

*In vivo*에서 상아질 접착제 도포가 상아세관액 이동과 치수신경활동에 미치는 영향

서울대학교 치과대학 치과보존학교실¹
전북대학교 치과대학 치과보존학 교실² 및 구강생리학교실³

손호현¹ · 이광원² · 빅수정³

Abstract

IN VIVO EFFECTS OF DENTIN BONDING AGENTS ON DENTINAL FLUID MOVEMENT AND INTRADENTAL NERVE ACTIVITY

Ho-Hyun Son¹, Kwang-Won Lee², Soo-Jung Park³

*Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National university¹,
Chonbuk National University^{2,3}*

The effect of application of dentin bonding agent to the exposed dentin on the intradental nerve activity (INA), dentinal fluid movement and sealing of the dentinal tubules, was investigated in this study. The INA was recorded from the single pulp nerve unit dissected from the inferior alveolar nerve. And specimen of dentin was observed by SEM. Dentinal fluid movement through exposed dentin surface was measured before and after the application of dentin bonding agent.

1. Eight A δ -fiber units (conduction velocity : 8.0 ± 4.0 m/sec) were identified. 4M NaCl evoked an irregular burst of action potentials which ceased immediately after washing.
2. In 4 A δ -fiber units, application of All Bond 2 completely abolished the INA induced by 4M NaCl. Also, application of Scotchbond Multipurpose(SBMP) totally abolished the INA induced by 4M NaCl in 4 A δ -fiber units.
3. Before the application of dentin bonding agent, outward dentinal fluid movement of 10.2 ± 5.7 pl \cdot s⁻¹ \cdot mm⁻² was observed. But after the application of dentin bonding agent the movement of dentinal fluid was stopped.
4. The gap width of 2-3 μ m was formed between exposed dentin and adhesive resin in the specimens applied with dentin bonding agents of All Bone 2 and SBMP. But the formation of hybrid layer and the penetration of resin into dentinal tubules were not clearly observed in interface between dentin and adhesive resin.

* 이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

I. 서 론

상아질 접착제는 상아질 표면과 수복물질간의 결합을 증진시키기 위한 목적으로 사용되고 있는데 상아질과 수복물질간의 결합에는 상아질의 구성성분이나 표면처리후의 구조적 특성, 중합체의 화학적 특성, 접합역학, 상아세관액 이동 등의 복잡한 여러 요인이 관여한다¹⁻³⁾. 상아질에 대한 레진의 접착에 관한 과거의 많은 연구결과를 살펴보면, 상아질 접착제와 상아질사이에 공유결합을 만드는 것은 매우 어렵다^{4,5)}. 이론적으로 수복재료를 상아질에 물리적 또는 화학적으로 강하게 결합시킬 수만 있다면 유지를 위한 치질의 삭제나 변연부 누출, 세균과 변색물질의 유입을 방지할 수 있으며, 그 결과 재발성 우식을 예방할 수 있을 뿐만 아니라 수복물의 수명을 연장시킬 수 있다^{6,7)}. 현재까지 레진의 접착에 관한 연구는 주로 물리적 결합력을 측정하는 쪽으로 치우쳐 왔고, 또한 *in vivo*에서 이루어진 것이므로 상아세관액 액체이동에 의한 영향이 고려되지 않아 *in vivo*에서 상아세관을 완전히 밀폐하는지 확실히 알 수 없다.

상아질은 경조직으로 전체 용적중 약 25%가 액체로 구성되어 있고, 조상아세포 돌기를 둘러싸는 상아세관은 치수강으로부터 법랑질 혹은 백악질까지 전 상아질층을 통해 연속적으로 주행하며, 1mm²당 약 30,000개가 존재하는데 평균 직경이 치수-상아질 경계부에서는 약 2.5 μm 이고 상아질-법랑질 경계부 부근에서는 약 0.8 μm 으로 점점 가늘어지는 형태를 취하고 있다⁸⁾. 조상아세포 돌기는 상아세관의 치수측 1/3에만 국한되어 있고, 법랑질측으로는 세포성분 없이 상아세관액으로만 채워져 있다⁹⁾. 노출된 상아질에서는 치수내압이 구강내압에 비해 높기 때문에 외부에서 자극이 가해지지 않더라도 상아세관액은 노출된 상아세관을 통하여 서서히 바깥쪽으로 이동한다¹⁰⁾. 치수는 특히 신경분포가 풍부한데, 치수신경은 치수-상아질 경계부에서 신경총을 형성한 후 상아세관 내측 0.2 mm까지 침투해 들어가며, 신경말단이 가장 조밀하게 분포하는 부위는 치수각이다¹¹⁾. 치수

신경의 대부분은 감각신경섬유로 유수신경인 A-섬유와 무수신경인 C-섬유가 있으며, 사람에게 A-섬유와 C-섬유를 선택적으로 자극하면 각각 예통과 둔통을 야기한다¹²⁾. 상아세관내 수력학적 액체이동은 노출된 상아질 표면에 가해진 기계적, 화학적, 온도 자극 등이 치수신경을 자극하여 예리한 둔통을 일으키는 기전을 가장 잘 설명해주며, 실험동물에서 노출된 상아질에 여러 종류의 자극을 가했을 때 A-섬유는 반응하나, C-섬유는 반응하지 않는다¹²⁾.

