

저출력 레이저가 기계적 노출치수에 미치는 영향에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과보존학교실

박동성 · 임성삼

- 목 차 -

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
 - 1. 실험재료
 - 2. 실험방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
 - 참고문헌
 - 영문초록
 - 사진부도 및 설명

I. 서 론

1958년 미국의 물리학자 Schalow, Townes에 의해 이론적인 가능성이 시사된 이래 현재까지 레이저광의 과학적인 이용에 대해 그리고 그 효과에 대한 연구는 꾸준히 이루어져 왔다. 최초의 레이저의 실용화의 발견은 1960년 Mainman에 의해 이루어 졌으며 그 후 1964년에 이르러 Macguff는 외과시술에 레이저를 적용함으로써 본격적인 임상의학에서의 레이저시대를 열었다. 레이저는 활성매체의 재질에 따라 기체레이저(He-Ne, CO₂, Argon, N₂ 등), 고체레이저

(Ruby, Nd ; YAG, Nd ; Glass), 기타레이저(반도체, dye 등)로 분류되거나 그 출력에 따라 고출력레이저(1w출력이상)와 저출력레이저(2-20mM 정도)로 구분된다.¹⁾ 고출력레이저에 대한 연구는 상당히 다양하게 전개되어 왔다. 치의학 분야에서는 1964년 Goldman²⁾등이 우식된 치아 부위에 레이저를 조사, 관찰해 본 결과 레이저광으로 치질삭제가 가능하다고 발표한 것을 시초로 Lobene³⁾, Brune⁴⁾등은 레이저가 치질의 미세구조에 미치는 영향에 대해 관찰했으며 Goodman⁵⁾, Yamamoto⁶⁾등은 각각 Argon, YAG 레이저를 이용하여 치아우식증의 예방효과에 대한 연구를 한 바 있다. 보철학 분야에서는 Gordon⁷⁾과 Smith⁸⁾등이 금합금의 용접에 레이저를 응용하여 그 효과를 조사하였으며 Preston과 Reisbick⁹⁾은 도재소부용 합금의 용접에 레이저를 응용할 수 있음을 보고하였다. 구강외과적으로도 많은 연구가 이루어져 있는데 Clayman¹⁰⁾, Gordon¹¹⁾등은 CO₂ 레이저의 골치유효과에 대하여, Small¹²⁾등은 골절제시 CO₂ 레이저와 Bone bur의 효과에 대하여 비교연구한 것 등이 있다.

보존 영역에서는 고출력 레이저를 이용하여 와동형성등에 이용할 수 있겠다는 생각하에 여러가지 다양한 기초적인 연구들이 진행되어 왔다. Stern¹³⁾등은 칩판지의 치아 표면에 고출력 루비 레이저가 가해졌을 때의 치수의 조직변화

를 관찰하였고, Melcer¹⁴⁾ 등은 원숭이와 개에서 CO₂ 레이저를 치아 표면에 조사했을 때 치수조직 변화를 관찰하여 보고하였다. 또한, 이³²⁾ 등은 CO₂ 레이저를 치아 표면에 조사했을 때 치수강내의 온도 변화를 관찰하였다. 근관치료학 분야에서도 Weichman^{15,16)} 등은 고출력 레이저를 이용하여 치근단 부위의 근공을 밀폐시키려는 시도를 했으며, Hook¹⁷⁾ 등은 CO₂ 레이저를 이용하여 근관치료용 리이머의 소독을 시도한 바 있다.

한편, Shinromachiko¹⁸⁾ 등은 저출력 레이저의 창상치유효과에 대해 보고하였고 김¹⁵⁾ 도 백서 연조직의 창상치유에 저출력 레이저의 조사가 효과적이었다는 보고를 하였다. Mozgovaia²⁰⁾ 등은 저출력 레이저가 항염증 작용이 있다는 보고를 하였으며 Kamikawa²¹⁾ 등은 진통작용에 대해, Pilikin²²⁾ 등은 저출력 레이저 조사에 따른 조직혈관 변화에 대하여 조사연구하였다. 또한, 김²³⁾ 등은 저출력 레이저가 치은의 섬유아 세포의 활성을 자극하는 효과가 있음을 관찰, 보고하였다.

