

熱處理한 再生金屬 bracket의 引張強度와 物理的 變化에 關한 研究

朝鮮大學校 大學院 齒醫學科

(指導教授 李 東 柱)

朴 昌 基

一 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

1965年 Newman²²⁾이 齒牙와 矯正用 bracket의 直接接着을 爲하여 酸腐蝕術¹⁰⁾과 epoxy resin을 使用한 以來, 直接 및 間接接着을 爲한 各種 acrylic resin材料와 diacrylate resin材料들이 過去 15年間 使用되어 왔으며, 이러한 材料들에 關한 研究가 活發히 進行되어 왔다.^{15, 23, 24, 29-31, 33, 34, 39, 44)}

그後 接着劑의 改善으로 多樣한 種類의 bracket이 使用될 수 있게 되었으며, bracket과 bracket base의 크기도 漸次 減少되었다.

齒牙와 接着劑 및 接着劑와 bracket base間의 結合에서 가장 弱한 連結部는 接着劑와 bracket base間이라고 밝혀져 왔다.^{12, 16, 20, 37)} 또한 resin은 스테인레스鋼에는 接着이 잘 되지 않으므로 wire gauze, foil mesh, perforated base plate와 같은 機械的인 undercut이 bracket base 部位에 形成되어야 한다.^{21, 22, 25, 38, 38, 40-42)}

現在까지는 한번 脱落된 bracket들을 使用하지 않았으나, 除去過程에서 損傷만 되지 않는다면 金屬 bracket은 쉽게 再生되어 再活用할 수가 있다. 再生段階는 bracket으로 부터 接着劑의 除去와 電

解研磨로 이루어진다. bracket base에 殘存하는 接着劑를 燒却시키기 爲한 一般的인 方法으로는 電氣爐를 使用하며,⁹⁾ bracket에 加해지는 溫度는 金屬의 物理的 性質에 影響을 미친다. 스테인레스鋼은 強度와 硬度가 減少되기 前인 400~500°C까지는 加熱할 수가 있다. 그러나 650°C 이상이 되면 金屬의 強度와 硬度가 減少되며, 本來의 光澤으로 電解研磨될 수 없다.²³⁾ 또한 過度한 電解研磨는 bracket slot을 擴大시켜 arch wire와 bracket slot間의 正確한 torque control을 減少시키기도 한다.¹¹⁾

矯正用 bracket를 再生하여 再活用할 수만 있다면, 經濟的으로 多少 도움이 되리라 思料되어 著者는 3種類의 새 bracket과 再生 bracket의 引張強度를 測定 比較하였으며, 再生後 bracket의 物理的인 變化程度를 評價 分析한 結果, 知見을 얻었기에 報告하는 바이다.

II. 實驗材料 및 方法

矯正治療를 爲하여 拔去된 齶蝕이 없는 60個의 小白齒를 물에 깨끗히 씻고 30個씩 2群으로 나누어, 한 群은 새 bracket의 引張強度를 測定하기 爲하여, 다른 한群은 再生 bracket의 引張強度를 測定하기 爲하여 0.9% 生理食鹽水에 各各 保管하였다. 새 bracket의 引張強度를 測定하기 爲하여 保管한 30個의 小白齒를 10個씩 3群으로 나누고, 自家合成樹脂인 MonoLok^{®1)}을 使用하여 各各 Company A^{®2)}, B^{®3)} 및 C^{®4)}의 premolar bracket을 小白齒 頰面에 接着하였다. resin이 充分히 硬化되도록 室溫에서 30分間 放置한 後 硬石膏에 齒牙를 殖立하고, 硬石膏가 充分히 硬化되도록 室溫에서 1時間 放置한 後, 다시 0.9% 生理食鹽水에 保管하였다.

bracket装着 24時間 後에 Universal Testing Machine (SHIMADZU SEISAKUSHO LTD. KYOTO JAPAN)을 사용하여 Cross-head의 速度는 5mm/min. 條件으로 하여 引張強度를 測定하였다.