상아질 접착제는 지각과민 치아의 치료에도 이용되는데, 전혀 결합이나 질환이 없는 치아에서 노출된 상아질에 공기분사, 칫솔질, 탐침탐사, 냉온, 시거나 단 음식 등의 자극이 가해졌을 때 일시적으로 나타나는 둔통으로 정의되는 지각과민은, 유병율이 전체인구의 10-20%로 높은 편이며, 특히 차가운 공기에 예민하고 주요 증상은 갑작스런 예통이며 지속시간은 짧다¹³⁾. 상아질의 수력학적 전도도를 결정짓는 가장 중요한 요인은 상아세관의 반경이며, 4제곱에 비례하므로 상아세관의 반경이 조금만 변화해도 상아세관액 이동에 매우 큰 영향을 미친다¹⁴⁾. 따라서 약물용액의 도포나 수복재에 의해 상아세관의 입구를 폐쇄시키면, 상아세관액 이동이나 상아세관을 통한 물질의 확산이 크게 변화하여 가장 쉽게 지각과민을 완화시킬 수 있다. 이외에도 상아세관의 입구가 열려있으면 상아세관을 통해 미생물과 그 대사산물이 확산에 의해 치수에 도달하여 치수염을 일으키고 치수신경에 직접 작용하여 영향을 미칠 수 있다¹⁵⁾.

따라서 치아수복시 상아질 표면을 처치할 때 상아세관의 끝을 밀폐하는 것이 중요하며, 지금까지 상아질 접착제에 대한 연구에서는 대부분 발거된 치아를 대상으로 레진과 상아질간의 결합력을 관찰하였다. 본 실험에서는 상아질 접착제를 고양이 하악전치의 노출된 상아질에 도포한 후 상아세관액 이동과 하치조신경에서 기록한 단일 치수신경섬유 활동의 변화를 관찰하고, 상아질 접착제와 상아질사이의 접합면과 상아세관 내부에서 resin tag의

형성 정도 및 심도를 전자현미경으로 관찰하여, *in vivo*에서 상아질 접착제가 상아세관 밀폐와 치수신경활동에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험동물 준비

연구치가 완전히 맹출한 고양이(2.0-3.4kg)를 sodium pentobarbital을 주사(42mg/kg, i.p.)하여 마취한 후, 기도관을 삽입하고, 필요한 경우 마취제를 추가 투여(3mg/kg)하기 위해 한쪽 다리의 복재정맥에 카테터를 삽입하였다. 개구상태로 약간고정한후 비외상성 머리고정기구로 머리를 고정시켰다.

2. 기능적 단일 치수신경섬유의 활동기록

하악의 하연에서 골조직을 제거하여 우측 하치조신경을 노출시킨후 주위의 연조직을 이용하여 풀(pool)을 형성하고 실온의 액체 파라핀으로 채웠다. 하치조신경을 가능한 한 중추 쪽에서 절단한후, 입체 현미경(American optical, model 580)하에서 핀셋을 사용하여 하치조신경을 계속 분리하면서 치아의 전기자극에 반응하는 단일 치수신경섬유를 찾아내었다. 절단한 신경을 백금-이리듐 전극에 걸쳐 기록된 활동전압은 교류증폭기(WPI, model DAM 80)로 10,000배 증폭시켜 오실로스코프(Tektronix, model 5223)와 오디오 모니터(Grass, model AM8)로 관찰한후 분석을 위해 화면을 폴라로이드 카메라(Tektronix, model C-59A)로 촬영하였다.

치아자극을 위해 링거액을 뿌리면서 diamond disc를 사용하여 우측 하악 견치의 교두정으로부터 1.2mm의 치질을 삭제하였다. 노출된 상아질 표면을 5% 구연산 용액으로 1분간 산부식시켜 도말층을 제거한후 치관에 collar와 cap을 부착시켰다. 전기자극기(Narco, model SI-10)의 음극에 연결시킨 염화은선을 cap의 내강내로 집어넣어 밀봉시키고, 동일치아의 치정부 순면에 와동을 형성하여 양극에 연결시킨 은선을 삽입하고 염화은으로 충전하였다.

치아에 전기자극을 가하면서 단일 치수신경섬유를 찾아낸후, 1ms, 10V의 자극을 가해 전도속도를 구하였다. 치수신경활동을 유발시키기 위해 4M NaCl용액을 cap내에 5분간 적용시킨후 링거액으로 cap내부를 세척하였다. 전기자극과 4M NaCl용액에 모두 반응하는 A δ -섬유를 대상으로 실험을 진행하였다.

3. 상아세관액 이동 측정

상아세관액의 이동을 측정하기 위해 손 등¹⁶⁾의 방법을 사용하였다.

