

# 數種 充填材의 象牙質面에 對한 接着強度에 關한 實驗的 研究\*

慶熙大學校 齒科大學 保存學教室

朴 尚 進

## AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE RETENTIVE STRENGTH OF VARIOUS FILLING MATERIALS TO DENTIN

Sang Jin Park, D.D.S.

*Dept. of Operative Dentistry*

*College of Dentistry Kyung Hee University*

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

The purpose of this study was to investigate the strength of bonds between dentin surfaces and three restorative filling materials; Clearfil FII, Adaptic and Fuji ionomer cement.

Ninety whole extracted human molars were mounted in epoxy resin in brass tubing. The dentin surfaces were cut to the horizontal with various milling devices. Three restorative materials 6 mm in diameter were bonded to the cut dentin surfaces. The retentive strength were measured after soaking for 30 minutes, 60 minutes and 1 week in distilled water at 37°C. The ninety samples were tested in tension utilizing a cross-head speed of 0.5 mm/min with a 100 Kg full scale by universal testing machine (Intesco Model No. 2010).

The results were as follows:

1. The retentive strength of Clearfil FII showed the highest one in value among three restorative materials.
2. The strength of bonds was slowly reduced with lapse of time intervals after soaking in water.
3. There was no difference in the average bond strength between Adaptic and Fuji-ionomer cement.
4. Fracture on de-bonding occurred at the center of cement body in case of Fuji ionomer cement.

.....

\* 이 논문은 1984년도 문교부 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

## 一 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

지난 30餘年前 複合 resin과 琺瑯質 酸腐蝕方法을 併用하여 破折된 前齒部를 修復하는데, Buonocore<sup>1)</sup>는 便利한 方法을 開發하였으며, Schneider外 2人<sup>2)</sup>는 永久齒의 琺瑯質을 削除하여 斜面을 形成하여 composite resin과의 煎斷接着強度가 增加됨을 觀察하였다.

臨床에서 充填物이 齒質 特히 象牙質과 接着할 수 있다면 利點이 많다.

예를들면, 齒牙의 磨耗症이나 侵蝕症 및 齒牙破折로 因한 象牙質 露出時 充填物이 齒質과 接合(bonding)이 이루어 질 수 있기때문에 邊緣漏出을 減少시킬 수 있을뿐만 아니라 維持形態를 賦與하지 않고도 窩洞形成을 할 수 있다.

象牙質은 琺瑯質과 달리 高度의 有機質을 含有하고 있고 水分의 含量도 12%에 달하고 있다. 따라서 接着性 修復物에 있어서 接着力의 가장 커다란 障礙要因이 象牙質面의 水分含量이다. 만약 削除된 象牙質面을 酸으로 處理할 境遇 象牙細管의 終末部가 擴大되고 總 削除面中 水分이 存在하는 面積이 넓어질 수 있다. 따라서 構造의인 面에서 琺瑯質과 象牙質의 接合(接着力)은 各各 생각해야 한다.

象牙質과 composite resin類의 充填材料의 接着力을 向上시키기 爲해선 3가지 方法이 可能하다.

첫째, 修復物과 齒質內 無機나 有機成分과 直接 結合하여 接着되는 方法과,

둘째, 修復物과 齒質間 結合能力을 지닌 媒介劑(primer 혹은 intermediate bond acting agents)을 使用하는 方法이 있으며 Buonocore外 2人<sup>12)</sup>이 上記와 類似한 方法을 利用하여 象牙質과 接着力을 向上시킬려고 努力하였으며,

셋째, 象牙質의 不規則한 表面과 機械的인 結合(mechanical interlocking)을 기대하는 方法이 있다.

Barnes<sup>1)</sup>는 composite resin의 象牙質面間 接着力은 材料의 粘度보다는 化學的 構成成分에 左右되며 bonding system이 매우 重要하다고 主張하였다.