현재 이와 같은 저출력 레이저는 연조직 창상의 치유촉진이나 동통의 완화, 염증 증상의 완화 등의 목적으로 여러 종류가 개발되어 있고 치과임상에서 사용되고 있으며 우리나라에서도 몇몇 종류의 저출력 레이저가 도입되어 사용 평가되고 있다.

저자는 *in vitro* 실험에서 섬유아세포 기능의 촉진 효과가 있었다는 점 등에 착안하여 손상치수조직에 대한 저출력 레이저의 치유촉진효과의 여부와 보존 영역에서 치수복탁술이나 치수절단술시에 응용가능성을 평가하기 위하여 가견에서 치수에 기계적 손상을 준 뒤 레이저만을 조사하거나 레이저를 조사한 뒤 수산화칼슘을 도포한 실험군과 통상적인 치수복탁술시 사용하는 방법으로 수산화칼슘만을 도포한 대조군으로 나누어 치수조직의 치유양태를 병리조직학적으로 관찰하고 그 결과를 통계학적으로 비교연구한 바 있기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

체중 11~14kg의 가견 3두의 상.하악치아 28개를 실험대상으로 하였다.

수산화칼슘은 Calcium Hydroxide(Purum P.a. Fluka-Garantie. Switzerland)로 분말상태의 것으로 사용하였다.

레이저 장치는 반도체인 Gallium Arsenide를 이용한 저출력 레이저 장치로 Stomalaser (SEDATELEC Co. France)를 사용하였으며 이 레이저는 출력 2 Wp, 파장 904nm, pulse 폭 200ns인 근적외선을 방사한다. 이 장치는 치료의 형태에 따라 7가지의 pulse로 조절된다. (Table 1. 참고)

Table 1. Pulse frequency radiated from stoma laser.

	Pulse
A	190 Hertz
B	380 Hertz
C	760 Hertz
D	1520 Hertz
E	3040 Hertz
F	47.5 Hertz
G	95 Hertz

2. 실험 방법.

실험 동물을 Pentobarbital Sodium (Sommo-pently Sodium each ml/64.8mg)을 12mg/lb로 정맥주사하여 마취하였다. 28개의 실험대상치아는 러버댐 장착후 치아의 협면에 제 5급 와동을 No.702bur로 형성하였다. 그 후 3% 과산화수소수로 와동을 소독한 다음 No.6 round bur로 치수를 노출시켰다. 대조군에서는 생리 식염수를 적신 멸균된 면구로 지혈한 뒤 순수한 수산화

칼슘 분말 3mg을 치수가 노출된 부위에 도포한 후 Z.O.E로 와동을 밀봉시켰다. 레이저 사용후 수산화칼슘 도포군(실험군 A)에서는 생리 식염수를 적신 멸균된 면구로 지혈한 뒤 저출력 레이저를 regeneration mode(A.G.F.E)로 5분간 조사하고 순수한 수산화칼슘 분말을 치수 노출 부위에 도포후 Z.O.E로 밀봉하였다. 레이저만을 조사한 군(실험군 B)에서도 생리 식염수를 적신 멸균된 면구로 지혈하였으며 저출력 레이저를 regeneration mode로 5분간 조사하고 소독된 Aluminum foil을 노출된 치수 부위에 덮고 Z.O.E로 밀봉하였다.

실험이 끝난 동물은 1주, 2주 그리고 3주 간격으로 과량의 pentobarbital sodium으로서 희생시켜 악골을 박리한 후 10% buffered formalin에 1주간 고정하였고 실험대상 치아를 E.D.T. A로 탈회하여 파라핀에 포매하고 4~7 μ m의 절편을 만들어 Hematoxylin-Eosin 이중염색하여 광학현미경으로 관찰하였다.

