

# Glass Ionomer Cement의 接着力에 關한 實驗的 研究\*

서울대학교 齒科大學 保存學教室

李 鳴 鍾

## AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE BONDING FORCE OF GLASS IONOMER CEMENT

Myung Jong Lee, D. D. S., Ph.D.

*Dept. of Operative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University*

..... > Abstract < .....

The purpose of this study was to observe the bonding strength between tooth surface (enamel and dentin) and restorative filling materials which are two composite resins (Clearfil and Concise) and Glass ionomer cement, after etching with 50% phosphoric acid and 37% citric acid.

To measure the bonding strength in enamel, the labial surface of upper anterior tooth was cut flatly with using carborundum disk and polished with sand paper disk, and to measure in dentin, the dentin surface was prepared by grinding upper part of posterior tooth horizontally.

After washing the tooth surface with water and drying with air blast, the prepared tooth surface was etched.

In glass ionomer cement, 50% phosphoric acid and 37% citric acid were used, in Clearfil 40% phosphoric acid was used and in Concise, 50% phosphoric acid and 37% citric acid were used as etchant for 1 minute.

After the copper band which is 5 mm in diameter and 5 mm in height was fixed on the prepared surface and each filling material was inserted into the copper band, the hooking loop was inserted into filled material in the copper band before setting to make it easily that the load is applied on the specimen.

After all specimens were immersed in water at 37°C for 1 week, this specimen was placed on the load cell of tensile test apparatus, and specimen was pulled at the cross-head speed of 0.8 mm per minute.

The following results were obtained

- 1) In glass ionomer cement, the bond strength obtained by 37% citric acid was higher than one obtained by 50% phosphoric acid in enamel and dentin surfaces. The bond strength obtained in

\* 본 研究는 1981年度 서울대학교病院 臨床研究費의 支援에 의하여 이루어 졌음.

non-etched surface was much less than one by etchants in enamel and dentin surface.

2) In Clearfil, the bond strength obtained by 40% phosphoric acid was 4 times more than one obtained by non etchant.

3) In Concise, the bond strength obtained by 50% phosphoric acid was almost same as one obtained by 37% citric acid, and the bond strength obtained by non etchant was much less than one obtained by etchants.

— 目 次 —

- I. 緒 論
- II. 實驗材料 및 實驗方法
- III. 實驗成績
- IV. 總括 및 考按
- V. 結 論
- 參考文獻

I. 緒 論

齒質接着性 cement는 1968年 Smith<sup>1)</sup>가 Carboxylate cement를 開發한 以來, 1971年 Wilson과 Kent<sup>2)</sup>는 珪酸 cement의 長點과 Polycarboxylate cement의 長點을 選擇하여 最初로 Glass ionomer cement를 開發하였다.

珪酸 cement는 弗素가 含有되어 있어서 抗齶蝕性을 包含한 緒緞 長點이 있으며, Polycarboxylate cement는 齒質과 化學的인 結合을 하는것이 그 長點으로 되고 있다. Glass ionomer cement粉末의 主成分은 Aluminum Silicate이다. 이 cement液의 水素 이온이 Aluminum silicate glass 粉末表面에 浸透되어 粉末表面은 陽이온(Al<sup>3+</sup> Ca<sup>2+</sup>)과 置換해서 液의 Carboxylanion과 結合하여 架橋構造의 硬化物이 된다. 이 때에 齒質의 칼슘이온이나 金屬이온과 chelate을 만들어 齒質과 cement間에 化學的 結合을 이룬다.<sup>3, 4, 5, 6, 7)</sup>

Glass ionomer cement는 Carboxylate cement와 같은 Chelate結合하는 點이 一致하지만 Carboxylate cement의 反應은 主로 齒質의 칼슘이온이 작용하는 것에 反하여<sup>8)</sup> Glass ionomer cement는 齒質의 칼슘이온 뿐 아니라 象牙質의 膠質의 炭酸基나 아미노基에도 잘 反應하는 點<sup>9)</sup>이 相異한 것이다. 이 cement는 Alumino silicate와 polyacrylic acid로 構成되어 있기 때문에 頭文字를 따서 A. S. P. A. cement라고도 한다. Glass ionomer cement의

