Er:YAG 레이저 조사가 *S. mutans*의 성장 및 산 생성능에 미치는 영향

김희진 · 이난영 · 국중기 * · 이상호

조선대학교 치과대학 소아치과학 교실 및 구강생물학연구소, 구강생화학교실 *

국문초록

치아우식증은 산에 의해 법랑질이 탈회되는 현상으로 소아 및 청소년기에 가장 흔히 발생하는 구강질환 중의 하나로서, 치아우식증의 원인요소 중 다른 인자들보다 객관적으로 조사할 수 있는 구강내 세균에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔다. 이 연구는 구강내의 치태라는 고체상태의 조건과 유사한 상태로 Er:YAG 레이저가 구강내 산 생성세균인 *S. mutans*의 증식에 미치는 영향 및 레이저의 조사시간에 따른 차이를 평가하고자 하였다.

Er:YAG 레이저의 구강내 산 생성 세균인 *S. mutans*에 대한 증식억제효과를 평가하기 위하여 *S. mutans* pellet에 Er:YAG 레이저를 비접촉식 방법으로, 50mJ, 10Hz, 그리고 조사시간을 1초, 3초, 5초, 7초, 9초로 달리하여 조사하고 이때의 세균의 성장률과 산 생성능을 0, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48시간 동안 측정한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 레이저를 조사한 군이 레이저를 조사하지 않은 대조군에 비해 세균의 성장률이 감소되었다($P<0.01$).
2. 레이저를 조사한 후 12시간까지 1, 3, 5초 조사군에 비해 7, 9초 조사군에서 세균의 성장율이 유의하게 감소되었으나($P<0.05$), 24시간 후부터는 서로 유의할만한 차이를 보이지 않았다.
3. 레이저를 조사한 시간이 증가함에 따라 세균의 산 생성능력이 회복되는 시간이 길어짐이 관찰되었고 24시간 후에는 대조군과 차이를 보이지 않음으로써 일정 시간 이후에는 점차적으로 산 생성능력이 회복됨을 알 수 있었다.

주요어 : 치아우식증, *S. mutans*, Er:YAG laser

Ⅰ. 서 론

치아우식증은 산에 의해 법랑질이 탈회되는 현상으로 소아 및 청소년기에 가장 흔히 발생하는 구강질환 중의 하나이다[1-3]. 치아우식증은 숙주 요인인 치아와 타액, 환경 요인인 구강위생과 식이, 병원체 요인인 우식 유발 세균, 그리고 시간의 네가지 요소에 의해 일어나는 일련의 화학세균과정에 의한 치질의 파괴 과정이다[4]. 이 중 다른 인자들보다 객관적으로 조사할 수 있는 구강내 세균에 대한 연구가 활발하다.

치아우식의 병인에 대한 연구는 역사적으로 매우 오래되어 1950년대말 까지만 하여도 우식 병원성 세균으로 *Lactobacillus*가 지목되어 왔으나[5] 1960년 Fitzgerald 등[6]이 무균동물을 *Streptococcus*로 감염시켜 치아우식이 발생하였음을 보고한 후 우식발생에 있어서 *S. mutans*의 병인론적 연구가 활발하게 진행되어 왔다.

*S. mutans*는 교합면 소와, 열구 및 평활면 우식 등 모든 형태의 치아우식을 일으키며[7,8], 한국인 아동에 대한 조사 결과에서도 치아우식경험과 S. mutans의 수가 비례한다는 연구결과[9]와 함께 여러 문헌에서 치아우식경험과 *S. mutans*의 수로 측정한 우식활성도간에는 매우 높은 상관관계가 있음을 보고하고 있다[10-13].

따라서 치아우식증을 예방하는 방법으로 구강내 세균의 집락인 치태를 제거하는 것이 가장 효과적인 방법이지만, 이를 제거하기 위해 사용되는 항미생물 제재의 단점인 표적세균(target organism)의 저항성 등이 알려지면서 최근 레이저를 이용한 치아우식예방법이 시도되고 있다[14].

