

2007년 2월

2007년 2월
석사학위논문

석사학위논문

저출력 레이저가 백서의 교정적 치아이동에 미치는 영향

저출력 레이저가
백서의
교정적
치아
이동에
미치는
영향

조선대학교 대학원

치의학과

황국현

황
국
현

저출력 레이저가 백서의 교정적 치아이동에 미치는 영향

Effects of Low Energy Laser Irradiation on
Experimental Tooth Movement in Rats

2007년 2월 일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

황 국 현

저출력 레이저가 백서의 교정적 치아이동에 미치는 영향

지도교수 김 광 원

이 논문을 치의학 석사학위 신청논문으로 제출함.

2006년 10월 일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

황 국 현

황국현의 석사학위 논문을 인준함.

위원장 조선대학교 교수 임 성 훈 인

위 원 조선대학교 교수 김 광 원 인

위 원 조선대학교 교수 김 흥 중 인

2006년 11월 일

조선대학교 대학원

목 차

표목차	ii
도목차	ii
영문초록	iii
서론	1
연구재료 및 방법	1
연구성적	5
총괄 및 고찰	9
결론	11
참고문헌	13

표 목 차

Table 1. Specification of Dens Bio Laser.	2
Table 2. Classification of rats by day.	3
Table 3. Multi-variative Analysis between investigator.	5
Table 4. Method error by investigator.	5
Table 5. Mean tooth movement value of maxillary 1st molar.	6

도 목 차

Fig 1. Dens Bio Laser.	2
Fig 2. Model fabricated from rat.	3
Fig 3. Schematic diagram of tooth movement appliance.	3
Fig 4. Mean tooth movement distance value during the experimental period.	6
Fig 5. Microphotographs of the periodontal tissue of experimental group (day 8).	7
Fig 6. Microphotographs of the periodontal tissue of the control group (day 8).	8
Fig 7. Microphotographs of the tooth of the both group (day 26).	8

ABSTRACT

Effects of Low Energy Laser Irradiation on Experimental Tooth Movement in Rats

Kuk-Hyun Hwang, DDS
Advisor: Prof. Kwang-Won Kim, DDS, MSD, PhD
Department of Dentistry,
Graduate School of Chosun University

Low energy laser irradiation can accelerate wound healing, differentiation of the fibroblast and chondroblast, collagen synthesis, and neural regeneration. If the bone remodelling could be promoted by the laser irradiation, orthodontic treatment period would be shortened due to the increased tooth movement rates. The purpose of this study was to investigate the effect of the low energy laser (904nm, Ga-As) irradiation on the first molar movement in rats.

Eleven Sprague-Dawley rats were used in this study. NiTi closed coil spring was attached to the maxillary first molar and connected to the incisor for the application of the continuous orthodontic forces. The control group only received mechanical activation of the molar teeth. On the other hand, the experimental group received the same mechanical activation and was also irradiated with low energy laser (Ga-As, 60Hz) everyday for 4 minutes. On the 1, 5, 8, 12, and 26th day, the orthodontic appliance was removed and then dental model was made. The tooth movement distance was measured on the study model each day. The results were as follows:

1. The first molar receiving low energy laser(904nm, Ga-As) as well as orthodontic forces showed much more moving rates than the control group which only received orthodontic forces.
2. The difference of tooth movement distance between control and experimental group was significant until 8th day but not clear from 12th day to 26th day.
3. When the tissue samples from control group and experimental group were compared at 8th day, there was significant difference between the two groups. However at 26th day, no significant difference existed between them.

Because the effect of the low energy laser was high at the early stage of

orthodontic treatment, the use of Ga-As low energy laser could diminish the treatment period in especially minor tooth movement.

서 론

교정치료에서 치아이동은 교정력이 적용되는 치주조직 반응 중 치조골의 개조와 밀접한 관련이 있다¹. 만약 치조골의 개조 속도를 증가시킬 수 있다면, 치아이동 속도가 증가되어 전체 치료 기간을 줄일 수 있을 것이다. 이를 위한 방법으로 Prostaglandin E₂², 1,25-(OH)₂D₃³, PTH⁴를 치아주위에 직접 주사하거나 전기 자극⁵이나 초음파를 적용하는 방법⁶ 등이 제시되고, 치아이동에 억제적인 역할을 하는 섬유를 제거하는 supracrestal gingival fiberotomy⁷ 등이 보조적인 수단으로 병용하는 방법이 제시되고 있다. 하지만 Prostaglandin E₂ 주사는 국소적인 통증을 야기하거나 심한 치근흡수를 일으킬 수 있으며², 1,25-(OH)₂D₃나 PTH의 주사는 치아이동 및 골개조 영역에만 국한하지 않고 전신적으로 반응을 일으킬 수 있기 때문에 주의해야한다^{3,4}. 또한 전기 자극이나 초음파 적용을 위해서는 고가의 장비를 추가로 구입해야 하는 부담이 있으며^{1,5,6}, 치은섬유 절제술의 경우 환자에게 외상을 가해야하는 단점이 있다⁷.

