

표백제의 치경부 누출을 방지하기 위한 근관 내 이장재의 효과

권수미 · 황수진 · 이세준 · 이광원

전북대학교 치과대학 치과보존학교실 및 구강 생체과학연구소

ABSTRACT

THE EFFECT OF INTRACANAL BASE TO PROTECT THE CERVICAL LEAKAGE OF BLEACHING AGENTS

Su-Mi Kwon, Su-Jin Hwang, Se-Joon Lee, Kwang-Won Lee
*Department of Conservative Dentistry, and Institute for Oral Bioscience,
College of Dentistry, Chonbuk National University*

Intracoronary bleaching is currently disregarded by many clinicians because of the potential consequence of cervical resorption. To prevent this complication it is recommended that intracoronary barrier materials be placed over the root canal obturation and sodium perborate be used with water rather than with hydrogen peroxide. The purpose of this study was to evaluate the amount of the hydrogen peroxide penetration according to the difference in intracanal base materials and sodium perborate preparation.

Fifty extracted intact premolars were instrumented, and filled with gutta-percha. And then the outer surface of the teeth was sealed with wax exposing the CEJ. The prepared teeth were placed in plastic tubes containing 1.5ml distilled water with their entire root submerged into the solution. The teeth were divided into the following five groups. In the first two groups gutta-percha was removed without placement of barrier, and then water or superoxole(30% H₂O₂) with sodium perborate were used respectively for bleaching. In the other three groups, after removal of gutta-percha, an intracanal isolating barrier(ZPC, IRM, Fuji II LC) was placed and then bleached with sodium perborate and superoxole. The bleaching procedure was performed 4 times with 1 week interval.

The results were as follows :

1. All the groups showed a tendency of increasing penetration amount with increasing treatment times(P<0.05).
2. After the 1st and 2nd treatments, there was no significant difference in microleakage among the groups.
3. After the 3rd bleaching with superoxole and sodium perborate, there was no significant difference in microleakage between gutta-percha alone group and gutta-percha with ZPC, Fuji II LC barrier group. But significant difference was found between IRM barrier group and other groups(P<0.01).
4. After the 4th bleaching with superoxole and sodium perborate, there was no significant difference between gutta-percha alone group and gutta-percha with barrier groups.
5. After the 4th treatment, the group bleached with sodium perborate and water without barrier showed lower hydrogen peroxide penetration than that of other groups(P<0.01).

I. 서 론

치아의 변색, 특히 전치부의 변색은 심미적인 문제를 유발하며 이를 치료하기 위하여 여러 가지 방법이 시도되어 왔다. 치아의 변색은 내, 외인성 원인으로 인하여 유발되는데, 외인성 변색은 커피, 담배, 음식, 세균 등의 착색성 물질에 의하여 유발되어 기계적인 조작으로 쉽게 제거될 수 있다¹⁾. 반면, 내인성 착색은 테트라사이클린 등의 약물복용이나 특정한 전신질환, 치아형성 결함, 나이의 증가 등에 의하여 나타날 수 있고, 무수치에서 치수의 병적 상태나 치과치료와 관련되어 나타날 수 있다. 치수의 병적 상태와 관련된 변색의 경우에는 치수괴사에 의한 조직분해 산물이 상아세관관에 유입되거나 치수 내 출혈 후 혈구 용해로 인한 혈액분해 산물이 상아세관관 내로 유입되어 나타난다. 치과치료와 관련된 변색은 근관치료 후 근관와동 형성에 포함되지 않아 잔존하는 치수조직의 분해에 의한 변색이나 근관 내 착색성 약제나 충전재, 수복물 등에 의하여 발현된다²⁾.

이러한 무수치에서 나타나는 변색의 치료에 있어 치아를 완전히 피개하는 보철적 치료보다 무수치 표백술을 이용한 치료방법이 보다 보존적이고 비교적 간단하며 경제적인 장점이 있어 현재까지 널리 이용되고 있다. 무수치의 표백에 사용되는 표백방법으로는 표백제의 산화반응 촉매제로 전기적 열 장치나 빛을 이용하여 열을 가하는 Thermocatalytic technique과 자외선을 촉매로 이용하는 ultraviolet photooxidation technique이 있으며 화학적 산화반응을 이용하는 walking bleaching technique이 있다.

1848년 Dwinelle이 chloride를 이용하여 표백을 시도한 이래, 1800년대 후반까지 aluminum chloride, oxalic acid, pyrozone, hydrogen dioxide 등을 이용한 표백술식이 시도되었으며 후에 pyrozone, superoxol, sodium dioxide 등이 가장 강력한 산화제로 인식되어 1950년대 후반부터 60년대 초반까지 사용되었다³⁾. 1961년 Spasser⁴⁾는 물과 sodium perborate를 혼합하여 표백약제로 사용하였고, 1967년 Nutting과 Poe 등⁵⁾은 superoxole과 sodium perborate를 혼합하여 사용함으로써 표백약제의 상승효과를 기대하였으며, 현재까지 superoxole과 sodium perborate가 무수치의 표백약제로 널리 사용되고 있다.

그러나, 이러한 표백술에 의한 변색치료를 시행한 경우에서 임상적⁶⁻¹⁰⁾, 조직학적^{11,12)} 추 후 연구결과 치근 외흡수가 보고되고 있어 치료를 복잡하게 하거나 심한 경우 발치를 요하게 된다¹³⁻¹⁷⁾. 표백술이 치주 조직 혹은 백악질에 손상을 주는 기전은 완전히 밝혀지지 않고 있으나, 과산화수소가 상아세관관 백악질을 통해 빠져나가 백악질의 괴사와 치주인대의 염증반응을 일으키기 때문으로 생각되고 있다^{6,17-19)}. 이러한 외흡수에 기여하는 요인에 대한 초기연구에서 Harrington과 Natkin¹⁸⁾은 치아의 외상병력과 11~15세의

