

칼슘수용액으로 처리한 상아질과 합착용 글래스아이오노머의 전단결합강도에 관한 연구

경희대학교 치과대학 치과보철학교실

백영걸 · 이성복 · 박남수

I. 서 론

항우식능과 치질접착성을 가지는 합착용 글래스아이오노머 시멘트로 치과보철물을 합착시킬때, 시멘트는 삭제된 상아질 표면과 결합되므로 수복물의 유지력 증가와 변연누출의 감소를 위해서 합착용 시멘트와 상아질간의 결합강도가 높아야 한다. 그러나 글래스아이오노머 시멘트의 상아질에 대한 결합강도는 법랑질에 대한 결합강도에 비해 낮은데, 이것은 글래스아이오노머 시멘트의 아크릴릭 산이 이론적으로는 상아질의 콜라겐과 화학적으로 결합할 수 있으나, Wilson 등¹⁾의 적외선 분광법을 이용한 연구결과에서 보고된 바와 같이 글래스아이오노머 시멘트가 치아 구조 중 콜라겐 보다는 주로 하이드록시아파타이트와 비가역적인 결합을 이루기 때문이다. 즉 이 시멘트의 결합강도는 하이드록시아파타이트 혹은 무기질과의 반응에 의해 크게 영향을 받아, 무기질 함량이 많은 법랑질에 대한 결합강도가 상아질에 대한 결합강도에 비해서 높게 나타나게 된다. 이러한 결과는 Prodder와 Symonds²⁾, Levine 등³⁾, 그리고 Aboush와 Jenkins⁴⁾ 등이 보고한 바 있으며 일반적으로 상아질에 대한 결합강도는 법랑질에 대한 결합강도의 약 절반 정도인 것으로 알려져 있다.

Causton과 Johnson⁵⁾은 상아질의 무기질함량을 증가시켜 주면 상아질에 대한 결합강도를

법랑질에 대한 결합강도 수준으로 증가시켜 줄 수 있다고 생각하여, 불소, 칼슘, 마그네슘, 알루미늄 그리고 주석 등을 결합강도 증진을 위한 상아질 표면처리제로서 연구하였고, Beech⁶⁾는 상아질에 대한 폴리아크릴레이트 시멘트의 인장결합강도에 대한 각종 석회화용액과 탈석회화용액의 효과를 연구한 결과 칼슘이온이 결합강도를 증가시킨다고 보고하였다.

문헌적으로 살펴보면 구강 혹은 생체용으로 사용할 수 있는 칼슘화합물은 초산칼슘, 탄산칼슘, 염화칼슘, 수산화칼슘, 그리고 인산칼슘 등이 있다.

이 중 초산칼슘은 Beech⁶⁾에 의해 상아질의 칼슘함량 증가제로서 소개되었으며, 탄산칼슘은 Shimoda 등⁷⁾에 의해 칼슘아파타이트 형성 촉진제로 연구되었고, 치조골 결손부의 골형성을 유도하는 흡수성 매식제⁸⁾로 이용되고 있다. 염화칼슘은 Causton과 Johnson^{5,9)}이 연구하여, 상아질 표면을 염화칼슘으로 처리하였을 때, 글래스아이오노머 시멘트의 결합강도가 증가한다고 보고한 뒤⁵⁾, 염화칼슘과 염화칼륨을 주성분으로 하는 ITS 용액을 발표하였다⁹⁾. 수산화칼슘에 의한 상아질의 무기질함량 증가에 대해서는 Mjör와 Furseth¹⁰⁾, 그리고 Jorkjend와 Tronstad¹¹⁾의 연구보고가 있으며, Mjör와 Furseth¹⁰⁾는 수산화칼슘에 의한 상아세관 폐쇄효과를 보고하였고, Pashley 등¹²⁾은 그에 따른 투과성의 감소를 확인 보고하였으며, Foster

등¹³⁾은 상아세관을 따라 수산화칼슘이 이동하는 것을 관찰보고하였다. 인산칼슘에 대한 연구를 살펴보면 Beech⁶⁾은 이 용액에 30분 접촉시켜 두었을 때 카복실레이트시멘트의 결합강도가 2배 이상 증가하였다고 하였고, Causton¹⁴⁾은 실온에서 5일간 용액에 담귀놓았을 때 20마이크론 두께의 석회화층이 형성된다고 하였으며, Livine³⁾은 3분간만 처리해도 결합강도가 증가된다고 하였으나, Vougiouklakis¹⁵⁾은 글래스아이오노머 시멘트에서는 결합강도 증진효과를 보이지 않는다고 하였다.

이상과 같이 다양한 종류의 칼슘화합물이 상아질 표면의 무기질 함량 증진 목적 또는 여러 종류 시멘트와의 결합강도 증진 목적으로 검토되어 왔으나, 합착용 글래스아이오노머 시멘트의 결합강도를 대상으로 위의 칼슘수용액이 미치는 영향을 동시에 비교한 연구는 없었다.

본 연구는 상아질 표면에 형성된 스메어 층을 제거하지 않은 경우와 구연산으로 제거한 경우 각각을 대상으로, 위의 5가지 칼슘수용액으로 상아질 표면을 1분간 처리하는 것이 글래스아이오노머 시멘트의 결합강도를 증가시키는가를 확인하기 위해서 계획되었다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

교정치료를 위해 발거한 하악소구치 중에서 치관협면의 균열, 법랑질 발육부전 혹은 반상치와 같은 형태 이상이 없고 우식증에 이환되어 있지 않은 치아를 실험재료로 선택하였으며, 이들은 발거된 직후에 치아에 묻어 있는 혈액,

타액, 기타의 이물질 등을 흐르는 물로 깨끗이 씻은후, 실험에 사용할 때까지 생리식염수 속에 담귀 4°C에 냉장보관하였다.

본 연구에서 사용한 글래스아이오노머 시멘트는 Fuji I(Batch No., P; 050401 L: 130541, GC Co., Japan)으로, 제 1형 합착용 시멘트였다.

상아질 표면 처리시 사용된 칼슘수용액은 Table 1에 있는 바와 같이 5가지 종류였으며, 1M 농도로 사용하였고, 비수용성인 것은 사용전에 흔들어 현탁액 상태로 사용하였다. 상아질 표면의 스메어 층을 제거할 때는 무게비 6% 농도의 구연산(L 82070, Junsei Co., Japan)을 사용하였다.

2. 실험방법

Table 2는 본 연구에서 계획된 12가지 실험군의 표면처리 조건을 요약한 것이다. 1군부터 6군은 스메어 층을 제거하지 않은 것이며, 나머지 6군은 구연산으로 스메어 층을 제거한 것이다.

스메어 층을 제거하기 위해서 상아질 표면을 구연산 처리할 때는 0.1ml의 용액을 1분간 접촉시킨 뒤 수세 및 건조하였다. 칼슘수용액을 상아질에 접촉시키는 양은 0.1ml로 하였으며, 접촉시간은 1분으로 하였다. 접촉 후 에어시린지로 여분의 수용액을 제거하고 건조시켰다.

①전단결합강도

전단결합강도 측정시 실험치아의 고정을 위한 레진블럭을 만들기 위하여 내경이 25mm, 깊이가 15mm인 원주형 몰드를 사용하였다. 몰드에 치아를 고정하기 쉽도록 치근을 삭제한

Table 1. Information about calcium solutions used to treat the dentin surfaces before the bonding of a luting glass ionomer cement

Reagent	Molecular formula	Molecular weigh	Concentration	pH	Manufacturer
Calcium acetate	Ca(CH ₃ COO) ₂ H ₂ O	176.18	1M	5.73	Jassen, Japan
Calcium carbonate	CaCO ₃	100.09		9.40	
Calcium chloride	CaCl ₂	110.98		7.02	
Calcium hydroxide	Ca(OH) ₂	74.09		12.40	
Calcium phosphate	CaHPO ₄ ·2H ₂ O	172.09		6.93	

Table 2. Dentin surface treatment conditions of twelve experimental groups

Kind of calcium solutions	Dentin surface condition	
	Smear layer intact	Smear layer removed with citric acid
No treatment	1*	7
Calcium acetate	2	8
Calcium carbonate	3	9
Calcium chloride	4	10
Calcium hydroxide	5	11
Calcium phosphate	6	12

* : Control group

후 교두정에서 약 4mm 거리의 치관순면이 몰드의 바닥면 중앙에 접촉하도록 고정하고, 에폭시 레진(EponsTM, Epon Chemical Co., Korea)을 몰드속에 주입하고 중합시켜서, 치관의 순면이 노출된 원주형 레진블럭을 제조하였다.

원주형 블럭의 중앙에 위치한 소구치의 순면법랑질을 경조직연마기(Grinder-polisher, Buehler Ltd., England)에서 마모시켜 상아질이 노출되도록 하였다. 노출된 상아질 부위의 크기는 최소 직경이 3mm가 되도록 하였다. 노출된 상아질 표면은 다시 경조직연마기에서 600번, 800번, 그리고 1000번 사포의 순으로 주수하에서 순차연마하여 평활면이 되도록 하였다.

군당 시편수는 10개로서 모두 120개의 레진블럭을 제작하였다. 실험군은 상아질 표면을 칼슘수용액으로 처리하지 않고 글래스아이오노머 시멘트를 결합시킨 경우를 대조군(1군)으로 하여, 상아질의 표면을 초산칼슘으로 처리한 경우를 2군, 탄산칼슘으로 처리한 경우를 3군, 염화칼슘으로 처리한 경우를 4군, 수산화칼슘으로 처리한 경우를 5군, 인산칼슘으로 처리한 경우를 6군으로 하였다. 상아질 표면을 구연산으로 처리하여 스메어 층을 제거한 뒤, 글래스아이오노머 시멘트를 결합시킨 것을 7군으로 하였으며, 8,9,10,11,12군은 모두 구연산으로 상아질 표면의 스메어 층을 제거한 뒤 칼슘수용액으로 2차 처리하였다. 8군은 초산칼슘으로 처리하였으며, 9군은 탄산칼슘, 10군은 염화칼슘, 11군은 수산화칼슘, 그리고 12군은 인산칼슘으로 처리하였다.