최근에는 저출력 레이저를 이용한 연구가 활발히 이루어지고 있다. Trenelles 등⁸은 He-Ne 저출력 레이저를 쥐의 골절된 경골에 조사했을 때 새로운 골 형성이 빨리 일어난다고 보고하였으며, Luger 등⁹은 새로운 골의 형성 기간 동안 저출력 레이저를 조사할 때 골의 기계적인 성질이 향상된다고 하였다. Saito 등¹⁰은 쥐의 midpalatal suture의 확장 실험에서 저출력 레이저를 조사한 쥐가 그렇지 않은 쥐에 비해 20~40%의 빠른 골 형성 속도를 보인다고 하였다. 이러한 연구 결과는 저출력 레이저의 조직반응 촉진 효과에 기인한 것으로 생각된다. 상처 치유, 섬유모세포와 연골세포의 분화, 교원질의 합성 및 신경재생 촉진 효과¹¹⁻¹⁵가 그 예이다. 이런 효과들을 살펴보면, 교정치료에 저출력 레이저를 적용했을 경우 치아이동시 골의 개조 반응도 촉진시킬 것으로 생각된다.

또한 저출력 레이저는 동통완화¹⁶ 및 창상치유 촉진¹²⁻¹⁵, TMD 질환의 치료¹⁷ 등 교정영역 이외의 치과영역에서 다양하게 이용되고, 그 적용 방법이 비교적 간단하며 비용이 저렴¹⁸하다는 장점을 가지고 있기에 매우 유용할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 저출력 레이저의 생물학적 촉진 효과가 치주조직에도 동일하게 적용되어 치아이동에 영향을 주는지 알아보기 위해 교정적으로 이동 중인 백서의 치아 주위에 Ga-As를 매질로 하는 904nm의 저출력 레이저를 조사하여 치아이동 거리의 변화를 관찰하였다.

연구재료 및 방법

1. 연구재료

백서

체중 240gm 전후의 웅성 Sprague-Dawley계 백서 11마리를 실험동물로 사용하였다.

레이저

Gallium Arsenide(Ga-As)를 매질로 하는 904nm의 저출력 레이저인 Dens-Bio Laser[®](TMC. Korea)를 사용하였다(Table 1, Fig 1).

Table 1. Specification of Dens Bio Laser.

Laser medium	Diode (Ga-As)
Wave-length	904nm(Infrared)
Laser-energy	27mW-27W
Laser-type	Pulsation
Frequency-range	5-10,000Hz
Power density	90J/Cm ²



Fig 1. Dens Bio Laser.

2. 군의 분류

백서를 5개의 집단으로 각각 분류하였다(Table 2). 실험군은 교정적 치아이동 장치를 장착하고 Ga-As 저출력 레이저를 조사받은 백서의 상악 우측 제1대구치로 하였고, 대조군은 교정적 치아이동 장치만 장착하고 Ga-As 저출력 레이저를 조사받지 않은 상악 좌측 제1대구치로 하였다.

Table. 2 Classification of rats by day.

day	number of rat
1	1
5	2
8	2
12	1
26	5

3. 치아이동 장치 장착

실험동물에게 럼퐁(Bayer, 0.1mg/Kg)과 케타민(유한양행, 10mg/kg)을 1:3 비율로 혼합해 복강 내 주사해 마취시켰다. 0.8mm 스테인리스강 와이어로 각각 백서의 구강형태에 맞게 individual tray를 제작한 다음, 여기에 인상재(Exafine[®], GC Co. Japan)를 담아서 백서의 구강인상을 채득하였다. 이 인상체에 치과용경석고(MG Crystal Rock[®], Maruishi Gypsum Co. Japan)를 부어서 교정적 치아이동 이전의 치아간 거리를 계측을 위한 구강모델을 제작하였다(Fig 2). 인상을 채득한 뒤, 상악 양측 제1대구치를 전방 견인하기 위하여 직경 0.008" 결찰선을 상악 제1대구치와 제2대구치의 인접면 부위에 삽입하여 상악 제1대구치의 치경부를 환상으로 둘러싸고 Black NiTi closed coil spring (Sentalloy[®], Tomy Co. Japan)에 연결하였다. 상악 제1대구치에 연결된 Niti closed coil spring은 동일 규격의 결찰선을 이용하여 다시 중절치에 연결하였다. 이때 연결된 NiTi closed coil spring의 힘은 tension gauge로 측정하여 좌, 우측 모두 동일하게 30gm이 되도록 조절하였고 결찰선은 구개, 협점막, 혀 등의 연조직에 자극을 주지 않도록 끝부분을 조정하였다. 이후 광중합레진(Ultradent[®] LC Block-Out Resin, Ultradent Inc. USA)을 추가적으로 결찰선 위에 중합하여 치아이동 중 결찰선이 제1대구치에서 탈락되지 않도록 하였다(Fig 3).



Fig 2. Model fabricated from Rat.

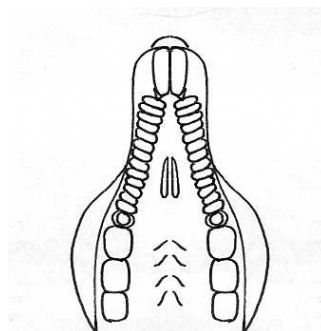


Fig 3. Schematic Diagram of orthodontic appliance.

