

탄산가스 레이저 조사가 노출 치수에 미치는 영향에 관한 연구

경희대학교 치과대학 소아치과학 교실

김종규 · 이금호

Abstract

AN HISTOPATHOLOGICAL STUDY ON THE EFFECT OF CO₂ LASER IRRADIATION ON THE EXPOSED DENTAL PULP

Jong-Kyu Kim, Keung-Ho Lee

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Kyung-Hee University

This study investigated the effects of laser irradiation on the exposed pulp and the possibility of direct pulp capping with the CO₂ laser. Results were obtained from the observation of the residual pulpal healing process.

Class V cavities on 48 anterior teeth from 8 adult dogs were prepared and pulp chambers were intentionally opened with dental explorer.

The control group consisted of 16 teeth. Dycal® (Caulk Co., U.S.A.) was applied to exposed site once bleeding was stopped. Cavities were sealed with I.R.M.®.

In the experimental group 1 (16 teeth), laser (LASERSAT CO₂®, Satelec Co.) was irradiated on the exposed pulp. The laser procedure followed the manufacturers recommendations for the treatment of human pulp (1.5 Watts, 0.2 seconds, unfocused), and cavities were sealed with I.R.M.®.

In the experimental group 2 (16 teeth), laser was irradiated on the exposed pulp in a more powerful dosage (5.0 Watts, 0.2 seconds, unfocused), and cavities were sealed with I.R.M.®.

Two dogs were sacrificed immediately after experiment and the others were sacrificed at intervals of one, three, and eight weeks respectively. All teeth were routinely processed and the pulpal tissues and odontoblastic layers were observed by the light microscope.

The results were as follows :

1. In the control group, the initial mild inflammation had improved to normal by week eight. An active formation of reparative dentin was observed at week three, and at week eight, a firm dentin bridge was present beneath the Dycal[®] with no inflammatory responses in the remaining pulp.
2. In the experimental group 1, immediately following irradiation, the superficial shape of the exposed pulp was crater-like. And it was lined with the coagulated layer, 60~70 μ m in width. Moderate inflammatory pulpal conditions existing at week one were improved to mild at week eight. And from the week three specimens, a reparative dentin formation was observed in the adjacent odontoblastic layer of the exposed site. A dentin bridge at the exposed site, however, did not form during the experimental period.
3. In the experimental group 2, the width of the coagulation layer lining the crater was 70~130 μ m. Beneath the coagulated layer, severe inflammatory pulpal responses were observed at week one, and conditions did not improve during the experimental period.

I. 서 론

외동형성 중 또는 외상에 의한 치관과절 등으로 치수가 노출되었을 때 노출된 치수면을 약재로 피개하여 치수의 기능을 최대로 유지시키기 위한 직접 치수복조술을 주로 시행한다.¹⁾ 치수가 감염되지 않은 이상적 상황에서는 자연 치유가 가능하기도 하지만,²⁾ 노출 당시 치수의 건강상태가 자연치유를 기대하기는 어려우므로,³⁾ 노출 부위를 생리식염수나 chloramine-T와 같은 비자극성 소독액으로 세척하고 적절한 약재를 도포한 후 충전하는 것이 직접 치수복조술의 성공요인이다.⁴⁾

대표적인 치수복조제인 수산화칼슘은 노출 치수면에서 상아질교형성이 우수하나,^{5,6)} 내흡수의 유발 가능성⁷⁾과 치수의 만성 염증화⁸⁾ 및 수산화칼슘 제재내의 첨가물에 의한 치수 손상 및 치수괴사 유발⁹⁾ 등과 같은 부정적인 효과도 있어 대체약물에 대한 연구¹⁰⁻¹²⁾가 계속되고 있는데, 종래의 약물에 의한 부작용과 아울러 건진치수에 가해지는 기계적 손상 등을 극복하기 위한 새로운 방법으로 고출력 레이저의 사용이 소개되었다.¹³⁻¹⁵⁾

레이저는 단색성, 지향성 및 고휘도 등의 특성으로,¹⁶⁾ 생체에서는 광열반응, 광화학반

응, 광면역반응 및 광효소반응 등의 광생물학적 반응을 이용하여 전반적인 의료 분야에서 광범위하게 적용되고 있다.¹⁷⁾ 치의학 분야에서는 1964년 Goldman 등¹⁸⁾이 최초로 발거된 치아에 고출력 펄스 루비 레이저를 조사하여 우식상 아질의 제거를 시도한 이래, 루비 레이저,¹⁹⁻²⁴⁾ 탄산가스 레이저,²⁵⁻³⁰⁾ 알곤 레이저,³¹⁾ 및 Nd : YAG 레이저³²⁻³⁴⁾ 등 다양한 레이저를 이용하여, 외동 형성^{19,21-25,35-38)} 과 치아우식 예방,^{31,33,34,39-43)} 구강 연조직 및 골조직의 치료에서의 응용,^{44,45)} 기구의 소독,⁴⁶⁾ 근관치료,^{47,48)} 및 치수치료^{13,14,49-51)} 등 다양한 분야에서 적용 가능성 및 이에 따른 문제점들이 보고되어 왔다.

치수치료에 있어서, 박과 입⁴⁹⁾과 이와 이⁵⁰⁾는 치수노출부위에 수산화칼슘을 도포하고 Ga-As 레이저를 조사하여 상아질교형성 촉진효과를 보고하였고, Shoji^{13,14)}는 노출치수에 탄산가스 레이저를 직접 조사한 후 치수의 변화를 관찰하여, 치수의 비접촉성 무압절단, 순간적 고열에 의한 살균, 그리고 표면에 형성되는 얇은 피사응고층등의 특징을 가진 이상적인 치수치료법으로 탄산가스 레이저의 사용을 제시하였다. 이에 저자는 가건의 치수를 기계적으로 노출시키고 수산화칼슘을 도포한 경우와 탄산가스 레이저를 조사한 경우에서 시간의 경과에

다른 치수의 치유과정을 병리조직학적으로 비교, 관찰하였다.

