

파동형 Nd:YAG 레이저조사가 인체 치은조직의 미세구조에 미치는 영향

한경윤 · 신광용 · 김천석 · 김형수 · 염창엽 · 김병욱

조선대학교 치과대학 치주과학교실

I. 서 론

의료분야에 레이저가 도입되면서 외과적 의 료기술이 크게 발전되었으며, 또한 치과영역 에도 레이저가 적용된 이래 꾸준히 그 적용 범위를 넓혀가고 있고, 특히 레이저조사에 의 한 치아과민증 처치를 비롯한 경조직처치에 는 물론 무통적이고 무혈적인 치료를 레이저 치료의 최대 장점으로 강조되면서 연조직처 치에도 다양하게 적용되고 있다. 많은 임상가 들로부터 특히 치주 연조직질환에 대한 레이 저 치료효과에 깊은 관심이 모아지고 있음을 고려할때 치과영역에 대한 레이저의 여러가 지 활용용도의 확대방안의 모색도 필요하지 만 이와 함께 레이저조사에 따른 발생가능한 문제점들에 대하여 대비하여야할 필요성이 강하게 요구되고있다.

Maiman(1960)¹⁾에 의하여 최초로 개발되어 maser(Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation)로 소개된 레이저 (laser)는 유도방출된 방사선에 의한 광증폭을 뜻하는 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation의 두문자만을 모아 이

루어진 합성어인데, 기체, 액체, 고체 및 반도 체 등의 다양한 매질을 이용한 레이저가 개 발되었으며, 출력에 따라 저출력레이저와 고 출력레이저로 구분된다.

레이저는 유도방출된 방사선에 의해 증폭된 빛이기 때문에 일반 빛에 비하여 강한 에너 지 집중성과 고밀도, 단색성, 방향성 및 고회 도성의 특성을 지니고 있으며, 조직에 대하여 흡수, 투과, 반사 및 산란이라는 과정을 거쳐 조직반응의 본질과 범위를 좌우하고, 광화학 적 상호작용, 광열적 상호작용, 광역학적 상호 작용 및 광전기적 상호작용 등을 나타낸다²⁾.

Goldman등(1964)³⁾이 치아 경조직 처치에 ruby 레이저를 이용한 이후 CO₂ 레이저, argon 레이저 그리고 Nd:YAG(Neodymium :Yttrium-Aluminum-Garnet) 레이저가 치과 영역의 처치에 주로 이용되고 있는데, 최근에 Erbium:YAG 레이저, Holmium:YAG 레이저, Eximer레이저가 계속적으로 개발되어 그 적 용범위가 확장되어 가고 있다.

치아 경조직에 대한 레이저의 적용으로는 치은연하 치석제거^{4, 5, 6)}, 치근과민증에 대한 처치^{7, 8, 9, 10)}, 치근표면의 smear layer제거를

통한 상아세관의 노출^{11, 12)}을 포함한 치주질환에 이환된 치근면에 대한 처치^{13, 14, 15, 16)}, 치근면에 침착된 치태세균의 제거효과¹⁷⁾, 근관치료¹⁸⁾, 치면열구전색^{19, 20)}을 포함한 치아우식증의 예방^{13, 14, 15, 16)}과 치료^{3, 21, 22, 23)} 및 치근표면 미세경도 강화효과²⁴⁾ 등에 관하여 많은 연구가 이루어지고 있으며, 최근에 치근면^{25, 26)}, 치수조직^{27, 28)} 및 titanium implant²⁹⁾에 대한 열자극 영향에 관한 연구결과가 보고되었다.

또한 구강내 연조직에 대해서는 대부분 구강점막질환의 처치와 외과적 시술과정에서 레이저의 활용가치가 연구되었는데^{2, 30, 31, 32)}, Colvard등(1991)³³⁾은 구강점막의 궤양의 치료에 레이저를 이용하고 치은소파술에 대한 laser의 활용가능성을 제안하였으며, 김등(1992)³⁴⁾과 조등(1996)³⁵⁾은 각각 저출력 레이저와 Nd:YAG 레이저를 염증성 치은표면에 조사하여 염증완화효과를 조사하였고, Trylovich등(1992)³⁶⁾과 문등(1996)³⁷⁾은 내독소가 처치된 치근면에 대한 섬유아세포의 부착에 미치는 Nd:YAG 레이저의 영향을 평가하였으며, Rossmann등(1992)³⁸⁾과 Israel등(1995)³⁹⁾은 CO₂ 레이저를 조사함으로써 치은상피의 근단증식을 지연시키고자 시도하였고, 박등(1996)⁴⁰⁾은 저출력 레이저조사에 의한 치은섬유아세포의 증식과 염기성 인산분해효소의 활성 변화유무를, 그리고 한등(1996)⁴¹⁾은 Nd:YAG 레이저조사에 의한 치은연하소파술의 효과를 평가하였다.

그러나 최근 치과영역에 도입되어 광범위하게 적용되고 있는 파동형 Nd:YAG 레이저조사에 따른 치료효과를 평가하는 임상적 및 조직학적 연구는 많으나 레이저 조사로 초래될 수 있는 후유증에 관한 연구가 미흡한 바 인체의 증식성 치은조직에 파동형 Nd:YAG 레이저를 조사시킴으로써 레이저조사에 따른 치은조직의 미세구조에 미치는 영향을 비교 관찰하는데 목적을 두고 본 연구를 시행하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

치주질환을 주소로 하여 조선대학교 부속 치과병원 치주과에 내원한 환자들중 상악 전치부에 치은절제술이 요구되는 섬유성 치은증식증으로 진단된 20명의 남자환자를 연구대상으로 선택하였다.

2. 연구방법

(1) 레이저 조사

직경이 300 μ m인 fiber optic을 장착한 파동형 Nd:YAG laser(EL.EN.EN060, Italy, table 1)를 1.0W(100mJ, 10Hz), 3.0W(100mJ, 30Hz) 및 6.0W(150mJ, 40Hz)출력으로 조절하여 각각 60초간 상악 전치부 순측 치은조직에 접촉 조사하였다.

