

## 표백제의 치경부 누출을 방지하기 위한 각종 이장재의 효과에 관한 연구

조선대학교 치과대학 보존학교실  
송병춘 · 조영근

### I. 서 론

치아의 변색은 치수내 출혈, 치수괴사, 근관내 약재 및 충전재, 금속수복물, 전신적인 약제 투여 등에 의해 일어나게 된다<sup>16,41)</sup>

최근 환자의 심미적 관심도의 증가로 인하여 변색된 무수치나 근관치료된 치아에 대한 심미 치료가 많이 시행되고 있으며, 표백술에 의한 변색된 치아의 심미적 치료는 치아를 완전히 피개하는 보철적인 수복물에 비해 치질의 손상이 없고, 치료비가 적게 드는 잇점을 가지고 있기 때문에<sup>4,5,34)</sup> 임상에서 흔히 이용하고 있다.

변색된 무수치의 표백술은 일반적으로 thermocatalytic과 walking 표백술이 이용되고 있는데, thermocatalytic 표백술은 치수강에 위치한 표백제에 뜨거운 기구나 전열기구를 이용하여 열을 가하면 표백제에서 발생기 산소가 유리되어 치아가 표백되는 방법이고, Walking 표백술은 30% 과산화 수소수와 sodium perborate를 되게 혼합하여 치수강에 위치시키고 임시수복재를 충전한 다음 3-7일후에 이과정을 반복하게 되는데 이 기간 동안 치수강에 있는 두 표백제는 상호작용에 의해 발생기 산소가 유리되어 치아가 표백되는 방법으로 이는 특별한 장비가 필요없고, 편리하며, 치료시간이 짧기 때문에<sup>17,28)</sup> thermocatalytic 표백술 보다 흔히 이용되고 있다<sup>34)</sup>

walking 표백술시 표백제의 사용에 관하여

Rostein 등<sup>34)</sup>과 Spasser<sup>38)</sup>는 sodium perborate와 물의 사용을 제안하였으며, Nutting 등<sup>26)</sup>은 표백제간의 상호작용(synergism)과 보다 빠른 표백효과를 얻기 위해서 sodium perborate와 과산화 수소수를 사용하도록 하였다. 한편 Ho 등<sup>17)</sup>과 Warren 등<sup>42)</sup>은 각종 표백제의 치관부 표백효과에 관한 연구에서 과산화 수소수와 sodium perborate를 혼합한 경우가 sodium perborate와 물을 혼합하여 사용한 경우보다 훨씬 효과적이라고 하였다.

무수치의 표백술은 변색된 치아를 심미적으로 회복해줄 수 있지만 표백술시 사용되는 표백제에 의한 치경부의 치근외흡수가 보고되고 있어 이에 대한 관심이 증가되고 있다. 표백술 후 치경부의 외흡수는 Harrington 등<sup>13)</sup>에 의해 최초로 보고되었으며, 이러한 외흡수는 대부분의 문헌에서 thermocatalytic 표백술과 관련지고 있으나<sup>13,24,30)</sup> Walking 표백술후에도 나타난다고 보고되고 있다<sup>10,11,16,22)</sup>.

표백술시 치경부의 외흡수는 상아세관을 통해 치경부의 치주인대로 표백제가 침투되고 또한 치근면의 pH변화를 초래하여 발생될 수 있다고 보고<sup>20)</sup>되고 있으나 아직까지 확실한 원인 규명은 이루어져 있지 않다. 따라서 표백술시 치경부의 외흡수를 방지하기 위한 수단으로 근관내에 적절한 이장재의 충전이 추천되고 있다. Lado 등<sup>21)</sup>은 부식성의 표백제가 치경부의 치아 주위조직으로 침투되는 것을 방지하기 위하여

근관충전된 gutta-percha 위에 이장재를 위치시켜야 한다고 하였다. Cvek등<sup>8)</sup>은 이장재로서 ZOE를 추천하였으며, Costas등<sup>7)</sup>은 IRM이장재는 gutta-percha만으로 충전한 경우보다 표백제에 대한 우수한 폐쇄능이 있었다고 보고하였다.

Rostein등<sup>33)</sup>은 무수치의 표백술시 각종 이장재의 효과에 관한 연구에서 이장재의 두께가 2mm를 초과할때 모든 이장재에서 과산화 수소수의 침투가 없었으나, 두께가 1-0.5mm로 감소할 경우 침투는 뚜렷이 증가하였다고 하였다.

무수치의 표백술시 이장재의 근관내 위치에 관한 여러 문헌보고가 있으나 서로 다른 견해를 가지고 있다. Ho등<sup>17)</sup>은 근관에서 범랑질던으로 주행하는 상아세관이 절단방향으로 주행하므로 치관 치경부의 적절한 표백효과를 얻기 위해서는 표백제를 최소한 치경부변연(cervical margin) 1mm하방에 위치시켜야 한다고 하였으며, Costas등<sup>7)</sup>은 Waling표백술시 이장재의 위치에 따른 치관의 표백효과에 관한 연구에서 이장재를 백악범랑경계부에 위치한 경우보다 백악-범랑경계부 2mm하방에 위치한 경우가 더 효과적이었다고 하였다.

한편 Friedman등<sup>10)</sup>과 Lado등<sup>21)</sup>은 치수강에 표백제를 제한시키기 위한 수단으로 이장재를 치은 부착상피 상방에 위치할 것을 제안하였으며, Rostein등<sup>33)</sup>은 과산화 수소수를 이용한 무수치의 표백술시 백악-범랑경계부에 위치한 IRM이 백악-범랑경계부 0.5mm하방에 위치한 IRM이나 이장재를 위치하지 않는 경우보다 과산화 수소수의 침투가 뚜렷이 감소하였다고 보고하고 이장재는 백악-범랑경계부에 위치되어야 한다고 주장하였다. 또한 Smith등<sup>36)</sup>도 walking표백술시 이장재는 순측의 백악-범랑경계부에서 약간 치관부측으로 위치시켜야 한다고 하였다.

이처럼 여러 문헌에서는 표백술시 치경부의 표백제 누출을 방지하기 위해 표백전 근관충전재위에 이장재를 위치해야 한다고 제안하고 있으나 사용할 이장재의 종류나 두께 및 위치에

관한 정확한 기준이 설정되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 Walking 표백술시 순측 백악-범랑경계부까지 gutta percha만을 충전한 경우와 순측 백악-범랑경계부에서 2mm두께의 gutta percha를 제거하고 근관내로 수산화 칼슘, 광중합형 글라스 아이오노머 시멘트 및 복합레진 이장재를 충전한 후 표백제가 상아세관으로 침투된 정도와 근관벽을 따라 치근단측으로 침투된 깊이를 상호 비교하여 이장재의 종류와 두께에 따른 표백제의 누출방지 효과에 관한 다소의 의견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

치아우식증, 수복물, 잔금(crack)이 없고, 치근의 흡수나 파절이 없는 발거된 상, 하악 전치 32개를 실험치아로 사용하였다.

표백제는 Superoxol(Union Broach Corp., U.S.A.)과 sodium perborate(Junsei Chemical Co., Japan)를 사용하였고, 근관내 이장재로는 Dycal( Caulk/Dentsply Inc., U.S.A.)과 Fuji II LC( GC International Corp., Japan) 및 Z-100( 3M Dental Products Division, U.S.A.)를 사용하였으며, 와동의 임시충전재로는 IRM(Type III, Class I, Caulk/Dentsply Inc., U.S.A.)을 사용하였다.

