

레이저 처리가 치아 법랑질의 표면구조에 미치는 영향

이 주 현

강릉대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

건전한 치질에 탄산가스 레이저의 조사로 내산성을 증가시키거나 탄산가스 레이저의 조사 전 후에 국소적 불소도포를 함께 시행함으로써 치아우식증 예방효과를 얻을 수 있다. 따라서 이 논문에서는 치아의 법랑질 평활면에 레이저를 조사한 후 법랑질 표면의 변화를 주사 전자 현미경과 원자 현미경을 통하여 관찰하고 불소도포와 레이저 조사를 병용하였을 경우의 차이 및 원자 현미경의 효율성을 알아보고자 한다.

그 결과 대조군과 비교 시 레이저를 조사한 군들에서 미세한 균열과 소와 및 입자형 성상이 관찰되었으며, 불소도포 시에는 좀더 평활한 표면을 보였다.

이러한 레이저와 불소의 병용은 치아 표면에 칼슘, 인, 불소가 재흡착되어 표면에 입자형태를 보이며 이것이 치아우식증에 대한 저항성을 나타내는 원인 중 하나라고 생각된다.

주요어 : 탄산가스 레이저, 불소도포, 전자 현미경, 원자 현미경

I. 서 론

치아우식증은 가장 흔한 구강 내 질환이다. 이는 영구치와 유치 모두에 영향을 미치며 구강건강을 위협하는 가장 큰 원인이라 할 수 있다. 치아우식증의 관리를 위해서는 치료의 관점에서 뿐 아니라 예방적 접근이 필요하며 이미 많은 연구들이 행해졌으며 앞으로도 더욱 많은 연구들이 시행될 것이다.

치아우식의 예방을 위한 방법들은 불소를 이용한 것이 가장 널리 연구되고 사용되고 있고^{1,2)} 이에 더하여 레이저 조사를 통한 우식 예방 효과들이 소개되고 있다^{3,4)}. 치아우식의 발생빈도는 영구치와 유치 모두에서 소와 열구 부위가 가장 많고, 그 다음으로 평활면 순이며⁵⁾, 소와 열구 부위는 치면열구전색제를 이용한 우식예방이 널리 추천되고 있고⁶⁾ 평활면 부위는 불소의 사

용이나 구강청결과 관리를 통하여 예방하고 있다^{7,8)}.

치아 평활면에서의 저석회화나 저광화는 치아우식의 감수성을 증가시킬 수 있다⁹⁾. 이에 최근에는 저출력의 레이저를 치아의 평활면에 짧은 시간동안 조사하여 치아의 우식에 대한 저항성을 증가시킬 수 있다는 이론이 소개되었다^{10,11)}. 건전한 치질에 저광도의 레이저의 조사로 내산성을 증가시키거나¹²⁾ 레이저의 조사 전 후에 국소적 불소도포를 함께 시행함으로써 치아우식증 예방효과를 얻을 수 있다고 알려져 있으며¹³⁻¹⁵⁾, 이전의 연구들은 레이저의 조사와 불소도포로 얻어진 치아 표면이 건전한 치질보다도 치아우식이 발생할 수 있는 위험 환경에서 치아우식 발생에 더 잘 저항 할 수 있음을 보고하고 있다¹⁶⁻¹⁸⁾.

레이저는 최근에 치과계에 소개되어 그 적용 범위가 점차 확대되고 대중화되어 가고 있으며, 치질의 삭제나 구강주위조직의 치료 뿐 아니라 치아우식의 예방, 동통의 감소 등에 사용되고 있다¹⁹⁻²⁰⁾. 그러나 각각의 술식에 사용되는 레이저의 종류는 다양하며 또한 그 종류에 따라 나타나는 효과도 다를 수가 있다. 그 중 탄산가스 레이저는 치아에 짧은 시간동안 조사함으로써 치아우식에 저항성을 부여하고 사용 전 후에 불소도포를 함께 사용하여 좀더 나은 효과를 줄 수 있다고 소개되었다²²⁻²⁴⁾.

