

## In vivo와 in vitro에서 상아세관을 통한 색소침투의 차이

\*전북대학교 치과대학 치과보존학교실

\*\*서울대학교 치과대학 치과보존학교실

장인호\* · 김명수\* · 이광원\* · 손호현\*\*

### Abstract

#### DIFFERENCE IN DYE PENETRATION INTO DENTINAL TUBULES IN VIVO AND IN VITRO

In-Ho Jang\*, Myung-Su Kim\*, Kwang-Won Lee\*, Ho-Hyun Son\*

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry,  
Chonbuk National University\*, Seoul National University\*\**

Penetration degree of several dyes into dentinal tubules in vivo was compared with in vitro, and experimental sensitivity of those dyes was investigated in 64 canines of 16 cats. Dentin 1mm below cusp tip was exposed by cross-sectioning with diamond disc. Pulp of 32 canines were extirpated through cervical cavities. In the presence of smear layer or after acid-etching with 37% phosphoric acid to the exposed dentin surface, acrylic collar and resin cap was attached to keep dyes. 52 mmol/l Evans' blue, 2% Methylene blue, 10% Silver nitrate and 5% Fluorescence were then applied on each 4 canines respectively for 30 minutes. After rinsing, the canines were ground-sectioned longitudinally and linear dye penetration was measured under microscope.

The results obtained were as follows ;

1. Evans' blue and Methylene blue penetrated significantly( $P < 0.05$ ) more in vitro than in vivo only in the cases that exposed dentin surfaces were not etched with acid.
2. Silver nitrate penetrated significantly( $P < 0.05$ ) more in vitro than in vivo in both cases that exposed dentin surfaces remained intact and were etched with acid.
3. The penetration degree of Fluorescence did not show statistical significance between in vivo and in vitro or in acid-etched and in not acid-etched cases.

## I. 서 론

치아 경조직 손상부위에 수복된 수복물이 구강내에서 유지되기 위해서는 변연 및 와동벽과 수복물 사이의 긴밀한 접합이 필수적이다. 그러나 대부분의 수복물은 시간이 경과하면서 변연파괴에 기인하는 변연누출<sup>2,3)</sup>로 이차우식 그리고 이에 대한 적절한 치치가 없을 경우 치수질환을 유발<sup>4)</sup>시키기 때문에 재수복 또는 치수질환에 대한 치료를 필요로 하게 된다<sup>4,5)</sup>. 이에 따라 다양한 수복재료를 사용하여 여러 조건하에서 변연누출이 어느 정도 일어나는지, 또는 이를 차단하거나 감소시킬수 있는 방법이 있는지에 대한 많은 연구가 있었고, 많은 경우에 여러 색소를 이용하여 수복물과 와동벽 사이 또는 상아세관으로 침투되는 색소의 침투정도를 판정하였다. 그러나 대부분의 이러한 연구는 발거된 치아에서 행하여 졌고 따라서 상아세관액의 흐름이라는 인자가 고려되지 않았으며, 더구나 최근 임상 수복과정에서 다양하게 이용되는 산부식술은 삭제된 상아질면에서 도말층을 제거하고 상아세관을 열려 있게하여 상아세관액의 흐름이 변연누출에 기인하는 외부 자극물의 치수측으로의 확산에 미치는 영향에 대하여 in vitro 실험으로서는 타당한 결론을 도출하기가 어렵게 되었다.

Anderson과 Ronning<sup>6)</sup>은 발거된 사람 치아의 교두정을 파절시켜 상아질을 노출시킨 후 Evans' blue를 도포하였을 때 이 색소가 상아질을 자유롭게 침투함을 보고하였다. 그러나 Horiuchi와 Matthews<sup>7)</sup>는 고양이 견치의 교두정을 삭제하여 in vivo 상태로 노출된 상아질면에 2% lidocaine을 도포하였을 때 치수신경전도에 변화가 없었음을 보고하면서 동 마취액이 상아세관을 침투하지 못하였음을 시사하였다. 또한 Matthews<sup>8)</sup>는 고양이 견치의 교두정을 파절시켜 in vivo 상태로 노출된 상아질면에 cobalt chloride를 도포하였을 때 cobalt 이온이 상아세관 내부로 침투되는 증거를 발견하지 못하였음을 보고하였다. Vongsavan과 Matthews<sup>9)</sup>는 in vitro 실험에서 Evans' blue 용액을 산부식된 상아질면이나 파절시켜 노출된

상아질면에 도포할 때 대기압보다 20 cmH<sub>2</sub>O의 낮은 압력을 가하면 이 색소가 상아세관내로 침투하지 않았으며, in vivo에서 대기압보다 15 cmH<sub>2</sub>O의 높은 압력을 가하면 상아세관내로 침투되는 것을 보고하였으며, 이로써 in vivo에서 상아세관액의 외측 흐름은 이 색소의 상아세관내 확산을 실질적으로 감소시키는데 충분하다고 하였다. 반면 Edwall과 Kindlova<sup>10)</sup>는 고양이에서, Pashley 등<sup>11)</sup>은 개에서 in vivo 상태의 상아세관을 통해 iodine의 방사선동위원소가 치수측으로 확산됨을 보고하였다.