표면처리가 끝난 상아질 표면에 내경 3mm, 깊이 1mm의 금속몰드를 부착하여 7.065mm²(1.5×π)의 상아질 표면에만 시멘트가 결합될 수 있도록 하였다.

글래스아이오노머 시멘트의 혼합시 분말은 1.4gm을 전자저울(AJ180L, Mettler-Toledo AG, U.S.A.)로 측정하였고, 액은 1ml를 마이크로피펫(V3, HTL Co., U.S.A.)으로 계량하여, 제조자의 설명에 준하여 20초간 혼합한 뒤, 상아질 표면에 부착된 몰드 내에 주입한 뒤 15분간 방치하여 경화시켰다.

상아질과 글래스아이오노머 시멘트의 결합이 완료된 시편은 상대습도 100%, 온도 36±1°C의 조건에 24시간 보관한 뒤 전단결합강도 측정에 사용하였다. 전단결합강도 측정용 지그에 시편을 고정하고 만능강도시험기(Instron, 4467, U.S.A.)에 위치시킨 뒤 상아질과 시멘트 결합면에 일치되는 방향으로 하중을 기하여 최대 분리하중을 측정하였다. 이 측정치를 단위면적당 결합강도로 환산하여 각 시편의 전단결합강도로 하였으며, 10개 시편의 결합강도의 평균을 그 실험군의 결합강도로 하였다.

Student-t-test로 대조군에 대한 11개 실험군의 유의성을 검정하였다.

②전자현미경 관찰

12개의 소구치를 마련하여 협면의 법랑질을 경조직연마기에서 마모시켜 평활한 상아질이 노출되도록 하였다. 상아질의 표면은 경조직연마기에서 600번부터 1000번까지의 사포로 주수하에 순차연마한 뒤 Table 2에 있는 바와

같이 각 치아의 상아질 부분을 표면처리하였다. 표면처리된 상아질을 제외한 치아의 나머지 부분은 디스크로 제거하여 원판형의 상아질 시편이 되도록 하였고, 시편의 처리되지 않은 쪽 면을 스테르브에 부착한뒤 표면처리된 상아질면을 금이온증착(IB-3 ION coater Eiko Co., Japan)하고 전자현미경에서 4000배의 배율로 가속전압 20kvp를 이용해서 상아질 표면을 비교관찰하였다. 아울러 전단결합 강도의 측정 후 분리된 상아질 시편과 시멘트 시편의 결합되었던 표면을 검사하여, 특징이 있는 시편을 선택한 뒤 위와 동일한 방법으로 전처리하여 전자현미경 관찰하였다.

③ 성분분석

12개의 소구치로부터 두께 1mm의 원판형 상아질 시편 12개를 마련하여, 원판형 시편의 한쪽 평활면을 600번부터 1000번 사포까지 주수하에 순차연마하였다. 원판형 상아질 시편을 이동분이 되게 절단하여 임의로 선택된 한쪽은 표면처리하지 않았고, 다른 한쪽은 Table 2에 제시된 표면처리 중 한 가지를 행하였다. Fig.1 과 같이 표면처리된 반쪽과 표면처리되지 않은 다른 반쪽을 다시 맞춘 뒤 스테르브에 고정하고 금이온 코팅(IB-3 Ion Coater, Giko. Japan)하여, 성분분석기(EDAX, X-ray analysis, Oxford, U.S.A.)에서 20kvp와 250배율로 성분을 분석하였다.

성분분석은 표면처리하지 않은 쪽에서 1회를 시행한 뒤, 표면처리를 시행한 쪽에서 다시 1 회를 시행하여 동일치아의 처리면과 비처리면의 두 성분분석 결과를 중첩시켜 출력한 뒤 칼슘 농도의 변화를 비교관찰하였다.

III. 실험성적

① 전단결합강도

Table 3은 12개 실험군의 평균, 편차와 편차율, 그리고 대조군의 결합강도에 대한 실험군의 결합강도의 증가율과 대조군과 실험군의 평균치의 차이에 대한 유의성 검정 결과를 나타낸 것이며, Fig. 2는 평균과 편차의 비교를, Fig. 3은 각 실험군의 증가율의 비교를 나타낸 것이다.

모든 실험군의 결합강도는 대조군의 것에 비해 높았으나, 스메어 층을 제거하지 않고 칼슘수용액으로 표면처리한 2군부터 6군까지 실험군 중에서 대조군인 1군에 비해 통계적으로 유의하게 결합강도가 증가된 것은 탄산칼슘 처리군(3군) 뿐이었으며, 그 밖에 다른 칼슘수용액 표면처리 실험군들은 대조군에 비해 높아진 결합강도를 보였으나, 통계적 유의성이 없었고, 염화칼슘 처리군(4군)이 탄산칼슘 처리군(3군) 다음으로 높은 결합강도를 보였다. 즉 스메어 층이 존재하는 경우에는 탄산칼슘수용액 처리가 결합강도를 증가시키는 것으로

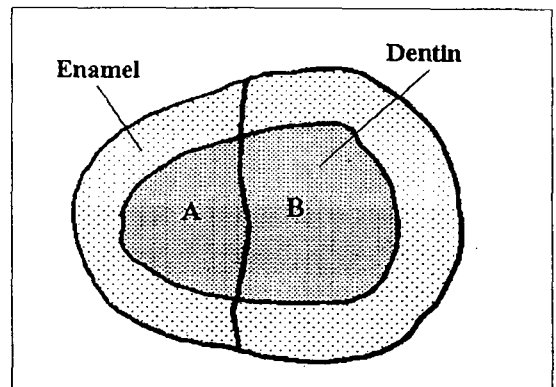
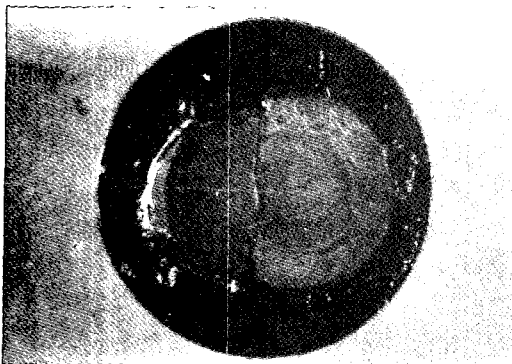


Fig. 1. Typical specimen for EDAX analysis. A is no treated half specimen. and B is treated half specimen.

Table 3. The effect of surface treatment using calcium solutions on shear bond strengths of a luting glass ionomer cement to dentin

Number of experimental groups	Smear layer	Calcium solution surface treatment	Mean shear bond strength (kgf/cm ²)	Standard deviation (kgf/cm ²)	Coefficient of variation (%)	Increase rate in bond strength (%)	Significance (P)
1	Intact	No treatment	9.82	3.62	36.86	—	—
2	Intact	Calcium acetate	12.77	6.97	54.56	30	3.38×10^{-1}
3	Intact	Calcium carbonate	20.36	8.18	40.16	107	$7.58 \times 10^{-3*}$
4	Intact	Calcium chloride	17.14	11.82	68.97	75	1.40×10^{-1}
5	Intact	Calcium hydroxide	11.70	7.73	66.12	19	5.71×10^{-1}
6	Intact	Calcium phosphate	10.45	8.38	80.17	6.4	8.59×10^{-1}
7	Removed	No treatment	29.29	4.95	16.90	198	$7.77 \times 10^{-7*}$
8	Removed	Calcium acetate	31.79	18.22	57.31	224	$7.40 \times 10^{-3*}$
9	Removed	Calcium carbonate	22.59	13.98	61.90	130	$3.47 \times 10^{-2*}$
10	Removed	Calcium chloride	30.18	15.18	50.30	207	3.90×10^{-3}
11	Removed	Calcium hydroxide	14.11	7.64	54.16	44	2.02×10^{-1}
12	Removed	Calcium phosphate	25.45	12.99	51.03	159	$8.38 \times 10^{-3*}$

* Denote the statistical differences at the level of 0.05.

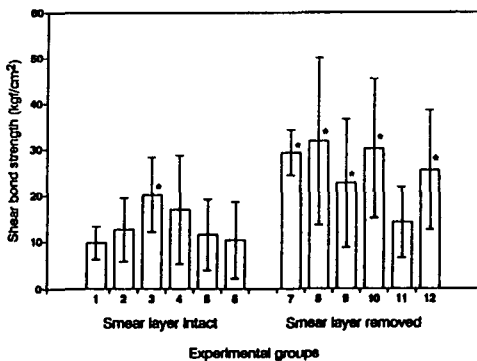


Fig. 2. The mean bond strength in shear of a glass ionomer cement to dentin treated with calcium solutions. Bars marked with "*" mean the significant increase of shear bond strength compared with it of control group (Group 1).

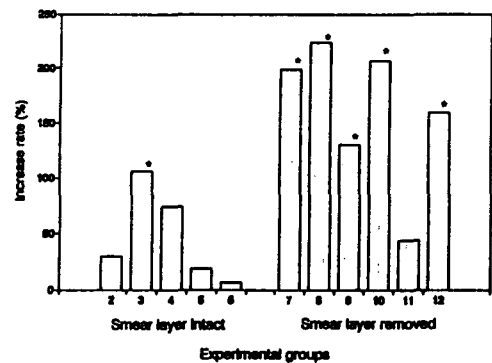


Fig. 3. Increase rates of shear bond strengths of experimental groups compared with it of the control group. All groups showed the positive values which mean the increase of shear bond strengths. Groups which showed the significant high shear bond strengths were marked with "*" and they exhibited the values of increase rates over 100% that means the double increase.

