

가토경골에 임플란트 매식 후 주변 골의 diode-laser 조사효과

천재식

단국대학교 치과대학 구강생리학교실

〈Abstract〉

A Diode Laser Radiation Effect on the Bone Tissue Around Implants in Rabbit's Tibia

Gae Sig Chun

Department of Oral Physiology, School of Dentistry Dankook University

Dental implants were used for reconstruction of oromaxillofacial defects and they were widely used in dental and medical fields. The implant materials are various, including titanium and ceramics such as zirconium. The property of implant materials have biocompatibility and mechanical strength. Titanium has direct bone anchorage without any other tissues between implant's interface. Many researchers had studied for raising the osseointegration success rate through various methods. It was reported over 95% success ratio. Many researchers study the enhancing the speed of bone remodelling and osseointegration. Low Level Laser Therapy is one of the methods to accelerate the speed of bone remodelling and osseointegration. Thus it raises initial stability. The purpose of this study was to evaluate the effect of diode laser irradiation for osseointegration in implant interface and between the implants threads. 24 New Zealand white rabbits which were about 3Kg, used for experiment. 2 implants were implanted every rabbit's tibia. 2 weeks, 4 weeks, 8 weeks after implantation, tissue samples were removed from sacrificed rabbit's tibia. 8 rabbits were sacrificed every 2, 4, 8 weeks and undecalcified samples were got from tissue samples. The undecalcified samples were investigated by optical microscope. 2 weeks, 4 weeks, 8 weeks experimental groups which were irradiated low level laser therapy showed rapid bone remodelling than control groups. It showed many differences especially in initial stage. Low level laser irradiation increases the volume of new bone formation in implant interface. It was suggested that there were many influences in bone remodelling in early stage, because there were many differences between experimental and control groups. Low level laser irradiation was helpful for immediate loading implant.

Key words: Implant, Low Level Laser Therapy, Implant interface, Undecalcified ground sample

1. 서론

구강악안면 영역의 손상시 치료방법은 다양하지만 최근에는 임플란트의 시술이 급증하고 있다. 매식체는 생체 조직에 일체화되는 모든 종류의 이물질이며 생명조직의 전이로 해석한 조직이식(tissue transplantation)과 대조적으로 매식을 비

생명적 조직의 전이라고 정의하고 있다¹⁾.

생체재료가 생체내에서 안정된 기능을 유지하기 위하여 생체적합성(biocompatibility)과 생체기능성(biofunctionality)을 지녀야 한다. 치과 임플란트의 역사는 고대 중국, 고대 이집트 또는 남미의 잉카문명까지 거슬러 올라가나²⁾ 현대에서는 1900년대 초에 Lambotte가 알루미늄, 은, 황동, 구리, 금 및 니켈로 판금된 철로 임플란트를 제작하였다³⁾. 그러나 이런 금속들은 생체 내에서 부식 등의 부작용이 발생하였다. 티타늄과 골이 융합하는 사실이 Bothe 등에 의해 처음 보고되었으며 Brånemark에 의해 골융합이 성공된 것이 발표되었다²⁾.

* Correspondence: Gae Sig Chun, Department of Oral Physiology, School of Dentistry, Dankook University, Anseodong, San 29, Cheonan, Chungnam, 330-714, Korea. Tel: 041-550-1916, Fax: 041-550-1916, E-mail: dkphy@dankook.ac.kr

* 이 연구는 2010년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구 되었음.

최근에는 immediate loading(즉시부하)등 초기골융합의 중요성이 강조되고 있으며 가공형태에 의한 Sand blasted, Large grit, Acid etched(SLA) 등 표면에서의 골융합 과정이 일반화하고 있다.

이 외에도 새로운 의료용 광원으로 주목받고 있는 LED(Light Emitting Diode)란 발광다이오드의 약자로서 전류가 흐르면 빛을 방출하는 다이오드의 한 가지 이다.

