

In vivo에서 수종이장재의 산도변화에 관한 연구

전북대학교 치과대학 치과보존학교실
서울대학교 치과대학 치과보존학교실*

이미정 · 안연실 · 이용우 · 손호현* · 이광원

Abstract

IN VIVO CHANGES OF THE ACIDITY OF VARIOUS DENTAL LINERS

Mi Jeong Lee, Yun-Sil Ahn, Yong-Woo Lee, Ho-Hyun Son, Kwang-Won Lee

*Department of Conservative Dentistry, School of dentistry,
Chonbuk National University & Institute of Dental Science*

The purpose of this study was to observe the changes of acidity of resin cement(Time Line), glass ionomer cement(GC Fugi Lining LC), zinc phosphate cement(Fleck's zinc cement), zinc oxide eugenol cement(Sultan, Chemists.) in vivo and in vitro. Class I cavities with 3mm depth were prepared on the occlusal surfaces of 20 recently extracted human Mn. molar teeth and 20 human Mn. 3rd molar teeth in oral cavity. The prepared cavities were divided into 4 groups of each 5 teeth using the above 4 cavity liners. Each cement was mixed in accordance with manufacturer's direction at the room temperature of $23^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ and filled into the cavity in a width of 1 mm. The microelectrode of pH meter was inserted into the prepared cavity which was filled with mixed cement, and the acidity of cement was measured for 3 days from the beginning of cement mix in vitro and in vivo. The measured acidity was then statistically analyzed by ANOVA.

The results were as follows.

1. In vitro, the pH of zinc oxide eugenol cement was statistically lower than that of the three other groups at 2min, 4min, 6min, 8min, 10min, 12min, 18min, 20min. ($p < 0.05$).

*이 논문은 96년도 서울대학교병원 임상연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

2. The pH of zinc oxide eugenol cement in vivo was statistically higher than that in vitro at 16min, 16min, 20min ($p < 0.05$).
3. The pH of zinc phosphate cement in vivo was statistically higher than that in vitro at 4min, 20min ($p < 0.05$).
4. In vitro and in vivo, there was no significant difference in the pH between the resin cement and the glass ionomer cement ($p > 0.05$).
5. The initial acidity was not high, but almost neutral in all kinds of the cements.

I. 서 론

치과용 이장재는 치수의 보호를 위해서 수복치과영역에서 널리 사용되어왔다. 이장재는 금속수복물하방에서 절연체역할을 하거나 복합레진하방의 화학적인 차단재 기능도 하는 등 치수에 화학적, 생물학적으로 손상을 주지 않으면서 수복재에 의한 온도자극 및 충전재 자체의 자극물이 치수에 도달하지 못하도록 차단하고, 약물적 효과를 기대하기 위하여 개발되어왔다²⁾. 치수손상의 원인에 대한 수많은 연구가 행해져 왔는데 그 소인중에 하나가 적절하지 않은 시멘트사용으로 보고되고 있다³⁾. 치수에 근접한 낮은 pH재료는 좋지않은 치수반응을 일으킨다고 보고하였고^{4,5)}, 많은 보고에서 시멘트의 산도로 인해서 치수손상이 일어난다고 하였다⁶⁻¹⁵⁾. Smith 등¹⁶⁾은 5분이상 pH 2 이하가 되면 치수에 해로운 영향을 줄 수 있다고 하였고, Adams 등¹⁷⁾은 상아질은 pH 5.7 이하에서 탈회될 수 있다고 하였다. 그러나, Woolford 등¹⁸⁾은 치수에 손상을 일으키는 것은 낮은 pH보다 다른 요인이 있다고 하였고, Tam 등^{4,5,16)}은 산도는 단독이든, 다른 요인과 함께 상승작용을 하든 해로운 치수반응을 일으킨다고 보고하였다.

레진 성분의 치수자극의 가능성에 대한 보고를 살펴보면, 중합후 남아있는 monomer¹⁹⁾, 레진자체의 화학적 독성²⁰⁾, 상아질의 산부식^{21,22)}, 중합수축에 의한 미세누출과 상아질 개방 및 확대에 의한 세균침입 등으로 설명되고 있다^{23,24,25,26,27)}. Glass ionomer 제제는 polyacrylic acid를 사용함으로써 치수에 대한 독성이 적고, 불소이온이 함유되어 있는 특성을 가지고 있으나 Tovia 등²⁸⁾의 생체내 연구에서

는 Zinc oxide-eugenol보다 치수에 대한 자극이 더 강한 것으로 나타났다.

