

Glass Ionomer 시멘트에 의한 상아질구조변화에 관한 주사전자현미경적 연구

경희대학교 치과대학 보철학교실

박성규 · 우이형 · 최대균 · 최부병 · 박남수

- 목 차 -

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 영문초록
- 사진부도 및 설명

I. 서 론

치과임상에서 결손된 치질을 회복시켜주기 위해 사용되는 재료는 가능한한 치아의 생물학적 기능을 손상시키지 않고 잘 보존하여 정상적 기능을 할 수 있게 해주는 재료가이어야 한다는 것은 주지의 사실이다.

최근에 개발된 여러가지 합착용 재료 등은 대체적으로 치아에 우수한 접합성을 가지고 있고 심미적으로도 우수하지만 그 종류에 따라서는 많은 치수자극이 문제되어 이를 제거하기 위한 임상적인 술식이 논의되고 있다.

이와같은 의미에서 Glass ionomer 시멘트는 온도변화에 따른 변형이 적고 기계적 마모도가 적으며 산에 대한 저항성이 높아 항우식효과도 가지고 있어 매우 우수한 재료로 평가되고 있다²³⁾.

Glass ionomer 시멘트는 1971년 Wilson 과 Kent³⁰⁾에 의해 silicate 시멘트와 복합레진 Polycarboxylate 시멘트의 단점을 서로 보완하고 장점을 살리기 위하여 개발된 재료이다^{21,23,25)}.

이 시멘트는 silicate 시멘트의 aluminosilicate glass로 이루어진 분말과 Polycarboxylate의 Po-

lycarboxylic 산과 물 등으로 이루어진 액체로 구성되는데 이들은 서로 용합 또는 치아와 직접 화학결합하여 우수한 기계적 성질과 낮은 구강내 용해성²⁵⁾, 치아와 유사한 투명도와 구조를 갖게되며⁴⁾ 법랑질, 상아질 심지어는 얇은 금박이나 산화된 백금과도 매우 단단하게 결합할 수 있는 특성을 갖고 있다²⁵⁾.

또한 Glass ionomer 시멘트는 분말이 가지고 있는 불소성분으로 인하여 항우식성을 갖게되며 액체의 성분이 약산이고 분자량이 큰 Polymer chain으로 얽혀져 있어 상아세관 침투가 어렵기 때문에 특히 치수에 대한 자극은 매우 경미하다는 장점을 가지고 있어^{4,6)} 합착용 시멘트는 물론 3급, 5급 와동의 충전용으로 뿐만 아니라 Pit and fissure sealants 및 와동의 이장용으로로서도 많이 이용되고 있다⁴⁾.

그러나 재료의 치수자극이 경미하여 이장재 없이도 충전재료로 사용할 수 있는 재료라 할지라도 노출된 상아세관을 통한 자극의 전달은 치수세포 및 상아질 구조변화를 가져오게 된다.

치아구조 중 상아질은 무게비로 약 70%의 무기물을 함유하고 있고 단단하면서도 약간의 탄력성을 가지고 있는 조직으로서 치수를 둘러싸고 있으며 전상아질의 10% 정도에 달하는 상아세관내에 존재하는 상아아세포에 의해¹⁴⁾ 필요에 따른 회복에 관여한다⁷⁾.

상아질은 정상적인 형성과정에서 전치수면에 규칙적으로 침착되는 1차 또는 2차 상아질과 치아우식증이나 교모증 치아삭제 또는 충진 등의 치과치료에 의해 국소적으로 형성되는 3차 또는 수복상아질의 구조를 갖게 되는데³⁰⁾ 이와 같이 비정상적인 환경변화에 의해 형성되는 수복상아질은 자극의 강도와 지속기간 이에 따른 형성속도에 따라 그 양과 질이 결정되게 된다.

치과재료에 대한 치수 또는 상아질의 변화에 관한 연구는 김¹⁾과 이²⁾ Pameijer 등(1981)²⁵, Weider 등(1956)²⁶ 외에도 많은 학자들에 의해 보고 되었는데 대체로 종래에는 약제의 독성이나 와동형성에 사용되는 기구에 의한 치수반응 및 상아질의 구조변화에 대한 연구가 많이 진행되어 왔으나^{9,26} 최근에는 재료 및 사용되는 기구들이 매우 향상되어 치수에 커다란 손상을 주지 않을 만큼 치수가 보호를 받고 있어 이로 인하여 야기되는 치수반응이나 수복상아질의 변화되는 양상은 매우 미미하다고 하겠다.

이에 저자는 최근에 개발된 Glass ionomer 시멘트를 사용하여 초기에 형성되는 수복상아질의 형성양상과 그 변화를, 치수 자극이 많다고 알려진 인산이연시멘트의 경우와 주사현미경을 통해 비교관찰함으로써 그 반응을 구명해 보고자 실험한 결과 다소의 지견을 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

A. 실험재료

실험동물은 생후 6 개월된 체중 3 kg 내외의 웅성고양이 10 두를 사육하여 실험군과 대조군에 각각 5 두씩 배정하였고 실험군과 대조군은 각각 실험 후 1 주, 2 주, 3 주, 4 주, 6 주로 5 군을 설정하였다.

실험군에는 Glass ionomer 시멘트인 와동이장용 Lining cement (G-C Co. Japan)를 사용하였으며 대조군에서는 인산이연시멘트 (G-G Co. Japan)를 사용하였다.

B. 실험방법

실험동물은 Pentobarbital sodium 을 1 cc/kg 체중의 용량으로 복강내 주사하여 마취시켰으며 마취 후 외부 자극을 극소화시키고 균일한 와동 깊이를 얻기 위해 통법에 따라 high speed engine (400, 000 R.P.M.) 과 No. 330 bur 를 사용하여 양측 상악견치에 제 5 급 와동을 형성하였다.

