

수증의 desensitizing agent가 상아질 투과도에 미치는 영향

전영의 · 정일영 · 윤태철
연세대학교 치과대학 보존학교실

ABSTRACT

THE EFFECT OF VARIOUS DESENSITIZING AGENTS ON THE PERMEABILITY OF HUMAN DENTIN

Young-Eui Chon, Il-Young Jeong, Tae-Chul Youn.

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University

The hydrodynamic theory of dentin sensitivity states that movement of tubular contents or tubular fluid, in either direction of dentinal tubule, causes dentin sensitivity. A corollary of that theory is that anything that can decrease dentinal fluid movement or dentin permeability should decrease dentin sensitivity. A wide variety of physicochemical methods have been used to reduce the permeability and sensitivity of exposed dentin.

The purpose of this study was to evaluate the ability of 4 kinds of clinical desensitizing agents(2% NaF, 30% Potassium oxalate, MS Coat®, Tubulitec system®) to reduce the rate of fluid flow through dentin in vitro.

Sixty coronal dentin discs, 1mm in thickness, were prepared from extracted third molars, free from decay and wear. Dentin discs were treated with 3% EDTA(Tubulicid Plus®(Dental Therapeutics AB, Sweden)) to remove the smear layer and debris occluding the tubular orifices. After placing the discs in a split chamber device, the rate at which physiologic saline solution could filter across dentin under 150cm H₂O hydrostatic pressure was measured. The occlusal side of the discs were then treated with MS Coat®, 2% NaF, Tubulitec system®, and 30% Potassium oxalate, and the filter ratio of the saline solution was measured again. The following conclusions were drawn :

1. Hydraulic conductance which was measured after the application of desensitizing agents was decreased in all the groups(p<0.05).
2. % change of hydraulic conductance was compared but no significant difference was found among the four desensitizing agents(p>0.05).

2% NaF, 30% Potassium oxalate, MS Coat® and Tubulitec system® decreased the permeability of dentin. It is considered that above four agents can be used in treating the hypersensitive teeth.

Key Words : dentin hypersensitivity, hydrodynamic theory, dentin permeability

I. 서론

수복 치료 또는 치주 치료 후에 환자들은 종종 온도, 기계, 화학적 자극에 대한 지각과민을 호소하는 경우가 있으며, 이러한 지각과민은 상아질 결함이나 치아병변으로는 설명할 수 없다¹⁾.

지각과민을 설명하는 3가지 이론이 있으며²⁾, direct nerve stimulus(nueral) theory는 상아세관 내의 신경말단 수용기가 직접 자극받으면 대뇌로 동통을 전달한다는 이론으로서, 이 이론은 신경 요소가 상아질 외부 1/2까지 연장되어 있지 않아서 부적합한 것으로 여겨지고 있다. Odontoblastic transduction theory³⁾는 Avery & Rapp

(1959), Bock(1960) 등이 상아세관내의 조상아세포돌기가 전달물질로 작용한다고 제시한 이론으로서 전자현미경 연구 결과 synaptic complex를 발견하지 못하였고, Symons, Frank³⁾ 등은 조상아세포가 범람질까지 도달되어 있음을 증명하지 못하였다. 가장 흔히 받아들여지는 이론은 hydrodynamic theory^{4,5)}로서 이 이론에 의하면 상아세관에 존재하는 액체의 빠른 이동이 치수에 존재하는 기계감각 신경말단을 변형시키며, 이러한 신경말단의 변형에 의하여 동통이 나타난다. 이 기전에 의해 발생된 동통은 날카롭고, 항상 국소적으로 나타나며 상아세관액을 팽창시키거나 수축시키는 자극에 의해 발생된다. Drilling, air blast, cold는 상아세관액의 outward movement를 야기하는 자극으로 신경을 변형시키고, 열은 상아세관액의 inward movement를 야기하나 신경을 활성화시키지 않는다고 보고되었다⁶⁾.

Brännström에 이어서 hydrodynamic theory와 상아질 투과도의 역할에 대하여 가장 큰 공헌을 한 사람은 Pashley로서 Pashley⁶⁾ 등은 split chamber device를 이용하여 hydraulic conductance(Lp)를 처음으로 측정하여 상아질 투과도의 기본적인 특징을 발표하였다^{7,8)}.

Pashley⁹⁾ 등은 전체 상아세관액의 흐름저항성에 대한 부위별 기여도를 실험한 결과 전체 저항의 86%는 상아질표면(도말층)에 의한 것이며, 상아세관을 폐쇄하고 상아세관 크기를 감소시키는 약제로 투과성을 변화시키는 것이 임상적으로 유용한 치료방법이 될 수 있음을 제시하였다.

Pashley¹⁰⁾는 산부식된 상아질과 산부식되지 않은 상아질에서 생리식염수의 투과 비율에 대한 온도 영향을 측정하였다. 일반적으로 온도가 올라갈 수록 상아질 투과도는 증가하였으며 도말층이 제거된 상아질에서 더 크게 증가하였다. 이 결과는 도말층이 중요하다는 것을 제시하였으며, 도말층이 있으면 세관 직경 팽창과 액체의 점조도 같은 성질에 덜 영향받는다 하였다.

Addy¹¹⁾ 등은 상아질 투과도와 지각과민 치료제 사이의 관계를 알아내기 위하여, SEM과 dye penetration technique을 이용해서 과민성 상아질과 비과민성 상아질의 상아세관 개방정도를 정량적으로 평가하였다. SEM으로 관찰한 결과 과민성 상아질은 단위면적당 59.9%의 개방된 세관을 가지고 있었으며 비과민성 상아질에서는 7.47%의 개방된 세관을 가지고 있었고, 세관의 평균 직경은 과민성 상아질에서는 0.83 μ m, 비과민성 상아질에서는 0.43 μ m이었다. dye penetration 실험에서 과민성 상아질인 경우 침투 강도와 성향이 더 컸다고 보고하였다.