4. 레이저 조사

실험군인 백서의 상악 우측 제1대구치에 Ga-As 904nm 저출력 레이저로 치아 주위에 4mm²의 광조사 팁으로 매일 4분씩 27mW, 60Hz로 조사하였다. 이때 레이저의 power density는 2.7J/Cm²로 조정하였다. 이때 대조군인 상악 좌측 제1대구치에는 레이저가 조사되지 않도록 은박지로 상악 좌측 대구치들을 가렸으며 레이저 조사 시에는 백서의 행동조절을 위해 케타민(10mg/kg)을 투여하였다. 대조군은 저출력 레이저를 조사하지 않고 Black NiTi closed coil spring으로 동일한 교정력만을 가하였다. 이후 백서들에게 모두 동일한 환경조건을 제공하고 유동식의 사료를 공급하였다.

5. 치아이동 거리 측정 및 분석

교정력을 적용한 뒤 1일, 5일, 8일, 12일, 26일에 각각 백서를 희생시킨 후 치아이동 장치를 제거한 후 구강인상을 채득하고, 경석고모델을 제작하였다. 모델의 바닥면을 백서의 교합면에 평행하도록 연마한 후 공구현미경(TM510 176-812 Mitutoyo Co. Japan)을 이용하여 상악 제1대구치와 제2대구치 사이의 거리를 측정하였다. 이후 치아이동 장치 장착 전에 제작한 구강모델에서의 치아사이의 거리와 치아이동 후의 치아간 거리를 비교하여 상악 제1대구치의 실제적인 이동 거리를 확인하고 실험군과 대조군의 이동 거리를 비교하였다.

측정의 객관성을 위해 2인의 검사자가 각각 2회씩 치아사이의 거리를 측정하였다. 이후 측정치에 대한 두 사람에 따른 유의한 차이가 있는지 통계적으로 확인하였고, 또한 측정치에 대해서 Dahlberg's formula를 이용하여 분석하였다. 날짜에 따른 실험군과 대조군의 치아이동거리 차이의 유의성은 paired *t*-test를 이용하여 분석하였다.

$$\text{Dahlberg's formula : } Me = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

(d:differance of result, n:number of sample which was measured again and again)

6. 조직학적인 관찰

실험 8일과 26일에 인상을 채득한 백서를 관류고정법으로 희생시킨 후 4% paraformaldehyde에 고정시키고 10% EDTA + 1% paraformaldehyde에 탈회시켰다. 이후 알콜로 탈수시켜 paraffin에 포매하고, 6 μ m 두께로 근원심 방향으로 절편을 제작하였다. H-E염색을 시행하고 광학현미경에서 조직을 관찰하였다.

연구성적

1. 조사자간의 치아이동 거리 측정에 대한 오차

조사자간의 측정 오차는 Wilks의 람다 방법을 통한 다변량 검정을 시행하였다. 그 결과 조사자간의 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3). 그리고 계측치에 대한 Dahlberg's formula에 따른 수치분석 결과 계측치는 신뢰할 만한 수준이었다(Table 4).

Table 3. Multi-variate Analysis between investigator

Method of analysis	level of significance
Lamda of Wilks	0.378
p<0.05	

Table 4. Method error by investigator

	irradiation(mm)	non-irradiation(mm)
pre-loading	0.0289788	0.268428
post-loading	0.0609116	0.042373

2. 실험군과 대조군간의 치아이동 거리의 비교

실험동물의 날짜 별 치아이동 거리는 아래와 같다(Table 5). 실험군과 대조군의 치아이동 거리의 평균값을 시간에 따라 도표로 작성하였다(Fig 6). 그 결과 전체적으로 실험군이 대조군에 비해 치아이동 거리가 큰 것을 확인할 수 있었다. 시간에 따른 치아이동 거리에 대해 paired t-test로 검증한 결과 5일, 8일, 26일에 실험군과 대조군 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 확인되었다(Fig 4).

Table 5. Mean tooth movement value of maxillary 1st molar

day	rat	tooth movement		
		irradiation(mm)	non-irradiation(mm)	difference(mm)
1	1	0.155	0.062	0.093
5	5-1	0.338	0.215	0.123
	5-2	0.328	0.193	0.135
8	8-1	0.751	0.183	0.568
	8-2	0.787	0.207	0.580
12	12	0.968	0.528	0.440
	26-1	1.385	0.830	0.555
	26-2	1.185	1.005	0.180
26	26-3	1.365	0.898	0.467
	26-4	1.415	0.865	0.550
	26-5	1.320	1.018	0.302

