500	19.62 ± 9.11^a
	5,000	21.51 ± 7.98^a

Different letters means statistically significant differences ($p < 0.05$)

Table 3. Two-way ANOVA result

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1506.695 ^a	3	502.232	3.073	0.040
Intercept	28122.282	1	28122.282	172.059	0.000
Material	1416.007	1	1416.007	8.663	0.006
Thermo.	9.216	1	9.216	0.056	0.814
Material * Thermo.	81.471	1	81.471	0.498	0.485
Error	5884.047	36	163.446		
Total	35513.025	40			
Corrected Total	7390.742	39			

Table 4. Currents between restoratives (μA)

Restoratives	Mean \pm S.D.
Single Bond + Z250	32.47 ± 15.62^b
AQ bond + Metafil	20.57 ± 8.39^a

Different letters means statistically significant differences ($p < 0.05$)

한 수복은 각기 $19.62 \pm 9.11 \mu\text{A}$, $21.51 \pm 7.98 \mu\text{A}$ 를 보였다.

통계학적 분석 결과 (Table 3), 수복방법에 따른 유의한 차이는 있었지만 ($p = 0.006$), 열순환 횟수에 따른 차이는 없었다 ($p = 0.814$). 또한 수복방법과 열순환 사이의 상호작용은 없는 것으로 나타났다 ($p = 0.485$).

이에 열순환 횟수에 관계없이 수복재료에 따른 차이를 비교한 결과 (Table 4), 자가부식형 접착시스템인 AQ Bond와 Metafil로 수복된 실험군이 $20.57 \pm 8.39 \mu\text{A}$ 로 $32.47 \pm 15.62 \mu\text{A}$ 를 보인 전부식형 접착시스템인 Single Bond와 Z250으로 수복된 군에 비해 적은 미세누출도를 보였다 ($p = 0.005$).

IV. 총괄 및 고안

수복물 변연부를 통한 미세누출은 구강액이나 박테리아, 독성 물질 등이 치질내로 침투하는 것을 가능하게 하며, 이는 술후 민감증, 2차 우식, 치수 염증 등을 일으켜 결국 수복물 실패를 야기한다²¹⁾.

이와 같은 미세누출을 측정하는 방법으로는 색소 침투법, 중성자활성화법, 유체이동 측정법, 전기 화학법, SEM 검사법 등이 있다. 가장 많이 사용되고 있는 색소 침투법은 평가를 위해 시편을 파괴해야 하며, 절단면만을 측정할 수 있고, 주관이 개입될 수 있다는 단점을 안고 있기에²²⁾, 본 연구에서는 비파괴적이며, 미세누출을 정량적으로 평가할 수 있고, 즉시 결과를 알 수 있으며, 주관이 개입되지 않는 전기 화학적 방법을 사용하였다. 이 방법은 접착 계면에 미세누출이 존재할 경우, 미세전류가 매질을 통해 흐르게 된다는 것을 이용한 방법으로, 양극에는 시편을, 음극에는 stainless steel판을 적용한 후 일정한 전압을 가하면 전류측정기에 미세전류가 표시되는데, 미세전류 측정치가 높으면 미세누출이 크다는 것을 의미한다²³⁾. 그러나 Iwami 등²⁴⁾은 주변의 온도, 습도 등에 의해 미세전류값이 영향을 받을 수 있다고 하였기에, 본 연구에서는 안정적인 미세전류값을 측정하기 위해 전류적용 후 5분에서 10분까지 20초 간격으로 기록된 평균값으로 결정하였으며, 3회 반복 측정하였다.

한편 Nakano²⁵⁾는 이러한 외부 영향을 줄이기 위해 사용 전압이 높은 것이 유리하다 하였으나, Delivanis와 Chapman²⁶⁾은 20 V보다는 10 V를 사용한 경우, 다른 미세누출 연구 결과들과 상관성이 높게 나온다 하여 본 연구에서도 10 V를 사용하였다.

