

레이저의 齒科保存 治療에의 應用*

I. CO₂ 레이저照射가 齒牙硬組織에 미치는 影響

李正和** · 李贊榮** · 金 熊*** · 崔盛根**

A BASIC STUDY ON THE USE OF LASER IN THE CONSERVATIVE DENTISTRY.

Part I: The effect of CO₂ laser irradiation to the dental hard tissue.

Chung Suck Lee, DDS; Chan Young Lee, DDS; Ung Kim, Dr. rer. nat, Sung Keun Choi, DDS.

..... >> Abstract <<

The purpose of this experiment is preliminary study to determining the energy amount of the laser for the use in conservative dentistry.

A CO₂-gas laser unit (Medilaser-S, Mochida Co.) was used with its output 50W continuously.

The laser beam was focused in 0.2mm on the buccal surface of the premolar-crowns and roots. The lasing period were 0.05, 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8 second respectively.

The results were as follows:

1. The depth of the creater in enamel was formed in the ranges of 0.5 to 6.4mm depending upon the amounts of energy delivered to the target area.
2. The crater formed in dentin was ranges of 0.8mm to perforation of the root depending upon the amounts of energy delivered to target area.
3. The border of the crater formed in enamel created to be fused, and chalky area due to condensed material from melted and vaporized dental enamel.
4. The crater formed in dentin was revealed three distinct zones.
 - (1) A zone of complete dentinal destruction.
 - (2) A zone of partial dentinal destruction and fused chalky area.
 - (3) A zone of dark carbonized area.

* 本研究는 1984年度 産學協同財團 研究費 支援으로 이루어졌음.

** 延世大學校 齒科大學 保存學教室.

*** 延世大學校 理科大學 物理學教室.

1. 서 론 I

레이저가 소개된 이래 醫學用 레이저도 研究되어 이미 數種 開發되어 使用되기 시작하였다. 이는 레이저의 特殊性인 可干涉性, 單色性, 指向性, 高輝度 生體의 여러분야에 대한 연구에서 좋은 結果를 주었기 때문이다. 루비레이저를 利用한 光凝固裝置가 개발되어 網膜 剝離의 治療에 쓰이고 있고 光電子 工學의 발달과 함께 He-Ne, CO₂, Ar 등의 氣體 레이저와 Na-YAG, 半導體 레이저가 開發되어 生物學, 醫學分野에의 應用에 劇期的인 發展을 가져오게 되었다.

齒醫學 分野에 관한 연구는 1964년 Goldman⁵ 등이 齶蝕齒牙에 레이저를 照射하여 齒質除去가 가능함을 提示한후 Stern²¹, Goldman⁶, Kinersly 등¹², Stern 등^{22, 23}이 레이저 照射후 硬組織變化에 대하여 報告하였고 Sognaes (1965) 등은 사람의 拔去된 齒牙表面에 루비 레이저를 照射하여 작은 구멍을 뚫는 實驗中 laser가 照射된 齒牙表面(象牙質)이 酸에 잘 溶解解안되는데 着眼, laser를 照射후 耐酸性이 커진다면 이에따라 우식증도 豫防될 수 있다고 注目할 만한 發表를 한후, Lobene¹⁶, Stern²⁴, Goldman Yamamoto²⁷ 등은 레이저 照射가 琺瑯質의 耐酸性에 미치는 영향에 관한 것을 實驗하여 齒牙齶蝕 豫防 効果에 대하여 研究하였다.

Nagasawa는 CO₂, YAG, Argon 레이저를 치아에 照射하여 CO₂ 레이저가 齒質에 가장 잘 吸收되는 것 을 報告하였고, YAG, Argon 레이저는 齒質에 選擇 的으로 吸收되어 齶蝕齒牙, 齒髓治療에의 利用 可能性을 提示하였다.¹⁷

한편 국내에서는 金이 齒科 鑄造用 非金屬에 미치는 影響, 그리고 李 등²⁹이 CO₂ 레이저 照射에 따른 齒髓腔內 溫度變化에 關하여 發表했을 따르이다.

本 研究에서는 CO₂ 레이저를 利用하여 에너지 量 에 따른 齒質의 破壞程度를 觀察함으로써 이의 齒科 治療에 使用 가능한 에너지 範圍를 測定하여 科臨床 에 活用할 基礎資料로 하고자 하였다.