이들의 연구결과를 분석하면 상아세관을 통한 색소침투는 색소 자체의 특성, 상아세관액의 외측흐름, 노출된 상아질면에 도말층의 잔존 유무에 의해 차이가 있었음을 알 수 있으며, 이에 본 연구에서는 in vivo 상태에서 노출된 상아질면에 도말층이 잔존하는 경우와 제거된 경우에서 몇가지 색소에 의한 상아세관 침투도를 in vitro 상태에서의 결과와 비교하여 그 차이를 알아보고, 동시에 어느 색소가 변연누출과 관련된 실험이나 상아세관 투과성에 관련된 실험에서 유효한 실험적 민감성을 가지는지 알아 보고자 하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1) 실험재료

체중 2.5 kg-3.0 kg의 고양이 16마리에서 건강한 64개의 견치를 실험 대상으로 하였으며, 색소는 Evans' blue(Sigma Chem. Co., U.S.A.), Methylene blue(Ajax Chem., Australia), Silver nitrate(Sigma Chem. Co., U.S.A.), Fluorescine(Sigma Chem. Co., U.S.A.)의 4가지 색소를 사용하였다. Silver nitrate는 생리식염수에 10% (w/v)의 농도로 제작하였고, Evans' blue는 등장성 식염수에 52 mmol/l의 농도로, Fluorescine은 borate buffer(pH 7.6)에 5% (w/v)의 농도로, Methylene blue는 2% 농도로 제작하였다.

### 2) 실험 방법

고양이의 복강에 sodium pentobarbital(En-

tobar, Han Lim Pharm., Korea)을 42 mg/kg 주사하여 마취시키고, 기도에 캐놀을 삽입하여 호흡을 유지시켰으며, 필요한 경우 마취를 유지시키기 위하여 한쪽 다리의 복재정맥에 캐놀과 3-way syringe를 이용해 sodium pentobarbital을 주입하였다(3 mg/kg). 머리고정용 봉을 전두골에 나사와 자가중합 레진을 이용해 밀착시킨 후 자석 클램프로 실험대에 고양이 머리를 고정 하였다. 약간고정은 상악과 하악의 좌측 또는 우측의 구치부 치관에 협설로 구멍을 만든 후, 교정용 wire (0.9 mm)를 ‘c’자 형태로 구부려 구멍에 자가중합 레진(Jet. Lang Dental MFG Co., U.S.A.)을 이용해 고정시키는 방법을 사용하였다. 견치의 치관 외면을 깨끗이 한 후 산부식을 시행하고 수세, 건조하고 아크릴릭 칼라(직경 8 mm, 두께 1.5 mm)의 중앙부에 구멍을 뚫어 교두정에서 2-3 mm 떨어진 부위에 Z-100 레진(3M., U.S.A.)으로 적합시켰다.

8마리 고양이의 32개 견치는 치경부에 와동을 형성하여 치수를 노출시키고 발수를 시행하고 5% NaOCl로 수세 후 압축공기로 치수강을 건조시켜 in vitro 실험의 대상으로 하였다. 나머지 8마리의 32개 견치의 치수에는 어떠한 손상도 가하지 않았으며 이들을 in vivo 실험의 대상으로 하였다. 64개의 견치는 각각 수술현미경 하에서 모눈종이를 이용하여 견치의 교두정에서 1 mm 떨어진 지점을 링거액을 뿌리면서 다이아몬드 디스크로 절단하여 상아질을 노출시켰다.

발수된 견치중 4마리의 16개의 견치와 건강한 치수를 가진 4마리의 16개 견치는 이 상태에서 아크릴릭 칼라에 레진 캡 (직경 8 mm, 높이 15 mm)을 Z-100 레진을 이용해 부착시켰다. 그리고 4가지 색소를 4개씩의 견치에 각각 위치를 바꾸어 30분씩 적용시켰다. 발수된 견치중 나머지 4마리의 16개의 견치와 건강한 치수를 가진 나머지 4마리의 16개 견치는 교두정 절단 후 노출된 상아질면에 37%의  $H_3PO_4$  용액을 15초 동안 적용하고 수세한 후 레진 캡을 아크릴릭 칼라에 부착시키고 각 색소를 4개씩의 견치에 각각 30분 동안 적용시켰다. 30분 동안의 색소 적용이 끝난 후 생리식염수로 캡의 내부를 수

세하여 색소를 씻어내고 캡과 칼라를 치관에서 제거한 후 다이아몬드 디스크로 절단하였던 절단면에서 치경부측으로 3-4 mm 부위의 치관을 다이아몬드 디스크로 횡절단하였다. 절단한 시편은 투명한 교정용 자가중합형 레진에 매몰한 뒤 치관의 종면이 노출되도록 # 120, 300, 620, 1000의 4가지 연마지를 이용해 1.0-1.5 mm 두께의 연마시편을 제작하였다. Silver nitrate를 적용한 연마시편은 형광불빛에 24시간 동안 노출시켜 은이온의 환원을 촉진시켰다. Fluorescence 색소를 적용한 시편은 Fluorescent microscope를 사용하기 위하여 0.5 mm 두께의 연마시편을 제작하였다. Evans' blue, Methylene blue, Silver nitrate의 3가지 색소를 적용한 48개의 연마시편은 Image Analyzer (Leica M 420, Germany)를 이용해 32배율의 사진을 채득하고, Fluorescence를 이용한 16개의 연마시편은 Fluorescent Microscope (Axiophot, ZEISS)를 이용해 32배율의 개개 시편의 사진을 채득 하였다. 채득된 사진에서 1/100 mm 까지 측정할 수 있는 scaler를 이용해 상아질로 침투된 색소의 깊이를 측정 하였고, 결과는 one way ANOVA를 시행하여 통계적 검증을 하였다.

### III. 실험 성적

본 실험에 사용된 Evans' blue, Methylene blue, Silver nitrate 그리고 Fluorescence의 4가지 색소를 in vivo와 in vitro 상태에서 산부식 처리를 시행한 군과 산부식 처리하지 않은 군으로 나누어 나타난 결과는 Table 1과 같다.