본 연구 결과, 수복재료와 열순환 회수 사이의 상호작용은 없었고 ($p = 0.485$), 열순환 횟수에 따른 차이도 보이지 않았지만 ($p = 0.814$), 수복재료에 따라서는 유의한 차이를 보였다 ($p = 0.006$). 즉 자가부식형 시스템인 AQ Bond와 Metafil로 수복된 실험군이 $20.57 \pm 8.39 \mu\text{A}$ 로,

$32.47 \pm 15.62 \mu\text{A}$ 를 보인 전부식형 시스템인 Single Bond와 Z250으로 수복된 군에 비해 적은 미세누출도를 보였다 ($p < 0.05$).

이는 전부식 시스템과 자가부식 시스템 사이에 차이가 없다는 Brackett 등¹⁶⁾, Santini 등¹⁸⁾의 결과 및 전부식 시스템이 자가부식 시스템에 비해 교합면측 변연부에서는 적은 누출을 보였지만, 상아질 변연부에서는 차이가 없다고 한 Fabianelli 등¹⁷⁾의 결과와 다른 양태를 보였다. 이외에도 2종의 4 세대 시스템 (Scotchbond Multipurpose: Optibond Solo Plus)과 2종의 5 세대 시스템 (Scotchbond 1; Gluma Comfort Bond + Desensitizer) 및 3종의 6 세대 “올인원” 자가부식 시스템 (Adper Prompt-L-Pop; Xeno III, iBond)의 미세누출도를 열순환 자극 (5 - 55℃, 800회)을 부여한 다음 평가한 결과, 4종의 전부식 시스템이 3종의 자가부식 시스템에 비해 낮은 누출도 ($p < 0.0001$)를 보였다는 Gueders 등²⁷⁾의 결과와는 상반되지만, 4 세대 다단계 시스템 (Scotchbond MultiPurpose Plus)과 6 세대 자가부식 시스템 (Clearfil SE Bond)의 미세누출을 2,000회의 열순환 자극을 부여하여 비교한 결과, SE Bond가 우수하였다는 Besnault와 Attal²⁸⁾의 연구 결과와 맥을 같이 한다.

이러한 결과는 산 처리와 동시에 프라이머 성분이 침투하기 때문에 탈회는 되었지만 레진이 침투되지 않은 상아질 층이 전부식 시스템에 비해 상대적으로 적을 수 있다는 점을 감안한다면 접착 초기의 결과로 이해할만한 하다.

한편 자가부식 시스템의 친수성이 전부식 시스템에 비해 강하기 때문에 시간이 경과함에 따라, 접착 및 미세누출도 측면에서 불리해질 수도 있다는 점을 생각해 볼 수 있다. 그러나 본 연구 결과에서는 상대적으로 장시간 사용에 해당하는 5,000회의 열순환 실험군들이 (전부식 시스템: $30.56 \pm 15.77 \mu\text{A}$ / 자가부식 시스템: $21.51 \pm 7.98 \mu\text{A}$) 500회의 열순환 실험군들에 (전부식 시스템: $34.37 \pm 16.07 \mu\text{A}$ / 자가부식 시스템: $19.62 \pm 9.11 \mu\text{A}$) 비해 유의한 차이를 보이지 않았다. 이와 같은 결과는 접착시스템의 종류에 관계없이 미세누출의 차이가 없었다는 해석도 가능하며 또 다른 가능성은 5,000회의 열순환 횟수가 유의한 차이를 이끌어내기에는 불충분한 것이 아닌가? 라는 점을 생각해 볼 수 있다.

열순환 횟수가 미세누출도에 영향을 주는가에 대해서는 다양한 보고들이 이루어지고 있다. Bedran-de-Castro 등²⁹⁾은 인접면 slot형 수복물의 치은 변연부 미세누출에 대해 열순환 자극 (5 - 55℃, 2,000회) 및 기계적 자극 (50,000회 - 80 N) 부여가 영향을 미치지 않는다고 하였으며, Aguiar 등³⁰⁾도 응축형 복합레진 (Solitaire, SureFil, P60)의 미세누출도에 대한 열순환 자극 (5 - 55℃, 3,000회) 효과를 양적으로 판별한 결과, 열순환 전, 후 각기

