

數種 臼齒部 充填用 複合레진의 物理的 性質에 關한 實驗的 研究

慶熙大學校 齒科大學 保存學 教室

朴善載 · 朴尙進 · 閔丙淳 · 崔浩永

— 目 次 —

- I. 緒 論
- II. 實驗材料 및 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

齒牙 齦蝕症이 好發되는 臼齒부에 理想的인 充填物의 所要 條件으로 審美性, 耐磨耗性, 邊緣封鎖性 充分한 引張強度 및 壓縮強度, 操作의 容易性, 無毒性, 二次齦蝕症의 豫防等이 考慮되고 있으며, 一般的으로 臨床에서 널리 使用되고 있는 아말감은 耐磨耗性, 放射線 不透過性 및 操作의 容易성과 같은 長點이 있으나, 水銀에 依한 環境 汚染, 審美性 缺如, 緣端 및 引張強度의 脆弱等 臼齒部 充填物으로서의 上記의 要件들을 充分히 滿足시키지 못하는 많은 問題點이 있으므로 아말감의 代用 材料로서 適切한 臼齒部 充填物의 改善이 要求되고 있는 實情이다¹⁾.

審美的 充填物인 複合레진은 前齒部의 充填에 適合하게 開發 使用되어 왔으며, 臨床家들이 複合레진을 臼齒部 充填용으로 아말감의 代用 材料로서 使用을 要求하고 있어, 지난 20餘年間 臼齒부에 効

果的인 複合레진의 充填術에 對한 研究가 繼續되어 왔다^{2) 3)}.

即, 口腔內에서 物理 化學的, 生物學的 環境 變化에 따라, 理想的인 臼齒部 複合레진은 耐磨耗性, 形態의 安定性, 操作의 容易性, 完全한 邊緣封鎖性, 放射線 不透過性, 研磨性 및 審美性 等を 갖추고 있어야 하나⁴⁾, 現在 臼齒部 充填用 複合레진은 咬合力에 依한 耐磨耗性의 缺如, 咬合力等 外力에 對한 強度의 脆弱성과 齒質에 對한 結合力的 不完全에 따른 邊緣部 漏出, 放射線 透過性으로 인한 診斷의 不確實 및 充填後 形態賦與의 困難等의 短點이 나타났다⁵⁾.

따라서 臨床에서의 要求와 關心에 비해 複合레진 自體의 缺點이 많아 이에 對한 比較 研究가 必要하게 되었다.

即, Eames等¹⁰⁾, Osborne等¹¹⁾, Leinfelder等¹²⁾, Phillips等^{13) 14)}, Derkson等¹⁵⁾, Light等¹⁶⁾은 臼齒部 複合레진과 아말감에 對하여 臨床적으로 評價하였고, Phillips等¹⁴⁾과 岡本等¹⁷⁾은 臼齒部 複合레진과 아말감의 物理的 性質을 比較 評價하였으며, Peterson等¹⁸⁾, Macchi와 Craig¹⁹⁾, Dennison과 Craig¹¹⁾, Vougiouklakis와 Smith²⁰⁾, Raptis等²¹⁾, Lee等²²⁾, Swartz等²³⁾, Moser와 Greener²⁴⁾, Griffith와 Cannon²⁵⁾은 數種 複合레진 間의 物理的, 機械的 性質을 比較 實驗하였으며, Lutz와 Phillips²⁶⁾ 및 Bassiouny와 Grant²⁷⁾은 光重合레진과 化學重合레진의 性質을 比較 評價한바 있으며, Pollack와 Lewis²⁸⁾, Newman等²⁹⁾, Killian과 Mullen³⁰⁾은 可視光線과 紫外線 重合레진 間의 重合의 程度의 差異를 報告한바 있

고, Leung等³³⁾은 可視光線 重合레진의 照射 時間에 따른 重合 程度에 關해 研究 報告하였다.

한편, Denyer와 Shaw¹²⁾, Von Fraunhofer³⁷⁾는 重合레진의 硬度에 對해서 報告하였으며, Harrison과 Draughn²³⁾은 磨耗度, 引張強度 및 硬度 등의 相互 聯關性을 比較 研究하였고, 岡本等⁵⁾, Pearson⁴²⁾ Von Fraunhofer와 Hammer⁵⁶⁾, Fan等³⁰⁾은 數種 重合레진의 吸水量과 溶解量에 對해서 比較 實驗한 바 있다.

Draughn¹⁵⁻¹⁶⁾, 齊藤等²⁾은 臼齒는 主로 咀嚼運動에 依하여 應力이 反復하여 加해짐으로서 咬合力에 抵抗할 수 있는 重合레진은 充分한 強度가 要求되는 事項이며 重合레진의 疲勞에 따른 破壞 特性에 對하여 研究 檢討한 바 있으며, Asmussen과 Jørgensen⁷⁾도 壓縮強度보다도 훨씬 낮은 應力값에서 破壞가 일어나며 高cycle疲勞에 對하여 研究 報告한 바 있다.

그 외에 Welk와 Laswell⁶⁰⁾은 理想的인 臼齒部用 重合레진 充填物의 窩洞 形態에 對해서 報告한 바 있고, Sockwell等⁵¹⁾, Porte等⁴⁸⁾은 前齒部의 重合레진 充填時 窩洞 形態에 따른 結果를 實驗 報告하였으며, Simonsen⁵⁰⁾, Wilder⁵¹⁾, Suzuki等⁵²⁾은 臼齒部 重合레진의 充填時 充填物의 維持와 邊緣封鎖 能力을 改善시키기 爲한 窩洞 形態에 對하여 研究 報告한 바 있다.

以上の 研究 報告를 土臺로 現在 臼齒部 充填用 重合레진의 物理化學的 性質 및 機械的 性質의 改善이 臨床 分野에서 要求되고 있어 著者는 數種 臼齒部 充填用 重合레진의 窩洞 形態에 따른 壓縮強度와 壓縮疲勞強度, 硬度, 吸水量 및 溶解量을 比較 檢討하여 臼齒部에 適切한 重合레진의 諸性質에 對해 多少의 知見을 얻었기에 그 結果를 報告하는 바이다.

II. 實驗材料 및 方法

1. 實驗材料

本 實驗에 使用된 材料는 現在 國內에서 市販되고 있는 8種의 臼齒部 重合레진中 重合方式에 따라 化學的으로 硬化되는 化學重合 重合레진인 P-10, Clearfil posterior, Adaptic Ant. & Post. (以下 PIO, CF, A로 略함)와 可視光線에 依해 硬化되는 光重合 重合레진인 Lite-fil P, P-30, Estilux posterior,

Heliomolar, Ful-fil compules(以下 LF, P30, EL, HM, FF로 略함) 등을 使用하였다(Table 1).

2. 實驗方法

1) 壓縮強度 및 壓縮疲勞強度 測定

壓縮強度用 試片은 25°C의 室溫에서 製造會社의 指示대로 各 材料를 그림 1과 같이 試片 模型 形態에 따라 I-type과 T-type의 stainless steel mold內에 注入(Fig. 1)하여 實驗 材料 別로 type當 10個씩의 試片을 製作하였다(Fig. 2).

壓縮疲勞強度 測定用 試片은 壓縮強度 測定用 試片과 同一한 條件으로 type當 5~6個씩의 試片을 製作하였다. 製作된 試片은 37°C의 蒸溜水 內에서 24時間 保管한 後 強度를 測定하였다.

가. 壓縮強度 測定

20ton用 Instron社製 材料 試驗機(Model No. 1332)(Fig. 3)를 使用하여 各 試片의 荷重線을 調節할 grip을 製作(Fig. 4)하여 上記의 試片에 荷重을 加하였다. 이때 變位速度(crosshead speed) 0.2mm/min로 變位制御 方式(stroke control method)에 依하여 最大 壓縮荷重 P를 求하였고 壓縮強度 σ_c 는 (1)式에 依해 求하였다.

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

σ_c : 壓縮強度

P: 最大 壓縮荷重

A: 試片의 最小 斷面積

(註: 斷面의 變化가 있는 試片에 對해서는 最小 斷面積에 對해 強度를 計算하는 것이 一般的임.)

各 試片에 對해 強度를 測定하여 平均値를 얻은 後 이 값의 85% 以下의 強度를 나타내는 試片의 數値는 除外하고 나머지 試片의 強度 平均値를 壓縮強度로 定하였다.

나. 壓縮疲勞強度 測定

壓縮疲勞強度 試驗은 壓縮強度 測定時 使用된 것 과 同一한 試驗機로 荷重制御 方式(load control method)에 依하여 施行하였다. 周期荷重(cyclic load)은 齒牙의 咀嚼狀態 條件과 近似하도록 荷重 反復速度가 10Hz인 三角波型을 使用하였고, 荷重比(load ratio $R = P_{\min}/P_{\max}$, P_{\min} : 最小荷重, P_{\max} : 最大荷重)는 0.05로 常溫 大氣中에서 壓縮疲勞強度 試驗을 施行하였다.