III. 실험 성적

가) 병리 조직학적 소견. (Table 2 참고)

Table 2. Histopathologic findings of control and experimental groups.

group time finding		Control group (Ca(OH) ₂)			Experimental group A (Ca(OH) ₂ + laser)			Experimental group B (laser)		
		1 week	2 week	3 week	1 week	2 week	3 week	1 week	2 week	3 week
Dentin Bridge formation	Yes	1	0	0	3	2	1	0	1	0
	No	2	3	3	1	2	2	3	2	3
Inflammatory Cell Infiltration	*mild	0	0	0	2	1	1	0	0	2
	**moderate	2	2	1	2	0	1	1	2	1
	***severe	1	1	2	0	2	1	2	1	0

*mild; initiation of inflammatory cell infiltration scattered inflammatory cells.

**moderate; advanced infiltration of inflammatory cells.

***severe; severe inflammatory cell infiltration abscess formation.

Number; cases

1. 대조군(수산화칼슘 도포군)

대조군에서는 1주에서 dentin bridge가 형성되어 어느 정도 석회화가 이루어진 경우는 1예가 있었으며 dentin bridge의 형태는 연속적이지는 않고 osteodentin과 유사한 형태로 나타났다. 염증세포의 침윤정도는 중등도와 심도의 것들이 1.2.3주에 걸쳐 나타났다. 염증세포는 염증 초기의 증성구 뿐만 아니고 임파구 등도 많이 발견되었으며 혈관 확장과 장액성 삼출액의 혼적도 관찰할 수 있었고 부분적인 microabscess도 관찰되었다. 특히, 3주에서는 염증의 정도가 실험예가 많았다.

2. 실험군

1) 실험군 A.(레이저 조사후 수산화칼슘 도포한 군)

대조군보다 dentin bridge가 형성된 예가 많았으며 dentin bridge의 형태는 거의 대조군에서 관찰된 것과 같았고, dentin chip과 엉켜서 형성된 예가 3주째의 실험표본에서 관찰되었다. 염

증 정도는 경도에서 심도까지 다양하게 나타났으나 1주에서는 그 염증 정도가 심한 예는 발견되지 않았으며 2주째부터 나타났다. 염증세포의 구성을 주로 만성염증세포였으며 microabscess가 형성된 예는 없었다.

것부터 심도의 것까지 다양하게 나타났는데 1, 2주에서 3주보다 염증세포의 침윤이 심했던 예가 많았다.

나) 통계학적 비교.

2) 실험군 B. (레이저만을 조사한 군.)

괴사나 microabscess가 형성된 예가 많았으며 상아질의 흡수가 관찰되거나 섬유화(fibrosis)가 나타난 예도 관찰되었다. dentin bridge가 형성된 예가 1예 있었는데 그 형태는 대조군에서와 유사하였다. 또한, 염증세포의 침윤은 경도의

치수에서의 치유상태를 비교하기 위한 기준에는 여러가지를 생각할 수 있지만 본 실험에서는 dentin bridge의 형성유무와 염증세포침윤 정도를 비교하였으며 그 결과는 Table 3, 4에서 보는 바와 같다.

Table 3. Inflammation score of two groups and statistical analysis of the results.

Inflammation score								Statistical analysis		
Group	Time	1 week		2 week		3 week		1 week ↓ 2 week	2 week ↓ 3 week	3 week ↓ 1 week
	Case No.	Inflammation score (point)	Mean	Inflammation score (point)	Mean	Inflammation score (point)	Mean			
Control group (Ca(OH) ₂)	1	2	1.6	2	1.6	2	1.3	NS	NS	NS
	2	2		2		1				
	3	1		1		1				
Experimental group A (Ca(OH) ₂ + Laser)	1	3	2.5	3	1.6	3	2.0	NS	NS	NS
	2	3		1		2				
	3	2		1		1				
	4	2								

NS: No significant difference
 mild ; 3 point
 moderate ; 2 point
 severe ; 1 point

Table 4. Dentin bridge formation of three groups and statistical analysis of the results.