표 1 The specification of pulsed Nd:YAG laser (EL.EN.EN060, Italy)

Wave length	1,064nm
Output power	0.03-6.0W
Energy per pulse	30-150mJ
Frequency	1-40Hz
Cooling	Air cooled

(2) 실험군의 구분

파동형 Nd:YAG laser(EL.EN.EN060, Italy)를 조사한 치은조직군은 레이저의 조사출력에 따라 1.0W, 3.0W, 6.0W laser조사군으로 구분하고, 레이저를 조사하지 않은 치은조직은 대조군으로 구분하였다.

(3) 조직표본 제작

레이저 조사직후 치은조직을 절제하여 신속

히 1mm³로 잘라서 2% glutaraldehyde용액(pH 7.4, 0.1M cacodylate buffer, 4°C)에 24시간동안 전고정시킨 후 2% OsO₄용액(pH 7.4, 0.1M cacodylate buffer)에 2시간동안의 후고정과정을 거친후 동일 cacodylate buffer로 세척하여 계열 알코홀로 탈수시킨후 propylene oxide에 의해 침투시키고 epon mixture에 포매하여 60°C에서 72시간동안 열중합시켰다. epon block을 1μm두께로 박절하여 uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색을 시행한후 투과전자현미경(JEM 100 CXII)하에서 비교관찰하였다.

III. 연구 성적

1. 1.0W출력으로 조사된 치은조직의 관찰소견(그림 2)

레이저를 조사하지 않은 대조군(그림 1)과 비교했을 때 1.0W출력으로 조사된 치은조직의 상피세포에서는 그림 2와 같이 세포의 핵

이나 외형의 파괴는 관찰되지 않았으나, 넓어진 세포간격과 함께 미세한 수포 형성이 특징적으로 관찰되었다.

2. 3.0W출력으로 조사된 치은조직의 관찰소견(그림 3)

3.0W출력으로 조사된 부위에 인접한 치은조직의 상피세포에서는 Fig. 3과 같이 세포막이 파열되어 세포간격이 상실되고 세포질이 응집된 양상이 관찰되었으며, 1.0W출력으로 조사된 치은조직(그림 2)에 비해 상피세포의 손상이 뚜렷하였다.

3. 6.0W출력으로 조사된 치은조직의 관찰소견(그림 4)

6.0W출력으로 조사된 부위에 연한 치은조직의 상피세포에서는 그림 4와 같이 세포막의 파열과 세포질의 파괴로 인한 세포간격의

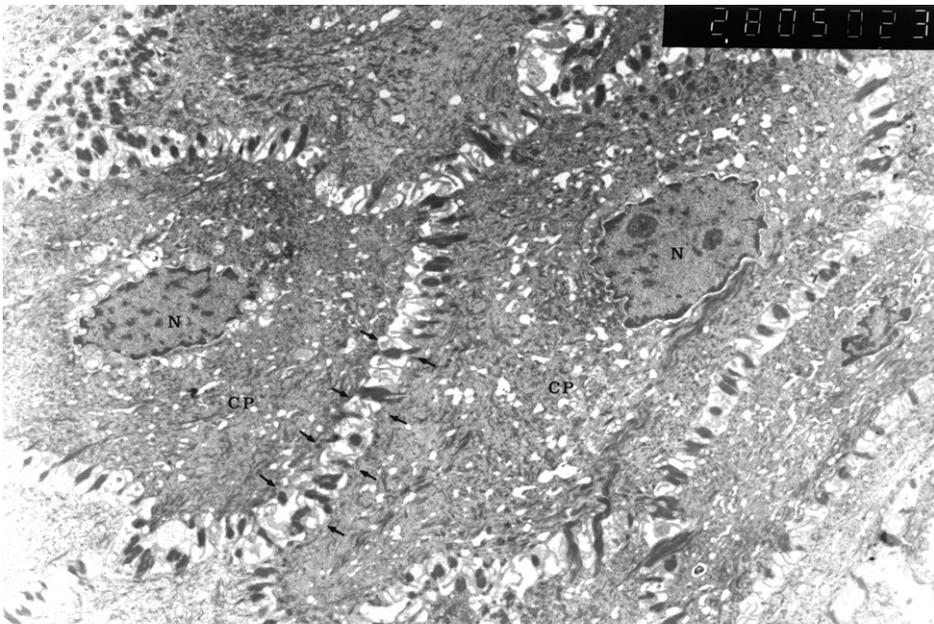


그림 1 Ultrastructure of human gingiva as non-irradiated control(magnification ×2,800). N; nucleus, CP; cytoplasm, arrows; intercellular bridge

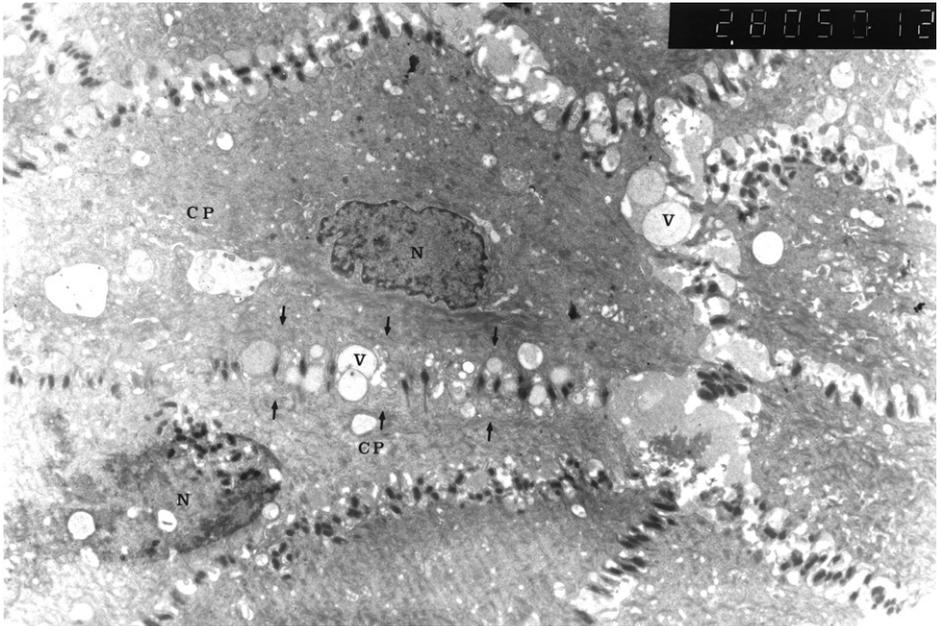


그림 2 Ultrastructure of human gingiva irradiated at 1.0W power of Nd:YAG laser(magnification $\times 2,800$). N; nucleus, CP; cytoplasm, arrows; intercellular bridge, V; vesicle

