

상아질 지각과민 처치제의 적용 중에 일어나는 상아세관액 유동의 실시간 측정

김선영¹ · 김은주² · 이인복^{3*}

¹경희대학교 치의학대학원 치과보존학교실, ²동남보건대학 치위생과, ³서울대학교 치의학대학원 치과보존학교실

ABSTRACT

Real-time measurement of dentinal fluid flow during desensitizing agent application

Sun-Young Kim¹, Eun-Joo Kim², In-Bog Lee^{3*}

¹Department of Conservative Dentistry, KyungHee University School of Dentistry, Seoul,

²Department of Dental Hygiene, Dong-Nam Health University, Suwon,

³Department of Conservative Dentistry, Seoul National University School of Dentistry, Seoul, Korea

Objectives: The aim of this study was to examine changes in the dentinal fluid flow (DFF) during desensitizing agent application and to compare permeability after application among the agents.

Materials and Methods: A Class 5 cavity was prepared to exposure cervical dentin on an extracted human premolar which was connected to a sub-nanoliter fluid flow measuring device (NFMD) under 20 cm water pressure. DFF was measured from before application of desensitizing agent (Seal&Protect, SP; SuperSeal, SS; BisBlock, BB; Gluma desensitizer, GL; Bi-Fluoride 12, BF) through application procedure to 5 min after application.

Results: DFF rate after each desensitizing agent application was significantly reduced when compared to initial DFF rate before application ($p < 0.05$). SP showed a greater reduction in DFF rate than GL and BF did ($p < 0.05$). SS and BB showed a greater reduction in DFF rate than BF did ($p < 0.05$).

Conclusions: Characteristic DFF aspect of each desensitizing agent was shown in NFMD during the application procedure. [J Kor Acad Cons Dent 2010;35(5):313-320.]

Key words: Dentin hypersensitivity; Dentinal fluid flow; Desensitizing agent; Fluid flow measuring device; Permeability

-Received 23 April 2010; revised 23 April 2010; accepted 27 April 2010-

서 론

상아질 지각과민증 (Dentin hypersensitivity)을 설명하

는 여러 이론 중에서 현재는 유체역학설 (hydrodynamic theory)이 가장 널리 인정되고 있다. 유체역학설은 상아세관에 가해진 자극이 상아세관액을 이동시킴으로 치수 근처

¹Kim SY, DDS, PhD, Assistant Professor, Department of Conservative Dentistry, KyungHee University School of Dentistry, Seoul, Korea

²Kim EJ, DDS, PhD, Fellow, Department of Dental Hygiene, Dong-Nam Health University, Suwon, Korea

³Lee IB, DDS, PhD, Associate professor, Department of Conservative Dentistry, Seoul National University School of Dentistry and Dental Research Institute, Seoul, Korea

*Correspondence to In-Bog Lee, DDS, PhD.

Associate professor, Department of Conservative Dentistry, Seoul National University School of Dentistry and Dental Research Institute, 275-1 Yeongeon-dong, Jongno-gu, Seoul, Korea 110-768

Tel, +82-2-2072-3953; Fax, +82-2-2072-3859; E-mail, inboglee@snu.ac.kr

의 깊은 상아질이나 치수 내 감각신경의 기계적 수용기를 자극하여 통증을 야기한다는 것이다.¹ 유체 역학설에 따라 과민증을 보이는 부위의 상아질은 상아세관이 열려 있어 높은 투과성을 보여야 하며, 논리적으로 상아세관의 투과도를 줄이거나 완전히 없앤다면 상아질 지각과민증은 증상이 줄어들거나 없어져야 한다.² 임상적으로도 상아질 지각과민증을 보이는 환자는 보철물의 변연 누출이나 치경부 마모증, 백악질 소실 등으로 인해 상아질이 노출되어 있는 경우가 대부분이며 지각과민증을 보이는 부위일수록 직경이 넓고 투과도가 큰 상아세관을 많이 포함하고 있다는 것이 보고되었다.³

치경부 상아질 지각과민증을 보이는 치아가 중등도 이상의 치경부 마모증이 있는 경우에는 5급 복합레진 수복이나 글래스 아이오노머 수복을 시행하면 상아질 지각과민증의 증상이 크게 개선되지만, 정도 이하의 치경부 마모증이나 치은 퇴축으로 인해 치근이 노출된 경우에는 진료실에서 증상을 감소시키는 방법으로 수복 치료보다는 지각과민 처치제를 주로 사용한다. 지각과민 처치제는 대개 바니쉬 (varnish)나 침전 유도제제 (precipitating agent), HEMA (Hydroxyethylmethacrylate)를 포함하는 프라이머와 같이 중합되지 않는 제제와 시멘트와 레진 계열의 중합이나 경화를 거치는 제제로 분류할 수 있다.⁴ 상아질 지각과민 처치제의 기전은 아직까지 명확하게 밝혀지지 않았지만, 현재 진료실에서 주로 사용되는 대부분의 처치제가 상아질 표면을 밀폐하거나 상아세관액의 단백질 침착이나 칼슘 복합체를 형성하여 상아세관을 막거나 상아세관의 직경을 감소시켜 상아세관액의 이동을 억제함으로써 환자의 지각과민증을 완화시킨다. 그 동안 지각과민 처치제의 적용에 따른 상아세관 차단 효과에 대한 많은 보고들이 있었으나, 어떤 기전의 어떤 제품이 상아세관 차단 효과가 가장 우수한지에 대해서는 통일된 결론이 아직까지 나오지 않았다.⁵