나타났다.

스메어 층을 제거한 경우인 7군부터 12군까지는 수산화칼슘 처리군(11군)을 제외한 모든 군이 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 높아진 결합강도를 보였다. 7군은 상아질 표면의 스메어층을 제거하고, 칼슘수용액 처리는 하지 않은 군으로서 이미 대조군에 비해 현저히 높은 결합강도를 나타내고 있으며, 스메어 층을 제거한 뒤 칼슘수용액 처리한 8군부터 12군까지의 실험군중에서 7군에 비해 현저히 결합강도가 높아진 실험군은 확인되지 않아, 스메어 층의 제거에 의해 글래스아이오노머 시멘트의 결합강도가 현저히 증가되며, 그 후의 칼슘수용액 처리는 효과가 없는 것으로 나타났다.

스메어 층을 제거하지 않고 칼슘수용액 처리시 최대결합강도는 3군의 결합강도인 20.36 kgf/cm²였고, 단순한 스메어 층의 제거를 통해 얻을 수 있었던 7군의 결합강도는 29.29kgf/cm²로서 무기질의 함량 증가법에 비해 스메어 층의 제거법이 더 우수한 것으로 나타났다.

Fig. 3에 있는 바와 같이 유의하게 결합강도가 증가된 실험군에서는 증가율이 100% 이상이었고, 최소 두 배 이상 결합강도를 높일 수 있는 것으로 나타났다.

②전자현미경 관찰

Fig. 4는 상아질 표면의 스메어 층을 제거하지 않고 칼슘수용액으로 표면처리한 경우이며, Fig. 5는 상아질 표면의 스메어 층을 구연산으로 제거하고 칼슘수용액으로 처리한 경우의 전자현미경 사진이다.

Fig. 4에서 (1)은 대조군인 상아질 표면을 처리하지 않은 경우로 미세한 입자로 이루어진 스메어 층이 덮여 있어서 평활면을 이루고 있다. (2)는 초산칼슘으로 처리한 것으로 큰 변화를 보이지 않고 있다. (3)은 탄산칼슘 처리한 것이다. 표면의 요철이 다소 증가하였으며, 매우 작은 크기의 미립자가 상아질 표면에 부분적으로 부착되어 있다. (4)는 염화칼슘 처리한 경우로서 표층에 덮여 있던 미세한 스메어 층이 제거되어 다소 거칠어진 양상을 보이고 있다. (5)는 수산화칼슘으로 처리한 것이며, (6)은

인산칼슘으로 처리한 것이다. 표면거칠기가 다소 증가하였고, 백색결정체가 관찰되었다.

Fig. 5에서 (7)은 상아질의 표면을 구연산으로만 처리한 경우로서 표층에 덮여 있던 스메어 층이 완전히 제거되고 상아세관이 노출되어 있는 모습을 보이고 있다. (8)은 스메어 층을 제거한 뒤에 초산칼슘으로 2차 처리한 경우로 결정의 석출은 관찰되지 않았고, 관간 상아질 부분의 요철이 증가하였다. (9)는 스메어 층을 제거한 뒤에 탄산칼슘 처리한 것이다. 노출된 상아세관 입구의 가장자리를 따라서 크기가 작은 결정체가 부착되어 있는 양상을 보였다. (10)은 스메어 층을 제거하고 염화칼슘 처리한 경우로서 노출된 상아세관 입구를 폐쇄하고 있는 물질이 생겨 있는 양상을 보였다. (11)은 수산화칼슘 처리한 경우로 거대한 입자가 상아세관 입구를 막거나 상아세관의 입구 주변에 결정이 성장하여 상아세관을 부분적으로 폐쇄하고 있었다. (12)는 인산칼슘으로 처리된 상아질의 모습으로 불규칙한 형태의 입자가 상아세관과 관간상아질 구분 없이 덮여 있거나 상아세관을 폐쇄하고 있었다.

Fig.6은 스메어 층을 제거하지 않은 실험군중에서 가장 높은 결합강도를 보인 탄산칼슘 처리군(3군)의 결합강도 측정 후 상아질과 시멘트의 파절면을 관찰한 것이다. 상아질에는 글래스아이오노머 시멘트가 부착되어 있었으며, 시멘트쪽도 외형이 둥글게 파절이 일어나 있어, 파절은 상아질과 시멘트의 결합면이 아닌 시멘트 자체의 응집성 파절인 것으로 나타났다.

이에 비해 Fig.7은 상아질과 시멘트계면이 분리된 접착부의 파절양상으로서 대조군(1군), 초산칼슘 처리군(2군), 염화칼슘 처리군(4군), 그리고 인산칼슘 처리군(6군)에서 관찰되었고, 이 실험군들의 결합강도는 그다지 높지 않았다. 상아세관이 미약하게 열려 있는 것은 글래스아이오노머 시멘트 혼합물의 산성에 의해 부식이 일어났기 때문에 이때 스메어 층이 제거되어 나타난 것으로 사료된다.

수산화칼슘 처리군은 결합강도가 낮으므로 접착부 파절을 일으킬 것으로 기대하였으나, Fig.8에 보이는 바와 같이 시멘트층의 응집성

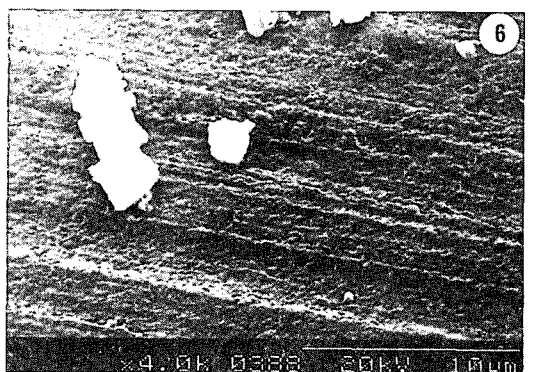
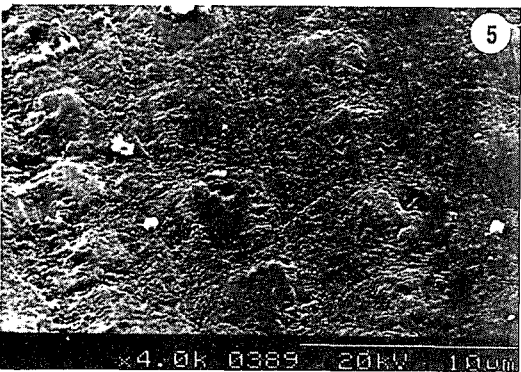
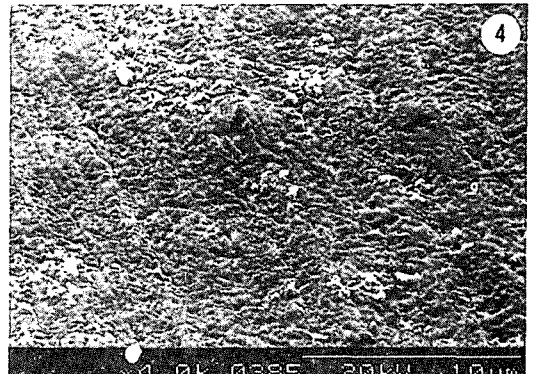
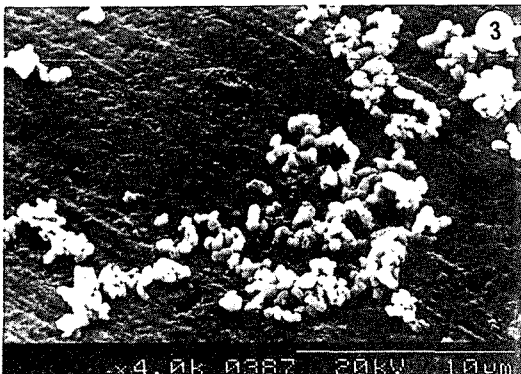
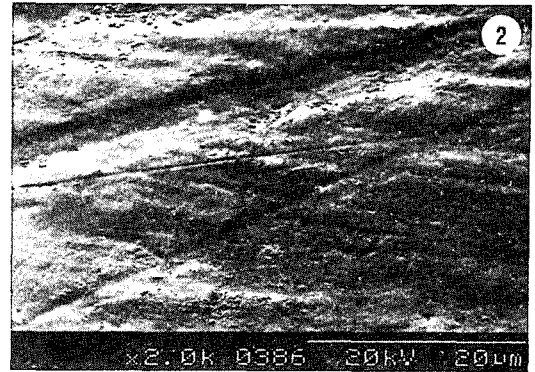
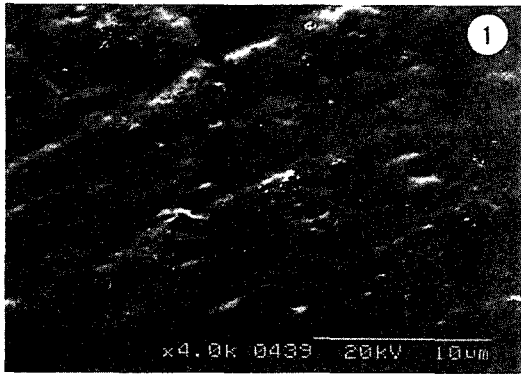


Fig. 4. The surface of dentin of control and experimental groups treated with calcium solutions without pretreatment using citric acid for the removal of smear layer. (1) Control group : The fine smear layer covered the dentin surface. (2) Calcium acetate treated group : No change occurred. (3) Calcium carbonate treated group : Surface roughness was a little increased, the small, fine, and granular shaped particles were attached on the surface. (4) Calcium chloride treated group : Fine and smooth superficial layer of smear layer was removed by the treatment, a little rough surface was formed. (5) Calcium hydroxide treated group (6) Calcium phosphate treated group.