교신저자 : 이 주 현

강원도 강릉시 지변동 123번지
강릉대학교 치과대학 소아치과학교실
Tel: 033-640-3157
E-mail: ljh55@kangnung.ac.kr

* 이 논문은 2005년도 대한소아치과학회 신진교수 연구비의 지원을 받아 연구되었음.

치아 표면의 미세한 변화를 알아보려고 할 때는 비파괴적인 방법인 주사전자 현미경(scanning electron microscope, SEM)을 대부분 사용하나 최근 특별한 처리가 필요없고 술식이 간단하며 3차원상으로서의 관찰이 용이하고 미세한 단위의 측정 까지도 가능한 원자 현미경(atomic force microscope, AFM)이 소개되어 나노단위의 연구나 미세한 변화의 관찰에 유용하게 이용되고 있다²⁵⁾. 원자 현미경은 아주 미세 단위 뿐 아니라 일반 전자 현미경의 역할도 대신 할 수 있다. 원자 현미경의 특징은 원자간의 반발력을 이용하여 시료의 표면의 상을 분석하는 것으로 탐침과 detector로 이루어져 있으며 탐침이 시편의 표면을 움직이면서 이동하면 상이 읽혀지고 detector가 상을 해석하여 시편의 복잡한 처리가 없어도 분석 가능하여 유용하다^{26,27)}.

이 논문에서는 치아의 법랑질 평활면에 탄산가스 레이저를 조사한 후 법랑질 표면의 변화를 주사전자 현미경과 최근에 소개된 원자 현미경을 통하여 관찰하고 불소도포와 레이저 조사를 병용하였을 경우의 법랑질 표면의 변화를 조사하고 각각 비교하고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

1) 연구대상

40개의 발거된 영구 소구치를 대상으로 하여 치아우식증이 없는 협설 평활면을 불소가 함유되어 있지 않은 치면 세마제를 이용하여 세마를 시행하고 각 군별로 Table 1과 같이 분류하여 실험하였다.

2) 연구 방법

탄산가스 레이저(Opelaser 03SII, Yoshida, Japan)는 이전 연구들의 치아우식의 예방효과에 관한 연구에 기초하여 선정하였고 제조사에서 추천하는 치질의 내산성 강화를 위해 불소도포를 위한 모드를 기준으로 삼았다. 이에 레이저는 0.5 W, 20 J로 한 치아당 5초를 적용하였으며 탈춧점, 연속 모드로 치아에서 약 5 cm 떨어진 거리에서 적용했다.

치아 법랑질 표면의 변화를 알아보기 위하여 각 군별로 주사전자 현미경(S3000-N, Hitachi, Japan)과 원자 현미경(XE-100, PSIA, Korea)을 사용하였다.

III. 연구 결과

대조군으로부터 얻어진 건전한 치아 표면은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 전자현미경과 원자 현미경 사진 모두에서 얇은 함몰과 미세한 균열을 보이고 있다. 레이저 조사를 통해 얻어진 2군의 사진은 Fig. 2에서 관찰되며 치질의 표면이 불규칙하며 대조군에 비하여 깊은 소와 열구들이 산재되어 있고 입자형태가 관찰된다. Fig. 3에서는 1.23%의 APF 적용 후에 레이저를 조사한 3군으로 작은 소와와 미세한 열구들이 산재하며 작은 크기의 입자형태가 관찰되고, 미세한 균열들이 좀더 보이고 입자형태가 좀더 확실히 관찰된다. 마지막으로 레이저 조사 후 APF를 적용한 4군에서는 Fig. 4에서처럼 좀더 균일한 표면과 소와와 열구는 드물게 관찰되고 입자형태도 덜 관찰된다.

또한 각 군에서 협면과 설면으로 나누어 주사전자 현미경과 원자 현미경 관찰을 하였으나 차이를 보이지 않았다.