Glass ionomer시멘트는 Wilson과 Kent에 의해 1969년에 처음 개발된 이래로 분말은 SiO_2 , Al_2O_3 의 유리분말로 주로 구성되어 있으며 용액은 polyacrylic acid용액으로 되어있다. 이 용액이 유리분말 표면을 부식시켜 방출된 금속이온과 서로 결합함으로써 불용성의 gel을 형성한다. 특히 polyacrylic acid는 분자량이 커서 상아세관내로 침투가 되지 않으므로 산에 대해 안정성이 있고 불소가 함유되어 있으므로 항우식작용이 있으며, 낮은 열팽창률과 치질에 직접 결합하여 미세누출을 막을 수 있는 장점을 가지고 있다. Glass ionomer의 분말성분은 SiO_2 , Al_2O_3 , CaF_2 와 Na^+ , AlF_6^- 로 구성되어 있으며, 분말에서 Al^{3+} , Ca^{2+} , Na^+ 금속이온이 용액으로 유리되지만 이들 이온은 모두 생체세포나 조직에 자극성이 없거나, 독성이 없는 것으로 보고된 바 있다¹⁾.

Woolford 등¹⁸⁾은 resin-modified glass ionomer cements를(Baseline VLC, Vitrebond, XR-Ionomer) 혼합한 실험군과 혼합후 30초동안 중합한 실험군의 표층 산도를 비교했을 때 모든 실험군에서 초기보다 상당히 높은 pH값에 도달하였고 광중합을 한 경우가 중합을 하지 않은 경우보다 Baseline VLC & Vitrebond 실험군에서 상당한 pH증가를 보였다. 그러나 XR-Ionomer는 광중합시에 큰 변화가 없었다. Vitrebond는 중합시 60분후에 5.17, 중합시키지 않을때는 4.92 정도이었다. 상아질은 산에 대해 어느 정도 완충능력이 있어서 단순한 산성효과는 완화시킨다고 보고하고 있으나²⁹⁾ 다른 몇몇의 연구보고에서는 일반적인 G-I에 대한 치수염

증 반응은 남아있는 상아질의 두께와 중요한 연관성이 없으며, 낮은 표층 pH를 갖는 시멘트가 오랜 시간동안 상아질과 접촉한다면 치수에 유해할 수 있으므로 임상적으로 아주 치수에 근접한 경우에는 치수에 대한 적합성을 고려해서, 깊은 와동에서 G-I base를 적용할 경우에는 calcium hydroxide를 함유한 이장재가 필요하다고 보고하였다³⁰⁾. Tam 등²⁹⁾은 여러종류의 글래스아이오노머 이장재의 pH를 측정했을 때, 30초후에 pH값은 1.6-3.7이고 15분까지 pH값이 가장 빨리 증가하였다. 그 이후로 24시간까지 서서히 증가한다고 하였으며, 새로운 글래스아이오노머 시멘트는 calcium hydroxide 이장재보다 우수한 강도를 보이지만 삽입 시에 낮은 pH 때문에 치수에 근접된 경우 calcium hydroxide 이장재의 사용이 필요하다고 하였다³¹⁾. Smith & Ruse 등¹⁶⁾은 conventional G-I luting agent는 경화시 60분동안 ZPC보다 더 산성이어서 G-I의 cementation후에 초기의 산도가 치수의 자극 요인이 될 수있다고 보고하였다. McLEAN 등³⁰⁾은 임상적으로 낮은 치수독성을 갖는다고 주장하였고, 몇몇 조직학적 연구에서, 하방에 중간 정도의 치수염증을 보인다고하였으나^{32,33,34)}, 사람에서 시행한 많은 연구에서는 매우 경미하거나 나타나지 않았다^{28,35,36,37,38)}. 그러나, Dahl 등은 글래스아이오노머 시멘트의 In vitro 세포 배양 연구에서 굉장히 높은 독성을 보고하였다^{35,36,39,40)}.

인산아연시멘트는 오랫동안 높은 산도로 인해 치수에 해로운 것으로 알려져 왔다. Brannstrom 등⁴¹⁾은 ZPC로 cementation한 Inlay에서 치수를 polystyrene liner로 이장하지 않고 와동을 물론만 세척한 경우에 상당한 치수반응을 보인다고 하였고, 또한 같은 실험방법을 이용하고 와동의 세척을 멸균 용액으로 처리했을때는 치수반응을 관찰할 수 없었다⁴²⁾. 또한, 78개 치아에서 깊은와동을 형성한후 멸균 용액으로 세척한뒤 인산아연시멘트로 cementation한 경우의 Inlay에서 치수의 반응을 조직학적으로 분석해 본 결과 polycarboxylate나 zinc phosphate cement 모두에서 치수에 손상을 일으키지 않았으며, 치수반응은 와동면에 잔존하는 debris나 bacteria에 의한 감염에 기인하는 것으로 보인다. 그래서 생물학적인 견지에서 볼 때 polycarboxylate나 zinc phosphate cement가 차이가 없

다고 보고 하였다⁴³⁾. Richard 등⁴⁴⁾은 thin mix할 때 초기의 산도는 3.3 이었고 1시간후에는 4.2, 48시간후에는 6.1이었다. standard mix할 때 초기의 산도는 4.4이었고 1시간후에는 6.0, 48시간후에는 6.7이었고, thick mix하면 초기의 산도는 4.4, 1시간후에는 6.0, 48시간후에는 6.7이었다. 여러가지 성상으로 혼합할 때 모두에서 48시간후에는 상대적으로 안정되었고, 그 이후에는 거의 변화가 없었다. 1달후를 비교해볼때 standard & thick mix에서는 thin mix보다 pH값이 0.5-1.0 pH unit 높다. 결국 분말/액 혼합비는 초기의 pH에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다.