이때 荷重振幅 ΔP ($\Delta P = P_{\max} - P_{\min}$) 一定하게 하여 各 荷重마다 試片이 破斷될때 까지의 荷重

Table 1. Code, product, manufacturer, type, composition of eight tested materials in this study

Code	Brand	Manufacturer	Polymerization system	Type of composite	Filler Content (wt %)
P10	P-10	3M Co., St. Paul, Mn, U.S.A.	Self-cured	Hybrid	α -Quartz (86)
CF	Clearfil Posterior	Kuraray Co., Osaka, Japan	Self-cured	Hybrid	α -Quartz (80)
A	Adaptic Ant. & Post.	Johnson & Johnson Dental Product Co., East Windsor, N.J.	Self-cured	Hybrid	Quartz (78)
P30	P-30	3M Co., St. Paul, Mn, U.S.A.	Visible light cured	Hybrid	Zincoxide glass (87)
LF	Lite-Fil P	Shofu Inc. Kyoto, Japan	Visible light cured	Hybrid	Ceramic filler (85)
EL	Estilux Posterior	Kulzer & Co., GmbH W. Germany	Visible light cured	Hybrid	Glass Ceramic filler (77)
HM	Helio-Molar	Vivadent Schaan, Liechtenstein	Visible light cured	Homogeneous microfilled	Pyrolytic silicium dioxide (78)
FF	Ful-fil compules	L.D. Caulk Co., Milford, Delaware U.S.A.	Visible light cured	Hybrid	Barium Glass Fused Silica (77)

cycle 反復數 N 을 測定하였다. 다음 荷重振幅 ΔP 를 最小斷面積 A 로 나누어준 값을 反復應力 $\Delta \sigma$ 로 定하여 $\Delta \sigma - N$ 曲線을 얻었다. $\Delta \sigma - N$ 曲線은 N 軸을 log scale로 하는 semilog graph 上에 plot 하였다.

또 레진 系統의 材料는 뚜렷한 疲勞限度 (fatigue limit)를 보이지 않고 荷重 cycle 反復數 N 의 增加에 따라 疲勞強度 (fatigue strength)가 0에 近接한다

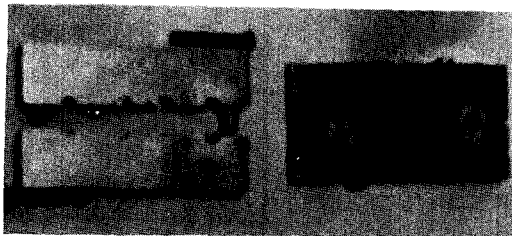
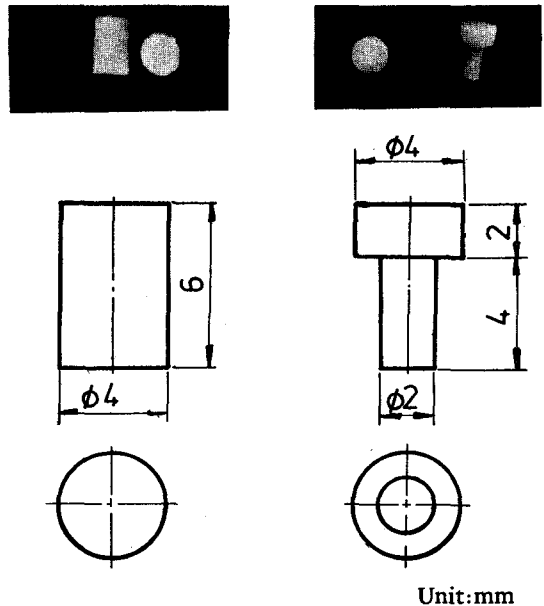


Fig. 1. Mold for manufacturing a specimen (Test for compressive and fatigue strength).



(a) I type (b) T type
Fig. 2. Specimen for compressive and fatigue strength measurement.
Unit: mm

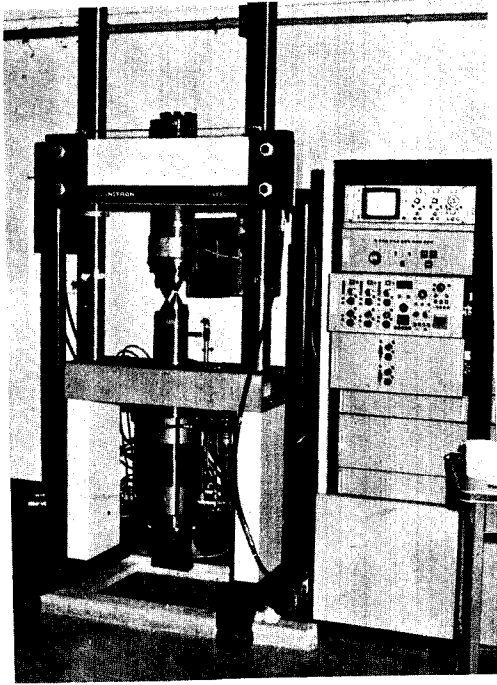


Fig. 3. Servohydraulic material testing machine (Instron 1332).

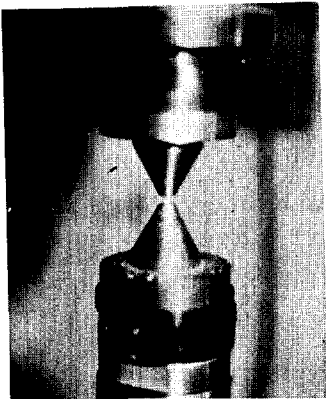


Fig. 4. Testing grip for compressive strength.

는事實을考慮하여 어느程度實用上的 값인 $N=10^5$ cycle에서의疲勞強度를 그材料의疲勞限度로定하였다.

2) 硬度測定

25°C의室溫에서製造會社의指示대로各材料를 Lee와 Orłowski²¹⁾, 韓國工業規格²⁾의modification에依한 두께 5mm, 直徑 7mm의 stainless steel mold

內에注入(Fig.5)하여,圓柱形의試片을5個씩製作하였다(Fig.6).

製作된試片은口腔條件과同一한溫度를維持하도록37°C恒溫水槽에서24時間保管後Alumina粉末을溶解시킨浮遊溶液을使用하여自動研磨器(polisher)로研磨하고表面을水洗,乾燥하였다.

各試片은Knoop hardness tester(MVH-2型,東京試驗器社製作 Fig.7)를使用하여Knoop硬度를測定하였다.

Knoop hardness tester의diamond indenter로100g의荷重을30秒間加해언어진壓痕(indentation)(Fig.8)의길이d를測定하여(2)式에依하여硬度値를算出하였다.

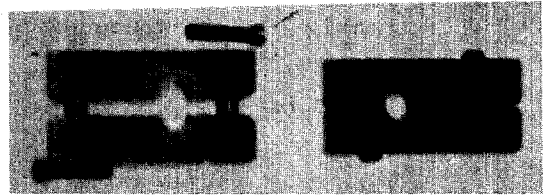
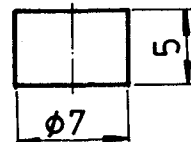
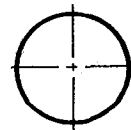
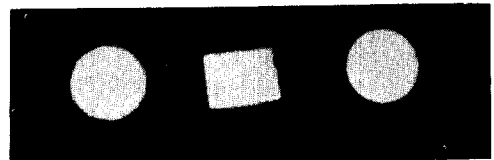


Fig. 5. Mold for manufacturing a specimen (hardness).



Unit:mm

Fig. 6. Specimen for hardness measurement.



Fig 7. Knoop hardness tester (MVH-2).

$$KHN = 14229 \times \frac{L^2}{d^2} \dots \dots \dots (2)$$

- 14229 : Constant
- L : Applied load (g)
- d : Long diagonal of indentation (μm)
- KHN : Knoop hardness number (kg/mm²)

各 試片當 9個 部位, 各 材料當 總 45個 部位의 硬度值를 測定하여 그 平均值를 各 材料의 Knoop 硬度值로 定하였다.

3) 吸水量 및 溶解量 測定

Male type과 Female type의 stainless steel mold 를 그림 9와 같이 組立한 後 (Fig.9) 25℃의 室溫에서 製造會社의 指示대로 各 材料를 注入하여 Lee와 Orłowski²¹⁾, ASTM⁸⁾, 美國 齒科材料 規格 27番²⁰⁾, 韓國工業規格¹⁾에 依한 두께 1mm, 直徑 20mm의 圓板形 試片을 實驗 材料當 5個씩 製作하였다 (Fig. 10).

가. 吸水量 測定

製作된 試片을 無水 黃酸 칼슘을 넣은 乾燥器 (desiccator)內에서 37℃를 維持하여 24時間 經過後 무게 : W₀(mg)를 有効 숫자 小數點 以下 1자리까지 測定하였다.