Dentin Bridge Formation	Group	Results						Statistic analysis		
		Control group (Ca(OH) ₂)		Experimental group A (Ca(OH) ₂ with laser)		Experimental group B (laser)		Control group ↓ Experimental Group A	Experimental group A ↓ Experimental Group B	Experimental group B ↓ Control Group
		Yes	No	Yes	No	Yes	No			
1 week		1	2	3	1	0	3	NS	NS	NS
2 week		0	3	1	2	1	2	S	NS	NS
3 week		0	3	1	2	0	3	S	S	NS

NS; No significant different
 S; significant difference (P < 0.05)
 Number; Cases

IV. 총괄 및 고안

레이저는 빛의 자연 방출과는 달리 많은 원자가 높은 에너지 준위에 머물렀다가 외부 자극에 의해 강력한 상호 작용을 하면서 동시에 낮은 에너지 준위로 떨어지는 즉, 유도 방출(Stimulated Emission)을 하게 되는 경우 낮은 준위로 떨어질 때의 그 에너지 차에 해당되는 양의 빛이 방출되는 것을 의미하며 이 때 일정한 파장의 빛만 나오게 된다. 처음 방출된 빛은 사방으로 퍼져 산란되지만 레이저 축에 수직인 반사거울 사이를 여러번 왕복하는 동안 축 방향의 빛만 증폭되어 흩어지지 않고 한 줄기로 멀리까지 나아갈 수 있게 된다.¹⁾ 이 레이저는 대단히 높은 규칙성을 갖으므로 여러가지 응용이 가능하게 된다. 치료에 레이저가 도입되면서 임상학과 실험의 학은 다음과 같은 점에서 레이저를 응용하게 되었다. 첫째, 진행 중인 질병 상태에서 작용하는 레이저 방사의 작용이고 둘째, 레이저 칼로서 응고 현상과 절개 효과의 이용, 셋째, 낮은 에너지 상태의 레이저를 이용한 물리 요법의 응용 등이다.²⁴⁾

고출력 레이저 들은 수분이 주성분인 조직에 대하여 흡수도가 높아 조직의 심층 부위에 대한 효과는 기대할 수 없기 때문에 세포 속으로 다소 깊이 침투하여 산란되는 저출력 레이저를 응용하게 되었다. 저출력 레이저를 세포자극은 물론 전기적으로도 작용하여 세포대사 조절 및 정상화 효과를 가져온다. 이러한 저출력 레이저의 장점으로는 시술시 감염의 위험이 없으며, 상처를 주지도 않고, 시술이 매우 간단하며 치료기간도 단축되고 동통이 거의 없다는 것 등이다. 치과에서의 이용은 치아 우식 부위, 치수염 상태, 구강점막 조직의 급성 및 만성 염증, 과민치아 등에 응용할 수 있다.²⁵⁾

본 실험에서는 기계적으로 손상을 준 치수의 치유를 관찰할 것이라 할 수 있으므로 이것은 손상에 반응하여 나타나는 혈관과 세포의 변화 들과는 분리시킬 수 없는 일종의 염증 기전이라 할 수 있다. 치수의 치유와 관련하여 조직을 관찰하는 경우 몇 가지 기준을 설정하여 비교하는 것

이 일반적이다. Mutsu²⁶⁾등에 의한 연구에서는 충혈, 출혈, 구상세포침윤, 화농성침윤, 응고괴사, 위축, 반흔화, dentin bridge의 신생, 상아립의 신생, 치수벽에 상아질의 침착을 들고 있다. 또한 Cvek²⁷⁾등은 조직학적인 평가로서 경조직 보호벽(dentin bridge)이 연결되어 있는지 끊겨 있는지를 관찰하고, 치수의 병적 상태를 Slight, Moderate, Severe Pathologic Change 로써 분류하였으며 세균의 유무도 관찰하였다. 본 실험에서는 치수의 치유 상태를 병리조직학적으로 비교 평가하기 위하여 dentin bridge의 신생과 염증세포의 침윤정도를 3등급으로 나누어 평가하였다. Cox²⁸⁾등은 치수복조후의 염증 상태를 그 심한 정도에 따라 단계로 나눈 뒤 심한 정도가 낮은 것부터 1점, 2점, 3점의 순으로 점수를 매겨 실험군과 대조군의 염증 정도를 비교한 바 있으며, Mutsu²⁶⁾등은 충혈, 출혈, 구상세포침윤, 화농성 침윤, 응고괴사, 위축, 반흔화의 각 항목에 대하여 정도를 4단계로 나누어 평가하여 다른 기준 사항과 합해서 병리학적 변화를 비교한 바 있다. 본 실험에서는 염증세포의 침윤 정도를 광학 현미경으로 관찰하여 그 정도를 3단계로 나누었으며 침윤정도가 낮은 상태부터 3점, 2점, 1점을 부여하여 그 값으로 염증세포 침윤정도를 비교하였다. Table 2에서와 같이 대조군과 실험군A에서 1, 2, 3주간에 분산분석(ANOVA)하여 5% 유의수준에서 검정한 결과 염증세포의 침윤정도는 유의성있는 차이가 없는 것으로 나타났다.