II. 實驗資料 및 方法

1. 實驗資料

性別 年齡에 관계없이 齒牙齶蝕症이 없는 拔去된 小白齒 18個를 對象으로 하였으며 生理食鹽水에 保

管하였다가 레이저 照射하기 直前에 乾燥시켜 使用 하였다.

2. 實驗方法

實驗에 使用된 레이저는 CO₂ gas laser (Mochida Medilaser-S)를 使用하였다. (Fig. 1)

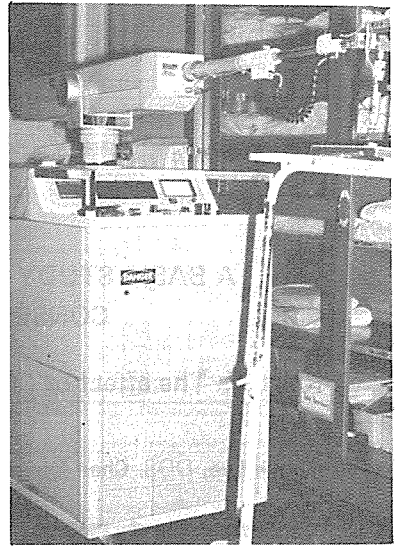


Fig. 1. Mochida Medilaser-S CO₂-laser

齒牙를 3個씩 5組로 나누어 出力을 50W로 固定시키고 I群은 0.05초, II群은 0.1초, III群은 0.2초, IV群은 0.4초, V群은 0.6초, VI群은 0.8초씩 각각 齒冠과 齒根의 頰面에 直徑 0.2mm로 集束시켜 單回 照射한後, 레진에 包埋하여 diamond disk 로

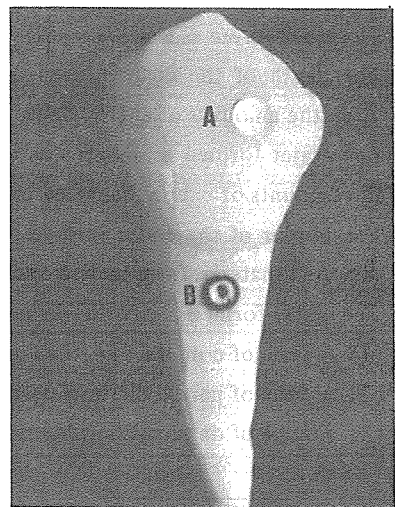


Fig. 2. 齒冠(琺瑯質; A)과 齒根(象牙質; B)에 레이저를 각각 單回·照射하여 crater 形態의 齒質破壞를 보였다.

자르고, 照射된 부위가 正中央이 되도록 sand paper로 練磨하여 標本을 完成시켰다.

Califer를 利用하여 crater의 邊緣에서 funnel의 頂點까지 長이를 測定 照射하였다. (Fig. 2)

III. 實驗 結果

레이저를 照射한 各 群에서 琺瑯質과 象牙質에 crater形態의 齒質破壞를 나타냈다. (Fig. 2)

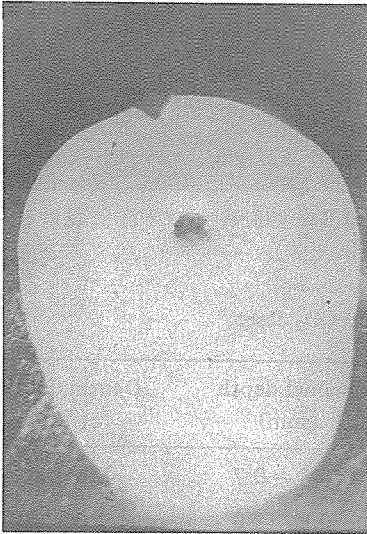


Fig. 3. 0.05초 照射하여 琺瑯質을 練磨한 標本. (琺瑯質에만 凹錐 形態의 齒質破壞)



Fig. 4. 0.05초 照射하여 象牙質을 研磨한 標本. 中央에 齒質破壞, 外層에는 凹錐 形態로 炭化됨.

練磨시킨 標本에서 觀察했을때 圓錐形態의 齒質 缺損을 나타냈다. (Fig. 3, 4, 5, 6, 7, 8)

琺瑯質 部位에서는 溶解되어 融合된 흰 유리와 같은 crater內面을 形成했다. (Fig. 2)

練磨된 標本에서 레이저가 通過된 噴火口 內面이 모두 융합된 흰 부위를 보였다. (Fig. 3, 5, 7)

치관부위에 照射된 637J/mm² energy density 이상에서는 모두 琺瑯質下方의 象牙質까지 齒質破壞를 나타냈다.