형성된 와동에는 실험군과 대조군에 각각 Lining cement[®]와 인산이연시멘트를 충전하였으며 실험 후 1 주, 2 주, 3 주, 4 주, 6 주에 각군 공히 1 두씩을 희생시켰다.

발거한 양측 상악견치는 설측의 치질을 삭제하여 설측의 치수강을 완전히 노출시키고 협측 근단부에서 치과용 diamond disk 를 이용하여 치아장축에 평행한 정중선을 따라 상아질까지 절단한 후 그 부위에 해부용

mess 를 넣어 치아를 파절시킴으로서 형성된 와동의 와동저로부터 치수강까지의 상아세관이 노출되도록 하였다.

파절된 실험치아는 20% KOH 용액에 넣어 60°C 의 항온기에 1 일간 방치하여 유기질을 제거시킨 후 acetone 을 사용하여 건조하였다.

주사전자현미경으로 관찰하기 위하여 치아의 파절면이 상방을 향하도록 하여 주사전자현미경 관찰용 stub 에 isoamylacetate 와 silver 를 혼합한 cementing medium 으로 고정시킨 후 coating machine (Eiko IB-3) 으로 시료를 gold coating 하였다.

coating 은 DC 1400 V, 6 mA 에서 6 분간 시행하였으며 300 Å 정도의 두께가 되도록 하였다.

그 후 Hitachi S-450 주사전자현미경 (15 KV, 60 A) 을 사용하여 파절면의 상아세관과 치수층의 상아세관을 관찰하였다.

III. 실험성적

A. 정상군

상아질의 치수측면은 소수의 완만한 반구상능이 나타날 뿐 비교적 편평하였으며 2.5 μm 정도의 규칙적이고 둥근 상아세관이 관찰되었다.

상아세관주위에는 석회질이 치밀하게 침착되어 있어 전자밀도가 낮게 나타나는 세관주위상아질과 상아세관과 세관사이에 비교적 성긴양상으로 나타나는 전자밀도가 높은 세관간 상아질에 명확하게 구별되고 있었다.

(Fig. 1)

파절면의 상아세관은 거의 일정한 굵기로 치수측면에 비스듬한 방향으로 서로 평행되게 직선상으로 주행하고 있었다.

B. 대조군

1. 실험후 1 주군

상아질의 치수측면은 크고 작은 크기의 반구상의 수복상아질이 왕성하게 형성되었으며 세관주위상아질은 소실되었고 상아질면은 정상군에 비해 다소 거칠게 나타났다.

파절면의 상아세관은 반구상 수복상아질 내로도 주행하고 있었으나 별다른 변화는 관찰할 수 없었다.

(Fig. 2, 6)

2. 실험후 2 주군

상아질의 치수측면에 수복상아질 형성이 감소되어 작고 불규칙한 반구상으로 나타나며 반구상의 수복상아질

의 외면은 거칠게 나타나는 반면 주위의 상아질은 비교적 그 정도가 미약하고 능의 형태도 완만하였다.

파절면의 상아세관은 치수면측에서 미약하게 불규칙하였으나 큰 변화는 관찰할 수가 없었다. (Fig. 3, 7)

3. 실험후 3주군

상아질의 치수측면에 형성되는 수복상아질은 그 수와 크기가 점차 감소되었고 주위 상아질도 더욱 완만해진 소견이었다.

파절면의 상아세관은 여전히 큰 변화없이 직선상으로 배열되었다.

4. 실험후 4주군

상아질의 치수측면은 매우 완만해 졌으며 2~수개의 상아세관을 포함하는 작은 크기의 반구상 수복상아질이 매우 소수 나타날 뿐이었다. (Fig. 4)

5. 실험후 6주군

상아질의 치수측면은 거의가 완만한 반구상능으로 이루어져 있으며 비교적 매끄러운 외면을 나타내고 있었고 2~3개의 상아세관을 갖는 작은 반구상의 수복상아질이 극히 소수 출현되었다.

파절면은 여전히 직선상의 상아세관으로 평행하게 배열되었다. (Fig. 5, 8)

C. 실험군

1. 실험후 1주군

상아질의 치수측면은 정상군의 소견과 유사하게 나타났으며 구상 혹은 반구상의 작은 수복상아질이 소수 출현하기 시작하였다.

형성되는 수복상아질내에는 상아세관이 2~3개씩 통과하고 있었고 이 부위의 세관주위 상아질은 소실되었으며 이들은 거친표면을 나타내고 있었다.

파절면도 정상군과 유사한 소견을 보이고 있었다.

2. 실험후 2주군

상아질의 치수측면에 수복상아질은 역시 구상 혹은 반구상의 형태로 나타났으며 수와 크기가 다소 증가되었다.

파절면도 아직은 별 변화를 관찰할 수 없었다.

(Fig. 9, 13)

3. 실험후 3주군

실험에 노출된 상아질의 전치수측면에는 여러개의 크고 작은 반구상의 수복상아질이 서로 중첩되어 밀접하게 형성되었으며 전면이 모두 거칠게 나타났다. (Fig. 10, 14)

세관주위 상아질은 여전히 관찰되지 않았다.

파절면은 치수면측에서 상아세관의 주행이 미약하게

나마 불규칙해지기 시작하였다.

4. 실험후 4주군

상아질의 치수측면에는 이미 크고 작게 형성된 반구상의 수복상아질 사이와 그 위에 계속해서 작은 수복상아질이 형성되었으며 세관주위상아질이 관찰되기 시작하였다. (Fig. 11, 15)

파절면은 치수면측에서 상아세관이 약간 굴곡지워지며 주행하였고 구상의 작은 수복상아질내로 통과하는 상아세관도 관찰할 수 있었다.

5. 실험후 6주군

상아질의 치수측면에는 수복상아질이 불규칙하게 계속적으로 형성되어 매우 불규칙하고 치밀한 상아질내면을 형성하였으며 상아세관도 굵기가 감소하고 불규칙해지는 등 많은 형태변화를 보여주었다.