52 mmol/l Evans' blue를 이용한 실험에서는 발수 후 상아세관을 건조시키고 삭제된 상아질면에 대하여 산부식 처리를 시행한 실험군(Fig. 2)에서 가장 높은 색소 침투도를 보였다. 그 다음으로 높은 침투도를 보인 실험군은 삭제된 상아질면에 대해 산부식 처리를 시행한 in vivo 실험군(Fig. 4)이었고, 산부식을 시행하지 않은 in vitro 실험군(Fig. 1)과 산부식을 시행하지 않은 in vivo 실험군(Fig. 3)의 순서를 보였다. 산부식을 시행하지 않은 경우 in vitro와

Table 1. Linear dye penetration(mm) into dentinal tubules from exposed dentin surfaces (mean  $\pm$  SD)

	in vitro		in vivo	
	no acid etched*	acid etched**	no acid etched*	acid etched**
EB	0.21 $\pm$ 0.07	0.48 $\pm$ 0.38	0.05 $\pm$ 0.01	0.37 $\pm$ 0.55
MB	0.04 $\pm$ 0.02	0.09 $\pm$ 0.11	0.03 $\pm$ 0.03	0.07 $\pm$ 0.07
SN	0.09 $\pm$ 0.09	0.30 $\pm$ 0.13	0.08 $\pm$ 0.06	0.13 $\pm$ 0.05
FL	0.86 $\pm$ 0.33	0.68 $\pm$ 0.35	0.98 $\pm$ 0.07	0.98 $\pm$ 0.21

EB : 52 mmol/l Evans' blue, MB : 2% Methylene blue, SN : 10% Silvernitrate, FL : 5% Fluorescence

Note : No acid etched\* means that smear layer on exposed dentin surface remained unre-

in vivo 상태에서의 실험군 사이에 색소침투의 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ).

2% Methylene blue를 이용한 실험에서는 in vitro 상태에서 삭제된 상아질면에 대해 산부식 처리된 실험군(Fig. 6), in vivo 상태에서 삭제된 상아질면에 대해 산부식 처리된 실험군(Fig. 8), in vitro 상태에서 삭제된 상아질면에 대해 산부식 처리하지 않은 실험군(Fig. 5), in vivo 상태에서 삭제된 상아질면에 대해 산부식 처리하지 않은 실험군(Fig. 7)의 순서로 색소침투가 낮아짐을 보여 Evans' blue와 같은 순서를 보였으며 역시 산부식을 시행하지 않은 경우 in vitro와 in vivo 상태에서의 실험군 사이에 색소침투의 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ).

10% Silver nitrate는 발수를 시행한 in vitro 상태에서 삭제된 상아질면에 대해 산부식 처리한 실험군(Fig. 10)에서 다른 3가지 실험군(Figs. 9, 11, 12)보다 유의하게 높은 색소 침투도를 보였다( $p < 0.05$ ). 나머지 3개의 실험군은 Evans' blue와 Methylene blue의 색소와 같은 순서대로의 침투도를 보였다. 또 in vivo와 in vitro 간에도 in vitro 실험군에서 in vivo 실험군보다 유의하게 높은 색소침투도를 보였다( $p < 0.05$ ).

5% Fluorescence은 4가지 실험군(Figs. 13, 14, 15, 16) 모두에서 다른 색소들에 비하여 높은 침투도를 보였으나( $p < 0.05$ ), 형광현미경

사진에서 16개의 시편 모두가 치수강 내부까지 색소의 침투를 보였고 4가지 실험군 사이에는 색소침투도에 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

In vitro에서 산부식에 관계없이 Fluorescence 색소를 제외하고 나머지 3가지 색소간에는 색소침투도에 차이가 없었으나( $p > 0.05$ ), in vivo에서는 산부식을 시행하지 않을 경우 Evans' blue와 Methylene blue 사이, 산부식을 시행할 경우 Silver nitrate와 Methylene blue 사이에 색소침투의 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

#### IV. 총괄 및 고안

1966년 Brannstrom<sup>12)</sup>에 의하여 처음 제시된 상아세관액의 외측흐름은 구강내보다 높은 치수의 조직액압 때문에 발생하는데<sup>27, 28)</sup>, 상아세관의 외측으로부터의 자극물 혹은 독소등이 상아세관의 내부로 확산하지 못하도록 보호하는 역할을 한다. 만약, 열려진 상아세관 내부로 독소 또는 자극물이 확산되어 치수의 염증성 반응을 유발하게 된다면 치수의 조직액 압력이 상승하고 치수의 혈관확장이 일어나게 되며 이에 따라 상아세관을 통한 상아세관액의 외측 흐름 속도가 증가한다<sup>19)</sup>. 이것이 구강내 독소의 상아세관 내측으로의 확산을 더욱 억제한다<sup>15)</sup>. Pashley와 Matthews<sup>20)</sup>는 도말층을 제거한 상태와 도말층을 제거하지 않은 상태에서 또 15 cmH<sub>2</sub>O의 치수압력을 가한 상태와 가하지 않은

상태에서  $^{125}\text{I}$ 의 내측으로의 흐름을 연구 하였다. 도말층이 존재하는 실험에서 치수압력을 0에서 15  $\text{cmH}_2\text{O}$  까지 상승시키자 iodine의 내측흐름이 10% 정도 감소 하였다. 그러나 도말층을 제거한 상태에서는 감소량이 50% 까지 늘어났다. Vongsavan과 Matthews<sup>15)</sup>의 실험도 비슷한 결과를 보였는데 이것은 상아세관액의 흐름이 지각과 민증의 상아질에서 자극성인 치태 생성물로부터 치수를 보호할 수 있다는 점을 지적한다<sup>16)</sup>.

