

可視光線이 複合레진의 硬化에 미치는 效果에 關한 研究

서울대학교 齒科大學 保存學敎室

丁世準·李鳴鍾

一 目 次 一

- 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
- 英文抄錄

I. 緒 論

複合레진은 前齒修復材料로써 가장 많이 使用되고 있다. 이는 齒髓組織에 對한 刺戟이 甚하고 金屬充填材에 比해 邊緣漏出이 큰 短點이 指摘되어 왔으나 色의 調和에 있어서는 自然齒牙와 類似한 材料이므로 材料의 性質改善과 修復技法의 改良等에 努力한 結果 近來는 酸處理法과 液狀레진을 使用하여 接着性修復을 實施하는 等 多樣하게 使用되고 있다. 現在 가장 一般의 으로 使用되고 있는 複合레진은 Bis-GMA系의 paste type으로 2개의 paste를 同量 練和하여 修復하는 材料로 造作의 簡易性때문에 臨床에서 널리 使用되고 있다. 그러나 이 材料는 硬化時間이 짧기 때문에 操作時間이 制約을 받으며 多數齒牙를 同時에 修復하기 어렵고 또 複雜한 窩洞을 修復하는데 困難한 點이고 練和時에 氣泡가 生길 우려도 있다. 이러한 欠點을 補完해서 改良된 材料인 紫外線 重合레진이 開發되었다. 이 紫外線 重合레진은 過去 數年間에 걸쳐 臨床에서 많이 使用되었고 이 單一 paste形態인 紫外線 重合

레진은 紫外線을 照射하지 않는 限 硬化되지 않으므로 一回에 多數의 窩洞에도 修復할 수 있다. 또 複雜한 形態의 窩洞에도 容易하게 充填할 수 있는 利點을 가지고 있으며, 練和할 必要가 없기 때문에 氣泡의 生成을 最大한 줄여줄 수도 있다. 이러한 여러가지 長點들 때문에 過去 數年間 紫外線 重合레진이 臨床에 많이 使用되어 왔다.¹⁾ 그러나 紫外線이 人體에 미치는 危害作用에 對해 여러 學者들의 報告^{2), 3)}가 있다. Birdsell等⁴⁾은 紫外線에 依해 皮膚癩, 눈의 損傷 등의 副作用이 發生할 수 있으므로 充分한 保護裝置를 한 後에 紫外線 重合레진의 修復을 實施해야 한다고 主張하였다. 그러나 이에 反해 最近에 可視光線에 依해서 硬化되는 可視光線 重合레진이 開發되었다. 이 可視光線 重合레진은 紫外線 重合레진 보다 더 짧은 時間에 더 깊게 硬化된다는 研究報告^{5), 6)}가 發表되었으며, 近來 實際 臨床에서도 이 可視光線 重合레진이 널리 使用되고 있다.

이 可視光線 重合레진 역시 可視光線을 照射하기 前에는 paste레진이 硬化되지 않으므로 操作이 簡便하고 酸腐蝕의 方法과 Enamel bonding agent를 使用하여 變色된 齒牙나 齒間間隔이 있는 例에서도 正常的인 形態와 色調로 回復해줄 수 있어 臨床에서 多樣하게 使用되고 있다. 紫外線 重合레진이나 可視光線 重合레진같은 所謂 光重合레진의 가장 큰 缺點은 硬化深度의 限界가 있는 것이다. 化學反應에 依해 重합이 일어나는 레진의 境遇에는 窩洞이 廣範圍 하더라도 窩洞의 모든 部分에서 重合反應이 일어나므로 均一하게 硬化되는데 比해서 光重合레진은 光線이 照射되는 表面에서 深部로 硬化되기

*본 연구는 서울대학교병원 특진연구비의 지원을 받았음.