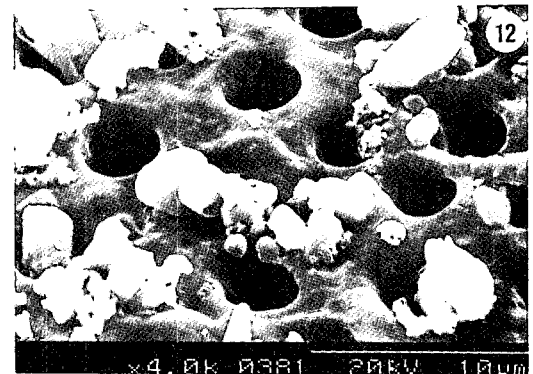
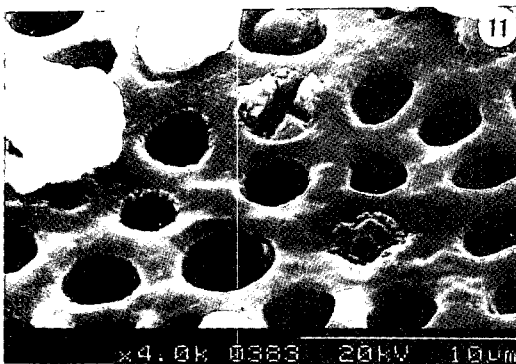
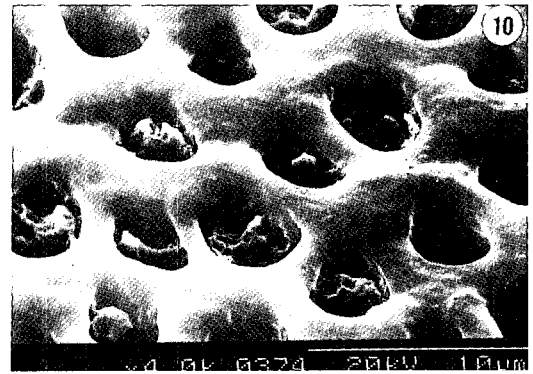
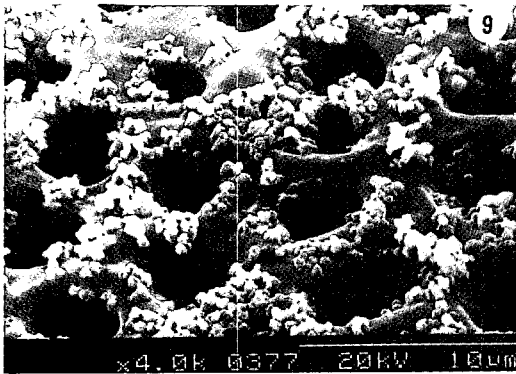
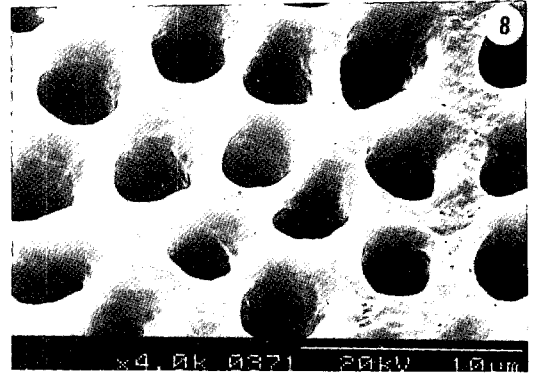
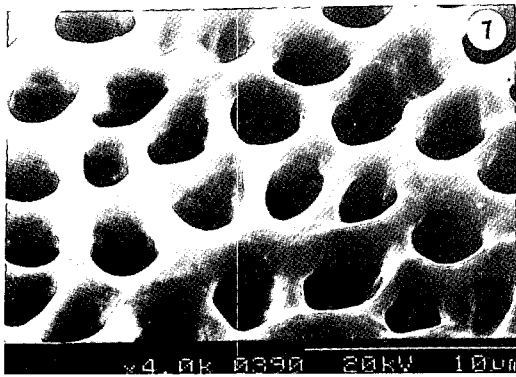


Fig. 5. The surface of dentin pretreated with citric acid and treated with calcium solutions.

- (7) Citric acid pretreated group without any calcium solution treatment : Smear layer was removed fully and dentinal tubules were opened. (8) Citric acid and calcium acetate treated group : Any precipitate was not observed, inter-tubular dentin surfaces became rough. (9) Citric acid and calcium carbonate treated group : Small particles considered as calcium carbonate were attached around the dentinal tubules opened by the pretreatment of citric acid. (10) Citric acid and calcium chloride treated group : Substances closing the orifices of the dentinal tubules were observed. (11) Citric acid and calcium hydroxide treated group : Large particles closed the dentinal tubules, and the constriction and the obstruction of orifices due to crystallization were observed. (12) Citric acid and calcium phosphate treated group : Irregular shaped particles covered the dentin.

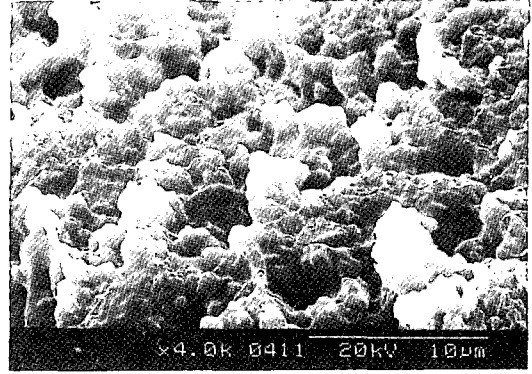
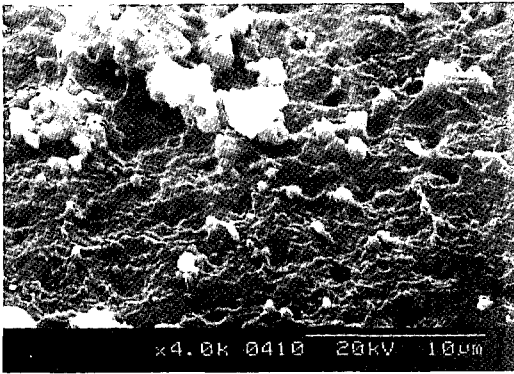


Fig. 6. Debonded surface of dentin treated with calcium carbonate solution with intact smear layer(left) and cement(right) (Group 3). Cohesive fracture of cement layer was confirmed, and the shear bond strengths were higher than that of the other groups of intact smear layer.

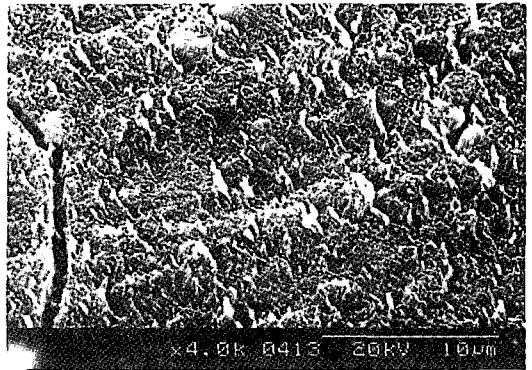
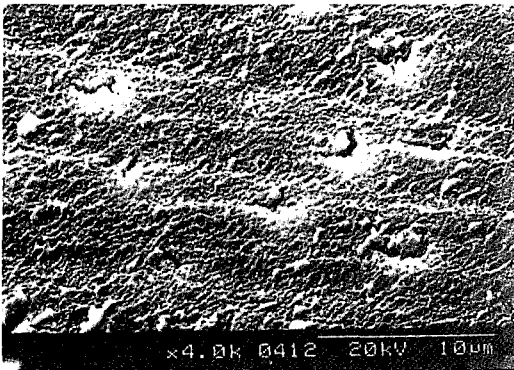


Fig. 7. Typical debonded surface of dentin(left) and cement(right) of group 1, 2, 4, 6(control, calcium acetate, calcium chlorided, and calcium phosphate treated groups). Adhesive failure was occurred, and the shear bond strengths were not high in these experimental groups. Tubule orifices opened a little were assumed as occurred during contact of cement mixture.

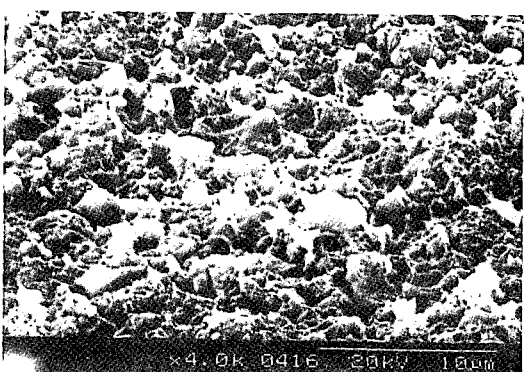
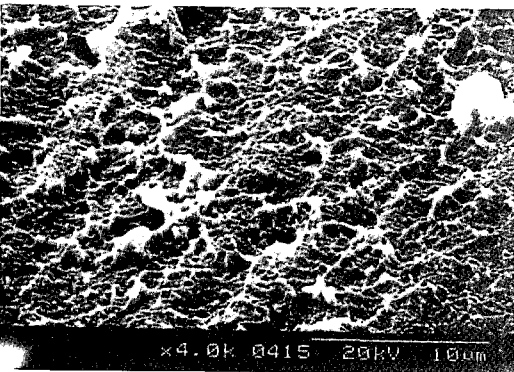


Fig. 8. Debonded surface of dentin(left) and cement(right) of group 5(calcium hydroxide treated group). Cohesive fracture was occurred without the increase of the shear bond strengths.

파절을 나타내었다.