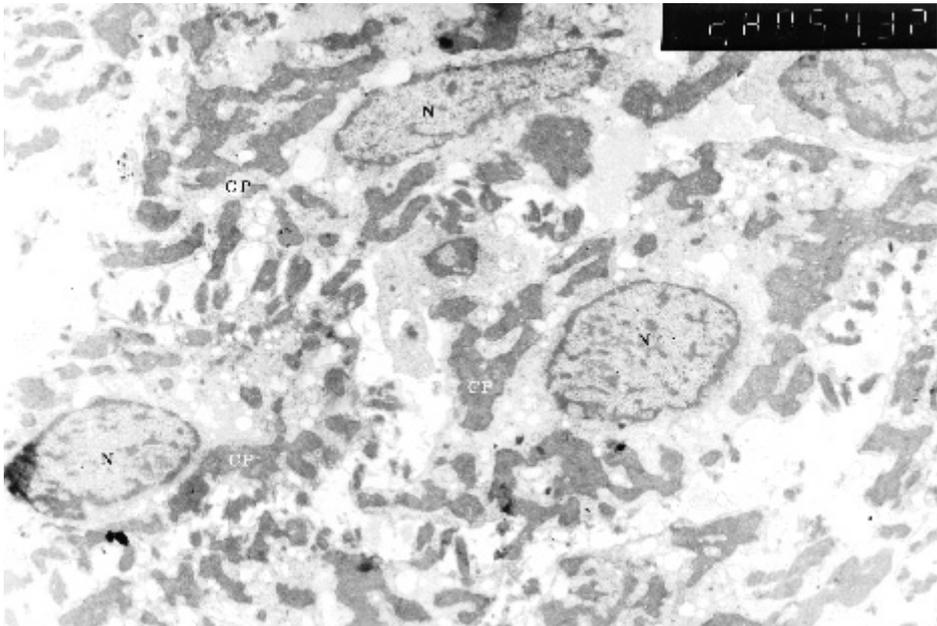
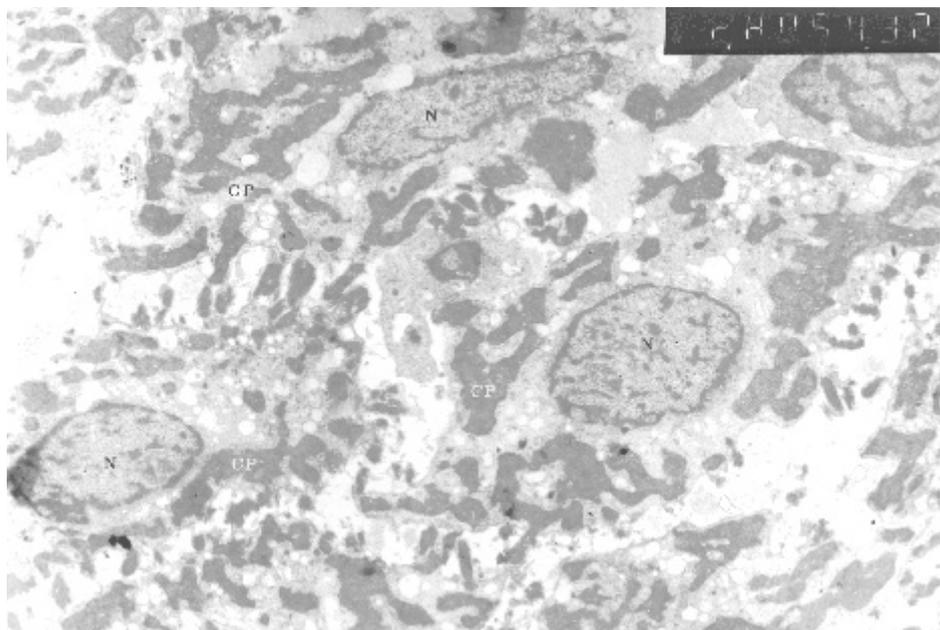
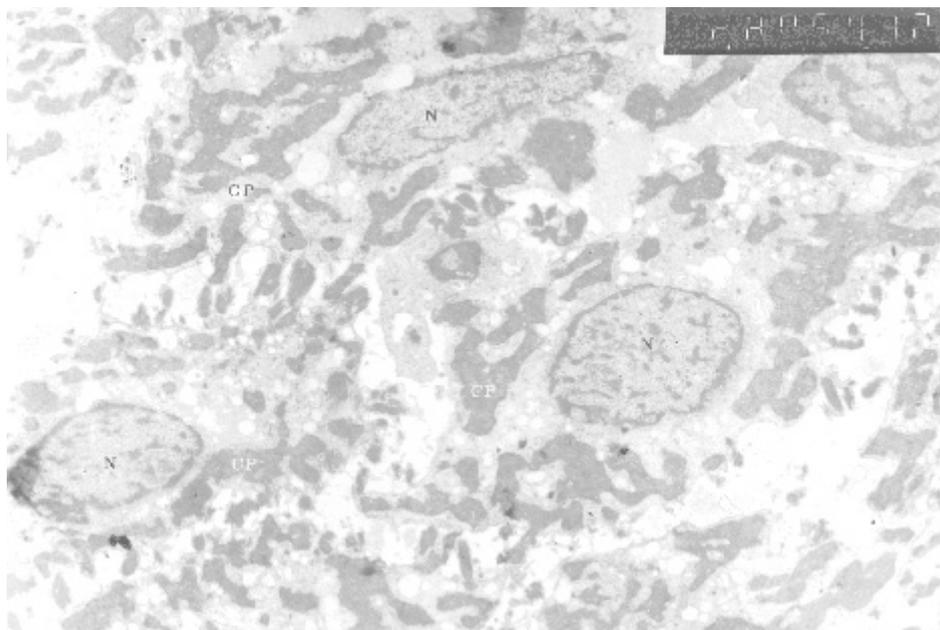
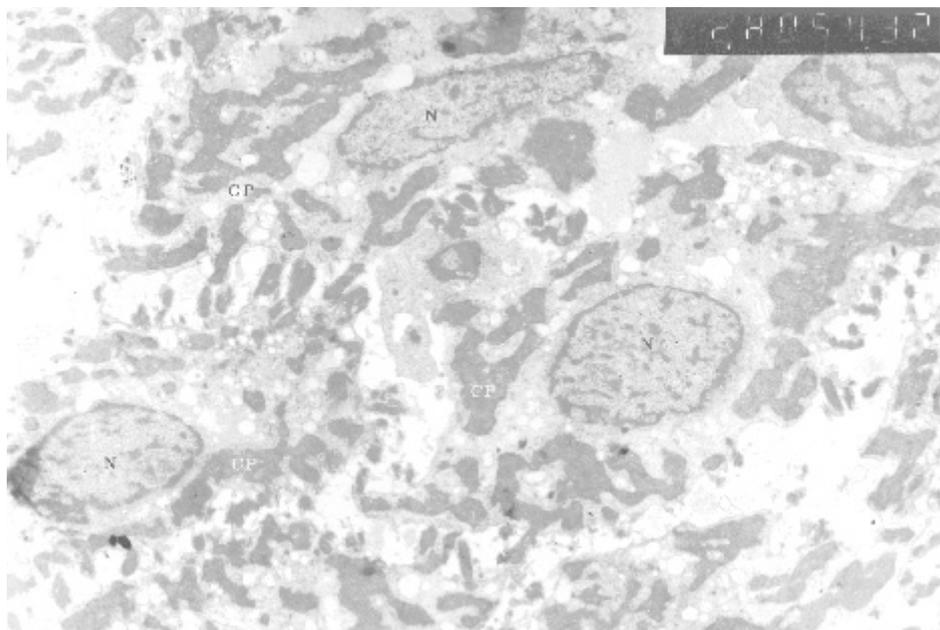