II. 실험재료 및 방법

체중 약 6kg의 가견 8마리의 상·하악 전치 48개를 대조군, 실험1군 및 실험2군으로 분류하고 각 16개씩을 실험 대상으로 하였다.

각 실험 동물은 Entobar®(25mg/kg)를 정맥 주사하여 전신마취하고, Lidocaine HCl 2% Epinephrine®(1 : 80,000, 광명약품)으로 구강 내 국소마취를 시행한 후 치아의 순측면에 고속엔진을 이용하여 물로 냉각하면서 #330 bur로 5급 와동을 형성하고, 치과용 탐침으로 치수벽을 천공시킨 후 다음과 같이 실행하였다.

대조군 : 소독된 면구로 치수 노출부위를 지혈 후, Dycal (Caulk Co., U.S.A.) 을 도포하고 와동은 IRM(Caulk Co., U.S.A.)으로 충전하였다.

실험 1군 : 노출된 치수에 LASERSAT CO₂ 를 1.5와트 출력으로 0.2초간 비초점(노출부 위로부터 45mm)으로 조사하고 와동은 IRM으로 직접 충전하였다.

실험 2군 : 노출된 치수에 LASERSAT CO₂ 를 5.0와트 출력으로 0.2초간 비초점(노출부 위로부터 45mm)으로 조사하고 와동은 IRM으로 직접 충전하였다.

: LASERSAT CO₂®
(파장 10,600nm, 출력 0.5~5.0와트, 초점거리 38mm, Satelec Co., France.)

실험동물은 실험 후 즉시, 1주, 3주 및 8주 후 전신마취하에 심장을 노출시켜 10% 중성 포르말린(0.1M 인산 완충 용액, pH 7.2)으로 관류고정한 후 상·하악골을 적출하여 치근단 부위를 노출시키고 포르말린 고정액으로 2일간 침적하여 후고정하고 10일간 Plank Rychol 용액으로 탈회하였다. 탈회된 조직을 흐르는 물에 24시간 동안 수세하고 계열알콜과 클로르포름액으로 탈수한 후 파라핀으로 포매하여 4μm

두께로 절단한 후 Hematoxylin-Eosin 증염색을 시행하여 광학현미경으로 관찰하였다.

III. 실험 결과

1. 대조군

1. 즉시군

치수노출부위의 직하방 치수조직에서 혈관의 충혈 및 출혈 양상과 상아모세포층의 불규칙적인 배열이 관찰되었다. 일부의 조직절편에서는 탐침에 의해 천공된 치수벽의 상아질 절편이 치수강내로 밀려들어간 것이 관찰되었다. 치수노출면에서 멀리 떨어진 부위의 치수조직의 세포형태 및 기질의 배열은 정상적이었다. (그림 1)

2. 1주군

치수노출 직하방 치수조직에 다수의 염증세포의 침윤이 있었으며, 섬유모세포의 증식 및 섬유화 양상이 관찰되었다. 약간의 울혈이 관찰되었으며 치수노출면에 도포된 Dycal의 하방에는 괴사조직이 얇은 층으로 관찰되었다. 치수노출 직하방의 상아모세포층은 파괴되었으며, 인접부위의 상아질 하방에서도 상아모세포의 핵농축 및 불규칙적인 배열양상, 혹은 상아모세포의 소실과 공포화 양상이 관찰되었다. 치수강내로 밀려들어간 상아질 절편 주위에는 재생상아질이 약간 형성되었다. 치수노출면에서 멀리 떨어진 치수 및 상아모세포는 정상적인 조직학적 양상을 보였다. (그림 2)

3. 3주군

치수노출면 하방에서 소수의 염증세포가 관찰되었으며 혈관의 충혈 및 섬유화도 1주 소견과 거의 유사하였으며 치수절단면 하방에서는 미분화간엽세포가 다수 관찰되었다. 치수노출면 하방에 상아모세포의 활성이 높아졌으며, 재생상아질의 형성이 나타나기 시작하였다. 절단면에서 약간 떨어진 부위의 치수조직은 거의 정상적인 조직학적 소견을 나타내었다. (그림 3)

4. 8주군

치수노출면 하방의 노출부위에는 상아질교가 형성되어 있었으며, 치수노출면 하방 뿐 아니

라 치수 노출시 치수내로 밀려들어간 상아질 절편 주위에도 재생상아질이 다량 형성되어 있었다. 재생상아질의 하방에는 미분화간엽세포 및 상아모세포양 세포가 소수 관찰되었으며, 치수노출부위에 인접한 부위의 상아질 하방에는 신생 상아모세포가 재배열되는 양상을 보였다. 치수조직내에 염증세포는 거의 관찰되지 않았고 상아모세포 및 치수세포는 정상적인 형태를 나타내는 등 정상적인 조직학적 소견을 보였다. (그림 4)

2. 실험1군

1. 즉시군

치수노출부위 주변의 상아질이 레이저 조사에 의해 탄화된 소견을 보였으며 치수노출부위의 직하방의 치수조직에 접하는 부위에서 60~70 μm 폭으로 괴사된 조직층이 관찰되었다. 일부의 조직절편에서 상아질 절편이 치수내로 밀려들어간 것이 관찰되었다. 치수노출면에서 인접한 부위의 상아질 하방에서는 상아모세포의 핵의 농축 등 변형 양상 혹은 불규칙적인 배열을 보였다. 나머지 치수는 조직학적으로 정상적인 소견을 보였다. (그림 5)

2. 1주군

치수노출면 직하방에서 폭이 60~70 μm 정도되는 응고층이 관찰되었으며, 인접한 치수에서는 다형핵 백혈구 등 급, 만성 염증세포가 광범위하게 침윤되는 양상을 보였고 혈관의 분포가 증가한 것으로 관찰되었다. 그 하방에는 미분화 간엽세포가 다수 관찰되었다. 치수 노출면에 인접한 상아질이 부분적으로 흡수되는 양상을 보였다. (그림 6)

3. 3주군

치수노출면에서 1주군과 유사한 정도로 광범위하게 급, 만성 염증세포가 침윤되는 양상을 보였으며 치수절단면 인접부위에는 재생상아질이 상당한 두께로 형성되었고 섬유세포의 증식과 섬유화현상이 나타났다. (그림 7)