IV. 총괄 및 고찰

치아의 법랑질 표면에 레이저를 단독으로 조사하거나 국소적 불소도포 전 후에 레이저를 조사하여 얻어진 시편들의 여러 특징을 주사전자 현미경과 원자 현미경을 이용하여 관찰하고 건전한 치질을 가지는 대조군과 비교하면 치아의 법랑질 표면은 미세한 소와와 얇은 열구가 존재하고 있는데 레이저를 아주 짧은 시간동안 치아의 표면에 조사함으로써 치아에 균열이나 갈라짐이 심해지고 소와가 증가되며 특히 입자성 성상이 관찰되었다. 이는 1.23%의 APF를 이용한 국소적 불소도포와 레이저를 함께 사용한 경우에 더욱 특징적이었으나 레이저 조사 후 불소도포를 시행한 경우에는 좀더 평활한 표면을 보이며 입자형태가 다소 적게 관찰되었다. 여기에서 입자형태를 띄는 성상들은 이전의 연구들에서 보고한 것처럼 치아의 칼슘과 인, 불소 등의 성분이 이동성을 가지게 되어 표면으로 재흡착된 것이라 볼 수 있다²⁷⁾.

Table 1. Distribution of groups and samples

Group	Sample	Treatment
I	10	Control group, no treatment
II	10	CO ₂ laser irradiation
III	10	1.23% APF(Topex, Sultan dental, Canada) treatment for 4 minutes → CO ₂ laser irradiation
IV	10	CO ₂ laser irradiation → 1.23% APF treatment for 4 minutes

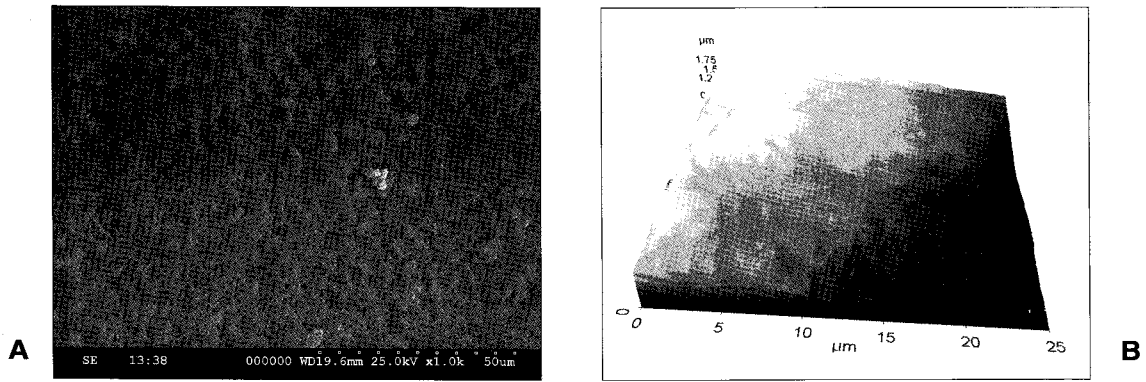


Fig. 1. Control group: (A) SEM image (B) AFM image.

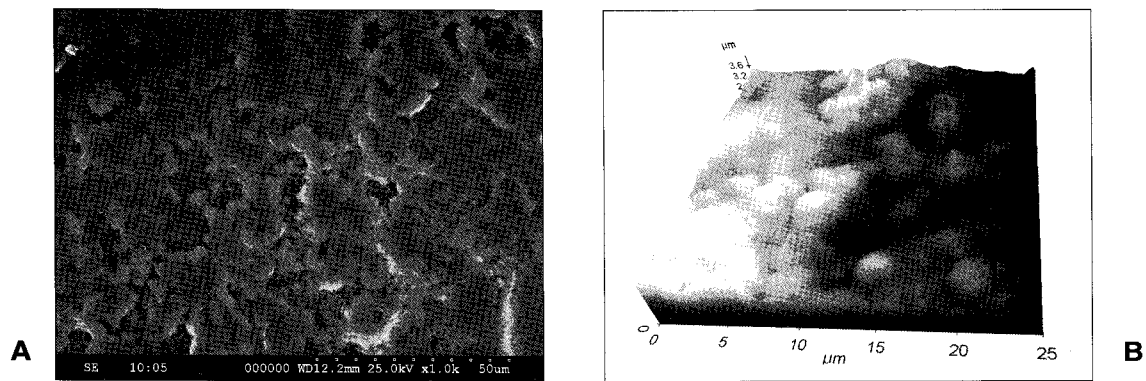


Fig. 2. CO₂ laser irradiation group: (A) SEM image (B) AFM image.