理化學的 性質에 關하여 Kent,<sup>10)</sup> McLean,<sup>9)</sup> Crisp<sup>11)</sup>에 依해서 研究되어 本材料가 裏裝用, 合着用, 充填用 및 fissure sealing으로 使用 可能性을 報告하였다. 또한 Glass ionomer cement特徵은 齒質과 같은 色調를 가지며,<sup>12)</sup> 齒髓에 對해서도 爲害作用이 없고,<sup>13)</sup> 齒質의 玻璃質, 象牙質 및 金屬에 對해서도 接着하며,<sup>14)</sup> 邊緣封鎖가 優秀하며 더욱이 抗齶蝕性을 가지고 있다고 報告되었다!<sup>14)</sup>

1955年 Buonocore<sup>15)</sup>는 齒牙表面에 acrylic resin의 接着力을 增強시키기 위해 酸腐蝕劑를 最初로 使用한 以來 接着性 resin에 대해서는 Gwinnett와 Buonocore<sup>16)</sup>, Wilson<sup>33)</sup>, Cueto와 Buonocore<sup>17)</sup> 등의 研究를 通하여 齒牙齶蝕의 予防을 爲한 裂溝의 密封劑로 使用되어 왔다. 最近에는 複合레진이 開發되어 溝나 裂溝을 密封하여 齶蝕을 予防하는 目的外에 保存領域에서 前齒部 破折齒冠部 및 齶蝕齒牙의 修復材로 使用하고 있다. 腐蝕된 齒牙表面과 레진의 接着은 機械的인 結合으로 알려져있고 實際로 臨床에서 이러한 機械的인 結合效果를 높이기 爲해 齒牙 玻璃質에 酸處理를 한다. 이때 使用되는 酸의 種類와 이들의 腐蝕效果와 齒牙表面에 對한 레진의 浸透程度 等에 關한 研究報告가 있다.

1971年 Gwinnett<sup>18)</sup>는 酸의 여러 種類가 玻璃質에 對한 腐蝕效果를 比較 觀察한 그의 實驗에서는 塩酸이 가장 良好한 腐蝕效果를 나타냈으며, 다음은 磷酸, 拘櫛酸 順序로 腐蝕이 되었다고 報告했다.

1971年 Jacobsen<sup>19)</sup>은 複合레진을 酸處理된 齒牙表面에 接着시킬 때까지 所要되는 操作時間의 長短에 따른 레진의 浸透度의 差異를 報告하였다.

從來 齶蝕抑制效果가 있는 修復材料로는 珪酸cement로 알려져 있다. 이 cement의 充填物 周圍에는 二次齶蝕症의 發生率이 낮으며,<sup>20)</sup> 充填物과 隣接되는 齒面의 齶蝕發生이 적은 것 등을 臨床의으로 觀察되고 있다.<sup>21)</sup> 그 理由는 cement에 包含되어 있는 弗素가 露出되어 玻璃質 耐酸性을 向上시켜 준다고 발표하였다.<sup>22)</sup> 그러나 珪酸cement는 口腔內

에서 溶解性이 높고 齒髓刺戟이 있으므로 레진이 出現 以後 消退되어가고 있다.<sup>23)</sup> 새로이 開發된 Glass ionomer cement는<sup>2)</sup> 弗素가 包含되어 있고 粉末組織이 珪酸 cement와 類似하며,<sup>2, 24, 25)</sup> 항우식效果가 期待되는 것이다.

Glass ionomer cement의 弗素에 關한 研究는 적지만 Försten<sup>26)</sup>, Maldonads<sup>27)</sup>은 基礎的인 實驗에서 珪酸 cement와 比較하여 弗素의 溶出量이 많고 더우기 珪酸質의 耐酸性의 向上이 많다고 報告 하였다. 또한 Glass ionomer cement는 珪酸 cement의 欠點인 溶解性과 齒髓刺戟性을 改善하였으며,<sup>10, 28, 29)</sup> 더우기 齒質과의 接着性이 있는<sup>27, 30, 31)</sup> 것으로 充填이나 黏着用途뿐 아니라 他方面에 利用된다는 報告도 있다.<sup>32, 33)</sup> 그러나 Glass ionomer cement 使用時 酸腐蝕效果는 많은 學者들에 依해서 研究되었지만 그 實行效果가 引張力에 關하여 얼마나 影響을 주는지는 많은 論難의 對象이 되어왔다.

따라서 著者는 現在 우리나라에서 市販되는 Glass ionomer cement와 Composite Resin인 Clearfil, Concise를 選擇하여 齒牙의 珪酸質과 象牙質에 40~50% 磷酸과 37% 拘櫟酸으로 酸處理와 酸未處理 狀態에 있어서 接着力을 比較 觀察한 바 其 結果를 報告하는 바이다.