의료용 광을 이용하여 열이 발생하지 않는 세기의 광도로 조사하였을 때 생체 세포내의 분자 생물학적인 영향을 주는 것이 알려져 있다. 특정파장의 광선을 흡수한 생체 세포들은 광에너지를 손상된 세포를 치유할 수 있는 화학적인 에너지로 전환시켜, 이를 손상된 부위의 치유 및 통증완화에 이용하게 되는데, 이러한 현상을 총체적으로 생체촉진효과(Bio-stimulation effect)라고 한다. 저출력 광원을 이용한 광조사(photo-irradiation)는 다양한 효소나 세포, 조직, 기관들에서 생화학적, 생리적 효과를 유발할 수 있다. 의료용 광원에는 반도체다이오드레이저(LD), 발광다이오드(LED), 여과광원(filtered light source)등이 있다. 최근 발광다이오드(LED)의 광도가 높아지면서 저출력레이저 치료와 함께 생체조직재생에 있어서 많은 효과가 있다.

최근에 연조직재생에 낮은 강도의 붉은 빛(red light)조사는 일반적이다. 경조직이 관계되는 한 생쥐의 경골 골절 시 laser의 생체 자극효과는 빠른 치유가 보고되고 있다⁴⁾.

저출력 레이저 조사치료(LLLT)는 의학 및 치의학분야에 광범위하게 사용되고 있다. LLLT는 통증, 상처치유 및 신경손상 등의 많은 의학적 상태를 조절하는데 이점이 있다고 생각된다. 뼈 치유에 관한 LLLT의 정보는 LLLT가 임플란트 계면의 골융합을 증진시킨다는 것을 이해하는 것이 기본이다.

그 원리는 microwave range내에서 laser의 원리로 작용했다. 1960년 Maiman은 이 이론에 근거하여 최초의 레이저인 루비레이저를 개발하였다. 기원전부터 일광에 노출되면 질병을 예방하고 골 성장에 효과가 있다고 믿어왔으며 19세기 산업혁명시기에 노동자들은 많은 시간을 어둠속에 보내며 소아 구루병과 성인구루병이 일반화 되었다. 일광욕은 중세이후에도 괴혈병, 소아구루병, 부종, 관절염, 우울증 등의 치료방법으로 자주 처방되었다⁵⁾. 저출력 레이저 조사 치료의 생체자극

효과는 피부손상시 콜라겐 합성을 증가시키는 것을 Mester 등이 1973년에 보고한 것이다⁶⁾. LLLT가 치유를 도와주는 기능이 있어서 뼈와 연조직의 재생에 강력한 자극제가 되고 임플란트나 치주수술시 임상적으로 강력한 이익이 있지만 단지 기본적인 과학적 증명만 있을 뿐이다.

치의학 분야에서의 레이저의 사용은 초기 우식예방으로 이용되었으며 이 후 레이저 blade나 구내염, 지각과민등에 응용이 되었고 최근에는 연조직의 치료나 임플란트 시술 후 골의 재형성에 효과가 있다고 발표되고 있다. 실험적으로 저출력 레이저의 조사가 골생성 및 골생성 세포의 분화 촉진과 골절유합 촉진의 가능성에 대하여 몇몇 연구가 발표되고 있지만 아직 논란의 여지가 있다.

레이저는 사용되는 레이저의 매질에 따라 각각 고유의 파장을 지니며 Argon, CO₂, Diode, Erbium등으로 분류된다. 의료용 광을 이용하여 열이 발생하지 않는 세기의 광도로 조사하면 생체 세포내에서 분자생물학적으로 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 많은 연구자들이 골 융합의 성공률을 증가시키거나 시간을 단축시키기 위하여 노력하여 왔으며 생체재료에 의한 것이 아니고 전자기적 자극 저출력레이저 치료등과 같은 물리적인 자극이 임플란트 계면에 골의 부착을 증가시키는 치료법으로 이용되고 있다⁷⁾. 현재에도 임플란트 계면에서 신생골의 융합이나, 성장 및 석회화의 속도를 빠르게 하며 안정시키는 것이 중요한 과제이며 골융합 속도를 증가시키고 신생골 형성양을 증가시켜 초기 임플란트의 고정을 증대시키기 위하여 임플란트 매식 후 저출력레이저 조사가 임플란트 계면에서 신생골 형성에 미치는 영향을 알아보려고 본 연구를 시도하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 실험재료

Type II(한국티타늄, 한국) 티타늄 봉을 가공하여 직경 4mm, 길이 5mm의 실험용 나사형 임플란트(Ostem, 한국)를 제작하여 γ -ray를 조사하여 멸균하였다.