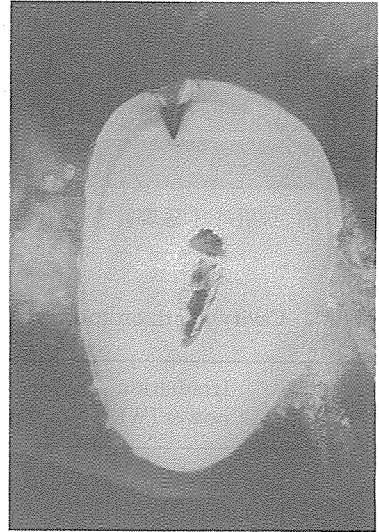


Fig. 5. 0.1초 照射하여 琺瑯質을 練磨한 標本. (琺瑯質을 通過 象牙質까지 齒質이 破壞).

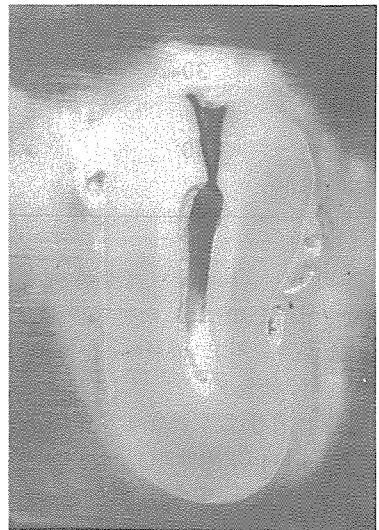


Fig. 6. 0.4초 照射하여 象牙質을 練磨한 標本. (齒髓腔內까지 레이저가 照射됨).

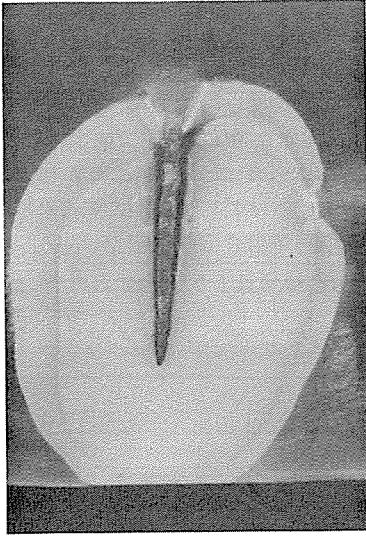


Fig. 7. 0.8초 照射하여 琺瑯質을 練磨한 標本.



Fig. 8. 0.8초 照射하여 象牙質을 練磨한 標本.
(齒根을 관통).

Table 1. Cavity depth on tooth structure after irradiation by CO₂ laser

	Irradiation power (W)	Energy density (J/mm ²)	Enamel depth (mm)	Dentin depth (mm)
I	2.5	80	0.5 - 0.7	0.8 - 1.1
II	5	159	0.8 - 1.0	1.0 - 2.0
III	10	318	1.0 - 1.7	2.0 - 2.3
IV	20	637	3.0 - 4.3	2.2 - 2.45 (pulp penetration)
V	30	955	4.2 - 5.8	2.3 - 7.7 (root perforation)
VI	40	1274	5.6 - 6.4	5.7 - 7.3 (root perforation)

象牙質에 形成된 crater는 중앙에 完全히 破壞되었고 中間層이 部分的으로 破壞되고 融合된 흰 부위를 形成했다. 그리고 外層에는 검게 炭화된 부위가 觀察된다. (Fig. 2)

練磨된 標本에서 觀察했을때 중앙에 完全히 破壞된 空間을 나타내고, 中間層이 部分的으로 融合된 흰 부위를 觀察할 수 있으며 外層에는 검게 炭화된 円錐形態를 觀察할 수 있다. (Fig. 4, 6, 8)

形成된 crater의 깊이는 다음과 같다. (Table 1)

IV. 總括 및 考察

레이저의 發振波長은 紫外線에서부터 遠赤外線까지 있으나 그중에서 Nd-glass, Nd-YAG, He-Ne, CO₂레이저가 많이 使用되고 있다.

