

Pulsed Nd : YAG 레이저의 치수마취효과에 관한 연구

조선대학교 치과대학 소아치과학교실

김도형 · 이창섭 · 이상호

Abstract

A STUDY OF ANALGESIC EFFECT ON PULP INDUCED BY PULSED Nd : YAG LASER

Do-Hyeong Kim, D.D.S., Chang-Seop Lee, D.D.S., M.S.D.,
Sang-Ho Lee, D.D.S., M.S.D., Ph. D.

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Chosun University.

The purpose of this study was to evaluate the analgesic effect on pulp induced by pulsed Nd : YAG laser according to the power density, irradiated time and the method of application (Non-contact vs contact) in vivo.

Experiments were carried out on 90 volunteers who have sound 4 canines. Each canine was grouped by the intensity and the time of irradiation of pulsed Nd : YAG laser was measured. Mean EPT response(units) was measured at 5 min, 30 min, and 60 min after irradiation with various intensity(1.5-3W, 15-30Hz), irradiated time(1.5min, 3min), and application method(Non-contact and contact).

The results were as follows :

1. 5 minutes after irradiation, the mean EPT response(units) was increased by 32% in the non-contact method and by 35% in the contact method of application. Which showed significant difference in mean EPT response(units) compared to not-lased canine in each groups($P < 0.05$).
2. The mean EPT response(units) with irradiating condition according to the various laser intensity, and the irradiation time statically did not show significant difference in each groups as time elapsed.
3. There was no significant difference between the non-contact and contact method in

the mean EPT response(units).

4. The mean EPT response(units) returned to the baseline value within 30 minutes.

In regard to the above results, the analgesic effect on pulp induced by pulsed Nd : YAG laser resulted a slight increase of pulpal pain threshold, but it was not as high as to replace the role of drug analgesia as whole. This technique can be used for inducing pulpal analgesia as adjunct to other pain control methods and is needed to develop better analgesic effects.

I. 서 론

1844년 Wells에 의해 소개된 아산화질소를 이용한 진정마취법은 현재 치의학 분야에서 성인이나 소아의 치과 치료시 동통과 불안을 감소시키는데 사용되고 있다²⁷⁾. 약물을 이용한 국소마취제는 1904년 Einhorn이 처음으로 Procaine을 개발한 후, 이 약물은 수 십년동안 치의학 분야에서 동통조절을 위해 사용되었으며¹²⁾, 1943년 Löfgren이 Amide형의 국소마취제인 Lidocaine을 합성한 이후 지금까지도 이 약물은 국소마취제로 가장 일반적으로 사용되어지고 있다²⁾. 이러한 약물에 의한 국소마취는 해부학적인 동통전달경로를 폐쇄시켜 동통전달을 차단시키는 기전을 가지고 있으며 가장 효과적인 동통조절의 수단으로 이용되고 있으나, 약물에 의한 국소마취주사는 일반 성인 환자나 특히 소아환자에게 있어서 술식 자체에 의한 커다란 동통과 공포를 유발할 수 있으며 몇몇 전신질환이 있는 경우에는 그 사용이 어렵고, 감염 등의 위험이 따른다고 보고되고 있다²⁾.

특히 소아의 치과치료시 가장 문제가 되는 것은 행동조절에 관한 것인데, 치과 내원시 소아가 느끼는 동통 및 자극에 대한 직접적인 공포와 환경에 대한 불안감은 치료에 많은 영향을 끼친다. 또한 약물에 의한 국소마취는 시술이 끝난 후에도 그 불편감이 여러 시간 동안 지속되고 혀를 포함한 주변 연조직의 마비로 인해 소아에서 외상성 궤양³⁾이나 입술 깨물기 등³⁰⁾의 문제들을 일으킬 우려가 있다. 이러한 약물에 의한 국소마취의 단점으로 인해 현재 까지 여러 선택들이 침마취법⁶⁾, 전기마취법^{1,7)}

⁴⁸⁾, 최면마취법이나 청음마취법²⁾ 등 다양한 동통조절방법들을 시도하고 있다. 그 중 침술에 의한 국소마취술은 이미 중국에서 약 3,000년 전부터 이용된 것으로 알려져 있으며, 1980년대 이후에는 전기자극^{1,7,48)}을 이용한 동통조절 방법 등이 소개되었다. 이러한 침자극이나 피부를 통한 경피전기신경자극법(Transcutaneous electrical nerve stimulation)이 두뇌의 마약수용기를 활성화하거나 뇌로 전달되는 자극을 차단함으로써 동통역치의 변화를 유도할 수 있다고 보고되었으나^{1,6,7,48)}, 아직도 이러한 요법들은 효과가 불투명하여 제한적으로 환자에게 사용되고 있다.

근대에 치과시술시 무통, 무출혈과 빠른 치유 등 여러가지 방면에서 응용할 수 있는 장점을 갖는 레이저의 출현으로 치의학 분야에서도 그 사용에 대한 관심이 증가되고 있는데, 최근에는 국소마취를 시행하지 않은 상태에서 레이저를 이용하여 연조직 처치나 수복처치등이 시도되고 있으며^{18,41,58)}, 이러한 치료에 가장 많이 사용되고 있는 Nd : YAG 레이저는 Neodymium이라는 희토류원소를 yttrium, aluminum, garnet (석류석)의 결정을 이용하여 적외선에 가까운 1,064nm의 파장으로 발진하여 눈에 보이지 않기 때문에 적색의 He-Ne 레이저를 조준 레이저로 사용한다. Nd : YAG 레이저의 임상적 적용은 상대적으로 깊으며 비선택적인 조직투과에 근거를 둔다. 또한 이 레이저는 광섬유를 통해서 구강 내로 쉽게 레이저를 적용할 수 있어 연조직이나 경조직에 현재 모두 사용되어지고 있다³⁶⁾.