지금까지 상아질 지각과민 처치제의 상아세관의 차단 효과의 평가는 주로 SEM을 통해 반응 침전물에 의한 상아세관의 폐쇄를 관찰하거나 시편으로 제작된 상아질 원판 (dentin disc)의 hydraulic conductance의 측정을 통해 투과도 변화를 관찰함으로써 이루어졌다.⁵ 그러나 아직까지 지각과민 처치제가 도포되었을 때 상아세관을 폐쇄하면서 생기는 상아세관의 투과도 변화를 연속적으로 관찰한 보고는 없었다.

최근에 이 등과 김 등은 sub-nanoliter 수준의 해상도를 갖는 미세 유체 흐름 측정장치를 개발하여 실시간으로 복합레진 수복 과정의 미세한 상아세관액 흐름의 변화를 측정할 결과를 보고하였다.^{6,7} 이번 연구에서는 이 미세 유체 흐름 측정 장치를 이용하여 5급 와동에서 지각과민 처치제의 적용과정을 통한 상아세관액의 흐름을 변화를 실시간으로 측정하고 각 처치제의 초기 상아세관 차단 효과를 비교하였다.

연구 재료 및 방법

1. 미세 유체 흐름 측정장치의 구조와 동작원리

본 연구를 위해 사용한 미세 유체 흐름 측정장치는 크게 세 부분으로 구성되어 있다. 첫째; 물의 흐름을 감지하는 모세관과 광 센싱부, 둘째; 물의 흐름을 추적하는 서보모터와 구동부, 셋째; 모터의 회전을 측정하여 물의 이동량으로 변환하는 엔코더와 컴퓨터 기록 장치이다. 본 연구에서 사용된 미세 흐름 측정장치의 최소 측정 가능한 물의 흐름량은 0.196 nL이다. 본 장치의 세부 동작 원리는 이전의 연구에 자세히 기술되어 있다.⁷

2. 시편 제작

교정 치료를 위해 발치된 지 3개월 이내의 치아우식증이 없는 상, 하악 소구치가 연구에 사용되었다. 발치된 치아는 1% chloramine T 용액에 보관하였다. Low speed diamond saw (Isomet, Buehler, IL, USA)를 이용하여 CEJ 하방 5 mm의 치근을 절제하였다. 치수강에 존재하는 치수는 3% NaOCl 용액과 근관 치료용 파일을 이용하여 제거하였다.

10 mm × 10 mm × 2 mm의 plexiglass를 sand-blasting 한 후 중앙에 지름 0.9 mm의 구멍을 형성하였다. 구멍에 지름 0.9 mm의 금속 튜브를 삽입한 후 금속 튜브의 한쪽 끝이 치수강에 위치하도록 plexiglass를 치아의 절단면에 상아질 접착제 (Scotbond Multipurpose, 3M ESPE, St Paul, MN, USA)와 flowable resin (Denflow, Vericom, Korea)을 이용하여 접착하였다. 노출된 치근면 및 접착된 Plexiglass와 치아, 금속 튜브의 경계면은 nail barnish를 도포하여 밀폐하였다.

만들어진 시편을 증류수에 보관하였으며, 실험 2시간 전부터 20 cm H₂O의 정수압을 미리 가하여 치수압과 비슷한 조건을 만들었다.⁸

3. 5급 와동 형성 및 지각과민 처치제의 도포 전, 후의 상아세관액 흐름의 측정

제작한 치아 시편을 증류수를 채운 실리콘 튜브 (내경 0.81 mm)를 통해 미세 유체 흐름 측정장치에 연결하였다 (Figure 1). 상아세관액의 흐름이 없는 시편을 대상으로 고속 터빈과 102R 다이아몬드 버를 이용해 치경부에 상하 3 mm, 근원심 4 mm, 깊이 2 mm의 V자 형태의 5급 와동을 형성하였다. 와동 형성 시 형성된 표면의 도말층을 제거하기 위해 32% 인산을 이용하여 15초 동안 산 부식한 후 물로 세척하고 젖은 면구를 이용하여 blot-dry 하였다. 형성