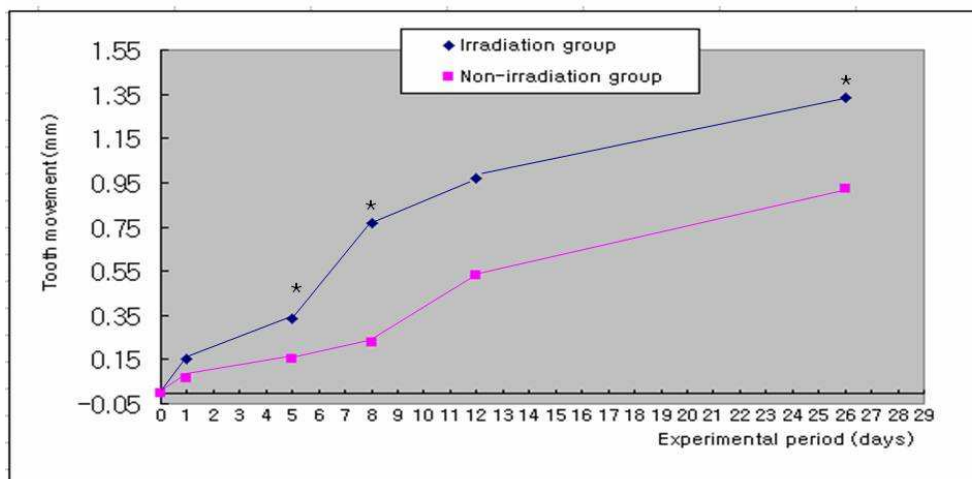


Fig 4. Mean tooth movement distance value during the experimental period.

*: $p < 0.05$

3. 조직학적 관찰

실험 8일의 실험군의 조직(Fig 5A)에서 인장측에서는 치아장축에 수직적인 치주인대 섬유질의 재배열(Fig 5B)이 잘 나타나고 있는 반면, 대조군의 조직(Fig 6A)에서는 실험군에 비해 골개조 현상과 세포의 재배열이 상대적으로 덜 뚜렷하였다(Fig 6B). 그리고 실험 26일째 실험군과 대조군의 표본(Fig 7)에서는 두 군간의 조직 소견상 8일의 조직 표본에 비해 큰 차이가 없는 것으로 관찰되었다.

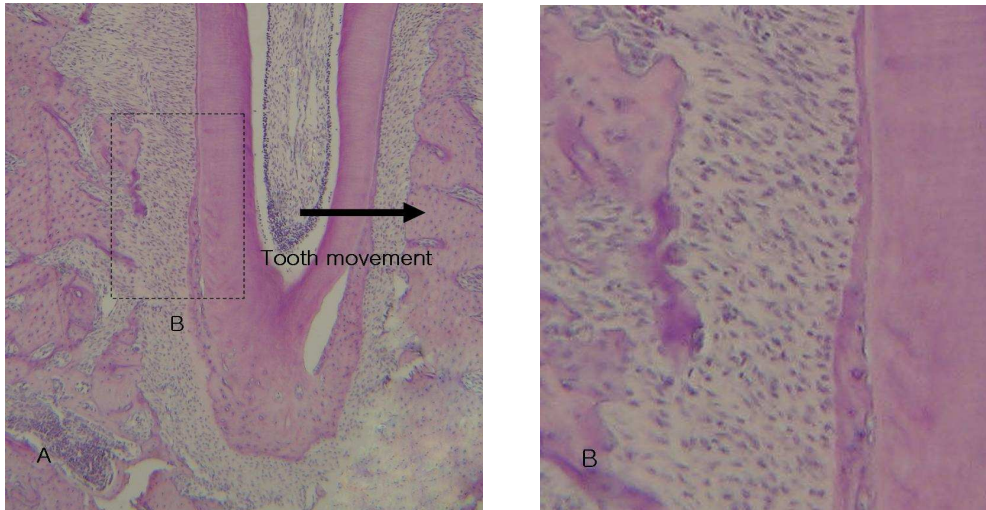


Fig 5. Microphotographs of the periodontal tissue of experimental group (day 8). H-E stain. **A**, Distal root of the maxillary 1st molar (X 40). arrow indicates the direction of tooth movement. **B**, Tension side (X 200). : elongated periodontal fiber perpendicular to the tooth long axis.