## II. 實驗材料 및 實驗方法

### 1) 實驗材料

本 實驗은 最近에 拔去된 上顎前齒 80個와 大白齒 50個를 選擇하여 生理的 食鹽水에 貯藏하여 使用하였고 本實驗에 使用한 修復材料는 Glass iono-

mer cement (Fuji ionomer cement Type I G-C Dental Industrial Corp.), Clearfil Bond System F (Kuraray) 및 Concise Enamel Bond System (Dental Products 3M Co)을 使用하였고, 各 材料의 取扱은 製造會社의 指示에 따라서 施行함을 原則으로 하였다.

### 2) 實驗方法

拔去된 上顎前齒 80個와 大白齒 50個를 試片으로 하여 珪酸質에 대한 接着力을 測定하기 爲해서는 前齒는 齒根部 一部를 切斷해 버리고 Self curing acrylic resin으로 齒牙의 唇側이 水平面에 平行되게 위로 나오게 埋沒하고 珪酸質 表層 一部만을 平坦하게 Diamond disk로 削除한 後 Sand paper disk로 研磨하여 珪酸質 試片面을 平面으로 하였고 象牙質에 對한 接着力을 測定하기 爲해서는 大白齒 齒根部 一部를 切斷해 버리고 Self curing acrylic resin으로 齒牙를 垂直으로 埋沒하여 齒冠部에서 象牙質이 露出되게 Diamond disk로 齒冠部를 平面으로 削除한 後 Sand paper disk로 研磨하여 試片面을 形成하였다. 이와 같이 準備된 試片平面上에 內徑 5mm, 높이 5mm의 銅管을 齒質 水平面上에서 直角으로 놓고 銅管에 固定用具를 附着시키고, 그 周圍를 고무줄로 結締하여 試片面에 銅管을 固定하고 壓縮空氣로 試片面을 乾燥시킨 後, 銅管內에 修復材를 充填하여 修復材가 硬化되기 前에 그 上部에 hook wire loop를 埋入시켜 試片에 引張力을 줄 수 있게 製作하였다. (그림 1)

Glass ionomer cement과 Concise (Enamel Bond System)은 酸未處理群과 酸處理群으로 分類하고 酸處理群에 있어서는 37% 拘櫟酸과 50% 磷酸으로

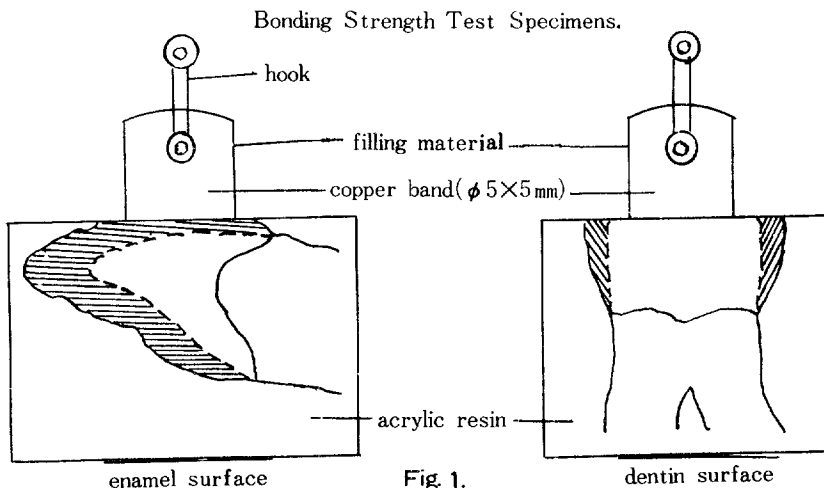


Fig. 1.  
- 79 -

各各 1分間式 處理하고 水洗后 壓縮空氣로 30秒間 乾燥시킨 后, 修復材를 充填하였다. 各 群에 對하여 10個式 試片을 製作하고, Clearfil Bond System F. 에서는 酸未處理群과 酸處理群으로 分類하고 酸處理 群에 있어서는 40% 磷酸과 37%의 拘櫟酸으로 區分 하여 各群에 10個式 試片을 製作하여 總 130個의 試片을 만들었다. 各 試片에 充填材가 硬化된後 試片과 銅管을 固定시켰던 固定用具와 고무줄을 除去하고 室溫에 放置后, 1週間 37°C 水中에 貯藏하였다. 島津製作所製의 Tensil Adhesion test를 위한 Instron에 試片을 걸어 試片에서 銅管이 脫落될 때 까지 附荷을 0.8mm/1 min의 速力으로 加하여 測定値는 單位 面積當으로 換算해서 接着力을 測定하였다.