2. 실험방법

(1) 동물실험

체중 3kg 정도의 Newzealand가토 24마리에 25mg/kg 체중으로 Nembutal (Somnopentyl, pittman-Moors사, 미국)을 귀정맥을 통해 정맥주사하여 마취 시킨 후 가토의 경골을 노출한 뒤 동통억제를 위하여 경골에 lidocaine(광명약품, 한국)을 주사하였다. 직경 2.0mm round bur를 이용하여 피질골을 천공하였고 이후 임플란트 매식술식에 따라 임플란트 bed를 2개 형성하였다. 제작된 실험용 임플란트를 매식후 실험군쪽에 다이오드 레이저(Hi-Tech optoelectronics co, 중국)를 조사한 후 봉합하였다. 봉합후 염증방지를 위하여 2일간 Tetracycline(sigma, 미국)을 25mg/day로 근육주사하였다.

(2) 다이오드 레이저 조사

808nm 다이오드레이저(Hi-Tech optoelectronics co, 중국)를 사용하였으며 매식한 2개의 임플란트중에 실험군에 0.5watt, 직경1cm 크기로 1분간 조사하여 전체 30joule을 조사하였다.

(3) 비탈회골 연마 표본제작

실험 후 2, 4, 8주째에 각 8마리씩 동물을 희생하여 (Nembutal, 50mg/kg체중으로 I,V)임플란트가 포함된 경골을 제거한 후 10% 포르말린에 1주일간 고정하고, 에탄올 용액에서 48시간 탈수시킨후 100% 아세톤으로 24시간 치환 한 다음 실온에서 건조 후 아세톤과 Spurr low viscosity resin (Polyscience, 미국)의 혼합액에서 각각 12시간 저속회전기를 이용하여 흔들여 준 후 실온에서 30~1시간 방치하여 아세톤을 휘발시킨다. Spurr low viscosity resin(Polyscience, 미국)에 포매한 조직시편을 진공부란기(vacuum oven)내에서 2일 동안 방치 후 70℃에서 2일간 열중합(heat curing)시켜 포매하였다. 이후 저속다이아몬드 휠톱(South Bay technology Inc, 미국)를 사용하여 400 μ m정도의 절편을 제작한 후, Lapping film(연마지, 3M, 미국)에서 약 100 μ m 정도의 표본을 제작하여 Toluidine blue로 염색하여 관찰하였다.

III. 결과

1. 광학현미경 관찰

2주째 소견에서는 대조군은 신생골 형성 및 골주의 배열이 시작되었으며 골세포와 골원의 형성은 거의 없고 실험군은 대조군에 비하여 신생골 형성 및 골주배열이 임플란트 계면부위에서 활발하나 골세포와 골원형성이 거의 없었다(Fig. 1). 4주째 소견에서는 대조군은 임플란트 계면부위에서 신생골 형성이 증가하였으며 골주배열은 불규칙하지만 2주보다 증가하였다. 골세포의 형성이 보이기 시작하나 골원 형성은 거의 없다. 실험군은 대조군에 비하여 신생골이 임플란트 계면에 부착된 양이 많고 골주형성이 활발하며 골세포 형성도 불규칙하지만 왕성하나 골원형성은 없었다(Fig. 2). 8wnWo 소견에서는 대조군에서 신생골 형성이 거의 보이지 않으며 골주배열은 불규칙 하지만 골세포의 배열이 임플란트 계면 근처에서 관찰된다. 골원의 형성도 보인다. 실험군은 대조군에 비하여 골주의 양이 증가되었고 불규칙한 골주 및 골세포의 배열이 관찰되었고 다수의 골원이 임플란트 계면근처에서 발견되나 신생골 형성은 거의 관찰되지 않았다(Fig. 3).