Solitaire는 4.418 $\mu\text{g/ml}$, 5.471 $\mu\text{g/ml}$; P60은 3.184 $\mu\text{g/ml}$, 3.418 $\mu\text{g/ml}$; SureFil은 2.890 $\mu\text{g/ml}$, 2.779 $\mu\text{g/ml}$ 를 보여 열순환 자극에 의해 약간의 증가는 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없다 하였다. 이외에도 Pazinato 등³¹⁾은 미세누출에 대한 열순환 (5 - 55℃) 횟수의 효과에 대해 각기 0 회, 500 회, 1,000 회, 2,500 회, 5,000 회의 자극을 준 결과, 5급 수복물의 평균 색소 침투 길이가 각기 3.92 mm, 3.13 mm, 4.48 mm, 4.33 mm, 3.42 mm로 나타나 상관관계가 없다 하였다.

한편 앞서 언급하였듯이, 5,000회의 열순환 자극이 충분한가에 대해 Koyuturk 등³²⁾은 자가부식 시스템 (Xeno III, iBond)을 이용한 열구전색제의 미세누출도를 평가한 연구에서 재료의 차이는 보이지 않았지만, 5,000 회에 비해 10,000 회의 열순환에서 미세누출이 크게 증가함으로 보아, 적절한 평가를 위해서는 열순환 횟수를 최소한 10,000 회 시행해야 한다고 보고한 바 있다. 또한 미세누출에 대한 영향은 아니지만, 치질 접착력에 대한 열순환 횟수의 영향에 대해 Miyazaki 등³³⁾은 자가부식 시스템과 (Fluoro Bond, Liner Bond II, Mac Bond II) 단일병 전부식 시스템 (One-Step, OptiBond Solo, Prime & Bond 2.0, Single Bond)을 평가한 결과, 10,000회에서는 큰 차이가 없었으나, 30,000회의 열순환에서는 단일병 전부식 시스템의 접착력이 유의하게 감소한다 하였다.

본 연구에서는 산부식과 프라이머를 동시에 행하는 자가부식형 접착시스템인 AQ Bond/Metafil 수복양태가 단일병 전부식 접착시스템인 Single Bond/Z250 수복양태에 비해 우수한 미세누출도를 보였지만, 열순환 횟수의 증가가 두 접착시스템 모두에서 미세누출의 증가를 가져오지는 않았다. 그러나 수복 후 시간이 경과함에 따라 접착력이 감소하고 미세누출이 증가하리라는 것은 자명한 사실이므로, 향후 수복재의 내구성 평가를 위해서는 실제 임상 조건과 유사한 양태를 만들기 위해 장기간에 걸친 시료 보관 후 최소 10,000회 이상의 열순환 자극과 함께 기계적 자극을 부여하는 것이 적절하리라 사료된다.

V. 결 론

수복물의 내구성에 지대한 영향을 미치는 미세누출도에 대해 열순환 자극 횟수가 연관성이 있는지를 평가하기 위해 우치에 5급 와동을 형성하여 각기 전부식형 접착시스템 (Single Bond/Z250)과 자가부식형 접착시스템 (AQ Bond/Metafil)을 이용하여 수복하였다.

5 - 55℃의 열순환 자극을 각기 500회와 5,000회 시행한 다음 전기화학적 방법으로 미세누출도를 평가한 결과, 수복 방법과 열순환 횟수 사이의 상호작용은 없었으며 ($p = 0.485$), 열순환 횟수에 따른 미세누출의 차이도 없었다 (p

$= 0.814$). 그러나 자가부식형 접착시스템인 AQ Bond와 Metafil로 수복된 실험군이 전부식형 접착시스템인 Single Bond와 Z250으로 수복된 군에 비해 적은 미세누출도를 보였다 ($p = 0.005$).