다음 試片을 37℃의 蒸溜水中에 1週日間 保管後 무게 : W₁(mg)을 有効 숫자 小數點 以下 1자리까지 求해 (3)式에 따라 吸水量을 求하였다. 各 材料當 5個 試片의 平均值를 各 材料의 吸水量으로 決定하였다.

$$\text{sorption (mg/cm}^2\text{)} = \frac{W_1 - W_0}{A} \dots \dots \dots (3)$$

- W₁ : 37℃ 蒸溜水內 1週日間 保管後의 무게
- W₀ : 37℃ 乾燥器內 24時間 保管後의 무게
- A : 試片의 表面積

나. 溶解量 測定

溶解量은 37℃ 眞空爐에서 上記 試片을 完全 乾燥시킨 무게 : W₂(mg)를 有効 숫자 小數點 1자리까지 測定하고 (4)式에 依해 溶解量을 求하였으며 總 5個 試片의 平均值를 各 材料의 溶解量으로 定하였다.

$$\text{solubility (mg/cm}^2\text{)} = \frac{W_0 - W_2}{A} \dots \dots \dots (4)$$

- W₀ : 37℃ 乾燥器內 24時間 保管後의 무게

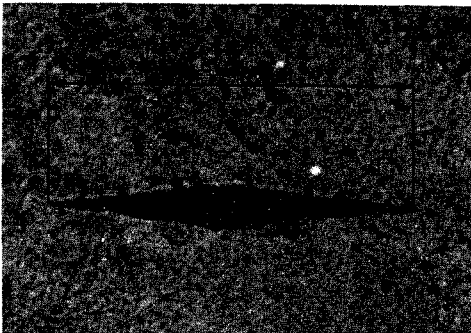
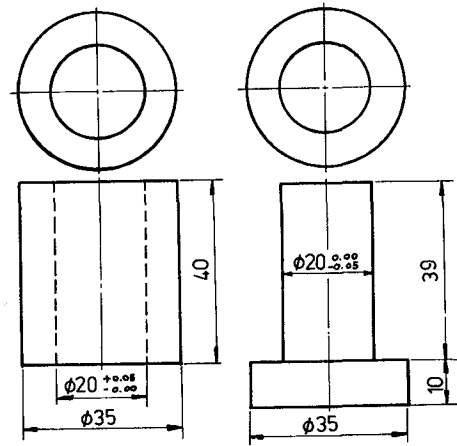
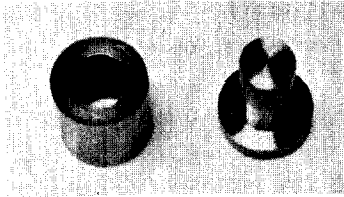


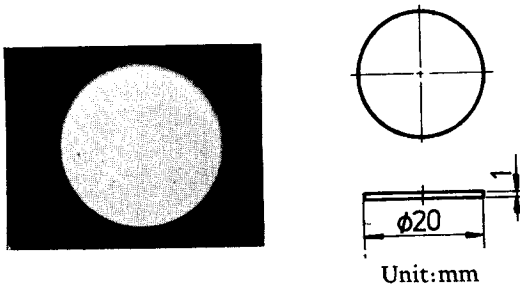
Fig. 8. Knoop indentation.



Unit:mm

(a) Female type (b) Male type

Fig. 9. Mold for manufacturing a specimen (water sorption and solubility).



Unit:mm

Fig. 10. Specimen for water sorption and solubility measurement.

W: 37°C 眞空爐內 完全 乾燥시킨 後의 무게
A : 試片의 表面積

이때 무게의 測定은 0.1mg까지 測定이 可能한 電子天秤을 使用하였다.

III. 實驗成績

1. 壓縮強度 및 壓縮疲勞強度

가. 壓縮強度

I-type에 있어서의 壓縮強度는 化學重合 레진인 P10, CF, A가 各各 32.4kg/mm², 33.5kg/mm², 19.8kg/mm²로 나타나 前齒部와 臼齒部 共用으로 使用되는 A가 壓縮強度가 크게 낮은 것으로 나타났다. 한편, 光重合레진인 P30, LF, EL, HM, FF의 壓縮強度는 各各 40.3kg/mm², 39.1kg/mm², 29.0kg/mm², 32.4kg/mm², 29.6kg/mm²로 化學重合레진에 比較하여 比較的 變動幅이 작은 것으로 나타났으며, P30, LF, CF, P10, HM, FF, EL, A의 順으로 나타났다(Table 2).

또, 斷面의 形態變化가 큰 T-type의 壓縮強度는 化學重合레진인 P10, CF, A가 各各 38.1kg/mm², 32.1kg/mm², 19.2kg/mm²로 나타나, I-type의 結果와 類似한 樣狀으로 나타났다.

또 光重合레진인 P30, LF, EL, HM, FF의 壓縮強度는 各各 37.8kg/mm², 39.0kg/mm², 6.8kg/mm², 36.5kg/mm², 30.4kg/mm²로 I-type과 거의 類似한 強度를 나타냈다(Table 3).

以上の 結果를 壓縮強度의 크기順으로 配列하면 LF, P10, P30, HM, CF, FF, EL, A로 나타났으며, 前齒部와 臼齒部에 共用으로 使用되는 A의 境遇 壓縮強度가 他材料에 比較하여 顯著히 낮게 나타났다.

나. 壓縮疲勞強度

各 材料의 壓縮疲勞限度는 Table 2, 3 과 같으며 그림 II는 各 材料들에 對한 $\Delta\sigma$ -N曲線이고, 이 曲線으로 부터 10⁵ cycle에서의 疲勞限度는 I-type 에 서 P30이 29.1kg/mm²로 가장 높고, 다음 P10이 24.9kg/mm², CF가 21.5kg/mm², HM과 FF가 20.9kg/mm², EL이 20.4kg/mm², LF가 19.8kg/mm², A가 16.0kg/mm²의 順으로 나타났다(Fig. 11). 한편 그림12에서 T-type의 疲勞限度는 LF가 30.9kg/mm²으로 가장 높고 P10과 P30이 30.9kg/mm², CF가 23.0kg/mm², HM이 20.0kg/mm², FF가 19.1kg/mm², EL이 16.1kg/mm²의 順으로 나타났으며, I-type에 比較하여 多少 낮은 값을 보이고 있다(Fig. 12).

壓縮強度에 對한 疲勞強度의 比는 I-type의 境遇 P10이 77%, CF가 64%, A가 81%, P30이 72%, LF가 51%, EL이 70%, HM이 65%, FF가 71%

Table 2. Compressive strength and fatigue limit in I type

Material Properties	P-10	Clearfil Posterior	Adaptic Ant. & Post.	P-30	Lite-fil P	Estilux Posterior	Helio-molar	Ful-fil Compules
Compressive Strength(kg/mm ²)	32.4	33.5	19.8	40.3	39.1	29.0	32.4	29.6
Fatigue Limit (kg/mm ²)	24.9	21.5	16.0	29.1	34.9	20.4	20.9	20.9
Fatigue Limit / Compressive strength (%)	77	64	81	72	89	70	65	71

Table 3. Compressive strength and fatigue limit in T type

Material Properties	P-10	Clearfil Posterior	Adaptic Ant. & Post.	P-30	Lite-fil P	Estilux Posterior	Helio-molar	Ful-fil Compules
Compressive Strength (kg/mm ²)	38.1	32.4	19.2	37.8	39.0	26.8	36.5	30.4
Fatigue Limit (kg/mm ²)	26.6	23.0		26.6	30.9	16.1	20.0	19.1
Fatigue Limit / Compressive strength (%)	70	71		70	79	60	55	63

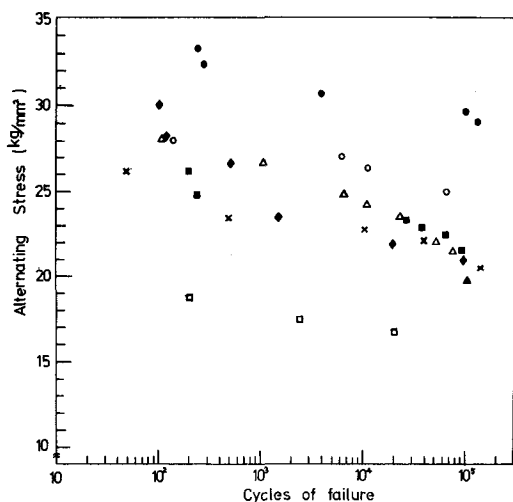


Fig. 11. Stress-life curves of 8 composite resin materials in I type (o: P10, Δ: CF, □: A, ●: P30, ▲: LF, ■: EL, ◆: HM, X: FF).

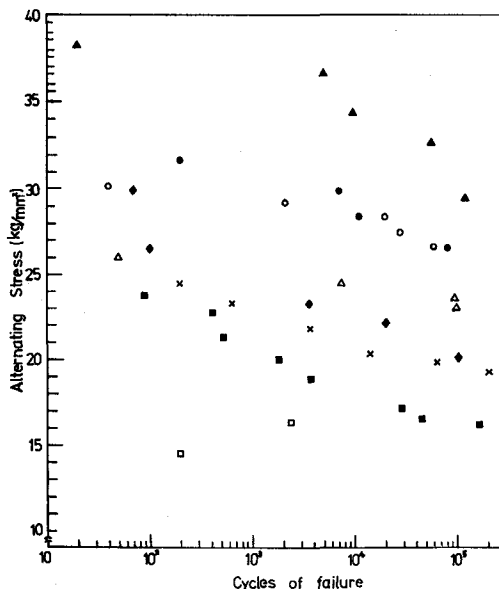


Fig. 12. Stress-life curves of 8 composite resin materials in T type (o: P10, Δ: CF, □: A, ●: P30, ▲: LF, ■: EL, ◆: HM, X: FF).