이때 脱落된 bracket들은 製造會社 別로 10個씩 群으로 하여 再生하였으며, 그 方法은 3段階로 서 먼저 metal base에 殘存해 있는 resin 接着劑를 燒却시키기 爲하여, 350°C의 電氣爐에서 1時間 동안 bracket을 加熱하였다. 그 다음 bracket wing에 0.3mm 結紮線을 結紮하고, 15秒間 sand blaster에 bracket을 固定시켜 inorganic filler를 除去하였다. 마지막으로 깨끗해진 bracket은 電解質에 담겨있는 bracket의 結紮線을 電解研磨器의 clip에 固定시켜 15秒間 電解研磨를 한 다음 물에 깨끗히 씻고 空氣 噴射로 乾燥시켰다.

再生 bracket의 引張強度 測定을 爲한 30個의 小白齒를 10個씩 3群으로 나누어 再生 bracket을 接着하고, 以前과 同一한 方法으로 引張強度를 測定 하였다.

各 製品에 對한 引張強度의 平均値, 標準偏差를 求하고, 製品別로 새 bracket과 再生 bracket의 平均의 比較檢定은 t-檢定으로, 3가지 製品의 平均의 比較檢定은 Student-Neuman-Keuls multiple comparison test⁽⁴⁾로 施行하였다.

Bracket slot幅徑에 關한 再生의 效果를 評價하기 爲하여, 臨床에서 使用된 42個의 小白齒用 bracket^{**}을 再生한 다음, Topcon Universal Measuring Microscope (TOKYO KOGAGU KIKAI K. K JAPAN)로 slot幅徑을 直接 測定하였다. (Fig. 1) 再生 方法은 以前 方法과 同一하였다. 對照群 으로서 同一會社 製品의 42個 새 bracket의 slot幅徑이 測定되었으며, 平均의 比較檢定은 t-檢定으로 하였다.

金屬 bracket의 熱處理 效果를 分析하기 爲하여 4個의 새 bracket^{**}을 使用하였다. 한個는 對照群 으로서 熱處理에 包含시키지 않았으며, 3個는 250°C, 350°C, 1,100°C의 電氣爐에서 各其 1時間 씩 熱處理한 다음, 硬度和 微細構造를 分析하였다. 硬

度는 Tukon Microhardness Tester (Vickers)를 使用하여 各 群에서 5번씩 測定한 다음 平均値를 算定하였다. (Fig. 2) bracket微細構造의 分析을 爲하여 金屬 bracket을 電解腐蝕시킨 後, bracket 微細構造를 金屬顯微鏡으로 撮影하였다.

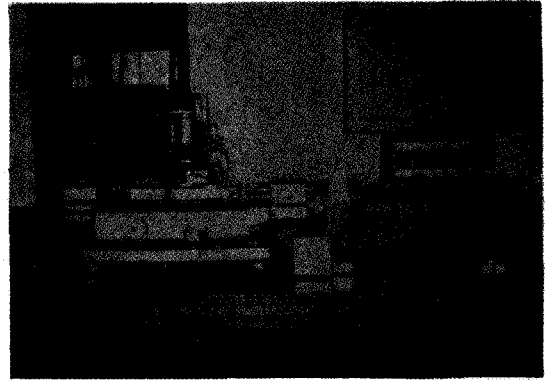


Fig. 1. Topcon Universal Measuring Microscope

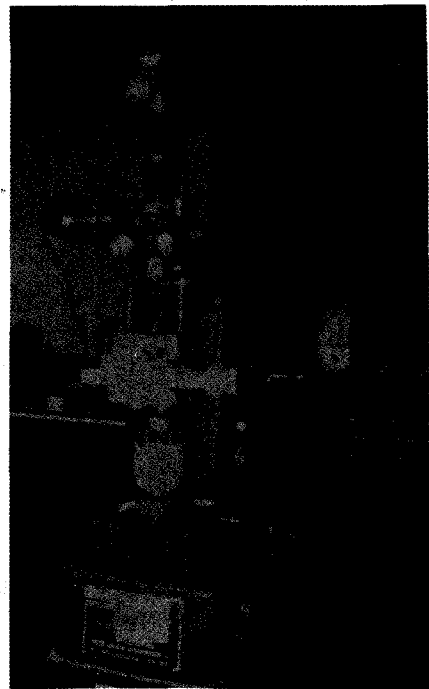


Fig. 2. Tukon Microhardness Tester (Vickers)

