

임상가를 위한 특집 (24)

《치아와의 접착》

법랑질 표면의 교정용 attachment 접착에 관한 임상적 평가.....	장 영 일
Composite Resins과 Acid Etching을 위한 임상적 고찰.....	손 동 수
접착기전의 개념 및 치과영역에의 응용.....	김 철 위

琺瑯質表面의 矯正用 Attachment 接着에 關한 臨床的 評價

Clinical Evaluation of Bonding Orthodontic Attachment on the Enamel Surface

서울대학교 齒科大學 矯正學敎室

張 英 一

緒 論

臨床矯正學 分野에서 支配的으로 利用되는 固定式 矯正裝置 (fixed orthodontic appliance)의 構成要素는 基本的으로 band, bracket, archwire, assisting element로 區分된다.

이와같은 構成要素中 band 製作은 術者와 患者에게 많은 不便을 주는 過程이다.

Band 製作過程을 歷史的으로 살펴보면 1950年代에는 gold platinum과 chrome alloy strip을 利用하여 pinching method에 의해 齒牙形態에 맞는 band를 製作했고, 1960年代 後伴期에는 preformed band 또는 anatomic band를 利用하여 術者와 患者에게 chair time의 減少와 便利性을 높였다.

그러나 band製作이 不可能한 未萌出齒牙의 경우와 crowding이 심한 경우에 齒間離開를 하여 製作한다면 많은 어려움을 갖게된다. 또한 band製作을 省略하고 齒牙表面에 直接 bracket을 接着시킬 수 있다면 時間節約과 便利性에 對한 程度는 矯正臨床家라면 알 수 있다.

他分野에서와 마찬가지로 臨床矯正學에서도 施術過程에서 最少의 努力으로 意圖하는 바 治療效果를 거두려는 傾向을 보이고 있다.

지난 5~10年 동안 矯正治療의 技術上의 主要向上은 齒牙琺瑯質表面에 矯正用 attachment를 接着시키는 接着劑에 關한 것이었다고 해도 過言이 아니다.

臨床矯正學中 band technigue에서 bonding technigue으로 轉換可能性은 belt driven speed(50,000 rpm)시대에서 high speed air driven tooth preparation(400,000rpm)으로 轉換을 一般齒科臨床의 主要業績인 것과 마찬가지로 臨床矯正學의 技術的인 局面의 主要向上이라고 말할 수 있다.

1970년경부터 本格的으로 矯正用 接着劑가 開發되었으나 施術上의 不便과 保管上의 問題點 때문에 널리 利用되지 못했다. 그러나 꾸준한 研究와 臨床的 試行錯誤를 거쳐 오늘날 使用하기에 簡便하고 保管上 缺點이 改善되었으며 接着力(bonding strength)이 向上되어 尙后 10年以內에는 全齒牙에 矯正用 attachment를 接着시킬 수 있을뿐만 아니라 rapid expansion screw와 headgar治療까지도 可能

할 것으로 豫想되기 때문에 orthodontic bonding system 利用에 關한 基本原理와 材料의 性質, 施術上의 注意點 等에 關해서 言及코져 한다.

### Direct Orthodontic Bonding의 長短點

#### 長 點

1. 審美的인 改善
2. 操作이 쉽고 患者의 不便減少
3. 隣接齒間 分離의 必要性 除去
4. 口腔衛生的인 增進
5. 軟組織刺戟 減少
6. band장착시 生기는 脫灰危險 減少
7. 齶齶部位를 쉽게 볼 수 있어 早期治療 可能
8. 矯正治療后 band space 處理 必要性이 없다
9. bracket의 正確한 位置附與 便利
10. 部分萌出 齒牙調節이 可能

#### 短 點

1. 만족스러운 接着劑는 除去가 혼히 어렵다.
2. retention으로 有用한 attachment表面이 크게 減少된다.
3. 治療中 齒牙들의 隣接面 保護 缺如.