파절면은 치수면측으로 상아세관이 다수 굴곡되는 등 약간의 변화를 관찰할 수 있었으나 전반적으로 보아 커다란 변화는 관찰할 수 없었다. (Fig. 12, 16)

IV. 총괄 및 고안

1971년 Wilson과 Kent³⁹⁾에 의해 개발된 Glass ionomer 시멘트는 최근들어 여러가지 장점을 가지고 임상에서 널리 이용되고 있는 재료로서^{27,24)} 이는 silicate 시멘트와 복합레진 Polycarboxylate 시멘트의 단점을 서로 보완하고 장점을 결합시킬 목적으로 개발된 재료이다.^{4,24,27)}

종래에 사용되어 왔던 위의 재료들은 각각 치아나 치수조직에 불필요한 손상을 주거나 재료 자체에 몇가지 단점을 가지고 있었는데 특히 silicate 시멘트는 이장재 없이 사용하면 치수에 자극을 주고 치태로부터 생성된 산에 의해 구조가 쉽게 파괴되며 복합레진도 역시 이장재 없이 사용하면 치수에 손상을 주고 불충분한 연마에 의한 변색 등을 피할 수 없었다^{4,8)}.

그러나 이들은 각기 서로 다른 장점들을 지니고 있어 silicate 시멘트의 경우 상아질과 유사한 열 팽창률과 높은 마모저항성, 불소이온 방출에 의한 항우식성과 복합레진의 우수한 심미성, 높은 내산성과 굴곡강도 및 Polycarboxylate 시멘트의 치질과의 화학결합을 통한 우수한 접착성 및 치수에 미치는 적은 자극성 등을 잘 조화시킴으로서 여러가지 장점을 갖는 Glass ionomer 시멘트를 제작할 수 있게 되었다.^{3,4,24,27)}

그럼에도 불구하고 Glass ionomer 시멘트는 인장강도가 낮아 일정한 두께의 후경을 부여해 주어야하고 재료의 투명도가 결여되기 때문에 전치부 순면에서의 사용은

제한을 받으며⁴⁾ 아말감이나 복합레진에 비해 변연누출이 많다는 단점을 가지고 있는 재료이기도 하다⁸⁾.

따라서 이의 임상적인 응용은 2급이나 4급 와동 교두를 포함한 부위 범람질이 광범위하게 손상된 부위에서 금기로 되어 있으나⁴⁾ 치경부의 마모되었거나 침식된 부위 및 3급 5급 와동의 충전재료^{4,10)}, pit 와 fissure sealant 로, 또는 합착용 시멘트로, 이장재로서도 사용된다⁴⁾.

이와같은 성질을 가지고 있는 Glass ionomer 시멘트는 aluminosilicate glass 분말과 Polyacrylic 산의 수용액인 액체로 구성되어있다^{4,8,22,27)}.

이들의 조성은 분말성분이 SiO_2 (29%), Al_2O_3 (17%), CaF_2 (34%), Na_3AlF_6 (5%)와 AlPO_4 (10%)로 되어 있어 거의가 silicate 성분이기에는 하나 불소가 함유되어 있어 항우식작용을 가지게 되고 액체는 Polycarboxylic 산(47.5%)과 물(47.5%), Tartaric 산(5%) 등으로 구성되어 있어 치아구조 중 특히 칼슘과 chelation 반응을 일으켜 일차적으로 화학결합으로써 범람질과 상아질에 높은 유지력을 갖게 되는 것이다⁴⁾.

Glass ionomer 시멘트가 치수에 미치는 영향은 자극요소가 Polycarboxylic 산에 기본을 둔 것이기 때문에 Polycarboxylate 시멘트에서와 같이 미약한 편이다^{4,6)}.

그 원인은 Polycarboxylic 산이 약산이며 분자량이 크고 수소이온과 음전하를 띠는 중합체 사슬사이에 강한 정전기적 인력이 작용하여 서로가 쉽게 분리되지 않으므로 상아세관으로 침투하기가 어렵기 때문인데 이로 인하여 임상적으로 와동이 치수에 근접되어 있지 않는 한 Glass ionomer 시멘트를 이장재 없이도 사용할 수 있는 조건이 되기도 하는 것이다⁴⁾.

이에 대해 Meryon 등(1983)²³⁾은 경화전에는 재료의 독성이 강편면이나 경화 1시간 후부터는 독성이 급속하게 감소되기 시작하여 경화 24시간 후에는 거의 무독성으로 된다고 보고하여 치수에 대한 보호작용에 대해 강조하였고 Tobias(1978)²⁴⁾와 kawahara 등(1979)¹⁹⁾도 이와같은 실험결과를 보고한 바 있다.

그러나 아무리 치수에 자극이 없는 재료라 할지라도 치수에서는 이에대한 방어적 반응이 일어나게 된다.

외부 자극에 의해 나타나는 치아조직의 변화는 치수세포의 변화와 이로인한 수복상아질 형성인데 이러한 반응은 충전재료에 의한 화학적자극 뿐만 아니라 와동 형성시에 가해지는 기계적 온도적 자극에 의해서도 야기될 수 있는 현상들이다.

일차 상아질과는 달리 자극에 의해서만 형성되는 수복상아질⁷⁾은 이차 또는 삼차 상아질 손상 상아질이라고도 불리워 지는데³⁶⁾ 이는 자극의 정도, 즉 와동의 깊이와 충전재료의 종류 형성되는 속도, 자극 후의 경과 시간에 따라 그 양과 규칙성이 서로 다르게 형성되어³⁷⁾ 치수에 대해 중요한 방어벽으로 존재하게 된다¹³⁾.