때문에⁹⁾窩洞이 깊고 廣範圍한 境遇에는 窩洞의 深部에서는 硬化가 되지않아 齒髓組織에 繼續的인 刺戟을 주거나 또는 레진이 硬化되지 않아 充填物이 脱落되어 失敗를 招來할 수 있다. 그러므로 光重合 레진의 製造會社들은 窩洞이 깊은 境遇에는 한번에 修復하지 말고 數回로 나눠서 充填하는 것이 理想的인 方法이라고 勤하고 있다. 이와같이 光重合 레진은 硬化되는 깊이에 限界가 있어 光重合 레진의 硬化深度에 關한 研究報告^{3, 4, 5, 7, 9, 10)}가 發表되고 있다.

Swartz等³⁾은 0.7~1mm 두께의 瑛瑯質 表面을 通해서 可視光線을 照射시킨 結果 레진은 硬化되고 그 硬化되는 깊이는 可視光線의 照射時間에 比例한다고 報告하였고, Leung等⁴⁾은 光重合 레진의 硬化의 程度는 光線의 量에 比例한다고 하였다. Kilian¹⁰⁾은 可視光線 重合레진을 硬化시킨 後 1時間 經過後와 24時間 經過後에 硬度를 測定한 結果 24時間 經過後에 硬度가 多少 增加하는 것으로 미루어보아 可視光線 照射後 어느 程度는 繼續 硬化된다고 研究 發表하였다.

이에 著者는 可視光線 重合레진의 硬化範圍는 大略 어느 程度이며 可視光線의 照射時間을 變化시킨 境遇 硬化深度의 變化 정도를 觀察하고 다른 製造會社들의 可視光線 照射器를 使用하여 레진을 硬化시켜 그 深度를 觀察한 바 있어 多少의 知見을 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

II. 實驗材料 및 實驗方法

1) 實驗材料

本 實驗에서 使用한 可視光線 照射器 및 可視光線 重合레진은 다음과 같다.

*Visible Lights

- 1) Translux (Kulzer)
- 2) Heliomat (Vivadent)
- 3) Pluraflex HL 150 (Litema)
- 4) Omega (O'ryan)

*Visible light curing resins

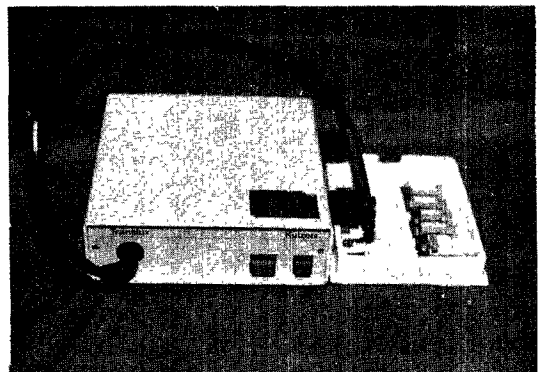
- | | | |
|-------------------|------------|-----------|
| 1) Durafill | (Kulzer) | universal |
| 2) Heliosit | (Vivadent) | #22 |
| 3) Plurafil-super | (Litema) | universal |
| 4) Silux | (3M) | universal |

2) 實驗方法

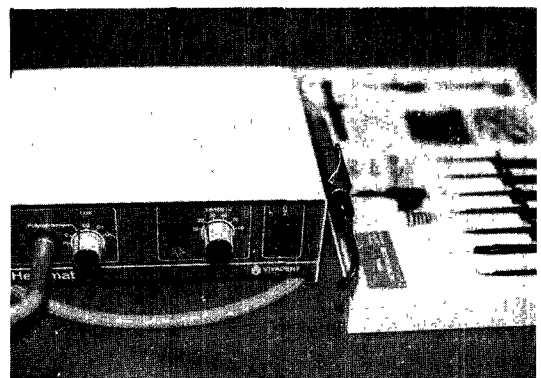
直徑 5mm, 높이 7mm의 圓柱型 Celluloid matrix 內에 上記 4種類의 레진을 아딜감 充填器로 試片에 氣泡가 생기지 않도록 充填하여 한 試材에 40個씩 만들어 都合 160個의 試片을 製作하였다. 한 種類의 試片中 20個는 4種類의 照射器를 使用하여 20秒間 照射시켰고, 나머지 20個는 40秒間 照射시켰다.