Lia Rimondini¹²⁾ 등은 치경부에 상아질 노출이 있는 환자에서 임상 증상과 상아질의 미세구조 사이의 관계를 알아보기 위하여 산부식 전과 후의 replica model을 제작하여 SEM으로 관찰하였다. 비과민성 상아질의 경우 88%는 부정형의 도말층으로 덮혀 있고 상아세관 수는 적고 좁음을,

과민성 상아질은 31.3%는 부정형의 도말층, 35.6%는 관상상아질 소실을 보였고, 상아세관 수는 많고 더 넓었다고 보고하였다. 과민성 상아질을 산부식하면 항상 도말층이 제거되었으나 비과민성 상아질에서는 도말층이 부분적으로 제거되거나 제거되지 않았다고 하였다. 이상의 결과 지각과민이 있는 환자에서 상아질 투과도를 줄이는 데 있어서 도말층의 역할을 추론할 수 있다.

그러나 도말층에는 박테리아가 존재하여 증식이 가능하며 이차우식을 유발하거나 치수에 잠재적으로 유해하다는 것이 밝혀졌다. 따라서 도말층은 제거되어야만 하고 상아세관 입구가 노출되면 상아세관 내용물의 이동에 의하여 동통이 야기될 수 있으므로 이를 폐쇄하여야 한다고 Brännström은 주장하였다³⁵⁾.

Hydrodynamic theory에 기초하여 지각과민 치아의 지각과민을 감소시키는 두 가지 방법을 기본적으로 고려할 수 있다. 어떤 자극에 의해 유발된 상아세관액의 이동을 최소화하기 위하여 상아세관 입구를 폐쇄함으로써 상아질 투과도를 감소시키는 방법과 치아내 신경 흥분을 감소시킴으로써 자극에 의해 유발된 액체의 이동에 대하여 신경이 반응하지 않도록 하는 것이다.

Orchardson¹³⁾ 등에 의하면 신경 흥분은 국소적인 세포외 환경의 이온 구성 성분에 의하여 영향받으며 in vitro 연구에서 신경 흥분에 영향을 나타내는 이온의 국소 농도가 확인되었으나, 약제를 상아질 외부에 도포하였을 때 치아내 신경 흥분에 영향을 나타내기 위하여 세관을 따라 충분한 양이 확산될 수 있는 지는 확실하지 않다고 하였다. 따라서 현재 사용되는 방법은 상아세관 입구를 폐쇄하여 상아질 투과도를 감소시키는 것으로서 옥살레이트, potassium salts, 불소 등을 국소도포하는 방법, 불소를 이용한 iontophoresis, cavity varnish, dentin-bonding agent와 G-I cement 등이 있다.

상아질 투과도를 감소시키기 위하여 여러 가지 약제가 사용되고 있으나, 현재 널리 사용되는 약제의 효과에 대한 상대적인 평가가 미흡하여, 본 연구에서는 NaF, Potassium oxalate, MS Coat®, Tubulitec system®이 상아질 투과도에 미치는 영향을 측정 비교함으로써 실제적인 치료효과의 가능성을 평가하고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. Dentin disc

발거한 제 3 대구치 중에서 우식이 없고 마모가 없는 치아 60개를 선택하여 Cuvette(1*1*4.5cm)에 적합시킨 다음 자기중합형레진으로 매몰 후 중합하였다. Trimmer를 이용하여 상아법랑 경계까지 교합면 범람질을 제거한 후 low

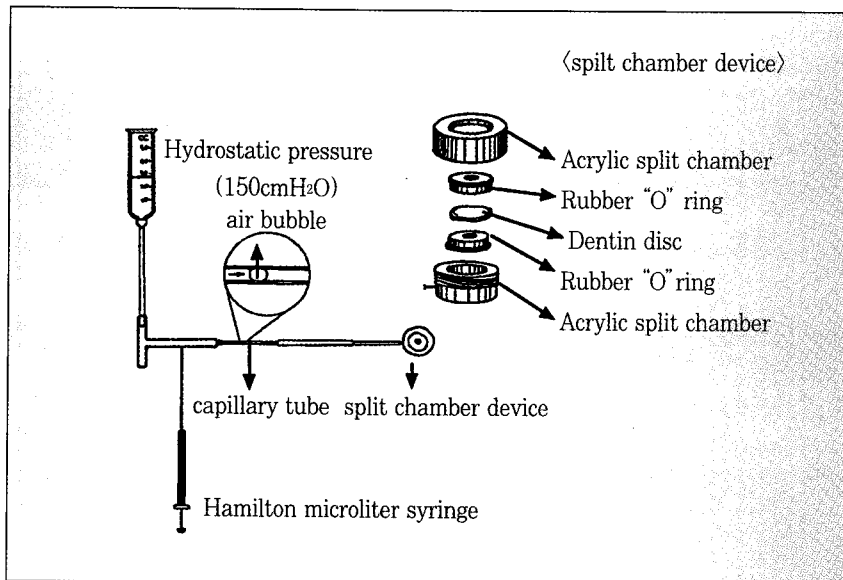


Fig. 1. in vitro에서 상아질의 hydraulic conductance를 측정하기 위하여 사용된 장치의 모식도. Chamber쪽으로 공기방울의 이동은 상아질을 통해 투과된 생리식염수의 비율을 나타낸다. Hamilton microliter syringe로 측정시마다 공기방울 위치를 조정한다.

speed diamond wheel saw(SBT Model 650, South Bay Technology)를 이용하여 1mm 두께의 dentin disc를 만들었고^{7-9,15-22)} 60개의 dentin disc를 실험하는 기간 동안 생리식염수에 보관하였다.