IV. 총괄 및 고찰

현재는 매식학 같은 임상시술이 다양하게 시행되고 있으므로 환자에게 매식의 가능성이나 위험성에 대해 설명해야 하는 경우에 대비하여 치과의사는 매식에 대한 정보를 알아야만 할 것이다.

매식이란 말 그대로 “심다”로 표현될 수 있으며 일반적으로 생물학적 조직 속에 이물질(implant)을 심어 놓는 것을 말한다. 따라서 매식체는 생물학적 조직 속으로 일체화되는 모든 종류의 이물질이다. 즉 비생명적 조직의 전이라 할 수 있다⁸⁾. 생체재료는 비생명체이며 의학적인 사용에서 생물학적인 조직과의 반응을 목적으로 사용되는 재료이다⁹⁾. 이 개념은 이종이식 재료들에 한정되지 않으며 면역학적인 관점에 따라서 4종류로 크게 분류할 수 있다. 자가이식재료가 대체로 조직이식체에 사용되는 반면에 그 외의 재료 즉 동종이식재료, 이종이식재료,

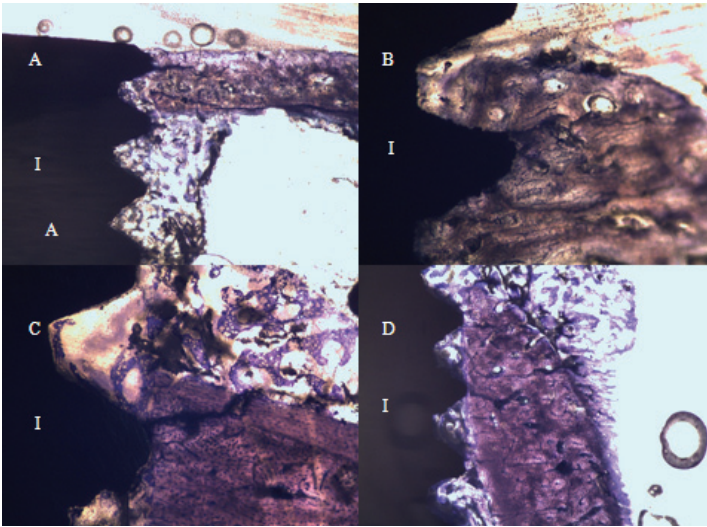


Fig. 1. 2 Weeks : 대조군은 신생골 형성 및 골주의 배열이 시작되었으며 골세포와 골원의 형성은 거의 없고 실험군은 대조군에 비하여 신생골 형성 및 골주배열이 임플란트 계면부위에서 활발하나 골세포와 골원형성이 거의 없다(A: Control, X20, B: Control, X40, C: Experimental, X40, D: Experimental, X20, I: Implant).