레이저를 이용한 동통 조절의 역사는, Pa-

Iano등(1985)⁴⁵⁾이 헬륨-네온 레이저를 이용하여 악관절 동통의 치료를 시도한 바 있으며, 레이저침(Laser acupuncture)을 이용한 마취와 동통억제에 대한 연구가 중국과 일본에서 활발히 진행되고 있다. Zhou등(1984)⁶⁷⁾은 낮은 출력의 헬륨-네온 레이저 조사만으로 5,000개의 치아를 발거하였음을 보고하였다. 그리고 현재 개발된 수종의 치과용 레이저중 Nd : YAG 레이저에 의한 국소마취의 효과에 대한 여러 보고에서^{42, 46, 58, 61, 69)}, Lin(1990)²⁶⁾은 감각신경에서 신경전도와 축삭형질의 이동에 대한 펄스형(Pulsed) 레이저의 효과에 관한 연구에서 Nd : YAG 레이저의 마취효과를 보고하였으며, Myers(1991)⁴¹⁾는 Pulsed Nd : YAG 레이저를 치관부에 0.75-1.75W로 2-3분간 연속적으로 휘젓는 동작으로 조사후 약물에 의한 마취없이 무통각 상태에서 수복치료를 시도하였다. Parkins와 Miller(1992)⁴⁶⁾는 교정치료를 발거할 소구치에 Nd : YAG 레이저를 0.75W 15 pulse의 강도로 4분간 치관에 접촉방식으로 조사로 2mm 정도의 외동형성후 수복치료동안 환자는 전혀 불편감을 느끼지 않고 치료할 수 있었으며, 발치하여 조직검사한 결과 병적 소견은 관찰되지 않았으며, 무통효과는 국소적으로 상아질에 한정되어 야기됨을 보고하였다. 이밖에 Whitters와 Hall(1995)⁶¹⁾은 Pulsed Nd : YAG 레이저를 치아에 조사 후 유도되어진 치수의 무통의 정도와 지속시간을 치수전기검사로 측정 한 결과, 조사 5분후 유의성있게 증가하였으며, 동통 역치는 60분후 처음상태로 회복됨을 보고하였다.

그러나 현재까지 이러한 Pulsed Nd : YAG 레이저 에너지가 치수마취의 유도에 어떻게 영향을 미치는가에 대해 정확한 기전은 밝혀지지 않았으나, Myers(1991)⁴²⁾는 레이저 energy가 치수의 나트륨펌프를 억제하거나, 치수내 세포막 투과성을 변화시키거나 치수의 감각 축삭종말을 일시적으로 변환시켜 치수마취를 유도시킬 수 있는 것으로 보고하였으며, 松本光吉(1994)⁶⁹⁾은 레이저에 의한 치수의 마취시 치수의 진탕 현상, 상아질내 조직액의 변화 및 상아질에 분포하고 있는 신경 종말부의 가역성

변성 등이 일어날 수 있다고 주장하였다.

이와같이 레이저 조사후 치수마취유도에 관한 정확한 기전은 현재 알려지지 않았지만, 레이저 조사 후에는 일반적인 국소마취시의 동통이나 마취후의 불편감, 감염 가능성 등의 유발없이 연조직 처치나 보존적인 치료를 시행할 수 있다고 사료되는 바, 이에 대한 더 많은 연구의 필요성이 대두되고 있다. 그러나 치과임상가에 의해 현재 보고되어 지고 있는 Pulsed Nd : YAG 레이저의 치수마취유도에 대한 대부분의 증거는 이러한 주장을 뒷받침할 만한 실험적 자료가 부족하며, 치수의 마취상태를 정확히 평가할 만한 실험적 방법에 한계성을 가지고 있다. 아울러 여러 보고된 레이저 치수마취유도술식은 각기 다른 출력과 조사방법등을 사용하고 있으므로, 임상적으로 이용하기에 충분하고 객관적인 자료가 미비하다고 사료되는 바 본 연구는 다양한 출력과 조사시간, 조사방법에 따른 치수의 동통역치의 상승효과와 치수마취의 지속시간을 평가하기위해 치수에 자극이 역치에 도달할 때까지 전류를 변화시켜 치아가 이에 반응하는지 여부를 검사하기 위해 고안된 현재 가장 널리 사용되고 있는 치수전기검사를 이용하여 레이저 조사전과 후의 치수전기검사 반응수치를 측정하여 레이저 조사에 따른 치수의 동통 역치 상승효과를 판단하였으며, Pulsed Nd : YAG 레이저에 의한 치수마취를 효과적으로 임상에 응용할 수 있는지의 여부를 규명하고자 연구를 하였던 바 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바 이다.

II. 연구대상 및 방법

1) 연구대상

본 연구는 조선대학교 치과대학에 재학중인 학생중 충전물이나 치아우식증이 없는 건전한 상태의 상하악 견치를 가지고 있는 90명(남자 : 45명, 여자 45명)을 대상으로 하였다.

2) 연구방법

1. 본 연구에서는 Pulsed Nd : YAG laser(EN060, Italy)와 300 μ m의 광섬유를 사용하였

으며, 출력을 먼저 조정 한 후, target laser인 He-Ne 레이저로 시준할 부위를 결정한 다음, 상하악의 견치에 조사하였다. 비접촉방식으로 적용 시에는 견치의 협설면과 잇몸에서 약 7mm 떨어져서 협설면의 절단면 1/3부위와, 치근단 부위를 향해 정지동작으로 조사하였으며, 접촉방식으로 적용 시에는 견치의 협설면 치경부 1/3 부위에서 치수강 부위를 향해 swing motion으로 조사하였다. 각각의 레이저 조사시에는 레이저에 의한 치수의 열적 손상을 최소화하고자 압축공기를 이용한 냉각과 함께 조사하였으며, 각 견치의 레이저 조사부위에 대한 시야확보와 치수전기검사 측정의 용이성을 위해 입술걸리기를 사용하였다.

2. 대상치아인 상 하악 좌우 견치에 대해 각각 다른 방법으로 레이저를 조사하였다. 레이저의 출력과 적용시간에 따른 동통억제효과를 비교하기 위해 60명(비접촉 방식: 30명, 접촉 방식: 30명)을 대상으로 상악 우측 견치에 1.5W 15Hz로 1분30초동안 조사한 경우를 제 I 군, 상악 좌측 견치에 3W 30Hz로 1분 30초동안 조사한 경우를 제II군, 하악 우측 견치에 1.5W 15Hz로 3분간 조사한 경우를 제III군, 하악 좌측 견치에 3W 30Hz로 3분간 조사한 경우를 제IV 군으로 하였다(Table 1). 레이저의 조사방법에 따른 동통억제효과를 비교하기위해 30명을 대상으로 1.5W 15Hz의 레이저 출력으로 3분간 상악 우측 견치에 비접촉방식으로 하악 우측 견치에는 접촉방식으로 각각 레이저를 조사한 후 그 효과를 비교하였다(Table 2).