- *1. Mono-Lok : R.M. Co
- *2. Company A premolar bracket: Photo-etched base brackets (Tomy)
- *3. Company B premolar bracket : Contur-lok base (R.M)
- *4. Company C premolar bracket : Mini-mesh base brackets (3M)
- *5. Photo-etched base brackets (Tomy Co.)
- *6. Contur-lok base brackets (R.M. Co.)

III. 實驗成績

모든 製品에서 各 再生 bracket의 平均引張強度는 同一한 새 bracket의 平均引張強度 보다 낮았으나, 統計學的으로 有意한 差는 없었다. ($P > 0.05$)

Base形態가 서로 다른 3種類의 새 bracket 과 再生 bracket에서 各 製品間 平均引張強度의 比較檢定은 $P=0.05$ 有意水準에서 Company C bracket 이 Company B bracket 보다 引張強度가 높았고, 다른 製品들 間에는 有意한 差가 없었다. ($P > 0.05$) (表 1)

Bracket 再生後, slot幅徑은 0.459mm에서 0.469mm로 擴大되었다. ($P < 0.005$) (表 2)

3가지 熱處理 方法에 依해 bracket 金屬의 物理的 性質들의 變化에 關한 實驗에서, 硬度는 溫度가 增加될 수록 減少되었으며, 特히 Group. IV에서 顯著한 減少가 있었다. (表 3) 또한 bracket을 熱에 露出시킴으로서 bracket의 微細構造가 어떻게 變化되는가를 Fig. 3~6에서 보여 주고 있는데, Group. I의 試片은 ASTM grain size No. 8程度로 微細한 結晶粒과 再結晶으로 構成되었다. (Fig. 3) Group. II의 試片은 燒鈍에 依해 grain size No. 7 程度로 結晶粒이 若干 成長되어 있고, 再結晶이 Group. I의 試片 보다 많이 進行되어 있으며, 또한 많은 雙晶組織이 보인다. (Fig. 4) Group. II의 試片 또한 燒鈍에 依해 ASTM grain size No. 6程度로 再結晶에 依해 結晶粒이 Group. II 보다 더욱 成長한 것을 볼 수 있다. (Fig. 5) Group. IV의 試片은 高溫에

表 1. 새 bracket과 再生 bracket의 引張強度의 平均值와 標準偏差(kg/cm²)

	Company A premolar brackets			Company B premolar brackets			Company C premolar brackets		
	New brackets	Recycled brackets	Difference	New brackets	Recycled brackets	Difference	New brackets	Recycled brackets	Difference
X	61.85	58.53	3.32	60.90	56.52	4.38	67.01	62.78	4.23
S.D	28.22	18.67		19.60	15.57		16.73	18.36	
N	10	10		10	10		10	10	

$P > 0.05$

$P > 0.05$

$P > 0.05$

表 2. Bracket 再生前後의 slot幅徑의 平均과 標準偏差(mm)

	New brackets	Recycled brackets	Difference
X	0.459	0.469	0.010*
S.D	0.008	0.009	
N	42	42	

$P < 0.005$

表 3. Premolar bracket metallurgy에 對한 熱處理 效果

Group	Recycling method	Hardness units (Vickers hardness)	Microstructure (ASTM grain size No.)*
I	Control	216	Grain size No. 8
II	250°C, 1 hour	211	Grain size No. 7
III	350°C, 1 hour	208	Grain size No. 6
IV	1100°C, 1 hour	143	Grain size No. 3-4