可視光線 照射 때에는 試片을 直徑 6mm, 높이 7mm의 구멍이 뚫린 Tin foil이 덮인 stone mold 內에 挿入한 後, 光線을 通過시키지 않는 直徑 5mm의 구멍이 뚫린 cover를 덮은 後, 可視光線을 照射시켰다. 可視光線 照射 後, mold內에서 試片을 除去하여 celluloid matrix를 分離한 다음 硬化가 되지 않은 部分은 除去해 내고 ethanol속에서 10分間 浸漬 後 꺼내 白濁한 未硬化된 部分을 銳利한 齒科用彫刻刀로 除去한 後에 레진이 硬化된 깊이를 測定하였다.

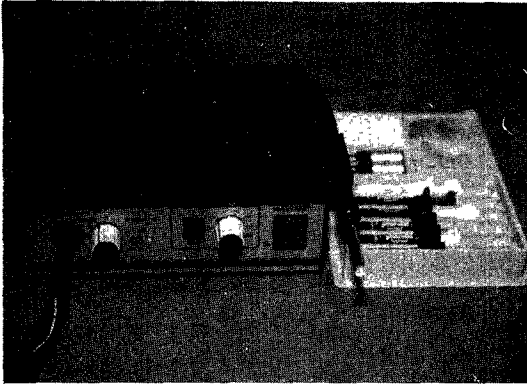
可視光線復合레진과 光線照射器



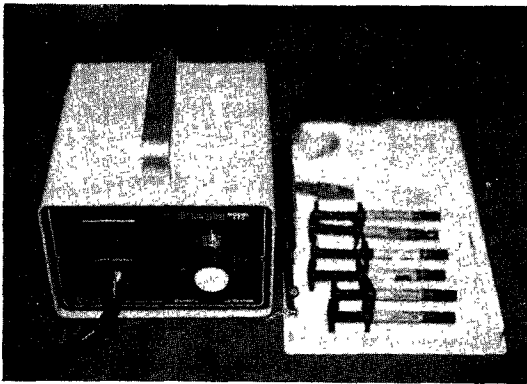
Durafill-Translux



Heliosit-Heliomat



Plurafil Super-Pluraflex HL 150



Silux-Omega

III. 實驗成績

4種의 Durafill, Heliosit, Plurafil-super, Silux의 可視光線 重合레진을 Translux, Heliomat, Pluraflex HL 150, Omega의 可視光線 照射器로 20秒間과 40秒間을 各各 照射한 後의 硬化深度는 아래와 같다(Table I, II, III, IV, V 參照).

Table I, II, III, IV에서 보는 바와같이 40秒間 照射시킨 境遇 各 레진들의 硬化深度는 큰 差異가 없었다.

Table V에서 보는 바와같이 照射時間을 20秒에서 40秒로 延長시킨 境遇 硬化深度는 增加하였고 또한 다른 製造會社의 照射器로 硬化시킨 境遇에도 그 硬化深度에 큰 差異가 없는 成績을 얻었다.

Table I. Depth of polymerization.
(Durafill-Translux)

	20sec.	40sec.
1.	3.00	3.60
2.	3.15	3.50
3.	3.15	3.50
4.	3.05	3.45
5.	3.05	3.45
\bar{X}	3.08	3.50

Table II. Depth of polymerization.
(Heliosit-Heliomat)

	20sec.	40sec.
1.	3.55	3.60
2.	3.50	3.65
3.	3.55	3.70
4.	3.60	3.70
5.	3.50	3.75
\bar{X}	3.54	3.68

Table III. Depth of polymerization.
(Plurafil-Pluraflex)

	20sec.	40sec.
1.	3.60	3.70
2.	3.55	3.65
3.	3.60	3.70
4.	3.65	3.75
5.	3.65	3.80
\bar{X}	3.61	3.72