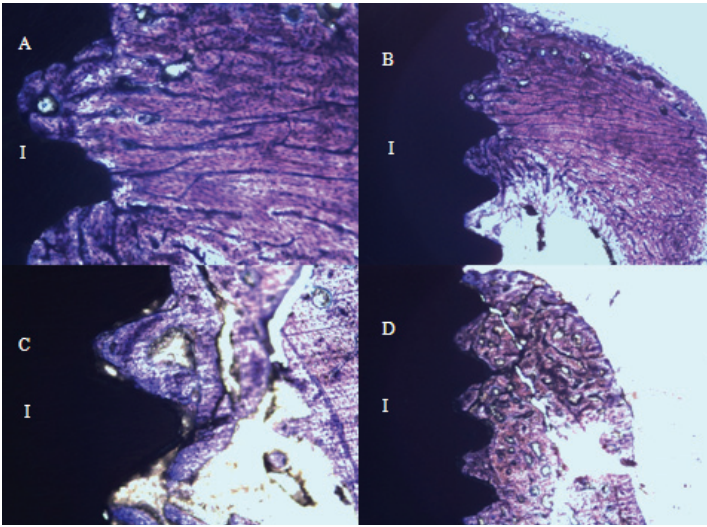


Fig. 2. 4 Weeks : 대조군은 임플란트 계면부위에서 신생골 형성이 증가하였으며 골주배열은 불규칙하지만 2주보다 증가하였다. 골세포의 형성이 보이기 시작하나 골원 형성은 거의 없다. 실험군은 대조군에 비하여 신생골이 임플란트 계면에 부착된 양이 많고 골주형성이 활발하며 골세포 형성도 불규칙하지만 왕성하나 골원 형성은 없다(A: Control, X20, B: Control, X40, C: Experimental, X40, D: Experimental, X20, I: Implant).

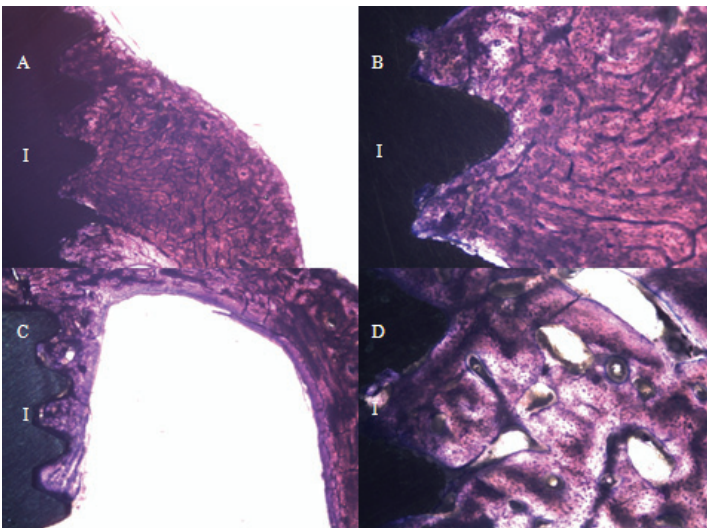


Fig. 3. 8 Weeks : 대조군에서 신생골 형성이 거의 보이지 않으며 골주배열은 불규칙 하지만 골세포의 배열이 임플란트 계면 근처에서 관찰된다. 골원의 형성도 보인다. 실험군은 대조군에 비하여 골주의 양이 증가되었고 불규칙한 골주 및 골세포의 배열이 관찰되었고 다수의 골원이 임플란트 계면근처에서 발견되나 신생골 형성은 거의 관찰되지 않았다(A: Control, X20, B: Control, X40, C: Experimental, X40, D: Experimental, X20, I: Implant).

합성이식재료 등은 넓은 의미로 매식체로 표현할 수 있다. 인간의 인공치아에 대한 기록은 고대의 이집트 문명이나 마야 문명에서도 나타난다^{10,11)}. 현대에는 1900년대 초에 Lambotte가 알미늄 등이 판금된 철로 임플란트를 제작하였다¹²⁾. 생체 재료는 생체 내에서 안정된 기능을 유지하기 위하여 생체 적합성과 생체기능성을 지녀야 하며 이런 기능을 수행하기 위해서는 기계적(물리적) 안정성뿐만 아니라 체내에서 독성이나 이물반응이 없어야 한다. 이러한 조건을 가장 충족시켜주는 것이 티타늄이다. 티타늄을 임플란트의 기본재료로 사용한 것은 Brånemark의 원주형 임플란트 System이었다^{13,14)}. Brånemark와 그의 동료들은 기존 골조직에 순수티타늄임플란트 표면의 처리는 Machined surface, TPS, Hydroxyapatite coating, Blasted surface, Etched surface, Blasted & etched surface, Oxidized surface 등으로 변화하였으며 design은 Screw type, Cylinder type, Hollowcylinder type 등으로 변화하였다¹⁵⁾.