어린 나이, superoxole과 열의 복합적인 사용이 외흡수와 관련되었다고 보고하였으며, Koulaouzidou 등²⁰⁾은 백악질과 법랑질 사이에 gap이 존재하는 경우 과산화수소의 미세누출이 증가할 수 있다고 보고하였고, Rostein 등²¹⁾도 치근이나 백악질에 결합이 있는 경우 외흡수에 기여할 수 있다고 보고하였다. 한편 Kehoe 등²²⁾은 표백약제의 낮은 pH로 인하여 osteoclastic activity가 변화되어 치근흡수를 유발한다고 주장하였으며, Madison 등¹²⁾은 superoxole을 열과 함께 사용하는 경우 외흡수에 기여한다고 보고하였고, Holmstrup²³⁾은 Sodium perborate를 superoxole과 혼합하여 사용하였을 때 물과 혼합한 경우보다 치경부 외흡수 발현빈도를 증가시킨다고 보고하여 Natkin 등의 주장을 지지하였다.

이러한 치근 외흡수를 방지하기 위한 노력으로 표백약제의 치경부 누출을 방지하기 위하여 근관 내 이장재를 사용하거나 고농도의 표백약제가 치경부로 누출되는 것을 억제하는 방법이 제시되어 왔으며, 표백약제의 치경부 누출을 방지하기 위하여 다양한 재료를 사용하여 근관 내를 이장하고 각각의 폐쇄효과를 평가하는 연구들이 보고²⁴⁻³⁰⁾되었다. Montgomery⁷⁾는 eugenol을 함유하지 않는 Cavit을 사용하여 염증반응을 방지하고자 하였고, Hansen-Bayless 등²⁴⁾도 Cavit을 사용하는 경우 IRM이나 이장재를 사용하지 않은 군보다 우수한 폐쇄효과를 보인다고 보고하였으며, Donna 등²⁵⁾도 Cavit이 IRM이나 Super-EBA보다 미세누출 방지에 효과적이라고 보고하였다. 한편 Alex 등²⁶⁾은 IRM 사용유무에 미세누출에 차이가 없다고 보고하였으나, Costas와 Wong²⁷⁾은 이장재로 IRM을 사용하였을 때 이장하지 않은 군보다 미세누출이 감소한다고 보고하였고, Brighton 등²⁸⁾도 IRM이 Ketac-Cem이나 Scotch Bond Multi-Purpose보다 우수한 폐쇄효과를 보인다고 보고하였으며, McInerney 등²⁹⁾은 Cavit과 IRM이 ZPC보다 우수하다고 보고하였다. 그러나, Rostein 등³⁰⁾은 이장재의 두께가 2mm일 때에는 IRM, ZOE, G.I. 모두 우수한 이장효과를 갖는다고 보고하여 이장재에 따른 표백제 누출 방지효과에 대하여 다양한 결과가 보고되고 있어 최상의 폐쇄효과를 갖는 재료에 대하여는 논란의 여지가 있다.

치경부 미세누출을 감소하기 위한 또 다른 노력의 일환으로 sodium perborate를 superoxole대신 물과 혼합하여 사용함으로써 고농도의 표백제가 치아지지조직으로 유출되는 것을 방지하기 위한 연구들이 보고되어 왔는데 sodium perborate preparation에 따른 표백효과에 관하여 Weiger 등^{31,32)}의 연구와 Rostein 등^{33,34)}의 연구에서 과산화수소대신 물과 혼합하여 사용하여도 표백효과의 차이가 없다고 보고한 바 있으나, Ho 등³⁵⁾과 그 외의 다른 연구들^{36,37)}에서는 superoxole을 사용하는 경우 물을 사용한 경우보다 우수한 표백효과를 보이므로 물을 사용하는 경우에는 시술횟수를

증가시켜야 한다고 보고하였다. Sodium perborate preparation에 따른 미세누출 방지효과에 관하여는 Weiger 등³²⁾이 과산화 수소대신 물과 혼합하여 사용한 경우 superoxole을 사용한 경우보다 미세 누출이 감소한다고 보고하였고, Heling 등³⁸⁾은 sodium perborate를 물과 혼합하여 사용할 때에는 bacteria의 침투에 영향이 없으나 superoxole과 혼합하여 사용하면 Streptococcus faecalis에 대한 permeability가 증가한다고 보고하였다. 따라서, 표백효과를 고려하여 장기간 표백약제를 사용하는 경우 시술횟수의 증가가 표백약제의 미세누출에 어떤 영향을 미치는가에 대한 추 후 평가가 필요하리라 사료된다.

본 연구의 목적은 walking bleaching에서 사용되는 근관 내 이장재의 종류를 달리하거나 표백제로 sodium perborate를 superoxole 혹은 증류수와 혼합하여 사용하였을 때 시술횟수의 증가에 따른 표백제의 누출량을 정량적으로 분석하여 비교 평가하는 데 있다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

1) 실험치아

실험치아로는 교정목적으로 발거된 상, 하악 소구치를 육안으로 관찰하여 우식이나 수복물이 없고, 상아질 및 백악질의 노출이 없으며, 단근관을 가진 50개의 단근치를 사용하였다.

2) 실험군

50개의 치아를 각각 10개씩 5군으로 나누어 근관 내 이장재의 유무와 종류, 표백약제를 달리하여 실험하였다. 표백제는 superoxole(Junsei Chemical Co., Japan)과 sodium perborate(Junsei Chemical Co., Japan)를 사용하였으며 근관 내 이장재로는 ZPC(Mizzy INC., U.S.A.), Fuji II LC(GC Co., Japan), IRM (Caulk/Densply INC., U.S.A.)을 사용하였고, 광중합형 이장재의 중합을 위한 광조사 기구로는 3M XL 3000을 사용하였다(Table 1).