Vongsavan과 Matthews<sup>9)</sup>는 고양이 견치를 이용하여 상아세관액의 외측흐름을 연구하였는데, 상아세관액의 외측흐름이 Evans' blue 색소의 내측으로의 확산을 억제하는데 충분하지만 치아의 생활력을 없애거나 외부로부터의 압력을 가함으로써 극복될 수 있다고 하였다. 형광색소인 lucifer yellow를 이용하여 외부로부터의 부가적인 압력없이도 표층상아질을 투과한다는 보고<sup>21)</sup>도 있었다. Johnson 등<sup>14)</sup>은 발거된 20개의 소구치를 이용한 in vitro 실험에서 30 mm Hg의 정수치수압을 가하였을 때 삭제되어 도말층이 존재하는 상아질에서는 관찰되지않은 외측흐름이 파절된 상아질에서는 관찰되었는데 측정값은  $9.61 \times 10^{-4} \pm 7.92 \times 10^{-3} \mu\text{lcm}^{-2}\text{min}^{-1}\text{cmH}_2\text{O}^{-1}$ 이었다. 또 Vongsavan과 Matthews<sup>15)</sup>는 고양이 견치의 교두정을 파절시켜 노출된 상아질을 통하여 직경 30.의 유리세관속에서 미세한 우유 지방덩어리의 움직임을 관찰하였는데  $2.8\text{-}50.9 \text{ pl} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mm}^2$ 의 resting flow rate를 얻었다. 이때 상아질 표면에서 압력을 15  $\text{cmH}_2\text{O}$  까지 올리자 상아세관액의 흐름이 멈추게 되었다. 또 치수를 제거하고 측정하였을때는 상아세관액의 흐름이 반전되어 상아세관 내측으로 평균  $3.8 \text{ pl} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mm}^2$ 의 결과를 얻었다. 또 Pashley 등<sup>16)</sup>은 개의 대구치와 견치를 잘라 0.8 mm와 0.9 mm의 dentin disc를 만들어 유체전도도(hydraulic conductance)를 측정하였는데, 각각  $1.35 \times 10^{-2} \pm 0.44 \times 10^{-3} \mu\text{lcm}^{-2}\text{min}^{-1}\text{cmH}_2\text{O}^{-1}$ ,  $4.51 \times 10^{-3} \pm 0.19 \times 10^{-3} \mu\text{lcm}^{-2}\text{min}^{-1}\text{cmH}_2\text{O}^{-1}$ 의 결과를 얻었다. Reeder 등<sup>17)</sup>과 Pashley 등<sup>18)</sup>은 사람의 대구치에서 치경부와 치관으로 분리 제작하여 실험한 결과  $2.86 \times 10^{-3} \pm 1.08 \times 10^{-3}$ 과  $8.10 \times 10^{-3} \pm 2.41 \times 10^{-3} \mu\text{lcm}^{-2}\text{min}^{-1}\text{cmH}_2\text{O}^{-1}$ 의 유체전도

도를 측정하였다.

본 연구에서는 52  $\text{mmol/l}$  Evans' blue, 2% Methylene blue, 10% Silver nitrate, 5% Fluorescence의 4가지 색소를 사용하여, in vivo와 in vitro, 산부식을 시행한 실험군과 산부식을 시행하지 않은 실험군에서 4가지 색소의 상아세관 침투도를 비교하였다. Fluorescence을 제외한 3가지 색소는 치수를 제거한 in vitro 실험군이 in vivo 실험군보다 높은 색소침투도를 나타내었다. 그러나 Fluorescence를 제외한 3종의 색소에서는 색소종류에 따른 차이는 통계적 유의성이 없었다( $p > 0.05$ ). 또 산부식(37% 인산)을 시행하여 도말층을 제거한 실험군에서 산부식을 시행하지 않은 실험군보다 높은 침투도를 보였는데 이것은 Pashley와 Matthews<sup>20)</sup>의 in vivo, Vongsavan과 Matthews<sup>15)</sup>의 연구와 일치하는 결과를 나타내었다. 그러나 도말층을 제거하지 않은 in vivo 실험군에서 4가지 색소 모두가 도말층을 제거한 in vivo 실험군과 in vitro 실험군에 비하여 적지만 상아세관 내측으로 확산되었다는 실험성적은 Pashley와 Matthews<sup>20)</sup>의 결과와 비슷하였다. 하지만 Vongsavan과 Matthews<sup>9, 15)</sup>와 손 등<sup>24)</sup>의 연구자들은 약간 다르게 나타났는데, 도말층이 상아세관액의 외측흐름을 억제하고 상아질의 투과성을 감소시킨다는 Johnson과 Brannstrom<sup>22)</sup>, Pashley 등<sup>23)</sup>, Pashley 등<sup>25)</sup>의 연구결과를 고려하면 크게 어긋나지 않는다. 형광색소인 Fluorescence을 이용한 실험에서는 산부식을 시행한 in vivo와 in vitro 실험군과 산부식을 시행하지 않은 in vivo와 in vitro 실험군의 모든 시편에서 교두정 절단면으로부터 치수강에 이르기 까지 상아세관의 전장에 색소가 침투된 것을 관찰하였다. 단 한 개의 시편만이 낮은 침투깊이를 나타내었지만, 이것은 절단면으로부터 치수강까지의 거리가 너무 가까운 시편이었다. De Francesco와 Matthews<sup>26)</sup>는 형광색소인 lucifer yellow를 이용한 in vivo 연구에서 고양이 견치의 노출된 상아질과 법랑질로 둘러싸인 건전한 상아질에 까지도 lucifer yellow 색소가 침투되었다고 보고하였다. 이러한 결과를 바탕으로 Fluorescence 색소는 고양이

견치에서의 상아세관침투도를 비교하는 데 적절하지 않다고 여겨진다. 본 연구에서 Fluorescene은 4가지 실험군간의 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