교신저자 : 이 난 영

광주시 동구 서석동 421
조선대학교 치과대학 소아치과학교실
Tel : 062-220-3860, 3864
E-mail : nandent@chosun.ac.kr

치과영역에서 레이저는 1964년 Goldman 등[15]이 치아우식 부위 제거에 레이저를 처음 사용한 이래, 치아삭제, 우식예방, 치아과민증 치료 등의 여러 분야에서 레이저 이용이 활발히 이루어지고 있다. 레이저 도입 초기에는 치아와동 형성 및 우식증 제거에 관심이 집중되었으나, 이 경우 치아 및 치수손상에 대한 우려가 높아 현재는 치아우식 예방과 초기 우식증 치료영역에 관심이 집중되고 있다[16].

치아우식 예방 분야에서는 1964년 Stern과 Sognnaes[17]가 YAG 레이저를 이용한 와동형성 실험중 조사부위의 내산성 강화현상을 발견하여 처음으로 치아우식 예방가능성을 시사한 이후 Lobene 등[18]은 탄산가스 레이저를, Goodman과 Kaufman[19]은 아르곤 레이저를, Yamamoto와 Sato[20]는 초음파 Q-스위치 Nd-YAG 레이저를 치면에 조사하여 법랑질의 내산성 증가를 보고한 바 있다. 더욱이 레이저가 직접 세균에 작용하여 살균효과를 가진다는 연구도 있다. Tseng 등[21]은 Nd-YAG 레이저 조사가 치근면의 세균성 치태에 살균효과를 갖고 있다고 보고하였고, Hooks 등[22]은 CO_2 레이저가 세균에 오염된 근관용 reamer를 빠르게 멸균하는데 효과적이라고 하였다. Stellar 등[23]은 CO_2 레이저가 조직에 있는 살아있는 세균을 기화시켜 파괴한다고 보고하였고, Moritz 등[24]은 근관내에서 세균의 살균 능력이 Er:YAG, Nd:YAG, Ho:YAG 레이저 순이라고 발표하였다.

이와같이 근관 치료영역에서의 레이저의 살균효과는 많이 연구되고 있는 반면, 치아우식증의 예방법으로써 그 원인균인 *S. mutans*에 미치는 효과에 관한 연구는 드물다.

따라서 이 연구는 구강내의 치태라는 고체상태의 조건과 유사한 상태로 Er:YAG 레이저가 구강내 산 생성세균인 *S. mutans*의 증식에 미치는 영향 및 레이저의 조사시간에 따른 차이를 평가하고자 한다.

Ⅱ. 실험 재료 및 방법

1. 실험재료

1) 레이저

파장 2940 nm, 최대출력 15 W, pulse repetition rate의 범주가 2-50 Hz인 Er:YAG 레이저(Fidelis Plus®, Model 21-1AF, Fotona, Slovenia)를 사용하였다. 이때 사용한 handpiece는 비접촉 조사방식의 RO2 model(Fotona, Slovenia)을 사용하였으며 초점거리는 7 mm로 조정하였다. 레이저의 광 전달계는 articulated arm 형태였다.

2) 세 균

한국 생명공학연구소 유전자원센터 유전자은행 (Korean Collection for Type cultures, Daejeon, Korea)에서 분양받은 *Streptococcus mutans* KCTC 3065를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 세균배양

세균은 Brain heart infusion (BHI) 액체 배지나 한천배지에 도말하여 37℃ 탄산가스 배양기에서 배양하여 사용하였다.

BHI 한천배지에 *S. mutans*를 도말하고 이를 24시간 배양한 다음, 하나의 군락을 10㎖의 BHI 액체배지에 접종하여 24시간 동안 배양하고, Microplate Autoreader(Model; EL311SX, BIO-TEX Instruments Inc., Cortland, NY, U.S.A.)를 이용하여 450nm의 파장에 대한 흡광도(A_{450})가 0.1로 일정하게 세균배양액을 희석하였다. 레이저 조사를 위해 100 ㎕의 세균 배양액을 eppendorf tube에 옮기고 원심분리(14,000×g, 3분간)하여 상층액을 제거하고 세균 pellet을 얻었다.