象牙質 削除面은 象牙細管外로 流出된 液滴(fluid droplet)이 修復物과 接着時 問題가 되며 結局 微細漏出(micro leakage)을 惹起시켜 充填의 成功 自體를 疑心케 한다. 또 酸腐蝕劑(acid etching agents)는 齒質의 侵蝕症(erosion)을 惹起시켜 主로 膠原質인 有機質을 含有하고 있는 象牙質을 組織學的으로 變化시키고 있다. 即 酸은 主로 象牙質中 無機 象牙細管周圍 象牙質(inorganic peritubular dentin)의 露出된 膠原質相(collagen matrix)을 收縮시켜 酸의 象牙質 削除面에 對한 適用은 表面脫灰와 汚染象牙質(smear dentin)을 除去시키고 象牙細管을 開放하고 表面層의 膠原纖維을 露出시켜 結局 composite resin의 dentin에 對한 維持力(retention)을 增加시킬 수 있다.

glass-ionomer cement는 透明하고 모양이 ceramic과 類似하고 口腔內 環境에서도 齒質과 接着能力을 所有하고 있어 充填材로 널리 使用되고 있으며 Aluminio-silicate polyacrylic acid(ASPA) cement라고도 불리우며 硬化反應은 acid polyelectrolyte 溶液과 粉末部分은 特別히 處方된 ion化 可能한 glass와 結合한다. 溶液內에는 50%以上 poly acrylic acid와 構成되고 glass成分이 含有된 粉末에는 弗素가 包含된 複合물로서 酸性溶液內에선 aluminium, calcium과 sodium 및 弗素 ion을 溶解시킨다. 硬化反應은 酸과 鹽基反應으로서 混合後 數分內 硬化된다. 그러나 Wilson<sup>26)</sup>은 glass-ionomer cement의 構成成分과 硬化反應 研究에서 壓縮強度 30N/mm<sup>2</sup> 程度이며 水分에 脆弱함을 報告한 바 있다.

물론 修復物이 齒質과 結合할 수 있다면 邊緣漏出을 減少시킬 수 있고 同時에 齒牙削除를 最少限으로 制限할 수 있어 健全齒質을 殘存시킬 수 있다.

또 齒質의 表面狀態를 酸이나 酵素等으로 變化시키는 方法外에 膠原質을 보다 더 耐久性 있게 表面 處理해 象牙質의 hydroxy apatite phase을 變化시킬 수 있다. 即 Kramer와 Lee<sup>22)</sup>는 glycerophosphoric acid dimethacrylate가 含有된 phosphate ester로 象牙質內 apatite lattice代身 置換시켜 接着力을 上昇시킬려고 試圖하였으나 初期 P-O-C 結合이 加水分解(hydrolysis)되는 脆弱點이 나타나 數個月內 接着力이 0으로 下降됨을 觀察하였다. Forsten<sup>19)</sup>도 光重合레진 充填物間 接着力은 水分汚染時 多少 低

下되며 특히 超微粒子 filler가 含有된 composite resin에 가장 낮은 接着力을 報告한 바 있으며 composite resin의 이와같은 親水性때문에 phosphate ester와 sulphonate系를 基材로 하여 水分에 對한 抵抗力을 向上시켰다.

以上과 같은 先學들의 研究報告에서 修復材의 象牙質에 對한 接着試驗을 施行하기 爲하여 拔去後 被驗象牙質의 狀態 即 水分內 保管期間 및 修復材의 種類에 따른 接着強度의 差異를 詳細히 究明함으로써 臨床에서 適用이 容易하며 또 그結果에 따라 象牙質과 修復材間 接着能力을 改善시킬 수 있는 方法이 講究될 수 있으며, 이에 著者は 3種의 修復物을 使用하여 象牙質 削除面과의 接着強度를 測定 評價하며 興味있는 結果를 얻어 이에 報告하는 바이다.

## II. 實驗材料 및 方法

### 1. 實驗材料

本實驗에서는 最近 拔去한 上下顎 總 90個의 大白齒와 Clearfil F II, Adaptic 및 Fuji ionomer cement의 3種의 修復物(Table 1 參照)을 使用하였다.

Table 1. Restorative materials studied.