2. Chamber device

Dentin disc를 acrylic split chamber device 내에 위치시켰고, rubber "O" ring 사이에 위치시켜 일정한 표면적(0.159cm²)이 실험에 사용될 수 있도록 하였으며 chamber 양쪽은 생리식염수로 채웠다.

압력은 chamber 상방 150cm되는 지점에서 정수압을 가하였다(Fig. 1).

3. 실험디자인

다음과 같이 4군으로 나누고 각 군은 15개의 dentin disc를 포함하였다.

- ① 1군 : Sodium fluoride(NaF) 2% w/v (pH 3.2)
- ② 2군 : Potassium oxalate 30% w/v in water
- ③ 3군 : MS Coat[®](Sun Medical CO., LTD)
- ④ 4군 : Tubulitec system[®](Dental Therapeutics AB, Sweden)

Split chamber device를 조립하기 전에 dentin disc를 3% EDTA(Tubulicid Plus[®](Dental Therapeutics AB, Sweden))로 20초간 처치하여 세관입구를 막고 있는 도말층을 제거한 후 생리식염수로 세척하였다. 한 disc마다 20

분 간격으로 hydraulic conductance를 3회 측정하였다.

각각의 군에서 dentin disc의 교합면에 MS Coat[®]와 Tubulitec system[®]는 제조자 지시에 따라 도포하였고, NaF와 potassium oxalate는 cotton pellet에 묻혀 2분간 문지른 후 물로 20초간 세척하였다. 다시 20분 간격으로 hydraulic conductance를 3회 측정하였다.

4. 계산

생리식염수가 얼마나 쉽게 상아질을 통해 투과되는지 약제의 효과를 결정하기 위해 측정된 값을 hydraulic conductance(Lp)로 표현하였다.

$$L_p = J_v / A \cdot P \cdot t$$

J_v : fluid flow in μ l

A : dentin surface area in cm²

P : Hydrostatic pressure gradient in cm² H₂O

t : time in min

L_p : hydraulic conductance in μ l cm⁻² min⁻¹ cm H₂O⁻¹

주어진 압력하에서 상아세관을 통한 생리식염수의 flow rate은 이미 알고 있는 길이와 직경의 모세관(직경 1mm, 길이 75mm)을 split chamber와 연결함으로써 결정할 수 있었다. 모세관에 직각으로 입체현미경을 설치하여 입체현미경을 보면서 공기 방울의 이동된 거리를 측정하였고, 모세관 내에서 공기 방울의 이동된 거리를 부피로 전환시켰다. 도말층을 제거한 후 20분 간격으로 3회 측정된 L_p를 평균하여 처치전이라 정하고 약제 도포 후 20분 간격으로 3회 측정된 L_p를 평균하여 처치후라고 정하였다. 한 disc마

다 상아질 투과도의 % change를 다음과 같이 구하였다.

$$\% \text{ change} = 100\% - (\text{처치후}/\text{처치전}) \%$$

5. 통계처리

각 군에서 약제 처치전 후 Lp간에 차이가 있는 지는 Wilcoxon signed rank test로 평가하였고, 각각의 군간에 hydraulic conductance의 변화에 차이가 있는 지는 Kruskal-Wallis test로 평가하였다.

III. 실험성적

54개 dentin disc에서 약제 처치전 후의 Lp, % change를 Table 1에 나타내었고 Table 2에는 median과 range를 정리하여 나타내었다.

Tubulitec system®이 가장 높은 수치(77.86%)를 나타내었고 그 다음으로 Potassium oxalate가 76.49%, MS Coat®가 75.03%, NaF가 69.85%로써 가장 낮은 값을 나타내었다(Table 1, 2).

Table 1. Hydraulic conductance which was measured in 54 dentin discs

Disc No	1군 NaF			2군 Potassium oxalate			3군 MS Coat®			4군 Tubulitec system®		
	처치전 (*10 ⁻³)	처치후 (*10 ⁻³)	% change	처치전 (*10 ⁻³)	처치후 (*10 ⁻³)	% change	처치전 (*10 ⁻³)	처치후 (*10 ⁻³)	% change	처치전 (*10 ⁻³)	처치후 (*10 ⁻³)	% change
1	8.61	1.34	84.39	2.41	1.15	52.27	3.63	0.81	77.79	8.15	1.12	86.20
2	8.42	1.15	86.32	8.39	2.33	72.22	2.36	0.81	65.89	7.08	1.12	84.11
3	4.53	0.93	79.39	7.02	1.10	84.38	4.71	0.81	82.87	12.51	1.26	89.91
4	7.08	1.48	79.07	4.72	0.69	85.47	2.69	0.95	64.49	10.61	1.70	83.98
5	3.37	1.43	57.72	5.13	0.96	81.28						
6	2.44	1.29	47.19	6.53	1.34	79.41	11.96	1.59	82.11			
7	6.01	1.61	73.06	5.95	0.96	83.87	4.58	2.14	73.05	0.70	1.81	83.08
8	2.88	1.04	63.81	2.06	1.07	48.14	4.50	2.56	64.63	6.58	2.11	67.92
9	3.59	1.18	67.18	2.33	1.23	47.06	16.65	1.59	87.64			
10	4.91	0.77	84.36	4.66	1.18	74.71	11.79	2.52	78.60	5.81	1.92	66.98
11	2.25	0.96	57.32	2.41	0.69	71.59	3.92	1.31	66.43	7.43	1.65	77.86
12	2.85	0.96	66.35	4.28	0.88	79.49	3.43	1.04	69.60	5.16	1.26	75.53
13	3.92	1.48	66.24	2.52	0.55	78.26	5.49	1.26	77.00	8.69	2.33	73.19
14	4.55	0.96	78.92				6.01	1.21	79.91	5.95	1.65	72.35
15	3.73	1.12	69.85	3.32	1.51	54.55	4.44	1.81	59.26			
median	3.92	1.15	69.85	4.47	1.09	76.49	4.54	1.25	75.03	7.43	1.65	77.86
range	2.25-	0.77-	47.19-	2.06-	0.55-	47.06-	2.36-	0.81-	59.26-	5.16-	1.12-	69.86-
	8.61	1.62	86.32	8.39	2.33	85.47	16.65	2.52	87.64	12.51	2.33	89.91