2) Er:YAG 레이저 조사의 *S. mutans* KCTC 3065에 대한 성장율 평가

레이저 조사에 따른 *S. mutans* KCTC 3065의 증식 억제효과를 알아보기 위하여 2.94 ㎛ 파장의 pulsed Er:YAG 레이저로 조사조건을 다음과 같이 달리하여 각각 8회씩 레이저를 조사하였다. 레이저 조사는 조사 beam의 직경을 650 ㎛로 비접촉식 방법으로 조사하였고 조사세기는 50 mJ, pulse repetition rate는 10 Hz를 사용하였다. 조사시간은 각각 1초, 3초, 5초, 7초, 9초로 하였다. 또한 원심분리를 시행하지 않고 BHI-YS broth에서 배양하고 레이저를 조사하지 않은 군을 대조군으로 설정하였다.

레이저 조사 후 각각의 세균 pellet에 100 ㎕의 BHI-YS 세균배양액을 넣고 세균 pellet을 현탁한 다음, 10 ㎕씩을 새로운 200 ㎕의 BHI-YS 세포배양액에 접종하였다. 이를 37℃ CO_2 incubator에 배양하였고 0, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48시간마다 세균의 성장 정도를 알아보기 위하여 Microplate Autoreader를 이용하여 450 nm의 파장에 대한 흡광도를 측정하였다.

3) Er:YAG 레이저 조사가 *S. mutans* KCTC 3065의 산 생성능에 미치는 영향에 관한 평가

Er:YAG 레이저의 조사가 *S. mutans* KCTC 3065의 산 생성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 레이저를 조사하지 않은 경우를 대조군으로 하고, 레이저를 조사한 군을 실험군으로 분류하였다. 세균을 접종하기 전 세균 배양액의 pH는 7.0으로 조절하였다.

상기 2)와 같은 방법으로 Er:YAG 레이저를 조사하고, 세균 pellet을 희석한 후, 새로운 200 ㎕의 BHI-YS 세균 배양액에 접종하여 48시간동안 배양하였다. 이 때 대조군 및 실험군의 수소이온농도지수를 pH electrode(Model 91-5/06, Orion Research Inc., U.S.A.)와 pH meter(Model 920, Orion Research Inc., U.S.A.)를 이용하여 0, 2, 4, 8, 12, 24, 48시간마다 산 생성 정도를 측정하였다.

4) 통계학적 평가

실험을 통해 얻어진 자료는 반복측정 ANOVA를 통해 주어진 시간대별로 대조군과 각각의 실험군들 사이에 통계적 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. 실험성적

1. Er:YAG 레이저 조사시간에 따른 *S. mutans*의 성장율 평가

대조군의 48시간 후 세균 배양액의 450nm 파장에 대한 흡광도를 100으로 하여 상대적으로 평가하였다. 레이저를 조사한 실험군에서는 대조군에 비해 모두 세균의 성장율이 감소하였고, 레이저의 조사시간이 길어질수록 세균의 회복시간이 지연되었다(Fig. 1). 레이저를 조사한 직후에는 모든 군들간에 유의한 차이를 보이지 않았고, 2시간 후에는 대조군에 비해 3, 7, 9초군에서 유의한 차이를 보였다($P<0.01$). 4시간 후에는 대조군과 모든 실험군 사이에 유의한 차이를 보였고($P<0.01$), 8시간 후에는 1, 3초군에 비해 7, 9초군에서 유의할 만하게 세균의 성장율이 감소되어 있었고, 대조군에 비해서는 모든 실험군에서 유의할 만하게 감소되었다($P<0.01$). 12시간 후에는 1, 3, 5초군에 비해 7, 9초군에서 유의할 만하게 세균의 성장율이 감소되어 있었고($P<0.05$), 대조군에 비해서는 모든 실험군에서 유의할 만하게 감소되어 있었다($P<0.01$). 24시간 후부터는 모든 실험군들 사이에서는 유의할 만한 차이는 보이지 않았고, 대조군에 비해서는 모두 유의할 만하게($P<0.01$) 감소되었다(Table 1).

2. Er:YAG 레이저 조사가 S. mutans의 산 생성능에 미치는 영향

레이저의 조사시간에 따른 세균의 산 생성능의 변화는 0, 2, 4, 8, 12, 24, 48시간동안 세균 배양액의 pH를 측정한 결과 시간이 경과되면서 대조군과 1초군의 pH는 비슷하게 8시간대에서 4.8-5.3까지 감소하였고, 3, 5초군에서는 12시간대에서 4.8-5.0까지, 7, 9초군에서는 24시간대에서 4.1-4.2까지 감소하였다(Table 2, Fig. 2).