Norman 등³⁹⁾은 인산아연시멘트의 pH는 연화직후에는 4이상을 보이고 1일이 지난후에는 6.5 정도의 pH를 보인다고 하였으며, storage media의 변화에 따른 pH 변화를 비교하였는데, 공기중이나 물속에 있을 때보다 100% 습도하에서 pH가 약간 더 높았다. 또한 인산아연시멘트는 1시간 후에 pH의 변화가 가장 크게 나타났고, 심부산도가 표층산도보다 항상 높았다. 1시간 후에 인산아연시멘트의 pH는 6.0이었고 48시간후에는 6.8이었다.

산화아연유지놀시멘트는 수복치과에서 널리 사용되는 재료로서 임시 충전재, 이장재 및 임시접착재 등의 용도로 상아질에 직접 사용되며 약리작용 및 절연작용을 보이는 이장재, 그리고 구강외과와 치주과에서 사용되는 연조직팩, 근관치료시 치근관 sealer 등의 용도로 사용되고 있다. James와 Diffenbach 등⁴⁵⁾은 산화아연유지놀시멘트를 다른 종류의 충전재 아래에 사용하는 이장재나 임시 충전재로 사용함으로써 치수와 상아질을 보호할 수 있다고 하였다. Craig 등⁴⁶⁾은 산화아연유지놀시멘트는 중성 근처의 pH값을 갖는다고 보고하였으나, Brannstrom 등⁴⁷⁾은 산화아연유지놀시멘트는 63개중에 51개에서 치수에 미약하거나 중등도의 염증반응이 일어났다고 보고하였으며, 인산아연시멘트보다 더 치수에 손상을 입힐수도 있다고 하였다.

대부분 치과용 시멘트는 분말과 용액으로 구성되어 있으며, 용액은 크게 네가지로 분류되고 인산, 유지놀, polyacrylic산,레진 시멘트에 사용되는 monomer이다. 연화된 후 시멘트의 산성분은 와동으로 침투하여 치수에 영향을 줄 수 있으므로, 임상적으로 큰 의의를 가진다⁴⁸⁾.

임상에서 여러 시멘트를 이장재로 사용하고 있는데 술후에 통증이나 자극을 호소하는 일은 흔히 경험한다. 그러나, 단지 이러한 자극이 단순히 그 시멘트의 산도에만 의존하는 것이 아니라 그 시멘트 용액분자의 크기에 따른 상아세관으로의 침투력도 밀접한 관련이 있다. 즉 글래스아이오노머 시멘트의 초기산도는 인산아연시멘트보다 낮지않음에도 그 산용액의 분자의 크기가 보다 커 상아세관으로의 침투가 적어 인산아연시멘트보다 치수에 대한 자극이 작은 것으로 보고되고 있다⁴⁹⁾. 이상에서와 같이 이장재의 산도 자체만으로 재료의 생체 적합성을 평가할 수는 없지만 하나의 기준은 될 수 있으므로 이에 저자는 수종의 이장용 시멘트를 대상으로 최근 발거한 치아와 구강내의 치아를 이용하여 연화 후 pH측정기를 이용하여 산도의 변화를 관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 이장재는 도표 1에서와 같이 임상에서 사용되는 레진 시멘트, 글래스 아이오노머 시멘트, 인산아연시멘트, 산화아연시멘트를 사용하였고, pH측정에 사용한 기기는 MICRO-COMPUTER pH METER MODEL 6201(JENCO ELECTRONICS, LTD)을 사용하였다.

2. 실험방법

최근 발거한 하악 대구치와 앞으로 발거할 예정인 하악지치를 이용, 각각 20개의 치아를 4군으로 나눈뒤, 교합면에 3mm 깊이의 와동을 형성하고 1mm 두께로 시멘트를 이장하였다. 와동내에 증류수를 채우고 pH meter tip을 buffer solution(pH 7)

에 넣은후에 pH를 측정하였으며 측정시의 온도는 $23^{\circ} \pm 2^{\circ}C$ 와 $37^{\circ} \pm 2^{\circ}C$ 에서 측정하였다. 측정방법은 pH meter의 tip끝을 연화된 시멘트에 밀접하게 접촉시킨 뒤 연화시작 2분후부터 pH를 2분 간격으로 20분동안 측정한 뒤 1일후, 2일후 3일후의 변화를 기록하여 그래프로 나타내었다.

III. 실험결과

측정된 각 시멘트의 연화후 시간에 따른 pH값의 변화에서 실험된 모든 종류의 이장재에서 초기에 높은 산도를 나타내지 않았고 중성에 가까운 초기산도를 보였으며 레진시멘트와 글래스아이오노머시멘트에서는 대부분의 in vivo와 in vitro실험군에서 pH값의 차이가 거의 없었으며 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다

1) Time Line(resin cement)

In vitro:연화시작 2분후 pH가 6.86이고, 시간에 따른 변화는 비교적 없었으며 20분후에는 6.83이었고, 1일후, 2일후, 3일후에도 거의 변화가 없었다.

