

저출력레이저와 치과임상응용

단국대학교 치과대학 구강내과학교실

교수 김 기 석

의학에서 레이저는 조직을 태워서 절제하는 기기로 발전하였다. 그러나 1968년 부터 앙드레 메스타 교수는 초기에 개발된 고출력레이저인 루비, 아르곤, 헬륨 네온레이저를 사용하여 출력을 약하게 하여 조사한 부위에 나타난 비열적 효과(nonthermal effect)에 대하여 연구하였다. 그는 저출력레이저 - 최근에는 이러한 용어를 저수준레이저 요법(low-reactive level laser therapy, LLLT)으로 통합되고 있음을 이용하여 통법으로는 잘 낫지않는 궤양 등의 병소를 치료하였다. 이후 반도체나 헬륨네온을 이용한 저출력레이저 기기가 개발되면서 저출력레이저의 사용은 광범위하게 된다. 따라서 10여년전 치과에 보급된 레이저는 헬륨네온 또는 반도체 다이오드를 이용한 저출력레이저 뿐이었기 때문에 저출력레이저의 비열적 효과 즉 생체자극효과(biostimulation effect)에 대한 연구는 이미 상당한 연구가 축적되어있다. 최근에는 Nd:YAG나 Er:YAG, CO₂레이저등 고출력레이저가 나와 치과적 관심이 높아져 있으나 이러한 고출력레이저도 조직손상이 되지 않을 정도로 약하게 조사하면 조직의 침투정도에 따라서는 저출력레이저의 생체 자극효과를 얻을 수 있다. 저수준레이저에 대해서는 상당한 연구가 진행되고 있고 관심의 대상이다. 하지만 고출력레이저 처럼 눈으로 볼 수 있는 가지적 효과를 즉시 볼 수 없기 때문에 임상적 효과에 대한 과학적 입증은 아직도 명확하지 못한 면이 많다.

레이저광의 침투와 흡수

비록 수mW의 저출력레이저 장치에서 나오는 레이저광일 지라도 100W의 전구에서 나오는 일반 광선

보다는 훨씬 깊이 침투한다. 이것이 저출력레이저광의 독특한 특징이다. 레이저광은 단색성이면서 양자와 함께 에너지 손실이 거의 없이 완벽하게 직진한다. 따라서 필터를 이용하여 여과한 일반적인 단색성 광선과는 달리 상당히 높은 에너지 밀도를 가진다. 레이저광의 분극(polarization) 역시 임상적 응용의 기전에 주요한 역할을 한다. 동일한 파장의 레이저광이 조직에 침투하였을 때 얻게되는 효과는 물론 침투될 때 처음 수개층의 세포층을 통과하면서 순수한 레이저광의 간섭성(coherence)은 상당히 소실되지만 통상의 광선보다는 훨씬 크다. 일부 연구자는 실험실 연구에서 다른 광선과 레이저광간에는 별다른 차이가 없다고 주장한다. 실험실 연구에서 사용하는 세포는 대개 층이 많지 않아 레이저 광이든 일반광이든 통과하는데 별다른 차이가 없기 때문에 이러한 결과가 나올 수 밖에 없다. 그러나 조직 실험에서는 두터운 세포층을 일반적인 광선은 통과할 수 없으나 레이저광은 목표조직에 도달하여 세포를 자극할 수 있다. 이러한 침투능력이 주요한 데 침투력에 대한 또다른 주요 요인에는 출력도 있지만 광선의 파장이 매우 관련이 많다.

현재 사용되는 고출력레이저 중에서 CO₂레이저는 물에대한 흡수도가 상당히 높기때문에 조직의 심부에 도달하지 못한다. 적색의 헬륨네온이나 Nd:YAG레이저도 어느정도 깊이 침투하나 820-840 nm의 갈륨비소 다이오드레이저는 침투력이 상당히 높다(그림1). 저수준으로 통과한 레이저 광은 조직어디엔가 흡수되는 데 최근 연구에 의하면 세포내 소기관들에 잘 흡수된다고 한다. 이러한 현상은 lysosome과 mast cell에서 특히 나타나 매우 짧은 기간에 혈액과 임파