광중합형 이장재의 중합을 위한 광조사기구는 Visilux 2 (3M Dental Products Division, U.S.A.)를 이용하였다.

### 2. 실험방법

상,하악 전치 32개의 치면에 부착된 연조직, 착색 등은 초음파 치석제거기와 큐렛(curette)을 이용하여 제거하였다.

각 치아는 고속의 No.2와 No.4. round bur를 이용하여 치수강을 개방하고, 저속의 No.2와 No.4 round bur 및 Gates Glidden drills을 이

용하여 각각 치수강정(chamber roof)과 설측 shoulder를 제거한 후 저속의 No. 701 tapered fissure bur로 외벽을 평활하게 하였다.

각 치아의 작업장은 근관에 No. 15 K-file(Maillefer Co., Swiss)을 넣고 file의 끝이 치근단공에 나타난 길이보다 1mm를 짧게 한 길이로 결정하였다. 각 치아의 근관형성은 step-back 방법을 이용하였고, Nos.40-50 file까지 근관을 확대하였으며, 근관세척제로는 생리식염수를 사용하였다.

각 치아의 근관은 흡수지로 건조한 후 master gutta percha cone이 각 치아의 작업장에 도달되는지를 확인하기 위하여 근관에 시적하였다. Sealapex(Kerr Co., U.S.A.)를 혼합지(mixing pad)에서 혼합한 후 Nos. 40-50 reamer의 끝부분에 Sealapex를 묻혀 근관벽에 도포하고, 또한 gutta-percha cone 끝부분에 Sealapex를 묻혀 근관에 삽입한 후 측방가압법을 이용하여 근관의 충전물을 완료하였다. 치수강 상방의 과잉의 gutta percha는 뜨거운 수동기구를 이용하여 순측의 백악-법랑경계부에 일치시켜 제거하였다.

근관충전이 완료된 모든 치아는 Sealapex의 경화를 유도하기 위하여 37℃와 100%의 습도가 유지된 항온기 (Han Back Scientific Co., Korea)에 1일간 보관하였다.

32개의 치아는 4개의 군으로 분류하여 대조군은 8개, 실험군으로는 24개의 치아를 사용하였으며, 실험군으로 분류된 치아는 뜨거운 수동기구를 이용하여 순측의 백악-법랑경계부에서 치근측으로 근관에 있는 gutta-percha를 2mm 제거한 후 8개씩 3개의 군으로 분류하였다.

대조군은 이장재를 충전하지 않은 군으로 순측의 백악-법랑경계부에서 gutta percha를 제거한 치아를 이용하였다.

실험 1군은 수산화칼슘을 근관내에 충전한 군으로서, Dycal을 혼합지(mixing pad)에서 혼합한 후 applicator를 이용하여 순측의 백악-법랑경계부에서 치근측으로 근관내에 2mm두께로

충전하였다.

실험 2군은 광중합형 글라스 아이오노머 시멘트를 근관내에 충전한 군으로서, Fuji II LC(shade A3) 분말과 액을 혼합지에 혼합한 후 syringe를 이용하여 실험 1군과 같이 근관내에 2mm두께로 충전하고 광조사기로 60초간 광조사하였다.

실험 3군은 광중합형 복합레진을 근관내에 충전한 군으로서, 형성된 근관을 Scotchbond Multipurpose 산부식제로 15초간 산부식하고, 상아질에 primer를 도포한 후 상아질 접착제를 도포하여 10초간 광조사한 다음 성형기구로 Z-100(shade A3)을 근관내에 2mm두께로 충전하고 광조사기로 60초간 광조사하였다.

충전이 완료된 모든 실험군의 치수강벽에 묻어 있는 과잉의 이장재는 저속의 Nos 2, 4 round bur를 이용하여 제거하였으며, 모든 치아의 치수강은 30% 인산을 30초간 적용하여 산부식한 후 물로 세척하고 건조하였다.

Superoxol과 sodium perborate를 유리판(mixing slab)에 분배하여 되게 혼합한 후 각 치아의 치수강에 성형기구를 이용하여 표백제를 위치시키고 표백제의 외부에 면사(cotton fiber)를 얇게 덮고 와동을 IRM으로 임시충전하였다

모든 치아는 37℃와 100%의 습도가 유지된 항온기에 7일간 보관한 후, 표백제의 교환을 위해 임시충전재는 저속의 Nos.2, 4 round bur를 이용하여 제거하고, 치수강에 있는 표백제는 물로 세척하여 건조시킨 후 다시 새로운 표백제와 임시충전재를 충전하고 항온기에 7일간 보관하였다.

각 치아의 임시충전재와 표백제는 상기와 같은 방법으로 제거하고, 각 치아의 치수강에 1% methylene blue를 syringe로 위치시킨 후 각 치아는 투명한 수지통에 치관이 위쪽을 향하도록 고정하여 37℃와 100%의 습도가 유지된 항온기에 5일간 보관하였다. 5일후 각 치아의 치수강에 있는 methylene blue는 물로 깨끗이 세척

하였다.

각 치아는 고속의 diamond bur를 이용하여 순측과 설측의 백악-법랑경계부를 연결한 부위에서 치관을 절단한 후 Boley gauge을 이용하여 치근의 근관벽에서 순측과 설측방향 그리고 근심과 원심방향의 두 방향으로 각각 가장 멀리 침투된 색소의 길이를 측정하였고, 또한 근관벽에서 두방향으로의 치근면까지의 길이를 측정하여 %로 환산한 수치를 각 치아의 색소 침투정도로 하였다.

각 치아는 같은 방법을 이용하여 백악-법랑경계부에서 다시 치근방향으로 0.5mm, 1.5mm, 2mm 되는 부위를 각각 절단한 후 상기와 같은 방법으로 각 치아의 색소침투 정도를 측정하였다.

또한 각 치아의 근관벽을 따라 치근단측으로 침투된 색소깊이는 각 치아의 절단면의 순측과 설측방향 그리고 근심과 원심방향의 두 방향에서 각각 색소침투가 마지막으로 나타난 부위로 정하였다.

각 군의 절단부위에 따른 색소침투정도에 대한 상호간의 유의성 검정은 ANOVA를 이용하였으며, 평균치 사후비교는 Tukey's Multiple Range Test를 이용하여 분석하였고, 각 군과 절단부위에 따른 색소침투깊이는 Cochran-Mantel-Haenszel 검사를 이용하여 비교하였다.

### III. 실험성적

각 군의 절단부위에 따른 순측이나 설측의 근관벽에서 치근면까지의 상아세관을 따라 침투된 색소침투정도는 표 1, 그림 1, 5, 6, 7, 8과 같다.

백악-법랑경계부 절단부위에서 대조군은 23.37±19.37%로 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군은 57.25±19.40%로 가장 높은 침투정도를 보였다(표 1, 그림 1, 5).

0.5mm 절단부위에서 대조군은 7.63±12.74%로 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군은 45.88±29.61%로 가장 높은 침투정도를 보였다(표 1, 그림 1, 6).