4. 상아질 접착제 도포와 효과 관찰

상아질 접착제로는 All Bond 2(Bisco Inc.)와 Scotchbond Multipurpose(SBMP : 3M Dent.)를 사용하였다. All Bond 2 도포군에서는 상아질 표면을 10% 인산젤로 15초간 산부식시켜 수세하고 접착강화제 A와 B를 혼합하여 5회 연속도포한후 10초간 공기를 분사하여 건조시킨 다음, brush를 사용하여 접착레진을 도포하고 Visilux 2(3M Dent. Prod.)로 20초간 광중합시켰다. SBMP 도포군에서는 상아질 표면을 10% 말레인산으로 15초간 산부식시켜 20초간 수세하고 공기를 분사하여 건조시킨 후, 접착강화제를 도포하여 건조시킨 다음, brush로 접착레진을 도포하고 Visilux 2를 사용하여 20초간 광중합시켰다.

우측 하악 견치의 상아질을 노출시킨후 상아질 접착제를 도포하기 전후의 상아세관액 이동을 측정하였으며, 우측 하치조 신경으로부터 A δ -섬유를 찾아 내어, 상아질 접착제를 도포하기 전후의 4M NaCl용액으로 유발된 치수신경활동을 비교하였다. 치수신경활동 변화를 관찰한후 조직표본제작을 위해 마취제를 다량 투여하여 실험동물을 희생시켰다.

5. 주사전자현미경 조직표본 제작과 관찰

치정부에서 하악 견치를 전단하여 5% glutaraldehyde 고정액에 3일동안 담가놓았다. 시편을 몰드내에 위치시키고 고정용 자가중합형 아크릴릭 레진을 혼합하여 주입하였으며, #400, #600, #1,200 연마지를 차례로 사용

하여 점차 심층 연마한 후 aluminum oxide로 최종 연마하였다. 이어서 0.5M EDTA용액과 5% NaOCl용액에 20초간 적용한후 30%에서 100%의 에탄올용액을 사용하여 순차적으로 탈수시켰고, 임계점 건조(critical point drying)를 시행한후 금증착을 거쳐 주사전자현미경(JSM, model P330A)에서 가속가압 20kV로 계면을 관찰하였다. 또한 실험단계 도중에서 일어날 수 있는 표면변화의 가능성을 배제하기 위해 치수신경활동 기록에 사용되지 않은 상악 견치에 5급와동을 형성하고, 상아질 접착제와 접착레진을 도포한 다음 Z-100 수복레진(A3.5 : 3M Dent. Prod.)으로 수복후 동일한 방법으로 표본을 제작하였다.

III. 실험결과

우측 하악 견치의 노출된 상아질에 가한 전기자극과 4M NaCl용액에 모두 반응하는 A δ -섬유는 총 8개였으며, 평균 전도속도는 8.0 ± 4.0 m/sec였다. 모든 A δ -섬유에서 cap내를 링거용액으로 채웠을 때 자발적 활동전압의 발사는 없었으나, cap내를 4M NaCl용액으로 채운후에는 수 초후부터 활동전압이 불규칙적으로

발사되었고, 다시 링거용액으로 cap내를 세척하면 활동전압 발사가 중단되었다. 4개의 A δ -섬유를 대상으로 All Bond 2의 효과를 관찰한 결과 상아질 접착제 도포후 4M NaCl용액에 의해 유발된 치수신경활동이 완전히 억제되었다(Fig. 1). 4개의 A δ -섬유를 대상으로 SBMP의 효과를 관찰한 결과 역시 상아질 접착제 도포후 4M NaCl용액에 의해 유발된 치수신경활동이 모두 억제되었다(Fig. 2).

견치 교두정의 절단 후 노출된 상아질면에 대한 산부식 처리 후 상아세관액의 이동은 치수로 부터 외측방향으로 이동되었으며 평균 10.2 ± 5.7 pl \cdot s $^{-1}$ \cdot mm $^{-2}$ 의 이동 속도를 보였다. 그러나 노출된 상아질면에 All Bond 2 또는 SBMP의 상아질 접착제 도포 후에는 상아세관액의 흐름이 관찰되지 않았다.

그러나 주사전자현미경 관찰시 All Bond 2와 SBMP 상아질 접착제로 처리한 시편에서 상아질과 접착레진 사이에 두께 2-3 μ m의 간극(gap)을 보여주었으며(Fig. 3, 4), 간극이 형성되지 않은 시편에서도 상아세관내로 깊게 침투되어 형성된 레진 tag의 모습은 명확히 보이지 않았다(Fig. 5, 6). All Bond 2를 도포한 시편중 부분적으로 레진 tag가 2-2.5 μ m길이로

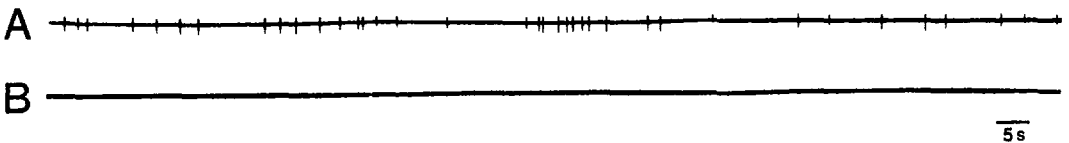


Fig. 1. Responses of one A δ -fiber unit to stimulation of dentin by 4M NaCl : before (A) and after (B) application of All Bond 2. The trace is triggered at 150s after the beginning of stimulation.