Evans' blue를 이용한 실험에서는 in vivo보다는 in vitro에서, 산부식을 시행한 실험군에서 산부식을 시행하지 않은 실험군보다 높은 침투도를 보였다. 특히 산부식을 시행하지 않은 경우의 in vitro 실험군이 in vivo 실험군보다 높은 침투도를 보였다( $p < 0.05$ ). Vongsavan과 Matthews<sup>9)</sup>는 in vitro 실험에서 대기압보다 낮게 유지한 Evans' blue의 압력에서는 색소가 상아세관으로 침투하지 못하였으나 색소의 압력을 대기압보다 높은 상태로 유지한 in vivo 실험에서는 높은 농도로 색소가 침투한 것을 보고 하였는데, 이 색소는 분자의 크기가 작기 때문에 분자농도가 크다면 상아세관으로의 침투가 방해받지 않는다고 주장 하였다. Pashley<sup>10)</sup>도 세균의 내독소가 독성이 매우 강하지만 분자량이 백만을 넘고 농도가 비교적 낮기 때문에 확산계수가 매우 낮고 따라서 상아세관을 통한 확산이 매우 느리다고 보고하였다. 분자량과 분자의 농도외에도 상아세관을 통하여 치수에 도달하는 물질의 확산에 영향을 주는 요인으로는 적용되는 물질의 확산계수와 유체전도도, 상아질의 두께와 면적<sup>29)</sup> 등과 도말층<sup>32, 33)</sup>이 있다. 또 치수의 조직압력과도 관련있는 것으로 보고하고 있다<sup>32, 33)</sup>. Silver nitrate을 이용한 실험에서는 in vivo보다 in vitro 실험군이 높은 침투도를 보였다( $p < 0.05$ ). 또 in vitro 실험군중 산부식으로 도말층을 제거한 실험군이 in vivo의 두가지 실험군과 in vitro의 산부식을 시행하지 않은 실험군보다 높은 색소 침투를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 이 색소는 다른 3종의 색소보다 각 실험군사이에 높은 침투도의 차이를 나타내어 실험적 민감성을 가지는 것으로 산부식을 시행하지 않은 경우 in vitro에서 in vivo 보다 높은 색소침투도를 보였다( $p < 0.05$ ). 그러나 산부식을 시행한 경우에는 in vitro와 in vivo 간의 차이는 없는 것으로 나타났다( $p > 0.05$ ). 각 실험군(in vivo와 in vitro 산부식 시행 실험군과 시행하지 않은 실험군)간의 통계적인

유의성이 없는 색소침투도를 보였다.

상아세관의 외측흐름은 외부의 자극물질 또는 세균독소의 치수측으로의 확산을 막아 줄 수 있다<sup>12, 15, 19)</sup>. 그러나 치아 경조직 손상을 수복할 때 행하여지는 산부식시술로 인하여 도말층이 제거되고 그에따라 상아세관액의 외측흐름이 증가하고 동통이 유발되거나 수복물의 결합력 감소가 일어나기도 한다<sup>34)</sup>. 앞으로 상아세관액의 외측흐름에 대한 기능과 구성, 상아질의 구조 및 산부식을 이용한 수복재와의 상호관계에 대한 연구가 계속 되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

In vivo 상태에서 삭제된 상아질면에 산부식을 시행한 경우와 시행하지 않은 경우에서 수종의 색소에 의한 상아세관 침투도를 in vitro 상태에서와 비교하고 색소들의 실험적 민감성을 알아보기 위하여, 고양이 상, 하악 견치 64개의 교두정 아래 1mm 부위를 횡절단 하고 상아질을 노출 시킨 후 도말층이 잔존하는 경우와 37% 인산용액으로 산부식 시킨 경우에서, 52 mmol/l Evans' blue, 2% Methylene blue, 10% Silver nitrate 그리고 5% Fluorescene 4종의 색소를 4개씩의 견치에 30분 동안 적용시켜 색소의 침투깊이를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Evans' blue와 Methylene blue는 산부식을 시행하지 않은 경우에만 in vitro에서 in vivo보다 유의하게 높은 색소침투도를 보였다( $p < 0.05$ ).
2. Silver nitrate를 이용한 색소침투는 산부식 처리하지 않은 군과 산부식 처리한 군 모두에서 in vivo보다 in vitro의 경우 유의하게 높은 색소침투도를 보였다( $p < 0.05$ ).
3. Fluorescene의 상아질내 색소침투는 in vivo와 in vitro, 그리고 산부식 처리하지 않은 군과 산부식 처리한 군 사이에 색소 침투의 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