1.5mm 절단부위에서 실험 3군은 색소침투가 나타나지 않아 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군은 31.38±33.54%로 가장 높은 침투정도를 보였다(표 1, 그림 1, 7).

2mm 절단부위에서 실험 2군과 실험 3군은 각각 색소침투가 나타나지 않아 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군은 16.50±20.41%로 가장 높은 침투정도를 보였다(표 1, 그림 1, 8).

순측이나 설측의 상아세관으로 침투된 각 군의 색소침투정도는 실험 1군이 다른 군에 비해 가장 높은 침투정도를 보여 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈으며(P< 0.001), 대조군, 실험

표 1. 각 군의 절단부위에 따른 순측이나 설측의 상아세관으로 침투된 평균 색소침투정도 및 표준편차 (단위 : %)

절단부위 \ 군	대 조 군	실험 1군	실험 2군	실험 3군
CEJ	23.37±19.37	57.25±19.40	32.25±34.62	36.13±27.62
0.5mm	7.63±12.74	45.88±29.61	20.50±39.16	23.50±19.58
1.5mm	5.0 ± 9.80	31.38±33.54	2.75± 7.78	0
2.0mm	1.75± 4.95	16.50±20.41	0	0

CEJ: 백악 - 법랑경계부



각 색소의 침투가 나타나지 않아 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군은 14.63±18.91%로 가장 높은 침투정도를 보였다(표 4, 그림 2, 8).

인접면측의 상아세관으로 침투된 각군의 색소침투정도는 실험 1군이 다른 군에 비해 가장 높은 침투정도를 보여 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈으며(P<0.001), 대조군, 실험 2군, 실험 3군간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다(표 2).

또한 인접면측의 상아세관으로 침투된 각 절단부위에 따른 색소침투정도는 백악-법랑경계부와 0.5mm, 1.5mm, 2.0mm 절단부위 그리고 0.5mm와 2.0mm 절단부위간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈으며(P< 0.001), 0.5mm와 1.5mm 절단

부위 그리고 1.5mm와 2.0mm 절단부위간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다(표 5).

각 군의 절단부위에 따른 순측이나 설측과 인접면측간의 색소침투정도를 비교하면, 대조군에서는 모든 절단부위에서 순측이나 설측이 인접면측보다 침투정도가 적었고, 실험 1군에서는 백악-법랑경계부와 0.5mm 절단부위에서는 순측이나 설측이 인접면측보다 침투정도가 적었으나 1.5mm과 2.0mm 절단부위에서는 인접면측이 순측이나 설측보다 적게 나타났다.

실험 2군에서는 색소침투가 없는 2.0mm 절단부위를 제외하고 각 절단부위에서 인접면측이 순측이나 설측보다 적게 나타났으며, 실험 3군에서도 색소침투가 없는 백악-법랑경계부와 0.5

표 4. 각 군의 절단부위에 따른 인접면측의 상아세관으로 침투된 평균 색소침투정도 및 표준편차 (단위 : %)

절단부위 \ 군	대 조 군	실험 1군	실험 2군	실험 3군
CEJ	33.88±27.93	61.50±29.82	20.25±35.62	30.0 ±23.93
0.5mm	13.25±22.93	51.13±24.59	2.50± 7.07	12.50±15.96
1.5mm	9.75±18.99	25.75±18.47	2.25± 6.34	0
2.0mm	7.63±16.11	14.63±18.91	0	0

CEJ: 백악 - 법랑경계부

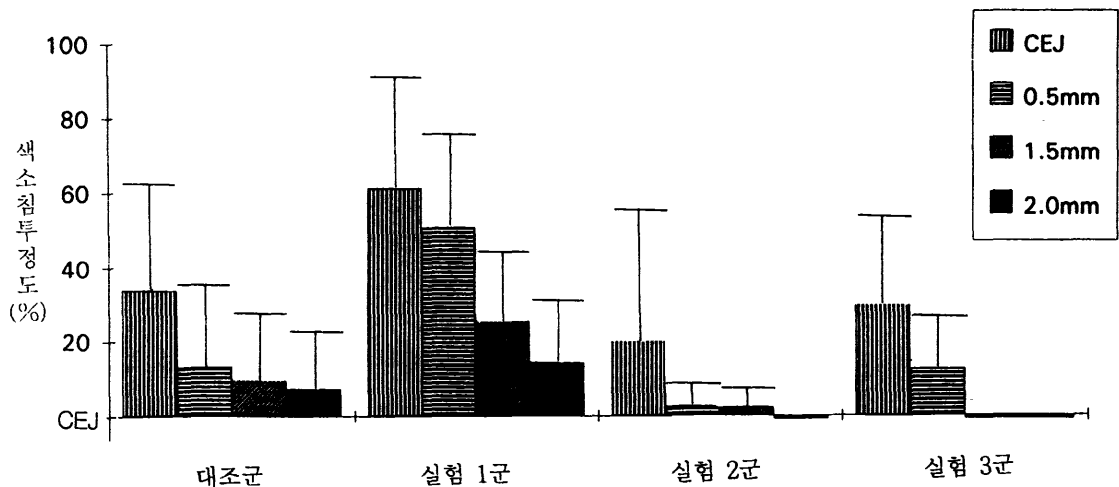


그림 2. 각 군의 절단부위에 따른 인접면측의 상아세관으로 침투된 색소침투정도

표 5. 인접면측 상아세관으로 침투된 각 절단부위의 색소침투정도에 대한 Tukey 다중비교

	CEJ	0.5mm	1.5mm	2.0mm
CEJ	-	**	**	**
0.5mm	**	-	NS	**
1.5mm	**	NS	-	NS
2.0mm	**	**	NS	-

NS: Non-significant

\*\* : P < 0.001

mm 절단부위에서 인접면측이 순측이나 설측보다 적게 나타났고 1.5mm와 2.0mm 절단부위에서는 나타나지 않았다.

각 군의 색소침투깊이는 색소침투가 마지막으로 나타난 절단부위로 정하였으며, 각 군의 절단부위에 따른 순측이나 설측의 근관벽을 따라 치근단측으로 침투된 색소의 침투깊이는 그림 3과 같다.

백악법랑경계부 절단부위에서 색소의 침투는 대조군에서 7개, 실험 1군에서 8개, 실험 2군과 실험 3군에서 각각 6개가 나타났고, 0.5mm 절단부위에서는 대조군은 3개, 실험 1군은 7개, 실험 2군은 2개, 실험 3군은 5개가 나타났으며, 1.5

mm 절단부위에서 대조군은 2개, 실험 1군은 6개, 실험 2군은 1개가 나타났으나 실험 3군은 나타나지 않았고, 2.0mm 절단부위에서 대조군은 1개, 실험 1군은 4개가 나타났으나 실험 2군과 실험 3군은 나타나지 않았다. 따라서 순측이나 설측에서의 색소침투깊이는 대조군과 실험 1군은 각각 2mm, 실험 2군은 1.5mm, 실험 3군은 0.5mm로 나타나 실험 3군이 가장 낮은 색소침투깊이를 나타냈으나, Cochran-Mantel-Haenszel test에서 각 군과 절단부위간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(P=0.378).

각 군의 절단부위에 따른 인접면측의 근관벽을 따라 치근단측으로의 누출된 색소의 침투깊이는 그림 4와 같다.