### 接着 (Adhesion)과 表面接觸 (Surface Contact)

接着은 物體間 接觸面에서 生기는 分子間 牽引力 또는 界面에서 分子間 牽引力(attractive force)으로 定義되고 있다. 接着에 關與되는 分子間的 牽引力은 Angström單位の 짧은 거리에서 生기므로 原子水準에서 平平하지 않은 두面間에는 接着이 이루어지지 않는다. 原子水準에서 平平한 面間的 接觸은 強力한 接着을 하게된다. (例: mica sheet間的 接着力-14,000 psi).

實察的으로 그러한 平平한 面을 얻는다는 것은 不可能하기 때문에 固體面間에 液體를 부여하므로써 必要한 牽引力을 얻게된다. 즉 結合되어야 할 表面間에 있는 不規則한 面에 液體가 들어가므로써 接着에 必要한 分子水準에서 近接(molecular closeness)이 生긴다.

### 濕潤性(Wettability)과 接觸角(Contact Angle)

分子水準에서 近接(molecular closeness)을 얻기 위해서는 接着液體(liquid adhesive)가 結合시킬 物體表面에 濕潤(wetting)되어야 한다.

濕潤은 接着劑와 披着材(adherend)의 分子間 牽引力이다. 濕潤程度는 接着液體의 경계가 披着材表面을 맞나는 接觸角에 달려있다.

즉 接觸角이 작아질수록, 濕潤性이 커지고 따라서 牽引力이 증가된다.

濕潤性에 미치는 또다른 要素는 接着液體의 粘度, 表面張力, 固體面狀態 等이다. 또한 分子의 近接을 얻고 長時間 維持하기 위해서는 接着液體가 凝固되도록 해야한다. 따라서 接着液體가 賦발성을 갖거나 catalyst, reactive hardner 또는 heat를 利用하게된다(그림 1).

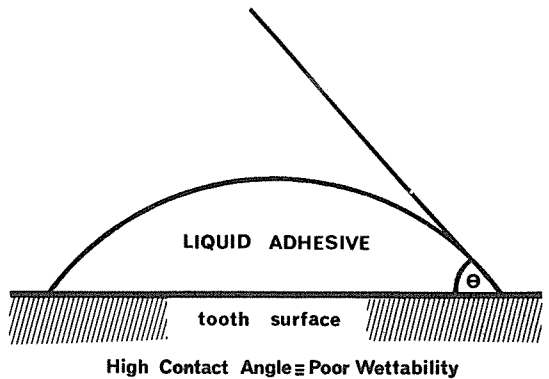
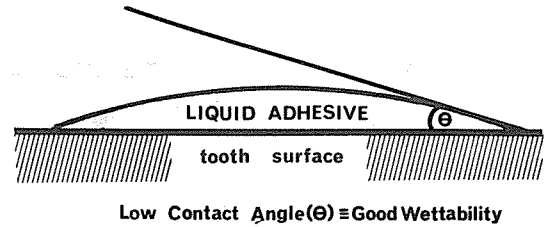


그림 1. 接觸角과 濕潤性간의 關係

### Direct Bonding의 過程

成功的인 bond에 관여되는 3가지 要素가 있다.

1. 瑠璃質 表面

2. 接着劑
3. bracket backing

### 珐瑯質 表面

Gwinnt와 Matsui(1967)는 珐瑯質 表面에 酸處理를 하지않고서는 永久的인 結合을 할 수 있는 物質은 現在로써 없다고 했다.

두 面間에 훌륭한 接着을 얻기 위해서는 二面이 完全히 平平해야 한다. 또는 한面이 不規則하다면 다른面은 接着에 必要한 表面接觸을 얻기 위해서 液體型으로 있어야 한다. 現想的으로는 珐瑯質 表面과 接着劑는 接觸角이 zero가 되므로써 完全한 濕潤性을 갖는다.