Product	Manufacturer
Clearfil F II	Kuraray, Co. Osaka, Japan
Adaptic	Johnson and Johnson, New Jersey, U.S.A.
Fuji ionomer cement	G.C. Dental Ind. Corp. Tokyo, Japan

### 2. 實驗方法

直徑 13mm, 높이 15mm의 brass製 圓柱(brass ring)內 90個의 拔去한 大白齒를 咬合面以上部로 向하도록 epoxy resin으로 埋沒하여 重合 硬化後 #104 diamond bur (Shofu manufacturing Co. Japan)를 使用하여 咬合面과 平行하게 象牙質이 露出될때까지 削除하고(Fig.1 參照) 注水下에 自動研究機(Wingo社製 RIPE Model L-2150)에서 #600 emery paper로 露出 象牙質을 最終 研磨하여 被驗 象牙質을 總 90個 製作하여 上記 修復材中 60個는 2

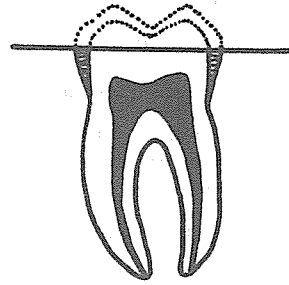


Fig. 1. Dentin surface preparation for adhesion test.

種의 composite resin(Clearfil F II 및 Adaptic)을 使用하여 各各 同會社製 etching agents로 1分間 酸腐蝕 시킨다음 30秒間 水洗하고 30秒間 乾燥시킨後 各各 30個 試片을 Clearfil F II와 Adaptic set內 bonding agent를 混合 塗布하고 10秒間 乾燥시켰다. 다음 製造會社의 指示에 따라 composite resin을 練和하여 直徑 6mm의 特殊接着用 圓柱內에 充塡하고 200g의 荷重을 加하여 硬化시켰으며, 나머지 30個의 被驗象牙質도 Fuji ionomer cement를 上記 方法과 同一하게 直徑 6mm의 特殊接着用 圓柱內 充塡 200g의 荷重을 加하여 總 90個의 試片을 製作하고 室溫에서 30分間 裝置한 다음, 蒸溜水內 37°C로 30分, 60分 및 1週間 保管後 萬能試驗機(Intesco Model 2010 Tokyo, Japan)를 使用하여 100kg의 荷重으로 cross head speed 0.5mm/min, chart speed 0.25mm/min로 修復物과 水中保管 經過時間에 따라 各各 10個의 試片의 引張強度를 測定하여 數値를 分析 評價하였다.

## III. 實驗成績

Clearfil F II, Adaptic 및 Fuji ionomer cement等 3種의 修復材의 象牙質 削除面에 對한 接着強度는 修復材와 接着後 水中에 30分, 60分 및 1週日의 時間經過에 따라 引張強度를 測定한 結果는 表2에서 表5 (Table 2-5 參照)와 같다.

Clearfil F II의 境遇 水中保管 30分後 70.80kg/cm<sup>2</sup>에서 96.97kg/cm<sup>2</sup>이었으며 平均 84.65kg/cm<sup>2</sup>로 높은 引張強度를 나타났으며, 60分後에는 66.21kg/cm<sup>2</sup>~93.27kg/cm<sup>2</sup>로 平均 80.88kg/cm<sup>2</sup> 이었으며 1週日後에선 50.76kg/cm<sup>2</sup>~60.71kg/cm<sup>2</sup>로 平均 54.18kg/cm<sup>2</sup>로 나타났다(Fig.2 參照).

Adaptic의 境遇 30分後 24.08kg/cm<sup>2</sup>에서 27.02kg/cm<sup>2</sup> 平均 25.77kg/cm<sup>2</sup> 이었으며 60分後엔 22.

Table 2. Tensile adhesion (Kg f/cm<sup>2</sup>) between human dentin and Clearfil F II.

No. of specimen	Immersion period in water		
	30 min	60 min	1 week
1	80.24	74.40	54.40
2	70.80	66.21	53.20
3	84.96	80.46	50.80
4	96.97	93.27	50.76
5	72.56	70.21	52.92
6	87.60	84.69	55.36
7	85.46	85.23	51.25
8	92.25	92.32	60.71
9	85.21	80.67	60.03
10	90.42	82.31	52.32
Mean	84.65	80.88	54.18

Table 3. Tensile adhesion (Kg f/cm<sup>2</sup>) between human dentin and Adaptic<sup>®</sup>

No. of specimen	Immersion period in water		
	30 min	60 min	1 week
1	25.80	23.21	22.40
2	26.20	23.60	22.73
3	25.30	24.05	22.01
4	26.10	25.41	21.67
5	25.05	24.03	21.34
6	26.33	24.32	22.35
7	27.02	25.37	23.14
8	24.08	22.15	22.06
9	25.42	22.30	21.32
10	25.74	22.08	20.15
Mean	25.77	23.65	21.92

15kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup> 내지 25.41kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup>로 平均 23.65kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup> 이었으며 1週日後엔 20.15kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup>에서 23.14kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup>로 平均 21.92kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup>이었으며 時間經過에 따라 強度의 差異가 나타나지 않았다(Table 3 參照).