Glass ionomer 시멘트는 치수에 미치는 자극이 매우 미약한 재료로서 Pameijer 등(1981)²⁵⁾이 실험을 통해 보고한 바와 같이 치수세포에는 거의 영향을 미치지 않고 있기 때문에 절편을 통한 조직 관찰법으로는 수복상아질의 형성을 관찰할 수 없을 정도이므로 저자는 자극이 심한 것으로 알려진 인산아연시멘트를 대조군으로 하여 와동 형성 후 상아질 치수 측면에 나타나는 수복상아질의 변화되는 차이점을 주사현미경을 통하여 서로 비교 관찰함으로써 Glass ionomer 시멘트의 자극 정도를 알아보고 하였다.

수복상아질이 형성되는 조건에 관해서는 많은 학자들이 연구 보고한 바 있는데 Tronstand와 Langeland(1971)³⁵⁾, Philippas와 Applebaum(1968)²⁶⁾ 등은 기능에 의해 가해지는 압력으로 인한 치아교모중 환자에게서 형태와 구조가 불규칙한 수복상아질이 형성될 수 있다고 하였으며 Weider 등(1956)³⁷⁾과 Plant와 Anderson(1978)²⁷⁾, Darvell(1981)¹²⁾, Wennberg(1982)³⁸⁾ 등 많은 학자들은 와동 깊이 즉 와동 형성 후 와동지와 치수사이에 남게되는 잔류상아질의 양이 상아아세포수를 감소시키거나 수복상아질을 형성케 하는 중요한 자극원으로 작용한다고 강조하였다. 이러한 점으로 볼 때 치아상아질 두께의 감소는 상아질 형성세포를 자극하여 수복상아질을 형성케 하는 충분한 조건이 될 수 있으며 잔류상아질 두께의 차이에 따라 매우 다양하게 반응하리라는 것은 당연한다.

또한 Fischer등(1970)¹³⁾은 치아별 차이점을 관찰한 결과 수복상아질의 형성이 작은 치아 즉 치수관이 작은 치아일수록 수복상아질 형성이 적다고 보고한 것을 바탕으로 저자는 본실험에서 일률적으로 상악견치만을 사용하여 실험하였으며 와동 깊이도 가능한한 일정하게 하기 위하여 No.330 아말감 bur 를 사용하여 균일한 깊이로 형성함으로써 수복상아질 형성을 유도하였다.

이와같이 수복상아질은 Mjör 와 karlsen(1970)²⁴⁾, Scott 등(1974)²⁸⁾이 언급한 바와 같이 상아아세포와 상아전질에 해로운 인자가 관여되어 활동이 자극됨으로서 형성되는 것인데 와동 형성시 상아아세포에 자극이 가해질 수 있는 조건은 상아세관내에 상아아세포돌기가 유입되어 있다는 사실과 상아세관의 수와 굵기가 상아질의 내

외측에서 많은 차이가 있기 때문이라고 생각된다.

이에 대해 Holland(1975, 1976)^{16,17,18)}는 고양이의 상아세관의 미세구조를 관찰한 바 대부분의 상아아세포 돌기는 상아질 내측에 한정되어 있으나 본실험에 사용된 치경부에서 만든 세관내로 깊이 뻗어있다고 보고하였고 Maniatopoulos와 Smith(1983)²²⁾는 인간의 치아를 액체 질소내에서 치아를 파절시켜 고정시키고 임계점에서 건조시킨 표본에서 상아아세포돌기가 범랑질—상아질 경계까지 뻗어져 있다고 보고하여 이는 와동 형성에 의해 상아아세포가 자극을 받을 수 있는 충분한 조건이 될 수 있으며 Garberoglio와 Brännström,¹⁶ Szabo, J. 등(1984)³¹⁾이 인간의 치아를 대상으로 관찰하였지만 상아세관의 수가 외측에서 보다 치수측에 더 많이 나타나고 지름도 치수측이 더 크다고 보고한 것은 Weber(1983)³⁶⁾가 보고한 바와 같이 상아세관의 분지가 치수측에서 많이 나타나지는 않지만 와동의 깊이가 깊어질수록 상아아세포를 자극하는 정도가 더욱 심화될 수 있다는 조건을 잘 설명해 주고 있다.

재료에 의한 수복상아질 형성에 대한 연구도 많은 학자들에 의해 보고되었는데^{13,27,37,38)} 이들은 대부분이 재료의 종류와는 관계없이 와동 깊이와만 관련이 있다고 보고한¹⁴⁾ 반면 Stanley(1975)²⁹⁾는 잔류 상아질이 1 mm 일 때 재료의 종류에 따른 실험적 차이가 유의성이 있다고 보고하였고 Plant와 Anderson(1978)²⁸⁾은 인산아연시멘트의 예를 들어 와동이 아무리 얕다 하더라도 잔류상아질이 결코 치수를 보호해 주지 못하며 결국에는 손상받은 상아아세포돌기가 후에라도 영향을 나타낼 수 있다고 하여 이러한 현상은 본실험에서도 잘 나타나 실험 1주 후에 실험군에 비해 대조군에서 수복상아질 형성이 더욱 왕성하였는데 이는 인산아연시멘트가 Glass ionomer 시멘트보다 초기에 더 심한 자극으로 상아아세포를 자극시켰기 때문이라고 생각되며 Stanlen(1966)³⁰⁾에 의한 자극이 미약할수록 수복상아질 형성의 시작이 지연된다는 이론이 뒷받침해 주고 있다.

또한 인산아연시멘트군에서 시일이 경과함에 따라 수복상아질 형성이 감소되고 실험 6주 후에는 거의 소실되었던 소견은 인산아연시멘트의 상아아세포에 대한 자극 정도가 상아아세포를 파괴시킬 정도로 점차 심해졌기 때문이었을 것으로 사료된다.

반면 Glass ionomer 시멘트의 경우 초기에는 소수의 수복상아질만이 형성되나 점차 성숙되었던것은 와동 형성 시 가해진 자극외에 재료에 의한 자극이 상아아세포를 파괴시키지 않을 정도로만 작용했던 것이므로 그 자극의 정도가 미약하다는 것을 말해주고 있는 것이다.