Fig. 9는 스메어 층을 제거한 실험군이 7군 부터 12군의 결합강도 측정 후 보이는 상아질 표면을 대표하는 것으로서 좌측은 시멘트의 응집성 파절부이며, 우측의 상아세관 내부에 시멘트 태그가 파절된 채 남아 있는 모습을 보이고 있어 구연산에 의해 개구된 상아세관으로 시멘트가 침투하여 결합을 이루는 기계적 결합이 이루어 졌음을 알 수 있었다. 이들 실험군의 결합강도는 대조군에 비해 현저히 높은 것으로 나타났다.

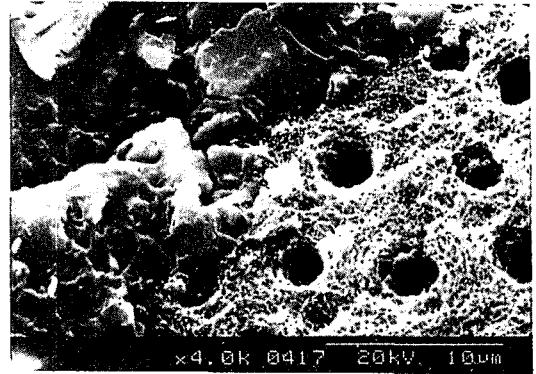


Fig. 9. A typical dentin surface after debonding of the smear layer removed experimental groups(Groups 7 to 12).

③성분분석

Fig. 10은 스메어 층을 제거하지 않고 상아질 표면을 칼슘수용액으로 처리하였을 때, 동일 치아에서 처리되지 않은 면과 처리된 면의 칼슘농도를 측정하여 비교한 것으로, 실선과 점

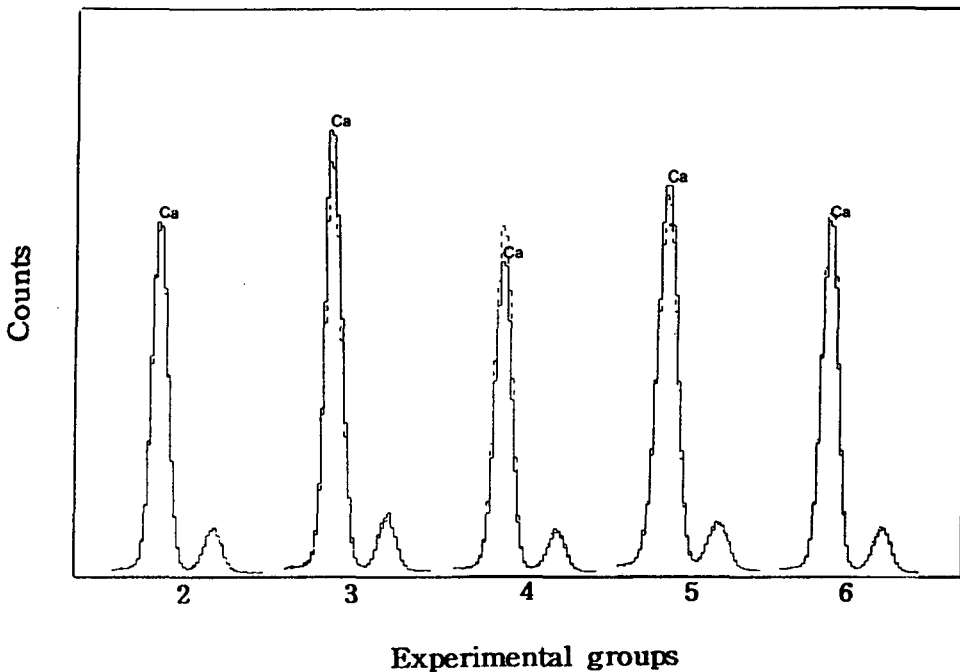


Fig. 10. EDAX analysis of the smear layer intact dentin which treated with calcium acetate (Curve 2), calcium carbonate(Curve 3), calcium chloride(Curve 4), calcium hydroxide(Curve 5), or calcium phosphate (Curve 6). Each curve contain and compare two curves of black lines(treated surface) and dashed lines(not-treated surface). Only on the dentin treated with calcium carbonate, the increase of cacium counts was confirmed.

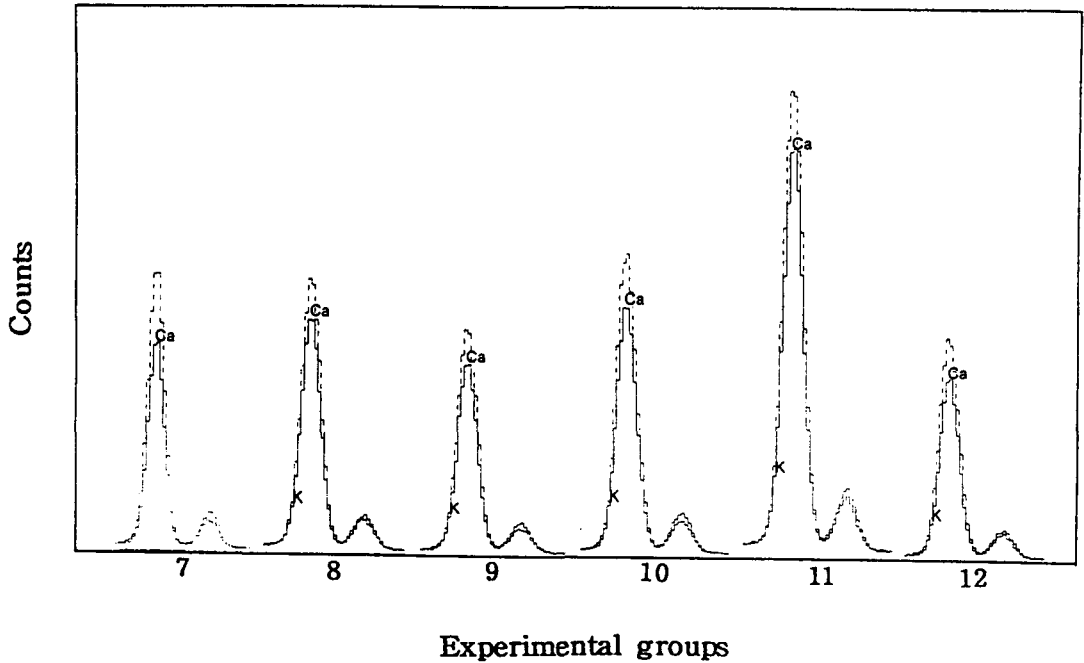


Fig. 11. EDAX analysis of calcium contents on the smear layer removed dentin. By the citric acid treatment(Curve 7). calcium contents were significantly decreased. It was not recovered by the followed calcium solution treatment(Curve 8 to 12).

선은 각각 처리된 면과 처리되지 않은 면의 분극 곡선이다. 칼슘의 농도가 증가된 것은 탄산칼슘 처리군(3군) 뿐이었으며, 염화칼슘 처리군(4군)에서는 칼슘농도의 감소가 확인되었고, 다른 군에서는 변화가 없었다.

스메어 층을 제거하고 칼슘수용액 처리하였을 때의 분석결과가 Fig. 11에 나타나 있다. 구연산으로 상아질 표면의 스메어 층을 제거하였을 때(7군) 칼슘함량이 현저히 감소하였으며, 이와 같은 감소는 2차 처리로 칼슘수용액을 도포하여 주어도 원래 상아질 수준으로 회복되지 못하는 것으로 나타나 8군부터 12군까지 실선으로 표시된 처리표면의 칼슘농도가 점선으로 표시된 원래의 농도에 미치지 못하고 있다.

IV. 총괄 및 고안

본 연구의 결과에서는 스메어 층을 제거하지 않은 상아질 표면을 5가지 칼슘수용액으로 1분간 처리하였을 때 모든 실험군의 결합강도가

대조군의 결합강도에 비해 증가되었고, 그 중 통계학적 유의성을 보인 것으로 탄산칼슘 처리군이었다. 이러한 결과는 임상적으로 스메어 층이 덮여 있는 상아질의 표면을 칼슘수용액 처리하면 합착용 글래스이오노머 시멘트로 접착시킨 보철물의 유지력을 증진시킬 수 있고, 탄산칼슘 수용액이 가장 효과적임을 의미한다.

진료시 상아질 표면 처리용 칼슘수용액의 도포시간은 1분 내지 2분 정도이어야 하며, 이보다 긴 도포시간은 진료효율을 감소시키기 때문에⁹⁾ 본 연구에서 칼슘수용액의 상아질 도포시간을 1분으로 제한하였으며, 이에 따라 탄산칼슘을 제외한 다른 칼슘수용액에 의한 합착용 글래스이오노머 시멘트의 결합강도 증가가 미약하게 나타난 것으로 사료되었고, 특히 염화칼슘 처리군의 경우가 여기에 해당되는 것으로 생각된다.

선학들의 연구에서는 염화칼슘 수용액 처리군의 경우, 2분 내지 5분 정도의 도포시간을 이용하였으며, 이러한 장시간 도포에서는 본

연구에서 나타난 결합강도의 증가보다 더욱 현저한 결합강도의 증가가 나타났고, 통계적 유의성도 있는 것으로 보고된 바 있다. Causton과 Johnson⁵⁾은 2분간 도포에 의해 결합강도가 4MPa에서 5.2MPa로 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 그러나 이들의 다음 연구⁶⁾에서는 결합강도가 25% 증가하였으나 통계적 유의성은 없었다는 상반된 결과를 보고한 바 있다. 본 연구에서도 결합강도의 증가율은 75%였으나, 0.05 수준의 통계적 유의성은 확인되지 않았다. 반면 Peddey¹⁰⁾의 연구에서는 염화칼슘에 의해 결합강도가 전혀 변화되지 않는 것으로 보고되어 있다.