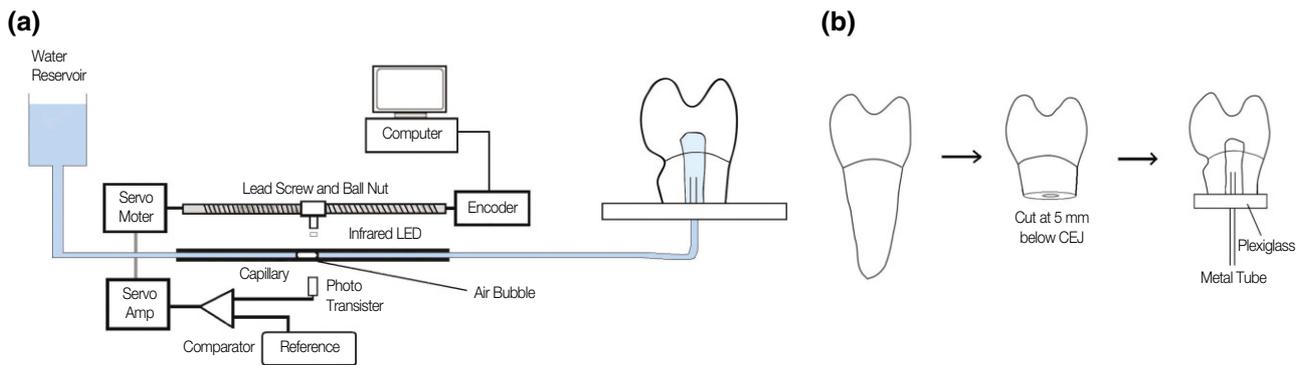


Figure 1. (a) Schematic diagram of the sub-nanoliter scaled dentinal fluid flow measurement system connected to a specimen. (b) Specimen preparation.

Table 1. Components and application procedures of desensitizing agents used in this study

Desensitizing agent (Code)	Components	Procedure	Manufacturer
Seal&Protect (SP)	Di-and trimethacrylate resin, PENTA, Functionalised amorphous silica, photo- initiators, Butylated hydroxytoluene, Cetylamine hydrofluoride, Triclosan, Acetone	Apply (dwell for 20s), gentle air, light-cure (10s), re-apply, gentle air, light-cure (10s)	Dentsply, USA
SuperSeal (SS)	Oxalate, potassium salt	Apply 30s, gentle air dry	Phoenix Dental, USA
BisBlock (BB)	Ferric oxalate	E&R ^a , apply (dwell for 30s), rinse	Bisco, USA
Gluma Desensitizer (GL)	Glutaraldehyde, HEMA, purified water	Apply (dwell for 60s), air dry, rinse	Heraeus, Germany
Bi-Fluoride 12 (BF)	Sodium and calcium fluoride	Apply (dwell for 20s), air dry	Voco, Germany

Abbreviations: PENTA, dipentaerythritol penta acrylate mono monophosphate; HEMA, Hydroxyethylmethacrylate; E&R, acid etching and rinse.

^aE&R were omitted in this study because it was already performed during specimen preparation.

된 와동에는 제조사의 지시를 따라 각 실험군의 지각과민 처치제가 적용되었다 (Table 1).

상아세관액의 유동은 blot-dry 후 60-100초 정도부터 측정하기 시작하여 지각 과민 처치제를 도포하고 나서 5분 후 까지 측정하였다. Blot-dry 후 측정되는 초기 상아세관액의 흐름율로 지각과민 처치제 도포 전까지의 평균 흐름율을 구 하였다. 이 초기 상아세관액의 흐름율은 각 치아 시편의 노출된 상아질의 투과도를 의미하며, 지각과민 처치제 도포 이후에 측정되는 상아세관액 흐름율 변화의 비교 기준이 된다 (baseline flow rate). 지각과민 처치제 도포 후의 상아 세관액의 흐름율은 지각과민 처치제 도포 후 5분 동안에 일어난 평균 흐름율을 구하였다. 초기 상아세관액의 흐름율을

기준으로 지각과민 처치제 도포 후의 변화된 상아세관액의 흐름율이 얼마나 감소하였는지 계산하였다. 수식은 다음과 같다.

상아세관액 흐름율 감소 (%) = $100 \times (\text{초기 상아세관액의 흐름율} - \text{도포 후 상아세관액의 흐름율}) / \text{초기 상아세관액의 흐름율}$.

상아세관액의 흐름 측정 시 실내 온도는 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 습도는 $30 \pm 5\%$ 였다. 각 군당 치아 시편의 수는 6개였다.

각 지각과민 처치제의 도포 전 후의 흐름율의 변화의 차이는 paired t-test를 이용하여 검증하였다. 지각과민 처치제 간의 흐름율의 감소에 차이가 있는지 여부의 검증은 one-way ANOVA를 이용하였고, 사후검정으로는 Duncan's

test를 시행하였다. 통계 검증은 SPSS 14.0을 이용하여 95% 신뢰구간에서 시행하였다.

결 과

실험에 사용되었던 각 지각과민 처치제의 도포 전 후 상아세관액의 유동은 Figures 2-6과 같다. 각 시편에서 지각과민 처치제 적용 (그림에서 A point) 전까지의 평균 상아세관액 흐름율은 지각과민 처치제 적용 후 변화된 상아세관액

흐름율의 비교기준인 초기 상아세관액 흐름율에 해당한다. 실험에 사용하였던 모든 지각과민 처치제는 적용 후의 흐름율이 초기 상아세관액 흐름율에 비해 유의하게 감소하였다 ($p < 0.05$). 각 지각과민 처치제의 도포 과정은 상아세관액의 유동에 예민하게 반영되었다. “도포 후 건조 방식” (application-and-dry)의 간단한 적용과정을 갖는 SS와 BF의 경우, 지각과민 처치제의 적용 자체가 흐름율을 감소시켰고, 건조 시 순간적으로 흐름율이 급격히 증가하지만 전체적으로 큰 요동 없이 완만하게 흐름율이 감소하는 것을