Table 4. Tensile adhesion (Kg f/cm<sup>2</sup>) between human dentin and Fuji ionomer cement.

No. of specimen	Immersion period in water		
	30 min	60 min	1 week
1	23.36	24.55	22.30
2	36.80	29.74	20.40
3	35.42	23.61	21.35
4	30.48	26.55	21.56
5	30.08	25.46	21.45
6	22.45	21.05	20.33
7	26.73	25.41	22.15
8	32.55	26.56	22.54
9	33.41	28.15	20.32
10	35.13	28.83	20.16
Mean	30.64	25.99	21.26

Table 5. Tensile adhesion (Kg f/cm<sup>2</sup>) to human tooth of the three filling materials after 30 minutes, 1 hour and 1 week of storage in water at 37°C.

Material	30 minutes	60 minutes	1 week
Clearfil F II	84.65	80.88	54.18
Adaptic <sup>®</sup>	25.77	23.61	21.92
Fuji ionomer	30.64	25.99	21.21

Fuji ionomer cement의 境遇 30分後 22.45kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup>에서 36.80kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup>로 平均 30.64kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup>이었으며 60分後 21.05kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup>~29.74kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup> 平均 25.99kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup>이었고 1週日後엔 20.16kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup>에서 22.54kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup>로 平均 21.26kg<sup>f</sup>/cm<sup>2</sup>로 나타나 時間經過에 따라 強度가 多少 낮아졌으나 別 差異가 없었으며 Adaptic과 Fuji ionomer cement는 거의 類似한 數値로 나타났으나 Fuji ionomer cement는 自體에서 破折이 나타남을 觀察할 수 있었다 (Table 5 參照).

上記 平均値를 分析한 結果 Clearfil F II가 가장 높은 引張強度를 나타냈으며 Adaptic과 Fuji ionomer cement는 類似한 強度를 나타내었다.

#### IV. 總括 및 考按

本實驗은 composite resin中 Clearfil F II와 Adaptic 과 glass ionomer cement類인 Fuji ionomer cement의 象牙質 削除面에 對한 接着強度를 評價하기 爲하여 上記 3種의 修復材를 象牙質面에 接着시켜 37°C 蒸溜水內에서 30分, 60分 및 1週日間 經過後 引張強度를 測定 分析하였다.

修復物의 齒質에 對한 接着은 齒科治療에 있어서 至高의 目標이나 現在까지도 完全 接着을 나타내는 充填材는 開發되지 못하고 있는 實情이다.

특히 象牙質面과 接觸되는 充填材는 象牙質을 削除하여 機械的 維持形態를 賦與할 수 있다. 그러나 象牙質은 生活力을 지닌 組織으로서 切削時 機械的 刺戟뿐만 아니라 充填物에 依한 化學的 刺戟에 依해서도 損傷받을 수 있고 그 反應은 結局 齒髓에 나타난다. 또 象牙質面에 珐瑯質에 主로 使用하는 酸腐蝕劑를 適用時 齒髓에 炎症反應을 惹起시킬 수 있으며 充填物의 接着力도 完全치 못하다. 充填物은 口腔內 環境 및 咬合壓에 充分히 抵抗할 수 있을 程度로 接着強度가 優秀하여야 하고 邊緣封鎖性도 完壁하여야 한다.

本實驗에서 邊緣漏出度를 觀察하지 않았으나 外力에 依해 充填物의 脫落與否는 結合力과 密接한 關係가 있으며 邊緣封鎖能力도 左右한다. 邊緣漏出이 나타날 境遇 充填物과 齒質間에 齶蝕이 發生되고 齒質의 變色等으로 審美的으로 滿足스럽지 못하다. 따라서 充填物과 齒質間 接着度는 充填物의 機能 安定 및 壽命을 左右한다.