### III. 實驗成績

齒牙 琺瑯質面과 象牙質面에 對하여 酸處理의 有無에 있어서 Glass ionomer cement과 Composite resin인 Clearfil Bond System F. Concise Enamel Bond의 接着力을 比較한 實驗値는 表 1과 같다.

琺瑯質面에서 Glass ionomer cement와 Clearfil Bond System F. 및 Concise Enamel Bond의 接着力은 酸處理境遇가 酸未處理境遇보다 顯著하게 增加하였으며 Concise Enamel Bond例에서는 磷酸으로 處理한 境遇가 酸未處理境遇보다 9倍나 增加하였

고, Clearfil Bond System F.도 約 4.5倍이고 Glass ionomer cement는 若干 높은 接着力을 나타냈다. 또한 拘櫟酸에서는 Concise Enamel Bond는 9倍, Glass ionomer cement는 約 1.5倍의 높은 接着力을 나타냈다.

象牙質面에서 Glass ionomer cement의 接着力은 拘櫟酸도 酸處理한 群에서 顯著하게 높았고, 磷酸도 酸處理한 群에서 多少 컸다. Clearfil Bond System F의 接着力은 磷酸에 依한 酸處理한 群이 酸未處理한 群보다 約 4倍나 컸다.

一般的으로 酸處理는 Glass ionomer cement 보다 Composite resin에서 接着力이 컸으며, Glass ionomer cement에 있어서 酸處理한 群과 酸未處理한 群 사이에는 別로 큰 差異가 없었다.

### IV. 總括 및 考按

本實驗에서 50% 磷酸과 37% 拘櫟酸으로 齒牙表面에 酸處理 有無에 따라서 Glass ionomer cement와 Composite Resin인 Clearfil Bond System F와 Concise Enamel Bond의 修復材가 琺瑯質面과 象牙質面에 接着力이 顯著하게 增加되는 것을 觀察할 수 있는데, 이것은 腐蝕된 琺瑯質 表面이 粗造하게 되어 레진과 機械的인 結合을 이루기 때문이라고 한다.<sup>35) Swarts<sup>36)</sup>는 顯微鏡像에서 酸으로 處理된 琺瑯質面에 벌집모양의 構造가 나타났다고 했으며, 이것은</sup>

Table 1. Bond strength of restorative materials and acids used for etching enamel and dentin. (Kg/cm<sup>2</sup>)

Restorative materials	Etchants	Enamel	Dentin
Glass ionomer cement 4倍	Phosphoric acid	31.42 ( 4.21)	23.75 ( 6.84)
	Citric acid	39.08 ( 5.32)	29.83 ( 8.45)
	Non acid	25.42 ( 9.45)	15.34 ( 4.52)
Clearfil	Phosphoric acid	108.34 (23.41)	55.42 (26.34)
	Non acid	24.60 ( 4.83)	14.06 ( 4.83)
Concise	Phosphoric acid	87.58 (26.02)	
	Citric acid	85.32 (25.83)	
	Non acid	9.40 ( 4.28)	

機械的인 維持을 增加시킨다고 했고, Buonocore, Gwinnett<sup>16</sup> 등은 纖維狀의 突起(tag) 길이가 레진이 珐瑯質에 接觸되는 면에서 15~25 $\mu$ m 된다고 報告했고 Pahlava와 Dennison<sup>27</sup> 등은 tag의 길이가 5 $\mu$ m 내지 10 $\mu$ m 程度라고 報告하였다. 그러나 Silverstone<sup>38</sup>은 그의 測定에서 約 50 $\mu$ m이라고 하였다.

本 實驗에서 50% 磷酸과 37% 拘櫛酸으로 酸處理하였을 때 酸未處理보다 顯著的한 큰 값을 나타내었다. 이는 酸處理에 依해서 齒牙表面이 거칠게 되어 레진의 유동성에 依해서 레진이 粗造한 齒牙表面에 侵透되어 tag을 形成함으로써 이는 機械的 結合(mechanical interlocking)을 이루는 것으로 說明된다.