임플란트의 성공률이 높아지면서 치과 의사와 환자들은 대기시간을 줄이기를 원하게 되었고 이 개념에 맞춘 것이 Tübinger Immediate Implant이다. 이외에도 Immediate loading의 개념으로 Linkow가 1963 치근형골내 임플란트 ventplant를 개발하였고 1964년 골막하 임플란트 1967년 골내 blade 임플란트를 소개하였다¹⁶⁾. 임플란트의 재료 및 표면 처리와 design의 변화에도 불구하고 골융합의 시간을 단축시키기 위하여 새로운 방법을 시도한 것이 저출력 레이저 조사 치료(L.L.L.T)이다.

저출력레이저 조사 치료는 의학 및 치의학 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 저출력레이저 조사 치료는 가토의 경골에 매식된 임플란트의 융합을 강화시켜주며 8주째에는 임플란트 계면의 기계적 강도를 증가시켜 준다고 한다¹⁷⁾. 저출력 레이저 광선을 흡수한 생체 세포들은 광에너지를 화학적 에너지로 전환시켜 세포의 손상을 치유할 수 있으며 손상된 부위의 치유 및 통증완화에 이용하게 되는데 이를 생체촉진효과라 한다. 저출력레이저는 세포의 증식, ATP와 콜라겐합성, 성장인자의 유리 등에 효과가 있고 세포에서 성장인자의 발현을 증가시켜줄 수 있다고 알려져 있으며 레이저의 조사량, 조사기간, 조사 시기 등 각종의 지표에 따라 생물학적인 효과가 다를 수 있다^{18,19)}. 저출력레이저 치료의 생체 촉진효과에 대

해서는 현재까지도 명백한 설명이 없으나 생체조직이 저출력 레이저 치료에 노출되면 free radical이나 free oxidants의 광화학, 광역학 생산이 증가한다는 것이다²⁰⁾. 외에도 세포막 Ca⁺ 통로를 활성화시켜 Ca⁺⁺의 세포내 이동과 세포증식을 유도한다²¹⁾. 의학 분야에서 레이저의 사용은 초기우식 예방으로 이용되었으며 이후 레이저 메스나 구내염 지각과민 등의 처치에 응용이 되었고 최근에는 연조직의 치료나 임플란트 시술 후 골의 재형성에 효과가 있다는 발표가 있지만 아직 논란의 여지가 많다.

임플란트가 골내에서 기능을 하게 되는 과정은 골창상의 치유과정이며 이것은 일반적인 외상치유에서 관찰되는 과정과 동일하다. 임플란트 매식에 의해 골내에 발생한 창상의 회복에 관여하는 요소는 혈병의 형성이다. 혈병은 모든 창상의 치유과정에서 중요한 역할을 하게되는데 여기에 관여하는 인자는 혈소판, 혈액내 응고인자들, 염증의 이차매개체들이다. 이 외에도 육아조직의 형성자체는 창상치유의 매우 중요한 단계이다. 정상적인 치유과정에서 육아조직은 빠른 속도로 견고한 결합조직과 뼈로 대체된다. 정상적인 임플란트의 회복과정에서 신생골기질은 1주 이내에 형성되기 시작하며 2~4주 내에 필요한 골기질의 양이 확립된다. 이후 3주째는 신생골 기질의 빠른 흡수와 골개조가 시작되며 사람의 경우 8주까지 지속되며 이후에는 지속적인 골의 침착과 골개조후에 나타나는 증판골의 형성은 지속된다. 12주 후에는 골수를 포함하는 완전한 증판골이 임플란트에 인접해서 나타나며 이후에는 외력에 대응하는 골개조가 지속적으로 나타난다.

본 연구에서는 레이저조사 2주 실험군에서 나사산 사이에 골주가 형성되었으며 기존 골과의 경계가 불분명하게 석회화가 형성이 된 반면 2주 대조군에서는 임플란트 매식된 부분의 경계가 명확하게 나타났다. Eugene 등에 의하면 가토의 골성장 속도가 사람에 비해 3배 정도 빠르다고²²⁾ 였으며 Gerhard wahl²³⁾에 의하면 사람의 늑골의 골형성 속도는 하루에 1.0~1.4 μ m로 정의되어 토끼의 골성장 속도가 사람에 비해 최소 3배 이상으로 표현된다.