Buonocore(1955)는 珐瑯質 表面에 30초동안 85% 磷酸處理를 하므로써 acrylic resin이 附着됨을 알

았다. 그는 珐瑯質 表面을 酸處理하므로써 珐瑯質 表面積을 증가시켜 物理的 效果를 높히는 것으로 생각했다.

Newman과 Sharpe(1971)는 齒牙 表面에 있는 水分 接觸角이 50°以上인데 그 表面을 85% 磷酸으로 處理했을때 接觸角이 zero가 되었다고 報告했다.

本質的으로 酸腐蝕(acid etching)은 珐瑯質 表面을 low energy hydrophobic surface에서 high energy hydrophylic surface로 變化시켜 表面緊張과 濕潤性을 증가시킨다.

### 酸腐蝕(Acid Etching)

珐瑯質 表面은 一般的 接着劑(adhesive)를 適用하기 前에 酸으로 腐蝕되어야 한다. Newman(1968)은 珐瑯質 表面에 酸處理后에 長期危害 影響없이 bond strength의 현저한 증진이 있었다고 보고했다.

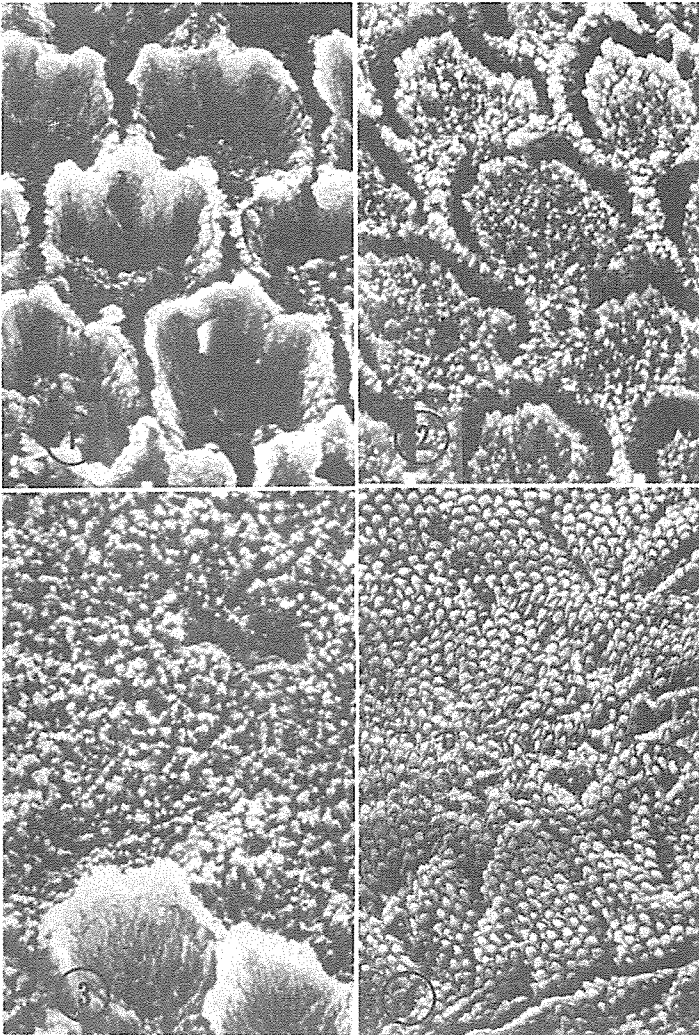


그림 2. 腐蝕된 珐瑯質 表面의 微細 形態

- ① Enamel area with central etch type. Preferred apatite dissolution within the prism cores. (Two-minute application of 50 percent  $H_3PO_4$ . Original magnification, x 3,200.)
- ② Coherent field of peripheral etch patterns, the marginal fissures within the area of the prism heads are different in width and contour. (Two-minute application of 50 percent  $H_3PO_4$ . Original magnification, x 3,200)
- ③ Next to an area of raised-up prism peripheries, there is a zone of poorly structured etch patterns. Granulated enamel surface with microporosities. (Two-minute application of 50 percent  $H_3PO_4$ . Original magnification, x 3,200.)
- ④ Etched prism groups show an irregular superstructure with deep grooves and crests. (Four-minute application of 50 percent  $H_3PO_4$ . Original application, x 320.)