이와 같이 酸處理에 依한 接着力 增加에 對해서는 Buonocore,<sup>15,16</sup> Lee,<sup>36</sup> Retiet<sup>35</sup>, 등은 珐瑯質에 對해서 研究하였고, Hotz,<sup>30</sup> Wilson<sup>39</sup> Prodger<sup>31</sup>, Bech<sup>8</sup> 등은 珐瑯質과 象牙質에 對해서 增加한다고 報告하였다. 이와 같이 酸處理의 效果에 對해서는 一般的으로 酸은 齒牙表面을 깨끗이하여 齒面に 修復材料의 接觸效果를 크게 하고 珐瑯質에 對한 Composite resin의 接着性은 象牙質의 것보다 큰 것은 珐瑯質과 象牙質의 化學的 組織이 相違하여 腐蝕珐瑯質 表面은 象牙質表面보다 wettability가 좋고 親和性이 높으며 象牙質은 珐瑯質보다 乾燥狀態를 얻기가 困難하고 더우기 腐蝕에 依해서 形成된 兩齒質表面을 比較하면 象牙質의 密度는 낮은 漏斗開口部를 가지고 있는 것에 比하여 珐瑯質은 密度가 높으며 톱니狀의 凹凸을 가지고 있어 接着의 實効面積이 珐瑯質에 있어서 象牙質보다 큰 것이 많은 影響이 되는 것으로 思料된다. 酸未處理群에 있어서 複合레진인 Clearfil Bond System F.나 Concise Enamel Bond 및 Glass ionomer cement에서 珐瑯質表面과 象牙質表面에서 모두 接着力을 가지고 있으며 더우기 珐瑯質이 象牙質보다 많은 接着力을 나타냈다. Clearfil Bond System F.은 珐瑯質의 無機質과 親和性이 높고 化學的 結合性이 있는 것으로 多少의 水分은 重合硬化시키는 役割의 特異性을 發現된 것으로 생각된다. Concise Enamel Bond는 酸未處理群에서 酸處理群 보다 接着力이 顯著히 減少하였고, 이는 Glass ionomer cement와 Clearfil Bond System F.보다 接着力이 훨씬 낮았다. Glass ionomer cement의 酸未處理群에서 珐瑯質表面과 象牙質表面에서 모두 接着力을 가지고 있으며 珐瑯質이 象牙質보다 높은 接着力을 나타냈다. 이는 Glass

ionomer cement는 珐瑯質 性分의 칼슘과 直接 化學的 反應을 하여 chelating 化合物을 일으키기 때문이다. Glass ionomer cement가 象牙質에서는 bonding 되는 것은 二次的인 이온 및 極性(+,-)에 依한 分子間的 引力 때문이다. 그러나 Glass ionomer cement가 膠質과 bonding되는지 Apatite와 되는지는 不明하다고 Beech<sup>8</sup>은 后者를 지지했는데, 거의 全部가 100% Apatite로 이루어진 珐瑯質에 對한 接着이 더 크게 나타난 本 實驗과 유사하다. 그러나 Wilson<sup>9</sup>에 依하면 Glass ionomer cement와 膠質과의 直接的인 結合도 可能性이 있다고 報告하였다. 珐瑯質에 50% 磷酸과 37% 拘櫛酸을 使用할 때 拘櫛酸이 磷酸보다 많은 接着力을 나타냈다. 接着은 各 分子들의 이온의 極性(+,-)에 依해서 일어나는 것으로 生覺되며 液狀의 paste가 表面을 濕하게 한 後 水素이온에 依해서 일단 接着이 되며, 이와 같은 水素結合은 이온結合으로 대치된다. 이러한 反應을 化學的 接着(chemical adhesion)이라고 부르나 正確한 表現은 아니다. 實際로 化學結合이라기 보다는 分子間的 引力에 依한 二次的인 힘의 結果이며, specific adhesion 또는 physico-chemical Adhesion이 精確한 표현이다. Glass ionomer cement는 拘櫛酸이 가장 效果的인 Conditioner로, 結合의 失敗는 Cement와 珐瑯質의 界面이 아닌 内部에서 일어난다. 磷酸는 拘櫛酸보다 덜 效果的이다. 여기서 機械的인 結合은 接着과는 關係가 없고 珐瑯質 表面의 極酸化물과 Cement間에 極이온 性質에 依한 二次的인 分子間的 引力과 關係가 있다. Glass ionomer cement의 酸處理群에 있어서 磷酸 보다 拘櫛酸이 그 接着力이 큰 것은 磷酸은 強力한 腐蝕劑이지만 conditioner로써는 拘櫛酸 보다 훨씬 떨어진다. 이러한 結果로 미루어 拘櫛酸은 腐蝕보다는 效果的인 清掃劑이기 때문에 優秀한 結果가 나옴을 알 수 있다.