본 연구에서는 수산화칼슘 도포의 경우 거의 효과가 없는 것으로 나타났는데, 이것은 Beech¹⁷⁾의 연구결과와도 일치하는 것으로서, 그들은 수산화칼슘으로 5분간 처리하였을 때 결합강도가 2.2MPa에서 3.0MPa로 증가하였으나, 통계적 유의성은 없다고 하였다.

인산칼슘 수용액을 이용한 처리방법에 대해서 Beech⁶⁾는 상아질 표면을 인산칼슘 수용액으로 30분 동안 처리해준 경우에 시멘트의 결합강도가 현저히 증가됨을 보고하고 이 방법을 글래스아이노머 시멘트에도 적용할 수 있을 것이라고 하였으나, 도포시간이 짧은 경우의 효과에 대해서는 의문을 제기하였고, 이 연구를 기초로 하여 연구를 행한 Causton 등¹⁴⁾은 인산칼슘 용액을 5일간 접촉시켰을 경우 폴리카복실레이트 시멘트의 결합강도가 1.93MPa에서 6.19MPa로 증가하였으나, 글래스아이노머 시멘트도 같은 양상을 보일 것인가에 관해서는 연구가 요망된다고 한 바 있어, 본 연구의 연구대상 칼슘수용액으로 인산칼슘 수용액을 선택하여 실험하였으나, 매우 낮은 결합강도를 보였는데, 이것은 도포 시간이 짧았기 때문이었던 것으로 사료된다.

Levine 등³⁾은 인산칼슘 수용액으로 처리된 상아질 대한 ASPA(AD Internation, UK)의 결합강도가 2.38MPa에서 4.87MPa로 유의하게 증가하였으며, 이 결합강도는 법랑질에 대한 결합강도 수준이라고 한 반면, Hotz¹⁸⁾ 등은 ASPA 시멘트의 결합강도는 증가되지 않는다고

하였고, Vougiouklakis 등¹⁵⁾은 3분간 처리에서 카복실레이트 시멘트는 결합강도가 현저히 증가되나 글래스아이노머 시멘트에서 4.5MPa에서 3.5MPa로 오히려 감소한다고 하였다.

본 연구에서는 스메어 층을 제거하지 않고 칼슘수용액을 처리한 경우에 비해, 단순히 스메어층을 제거하는 것만으로도 현저히 높은 결합강도를 나타내었다.

글래스아이노머 시멘트의 사용 전에 상아질 표면의 스메어 층의 제거를 위하여 Plant 등¹⁹⁾과 Mount와 Makinson²⁰⁾은 50%의 구연산을 권한다 바 있으나, 그 후 Pashley 등^{21, 22)}의 연구에서 6% 구연산에 의해서도 상아세관의 충분한 개구가 일어난다고 하였고, Powis 등²³⁾은 2% 구연산의 사용가능성을 제시한 바 있어 본 연구에서는 6%의 구연산을 이용하였다.

상아질 표면의 구연산 처리에 의해 결합강도가 어떻게 영향을 받는가에 대해서는 많은 선학들의 상반된 결과가 보고되어 있다.

Prodger와 Symonds²⁾는 상아질 표면을 구연산으로 처리하지 않은 경우 1.8MPa의 결합강도를 보인 반면 구연산으로 처리하였을 때는 1.7MPa의 결합강도를 보여, 실험실 내에서는 효과가 없는 것으로 나타났으나, 실제로 구강 내에서 글래스아이노머 시멘트를 결합시킬 때에는 상아질 표면이 오염되어 있을 수 있으므로, 구연산으로 표면 불순물을 제거하여 줄 것이 요망된다고 하였다.

반면 Aboush와 Jenkins⁴⁾, Hotz 등¹⁸⁾, 그리고 Vougiouklakis 등¹⁵⁾은 본 연구의 결과와 같이 결합강도의 증가를 보고하였다.

Lacefield 등²⁴⁾은 구연산 처리에 의한 충전용 글래스아이노머 시멘트의 결합강도 감소를 보고하였고, Powis 등²³⁾은 대조군의 경우 3.13MPa이었던 결합강도가 구연산 처리에 의해 3.67MPa로 다소 증가하였으나, 이와 같은 증가는 통계적 유의성도 없을 뿐더러 상아질 표면의 칼슘 함량을 감소시켜 화학적 결합의 가능성을 줄이게 되며, 상아세관에 침투된 글래스아이노머 시멘트층에 응력의 집중이 일어나 오히려 결합부가 파절될 가능성이 많아지므로, 글래스아이노머 시멘트의 접착 전에 상아질

표면의 스메어 층을 구연산으로 제거하는 방법의 이용을 반대하였다.

상아질 표면의 스메어 층을 제거하였을 때 결합강도가 큰 폭으로 증가하였으나, 그 후 추가로 칼슘수용액 처리를 하여도 결합강도는 더 이상 증가하지 않았고, 몇 가지 칼슘수용액에 의해서는 결합강도가 오히려 감소하였다. 이것은 전자현미경 사진에 나타나있듯이 상아세관의 입구가 칼슘수용액 도포에 의해 형성된 결정입자에 의해 폐쇄되었거나 이들 결정이 또 다른 스메어 층으로서 작용하였기 때문인 것으로 사료된다.

한편 스메어 층을 제거하지 않고 칼슘수용액을 이용하여 무기질 함량과 결합강도를 증가시키는 방법과 스메어 층의 제거를 이용한 기계적 결합을 얻음으로서 결합강도를 증진시키는 방법간의 비교에서는 스메어 층을 제거하여 주는 것이 더욱 우수한 결과를 보이는 것으로 나타났다.

Vougiouklakis 등¹⁹⁾은 구연산으로 상아세관을 개구시키고 글래스아이오노머 시멘트를 결합시킨 경우 결합강도 측정 후의 상아질 표면 관찰에서 상아세관 내부로 들어갔던 글래스아이오노머 시멘트의 존재를 확인하고 스메어 층의 제거에 의해서 결합강도가 증가되는 것은 미세기계적 결합이 이루어지기 때문이라고 하였다.

즉 글래스아이오노머 시멘트의 상아질에 대한 결합강도는 칼슘함량에 의한 화학적 결합에 의해서도 영향을 받으나, 스메어 층의 제거를 통한 기계적 결합에 의한 영향이 더욱 큰 것으로 사료된다.

임상적으로 치수보호 관점에서 상아질 표면 처리시에는 탄산칼슘 수용액 처리가 바람직하며, 치수가 문제되지 않는 경우에는 6% 구연산으로 스메어 층을 제거함이 바람직하고, 이때는 추가적인 결합강도의 증가를 위해서 칼슘수용액 처리가 필요하지 않은 것으로 나타났다.

비록 스메어 층을 제거하지 않고 칼슘수용액을 처리하여 주는 경우라 할지라도 칼슘수용액의 pH가 낮으면 치수자극을 유발할 수 있기

때문에 칼슘수용액의 pH는 이론적으로 7을 유지하여야 한다. 본 연구의 Table 1에 있는 배와 같이 대개 칼슘수용액의 pH는 중성이었으며, 초산 칼슘이 약간의 산성을 그리고 수산화칼슘이 알칼리성을 나타내었다.

스메어 층이 덮여 있는 상아질 표면을 5가지 칼슘수용액으로 처리하고 표면의 변화를 전자현미경으로 관찰하였을 때 기계적 결합을 초래할 수 있는 결정체의 부착을 확인할 수 있었던 것은 탄산칼슘 처리군이었으며, 이들 실험군에서는 결합강도의 증가와 함께 상아질 칼슘함량의 증가도 확인되었고, 결합강도의 측정시 파절면 양상 역시 시멘트층의 응집성 파절로 나타나 상아질과 시멘트의 결합면은 파절되지 않는 것으로 나타났다.

반면 염화칼슘 처리군의 상아질 표면은 미세한 표면요철이 다소 증가하였을 뿐 결정부착은 확인되지 않았는데, Causton과 Johoson⁹⁾의 연구에서 ITS라고 하는 염화칼슘 수용액에 의해서는 상아질 표면에 결정이 부착되는 것으로 관찰되었으나, 이와 같은 형태의 결정체에 의해서 결합강도가 유의하게 증가되지는 않았던 것으로 보고되어 있다.

Causton과 Johnson⁹⁾의 또 다른 연구에서는 염화칼슘으로 상아질 표면을 처리하였을 때 글래스아이오노머 시멘트의 결합강도가 증가되는 것은 상아세관 내부를 석회화물질로 폐쇄하기 때문일 것이라고 추정하였는데, 그와 같은 상아세관 내부의 석회화물질이 본 연구에서는 Fig. 5의 (10)에 나타나 있다. 그러나 이 실험군에서 결합강도의 유의한 증가는 나타나지 않았다.

Mjör와 Furseth¹⁰⁾는 상아질 표면에 수산화칼슘을 도포하고 10일 내지 29일이 경과한 뒤에 상아질의 단면을 관찰한 결과 상아세관의 입구가 거대한 결정체에 의해 폐쇄되었다고 하였으며, 상아질 표층부의 관간상아질과 관주 상아질의 표면에도 무기질 함량이 증가되었다고 보고하였다. 이들의 연구에서 상아세관의 폐쇄를 일으킨 것은 본 연구 Fig. 5의 (11)에 나타나 있는 입자인것으로 사료되며, 무기질 함량의 증가는 본 연구 전자현미경 사진상에서

상아세관의 입구가 좁아지는 것으로 나타났다.

Causton과 Johnson⁵⁾은 수산화칼슘을 2분간 도포하였을 때 형태변화가 없었다고 하였는데, 본 연구에서도 스메어 층을 제거하지 않았을 때는 수산화칼슘 수용액 처리에 의해 형태변화가 나타나지 않았다.