酸腐蝕이 琺瑯質表面에 미치는 影響은 個人에 따라, 琺瑯質表面의 部位에 따라 多様하다.

成人의 齒牙에 prismless enamel과 fluoride ion이 있는 경우에 酸處理效果가 감소하는 경향이 있다. 琺瑯質表面力은 fluoride에 의해 감소되고 따라서 接着의 維持가 어려워진다. 腐蝕劑로는 多數의 종류가 利用되었다. Mizrahi와 Smith(1971)는 zinc polyacrylate cement에 함유된 10% polyacrylic acid를 1分間 利用했다. 一般的으로 1分間 50% 磷酸이 많이 利用되고 있다.

大多數의 研究에 의하면 琺瑯質表面은 어느정도 脫灰를 보인다. 60초동안 50% 磷酸을 利用하면 琺瑯質 沈透의 정도는 25 $\mu$ m이며 polishing하는 동안에 喪失되는 量과 비슷하게 5 $\mu$ m정도 喪失된다. 肉眼的으로 琺瑯質表面은 乾燥한 狀態에서 “opaque and dull white”가 되어 흰 서리같이 보인다(frosted appearance).

Scanning electron microscope(S. E. M.) 研究에 의하면 酸腐蝕을 하기 前에는 琺瑯質表面이 平滑하고 外形上 거의 特色이 없으나 酸腐蝕後에는 벌집모양(honeycomb appearance)을 보인다. 즉 酸은 prism core에 沈透하여 깊이가 5~25 $\mu$ m이고 직경이 5~6 $\mu$ m인 細孔(pore)이 되게 한다(그림 2).

接着劑는 이 細孔속으로 들어가 不規則한 界面을 形成한다. 즉 酸으로 處理된 琺瑯質表面과 接着劑 사이에 prism과 유사한 tag projection(25 $\mu$ m 정도)을 形成하여 mechanical retention에 의해서 adhesive bonding이 된다.

### 接着劑 (Adhesives)

오늘날 direct bonding에 利用되는 接着劑는 두種類의 重合體(polymer)로 分類된다.

1. Acrylic Resins
2. Diacrylate Resins

이 接着劑들은 주로 物理的 結合(physical bond)에 依存하고 硬化(setting)를 위해서 表面이 乾燥되어야 한다. 따라서 接着劑를 利用할 때는 接着劑를 適用하기 前에 琺瑯質表面을 酸腐蝕, 철저한 洗滌과 乾燥가 매우 重要하다.

### Acrylic Resins

이 接着劑는 一般的으로 利用되는 selfcuring acrylics에 根據를 두고 있다.

構成要素는 methyl metacrylate monomer와 ultrafine polymer powder이며 tertiary amine-benzol

peroxide curing system이나 tri-n-borane 誘導體에 의해 活性化된다. 이 接着劑는 膨脹係數가 琺瑯質에 비해 十倍정도되며 6-10%의 硬化(curing)時에 한 容積測定의 收縮을 한다. 口腔內 溫度는 50 $^{\circ}$ C 정도 變化할 수 있지만 bonding에 의한 膜두께(film thickness)가 크지 않아 이러한 要素들의 影響은 最少化된다.

이 接着劑를 利用하여 製造된 商品名은 表 1 과 같다.

表 1. Acrylic Resins의 製造된 商品名

Bracket Bond (G.A.C.)  
O.I.S. Adhesive  
Orbond\* (Ormco)  
Mono Lock (Rocky Mountain)  
Directon (T.P.)  
Direct Bonding Kit (Unitek)  
\* Part of a system.