- 실험 1군 : Sodium perborate와 이차 증류수를 사용하여 표백하였고, 이장재를 사용하지 않음.
- 실험 2군 : Sodium perborate와 Superoxole을 사용하여 표백하였고, 이장재를 사용하지 않음.
- 실험 3군 : Sodium perborate와 Superoxole을 사용하여 표백하였고, ZPC(Mizzy INC., U.S.A.)로 이장함.
- 실험 4군 : Sodium perborate와 Superoxole을 사용하여 표백하였고, Fuji II LC(GC Co., Japan)로 이장함.
- 실험 5군 : Sodium perborate와 Superoxole을 사용하여 표백하였고, IRM (Caulk/Densply INC., U.S.A.)으로 이장함.

2. 실험방법

실험치아의 치근 표면에 부착되어 있는 잔사와 치석을 초음파 치석제거기와 큐렛을 이용하여 제거하고 치근막은 소독된 거즈로 문질러 제거한 후 실험치아를 생리식염수에 보관하였다. 각 치아는 고속엔진의 #330 bur와 Endo Z[®] (Maillerfer, Swiss) bur를 사용하여 근관외동을 형성한 후 10번 K-type file을 삽입하여 치근단 공을 통해 file이 보이기 시작한 길이보다 1mm 짧은 길이를 근관장으로 설정하여, Step-back 방법을 이용하여 근관을 성형하고, gutta percha와 Sealapex(Kerr., U.S.A.)를 사용하여 측방 가압 충전을 시행하였다. 충전이 완료된 모든 치아를 sealapex의 경화를 위하여 37℃, 100% humidity를 유지한 항온기에 1일간 보관하였다. 이 들 치아를 각각 10개씩 5군으로 나누어 제 1, 2군은 백악법랑 경계부 하방 1mm까지의 gutta percha cone을 뜨거운 수용기구를 이용하여 제거한 후 이장하지 않고, 실험 제 3, 4, 5군은 백악법랑 경계부 하방 3mm까지의 gutta percha cone을 뜨거운 수용기구를 이용하여 제거하고 이장재로서 ZPC(Mizzy INC., U.S.A.), Fuji II LC(GC Co., Japan), IRM (Caulk/Densply INC., U.S.A.)을 각각 2mm씩 충전하였다. 각 치아를 백악법랑 경계부에서 치근측 4mm, 치관측 2mm를 제외하고 boxing wax로 밀봉하였다. 치아의 고정용 용이하

Table 1. Experimental groups

Groups	Bleaching agent	Base
Group 1	Sodium Perborate, Distilled water	no base
Group 2	Sodium Perborate, Superoxole	no base
Group 3	Sodium Perborate, Superoxole	ZPC
Group 4	Sodium Perborate, Superoxole	G.I.
Group 5	Sodium Perborate, Superoxole	IRM

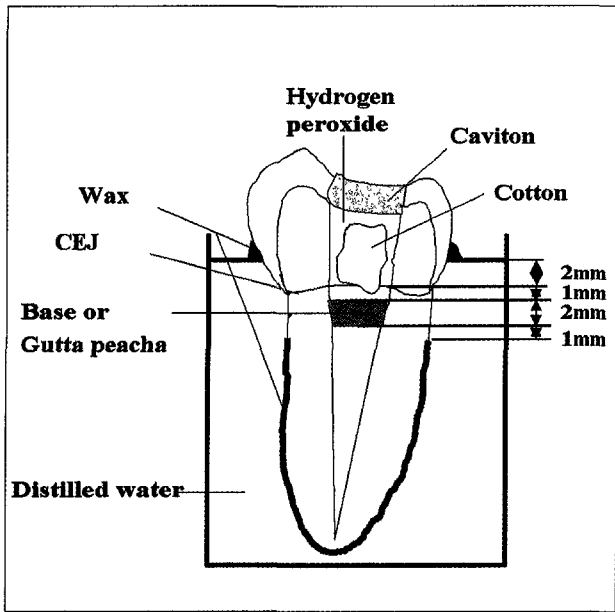


Fig. 1. A schematic diagram of the experimental models

게 하기 위하여 백악법랑 경계부에서 치관측 2mm 상방에 boxing wax를 2mm두께로 감싸준 다음 이차 증류수가 담긴 1.5ml polycarbonate assay tube(0.1% sodium azide solution)에 위치시킨 후 boxing wax로 고정하고 완전히 밀봉하였다. 각 치아의 치수강에 아말감 운반기를 이용하여 sodium perborate(Junsei Chemical Co., Japan) 0.02g을 위치시키고, 실험 1군은 이차 증류수를, 나머지 군들은 superoxole(Junsei Chemical Co., Japan)을 10 μ 씩 적정한 후 표백제의 외부에 작은 면구를 덮고 caviton으로 임시 가봉하였다. 모든 치아는 37 $^{\circ}$ C, 100%의 습도가 유지된 항온기에 보관하고 각각 1, 2, 3, 4 주마다 용액을 취한 후 새로운 용액과 표백제로 교환하고 다시 항온기에 보관하였으며 채취한 용액에서 과산화수소를 정량하였다(Fig. 1).

3. 과산화수소의 정량

과산화수소의 정량은 Thurman 등³⁹⁾의 방법으로 하였다. 실험치아가 담긴 시험관에서 용액을 0.5ml 취하고 증류수를 0.5ml 넣어 전체용량이 1ml가 되게 한 다음 10mM ferrousammonium sulfate(Sigma chemical Co., U.S.A.)를 0.2ml, 2.5M Potassium thiocyanate(Sigma chemical Co., U.S.A.)를 0.1ml 적정하였다.

과산화수소가 존재할 경우 ferrithiocyanate complex가 형성되어 무색에서 붉은 색으로 변하는 반응이 일어남에 근거하여 461nm 파장의 spectrophotometer (HP 845 \times

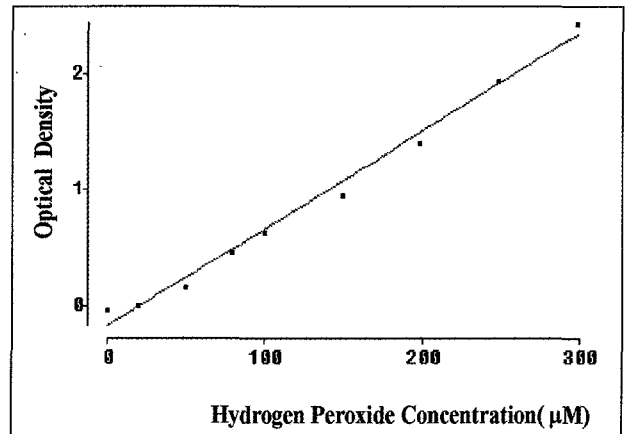


Fig. 2. Standard curve generated by 30% H₂O₂ dose response.