In vivo:연화시작 2분후 pH가 6.67이고, 시간이 지나면서 비교적 변화가 없었으나, 2일과 3일후에는 다른 시간대에 비해서 비교적 낮은 pH를 보였다(Fig.1).

2) Fuji Lining LC(Type III)(glass ionomer cement)

In vitro:연화시작 2분후 pH가 6.92이고, 시간이 지나면서 비교적 변화가 없었으며, 20분후에는 6.66을 기록하였고, 1일후에는 6.74, 2일후에는 6.76, 3일후에는 6.64를 보였다.

In vivo:연화시작 2분후 pH가 6.74이고, 시간이 지나면서 6.67과 6.88 사이로 비교적 변화가 없었고, 20분후에는 6.90이었고, 2일과 3일후에는 비교적 낮은 pH를 보였다(Fig. 2).

Table 1. Cement Materials Tested

Material	Manufacturer	Type
Time Line	Caulk/Dentsply	Resin
GC Fuji Lining LC	GC Corp.	Glass-ionomer
Fleck's Zinc Cement	MIZZY, INC, U.S.A.	Zinc phosphate
ZOE	Sultan, Chemists, INC.	Zinc oxide eugenol

3) Fleck's Cement(Zinc phosphate cement)

In vitro:연화시작 2분후 pH가 6.88이고, 20분후에는 6.55이었고, 1일후, 2일후 3일후에는 6.5에서 6.8 사이를 보였다.

In vivo:연화시작 2분후 pH가 6.86이고, 시간이 지나면서 6.84에서 6.92사이를 보였고 20분후에는 6.89를 기록하였으며, 2일과 3일후에는 비교적 낮은 pH를 나타내었다(Fig. 3).

4) Zinc oxide-eugenol(Sultan chemists, Inc.)

In vitro:연화시작 2분후 pH가 6.45이고, 시간이 지나면서 6.31에서 6.51사이를 보였으며, 20분 후에는 6.46이었고, 1일후, 2일후, 3일후에 6.64, 6.42,6.48을 보였다.

In vivo:연화시작 2분후 pH가 6.62이고, 시간이 지나면서 6.63에서 6.81사이를 보이며 비교적 시간에 따라 pH가 약간 증가하였으며, 모든 시간대에서 in vitro실험군에 비해 높은 pH를 보였다(Fig.4).

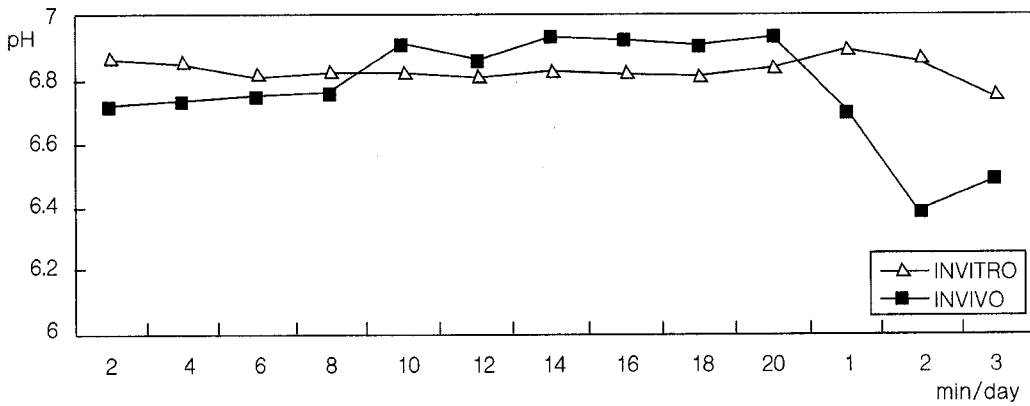


Fig. 1. The pH change of Time Line(resin cement) In Vitro and In Vivo

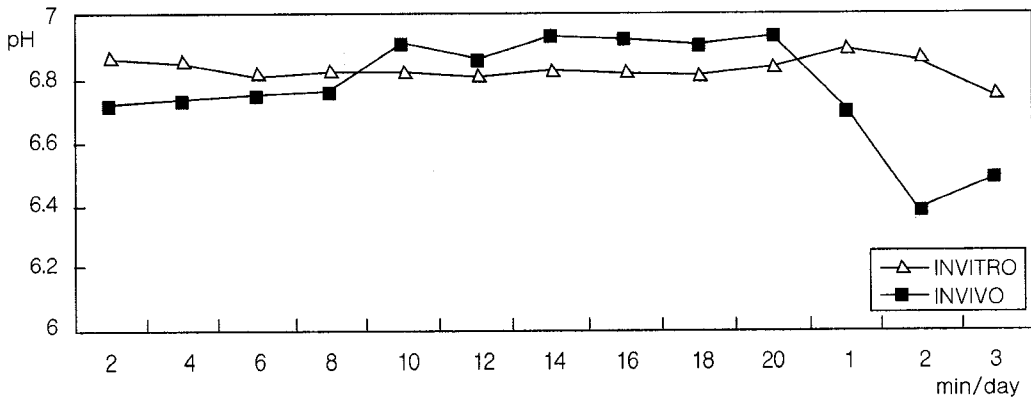


Fig. 2. The pH change of GC Fuji Lining LC(Glass Ionomer cement) In Vitro and In Vivo