그림 3 Ultrastructure of human gingiva irradiated at 3.0W power of Nd:YAG laser(magnification $\times 2,800$). N; nucleus, CP; cytoplasm







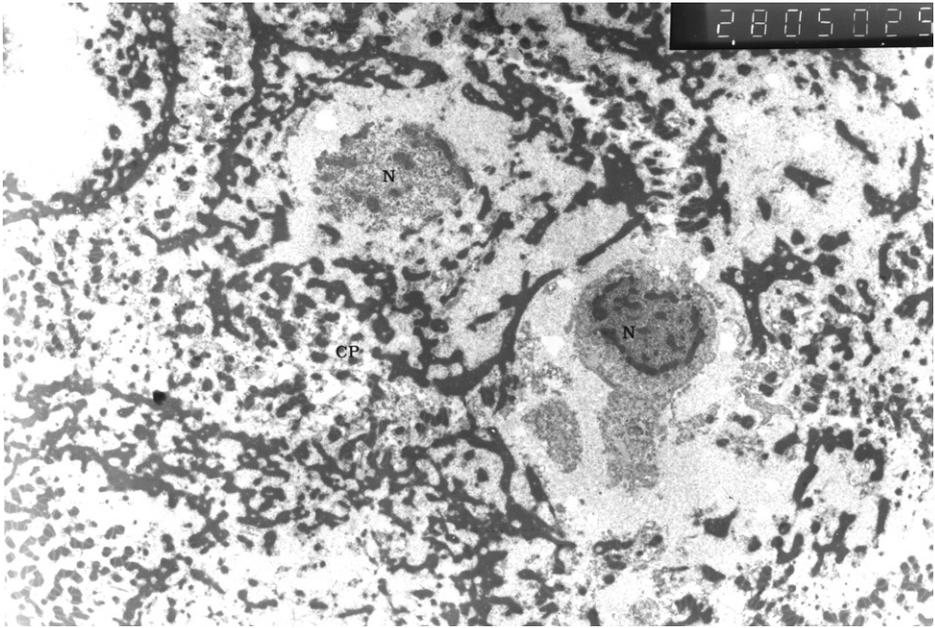


그림 4 Ultrastructure of human gingiva irradiated at 6.0W power of Nd:YAG laser(magnification × 2,800). N; nucleus, CP; cytoplasm

상실은 물론 핵막의 파열이 관찰되었으며, 3.0W출력으로 조사된 치은조직(그림 3)에 비해 훨씬 광범위하고 심한 상피세포의 손상으로 평가되었다.

IV. 총괄 및 고안

최근에 레이저가 치과영역에 적용되면서 점차 그 활용범위를 확장해 가고 있는데 특히 연조직에 대한 레이저의 적용은 무혈적, 무통적 및 무균적 처치가 가능하다는 장점을 바탕으로 궤양성 구강점막질환의 치료, 소대절제술, 치은 성형술을 포함한 치은절제술, 치관피개조직절제술, 및 생체조직검사를 위한 조직표본 절취 등의 외과적 시술과정에 수술도를 대신하여 선택되고 있다^{2, 30, 31, 32, 33}).

레이저를 이용하여 외과적 처치를 시행하는 경우 수술중과 수술후 출혈의 우려가 없으며, 술후 동통이 경미하고, 술후 부종과 상흔을

최소화할 수 있으며, 봉합과정을 생략할 수 있어 수술시간을 단축시킬 수 있고, 조직에 대한 기계적 손상을 줄일수 있다는 점 등이 레이저 수술의 장점으로 부각되고 있는데, Apfelberg(1987)⁴²는 laser를 '새롭고 전혀 다른 수술도'라고 표현하였다.