* ASTM Grain Size No. Calculation

$n = 2^{N-1}$ n : 100倍의 寫眞에서 1 inch²内에 들어 있는 grain의 數 N : 結晶粒度



Fig. 3. Photomicrograph of new Rocky Mountain bracket
(thermal treatment control) (Magnification, X 200)

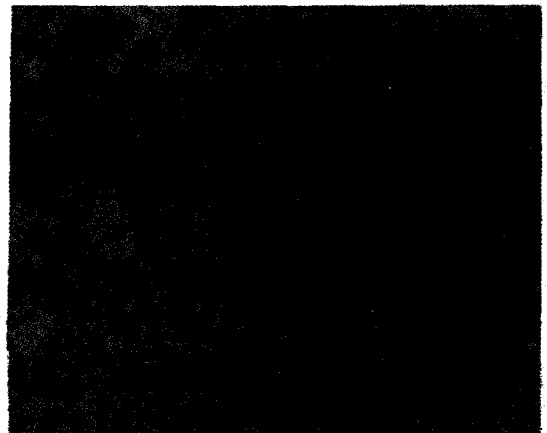


Fig. 5. Photomicrograph of new Rocky Mountain bracket subjected to 350°C for 1 hour.
(Magnification, X 200)

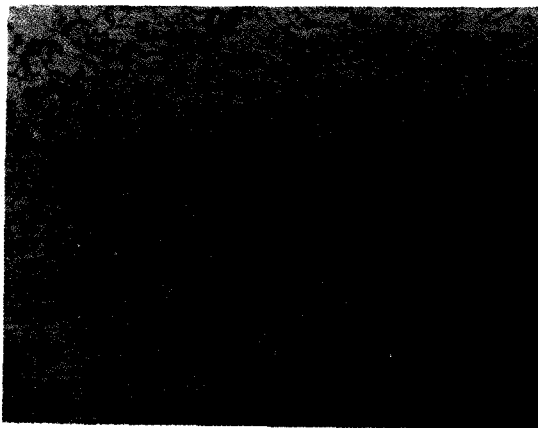


Fig. 4. Photomicrograph of new Rocky Mountain bracket subjected to 250°C for 1 hour.
(Magnification, X 200)

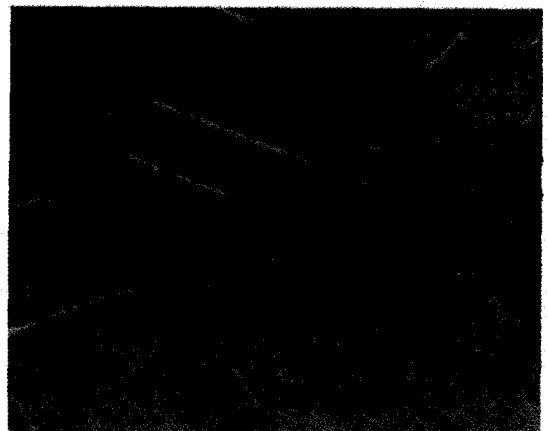


Fig. 6. Photomicrograph of new Rocky Mountain bracket subjected to 1,100°C for 1 hour.
(Magnification, X 200)

서의 燒鈍으로 ASTM grain size No.3~4 程度로 再結晶에 依해 晶粒이 매우 粗大化되어 있으며, 結晶粒界에 많은 炭化物이 析出되어 있음을 볼 수 있다. (Fig. 6)