수복상아질이 형성되는 기전은 상아아세포가 활동에 자극을 받아 hydroxyapatite crystal의 침착이 촉진되어 일어나는 것인데⁵⁾ 이로 인해 수복상아질표면이 거칠게 형성되고 본실험 실험군 실험 6주 후에 상아세관이 좁아지고 불규칙해지는 것이며 이때에 나타나는 불규칙성은 초기에 상아전질이 상아질로 전환되는 것이 억제되고 새로운 상아전질형성이 방해를 받아 상아질이 형성되는 데에 한동안의 정지기를 가지고 때문에 나타나는 것으로 생각된다³⁸⁾.

본실험에서 보인 수복상아질의 형성 양상이 초기에는 작은 반구상으로 나타나기 시작하여 점차 성숙해지고 실험 4주 후에야 치밀하게 형성되는 것도 이러한 이유에서인 것으로 생각되어지며 상아질의 불규칙성 혹은 질과 양의 다양성은 수복상아질의 형성속도에 의한 것으로 사료된다⁷⁾.

이에 대해 Ten Cate(1986)⁷⁾는 수복상아질이 급속히 침착할 경우 1일에 3.5 μm까지도 침착될 수 있다고 하였는데 형성이 빠를수록 상아세관이 줄고 불규칙해지며 서서히 진행될수록 비교적 규칙적이라고 하였다.

본실험에서 나타난 수복상아질의 형성양상이 실험 4주 후까지는 비교적 규칙적이었으나 실험 6주 후에 매우 불규칙하게 보인 것은 Stanley,³⁰⁾ Gott와 Machida(1972)¹⁵⁾의 실험에서와 같이 실험 후 초기에는 상아아세포가 손상을 받아 서서히 진행되다가 30일 이후에 급속히 진행되었다는 점을 들어 설명할 수도 있으나 본실험의 실험 1주 후에 Glass ionomer 시멘트군에서는 수복상아질이 소수 형성되었던 반면 인산아연시멘트군에서는 왕성한 수복상아질이 형성되었던 점으로 보아 와동 형성 시 가해진 자극이 상아아세포의 수복상아질형성능력을 정지시켰다고는 볼 수 없으므로 향후 이와 같은 조건에서의 상아아세포의 생물학적 반응을 여러가지 방법을 통해 더욱 세밀히 규명해 봄이 중요하리라고 생각된다

또한 정상 상아질에서 관찰되는 세관주위 상아질은 매우 치밀하게 무기화된 부분으로서 이보다는 덜 무기화되고 주로 교원섬유로 기질을 이루고 있는 세관간상아질과 명확하게 구분되는데^{28,32)} 이는 Thomas와 Carella(1984)³³⁾가 언급한 바와 같이 glycosarminoglycans와 glycoprotein을 함유한 상아세관 내 lamina limitans에 의해 형성이 조절을 받는다고 하는데 본실험에서는 수복상아질 형성시 초기에 세관주위상아질이 불분명해졌는데 Luostarinen(1971)²⁰⁾이 보고한 바와 같이 초기에 무기질이 빠르게 침착하여 불완전하게 되기 때문이라고 생각되며 실험 4주 후에 다시 세관 주위 상아질이 관찰된 것은 상아세관내의 lamina limitans가

자극 정도의 변화에 따라 또는 상아세포의 생물학적 안정상태에 따라 조절을 받았으리라고 생각되며 이 또한 앞으로 계속적인 연구관찰을 통해 그 기전과 본태를 좀더 자세히 구명함이 중요하리라고 생각된다.

V. 결 론

저자는 Glass ionomer 시멘트의 치수 자극 정도를 관찰할 목적으로 고양이의 상악견치에 5급 와동을 형성한 후 Glass ionomer 시멘트와 치수에 자극이 많다고 알려진 인산아연시멘트를 각각 충전함으로써 그 결과로 형성되는 수복상아질의 양상을 주사전자현미경을 통하여 서로 비교 관찰한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Glass ionomer 와 인산아연시멘트를 충전한 군에서 형성된 수복상아질은 거친표면을 갖는 반구 혹은 구상으로 상아질 치수측면에 형성되었다.

2. Glass ionomer 시멘트충전군에서 수복상아질은 실험 1주 후에 소수 형성되기 시작하였으며 점차 수와 크기가 증가되었고 실험 6주 후에는 실험에 노출된 전상아질벽에 불규칙하게 형성되었다.

3. 인산아연시멘트 충전군에서 수복상아질은 실험 1주 후에 왕성하게 형성되었으나 점차 감소되어 실험 6주 후에는 수복상아질 형성이 거의 소실되었다.

4. 수복상아질 형성시 세관주위상아질은 불분명하였다.

5. 수복상아질의 상아세관 굵기는 형성이 진행됨에 따라 대체적으로 감소되었으며 특히 실험 6주 후에 매우 불규칙해졌다.

REFERENCES

1. 김세일, 최대균, 최부병: 4-META 함유 MMA-TBB. 0 계 시멘트에 대한 치수반응에 관한 실험적 연구. 경희대학교 치과대학 논문집, 8: 185-192, 1986.
2. 이해영, 최부병, 박남수: 인산 ESTER계 접착성 시멘트의 치수반응에 관한 실험적 연구. 경희 대학교 치과대학 논문집, 8: 121-132, 1986.
3. Baum, L., Phillips, R.W. and Lund, M.R.: TEXTBOOK OF OPERATIVE DENTISTRY. 2nd ed., W.B. Saunders Co., pp. 141-412, 239-241, 1985.
4. Phillips, R.W.: SKINNER'S SCIENCE OF

DENTAL MATERIALS. 8th ed., W.B. Saunders Co., pp. 486-489, 1982.