## 참고문헌

1. Browne R.M. and Tobias R.S. : Microbial microleakage and pulpal inflammation. *Endo. Dent. Traumatol.*, 2 : 177-183, 1986.
2. Brannstrom M., Linden L.A. and Astrom, A. : The hydrodynamics of the dentinal tubule and of pulp fluid ; A discussion of its significance in relation to dentinal sensitivity. *Caries. Res.*, 1 : 310-317, 1967.
3. Trowbridge H.O. : Mechanisms and control of pain in dentin and pulp. In : Rowe NH(ed) *Dental pulp : reactions to restorative materials in the presence or absence of infection*. University of Michigan press. Ann Arbor. 1-20, 1982.
4. Pashley D.H. : Clinical consideration of microleakage. *J. Endo.*, 16 : 70-77, 1990.
5. Going R.E. : Microleakage around dental restoration ; a summarizing review. *J. Am. Dent. Assoc.*, 84 : 1349-1357, 1972.
6. Anderson D.J. and Ronning G.A. : Dye diffusion in human dentine. *Archs. Oral Biol.*, 7 : 505-512, 1962.
7. Horiuchi H. and Matthews B. : Evidence on the origin of impulses recorded from dentine in the cat. *J. Physiol. Lond.*, 243 : 797-829, 1974.
8. Matthews B. : The mechanism of pain from dentine and pulp. *Br. Dent. J.*, 140 : 57-60, 1976.
9. Vongsavan N. and Matthews B. : The permeability of cat dentine in vivo and in vitro. *Archs. Oral Biol.*, 36 : 641-646, 1991.
10. Edwall L. and Kindlova M. : The effect of sympathetic nerve stimulation on the rate of disappearance of tracers from various oral tissue. *Acta. Odont. Scand.*, 29 : 387-400, 1971.
11. Pashley D.H., Kehl T., Pashley E. and Palmer P. : Comparison of in vitro and in vivo dog dentin permeability. *J. Dent. Res.*, 60 : 763-768, 1981.
12. Brannstrom M. : Sensitivity of dentine. *Oral. Surg.*, 21 : 517-529, 1966.
13. Vongsavan N. and Mathews B. : Changes in pulpal blood flow and in fluid flow through dentine produced by autonomic and sensory nerve stimulation in the cat. *Proc. Finn. Dent. Soc.*, 88(suppl. 1) : 491-497, 1992.
14. Johnson G., Olgart L. and Brannstrom M. : Outward fluid flow in dentin under a physiologic pressure gradient : Experiments in vitro. *Oral. Surg.*, 35 : 238-248, 1973.
15. Vongsavan N. and Matthews B. : Fluid flow through cat dentine in vivo. *Archs. Oral Biol.*, 37 : 175-185, 1992.
16. Pashley D.H., Nelson R. and Pashley E.L. : In-vivo fluid movement across dentine in the dog. *Archs. Oral Biol.*, 26 : 707-710, 1981.
17. Reeder O.W., Walton R.E., Livingston M.J. and Pashley D.H. : Dentin permeability ; determinants of hydraulic conductance. *J. Dent. Res.*, 57 : 187-193, 1978.
18. Pashley D.H., Livingston M.J. and Greenhill J.D. : Regional resistances to fluid flow in human dentin in vitro. *Archs. Oral Biol.*, 23 : 807-810, 1978.
19. Pashley D.H. : Dentine permeability and its role in the pathobiology of dentine sensitivity. *Archs. Oral Biol.*, 39 : suppl. 73-80, 1994.
20. Pashley D.H. and Matthews W.G. : The effect of outward forced convective flow on inward diffusion in human dentine, in vitro. *Archs. Oral Biol.*, 38 : 577-582, 1993.
21. De Francesco N. and Matthews B. : The

- distribution of HRD and Lucifer yellow introduced into the dentin in-vivo. *J. Dent. Res.*, 70 (sp. Issue 4) 717 No. 377, 1991.
22. Johnson G. and Brannstrom M. : The sensitivity of dentin : Changes in relation to conditions at exposed tubules apertures. *Acta. Odontol. Scand.*, 32 : 29-38, 1974.
  23. Pashley D.H., Michelich V. and Kehl T. : Dentin permeability ; Effect of smear layer removal. *J. Prosthet. Dent.*, 46 : 531-537, 1981.
  24. 손호현, 박수정, 이광원. : In vivo에서 고양이 상아세관을 통한 상아세관액의 흐름. 대한 치과 보존 학회지., 20 : 342-350, 1995.
  25. Pashley D.H., Leibach J.G. and Horner J.A. : The effect of burnishing NaF/Kaolin/glycerin paste on dentin permeability. *J. periodontol.*, 58 : 19-23, 1987.
  26. De Francesco N. and Matthews B. : Studies on the permeability of cat dentine in vivo and in vitro. *Journal of physiology.*, 452 : 173, 1992.
  27. Brown A.C. and Beveridge E.E. : The relation between tooth pulp pressure and systemic arterial pressure. *Archs. Oral. Biol.*, 11 : 1181-1193, 1966.
  28. Tonder K.H. and Kvinnsland I. : Micropuncture measurements of interstitial fluid pressure in normal and inflamed dental pulp in cats. *J. Endo.*, 9 : 105-109, 1985.
  29. Pashley D.H. : Dentin-predentin complex and its permeability ; Physiologic overview. *J. Dent. Res.*, 64 : 613-620, 1985.
  30. Pashley D.H., Livingston M.J., Reeder O. W. and Horner J. : Effect of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentin in vitro. *Archs. Oral. Biol.*, 23 : 1127-1133, 1978.
  31. Dippel H.W., Borggreven J.M.P.M. and Hoppenbrouwers P.M.N. : Morphology and permeability of the dentinal smear layer. *J. Prosthet. Dent.*, 52 : 657-661, 1984.
  32. Heyeraas K.J. and Kvinnsland I. : Tissue pressure and blood flow in pulpal inflammation, *Proc. Finn. Dent. Soc.*, 88 : 393-401, 1978.
  33. Pashley D.H. : The influence of dentine permeability and pupal blood flow on pupal solute concentration. *J. Endodont.*, 5 : 355-361, 1979.
  34. Tao L. and Pashley D.H. : Dentin perfusion effect on the shear bond strengths of bonding agents to dentin. *Dent. Mater.*, 5 : 181-184, 1989.