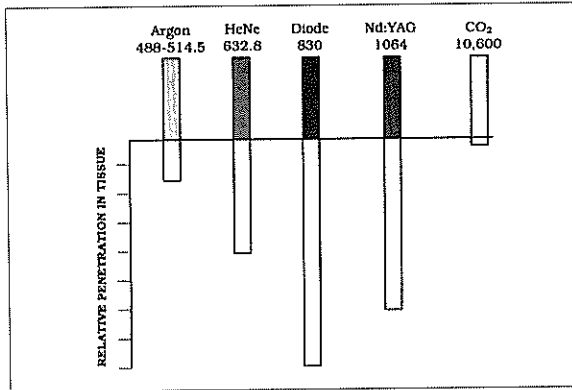


그림 1. 파장에 따른 조직 침투깊이의 비교를 보여줌.

계내에 세포내 야기된 단백질질의 밀도를 증가시켜 면역 글로불린, 히스타민, 세로토닌 등의 다양한 물질 생성케한다. 이러한 물질들은 혈관 및 임파계를 통하여 전신적으로 순환하여 인체내 이차적 효과를 나타낸다. 최근의 연구에 의하면 저출력레이저가 조사된 혈액의 호중구(neutrophils)에서 탐식작용(phagocytic action)이 증가된다. 뿐만아니라, 신경 섬유에는 광감작 성분이 있음이 밝혀짐으로서 저출력 레이저가 신경생리화학적 기능에 작용한다는 가설이 점차 과학적 현실로 다가오고 있다. 따라서 레이저광의 목표부위는 규모가 큰 조직수준에서 부터 미세한 세포내 소기관에 이르기 까지 다양하며 신경, 림프 및 혈관계로 부터 전신에 이르기 까지 영향을 미친다. 그러므로 레이저광의 가장 큰 이점은 즉각적 국소반응 뿐만아니라 조사후 수일 동안 지속되는 레이저효과(lasing effect)이다.

LLLT(저수준레이저, 저출력레이저)와 동통

레이저가 어떻게 급성 및 만성동통에 효과적으로 적용되는가? 아직까지 의학적으로 이에 대한 대답은 모른다. 그러나 분명히 체계적 과정을 가지고는 있으나 과학적으로 규명되지 못한 현대 의학의 미스터리 중의 하나인 것은 분명하다. 그러나 최근에 밝혀진 기초과학에 의해 동통완화에대한 LLLT의 사용의 기본 이론이 잡혀가고 있다. 레이저 생체자극효과를 주장한 Endre Mester 교수는 매우 적은 양의 저출력레이저에서 특히 높은 효과가 신속히 나타난다고 한다.

뿐만아니라 피부과영역에서도 레이저를 사용하는 경우 조직의 효과는 기화나 응고효과 즉 근본적으로 조직을 파괴하는 효과를 이용한다(고수준레이저 high reactive level laser treatment HLLT). 그러나 이러한 경우에도 응고되고 파괴된 조직 하부에는 조직파괴후 통과하면서 약해진 에너지 밀도의 레이저광이 지나게된다(그림2). 다시말해 파괴적인 고출력레이저일지라도 이차적으로 또는 동시적으로 저수준레이저광이 동반하게 된다는 점이다. 물론 파장에 의해 침투정도가 달라지며 가시광선중에서는 파장이 긴 적색광이 청색광보다 침투깊이가 크며 특히 820-904nm의 근적외선은 가장 흡수가 잘된다.

저출력레이저광이 진통제보다 더욱 효과적인 것은 통각임펄스의 전달에 작용하거나 통증 인식에 주요한 전달물질의 receptor sites 를 차단함으로써 인체의 동통인식을 조정하기 때문이라 추정된다. 레이저는 반복투여해야하는 약물과는 달리 즉각적 반응이 나타나는 국소반응뿐만아니라 서서히 나타나는 전신수준의 반응이 모두 나타난다.