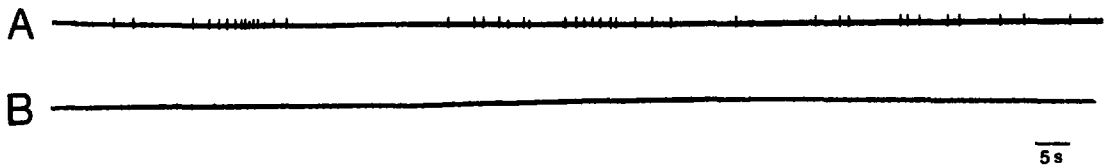


Fig. 2. Responses of one A δ -fiber unit to stimulation of dentin by 4M NaCl : before (A) and after (B) application of SBMP. The trace is triggered at 150s after the beginning of stimulation.

침투된 상태에서 파절된 모습을 관찰할 수 있었으나, 나머지 부분에서는 상아질과 접착레진사이에 결합이 밀접하지 못함을 보여주었다(Fig. 7). 5급 와동을 형성한 후 동일하게 처리한 시편에서도 교두정을 절단한 후 노출된 상아질 표면에 도포한 시편의 경우에서와 마찬가지로 접착제와 상아질사이에 긴밀한 접촉이나 레진 tag의 형성 모습은 보이지 않았지만 접착레진으로부터 분리된 상아질 표층에서 하이브리드층으로 보여지는 구조가 관찰되기도 하였다(Fig. 7, 8).

IV. 총괄 및 고안

치수에서 상아질 동통과 관계있는 A-섬유와 치수염시 나타나는 둔통과 관계있는 C-섬유가 존재하며, 실험동물에서 A-섬유는 노출된 상아질에 상아세관액 이동을 야기하는 것으로 알려진 여러 자극을 가하면 반응하나, C-섬유는 반응하지 않는다¹²⁾. 또한 상아질 표면의 상태가 치수신경 반응성에 결정적 영향을 미치는데 상아질을 산으로 처리하면 치질삭제로 인한 잔사가 제거되어 상아세관이 열리면서 고장성 용액을 포함한 여러 자극에 대한 반응성이 더욱 커진다¹⁷⁻¹⁹⁾. 사람에서 지각과민 치아의 상아세관 입구에는 도말층이 없었으며 상아세관이 개방되어 있었고, 또한 지각과민 치아의 상아질에는 지각과민을 나타내지 않는 치아의 상아질에 비해 상아세관이 더 넓고 수가 더 많았다²⁰⁻²³⁾.

지각과민을 치료하기 위해 상아세관 폐쇄, 상아세관액 응고 혹은 침전, 이차 상아질 형성 촉진, 치수신경 흥분성 감소 등의 작용을 가지는 여러 가지 재료와 방법이 사용되어왔다²⁴⁾. 반경이 조금만 감소해도 액체이동이 크게 감소하므로, 상아세관을 물리적으로 폐쇄하는 재료나 방법은 지각과민을 효과적으로 감소시키며, 상아세관을 가장 효과적으로 폐쇄시킨 약물일수록 지각과민이 크게 감소했다고 보고되었다²⁵⁾.

Postassium oxalate는 상아세관 입구에 calcium oxalate 결정을 침전시켜 상아세관을 부

분적으로 폐쇄시키는데²⁶⁾, Hirvonen 등¹⁹⁾은 30% 용액을 2분간 도포하였을 때 상아질 자극에 대한 치수신경활동이 크게 혹은 완전히 감소하였다고 하였고, Kim²⁷⁾은 0.189M 용액에 의해 치수신경활동이 40%로 감소하였다고 하였으며, 박 등²⁸⁾은 1M 용액을 5분간 투여하였을 때 치수신경활동이 15%로 감소하였다고 보고하였다. 오와 손²⁹⁾은 *in vivo* 실험에서 30% $K_2C_2O_4$ 의 도포 후 즉시 및 30분 경과 후까지도 치수신경활동이 약 16%로 감소하였다고 보고하였다. Potassium nitrate 역시 결정형성을 통해 상아세관을 폐쇄시키는데³⁰⁾, 박 등²⁸⁾은 1M 용액을 5분간 투여하였을 때 치수내 신경활동이 14%로 감소하였다고 하였다. 그러나 오와 손²⁹⁾은 5% KNO_3 도포 후 30분 경과시에 치수신경활동성이 약 78%까지 회복됨으로서 약물의 효과가 지속적이지 못함을 보고하였다. 상아세관을 밀폐하는 것으로 알려진 레진은 지각과민을 효과적으로 완화시킨다고 보고된 바 있는데³¹⁾, Närhi 등¹⁷⁾과 Hirvonen 등¹⁹⁾은 상아질 표면을 콤포지트 레진으로 처리한후 상아질 자극에 반응하는 단일 치수신경섬유의 반응이 완전히 없어졌으며, 주사현미경관찰시 상아세관이 모두 폐쇄되었다고 하였다. 상아세관을 폐쇄시키는 효과를 가지는 여러 재료에 관한 위의 실험결과들은 상아질 접착제를 노출된 상아질 표면에 도포하였을 때 4M NaCl용액으로 유발된 치수신경활동이 완전히 억제된 본 실험결과와 일치하였으며 이때 상아세관액의 이동 역시 관찰되지 않았다.