3. 각 실험 모두 먼저 레이저 조사를 받지

Table 1. Classification of experimental groups by the intensity and irradiated time of pulsed Nd : YAG laser(via non-contact and contact method).

Group	Pulsed Nd : YAG irradiation	
	Intensity(W, Hz)	Time(min)
I	1.5, 15	1.5
II	3, 30	1.5
III	1.5, 15	3.0
IV	3, 30	3.0

Table 2. Noncontact versus contact method for irradiation of pulsed Nd : YAG laser on teeth.

Irradiation Methods	Intensity(W, Hz)	Time(min)
Non-contact	1.5, 15	3.0
Contact	1.5, 15	3.0

않은 각 견치의 치수전기검사 반응수치를 측정하였으며, 레이저 조사후의 각 견치에 대한 치수전기검사 반응수치는 레이저 조사후 5분, 30분, 1시간후 측정하였다. 치수전기검사시 전도체는 불소겔(APF, USA)을 사용하여 각 견치의 협면의 치관의 중앙에서 치수전기검사기(Parkell Digitest, USA)를 이용하여 측정하였으며, 측정시 오차를 줄이기 위해 동일한 조사자가 치수전기검사 반응수치를 측정하였으며 각 견치당 2회 측정 후 평균치를 기록하였다.

4. 통계학적 평가: 본 연구에서는 연구자료의 분석 및 평가에 있어서 Pulsed Nd : YAG 레이저 조사 하기전 견치의 평균 치수전기반응수치와, 출력과 조사시간, 적용방법에 따라 레이저를 조사한 후 시간경과에 따른 각 견치의 평균 치수전기반응수치를 구하고, 레이저 적용 후 각 군간의 반응정도와 시간경과에 따른 변화와 적용방법간의 효과는 SAS(Stastical analysis system) Program중 one way ANOVA를 이용하여 통계학적 유의성을 검증하였다.

III. 연구성적

레이저 조사후, 시간경과에 따른 평균 치수 전기검사 반응수치는 조사 5분후에 비접촉적용시에는 6.84 ± 1.93 과 접촉적용시에는 7.76 ± 1.99 로 각각 처치 전에 비해 32%, 35% 정도로 증가하여($P < 0.05$), 통계학적 유의성을 보였다(Table 3, Fig. 1, Table 4, Fig. 2). 그러나 레이저의 출력과 적용시간에 따른 동통억제효과를 비교하기 위한, 조사조건에 따른 각군간의 비교시 통계학적 유의성은 보이지 않았다(Table 3, 4).

조사방법에 따른 동통억제효과 비교시, 비

Table 3. Mean EPT response(units) before and after irradiation of pulsed Nd : YAG laser by non-contact method in each groups.

Tme elapsed(min)*	Group ⁺				Mean
	I	II	III	IV	
Before	5.13± 1.50	5.56± 1.75	4.93± 1.46	5.03± 1.69	5.17± 1.61
5	7.33± 1.99	6.76± 1.71	6.90± 2.04	6.37± 1.92	6.84± 1.93
30	5.30± 1.46	5.47± 1.90	5.47± 1.70	5.27± 1.91	5.38± 1.63
60	5.63± 1.73	5.63± 1.73	4.90± 1.30	5.40± 1.68	5.39± 1.63

+ : P>0.05, * : Pb0.05

Table 4. Mean EPT response(units) before and after irradiation of pulsed Nd : YAG laser by contact method in each groups.

Tme elapsed(min)*	Group ⁺				Mean
	I	II	III	IV	
Before	5.13± 1.50	5.56± 1.75	4.93± 1.46	5.03± 1.69	5.17± 1.61
Before	6.20± 1.54	5.97± 1.73	5.30± 1.60	5.37± 1.45	5.17± 1.61
5	7.97± 1.88	7.97± 1.88	7.80± 2.07	7.37± 2.14	7.76± 1.99
30	6.97± 1.90	6.56± 1.94	6.20± 2.04	5.77± 1.87	6.38± 1.97
60	6.34± 1.81	6.40± 1.94	5.97± 2.03	5.87± 1.72	6.14± 1.87

+ : Pa0.05, * : Pb0.05

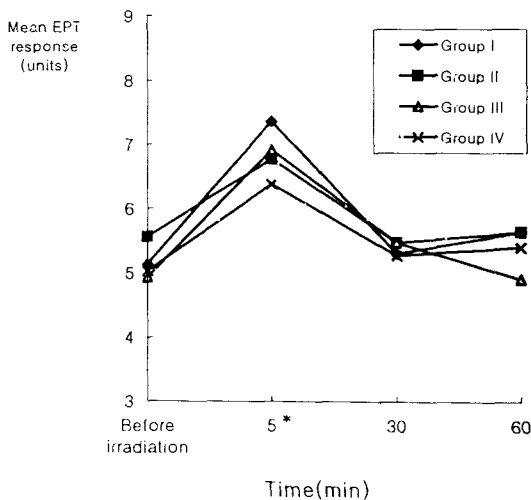


Fig. 1. Mean EPT response(units) after irradiation of pulsed Nd : YAG laser by non-contact method with time elapsed.

* : Indiacates significant difference(P<0.05) as compared with corresponding value in before irradiation.(by ANOVA)

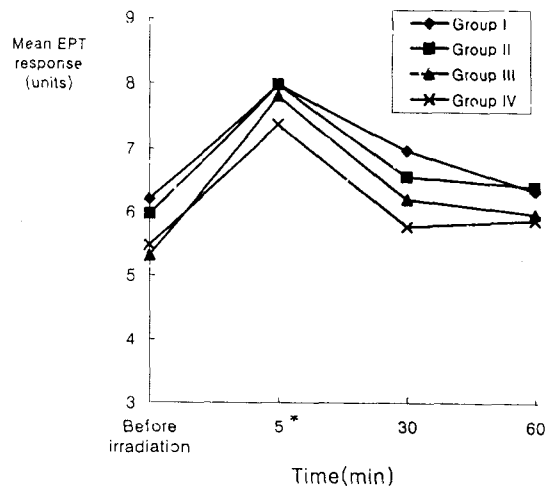


Fig. 2. Mean EPT response(units) after irradiation of pulsed Nd : YAG laser by contact method with time elapsed.