### Diacrylate Resins

이 接着劑는 epoxy, epoxy type, acrylated epoxy, dimethacrylate, epoxy-acrylic 등의 多様な 이름으로 기술되어 약간의 混同을 야기시킨다.

Epoxy resin 그 자체는 硬化時間(15-30分)이 너무 길어 齒科分野에 利用되지 않고 있다. 一般的으로 利用되는 diacrylic resin은 Bowen이 製造한 bisphenol A glycidyl dimethacrylate(Bis GMA)이며 흔히 Bowen's resin으로 불리우기도 한다. (Bowen 1962).

表 2. Diacrylic Resins의 商品名

**Diacrylate Resins. They occur in two forms:**  
Unfilled  
Filled

### Examples Unfilled

as pit and fissure sealants  
EpoxyLite 9075—chemically cured (Lee Pharmaceuticals)  
Nuvaseal—u.v. light activated (L.D. Caulk)

### Filled

as (a) composite filling materials  
Adaptic—chemically cured as a paste-paste (Johnson & Johnson)  
Concise—chemically cured as a paste-liquid (3M's)  
Restodent—chemically cured as a powder-liquid (Lee Pharmaceuticals)  
Nuvafil—u.v. light activated as a paste (L.D. Caulk)  
as (b) enamel coating agents. (Decreased inorganic filler content)  
Protecto—chemically activated as a paste-paste (Lee Pharmaceuticals)

이接着劑의 硬化過程은 2 가지 方法으로 分類된다.

1) acrylic resin에서와 같이 tertiary amine-benzol peroxide을 利用하는 方法.

2) 364-367nm 波長의 ultraviolet light를 利用하는 方法.

硬化가 되면 cross-linked thermoset resin이 形成된다(表 2). Filled cross-linked thermoset diacrylate는 linear thermoplastic acrylics보다 安定되고 物理的 性質이 向上되었다.

矯正用 選擇은 粘度에 左右되는데 현미경으로 보아 거칠은 齒牙表面과 利用된 bracket을 濕潤시키기 위해서 충분히 낮아야 한다.

Diacrylate의 缺點은 흔히 利用되는 polymeric bracket에 接着力이 없다. polymeric bracket을 利用하려면 acrylic resin의 接着劑를 利用해야 한다.

### Sealants

이用語는 齒牙表面과 接着劑사이 에 또는 接着劑와 bracket base사이 에 또다른 接着物質을 利用하는 것이다.

Sealant는 琺瑯質과 披着材 表面의 濕潤을 使利하게 하거나 琺瑯質表面과 接着劑 또는 披着材表面과 接着劑 사이 에 化學的 結合을 위해 coupling agent로써 利用된다. 이 物質은 施術過程을 복잡하게 하고 sealant없이도 充分한 bonding을 할 수 있다.

### 기타 接着劑

Zinc polyacrylate(zinc polycarboxylate)는 琺瑯質表面에 披着材를 直接 接着시키는데 利用되는 cement로 報告되었다(Mizrahi, 1972).

接着은 化學的인 結合(chemical bonding)을 한다. 즉 ionic bond는 琺瑯質의 hydroxy apatite의 Ca 과 形成된다. 따라서 琺瑯質 Ca ion의 除去를 위한 酸腐蝕過程이 不必要하다(Beech 1973). 이 cement는 使用하기에 簡便하고 琺瑯質表面이 濕氣가 있어도 硬化될 수 있다. 그러나 filled diacrylate에 비해 tensile strength가 낮다.

이材料를 利用한 商品名으로는 Durelon(ESPE)과 8% stannous fluoride가 있는 poly F가 있다.

## Bracket과 Bracket Backing

一航의으로 利用되는 形態는 18/8 stainless steel bracket과 synthetic resin bracket이 있으며 最近에 소개된 ceramic bracket이 있다.