고장성 NaCl용액으로 치수신경활동을 유발시킬 수 있는데, 이는 상아세관을 통해 나트륨이온이 확산해 들어가 세포의 나트륨이온 농도가 증가하면 나트륨이온이 신경세포막에 직접 작용하여 치수신경을 흥분시켰기 때문이다^{32,33)}. 치수내 감각 신경섬유의 말단은 neuropeptide를 함유하는데, 최근 조직화학적으로 CGRP를 함유하는 섬유는 축삭이 대부분 A δ -섬유에 속하고, 수많은 섬유의 말단이 상아세관내로 침투해 들어오며, 이에 비해 SP를 함유하는 섬유는 대부분 가는 C-섬유이며, 주로 치수중심부 혈관주위에 분포함이 밝혀졌다

30). 상아세관을 통한 용질의 확산은 용질의 확산계수와 농도, 확산 면적, 남아있는 상아질 두께에 의존한다³⁰⁾. 본 실험에서 상아질 접착제도포시 고장성 NaCl용액에 의한 치수신경활동이 완전히 억제되었는데, 이는 상아질 접착제에 의해 산부식으로 열린 상아세관 입구가 폐쇄되어 상아세관을 통해 나트륨이온이 확산해 들어가지 못하므로, 상아세관내 혹은 상아질-치수 경계부에 있는 치수내 Aδ-섬유의 말단이나 축삭에 나트륨이온이 작용하지 못하였기 때문이라 사료된다. 지각과민을 위한 수복재의 사용은 약물용액의 도포에 비해 방법이 까다롭고 비싼 단점이 있으나, 효과가 더욱 확실하며 장기적이므로 지각과민의 원인 제거, 지각과민을 완화시키는 약물이 포함된 치약 사용 혹은 용액 도포 등으로도 지각과민을 치료하는 데 실패했을 때 수복 레진 혹은 상아질 접착제로 상아세관을 밀폐시키는 방법이 권장되고 있다²⁴⁾.

상아질 접착제내에는 상아질 표면처리제와 접착강화제 등이 포함되어 있으며, 상아질 수복시 시술단계를 간단하게 하기위해 혼합되어 있는 경우가 많고, 대부분 산 용액을 이용하여 도말층을 제거하고 상아질 표층을 탈회시켜 최대의 결합강도와 적은 미세누출의 효과를 얻으려 하고 있다. All Bond 2 상아질 접착제는 접착강화제내에 2% NTG-GMA(N-tolyglycine-glycidyl methacrylate)와 16% BPDM(Biphenyl dimethacrylate)의 두 가지 성분을 아세톤에 용해시킨 것으로써 아세톤은 탈회된 상아질내로 레진의 침투를 용이하게 하는 water-chaser 역할을 하므로써 상아질 표면으로의 상아질 접착제의 침투를 증가시킨다³⁶⁻³⁸⁾. 그러나 본 실험에서는 전자현미경 관찰시 상아질 접착제 NTG-GMA/BPDM 성분의 접착강화제와 HEMA/Bis-GMA 성분의 접착레진이 상아질 표층내로 원활하게 확산되지 못한 결과를 보였다. 그것은 사람 치아나 우치에서와는 다르게 고양이 치아에서는 명확한 하이브리드층이나 레진 tag의 형성이 잘 관찰되지 않았던 바 이는 첫째로 고양이의 상아질이 사람 치아에 비해 석회화가 미약하고 상아세관의 직경이 심부

상아질에서도 1 μ m정도로 매우 작기 때문일 수 있고, 둘째로 노출된 상아질 표면이 사람 치아에 비해 매우 작기 때문에 상아질에 대한 적절한 조작과 도포가 정확히 이루어지지 않았기 때문일 수 있으며, 셋째로 시편제작시 임계점 건조법과 같은 과도한 건조과정으로 인해 접착면이 붕괴되어 간극이 형성되었을 수 있는데 접착레진으로부터 분리된 상아질 표층에서 하이브리드층으로 보여지는 구조가 관찰된 점이 이를 뒷받침해준다. SBMP상아질 접착제는 산부식제로서 10% 말레인산을 이용하고 있고, 접착강화제는 HEMA와 methacrylate polyalkenoic acid수용액으로 구성되며, polyalkenoic acid는 대개 polycarboxylic acid를 이용하여 레진혼합물의 적실도를 증가시켜주고 HEMA는 상아질내로의 레진 단량체의 침투와 확산을 용이하게 해주는 기능을 가진다^{39,40)}. 그러나 SBMP 상아질 접착제의 상아질 표층과 상아세관 심부로의 확산 및 침투정도는 All Bond 2 상아질 접착제에서와 유사하게 고양이 견치의 전자현미경 관찰에서 미약하게 나타났다. 최근에는 상아질 접착제가 지각과민을 치료할수 있는지에 관한 연구가 진행중인데, 본 실험에서 상아질 접착제 도포후 고장성 NaCl용액에 의한 치수신경활동은 완전히 억제되었고 상아세관액 이동이 관찰되지 않았던 점이 이를 뒷받침하나 명확한 하이브리드 층이나 레진 tag의 형성이 잘 관찰되지 않은 점으로 미루어보아, 상아질 접착제도포가 장기간에 걸쳐 효과를 가지는데에 관한 연구가 좀더 필요하리라 생각된다.