레이저의 生體에 대한 作用을 크게 熱作用, 壓力作用, 光作用, 電磁氣의 作用등이 있으며 現在 醫學 領域에서 쓰이는 低出力 레이저등은 레이저의 照射로 因한 生體의 反應(형광성, 흡수성 색소의 發光

特性)을 利用하며, 治療用으로 쓰이는 高出力 레이저들은 熱, 壓力등으로 인한 生體의 反應을 利用하는데, 照射된 레이저가 組織에 吸收되어 熱을 發生하고 組織을 加熱, 凝固, 炭化, 氣化, 蒸發 시키게 된다.

이러한 레이저들은 出力의 크기 및 波長의 크기에 따라 그 쓰이는 用途가 다르며 경우에 따라서는 이들을 複合의으로 使用함으로써 좋은 效果를 얻어낼 수도 있다.

Arje Sheinin 등은 50W CO₂ 레이저를 1~3초 照射시켜 琺瑯質에 crater 形態의 齒質 削除를 보여주었으며 이의 構造的 變化를 觀察하였다.²

Dag Brune 은 CO₂ 레이저로 10J/mm²의 energy density로 2mm의 구멍을 形成하였으며 100J/mm² 照射時 4mm의 구멍을 形成하였다. 그리고 X-ray diffraction을 利用하여 構造的 變化를 觀察하였다.³

Leon Goldman 등은 루비 레이저로 4000-13400 J/cm²를 照射시켜 작은 구멍을 形成했음을 하였다.⁴ 또 10 megawatt peak power로 琺瑯質에 작은 crater를 形成함을 觀察하였다.⁵ Ralph H. Stern 등은 2-5 joules 에너지를 齒冠에 照射하여 crater 形態의 破壞樣相을 觀察하였다. 그리고 레이저 照射에 대한 琺瑯質의 permeability와 solubility에서 레이저를 照射받은 부위와 받지않은 부위가 심각한 차이를 보이지 않았다.

subsurface demineralization에 대한 레이저에 露出된 琺瑯質의 抵抗度는 solubility에서 化學的 變化보다는 permeability에서 物理的 變化에 基因된다고 생각했다. 그리고 CO₂ 레이저를 琺瑯質에 照射후 觀察한 結果 13-50 J/cm²의 energy density에서 融合이 일어나는 變化를 보여주었다.²³ Ralph R. Lobene 등은 루비 레이저를 利用하여 12~25joules을 照射하여 crater 形態의 齒質破壞를 形成하였다고 報告하였으며, CO₂ 레이저를 齒牙에 照射한 結果 enamel rod의 排列을 어지럽히고 象牙質에서 odontoblastic process의 소각을 보여 주었다.¹⁵ Varner 등은 루비 레이저의 color stain에 대한 影響을 研究하였으며,²⁶ Sheldon Peck 등은 루비 레이저로 전체 1800~6800 J/cm²를 照射하여 琺瑯質에 0.1~1.1mm의 crater 形態의 齒質削除를 形成했고 象牙質에서는 3,500joules/cm² 照射하여 0.1mm 未滿의 crater와 검게 탄 象牙質을 보였다.¹⁸ Thomas E. Gordon은 루비 레이저로 50joules의 에너지를 1mm로 集束시켜 Class I, III, V의 窩洞 形成을 試圖했다.^{8,9}

以上에서 살펴보면 CO₂ 레이저가 다른 種類의 레이저에 비해 齒牙에 더 잘 吸收되어 낮은 에너지로 效果를 얻을 수 있는 것을 알수 있다.

本 實驗에서는 80~1274J/mm²의 energy density로 레이저를 照射하여 琺瑯質에서는 0.5~6.4mm까지의 crater 모양의 齒質削除를 보였고 象牙質에서는 0.8mm에서 齒根을 관통하는 정도의 齒質을 보였다. 全體의으로 琺瑯質 보다는 象牙質이 더 많은 齒質削除를 보였다.

이것은 Souder 등이 琺瑯質의 不透明度가 21~67%인 반면에 같은 두께의 象牙質은 50~91%을 나타내²⁰ 不透明度가 더 큰 象牙質이 더 많은 레이저 에너지를 吸收하고 따라서 琺瑯質보다 더 큰 破壞를 이룰 것이라는 說明과 一致한다.

그러나 Sheldon Peck 등의 實驗에서는 琺瑯質이 象牙質보다 더 많은 浸透를 보여주면서 이는 齒質에 影響을주는 다른 要素가 있음을 暗示하고 있었다. 象牙質과 琺瑯質의 構造的 生化學的 差異가 이러한 要素가 아닌가 報告하고 있다.⁸

著者の 見解도 拔去된 齒牙가 아닌 生體에서의 實驗에서는 다른 結果가 나올지도 모른다고 思料된다. 이는 CO₂ 레이저가 水分에 잘 吸收되고 琺瑯質 보다는 象牙質이 거의 6배의 水分을 含有하고 있기 때문이다.