Schröder와 Granath²⁹⁾에 의하면 치수절단술이나 치수복조 후 기질의 형성은 4일 뒤에 보였고 dentin bridge의 형성에 있어 조직의 석회화는 7일 후에 관찰되었다고 한다. 그러므로, dentin bridge 형성의 어느 정도 뚜렷한 조직 소견이 빠르면 1주일 이내에 나타날 수 있으리라고 예상하여 1주, 2주, 3주로 실험기간을 설정하였다.

Chen³⁰⁾등에 의하면 수산화칼슘의 pH는 거의 11정도이므로 수산화칼슘은 골이나 상아질 형성에 필요한 염기상태를 유지시켜주는 역할을 한다고 하였다. 칼슘이온으로 충만된 수산화칼슘에서 유도된 응고괴사의 부위 하에서는 인접 치

수조직으로부터의 세포가 조상아세포로 분화하며 이것이 기질(matrix)를 만들기 시작하게 된다고 한다. 이 기질은 Acid mucopolysaccharide와 Glycoprotein으로 구성되어있고, 이 중에서 Mucopolysaccharide의 기능은 완전히 알려지지 않았지만 다음과 같은 기능이 있는 것으로 생각된다. 교원질을 화학적으로 cross-linking하게 하여 교원질 섬유소를 섬유로 안정화 시켜 주며, 석회화가 가능한 부위에 칼슘이온을 부착시켜 석회화 기전에 관여하고, 친수성 콜로이드이므로 물과 결합하여 물을 함유하므로써 Sol과 Gel상태로 전환될 수 있다는 것을 들 수 있다. 또한, Glycoprotein도 경조직에서 나타나는 대표적인 Mucosubstance로써 친수성이고 상호친화력이 있어 구조적 기능을 가지며 crystal nucleation의 자리로 작용한다고 한다.

그리고, 수산화칼슘은 그 높은 pH때문에 Alkaline Phosphatase를 활성화 시키게 된다. Robin의 가설에 의하면 이 효소는 유기분자에서 phosphate를 분리하여 이 이온의 국소농도를 calcium phosphate salts의 침전이 시작되기에 충분한 정도로 올려 놓는다고 하였으며, 다른 가설에 의하면 이 효소가 석회화의 억제인자인 pyrophosphate group을 분리시킨다고 한다.³¹⁾ 본 실험 결과에서는 수산화칼슘만 도포한 대조군과 레이저 조사후 수산화칼슘을 도포한 실험군에서의 차이를 Z-test로써 5% 유의수준에서 검정한 결과 1주에서는 dentin bridge의 형성에 유의성 있는 차이가 없었으나 2주, 3주에서는 유의성있게 실험군에서의 형성이 많았는데 이것으로 보아 레이저의 조사가 dentin bridge형성에 유리한 조건으로 작용하는 것으로 사료된다. 수산화칼슘의 작용기전에 비추어 볼 때 레이저의 조사의 작용은 치수내 세포의 조상아세포로의 분화를 촉진시키거나, 기질의 형성, 즉 Acid mucopolysaccharide나 glycoprotein의 형성을 촉진해 주거나, Alkaline phosphatase의 활성화를 촉진시키는 것으로 생각할 수 있다. Glycoprotein의 형성 촉진은 김²⁹⁾등에 의한 in vitro 실험에서 저출력 레이저 조사가 치은 섬유아 세포의 단백질합성 자극효과가 있는 것으로 나타나 그 가능성이 확인된 바 있으나, 조상아

세포로의 분화촉진이나 Alkaline phosphatase의 활성화효과의 가능성에 대한 확인은 더 연구되어야 할 과제라 생각된다.