Table 1. Relative growth rate(%) of *S. mutans* according to the irradiation time

Culture time / Irradiation time	0 hr	2 hrs	4 hrs	8 hrs	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs
Control	-0.5	1.6	7.9	46.1	68.4	83.0	98.3	100.0
1sec	0.8	0.2	2.3	19.1	37.5	54.7	61.7	62.9
3sec	-0.7	-1.1	0.7	17.2	39.3	59.6	68.3	70.4
5sec	0.5	-0.2	1.0	14.0	37.3	59.3	67.8	70.3
7sec	-0.9	-2.0	-1.6	3.3	19.3	43.5	52.3	55.1
9sec	-0.1	-1.1	-0.9	3.2	19.7	45.7	54.7	57.6

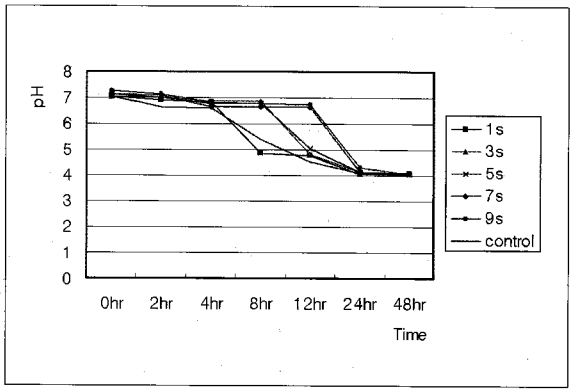

Fig. 2. pH changes with respective to laser irradiation.

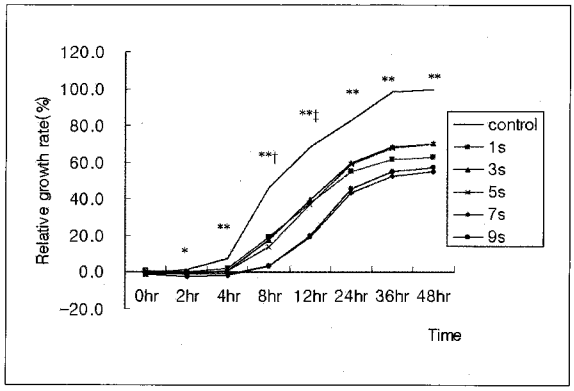

Fig. 1. Effect of Er:YAG laser on growth rate of *S. mutans* according to the irradiation time.
* : Significant difference between control and 3,7,9s. ($P<0.01$)
**: Significant difference between control and 1,3,5,7,9s. ($P<0.01$)
† : Significant difference between 1,3s and 7,9s. ($P<0.01$)
‡ : Significant difference between 1,3,5s and 7,9s. ($P<0.05$)

Table 2. pH changes with respective to laser irradiation

Culture time / Irradiation time	0 hr	2 hrs	4 hrs	8 hrs	12 hrs	24 hrs	48 hrs
control	7.064	6.639	6.605	5.37	4.531	4.077	4.027
1s	7.042	6.92	6.834	4.875	4.788	4.024	4.072
3s	7.057	6.99	6.863	6.853	4.823	4.111	4.073
5s	7.127	6.997	6.803	6.795	5.057	4.117	4.046
7s	7.142	7.085	6.651	6.662	6.632	4.119	4.075
9s	7.257	7.126	6.833	6.772	6.756	4.295	4.052

Ⅳ. 총괄 및 고안

과거 치아 우식 예방법으로 불소와 치면열구전색법이 많이 이용되었으나 최근 새로운 우식예방법으로 레이저가 이용되고 있다. 레이저는 출력에 의해 저출력과 고출력레이저로 분류되며, 광화학작용, 광열작용, 광용해작용 또는 광기계작용으로 세균에 영향을 미친다. 그러나 고출력 레이저는 위의 모든 반응이 일어날 수 있으나 저출력 레이저는 단지 광화학작용에 의해 세균에 영향을 미친다고 보고되어 왔다[14]. 광기계작용은 주로 초음파발생에 의한 세균 세포막 혹은 세포성분의 파괴를 초래하며 광화학작용은 빛을 흡수하는 조직성분에 흡수된 후 조직내 산소에 작용하여 자유기를 형성하고 이 자유기가 세균 대사의 방해와 세포막 지방질의 과산화를 초래하므로써 살균효과를 나타낸다[14].