Table IV. Depth of polymerization.
(Silux-Omega)

	20sec.	40sec.
1.	3.45	3.65
2.	3.50	3.70
3.	3.50	3.75
4.	3.45	3.70
5.	3.55	3.75
\bar{X}	3.49	3.71

Table V. Mean depth of polymerization (in millimeters)

	Durafill	Heliosit	Plurafil-super	Silux
Translux 20 sec.	3.08	3.52	3.51	3.43
	40 sec.	3.50	3.63	3.65
Heliomat 20 sec.	3.05	3.54	3.60	3.51
	40 sec.	3.49	3.68	3.63
Pluraflex 20 sec.	3.05	3.53	3.61	3.54
	40 sec.	3.47	3.62	3.66
Omega 20 sec.	3.02	3.47	3.55	3.49
	40 sec.	3.42	3.59	3.71

IV. 總括 및 考按

1970年初期 부터 前齒用 修復材料로서 複合레진이 주로 사용되어 왔지만 이에 對한 缺點中의 하나는 邊緣漏出^{16, 17, 18, 19, 20, 21)}을 들 수 있다. Going等¹⁶⁾은 레진修復材는 金屬充填材보다 邊緣漏出이 크다고 報告하였다. 그러나 複合레진의 長點은 色의 調和에 있어서 自然齒牙와 거의 類似한 色의 調和임을 들 수 있다. 邊緣漏出을 防止하기 위해서 酸腐蝕 方法과 bonding agent를 사용하게 되었는데 Chow¹⁷⁾, Hembree와 Andrews¹⁸⁾, Jensen等¹⁹⁾은 琺瑯質을 酸溶液으로 腐蝕시킨 後, bonding agent를 塗布하여 複合레진을 充填한 境遇 優秀한 邊緣封鎖效果를 觀察할 수 있었다고 報告하였다. 이런 方法과 함께 優秀한 充填效果를 期待할 수 있는 紫外線 重合레진이 開發되어 臨床에서 많이 利用되어 왔다^{25, 26, 27, 28)}. 紫外線 重合레진의 利點으로는 操作的 簡便性을 들 수 있겠다.

即, 化學反應에 의해 重합이 일어나는 레진은 硬化 時間이 빠르기 때문에 複雜한 窩洞이나 한번에 多數의 齒牙에 修復하기에는 어려움이 있는데 比해 紫外線 重合레진은 紫外線을 照射하기 前에는 硬化가 되지 않으므로 複雜한 窩洞이라 하더라도 充分한 時間的 여유를 가질 수 있는 長點이 있다. 또 Buonocore等²⁰⁾은 複合레진 充填後의 邊緣漏出을 觀察한 實驗에서 琺瑯質을 7% 酸化亞鉛이 含有된 50% 磷酸으로 腐蝕시킨 後 ultraviolet polymerizing agent를 塗布하고 複合레진을 充填한 境遇에서 複合레진의 邊緣漏出度가 顯著히 減少함을 觀察한

結果 self polymerizing bonding agent보다 ultraviolet polymerizing bonding agent가 邊緣封鎖에 效果의 이라고 結論지었다.

Eriksen과 Buonocore²³⁾도 S³⁵ 放射性同位元素와 basic fuchsin dye를 使用하여 複合레진의 充填方法에 따른 數種 複合레진의 邊緣漏出에 關한 實驗報告에서 窩洞周圍의 琺瑯質까지 酸으로 腐蝕시키고 bonding agent를 塗布하여 feather-edge의 形態로 過剩充填을 할 境遇 窩緣封鎖效果가 優秀함을 報告하였으며, cold curing bonding agent보다 ultraviolet polymerizing bonding agent가 邊緣漏出 防止에 效果의 이라고 報告하였다. Rafei와 Moore²¹⁾도 ultraviolet polymerizing bonding agent를 使用할 境遇 複合레진의 邊緣封鎖效果가 優秀하다고 하였다. 그러나 紫外線은 人體에 危害作用이 있음이 報告되고 있다.