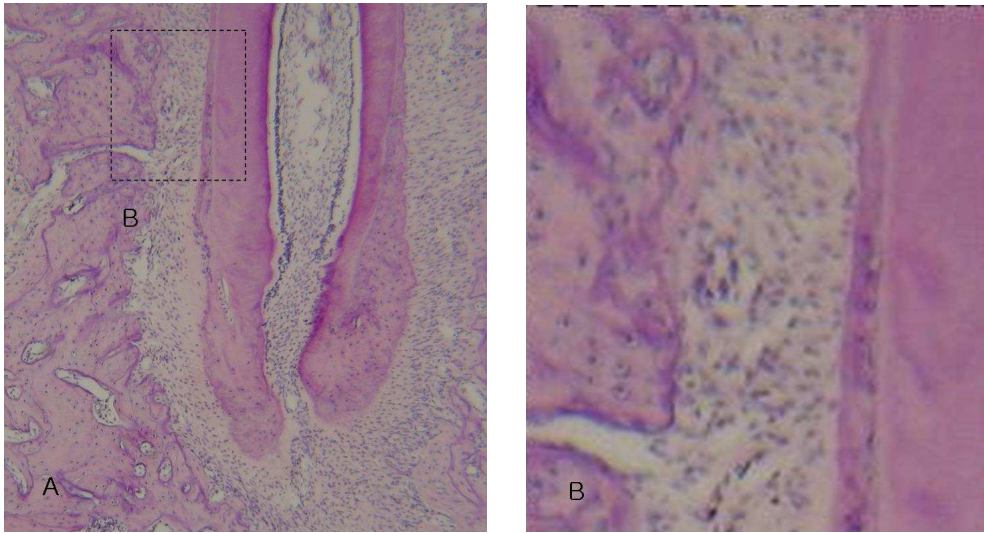


Fig 6. Microphotographs of the periodontal tissue of the control group (day 18). H-E stain. **A**, Distal root of the maxillary 1st molar (X 40). **B**, Tension side (X 200). Periodontal fiber arrangement was not distinct.

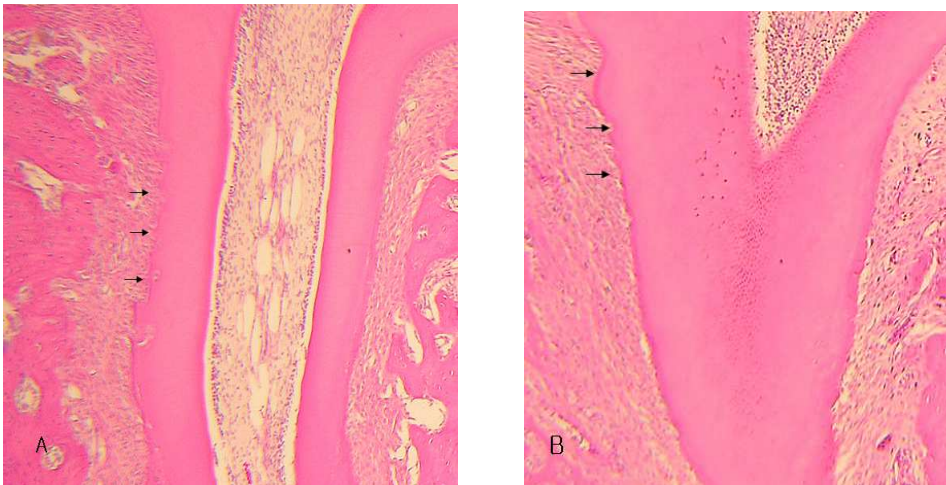


Fig 7. Microphotographs of the periodontal tissue of the both group (day 26). H-E stain. **A**, Experimental group. root of the maxillary 1st molar (X 40). **B**, Control group. root of the maxillary 1st molar (X 40). arrow indicates the root resorption

총괄 및 고찰

레이저(laser)란 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation의 약어로서 물질에서 원자가 유도 방출되어 높은 에너지 수준에서 낮은 에너지 수준으로 떨어질 때 그 에너지의 차이가 빛으로 발진되는 것을 증폭시킨 것이다¹⁹. 레이저는 출력에 따라 저출력과 고출력 레이저로 나누어지는데, 치과영역에서는 치아의 삭제나 연조직의 절제와 같은 경우에 고출력 레이저가 사용되며, 연조직 병소치료나 발치 후 동통완화 및 상처치유, TMJ의 물리치료 등에 저출력 레이저가 사용되고 있다^{11-16,18,19}.

레이저에 대한 생체조직의 반응은 레이저의 power density와 pulse duration에 따라 photoelectrical response, photomechanical response, photothermal response, photochemical response로 분류된다^{10,11}. 이전의 연구를 살펴보면, Mester¹², Kami¹³는 저출력 레이저의 조사는 주로 혈관생성에 대한 자극 효과가 크고 상피세포의 증식과 염증반응의 조기소실 및 섬유아세포의 교원질생성 촉진 효과가 있다고 했다. Tang 등¹⁴과 이 등¹⁵은 골절의 치유 과정에 저출력 레이저를 조사하면 혈병의 흡수가 촉진되고 증가된 신생 모세혈관으로 혈액이 왕성하게 공급될 수 있으며, 칼슘의 축적이 빨라지고 섬유아세포 및 연골세포의 활성이 증가된다고 하였다. 또한 파골세포가 조기 출현하여 결과적으로 골조직의 재형성이 촉진되었다고 보고하였다. 그리고 Ozawa 등²⁰은 저출력 레이저가 특히 골모세포의 초기 분화를 촉진시키는 효과가 있다고 하였다. 동물실험에서는 Trenchelles 등⁸은 He-Ne 저출력 레이저를 쥐의 골절된 경골에 조사했을 때 골세포의 활성화와 증가된 혈액 순환으로 인해 새로운 골의 형성이 빨리 일어났다고 하였다. Luger 등⁹은 골모세포의 분화와 증식 그리고 이들 세포간 물질의 변화로 인해 저출력 레이저를 조사할 때 새로 형성된 골의 기계적인 성질이 향상된다고 하였다. 본 연구에 사용된 Ga-As 저출력 레이저는 골절이나 발치창의 치유 촉진, 연조직 병소의 치료 목적으로 사용되는 저출력 레이저로서 photothermal response와 photochemical response를 유발하며, 이 레이저를 골절이나 발치창 부위에 조사할 경우 해당 조직에서 신생 모세혈관의 증식이 나타나고, 파골세포 및 조골세포 활성화가 나타나게 되어 전반적으로 활발한 골개조를 일으킨다고 보고되었다.¹¹⁻¹⁵.