레이저의 세균에 대한 작용은 세균의 특성, 빛, 그리고 환경요인에 달려 있다. 레이저의 세균에 대한 감수성을 결정하는 주된 인자로는 레이저 파장의 세균에 대한 흡수율과 조사시간에 따른 세균의 생리적인 상태이다. 레이저 빛의 성질에 따르면, 가장 중요한 요소는 파장이고, 레이저 조사에너지, 조사시간과 조사광의 직경 등을 들 수 있으며, 마지막 환경요인은 pH, 세균의 색, 열전도율, 수분의 함량, 유기물의 함량, 세균 집락의 밀도 등이 거론된다.

여러 레이저 중 치과용으로는 아르곤, 탄산가스, Nd-YAG 레이저가 흔히 사용된다. 치과시술에 사용되는 레이저는 대부분 치료할 표적조직에 강력하게 흡수되어 인접조직에 영향을 주지 않는 레이저 파장을 선택해야 한다. 아르곤 레이저는 출력이 약해서 조사시간이 길어지므로 치아에 손상을 줄 수 있는 단점이 있어 우식예방용으로 부적합하고 탄산가스 레이저는 착색도포제 없이도 조직에 흡수되므로 초기에 경조직 처치에 사용되었으나 수분에 의한 흡수력도 높아 세포와 조직을 무차별 탄화, 연소, 파괴하는 성질이 있어 사용이 제한되고 있다[16]. 더욱이, 파장이 길어서 광유도관을 사용하여 구강내에 쉽게 도달하기 어렵다는 단점이 있어 최근에는 Er:YAG 레이저 이용에 대한 연구가 활발하다.

Er:YAG 레이저의 살균작용에 대해서 여러학자들이 보고하고 있는데, Hibst 등[25]은 Er:YAG를 세균에 조사하여 세균의 성장이 완전히 억제되었다고 보고하였다. Schoop 등[26]은 Er:YAG 레이저로 생리적인 온도범위에서 치근관의 세균의 수를 감소시켰다고 보고하였다. 국내에서 송[27]은 Er:YAG 레이저를 *S. mutans*의 10 ㎕, 100 ㎕ 세균배양액에 조사시 온도상승이 상대적으로 큰 10 ㎕ 세균배양액에서는 *S. mutans*의 집락수와 산 생성능이 감소되고 불용성 세포외 다당류의 합성이 부분적으로 억제되나 100㎕ 세균배양액에서는 변화가 관찰되지 않았다고 보고하였다. 이 연구에서의 결과로 보아 Er:YAG 레이저는 *S. mutans*의 증식에 영향을 주는 것으로 보인다.

따라서 이 연구에서는 Er:YAG 레이저가 구강내 산 생성세균인 *S. mutans*의 증식에 미치는 영향과 아울러 레이저의 조사시간에 따른 차이를 평가해 보고자 하였다.

조사시간에 따른 *S. mutans*의 성장율을 평가해 본 결과 대조군에 비해 레이저를 조사한 실험군에서 세균의 회복이 되는 시간이 지연됨을 알 수 있었고, 1, 3, 5초군에 비해 7, 9초를 조사한 군에서 12시간 후까지 유의할 만하게 세균의 성장율이 감소되어 있었던 것으로 보아($P<0.05$) 회복시간이 수시간 지연되는 것을 관찰하였다(Fig. 1). 이러한 결과는 레이저의 조사시간이 세균에 직접적인 영향을 준다는 것을 확인하였지만, 24시간 후부터는 실험군들 사이에서는 유의할 만한 차이를 보이지 않았다. 그 이유로는 레이저 조사시 영향을 받지 않았던 세균들이 시간이 지남에 따라 점차적으로 회복되어 24시간 후에는 거의 차이를 보이지 않게 된 것으로 생각하였다. 이 실험에서 대조군은 원심분리를 시행해서 얻은 세균 pellet을 대상으로 한 것이 아니라 BHI broth에서 얻은 세균을 대상으로 한 것이었으므로 대조군에 비해 실험군에서 회복시간이 훨씬 지연되는 것은 레이저 조사가 세균에게 영향을 주었을 가능성도 있지만 세균 pellet을 얻기 위해 실시한 원심분리 과정도 영향을 미쳤을 것이라 생각된다. 이러한 결과는 *S. mutans*가 빛 감응 물질을 가지고 있지 않다고 알려져 있어[14] 레이저의 광화학작용이라기 보다는 광열작용과 광기계작용에 의한 살균효과를 가지고 있는 것으로 추론해 볼 수 있어 앞으로 해결할 필요가 있다.