Birdsell等¹⁾은 紫外線에 依해서 皮膚癌, 눈의 損傷等의 副作用을 招來할 수 있으므로 이에 對한 保護裝置가 必要하다고 하였다. 따라서 近來 臨床에서는 紫外線 重合레진은 쓰이지 않고, 最近에 開發된 可視光線에 依해서 硬化되는 可視光線 重合레진이 많이 使用되고 있다.²⁰⁾ Newman等^{2, 24)}은 紫外線 重合레진과 可視光線 重合레진의 硬化深度를 觀察한 實驗에서 可視光線 重合레진이 紫外線 重合레진보다 더 짧은 時間에 더 깊게 硬化된다고 報告하였다. Newman^{2, 24)}의 報告에 依하면 紫外線 重合레진의 硬化深度는 20秒동안 照射한 境遇 0.64~3.10mm 인데 比해 可視光線 重合레진은 2.06~4.86mm 까지 硬化함을 觀察하였다.

本實驗의 境遇에서 硬化深度는 모두 3~4mm 사이인 것으로 나타났다. 本實驗에서 可視光線의 照射時 光線을 通過시키지 않는 mold와 cover를 사용하여 可視光線이 直徑 5mm의 구멍을 통해서만 照射되도록 했었다. Denyer等⁷⁾은 여러가지 mold를 사용하여 可視光線 重合레진의 硬化深度를 測定한 實驗에서 光線을 通過시키는 mold를 사용하여 實驗한 境遇가 光線을 通過시키지 않는 mold를 사용하여 實驗한 境遇보다 훨씬 깊게 硬化함을 觀察하였으나 實際 臨床에서는 可視光線이 窩洞 表面에 照射되기 때문에 可視光線의 硬化深度를 測定하는 實驗에서는 빛을 通過시키지 않는 mold를 사용하여 實驗해야만 實際 臨床에 適用할 價値가 있다고 하였다. Swartz等³⁾은 珐瑯質을 통해서 可視光線을 照射시킨 境遇 可視光線 重合레진이 얼마나 硬化되는가를 알아보기 위해 中切齒의 象牙質을 除去하고 레진 充填을 한後 0.7~1mm 두께의 珐瑯質層을 통해서 可視光線을 照射시킨 境遇 레진들은 모두 硬化되고 20秒동안 照射한 境遇보다 40秒동안 照射한 境遇에서 더 깊게 硬化되고 또 色調가 밝은 色일수록 더 깊게 硬化된다고 報告하였다. 따라서 本實驗에서는 實驗의 誤差를 줄이기 위해서 universal color를 사용하여 實驗하였다. Kilian¹⁰⁾은 可視光線 重合레진을 硬化시킨 後 1時間 經過後와 24時間 經過後에 硬度를 測定한 實驗에서 1時間 經過後보다 24時間 經過後에 硬度가 약간 增加하는 것으로 미루어보아 可視光線의 照射가 끝난 後에도 可視光線 重合레진은 어느정도 더 硬化된다고 報告하였는데 本實驗에서는 可視光線을 照射한 直後 레진의 硬化深度를 測定하였다. Leung等⁴⁾은 그의 實驗에서 可視光線 重合레진을 사용하여 硬化深度를 測定한 結果 60秒間 照射하여도 3.5mm 길이까지 硬化되지 않는데, 300秒間 照射한 境遇에는 3.5mm 길이까지 硬化됨을 觀察하였다. 따라서 實際 臨床에서 두께 4mm 이상의 큰 窩洞에서는 照射時間을 길게 延長하기 보다는 2~3회에 나눠서 積層法으로 充填하는 것이 바람직 하다고 보겠다. Newman等²⁴⁾은 요즘 美國에서 많이 使用되고 있는 11種類의 可視光線 重合레진과 8種類의 可視光線 照射器를 서로 互換시켜 硬化시켜본 實驗에서 다른 製造會社의 照射器를 使用하여도 몇가지의 境遇를 除外하고는 대개 비슷한 硬化深度를 나타냄을 觀察하였다.