UV-Visible system 1, Hewlett Packard Co., U.S.A.)에서 광학밀도를 측정하여 다음 표준곡선(Fig. 2)을 이용하여 과산화수소의 양을 계산하였다. 증류수 1ml에서 과산화수소의 양을 측정하여 음성 대조군으로 하였으며 각 치아에서 표본 용액을 2번 취하여 동일 실험을 반복한 후 평균값을 취하였다.

III. 실험 결과

과산화수소를 0-300 μ mol 범위에서 단계적으로 희석하여 461nm파장에서 흡광도를 측정하여 상관계수가 0.991이고 $Y=0.0084 \times (\text{peroxide concentration}) - 0.1691$ 의 일차식을 갖는 표준곡선을 얻었다(Fig. 2). 실험치아에서 측정된 모든 값은 표준곡선을 이용하여 과산화수소의 농도로 환산하였다.

각 군별로 1, 2, 3, 4회 시술한 후 과산화 수소의 누출량은 Table 2와 같다. 모든 군에서 시술횟수가 증가함에 따라 과산화수소의 누출량이 증가하는 경향을 보였다. Sodium perborate와 증류수를 사용하고 이장하지 않은 제 1군은 다른 군들에 비하여 낮은 미세누출을 보였으며, 시간이 지남에 따라 미세누출이 서서히 증가하는 모습을 보였다. Sodium perborate와 superoxole을 사용하고 이장하지 않은 제 2군은 표백시술을 3회 시행한 후 미세누출이 크게 증가하는 모습을 보였다. Sodium perborate와 superoxole을 사용하고 ZPC, Fuji II LC로 이장한 군은 이장하지 않은 군과 유의한 차이를 보이지 않았다. Sodium perborate와 superoxole을 사용하고 IRM으로 이장한 제 5군은 3주째까지 낮은 미세누출을 유지하다가 4주째 미세누출이 급격히 증가하는 모습을 보였다. 각 군의 평균값으로 표백횟수에 따른 결과를 종합한 것은 Fig. 3과 같다.

독립된 두 군의 유의성은 Mann - Whitney rank sum

Table 2. Results of H₂O₂ concentration in the five groups

Group	Week	Mean(μ M)	Maximum(μ M)	Minimum(μ M)
Group 1	1	93.299	116.737	67.623
	2	102.6.7	154.619	84.853
	3	116.490	145.334	69.267
	4	127.572	164.441	94.482
Group 2	1	91.623	148.191	57.201
	2	104.241	198.381	60.487
	3	188.656	247.596	85.726
	4	216.921	328.025	158.869
Group 3	1	112.258	158.881	76.873
	2	120.063	173.631	92.295
	3	149.248	197.846	102.776
	4	197.305	222.512	126.149
Group 4	1	117.564	138.762	82.437
	2	127.786	162.274	89.310
	3	148.566	202.024	108.728
	4	204.356	237.763	134.923
Group 5	1	91.800	123.479	70.519
	2	101.537	151.655	73.960
	3	104.455	154.477	82.122
	4	182.794	214.453	104.435

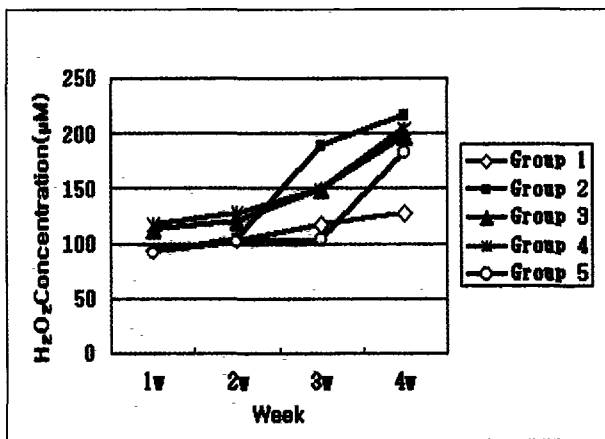


Fig. 3. Comparison of H₂O₂ concentration in the five groups

test를 이용하여 검정하였다(Table 3). 첫 회와 2회의 시술에서는 각 군 간에 이장제의 유무와 종류, 표백제의 차이에 따른 개연성 있는 차이를 볼 수 없었으나, 3회의 시술 후에는 sodium perborate와 물을 표백제로 사용하고 이장하지 않은 제 1군과 sodium perborate와 superoxole을 표백제로 사용하고 IRM으로 이장한 사용한 제 5군에서 다른 군들에 비하여 유의성 있게 낮은 미세누출을 보였다(p<0.01). 4

회의 시술 후에는 sodium perborate와 물을 표백제로 사용하고 이장하지 않은 제 1군에서만 다른 군들에 비하여 유의성 있게 낮은 미세누출을 보였다(p<0.01).

IV. 총괄 및 고안

생활력을 상실한 전치부 변색을 치료함에 있어 많은 임상가들이 무수치 표백술을 이용하여 심미적인 문제점을 해소하고자 노력해 왔다. 그러나, 1979년 Harrington과 Natkin¹⁸⁾이 무수치 표백술 후 치근 외흡수를 보고한 이래 표백술의 부작용으로 치근 외흡수의 발현이 보고되고 있어^{6, 12)}, 안전성을 확보하기 위한 여러 가지 방법들이 제시되고 있다²⁴⁻³⁴⁾.