그리고 本 實驗에서는 治療에 可能한 에너지의 範圍는 318J/mm² energy density 未滿의 에너지를 照射하여야 될 것으로 推計된다.

그것은 이 정도의 에너지의 照射로 琺瑯質은 1.7mm, 象牙質은 2.3mm의 치질삭제를 보였기 때문이다. 그이상 照射하였을때 齒髓까지 直接 레이저가 浸透될 可能性이 있기 때문이다. 또 레이저의 照射에 따른 熱作用으로 齒髓腔에 미치는 溫度變化는 Kato가 CO₂ 레이저 10W를 1秒間 照射하여 11.8℃ 上昇을 報告했고,¹¹ 나가 6W를 2秒 照射에 1.7℃ 4秒에 3.8℃, 8秒에 7.3℃, 16秒에 17.2℃까지 上昇을 報告한 바 있다.²⁹

口腔 내에서 溫度抵抗係수가 16℃~55℃ 보이기 에 그 範圍에 속하기 때문에 齒髓에 損傷이 없으리라 사료된다.

그러나 이 問題는 齒牙의 크기, 齒髓로부터 레이저가 照射되는 部位까지의 距離 齒冠에서 照射받는 位置, 에너지의 強度에 影響을 받는다고 主張한다.

琺瑯質 部位에 形成된 crater의 内面은 無機物質이 溶解되어 融合되고 有機物質은 타서 없어져 회

게 나타났다.

레이저의 中心이 通過한 象牙質의 部位는 燒失되어 crater의 바로 內面에 部分的으로 破壞되고 周圍의 有機物質도 燒失되어 無機物이 琺瑯質에서와 같이 溶解되어 融合된 것이 部分的으로 나타났으며 外層의 黑變部位는 有機成分이 完全히 타 버리지 않고 炭化되어 검게 나타난 것으로 사료된다.

그리고 本實驗에서는 單回照射하여 작은 crater만 形成했는데 窩洞形態를 形成하기 위해서는 數回 레이저를 照射하여야 可能하나 그럴때 齒牙에 미치는 影響은 훨씬 더 클것으로 사료된다. 그리고 照射되어 形成된 窩洞下方의 齒質의 구조적 변화도 앞으로 더 研究되어야 할 것이며, 口腔內에서 使用時 施術部位 이외의 防禦裝置도 考慮되어야 할 것이다. 그리고 口腔內에서 利用하기는 機器自體가 너무 크고 操作하기가 不便하여 口腔內에서 操作하기가 容易하도록 더 開發될 必要가 있다.

V. 結 論

著者들은 一次的으로 CO₂레이저가 그 에너지 量에 따른 齒質의 破壞程度를 測定함으로써 齒科保存 治療에 使用可能한 에너지의 範圍를 定하고져 齒牙 齲蝕症이 없는 拔去된 小臼齒의 琺瑯質과 象牙質 部位에 出力을 50W로 固定시킨 다음 0.2mm로 集束시켜 時間을 各各 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8초로 照射하여 그 結果를 다음과 같이 觀察 報告한다.

1. 琺瑯質에 形成된 crater는 標的에 照射된 에너지에 따라 0.5~6.4mm의 齒髓破壞를 보였다.
2. 象牙質에 形成된 crater는 標的에 照射된 에너지 量에 따라 0.8mm에서 7.7mm까지 貫透되었다.
3. 琺瑯質에 形成된 crater의 邊緣은 溶解되고 部分的으로 燒酌된 溶融相을 나타냈다.
4. 象牙質에 形成된 crater는 明確한 三個部位로 區分되는 齒質破壞를 示顯하였다:
 - a) 象牙質이 完全히 破壞된 中央部位
 - b) 象牙質이 部分的으로 破壞되어 溶融된 部位
 - c) 炭化된 部位