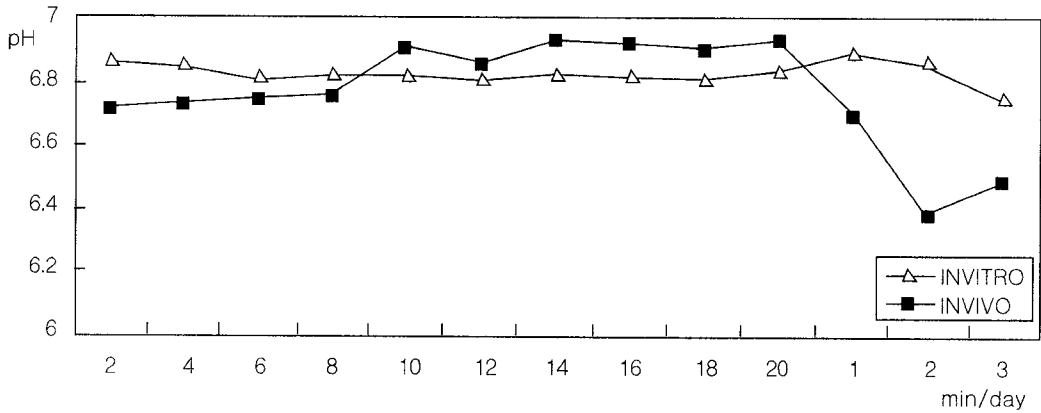


Fig. 3. The pH change of Fleck's cement(Zinc Phosphate cement) In Vitro and In Vivo

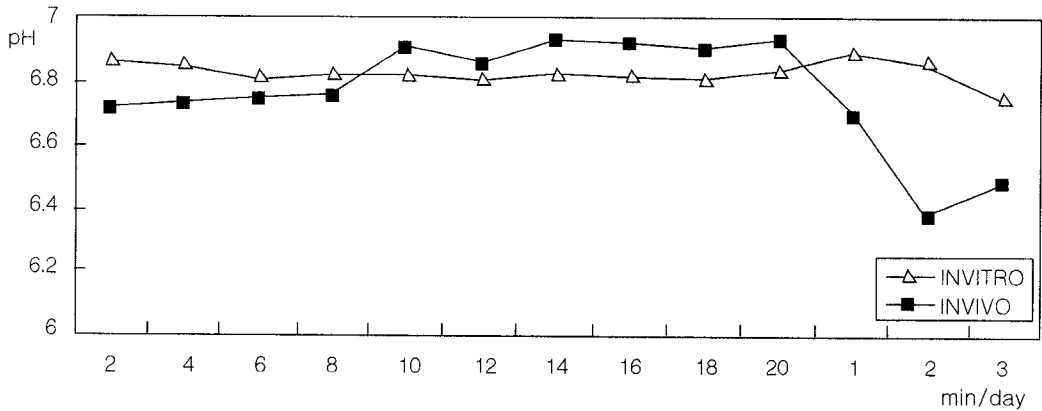


Fig. 4. The pH change of Zinc Oxide Eugenol In Vitro and In Vivo

IV. 총괄 및 고안

수복물의 자극을 차단하기 위하여 임상에서 사용되는 이장재의 산도는 수복 후 동통을 유발시키거나, 치수의 생활력에 영향을 미치는 하나의 자극으로 작용할 수 있다. 따라서 각종 치과용 시멘트의 경화에 따른 산도측정은 여러 연구자들에 의해 행하여져왔다⁴⁸⁾.

본 연구에서는 임상적으로 많이 이용되는 레진 시멘트, 글래스아이오노머 시멘트, 인산아연시멘트, 산화아연유지닐을 선택하여 경화에 따른 산도를 측정하였다. 그 결과, In vitro 실험군과 In vivo 실험군을 비교해볼 때 레진시멘트와 글래스아이오노머

시멘트 실험군에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 인산아연시멘트와 산화아연유지닐 시멘트 실험군에서는 통계적으로 중요한 차이를 보였다 (ANOVA, $p=0.00812$). 위 두 재료에서는 구강내에서 직접 pH를 측정하였을 때 발치한 치아에서 측정된 값보다 더 높은 pH(낮은 산도)를 보였다. 이는 온도가 높을수록 경화가 더 빨리 촉진되기 때문이라 사료된다. 또한 레진시멘트와 글래스아이오노머 시멘트에서 차이를 보이지 않은 것은 발거된 치아나 구강내의 치아 모두에서 같은 조건으로 광중합을 시킨 후 pH를 측정하였기 때문으로 사료된다.