% change = 100% - (처치후/처치전) %

처치전, 처치후 Lp의 단위 : $\mu\text{ cm}^2 \text{ min}^{-1} \text{ cm H}_2\text{O}^{-1}$

Table 2. Summary of median and range of before and after application of medicaments and % change in the 4 groups.

군	처치전		처치후		% change	
	$\mu\text{ cm}^2 \text{ min}^{-1} \text{ cm H}_2\text{O}^{-1}$		$\mu\text{ cm}^2 \text{ min}^{-1} \text{ cm H}_2\text{O}^{-1}$		%	
	Median (*10 ⁻³)	Range (*10 ⁻³)	Median (*10 ⁻³)	Range (*10 ⁻³)	Median	Range
1군 NaF	3.92	2.25-8.61	1.15	0.77-1.62	69.85	47.19-86.32
2군 Potassium oxalate	4.47	2.06-8.39	1.09	0.55-2.33	76.49	47.06-85.47
3군 MS Coat®	4.54	2.36-16.65	1.25	0.81-2.52	75.03	59.26-87.64
4군 Tubulitec system®	7.43	5.16-12.51	1.65	1.12-2.33	77.86	69.98-89.91

% change = 100% - (처치후/처치전) %

Table 3. Comparison of Lp before and after application of medicaments in the 4 groups.

Prob > S	
1군	0.0001
2군	0.0001
3군	0.0001
4군	0.0001

약제를 처치하기 전에 측정된 Lp와 처치한 후의 Lp 간의 차이는 4가지 군에서 모두 통계적으로 유의하였다 (Wilcoxon signed rank test, $P < 0.05$) (Table 3).

Tubulitec system[®]이 상아질 투과도를 77.86% 감소시켜 (Table 1, 2) 가장 효과가 있었으나 Kruskal-Wallis test 결과 각 군간에는 통계적으로 유의차는 없었다 ($P > 0.05$) (Table 4).

IV. 총괄 및 고찰

성인의 8 - 35%는 상아질 지각과민으로 고통받고 있으며²³⁾, Dowell과 Addy²⁴⁾ 등은 이른 시기에 치근노출을 경험한 젊은 사람에서 상아질 지각과민이 더 잘 일어난다고 보고하였다. 나이가 많이 든 사람의 치근이 더 많이 노출되었음에도 불구하고 젊은 사람보다 덜 민감한 것으로 보고되고 있으며 이는 ① 상아세관내에 mineral deposit이 축적되어 액체 이동이 감소되며^{25,26)} ② 개방된 세관의 수가 감소되며²⁷⁾ ③ 수복상아질 형성에 의해 치수강의 크기가 감소되고²⁸⁾ ④ 치수내의 세포, 혈관, 신경의 수가 감소되기 때문인 것으로 알려져 있다²⁹⁾.

Hydrodynamic theory에 의하면 세관 내에서 액체 이동에 의해 상아질 지각과민이 일어난다. 상아질의 hydraulic conductance를 결정짓는 변수로는 압력, 상아세관의 길이, 액체의 점도도와 상아세관 직경 등이 있다. 치수내 압력은 대기압보다 크기 때문에 세관액은 노출된 상아질을 통해 계속 밖으로 흐르지만 그 속도가 너무 느려서 기계수용기를 활성화시키지 못한다. 상아세관 길이가 감소하면 민감성이 증가하고, 칫솔질을 부적절하게 너무 과도하게 하면 상아세관 길이 감소가 서서히 일어난다. 음식이나 치약의 고장성 성분은 액체의 outward movement를 야기해서 동통을 야기한다. 치약은 sodium dodecyl sulphate 같은 청정제를 포함하고 이 청정제는 이론적으로는 액체 흐름을 증가시킨다. 가장 중요한 변수는 세관의 직경으로써 세관의 직경이 조금만 변화되더라도 액체 흐름에 크게 영향을 미치는데 이는 액체 흐름이 세관 반지름의 4제곱에 비례하기 때문이다 (Poiseuille's law). 따라서 개방된 상아세관의 수를 감소시키거나 직경을 감소시키는 것이 지각과민 치아의 가장 중요한 치료 목적이다³⁰⁾.

Table 4. Comparison of % change among the 4 groups.