레이저의 조사시간에 따른 세균의 산 생성능의 변화를 평가하기 위해 0, 2, 4, 8, 12, 24, 48시간동안 세균 배양액의 pH를 측정한 결과 시간이 경과되면서 대조군과 1초군의 pH는 비슷하게 8시간대에서 4.8-5.3까지 감소하는 결과를 보였고, 3,5초군에서는 12시간대에서 4.8-5.0까지, 7, 9초군에서는 24시간대에서 4.1-4.2까지 감소하였다(Fig. 2). 이는 레이저를 조사한 시간에 따라 세균의 산 생성능력이 회복되는 시간이 지연됨을 시사하지만 24시간 후에는 대조군과 차이를 보이지 않아 일정시간 이후에는 점차적으로 산 생성능력이 회복됨을 알 수 있었다.

레이저의 조사시간에 따른 세균의 영향에 대해 Mehl 등[28]은 Er:YAG 레이저가 *S. aureus*보다 *E. coli*에서 더 좋은 효과를 보이며 조사시간에 따라 세균 감소의 다른 정도가 관찰되었는데 조사시간이 길수록 세균의 감소도 더 많았다고 보고하였으며, 이러한 Er:YAG 레이저의 살균효과는 세포내 수분의 기화때문인 것으로 보이며 이것은 레이저 pulse동안 세포가 빠르게 팽창하며 세포벽의 파괴를 유도한다고 하였다. 더우기 세균의 열에 의한 괴사와 탈수도 원인이 될 수 있으며, 이것은 조사세기보다는 pulse repetition rate에 의해 영향을 받는다고 하였다. Stabholz 등[29]은 엑시머 레이저로 S. mutans를 살균할 수 있으며, 이 효과는 조사시간과 직접적인 관련이 있다고 보고하였다. 또한 Dederich 등[30]은 CO_2 레이저 또한 조사시간이 길어질수록 살균능력도 증가한다고 보고하였다.

이상의 결과를 요약해 보면, 레이저 조사시간이 길어질수록 세균의 회복시간 및 산 생성능력이 회복되는 시간이 늦어진다는 것을 알 수 있었다.

그러나, 이 연구에서는 구강내 산 생성세균 중 *S. mutans*만을 대상으로 하였지만 앞으로 *S.sobrinus, lactobacillus* 등 다른 구강내 산 생성세균에 대해서도 Er:YAG 레이저가 미치는 영향에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Ⅴ. 결 론

Er:YAG 레이저의 구강내 산 생성 세균인 *S. mutans*에 대한 증식억제효과를 평가하기 위하여 *S. mutans* pellet에 Er:YAG 레이저를 비접촉식 방법으로, 50mJ, 10Hz, 그리고 조사시간을 1초, 3초, 5초, 7초, 9초로 달리하여 조사하고 이때의 세균의 성장률과 산 생성능을 48시간 동안 측정한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 레이저를 조사한 군이 레이저를 조사하지 않은 대조군에 비해 세균의 성장률이 감소되었다($P<0.01$).
2. 레이저를 조사한 후 12시간까지 1, 3, 5초 조사군에 비해 7, 9초 조사군에서 세균의 성장율이 유의하게 감소되었으나 ($P<0.05$), 24시간 후부터는 서로 유의할 만한 차이를 보이지 않았다.
3. 레이저를 조사한 시간이 증가함에 따라 세균의 산 생성능력이 회복되는 시간이 길어짐이 관찰되었고 24시간 후에는 대조군과 차이를 보이지 않음으로써 일정 시간 이후에는 점차적으로 산 생성능력이 회복됨을 알 수 있었다.