실험에 사용한 백서의 분류는 Kawasaki 등¹의 12일 동안 쥐에게 저출력 레이저를 조사한 실험에서 저출력 레이저의 효과가 레이저 조사 후 4일까지 크게 나타났고, 5일부터 12일까지는 효과가 크게 감소한다는 점을 참고로 하였다. 따라서 본 실험에서는 초기의 저출력 레이저의 효과를 알아보기 위해 1일과 5일에 치아이동 거리를 측정하였고, 이후 레이저의 효과가 감소될 것으로 예상되는 8일과 12일에 치아이동 거리를 측정하였다. 마지막으로 사람의 견치에 저출력 레이저를 조사한 Delma 등¹⁸의 실험에서 저출력 레이저 조사를 시행한 지 26일 이후 레이저의 효과가 거의 나타나지 않는 점을 관찰하고 26일에 백서의 치아이동 거

리를 측정하였다.

치아에 가해지는 교정력을 살펴보면, Oppenheim과 Schwartz²¹는 치근막의 모세혈관압에 해당하는 교정력이 가장 효율적인 조직반응을 유발하므로 치근표면 1cm²당 20-26gm의 교정력이 적당하다고 하였다. 치아이동을 위해 쥐를 이용한 실험에서 Wald²²는 80-120gm, 임 등²³은 60gm, Kawasaki 등¹은 10gm, 허 등²⁵은 30gm의 힘을 적용하였다. 그리고 이 등²⁴은 Guinea pig에서 치아이동을 위해 35gm의 교정력을 적용하였다. 본 실험에서는 가장 유사한 조건에서 실험을 한 허 등²⁷의 연구를 참고하여 30gm의 힘을 치아이동을 위해 사용하였다.

저출력 레이저의 조사 기간은 Kawasaki 등¹은 쥐의 치아에 12일 동안 매일 조사하였고, Delma 등¹⁸은 사람의 치아에 약 30일 동안 매일 조사하였다. 본 연구에서는 백서에게 매일 26일 동안 레이저를 조사하였다. 그리고 레이저 조사량에 대해 살펴보면 Ga-Al-As 저출력 레이저를 사용한 이전의 연구^{1,10,20}에서는 레이저의 출력 mode를 continuous mode로 설정하여 실험하였지만 본 연구에 사용된 Ga-As 저출력 레이저는 pulse mode로 고정되어 있기에 조직에 조사되는 시간을 조절하여 전체적인 조사량을 조정하기로 하였다. 피부에 조사되는 레이저의 경우 원래 강도(intensity)의 3-5%까지 energy level이 감소하게 된다²⁶ 또한 레이저를 Pulse mode로 놓고 조사하는 경우 continuous mode와는 달리 조사량의 약 1-3%만이 실제로 작용을 한다¹⁹. 따라서 pulse mode로 놓고 continuous mode와 동일한 레이저 조사의 효과를 얻으려면 조사시간을 continuous mode보다 더 길게 해주어야 한다. 그리고 골치유와 같은 생물학적 자극 효과는 해당 조직에 조사되는 레이저의 조사량에 의존하지만 아직까지 최상의 조사량 수치는 제시되지 않고 있으며, 다만 적외선의 경우 가시광선에 비해 그 침투량이 높은 것으로 보고되었다²⁷. 실험에 사용된 레이저 조사량을 살펴보면 Luger 등⁹은 쥐의 골절 치유를 위해 632.8nm의 He-Ne 저출력 레이저를 골절 부위를 따라서 35mW로 30분간 조사하였으며, Delma 등²⁰은 사람의 견치주위에 780nm의 Ga-Al-As 저출력 레이저를 20mW로 100초 동안 4mm²의 면적을 가진 광조사 팁을 이용하여 5J/cm²의 power density로 조사하였다. Kawasaki 등¹은 쥐의 치아 주위에 830nm의 Ga-Al-As 저출력 레이저를 9분간 35.3 W/cm으로 적용하였으며, 장 등²⁷은 904nm의 Ga-As 저출력 레이저를 쥐의 치아주위에 14mW, 47.5Hz로 4분간 조사하였다. 본 연구에서는 904nm Ga-As 저출력 레이저로 4mm²의 광조사 팁을 이용하여 치아주위에 27mW, 60Hz로 4분씩 조사하여 power density는 2.7J/Cm²가 되도록 조정하였다.

치아사이거리 측정은 기존 연구에서는 16배 배율의 사진이나 디지털캘리퍼^{1,18}를 이용하여 시행하였으나, 본 실험에서는 30배율의 확대 측정이 가능한 공구현미경을 이용하여 치아이동 거리를 측정하였다.