Source	DF	Sum of Square	F value	P value
Model	3	753.91168831	1.02	0.3934
Error	50	12363.58831169		
Corrected Total	53	13117.50000000		

본 연구의 목적은 in vitro에서 상아질을 통한 액체의 흐름을 감소시키기 위하여 수종의 desensitizing agent가 상아질 투과도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 이전의 연구에서 사용된 dentin disc model을 사용하였다^{7,8,31,32)}. 이 모델은 in vivo와 아주 근접한 상황을 나타내어서 desensitizing agent의 세관폐쇄 성질을 조사하고, 가능하다면 이 결과를 임상상황과 연관시키기 위하여 이용하였다.

Pashley 등은 split chamber device를 고안하여 상아질 투과도를 측정하는 실험을 수행하였고, 본 연구에서도 acrylic split chamber device를 이용하였다. Rubber "O" ring과 chamber 사이에 미세누출이 없다는 것을 증명하기 위하여 투과성이 없는 아크릴릭으로 1mm 두께의 disc를 제작한 다음 동일한 조건에서 5분 측정된 결과 공기방울의 이동은 없어서 미세누출은 없는 것으로 판단되었다.

총 60개의 dentin disc를 제작하여 상아질 투과도를 측정하였으나 실험시 오차가 발생한 6개는 제외하였다. 오차가 발생한 이유는 disc내에 결함이 있거나 split chamber device로 조일 때 crack이 형성된 것으로 생각된다.

각 disc가 비록 1mm 두께이나 개인마다 범랑질 두께와 치수층 위치 등이 다르고 연령에 따라 상아세관의 직경이 차이가 나기 때문에 이러한 생물학적 다양성을 줄이기 위하여 hydraulic conductance의 % change로 나타내었다.

도말층을 제거하기 위하여 이전의 연구에서는 50% 구연산^{7-9,18,19)}, 6% 구연산^{16,20,22)}, 0.5M EDTA (pH 7.4)^{21,45)}와 37% 인산으로 2분간 부식 후 최대의 투과도를 얻었다. 실제로 임상에서 산이나 높은 농도의 EDTA를 포함한 다양한 cleanser를 사용하면 도말층이 제거되나 동시에 상아세관을 개방시키고 상아세관을 넓힘으로써 결국 상아질 투과도를 증가시켜 바람직하지 않은 결과가 초래된다고 보고되었다³⁴⁾. 따라서 Brännström³⁵⁾은 낮은 농도의 EDTA를 함유한 cleanser 사용을 주장하였고 본 연구에서 도말층을 제거하고 상아세관을 개방시키기 위하여 사용된 Tubulicid Plus[®]는 3% solution of EDTA, benzalkonium chloride 등으로 구성되어 있으며, 표면장력이 낮아서 상아세관 내로 침투를 용이하게 한다.

MS Coat[®]는 monomer, emulsifiers, irritators 없이 acrylic polymer와 물의 colloidal mixture로써 치질과 화학적으로 반응하고 침전물을 형성하여 상아질 세관을 폐쇄함으로써 열이나 기계적, 화학적 자극 등을 차단한다 (Table

Table 5. The composition of MS Coat[®].

A 용액 : water, copolymer with sulfonic group (약 5%)
B 용액 : water, oxalic acid (약 2%)

5). A용액과 B용액으로 구성되어 있으며 B용액은 노출된 치면과 개방된 상아세관 내측면의 칼슘과 반응하여 칼슘화합물의 결정을 형성하여 침전시킨다. A용액은 아교성 고분자화합물로서 B용액에 의한 침전물을 가교시켜 고형화함으로써, 지속적으로 동통을 차단할 수 있도록 상아세관 개방 부위를 견고하게 폐쇄시킨다.

Suggs³⁶⁾ 등은 과민한 417개의 치아를 대상으로 MSE를 도포한 결과 408개(98%)의 치아는 즉시 지각과민이 해소되었고, 9개 치아는 증상이 사라지지 않았으며, 이 중 6개 치아는 비가역성 치수 병변으로 진행되어 신경치료를 시행하였다고 보고하였다. MSE는 가역적인 상아질 지각과민과 비가역적인 상아질 지각과민을 감별진단하는 데 훨씬 효과적이며 또한 치료하는 간단하고 효율적인 방법이라고 주장하였다. 본 연구에서도 상아질 투과도를 감소시키는 데 MS Coat 가 효과적이었다.

Brännström은 상아세관 내에 남아있는 도말층을 무균 처리하고 동시에 상아세관 입구를 막아 세균침입에 의한 치수 염증을 감소시키고 미세면연누출을 줄이고자 Tubulitec system[®]을 사용하였다³⁷⁾.

Tubulitec system[®]은 Tubulicid Blue Label/Red Label, Tubulitec Primer와 Liner로 구성되어 있다. Tubulicid는 0.2% solution of EDTA, 양극성의 benzalkonium chloride 등으로 구성되어 있으며 Tubulicid Red Label은 1%의 NaF을 더 함유하고 있다. 0.2% EDTA는 상아세관 입구를 개방시키지 않고 상아질 표면의 도말층만을 제거하여 상아세관 입구의 폐쇄 상태를 유지하며, benzalkonium chloride는 상아세관 입구의 도말층을 살균한다³⁸⁾. Tubulicid Blue Label는 금관이나 계속 가공 의치를 장착하기 전에 상아질 표면을 깨끗하게 하기 위하여 사용되며 Tubulicid Red Label은 NaF가 함유되어 있어 지각과민이 있는 치아에서 법랑질과 상아질에 불소를 제공하기 위하여 사용된다. 본 연구에서는 Tubulicid Red Label을 사용하였고 Haller³⁹⁾ 등은 30초 동안 Tubulicid Red Label을 도포시 calcium fluoride 형성에 의하여 상아질 투과도가 20% 감소하였다고 보고하였다. Tubulitec Primer는 shellac을 benzalkonium chloride를 포함하고 있는 알코올에 용해시킨 것이며, shellac은 친수성을 나타내어 건조된 상아질내로의 침투를 용이하게 하며 소수성인 liner를 효율적으로 도포할 수 있도록 한다. Tubulitec Liner는 polystyrene과 copaiba balsam을 ethyl acetate에 녹인 것으로서 주성분인 polystyrene은 소수성을 띤다⁴⁰⁾.