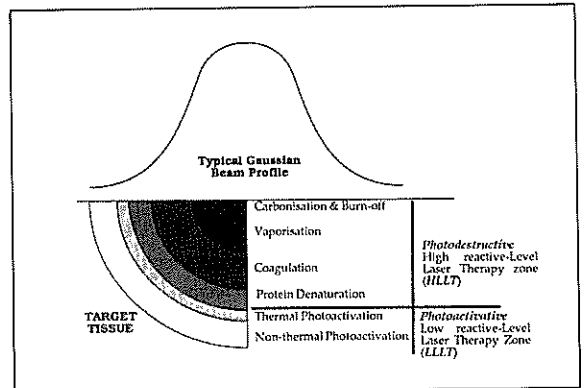


그림 2 전형적인 가우시안분포의 고출력레이저광이 조직에 조사될 때 나타나는 에너지 밀도의 감소와 이에 따른 조직 효과를 보여주는 모습도 중심부에는 조직탄화로 인한 조직의 탈락효과를 보여주며, 고출력 레이저효과가 주위에 확산되어 약한 레이저로 완화되어 비과과적 광열 및 비광열 활성의 확산효과를 보여주는 LLLT zone.

LLLT와 발치창

904nm의 펄스형 다이오드 저수준레이저광을 19명의 발치환자에게 발치후 즉시 1분간 평균 14mW의 양을 조사한 후 창상치유 및 진통효과를 조사하였다. 19명

표 1. LLLT처치후 발치창의 통증에 대한 대조군과의 VAS비교. 레이저조사군의 경우 신속히 통증이 소실되는 것을 볼 수 있음.

group	n	Day0	Day1	Day2	Day3	Day4	Day5	Day6	p value
LLLT(n=11)	11	2.5±2.1	1.6±2.1	1.0±1.9	.2±.6	0±0	0±0	0±0	<.0001
Control(n=8)	8	5.0±3.7	4.2±4.3	2.5±3.6	2.9±3.7	1.2±2.2	.9±1.7	.5±1.1	
p value					.591				

표 2. LLLT처치군의 경우 진통제 사용이 매우 감소되어 있는 것을 볼 수 있음.

group	n	duration of analgesic use (hour)	p value
LLLT	11	12.4±21.3	<.0177
Control	8	62.7±59.1	

표 3. LLLT처치군의 경우 진통제 사용기간이 상당히 짧은 것을 볼 수 있음.

group	n	number of analgesic use	p value
LLLT	11	1.3±2.1	<.0223
Control	8	6.5±6.5	

중 8명은 대조군으로서 sham-irradiation하여 일주 동안 시간경과에 따른 동통의 정도, 진통제의 사용횟수, 진통제사용기간등을 각각 조사하였다. 비교한 결과, 단 1회의 레이저조사에도 불구하고 레이저조사군에서 유의하게 동통이 감소(표1)하였으며, 진통제 사용횟수(표2), 사용기간(표3)도 유의하게 감소하였다. 이러한 결과로보아 비록 1분간의 적은 양일지라도 발치후 합병증을 억제하여 동통을 완화하고 치유를 촉진한다고 사료된다.

LLLT를 이용한 이차상아질 형성의 유도

흥미있는 연구결과 중에는 이차상아질의 형성이 촉진된 보고가 있다. 아르곤레이저와 Nd:YAG레이저를 조사한 백서치아의 치수강과 근관내에 이차상아질이 형성되어 채워진 결과이다. 이는 실험도중 확인하게 된 레이저의 이차적 효과이다. 이때 사용된 레이저는 아르곤 다이레이저로서 저출력레이저에 해당한다. 이는 치아과민 치료에 사용할 수 있음을 의미하며 이

를 확실히 확인하기 위해서는 과학적 실험이 향후 필요하다.

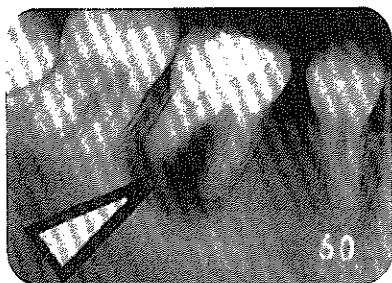
LLLT와 치조골질환의 골형성 활성화

치근단 농양이나 치주농양 등의 치조골질환을 Nd:YAG레이저로 치료하는 동안 치조골농양과 연관있는 치은 염증도 감퇴되는 반면, 이전에 변성되었던 치조골질환이다시 살아나는 것을 알 수 있었다. 이후 해롭네온과 다이오드레이저시스템을 사용한 경우에도 골질환의 치유가 레이저군에서 훨씬 빨랐다.