레이저의 조사시간에 대하여서는 조사에너지 밀도를 계산하여 결정할 수 있겠으나 조직이나 기관마다의 흡수도가 다른 점등의 변수를 모두 고려할 수는 없었고, 김³²⁾등의 실험에서와 같이 단일층의 세포에 대한 조사효과가 아니므로 Stomalaser 사용서에서 추천하는 대로 적용하였다. 앞으로 조사시간의 효과에 관한 연구가 추가되어야 할 것이다. 또한, 레이저의 파장에 관하여서도 섬유아세포와 임파구는 녹광(Argon laser)에 주로 영향을 받고 상피세포 및 섬유아세포는 적광(Helium-neon)에 영향을 받으므로³³⁾ 본 실험에서 사용된 GaAlAs 반도체 레이저의 각 파장에 따른 효과의 분석도 필요하다 하겠다.

본 실험 결과에 의하면 레이저의 조사는 치수 노출에 따른 치수복막이나 치수절단술에 사용될 수 있을 것이라 생각되며 이것이 현재까지 사용되고 있는 치료법을 완전히 대체할 수 있는 것은 아니며 단지 보조적으로 사용되므로써 치료의 효과와 효율을 높이는 데 기여할 것으로 사료된다. 따라서 앞으로 레이저의 작용기전과 장기간에 걸친 사용효과의 비교, 그리고 부작용 등에 대한 조사와 연구가 계속되어야 할 것이다.

V. 결 론

저자는 가견의 치아에 5급 와동을 형성한 후 기계적으로 치수를 노출시킨 다음 실험군에서는 저출력레이저인 Stomalaser로써 5분간 조사하고 수산화칼슘을 도포하거나 Aluminum foil로 덮은 뒤 와동을 Z.O.E로 밀봉하였고 대조군에서는 레이저를 조사하지 않고 수산화칼슘을 도포한 뒤 Z.O.E로 와동을 밀봉하였다. 실험이 끝난 동물은 1주, 2주 그리고 3주 간격으로 희생시키고 치수조직변화를 광학현미경으로 관찰하고 그 결과를 통계학적으로 평가한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 대조군과 실험군 모두에서 치수는 전반적

으로 경도의 혈관충혈과 출혈상이 나타났고 dentin bridge의 형성은 레이저 조사후 수산화칼슘도포군(실험군 A)에서 가장 그 예가 많았으며 그 형태는 불연속적인 osteodentin의 형태로 상아질 세관이 보이는 경우는 없었다. 염증성 세포의 침윤은 급성 및 만성 염증세포로 구성되어 있었으며 microabscess가 형성된 예도 관찰되었다.

2. 염증성 세포의 침윤 정도를 비교하여서는 대조군과 실험군 모두에서 1, 2, 3주에 걸쳐 염증이 차이없이 잔존하는 것으로 나타났다.

3. 수산화칼슘만을 사용한 대조군과 수산화칼슘과 레이저를 함께 사용한 실험군 A의 dentin bridge 형성여부를 비교한 결과 1주에서는 유의성있는 차이가 없었고 2주, 3주에서는 실험군 A에서의 형성이 유의성있게 더 많았다. ($p < 0.05$)

4. 대조군과 레이저 만을 조사한 실험군 B에서 dentin bridge의 형성은 1, 2, 3주에서 유의성있는 차이가 없었다. ($p > 0.05$)

5. 수산화칼슘과 레이저를 함께 사용한 실험군 A와 레이저 만을 조사한 실험군 B에서의 dentin bridge의 형성여부는 1, 2주에서는 유의성 있는 차이가 없었고, 3주에서는 전자가 후자보다 dentin bridge 형성이 유의성있게 많았다. ($p < 0.05$)