백악-법랑경계부 절단부위에서 색소의 침투는 대조군에서 7개, 실험 1군에서 8개, 실험 2군에서 3개, 실험 3군에서 6개가 나타났으며, 절단부위에서 대조군은 3개, 실험 1군은 8개, 실험 2군은 1개, 실험 3군은 4개가 나타났고, 1.5mm 절단부위에서 대조군은 2개, 실험 1군은 6개, 실험 2군은 1개가 나타났으나 실험 3군은 나타나지 않았으며, 2.0mm 절단부위에서 대조군은 2개, 실험 1군은 5개가 나타났으나 실험 2군

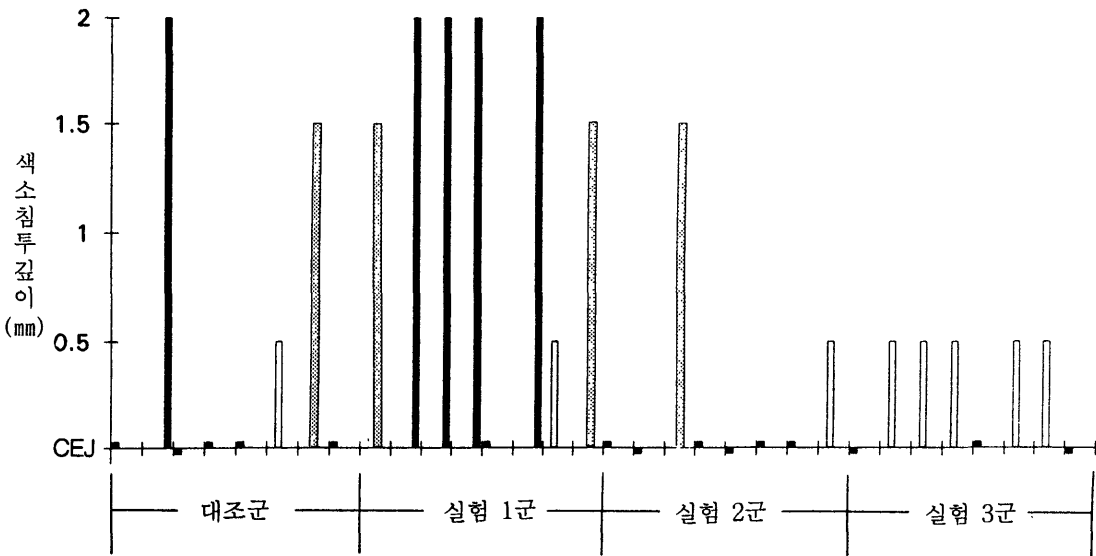


그림 3. 각 군의 순측이나 설측 근관벽을 따라 치근단측으로 누출된 색소침투깊이

과 3군은 나타나지 않았다. 따라서 인접면측에서의 색소침투깊이는 대조군과 실험 1군은 각각 2mm, 실험 2군은 1.5mm, 실험 3군은 0.5mm로 나타나 순측이나 설측에서와 같은 색소침투깊

이를 나타냈으며, Cochran-Mantel-Haenszel test에서 각군과 절단부위간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(P=0.378).

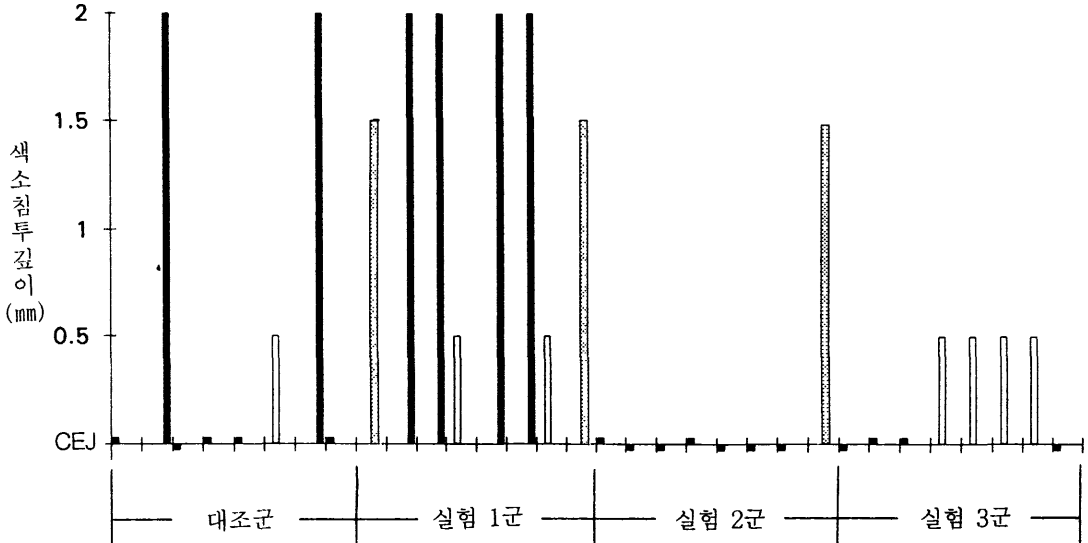


그림 4. 각 군의 인접면측 근관벽을 따라 치근단측으로 누출된 색소침투깊이

#### IV. 총괄 및 고안

표백술은 심한 변색이 있거나 치관부의 손상이 전혀 없는 치아를 완전히 피개하는 방법에 대한 또하나의 치료방법이다<sup>9,31,41</sup>. 치관을 피개하는 수복방법은 치아의 색조나 모습을 개선할 수 있으나 치관과 치주조직간의 계면에서 치은염증을 유발시킬 수 있다. 그러나 표백술에 의한 치아의 치료는 치관의 삭제가 필요없으므로 치질을 보존할 수 있고, 치수노출의 문제점을 피할 수 있으며, 치은조직에 대한 자극을 방지할 수 있다.

이와 같은 잇점에도 불구하고 치아표백술은 표백제에 의한 치경부의 치근외흡수를 일으켜 종종 치료를 복잡하게 하거나 심한 경우 발치를 요하게 된다.

이러한 외흡수는 외상을 받은 환자에서 흔히 발생되므로 이를 하나의 흡수의 원인요소로 간

주하고 있으나, 외상의 기왕력이 없는 무수치의 표백술시에도 발생되므로 이에 대한 다양한 원인이 추측되고 있다. 가능한 원인으로 Madison등<sup>24</sup>은 표백술시 발생된 열이 독한 표백제를 상아세관으로 침투시키므로서 백악질에 화학적인 변화를 초래하기 때문이라고 설명하였으며, Rostein등<sup>32</sup>은 높은 표백온도는 표백제의 치근침투를 증가시켜 외흡수를 일으킬 수 있다고 하였다. 한편 Kohoe등<sup>15</sup>은 외흡수를 치경부의 치근면 pH변화와 관련시켰지만, Rostein등<sup>29</sup>은 치경부의 치근흡수는 산성의 pH 때문이 아니고 치근주변의 건전한 구조물의 직접적인 손상때문이라고 하였다.

따라서 표백술시 치경부의 치근외흡수를 방지하기 위한 일환으로서 표백전 이장재를 사용하게 되었는데 이에 대한 다양한 연구가 진행되었다.