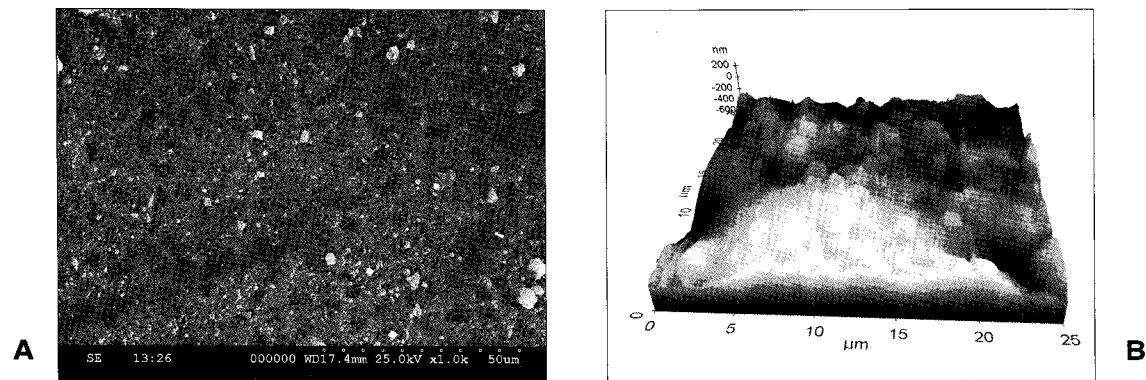


Fig. 3. APF and CO₂ laser irradiation group: (A) SEM image (B) AFM image.

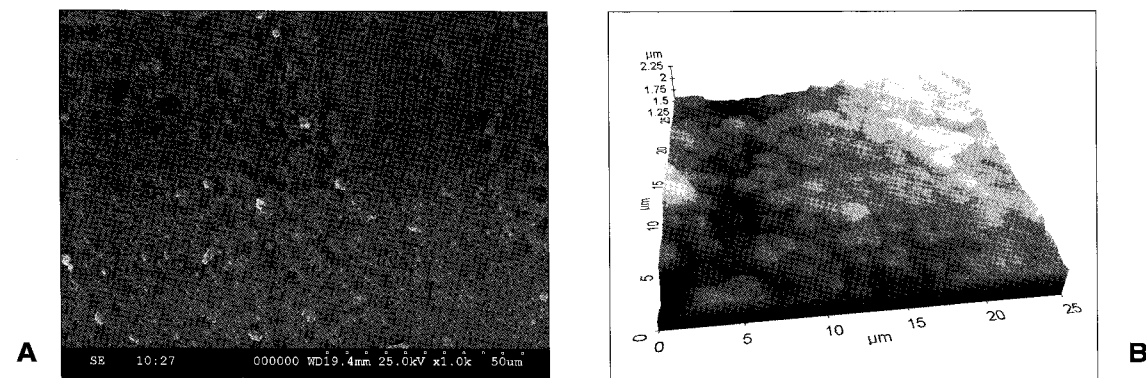


Fig. 4. CO₂ laser irradiation and APF: (A) SEM image (B) AFM image.

이러한 재흡착된 칼슘이나 인, 불소 등의 성분은 레이저를 조사한 치질의 치아우식증에 대한 저항성 증가의 설명이 될 수 있다. 최근 연구들에서 레이저의 사용으로 치아우식의 저항성이 증가했다고 보고하고 있으며 이는 또한 레이저의 치아우식 예방을 위한 임상적 사용을 지지할 수 있게 한다²⁰⁻²⁴.