Tubulitec system[®]에 대하여 많은 연구가 진행되었고 Pashley⁴¹⁾ 등은 cavity varnish와 base가 상아질 투과도를 감소시키는 능력을 평가한 결과 모든 cavity varnish는 상아질 투과도를 20 - 50%까지 감소시켰고, filtration method에서 Tubulitec만이 통계적으로 유의하게 상아질 투과도를 감소시켰다. Brännström과 Meryon³⁴⁾ 등에 의해 Tubulicid Blue/Red Label은 대부분의 도말층을 제거하나 세관 입구는 개방시키지 않음이 입증되었다. 또한 본 연구에서도 Tubulitec system 이 가장 효과적으로 상아질 투과도를 감소시켰으나 다른 3가지 약제와 비교시 통계적으로 유의하지 않았다(Table 4)(p>0.05).

본 실험에서의 30% potassium oxalate는 상아질 투과도를 76.49% 감소시켰고, Pashley³⁾가 실험한 98.40%와는 차이가 났다. 이는 2분간 30% potassium oxalate를 도포 후 20초간 물로 씻어서 옥살레이트 결정이 씻겨져서 Lp를 감소시키는 능력이 줄어든 것 같다. 결과는 3% potassium oxalate을 2분간 도포 후 1분간 물로 씻어내리면 옥살레이트 결정이 제거되었음을 보고한 Knight²⁾ 등의 결과와 일치한다.

Potassium oxalate는 두가지 기전에 의하여 상아질 지각과민을 줄인다고 보고되었다. 첫번째 방법은 옥살레이트 이온이 세관액의 칼슘 이온과 반응하여 불용성의 calcium oxalate를 형성하여 상아세관에 침착되도록 하는 것이고, 두번째 방법은 감각신경 활성화에 칼륨 이온이 억제효과를 나타냄으로써 상아질 지각과민을 줄인다⁴²⁾.

Pashley³²⁾ 등은 3% KH₂PO₄와 30% K₂HPO₄로 이루어진 옥살레이트를 사용하였을 때 SEM에서 상아세관 입구를 거의 완전히 덮은 결정에 의해 상아세관 폐쇄가 일어났음을 보고하였다. 이어서 6% 구연산을 옥살레이트로 처리받은 상아질에 도포하면 상아질 투과도를 증가시키지 않아서 calcium oxalate가 산에 저항성이 있다고 제시하였다.

Pashley와 Galloway³¹⁾는 칼슘 이온과 반응할 때 30% dipotassium oxalate는 3% monohydrogen-monopotassium oxalate보다 현저하게 더 큰 calcium oxalate 결정을 형성하나 그 수는 작다고 밝혔다. 더 큰 결정은 넓은 개방된 세관을 막는데 효과적인 반면, 더 작은 결정은 부분적으로 막힌 세관을 막을 수 있다고 제시하였다. 30% dipotassium oxalate의 pH는 5.6인 반면, 3% monohydrogen-monopotassium oxalate의 pH는 2.0이다. 더 낮은 pH를 갖는 3% monohydrogen-monopotassium oxalate가 더 높은 농도의 칼슘 이온을 상아질에서 방출시켜 결정 형성을 가속화시킨다.

Muzzin⁴³⁾의 연구에 의하면 옥살레이트가 상아세관을 막는 가장 효과적인 방법이나, 표면침전물이 타액에 용해되어 영구적이지 않아 빈번하게 도포해야 하는 단점이 있다고 지적하였다. 또한 Kerns⁴⁴⁾ 등은 oxalate 결정의 long-term

retention을 알아본 결과 potassium oxalate로 처리받은 상아질 표면은 7일 후에 옥살레이트 결정이 거의 없음을 증명하여서 효과는 비교적 짧다고 하였다.

Pashley⁸⁾ 등은 2% NaF(pH 3.2)를 2분간 도포시 Lp가 24.50±1.7%의 감소를 보고하였으나 본 연구에서는 69.85%가 감소하였다.

상아세관액은 칼슘, 인 이온으로 포화되어 있어서 NaF을 상아질에 도포시 CaF₂ 결정이 침착되어 상아세관의 직경을 감소시키고 산에 잘 녹지 않게 하여 상아질을 상아세관을 개방시키는 경향이 있는 산으로부터 보호한다⁴⁵⁾. 그러나 CaF₂ 크기는 매우 작고(대략 0.05 μ m) CaF₂는 타액에 천천히 녹음으로써 불소가 빨리 상실되어 제한된 효과를 나타낸다⁴²⁾. 높은 농도의 불소를 국소도포하면 일시적으로 효과가 있으나, 조상아세포에 유해한 것이 밝혀졌다⁴⁶⁾.

Grossman⁴⁶⁾은 이상적인 desensitizing agent의 조건으로써 ① 치수에 자극을 주지 말아야하고 ② 도포할 때 동통을 유발하지 말아야하고 ③ 쉽게 도포 가능해야하고 ④ 지속적으로 효과가 있어야하고 ⑤ 영구적으로 효과가 있어야하고 ⑥ 빨리 작용을 나타내야하고 ⑦ 치아변색을 야기하지 말아야한다고 발표하였다.