근관내 이장재의 두께와 위치에 따른 표백제



의 침투에 관하여 Rostein등<sup>33)</sup>은 이장재의 두께가 2mm 초과된 경우 표백제의 치근침투가 없었고, 치관내 이장재를 인접면 백악-법랑경계부에 위치한 치아는 백악-법랑경계부 0.5mm 하방에 위치한 치아에 비해 표백제의 침투가 뚜렷이 감소하였다고 보고하고 이장재는 적절한 두께로 백악-법랑경계부에 위치되어야 한다고 하였으며, Smith등<sup>36)</sup>도 walking 표백술시 2mm 두께의 이장재는 근관벽으로의 누출이나 상아세관으로의 침투를 뚜렷이 감소시키는데 충분하였고, 이장재는 순측의 백악-법랑경계부에서 약간 치관부측으로 위치되어야 한다고 하였다.

표백술시 사용할 수 있는 이장재의 종류는 다양하지만 표백술후 수복을 고려할때 심미적 이장재의 사용은 의미가 있을 것이다.

글라스 아이오노머 시멘트는 치질에 직접 접착되고, 생체적합성이 좋고, 항우식성을 가지며, 복합레진과 기계적으로 결합되는 성질이 있으며, 특히 최근에 개발된 광중합형 시멘트는 조작이 편리한 장점을 가지고 있다<sup>12,19)</sup>. 또한 복합레진은 산부식법의 출현과 상아질 접착제의 개선으로 인하여 치질과 강한 접착력을 이루는 심미적인 재료로 알려져 있다<sup>39)</sup>.

표백술시 글라스 아이오노머 시멘트의 이장 효과에 관하여 Antitua등<sup>2)</sup>은 테트라 싸이클린에 의해 심하게 변색된 치아를 치료하기 위하여 근관치료한 후 글라스 아이오노머 시멘트 이장재를 위치하고 walking 표백술을 시행한 4년간의 임상적, 방사선적 평가에서 모든 환자는 심미적으로 만족스러워 하였으며 방사선사진상에 치경부의 치근외흡수가 나타나지 않았다고 보고하였다.

한편 표백술시 수산화 칼슘은 치경부의 외흡수를 치료하기 위한 재료로 사용되고 있는데, Gimlin등<sup>11)</sup>은 walking 표백술후 발생한 치경부의 치근외흡수시 수산화 칼슘을 이용한 결과 흡수가 치유됨을 보고하고 표백 2일후 또는 수복전에 수산화 칼슘을 치관내에 위치시키는게

좋을 것이라고 하였다.

따라서 본 연구에서는 치근 외흡수의 치료를 위해 사용되는 수산화 칼슘과 심미적 수복재인 광중합형 글라스 아이오노머 시멘트 및 복합레진을 이장재로 사용하여 근관내에 2mm두께로 순측의 백악-법랑경계부까지 위치시킨 후 이들 이장재에 대한 표백제의 침투정도와 침투깊이를 상호비교하려 하였다.

서로 다른 임상적 방법과 재료의 폐쇄능을 평가하기 위한 누출 검사방법으로는 전기화학적 방법<sup>23)</sup>, 방사선동위원소법<sup>18)</sup>, 색소법<sup>6,25,35,43)</sup>, 전자현미경적방법<sup>25,27)</sup>, 용액침투법(fluid infiltration technique)<sup>1,3,40)</sup> 등 여러가지 방법이 사용되고 있으나 이중 methylene blue dye를 이용한 색소법이 가장 널리 사용되고 있다<sup>37)</sup>.

본 연구에서는 근관충전과 이장재를 위치한 와동에서 표백제에 대한 상아질의 침투정도와 치근누출을 평가하기 위하여 methylene blue 색소를 이용하였는데 표백제가 상아세관이나 근관벽을 따라 침투되는 양상을 색소에 의해 완전히 재현하기는 어렵겠지만 본 연구의 결과로 methylene blue색소는 표백제에 의한 상아질의 침투정도와 치근누출을 잘 나타내는 것으로 나타났다.

본 연구에서 각 절단부위 따른 순측이나 설측의 근관벽에서 부터 치근면까지 상아세관을 따라 침투된 색소의 침투정도는 백악-법랑경계부와 0.5mm절단부위에서는 이장재를 사용하지 않는 대조군이 이장재를 사용한 실험군보다 오히려 낮은 색소침투정도를 나타냈으며, 1.5mm절단부위에서는 복합레진을 이장재로 사용한 실험 3군에서, 2mm 절단부위에서는 글라스 아이오노머 시멘트를 이장재로 사용한 실험 2군과 복합레진을 이용한 실험 3군에서 각각 색소의 침투가 나타나지 않아 가장 낮은 색소침투정도를 보였으나 대조군, 실험 2군, 실험 3군간에는 유의한 차이를 나타내지 않았으며, Dycal을 이장재로 사용한 실험 1군은 모든 절단부위에 가장

높은 침투정도를 나타내 다른 군과 통계학적으로 유의한 차이를 보였다( $P < 0.001$ )(표 2).

따라서 본 연구의 결과 근관내에 충전된 이장재는 표백제가 상아세관을 따라 순측이나 설측으로 침투되는 것을 방지하는데 큰 효과를 기대할 수 없는 것으로 나타났으며, 특히 Dycal 이장재는 오히려 색소침투를 증가시키는 것으로 나타났다.

또한 순측이나 설측의 상아세관으로 침투된 각 절단부위에 따른 색소침투정도는 백악-법랑경계부와 1.5mm, 2.0mm 절단부위 그리고 0.5mm와 1.5mm, 2.0mm 절단부위간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈으며( $P < 0.001$ ), 백악-법랑경계부와 0.5mm 절단부위 그리고 1.5mm와 2.0mm 절단부위간에는 유의한 차이가 나타나지 않아(표 3) 순측이나 설측의 상아세관으로의 색소침투는 백악-법랑경계부와 0.5mm부위에서 증가되었고, 1.5mm와 2.0mm부위에서는 뚜렷이 감소되어 만약 근관내에 이장재를 근관에 위치시킨다면 1.5mm 이상의 두께로 충전되어야 할 것으로 사료된다.

Rostein 등<sup>33)</sup>은 백악-법랑경계부 1mm하방에 복합레진, 글라스 아이오노머 이장재를 충전한 후 과산화 수소수에 의한 이장재의 누출정도를 평가한 결과 이장재의 두께가 2mm를 초과할 경우 모든 군에서 과산화 수소수의 누출이 나타나지 않았지만, 이장재의 두께가 1mm로 감소할 때 글라스 아이오노머 시멘트군은 13%의 치아에서 누출을 보였고, 복합레진군은 누출이 나타나지 않았으나 통계적인 차이가 없었다고 하여 본 연구의 결과와 유사한 결과를 나타냈으며, 0.5mm의 두께에서는 복합레진군은 27%의 치아에서, 글라스 아이오노머 시멘트군은 60%의 치아에서 과산화 수소수가 침투되어 복합레진군이 글라스 아이오노머 시멘트군보다 우수하게 나타나 통계학적인 차이를 보였다고 한 Rostein 등<sup>33)</sup>의 결과와 본 연구의 결과는 상이하게 나타났는데 이는 본 연구에서 사용된 글라스 아이오노머 이장재는 광중합형을 사용하였기 때문

으로 사료된다.