* : Indiacates significant difference(P<0.05) as compared with corresponding value in before irradiation.(by ANOVA)

Table 5. Comparison of irradiation methods between non-contact and contact method.

Irradiation			Time elapsed(min)			
Intensity	Time	Method	Before	5	30	60
1.5W 15Hz	3 Minutes	Non-contact	5.77± 1.48	7.90± 1.90	6.10± 1.84	6.10± 1.84
		Contact	5.07± 1.31	7.73± 2.03	6.07± 1.95	5.30± 1.73
Probability			P>0.05	P>0.05	P>0.05	P>0.05

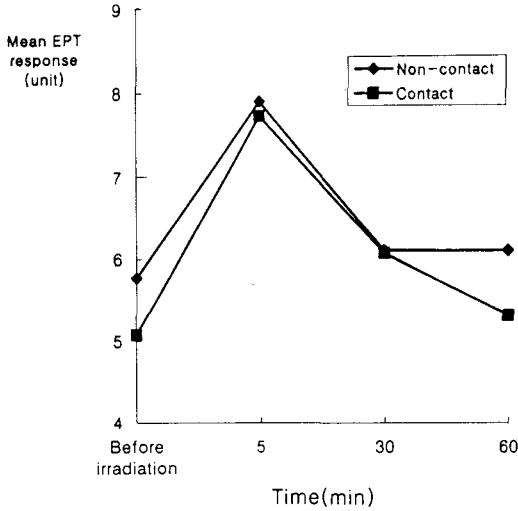


Fig. 3. Comparison of irradiation methods between non-contact and contact method with time elapsed.

접촉방식과 접촉방식등 조사방법에 따른 치수 전기검사 반응수치 비교시 통계학적 유의성은 없었다(Table 5, Fig. 3).

Pulsed Nd : YAG 레이저 적용후 시간의 경과에 따른 평균 치수전기검사 반응수치는 30분 이내에 처치 전 수준으로 회복됨을 보였다.

IV. 총괄 및 고안

레이저란 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation의 약성어로서 Einstein의 양자론을 기초로 하여 개발되었다. 임상의학 분야에 레이저의 사용은 1960년 6월 Maiman²⁸⁾에 의해 최초로 루비 레이저가 개발되어 소개된 이래 현재 레이저는 여러 치과 시술에 소개되어 응용 시술되고 있다. 현재 가장 많이 사용되고

있는 고출력 레이저는 Argon 레이저, Nd : YAG 레이저, CO₂ 레이저, Er : YAG 레이저, Ho : YAG 레이저, Eximer 레이저 등이 있다. 이러한 레이저중 최근에 가장 많이 이용되고 있는 Nd : YAG 레이저는 1964년 Geusic에 의해 개발되었으며, Yamamoto등(1974)⁶³⁾은 동물실험을 통해 이 레이저를 생조직에 처음으로 적용하였다.

이러한 Nd : YAG 레이저는 연속파나 펄스파로 적용할 수 있으나, 연속파형의 사용시에는 치아표면을 용해, 균열, 열에 의한 치수손상 등이 있어 임상응용은 부적합한 반면, 펄스형은 연속파 Nd : YAG 레이저와 비교시 열의 축적과 치수에 손상등이 적어 Nd : YAG 레이저의 대부분은 펄스방식으로 사용된다^{26, 69)} 이러한 Pulsed Nd : YAG 레이저는 치아우식증의 억제와 제거^{4, 31, 63, 69)}, 연조직 치료⁶⁹⁾, 치은 소파술^{19, 58)}, 근관치료⁵⁷⁾나 지각과민치료⁶⁹⁾등을 포함하는 여러 임상 술식에 이용될 수 있음이 현재 여러 선학들에 의해 보고되어지고 있으며 특히 이러한 술식동안 무통각이 야기될 수 있다고 소개되어지고 있다^{19, 42, 58, 69)}.

이러한 Pulsed Nd : YAG 레이저의 마취효과와 관련된 여러 보고가 있는데^{19, 27, 42, 46, 58, 61, 69)}, Lin (1990)²⁶⁾은 감각신경에서 신경전도와 축삭형질의 이동에 대한 펄스형 레이저의 효과에 관한 연구에서 Nd : YAG 레이저의 마취효과를 보고하였다. Myers(1991)⁴²⁾는 Pulsed Nd : YAG 레이저를 치관부에 0.75-1.75W로 2-3분간 연속적으로 회전는 동작으로 조사후 약물에 의한 마취 없이 무통각하에서 수복치료 하였으며, 레이저 조사직후에 일시적인 치수의 마취효과가 야기되며 이 효과는 10분간 지속되며 1시간 이상도 지속될 수 있음을 보고하였다.

Parkins와 Miller(1992)⁴⁶⁾는 교정치료시 발거할 소구치에 Nd : YAG레이저를 0.75 W 15pulse의 강도로 4분간 모든 소구치 치관에 휘젓는 동작으로 접촉방식으로 조사한 후 2mm 정도의 와동형성후 수복치료시에도 환자는 전혀 불편감을 느끼지 않고 치료할 수 있었으며, 발치후 조직검사결과 병적 소견은 관찰되지 않았으며, 무통효과는 국소적으로 상아질에 한정되어 야기됨을 보고하였다. Whitters와 Hall(1995)⁶¹⁾은 Pulsed Nd : YAG레이저를 1.7 W, 15 pulse로 3분간 조사 후 유도되어진 치수의 무통의 정도와 지속시간을 치수전기검사로 측정시, 조사 5분후 평균 치수전기검사 반응수치는 위치료군과 비교시 조사 5분후 유의성 있게 증가하였으며, 동통 역치는 60분후 기저수준으로 회복됨을 보고하였다.