4. 8주군

치수노출면 인접부에서는 만성 염증세포가 다소 침윤되었으며 신생혈관이 다수 출현하고 노출부위 하방이 섬유화되는 양상을 나타내었

다. 치수노출면 인접부에서는 두꺼운 재생상아질형성이 왕성하게 일어났으며 심부치수는 정상조직소견을 나타냈다. (그림 8)

3. 실험2군

1. 즉시군

레이저에 의해서 탄화된 상아질 절편이 떨어져 나온 양상을 보이고 있으며 레이저가 조사된 치수노출면 표면에는 폭이 70~130 μm 되는 응고조직층이 관찰되었다. 노출면 하방의 치수조직에서는 혈관 충혈, 출혈 양상을 나타냈으며 치수노출면에 인접한 상아질 하방의 상아모세포층은 파괴된 양상을 나타내었으나 그외는 정상조직 소견을 보였다. (그림 9)

2. 1주군

치수 노출면 하방에 출혈로 인한 혈병괴 및 조직의 괴사가 나타나고 치수노출면 하방의 상아모세포의 소실, 핵의 농축, 배열이상과 급, 만성 염증세포 침윤이 광범위하게 나타났으며 원심부 치수는 정상적인 조직소견을 보였다. (그림 10)

3. 3주군

치수 노출면 하방의 조직에서는 조직의 공포화 현상이 심하게 나타나는 치수의 괴사양상을 나타내었으며 노출부위 주위의 상아모세포층의 전반적인 소실과 치수 세포수의 감소가 관찰되었다(그림 11). 다른 일부 조직의 절편의 치수 노출면 하방에서는 치수 노출부위를 덮는 재생상아질이 형성되는 소견을 보였다.

4. 8주군

노출 부위의 주위 상아모세포층의 광범위한 소실과 핵의 농축 등 조직의 농양 및 광범위한 괴사소견이 나타났으며(그림 12), 일부 조직절편에서는 함입된 상아질 절편 주위로 재생상아질이 관찰되었다.

IV. 총괄 및 고안

레이저 조사시 생체조직에서는 광화학적 효과, 광열 효과, 광기계적 효과, 그리고 광전기적 효과 등의 4가지 기본적 효과로 반응이 나타나는 것으로 알려져 있다.⁵²⁾ 이 중에서 광열

효과는 조직액의 기화 및 과열에 의한 광절제와 응고 및 지혈 그리고 광분해 등과 같은 상호작용 특성으로 임상에 응용되어 왔다.^{17, 29, 53, 54)} 특히 고출력 레이저는 주로 광열 효과에 의한 즉각적인 지혈, 순간적인 고열에 의한 소독 효과와 아울러 이로 인한 감염의 감소와 상처 부위의 치유촉진 등의 장점으로 망막박리증 수술,⁵⁵⁾ 문신 제거,⁵⁶⁾ 악성종양의 제거⁵⁷⁾ 그리고 지혈에 문제가 많은 간의 절개⁵⁸⁾ 등 그 응용 범위는 점차 확대되어 왔으며, 치의학 분야에서는 치아우식증의 치료와 외동형성,^{18, 19, 21, 30, 36)} 치아우식 예방^{23, 25, 31, 33, 34, 39)} 과 치수치료^{13, 14, 49-51)} 등 다양한 분야에 대한 시도들이 계속되고 있다.

현대의학에 응용되고 있는 대표적인 고출력 레이저로는 Nd : YAG 레이저와 탄산가스 레이저가 있다.¹⁴⁾ Nd : YAG 레이저는 파장이 1,060nm로 짧아 광섬유를 통해 송달이 가능하여 구강내 시술이 용이한 장점을 지니지만, 탄산가스 레이저에 비해 조직내로의 침투정도가 큰 단점을 가지고 있다. 한편 탄산가스 레이저는 10,600nm의 불가시 원적외선역의 연속파 레이저로 수분에 대한 흡수력이 높아서 세포나 조직을 무차별 증발, 탄화, 파괴하므로 무혈수술에 이용되고 있으며, 색소에 대한 선택성이 없고 전기 절개에 비해 절개면에서 열의 전달성이 매우 낮아 조직에 대한 최소의 침습으로 최대의 치료 효과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다.¹⁷⁾ 또한 지혈효과가 우수하며 레이저 조사에 의해 절단된 조직면에 피사층이 비교적 얇게 형성되고, 비접촉성 무균절단 등의 장점이 있어 치수절단 시에 이용하여 양호한 효과를 얻었다고 보고된 바 있다.^{13, 14)} 본 연구에서도 탄산가스 레이저를 이용하여 노출된 치수부위의 즉각적인 지혈과 폐쇄를 시도하여 치수조직의 변화를 관찰코자 하였다.

Schroder⁶⁾는 노출된 치수에 수산화칼슘제제를 적용한 연구에서 피사층과 연관된 신생 교원질에 의한 기질의 형성이 실험 4일 후에, 석회화는 7일 후에 관찰되었으며 1달 후에는 비교적 명확한 경조직대를 확인할 수 있었다고 보고한 바 있다. 그러나 상아질교의 형성시기에 관하여는 학자들간에 실험동물 및 실험방법