REFERENCES

1. Arje, S. and Sirkka, K.: Laser-induced effects

- on tooth structure I. Crater production with a CO₂-laser. Acta Odont 27: 173-179, 1969
2. Arje, S. and Sirkka, K.: Laser-induced effects on tooth structure II Microradiography and polarized light microscopy of dental enamel and dentin. Acta Odont 27: 181-192, 1969
3. Dag, B.: Interaction of pulsed carbon dioxide laser beams with teeth in vitro. Scand J Dent Res 88: 301-305, 1980
4. Goldman, H.M., Reuben, M.P. and Sherman, D.: Application of laser spectroscopy for qualitative and quantitative analysis of inorganic component of calcified tissue. Oral Surg 17: 102, 1965
5. Goldman L, et al: The biomedical aspects of laser. J Amer Med Ass. 188: 302, 1964.
6. Goldman, L., Gray J.A., Goldman J., Goldman B., and Meyer R.: Effect of laser beam impacts on teeth. J Amer Dent Ass 70: 601-606, 1965
7. Goodman, B.O. and Kaufman, H.W.: Effects of an argon laser on the crystalline properties and rate of dissolution in acid of tooth enamel in the presence of sodium fluoride. J Dent Res 56: 1201, 1977
8. Gordon Jr., T.E.: Some effects of laser impact on extracted teeth. J Dent Res 45: 372-375, 1966
9. Gordon Jr., T.E.: Single-surface cutting of normal tooth with ruby laser. J Amer Dent Ass 74: 398-402, 1967
10. Gray, J.A. and Francis, M.D.: Physical chemistry of enamel dissolutin (chapter 8) in Sognnaes, R.F. (ed) Mechanisms of hard tissue destruction, Washington D.C.: AAAS, 1963
11. Kato, K., and Nagasawa, A.: Basic study on change of temperature of a tooth after CO₂ laser irradiation. The Journal of Japan

Society for Laser Medicine 1: 294, 1980

12. Kinersly, T. et al: Laser effects on tissues and materials related to dentistry. J Amer Dent Ass 70: 593-600, 1965
13. Matsumoto, K.: Scanning electron microscopic study on the surface of the lased enamel and dental filling materials. Japan J Conserv Dent 24: 188-194, 1980
14. Litwin, M.S. and Glew, D.H.: The biological effects of laser radiation. J Am Med Assoc 187: 842, 1964
15. Lobene, R.R. and Fine, S.: Interaction of laser radiation with oral hard tissues. J Prosth Dent 16: 589-597, 1966
16. Loebene, R.R. et al: Interaction of carbon dioxide laser radiation with enamel and dentin. J Dent Res 47: 311, 1968
17. Nagasawa, A. et al: Difference of effects of CO₂ laser, Nd: YAG laser and Argon laser on human teeth, 第三回 醫用レーザー研究會 論文集, p.177, 1979.
18. Peck, S. and Peck, H.: Laser radiation some specific dental effects and an evaluation of its potential in dentistry. J Prosth Dent 17: 195-203, 1967
19. Ralph, R., Lobene, B., RAJ Bhussry and Samuel fine: Interaction of carbon dioxide laser radiation with enamel and dentin. J Dent Res 47: 311-317, 1968
20. Souder W. and Paffenbarger, G.C.: Physical properties of Dental Materials, Nat. Bureau of Standards Gir. C-443, Washington, U.S. Gov't Printing Office, pp. 125-127, 1942
21. Stern, R.H. and Sognaes, R.F.: Laser beam effect on dental hard tissue. J Dent Res 43: 873, 1964
22. Stern, R.H. and Sognaes, R.F.: Laser effect on dental hard tissue J.S. Calif. Dent. Ass. 33: 17-19, 1964
23. Stern, R.H., Sognaes, R.F. and Goodman, F.: Laser effect on in vitro enamel permeability and solubility. J Amer Dent Ass 73: 838-843, 1966
24. Stern, R.H., Vahl, J. and Sognaes, R.F.: Lased enamel: Ultrastructural observations of pulsed carbon dioxide laser effect. J Dent Res 51: 455-460, 1972
25. Vahl, J.: Electro microscopic and X-ray crystallographic investigation of teeth exposed to laser rays. Caries Res 2: 10-18, 1968
26. Varner, R.E. et al: Effect of different colored stains on laser microbeam impact sites on tooth enamel. J Dent Res 46: 756, 1967
27. Yamamoto, H. and Sato, K.: Prevention of dental caries by acousto-optically Q-switched Nd-YAG laser irradiation. J. Dent. Res. 59: 137, 1980
28. 김경남: 레이저가 치과주조용 비금속합금에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한치과 의사 협회지, 22: 781, 1984.
29. 이종만: CO₂레이저 조사에 따른 치수강내 온도 변화에 관한 실험적 연구. 대한치과보존학회지 10: 43-54, 1984.