V. 결 론

고양이 우측 하악 견치의 교두정을 절단하여 상아질을 노출시킨후, 우측 하치조신경으로부터 치아의 전기자극과 4M NaCl용액 적용에 모두 반응하는 Aδ-섬유를 찾아내었다. 상아질 접착제를 도포하기 전후의 상아세관액 이동과 치수신경활동을 각각 비교한 다음 절단하여 주사전자현미경으로 관찰하였다.

1. 우측 하악 견치의 노출된 상아질에 가한

- 전기자극과 4M NaCl용액에 모두 반응하는 A δ -섬유는 총 8개였으며, 평균 전도속도는 $8.0 \pm 4.0 \text{ sec}$ 였다. 모든 A δ -섬유에서 자발적 활동전압의 발사는 없었고, 4M NaCl용액을 적용시키는 동안 활동전압이 불규칙적으로 발사되었다.
- 4개의 A δ -섬유를 대상으로 All Bond 2의 효과를 관찰한 결과 상아질 접착제 도포후 4M NaCl용액에 의해 유발된 치수신경활동이 완전히 억제되었다. 4개의 A δ -섬유를 대상으로 SBMP의 효과를 관찰한 결과 역시 상아질 접착제 도포후 4M NaCl용액에 의해 유발된 치수신경활동이 모두 억제되었다.
 - 노출된 상아질면에 산부식 처리후 상아세관액의 이동은 평균 $10.2 \pm 5.7 \text{ pl} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}$ 의 외측이동을 보였으나 All Bond 2와 SBMP의 상아질 접착제 도포후에는 상아세관액의 이동이 관찰되지 않았다.
 - All Bond 2와 SBMP를 도포한 시편에서 상아질과 접착레진 사이에 2-3 μm 두께의 간극이 관찰되었고 명확한 하이브리드층 형성이나 상아질 심부로의 레진 침투는 관찰되지 않았다.

참고문헌

- Philips, R.W. : Advancements in adhesive restorative dental materials. J. Dent. Res. 45(Suppl. No. 6) : 1662, 1966.
- Buonocore, N.G. : Principles of adhesive retention and adhesive restorative materials. JADA 67 : 382, 1963.
- Hollinger, J.D., Moore, Jr. E.M. : Adhesion and dentin. Oper. Dent. 4 : 9, 1979.
- Spencer P, Byerley, T.J. et al. : Chemical characterization of the dentin/adhesive interface by Fourier Transform Infrared Photoacoustic Spectroscopy. Dent. Mater. 8 : 10-15, 1992.
- Erickson, R.L. : Surface interactions of dentin adhesive materials. Oper. Dent. (Suppl. 5) : 81-94, 1992.
- Stanford, J.W. : Bonding of restorative materials to dentin. Int. Dent. J. 35 : 133, 1985.
- Asmussen, E. and Munksgaard, E.C. : Bonding of restorative resins to dentin promoted by aqueous mixture of aldehyde and active monomers. Int. Dent. J. 35 : 160, 1985.
- Garberoglio, R. and Brännström, M. : Scanning electron microscopical investigation of human dentinal tubules. Arch. Oral Biol. 21 : 355-362, 1976.
- Thomas, H.F. : The extent of the odontoblast process in human dentine. Arch. Oral Biol. 28 : 465-469, 1979.
- Vongsavan, N. and Matthews, B. : Fluid flow through cat dentine *in vivo*. Arch. Oral Biol. 37 : 175-185, 1992.
- Byers, M.R. : Dental sensory receptors. Int. Rev. Neurobiol. 25 : 39-93, 1984.
- Närhi, M., Yamamoto, H., Ngassapa, D. and Hirvonen, T. : The neurophysiological basis and the role of inflammatory reactions in dentine hypersensitivity. Arch. Oral Biol. 39(Suppl.) : 23S-30S, 1994.
- Addy, M. and Pearce, N. : Aetiological, predisposing and environmental factors in dentine hypersensitivity. Arch. Oral Biol. 39(Suppl.) : 33S-38S, 1994.
- Pashley, D.H. : Mechanisms of dentin sensitivity. Dent. Clin. North Am. 34 : 449-474, 1990.
- Panopoulos, P., Mejare, B. and Edwall, L. : Effects of ammonia and organic acids on the intradental nerve activity. Acta Odontol. Scand. 41 : 209-215, 1983.
- 손호현, 박수정, 이광원 : *In vivo*에서 교양이 상아세관을 통한 상아세관액의 흐름. 대한치과보존학회지 20 : 342-350, 1995.
- Närhi, M.V.O., Hirvonen, T.J. and Hakumäki, M.O.K. : Activation of intradental nerves in the dog to some stimuli applied