充填物의 齒質內 維持力을 增加시키기 爲하여 通常 窩洞을 形成하며 窩洞의 大部分은 象牙質로 構成되어 있다. 象牙質에서도 珐瑯質과 同一하게 composite resin 充填時 利用하는 etching方法을 適用할 수 있으나 齒髓에 酸刺戟이 加해지는 短點이 있다. Buonocore外 2人<sup>11)</sup>은 象牙質과 resin間 結合力을 增加시키기 爲해 etching과 bonding方法을 最初로 開發하였으며, Bowen<sup>6)</sup>은 鹽化第二鐵과 枸橼酸等の mordant로 象牙質을 處理하여 resin과 象牙質의 接着力을 強化하려고 試圖하였다.

本實驗에서 使用한 Clearfil F II도 珐瑯質과 象牙質에 共히 接着效果가 있으며 象牙質을 酸處理하여 切削層이나 汚染層(smear-layer)을 除去하고 象牙細管入口를 開放시켜 resin이 象牙細管內로 流入

내 重合 接着되도록하여 接着力을 上昇시키고자 開發된것으로 引張強度가 充填後 水中 30分 經過後 最大 96.97kg/cm<sup>2</sup>로 다른 充填材에 比하여 높은 接着力을 나타내었다.

composite resin登場 初期에는 親水性 때문에 象牙質과의 結合力을 期待할 수 없었으나 後에 phosphate ester와 sulphonate系가 基材로 하여 phosphate bond內 halogen原子가 存在한 composite resin이 出現하여 水分에 對한 安定性이 向上 되었다. 그러나 本實驗에서 使用된 修復材에선 水中保管時日이 經過함에 따라 引張強度가 低下됨을 보아 水分에 對한 安定性이 缺如된 것으로 思料된다. 그러나 무엇보다도 象牙質面의 接着力은 象牙質內 無機質의 密度가 部位에 따라 多樣하여 酸處理時 位置에 따라 接着耐久性도 變化할 수 있다고 思料된다. 또 本實驗에서 composite resin中 Clearfil F II와 Adaptic의 引張強度의 差異는 resin內 含有된 filler 크기에 依한 것으로 생각되며, Adaptic의 境遇 macrofiller로 構成돼 있어 象牙質과 接觸面이 相對的으로 적어 낮은 強度를 나타낸 것으로 思料된다.

Causton<sup>13)</sup>은 使用된 bonding agent의 濃度(pH), co-solvent의 種類 表面處理劑의 種類에 따라 象牙質과의 接着力에 影響을 미칠 수 있다고 報告하였다.

한편 Bowen<sup>6)</sup>은 接着強度가 2000psi以上 임을 報告하여 composite resin과 象牙質間 優秀한 結合狀態를 觀察한 바 있다.

그러나 이와같은 接着強度도 被驗象牙質面의 條件에 따라 判異하게 나타날 수 있다. 例를들어 smear layer의 除去가 重要하다. Bowen外 2人<sup>7)</sup>은 ferric oxalate의 酸腐蝕劑를 象牙質面에 適用시키고 surface-active comonomer와 coupling agent等을 使用하여 composite resin과 象牙質間 引張強度를 測定한바 134kg/cm<sup>2</sup>의 強度를 나타내 本實驗에 結果보다 多少 높은 強度를 報告한 바 있으나 本實驗에선 修復物과 象牙質境界面에 接着強化劑(adhesive promoters)를 使用치 않았으며 削除面에 對한 特殊處理도 하지않아 汚染層이 存在하여 多少 낮은 引張強度를 나타냈다고 思料된다. Croll<sup>17)</sup>도 上顎前齒部 象牙質에 composite 充填時 象牙質腐蝕은 물론 珐瑯質部位에도 酸腐蝕과 併行하여 從來의 機械的인 維持形態도 增加시키는 方法을 利用한 바 있다.

또 Bowen<sup>2, 3, 4)</sup>은 resin과 象牙質間 接着力을 增加시킬 여러가지 方法으로 NPG-GMA와 silane을

接着強化劑로하여 resin과의 境界面에 界面活性도를 上昇시켜 平均 引張強度가 改善되었음을 報告한 바 있으며 Jedrychowski外 2人<sup>21)</sup>도 ferric chloride 溶液을 使用하여 重金屬ion이 보다 더 電氣的으로 陰電氣를 띄어 ion化될 可能性을 減少시켜 質牙質 內 有機相과 有機 resin과의 接觸을 增進시켰다고 報告하였다. 또 Hansen<sup>20)</sup>은 低粘度의 resin을 象牙質과 境界面에 適用시켜 氣泡發生率을 낮춰 composite resin과 象牙質面間 接着이 보다 더 完璧함을 觀察하였다.