그러나 레이저 조사로 인하여 후유증이 초래된다면 이는 해결해야 할 또다른 문제점으로 제기되는 바, 치주치료과정에서 치근면활택술후 치근면처치를 위한 레이저이용에 관한 연구결과로 Morlock등(1992)¹⁴은 레이저가 조사된 치면에서 탄화, 치근 광물질의 용융 및 재고형화를 관찰하였으며, Lin등(1992)¹³은 치주질환에 이환된 치근면에 대한 Nd:YAG 레이저조사가 부착된 세균과 교원섬유잔사 등과 같은 유기질을 기화시킴으로써 석회화구조에 분화구상의 변형과 재고형화를 초래하게 된다고 제시하였고, Spencer등(1992)¹⁵은 레이저가 조사되면 치근표면의 단

백질이 파괴되어 단백질/광물질 비율이 낮아짐을 규명하고 이러한 단백질 파괴로 치근표면이 오염되어 섬유아세포의 부착에 영향을 미칠 수 있다고 추론하였으며, Cobb등(1992)¹⁷⁾은 Nd:YAG 레이저로 3.0W이상 또는 한 부위에 3분이상 조사된 경우 치근의 형태에 변화를 초래할 수 있다고 지적하였고, Trylovich등(1992)³⁶⁾은 내독소가 처치된 치근면에 Nd:YAG laser를 조사한 결과 laser조사가 치근 백악질의 생체적합성을 변화시키게 되고 따라서 섬유아세포가 치근면에 부착하기에 바람직하지 않은 환경을 조성하는 결과를 야기한다고 지적하였으며, Tewfik등(1994)¹⁶⁾은 Nd:YAG 레이저가 비접촉조사된 백악질표면에서 구조적 및 기능적 변화가 초래됨을 규명하였으나, 이에 반하여 Ito등(1993)¹²⁾과 조등(1993)¹¹⁾은 치근면 활택술후에 Nd:YAG 레이저를 조사함으로써 치근표면의 smear layer를 제거하여 상아세관내 교원섬유를 노출시키는 치근면처치효과를 얻을 수 있다고 보고하였다.

치은 변연이 치관방향으로 증식되어 발생하는 치은증식증은 만성염증에 의한 염증성 치은증식증과 염증과 무관하게 초래되는 비염증성 치은 증식증으로 분류되는데, 이에 대한 치료술식은 외과적 치은절제술이 일반적으로 적용되지만 흔히 과도한 치은출혈과 이에 따른 감염의 가능성이 임상적으로 중시되는 문제점인 바 이러한 관점에서 레이저의 적용은 무혈적 처치가 가능하고 감염의 기회를 극소화할 수 있다는 특징을 고려할 때 가장 적절한 선택으로 간주된다. 이러한 점을 고려하여 인체 치은조직에 대한 파동형 Nd:YAG레이저조사로 초래될 수 있는 유해로운 영향을 조사하기 위한 본 연구에서는 치은증식증 환자를 연구대상으로 선택하였다.

레이저가 인체조직에 조사되면 흡수, 부분적 투과, 반사 또는 산란이 발생할 수 있으며, 흡수된 에너지의 크기에 따라 조직을 기화시

키거나 응고시키며 또는 두가지가 복합되기도 하는데, 레이저의 유형에 따라 특이한 에너지 흡수양상이 다름이 규명되었는데²⁾, 레이저조사에 따른 방사에너지가 조직에 의해 흡수될 때 네가지 상호작용이나 반응 즉 광화학적 상호작용, 광열적 상호작용, 광역학적 상호작용, 광전기적 상호작용이 발생할 수 있는데, 광화학적 상호작용에는 치유 및 회복과 같은 조직내에서 정상적으로 일어나는 생화학 및 분자과정에 대한 레이저광의 자극효과로 설명되는 생체자극, 광역동요법, 인광재방출 또는 조직형광이 속하고, 광열적 상호작용에 의해 임상적으로 발생하는 현상으로는 광제거, 응고, 지혈, 광열분해가 포함되며, 광역학적 상호작용에는 광파괴, 광해리, 광음성작용이 속하고, 광전기적 상호작용으로는 광원형질분리를 들 수 있다.

광열적 상호작용에서 방사광에너지는 조직 성분과 분자에 흡수되어 열에너지로 전환되며 이 열에너지가 조직에 영향을 미치게 되는데, Launay등(1987)²⁵⁾과 Wilder-Smith등(1995)¹⁰⁾은 치근면에서 레이저의 열작용효과에 관하여 조사하였고, Anic등(1992)²⁷⁾과 White등(1994)²⁸⁾은 레이저조사로 인한 치수강 내에서의 온도변화를 연구하였으며, Oyster등(1995)²⁹⁾은 CO₂ 레이저조사에 따른 titanium implant에서의 온도변화를 연구하였다. Pick등(1993)³⁰⁾은 Nd:YAG레이저의 경우 조직흡수성이 낮고 광학적 산란이 현저하기 때문에 조직표면에서는 손상이 거의 없고 조직심부에 열손상을 야기할 수 있다고 지적하였고, 또한 Harris등(1989)⁴³⁾은 조직내 광열적 상호작용은 초기에는 흡수된 레이저광이 조직내 구조의 전기적 또는 분자적 흥분을 유도하고, 후기에는 조직내 열에너지가 열확산과 전도과정에 의해 주위구조로 소산된다. 인접 조직의 손상정도는 조직의 구조, 성분, 수분함량, 조직혈관분포, 조직의 부피 및 표면적 등에 의해 좌우된다고 보고하였다.

Barnes(1975)⁴⁴⁾는 특히 장시간 레이저를 조사한 경우 표적지점의 인접부를 지나는 혈류에 의한 대류냉각은 중요한 역할을 하는데 조직표면에 짧은 시간동안 조사한 경우 조사로 발생한 열에너지는 수동 전도기전에 의하여 상방의 공기와 주변 조직으로 보다 쉽게 빠져나간다고 보고하였고, Armon등(1985)⁴⁵⁾은 동일한 1 Joule의 에너지로 조사할 경우 펄스 지속시간이 긴 군에서 짧은 펄스군보다 인접조직에 대한 조직손상정도가 더 크게 나타남을 관찰하였으며, Miserendino(1985)⁴⁶⁾등은 레이저조사에 따른 열손상으로 초래되는 조직탈수는 탄화, 혈액성분의 응고 및 단백질변성으로 연이어진다. 연속파 레이저를 사용할 경우 에너지가 열이완시간없이 축적되게 되는데 파동형 레이저의 경우 간격을 두고 전달되므로 열소산이나 냉각을 위한 짧은 시간이 제공되게 된다고 그 차이를 설명하였다.

본 연구에서는 치은조직의 구조적 차이와 조사시간의 차이로 비롯될 수 있는 변수를 최소화하기 위하여 상악 전치부 순측에 섬유성 치은증식증을 보이는 남자환자들만을 연구대상으로 선별하였고, 직경이 300 μ m인 fiber optic을 장착한 파동형 Nd:YAG 레이저(EL,EN,EN060, Italy, table 1)의 조사시간을 60초로 균일화시키고 상악 전치부 순측 치은조직에 접촉조사하였으며, 다만 조사출력의 차이에 따른 치은 상피조직의 손상정도만을 비교하고자 1.0W(100mJ, 10Hz), 3.0W(100mJ, 30Hz) 및 6.0W(150mJ, 40Hz) 출력으로 조절하여 각각 조사하였다.