본 실험에서 904nm의 Ga-As 저출력 레이저를 매일 4분씩 조사한 결과 실험군에서 대조군에 비해 시간에 관계없이 치아이동 거리가 더 많았다. 이 결과는

Saito 등¹⁰의 쥐의 midpalatal sutures의 확장 실험에서 저출력 레이저를 조사한 실험군이 그렇지 않은 대조군에 비해 20~40% 빠른 골개조 속도를 보이고, Kawasaki 등¹의 저출력 레이저를 조사한 쥐의 치아가 그렇지 않은 치아보다 30% 정도 빠른 치아이동 속도를 보인다는 연구결과와 유사하다.

날짜별 치아이동 거리의 차이에 대해 살펴보면, 실험 후 8일까지는 실험군과 대조군의 치아이동 거리의 차이가 증가했지만 12일에서 26일까지는 거의 일정한 것을 확인할 수 있었다. 이점을 볼 때, Ga-As 저출력 레이저는 교정력을 적용한 8일까지는 효과가 있는 것으로 생각되며, 이후에는 그 효과가 감소된다고 생각할 수 있다. 이는 Delma 등¹⁸의 인간의 견치에 교정력을 적용하고 저출력 레이저를 조사한 경우 레이저를 조사한 치아이동 속도가 초반에 빠르게 나타난다는 결과와 유사했다. 또한 Kawasaki 등¹의 Ga-Al-As 저출력 레이저 조사가 쥐의 치아이동 중 초반에만 큰 효과가 있었던 결과와도 유사했다. 이런 결과는 Ozawa 등²⁰의 골모세포의 증식 실험에서 확인할 수 있었던 것처럼 저출력 레이저의 효과는 골모세포의 분화 및 증식기간 중 초반에만 크게 영향을 준다는 실험결과에 부합되며, 면역학적으로도 저출력 레이저 조사시 창상치유 효과가 초반에 유효하다는 내용과도 일치한다²⁸.

전반적으로 본 실험에서 나타난 결과들은 Ga-Al-As를 매질로 하는 저출력 레이저의 실험결과들과 매우 비슷했다. 하지만 Ga-Al-As를 매질로 하는 레이저와 Ga-As를 매질로 하는 두 레이저의 차이에 대해 아직까지 정확히 규명되지 않았으며 조사량에 대한 최상의 기준 역시 제시되고 있지 않았다. 따라서 향후 두 레이저에 대한 비교 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

최근까지 골 개조의 활성을 증가시켜 교정 치료 기간을 단축시키려는 많은 방법들이 제시되고 있다²⁻⁷. 하지만 각 방법들은 치아나 전신 건강에 바람직하지 않은 결과를 가져오거나 부가적인 비용 등의 문제가 단점으로 제시되고 있다²⁻⁷. 최근에는 이런 단점을 개선하고 치아이동 속도를 증가시키기 위한 한 방법으로 저출력 레이저에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 저출력 레이저가 교정적으로 이동 중인 치아의 이동에 영향을 주는지 알아보고자 하였다. 교정력을 가하고 904nm의 Ga-As 저출력 레이저를 매일 4분씩 조사한 백서의 치아와 교정력만 가하고 저출력 레이저를 조사하지 않은 치아의 이동 거리를 1일, 5일, 8일, 12일, 26일에 각각 측정, 비교하고 조직을 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 교정력을 가하고 Ga-As 904nm의 저출력 레이저를 조사한 백서의 치아가 교정력만 가하고 저출력 레이저를 조사하지 않은 치아보다 실험 기간 동안 전체 치아이동 거리가 더 컸다.
2. 교정력을 적용하여 치아이동을 시작한 8일까지는 저출력 레이저를 조사한 치아와 조사하지 않은 치아이동 거리 차이가 크게 나타났고, 12일에서 26일까지는 치아이동 거리의 차이가 비슷하였다.
3. 8일과 26일의 조직을 관찰한 결과 8일에는 저출력 레이저를 조사한 치아와 조사하지 않은 치아 사이에 치은섬유의 재배열에 차이가 나타나 비교적 조직 소견이 잘 구분된다 하지만 26일의 조직에서는 실험군과 대조군의 조직소견의 차이가 8일의 실험군과 대조군의 조직소견의 차이에 비해 상대적으로 덜 뚜렷하였다.