등에 따라 달라 Stanley 등⁵⁹⁾은 실험 후 3주에, 박과 임⁴⁹⁾은 1주 후, 또한 박과 임⁵¹⁾은 2주 후에 각각 상아질교의 형성을 보고한 바 있다. 저자는 상아질교의 형성과 치수조직의 치수에 관련된 변화는 1주일 경에 나타날 수 있을 것으로 예상하고 시간 경과에 따라 비교적 안정된 결과를 관찰할 수 있을 것으로 판단되어 실험 기간을 1주, 3주 및 8주로 설정하였다. 또한 치수복조제에 의한 시간 경과에 따른 치수 반응과는 달리 레이저 광은 조사 즉시 특징적인 열변성층을 형성한다고 한 Shoji^{13, 14)}의 보고를 참고하여 실험 후 즉시 관찰도 시행하였다. 본 연구에서 실험 1군 및 2군에서는 노출치수면에 인접한 상아질면에만 재생상아질이 형성된 반면, 대조군에서는 3주부터 치수절단면 하방에 상아모세포의 활성이 높아지면서 재생상아질의 형성이 관찰되기 시작하여 8주군에서는 치수 노출부위를 완전히 피복하는 상아질교가 나타나 Weiss와 Bjorvatn⁶⁰⁾과 Schroder⁶⁾의 보고에서처럼 모든 실험군 중에서 상아질 형성능력이 가장 우수하였다. (Table 1) 그러나 실험 2군 3주군의 일부 조직절편에서 노출부위를 완전 피복하는 재생상아질층이 관찰되었는데, 상아세관이 거의 관찰되지 않으면서 층이 두텁고 세포성분이 함유되어 있는 급격한 재생상아질 형성소견을 보여, 이는 정상적인 치수 치유반응이라기 보다는 Seltzer 등⁶¹⁾의 보고에서와 같이 심한 치수손상으로 인한 상아모세포층의 비정상적 반응으로 여겨진다.

Shoji¹³⁾는 탄산가스 레이저(Medilaser-S, Mochida Pharmaceutical Co. Ltd. Japan)를 개 의 전치 에 형성한 노출 치수에 초점 또는 비초점으로 출력(3~60와트)과 시간(0.1~1.0 초)을 달리하면서 조사 후 관찰한 결과 60와트 출력으로 0.5초 비초점 조사시에 치수에 최소의 손상이 생겼다고 보고한 바 이 조사 조건하에서는 레이저 조사에 의해 생긴 분화구형의 조직상의 폭은 1.1mm, 조상아세포층에서의 응고피사층의 폭은 700 μ m이었고, 분화구의 기저부에서의 응고피사층의 폭은 150 μ m이었다고 하였다. Shoji¹⁴⁾는 광섬유 부착으로 종래의 탄산가스 레이저의 최대 단점인 작업의 불편성을

Table 1. Summary of histopathological findings in each groups

group	control				I				II			
	0	1w	3w	8w	0	1w	3w	8w	0	1w	3w	8w
findings												
Dentinal bridge formation	-	±	+	+++	-	-	+	++	-	-	-	±
Degree of inflammatory findings	-	+	+	-	-	++	++	+	-	+++	+++	+++

- : negative
- ± : mild
- +
- ++ : moderate
- +++ : severe
- : normal
- : initiation of inflammatory cell infiltration scattered inflammatory cells
- : advanced infiltration of inflammatory cells
- : severe inflammatory cell infiltration, abscess formation

개선한 Panalase C10(일본松下産業機器)으로 고양이에서 치수강내 치수제거시는 3와트의 연속파가 탄화 층의 형성 없이 치수를 증산(蒸散)시키는 최적의 조건이며, 근관구부치수의 절단에는 단근치로 근관입구가 작을 때는 2와트 0.1초, 복근치이거나 근관입구가 클 때에는 2와트 연속파 사용시 치수 표층에만 50~100 μ m의 괴사층을 형성하고 그 하층은 건전한 상태였다고 보고하였다. 그러나, Nd:YAG레이저를 이용하여 가견의 치아에 치수절단술을 시행한 박과 임⁵¹⁾은 1주군에서는 중등도의 치수염증상태만 관찰할 수 있었으며 2주 후부터 레이저 조사면 하방에서 상처 부위를 덮는 섬유층을 관찰하였는데, 이는 레이저 광에 의해 파괴된 세포와 기질로 이루어진 층이 아니고 레이저의 생체자극 효과가 잔존 치수 조직의 표층에 국한되어 작용한 것으로 해석하였다. 본 연구에서도 Shoji^{13,14)}의 보고에서 처럼 레이저 조사군 모두에서 실험 즉시군에서부터 시간경과군에 이르기 까지 노출부위 중앙부위가 함몰된 분화구의 양상을 나타내면서 그 기저부는 얇은 괴사 응고층으로 이루어져 있음을 관찰할 수 있었으며, 그 폭이 실험 1군에서는 60~70 μ m, 실험 2군에서는 70~130 μ m 두께로 차이가 있어 Hall⁵⁸⁾의 보고처럼 레이저 광에

의해 조사된 에너지 양이 클수록 응고층의 폭이 넓음도 확인할 수 있었다. 그러나, 레이저에 의해 생긴 열변성층은 상피조직 하의 진피조직의 화상 치유 과정처럼 반흔조직이 되어 탄화층에 접하는 횡으로 연결된 섬유 조직으로 남아 안정된 상태로 유지될 것으로 예상한 Shoji¹⁴⁾의 가정과는 달리 본 연구에서는 안정된 섬유조직층이 레이저조사 8주 후에도 뚜렷히 발견되지 않았다.

Nixon과 Hannah¹¹⁾는 치수복조제로서의 cyanoacrylate의 영향을 평가하기 위하여 Beagle Dog의 치수를 인위적으로 노출시키고 약재도포 후 ZOE로 가봉하여 4~14주군으로 전반적인 치수의 반응을 관찰한 바 있다. 본 연구에서도 치관부 치수의 인위적 노출과정과 IRM[®]의 충전방법에 따른 차이점도 치수의 치유에 영향을 미칠 수 있음을 관찰할 수 있었다. 즉, 각 실험군에서 인위적인 치수 노출부위를 형성할 때에 치수강 내로 들어간 상아질 절편들이 Kakehashi 등²⁾과 MacWalter 등⁶²⁾의 보고에서 처럼 그 양상에 따라 다소 다른 치유형태를 나타내었는데, 그 조각들의 크기나 모양이 노출부위의 폐쇄에 도움이 되는 형태로 산재되는 경우(그림 3,6)는 같은 조건의 다른 경우에서 보다 잔존 치수의 치유에 다소 유리한 것으로 여겨지며,

큰 조각이 치수심부에 까지 밀려 들어간 경우 (그림 5, 8)는 오히려 치유지연의 원인이 되는 것으로 관찰되었다. 또한 IRM[®]이 치수강 내로 함입된 정도에 따라 비교적 깊이 밀려 들어간 경우(그림 2, 7)에서는 Nixon과 Hannah¹¹⁾의 보고에서 처럼 같은 조건에서의 다른 표본에서 보다 급만성 염증세포의 침윤, 세포기질의 괴사 및 소실 등 치수손상 소견이 더욱 심한 것으로 관찰되었다.