로 50~80% 사이의 값을 나타내고 있다. 한편 T-type에 있어서는 P10이 70%, CF가 71%, P30이 70%, LF가 79%, EL이 60%, HM이 55%, FF가 63%로 나타났다(Table 2, 3).

2. 硬 度

Knoop硬度値는 化學重合레진인 P10, CF, A는 각각 124.1, 76.0, 103.5로變動幅이甚하고 光重合레진인 P30, LF, EL, HM, FF는 각각 95.3, 107.8, 66.9, 43.6, 54.7로 역시變動幅이甚하게 나타났다. 이結果를 Knoop硬度値의 크기順으로整理하면 P10, LF, A, P30, CF, EL, FF, HM의 順으로 나타났다(Table 4).

3. 吸水量 및 溶解量

가. 吸水量

吸水量은 P10이 0.70mg/cm², CF가 10.8mg/cm², A가 0.59mg/cm², P30이 0.64mg/cm², LF가 0.52mg/cm², EL이 0.61mg/cm², HM이 0.98mg/cm², FF가 0.29mg/cm²로 CF의 吸水量이 가장 크게 나타났고, FF의 吸水量이 가장 작게 나타났다. 卽 CF의 吸水量은 FF의 吸水量의 3.7倍 이상이나 되어 材料間의 吸水量에는 큰 差異가 나타났다(Table 5).

나. 溶解量

溶解量은 化學重合레진인 P10, CF, A가 각각 0.13mg/cm², 0.30mg/cm², 0.06mg/cm² 등으로 나타났으며, 光重合레진인 P30, LF, EL, HM, FF가 각각 0.10mg/cm², 0.26mg/cm², 0.61mg/cm², 0.12mg/cm², 0.75mg/cm²로 나타나 吸水量에 比하여 그量이 작았으며 化學重合레진의 溶解量이 光重合레진보다 比較的 작게 나타났다(Table 6).

IV. 總 括 및 考 按

1940年代에 unfilled acrylic 레진이 처음 齒科 修復材로 紹介된 以來 繼續 臨床에서 使用되었으나 窩洞 充填材로서의 必須 條件中 硬度和 耐磨耗性 등의 缺點으로 因하여²⁾, 이를 改善하기 爲하여 filler를 添加한 複合레진의 開發이 要求되어 前齒部 뿐만 아니라, 臼齒部에까지 使用되기에 이르렀다.

卽 이러한 filled restorative 레진은 BIS-GMA이나 urethane-diacrylates 등으로 이루어진 基質相(matrix)과 filler로 이루어진 分散相(dispersed ph-

Table 4. Knoop hardness number of materials used in this study

Material	P-10	Clearfil Posterior	Adaptic Ant. & Post.	P-30	Lite-Fil P	Estilux Posterior	Helio-molar	Ful-fil Compules
KHN	124.1	76.0	103.5	95.3	107.8	66.9	43.6	54.7

Table 5. Water sorption of 8 composite resin materials

Material	P-10	Clearfil Posterior	Adaptic Ant. & Post.	P-30	Lite-Fil P	Estilux Posterior	Helio-molar	Ful-Fil Compules
Water sorption	0.70	1.08	0.59	0.64	0.52	0.61	0.98	0.29

unit: mg/cm²

Table 6. Solubility of 8 composite resin materials

Material	P-10	Clearfil Posterior	Adaptic Ant. & Post.	P-30	Lite-Fil P	Estilux Posterior	Helio-molar	Ful-Fil Compules
Solubility	0.13	0.30	0.06	0.10	0.26	0.61	0.12	0.75

unit: mg/cm²

ase) 및 이들 두상의界面에 存在하여 結合力을 增加시키는 surface interfacial 레진인 結合劑 (coupling agent)로 構成되어 있다.

한편, 複合레진의 機械的, 物理的 特性은 主로 filler의 構成에 依해 左右되며 複合레진의 改善이 filler의 크기 및 形狀을 最適化하려는 데에 主力해 왔다. 그 結果 filler는 크기가 0.1~100 μ m로 多樣하고 破片 樣狀의 traditional macrofiller로 부터 filler의 크기가 0.05~0.10 μ m 크기의 microfiller에 이르기까지 多樣한 크기의 filler로 構成된 microfiller-based complex 등으로 發展되어 왔다²⁵⁾.

또 filler의 레진 基質에 對한 體積率 (volume fraction)의 增加에 따라 彈性係數, 壓縮強度等은 增加하나, 引張強度는 bonder filler를 가진 境遇, filler의 體積率에 關係없이 一定하며, unbonded filler를 가진 境遇 減少한다는 것으로 알려져 있다²⁵⁾. 그러나 filler粒子 自體는 磨耗로부터 保護되지만, 複合레진의 基質 (matrix)의 磨耗가 나타나 結局 表面 粗糙도를 增加시키게 된다²⁵⁾.

複合레진은 化學的으로 硬化가 誘導되는 化學重 合레진과 光에 依해 硬化가 誘導되는 光重合레진으로 分類되며, 可視光線 重合레진은 化學重合레진보다 重合度가 높고 硬化된 表面이 매끈하며 硬化되는 時間이 短縮된다는 長點을 가지고 있다.

審美的 修復을 爲한 前齒部 充填材와는 달리 臼齒部 充填材는 咀嚼運動에 對한 強度, 疲勞強度 및 磨耗度等이 要求되며^{7) 15) 16) 25) 26)}, 이들 相互 關係에 依한 臼齒部 充填入 複合레진의 最終 結果도 相異하다²⁵⁾. 複合레진의 吸水量 및 溶解量도 口腔內 條件에 따라 強度, 耐磨耗性 및 變色에 크게 影響을 미치는 因子로 알려져 있다⁹⁾.

한편 複合레진의 強度는 bonded 複合레진의 境遇 強性 (stiffness)이 크게 增加하여 臼齒부에 使用時 破折에 對한 抵抗力이 높으며, 아말감과 類似한 強度를 나타내는 것으로 報告되었으며^{3) 14)}, 窩洞크기가 增加할수록 複合레진의 強度는 減少하며, 窩洞의 크기가 작을 境遇 齒牙의 強度에 따라 複合레진의 壽命이 左右된다고 報告된바 있다¹³⁾.

이와같이 臨床에서 窩洞 크기가 複合레진의 強度를 變化시키는 要因은 周知의 事實이다.

本 實驗에서 壓縮強度는 I-type의 試片 形態에서 P30, LF, CF, P10, HM, FF, EL, A의 順으로 나타났으며, T-type의 試片 形態에선 LF, P10, P30, HM, CF, FF, EL, A의 順으로 나타나 (Fig.

13), 壓縮強度는 試片 形態와 關係없으며 特히 T-type의 境遇, Kelly²⁷⁾가 報告한바 있는 應力集中이 臼齒部用 複合레진의 壓縮強度에는 影響을 미치지 않는 것으로 解析될 수 있다. 그러나 複合레진 充填入時 레진의 強度는 窩洞 크기의 增加에 따라 減少했다는 Douglas¹⁴⁾의 報告와 Vougiouklakis와 Smith²⁸⁾의 複合레진의 壓縮強度는 試片크기에 따라 影響을 받지 않았다는 單純한 壓縮試驗 報告와는 서로 相反된 것으로 나타났다. 그러나 이러한 原因은 充填入된 複合레진의 收縮 膨脹이 齒牙의 熱膨脹 係數와는 相異하기 때문이라는 Douglas¹⁴⁾의 研究 報告로 解析될 수 있다.

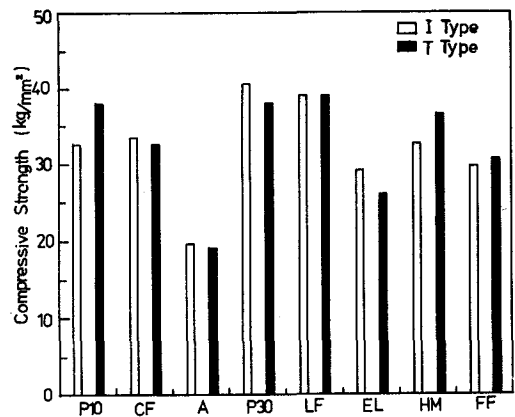


Fig. 13. Compressive strength of materials.

即 複合레진의 壓縮強度는 filler含量的 增加에 따라 增加하며, 應力集中의 影響을 받지 않는다고 할 수 있다. 그러나 臨床的으로나 工學的으로 最適化한 窩洞 形態를 爲해서는 實驗的으로 많은 困難한點을 內包하고 있지만 齒牙에 複合레진이 充填入되었을 때의 壓縮強度에 對하여 研究 檢討해 볼 餘地가 많다고 思料된다.