본 연구에서도 치수에 자극이 역치에 도달할 때까지 전류를 변화시켜 치아가 이에 반응하는지 여부를 검사하기 위해 고안된 현재 가장 널리 사용되고 있는 치수전기검사기를 이용하여 레이저 조사전과 후의 치수전기검사 반응수치를 측정하여 레이저 조사에 따른 치수의 동통 역치 상승효과를 판단하였으며, 다양한 조사강도(1.5-3W, 15-30Hz), 조사시간(1.5-3분), 조사방법(비접촉 방식 또는 접촉 방식)에 따라 4군(I군 : 1.5W 15Hz, 1분 30초, II군 : 3W 30Hz 1분 30초, III군 : 1.5W 15Hz, 3분, IV군 : 3W 30Hz, 3분)으로 나누어 조사한 결과, 각 군에 따른 치수 마취효과에 대한 차이는 없었으나($P > 0.05$), 레이저 조사전 건치의 치수전기검사 반응수치와 비교시 조사 5분후 유의성 있게 증가하였으며($P < 0.05$), 이것은 Whitters와 Hall등의 연구결과와 유사하였다. 또한 동통 역치는 30분 이내에 기저수준으로 회복되어 레이저 조사후에는 일시적인 치수의 동통 역치 상승이 관찰되었으며, 약물에 의한 국소마취에서와 같이 시술후 불편감이 여러 시간 지속되지 않고, 혀를 포함한 주위조직에 마비감이 없으므로 특히 소아의 치료후 입술 깨물기나 외상성 레앙 등의 문제를 제거하는데 있어 유리할 것으로 사료되었다.

현재까지 치수의 동통에 대한 역치측정시

치수전기검사기를 이용한 여러 보고가 이루어지고 있으며^{8, 9, 11, 13, 15, 40, 68)}, 그중 Ziskin(1938)⁶⁸⁾은 자극 역치가 자극전류의 주파수에 따라 직접적으로 변화되고, 임피던스(Impedance)는 자극전류의 주파수에 역으로 변화한다고 하였으며, Frank등(1992)¹⁶⁾은 치수 신경의 동통감지에 대해 치수전기검사 반응측정은 역치반응을 나타내며 재현성이 있음을 보고하였다. Mumford(1959)⁴⁰⁾는 치수의 생활력은 감각신경의 동통반응으로 나타난다는 점에 착안하여 국소마취와 진통의 효과유무를 판별할 경우에도 전기 치수자극 평가법을 이용한 바 있다. 이렇듯 현재까지 치수전기검사는 정확하게 치수 상태를 측정할 수는 없지만 빠르고 재현성이 있으며 치수손상을 야기하지 않으므로 치수의 상태나 치아의 마취상태의 평가시 현재 흔히 사용되어지고 있다.

따라서 레이저의 적용이 치아의 동통 역치를 상승시킨다고 가정하면, 치수전기검사 반응측정시 치수의 동통역치의 결과적인 증가를 기대할 수 있을 것이다. 즉 레이저 조사후 짧게나마 치수전기검사 반응역치의 증가는 치수에 대해 약간의 무통 효과가 있었다고 할 수 있다. 하지만 레이저에 의한 치수마취효과의 정확한 기전과 특성에 대해서는 현재 알려지지 않았으며 높은 레이저 출력시 치수에 대한 손상의 가능성 때문에 더 효과적인 마취효과유도를 위한 최적의 레이저 상태를 측정하기는 어렵다. 또한 본 연구에 사용된 치수전기검사시 결과에 부정된 영향을 끼치는 요소로는 범랑질과 상아질의 두께, 치아의 균열, 치아에 수복물 등의 존재, 이전의 외상의 병력이나 기구나 측정시 불완전이며, 전도체의 효과, 전기치수반응 측정기 Tip의 치아배치각도, 측정부위의 건조나, 환자의 정신적 또는 정서적 상태 등은 치수전기자극감지의 주요한 변수요인이 될 수 있으므로, 본 연구에서는 외상의 병력이나 치아우식증, 수복물이 없는 건전한 상하악 견치를 연구 대상으로 하였으며, 불소젤을 전도체로 하여 동일한 조사자가 순면의 중앙에 대해 직각으로 측정하였다.

레이저 조사시 Target 조직에 대한 조사효

과는 레이저의 파장과 특별한 조직에 대한 특징적인 흡수에 거의 의존한다. 그리고 표면에 방출된 에너지의 양에 따라 영향을 끼치는 다른 레이저 parameter는 출력, 노출시간, pulse과 또는 연속파, Energy 밀도(Joules/cm²)등이며, 모든 조직표면에 조사한 경우 광에너지는 반사, 투과, 산란 또는 흡수되며 이중 조직을 변화시킬 수 있는 것은 대개 열 적 과정을 보이는 흡수된 레이저이다. 이러한 흡수된 레이저는 치수에 열 손상을 가할 위험성이 있다. 역사적으로 처음 치수의 온도상승에 따른 열 적 손상의 측정이 Zach와 Cohen(1965, 1962)⁶⁶⁾에 의해 처음으로 이루어진 이래 치아 경조직에 대한 레이저 처치 후 열의 축적이 우려되는 치수 상태의 측정이 이미 여러 선학들에 의해 보고되어지고 있는데^{10, 21, 28, 34, 47, 51, 54, 59, 60)}, 그중 Adrian등(1971, 1977)⁹⁾에 의하면 Nd 레이저 조사시에는, 루비 레이저보다 2-3배 높은 출력(4, 494-6, 772Joules/cm²)에서도 치수에 덜 손상을 야기함으로 치수는 루비 레이저 보다 Nd 레이저 조사시 손상에 더욱 저항성이 있다고 보고하였다. 현재 연구는 위의 연구들에 근거를 두고 이론적인 안정성의 범위 내에서 10Joules 이하로 사용하며 비가역적인 치수손상을 피하기 위해서는 30 Joules을 넘지 않도록 주장한다. White등(1994)⁶⁰⁾은 0.3-3W, 10-20Hz 출력으로 Pulsed Nd : YAG 레이저를 치근면에 공기 냉각과 함께 조사한 후, 치수내 온도 관찰결과 레이저의 출력, Frequency, 시간에 따라 치수내 온도가 증가하였으며, 잔존 상아질의 두께가 증가함에 따라 치수내 온도는 감소한 반면, 치료시간과 출력, Frequency는 적절한 잔존 상아질 두께를 갖는 경우에는 치수를 실패시킬 정도의 온도상승을 야기시키지 않았음을 보고하였다. 또한 Goodis등(1992)²¹⁾도 발거할 제3대구치에 0.3-3W, 10-30Hz(30-150 mJ/pulse)로 조사한 후 1주후와 1달후 치수전기반응을 측정시, 레이저 조사전에 측정된 원래의 치수전기검사 반응수치와 유사한 정상 생활력 반응을 보였으며 발치후 조직학적 검사시에도 정상소견을 보임을 보고하였다.