本實驗에서 使用한 4種類의 可視光線 重合레진과 4種類의 可視光線器의 境遇 硬化深度에 큰 差

異가 없는 것과 一致하는 것으로 思料된다.

V. 結 論

著者는 Durafill, Heliosit, Plurafil-super, Silux의 4種類의 可視光線 重合레진을 Translux, Heliomat, Pluraflex HL 150, Omega의 4種類의 可視光線 照射器로 20秒와 40秒間 照射시킨 硬化深度를 測定한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 修復用 重合레진을 可視光線照射器로 20秒 및 40秒間을 照射하였을 때 40秒例에서 硬化深度는 增加하였다.
2. 可視光線照射器로 20秒 및 40秒間 照射하였을 시 4種의 例中에서 Durafill Translux System의 硬化深度가 가장 적었고, Plurafil-Super, Pluraflex System의 硬化深度가 가장 컸다.
3. 製造會社가 다른 可視光線照射器로 各各의 重合레진에 照射하였을시도 레진은 모두 硬化하였다.
4. 本實驗에 使用한 重合레진의 硬化深度는 3.0~3.8mm이었다.

REFERENCES

1. Birdsell, D.C., Bannon, P.J., and Webb, R.B.: Harmful effects of near ultraviolet radiation of sealant and composite resin. J. Amer. Dent. Ass. 94, 311, 1979.
2. Murray, G.A., Yates, J.L., and Newman, S.M.: Ultraviolet light and ultraviolet light-activated composite resins. J. Prosthet. Dent. 46:167, 1981.
3. Swartz, M.L., Phillips, R.W., and Rhodes, B.F.: Visible light-activated resins-Depth of cure. J. Dent. Res. 61:270, 1982.
4. Leung, R., Fan, P.L., and Johnson, W.M.: Exposure time and thickness on polymerization of visible light composite. J. Dent. Res. 61:248, 1982.
5. Sludder, T.B., Slockwell, C.L., and Leinfelder, K.S.: Two-year clinical evaluation