상아질 투과도를 감소시키기 위해 여러 가지 desensitizing agent가 사용되어 왔으나 대부분 이들 조건을 만족시키지 못한다. 국소도포는 간단하나 종종 불편하고 효과가 길지 않으며 이상적인 조건에 많이 미달하나, 불소와 옥살레이트는 국소도포하기에 가장 좋은 방법이며 불소의 iontophoresis는 복잡성면에서는 중간단계이고 이상적인 desensitizing agent의 대부분 조건을 만족한다. glass-ionomer cements, dentin bonding agent 같은 수복재료는 가장 복잡한 술식이다. laser도 사용되나 매우 비싼 장비가 필요하며 치수에 유해할 수 있다⁴⁶⁾.

상아질 투과도를 측정할 이전의 실험에서는 남녀 성별에 구별 없이 젊은 사람의 맹출하지 않은 제 3 대구치를 이용해서 실험하였다^{7-9,17)}. 본 연구에서는 연령을 고려하지 않았고 발거한 치아 중에서 우식이 없고 마모가 없는 제 3 대구치를 선택하여 dentin disc를 제작하였다. 정확한 실험결과를 얻기 위하여 보다 통제된 표본의 사용이 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

Desensitizing agent가 상아질 투과도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 우식이 없고 마모가 없는 제 3 대구치에서 1mm 두께의 coronal dentin disc를 제작한 다음 2% NaF, 30% Potassium oxalate, MS Coat[®], Tubulitec system[®]를 도포하기 전과 후의 hydraulic conductance를 측정하여 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 군에서 약제 도포 후 hydraulic conductance는 유의성 있게 감소되었다(p<0.05).
2. 2% NaF, 30% Potassium oxalate, MS Coat[®], Tubulitec system[®]의 hydraulic conductance의 % change 비교시 통계적으로 유의하지 않았다(p>0.05).
- 2% NaF, 30% Potassium oxalate, MS Coat[®], Tubulitec system[®] 모두 상아질 투과도를 감소시켰으며 치과과민에 치치에 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. Orchardson R. : Strategies for management of hypersensitive teeth. International conference on dentin/pulp complex. 85-89, 1995
2. Knight N. N., Lie T., Clark S. M. & Adams D. F. : Hypersensitive dentin : Testing of procedures for mechanical and chemical obliteration of dentinal tubuli. J. Periodontol. 64 : 366-373, 1993
3. Sena F. J. : Dentinal permeability in assessing therapeutic agents. DCNA 34 : 475-490, 1990
4. Brännström M. & Astrom A. : The hydrodynamics of the dentine, its possible relationship to dentinal pain. Int. Dent. J. 22 : 219-227, 1972
5. Rauschenberger C. R. : Dentin permeability. The clinical ramification. DCNA 36 : 527-542, 1992
6. Outhwaite W. C., Mickenzie D. M. & Pashley D. H. : A versatile split-chamber device for studying dentin permeability. J. Dent. Res. 53 : 1503, 1974
7. Pashley D. H., Livingston M. J., O. W. Reeder & Horner J. : Effects of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentine in vitro. Arch. Oral Biol. 23 : 1127-1133, 1978
8. Greenhill J. D. & Pashley D. H. : The effect of desensitizing agent on the hydraulic conductance of human dentin in vitro. J. Dent. Res. 60 : 686-698, 1981
9. Pashley D. H., Livinstone M. J. & Greenhill J. D. : Regional resistances to fluid flow in human dentine in vitro. Arch. Oral Biol. 33 : 807-810, 1978
10. Pashley D. H., Thompson S. M. & Stewart F. P. : Dentin permeability : Effects of temperature on hydraulic conductance. J. Dent. Res. 62 : 956-959, 1983
11. Absi E. G., Addy M. & Adams D. : Dentin permeability : A study of the patency of dentinal tubules in sensitive & non-sensitive cervical dentine. J. Clin. periodontol. 14 : 280-284, 1987
12. Rimondini L., Baroni C. & Carrass A. : Ultrastructure of hypersensitive and non-sensitive dentine : A study on replica models. J. Clin. Periodontol. 22 : 899-902, 1995
13. Orchardson R., Gangaros L. P. Sr., G. R. Holland G. R., Pashley D. H., Trowbridge H. O., F. P. Ashley F. P. & U. Zappa U. : Consensus report : Dentine hypersensitivity into the 21st century. Arch. Oral Biol. 39, Supple., 113s-119s, 1994
14. Reeder O. W., Walton R. E., Livinston M. J. & Pashley D. H. : Dentin permeability : Determinants of Hydraulic Conductance. J. Dent. Res. 57 : 187-192, 1978
15. Pashley D. H. : Dentin permeability : theory and practice. In Experimental Endodontics. (Ed. Spangberg L.), CRC Press Inc., Boca Raton, FL., 1990, pp 19-49
16. Pashley D. H., Michelich V. & Kehl T. : Dentin