이렇듯 여러 보고에서와 같이 Pulsed Nd :

YAG 레이저는 초기 연속적인 파장계에서 열적 한계성(Thermal limitation)을 극복하였으며, 짧은 pulse mode에서 하부조직에 열적효과를 최소화하므로, 본 연구에서도 1.5-3W와 15-30Hz의 출력으로 Pulsed Nd : YAG 레이저를 공기총 냉각과 함께 조사하여 치수에 대해 열 흡수를 가능한 한 최소화하였다.

이러한 Pulsed Nd : YAG 레이저를 이용한 치수의 마취유도는 치수에 열 적 손상이나 혈류에 영향을 주지않고, 국소마취에 비해 마비감이나 마취시 유발통이 없으며, Shock이나 약물과민증이 없는 점을 장점들을 들 수 있는 반면, 마취의 심도가 얕고 치아, 사람에 따라 효과가 좌우되며 장비가 고가인 점을 단점으로 들 수 있다. 그러나 앞으로 좀더 확실한 치수 마취를 유도하며 치수조직에 손상을 가하지 않는 적절한 조사강도와 시간을 밝히고, 유치에 적용한 경우 마취효과의 차이에 대한 객관적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구결과를 토대로 볼 때, Pulsed Nd : YAG 레이저를 조사하지 않은 견치에 비해 레이저 조사 5분 후 평균 치수전기검사 반응수치율 약 32-35% 정도 증가시켜 치수의 동통지각 역치를 상승시킴이 관찰되었으며, 이 술식은 약물에 의한 국소마취술식을 완전히 대체하기에는 어려우나, 아산화질소의 흡입, 전기마취, 비디오나 청음마취법 등과 복합되어 사용될 경우, 러버댐 장착, 초기 치아우식증의 제거나 얇은 와동의 형성 등에 사용될 수 있을 것으로 생각되며, 앞으로 치수마취를 유도하는 좀더 적절한 출력과 조사시간, 레이저 치수마취의 기전, 치수조직에 끼치는 영향 등을 알기 위해서는 더 많은 임상연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

이와같이 현재까지 레이저 조사후 치수마취 유도에 관한 정확한 기전은 알려지지 않았지만, 레이저 조사 후에는 일반적인 국소마취시의 동통이나 마취후의 불편감, 감염 가능성 등의 유발없이 연조직 처치나 보존적인 치료를 시

행할 수 있다고 사료되나 현재 치과임상가에 의해 보고되어 지고 있는 Pulsed Nd : YAG 레이저의 치수마취유도 술식은 각기 다른 출력과 조사방법등을 사용하고 있으므로, 임상적으로 이용하기에 충분하고 객관적인 자료가 미비하다고 사료되는 바 본 연구는 다양한 출력과 조사시간, 조사방법에 따른 치수의 동통역치의 상승효과와 치수마취의 지속시간을 평가하기위해 치수에 자극이 역치에 도달할 때까지 전류를 변화시켜 치아가 이에 반응하는지 여부를 검사하기 위해 고안된 치수전기검사기를 이용하여 레이저 조사전과 후의 치수전기검사 반응수치를 측정하여 레이저 조사에 따른 치수의 동통 역치 상승효과를 판단하였으며, 레이저를 이용한 치수의 마취 유도를 평가하기 위해 건전한 상악하 견치를 모두 가지고 있는 조선대학교 치과대학에 재학중인 학생 90명 중 레이저의 출력과 적용시간에 따른 동통억제효과를 비교하기 위해 60명(비접촉 방식 : 30명, 접촉 방식 : 30명)을 대상으로 상악 우측 견치에 1.5W 15Hz로 1분 30초동안 조사한 경우를 제 I 군, 상악 좌측 견치에 3W 30Hz로 1분 30초동안 조사한 경우를 제II군, 하악 우측 견치에 1.5W 15Hz로 3분간 조사한 경우를 제III군, 하악 좌측 견치에 3W 30Hz로 3분간 조사한 경우를 제IV군으로 하였으며, 레이저의 조사방법에 따른 동통억제효과를 비교하기 위해 30명을 대상으로 1.5W 15Hz의 레이저 출력으로 3분간 상악 우측 견치에 비접촉방식과 하악 우측 견치에는 접촉방식으로 각각 레이저를 조사한 후 레이저의 출력, 조사시간과 적용방법에 따른 레이저 마취유도의 효과와 레이저의 적용방법에 따른 효과를 분석한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 레이저를 조사한 경우, 조사 5분후의 평균 치수전기검사 반응수치는 처치전에 비해 비접촉 적용시에는 32%, 접촉 적용시에는 35%로 각각 증가하였으나($P < 0.05$), 처치전과 조사후 30분, 60분후 치수전기검사 반응수치 비교시 통계학적 유의성은 없었다.

2. 레이저의 출력, Hz, 조사시간등 조사조건에 따른 각 군간의 치수전기검사 반응에서 통계학적 유의성은 없었다.
3. 비접촉방식과 접촉방식등 조사방법에 따른 치수전기검사 반응에서 통계학적 유의성은 없었다.
4. Pulsed Nd : YAG 레이저 적용후 시간의 경과에 따른 평균 치수전기검사 반응수치는 30분 이내에 처치 전 수준으로 회복됨을 보였다.