본 연구에서 각 절단부위 따른 인접면측의 근관벽에서부터 치근면까지 상아세관을 따라 침투된 색소의 침투정도는 백악-법랑경계부와 0.5mm 절단부위에서는 글라스 아이오노머 시멘트를 사용한 실험 2군이 가장 낮은 색소침투정도를 나타냈으며, 1.5mm 절단부위에서는 복합레진을 이장재로 사용한 실험 3군에서, 2mm 절단부위에서는 글라스 아이오노머 시멘트를 이장재로 사용한 실험 2군과 복합레진을 이용한 실험 3군에서 색소 침투가 나타나지 않아 가장 낮은 색소침투정도를 나타냈으나 대조군, 실험 2군, 실험 3군간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 또한 Dycal을 이장재로 사용한 2군은 모든 절단부위에 가장 높은 침투정도를 나타내어 다른 군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다( $P < 0.001$ ) (표 2).

본 연구의 결과 인접면측에서는 근관내에 gutta perch만을 충전한 경우보다 글라스 아이오노머 시멘트나 복합레진을 이장재로 사용한 경우가 상아세관을 따라 표백제가 침투되는 것을 방지하는데 효과적인 것으로 나타났다.

또한 인접면측의 상아세관으로 침투된 각 절단부위에 따른 색소침투정도는 백악-법랑경계부와 0.5mm, 1.5mm, 2.0mm 절단부위 그리고 0.5mm와 2.0mm 절단부위간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈으며( $P < 0.001$ ), 0.5mm와 1.5mm 절단부위 그리고 1.5mm와 2.0mm 절단부위간에는 유의한 차이가 나타나지 않아(표 5) 인접면측에서 상아세관으로의 색소침투정도는 백악-법랑경계부와 0.5mm부위에서 증가되었고, 1.5mm와 2.0mm부위에서 뚜렷이 감소되어 만약 근관내에 이장재를 위치시킨다면 1.5mm이상의 두께로 충전되어야 할 것으로 사료된다.

Smith 등<sup>36)</sup>은 walking 표백술시 근관내 이장재의 누출과 상아질 침투정도에 관한 연구에서 근관을 gutta percha만으로 충전한 경우보다 이장재를 충전한 경우에서 근관벽으로 누출이나

상아세관으로의 침투를 뚜렷이 감소시켰다고 하여 본 연구의 결과와 일치하였다.

본 연구에서 각 절단부위에 따른 순측이나 설측 그리고 인접면측의 근관벽을 따라 치근단측으로의 누출된 색소의 침투깊이는 대조군과 실험 1군은 2mm, 실험 2군은 1.5mm, 실험 3군은 0.5mm로 나타나 gutta percha만으로 근관을 충전한 경우보다 글라스 아이오노머 시멘트나 복합레진을 이장재로 사용한 경우에 낮은 색소침투깊이를 보였으나 각 군과 절단부위간에 통계학적인 유의성이 없었다.

Costas등<sup>7)</sup>은 변색된 치근에 대한 표백제의 표백효과를 비교하기 위하여 백악-법랑경계부와 백악-법랑경계부 2mm하방에 각종 이장재를 위치한 군과 gutta-percha만으로 충전한 군을 비교한 결과 gutta percha군에서는 치근의 표백이 많이 나타났으나 이장재를 위치한 군에서는 치근의 탈색이 적게 나타나 이장재를 위치한 군이 gutta-percha만으로 충전한 군보다 훨씬 우수한 폐쇄능을 제공하였으나, 치근의 표백에 대한 모든 군간에는 통계학적인 유의성이 없었다고 하여 본 연구의 결과와 일치하였다.

본 연구를 종합하여 볼때 순측이나 설측에서의 표백제의 누출을 방지하기 위한 이장재의 효과는 크게 나타나지 않았으나 인접면측에서의 광중합형 글라스 아이오노머 시멘트와 복합레진 이장재의 효과는 gutta percha만을 충전한 경우보다는 우수하게 나타났으며, Dycal 이장재는 표백제의 누출을 방지하는데 효과가 없는 것으로 나타났다.

또한 광중합형 글라스 아이오노머 시멘트와 복합레진을 근관내 이장재로 사용할 경우에는 1.5mm이상의 두께로 충전해야 표백제의 누출을 방지하는데 효과적인 것으로 나타났다.

## V. 결 론

walking 표백술시 각종 이장재의 종류와 두

께에 따른 표백제의 누출방지 효과를 평가하기 위하여 32개의 상,하악 전치의 근관을 충전하고 순측 백악-법랑경계부에서 gutta percha를 제거한 대조군과 순측 백악-법랑경계부에서 근관내의 gutta percha를 2mm 제거하고 이장재로 각각 Dycal, Fuji II LC, Z-100을 충전한 실험 1군, 실험 2군, 실험 3군으로 분류한 다음, 치수강내에 1% methylene blue를 주입하여 색소가 침투되도록 하고, 각각 순측과 설측의 백악-법랑경계부를 연결한 부위와 0.5mm, 1.5mm, 2.0mm부위를 절단한 후, 각 군의 절단부위에 따른 근관벽에서 치근면으로 침투된 색소침투정도와 근관벽을 따라 치근단측으로 침투된 색소침투깊이를 측정하여 각 군을 상호비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 순측이나 설측의 색소침투정도는 백악-법랑경계부와 0.5mm부위에서 대조군이, 1.5mm부위에서 실험 3군이, 2.0mm부위에서 실험 2군과 실험 3군이 가장 낮은 침투정도를 보였으나 이들 군간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.
2. 인접면측에서의 색소침투정도는 백악-법랑경계부와 0.5mm부위에서 실험 2군이, 1.5mm부위에서 실험 3군이, 2.0mm부위에서 실험 2군과 실험 3군이 가장 낮은 침투정도를 보여 광중합형 글라스 아이오노머 시멘트와 복합레진 이장재가 우수한 누출방지 효과를 나타냈으나 대조군과는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.
3. 순측이나 설측 및 인접면측 모두에서 실험 1군은 가장 높은 색소침투정도를 나타냈으며, 다른 군과 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다( $P < 0.001$ ).
4. 순측이나 설측 및 인접면측의 색소침투깊이는 대조군과 실험 1군에서 각각 2mm, 실험 2군은 1.5mm, 실험 3군은 0.5mm를 나타냈다.