5. Pinborg, J.J.: PATHOLOGY OF THE DENTAL HARD TISSUES. W.B. Saunders Co., pp. 256-276, 1970.
6. Sturdevant, C.H., Barton, R.E., Sockwell, C.L. and Strickland, W.D.: ART AND SCIENCE OF OPERATIVE DENTISTRY. 2nd ed., The Mosby Co., pp. 498, 1985.
7. Ten Cate, A.R.: ORAL HISTOLOGY. 2nd ed., The C.V. Mosby Co., pp. 146-182, 1985.
8. Alperstein, K.S., Graver, H.T. and Herold, R.B.: Marginal leakage of glassionomer cement restorations. J. Prosthe. Dent., 50: 803-807, 1983.
9. Beagrie, G.S., Main, J.H.P. and Smith, D.C.: Inflammatory reaction evoked by zinc polyacrylate and zinc eugenol cements. Brit. Det. J., 132: 351-357, 1972.
10. Charbeneau, G.T. and Bozell III, R.R.: Clinical evaluation of a glass ionomer cement for restoration of cervical erosion. JADA, 98: 936-939, 1979.
11. Cox, C.F., Heys, D.R., Gibbons, P.K., Avery, J.K. and Heys, R.J.: The effect of various restorative materials on the microhardness of reparative dentin. J. Dent. Res., 59: 109-115, 1980.
12. Darvell, B.W.: Effect of dentine thickness on pulpal changes beneath restorative materials. Aust. Dent. J., 26: 80-81, 1981.
13. Fischer, F.M., El-Kafrawy, A. and Mitchell, D.F.: Studies of tertiary dentin in monkey teeth using vital dyes. J. Dent. Res., 49: 1537-1540, 1970.
14. Garberoglio, R. and Brännström, M.: Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. Archs. Oral Biol., 21: 355-362, 1976.

15. Goto, G. and Machida, Y.: The rate of reparative dentin formation in the human deciduous teeth. *Bull. Tokyo Dent. Coll.*, 13: 251-256, 1972.
16. Holland, G.R.: The dentinal tubule and odontoblast process in the cat. *J. Anat.*, 120: 169-177, 1975.
17. Holland, G.R.: The extent of the odontoblast process in the cat. *J. Anat.*, 121: 133-149, 1976.
18. Holland, G.R.: An ultrastructural survey of cat dentinal tubules. *J. Anat.*, 122: 1-13-149, 1976.
19. Kawahara, H., Imanishi, Y. and Oshima, H.: Biological evaluation of glassionomer cement. *J. Dent. Res.*, 58: 1080-1086, 1979.
20. Luostarinen, V.: Dental pulp response to trauma; an experimental study in the rat. *Suom Hammaslääk Toim, Suppl. II 67: 7-51*, 1971.
21. Maldonado, A., Swartz, M.L. and Phillips, R.W.: An in vitro study of certain properties of a glass ionomer cement. *JADA*, 96: 785-791, 1978.
22. Maniopoulos, C. and Smith, D.C.: A scanning electron microscopic study of the odontoblast process in human coronal dentine. *Archs. Oral Biol.*, 28: 701-710, 1983.
23. Meryon, S.D., Stephens, P.G. and Browne, R.M.: A comparison of the in vitro cytotoxicity of two glass-ionomer cements. *J. Dent. Res.*, 62: 769-773, 1983.
24. Mjör, I.A. and Karlson, K.: The interface between dentine and irregular secondary dentine. *Acta Odontol. Scand.*, 28: 363-376, 1970.
25. Pameijer, C.H., Segal, E. and Richardson, J.: Pulpal response to a glassionomer cement in primates. *J. Prosthe. Dent.*, 46: 36-40, 1981.
26. Philippas, G.G. and Applebaum, E.: Location of irregular secondary dentin formation. *J. Dent. Res.*, 47: 769-778, 1968.
27. Plant, C.G. and Anderson, R.J.: The effect of cavity depth on the pulpal response to restorative materials. *Brit. Dent. J.*, 144: 10-13, 1978.
28. Scott, D.B., Simmelink, J.W. and Nygaard, V.: Structural aspects of dental caries. *J. Dent. Res.*, 53: 165-178, 1974.
29. Stanley, H.R., Conti, A.J. and Graham, C.: Conservation of human research teeth by controlling cavity depth. *Oral Surg.*, 39: 151-156, 1975.
30. Stanley, H.R., White, C.L. and McCray, L.: The rate of tertiary (reparative) dentin formation in the human tooth. *Oral Surg.*, 21: 180-189, 1966.
31. Szabó, J., Trombitás, K. and Szabo, I.: The odontoblast process and its branches in human teeth observed by scanning electron microscopy. *Archs. Oral Biol.* 29: 331-333, 1984.
32. Thomas, H.F. and Carella, P.: A scanning electron microscope study of dentinal tubules from un-erupted human teeth. *Archs. Oral Biol.*, 28: 1125-1130, 1983.
33. Thomas, H.F. and Carella, P.: Correlation of scanning and transmission electron microscopy of human dentinal tubules. *Archs. Oral Biol.*, 29: 641-646, 1984.
34. Tobias, R.S., Browne, R.M., Plant, C.G. and Ingram, D.V.: Pulpal response to a glassionomer cement. *Br. Dent. J.*, 144: 345, 1978. cited from ref. 25.
35. Tronstad, L. and Langeland, K.: Effect of attrition on subjacent dentin and pulp. *J. Dent. Res.*, 50: 17-30, 1971.

36. Weber, D.F.. An improved technique for producing cats of the internal structure of hard tissues, including some observations on human dentine. Archs. Oral Biol., 28: 885-891, 1983.
37. Weider, S.R. and Mohammed, C.I.: Reparative dentine following cavity preparation and fillings in the rat molar. Oral Surg., 9: 221-232, 1956.
38. Wennberg, A, Mjör, I.A. and Heide, S.: Rate of formation of regular and irregular secondary dentin in monkey teeth. Oral Surg., 54. 232-237, 1982.
39. Wilson, A.D. and Kent, B.E.: The Glass Ionomer cement, a new translucent dental material. J. Appl. Chem. Biotechnol., 21: 313, 1971. cited from ref. 23

— Abstract —

A SCANNING ELECTRON MICROSCOPIC STUDY ON THE CHANGES
OF REPARATIVE DENTIN FORMATION BY THE GLASS
IONOMER CEMENT IN CATS

S.K. Park, D.D.S., Y.H. Woo, D.D.S., M.S.D., D.K. Choi, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
B.B. Choi, D.D.S., (M.S.D., Ph.D.), N.S. Park, D.D.S., Ph.D.