표백술이 치근 외흡수를 일으키는 기전에 대하여 다양한 가설들이 보고되고 있는 데, Heller 등⁴⁰⁾은 백악질이 유해성 물질의 누출을 차단하는 방어막으로 작용하나 과산화수소의 누출로 백악질이 부식되면 표백제의 누출을 방지하지 못하여 상아세관의 노출과 흡수가 계속된다고 보고하였으며, Cvek과 Lindvall 등¹⁹⁾은 과산화수소의 누출로 치주 조직에 자극이 일어나면 치은 열구나 치수강에서 유래한 세균이 빈 상아세관 내에 군집을 형성하여 염증반응과 흡수를 초래한다고 보고하였다. 과산화수소가 생체에 미치는 직접

Table 3. Multiple comparison by Mann - Whitney rank sum test

	Group	prob> Z	P<0.05	P<0.01
1st treatment	G1 vs G2	0.910		
	G1 vs G3	0.054		
	G1 vs G4	0.009	*	*
	G1 vs G5	0.910		
	G2 vs G3	0.031	*	
	G2 vs G4	0.009	*	*
	G2 vs G5	0.791		
	G3 vs G4	0.427		
	G3 vs G5	0.038	*	
	G4 vs G5	0.017	*	
2nd treatment	G1 vs G2	0.734		
	G1 vs G3	0.121		
	G1 vs G4	0.054		
	G1 vs G5	0.734		
	G2 vs G3	0.121		
	G2 vs G4	0.054		
	G2 vs G5	0.791		
	G3 vs G4	0.623		
	G3 vs G5	0.140		
	G4 vs G5	0.045		
3rd treatment	G1 vs G2	0.009	*	*
	G1 vs G3	0.045	*	
	G1 vs G4	0.064		
	G1 vs G5	0.186		
	G2 vs G3	0.054		
	G2 vs G4	0.054		
	G2 vs G5	0.003	*	*
	G3 vs G4	0.970		
	G3 vs G5	0.005	*	*
	G4 vs G5	0.003	*	*
4th treatment	G1 vs G2	<0.001	*	*
	G1 vs G3	0.001	*	*
	G1 vs G4	0.001	*	*
	G1 vs G5	0.009	*	*
	G2 vs G3	0.791		
	G2 vs G4	0.970		
	G2 vs G5	0.162		
	G3 vs G4	0.734		
	G3 vs G5	0.121		
	G4 vs G5	0.104		

적인 영향을 평가한 연구에서 Seale 등⁴¹⁾은 동물실험을 통해 35%의 과산화수소를 사용하였을 때 부식에 의한

osteoblastic layer의 폐쇄를 관찰하였으며, odontoclast의 활성이 증가되어 흡수가 진행된다고 보고하였다. Bowles와

Thompson⁴²⁾은 5%이하의 농도로도 과산화수소가 glucose와 amino acid의 대사에 관련된 거의 모든 치수효소의 활성을 억제할 수 있음을 보고하였으며, 열과 함께 사용하면 2.5%이하의 농도에서도 치수효소의 활성이 크게 억제됨을 보고하였다.

따라서, 이러한 치근 외흡수를 방지하기 위한 노력으로 표백제의 치경부 누출을 방지하기 위하여 근관 내 이장재를 사용하는 것이 추천되고 있으며, 다양한 재료로 이장하여 폐쇄효과를 비교 평가한 연구들이 진행되어 왔다. 일부 학자들²⁵⁻²⁸⁾은 이장재로 Cavit을 추천하였으며, Costas와 Wong 등²⁹⁾과 이 외의 다수 연구^{30,31)}에서는 IRM이 다른 이장재보다 미세누출 방지효과가 크다고 보고하였고, Rostein 등³²⁾은 이장재의 두께가 2mm일 때에는 IRM, ZOE, G.I. 모두 우수한 이장효과를 갖는다고 보고하여 이장재에 따른 표백제 누출 방지효과에 대하여 다소 상이한 결과가 보고되고 있다.

이장재의 종류에 관한 연구와 더불어 이장재의 위치에 따른 표백효과와 미세누출을 평가한 연구들이 보고되어 왔는데 표백효과에 중점을 둔 연구에서는 Arens 등⁴³⁾과 Costas와 Wong²⁷⁾, Ho 등³⁵⁾이 백악법랑 경계부보다 이장재가 치근단 쪽으로 위치한 경우 우수한 표백효과를 보인다고 보고하였고, Warren 등³⁶⁾은 이장재를 백악법랑 경계부에 위치시킨 경우나 2mm 하방에 위치시킨 경우에서 표백효과 차이가 없다고 보고하였다. 표백제의 누출에 중점을 둔 연구에서는 Rostein 등³⁰⁾이 이장재를 백악법랑 경계부에 위치시킨 군에서 0.5mm 하방에 위치시킨 군보다 표백제의 투과가 적었다고 보고하였다. 본 연구에서는 이장재의 유무와 종류, 표백제의 종류에 따른 미세누출을 비교하고자 각 군별로 동일한 조건을 형성하기 위하여 교정목적으로 발거되어 연령층이 비슷한 소구치를 선택하였고, 백악법랑 경계부 1mm 하방에 2mm의 균일한 두께로 편평하게 이장재를 위치시켰으며 치경부 만을 통한 표백제의 미세누출을 평가하기 위하여 백악법랑 경계부로부터 치근측으로 4mm와 치관측으로 2mm를 제외하고 밀봉하였다.

재료의 폐쇄능을 검사하기 위하여 미세누출을 검사하는 방법으로는 정량분석법, 전기화학적 방법, 방사선 동위원소법, 색소법, 전자현미경적 방법, 염료침투법 등이 사용되고 있으며, 과산화수소의 미세누출을 평가하기 위한 방법으로는 정량분석법과 염료침투법이 주로 이용되고 있다. 그러나 염료침투법은 염료의 pH나 확산계수, 입자의 크기, 농도와 상아질의 두께나 표면적에 의한 영향을 받을 수 있고, 절단 과정에서 염료가 흡수될 수 있는 단점이 있어⁴⁴⁾, 본 연구에서는 미세누출량을 직접적으로 측정하기 위하여 Thurman 등³⁹⁾의 방법에 따라 과산화수소를 정량하였으며 세균의 성장에 의한 변수를 배제하기 위하여 0.1% sodium azide 용액을 사용하였다.