대조군에서는 Stanley 등⁵⁹⁾과 MacWalter 등⁶²⁾의 보고에서 처럼 시간경과에 따른 점차적인 잔존치수의 치유를 확인할 수 있었으며, 실험 1군에서도 대조군 보다는 미약하지만 박 등⁵¹⁾의 보고에서 처럼 초기에는 중등도의 염증상태를 보이다가 3주, 8주 경과군에서는 염증이나 출혈소견이 현저히 감소하면서 그 하방의 치수 조직은 정상소견을 보이는 심부 치수의 치유를 관찰할 수 있었다. (Table 1) Miserendino와 Pick⁵²⁾는 탄산가스 레이저를 이용하는 경우, 초점거리에서 조사시에는 조사면적이 최소가 되어 단위면적당 에너지 밀도가 최대가 되므로 연조직 절개와 같은 정확하고 신속함이 요하는 시술에 이용되고, 초점거리 보다 더욱 떨어진 거리에서 조사함으로써 조사점의 크기를 증가시켜 단위면적당 에너지 밀도를 줄여주는 비초점 조사는 치수치료에서 처럼 비교적 광범위한 부위의 효과적인 지혈에 이용된다고 하였다. 본 연구에서도 제조회사에 의해 치수치료에 추천된 비초점 45mm 조사방법으로 출력을 달리 하면서 조사되는 열량을 차별화하였다. 그러나 적정량의 탄산가스 레이저를 노출치수에 조사시 잔존치수의 손상은 거의 없으면서 치수강내 출혈소견도 보이지 않고 심부 치수에는 손상이 없다고 한 Shoji¹³⁾의 보고와는 달리 표층의 응고괴사층 직하방에서의 출혈소견과 아울러 급만성 염증세포의 침윤현상과 부분적인 치수세포의 괴사양상도 관찰할 수 있었다. 이는 레이저조사량이 과다할 경우 보다 깊은 응고괴사층의 형성과 아울러 심부 치수조직에 까지 위해가 있었다는 보고^{13, 14)}에서 처럼 실험 1군에서 이용한 1.5와트, 0.2초, 비초점조사에 의한 에너지량이 가견의 치수에 대해서는 과

다했던 것으로 해석되며, 이러한 현상은 실험 2군에서는 심부치수에서의 광범위한 괴사 및 동공화현상 등으로 더욱 현저하였다. 레이저를 노출치수에 조사할 경우는 치수강에 생긴 열이 신체 다른 부위에서와는 달리 그 확산 범위가 한정되어 열의 상승이 다른 조직에서 보다 빠르다.^{13, 63, 64)} Zach와 Cohen⁶⁵⁾은 화씨 10도 상승한 경우 15% 정도에서 불가역성 치수손상을 관찰하고 20도 이상 치수 온도가 상승하면 치수는 실험 치아 중 60%가 불가역적 손상을 받은 것으로 보고하였으며, Taylor 등²⁰⁾도 루비 레이저로 35-55J의 레이저 에너지를 치아협측에 조사한 경우 치수에 심한 병변이 야기됨을 보고한 바 있다. 그러나 Melcer 등⁶⁶⁾은 동물실험에서 치아와동형성부위에 3와트 1초의 CO₂ 레이저를 조사한 경우 조사면 하방에서 치수의 병변없이 정상적인 재생상아질 형성이 계속되었다고 보고하였으며, Arrastia 등⁶⁴⁾은 CO₂ 레이저를 이용하여 실험실에서 발거된 유견치에 치수절단술을 시행하면서 치아의 온도 상승을 측정 한 결과 섭씨 5.5도 미만이었음을 보고하였다.

본 연구를 통해 레이저를 이용하여 노출 치수면을 처치한 결과 즉각적인 지혈효과의 우수성은 인정되었으나, 각 실험동물의 건강도의 차이, 각 실험 치아크기와 법랑질 및 상아질 두께 차이에 의한 와동형성 양태와 치수 노출 부위의 형성과정 및 충전방법의 차이로 인하여 같은 레이저 조사조건에서도 변이성이 큰 것을 관찰할 수 있었다. 그러므로 실험조건의 전반적인 표준화와 각 치료목적에 대한 적절한 레이저 조사량의 검증과 치수치유에 관한 세군학적, 면역학적 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

저자는 탄산가스 레이저의 직접 치수복조술에서의 사용 가능성을 검증하기 위하여, 가견의 전치에 인위적인 치수노출부위를 형성한 후 통법에 의해 Dycal[®] 도포후 IRM[®] 충전한 경우를 대조군으로 하고, 실험1군으로는 1.5와트-0.2초 레이저 비초점 조사 후 IRM[®] 충전,

실험2군에서는 레이저를 5.0와트-0.2초로 치수의 노출부위에 비초점 조사하고 IRM® 충전하여, 각각 실험 즉시, 1주, 3주, 그리고 8주간격으로 표본을 제작하고 잔존 치수 조직의 변화를 광학현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 대조군에서는 시간의 경과에 따라 조직의 치유양상이 관찰되었으며 3주부터 활발한 재생 상아질형성이 시작되어 8주에는 확고한 상아질교의 형성이 관찰되었다.
2. 실험1군의 초기에는 60~70 μ m 두께의 열변성층이 관찰되었으며 하방의 치수는 중증도의 염증상태에서 시간의 경과에 따라 염증상태가 호전되는 양상을 보였고 3주부터 인접 아질층에서 재생상아질 형성이 관찰되었으나 상아질교는 형성되지 않았다.
3. 실험2군의 초기에는 70~130 μ m 두께의 열변성층이 형성되었고 치수조직의 변성과 괴사를 동반한 중증도의 염증상태가 8주까지 지속되었다.