特히 本 實驗에서 前齒부와 臼齒부에 모두 使用되는 A는 臼齒部用 複合레진들보다 壓縮強度가 顯著히 낮은 값을 나타내고 있어 臨床에서 A의 使用時 窩洞의 크기를 最少限으로 할 必要性이 있을 것으로 思料된다.

Griffith와 Cannon²⁹⁾은 複合레진의 強度는 silicate cement의 強度보다 낮음을 報告하였으며, 岡本等³⁾과 Douglas¹⁴⁾는 아말감의 強度보다 優秀한 것으로 報告한바 있다.

또 Harrison과 Draughn²⁰⁾은 unfilled acrylic 레진이 microfilled 복합레진보다 인장강도가 낮다고 보고하고 있으나, Macchi와 Craig²⁷⁾은 이와相反된 보고를 한바 있다. 이와같은 강도의 차이가 나타난 것은 복합레진의 인장강도가 polymer의 촉媒(catalytic system)에 의해重合反應이 起始된다는 Asmusen⁹⁾의 보고에 의해說明될 수 있다.

복합레진의壓縮強度는 unfilled acrylic 레진의壓縮強度보다 크고⁹⁾, microfilled 복합레진이 conventional 복합레진보다壓縮強度가 優秀하다⁴⁾고 보고되고 있다. 이러한壓縮強度는 복합레진에 있어試片 크기에 影響을 받지 않고²⁹⁾, 時効에 따라 左右된다는 것으로 알려져 있다⁹⁾.

그림14에 있어서 filler含量에 따른壓縮強度는試片의 形態에 關係없이 filler의 含量에 따라 增加함을 보여주고 있다(Fig. 14). 이는 Dennison과 Craig¹³⁾, Germain等²¹⁾의 보고와 一致하게 나타났다.

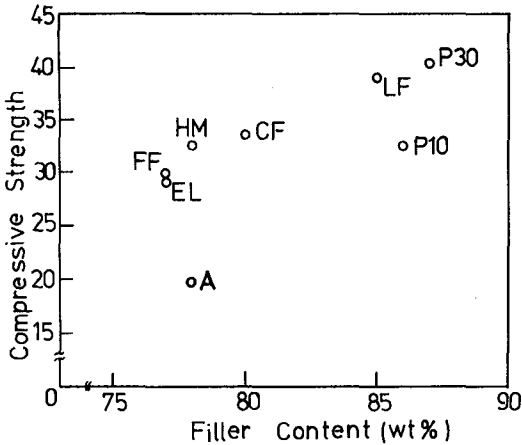


Fig. 14. Compressive strength as a function of filler content.

한편 齒牙에 充填된 복합레진은 齒牙의 咀嚼活動에 依하여 繼續的으로 疲勞應力(fatigue stress)을 받기 때문에 레진의 壽命이 左右된다²⁹⁾, 疲勞(fatigue)는 週期應力(cyclic stress)의 크기에 影響을 받는다는 Draughn¹⁹⁾의 보고에 따라 疲勞 特性을 $\Delta\sigma-N$ 曲線으로 說明할 수 있다. 卽 그림15는 反復應力과 破斷에 이르는 荷重cycle數와의 關係를 나타낸 $\Delta\sigma-N$ 曲線으로서 疲勞限度(fatigue limit)와 疲勞強度(fatigue strength)의 差異를 說明하기 爲한 것이다(Fig. 15).

이 그림에서 縱軸은 反復應力 $\Delta\sigma$ 를 그리고 橫軸은 試片 破斷時의 荷重 cycle數 N 을 나타내고 있다. 特히 이 graph는 荷重 cycle數 N 을 나타내는

橫軸을 log scale로 plot하는 semilog graph이다. 이 그림에서 水平部로 나타나는 curve A와 荷重 cycle의 增加에 따라 無限히 反復應力이 0에 近接하는 curve B로 區分할 수 있다. 어떤 應力 以下에서는 荷重 cycle이 無限히 增加하여도 試片의 破斷이 일어나지 않는 curve A는 主로 軟鋼과 같은 材料에서 나타나며, 이때 그림에 表示된 應力 G 를 疲勞限度라 한다.

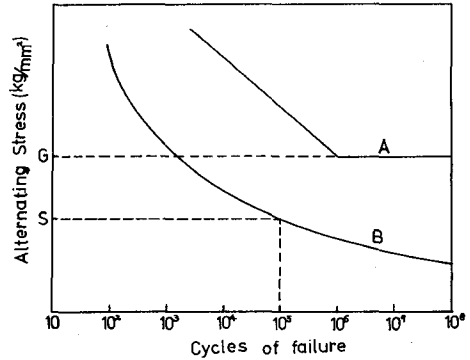


Fig. 15. Schematic diagram defining the terms fatigue limit and fatigue strength.

Curve A: the material has a fatigue limit at the stress G .

Curve B: the material shows fatigue strength, e.g. S at 10^5 cyclic stresses²⁹⁾.

그러나 알루미늄, 레진 등의 材料는 curve B에 屬하며 curve A와는 다른 樣狀의 疲勞限度를 보이고 있다. 이때 任意의 荷重 cycle數에서 破斷이 일어나는 應力을 그 荷重 cycle數에서의 疲勞強度라 한다. 따라서 이러한 材料에 있어서는 $\Delta\sigma-N$ 曲線의 彎曲度(curvature)가 크게 減少하여 水平部에 가까워지는 部分의 疲勞強度를 疲勞限度로 定하여 設計上 有用한 資料를 얻게 된다. 本 實驗에서는 $N=10^5$ cycle에서의 疲勞強度를 疲勞限度로 擇하였다.

I-type의 試片 形態에 對한 $\Delta\sigma-N$ 曲線(Fig. 11)은 P30이 疲勞強度가 가장 크고, 다음 P10의 順으로 나타났으며, 前齒部와 臼齒部 共用 材料인 A가 가장 낮은 값을 보이고 있다. 그 外의 材料들은 優劣이 區別되지 않고 一種의 分布帶(scattered band)를 形成하고 있다. 그러나 試片 形態가 T-type 인 境遇, I-type의 境遇보다 各 材料의 疲勞強度는 變動幅이 크게 나타났다. 이때 疲勞強度는 LF가 가

장 크고, 그 다음으로 P10과 P30이 거의 同一한 크기로 나타났으며 CF, HM, FF, EL의 順으로 낮아졌다(Fig. 12).

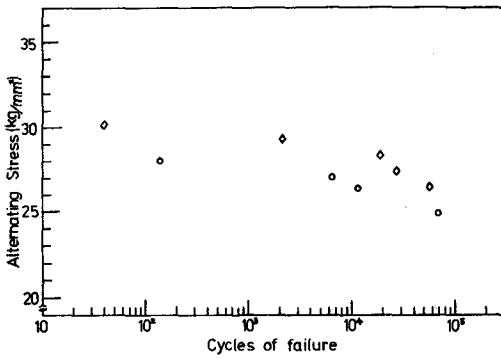
또 A는 I-type의 境遇와 같이 가장 낮은 값을 보이고 있었다. 이와같이 I-type보다 T-type에 있어 疲勞強度의 變動幅이 큰것은 T-type에 있어서의 應力 集中部가 疲勞強度에 큰 影響을 미치기 때문이라고 思料된다. 試片 形態에 따른 疲勞強度를 各材料別로 I-type과 T-type의 $\Delta\sigma$ -N 曲線을 plot 한 것이 그림 16의 a부터 g까지이다(Fig. 16a-g).

EL, P30, FF에서는 應力 集中部를 가지고 있는 T-type의 疲勞強度가 I-type의 疲勞強度보다 顯著히 낮고 이는 Kelly²⁷⁾의 結果와 一致하고 있다. 그러나 CF, HM은 두 type이 거의 同一한 疲勞強度를 나타냈으며, P10은 오히려 T-type의 疲勞強度가 I-type보다 높게 나타났다. 이것은 Kelly²⁷⁾의 結果와 相反된 것으로서 Draughn¹⁸⁾이 報告한바 있

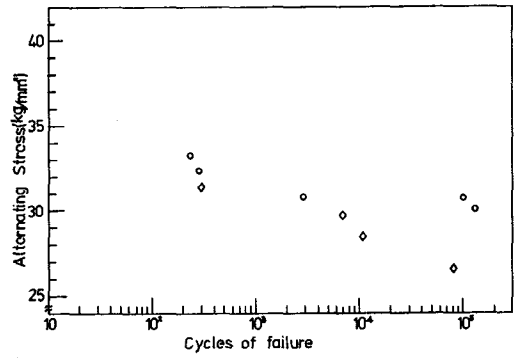
는 各材料間의 레진 基質(resin matrix)과 filler의 結合力 差異로 인한 破壞 類型에 差異가 있는 것으로 믿어진다.