실험에 사용된 각각의 이장재에 따른 폐쇄효과를 평가해 보면, ZPC는 높은 압축강도와 단열효과를 가져 50년 이상 이장재와 합착재로 사용되어 왔으나⁴⁵⁾, Powis 등⁴⁶⁾은 adhesive cement인 glass ionomer나 polycarboxylate cement가 ZPC보다 우수한 폐쇄효과를 보인다고 보고하였으며, Lyons 등⁴⁷⁾도 ZPC와 G.I.를 비교하였을 때 ZPC군에서 미세누출이 크고 더 빠르게 진행된다고 보고하여 표백제의 치경부 누출을 방지하기 위하여 근관 내 이장재로 ZPC를 사용하는 경우 폐쇄효과가 의심스러우며, 본 연구에서도 만족할만한 결과를 얻을 수 없었다.

광중합형 G.I.는 치질과의 결합, 치질과 유사한 열팽창계수, 생물학적 안정성 등^{48,49)}으로 인하여 수복재와 이장재로 널리 사용되어 왔으며 우수한 폐쇄효과를 보인다고 보고^{46,47)}되어 왔으나, 본 연구에서는 speroxole과 sodium perborate를 이용하여 표백시술을 3회 시행한 군들 중 이장재를 사용하지 않은 군과 ZPC, Fuji II LC를 이장재로 사용한 군간에는 유의한 차이가 없었다. Glass ionomer 이장재의 경우 근관 내에 적용이 어렵고 원하는 두께와 위치로 조작하는 데 어려움이 있어 내부의 기포 형성을 피할 수 없었으리라 생각되며 치질 벽과의 긴밀한 접촉을 유도할 수 없어 본 연구에서 만족할 만한 이장효과를 나타내지 못한 것으로 사료된다.

IRM의 이장효과에 대하여는 다양한 연구가 진행되어 왔으며 폐쇄 효과에 대하여 상이한 결과가 보고²⁵⁻²⁹⁾되고 있다. 본 연구에서 IRM을 이장재로 사용한 제 5군은 3주 쯤까지 낮은 미세 누출을 유지하다가 4주 쯤 미세 누출이 급격히 증가하는 모습을 보였는데, Rostein 등⁵⁰⁾이 10%의 과산화수소를 사용하여 1, 3, 7일 후 IRM 이장재의 표면을 관찰하였을 때, 표면형태의 변화와 팽창, crack, sun-burst like appearance를 보였다고 보고하여 bleaching이 IRM이나 다른 이장재의 표면구조에 영향을 미칠 수 있음을 시사한 바 있다. 따라서, 고농도의 과산화수소가 장기간 적용되었을 때 이장재의 폐쇄효과에 미치는 영향에 대한 추 후 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

시간 경과와 sodium perborate preparation에 따른 누출량을 평가해 보면 실험 결과 모든 군에서 표본 값이 넓게 흩어지는 양상을 보였으며, 모든 군에서 시술횟수가 증가할수록 누출량이 증가하는 경향을 보였다. 이렇게 표본값의 분산이 큰 이유는 각각의 치아마다 상아질의 두께와 상아세관의 직경의 차이나 주행방향이 일치하지 않아 누출량의 차이를 보인 것으로 평가되며, 시간 증가에 따른 치질구조의 변성으로 인한 영향도 기여한 것으로 생각된다. Rostein 등은 3%, 30%의 과산화수소와 sodium perborate를 적용한 실험에서 과산화수소의 농도가 증가하고 시간이 경과함에 따라 백악질과 상아질의 용해도가 증가하며 과산화수소가 치질의 화학 구조적 변성을 일으켜 분해되기 쉽게 한다고

보고⁵¹⁾하였고, 과산화수소의 사용 시 법랑질과 상아질의 Ca/P 비율의 감소를 보인다⁵²⁾고 보고하였다. Zalkind 등⁵³⁾도 30%의 과산화수소를 사용하였을 때 백악질과 법랑질의 구조적 변성을 관찰할 수 있었는데 백악질이 상아질과 법랑질보다 더 큰 구조적 변성을 보인다고 보고하였다. 본 연구에서도 첫 회와 2회의 시술에서는 각 군간에 이장재의 유무와 종류, 표백제의 차이에 따른 개연성 있는 차이를 볼 수 없었으나, 3회와 4회 표백시술을 시행한 군들 중 증류수와 sodium perborate를 이용한 군이 superoxole과 sodium perborate를 이용한 군들에 비해 유의성 있게 낮은 미세누출을 보여 고농도의 표백제를 3회 이상 적용하는 경우 저농도의 과산화수소에 노출된 경우보다 치질의 구조적 변성과 구성성분의 용해가 클 것으로 사료된다. Sodium perborate와 superoxole을 사용하고 이장하지 않은 제 2군은 표백시술을 3회 시행한 후 미세 누출이 크게 증가하는 모습을 보였는데, Madison 등¹²⁾이 sodium perborate와 superoxole을 이용하여 표백시술을 2회 시행한 경우에는 치경부 외흡수를 관찰할 수 없다고 보고한 바 있고, 박수경 등⁵⁴⁾도 sodium perborate와 superoxole을 이용하여 3회 이상 표백하였을 때 미세 누출이 급격히 증가하였다고 보고한 바 있다. 따라서, sodium perborate와 superoxole을 3회 이상 사용하면 미세누출의 증가로 인한 외흡수의 위험이 커질 수 있을 것으로 생각된다. Superoxole 대신 물을 사용하는 경우 표백효과가 적어 여러 회의 표백시술이 필요하다고 보고³⁷⁻³⁷⁾되어 왔는데, 본 실험에서 물을 사용할 때 4주간의 비교적 긴 시간동안의 표백시술 후에도 미세누출의 급격한 증가소견을 보이지 않고 낮은 누출정도를 유지하고 있어, 장기간의 표백이 필요한 경우 물과 sodium perborate를 혼합하여 사용하는 것이 안전할 것으로 기대된다. 그러나, 본 연구에서 사용된 실험치아의 수가 50개로 제한적이고, 구강 내 액이나 치은 열구 액에 의한 정화작용 및 과산화수소에 대한 조직반응 등을 고려하지 않았으며 임상에서 임상가마다 사용하는 sodium perborate와 superoxole의 양에 차이가 있어 생체 환경 내에서 과산화수소의 작용과 sodium perborate, superoxole 혹은 물의 혼합비율이 미세 누출에 미치는 영향에 대한 계속적인 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 walking bleaching에서 근관 내 이장재와 표백제가 시술 횟수의 증가에 따라 표백제의 누출량에 미치는 영향을 비교 평가하기 위하여, 교정목적으로 발거된 50개의 소구치를 10개씩 5군으로 나누어 근관 내 이장재로는 ZPC, Fuji II LC, IRM을 사용하고 표백제로는 sodium perborate를 superoxole 혹은 증류수와 혼합하여 실험하였다. 표백제의 직접적인 누출량을 평가하기 위하여 산화환원