불소와 레이저의 병용은 그 사용 순서에 따라 다른 특징을 나타낸다. 레이저의 사용 전에 불소의 적용은 입자형태를 더 많이 띄게 되고 레이저 단독 적용 시와 마찬가지로 좀더 깊어진 열구와 소와 및 불규칙한 형태를 이루게 된다. 즉 레이저 단독 사용 시의 입자형태와 불소도포 후 레이저 적용의 현미경상은 유사하며 이와 달리 레이저 조사 후에 APF 불소의 적용은 좀더 평활한 면을 나타내고 표면을 덮은 듯한 형태를 띄게 된다. 이렇게 평활한 면을 나타내는 이유는 APF의 산성 성질로 인해 레이저 조사 후에 불소도포를 하게 되면 치아의 법랑질 표면이 용해되기 때문일 것으로 생각해 볼 수 있다^{2,27}. 또한 레이저의 조사로 인한 불규칙한 표면이 불소도포로 채워짐으로써 좀더 평활한 표면을 가진다는 보고도 있다⁴.

이전의 연구들에서 레이저와 불소적용을 같이 사용한 경우 약 40~60%의 치아 우식 깊이의 감소가 있었다고 보고하고 있다¹⁵⁻¹⁷. 이번 논문에서는 과거 연구들을 비교해 본 결과 치아의 내산성이나 물리 화학적 성질 등에 관한 보고들이 상당수 존재하나 상대적으로 치아 표면의 조직학적인 부분에 대한 연구가 필요하다고 생각되어 최근에 소개된 원자 현미경과 널리 사용되는 주사전자 현미경을 이용하여 관찰해 보고자 하였다. 따라서 치아우식증에 대한 저항성 연구나 실제적 임상 적용에서의 효과 평가에 대한 연구는 좀 더 필요하겠다. 덧붙여 레이저와 불소의 사용이 치아우식증의 감소에 효과가 있다고 보고되고 있으나 이에 대한 예방 기전의 측면에서 치아 표면의 미세변화를 관찰 하는 것이 필요하다고 생각한다. 특히 주사전자 현미경 연구와 최근의 원자 현미경을 이용한 간단하면서도 정확한 방법을 사용하여 그 차이를 알아보는 것이 중요하다고 하겠다. 이전의 이러한 치아 표면의 미세한 관찰을 위해서는 주사전자 현미경이나 투과전자 현미경을 이용하였으나 최근의 원자 현미경은 주사전자 현미경에 비하여 시편의 처리가 특별히 필요하지 않아 편리하고 3차원상의 재현이 용이한 장점을 가지지만 시편 당 측정시간이 오래 걸리고 시편의 조건에 따라 일관성을 유지하기가 어렵고 단면의 거시적 굴곡이 심한 경우 측정이 어려운 단점을 가지고 있다²⁵⁻²⁷. 이번 연구에서도 원자 현미경 관찰에서 시편자체의 평형이 제대로 이루어지지 않거나 시편의 특정 부위에 따라 일관성이 부족하여 반복적인 측정이 필요하기도 하였다. 그러나 이에 대한 앞으로의 연구들과 기기의 개선 등으로 좀더 나은 상을 얻을 수 있을 것이라 생각하며 치아 표면의 관찰에 적용할 수 있는 새로운 방법이라 여겨진다. 이에 최근에는 원자 현미경의 적용분야를 치과분야로 확대하는 연구가 많이 이루어지고 있다. 또한 이 논문에서 관찰된 치아 표면의 미세한 소와나 열구 및 입자 형태들의 외적인 특성에 더해 각각의 역할과 효과 및 성상에 대한 연구들이 더욱 필요하리라 생

각된다.

이러한 실험실적인 연구들 뿐 아니라 임상에서의 레이저의 사용이 빈번해지고 좀더 접근이 용이해지므로 치아우식증의 예방적 목적으로 레이저의 사용이 환자에게도 얼마나 효용성이 있는지 시술상의 문제점이나 이론과의 차이점에 관한 더 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

이번 연구에서와 같이 레이저와 불소의 병용은 치아 표면에 칼슘, 인, 불소가 재흡착되어 표면에 입자형태를 보이며 이것이 치아우식증에 대한 저항성이 증가되는 원인 중 하나라고 생각된다.