참고문헌

1. Berk, I.B. : preservation of the dental pulp in deep seated cavities. J.A.D.A. 54 : 226~233, 1957.
2. Kakehashi, S., Stanley, H.R., and Fitzgerald, R.J. : the effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. Oral Surg. Oral Med. & Oral Path. 20 : 341~349, 1965.
3. Kenneth, C.T., Morris, H.R., Robert, B.B., David, L.G., and James, L.G. : Pulp Therapy. PEDIATRIC DENTISTRY, Mosby Co. 1982, pp908~941.
4. 대한소아치과학회편 : 깊은 우식, 생활치수 노출, 무수치의 치료. 소아치과학, 이화출판사, 1990, pp227~287.
5. Aponte, A.J., Hartsook, J.T., and Crowley, M.C. : Indirect pulp capping success verified. J.Dent.Child. 33 : 164~166, 1966.
6. Schroder, U. : Effects of calcium hydro-

xide-containing pulp-capping agents on pulp cell migration, proliferation, and differentiation. J.Dent.Res. 64 : 541~548, 1985.

7. Stanley, H. and Lundy, T. : Dycal therapy for pulp exposures. Oral Surg. 34 : 827~832, 1972.
8. Doyle, W.A., McDonald, R.E., and Mitchell, D.F. : Formocresol versus Calcium hydroxide in pulpotomy. J.Dent.Child. 29 : 86~97, 1962.
9. Sela, J., Hirschfeld, Z., and Ulmansky, M. : Reaction of the rat molar pulp to direct capping with the separate components of hydroxide. Oral Surg. 35 : 118~121, 1973.
10. Berkman, M.K. : Pulpal response to isobutyl cyanoacrylate in human teeth. J.A.D.A. 83 : 140~145, 1971.
11. Nixon, G.S., and Hannah, C.McD. : N-butyl cyanoacrylate as a pulp capping agent. Brit.Dent.J. 133 : 14~18, 1972.
12. Spangberg, L., Rodrigues, H., and Langeland, K. : Biologic effects of dental materials. Effects of isobutyl cyanoacrylate on HeLa cells in vitro. Oral Surg. 37 : 438~440, 1974.
13. Shoji, S. : Histopathological changes in dental pulp irradiated by CO₂ Laser : a preliminary report on laser pulpotomy. J. Endo. 11 : 379~384, 1985.
14. Shoji, S. : Application of laser to pulpotomy. J.Dent.Med. 39 : 305~310, 1994.
15. 小西慶孝 : CO₂ 레이저による乳齒の齒髓切斷處置(生活斷髓)の試み 第1報. 日本少兒齒科學會雜紙, 31 : 356~359, 1993.
16. Goldman, L., Blaney, D.J., Freemond, A., and Hornby, P. : The biomedical aspects of lasers. J.A.M.A. 188 : 230~234, 1964.
17. 이 태권 : 성형외과 영역에서의 레이저 광의 응용. 대한의학협회지, 27 : 125~134, 1984.
18. Goldman, L., Hornby, P., Meyer, R., and Goldman, B. : Impact of the laser on den-

- tal caries. *Nature*, 203 : 417, 1964.
19. Stern, R.H. and Sognaes, R.F. : Laser beam effect on dental hard tissues. *J.Dent. Res.* 43 : 873~890, 1964.
 20. Taylor, R., Shklar, G., and Roeber, F. : The effects of laser radiation on teeth, dental pulp, and oral mucosa of experimental animals. *Oral Surg. Oral Med. & Oral Path.* 19 : 786~795, 1965.
 21. Kinersly, T., Jarabak, J.P., Phatak, N.M., and DeMent, J., Laser effects on tissue and materials related to dentistry. *J.A.D.A.* 70 : 593~600, 1965.
 22. Kinersly, T., Jarabak, J.P., Phatak, N.M., and DeMent, J. : Laser-induced microperforations in teeth sections. *J.Dent.Res.* 45 : 199~203, 1966.
 23. Stern, R.H., Sognaes, R.F., and Goodman, F. : Laser effect on in vitro enamel permeability and solubility. *J.A.D.A.* 73 : 838~843, 1966.
 24. Varner, R.E., Jarabak, J.P., Phatak, N.M., and Kinersly, T. : Effect of different colored stains on laser microbeam impact sites on tooth enamel. *J.Dent.Res.* 46 : 756~757, 1967.
 25. 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.
 26. Stern, R.H., Vahl, J., and Sognaes, R.F. : Lased enamel : ultrastructural observations of pulsed carbon dioxide laser effects. *J.Dent.Res.* 52 : 455~460, 1972.
 27. Stern, R.H., Vahl, J., and Sognaes, R.F. : Lased enamel; ultrastructural observations of pulsed carbon dioxide laser effects. *J.Dent.Res.* 51 : 455~460, 1972.
 28. Goldman, H.M., Ruben, M.P., and Sherman, D. : The application of laser spectroscopy for the qualitative and quantitative analysis of the inorganic components of calcified tissue. *Oral Surg.* 17 : 102~103, 1965.
 29. Lobene, R.R., Bhussry, B.R., and Fine, S. : Interaction of carbon dioxide laser radiation with enamel and dentin. *J.Dent. Res.* 47 : 311~317, 1968.
 30. Brune, D. : Interaction of pulsed carbon dioxide laser beams with teeth in vitro. *Scand.J.Dent.Res.* 88 : 301~305, 1980.
 31. Goodman, B.D. 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 : 1201~1202, 1977.
 32. Yamamoto, H. and Sato, K. : Prevention of dental caries by Acousto-optically Q-switched Nd : YAG laser irradiation. *J. Dent.Res.* 59 : 137~138, 1980.
 33. Yamamoto, H. and Sato, K. : Prevention of dental caries by Nd : YAG laser irradiation. *J.Dent.Res.* 59 : 2171~2177, 1980.
 34. Tagomori, S. and Morioka, T. : Combined effects of laser and fluoride on acid resistance of human dental enamel. *Caries Res.* 23 : 225~231, 1989.
 35. Goldman, L. and Grey, J.A. : Effect of laser beam impacts on teeth. *J.A.D.A.* 70 : 601~605, 1965.
 36. Lobene, R.R. and Fine, S. : Interaction of laser radiation with oral hard tissue. *J. Prosth.Dent.* 16 : 589~590, 1966.
 37. Gordon, T.E. : Some effects of laser impacts on extracted teeth. *J.Dent.Res.* 45 : 372~375, 1966.
 38. Gordon, T.E. : Single-surface cutting of normal tooth with ruby laser. *J.A.D.A.* 74 : 398~402, 1967.
 39. Stern, R.H. and Sognaes, R.F. : Laser inhibition of dental caries suggested by first tests in vivo. *J.A.D.A.* 85 : 1087~1090, 1972.