본 연구의 투과전자현미경적 관찰소견(2,800배)에서 1.0W(100mJ, 10Hz)출력으로 조사된 치은조직의 상피세포에서도 레이저가 조사되지 않은 대조군에 비해 세포간격이 넓어진 양상과 세포간교를 따라 형성된 미세한 수포들이 관찰되었는데, 이는 1.0W의 낮은 출력에도 인접 치은상피세포에 광열적 상호작용의 영향으로 치은조직에 부종을 초래하였

음을 나타내고 있다.

레이저조사시 열효과와 강도는 표적조직내 온도상승정도에 따라 달라지는데, Frank(1989)⁴⁷⁾는 45°C내외에서는 일시적 과열현상으로 나타나고, 45-50°C에서는 효소변화가 발생하고 부종이 초래되고, 65°C이상에서는 탈수, 단백질변성 및 응고현상이 나타나며, 70-90°C에서는 조직접합현상이, 100°C이상에서는 조직액이 급속히 기화되면서 조직제거와 인접조직의 수축이 야기되고, 200°C이상에서는 조직이 탄화되는 현상이 나타남을 관찰하였다.

본 연구에서 3.0W(100mJ, 30Hz)출력으로 조사된 부위에 연한 치은조직의 상피세포에서는 세포막이 파열되어 세포간격이 상실되고 세포질이 응집되는 양상을 보이며 세포들이 괴멸되는 양상이 관찰되었고, 6.0W(150mJ, 40Hz)출력으로 조사된 부위에 연한 치은조직의 상피세포에서는 세포막의 파열은 물론 세포핵막까지 파열되는 매우 강력한 세포손상이 관찰되었는데, 이는 통상적으로 연조직에 대한 레이저의 외과적 시술에 적용될 수 있는 가장 낮은 조사출력인 3.0W의 조사출력에도 인접한 세포의 괴멸을 야기하고 있으며 또한 레이저의 조사출력이 높을수록 조직세포의 손상이 극심해지고 광범위해질수 있음을 시사하고 있다.

통상적인 수술도와 laser를 이용한 수술결과를 비교하는 연구를 시도하여 laser를 이용한 경우가 수술도를 이용한 경우보다 2-4일정도 더 느리게 치유됨을 확인한 Pick등(1993)³⁰⁾의 연구결과를 고려할 때, 본 연구결과는 파동형 Nd:YAG 레이저의 조사를 이용하여 인체 치은조직에 외과적 처치를 시행한 경우 인접상피세포의 손상을 초래하기 때문에 창상치유를 다소 지연시킬 수 있음을 시사하였다.

본 연구에서는 단순히 레이저조사후 치은상피세포의 미세구조에 미치는 영향만을 비교 관찰하였는데, 향후 레이저출력을 보다 세분하고 치은조직의 상태에 따른 레이저조사 영

향의 차이는 물론 레이저조사가 창상치유와 관계 깊은 다양한 세포외기질들에 미치는 영향을 면역조직화학적으로 비교분석하는 추가적인 연구가 계속되어야 하리라 사료된다.

V. 결 론

파동형 Nd:YAG 레이저를 조사함으로써 인체 치은조직에 발생된 병변을 처치하고자 할때 레이저조사가 잔존 치은조직에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 치주질환을 주소로 치주과에 내원한 환자들중 치은절제술이 요구되는 치은증식증 환자 20명을 연구대상으로 선택하고, 직경이 300 μ m인 fiber optic을 장착한 파동형 Nd:YAG laser(EL.EN.EN060, Italy)을 1.0W(100mJ, 10Hz), 3.0W(100mJ, 30Hz) 및 6.0W(150mJ, 40Hz)출력으로 조절하여 각각 60초간 순험측 치은조직에 접촉조사 하였으며, 레이저 조사직후 치은조직을 절제하여 투과전자현미경 관찰을 위한 전고정과 후고정과정을 거친후 epon에 포매하고 1 μ m 두께로 박절하여 uranyl acetate와 lead citrate 로 이중 염색을 시행한후 투과전자현미경하에서 비교관찰함으로써 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 1.0W출력으로 조사된 치은조직의 상피세포에서는 비조사 대조군에 비해 넓어진 세포간격과 미세한 수포형성이 관찰되었다.
2. 3.0W출력으로 조사된 부위에 연한 치은조직의 상피세포에서는 세포막의 파열과 세포질의 응집 및 세포간격의 상실이 관찰되었다.
3. 6.0W출력으로 조사된 부위에 연한 치은조직의 상피세포에서는 핵막과 세포막의 파열이 관찰되었다.

본 연구결과는 파동형 Nd:YAG laser의 조

사에 의한 인체 치은조직의 외과적 처치는 인접 상피세포의 손상을 초래하여 창상치유를 지연시킬 수 있음을 시사하였다.

참고 문헌

1. Maiman, T.H.: "Stimulated optical radiation in ruby", Nature, 187:493-494, 1960.
2. Miserndino, L.J., and Pick, R.M.: "Laser in dentistry", Quintessence Publishing Co. Inc., 1995.
3. Goldman, L., Hornby, P., Meyer, R., and Goldman, B.: "Impact of the laser on dental caries", Nature, 203:417, 1964.
4. Aoki, A., Ando, Y., Watanabe, H., and Ishikawa, I.: "In vitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an Erbium:YAG laser", J. Periodontol., 65:1097-1106, 1994.
5. Radvar, M., Creanor, S.L., Gilmour, W.H., Payne, A.P., McGadey, J., Foye, R.H., Whitters, C.J., and Kinane, D.F.: "An evaluation of the effects of an Nd:YAG laser on subgingival calculus, dentine and cementum. An in vitro study", J. Clin. Periodontol., 22:71-77, 1995.
6. Tseng, P., Gilkeson, C.F., and Liew, V.: "The effect of Nd:YAG laser treatment on subgingival calculus in vitro", J. Dent. Res., 70(Spec. Issue):657(Abst #62), 1991.
7. 양정승, 김동기, 성진호: "Argon laser와 불화물이온도입법을 이용한 상아질 표면처리에 관한 주사전자현미경적연구", 『구강생물학연구』, 19(2):601-618, 1995.
8. 장갑성, 김병옥, 한경윤: "과민성치근에 대한 Argon laser조사의 치료효과에 관한 실험적 연구", 『대한치주과학회지』,