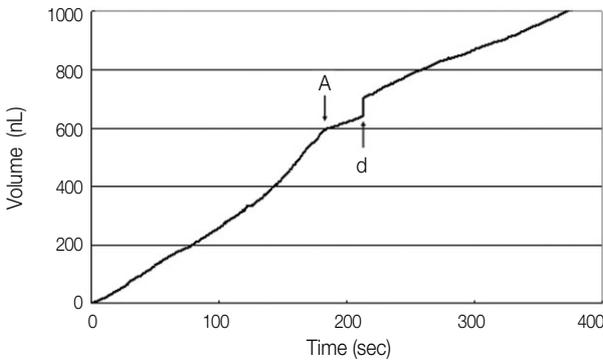


Figure 2. A representative curve of consecutive dentinal fluid flow (DFF) during Bi-Fluoride 12 application. Upward (positive slope) movement vs time on graph indicates outward DFF, whereas downward (negative slope) movement indicates inward DFF. A, application of desensitizing agent; d, air dry.

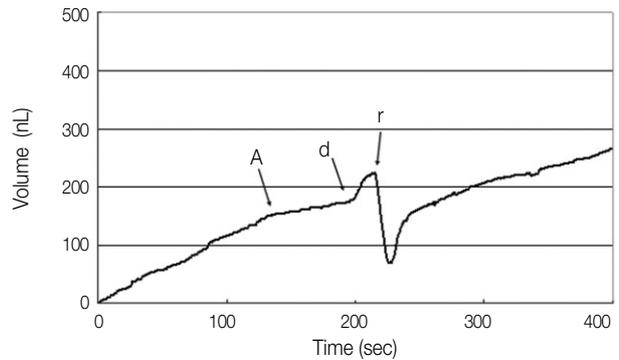


Figure 3. A representative curve of consecutive DFF during Gluma desensitizer application. Upward (positive slope) movement vs time on graph indicates outward DFF, whereas downward (negative slope) movement indicates inward DFF. A, application of desensitizing agent; d, air dry; r, rinse.

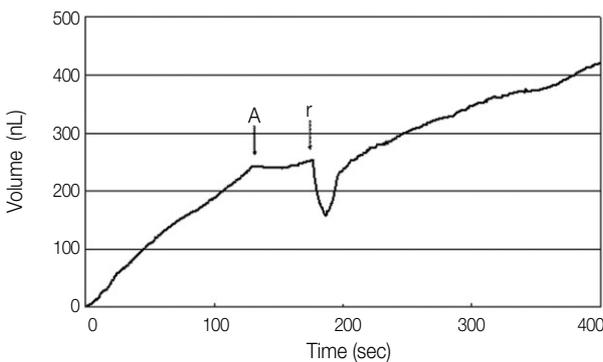


Figure 4. A representative curve of consecutive DFF during BisBlock application. Upward (positive slope) movement vs time on graph indicates outward DFF, whereas downward (negative slope) movement indicates inward DFF. A, application of desensitizing agent; r, rinse.

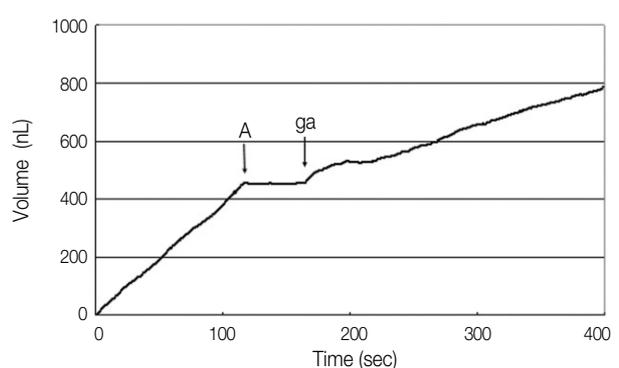


Figure 5. A representative curve of consecutive DFF during SuperSeal application. Upward (positive slope) movement vs time on graph indicates outward DFF, whereas downward (negative slope) movement indicates inward DFF. A, application of desensitizing agent; ga, gentle air dry.

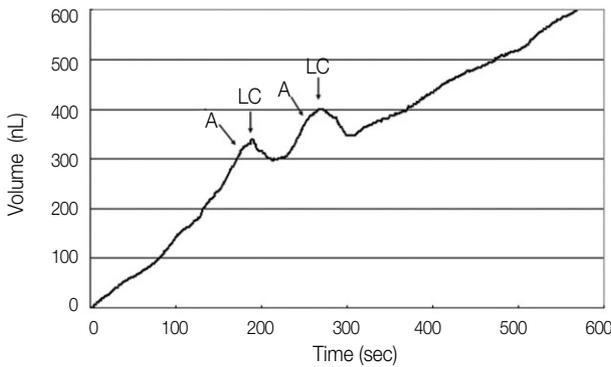


Figure 6. A representative curve of consecutive DFF during Seal&Protect application. Upward (positive slope) movement vs time on graph indicates outward DFF, whereas downward (negative slope) movement indicates inward DFF. A, application of desensitizing agent; LC, light-curing.