## 참 고 문 헌

1. Anderson, R.W., Powell, B.J. and Parshley, D.H.: "Microleakage of temporary restorations in complex endodontic access preparations", J.O.Endo., 15:526-529, 1989.
2. Anitua, E., Zabalegui, B., Gil, J. and Gascon, F.: "Internal bleaching of severe tetracycline discolorations: four-year clinical evaluation", Quint. Inter., 21:783-788, 1990.
3. Bobotis, H.G., Anderson, R.W., Parshley, D. and Pantera, E.A.: "A microleakage study of temporary restorative materials used in endodontics", J.O.Endo., 15:569-572, 1989.
4. Bowels, W. and Ugwuneri, Z.: "Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures", J.O.Endo., 13:375-377, 1987.
5. Casey, L.J., Schindler, W.G., Murata, S.M. and Burgess, J.O.: "The use of dentinal etching with endodontic bleaching procedures", J.O.Endo., 15:535-538, 1989.
6. Coen, T.J. and Wong, M.: "Varnishes: The effect of a second coat on apical root leakage of retrofill amalgam", J.O.Endo., 18:97-99, 1992.
7. Costas, F. and Wong, M.: "Intracoronar isolating barriers: Effect of location on root leakage and effectiveness of bleaching agents", J.O.Endo., 17:365-368, 1991.
8. Cvek, M., and Lindvall, A.M.: "External root resorption following bleaching of pulpless teeth with oxygen peroxide", Endo. Dent. Trauma., 1:56-60, 1985.
9. Denehy, G.E. and Swift, E.J.: "Single-tooth home bleaching", Quint. Inter., 23:595-598, 1992.
10. Friedman, S.: "Incidence of external root resorption and esthetic results in 58 bleached pulpless teeth", Endo.Dent.Trauma., 4:23-26, 1988.
11. Gimlin, D.R. and Scinder, W.G.: "The management of postbleaching cervical resorption", J.O.Endo., 16:292-297, 1990.
12. Grajower, R. and Guelmann, M.: "Dimensional changes during setting of a glass ionomer filling material", Quint. Inter., 20:505-511, 1989.
13. Harrington, G.W., and Natkin, E.: "External resorption associated with bleaching of pulpless teeth", J.O.Endo., 5:344-348, 1979.
14. Haywood: "History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of nightguard vital bleaching technique", Quint. Inter., 23 :471-488, 1992.
15. Haywood, V.B. and Heymann, H.O.: "Nightguard vital bleaching", Quint. inter., 20:173-176, 1989.
16. Heller, D., Skriber, J. and Lin, L.M.: "Effect of intracoronar bleaching on external cervical root resorption", J.O.Endo., 18:145-148, 1992.
17. Ho, S., and Goerig, A.: "An in vitro comparison of different bleaching agents", J. O.Endo., 15:106-111, 1989.
18. Jacobsen, E.L., BeGole, E.A., Vitkus, D.D. and Daniel, J.C.: "An evaluation of two newly formulated calcium hydroxide cements: A leakage study", J.O.Endo., 13:164-169, 1987.
19. Jordan, R.E., Susuki, M. and MacLean, D.F.: "Light-cured glass ionomers", Esth. Dent., 1:59-61, 1989.
20. Kohoe, J.: "pH reversal following in vitro bleaching of pulpless teeth", J.O.Endo., 13:6-9, 1987.

21. Lado, E.A., Stanley, H.R., and Weisman, M.J.: "Cervical resorption in bleached teeth", Oral Surg., 55:78-80, 1983.
22. Latcham, N. L.: "Postbleaching cervical resorption", J.O.Endo., 12:262-264, 1986.
23. Lim, K. C.: "Microleakage fo intermediate restorative materials", J.O.Endo., 16 :116-118, 1990.
24. Madison, S. and Walton, R.: "Cervical root resorption following bleaching of endodontically treated teeth", J.O.Endo., 16:570-574, 1990.
25. Magura, M.E., Kafrawy, A.H., Brown, C.E. and Newton, C.W.: "Human saliva control microleakage in obturated root canals: An in vitro study", J.O.Endo., 17:324-331, 1991.
26. Nutting, E.B. and Poe, G.S: "A new combination for bleaching teeth", J. South Calif. Dent. Assoc., 27:332-334, 1961.
27. Parshley, D.H.: "Clinical considerations of microleakage", J.O.Endo., 16:70-77 1990.
28. Putter, H. and Jordan, R.E.: "The "walking bleach technique", Esth. Dent., 1:191-193, 1989.
29. Rostein, I. and Friedman, S.: "pH variation among materials used for intracoronral", J.O.Endo., 17:376-379, 1991.
30. Rostein, I., Friedman. S., Mor, C., Katznelson, J., Sommer, M. and Bab, I.: "Histological characterization of bleaching -induced external root resorption in dogs", J.O. Endo., 17:436-441, 1991.
31. Rosenstiel, S.F., Gegauff, A.G., McCafferty and Johnston,W.M.: "In vitro tooth color change with repeated bleaching", Quint. inter., 22:7-12, 1991.
32. Rostein, I., Torek, Y. and Lewinstein, I.: "Effect of bleaching time and temperature on the radicular penetration of hydrogen peroxide", Endo. Dent.Traunma., 7:196-198, 1991.
33. Rostein, I., Zyskind, D., Lewinstein, I. and Bamberger, N.: "Effect of different protective base materials on hydrogen peroxide leakage during intracoronral bleaching in vitro", J.O. Endo., 18:114-117, 1992.
34. Rostein, I., Zalkind, M., Mor, C., Tarabeah, A. and Friedman, S.: "In vitro efficacy of sodium perborate preparations used for intracoronral bleaching of discolored nonvital teeth", Endo.Dent.Trauma., 7:177-180, 1991.
35. Rothier, A., Leonardo, M.R., Bonetti, i. and Mendes, A.J.D.: "Leakage evaluation in vitro of two calcium hydroxide two zinc oxide -eugenol-based sealers", J.O.Endo., 13: 336-338, 1987.
36. Smith, J.J., Cunningham, C.J. and Montgomery, S.: "Cervical canal leakage after internal bleaching procedures", J.O.Endo., 18:476-481, 1992.
37. Spangberg, L.W., Acierno, T.G. and Cha, B. Y.: "Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods", J.O.Endo., 15:548-551, 1989.
38. Spasser, H.F.: "A simple bleaching technique using sodium perborate", NY State Dent.J., 27:332-334, 1961.
39. Stokes, A.N., Hood,J. A.A., Dhariwal, D. and Patel, K.: "Effect of peroxide bleaches on resin-enamel bonds", Quint. Inter., 23 :769-771, 1992.
40. Tuner, J.E., Anderson, R.W., Parshley, D.H. and Partera, E.A.: "Microleakage of temporary endodontic restorations in teeth rest-

- ored with amalgam", J.O.Endo., 16:1-4, 1990.
41. Walton, R.: "Bleaching discolored teeth: internal and external", Principles and practice of endodontics.,:385-397, 1989.
42. Warren, M.A., Wong, M. and Ingram, T.A.: "An in vitro comparison of bleaching agents on the crowns and roots of discolored teeth", J.O.Endo., 16:463-467, 1990.
43. Wilcox, L.R. and Diaz-arnold, A.: "Coronal microleakage of permanent lingual access restorations in endodontically treated anterior teeth", J.O.Endo., 15:584-587, 1989.

## 사 진 부 도

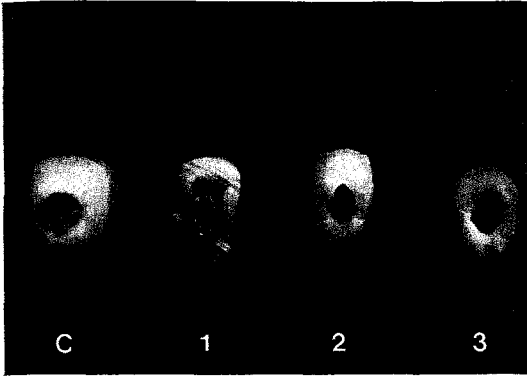


그림 5. 백막-범랑경계부 절단부위의 근관벽에서 치근면측으로 상아세관을 따라 침투된 색소의 침투정도

: 순측이나 설측의 상아세관을 따라 침투된 색소침투정도는 대조군은  $23.37 \pm 19.37\%$ 로 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군은  $57.25 \pm 19.40\%$ 로 가장 높은 침투정도를 보였다.