- of two light-cured composite resins, *J. Dent. Res.* 61:214, 1982.
6. Viohl, J., and Kops, C.: Bond strength of auto-and photopolymerizing resins, *J. Dent. Res.* 61:270, 1982.
 7. Denyer, R., and Shav, D.J.: Cure evaluation of visible light composites by Knoop hardness measurement, *J. Dent. Res.* 61:271, 1981.
 8. Ferracane, J.L., Newman, S.M., and Greener, E.H.: Correlation of strength and degree of polymerization of unfilled Bis-GMA, *J. Dent. Res.* 61:271, 1982.
 9. Cook, W.D.: Factors affecting the depth of cure of UV-polymerized composites, *J. Dent. Res.* 59:808, 1980.
 10. Kilian, R.J.: Visible light cured composite-dependence of cure on light intensity, *J. Dent. Res.* 58:Special Issue A. Abstract No. 603.
 11. Forbes, P.D.: Effects of long wave ultraviolet light on the skin of mice, *Proc Fourth Int Cong Photobiology 1972*, p 343.
 12. Zigman, S., and Others.: Ocular protein alterations by near UV light, *Exp Eye Res* 15:255 March 1973.
 13. Buonocore, M.G., and Davila, J.: Restoration of fractured anterior teeth with ultraviolet-light-polymerized bonding materials: a new technique. *JADA* 86:1349 June 1973.
 14. Heyde, J.B.: Ultraviolet light polymerized restorative system: clinical report. *J. Prosthet. Dent.* 30:693, Oct. 1973.
 15. Ibsen, R.L., and Neville, K.: Adhesive restorative dentistry. W.B. Saunders Co., 1974.
 16. Going, R.E., Massler, M., and Dute, H.L.: Marginal penetration of dental restorations by different radioactive isotopes, *J. Dent. Res.* 39:273, 1960.
 17. Chow, M.H.: Effects of sealant placed over composite resin restorations, *J. Pros. Dent.* 44:531, 1980.
 18. Hembree, J.H., and Andrews, J.T.: In situ evaluation of marginal leakage using an ultraviolet light activated resin system, *JADA*, 92:414, 1976.
 19. Jensen, E., Odont, C., and Handelman, S.L.: In vitro assessment of marginal leakage of six enamel sealants, *J. Pros. Dent.* 39:304, 1978.
 20. Buonocore, M.G., and Sheykhoslam, Z.: Evaluation of an enamel adhesive to prevent marginal leakage: An in vitro study, *J. Dent. Child*, 40:119, 1973.
 21. Rafei, S.A., and Moore, D.L.: Marginal penetration of composite resin restorations as indicated by a tracer dye, *J. Pros. Dent.* 34:435, 1975.
 22. Lee, H.L., Orlowski, J.A., and Rogers, B.J.: A comparison of ultraviolet luting and self-curing polymers in preventive, restorative, and orthodontic dentistry, *Int. Dent. J.* 26:134, 1976.
 23. Eriksen, H.M., and Buonocore, M.G.: Marginal leakage with different composite restorative materials, *J.A.D.A.* 93:1143, 1976.
 24. Newman, S.M., Murray, G.A., Yates, J.L.: Visible lights and visible light-activated composite resins, *J. Pros. Dent.* 50:31, 1983.
 25. Heyde, J.B.; Ultraviolet light polymerized restorative system; clinical report, *J. Pros. Dent.* 30:693, 1973.
 26. Watkins, J.J., and Andlan, R.J.: Restoration of fractured incisors with an ultraviolet light-polymerized composite resin, *Br. Dent. J.* 142:249, 1977.
 27. Lamber, P.M., Moore, D.D., and Elletson, H.H.: In vitro retentive strength of fixed

- bridges constructed with acrylic pontics and an ultraviolet polymerized resin. J.A.D.A. 92:740, 1976.
28. Rock, W.P.: The use of ultraviolet radiation in dentistry. Br. Dent. J. 136:455, 1974.
29. Salako, N.O., and Cruickshanks-Boyd, D.W.: Curing depths of materials polymerized by ultraviolet light Br. Dent. J. 146:375, 1979.
30. Pollack, B.F., and Lewis, A.L.: Visible light resin-curing generators: A comparison. Gen. Dent. 29:488, 1981.

A STUDY ON THE DEPTH OF POLYMERIZATION OF VISIBLE LIGHT ACTIVATED COMPOSITE RESINS.

Chung Sae Joon , Myung Jong Lee

Department of Operative Dentistry, Seoul National University.

.....» Abstract «.....

The purpose of this study was to compare combinations of the four visible light irradiating appliances (Translux, Heliomat, Pluraflex HL 150, Omega) and the four visible light activated composite resins (Durafil, Heliosit, Plurafil-super, Silux) to determine the depth of polymerization of each combination.

Twenty samples were made with Durafil. Five samples were polymerized for 20 seconds using Translux, five with Heliomat, five with Pluraflex HL 150, five with Omega. Twenty samples were made with Heliosit, twenty with Plurafil-super, and twenty samples with Silux. A 20-second polymerization time was applied with each of 4 visible light irradiating appliances to 5 samples of each material. Eighty samples were treated in a like manner, but polymerization was extended to 40 seconds.

Depth of polymerization were measured with caliper.

The results were as follows.

- 1) Of the two time exposures, 40-second exposure provided a significantly greater depth of polymerization than 20-second for each light with each material.
- 2) Durafill-Translux system showed minimum depth of polymerization, and Plurafil-Pluraflex system showed maximum depth of polymerization.
- 3) Visible light irradiating appliances were able to harden the resins cured by the visible lights of other makers' apparatuses.
- 4) In all circumstances, depth of polymerization was between 3.0-3.8mm.

.....