참고문헌

- Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 34:849-853, 1955.
- Mjör IA. Human coronal dentine: structure and reactions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 33:810-823, 1972.
- Gwinnett AJ, Jendresen M. Micromorphological features of cervical erosion after acid conditioning and its relation with composite resin. *J Dent Res* 7:543-549, 1978.
- Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res* 58:1364-1370, 1979.
- Shimada Y, Iwamoto N, Kawashima M, Burrow MF, Tagami J. Shear bond strength of current adhesive systems to enamel, dentin and dentin-enamel junction region. *Oper Dent* 28:585-590, 2003.
- Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SH. The overwet phenomenon: an optical, micromorphological study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent* 9:43-48, 1996.
- Perdigão J, Van Meerbeek B, Lopes MM, Ambrose WW. The effect of a re-wetting agent on dentin bonding. *Dent Mater* 15:282-295, 1999.
- Frankenberger R, Sindel J, Krjäger N, Petschelt A. Dentin bond strength and marginal adaptation: Direct composite resins vs. ceramic inlays. *Oper Dent* 24:147-155, 1999.
- Swift EJ, Wilder AD, May KN, Waddell SL. Shear bond strengths of one-bottle dentin adhesives using multiple applications. *Oper Dent* 22:194-199, 1997.
- Brunton PA, Cowan AJ, Wilson MA, Wilson NH. A three-year evaluation of restorations placed with a smear layer-mediated dentin bonding agent in non-carious cervical lesions. *J Adhes Dent* 1:333-341, 1999.
- Spencer P, Wang Y, Walker MP, Wieliczka DM, Swafford JR. Interfacial chemistry of the dentin/adhesive bond. *J Dent Res* 79:1458-1463, 2000.
- Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. *J Dent Res* 73:1212-1220, 1994.
- Torii Y, Itou K, Nishitani Y, Ishikawa K, Suzuki K. Effect of phosphoric acid etching prior to self-etching primer application on adhesion of resin composite to enamel and dentin. *Am J Dent* 15:305-308, 2002.
- Erhardt MCG, Cavalcante LMA, Pimenta LAF. Influence of Phosphoric Acid Pretreatment on Self-Etching Bond Strengths. *J Esthet Resto Dent* 16:33-40, 2004.
- Ernst CP. Positioning self-etching adhesives: versus or in addition to phosphoric acid etching? *J Esthet Resto Dent* 16:57-69, 2004.
- Brackett WW, Haisch LD, Pearce MG, Brackett MG. Microleakage of Class V resin composite restorations placed with self-etching adhesives. *J Prosthet Dent*

- 91:42-45, 2004.
17. Fabianelli A, Kugel G, Ferrari M. Efficacy of self-etching primer on sealing margins of class II restorations. *Am J Dent* 16:37-41, 2003.
18. Santini A, Plasschaert AJ, Mitchell S. Effect of composite resin placement techniques on the microleakage of two self-etching dentin-bonding agents. *Am J Dent* 14:132-136, 2001.
19. Cardoso PE, Placido E, Francci CE, Perdigao J. Microleakage of class V resin-based composite restorations using five simplified adhesive systems. *Am J Dent* 12:291-294, 1999.
20. Turkun SL. Clinical evaluation of a self-etching and a one-bottle adhesive system at two years. *J Dent* 31:527-534, 2003.
21. Crim GA, Chapman KW. Reducing microleakage in class II restorations: an in vitro study. *Quint Int* 25:781-785, 1994.
22. Iwami Y, Yamamoto H, Ebisu S. A new electrical method for detecting marginal leakage of in vitro resin restorations. *J Dent* 28:241-247, 2000.
23. Mattison GD, von Fraunhofer JA. Electrochemical microleakage study of endodontic sealer/cements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 55:402-407, 1983.
24. Iwami Y, Yamamoto H, Ebisu S. A new electrical method for detecting marginal leakage of in vitro resin restorations. *J Dent* 28:241-247, 2000.
25. Nakano Y. A new electrical testing method on marginal leakage of composite resin restorations. *Japan J Cons Dent* 8:1183-1198, 1985.
26. Delivanis PD, Chapman KA. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 53:410-416, 1982.
27. Gueders 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* 31:450-455, 2006.
28. Besnault C, Attal JP. Influence of a simulated oral environment on microleakage of two adhesive systems in Class II composite restorations. *J Dent* 30:1-6, 2002.
29. Bedran-de-Castro AK, Cardoso PE, Ambrosano GM, Pimenta LA. Thermal and mechanical load cycling on microleakage and shear bond strength to dentin. *Oper Dent* 29:42-48, 2004.
30. Aguiar FH, Dos Santos AJ, Franca FM, Paulillo LA, Lovadino JR. A quantitative method of measuring the microleakage of thermocycled or non-thermocycled posterior tooth restorations. *Oper Dent* 28:793-789, 2003.
31. Pazinato FB, Campos BB, Costa LC, Atta MT. Effect of the number of thermocycles on microleakage of resin composite restorations. *Pesqui Odontol Bras* 17:337-341, 2003.
32. Koyuturk AE, Akca T, Yucel AC, Yesilyurt C. Effect of thermal cycling on microleakage of a fissure sealant polymerized with different light sources. *Dent Mater* 25:713-718, 2006.
33. Miyazaki M, Sato M, Onose H, Moore BK. Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two-step bonding systems. *Am J Dent* 11:118-122, 1998.