본 연구 결과 저출력 레이저가 백서의 치아이동을 초기에 활성화시킬 수 있는 것으로 생각되기 때문에, 치료기간이 비교적 짧은 minor tooth movement 등에 904nm의 Ga-As 저출력 레이저를 보조적으로 적용할 경우 교정 치료 기간을 단축시키는데 도움이 될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Kawasaki K, Shimizu N. Effects of low-energy laser irradiation on bone remodelling during experimental tooth movement in rats. *Lasers Surg Med* 2000;26:282-91.
2. 강봉기. Prostaglandin E₂가 백서의 치아이동시 치조골흡수에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *대치교정지* 1983;13:147-54.
3. Kawakami M, Takano-Yamamoto T. Local injection of 1,25-dihydroxy vitamin D₃ enhanced bone formation for tooth stabilization after experimental tooth movement in rats. *J Bone Miner Metab* 2004;22:541-46.
4. 이기수, Davidovitch Z, Zwilling BS, Lanese RR, Shanfeld JL. 교정적 치아이동시 부갑상선 홀몬이 긴장측 세포의 cAMP에 미치는 영향. *대치교정지* 1986;16: 51-70.
5. Spadaro JA. Mechanical and electrical interactions in bone remodeling. *Bioelectromagnetics* 1997;18:193-202.
6. Hadjiargyrou M, McLeod K, Ryaby JP, Rubin C. Enhancement of fracture healing by low intensity ultrasound. *Clin Orthop Relat Res* 1998; 355: 216-29.
7. Tuncay OC, Killiany DM. The effect of gingival fibrotomy on the rate of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986;89: 212-15.
8. Trenelles MA, Mayayo E. Bone fracture consolidates faster with low power laser. *Lasers Surg Med* 1987;7:36-45.
9. Luger EJ, Rochkind S, Wollman Y, Kogan G, Dekel S. Effect of low power laser irradiation on the mechanical properties of bone fracture healing in rats. *Lasers Surg Med* 1998;22:97-102.
10. Saito S, Shimizu N. Stimulatory effects of low-power laser irradiation on bone regeneration in midpalatal suture during expansion in the rat. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:525-32.
11. 이용오. 레이저 조사가 골창상 치유에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *대한치과의사협회지* 1987;25:43-53.
12. 김기석, 김영구, 정성창. 저출력 레이저 광선이 백서 연조직 창상 치유에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *대한구강내과학회지* 1985;10:91-104.
13. Mester E, Spiry T, Szende B, Tota JG. Effects of laser rays on wound healing. *Am J Surg* 1971;122:532-36.
14. Kami T, Yoshimura Y, Nakajima T, Ohshiro T, Fujino T. Effects of low-power diode lasers on flap survival. *Ann Plast Surg* 1985;14:278-83.
15. Tang XM, Chai BP. Effect of CO₂ laser irradiation on experimental

- fracture healing. *Lasers Surg Med* 1986;6:346-56.
16. Lim HM, Lew KK, Tay DK. A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic postadjustment pain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:614-622.
 17. 이승우,윤창륙,정성창,김영구,신금백,고명연,김기석 등. 구강내과학 제5개정판. '근신경계 질환'중에서. 서울:신홍인터내셔널 출판사;1998.p.310-12.
 18. Delma R, Eduardo KK, Martha SR, Niklaus UW. Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: a preliminary study. *Lasers Surg Med* 2004;35:117-20.
 19. Leo JM, Robert MP. *Lasers in Dentistry*, Quintessence;1995.p.39-53.
 20. Ozawa Y, Shimizu N, Hariya G, Abiko Y. Low-energy laser irradiation stimulates bone nodule formation at early stages of cell culture in rat calvarial cells. *Bone* 1998;22:347-54.
 21. Graber TM. *Orthodontics-principles and practice*. 3rd ed. philadelphia: W.B. Saunders Co. :1972: p.488-527.
 22. Waldo CM, Rothblatt JM. Histologic response to tooth movement in the laboratory rat; procedure and preliminary observation. *J Dent Res* 1954;33:481-86.
 23. 임진환. 실험적 치아 이동시 나타나는 백서 치주조직의 변화에 대한 조직학적 및 조직화학적 연구. *대치교정지* 1976;6:33-40.
 24. 이인환. Guinea pig에서 실험적 치아이동에 따른 압박측 치아 주위 조직의 변화에 관한 전자현미경적 연구. *대치교정지* 1983;13(165).
 25. 허택, 이병태. Laser 조사가 과도한 교정력에 의한 백서 치아 이동에 미치는 영향에 관한 조직학적 연구. *대치교정지* 1998;26:667-76.
 26. Elchnan J. Luger, Semion R, Yoram W, Galina K, Shmuel D. Effect of low-power laser irradiation on the mechanical properties of bone fracture healing in rats. *Lasers Surg Med* 1998;22:97-102.
 29. Marshall J, Haywood JK. The biological nature of the hazard. In: Moseley H, Haywood JK, editors. *Medical laser safety*. Report No. 48. London: The Institute of Physical Sciences in Medicine;1987.pp1-7
 27. 장동수, 이병태. 백서 치아이동에 미치는 Laser의 영향에 관한 조직학적 연구. *대치교정지* 1988;18: 435-46.
 28. Honmura A, Yanase M, Obata J, Haruki E. Therapeutic effect of Ga-Al-As diode laser irradiation on experimentally induced inflammation in rats. *Lasers Surg Med*. 1992;12: 441-49.

저작물 이용 허락서

학 과	치의학과	학 번	20047238	과 정	[적사]
성 명	한글 : 황 국 현 한문 : 黃 國 現 영문 : Hwang kuk hyun				
주 소	광주광역시 동구 계림1동 485-29번지				
연락처	E-MAIL : koden@hanmail.net				
논문제목	한글 : 저출력 레이저가 백서의 교정적 치아이동에 미치는 영향 영문 : Effects of Low Energy Laser Irradiation on Experimental Tooth Movement in Rats				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

2007년 2월 일

저작자: 황 국 현 (인)

조선대학교 총장 귀하