보이고 있다. GL과 BB도 SS, BF와 비슷한 적용방식이지만 수세 과정에 따른 일시적 음의 흐름율이 반영된 요동을 보였다. SP의 경우는 두 번의 “도포 후 광중합 방식”(application-and-light curing)의 과정을 거치는 적용방식을 가지고 있어서, 광중합에 의한 음의 경사도를 보이는 inward flow가 적용중의 상아세관액 유동에 그대로 반영되었다.

실험에 사용되었던 지각과민 처치제의 도포 직후 흐름율 감소의 결과는 Figure 7과 같다. SP는 GL과 BF에 비해 유의하게 투과도 감소가 나타났다 ($p < 0.05$). SS와 BB는 BF에 비해 유의하게 투과도 감소를 보였다 ($p < 0.05$).

총괄 및 고찰

상아질 지각과민증을 치료하는 데는 크게 두 가지 접근법이 있다. 첫째는 신경의 탈분극을 유도하는 K^+ 이온의 농도를 높여서 자극에 대한 치수 내 감각 신경의 흥분을 억제하는 방법이며, 둘째는 상아세관을 막아서 상아세관액의 흐름을 차단하는 방법이 있다.² Bränstrom의 유체 역학설이 널리 받아들여지면서 효과적으로 상아세관을 막는 지각과민 처치제들이 대부분의 진료실에서 주로 쓰이고 있다. 지각과민 처치제의 상아세관 차단 효과에 대한 많은 실험실 연구들이 split chamber에 넣은 상아질 원판을 모세관에 연결해서 지각과민 처치제 도포 전 후 상아질의 투과도 차이를 비교하였다.^{5,9} 이 방법은 시편의 제작과 지각과민 처치제의 적용이 편리하다는 점에서 많은 연구들에서 이용되었지만, 대개의 연구들에서 물의 흐름을 감지하기 위해 모세관에 넣

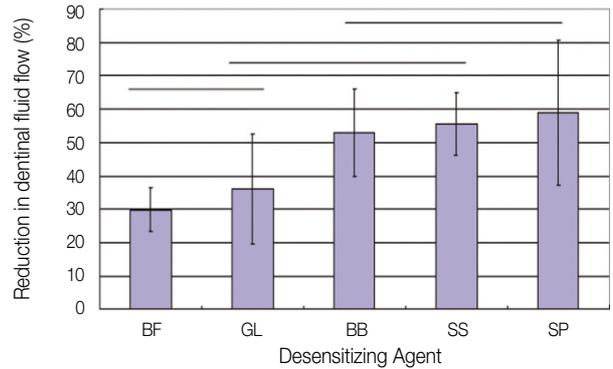


Figure 7. Reduction in dentinal fluid flow of desensitizing agents (%). Desensitizing agents under same bar did not show statistically significant difference.

은 공기 방울의 움직임을 빨리 하기 위해서 생리적 치수압보다 훨씬 높은 압력을 가하거나 노출된 상아질의 위치나 모양이 실제 임상적 상황을 재현한다고 보기는 어렵다는 단점을 갖고 있다. 본 연구에서는 20 cm H₂O의 생리적 치수압을 적용하고 치아의 외형을 유지한 채로 지각과민증이 가장 잘 나타나는 치경부 상아질을 노출시켜 지각과민 처치제의 상아세관액의 흐름율에 미치는 효과를 관찰했다는 점에서 훨씬 임상적인 상황에 근접한 실험이라고 할 수 있다. 또한 본 연구는 정밀도가 우수한 미세 유체 흐름 측정장치를 통해서 지각과민 처치제의 적용 과정 중에 일어나는 미세한 상아세관액 흐름율의 변화를 실시간으로 측정할 수 있는 연구이다.

SS와 BF와 같이 “적용 후 건조”(application-and-dry)의 단순한 처치 과정을 갖는 지각 과민 처치제는 상아세관액의 흐름 양상에서 적용 과정을 마치 계단 형태의 모양 (“step-like” figure)으로 반영됐다 (Figures 2 and 5). 지각과민 처치제 도포 자체로 인해 상아세관액의 흐름율은 일시적으로 감소하다가 air dry시에는 약하게 행했음에도 불구하고 급격하게 흐름율이 증가하는 것을 보였고, 곧바로 초기 상아세관액의 흐름율에 비해 기울기가 감소한 상태의 일정한 양의 흐름율을 보였다. 광중합 과정을 포함하는 SP의 경우는 광중합 시 흐름율이 음의 기울기로 감소하는 것을 관찰 할 수 있었다. 이는 광중합기로부터 발생하는 열에 의해 상아세관액이 팽창해서 치수쪽으로 밀려들어가는 것을 의미한다.⁷ 광중합이 끝나면 rebound 효과에 의해 흐름율이 급격하게 증가하고 곧이어 일정한 기울기의 안정적인 흐름율을 보였다.

본 연구에 이용된 모든 지각과민 처치제는 초기 상아세관액 흐름율에 비해 모두 유의하게 상아세관액의 흐름율을 감소시켰다 ($p < 0.05$). 일정한 압력하에서 상아세관액의 흐름율을 결정하는 주요 요인은 상아세관의 직경이다. 따라서 상아세관액의 흐름율 감소는 바로 상아세관의 폐쇄 효과를 반영하는 것이다. 본 연구에서 사용된 지각과민 처치제는 모두 상아세관을 부분적으로 차단한다는 점에서 어느 정도 지각과민 감소의 효과를 기대할 수 있으리라 생각된다.