- Permeability : Effects of smear layer. *J. Prosthet. Dent.* 46 : 531-536, 1981
17. Reeder O. W., Livinston M. J. & Pashley D. H. : Effects of changes in surface area, thickness, temperature & post extraction time on human dentin permeability. *Arch. Oral Biol.* 21 : 599-603, 1976
 18. Fogel H. M., Marshall F. J. & Pashley D. H. : Effects of distance from the pulp and thickness on the hydraulic conductance of human radicular dentin. *J. Dent. Res.* 67 : 1381-1385, 1988
 19. Michelich V., Pashley D. H. & Whitford G. M. : Dentin permeability : A comparison of functional versus anatomical tubular radii. *J. Dent. Res.* 57 : 1019-1024, 1978
 20. Pashley D. H., Andringa H. J., Derkson G. D., Derkson M. E. & Kalathoor S. R. : Regional variability in the permeability of human dentine. *Arch. Oral Biol.* 32 : 519-523, 1987
 21. Goodis H. E., Marshall Jr G. W. & White J. M. : The effects of storage after extraction of the teeth on human dentine permeability in vitro. *Arch. Oral Biol.* 36 : 561-566, 1991
 22. Marou S., Kera S. C. & Krell K. V. : Regional variation in permeability of young dentin. *Oper. Dent.* 17: 93-100, 1992
 23. Bissada N. F. : Symptomatology and clinical features of hypersensitive teeth. *Arch. Oral Biol.* 39, Supple., 31s-32s, 1994
 24. Dowell P. & Addy M. : Dentin hypersensitivity - A review. *J Clin. Periodont.* 10 : 341-350, 1983
 25. Johnson G., Olgart L. & Brännström M. : Outward fluid flow in dentine under a physiologic pressure gradient : Experimentants in vitro. *Oral. Surg. oral Med. oral Path.* 35 : 238-248, 1973
 26. Hiatt W. H. & Johansen E. : Root preparation. - Obturation of dentinal tubules in treatment of root hypersensitivity. *J. Periodontol.* 43 : 373-380, 1972
 27. Brännström M. & Garberoglio : Occlusion of tubules under superficially attrited dentine. *Swed. Dent. J.* 4 : 87-91, 1980
 28. Addy M., Mostafa P., Absi E. G. & Adams D. : Cervical dentine hypersensitivity : aetiology and management with particular reference to dentrifices. In hypersensitive dentine : Origin and management (Ed. Rowe N. H.), 1985, pp 43-64
 29. Trowbridge H. O. : Review of dentinal pain - histology and physiology. *J. Endodont.* 12 : 445-452, 1986
 30. Pashley D. H. : Dentine permeability and its role in the pathology of dentine sensitivity. *Arch. Oral Biol.* 39, Supple., 73s-80s, 1994
 31. Pashley D. H. & Galloway S. E. : The effects of oxalate treatment on the smear layer of ground surface of human dentine. *Arch Oral Biol.* 30 : 731-739 , 1985
 32. Pashley D. H., Leibach J. G. & Horner J. A. : The effects of burnishing NaF/Kaolin/Glycerin paste on dentin permeability. *J. Periodontol.* 58 : 19-23, 1987
 33. Ling T. Y. Y., Gilliam D. G., Barber P. M., Mordan N. J. & Critchell J. : An investigation of potential desensitizing agents in the dentine disc model : a scanning electron microscopy study. *J. Oral Rehabil.* 24 : 191-203, 1997
 34. Meryon S. D., Tobias R. S. & Jakeman K. J. : Smear removal agents : A quantitative study in vivo & in vitro 57 : 174-179, 1987
 35. Brännström M. : Dentin and pulp in restorative dentistry. London Wolfe Medical. 1982
 36. Suggs A. K., Cox C. F., Cox II L. K., Suzuki S. & Suzuki S. H. : Colloidal MSE for differential diagnosis and treatment of dentin hypersensitivity. International conference on dentin/pulp complex. 245-247, 1995
 37. Brännström M. : Reducing the risk of sensitivity and pulpal complication after the placement of crowns and fixed partial dentures. *Quintessence Int.* 27 : 673-678, 1996
 38. Brännström M., Nordenvall K. J. & Glantz P. O. : The effect of EDTA-containing surface active solution on the morphology of prepared dentin: An in vivo study. *J. Dent. Res.* 59 : 1127-1131, 1980
 39. Haller B., Klaiber B. & Duner U. : Dentin permeability nach bechandlung mit cleanern und primern. *Dtsch Zahn rztl Z.* 47 : 171-175, 1992
 40. Brännström M., Nordenvall K. J., Torstenson B., Hedström K. G. & Wahlstam H. : Protective effect of polystyrene liners for composite resin restorations. *J. Prosthet. Dent.* 49 : 331-336, 1979
 41. Pashley D. H., O'Meara J. A., Williams E. C. & E. Kepler E. E. : Dentin permeability : Effects of cavity varnishes and bases. *J. Prosthet. Dent.* 53 : 511-516, 1985
 42. Trowbridge H. O. & Silver D. G. : A review of current approaches to in-office management of tooth hypersensitivity. *DCNA* 34 : 561-581, 1990
 43. Muzzin K. B. & Johnson R. : Effects of potassium oxalate on dentin hypersensitivity in vivo. *J. Periodontol.* 60 : 151-158, 1989
 44. Kerns D. G., Scheidt M. J., Pashley D. H., Horner J. A., Strong S. L. & Van Dyke T. E. : Dentinal tubule occlusion and root hypersensitivity. *J. Periodontol.* 62 : 421-428, 1991
 45. Cuenin M. F., Scheidt M. J., O'Neal R. B., Strong S. L., Pashley D. H., Horner J. A. & Van Dyke T. E. : An in vitro study of dentin sensitivity : The relation of dentin sensitivity and the patency of dentin tubules. *J. Periodontol.* 62 : 668-673, 1991
 46. Gangarosa L. P. : Current strategies for dentist-applied treatment on the management of hypersensitive dentin. *Arch. Oral Biol.* 39 suppl., 101s-106s, 1994