IV. 總括 및 考按

直接接着 bracket은 플라스틱, 세라믹, 金屬 bracket으로 大別할 수 있다. 플라스틱 bracket은 接着劑와 分子結合으로 接着強度를 나타내나, 그 結合이 不規則의이며 bracket自體의 強度와 硬度가 낮기 때문에 使用範圍가 制限되며, 세라믹 base는 金屬 base처럼 機械的인 結合으로 接着劑와 結合되거나 부피가 크고 깨어지기 쉽다. 金屬 base는 가장 確固한 結合을 하는 것으로 보이며 널리 使用되고 있으나, base의 形態에 크게 影響을 받고 있다.^{4, 25, 28, 37} 金屬 bracket은 perforated metal-base, foil-mesh base, photo-etched base bracket等 多樣하다. Reynolds等 (1976)³⁷, (1977)³⁸은 mesh-base metal bracket이 perforated metal-base bracket 보다 優秀한 接着強度를 갖는다고 報告하였으며, 거친 mesh-base bracket이 微細한 mesh-base bracket보다 더 強한 接着強度를 갖는다고 하였다. 그러나 Majer等 (1981)²⁸은 filler 含量이 적고 微細한 粒子를 가진 自家合成樹脂인 Dynabond*를 使用하였을 때는, 微細한 mesh-base bracket이 거친 mesh-base bracket보다 더 強한 接着強度를 가진다고 報告하였다.

著者는 最近 開發되어 國內에서 使用되고 있는 photo-etched base baacket과 mesh 크기가 서로 다른 2種의 foil-mesh base bracket을 使用하여 引張強度를 測定하였다.

Bracket 再生後, 再生 bracket의 平均引張強度는 새 bracket 보다 Company A bracket에서는 5.6%, Company B bracket은 7.7%, 그리고 Company C bracket에서는 6.7% 程度로 더 낮았으나, 統計學的으로는 有意한 差가 없었다. ($P > 0.05$) 大部分의 再生 bracket들은 새 것과 區別하기가 힘들 程度로 光澤을 가지나, 顯微鏡으로 擴大시켜 보면, 一部 bracket에서 mesh pad의 가장자리는 光澤을 가지나 中央部位는 少量의 殘留物, 酸化物等 不純物이 存在하고 있는데, 이것은 電解研磨時 電流密度의 差異 때문인 것으로 思料된다.^{4, 17, 27} 不純物의 根源이 무엇이든 各 mesh의 清潔與否가 接着強度

에 影響을 미쳐, 再生 bracket에서 더 낮은 引張強度를 나타내는 것으로 생각되었다.

本 研究에서 새 bracket과 再生 bracket의 引張強度의 標準偏差는 권(1982)¹, Keizer (1976)²⁴, Alexandre等 (1981)⁸의 研究結果와 같이 相當히 크게 나타났으며, 接差劑가 떨어진 樣狀은 새 bracket에서 接着劑가 齒牙와 bracket에 部分的으로 붙어서 떨어진 것이 63%으로 가장 많았고, bracket과 接着劑間에서 30%로 나타났으며, 再生 bracket에서는 接着劑가 齒牙와 bracket에 部分的으로 붙어서 떨어진 것과, bracket과 接着劑間에서 各其 40%, 43%로 비슷하였다. 그러나 實際 臨床에서 接着失敗는 接着劑와 琺瑯質間에서 흔히 發生하는데, 이는 口腔內에서 唾液이나 齒牙自體로부터 水分의 汚染이 重要要素라는 것을 意味하다.³⁷

熱處理後 金屬表面에 있는 殘留物, 不純物을 除去하기 爲한 電解研磨는 患者에게 便安感을 주며, 또한 電解研磨는 陽極電解이므로 金屬의 表面에 膜이 생겨서 腐蝕으로 부터 金屬을 保護할 수가 있다.⁴ 電解研磨는 15秒 程度가 消費되며^{18, 19}, 電流密度는 가장자리와 突出部에서 가장 높고, 龜裂部에서 매우 낮기 때문에 bracket으로 부터 除去된 金屬의 量은 無視할 만 하며, slot의 形態는 거의 影響을 받지 않는다.¹⁹ bracket再生後, slot幅徑의 變化는 統計學的으로 有意的이지만 ($P < 0.005$), 原來 幅徑과의 差異는 實際로 0.012mm이므로 臨床의으로 거의 無視할만 하다.