본 실험의 결과는 지금까지 알려져왔던 시멘트

의 높은 초기산도를 보이지 않았는데, 이는 와동 내에 삽입된 이장재의 양이 1mm 정도로 양이 아주 미미하고, 와동내에서 직접 pH를 측정하였기 때문에 미세 전극(microelectrode)이 깊이 들어갈 수 없는 제한된 상황이었기 때문으로 사료된다.

글래스아이오노머 시멘트의 용액인 polyacrylic acid는 연화후 낮은 pH를 보였으나, 용액분자가 거대하므로, 상아세관으로의 침투가 어려워 낮은 초기 pH를 가짐에도 불구하고 치수 적합성이 좋고 불소 유리로 2차 우식을 감소시키게 된다^{55,49,50}. 본 실험에서 나타난 바로는 초기에 낮은 pH를 보이지 않았으며, 발치된 치아와 구강내의 치아에서 통계적인 차이가 없었다. 인산아연시멘트삽입 후 초기의 낮은 산도로 인해서 치수에 손상을 일으키며, 방사선 동위원소가 포함된 인산을 사용한 실험에서도 상아질로의 산의 침투가 1.5mm만큼 큰 것으로 보고되고 있으며, 이 두께 이하의 상아질이 남아있는 경우 치수손상이 유발될 수 있다고 하였다⁵⁰. 따라서 이런 경우는 Cavity varnish나 산화아연유지놀 시멘트, 칼슘하이드록사이드 이장재 등으로 보호되어야 한다. 한편, Martin 등⁴²⁽⁴³⁾은 초기의 낮은 산도보다 더 중요한 것은 와동내에 남아있는 세균이나 잔사물을 물로만 씻어내지 않고, surface-active and microbicidal solution으로 와동을 세척한다면 깊은 와동에서도 치수반응이 일어나지 않았다고 보고했다.

본 실험에서 나타난 바로는 초기의 낮은 산도를 보이지 않았으며, 시간에 따른 변화가 거의 없었다. 산화아연유지놀 시멘트는 치수에 자극이 적고 진정작용이 있는 것으로 알려져 있으며, 용액성분은 주로 유지놀로서 치아의 와동에 삽입시 pH는 거의 중성인 7이다. 본 실험에서 나타난 바로는 in vitro와 in vivo에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으며 이는 구강내의 온도가 더 높기때문으로 사료된다.

시멘트가 치수에 영향을 미치는 것은 산도뿐만 아니라 용액의 분자크기, 경화시 열반응 등⁵²⁽⁵³⁾ 여러가지 복합적인 반응이기 때문에 산도와 치수반응을 단순하게 비교하는 것은 큰 의의가 없으나, 상아세관을 통하여 치수조직을 자극할 수 있는 가능성이 있기 때문에 중요하다. 이러한 pH의 변화는 시멘트의 종류 뿐만 아니라 온도, 분말/용액비,

연화방법, 시간, 습도, storage media의 차이 등 여러 요소 및 환경에 따라 크게 변화하고, 산도의 효과는 산의 적용시간, 산의 양, 세균의 존재여부, 상아질 투과도, 시멘트와 치아의 접촉부위에 따라서 달라질 수 있다⁴⁶.

실제 임상에 있어서는 치료실의 온도나 습도 및 술자의 조작방법, 구강내 환경의 상태에 따라 다소 변이가 생길 것으로 생각되므로, 이에 대한 고려와 함께 더불어 실제 시멘트의 pH 변화와 이에 나타나는 임상적 증상과의 연관성에 대한 연구도 중요한 과제라고 사료된다. 이에 앞으로 in vivo에서 와동 형성후 치아와 시멘트 사이에서의 pH측정과, 와동의 깊이의 변화에 따른 산도변화와, 조직학적 변화에 대한 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

수중 이장재의 경화에 따른 산도변화를 알아보기 위해서 레진 시멘트(Time Line),글래스아이오노머(GC Fuji Lining LC), 인산아연시멘트, 산화아연유지놀 시멘트등 4가지 종류의 이장용 시멘트를 대상으로 in vitro(최근 발거된 치아)와 in vivo(발거할 예정인 하악 지치)에서 각각 4군으로 분류하였다. 각 군당 5개의 치아를 이용하여 교합면에 3mm 깊이의 와동을 형성한 뒤 1mm 두께로 시멘트를 이장하였으며, 와동내에 증류수를 채우고 pH meter tip을 buffer solution(pH 7)에 넣은 후에 pH를 측정하였다. 경화반응시 시간에 따른 pH의 변화를 2분 간격으로 20분까지 측정한 뒤 1일 후, 2일 후, 3일 후의 pH를 MICRO-COMPUTER pH METER MODEL 6201(JENCO ELECTRONICS, LTD)으로 측정한 뒤 ANOVA와 t-test를 이용하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. In vitro에서 산화아연유지놀 시멘트의 pH는 2분, 4분, 6분, 8분, 10분, 12분, 18분, 20분에서 다른 세 실험군에 비해 낮았으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).
2. In vivo에서 산화아연유지놀시멘트의 pH는 16분, 18분, 20분에서 in vitro 실험군보다 높았으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).
3. In vivo에서 인산아연시멘트의 pH는 4분, 20분

에서 in vitro 실험군보다 높았으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

4. 레진시멘트와 글래스아이오노머시멘트에서는 대부분의 in vivo와 in vitro 실험군에서 pH값의 차이가 거의 없었으며 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.
5. 실험된 모든 종류의 이장재에서 초기에 높은 산도를 나타내지 않았고 중성에 가까운 초기산도를 보였다.