한편 Draughn¹⁸⁾은 水晶(quartz) filler의 體積率(volum fraction)이 45%인 材料가 filler 體積率이 높은 材料보다 疲勞壽命이 길고 疲勞壽命은 吸水量이나 溫度의 增加에 따라 減少된다고 報告하고 있다. 또 疲勞抵抗은 磨耗率과 相關 關係를 가지고 있고²⁸⁾, 磨耗抵抗은 filler의 粒子크기를 減少시킴으로서 改善될 수 있으며 filler粒子크기, 分布 및 體積率에 依해 左右된다²⁹⁾. Kelly²⁹⁾는 레진은 荷重에 對하여 應力 緩和變形을 하는 粘性 特性을 가지며 熱硬化레진(heat cured resin)의 疲勞抵抗이 自家重合레진(cold cured resin)의 疲勞抵抗보다 크다고 報告하고 있으나 Asmussen과 Jörgensen⁷⁾은 이와 相反된 結果를 報告하고 있다.

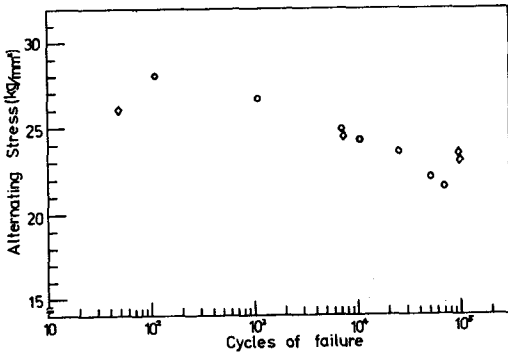
한편 疲勞限度는 filler의 粒子크기와 體積率等에



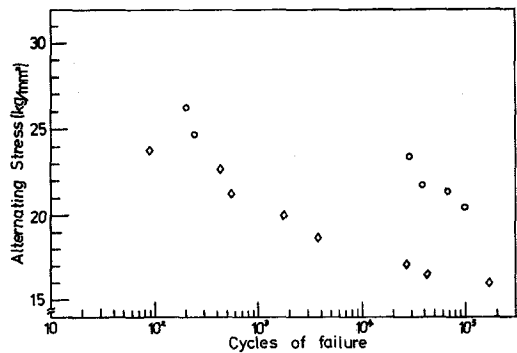
(a) P-10



(c) P-30

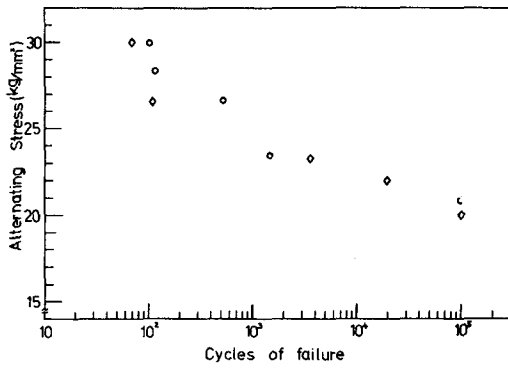


(b) Clearfil posterior

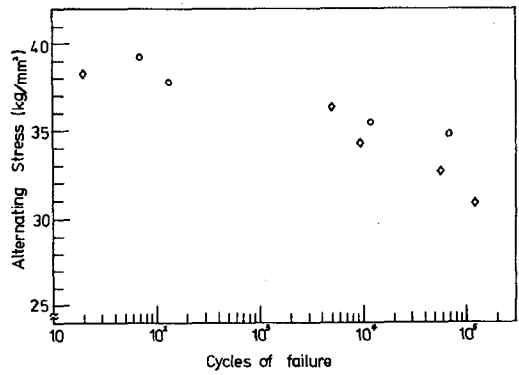


(d) Estilux posterior

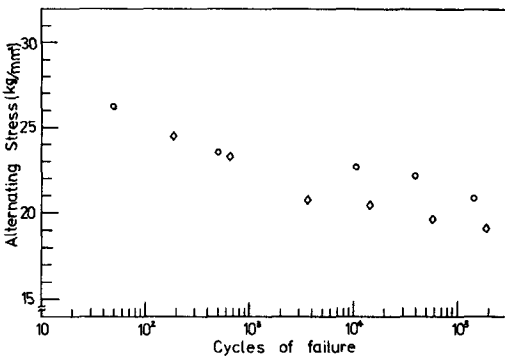
Fig. 16. Stress life curves (○: I-type, ◇: T-type).



(e) Heliomolar



(g) Lite-fil P



(f) Ful-fil compules

Fig. 16. Stress life curves (continued).

依해 決定¹⁶⁾ 17) 되며, 壓縮強度¹⁸⁾ 21) 와 線形的 關係 (linear relationship)를 나타낸다고 報告¹⁹⁾ 하고 있으나 齊藤等³⁾ 은 이와 相反된 結果를 報告하고 있다.

本 實驗에서 試片 形態에 無關하게 疲勞限度와 壓縮強度는 分布帶 (scattering)가 거의 없는 相關關係를 가지고 있다 (Fig. 17).

即, 壓縮強度가 增加함에 따라 疲勞限度가 增加함을 알 수 있다. 이 結果를 filler含量의 增加에 따라 增加하는 壓縮強度의 結果와 比較 檢討하면 filler의 含量이 增加할수록 疲勞限度도 높아짐을 알 수 있다.

따라서 複合레진의 疲勞強度가 壓縮強度와 線形的 關係를 維持하지만, 應力集中의 效果가 크게 나타남을 알 수 있다.

本 實驗에서 Knoop硬度值를 材料別로 比較해 보

Fig. 16. Stress life curves (continued).

면, P10, LF, A, P30, CF, EL, FF, HM의 順으로 되어 있다 (Fig. 18).

이는 岡本等³⁾ 의 아말감보다 複合레진의 硬度가 높다고 報告한 結果와 Von Fraunhofer²⁰⁾ 의 複合레진 充填後 時間 經過에 따라 硬度가 增加했다고 報告한 結果 및 Swartz等⁵⁴⁾ 의 光重合 複合레진의 硬度에 對한 이와 類似的한 報告와 本 實驗結果가 대체로 類似的하였으나, Asmussen⁹⁾ 이 光重合 複合레진이 化學重合 複合레진보다 硬度가 높다고 報告한 結果와 本 實驗의 結果와는 差異가 나타났다. 即 本 實驗에선 化學重合 複合레진인 P10의 硬度가 가장 높은것으로 나타났다. 한편, Dennison과 Craig¹¹⁾ 는 filler含量이 增加하면 複合레진의 物理的 性

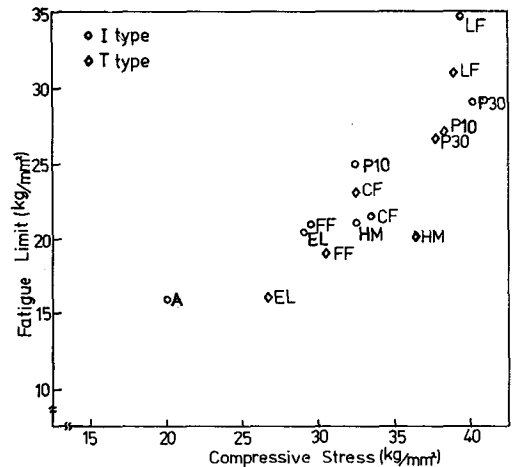


Fig. 17. Relationship of compressive strength and fatigue limit in I and T-type.

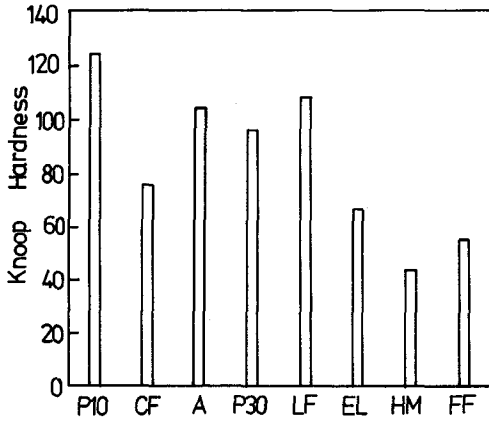


Fig. 18. Knoop hardness number in each material.

質이 改善된다고 報告한바 있으며, Germain等²¹⁾은 filler粒子的 크기 및 形狀이 機械的, 物理的 性質에 影響을 미친다고 報告한바 있다. 本 實驗에서도 filler의 造成과 Knoop硬度間 相互 關係를 分析한 結果 (Fig. 19), filler의 含量이 增加될수록 硬度가 增加됨을 알 수 있었고, 또 거의 類似한 filler의 量을 含有하고 있는 EL, FF, HM을 比較해보면, filler의 粒子크기가 작을수록 硬度가 낮아졌음을 알 수 있다. 따라서 filler의 量과 filler의 粒子크기가 增加할수록 硬度가 增加되었음을 알 수 있다.

또 吸水量은 CF가 1.08로 가장 높고 HM, P10, P30, EL, A, LF, FF順으로 나타났다.