인접면측의 상아세관을 따라 침투된 색소침투정도는 실험 2군은  $20.25 \pm 35.62\%$ 로 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군은  $61.50 \pm 29.82\%$ 로 가장 높은 침투정도를 보였다.

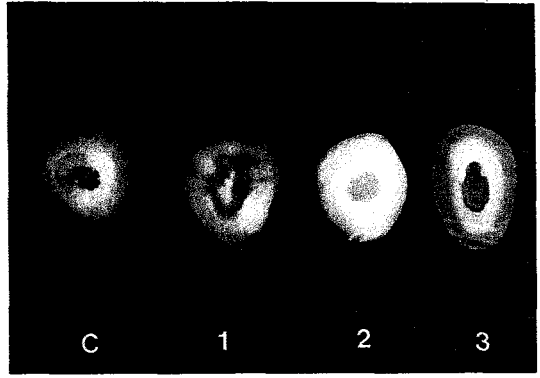


그림 6. 0.5mm 절단부위의 근관벽에서 치근면측으로 상아세관을 따라 침투된 색소의 침투정도

: 순측이나 설측의 상아세관을 따라 침투된 색소침투정도는 대조군은  $7.63 \pm 12.74\%$ 로 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군은  $45.88 \pm 29.61\%$ 로 가장 높은 침투정도를 보였다.

인접면측의 상아세관을 따라 침투된 색소침투정도는 실험 2군은  $2.50 \pm 7.07\%$ 로 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군이  $51.13 \pm 24.59\%$ 로 가장 높은 침투정도를 보였다.

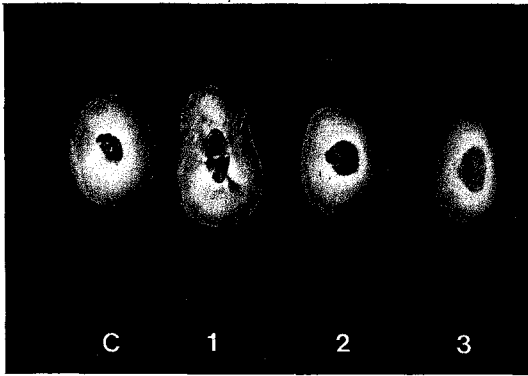


그림 7. 1.5mm 절단부위의 근관벽에서 치근면측으로 상아세관을 따라 침투된 색소의 침투정도

: 순측이나 설측의 상아세관을 따라 침투된 색소침투정도는 실험 3군은 색소 침투가 나타나지 않아 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군은  $31.38 \pm 33.54\%$ 로 가장 높은 침투정도를 보였다.

인접면측의 상아세관을 따라 침투된 색소침투정도는 실험 3군은 색소침투가 나타나지 않아 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군은  $25.75 \pm 18.47\%$ 로 가장 높은 침투정도를 보였다.

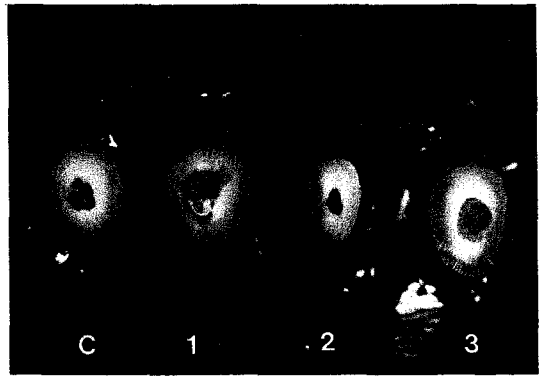


그림 8. 2.0mm 절단부위의 근관벽에서 치근면측으로 상아세관을 따라 침투된 색소의 침투정도

: 순측이나 설측의 상아세관을 따라 침투된 색소침투정도는 실험 2군과 3군은 각각 색소침투가 나타나지 않아 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군은  $16.50 \pm 20.41\%$ 로 가장 높은 침투정도를 보였다.

인접면측의 상아세관을 따라 침투된 색소침투정도는 실험 2군과 3군은 각각 색소의 침투가 나타나지 않아 가장 낮은 침투정도를 보였고, 실험 1군은  $14.63 \pm 18.91\%$ 로 가장 높은 침투정도를 보였다.

C : 대조군, 1 : 실험 1군, 2 : 실험 2군, 3 : 실험 3군

## A STUDY ON THE EFFECT OF BASE MATERIALS TO PROTECT THE CERVICAL LEAKAGE OF BLEACHING AGENTS

Byeong-Choon Song, D. D. S., Young-Gon Cho, D. D. S., M. S. D., Ph. D.  
*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University*

The purpose of this study was to evaluate the ability of several intracoronal base materials to prevent cervical leakage of a bleaching agent into the dentinal tubules and along the root canal.

In this study, thirty-two anterior teeth were used. After lingual access was prepared in each tooth, tooth was instrumented with a step-back technique to a Nos. 40–50 using K-type files. All teeth were obturated with a lateral condensation technique. Excess gutta percha was removed with a warm instrument to the facial level of the CEJ. Teeth were divided into four groups :

Teeth in control group were not filled with base material. Teeth in groups 1, 2, and 3 had 2mm of gutta percha removed with a warm instrument, then Dycal, Fuki II LC and Z–100 were filled with palstic instruments on the top of the gutta percha respectively.

All teeth were bleached for 7 days, fresh bleach was added for another 7 days, then a 10% methylene blue dye was placed inside the access preparation. They were stored at 37°C and 100% humidity for 5 days.

Each tooth was sectioned perpendicular to the long axis using a diamond disk. Initial cuts were made at the most coronal level of facial and lingual CEJ's, then another cuts continued appically in the levels of 0.5mm, 1.5mm, and 2.0mm respectively. The amount of dye leakage through the dentinal tubules was determined at each cut section. In addition, when the cut specimen was determined to be last penetration of any dye, this level was recorded as depth of apical leakage from the coronal terminus of the gutta percha, Dycal, Fuji II LC and Z–100.

The acquired data were analyzed by Tukey's Multiple Range Test and Cochran-Mantel-Haenszel Test to see if there was any statistically significant difference in dye penetration and linear apical leakage among the groups.

The results were as follows :

1. Control group at levels of CEJ and 0.5mm, group 3 at level of 1.5mm, and group 2 AND 3 at level of 2.0mm showed the least dye penetration through the facial or lingual dentinal tubules, but there were no significant difference among three groups.
2. Group 2 at levels of CEJ and 0.5mm, group 3 at level of 1.5mm, and group 2 and 3 at level of 2.0mm showed the least dye penetration through the proximal dentinal tubules,



- but there were no significant difference among control group, group 2, and group 3.
3. Group 1 showed the greatest dye penetration through the facial or lingual and proximal dentinal tubules at all levels, and there were significant difference with other three groups.
  4. Control group and group 1 showed 2mm apical dye leakage at facial or lingual and proximal aspects, group 2 showed 1.5mm, and group 3 showed 0.5mm.