## 사진 부도 설명

- Fig. 1. Evans' blue penetrated into dentinal tubules without acid etching on the exposed dentin surface in vitro.(×32)
- Fig. 2. Evans' blue penetrated into dentinal tubules after acid etching on the exposed dentin surface in vitro.(×32)
- Fig. 3. Evans' blue penetrated into dentinal tubules without acid etching on the exposed dentin surface in vivo.(×32)
- Fig. 4. Evans' blue penetrated into dentinal tubules after acid etching on the exposed dentin surface in vivo.(×32)
- Fig. 5. Methylene blue penetrated into dentinal tubules without acid etching on the exposed dentin surface in vitro.(×32)
- Fig. 6. Methylene blue penetrated into dentinal tubules after acid etching on the exposed dentin surface in vitro.(x32)
- Fig. 7. Methylene blue penetrated into dentinal tubules without acid etching on the exposed dentin surface in vivo.(×32)
- Fig. 8. Methylene blue penetrated into dentinal tubules after acid etching on the exposed dentin surface in vivo.(×32)
- Fig. 9. Silver nitrate penetrated into dentinal tubules without acid etching on the exposed dentin surface in vitro.(×32)
- Fig.10. Silver nitrate penetrated into dentinal tubules after acid etching on the exposed dentin surface in vitro.(×32)
- Fig.11. Silver nitrate penetrated into dentinal tubules without acid etching on the exposed dentin surface in vivo.(×32)
- Fig.12. Silver nitrate penetrated into dentinal tubules after acid etching on the exposed dentin surface in vivo.(×32)
- Fig.13. Fluorescine penetrated into dentinal tubules without acid etching on the exposed dentin surface in vitro.(×32)
- Fig.14. Fluorescence blue penetrated into dentinal tubules after acid etching on the exposed dentin surface in vitro.(×32)
- Fig.15. Fluorescine blue penetrated into dentinal tubules without acid etching on the exposed dentin surface in vivo.(×32)
- Fig.16. Fluorescine blue penetrated into dentinal tubules after acid etching on the exposed dentin surface in vivo.(×32)
- moved before dye application. Acid etched\*\* means that smear layer on exposed dentin surface was removed before dye application.