大部分의 矯正用 bracket은 오오스테나이트 스테인레스鋼으로 製作되며^{35, 36} 이러한 系의 스테인레스鋼은 冷間加工 만으로 硬化될 뿐이며 熱處理했을 때는 軟化된다.⁶ 이러한 스테인레스鋼이 550°C~850°C로 加熱되면 結晶粒內의 炭素는 크롬과 作用하여 炭化크롬을 析出物을 形成하게 되는데, 이렇게 炭化物이 析出되면 結晶粒界를 따라 좁은 區域에서 遊離크롬의 含量이 不動態를 形成하기 爲하여 必要한 量 以下로 되기 때문에, 所謂 結晶粒界腐蝕에 對하여 銳敏해 진다.^{2, 3, 5, 26} 이러한 狀態로 된 鋼을 銳敏化되어 있다고 하며, 表3에 있는 Group. IV (1, 100°C, 1時間)에서의 徐冷은 이들의 存在를 示唆하고 있다. 普通 이를 防止하기 爲해서는 1, 100°C의 試片을 急冷하면 溶體化處理⁷가 이루어져 殘留應力除去 및 炭化物 析出의 防止等에 大端히 좋다고 할 수 있으나, 急冷하면 接着劑 除去가 어렵다는 點에서 本 實驗에서는 徐冷시켰다.

再生過程中 熱에 依해 bracket metal의 機械的性質과 微細構造가 變하였으나, edgewise mechanism의 維持力이나 正確性を 크게 떨어뜨리지 않고 단 한번의 再生은 可能的 것으로 思料된다.

V. 結 論

著者は base 形態가 다른 3 가지 矯正用 bracket과 再生後 同一 bracket의 引張強度를 測定 比較하였으며, 再生後 bracket의 物理的인 變化를 分析한 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 再生한 bracket의 平均引張強度는 새 同一한 새 bracket의 平均引張強度 보다 낮았으나, 統計學的으로 有意한 差는 없었다. ($P > 0.05$)
2. 새 barcket과 再生 bracket에서 Mini-mesh base bracket은 Contur-lok base bracket보다 統計學的으로 높은 引張強度를 보였으며 ($P \leq 0.05$), 다른 製品들 間에는 統計學的으로 有意한 差가 없었다. ($P > 0.05$)
3. 再生後 金屬 bracket의 slot幅徑이 0.459mm에서 0.469mm로 擴大되었다. ($P < 0.005$)
4. 熱處理 溫度가 增加됨에 따라 金屬 bracket의 結晶粒들이 漸次 粗大化되었으며, 硬度值의 減少가 있었다.

(本 論文을 始終 指導校閱하여 주신 李東柱 指導 教授님께 感謝드리며 協助를 아끼지 않으신 矯正科 醫局員 여러분께 謝意를 表합니다.)

參 考 文 獻

1. 權五源: "Direct bonding bracket의 引張強度," 「大韓齒科矯正學會誌」, 第12卷, 第2號: 139-144, 1982.
2. 社團法人 大韓金屬學會編: 鐵鋼材料, 서울, 1981, 탑出版社, pp.174-178.
3. 梁熙永, 金水泳: 金屬材料學, 서울, 1979, 文運堂, pp.96-111, 114-143, 188-228, 232-281.
4. 廉熙澤: 金屬表面處理, 改正版, 서울, 1979, 文運堂, pp.157-159.
5. 尹秉河, 金大龍: 金屬의 腐蝕과 防蝕概論, 서울, 1979, 螢雪出版社, pp.54-65, 126-127.