토끼에서의 2주는 사람에서 최소 6주가 되므로 토끼의 신생골 기질의 빠른 흡수와 골개조가 시작되어야 하나 2주째 소견에서 골개조는 보이지 않았다. Khadra에 의하면 저출력 레이저 조사 치료시 토끼의 경골에 매식한 임플란트의 골융합

이 강화되는 것으로 보고되었고 조직 형태학적으로 석회화 물질을 분석한 결과 임플란트계면에 골조직의 접촉이 대조군보다 증가하였다고 보고하였다²⁴⁾. 이는 본 연구의 2주 결과와 동일하게 나타난 것이나 Gordjestani 등에 의하면 20J/cm² 정도의 레이저조사는 대조군과 비교했을 때 차이가 없다고 하였으나²⁵⁾ 힘동물의 수가 6마리밖에 되지 않아 결과의 신뢰성이 없다고 할 수 있다. Blay²⁶⁾는 2000년에 Frialit-2 임플란트를 쥐의 경골에 매식 후 680nm의 레이저를 조사하여 실험군과 대조군을 3주와 6주째 비교하여 유의성 있는 차이가 있다는 것을 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 얻었다. Trelles와 Mayayo는 1987년 저출력레이저조사가 대조군에 비해 초기의 혈관 형성에 괄목할만한 증가를 유도하였으며 골조직 재생의 속도를 증가시켜 준 것을 보고하였다²⁷⁾. 본 실험군 2주째의 골주 형성 및 골량 등에 있어서 유의성 있는 차이를 보여 유사한 결과가 도출되었다고 생각한다. 4주째 실험군에서는 나사산 사이에 신생골이 대부분 채워졌으며 층판골의 형성으로 신생골과 기존골과의 경계가 불명확하나 피질골 상단에 신생골의 형성이 왕성하게 발생하고 있었다. 대조군에서는 나사산 사이에 신생골이 채워져 있으나 층판골 형성은 아직 발생하지 않아 기존골과의 경계가 분명하며 신생골의 석회화 진행이 부족한 것으로 보였다. 8주째 결과에서는 양군 공히 나사산사이의 신생골에서 층판골이 형성이 되었고 하버시안 관도 보이고 있다. 토끼의 8주는 사람에서 24주내지 수년이 경과한 상태이므로 조직학적으로는 골원형성을 제외하고 별 차이가 없어보였으며 골재형성이 완료된 것으로 생각할 수 있어 별 차이가 없는 것으로 보인다. 치과임플란트를 매식 후 저출력 레이저를 조사한 후 2, 4, 8주째 임플란트 계면의 신생골형성을 조직학적으로 관찰한 결과 저출력레이저조사는 초기의 신생골 형성에 우수하게 나타난 것으로 보아 임플란트 시술 후 저출력레이저조사 치료는 초기 골융합에 긍정적인 효과를 보인다고 보고할 수 있다.

V. 결론

본 연구에서는 저출력레이저 조사가 치과용 임플란트 계면에서 골재형성에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 machined

screw type 임플란트를 사용한 후 레이저를 조사하였다. 체중 3.0 Kg 정도의 New Zealand white 토끼 24마리를 이용하여 한쪽 경골에 2개씩 전체 48개의 임플란트를 매식하고 봉합한 후 실험군에 808nm의 diode laser를 조사하고 2주, 4주, 8주째에 각 8마리씩 희생시켜 비탈회골 조직표본을 제작한 후 광학현미경 상에서 골형성 양상을 관찰하여 저출력레이저 조사를 실험군에서 2주째, 4주째, 8주째에서 대조군보다 골재생이 빠르게 나타났고 특히 초기에 큰 차이가 난 것으로 관찰되어 저출력레이저를 초기에 조사한 실험군에서 신생골 형성이 우수하게 나타난 것으로 보아 임플란트 시술 후 저출력레이저 조사 치료는 초기 골융합에 긍정적인 효과를 보인다고 보고할 수 있다.