VI. 참고문헌

1. 김정혜, 김영혜: 이장재의 세포독성에 관한 실험적 연구, 대한치과보존학회지: Vol. 15, No. 2, 1990.
2. L. E. Tam, E. Pulver, D. McComb, D. C. Smith: Physical properties of calcium hydroxide and glass-ionomer base and lining materials, Dent Mater 5:145-149, 1989.
3. Richard D. Norman, Marjorie L. Swartz, Ralph W. Phillips: Direct pH Determination of Setting Cements. 1. A Test Method and the Effects of Storage Time and Media, J. Dent Research 45:136-143, 1966.
4. Brannstrom, M.: Communication between the Oral Cavity and the Dental Pulp Associated with Restorative Treatment, Oper Dent 9: 57-68, 1984.
5. Gordon TM, Randy DM, Boyden BD. The effects of calcium hydroxide on bovine pulp tissue: variation in pH and calcium concentration. J Endodon 11:156-160, 1985
6. Paffenbarger, G. C., and Stanford, J. W. Zinc Phosphate and Silicate Cements, Dental Clinics of North America, Philadelphia, W. B. Saunders Co., 561, 1958.
7. Wertheimer, F. The Composition and Behavior of the Silicate Cements, J. dent. Children, 12, 90-6, 1945.
8. Manley, E. B. Pulp Reactions to Dental Cement, Proc. Roy. Soc. Med. Sect. Odont., 36, 488-99, 1943.
9. Zander, H. A. The Reaction of Dental Pulp to Silicate Cements, J. Amer. Dent. Ass., 33: 1233-43, 1946.
10. Zander, H. A., and Pejko, I. Protection of the Pulp Under Silicate Cements with Cavity Varnishes and Cement Linings, J. Amer. Dent. Ass., 34: 811-19, 1947.
11. Shroff, F.R. Effects of Filling Materials on the Dental Pulp, New Zealand dent. J., 43: 35-58, 1947.
12. Waerhaun, J. Effect of Zinc Phosphate Cement Filling on Gingival Tissues, J. Periodont., 27: 284-90, 1956.
13. Skinner, E. W. A Comparison of the Properties and Uses of Silicate Cement and Acrylic Resin in Operative Dentistry, J. Amer. Dent. Ass., 58: 27-36, 1959.
14. Griffith, J. R., and Ware, A. L., An Evaluation of Dental Cements, Aust. dent. J., 5: 285-89, 1960.
15. Langeland, K. Pulpal Response to Caries and Operative Procedures, J. Dent. Ass. South Africa, 18: 101-12, 1963.
16. Smith, D. C. and Ruse, D. N.: Acidity of Glass Ionomer Cements and Its Relation to Pulp Sensitivity, J Am Dent Assoc 112: 654-657, 1986.
17. R. J. Fitzgerald, B. O. Adams, M. E. Davis: A Microbiological Study of Recurrent Dental Caries, Caries Res 28: 409-415, 1994.
18. M. J. Woolford and R. G. Chadwick: Surface pH of resin-modified glass polyalkenoate (ionomer) cements. J. Dent. 20: 359-364, 1992.
19. Lefkowitz W, Seelig A, Zachinsky L. Pulp response to self-curing acrylic filling material. NY Dent J 1949; 15: 373-386.
20. Stanley HR, Swerdlow H, Stanwich L, Suarez C. A comparison of the biological effects of filling material with recommendations for pulp protection. Am Acad Gold Foil Oper 1967; 12: 56-62.
21. Stanley HR, Going RE, Chauncey HH. Human pulp response to acid pretreatment of dentin