## Stainless Steel Bracket

18/8 stainless steel bracket backing은 보통 구멍들이 있거나 stainless steel tape에 welding된 wire mesh gauze(B. S. mesh No. 50-120)를 갖는다. 이 gauze는 bracking에 直接 附着되기도 한다.

Bracket backing의 구멍을 통해서 接着劑가 흘러 들어갈 可能性이 있다면 接着劑를 使用하기 前에 elastomeric ring이나 wax를 利用하여 bracket wing을 block out하는 것이 重要하다. Bracket backing의 表面을 bonding하기 前에 철저히 깨끗하게 해야 한다. 이렇게 하는 方法으로는 sand blasting, electrolytic etching, sulphuric-phosphoric acid etching 등이 있으며 最終의으로 알콜에 洗滌하여 oven에 乾燥시킨다.

## Synthetic Resin Bracket과 Backing

이 resin bracket은 審美的인 長點을 가지며 polycarbonate로 製作된다. Bracket backing은 보통 거친면을 가지며 琺瑯質表面 形態에 맞추기 위해서 plier로 contouring할 수 있으며 必要하면 grinding하여 맞출 수 있다.

Polymeric bracket은 水分흡수 양상과 flow property를 보이며 파절, 마포, 변형되기가 쉽다. 특히 rectangular wire의 torque force에 견디기 어렵고 齒牙移動時에 stainless steel bracket에 비해 마찰력이 크다.

### Bracket의 位置를 위한 前準備

1. fluoride가 없고 oil base가 아닌 paste로 琺瑯質表面을 polishing 한다.

2. 철저히 琺瑯質表面을 洗滌한 후에 乾燥시킨다.

3. 60초 동안 50%磷酸溶液을 齒面に 塗布하거나 製造會社의 指示되므로 따른다.

4. 腐蝕된 齒面을 洗滌하여 철저히 乾燥시킨다.

5. 必要한 乾燥部位을 維持시킨다.

Bracket의 位置는 매개 bonding kit을 利用한다. Bracket의 正確한 位置는 흘러내려 位置가 變形될지 모른다. 이러한 現象은 利用된 接着劑의 粘度(viscosity)에 直接關係가 있다. 따라서 이러한 粘度를 나타내는 物質은 急速硬化時間을 갖는 것이 바람직하다.

## 接着失敗에 關한 分析

齒面과 披着材表面에 前準備 過程이 이루어 졌다면 direct bonding의 失敗는 두가지 主된 要素에 의해서 이루어진다.

1. 濕氣 汚染 (moisture contamination).
2. 披着材에 加해자는 힘이 bond strength를 超過하는 경우.

### 1. 濕氣 汚染

齒面乾燥는 必須的이며 다음의 方法에 의해 이루어진다.

- a) dental unit의 濾過된 hot dry air.
- b) high volume-low vacuum suction.
- c) 齒面に 乾燥劑 塗布 (chloroform, acetone, ether).
- d) 可能的 部位에서 rubber dam을 利用.
- e) 制唾藥 (antisialogogues) - 必要的 경우. (methantheline, propantheline, atropine sulfate)

### 2. 披着材에 加해지는 힘이 bond strength를 超過하는 경우

臨床的으로 大部分의 失敗要因은 琺瑯質 界面에서 接着劑 破折에 起因된다. 咬合力은 口腔內에서 유지되어야 할 主要한 힘이다. 最大矯正力은 1.5kg을 超過하지 않는 것으로 推定되고 있다. 이러한 咬合力들은 매우 多樣할 뿐만 아니라 이러한 咬合力들이 接着된 披着材에 전달되는 比率을 評價하는 것이 必要하기 때문에 接着劑에 必要的 平均 tensile bond strength를 決定하기가 어렵다.

훌륭한 臨床的인 bonding은 tensile bonding strength가 大略 50kg/cm<sup>2</sup> 이라고 報告되었지만 最大數值가 60~80kg/cm<sup>2</sup> 인 경우에 妥當하다고 思料된다 (表 3과 4).