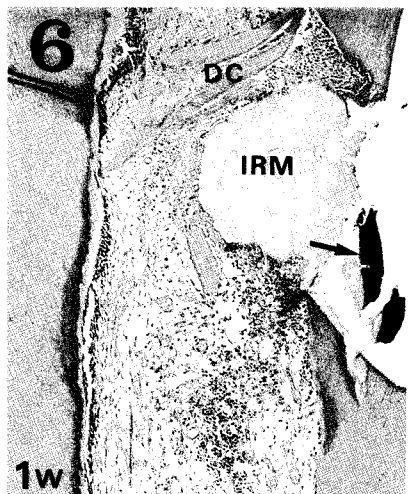
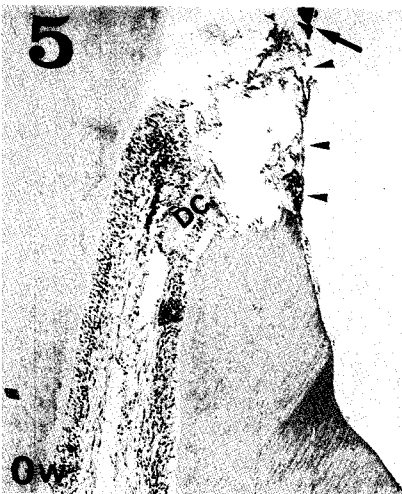
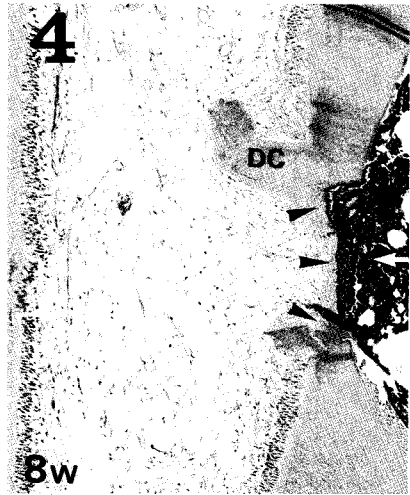
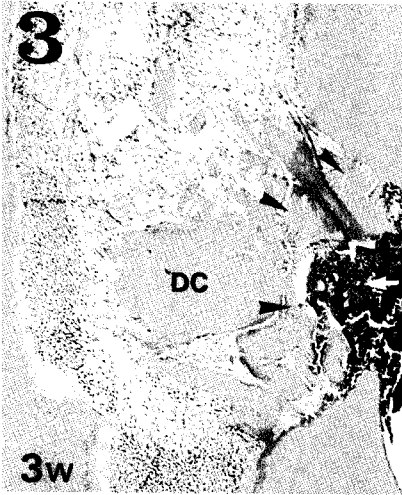
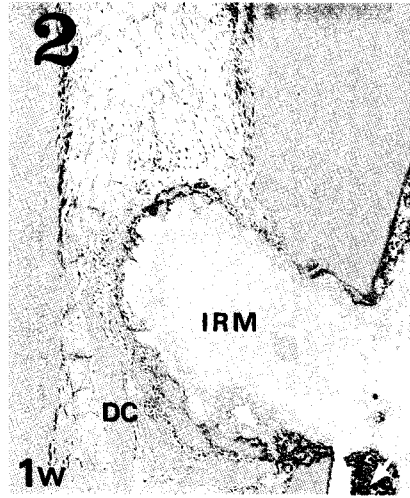
40. Borggrevén, J.M.P.M., van Duk, J.W.E., and Driessens, F.C.M. : Effects of laser irradiation on the permeability of bovine dental enamel. *Archs.Oral Biol.* 25 : 831~832, 1980.
41. Kantola, S., Laine, E., and Tarna, T. : Laser-induced effects on tooth structure : VI. X-ray diffraction study of dental enamel exposed to a CO₂ laser. *Acta. Odontol. Scand.* 31 : 369~379, 1973.
42. Kuroda, S. and Nakahara, H. : Morphological changes in laser irradiated extracted teeth. *J.Dent.Res.* 60 : 719~727, 1981.
43. Myers, T.D. and Myers, W.D. : The use of a laser for debridement of incipient caries. *J.Prosth.Dent.* 53 : 776~779, 1985.
44. Clayman, L., Fuller, T., and Beckman, H. : Healing of continuous-wave and rapid superpulsed, carbon dioxide, laser-induced bone defects. *J.Oral Surg.* 36 : 932~937, 1978.
45. Small, I.A., Osborn, T.P., Fuller, T., Hus-sain, M., and Kobernick, S. : Observations of carbon dioxide laser and bone bur in the osteotomy of the rabbit tibia. *J.Oral Surg.* 37 : 159~166, 1979.
46. Hooks, T.W., Adrian, J.C., Gross, A., and Bernier, W.E. : Use of the carbon dioxide laser in sterilization of endodontic reamers. *Oral Surg.* 49 : 263~265, 1980.
47. Weichman, J.A., Johnson, F.M., and Nitta, L.K. : Laser use in endodontics. *Oral Surg.* 34 : 828~830, 1972.
48. Weichman, J.A. and Johnson, F.M. : Laser use in endodontics. *Oral Surg.* 31 : 416~417, 1971.
49. 박 동성, 임 성삼 : 저출력 레이저가 기계적 노출치수에 미치는 영향에 관한 연구. *대한 치과보존학회지*, 14 : 109~118, 1989.
50. 이 병채, 이 상호 : Ga-As 레이저조사가 성견의 기계적 노출치수에 미치는 영향에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 21 : 221~234, 1994.
51. 박 동성, 임 성삼 : Nd-YAG 레이저에 의한 치수 절단후 잔존치수조직의 치유 과정에 관한 전자 현미경적 연구. *대한치과보존학회지*, 20 : 399~422, 1995.
52. Miserendino, L.J. and Pick, R.M. : *Lasers in Dentistry.* Quintessence Co., 1995.
53. Mester, E., Spiry, T., Szende, B., and Tota, J.G. : Effect of laser rays on wound healing. *Am.J.Surg.* 112 : 532~535, 1971.
54. Fine, S., Klein, E., Farber, S., Scott, R.E., Roy, S., and Seed, R.E. : In vivo effects of laser radiation on the skin of the syrian hamster. *J.Invest.Dermatol.* 40 : 123~124, 1963.
55. Kapany, N.S., Peppers, N.A., Zweng, H.C., and Flocks, M. : Retinal photocoagulation by lasers. *Nature*, 199 : 146, 1963.
56. Litwin, M.S. and Glew, D.H. : The biological effects of laser radiation. *J.A.M.A.* 187 : 154~159, 1964.
57. Abergel, R.P., Meeker, C.A., Lam, T.S., Dwyer, R.M., Lesavoy, M.A., and Uitto, J. : Control of connective tissue metabolism by lasers; recent development and future prospects. *J.Am.Acad.Dermatol.* 11 : 1142~1154, 1984.
58. Hall, R.R. : Haemostatic incision of the liver; carbon-dioxide laser compared with surgical diathermy. *Brit.J.Surg.* 58 : 538~540, 1971.
59. Stanley, H.R., Sville, G., and Lundy, T. : Dycal therapy for pulp exposures. *Oral surg.* 34 : 818~827, 1972.
60. Weiss, M.B., and Bjorvatn, K. : Pulp capping in deciduous and newly erupted permanent teeth of monkeys. *Oral sug.* 29 : 769~775, 1970.
61. Seltzer, S., Bender, I.B., and Kaufman, I.J. : Histologic changes in dental pulps of dogs and monkeys following application of pressure, drugs, and microorganisms