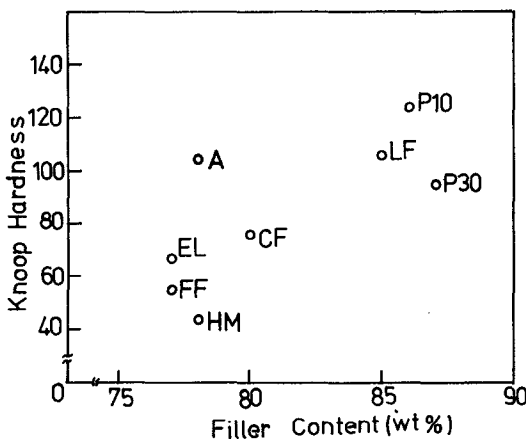


Fig. 19. Knoop hardness number as a function of filler content.

이는 Raptis等⁴⁹⁾은 水分이 主로 複合레진中 레진 基質 (resin matrix)에 依해 吸水된다고 報告하고 있고 Germain²¹⁾은 filler의 含量이 적은 材料가 吸水量이 크다고 報告하고 있으나, 本 實驗結果에선 filler의 含量과 相關關係를 確認할 수 없었다. 예를 들면 本 實驗 結果에선 filler含量이 가장 적은 FF가 吸水量이 가장 작게 나타나, 吸水量이 filler의 含量뿐만 아니라, 레진 基質 (resin matrix)의 造成과도 關聯이 있다는 岡本等⁵⁰⁾의 研究 結果로 說明이 可能한 것으로 思料된다. 한편 本 實驗 結果中 filler粒子가 가장 작은 (0.04 μ m) HM은 8가지 複合레진中 두번째로 큰 吸水量을 보이고 있어 Von Fraunhofer와 Hammer⁵⁶⁾가 filler粒子가 큰 複合레진이 microfilled레진보다 吸水量이 작다고 報告한 結果와 比較의 一致하고 있다. 또 urethane系의 레진 基質 (resin matrix)을 가지는 LF가 吸水量이 작은 것은 urethane系의 레진이 BIS-GMA系의 레진보다 吸水量이 작다는 Raptis의 結果⁴⁹⁾와 一致하고 있다. 따라서 吸水量은 filler와 레진 基質 모두 原因이 되며 filler와 레진 基質의 相互 關係에 依하여 複雜한 關係를 維持하고 있어 이들 各各의 影響을 檢討하려면 다른 條件을 一定하게 하고 한가지 變數 (parameter)만을 變化시켜야 한다²¹⁾. 따라서 이는 앞으로 繼續 研究될 分野로 思料된다.

本 實驗의 結果에서 溶解量은 FF, EL, CF, LF, P10, HM, P30, A의 順으로 나타나 filler 粒子가 큰 複合레진이 溶解量이 작다고 報告한 Von Fraunhofer와 Hammer⁵⁶⁾의 結果와는 달리, filler粒子가 가장 작은 HM(0.04 μ m)의 境遇 比較的 溶解量이 매우 낮은 값을 나타내고 있다. 또 本 實驗 材料의 溶解量 程度를 檢討해보면 光重合레진의 溶解量이 化學重合레진의 溶解量보다 比較的 크게 나타나고 있음을 알 수 있고, 또 quartz filler로 構成되어 있는 A, P10, CF等이 比較的 작은 溶解量을 나타내고 있다. 한편 filler의 含量이 增加할수록 溶解량이 減少되는 傾向을 나타내고 있지만, HM이나 A는 filler의 含量이 적음에도 不拘하고 溶解량이 크게 나타나고 있어 filler의 粒子크기와 含量等의 諸要素와 溶解量과의 關係는 繼續 研究하여야 할 分野로 思料된다.

V. 結 論

現在 臼齒部 充填用으로 使用되고 있는 8種의

複合레진을 對像으로 I-type과 T-type의 試片을 製作하여 壓縮強度 및 壓縮疲勞強度를 測定하였고 硬度, 吸水量 및 溶解量 等の 物理的 機械的 性質을 比較 檢討하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) Filler의 含量이 增加할수록 壓縮強度, 壓縮疲勞強度 및 硬度도 增加하였다.
- 2) 壓縮強度는 試片 形態에 影響을 받지 않으나, 壓縮疲勞強度는 試片 形態에 크게 影響을 받았다.
- 3) 壓縮強度가 增加함에 따라 壓縮疲勞強度도 增加하였다.
- 4) 疲勞限度는 10^6 cycle에서 壓縮強度의 50~80%에 該當되며, 이는 各 材料 및 試片 形態에 따라 다르게 나타났다.
- 5) Filler의 粒子 크기가 增加하면 吸水量은 작아지고, BIS-GMA系 레진이 urethane系 레진보다 比較的 크게 나타났다.
- 6) 溶解量은 光重合레진이 化學重合레진보다 크게 나타났으며, Filler의 含量이 增加할수록 溶解量은 減少하는 傾向을 나타냈다.

參 考 文 獻

1. KS P 5312: 치과 충전용 즉시 경화레진
2. 齊藤 修, 齊藤弘志, 遠藤達雄, 奥田札一: 臼齒部修復用複合레진의疲勞試驗成績. 日齒保誌, 28: 285~300, 1985.
3. 岡本 明, 榊原 薫, 島津和江, 福島正義, 子田晃一: 各種臼齒修復用コンポジット레진에 關する研究. 第1報 材料學的 性質について. 日齒保誌, 25: 724~736, 1982.
4. 岡本 明, 榊原 薫, 辻 和江, 福島正義, 子田晃一, 岩久正明: 各種臼齒修復用コンポジット 레진에 關する研究. 第2報 繰り返し荷重의 影響について. 日齒保誌, 26: 200~207, 1983.
5. 岡本 明, 佐々木 美佐都, 福島正義, 子田晃一, 岩久正明: 各種コンポジット레진의 水中浸漬による影響. 第1報 吸水量および溶解量について. 日齒保誌, 26: 835~844, 1983.
6. Asmussen, E.: Restorative resins: hardness and strength vs. quantity of remaining double bonds. Scand. J. Dent. Res., 90: 484-489, 1982.

7. Asmussen, E., and Jørgensen, K.D.: Fatigue strength of some resinous materials. Scand. J. Dent. Res., 90: 76-79, 1982.
8. ASTM F500-77: Standard specification for self-curing acrylic resins used in neurosurgery, 1977.
9. Bassiouny, M.A., and Grant, A.A.: Physical properties of a visible-light-cured composite resin, J. Prosthet. Dent., 43: 536-541, 1980.
10. Council on dental materials and devices: New American dental association specification No. 27 for direct filling resins. J. Am. Dent. Assoc., 94: 1191-1194, 1977.
11. Dennison, J.B., and Craig, R.G.: Physical properties and finished surface texture of composite restorative resins. J. Am. Dent. Assoc. 85: 101-108, 1972.
12. Denyer, R. and Shaw, D.J.: Cure evaluation of visible light composites by Knoop hardness measurement. J. Dent. Res., 61: I.A.D.R. Abstract No. 833, 1982.
13. Derkson, G.D., Richardson, A.S. and Weldman, R.: Clinical evaluation of posterior composite restorations: Two year results. J. Dent. Res. I.A.D.R. Program & Abstract No. 82, 1982.
14. Douglas, W.H.: Methods to improve fracture resistance of teeth. International symposium on posterior composite resin dental restorative materials, the symposium and proceedings were sponsored by the dental product division 3M company, St. Paul, Minnesota, U.S.A., pp. 433-441, 1985.
15. Draughn, R.A.: Compressive fatigue limits of composite restorative materials, J. Dent. Res. 58, 1093-1096, 1979.
16. Draughn, R.A.: Compressive fatigue limits of microfilled composite restorative materials, I.A.D.R. Progr. & Abst. 59, No. 204, 1980.

17. Draughn, R.A.: Fatigue strength of composite restoratives, abstract No, 653, J. Dent. Res., 56(B): 215, 1977.
18. Draughn, R.A.: Fatigue and fracture mechanics of composite resins. International symposium on posterior composite resin dental restorative materials, the symposium and proceedings were sponsored by the dental product division 3M company, St. Paul, Minnesota, U.S.A., pp. 299-307, 1985.
19. Eames, W.B., Strain, J.D., Weitman, R.T., and Williams, A.K.: Clinical comparison of composite, amalgam, and silicate restorations, J. Am. Dent. Assoc., 89: 1111-1117, 1974.
20. Fan, P.L., Edahl, A., Leung, R.L., and Stanford, J.W.: Alternative interpretations of water sorption values of composite resins. J. Dent. Res., 64: 78-80, 1985.
21. Germain, H. ST., Swartz, M.L., Phillips, R.W., Moore, B.K., and Roberts, T.A.: Properties of microfilled composite resins as influenced by filler content. J. Dent. Res., 64: 155-160, 1985.
22. Griffith, J.R., and Cannon R, W.S.: The properties and clinical application of the modern composite resin. Aust. Dent. J., 18: 26-31, 1973.
23. Harrison, A., and Draughn, R.A.: Abrasive wear, tensile strength, and hardness of dental composite resin. — Is there a relationship? J. Prosthet. Dent., 36: 395-398, 1976.
24. Jendresen, M.D.: Overview of the clinical requirements for posterior composites. International symposium on posterior composite resin dental restorative materials, the symposium and proceedings were sponsored by the dental product division 3M company, St. Paul, Minnesota, U.S.A., p. 41, 1985.
25. Jörgensen, K.D.: Restorative resins: abrasion vs. mechanical properties. Scand. J. Dent. Res., 88: 557-568, 1980.
26. Jörgensen, K.D.: Fatigue and fracture mechanics of composite resins. International symposium on posterior composite resin dental restorative materials, the symposium and proceedings were sponsored by the dental product division 3M company, St. Paul, Minnesota, U.S.A., pp. 309-316, 1985.
27. Kelly, E.K.: Fatigue failure in denture base polymers. J. Prosthet. Dent., 21: 257-266, 1969.
28. Kelly, E.K.: Flexure fatigue resistance of heat-curing and cold-curing polymethyl methacrylate. J Am. Dent. Assoc., 74: 1273-1276, 1967.
29. Killian, R.J., and Mullen, T.J.: Light cured composites: Dependence of test results on test parameters. I.A.D.R. Progr. & Abst. 59. No. 203, 1980.
30. Lee, H.L., Swartz, M.L., and Smith, F.F.: Physical properties of four thermosetting dental restorative resins. J. Dent. Res., 48: 526-535, 1969.
31. Lee, H.L., and Orlowski, J.A.: Handbook of dental composite restoratives. L.A. California: Lee pharmaceuticals, pp. 348-388, 1973.
32. Leinfelder, K.F., Sluder, T.B., Sockwell, C.L., Strickland, W.D., and Wall, J.T.: Clinical evaluation of composite resins as anterior and posterior restorative materials. J. Prosthet. Dent., 33: 407-416, 1975.
33. Leung, R., Fan, P.L. and Johnston, W.M.: Exposure time & thickness on polymerization of visible light composite. J. Dent.