사진부도 1



Fig. 1

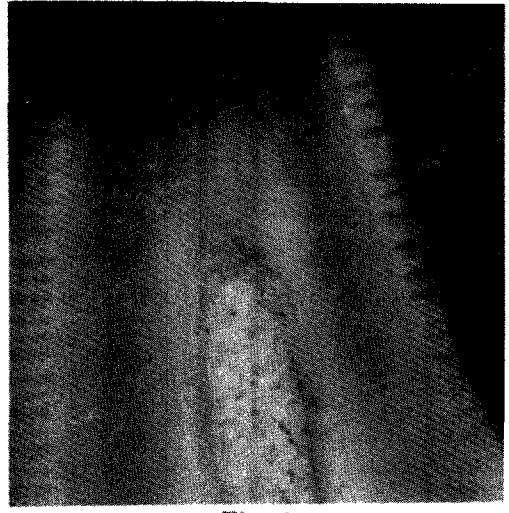


Fig. 2



Fig. 3

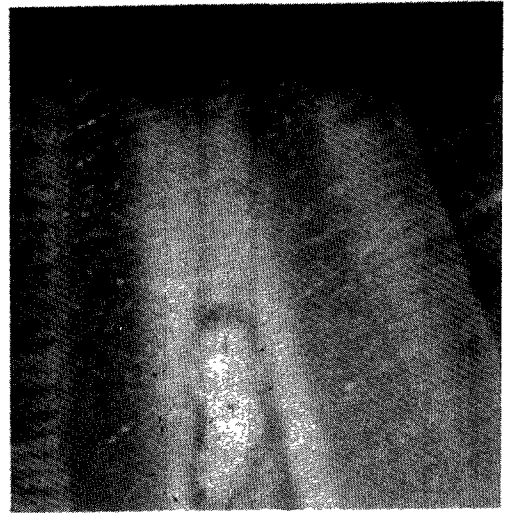


Fig. 4

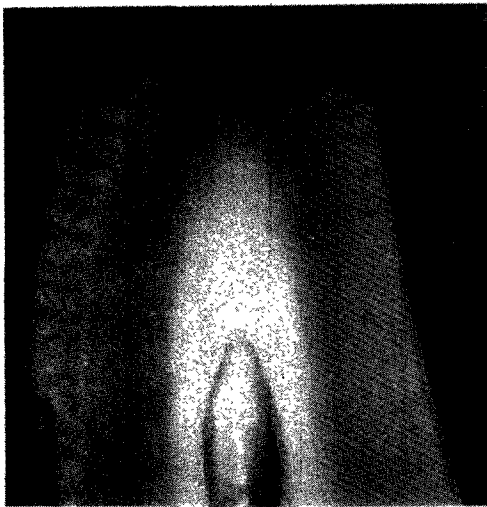


Fig. 5



Fig. 6

사진부도 2



Fig. 7

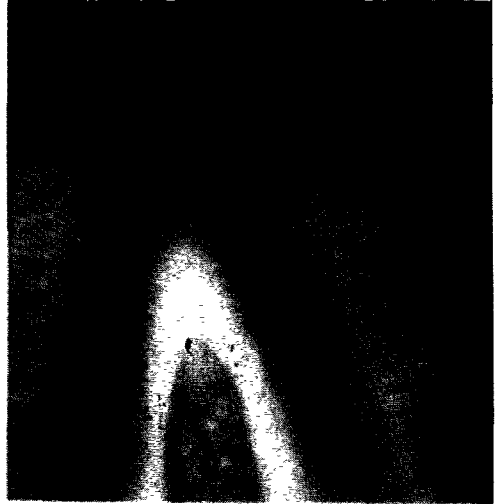


Fig. 8

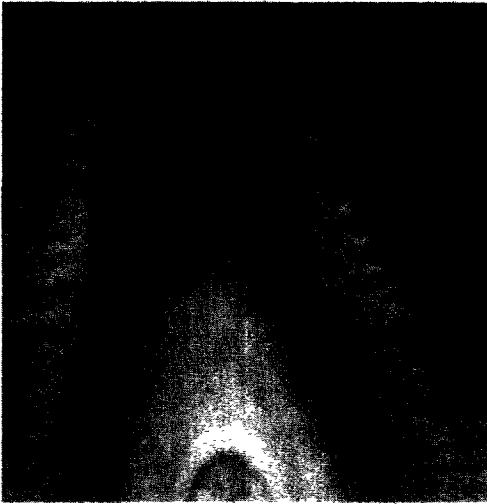


Fig. 9

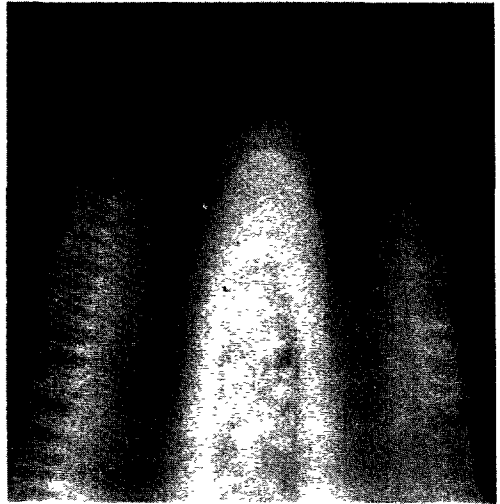


Fig. 10

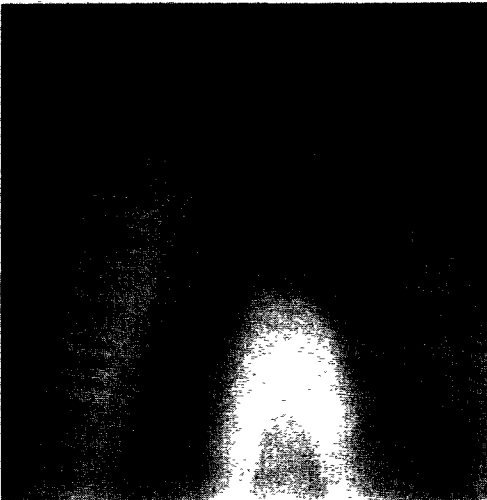


Fig. 11



Fig. 12

사진부도 3

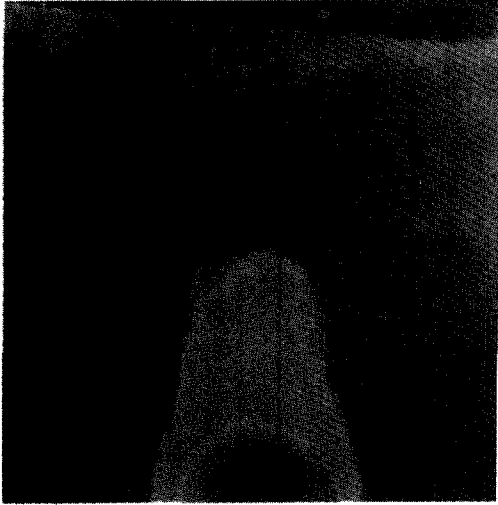


Fig. 13

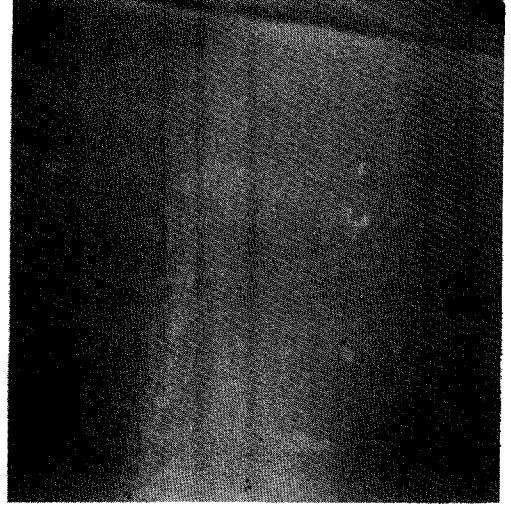


Fig. 14

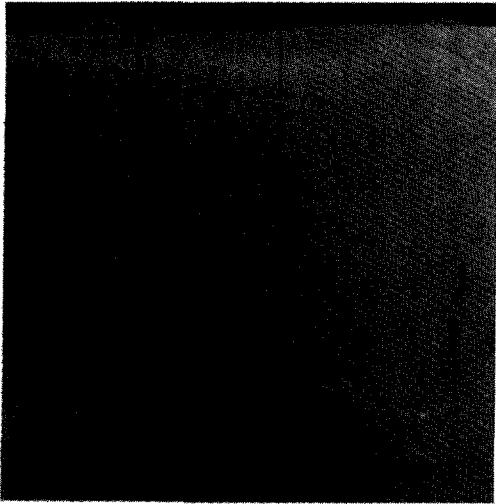


Fig. 15

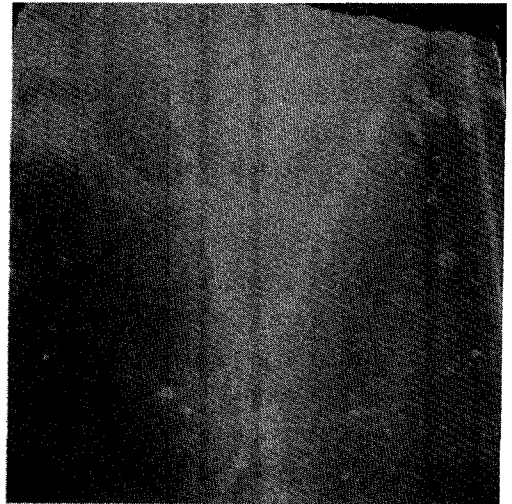


Fig. 16