국문초록

열순환 횟수에 따른 복합레진의 미세누출

김창윤 · 신동훈*

단국대학교 치과대학 치과보존학교실

작금의 치질 접착시스템은 도말층 처리 방법에 따라 전부식형과 자가부식형 접착시스템으로 대별된다. 이러한 두 가지 접착시스템의 효용성을 비교, 평가하고 열순환 횟수에 따른 미세누출도 변화를 측정하기 위해 각각의 접착시스템으로 수복된 우치 5급 수복물에, 수복 초기의 효용성을 의미하는 500회의 열순환 자극과 상대적으로 긴 내구성을 의미하는 5,000회의 열순환 자극을 부여한 다음, 전기화학적 방법으로 측정하였다.

건전한 40개의 단근관을 가진 우치를 이용하여, 백악법랑 경계부를 중심으로 5급 와동을 형성하였으며, 치아를 각각 10개씩 4개의 실험군 (열순환 횟수 2종 \times 복합레진 수복 2개 군)으로 분류하였다. 20개의 치아에는 전부식형 접착시스템인 Single bond와 Z250 (shade A4)을, 나머지 20개의 치아에는 자가부식형 접착시스템인 AQ bond와 Metafil (shade A4)로 각각 충진하고 광중합기 (XL2500, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 600 mW/cm²의 광도로 40초간 광중합하였다. 모든 시편을 실온에서 24 시간동안 증류수에 보관한 다음, 연마하고 각 수복물의 반은 섭씨 5도와 55도의 수조에 30초씩 담겼으며 이동 시간 10초의 열순환 (thermocycling)을 500회 시행하였고, 나머지 반은 5,000회 실시하였다.

미세 전류 측정을 위해 직류 공급원인 TOE 8841 (TOELLNER electronic instrument GMBH, Germany)을 이용하여 10 V의 전압을 부여하였으며 6514 system Electrometer (Keithley Co., Cleveland, Ohio, USA)로 미세전류 (μ A)를 측정하였다. 전류를 흐르게 한 다음 5-10분까지 20초 간격으로 측정한 15개 측정치의 평균값을 시편의 미세전류 측정치로 인정하였다.

각 군간의 미세전류 측정치에 대한 유의성은 수복방법 및 열순환 횟수의 변수에 대한 Two-way ANOVA test로 95% 유의 수준에서 검증하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

수복방법과 열순환 횟수 사이의 상호작용은 없었으며 ($p = 0.485$), 열순환 횟수에 따른 미세누출의 차이도 없었다 ($p = 0.814$). 그러나 자가부식형 접착시스템인 AQ Bond와 Metafil로 수복된 실험군이 전부식형 접착시스템인 Single Bond와 Z250으로 수복된 군에 비해 적은 미세누출도를 보였다 ($p = 0.005$).

주요어: 전부식형 접착시스템, 자가부식형 접착시스템, 열순환, 미세누출도, 전기화학적 방법