그러나 본 연구의 결과에서 지각과민 처치제간 투과도 감소면에서 유의한 차이가 발견되었다. SP, SS, BB의 경우는 상아세관 차단 효과가 우수했으며, BF와 GL은 상아세관 차단 효과가 낮았으며 SP와 통계적으로 유의한 차이를 보였다. SP는 부분적으로 산성을 띄는 기능성 단량체인 PENTA (dipentaerythritol penta acrylate mono monophosphate)와 methacrylate계의 레진, 광기시제, filler 등을 성분으로 갖고 있어 작용기전은 one-step self-etch 접착제와 비슷한 방식으로 hybrid layer를 형성해서 상아세관의 입구를 막을 것으로 생각된다. One-step self-etch 방식의 접착제가 permeable membrane인 것처럼, SP를 한 층으로만 도포할 경우 친수성으로 인해 상아세관액이 흘러나오는 상아세관을 효과적으로 차단하기 어려울 것이다.¹⁰ SP 두 번째 층이 일차적으로 상아세관액을 막은 첫 번째 층의 밀폐도를 강화할 것이라고 생각되며, 그것이 제조사가 두 층으로 도포할 것을 지시하는 의도로 보인다. 기존의 실험실 연구 및 임상 연구에서도 SP는 우수한 상아세관 차단 능력 및 지각과민증 억제 효과의 결과를 보였다.^{11,12}

SS는 K^+ ion에 의한 치수 감각 신경의 흥분을 방해하는 기전과 상아질표면이나 상아세관 내 칼슘이온과 결합해서 calcium oxalate crystal을 형성하여 상아세관을 막는 두 가지 기전이 제시되고 있다. 제조사는 2분 내에 calcium oxalate crystal을 만든다고 주장하고 있으며 이는 본 연구에서 적용 직후 즉시 상아세관액 흐름율 감소의 결과를 통해 보여졌다고 생각된다. Potassium Oxalate 계열의 지각과민 처치제는 실험 방법은 비록 차이가 있지만 기존의 다른 연구들에서 상아세관 투과도 감소 효과가 88-98%에 이른다고 보고되는 등 높은 상아세관 차단 효과와 상아질 지각과민증 억제 효과가 오래 전부터 알려져 온 제제이다.^{13,14} 본 연구에서 oxalate의 상아세관 폐쇄 효과만을 가지고 우수한 성적을 가져 온 것을 보면 실제 임상에서 K^+ 의 작용까지 동반한다면 상아질 지각과민증 억제 효과가 클 것으로 기대해 볼 수 있다.

제조사가 권장하는 BB의 적용 방식은 산부식을 시행하고 나서 oxalate를 적용하고 수세한 후 prime-and-adhesive의 접착제를 도포하여 광중합 시키는 것이다. 그러나 본 연구에서는 접착제에 의한 효과를 배제하고 ferric oxalate 제제 자체의 상아세관 폐쇄 효과를 보기 위해 접착제 도포와

광중합 과정을 시행하지 않았다. 본 연구에서 BB는 접착제에 의한 상아질 밀폐 효과 없이 oxalate의 효과만으로 상아세관흐름율 감소효과가 뛰어난 것이 확인이 되었다. 제조사의 지시대로 접착제를 도포하고 광중합까지 시행을 할 경우 oxalate와 접착제에 의한 이중적인 상아세관 폐쇄 효과가 다른 지각과민 처치제에 비해 오래 지속되는 지 확인하는 것은 향후의 흥미로운 연구주제로 보인다.

본 연구에서 가장 낮은 상아세관액 흐름율 감소를 보인 BF는 fluoride 제제이다. Fluoride제제는 calcium 이온과 결합하여 CaF_2 crystal을 형성해서 상아세관을 폐쇄한다고 알려져 있다.¹⁵ Fluoride 제제는 여러 연구에서 oxalate 제제에 비해 상아세관 폐쇄 효과가 떨어진다는 보고를 하고 있으며,^{2,13,16} 특히 SEM 관찰 결과에서 fluoride 제제의 시편에서 crystal 구조를 잘 볼 수 없다는 보고들이 있었다.^{13,16} 그러나 fluoride의 상아질 지각과민증 억제 효과를 보인 임상 연구들 역시 보고 되고 있어 상아질 지각과민증 억제 기전이나 그 효능에 있어서 다소 논란의 여지가 있다.^{17,18} 다만 본 연구에서는 산부식을 통해 smear layer가 제거된 상태에서 적용되었고, 그마저도 정수압에 의한 outward의 상아세관액에 쉽게 씻겨 나가기 때문에, fluoride ion이 노출된 콜라겐 하방이나 상아세관 내 calcium 이온과 접촉을 힘들게 하고 그로 인해 CaF_2 crystal형성이 어려웠을 가능성이 있다. 또한, crystal을 형성한 CaF_2 역시 불안정한 화합물이라서 쉽게 해리되는 경향이 있어 상아세관 폐쇄 효과가 제한적이었을 가능성이 있다.