적정법을 이용하여 spectrophotometer상에서 과산화수소의 누출량을 측정하고 비교 평가하여 다음과 같은 실험결과를 얻었다.

1. 모든 군에서 시술횟수가 증가할수록 누출량이 증가하는 경향을 보였다 (P<0.05).
2. 표백시술을 1회와 2회 시행한 군에서는 이장재의 유무와 종류, sodium perborate preparation에 따른 미세누출의 차이를 보이지 않았다.
3. Superoxole과 sodium perborate를 이용하여 표백시술을 3회 시행한 군들 중 이장재를 사용하지 않은 군과 ZPC, Fuji II LC를 이장재로 사용한 군간에는 유의한 차이가 없었으나 IRM을 이장재로 사용한 군에서는 다른 군들에 비해 유의성 있게 낮은 미세누출을 보였다 (P<0.01).
4. Superoxole과 sodium perborate를 이용하여 표백시술을 4회 시행한 군들에서 이장재의 종류와 유무에 따른 미세누출의 차이는 없었다.
5. 4회 표백시술을 시행한 군들 중 증류수와 sodium perborate를 이용한 군이 superoxole과 sodium perborate를 이용한 모든 군들에 비해 유의성 있게 낮은 미세누출을 보였다 (P<0.01).

참 고 문 헌

1. Ingle JL., Taintor JF.: Endodontics, Philadelphia, Lea & Febiger, 770-3, 1985.
2. Cohen S., Burns RC.: Pathways of the pulp, 1999.
3. Haywood VB.: History, safety and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the night guard vital bleaching technique. Quint Int 23(7): 471-488, 1992.
4. Spasser HF.: A simple bleaching technique using sodium perborate, NY. State Dent J 27: 332-64, 1961.
5. Nutting EB., Poe GS.: Chemical bleaching of discolored endodontically treated teeth. Dent Clin North Am 11: 655-652, 1967.
6. Lado EA., Stanley HR., Weisman MI.: Cervical resorption in bleached teeth. Oral Surg 55(1): 78-80, 1983.
7. Montgomery S.: External cervical resorption after bleaching a pulpless tooth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 56(2): 203-206, 1984.
8. Latham HL.: Postbleaching cervical resorption. J Endod 12(9): 414-418, 1986.
9. Heithersay G.S., Dahstrom S.W., Marin P.D.: Incidence of invasive cervical resorption in bleached root-filled teeth. Australian Dental J 39(2): 82-7, 1994.
10. Al-Nazhan S.: External resorption after bleaching. A case report. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 72: 607-609, 1991.
11. Rotstein I., Friedman S., Mor C., Katznelson J., Sommer M., Bob I.: Histological characterization of bleaching-induced external root resorption in dogs. J Endod 17(9): 436-441, 1991.
12. Madison S., Walton RE.: Cervical root resorption follow-