- on prepared cavities. *Oral Surg. Oral Med. & Oral Path.* 14 : 327~346, 1961.
62. MacWalter, G.M., El-Kafrawy, A.H., and Mitchell, D.F. : Long-term study of pulp capping in monkeys with three agents. *J.A.D.A.* 93 : 105~110, 1976.
63. Zach, L. : Pulp lability and repair; effect of restorative procedures. *Oral Surg.* 33 : 111~121, 1972.
64. Arrastia, A.M., Wilder-Smith, P., and Berns, M.W. : Thermal effects of CO₂ laser on the pulpal chamber and enamel of human primary teeth : an in vitro investigation. *Lasers Surg. Med.* 16 : 343~350, 1995.
65. Zach, L. and Cohen, G. : Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg. Oral Med. & Oral Path.* 19 : 515~530, 1965.
66. Melcer, J., Chaumette, M.T., Melcer, F., Zeboulon, S., Hasson, R., Merard, R., Pinaudeau, Y., Dejardin, J., and Weill, R. : Preliminary report on the effect of the CO₂ beam on the dental pulp of the Macaca Mulatta Primate and the Beagle dog. *J.Endo.* 11 : 1~5, 1985.

Explanation of Figures

- Fig. 1. A photomicrograph of immediate specimen was treated with Dycal®(↔), note the destroyed odontoblastic layer(▶) and hyperemia and hemorrhage.
(× 100 H-E stain)
- Fig. 2. A photomicrograph of 1-week specimen was treated with Dycal®(↔), note the scattered inflammatory cells infiltration and vessel dilation. ; DC(dental chip).
(× 100 H-E stain)
- Fig. 3. A photomicrograph of 3-week specimen was treated with Dycal®(↔), note the scattered inflammatory cell infiltration and reparative dentin formation(▶).
(× 100 H-E stain)
- Fig. 4. A photomicrograph of 8-week specimen was treated with Dycal®(↔), note the dentinal bridge formation(▶) and other findings are within normal limit.
(× 100 H-E stain)
- Fig. 5. A photomicrograph of immediate specimen was treated with CO₂ Laser(1.5W, 0.2 sec), note a thin superficial coagulated layer(▶) and burned dentinal particles(➡).
(× 100 H-E stain)
- Fig. 6. A photomicrograph of 1-week specimen was treated with CO₂ Laser(1.5W, 0.2sec), note the advanced infiltration of inflammatory cells and IRM® and dentinal chips (DC) invaded into the pulp tissue.
(× 100 H-E stain)
- Fig. 7. A photomicrograph of 3-week specimen was treated with CO₂ Laser(1.5W, 0.2sec), note the reparative dentin formation(▶).
(× 100 H-E stain)
- Fig. 8. A photomicrograph of 8-week specimen was treated with CO₂ Laser(1.5W, 0.2sec), note the advanced reparative dentin formation(▶) more than 3-weeks specimen.
(× 100 H-E stain)
- Fig. 9. A photomicrograph of immediate specimen was treated with CO₂ Laser(5W, 0.2sec), note a superficial coagulated layer(▶).
(× 100 H-E stain)
- Fig. 10. A photomicrograph of 1-week specimen was treated with CO₂ Laser(5W, 0.2sec), note the severe inflammatory cell infiltration.
(× 100 H-E stain)
- Fig. 11. A photomicrograph of 3-week specimen was treated with CO₂ Laser(5W, 0.2sec), note the degenerative changed(reticulum formation) pulp tissue.
(× 100 H-E stain)
- Fig. 12. A photomicrograph of 8-week specimen was treated with CO₂ Laser(5W, 0.2sec), note the microabscess formation and partial necrosis of pulp tissue.
(× 100 H-E stain)

사진부도 1



사진부도 2