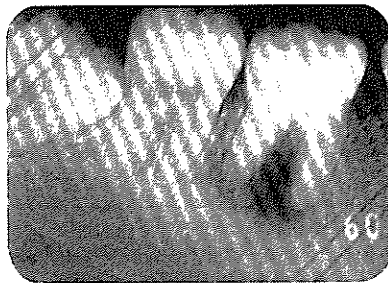
뿐만아니라, 저수준레이저를 조사한 후 골아세포의 기능에 대한 연구결과, 저수준레이저가 alkaline phosphatase activity를 증가시킬 뿐만아니라 석회 화결절의 형성을 촉진함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 저수준레이저가 조골세포의 기능과 무기질 침착을 자극함으로써 골형성을 촉진한다고 제시 할 수 있다.

LLLT와 창상치유

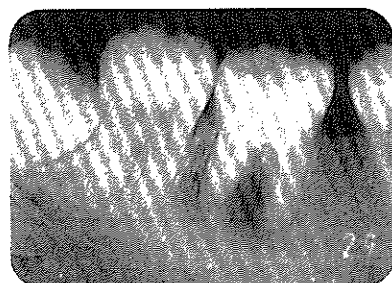
백서 피부에 창상을 형성하여 세균으로 감염한 후 레이저를 조사한 군과 조사하지 않은 sham-irradiation 군과 비교한 결과 레이저를 조사하지 않은 군에서는 심지어는 창상이 악화되어 농양이 형성된 것을 볼 수 있었으나 레이저를 조사한 군에서는 거의 모두 창상이 폐쇄되고 상피층이 연결완성되어 치유가 일어나고 있는 것을 볼 수 있었다. 물론 레이저를 조사할 때 균의 증식을 초래할 수도 있는 조건이나 주위조직의 생체자극효과가 세균의 증식에 의한 손상보다도 우세하여 레이저광은 치료효과를 보여준다고 제시할 수 있다. 이는 염증이나 창상이 감염이 있던 없던 직접 창상부위에 조사하면 치료효과를 볼 수 있음을 의미한다.



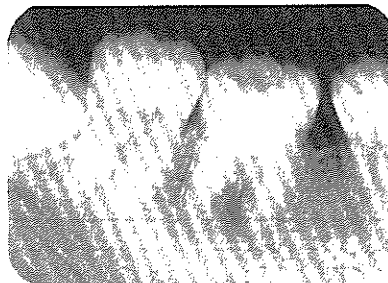
a:레이저 조사전,



b:레이저조사,



c:4주후,



d: 5개월후 파괴된 부위의 골재생모습을 볼 수 있음.

그림 3. 23세 여성의 심한 만성 국소성 치주염

맺는 말

지금까지 모든 내용을 종합해볼 때 고출력레이저와는 달리 저출력레이저는 눈으로 확인할 수 있는 조직의 변화가 당장에 나타나지는 않지만, 세포수준에서 소기관들이 생체자극효과를 얻어 진통효과, 항염증효과 등에 의해 치료효과를 얻을 수 있다고 말할 수 있다. 특히 아무리 심한 염증이나 감염상태일 지라도 저

수준의 레이저광은 생체자극효과를 발휘하여 염증 및 세균을 억제하고 치유시킨다. 따라서 당장에 눈에 걸과가 보이지는 않으나 예후가 나빠 보이거나 손상이나 감염이 심한 병소나 부위에는 단 1회일 지라도 1-2분간 조사한다면 치유의 촉진과 합병증의 방지에 유익할 것이다.

참고 문헌

1. Ohshiro T : Low reactive-level laser therapy: practical application. Chichester, 1991, John Wiley & Sons, pp3-103.
2. Kim K-S: Effects of low level laser irradiation with 904nm pulsed diode laser on the extraction wound. J. of Korean Academy of Oral Medicine, 23:301-307, 1998.
3. Kim K-S, Kim J-K, Kim S-W, Shimizu M: Effects of low level laser irradiation on the rat osteoblast function. J. of Korean Academy of Oral Medicine, 21:15-23, 1996.
4. Lee P-Y, Kim K-S: Effects of low reactive level laser irradiation on the wound infected with Staphylococcus aureus. J. of Korean Academy of Oral Medicine, 21:153-171, 1996.