앞으로는 레이저의 임상적 연구들이 더 많이 필요할 것으로 생각되며 원자 현미경도 치과분야에 응용할 수 있도록 지속적인 연구가 있어야겠다.

V. 결 론

전전한 치질에 탄산가스 레이저의 조사로 내산성을 증가 시키거나 탄산가스 레이저의 조사 전 후에 국소적 불소도포를 함께 시행함으로써 치아우식증 예방효과를 얻을 수 있다. 따라서 이 논문에서는 치아의 법랑질 평활면에 레이저를 조사한 후 법랑질 표면구조의 변화를 주사전자 현미경과 원자 현미경을 통하여 알아보고 불소도포와 레이저 조사를 병용하였을 경우의 차이를 알아보고자 하였다. 특히 최근 치과영역으로의 사용이 확대되고 있는 원자 현미경상을 3차원상으로 비교하였다.

그 결과 대조군과 비교 시 레이저를 조사한 군들에서 미세한 균열과 소와 및 입자형태가 관찰되었으며, 불소도포 시에는 좀더 평활한 표면을 보였다. 레이저와 불소의 사용으로 얻어진 입자상 및 불규칙한 표면으로의 불소의 개입은 치아우식증에 저항성이 증가의 한 요인이 된다.

참고문헌

1. Forsten L : Fluoride release and reuptake by glass ionomers. *Scand J Dent Res*, 99:241-245, 1991.
2. Ten Cate JM, Featherston JD : Fluoride in dentistry. 2nd edition, Munksgaard, Copenhagen, 1996.
3. Noel L, Rebellato J, Sheats RD : The effect of argon laser irradiation on demineralization resistance of human enamel adjacent to orthodontic brackets : An in vitro study. *Angle Orthod*, 73:249-258, 2003.
4. Hicks J, Flaitz C, Ellis R, et al. : Primary tooth enamel surface topography with in vitro argon laser irradiation alone and combined fluoride and argon laser treatment : Scanning electron microscopic study. *Pediatr Dent*, 25:491-496, 2003.
5. Douglass JM, Tinanoff N, Tang JM, et al. : Dental