이상의 결과로 볼 때 Pulsed Nd : YAG 레이저 조사를 하지 않은 견치에 비해 레이저 조사 5분후 평균 치수전기검사 반응수치를 약 32-35% 정도 증가시켜 치수의 동통지각역치를 상승시킴을 보여주었으며, 이러한 레이저의 이용은 향후 치수마취유도를 위해 단독으로 사용하기에는 어렵지만 다른 동통조절 방법과 복합되어 임상에서 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 권훈, 송형근, 이상호 : “저빈도 전기자극이 개의 치아 및 치은에 대한 동통억제효과”, 『대한소아치과학회지』, 제23권 2호 : 525-536, 1996.
2. 김규식, 김명진 : 『치과국소마취학』, 지성출판사, 1971. P 7-19
3. 대한소아치과학회 편 : 『소아치과학』, 개정 1판, 이화출판사, 1990, P 166.
4. 대한치과의사협회 편 : 『치의학용어집』, 아카데미아 출판사, 1996, P 146.
5. 이상호, 이종갑 : “레이저 조사의 치아우식억제효과에 관한 실험적 연구”, 『대한소아치과학회지』, 제18권 2호 : 1-19, 1991.
6. 최용성, 이창섭, 송형근, 이상호 : “전기침이 구강동통에 미치는 영향에 관한 연구”, 『대한소아치과학회지』, 제23권 3호 : 717-728, 1996.
7. 한강석, 이상호 : “전기마취가 치아 및 치은조직의 동통억제에 미치는 영향에 관한

- 연구”, 『대한소아치과학회지』, 제22권 1호 : 85-96, 1995.
8. Abdel, M.H., Kennedy, J.G. : “The effect of rate of increase of electrical current on the sensation threshold of teeth”, *J. Dent. Res.*, 66(3) : 799-801, 1987.
 9. Adrian, J.C., Bernier, J.L. : “Laser and the dental pulp”, *J.A.D.A.*, 83 : 113-117, 1971.
 10. Adrian, J.C., Washington, M.S. : “Pulp effects of Neodymium laser”, *Oral Surg.*, 44 (2) : 301-305, 1977.
 11. Bjorn, H. : “Electrical excitation of teeth”, *Swed. Dent. J.*, 39(6) : 100-107, 1946.
 12. Bourne, J.G., Drummond-Jackson, S.L. : “Anesthesia for the ambulant patient” *Brit. Dent. J.*, 116 : 15-25, 1964.
 13. Civjan, S., Barone, J.J. : “Electric pulp vitality testers”, *J. Dent. Res.*, 52 : 120-126, 1973.
 14. Cobb, C.M., McCawley, T.K. : “A preliminary study on the effects of the Nd : YAG laser on root surfaces and subgingival microflora in vivo”, *J. Periodontol.*, 63 : 701-707, 1992.
 15. Dreven, L.J., Beck, F.M. : “An Evaluation of an electric pulp tester as a measure of analgesia in human vital teeth”, *J. Endod.*, 13(5) : 233-238, 1987.
 16. Frank, B. : “Reproducibility of data from a hand-held digital pulp tester used on teeth and oral soft tissue”, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 72 : 103-108, 1992.
 17. Fowler, B.O., Kuroda, S. : “Changes in heated and in laser-irradiated human tooth enamel and their probable effects on solubility”, *Calcif. Tissue Int.*, 38 : 197-208, 1986.
 18. Goldman, L., Gray, J.A. : “Effects of laser beam impacts on teeth”, *J.A.D.A.*, 70 : 601-606, 1965.
 19. Gold, S.I., Vilardi, M.A. : “Pulsed laser beam effects on gingiva” *J. Clin. Periodontol.*, 21 : 391-396, 1994.
 20. Goodis, H.E., White, J.M. : “Absence of pulpal response from Nd : YAG laser exposure on enamel”, *J. Dent. Res.*, 71 (AADR Abst) : 162, 1992.
 21. Goodis, H.E., White, J.M. : “Effects of the Nd : YAG laser on Dentin permeability”, *J. Dent. Res.*, 71(AADR Abst) : 162, 1992.
 22. Grossweiner, L.I. : “Modeling of tissue heating with a pulsed Nd : YAG laser”, *Lasers-Surg. Med.*, 10 : 295-302, 1990.
 23. Kinersly, T., Jarabak, J.P. : “Laser and teeth” *N.Y. State D.J.*, 32 : 56-58, 1966.
 24. Kinersly, T., Jarabak, J.P. : “Laser effects on tissue and materials related to dentistry” *J.A.D.A.*, 70 : 593-660, 1965.
 25. Launay, Y., Mordon, S. : “Thermal effects of lasers on dental tissues”, *Lasers-Surg. Med.*, 7 : 473-477, 1987.
 26. Lin, S.F., Rymer, W.Z. : “Effect of pulsed lasers on neural conduction and axoplasmic transport in sensory nerves”, In : Atsumi, K. : “Laser surgery : avanced characterizations, therapeutics and systems”, 2nd ed. Bellingham : SPIE, 319-333, 1990.
 27. Luke, T.D. : “Anesthesia in dental surgery”, New York : Rebman, 30-57, 1903.
 28. Maiman, T.H. : “Stimulated optical radiation in ruby”, *Nature*, 187 : 493, 1960.
 29. Mannerberg, F., Kantola, S. : “Laser-induced effects on tooth structure”, *Acta Odont. Scan.*, 27 : 173-179, 1969.
 30. McDaniel, K.F., Rowe, N.H. : “Tissue response to an electric pulp tester”, *J. Prosthet. Dent.*, 29 : 84-87, 1973.
 31. Melcer, J. : “Latest treatment in dentistry by means of the CO2 laser beam”, *Lasers-Surg. Med.*, 6 : 396-398, 1986.
 32. Melcer, J., Chaumette, M.T. : “Prelimi-