- Res., I.A.D.R. Abstract, No. 623, 1982.
34. Light, E., Balbo, M., Holmes, L., Rakow, B. and Santucci, E.: A three year clinical comparison of three posterior restorative materials. J. Dent. Res., I.A.D.R. Abstract No. 193, 1983.
 35. Lutz, F., and Phillips, R.W.: A classification and Evaluation of Composite resin systems. J. Prosthet. Dent., 50: 480-487, 1983.
 36. Lutz, F., Setcos, J.C., Phillips, R.W., and Roulet, J.F.: Dental restorative resins, type and characteristics. Dent. Clin. North Am., 27: 697-712, 1983.
 37. Macchi, R.L. and Craig, R.G.: Physical and mechanical properties of composites restorative materials. J. Am. Dent. Assoc., 78: 328-334, 1969.
 38. McCabe, J.F.: Compressive fatigue limits and wear of restorative materials. J. Dent. Res., 62: Special Issue: 670, 1983.
 39. Moser, J.B. and Greener, E.H.: A comparative properties study of three new restorative resins. Int. Assoc. Dent. Res., Abst. No. 34.
 40. Newman, S.M., Murray, G.A., and Yates, J.L.: Visible lights and visible light-activated composite resins. J. Prosthet. Dent., 50: 31-35, 1983.
 41. Osborne, J.W., Gale, E.N. and Ferguson, G.W.: One-year and two-year clinical evaluation of a composite resin vs. amalgam. J. Prosthet. Dent., 30: 795-800, 1973.
 42. Pearson, G.J.: Long term water sorption and solubility of composite filling materials. J. Dentistry., 7: 64-68, 1979.
 43. Peterson, E.A., Phillips, K.W., and Swartz, M.L.: A comparison of the physical properties of four restorative resins. J. Am. Dent. Assoc., 73: 1324-1336, 1966.
 44. Phillips, R.W., Avery, D.R., Mehra, R., Swartz, M.L., and McCune, R.J. One-year observations on a composite resin for class II restorations. J. Prosthet. Dent., 26: 68-77, 1971.
 45. Phillips, R.W., Avery, D.R., Mehra, R., Swartz, M.L., and McCune, R.J.: Observation on a composite resin for class II restorations: Two-year report. J. Prosthet. Dent., 28: 164-169, 1972.
 46. Phillips, R.W., Avery, D.R., Mehra, R., Swartz, M.L., and McCune, R.J.: Observations on a composite resin for class II restorations: Three-year report. J. Prosthet. Dent., 30: 891-897, 1973.
 47. Pollack, B.F. and Lewis, A.L.: Visible light resin-curing generators.: a comparison. General Dentistry, 488-493, 1981.
 48. Porte, A., Lutz, F., Lund, M.R., and Swartz, M.L.: Cavity designs for composite Resin. J. Dent. Res., 62: 254, 1983. (Abstr. No. 764)
 49. Raptis, C.N., Fan, P.L. and Powers, J.M.: Properties of microfilled and visible light-cured composite resins. J. Am. Dent. Assoc., 99: 631-633, 1979.
 50. Simonsen, R.J.: Conservative cavity preparation design. International symposium on posterior composite resin dental restorative materials, the symposium and proceedings were sponsored by the dental product division 3M company, St. Paul, Minnesota, U.S.A., pp. 421-422, 1985.
 51. Sockwell, C.L., Sluder, T.B., and Leinfelder, K.F.: Five year clinical evaluation of cavity preparations and resin restorations. J. Dent. Res., 61: 267, I.A.D.R. Abst. No. 802, 1982.
 52. Söderholm, K., J.M.: Filler systems and resin interfare. International symposium on posterior composite resin dental restora-

- tive materials, the symposium and proceedings were sponsored by the dental product division 3M company, St. Paul, Minnesota, U.S.A., pp. 139-157, 1985.
53. Suzuki, M., Jordan, R.E., and Boksman, L.: Posterior composite resin restoration-clinical considerations. International symposium on posterior composite resin dental restorative materials, the symposium and proceedings were sponsored by the dental product division 3M company, St. Paul, Minnesota, U.S.A., pp. 455-464, 1985.
 54. Swartz, M.L., Moore, B.K., Phillips, R.W., and Rhodes, B.F.: Direct restorative resins — A comparative study, *J. Prosthet. Dent.*, 47: 163-170, 1982.
 55. Tani, Y.: Current status of posterior composite resins in Japan. International symposium on posterior composite resin dental restorative materials, the symposium and proceedings were sponsored by the dental product division 3M company, St. Paul, Minnesota, U.S.A., p. 185, 1985.
 56. Vanherle, G., Lambrechts, P., and Braem, M.: Over view of the clinical requirements for posterior composites. International symposium on posterior composite resin dental restorative materials, the symposium and proceedings were sponsored by the dental product division 3M company, St. Paul, Minnesota, U.S.A., pp. 139-157, 1985.
 57. Von Fraunhofer, J.A.: The surface hardness of polymeric restorative materials. *Brit. Dent. J.*, 130: 243-245, 1971.
 58. Von Fraunhofer, J.A. and Hammer, D.W.: Microleakage of Composite resin restorations. *J. Prosthet. Dent.*, 51: 209-213, 1984.
 59. Vougiouklakis, G. and Smith, D.C.: Some mechanical properties of composite restorative materials. *J. Canad. Dent. Ass.*, 504-512, 1980.
 60. Welk, D.A. and Leswell, H.R.: Rationale for designing cavity preparations in light of current knowledge and technology. *Dent. Clin. North Am.*, 20: 231-239, 1976.
 61. Wilder, A.D.: Clinical techniques of placement for posterior composite resins. International symposium on posterior composite resin dental restorative materials, the symposium and proceedings were sponsored by the dental product division 3M company, St. Paul, Minnesota, U.S.A., pp. 466-467, 1985.

— ABSTRACT —

AN EXPERIMENTAL STUDY ON PHYSICAL PROPERTIES OF
VARIOUS POSTERIOR RESTORATIVE COMPOSITE RESINS

Sun Jae Park, Sang Jin Park, Byang Soon Min, Ho Young Choi

*Department of Operative, Division of Dentistry,
Kyung Hee University*

The purpose of this study was to observe the compressive strength, compressive fatigue strength, surface hardness, water sorption and solubility of eight different posterior restorative composite resins.

Eight composite resins were tested for their strength of the compressive and compressive fatigue with prepared two different types of specimens (I and T-type) using a Instron universal testing machine (model No. 1332).

The hardness was measured with a Knoop hardness tester (MVH-2, Tokyo) for each cylindrical specimen, 7mm in diameter and 5mm thick.

The water sorption and solubility were evaluated with the prepared composite resin disks, 20mm in diameter and 1mm thick.

The results were as follows:

1. The compressive strength, compressive fatigue strength and hardness were noticed to be increased by increasing the volume content of filler.
2. The compressive strength was appeared to be independent on the type of specimen, but the compressive fatigue strength was found to be greatly influenced by the type of specimens.
3. The composite resins having higher compressive strength had also higher compressive fatigue limits.
4. The compressive fatigue limits at 10^5 stress cycles were about 50-80% of the compressive strength and were shown to be dependent on the materials and type of specimens.
5. The larger the filler particle size was, the lower was the water sorption. And the water sorption of BIS-GMA resin was higher than that of urethane resin.
6. The visible light-cured composite resin had a higher value of solubility than the chemically-cured composite resin.

And the solubility tended to decrease by increasing the volume content of filler.