表 3. Occlusal Forces

	kg	
Average maximum biting force	70	
Range	10-100	
Average force during mastication, e.g.	12	Mizrahi & Smith (1971)
	4-5	Newman (1965)
Maximum orthodontic force (headgear)	1-5	

表 4. Adhesive Systems Used

			In vitro values given kg cm <sup>-2</sup>	Clinical failure rate as a %
1965	Newman	Epoxy	45	
1969	Newman	Acrylic	70	
1971	Mizrahi & Smith	Zinc polyacrylate (PAZ)	78	10
1970	Retief <i>et al.</i>	Epoxy	46	21
1971	Miura <i>et al.</i>	Acrylic + Z6030	52	6
1972	Cohl <i>et al.</i>	Unfilled diacrylate (Nuvaseal)	36	13
1972	Dijkman & Retief	Epoxy	46	32
1972	Mizrahi	Zinc polyacrylate (PAZ)	78	26
1972	Silverman <i>et al.</i>	Nuvaseal + Acrylic		2

Tensile 또는 shearing force에 대한 維持失敗는 두가지 要素에 左右된다.

1. 琺瑯質, 接着劑와 披着材間의 bond strength.
2. 披着材의 表面積.

披着材가 클수록 咬合力에 견디는 힘은 커진다. 즉 接着失敗에 單位面積當 要求되는 힘은 減少된다 (Newman, 1965).

Acrylic resin과 diacrylic resin은 stainless steel에 잘 接着이 안된다. perforation base나 stainless steel mesh gauze를 利用하므로써 機械的인 retention을 부여한다. 接着劑의 粘度가 齒面이나 披着材表面을 알맞게 濕潤시키기에 너무 크다면 接着失敗는 必然的이다. 成人의 齒面은 酸腐蝕 抵抗이 높음에도 불구하고 接着失敗率이 낮은 것은 協助가 잘 되고 齒齦境界에서 臨床的인 齒冠高徑이 증가되어 濕氣汚染의 減少에 起因되는 것으로 思料된다.

### 披着材의 撤去 (Debonding)

琺瑯質 表面에서 接着劑와 披着材의 除去는 다음과 같은 方法이 利用된다.

1. Ligature cutters.
2. Band removal pliers.
3. Chloroform 또는 acetone 등의 溶劑 利用.
4. Scaling by hand, rotonic burs, ultrasonics.

最終的으로 齒面은 polishing되어야 한다. 比較的 不活性인 diacrylate는 除去하기가 어렵다. 그래서

diacrylate resin이 이용되는 경우에는 그량이 最少가 되어야 함을 記憶해야 한다.

## 考察 및 展望

琺瑯質表面에 bracket의 直接接着은 臨床矯正學에 바람직한 進展이다. 利用되는 矯正用 接着方法은 簡單하고 빠르며 信憑性이 있어야 한다.

齒面色과 같은 synthetic resin bracket은 審美的으로 長점이 크므로 좀더 研究해서 strength, distortion, wearing에 극복되도록 해야 한다.

磷酸의 琺瑯質處理는 接着力을 增進시키고 長期的으로 琺瑯質表面에 危로운 影響은 없다고 했으나 琺瑯質喪失과 齒面の prism core에 沈透된 resin tag projection 影響에 關한 研究들이 報告되고 있다.

Miura(1981)는 磷酸이 琺瑯質에 미치는 影響을 줄이기 위해서 citric acid 利用에 關한 研究를 하고 있다.

最近에 이르기까지는 咬合力에 견딜 수 있는 接着劑와 施術過程에 關한 研究들로 一貫되었고 따라서 充分한 結合力을 갖는 接着劑가 開發되었다. 오늘날 널리 利用되고 있는 矯正用 接着劑와 施術過程에 關聯해서 생기는 主要 問題點들은 다음과 같다.