Dept. of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyung Hee University

This study was designed to investigate the pulpal effects of the glass ionomer cement. (Lining cement, G-C Co. Japan)

For this purpose, 10 cats were selected, and Class V cavities were prepared on canines of the cats.

One experimental group was filled with glass ionomer cement and the other group was filled with zinc phosphate cement. (G-C Co. Japan)

The animals of the experimental and control group were sacrificed at 1,2,3,4,6, weeks after the experiment.

For comparison of reparative dentin formation pattern in direction of the pulpal and fractured lateral surface, each of them was observed with scanning electron microscope.

The findings led to the following conclusions;

1. Reparative dentin of the glass ionomer cement and zinc phosphate cement filling groups were formed on the internal surface of dentin as the shape of hemispherical and spherical with a rough surface.
2. Some of reparative dentin of the glass ionomer cement filling group was started to form at 1 week after experiment, and at 6 weeks after experiment, it had been increased gradually in number and size.
3. Reparative dentin of zinc phosphate cement filling group was formed vigorously, however, gradually was decreased in number and size, and disappeared at 6 weeks after experiment.
4. During the formation of reparative dentin, peritubular dentins were indistinguishable.
5. The diameter of dentinal tubules of reparative dentin has been decreased, during the reparative dentin formed, and it became very irregularly at 6 weeks after experiment.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 1.** Scanning electron micrograph showing the normal dentin. Peritubular dentin, intertubular dentin and regularly arranged dentinal tubules were observed. (x1000)
- Fig. 2.** Scanning electron micrograph showing the dentin 1 week after zinc phosphate cement filling. This picture shows the active formative appearance of dome-shaped reparative dentin. (x1000)
- Fig. 3.** Scanning electron micrograph showing the dentin 2 weeks after zinc phosphate cement filling. Dome-shaped dentin was became irregular and decreased in number and size. (x1000)
- Fig. 4.** Scanning electron micrograph showing the dentin 4 weeks after zinc phosphate cement filling. This picture shows the markedly decreased in number and size of the reparative dentin. (x1000)
- Fig. 5.** Scanning electron micrograph showing the dentin 6 weeks after zinc phosphate cement filling. Newly formed reparative dentin could not be observed, and the peritubular dentin as well as the intertubular dentin was became irregular. (x1000)
- Fig. 6.** Scanning electron micrograph showing the dentinal tubules 1 week after zinc phosphate cement filling. This picture shows the irregularly arranged dentinal tubules. (x1000)
- Fig. 7.** Scanning electron micrograph showing the dentinal tubules 2 weeks after zinc phosphate cement filling. This picture shows the slight irregular courses of the dentinal tubules. (x1000)
- Fig. 8.** Scanning electron micrograph showing the dentinal tubules 6 weeks after zinc phosphate cement filling. No changes were observed in the courses of the dentinal tubules, either. (x1000)
- Fig. 9.** Scanning electron micrograph showing the dentin 2 weeks after glass ionomer cement filling. This picture shows the formation of a few small dome-shaped reparative dentin and the loss of peritubular dentin. (x1000)
- Fig. 10.** Scanning electron micrograph showing the dentin 3 weeks after glass ionomer cement filling. The dome-shaped reparative dentin was gradually matured and increased in number and size. But the peritubular dentin was not found. (x1000)
- Fig. 11.** Scanning electron micrograph showing the dentin 4 weeks after glass ionomer cement filling. The number and size of the reparative dentin were more increased with variety and the peritubular dentin was observed again. The diameters of the dentinal tubules were became slightly irregular and decreased. (x1000)
- Fig. 12.** Scanning electron micrograph showing the dentin 6 weeks after glass ionomer cement filling. Reparative dentin was densely and irregularly formed throughout the pulpal surface. The diameters of the dentinal tubules were decreased, too. (x1000)

- Fig. 13.** Scanning electron micrograph showing the dentinal tubules 2 weeks after glass ionomer cement filling. Any notable changes could not be observed in the courses of the dentinal tubules. (x1000)
- Fig. 14.** Scanning electron micrograph showing the dentinal tubules 3 weeks after glass ionomer cement filling. Reparative dentin was showed slightly irregular courses of their own dentinal tubules. (x1000)
- Fig. 15.** Scanning electron micrograph showing the dentinal tubules 4 weeks after glass ionomer cement filling. The dentinal tubules were found within the dome-shaped reparative dentin. (x1000)
- Fig. 16.** Scanning electron micrograph showing the dentinal tubules 6 weeks after glass ionomer cement filling. The dentinal tubular courses of the reparative dentin were became slightly irregular. (x1000)

논문 사진부도 ①

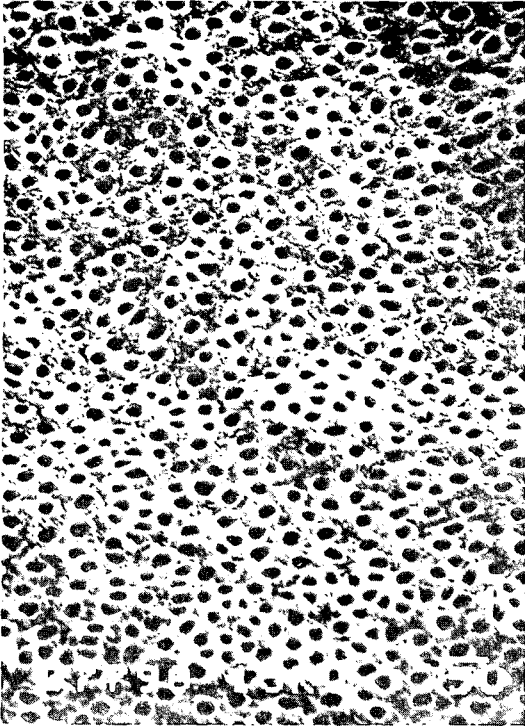


Fig. 1.