- to the dentine. Arch. Oral Biol. 27 : 1053-1058, 1982.
18. Närhi, M.V.O., Hirvonen, T.J. Hakumäki, M.O.K. : Responses of intradental nerve fibres to stimulation of dentine and pulp. Acta Physiol. Scand. 115 : 173-178, 1982.
 19. Hirvonen, T.J., Närhi, M.V.O. and Hakumäki, M.O.K. : The excitability of dog pulp nerves in relation to the condition of the dentin surface. J. Endodont. 10 : 294-298, 1984.
 20. Absi, E.G., Addy, M. and Adams, D. : Dentine hypersensitivity : A study of the patency of dentinal tubules in sensitive and nonsensitive cervical dentine. J. Clin. Periodontol. 14 : 280-284, 1987.
 21. Absi, E.G., Addy, M. and Aams, D. : Dentine hypersensitivity : The development and evaluation of a replica technique to study sensitive and nonsensitive cervical dentine. J. Clin. periodontol. 16 : 190-195, 1989.
 22. Yoshiyama, M., Masada, A., Uchida, A. and Ishida, H. : Scanning electron microscopic characterization of sensitive v insensitive human radicular dentin. J. Dent. Res. 68 : 1498-1502, 1989.
 23. Yoshiyama, M., Noire, Y., Azoic, K., Uchida, A., Ishikawa, Y. and Ishida, H. : Transmission electron microscopic characterization of hypersensitive human radicular dentin. J. Dent. Res. 69 : 1293-1297, 1990.
 24. Scherman, A. and Jacobsen, P.L : Managing dentin hypersensitivity : What treatment to recommend to patients. JADA 123 : 57-61, 1992.
 25. Cuenin, M.F., Scheidt, M.J., O'Neal, R.B., Strong, S.L., Pashley D.H., Horner, J.A. and Van Dyke, T.E. : An *in vivo* study of dentine sensitiveity : The relation of dentine sensitivity and the patency of dentine tubules. J. Periodont. 62 : 668-673, 1991.
 26. Greenhill, J.D. and Pashley, D.H. : The effects of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin in vitro. J. Dent. Res. 60 : 686-698, 1981.
 27. Kim, S. : Hypersensitive teeth : Desensitization of pulpal sensory nerves. J. Endodont. 12 : 482-485, 1986.
 28. 박수정, 지은정, 김중수, 이종훈 : 고양이 의 치수내 신경활동에 미치는 여러 약물의 영향에 관한 전기생리학적 연구. 대한구강생물학회지 16 : 69-78, 1992.
 29. 오원만, 손호현 : 고양이에서 상아질 파민 증 탈감작제에 의한 치수신경 활동성 변화 및 상아세관 폐쇄양상에 대한 연구. 대한 치과보존학회지 20 : 508-526, 1995.
 30. Hodosh, M. : A superior desensitizer, potassium nitrate. JADA 88 : 831-833, 1974.
 31. Jensen, M.E. and Doering, J.V. : A comparative study of two clinical techniques for treatment of root surface hypersensitivity. Gen. Dent. 35 : 128-132, 1987.
 32. Orchardson, R. : The generation of nerve impulses in mammalian axons by changing the concentrations of the normal constituents of extracellular fluid. J. Physiol. 275 : 177-189, 1978.
 33. Orchardson, R. : An electrophysiological investigation of the sensitivity of intradental nerves in the cat to changes in the ionic composition of extracellular fluid. Arch. Oral Biol. 23 : 471-475, 1978.
 34. Byers, M.R. : Dynamic Plasticity of dental sensory nerve structure and cytochemistry. Arch. Oral Biol. 39(Suppl.) : 13S-21 S, 1994.
 35. Pashley, D.H. : Dentine permeability and its role in the pathobiology of dentine sensitivity. Arch. Oral Biol. 39(Suppl.) : 73S-80S, 1994.
 36. Van Meerbeek, B., Inokoshi, S., Braem, M., Lambrechts, P. and Vanherle, G. :

- Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J. Dent. Res.* 71 : 1350–1540, 1992.
37. Kanca, J. : Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *Am. J. Dent.* 5 : 213–215, 1992.
38. Gwinnett, A.J. and Kanca, J. : Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond strength. *Am. J. Dent.* 5 : 73–77, 1992.
39. Bouvier, D., Duprez, J.P., Nguyen, D. and Lissac, M. : An *in vivo* study of two adhesive systems : third and fourth generations. *Dent. Mater.* 9 : 365–369, 1993.
40. Nakabayashi, N. and Takarada, K. : Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent. Mater.* 8 : 125–130, 1992.