또 修復物과 象牙質 境界面에 細菌의 侵入이나 邊緣部 變色을 防止하기 爲해 象牙質面接着劑(dentin adhesive)는 반드시 使用해야하며 이것이 重合 收縮力을 어느 程度 減少시킬 수 있다. Munksgaard 外 2人<sup>24)</sup>도 數種 接着強化劑가 resin과 象牙質面間 境界面을 더욱 密着시켜 漏出도를 減少시켰음을 報告하였다. 따라서 本實驗에서 接着強化劑를 使用하였을 境遇 接着強度가 增加했으리라 思料된다.

Glass-ionomer cement는 適切한 透明度, 強度 및 接着能力을 지니고 있어 窩洞形成 없이 侵蝕症 等に 利用되며 裂溝封鎖劑(fissure sealant) 및 裏裝用 또는 乳齒의 充填材로 널리 使用되고 있으며 最近 構成成分 및 物理的性質을 向上시켜 臼齒部 充填用으로도 使用된다.<sup>2, 3, 5, 6)</sup>

Finger<sup>18)</sup>에 依하면 glass-ionomer cement가 다른 cement類에 비해 維持力, 強度 및 象牙質과 接着力이 滿足할만한 水準이라고 報告하였다. 本實驗에서도 Fuji-ionomer cement는 Adaptic 과 類似한 引張強度를 나타남을 보아 臨床에서 象牙質部 充填用으로 使用 可能하다고 생각된다.

또 Crisp外 2人<sup>15)</sup>은 glass-ionomer cement의 液粉化中 polyacrylic acid의 濃도를 增加시키면 作業 時間이 增加하고 壓縮強度와 引張強度가 增加함을 報告하였으며 Wilson外 2人<sup>27)</sup>도 이와 類似한 強度 增加를 報告한 바 있다.

本實驗에서 Fuji-ionomer cement의 引張強度가 多少 낮게 나타났으나 實際 引張力을 加할境遇 composite resin과는 달리 象牙質과의 境界面에서 破折이 일어나지 않고 cement自體에서 破折이 發生돼 接着力은 優秀하나 引張應力에 對한 抵抗力이 弱하여 보다 높은 強度의 glass-ionomer cement의 開發이 要求된다.

以上の 研究結果를 미루어 보아 象牙質과 修復物 間 接着을 增進시키기 爲하여 象牙質의 酸腐蝕 前

處理가 重要하며 象牙質의 狀態도 接着力을 左右함을 알 수 있다. 따라서 修復物의 齒質에 對한 接着性에 關한 研究는 個人差 術式의 多樣性 實驗條件에 따라 나타나는 結果가 달라질 수 있어 앞으로 繼續的인 研究가 必要하다고 思料된다.

## V. 結 論

著者는 Clearfil F II, Adaptic 및 Fuji ionomer cement의 象牙質面에 對한 接着強度를 究明키위해 象牙質面에 上記 3種의 修復物을 接着시켜 30分, 60分 및 1週日間 水中保管期間에 따라 接着強度를 測定, 分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 3種의 修復材中 Clearfil F II가 가장 높은 接着強度를 나타내었다.
2. 水中保管期間에 따라 接着強度는 漸次 減少하였다.
3. Adaptic 과 Fuji ionomer cement는 類似한 接着強度를 나타내었다.
4. Fuji ionomer cement에선 修復物의 中心部에서 破折이 觀察되었다.

## REFERENCES

1. Barnes, I.E.: The adaptation of composite resins to tooth structure, Part 3. Study 3: The adaptation of composite resins to dentin, Brit. Dent. J. 142:253-259, 1977.
2. Bowen, R.L.: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. I. Method of determining bonding strength, J. Dent. Res. 44:690-695, 1965.
3. Bowen, R.L.: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues, II. Bonding to dentin promoted by a surface-active comonomer, J. Dent. Res. 44:895-902, 1965.
4. Bowen, R.L.: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. III. Bonding to dentin improved by pretreatment and use of surface-active comonomer, J. Dent. Res. 44:903-905, 1965.