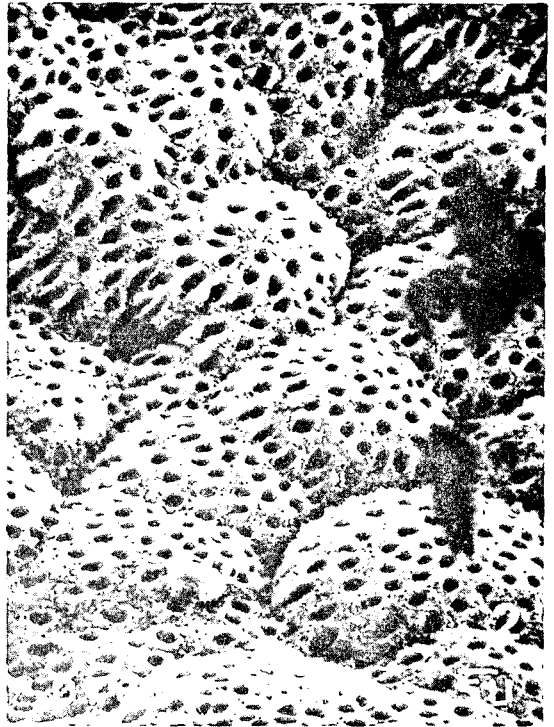


Fig. 2.

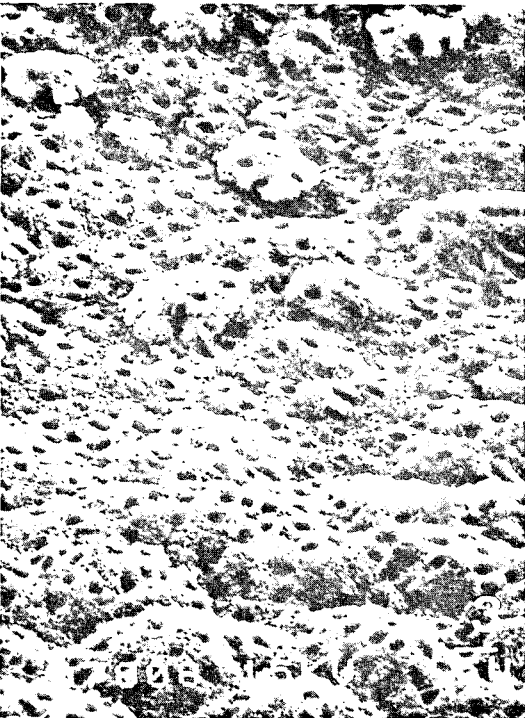


Fig. 3.

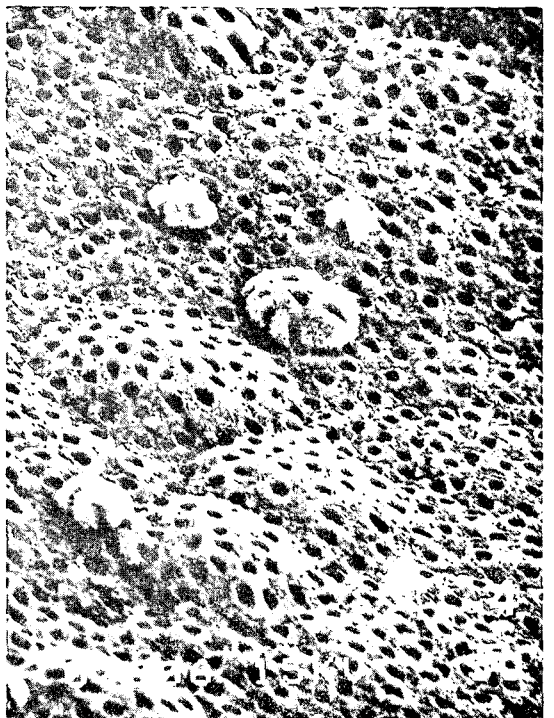


Fig. 4.

논문 사진부도 ②



Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.

논문 사진부도 ③



Fig. 9.

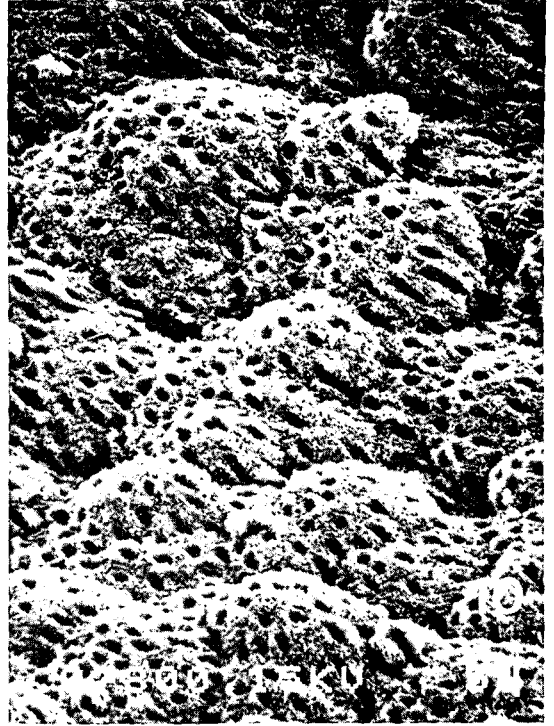


Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.

논문 사진부도 ④



Fig. 13.



Fig. 14.



Fig. 15.



Fig. 16.