Wilson<sup>7</sup>는 拘櫛酸으로 表面處理后 殘存한 拘櫛酸은 세멘트에 癒合되어 어떠한 不作用도 없었다고 하였다. 實際로 齒牙表面의 拘櫛酸鹽은 킬레이트 效果에 依해 結合을 增加시키고 있었다.

上記 實驗의 結果 複合레진, 使用時 珐瑯質 表面에 酸處理는 必須的이라고 生覺할 수 있다. 그러나 Glass ionomer cement에서는 酸의 效果가 齒牙表面을 거칠게 하는 것보다도 齒面을 깨끗이 하여 材料 自体에 있는 炭酸基(-COOH)과 齒面に 있는 칼슘과 結合을 좋게 하는 化學的 結合을 이루

게 한다. 따라서 Glass ionomer cement 使用時 齒 面의 清潔이 더욱 要求된다.

## V. 結 論

2 種의 Composite resin 과 Glass ionomer cement 를 使用하여 齒面에 酸處理와 未處理를 하여 그 接着力을 測定한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. Glass ionomer cement에서 拘櫛酸의 接着力 效果가 磷酸보다 象牙質 珐瑯質에서 모두 높았고 未處理群에서는 顯著히 減少하지 않았다.

2. Clearfil Bond System F에서는 磷酸으로 處理 했을 境遇 珐瑯質 象牙質에서 모두 酸未處理 境遇보다 約 4倍 컸다.

3. Concise Enamel Bond에서는 磷酸이나 拘櫛酸 이나 效果가 비슷했고, 酸未處理群에서는 顯著히 낮았다.

## — REFERENCES —

1. Smith, D.C.: A new dental Coment, Brit. Dent. J., 125, 381-384, 1968.
2. Wilson, A.D. and Kent, B.E.: The glass ionomer cement, A new translucent dental filling material. J. Appl. Chem. Biotechnol., 21, 313, 1971.
3. Wilson, A.D. and Kent B.E.: A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement, Brit. Dent. J., 132, 133-135, 1972.
4. Crisp, S. and Wilson, A.D.: Reactions in glass ionomer cement: I. Decomposition of the powder, J. Dent. Res., 53, 1408-1413, 1974.
5. Crips, S., Pringer, M.A., Wardleworth, D. et. al.: Reactions in glass ionomer cements; II. An infrared spectroscopic Study, J. Dent. Res., 53, 1414-1419, 1974.
6. Crips, S., and Wilson, A.D.: Reactions in glass ionomer cement; III. The precipitation reaction, J. Dent. Res., 53, 4120-4124, 1974.
7. Wilson, A.D., Crisp, S. and Ferner, A.J.: Reactions in glass ionomer cement: IV. Effect of chelating Comonomer on setting behavior, J. Dent. Res., 55, 489-495, 1976.
8. Beech, D.R.: Improvement in the adhesion of polyacrylate cement to human dentine. Brit. Dent. J., 135, 442-445, 1973.
9. McLean, J. W. and Wilson A.D.: The clinical development of the glass ionomer cement 1. Formulations and properties, Aust. Dent. J., 22, 31-36, 1977.
10. Kent, B.E., Lewis, B.G. and Wilson, A.D.: The properties of a glass ionomer cement. Brit. dent. J., 135, 322-326, 1973.
11. Crisp, S., Lewis, B.G. and Wilson, A.D.: properties of improved glass ionomer cement formulation. J. Dent., 3, 125-130, 1975.
12. 藥師寺仁, 衣松勅生, 二野智弘, 町田幸雄: グラスアイオノマーセメントの齒髓に及ぼす影響ならびに 間接齒髓覆罩効果について 小兒齒誌, 16: 521-528, 1978.
13. Hotz, P., McLean, J.W., Scad. I. and Wilson, A.D.: The bonding of glass ionomer cements to metal and tooth substrates. Brit. dent. J., 142, 41-47, 1977.
14. Maldonado, A., Swartz, M.L., and Phillips, R.W.: An in vitro study of certain properties of a glass ionomer cement. J.A.D.A., 96: ties of a glass ionomer cement. J.A.D.A., 96, 785-791, 1978.
15. Buonocore, M.G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. J. Dent. Res., 34, 849-853, 1955.
16. Gwinnett, A.J., Buonocore, M.G.: A scanning electron microscope study of pit and fissure surface conditioned for adhesive sealing. Arch. Oral. Biol., 17, 415-423, 1972.
17. Cueto, E.I. and Buonocore, M.G.: Sealing of pit and fissure with an adhesive resin: It's use in caries prevention. J.A.D.A., 75, 121-128, 1967.
18. Gwinnett, A.J.: Histologic changes in human enamel following treatment with