5. Bowen, R.L.: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. IV. Bonding to dentin, enamel, and fluorapatite improved by the use of a surface-active comonomer, *J. Dent. Res.* 44:906-911, 1965.
6. Bowen, R.L.: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. XXII. The effects of a cleanser, mordant, and poly SAC on adhesion between a composite resin and dentin, *J. Dent. Res.* 59(5): 809-814, 1980.
7. Bowen, R.L., Cobb, E.N., and Rapson, J.E.: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues: Improvement in bond strength to dentin, *J. Dent. Res.* 61(9): 1070-1076, 1982.
8. Brune, D.: Heat treatment of glass ionomer, silicate, zinc phosphate and zinc polycarboxylate cements, *Scand. J. Dent. Res.* 90:409-412, 1982.
9. Buonocore, M.G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces, *J. Dent. Res.* 34:849-853, 1955.
10. Buonocore, M.G.: Principles of adhesive retention and adhesive restorative materials, *J. Am. Dent. Assoc.* 67:382-391, 1963.
11. Buonocore, M.G., Rochester, N.Y., and Quigley, M.: Bonding of synthetic resin material to human dentin. Preliminary histological study of the bond area; *J. Am. Dent. Assoc.* 57:807-811, 1958.
12. Buonocore, M.G., Wileman, W., and Brudevold, F.: A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces, *J. Dent. Res.* 35:846-851, 1956.
13. Causton, B.E.: Improved bonding of composite restorative to dentin, A study in vitro of the use of a commercial halogenated phosphate ester, *Br. Dent. J.* 156:93-95, 1984.
14. Crisp, S, Ferner, A.J., Lewis, B.G., and Wilson, A.D.: Properties of improved glass-ionomer cement formulations, *J. Dent.* 3:125-130, 1975.
15. Crisp, S., Lewis, B.G., and Wilson, A.D.: Characterization of glass-ionomer cements, 3. Effect of polyacid concentration on the physical properties, *J. Dent.* 5:51-56, 1977.
16. Crisp, S. and Wilson, A.D.: Formation of a glass-ionomer cement based on an ion-leachable glass and polyacrylic acid, *J. Appl. Chem. Biotechnol.* 23:811-815, 1973.
17. Croll, T.P.: Dentin adhesive bonding: New applications (II), *Quint. Int.* 11:1123-1129, 1984.
18. Finger, W.: Evaluation of glass ionomer luting cements, *Scand. J. Dent. Res.* 91: 143-149, 1983.
19. Forsten, L.: Bond between subsequently added light activated composite resin and hardened material, *Scand. J. Dent. Res.* 92:371-373, 1984.
20. Hansen, E.K.: Marginal porosity of light activated composites in relation to use of intermediate low viscous resins, *Scand. J. Dent. Res.* 92:148-155, 1984.
21. Jedrychowski, J.R., Caputo, A.A. and Prola, J.: Influence of a ferric chloride mordant solution on resin-dentin retention, *J. Dent. Res.* 60(2): 134-138, 1981.
22. Kramer, I.R.H., and Lee, K.W.: The demonstration of glycerophosphoric acid dimethacrylate in dentin and filling material following the use of a cavity sealer, *J. Dent. Res.* 39:1003-1008, 1960.
23. Mitchem, J.C., and Turner, L.R.: The retentive strengths of acid-etched retained

- resins, *J. Am. Dent. Assoc.* 89:1107-1110, 1974.
24. Munksgaard, E.C., Hansen, E.K., Asmussen, E.: Effect of five adhesives on adaptation of resin in dentin cavities, *Scand. J. Dent. Res.* 92:544-548, 1984.
25. Schneider, P.M., Messer, L.B., and Douglas, W.H.: The effect of enamel surface reduction in vitro on the bonding of composite resin to permanent human enamel, *J. Dent. Res.* 60(5): 895-900, 1981.
26. Wilson, A.D.: Alumino-silicate polyacrylic acid and related cement, *Br. Polym. J.* 6: 165-179, 1974.
27. Wilson, A.D., Crisp, S., and Abel, G.: Characterization of glass-ionomer cements. 4. Effect of molecular weight on physical properties, *J. Dent.* 5:117-120, 1977.
28. Wilson, A.D. and Kent, B.E.: The glass-ionomer cement, a new translucent dental filling material, *J. Appl. Chem. Biotechnol.* 21:313, 1971.
29. Wilson, A.D. and Kent, B.E.: Surgical cement, British Patent, 1. 316129, 1973.
-