6. 崔在烈: 金屬의 熱處理, 서울, 1979, 文運堂, pp.673-685.
7. 韓國綜合 特殊鋼 株式會社編: 特殊鋼, 서울, 1978, pp.191-218.
8. Alexandre, P., Young, J., Sandrik, J.L., and Bowman, D.: "Bond strength of three orthodontic adhesives," Am. J. Orthod., 79: 653-660, 1981.
9. Buchman, D.J.L.: "Effects of recycling of metallic direct-bond orthodontic brackets," Am. J. Orthod., 77: 654-668, 1980.
10. Buonocore, M.G.: "A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling material to enamel surface," J. Dent. Res., 34: 849-853, 1955.
11. Chapman, P.L.: "Recycling the orthodontic bonded bracket," M.S. Thesis, Indiana University School of Dentistry, 1979.
12. Cohl, M.E., Green, L.J., and Eick, J.D.: "Bonding of clear plastic brackets using an ultraviolet-sensitive adhesive," Am. J. Orthod., 62: 400-411, 1972.
13. Graig, R.G., and Peyton, F.A.: Restorative dental materials, ed. 5, St. Louis, The C.V. Mosby Company, 1975.
14. Dickinson, P.T., and Powers, J.M.: "Evaluation of fourteen direct-bonding orthodontic bases," Am. J. Orthod., 78: 630-639, 1980.
15. Dogon, I.C., Van Leeuwen, M., and Kirklin, M.: "In vivo studies of the "sealing" of fluoride in teeth: Two years of clinical results (Abstr.)," J. Dent. Res., 52: 118, 1973.
16. Faust, J.B., Grego, G.N., Fan, F.L., and Powers, J.M.: "Penetration coefficient, tensile strength, and bond strength of thirteen direct bonding orthodontic cements," Am. J. Orthod., 73: 512-525, 1978.
17. Flumer, J.F.: Metal finishing (electropolishing), Metals plastics Pub. 77: 494-505,

- 1979.
18. Futterman, M.J.: "Electrolytic stainless steel polisher," *Am. J. Orthod.*, 28: 652-654, 1942.
 19. Gaston, N.: "Chrome alloy in orthodontics," *Am. J. Orthod.*, 37: 779-796, 1951.
 20. Gorelick, L.: "Bonding metal brackets with a self-polymerizing sealant Composite: A 12-mouth assessment," *Am. J. Orthod.*, 71: 542-553, 1977.
 21. Gorelick, L.: "Bonding/The state of the art: A national survey," *J. Clin. Orthod.*, 13: 39-53, 1979.
 22. Hason, G.H., Gibbon, W.M., and Shimizu, H.: "Bonding bases coated with porous metal powder: A comparison with foilmesh," *Am. J. Orthod.*, 1983.
 23. Johnson, W.T., Hembree, J.H., and Weber, F.M.: "Shear strength of orthodontic direct-bonding adhesives," *Am. J. Orthod.*, 70: 559-566, 1976.
 24. Keizer, S., Ten Cate, J.M., and Arends, J.: "Direct bonding of orthodontic brackets," *Am. J. Orthod.*, 69: 318-327, 1976.
 25. Lopez, J.I.: "Retentive shear strength of various bonding attachment bases," *Am. J. Orthod.*, 77: 669-678, 1980.
 26. Lyman, Taylor (editor): *Atlas of microstructures of industrial alloys*. In *Metals handbook*, ed. 8 Metals Park, Ohio, 1972, American Society of Metals, Vol. 7, pp. 133-137.
 27. Lyman, Taylor (editor): *Properties and selection of metals*. In *Metals handbook*, ed. 8, Metals Park, Ohio, 1972, American Society of Metals, Vol. 1, pp. 2, 11, 206, 243-245, 250-254, 407, 413-417, 423, 484-488, 591.
 28. Maijer, R., and Smith, D.C.: "Variables influencing the bond strength of metal orthodontic brackets bases," *Am. J. Orthod.*, 79: 20-34, 1981.
 29. Miura, F., Nakagawa, K., and Masuhara, E.: "New direct bonding system for plastic brackets," *Am. J. Orthod.*, 59: 350-361, 1971.
 30. Mizrahi, E., and Smith, D.C.: "Direct cementation of orthodontic brackets to dental enamel," *Br. Dent. J.*, 127-371-375, 1969.
 31. Moin, K., and Dogan, I.L.: "An evaluation of shear strength measurements of unfilled and filled resin combination," *Am. J. Orthod.*, 72: 531-536, 1978.
 32. Newman, G.V.: "Epoxy adhesives for orthodontic attachments: Progress report," *Am. J. Orthod.*, 50: 901-912, 1965.
 33. Newman, G.V., and Facq, J.M.: "The effects of adhesive on the tooth surfaces," *Am. J. Orthod.*, 59: 67-75, 1971.
 34. Newman, G.V., Synder, W.H., and Wilson, C.E.: "Acrylic adhesives for bonding attachments to tooth surfaces," *Angle Orthodont.*, 38: 12-18, 1968.
 35. O'Brien, W., and Ryge, G.: *An outline of dental materials and their selection*, Philadelphia, 1978, W.B. Saunders Company, pp. 307-319.
 36. Phillips, R.W.: *Skinner's science of dental materials*, ed. 7, Philadelphia, 1973, W.B. Saunders Company pp. 641-655.
 37. Reynolds, I.R., and Van Fraunhofer, J.A.: "Direct bonding of orthodontic attachments to teeth: The relation of adhesive bond strength to gauze mesh size," *Br. J. Orthod.*, 3: 91-95, 1976.
 38. Reynolds, I.R., and Von Fraunhofer, J.A.: "Direct bonding in orthodontics: A comparison of attachments," *Br. J. Orthod.*, 4: 65-69, 1977.
 39. Retief, D.H., Dryer, C.J., and Gavion, G.:

- "The direct bonding of orthodontic attachments by means of an epoxy resin adhesive," *Am. J. Orthod.*, 58: 21-40, 1970.
40. Rogers, O.W., and Griffith, J.R.: "Direct bonding of orthodontic brackets to tooth structure," *Aust. Dent. J.*, 22: 236-237, 1977.
41. Smith, D.C., and Maijer, R.: "Improvement in bracket base design," *Am. J. Orthod.*, 83: 227-281, 1983.
42. Thanos, L.E., Munholl and, T., and Caputo, A.A.: "Adhesion of mesh-base direct-bonding brackets," *Am. J. Orthod.*, 75: 421-430, 1979.
43. Weinberg, R., and Cheuk, S.L.: *Introduction to dental statistics*, Noyes Medical publications, Park Kidge, New Jersey, U.S. A., 1980.
44. Zachrisson, B.U., and Brobakken, B.O.: "Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives," *Am. J. Orthod.*, 74: 62-77, 1978.

A STUDY ON TENSILE STRENGTH AND PHYSICAL ALTERATION OF THERMALLY RECYCLED METAL BRACKETS

Park, Chang-Gee, D.D.S.

Director: Lee, Dong-Joo, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Dentistry, Graduate School, Chosun University

.....» **Abstract** «.....

The purpose of this study was to measure and compare tensile strength for 3 types of new direct-bond brackets and the same brackets after recycling and to evaluate recycled brackets to determine the extent of physical alteration after recycling.

Three types of new direct-bond brackets were bonded to recently extracted human premolar teeth and the tensile strength was measured by Universal Testing Machine. The brackets were recycled by thermal process and the tensile test was repeated.

To determine the extent of physical alteration after recycling, the slot width and the hardness of metal brackets were measured and to analyze the microstructure of the brackets, photographs of the bracket microstructure were taken.

Following results were obtained:

1. The tensile strength of recycled brackets was lower than that of new brackets, but there was no statistically significant difference. ($p > 0.05$)
2. In the new and recycled brackets, the tensile strength of mini-mesh base bracket was statistically higher than that of conturlok base bracket, ($p \leq 0.05$) but there was no statistically significant difference between production of other companies. ($p > 0.05$)
3. The slot width of metal bracket was enlarged from 0.459mm to 0.469mm as a result of the recycling process. ($p > 0.005$)
4. As temperature was increased in thermal treatment, the grains of bracket metal gradually became coarser and the hardness was decreased.

.....