VI. 참고문헌

1. Rateitschak KH, HH Renggli und HR Muhlemann: Parodontologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1978.
2. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, et al: Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. Scand J Plast Reconstr Surg Suppl 1977;16:1-132.
3. Anjard R: Mayan dental wonders. Oral Implant 1981;9:423.
4. Walter J: The healing gods of ancient civilizations. New Haven 1925.
5. Garrison FH: An introduction to the history of medicine. Philadelphia PA 1929.
6. Clarkson D: Living with light. Electronics in action. 1994;1:32-38.
7. Mester E, Jaszszagi-Nagy E: The effect of laser radiation on wound healing and collagen synthesis. Studia Biophysica 1973;35:227-230.
8. Matsumoto H, Ochi M, Abiko Y, et al: Pulsed electromagnetic fields promoted bone formation around dental implants inserted into the femur of rabbits. Clin Oral Impl Res 2000;35:4-360.

9. Rateitschak KH, HH Renggli und HR Muhlemann: Parodontologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1978.
10. Ring ME: Dentistry: Illustrated History. New York: Harry N. Abrams 1985
11. Perine Gh: A history of dentistry from the earliest period to the present time. New England J Dent 1883;2:161-166,199-205,269-273,343-345.
12. Branemark PI, Adell R, Breine U, et al: Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. Scand J Plast Reconstr Surg 1969;3:81-100.
13. Branemark PI, Adell R, Alberktsson T, et al: "Osseointegrated titanium fixtures in the treatment of edentulousness" Biomaterials 1983;4:25-28.
14. Adell R, Eriksson B, Lekholm U, et al: "A long term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws." Int. J. Oral Maxillofac. Implants 1990;5:347-358.
15. 대한구강악안면 임플란트학회: 구강악안면 임플란트학회지. 2004;1:4-18.
16. Linkow LI, Miller RJ: Immediate loading of endosseous implants is not new. J Oral Implantol 2004;30:314-317.
17. Khadra M: The effect of low level laser irradiation on implant- tissue interaction. In vivo and in vitro studies. Swed Dent J Suppl 2005;1-63.
18. Yu W, Naim JO, Lanzafame RJ: The effects of photo-irradiation on the secretion of TGF- β , PDGF and bFGF from fibroblasts in vitro. Lasers Surg Med [Suppl] 1994;6:8.
19. Wollman Y, Rochkind S: In vitro cellular processes sprouting in cortex microexplants of adult rat brains induced by low power laser irradiation. Neurol Res 1998;20:470-472.
20. Gameleya NF: Laser biostimulation. In: Wolbarsht ML, ed "Laser Biomedical Research in the USSR," New York; Plenum Press 1977;114-115.
21. Smith KC: The photobiological basis of low level laser radiation therapy. Laser Therapy 1991;3:19-24.
22. Roberts EW, Poon LC, Smith RK: Interface histology of rigid endosseous implants. J Oral Implantol 1986; 12:406-416.
23. Gerhard Wahl: Implantateingeilung im Kieferbereich und Moglichkeiten szintigraphischer Kontrollen 1989;p35.
24. Khadra M, Ronold HJ, Lyngstadaas SP, Ellingsen JE, Haanaes HR: Low-level laser therapy stimulates bone-implant interaction: an experimental study in rabbits. Clin Oral Implants Res 2004 Jun;15:325-332.
25. Gordjestanni M, Dermaut L, Thierens H: Infrared laser and bone metabolism: a pilot study. Int J Oral Maxillofac Surg 1994;23:54-56.
26. Blay A, Blay CC, Groth EB: Effects of visible NIR low intensity laser on implant osseointegration in vivo. Lasers Med Surg(Abstract issue) 2002;11.
27. Trelles MA, Mayayo E: Bone fracture consolidates faster with low-power laser. Lasers Surg Med 1987;7:36-45.