Pashley 등¹²⁾은 6% 구연산으로 상아질 표면을 2분간 처리 후 수산화칼슘을 도포하였을 때 미세한 결정이 관상상아질에 부착되어 있는 모습을 보고한 바 있으며, 본 연구의 탄산칼슘 처리된 표면과 유사한 부착 소견을 보였다.

Brännström 등²⁵⁾은 상아질에 접촉된 수산화칼슘에 의해서 상아세관 입구의 수축이 일어난다고 하였으며, 본 연구 Fig. 5의 (11)에 이와 같은 소견이 나타나 있다. 그들의 연구 중 단면관찰 결과에 의하면 상아세관 내부가 수산화칼슘으로부터 형성된 구상형 물질(calciospherite)로 채워져 있었다고 하였다.

인산칼슘 수용액 처리시 표면변화에 관한 Beech⁶⁾의 연구에서는 인산칼슘 용액에 30분간 침지시켰을 때, 육안관찰이 가능한 변화는 없었다고 하였으나, Causton 등¹⁴⁾의 연구에서는 인산 칼슘 용액에 5일간 담구어 두었을 때 20 마이크론 두께의 침착물의 층이 형성된다고 하였다. 이러한 결정성장은 하루에 4마이크론이 성장하였다고 할 수 있으며, 이러한 성장속도로 미루어 1분간 처리시 관찰가능한 결정피막이 형성되기는 어려울 것으로 사료되나, 본 연구에서는 단면 관찰을 하지 않았으므로 앞으로 이에 관한 연구가 요망된다.

Levine 등³⁾은 인산칼슘 수용액으로 3분 동안 표면처리하였을 때 형성된 표층 침착물질을 X선 회절분석기로 분석한 결과 하이드록시아파타이트였다고 보고하여 인산칼슘 수용액의 도포에 의해 치아구조의 강화가 일어날 수 있음을 시사하였다.

한편 Vougiouklakis 등¹⁵⁾은 인산칼슘 수용액으로 3분간 처리시 1600배율에서 관찰 가능한 결정성장을 보고하였으며, 이러한 결정은 본 연구의 Fig. 5의 (12)같은 형태로 관찰되었다. 그러나 이 입자들은 상아세관의 개구부를 막고 있었기 때문에 글래스아이오노머 시멘트의 상

아세관 내로의 침투를 억제하여 결합강도는 낮게 측정되었다.

상아질의 표면을 구연산으로 처리하였을 때의 표면관찰은 많은 선행들에 의해 보고되어 왔다.

구연산 처리에 의한 상아세관의 개구는 Aboush와 Jenkins⁴⁾가 50% 구연산에 의한 것을, Öilo²⁶⁾가 45% 구연산에 의한 것을 보고하였다. 그러나 그 후 구연산의 사용농도는 점차 낮아지게 되어, Pashley 등²¹⁾은 50%보다는 6%가 우수하고, 5초 부식에서도 어느 정도의 상아세관 개구가 일어나며 15초부터는 완전한 개구가 이루어진다고 하였고, 또 다른 연구²²⁾에서는 6% 구연산에 의해서 상아질 투과성이 5배로 증가한다고 하였다.

본 연구에서는 구연산 처리에 의한 상아세관개구와 결합강도의 유의성 있는 증가가 확인되었다. 그러나 이와 같은 실험적 자료를 임상적으로 응용하기에는 문제가 있다. 생활치아의 경우는 치수강 내부의 압력이 높기 때문에 개구된 상아세관을 통하여 외측으로 상아세관액의 흐름이 일어날 수 있고 동통을 유발할 수 있다²⁷⁾. 이러한 견해는 Aboush와 Jenkins⁴⁾에 의해서도 보고되어 구연산을 임상에서 통상적으로 사용하는 것은 위험하다고 보고하였으며, Cotton과 Siegel²⁸⁾도 구연산의 사용에 의한 조상아세포돌기의 파괴를 보고하고, 글래스아이오노머 시멘트의 사용전 상아질 표면 처리제로서 구연산의 사용에 주의해야 한다고 하였다.

따라서 스메어 층을 제거해 주는 방법이 높은 결합강도를 나타냈으나, 생활치에 응용하기 위해서는 스메어 층을 제거하기 않고 칼슘수용액을 처리해주는 방법에 대해서 앞으로 더욱 많은 연구가 이루어져야 한다.

전반적으로 결합강도의 측정시 파절은 시멘트 층에서 파절되는 응집성 파절과 접착부위의 파절로 나타났다.

Causton과 Johnson⁵⁾, 그리고 Powis 등²³⁾은 염화칼슘 수용액 처리된 상아질에서, Levine 등³⁾은 인산칼슘 수용액 처리된 상아질에서 시멘트층의 응집성 파절이 일어난다고 하였으나, 본 연구에서는 탄산칼슘과 수산화칼슘 수용액

처리군에서만 응집성과절이 나타났다.

칼슘수용액의 도포에 의한 상아질 표면의 칼슘함량 증가가 모든 시멘트의 결합강도를 증가시키는 것은 아니다. Caustom과 Johnson⁹⁾의 연구에서는 상아질에 칼슘수용액을 도포하였으나, 불소가 들어 있는 카복실레이트 시멘트의 결합 강도는 감소되었다. 이와 유사한 현상은 그들의 다른 연구⁵⁾에서도 나타나는데 상아질 표면에 불소 처리시 글래스아이오노머 시멘트의 결합강도를 오히려 감소시켰다고 하였으며, 그 이유는 불소가 글래스아이오노머 시멘트를 약화시켰기 때문이라고 하였다. 따라서 본 연구에서 사용한 각종 칼슘함유 약제들도 용액 내에서 이온화되었을 때 글래스아이오노머 시멘트의 경화를 방해하는지 혹은 촉진하는지를 앞으로 연구하여야 할 것이다.

Crisp과 Wilson²⁹⁾은 글래스아이오노머 시멘트의 경화반응시에 calcium polyacrylate가 aluminum polyacrylate에 비하여 먼저 생긴다고 보고한 바 있다. 따라서 본 연구에서 상아질 표면에 도포처리된 칼슘에 의해서 시멘트의 경화가 영향을 받았을 수 있다.

구연산 처리에 의해서 상아세관의 입구가 개구되고 글래스아이오노머 시멘트의 미세기계적 결합이 증가되었다. 그러나 성분분석에도 나타나 있듯이 구연산 처리는 무기질함량의 감소를 초래하여 화학적 결합의 가능성을 줄이게 된다^{23,30)}.

실제로 Aoush와 Jenkins⁴⁾의 연구에서는 구연산 처리를 통하여 상아세관을 개구시켰을 때, ChemFil(Dentsply Ltd., UK)은 결합강도가 24% 감소하였고, ASPA(Dentsply Ltd., UK)는 28% 증가하는 상반된 결과를 나타내고 있다. 즉 ChemFil의 경우는 화학적 결합능력의 상실이 기계적 결합을 초과하였고, ASPA는 화학적 결합에 의한 영향이 작음을 의미한다. 이러한 사항은 시멘트의 반응성분의 차이로 설명할 수 있는데, ChemFil의 경우는 분말의 성분으로 폴리액릴릭 산의 중합체를 이용하고 있다. 이것이 두 재료의 상반된 반응을 초래한 것으로 사료된다. 동일한 표면처리 조건에서도 재료의 유형에 따라 다른 양상을 보이는 현상은 Lim과

Min³¹⁾의 연구에서도 나타나 있는데, 그들의 연구에서는 동일한 칼슘수용액 처리에 의해서 광중합형과 화학 중합형 혹은 충전용과 합착용 글래스아이오노머 시멘트가 각기 다른 결과를 보였다고 하였다.

Öilo³²⁾는 합착용과 충전용 글래스아이오노머 시멘트의 상아질에 대한 결합강도를 비교하여 두재료간에 큰 차이가 있음을 보고한 바 있다.

Jorkjend와 Tronstad¹¹⁾는 수산화칼슘을 상아질에 접촉시키면 석회화를 일으켜 무기질함량이 증가한다고 하였고, Brännström 등²⁵⁾은 수산화칼슘 도포 후 단면을 얻어서 microradiogram으로 무기질 함량증가를 관찰하고자 하였으나, 본 연구의 결과와 무기질 함량의 증가는 확인되지 않았다고 하였다.

Pashley와 Galloway³³⁾는 상아질 표면의 무기질함량은 증가시키는 방법으로서 potassium oxalate를 이용하였을 때 현저한 결정이 표면에 형성되었다고 하였으며, 이러한 결정은 복합레진은 결합에 널리 이용되고 있다. 이와 같은 결정은 글래스아이오노머 시멘트의 결합강도도 증가시킬 것이며, 이에 관한 연구로서 Shalabi 등³⁰⁾은 ferric chloride가 글래스아이오노머 시멘트의 결합강도를 증진시킨다는 보고를 한 바 있다.