REFERENCE

1. 오명. 강문호 : 레이저 응용 청문각. 1987.
2. Goldman, L. et al.: Impact of the laser on dental caries. *Nature*, 203:417, 1964.
3. Lobene, P.R.: Bhussry, B.R. and Fine, S.: Interaction of carbon dioxide laser radiation with enamel and dentin. *J. Dent. Res.*, 47:311, 1968.
4. Brune, D.: Interaction of pulsed carbon dioxide laser beam with teeth in vitro. *Scand. Dent. Res.*, 88:301, 1980.
5. Goodman, B.D. and Kaufman, H.W.: Effects of an argon laser on the crystalline properties and rate of dissolution in aid of tooth enamel in the presence of sodium fluoride. *J. Dent. Res.*, 56:1201, 1977.
6. Yamamoto, H. and Sato, K.: Prevention of dental caries by acousto-optically Q-switched Nd; YAG laser irradiation. *J. Dent. Res.*, 59:137, 1980.
7. Gordon, T.L. and Smith, D.L.: Laser welding of prostheses an initial report. *J. Prosthet. Dent.*, 24:472, 1970.
8. Smith, D.L., Burneff, A.P. and Gordon, Jr. T.E.: Laser welding of gold alloy. *J. Dent. Res.*, 51:161, 1972.
9. Preston, J.D. and Reisbick, M.H.: Laser fusion of selected dental casting alloys. *J. Dent. Res.*, 54:232, 1975.
10. Clayman, L., Fuller, T., and Beckman, H.: Healing of continuous wave and rapid superpulsed, carbon dioxides, laser induced bone defect. *J. Oral Surg.*, 36:932, 1978.
11. Gordon, Jr. T.E.: Some effects of laser impacts on extracted teeth. *J. Dent. Res.*, 45:372, 1966.
12. Small, I.A. et al.: Observation of carbon dioxide laser and bone bur in the osteotomy of the rabbit tibia. *J. Oral Surg.*, 37:159, 1979.
13. Stern, R.H. and Sognnases, R.F.: Laser beam effect on dental hard tissues. *J. Dent. Res.*, 48:873, 1964.
14. Melcer, M.T., et al.: Preliminary report on the effect the CO₂ laser beam on the dental pulp of the Macaca Mulatte Primate and the Beagle dog. *J.O.E.*, 1, Vol. 11, No. 1, 1985.
15. Weichman, J.A. and Johnson, F.M.: Laser

- use in endodontics, A preliminary investigation. *Oral Surg.* 31:416-420, 1971.
16. Weichman, J.A. and Johnson, F.M.: Laser use in endodontics, Part II, *Oral Surg.*, 34: 828-830, 1972.
 17. Hooks, T.W. et al.: Use of the carbon dioxide laser in sterilization of endodontic reamer. *Oral Surg.*, 49:263, 1980.
 18. Shinro Mashiko, et al.: Accelerating effect of wound healing by irradiation with laser, preliminary report. *Japan Society for Laser Medicine*, 3:553, 1982.
 19. 김기석 등 : 저출력 레이저 광선이 백서 연조직 창상치유에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *대한구강내과학회지*, 10, 91-104. 1985
 20. Mozgovaia, L.A. et al.: Anti-inflammatory activity of the light of helium-neon lasers. *Stomatologiia*. (Mosk), 61:14, 1982.
 21. Kiyoo Kamikawa, et al.: Laser therapy for pain. *Japan Society for Laser Medicine*, 3: 345, 1982.
 22. Pilikin, A.S. et al.: Effect of helium-neon laser radiation on the microcirculation of the oral mucosa. *Stomatologiia* (Mosk), 63:12, 1984.
 23. 김기석 등 : 치은 섬유아 세포에 대한 저출력 레이저광의 효과에 관한 실험적 연구. *대한구강내과학회지*, 별책12, 17-26. 1987.
 24. Shcherbitskaia, L.L. et al.: Lasers and their application in clinical practice. *Vrach Dele*, 8:11, 1981.
 25. Plog, F.M.: *Lasers in medicine*. John Wiley and sons, Chichester-New York-Brisbane-Toronto, 1980.
 26. Mutsu Narita et al.: A clinico-pathological study of vital pulpotomy with pastes of calcium hydroxide and iodoform. *Bull. Tokyo. Dent. Coll*, Vol. 22, No. 2, pp. 99-113, May 1981.
 27. M. Cvek et al.: Hard tissue barrier formation in pulpotomized monkey teeth capped with cyanoacrylate or Ca(OH)₂ for 10 and 60 minutes. *J. Dental Research*, Vol. 66, No. 6, June, 1987.
 28. Charles F. Cox, et al.: Capping of the dental pulp mechanically exposed to the oral microflora - a 5 week observation of wound healing in the monkey. *J. of Oral Pathology*, 1982, 11:372-339.
 29. Ulla Schroder and Lars-eric Granth: Early reaction of intact human teeth to calcium hydroxide following experimental pulpotomy and its significance to the development of hard tissue barrier. *Odont. Revy* 22:379-396, 1971.
 30. Chen C-H: An experimental study on healing of pulp wound following pulpotomy in dogs by autoradiography with tritiated thymidine, *Shikwa Gakuho*, 78:287, 1978.
 31. Eugene, P.L.: *Dental Biochemistry*, 2nd edition, Lea & Febiger, Philadelphia, 1976, p. 185, pp. 139-140.
 32. 이종만. 이정석 : CO₂ 레이저 조사에 따른 치수강내 온도변화에 관한 실험적 연구. *연세치대논문집 제3권 1호* p276~p287. 1985.
 33. Kana, J.S. et al.: Effect of low power density laser radiation on healing of open skin wound in rats. *Arch. Surg.*, 116-293, 1981.