- 25(3):668-678, 1995.
9. Myers, T.D.: "Lasers in dentistry", J. Am. Dent. Assoc., 122:46-50, 1991.
 10. Wilder-Smith, P., Arrastia, A.A., Schell, M.J., Liaw, L., Grill, G., and Berns, M.W.: "Effect of Nd:YAG laser irradiation and root planing on the root surface: Structural and thermal effects", J. Periodontol., 66:1032-1039, 1995.
 11. 조중희, 김병옥, 한경윤: "Nd:YAG laser 조사가 치근면 상아세관의 노출에 미치는 효과에 관한 주사전자현미경적연구", 『대한치주과학회지』, 23:564-576, 1993.
 12. Ito, K., Nishikata, J., and Murai, S.: "Effects of Nd:YAG laser irradiation on removal of a root surface smear layer after root planing: A scanning electron microscopic study", J. Periodontol., 64:547-552, 1993.
 13. Lin, P.P., Ladner, J.R., Mitchell, J.C., Little, L.A., and Horton, J.E.: "The effect of a pulsed Nd:YAG laser on periodontally diseased root surfaces: A SEM study", J. Dent. Res., 71(Spec. Issue):299(Abstr. #1546), 1992.
 14. Morlock, B.J., Pippin, D.J., Cobb, C.M., Killoy, W.J., and Rapley, J.W.: "The effect of Nd:YAG laser exposure on root surfaces when used as an adjunct to root planing : An in vitro study", J. Periodontol., 63:637-641, 1992.
 15. Spencer, P., Trylovich, D.J., and Cobb, C.M.: "Chemical characterization of lased root surfaces using Fourier transform infrared photoacoustic spectroscopy", J. Periodontol., 63:633-636, 1992.
 16. Tewfik, H.M., Garnick, J.J., Schuster, G.S., and Sharawy, M.M.: "Structural and functional changes of cementum surface following exposure to a modified Nd:YAG laser", J. Periodontol., 65:297-302, 1994.
 17. Cobb, C.M., McCawley, T.K., and Killoy, W.J.: "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.
 18. Dederich, D.N., Zakariasen, K.L., and Tulip, J.: "Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentine following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation", J. Endodontics, 10:428-431, 1984.
 19. Stewart, L., Powell, G.L., and Wright, S.: "Hydroxyapatite attached by laser: a potential sealant for pits and fissures", Oper. Dent., 10:2-5, 1985.
 20. Westerman, G.H., Hicks, M.J., Flaitz, C.M., Blankenau, R.J., and Powell, G.L.: "Argon laser cured sealant and caries-like lesion formation", J. Dent. Res., 70:493(Abst. #1817), 1991.
 21. Flaitz, C.M., Hicks, M.J., Westerman, G.H., Berg, J.H., Blankenau, R.J., and Powell, G.L.: "Argon laser irradiation and acidulated phosphate fluoride treatment in caries-like lesion formation in enamel: an in vitro study", Pediat. Dent., 17:31-35, 1995.
 22. Myers, T.D. and Myers, W.D.: "The use of a laser for debridement of incipient caries", J. Prosthet. Dent., 53:776-779, 1985.
 23. Westerman, G.H., Hicks, M.J., Flaitz, C.M., Blankenau, R.J., Powell, G.L., and Berg, J.H.: "Argon laser irradiation in root surface caries: an in vitro study", J. Am. Dent. Assoc., 125:401-407, 1994.

24. 안재현, 김병옥, 한경윤: "Nd:YAG laser 조사가 치근면의 미세경도에 미치는 영향", 『대한치주과학회지』, 25(3):614-622, 1995.
25. Launay, Y., Mordon, S., Cornil, A., Brunetaud, J.M., and Moschetto, Y.: "Thermal effects of lasers on dental tissues", *Lasers Surg. Med.*, 7:473-477, 1987.
26. Miserndino, L.J., Neiburger, E.J., Luebke, N., and Brantley, W.: "Thermal effects of continuous wave CO2 laser exposure on human teeth: An in vitro study", *J. Endodontics*, 14:302-305, 1989.
27. Anic, L., Vidovic, D., Luic, M., and Tudja, M.: "Laser induced molar tooth pulp chamber temperature changes", *Caries Res.*, 26:165-169, 1992.
28. White, J.M., Fagen, M.C., and Goodis, H.E.: "Intrapulpal temperatures during pulsed Nd:YAG laser treatment of dentin, in vitro", *J. Periodontol.*, 65:255-259, 1994.
29. Oyster, D.K., Parker, W.B., and Gher, M.E.: "CO2 lasers and temperature changes of titanium implants", *J. Periodontol.*, 66:1017-1024, 1995.
30. Pick, R.M. and Colvard, M.D.: "Current status of lasers in soft tissue dental surgery", *J. Periodontol.*, 64:589-602, 1993.
31. Roed-Peterson, B.: "The potential use of CO2-laser gingivectomy for phenytoin-induced gingival hyperplasia in mentally retarded patients", *J. Clin. Periodontol.*, 20:729-731, 1993.
32. Rossmann, J.A., Gottlieb, S., Koudelka, B.M., and McQuade, M.J.: "Effects of CO2 laser irradiation on gingiva", *J. Periodontol.*, 58:423-425, 1987.
33. Colvard, M.D. and Kuo, P.: "Managing aphthous ulcers: Laser treatment applied", *J. Am. Dent. Assoc.*, 122(7):51-53, 1991.
34. 김송옥, 김병옥, 한경윤: "Laser조사가 치주낭상피의 투과성에 미치는 영향", 『구강생물학연구』, 16:509-518, 1992.
35. 조형수, 김현섭, 임기정, 김병옥, 한경윤: "염증성 치은에 대한 Nd:YAG laser조 사효과에 관한 임상적 연구", 『대한치주 과학회지』, 26:531-541, 1996.
36. Trylovich, D.J., Cobb, C.M., Pippin, D.J., Spencer, P., and Killooy, W.J.: "The effects of the Nd:YAG laser on in vitro fibroblast attachment to endotoxin-treated root surfaces", *J. Periodontol.*, 63:626-632, 1992.
37. 문혜성, 임기정, 김병옥, 한경윤: "Nd:YAG레이저조사후 치근의 처치방법들이 치근면 치은섬유아세포 부착에 미치는 영향에 관한 연구", 『대한치주과학회지』, 26:701-714, 1996.
38. Rossmann, J.A., McQuade, M.J., and Turunen, D.E.: "Retardation of epithelial migration in monkeys using a carbon dioxide laser: An animal study", *J. Periodontol.*, 63:902-907, 1992.
39. Israel, M., Rossmann, J.A., and Froum, S.J.: "Use of carbon dioxide laser in retarding epithelial migration: A pilot histological human study utilizing case reports", *J. Periodontol.*, 66:197-204, 1995.
40. 박병기, 임기정, 김병옥, 한경윤: "저출력 레이저조사가 치은 섬유아세포의 증식과 염기성 인산분해효소의 활성화에 미치는 영향", 『대한치주과학회지』, 26:715-724, 1996.
41. 한경윤, 김상목, 김병옥, 김현섭, 임기정:

- “레이저조사가 치주낭조직에 미치는 영향”, 『대한치주과학회지』, 26:511-521, 1996.
42. Apfelberg, D.B., Maser, M.R., Lash, H., and White, D.N.: "Benefits of the CO2 laser in oral hemangioma excision", *Plast. Reconstr. Surg.*, 75:46-50, 1985.
43. Harris, D.M. and Werkhaven, J.A.: "Biophysics and applications of medical lasers", *Adv. Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 3:91-123, 1989.
44. Barners, F.S.: "Applications of lasers to biology and medicine", *Proc. I.E.E.*, 63:1269-1277, 1975.
45. Armon, E. and Laufer, G.: "Analysis to determine the beam parameters which yield the most extensive cut with the least secondary damage", *J. Biochem. Eng.*, 107:286-290, 1985.
46. Miserndino, L.J., Abt, T., Wigdor, H., and Miserendino, C.A.: "Evaluation of thermal cooling mechanism for laser application to teeth," *Laser Surg. Med.*, 13:83-88, 1993.
47. Frank, F.: "Laser light and tissue biophysical aspects of medical laser application", *SPIE Laser Med.*, 1353:37-45, 1989
48. Nelson, D.G.A., Shariati, M., Glana, R., Shields, C.P., and Featherstone, J.D.B.: "Effects of pulsed low energy infrared laser irradiation on artificial caries like lesion formation", *Caries Res.*, 20:289-299, 1986.
49. Nelson, D.G.A., Wefel, J.S., Jongebloed, W.L., and Featherstone, J.D.B.: "Morphology, histology and crystallography of human dental enamel treated with pulsed low energy infrared laser irradiation", *Caries Res.*, 21:411-426, 1987.
50. Oho, T., and Morioka, T.: "Argon laser irradiation increases the acid resistance of human enamel", *J. Dent. Health.*, 37:283-289, 1987.
51. Oho, T., and Morioka, T.: "A possible mechanism of acquired resistance of human dental enamel by laser irradiation", *Caries Res.*, 24:86-92, 1990.
52. Powell, G.L., Higuchi, W.I., Fox, J.L., and Yu, D.: "Enhancement of CO2 laser effect demineralization of human enamel", *Lasers Surg. Med. Suppl.*, 3:18(Abst. #59), 1991.
53. Weyrich, T., Donly, K.J., Wefel, J.S., and Dederich, D.: "An evaluation of the combined effects of laser and fluoride on tooth root surfaces", *J. Dent., Res.*, 73:146(Abst. #353), 1994.
54. 한상학, 김현섭, 임기정, 김병욱, 한경윤: "구강내 연조직에 대한 무통적조사를 위한 Nd:YAG laser의 출력조절에 관한 임상적 연구", 『대한치주과학회지』, 26:522-530, 1996.
55. Peters, J.F.M., Zakariasen, K.L., Boran, T.L., and Baron, J.R.: "Effects of pulsed/non-pulsed CO2 laser energy on enamel demineralization", *J. Dent. Res.*, 69:302(Abst. #1550), 1990.

The effect of a pulsed-Nd:YAG laser irradiation on microstructure of human gingiva

Kyung-Yoon Han, Kwang-Yong Shin, Chun-Seok Kim, Hyung-Soo Kim,
Chang-Yup Yum, and Byung-Ock Kim

Department of Periodontology, School of Dentistry, Chosun University

Since laser therapy has been applied to dentistry, many dental practitioners are very interested in laser therapy on various intraoral soft tissue lesions including gingival hyperplasia and aphthous ulcer.

The purpose of the present study was to determine the therapeutic effect and the harmful effect of a pulsed-Nd:YAG laser irradiation on human gingival tissue. In twenty periodontal patients with gingival enlargement, the facial gingival surface of maxillary anterior teeth was randomly irradiated at various power of 1.0W(100mJ, 10Hz), 3.0W(100mJ, 30Hz) and 6.0W(150mJ, 40Hz) for 60 seconds by contact delivery of a pulsed-Nd:Y

AG laser(EN,EL,EN060, Italy). Immediately after laser irradiation, the gingival tissues were surgically excised and prepared in size of 1mm³. Subsequently the specimens were processed for prefixation and postfixation, embedded with epon mixture, sectioned in 1 μ thickness, stained with uranyl acetate and lead citrate, and observed under transmission electron microscope(JEM 100 CXII).

Following findings were observed:

1. In the gingival specimens irradiated with 1.0W power, widening of intercellular space and minute vesicle formation along the widened intercellular space were noted at the epithelial cells adjacent to irradiated area.
2. In the gingival specimens irradiated with 3.0W power, the disruption of cellular membrane, aggregation of cytoplasm, and loss of intercellular space were observed at the epithelial cells adjacent to irradiated area.
3. In the gingival specimens irradiated with 6.0W power, the disruption of nuclear and cellular membrane was observed at the epithelial cells adjacent to irradiated area.

The ultrastructural findings of this study suggest that surgical application of a pulsed-Nd:YAG laser on human gingival tissue may lead somewhat delayed wound healing due to damage of epithelial cells adjacent to irradiated area.