따라서 본 연구에서 사용된 칼슘수용액 외에 기타 다른 금속 이온에 의한 상아질의 무기화와 그에 따른 시멘트의 결합강도의 변화에 대해서 향후 비교 연구가 이루어져야 하며, 시멘트 접착전 상아질 표면의 스메어 층과 상아세관의 처리방법에 대해서도 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. 결 론

상아질 표면을 칼슘수용액으로 처리하였을때 합착용 글래스아이오노머 시멘트의 전단결합강도가 영향을 받는가를 확인하기 위해서 본 연구를 계획하였다. 연구 대상 칼슘화합물은 초산칼슘, 탄산칼슘, 염화칼슘, 수산화칼슘과 인산칼슘이었다. 상아질 표면의 스메어 층이 제거되지 않은 경우와 6% 구연산으로 제거된

경우로 나누어 실험하였으며, 대조군은 무처리군으로 하였다. 각각의 실험군에 결합강도는 전단방법으로 측정하였고, 표면형태의 변화는 전자현미경으로 관찰하였으며, 칼슘함량은 EDAX로 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 스메어 층이 제거되지 않은 상아질 표면에서는 탄산칼슘이 칼슘함량과 시멘트의 전단결합강도 증가에 효과적이었다.
2. 스메어 층을 제거하지 않고 탄산칼슘 처리한 실험군에서는 시멘트의 전단결합강도가 대조군에 비해 두 배로 증가되었고 시멘트층의 응집성 파절이 나타났다.
3. 6% 구연산 처리를 이용한 스메어 층의 제거에 의해 시멘트의 전단결합강도는 현저히 증가하였으나, 그 후 칼슘수용액 처리는 효과가 없었다.
4. 시멘트의 전단결합강도는 스메어 층을 제거하지 않고 칼슘함량을 증가시키는 방법과 스메어 층을 제거하는 방법 모두에 의해 증가되었으나, 후자가 더 큰 효과를 나타내었다.
5. 스메어 층을 제거한 뒤 칼슘수용액 처리를 시행한 군에서는 상아세관의 폐쇄와 결정의 부착이 관찰되었으나, 스메어 층을 제거하고 칼슘수용액 처리하지 않은 군에 비해 전단결합 강도가 증진되지는 않았다.

REFERENCES

1. Wilson, a.D., Prosser, H.J., and Powis, D.M. : Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite, *J. Dent. Res.*, 62 : 590-592, 1983.
2. Prodger, T.E., and Symonds, M. : ASPA adhesion study, *Br. Dent. J.*, 143 : 266-270, 1977.
3. Levine, R.s., Beech, D.R., and Garton, B. : Improving the bond strength of polyacrylate cements to dentine. A rapid technique, *Br. Dent. J.*, 143 : 275-277, 1977.
4. Aboush, Y.E.Y., and Jenkins, C.B.G. : An evaluation of the bonding of glass-ionomer restoratives to dentine and enamel, *Br. Dent.J.*, 161 : 184, 1986.
5. Causton, B.E., and Johnson, N.W. : The role of diffusible ionic species in the bonding of polycarboxylate cements to dentine : An in vitro study, *J.Dent.Res.*, 58 : 1383-1393, 1979.
6. Beech, D.r. : Improvement in the adhesion of polyacrylate cements to human dentine, *Br. Dent. J.*, 135 : 442-445, 1973.
7. Shimoda, S., Aoba, T., Moreno, E.C., and Miake, Y. : Effect of solution composition on morphological and structural features of carbonated calcium apatites, *J.Dent. Res.*, 69 : 1731-1740, 1990.
8. Lim, S.R., and Chai, J.K. : The effects of porous resorbable calcium carbonate on healing responses of alveolar bone defects in dogs, *Kor.J.Periodontol.*, 21 : 365-384, 1991(in Korean).
9. Causton, B.E., and Johnson, N.W. : Improvement of polycarboxylate adhesion to dentine by the use of a new calcifying solution, *Br.Dent.J.*, 152 : 9-11, 1982.
10. Mjör, I.A., and Furseth, R. : The inorganic phase of calcium hydroxide and corticosteroid-covered dentine studied by electron microscopy, *Arch. Oral Biol.*, 13 : 755-763, 1968.
11. Jorkjend, L., and Tronstad, L. : Treatment of hypersensitive root surfaces by calcium hydroxide, *Scand. J. Dent. Res.*, 80 : 264-266, 1972.
12. Pashley, D.H., Kalathoor, S., and Burnham, D. : The effects of calcium hydroxide on dentin permeability, *J. Dent. Res.*, 65 : 417-420, 1966.
13. Foster, K.H., Kulid, J.C., and Weller, R.N. : Effect of smear layer removal on the diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin, *J.Endodont.*, 19 : 136-140,

- 1993.
- 14 Causton, B.e., Samara-Wickrama, D.Y.D., and Johnson, N.W. : Effect of calcifying fluid on bonding of cements and composites to dentin in vitro, *Br. Dent. J.*, 140 : 339–342, 1976.
 - 15 Vougiouklakis, G., Smith, D.C., and Lipton, S. : Evaluation of the bonding of cervical restorative materials, *J. Oral. Rehabil.*, 9 : 231–251, 1982.
 - 16 Peddey, M. : The bond strength of polycarboxylic acid cements to dentine : Effect of surface modification and time after extraction, *Aust. Dent. J.* 26 : 178–180, 1981.
 - 17 Beech, D.R., Solomon, A., and Bernier, R. : Bond strength of polycarboxylic acid cements to treated dentine, *Dent. Mater.*, 1 : 154–q157, 1985.
 - 18 Hotz, P., McLean, J.W., Sced, I., and Wilson, A.D. : The bonding of glass ionomer cements to metal and tooth substrates, *Br. Dent.J.*, 142 : 41–47, 1977.
 - 19 Plant, C.G., Shovelton, D.S., Vlietstra, J.R., and Wartnaby, J.M. : The use of a glass ionomer cement in deciduous teeth, *Br. Dent.J.*, 143 : 271–274, 1977.
 - 20 Mount, G.J., and Makinson, O.F. : Clinical characteristics of a glass-ionomer cement, *Br. Dent. J.*, 145 : 67–71, 1978.
 - 21 Pashley, D.H., Michelich, V., and Kehl, T. : Dentin permeability : Effects of smear layer removal, *J. Prosthet. Dent.*, 46 : 531–537, 1981.
 - 22 Pashley, D.H., Kepler, E.E., Williams, E.C., and Okabe, A. : The effects of acid etching on the in-vivo permeability of dentine in the dog, *Arch. Oral Biol.*, 28 : 555–559, 1983.
 - 23 Powis, D.R., Follerås, T., Merson, S.A., and Wilson, A.D. : Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel, *J. Dent. Res.*, 61 : 1416–1422, 1982.
 - 24 Lacefield, W.R., Reindl, M.C., and Retief, D.H. : Tensile bond strength of a glass-ionomer cement, *J.Prosthet. Dent.*, 53 : 194–198, 1985.
 - 25 Brännström, M., Isacsson, G., and Johnson, G. : The effect of calcium hydroxide and fluorides on human dentition, *Acta Odontol. Scand.*, 34 : 59–67, 1976.
 - 26 Öilo, G. : Adhesive bonding of dental luting cements ; influence of surface treatment *Acta Odontol. Scand*, 36 : 263–270, 1978.
 - 27 Johnson, G., Olgart, L., and Brännström, M. : Outward fluid flow in dentin under a physiologic pressure gradient : Experiments in vitro, *Oral Surg.*, 35 : 238–248, 1973.
 - 28 Cotton, W.R., and Siegel, R.L. : Human pulpal response to citric acid cavity cleanser, *J. Am. Dent. Assoc.*, 96 : 639–644, 1978.
 - 29 Crisp, S., and Wilson, A.D. : Reactions in glass ionomer cements : III. The precipitation reaction, *J. Dent. Res.*, 53 : 1420–1424, 1974.
 - 30 Shalabi, H.S., Asmussen, E., and Jørgensen, K.D. : Increased bonding of a glass-ionomer cement to dentin by means of FeCl₃, *Scand. J. Dent. Res.*, 89 : 348–353, 1981.
 - 31 Lim, H.N., and Min, B.S. : A study on the influences of calcium solution treatment of dentin on the bond strengths of glass ionomer cements, *J. Kore. Resear. Soci. Dent. Mater.*, 21 : 59–65, 1994(in Korean).
 - 32 Öilo, G. : Bond strength of new ionomer cements to dentin, *Scand. J. Dent. Res.*, 89 : 344–34, 1981.
 - 33 Pashley, D.H., and Galloway, S.E. : The effects of oxalate treatment on the smear layer of ground surfaces of human dentine, *Arch. Oral Biol.*, 30 : 731–737, 1985.

Abstract

A STUDY ON THE SHEAR BOND STRENGTH OF LUTING GLASS IONOMER AND DENTIN TREATED WITH CALCIUM SOLUTION

Young-Girl Paik, Sung-Bok Lee, Nam-Soo Park

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Kyung Hee University

The objective of this paper was to evaluate the shear bond strength of luting glass ionomer cement with different calcium based solution treatment on dentin surface. 120 extracted human teeth were classified into 12 groups based on presence of smear layer on dentin surface and type of treatment solution. Smear layer removal on dentin surface was done using 6% citric acid for 60 seconds. Five different dentin surface treatment solutions (calcium acetate, calcium carbonate, calcium chloride, calcium hydroxide, and calcium phosphate) were evaluated in this study. After surface modification, a metal ring (inner diameter : 3mm, depth : 1mm) was placed to expose the same dentin surface area and inner space was filled with luting glass ionomer cement according to the recommended procedure for standard clinical procedure. The shear bond strength of glass ionomer cement was determined after 24 hours. SEM was used for the evaluation of the surface morphologic changes and EDAX analysis was done for determination of the change of the calcium contents of treated dentin.

Following conclusion can be drawn :

1. In the group of the dentin surface with smear layer, the calcium carbonate solution was the most effective for the increase of the calcium content and the shear bond strength of glass ionomer cement to dentin surfaces.
2. In the group of the calcium carbonate treated dentin with smear layer, the shear bond strength was increased twice compared to the control group and cohesive failure mode was observed.
3. The shear bond strength of cement was increased significantly by the removal of smear layer using 6% citric acid. However, additional calcium solution treatments were not effective for further bond strength increase.
4. The shear bond strength of cement was significantly improved by both of the removal of smear layer and the calcium solution treatment, and the former was more effective for bond strength improvement.
5. The smear layer removed/calcium solution treated groups showed dentinal tubule obstruction and crystal attachment in SEM evaluation. However, the shear bond strengths of these groups were not increased compared to the smear layer removed/no dentin treatment group.

Key words : Luting glass ionomer cement, shear bond strength, calcium solution, citric acid, layer