GL은 가장 오랫동안 사용된 지각과민 처치제 중 하나이다. GL의 작용기전은 glutaraldehyde가 상아세관액 내의 단백질 성분과 반응해서 침전반응을 야기시켜 상아세관의 내경을 좁히고, 이 침전물은 다시 HEMA의 중합을 촉진해서 역시 상아세관의 폐쇄를 야기하는 것이다.^{19,20} 많은 연구들에서 GL은 우수한 상아질 지각과민증 억제 효과를 보였다.²¹⁻²³ 본 연구에서 GL이 상아세관 폐쇄 효과를 크게 일으키지 못한 것은 실험에서 상아세관액으로 단백질이 들어있지 않은 증류수를 사용했기 때문에 GL의 작용이 매우 제한적이었으리라 생각된다. 실제로 serum albumin을 상아세관액으로 사용한 이전 연구들에서는 GL이 높은 상아세관 폐쇄 효과를 보였다.^{11,24}

본 연구에서 단백질이 들어 있는 생리적 용액을 사용하지 못한 이유는 생리적 용액내의 단백질이 유체 흐름 측정장치의 모세관에 침착이 되면 모세관의 직경이 점점 좁아져서 각 시편의 유체 흐름율을 측정할 때 일관적이지 못한 결과가 나오기 때문에 상아세관액으로 증류수를 사용할 수 밖에 없었다. 추후의 연구에서 생리적 용액을 사용하면서도 유체 흐름 측정장치의 정확한 측정을 가능하게 하는 정교한 실험 방식을 정립할 필요가 있겠다.

본 연구는 상아질 지각과민 처치제의 적용을 전 후로 상아

세관액 흐름을 변화를 통해 초기 상아세관 차단 효과를 관찰하였다. 실제로 지각과민 처치제를 적용한 치아에는 늘 타액으로 덮여 있으며 주기적인 양치질로 인해 물리적으로 지각 과민 처치제가 벗겨지는 일도 많이 일어날 수 있다. 또한 레진 성분이 들어 있는 지각과민 처치제의 경우는 구강 내 온도변화에 대해서도 치아와의 팽창율의 차이로 인해 상아질 표면의 유지에 어려움을 겪을 수 있다. 다양하게 재현된 구강 내 조건하에서 지각과민 처치제 적용 후 상아세관액의 흐름을 관찰하여 지각 과민 처치제가 얼마나 상아세관 차단 효과를 유지하는 지 고찰하는 것은 향후의 흥미로운 연구주제가 될 것이다.

결론

해상력이 우수한 미세 유체 흐름 측정장치를 이용해서 치경부의 노출된 상아질 부위에 상아질 지각과민 처치제의 적용 과정 중 상아세관액의 유동을 실시간으로 측정본 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 미세 유체 흐름 측정장치를 통해 지각과민 처치제의 도포 과정 동안 각 처치제의 특징적인 상아세관액의 유동을 관찰할 수 있었다.
2. 실험에 사용한 모든 상아질 지각과민 처치제 (SP, SS, BB, GL, BF)에서, 적용 후 상아질의 투과도는 적용 전과 비교하여 유의하게 감소하였다 ($p < 0.05$).
3. 지각과민 처치제 간에는 상아질 투과도 감소면에서 유의한 차이가 발견되었다. SP는 GL과 BF에 비해 유의하게 투과도 감소가 나타났다 ($p < 0.05$). SS와 BB는 BF에 비해 유의하게 투과도 감소를 보였다 ($p < 0.05$).