Explanation of figures

- Fig. 3. SEM view of interface between dentin and adhesive resin in the specimen produced by cutting the incisal tip and applied with All Bond 2.
- Fig. 4. SEM view of interface between dentin and adhesive resin in the specimen produced by cutting the incisal tip and applied with SBMP.
- Fig. 5. SEM view of interface in another specimen applied with All Bond 2.
- Fig. 6. SEM view of interface in another specimen applied with SBMP.
- Fig. 7. SEM view of interface between dentin and adhesive resin in Class V cavity applied with All Bond2.
- Fig. 8. SEM view of interface between dentin and adhesive resin in Class V cavity applied with SBMP.

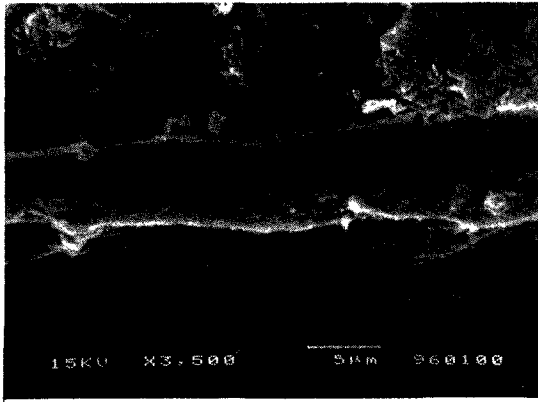


Fig. 3

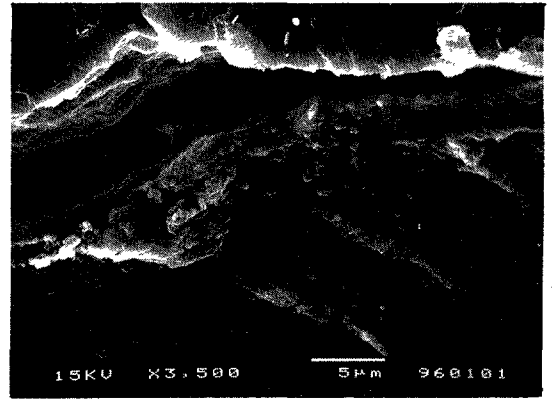


Fig. 4

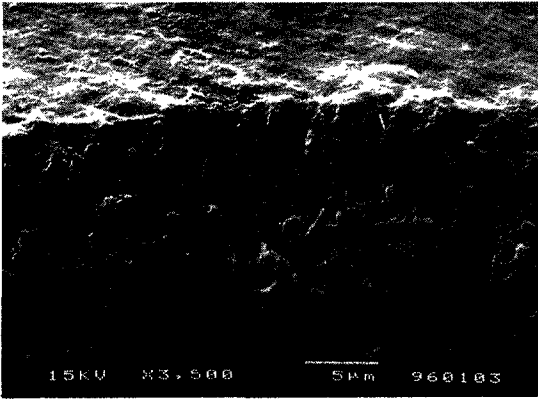


Fig. 5

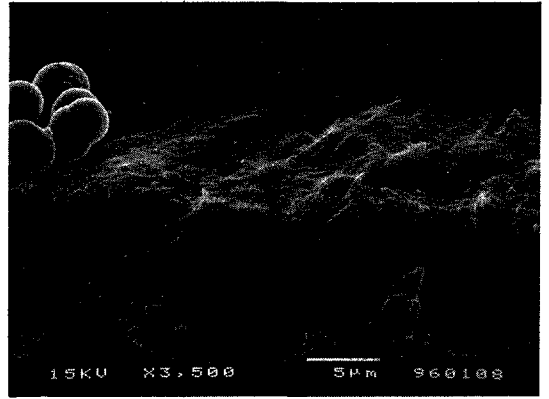


Fig. 6

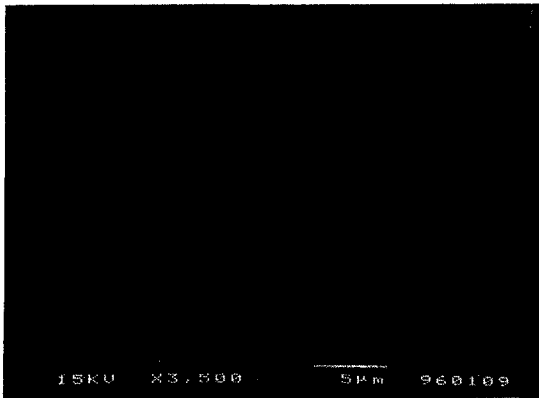


Fig. 7

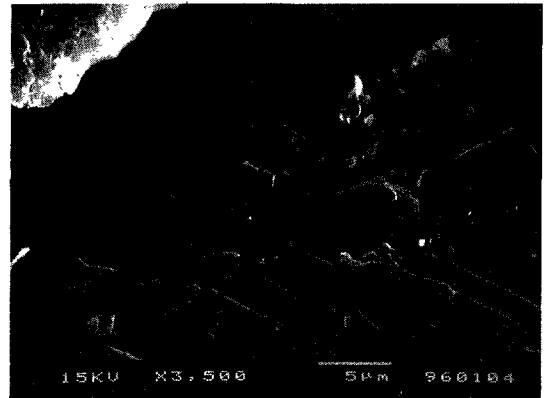


Fig. 8