- ing bleaching of endodontically treated teeth. *J Endod* 16(12): 570-574, 1990.
13. Friedman S., Rostein I., Libfeld H., Stabholz A., Heling I.: Incidence of external root resorption and esthetic results in 58 bleached pulpless teeth. *Endod Dental Traumatol* 4: 23-26, 1988.
 14. Remeikis NA., Stromer WF.: Inflammatory resorption untreated, arrested, prevented. *Endod Dental Traumatol* 5: 63-67, 1989.
 15. Friedman S.: Surgical-restorative treatment of bleaching related external root resorption. *Endod Dental Traumatol* 5: 63-67, 1989.
 16. Latcham H.L.: Postbleaching cervical resorption. *J Endod* 12(9): 414-418, 1986.
 17. Heithersay GS., Dahlstrom SW., Marin PD.: Incidence of invasive cervical resorption in bleached root-filled teeth. *Australian Dental J* 39(2): 82-7, 1994.
 18. Harrington GW., Natkin E.: External resorption associated with bleaching of pulpless teeth. *J Endod* 5: 344-8, 1979.
 19. Cvek M., Lindvall AM.: External root resorption following bleaching of pulpless teeth with oxygen peroxide. *Endod Dental Traumatol* 1: 56-60, 1985.
 20. Koulaouzidou E., Lambrianidis T., Beltes P., Lyrourdia K., Papadopoulos C.: Role of cemento-enamel junction on the radicular penetration of 30% hydrogen peroxide during intracoronal bleaching in vitro. *Endod Dental Traumatol* 12: 146-150, 1996.
 21. Rostein I., Torek Y., Misgav R.: Effect of cementum defects on radicular penetration of 30% H₂O₂ during intracoronal bleaching. *J Endod* 17(5): 230-3, 1991
 22. Kehoe JC.: pH Reversal following in vitro bleaching of pulpless teeth. *J Endod* 13: 6-9, 1987.
 23. Holmstrup G., Palm AM., Lambjerg-Hassen H.: Bleaching of discolored rootfilled teeth. *Endod Dental Traumatol* 4: 197-201, 1988.
 24. Hansen-Bayless J, Davis R.: Sealing ability of two intermediate restorative materials in bleached teeth. *Am J Dent* 5(3): 151-4, 1992.
 25. Donna M., Pisano, et al.: Intraorifice Sealing of Gutta-percha obturated Root Canals to prevent coronal microleakage. *J Endod* 24(10): 659-662, 1998.
 26. Alex A., Harry N., John O., Richard D.: Apical leakage of bleaching agents through an intermediate dental base material. *General Dentistry* November: 448-451, 1991.
 27. Costas FL., Wong M.: Intracoronal isolating barriers: Effect of location on root leakage and effectiveness of bleaching agents. *J Endod* 17(8): 365-8, 1991.
 28. Brighton D.M., Harrington G.W., Nichols J.I.: Intracoronal isolating barriers as they relate to bleaching *J Endod* 20(5): 228-32, 1994.
 29. McInerney ST., Zillich R.: Evaluation of internal sealing ability of three materials. *J Endod* 18(8): 376-8, 1992.
 30. Rostein I., Zyskind D., Lewinstin I., Bamberger N.: Effect of different protective base materials on hydrogen peroxide leakage during intracoronal bleaching in vitro. *J Endod* 18(3): 114-7, 1992.
 31. Weiger R., Kuhn A., Lost C.: In vitro comparison of various types of sodium perborate used for intracoronal bleaching of discolored teeth. *J Endod* 20(7): 338-41, 1994.
 32. Weiger R., Kuhn A., Lost C.: Radicular penetration of hydrogen peroxide during intracoronal bleaching with various forms of sodium perborate. *International Endodon J* 27(6): 313-7, 1994.
 33. Rostein I., Mor C., Friedman S.: Prognosis of intracoronal bleaching with sodium perborate preparations in vitro: 1-year study. *J Endod* 19(1): 10-12, 1993.
 34. Rostein I., Zalkind M., Mor C., Tarabeach A., Friedman S.: In vitro efficacy of sodium perborate preparations used for intracoronal bleaching of discolored non-vital teeth. *Endod Dental Traumatol* 7: 177-180, 1991.
 35. Ho S, Goerig AC.: An in vitro comparison of different bleaching agents in the discolored tooth. *J Endod* 15: 106-11, 1989.
 36. Warren M.A., Wong M., Ingram T.A.: An in vitro comparison of bleaching agents on the crowns and roots of discolored teeth. *J Endod* 16(10): 463-7, 1990.
 37. Donald J., Lamar Hick., Janet Bulan-Brady., B.S.: Effect of smear layer removal on bleaching of human teeth in vitro. *J Endod* 24(12): 791-795, 1998.
 38. Heling I., Alex Parson., Ilan Rostein.: Effect of Bleaching Agents on Dentin permeability to *Streptococcus faecalis*. *J Endod* 21(11): 540-42, 1995.
 39. Thurman R.G., Ley H.G., Scholz R.: Hepatic microsomal ethanol oxidation. *Eur J Bio-Chem* 25: 420-30, 1972.
 40. Heller D., Skriber J., Louis M.: Effect of intracoronal bleaching on external cervical root resorption. *J Endod* 18(4): 145-148, 1992.
 41. Seale NS., McIntosh JE., Taylor AN.: Pulpal reaction to bleaching of teeth in dogs. *J Dent Res* 60(5): 948-953, 1981.
 42. Bowles WH., Thompson LR.: Vital bleaching: the effects of heat and hydrogen peroxide on pulpal enzymes. *J Endod* 12(3): 1108-112, 1986.
 43. Arens D.: The role of bleaching in esthetics. *Dent Clin North Am* 33: 319, 1989.
 44. Youngson, Glyn Jones, Manogue & I.S. Smith.: In vitro dentinal penetration by tracers used in microleakage studies. *International Endod J* 31: 90-99, 1998.
 45. Olio G.: Luting cements: A review and comparison. *International Dent J* 41:81-88, 1991.
 46. Powis DR., Prosser HJ., Wilson AD.: Long-term monitoring of microleakage of dental cements by radiochemical diffusion. *J Prosthe Dent* 59(6): 651-656, 1988.
 47. Lyons KM., Rodda JC., Hood JA.: Use of a pressure chamber to compare microleakage of three luting agents. *International J of Prosthodontics* 10(5): 426-433, 1997.
 48. Grajower R. and Guelmann, M.: "Dimensional changes during setting of a glass ionomer filling material" *Quint Int* 20: 505-511, 1989.
 49. Jordan R.E., Susuki M. and MacLean D.F.: "Light-cured glass ionomers" *J Esthetic Dent* 1: 59-61, 1989.
 50. Rostein I., Cohenca N., Mor C., Moshonove J., Stabholz A.: Effect of carbamide peroxide and hydrogen peroxide on the surface morphology and zinc oxide levels of IRM fillings. *Endod Dental Traumatol* 11: 279-283, 1995.
 51. Rostein I., Lehr E., Gedalia I.: Effect of bleaching agents on inorganic components of human dentin and cementum. *J Endod* 18(6): 290-293, 1992.
 52. Rostein I., Danker, Goldman, Heling, Stabholz, Zalkind: Histological analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod* 22(1): 23-25, 1996.
 53. Zalkind, Arwaz, Goldman, Rostein.: Surface morphology changes in human enamel, dentin and cementum following bleaching: A scanning electron microscopy study. *J Endod* 22(1): 23-25, 1996.
 54. 박수경, 이정식, 최한석.: 무수치 표백술시 치경부를 통한 표백제 누출량 정량적 측정. *대한 치과 보존학회지* (21)1: 19-34, 1996.