– ABSTRACT –

A STUDY OF THE EFFECTS OF THE LOW POWER DENSITY LASER ON THE MECHANICALLY EXPOSED PULP

Dong Sung Park, D.D.S., Sung Sam Lim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to investigate the bio-stimulating effect of low power density laser radiation on the mechanically exposed pulp. Class V cavities on dog's teeth were prepared and the pulps were mechanically exposed with a round bur.

In control group, the exposed pulps were capped with Ca(OH)_2 powder and the cavities were sealed with Z.O.E..

In experimental group A, the pulps were irradiated with GaAlAs laser for 5 minutes and then they were treated the same as control group.

In experimental group B, the exposed pulps were covered by aluminum foil and sealed with Z.O.E. after they were irradiated with the laser as the experimental group A.

In the all groups, the pulps were histopathologically observed at the time intervals of 1, 2 and 3 week after experiment and the results were statistically evaluated.

The results were as follows:

- 1) In control and experimental groups, mild vascular congestion and bleeding was found in most of the specimens and for the new formation of dentin bridge, experimental group A had the most cases. The dentin bridge had discontinuous osteodentin like appearance without any dentinal tubules. Inflammatory cell infiltration consisted of acute and chronic inflammatory cell, and the formation of microabscess was also observed.
- 2) The degree of inflammatory cell infiltration was not significantly different among control group and experimental groups at 1 week, 2 week and 3 week.
- 3) The formation of new dentin bridge was not significantly different between control group and experimental group A at 1 week, but at 2 week and 3 week, experimental group A showed significantly more cases of new dentin formation than control groups. ($P < 0.05$).
- 4) Between control group and experimental group B, there was no significant difference in formation of the new dentin bridge at 1, 2 and 3 week. ($P > 0.05$).
- 5) There was no significant difference in formation of the new dentin bridge at 1 and 2 week between experimental group A and experimental group B, but at 3 week, the former significantly had more cases of new dentin bridge formation than the latter. ($P < 0.05$).

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 1.** Control group at 1 week. Note the vascular congestion, chronic inflammatory cell infiltration and dentin bridge formation. (arrow) X100.
- Fig. 2.** Experimental group A at 2 week. Note the initiation of dentin bridge formation (arrow) and normalized pulp. X200.
- Fig. 3.** Experimental group A at 2 week. Thick distinct osteodentin formation were seen. X100.
- Fig. 4.** Experimental group A at 2 week. Note that dentin bridge has a few lacunae and well arranged odontoblast layer. X200.
- Fig. 5.** Experimental group A at 2 week. Dentin resorption was noted. X100.
- Fig. 6.** Experimental group B at 3 week. Note inflammatory cell infiltration, hemorrhage and derangement of odontoblast layer. X100.

논문 사진부도