References

1. Brännström M, Lindén LA, Aström A. The hydrodynamics of the dental tubule and of pulp fluid. A discussion of its significance in relation to dentinal sensitivity. *Caries Res* 1967;1:310-317.
2. Pashley DH. Dentin permeability, dentin sensitivity, and treatment through tubule occlusion. *J Endod* 1986;12:465-474.
3. Absi EG, Addy M, Adams D. Dentine hypersensitivity. A study of the patency of dentinal tubules in sensitive and non-sensitive cervical dentine. *J Clin Periodontol* 1987;14:280-284.
4. Pashley DH. Potential treatment modalities for dentine hypersensitivity: in-office products. In: Tooth wear and sensitivity: clinical advances in restorative dentistry, Addy M, Embrey G, Edgar WM, Orchardson R eds, Martis Dunitz, London, 2000.351-365.
5. Vieira AH, Santiago SL. Management of dentinal hypersensitivity. *Gen Dent* 2009;57:120-126.
6. Lee IB, Kim MH, Kim SY, Chang J, Cho BH, Son HH, Back SH. Development of nano-fluid movement measuring device and its application to hydrodynamic analysis of dentinal fluid. *J Kor Acad Cons Dent* 2008;33:141-147.
7. Kim SY, Cho BH, Baek SH, Lim BS, Lee IB. Real-time measurement of dentinal tubular fluid flow during and after amalgam and composite restorations. *J Kor Acad Cons Dent* 2009;34:467-476.
8. Ciucchi B, Bouillaguet S, Holz J, Pashley D. Dentinal fluid dynamics in human teeth, in vivo. *J Endod* 1995;21:191-194.
9. Pashley DH, Stewart FP, Galloway SE. Effects of air-drying in vitro on human dentine permeability. *Arch Oral Biol* 1984;29:379-383.
10. Itthagarun A, Tay FR, Pashley DH, Wefel JS, García-Godoy F, Wei SH. Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part III. Evidence from fluid conductance and artificial caries inhibition. *Am J Dent* 2004;17:394-400.
11. Camps J, About I, Van Meerbeek B, Franquin JC. Efficiency and cytotoxicity of resin-based desensitizing agents. *Am J Dent* 2002;15:300-304.
12. Pamir T, Dalgac H, Onal B. Clinical evaluation of three desensitizing agents in relieving dentin hypersensitivity. *Oper Dent* 2007;32:544-548.
13. Pereira JC, Segala AD, Gillam DG. Effect of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin subjected to different surface pre-treatments--an in vitro study. *Dent Mater* 2005;21:129-138.
14. Pashley DH, Galloway SE. The effects of oxalate treatment on the smear layer of ground surfaces of human dentine. *Arch Oral Biol* 1985;30:731-737.
15. Greenhill JD, Pashley DH. The effects of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin in vitro. *J Dent Res* 1981;60:686-698.
16. Paes Leme AF, dos Santos JC, Giannini M, Wada RS. Occlusion of dentin tubules by desensitizing agents. *Am J Dent* 2004;17:368-372.
17. Thrash WJ, Jones DL, Dodds WJ. Effect of a fluoride solution on dentinal hypersensitivity. *Am J Dent* 1992;5:299-302.
18. Yates RJ, Newcombe RG, Addy M. Dentine hypersensitivity: a randomised, double-blind placebo-controlled study of the efficacy of a fluoride-sensitive teeth mouthrinse. *J Clin Periodontol* 2004;31:885-889.
19. Qin C, Xu J, Zhang Y. Spectroscopic investigation of the function of aqueous 2-hydroxyethylmethacrylate/glutaraldehyde solution as a dentin desensitizer. *Eur J Oral Sci* 2006;114:354-359.
20. Munksgaard EC. Amine-induced polymerization of aqueous HEMA/aldehyde during action as a dentin bonding agent. *J Dent Res* 1990;69:1236-1239.
21. Kakaboura A, Rahiotis C, Thomaidis S, Doukoudakis S. Clinical effectiveness of two agents on the treatment of tooth cervical hypersensitivity. *Am J Dent* 2005;18:291-295.
22. Ozen T, Orhan K, Avsever H, Tunca YM, Ulker AE, Akyol M. Dentin hypersensitivity: a randomized clinical comparison of three different agents in a short-term treatment period. *Oper Dent* 2009;34:392-398.
23. Davidson DF, Suzuki M. The Gluma bonding system: a clinical evaluation of its various components for the treatment of hypersensitive root dentin. *J Can Dent Assoc* 1997;63:38-41.
24. Ishihata H, Kanehira M, Nagai T, Finger WJ, Shimauchi H, Komatsu M. Effect of desensitizing agents on dentin permeability. *Am J Dent* 2009;22:143-146.

국문초록

상아질 지각과민 처치제의 적용 중에 일어나는 상아세관액 유동의 실시간 측정

김선영¹ · 김은주² · 이인복^{3*}

¹경희대학교 치의학대학원 치과보존학교실, ²동남보건대학 치위생과, ³서울대학교 치의학대학원 치과보존학교실

연구목적: 본 연구의 목적은 미세 유체 흐름 측정장치를 이용해서 각 상아질 지각과민 처치제의 적용 과정 중 발생하는 상아세관액 흐름의 유동을 관찰하고, 상아질 지각과민 처치제 간 적용 후 투과도 감소의 차이를 비교하고자 하는 것이다.

연구 재료 및 방법: CEJ 5 mm 하방에서 절단한 소구치를 미세 흐름 측정장치에 연결하여 20 cm H₂O의 정수압을 가하였다. 치경부에 상하 3 mm, 근원심 4 mm, 깊이 2 mm의 V자 형태의 5급 와동을 형성하고 smear layer를 제거하기 위해 15 초 동안 산 부식한 후 상아질 지각과민 처치제를 적용하였다. 사용된 상아질 지각과민 처치제는 Seal&Protect (SP), SuperSeal (SS), BisBlock (BB), Gluma desensitizer (GL), Bifluoride 12 (BF) 이다. 상아세관액의 흐름은 지각과민 처치제 도포 전부터 도포 후 5분까지 실시간으로 측정되었다.

결과: 실험에 사용한 모든 상아질 지각과민 처치제는 적용 후의 상아세관액 흐름율이 적용 전에 비해 유의하게 감소하였다 ($p < 0.05$). SP는 GL과 BF에 비해 유의하게 투과도 감소가 나타났다 ($p < 0.05$). SS와 BB는 BF에 비해 유의하게 투과도 감소를 보였다 ($p < 0.05$).

결론: 지각과민 처치제의 도포 과정 동안 각 처치제의 특징적인 상아세관액의 유동을 미세 유체 흐름 측정장치를 통해 관찰할 수 있었다.

주요단어: 과민증 처치제; 상아세관액 흐름; 상아질 과민증; 유체 흐름 측정장치; 투과도