- A acidic adhesive conditioning agents. Arch. Oral Biol., 16, 731-737, 1971.
19. Jacobsen, P.H.: Working time of polymeric restorative materials. J. Dent. Res., 52, 244-251, 1976.
  20. Phillips, R.W.: Materials for the practicing dentist: The C.V. Mosby Company. St. Louis, 1969, p.60.
  21. Lind, V., Wennerholm, G. & Nystrom, S.: Contact Caries in connection with silver amalgam, Copper amalgam and Silicate fullings: Acta odont, Scand., 22, 333-341, 1964.
  22. Phillips, R.W. & Swartz, M.L.: Effect of certain restorative materials on solubility of Enamel: J.A.D.A., 54, 623-636, 1957.
  23. Carig, R.G., O'Brien. W.J. & Poweers. J.M.: Dental materials, properties and manipulation: The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1979, p. 48.
  24. Crisp, S., Lewis, B.G. & Wilson, A.D.: Glass ionomer cement: Chemistry of erosion: J. Dent. Res., 55, 1032-1041, 1976.
  25. Kent, B.E., Lewis, B.G. & Wilson, A.D.: Glass ionomer cement formulations: 1. The preparation of novel fluoroalumino silicate grasses high in fluorine: J. Dent. Res., 58, 1607-1619, 1979.
  26. Forsten, I.: Fluoride release from a glass ionomer cement; Scand. J. Dent. Res., 85, 503-504, 1977.
  27. Maldonado, A., Swartz, M.L., & Phillips, R.W.: An in vitro study of certain properties of a new glass ionomer cement; J.A.D.A., 96, 785-791, 1977.
  28. Klotzer, W.T.: pulp reactions to a glass ionomer cement; J. Dent. Res., 54, 678, 1975.
  29. Tobias, R.S., Browne, R.M., Plant, C.G. & Ingram, D.V.: pulpal response to a glass ionomer cement; Brit. Dent. J., 144, 345-350, 1978.
  30. Horz. P., McLean J.W., Scad, I. & Wilson. A.D.: The bonding of glass ionomer cements to metal and tooth substrates; Brit. Dent. J., 142, 41-47, 1977.
  31. Prodger, T.E. & Symonds, M., A.S.P.A. adhesion study: Brit. Dent. J., 143, 266-270, 1977.
  32. McLean. J. W. & Wilson, A.D.: Fissure sealing and filling with an adhesive glass ionomere cement.: Brit. Dent. J., 136, 269-272, 1974.
  33. Wilson, A.D. & Crisp, S.: Experimental luting agents based on the glass ionomer cements: Brit. Dent. J., 142, 117-122, 1977.
  34. Williams, B. & Winter, G.B.: Fissure sealants, A. 2-year clinical.: Brit. Dent. J., 141, 15-18, 1976.
  35. Retief, D.H.: Effect of conditioning the enamel surface with phosphoric acid.: J.Dent. Res., 52, 333-339, 1972.
  36. Lee, B.D., Phillips, R.W., Swartz, M.L.: The influence of phosphoric acid etching on restoration of acrylic resin to bovine enamel. J.A.D.A.: 82, 1381-1386, 1971.
  37. Pablavan, A., Dennison, J.B. Charbeneau, G.T.: penetration of restorative resins into acid etched human enamel. J.A.D.A., 93, 1170-1176, 1976.
  38. Silverston, L.M. and Dogon, I.L.: The acid etch technique. North central pub. Co. St. paul, Minnesota. p. 32
  39. Wilson, A.D.: In Saintific Aspects of Dental materials, chap. 4 Edit. J.A. Von Fraunhofer. Butterworths, London, 1975.