- caries patterns and oral health behaviors in Arizona infant and toddlers. *Community Dent Oral Epidemiol*, 29:14-22, 2001.
6. Hatibovic-Kofman S, Wright GZ, Braverman I : Microleakage of sealants after conventional, bur, and air-abrasion preparation of pits and fissures. *Pediatr Dent*, 20:173-176, 1998.
 7. Newbrun E : Topical fluorides in caries prevention and management: a North American perspective. *J Dent Educ*, 65:1078-1083, 2001.
 8. Maupome G, Shulman JD, Clark DC, et al. : Tooth-surface progression and reversal changes in fluoridated and no-longer-fluoridated communities over a 3-year period. *Caries Res*, 35:95-105, 2001.
 9. Ramos-Gomez FJ, Weintraub JA, Gansky SA, et al. : Bacterial, behavioral and environmental factors associated with early childhood caries. *J Clin Pediatr Dent*, 26:165-173, 2002.
 10. Westerman GH, Ellis RW, Latta MA, et al. : An In vitro study of enamel surface microhardness following argon laser irradiation and acidulated Phosphate fluoride treatment. *Pediatr Dent*, 25:497-500, 2003.
 11. Hicks J, Winn D 2nd, Flaitz C, et al. : In vivo caries formation in enamel following argon laser irradiation and combined fluoride and argon laser treatment: a clinical pilot study. *Quintessence Int*, 35:15-20, 2004.
 12. Hicks MJ, Flaitz CM, Westerman GH, et al. : Caries-like lesion initiation and progression in sound enamel following argon laser irradiation: An in vitro study. *J Dent Child*, 60:201-206, 1993.
 13. Anderson AM, Kao E, Gladwin M, et al. : The effects of argon laser irradiation on enamel decalcification: An in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 122:251-259, 2002.
 14. Featherstone JBD, Barrett-Vespone NA, Fried D, et al. : CO₂ laser irradiation of artificial caries-like progression in dental enamel. *J Dent Res*, 77:1397-1403, 1998.
 15. Ceballos L, Toledano M, Osorio R, et al. : Er-YAG laser pretreatment effect on in vitro secondary caries formation around composite restorations. *Am J Dent*, 14:46-49, 2001.
 16. Kato J, Moriya K, Jayawarena JA, et al. : Prevention of dental caries in partially erupted permanent teeth with a CO₂ laser. *J Clin Laser Med Surg*, 21:369-374, 2003.
 17. Harazaki M, Hayakawa K, Fukui T, et al. : The Nd:YAG laser is useful in prevention of dental caries during orthodontic treatment. *Bull Tokyo Dent Coll*, 42:79-86, 2001.
 18. Walsh LJ : The current status of laser applications in dentistry. *Aust Dent J*, 48:146-155, 2003.
 19. Hicks MJ, Westerman GH, Flaitz CM, et al. : Surface topography and enamel-resin interface of pit and fissure sealants following visible light and argon laser irradiation polymerization. *ASDC J Dent Child*, 67:169-175, 2000.
 20. Konishi N, Fried D, Staninec M, et al. : Artificial caries removal and inhibition of artificial secondary caries by pulsed CO₂ laser irradiation. *Am J Dent*, 12:213-216, 1999.
 21. Marshall GW Jr, Balooch M, Trend RJ, et al. : Atomic force microscopy of acid effects on dentin. *Dent Mater*, 9:265-268, 1993.
 22. 김수관 역 : 치과용 CO₂ 레이저의 활용. 군자출판사, 서울, 2003.
 23. Kantorowitz Z, Featherstone JD, Fried D : Caries prevention by CO₂ laser treatment: dependency on the number of pulsed used. *J Am Dent Assoc*, 129:585-591, 1998.
 24. Hossain MM, Hossain M, Kimura Y, et al. : Acquired acid resistance of enamel and dentin by CO₂ laser irradiation with sodium fluoride solution. *J Clin Laser Med Surg*, 20:77-82, 2002.
 25. Watari F : In situ quantitative analysis of etching process of human teeth by atomic force microscopy. *Electron Microsc*, 54:299-308, 2005.
 26. Barbour ME, Finke M, Parker DM, et al. : The relationship between enamel softening and erosion caused by soft drinks at a range of temperatures. *J Dent*, 18:1-7, 2005.
 27. Westerman GH, Hickers MJ, Flaitz CM, et al. : Surface morphology of sound enamel after argon laser irradiation: an in vitro scanning electron microscopic study. *J Clin Pediatr Dent*, 21:55-59, 1996.

Abstract

**THE EFFECT OF LASER IRRADIATION ON THE SURFACE CHARACTERISTICS
OF TOOTH ENAMEL**

Ju-Hyun Lee

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Kangnung National University

A recent laboratory study has demonstrated improved caries lesion resistance with enamel that was exposed to CO₂ laser irradiation for very short time period. When topical fluoride treatment was performed before or after laser irradiation, reductions in dental caries. The purpose of this scanning electron microscopic(SEM) study and atomic force microscope study was to characterize surface alterations in tooth enamel after in vitro laser irradiation alone and combined topical fluoride treatment either before or after laser irradiation.

The treatment effects of laser irradiation led to the formation of an irregular, mild porosities and fine fissures, also created granular materials. But when laser irradiation was followed by APF, the enamel surface had homogenous architecture.

The result led to the caries resistance effects by these granular structures have been considered to represent redeposited mineral phases due to the mobilization of calcium, phosphate, and fluoride from lased enamel.

Key words : CO₂ laser, APF, Scanning electron microscope, Atomic force microscope