- nary report on the effect of the CO₂ laser beam on the dental pulp of the Macaca Mulatta primate and the Beagle dog", *J. Endod.*, 11(1) : 1-5, 1985.
33. Mridha, M. : "Lasers in dentistry", *Br. Dent. J.*, 11 : 343-346, 1991.
 34. Miserendino, L.J., Neilburger, E.J. : "Thermal Effects of continuous wave CO₂ laser exposure on human teeth : in vitro study", *J. Endod.*, 15(7) : 302-305, 1989.
 35. Miserendino, L.J., Pick, R.M. : "Lasers in dentistry", 1st ed. Quintessence, Chicago, 199-216, 1995.
 36. Miserendino, L.J., Levy, G.C. : "Effects of Nd : YAG laser on the permeability of root canal wall dentin", *J. Endod.*, 21(2) : 83-87, 1995.
 37. Mumford, J.M. : "Path of direct current in electric pulp testing using one coronal electrode", *Br. Dent. J.*, 106 : 23-26, Jan 6, 1959.
 38. Mumford, J.M., Bjorn, H. : "Problems on electric pulp testing and dental algometry", 12(2) : 161-179, 1961. *Int. dent. J.*, 12(2) : 161-179, 1962.
 39. Mumford, J.M. : "Pain perception threshold and adaptation of normal human teeth", *Archs. Oral Biol.*, 10 : 957-958, 1965.
 40. Mumford, J.M. : "Pain perception threshold on stimulating human teeth and the histological condition of the pulp", *Br. Dent. J.*, 7 : 427-433, 1967.
 41. Myers, T.D., Myers, W.D., : "The use of a laser for debridement of incipient caries", *J. Prost. Dent.*, 53(6) : 776-779, 1985.
 42. Myers, T.D., McDaniel, J.D. : "The pulsed Nd : YAG laser : Review of clinical applications", *CDA Journal*, 19(11) : 25-29, 1991.
 43. Nelson, D.G.A., Shariati, M. : "Effects of pulsed low energy infrared laser irradiation on artificial caries-like lesion formation", *Caries Res.*, 20 : 288-299, 1986.
 44. Nelson, D.G.A., Jongebloed, W.L. : "Laser irradiation of human dental enamel and dentin", *NZ Dent. J.*, 82 : 74-77, 1986.
 45. Palanco, D., Martelli, M. : "A clinico-statistical investigation of laser effect in the treatment of pain and dysfunction of T.M. J., *MIR*, 2(Feb.) : 21, 1985.
 46. Parkins, F., Miller, R. : "Nd : YAG laser analgesia of dentin", *J. Dent. Res.*, 71 : 162, 1992.
 47. Powell, G.L., Morton, T.H. : "Pulpal response to irradiation of enamel with continuous wave CO₂ laser", *J. Endod.*, 15(12) : 581-583, 1989.
 48. Quarnstrom, F.C. : "Electrical anesthesia", *Cali. Dent. Asso. J.*, Dec. : 33-39, 1988. Topazian, R.G. : "Pain thresholds and factors which modify them", *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 10(11) : 1192-1203, 1957.
 49. Tseng, P., Gilkeson, C.F. : "The effects of Nd : YAG laser treatment on subgingival calculus in vitro", *J. Dent. Res.*, 70(AADR Abst) : 657, 1991.
 50. Stanley, F.M. : "Hand book of anesthesia", 2nd ed., Mosby co. 230, 1986.
 51. Shoji, S., Nakamura M. : "Histopathological changes in dental pulps irradiated by CO₂ laser : A preliminary report on laser pulpotomy", *J. Endod.*, 11(9) : 379-384, 1985.
 52. Stern, R.H., Sognaes, R.F. : "Laser effect on in vitro enamel permeability and solubility", *J.A.D.A.*, 73 : 838-843, 1966.
 53. Stern, R.H., Reider, F. : "Laser beam effect on dental hard tissues", *J. Dent. Res.*, 43(5) (IADR Abst) : 873, 1964.
 54. Stern, R.H., Renger, H.E. : "Laser effect on vital dental pulps", *Br. Dent. J.*, 127 :

- 26-28, 1969.
55. Stewart, L., Powell G.L. : "Hydroxyapatite attached by laser : a potential sealant for pits and fissures", *Oper. Dent.*, 10 : 2-5, 1985.
 56. Taylor, R., Shklar, G. : "The effects of laser radiation on teeth, dental pulp, and oral mucosa of experimental animals", *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 19(6) : 786-795, 1965.
 57. Weichman, J.A., Johnson, F.M. : "Laser in Endodontics", *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 34(5) : 828-830, 1972.
 58. White, J.M., Goodis, H.E. : "Use of the pulsed Nd : YAG laser for intraoral soft tissue surgery", *Lasers-Surg. Med.*, 11 : 455-461, 1991.
 59. White, J.M., Goodis, H.E. : "Effects of pulsed Nd : YAG laser energy on human teeth", *J.A.D.A.*, 124 : 45-51, 1993.
 60. White, J.M., Fargan, M.C. : "Intrapulpal temperature during pulsed Nd : YAG laser treatment of dentin, in vitro", *J. Periodontol.*, 65 : 255-259, 1994.
 61. Whitters, C.J., Hall, A. : "A clinical study of pulsed Nd : YAG laser induced pulpal analgesia", *J. Dent.* 23 : 145-150, 1995.
 62. Willenborg, G.C. : "Dental laser applications", *Lasers-Surg. Med.*, 9 : 309-313, 1989.
 63. Yamamoto, H., Ooya, K. : "Potential of yttrium aluminum garnet laser in caries prevention", *J. Oral Pathol.*, 3 : 7-15, 1974.
 64. Yamamoto, H., Sato, K. : "Prevention of dental caries by acousto-optically Q-switched Nd : YAG laser irradiation", *J. Dent. Res.*, 59(2) : 137, 1980.
 65. Yamamoto, H., Sato, K. : "Prevention of dental caries by Nd : YAG laser irradiation", *J. Dent. Res.*, (59) D11 : 2171-2177, 1980.
 66. Zach, L., Cohen, G. : "Pulp response to externally applied heat", *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 19(4), 515-530, 1965.
 67. Zhou, Y.C. : "An advanced clinical trial with laser acupuncture anesthesia for minor operations in the oro-maxillary region", *Lasers-Surg. Med.*, 4(3) : 297-303, 1984.
 68. Ziskin, D.E., Wald, A. : "Observation on electrical pulp testing", *J. Dent. Res.*, 17(2) : 79-89, 1938.
 69. 松本光吉. : 『Color Atlas 치과용 레이저의 임상증례』, 지성출판사, P 14-19, 1994.