- and to composite restoration, *J Am Dent Assoc* 1975;91:817-825.
22. Macko DJ, Rutberg M, Langeland K. Pulpal response to the application of phosphoric acid to dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1978;45:930-946.
 23. Brannstrom M. *Dentin and pulp in restorative dentistry.* London:Wolfe Medical, 1982.
 24. Brannstrom M. Smear layer: pathological and treatment considerations, *Oper Dent* 1984;9(suppl 3):35-42.
 25. Pashley DH. Smear layer: pathological considerations. *Oper Dent* 1984;9(suppl 3):13-29.
 26. Lloyd C. H., Joshi A. and McGlynn E. Temperature rises produced by light sources and composites during curing. *Dent Mater* 2,170-174,1986
 27. Bourke A. M., Walls A. W. and McCabe J. F (1992) Light activated glass polyalkenoate (ionomer) cements: the setting reaction. *J. Dent.* 20, 115-120.
 28. Tobias, R. S., Browne, R. M., Plant, C. G., and Ingram, D. V.: Pulpal response to a glass ionomer cement. *Brit. Dent. J.* 144:345-340,1978.
 29. Wang, J. D. and Hume, W. R.: Diffusion of Hydrogen Ion and Hydroxyl Ion from Various Sources through Dentine, *Int Endod J* 21:17-26, 1988.
 30. McLEAN, J. W.: Alternatives to Amalgam Alloys:1, *Br Dent J* 157:432-433, 1984.
 31. Crisp, S. and Wilson, A. D.: Reactions on Glass Ionomer Cements. III. The Precipitation Reaction, *J Dent Res* 53:1420-1424,1974.
 32. Cooper, I.R.: The Response of the Human Dental Pulp to Glass Ionomer Cements, *Int Endodont J* 13:76-88, 1980.
 33. Plant, G.C.; Browne, R. M.; Knibbs, P.J.; Britton, A.S.; and Sorahan, T.: Pulpal Effects of Glass Ionomer Cements, *Int Endod J* 17:51-59, 1984.
 34. Uçok, M.: Biological Evaluation of Glass Ionomer Cements, *Int Endod J* 19:285-297.
 35. Dahl, B. L. and TRONSTAD, L.: Biological Tests of an Experimental Glass Ionomer Cement, *J Oral Rehabil* 3: 19-24, 1976.
 36. Kawahara, H.; Imanishi, Y.; and Oshima, H.: Biological Evaluation on Glass Ionomer Cement, *J Dent Res* 58:1080-1086,1979.
 37. Nordenvall, K.J.; Brannstrom, M.; and Torstenson, B.: Pulp Reactions and Microorganisms under ASPA and Concise Composite Fillings, *J Dent Child* 46:449-453
 38. Pameijer, C.H.; Segal, E.; and Richardson, J.: Pulpal Response to a Glass Ionomer Cement in Primates, *J Prosthet Dent* 46: 36-40,1981.
 39. Hanks, C.T.; Anderson, M.; and Craig, R. G.: Cytotoxic Effects of Dental Cements in-Two Cell Culture Systems, *J Oral Pathol* 10:101-112,1981.
 40. Meryon, S. D.; Stephens, P. G.; and Browne, R. M.: Comparison of the in vitro Cytotoxicity of two Glass Ionomer Cements, *J Dent Res* 62:769-773, 1983.
 41. Martin Brannstrom, Hilding Nyborg: Dentinal and pulpal response. IV. Pulp reaction to zinc oxyphosphate cement—a morphologic study on dog and man, *Odont Revy* 11:37 No. 1, 1960
 42. Martin Brannstrom, Hilding Nyborg. Bacterial growth and pulpal changes under inlays cemented with zinc phosphate cement and EpoxyLite CBA9080, *J Prosthet Dent* 31:556 May 1974
 43. Martin Brannstrom, Hilding Nyborg: Pulpal reaction to polycarboxylate and zinc phosphate cements used with inlays in deep cavity preparations. *J. Am. Dent. Assoc* 94:308-310, 1977
 44. Richard D. Norman, Marjorie L. Swartz, Ralph W. Phillips, and Jerry W. Raibley: Direct pH Determination of Setting Cements. 2. The Effects of Prolonged Storage Time, Powder/Liquids Ratio, Temperature, and Dentin, *J. Dent. Research*, 45:1214-1219, 1966.
 45. James, V. and Diefenbach, G.: Prevention of histopathologic changes in young dog's teeth by

- the use zinc oxide and eugenol. J. Am. Dent. Assoc. 29:583-592, 1942.
46. Craig R, Peyton FA, eds, Restorative dental materials. St. Louis:CV Mosby, 149:1975
47. Martin Brannstrom, Hilding Nyborg. Pulpal reaction to temporary zinc oxide-eugenol cement. J. Prosthet Dent 35:185 Feb. 1976.
48. 이명중:수중 치과용 시멘트 경화시 초기 산도 측정에 관한 실험적 연구, 대한치과보존학회지: Vol. 16, No 2, 1991.
49. Maldonado A, Swartz ML and phillips RW: An in vitro study of certain properties of a glass ionomer cement J. Am. Dent assoc 96:785, 1978.
50. Finger, W:Evaluation of glass ionomer luting cement, Scand, J. Dent Res 91, 143,1983.
51. Swartz ML, Niblack BF, Alter EA et al:In vivo studies on the penetration of Dentin by constituents of silicate cement. J. Am Dent Assoc 76:573,1968.
52. Stephen Crisp, Michael A. Jennings and Alan D. Wilson:A study of temperature changes occurring in setting dental cements, J. Oral Rehabil, 5:139-144,1978.
53. Zach,L& Cohen, G.:Pulp response to externally applied heat. Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology, 19:515, 1965.