1. 接着劑를 適用하기 위한 琺瑯質表面處理.
2. 腐蝕된 琺瑯質의 回復過程.
3. 琺瑯質과 接着劑의 interlocking.
4. 接着劑 除去后 琺瑯質 變化.

微細形態學的 研究의 所見에 의하면 現在 利用되고 있는 矯正用 接着劑는 琺瑯質 表層構造에 人工的인 危弱性을 分明히 보이고 있다.

琺瑯質深層에 미치는 정도와 影響은 大體的으로 아직까지 알려지지 않은 것으로 思料된다. 腐蝕되고 接着劑가 塗布되지 않은 琺瑯質은 完全하게는 回復되지 않는다. 接着劑 除去는 部分的으로 琺瑯質이 脫落되며 섬세한 resin tag가 琺瑯質에 남아 있을 것이다.

Plaque retention, 齒牙齶蝕敏感度, 變色の 長期的인 影響과 더불어 琺瑯質에 있어서 이러한 變動의 影響은 아직은 모른다. 앞으로 琺瑯質表面에 酸腐蝕을 하지 않아도 可能한 矯正用 接着劑 開發이 바람직하다고 思料된다.

## References

- Beech, D. R. (1973)  
Improvement in the adhesion of polyacrylate cements to human dentine,  
*British Dental Journal*, 135, 442-445.
- Bowen, R. L. (1962)  
Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of Bis phenol and glycidyl acrylate,  
United States Patent Office. Pat. No. 3,066,112.
- Buonocore, M. G. (1955)  
A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces,  
*Journal of Dental Research*, 34, 849-853.
- Buonocore, M. G. (1971)  
Caries prevention in pit and fissures sealed with an adhesive resin polymerized by ultraviolet light: a two year study of a single application,  
*Journal of American Dental Association*, 82, 1090-1093.
- Cohl, M. E., Green, L. J. and Eick, J. D. (1972)  
Bonding of clear plastic orthodontic brackets using an ultraviolet-sensitive adhesive,  
*American Journal of Orthodontics*, 62, 400-411.
- Gwinnet, A. J. and Matsui, A. (1967)  
A study of enamel adhesives: the physical relation between enamel and adhesive,  
*Archives of Oral Biology*, 12, 1615-1620.
- Mitchell, D. L. (1967)  
Bandless orthodontic bracket,  
*Journal of American Dental Association*, 74, 103-110.
- Mizrahi, E. and Smith, D. C. (1971)  
Direct attachment of orthodontic brackets to dental enamel,  
*British Dental Journal*, 130, 392-396.
- Miura, F., Nakagawa, K. and Masuhara, E. (1971)  
New direct bonding system for plastic brackets,  
*American Journal of Orthodontics*, 59, 350-361.
- Newman, G. V. (1965)  
Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report,  
*American Journal of Orthodontics*, 51, 901-912.
- Newman, G. V. (1969)  
Adhesion and orthodontic plastic attachments,  
*American Journal of Orthodontics*, 56, 573-588.
- Newman, G. V. and Facq, J. M. (1971)  
The effects of adhesive systems on tooth surfaces,  
*American Journal of Orthodontics*, 59, 67-75.
- Retief, D. H., Dreyer, C. J. and Gavron, G. (1970)  
The direct bonding of orthodontic attachments to teeth by means of an epoxy resin adhesive,  
*American Journal of Orthodontics*, 58, 21-40.
- Rock, W. P. (1974)  
The use of ultra-violet radiation in dentistry,  
*British Dental Journal*, 136, 455-458.
- Silverman, E. and Cohen, M. (1974)  
Current adhesives for indirect bracket bonding,  
*American Journal of Orthodontics*, 65, 76-84.
- Smaha, C. N. and Voth, E. D. (1972)  
Positioning device for direct bracket attachment,  
*American Journal of Orthodontics*, 62, 394-399.
- Diedrich, P. (1981)  
Enamel alterations from bracket bonding and debonding,  
*American Journal of Orthodontics*, 79, 500-534.