이상의 결과를 요약해 보면, 레이저 조사시간이 길어질수록 세균의 회복시간 및 산 생성능력이 회복되는 시간이 늦어진다는 것을 알 수 있었다. 따라서 Er:YAG 레이저는 *S. mutans*에 대한 증식억제효과를 가지고 있는 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 이재춘, 이광희, 김대업 : 자일리톨 함유 식품이 합성 수산화인회석에 대한 S. mutans의 부착에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한소아치과학회지, 29:92-99, 2002.
2. Glass RL : The first international conference on the declining prevalence of dental caries. J Dent Res, 61:1304, 1982.
3. Stecksen BC, Holm AK, Mayanagi H : Dental caries in Swedish 4-year-old children : changes between 1967 and 1987. Swed Dent J, 13:39-44, 1989.
4. Pinkham JR : Pediatric dentistry, Infancy through adolescence 2nd Ed., W.B.Saunders Company, Philadelphia, pp:175-180, 1994.
5. Newbrun E : Cariology, 3rd Ed., Quintessence Publishing Co Inc, Chicago, pp:63-87, 1989.
6. Fitzgerald RJ, Jordan HV, Stanley HR : Experimental caries and gingival pathologic changes in the gnotobiotic rat. J Dent Res, 39:923-935, 1960.
7. Hoerman KC : The association of *S. mutans* with early carious lesions in human teeth. J Am Dent Assoc, 85:1349-1352, 1972.
8. Loesche WJ, Bradbury DR, Woolfolk MP : Reduction of dental decay in rampant caries individuals following short term kanamycin treatment. J Dent Res, 56:254-265, 1977.
9. 김각균 : 한국아동의 치아우식 경험과 치면상 *S. mutans* 분포에 대한 연구. 대한미생물학회지, 18:11-21, 1983.
10. 정태성 : 유치열기 다발성치아우식증 아동의 구강내 *S. mutans* 및 *Lactobacillus*의 분포에 관한 연구. 대한소아치과학회지, 17:91-99, 1990.
11. Alaluusua S, Renkonen OV : *S. mutans* establishment and dental caries experience in children from 2 to 4 years old. Scand J Dent Res, 91:453-457, 1983.
12. Englander HR, Jordan HV : Relation between *S. mutans* and smooth surface caries in the deciduous dentition. J Dent Res, 51:1505, 1972.
13. Keen HJ, Shklair IL, Hoerman KC : Partial elimination of *S. mutans* from selected tooth surfaces after restoration of carious lesions and SnF_2 prophylaxis. J Am Dent Assoc, 93:328-333, 1976.
14. Michael W : Bactericidal effect of laser light and its potential use in the treatment of plaque-related diseases. Int Dent J, 44:181-189, 1994.
15. Goldman L, Gray JA, Goldman J, et al. : Effect of laser beam impacts on teeth. J Am Dent Assoc, 70:601-606, 1965.
16. 이영순, 손홍규 : 펄스형 Nd-YAG 레이저 조사에 의한 법랑질 내산성 증가 기전에 관한 연구. 대한소아치과학회지, 23:640-658, 1996.
17. Stern RH, Sognnaes RF : Laser beam effect on dental hard tissue. J Dent Res, 43:873-878, 1964.
18. Lobene RR, Bjushry BR, Fine S : Interaction of carbon dioxide laser radiation with enamel and dentin. J Dent Res, 47:311-317, 1968.
19. Goodman BD, Kaufman H : Effects of an argon laser on the crystalline properties and rate of dissolution in acid of tooth enamel in the presence of sodium. J Dent Res, 56:1201-1211, 1977.
20. Yamamoto H, Sato K : Prevention of dental caries by Acosto-optically Q-switched Nd:YAG laser irradiation. J Dent Res, 59:137-145, 1980.
21. Tseng P, Gilkeson CF, Palmer J, et al. : The bactericidal efect of a Nd:YAG laser in vitro. J Dent Res,

70:650, 1991.
22. Hooks TW, Colonel L, Adrian JC : Use of the carbon dioxide laser in sterilization of endodontic reamers. Oral Surg, 49:263-265, 1980.
23. Stellar S, Polanyi TG, Bredemeier HC : Lasers in Surgery vol.2 , Plenum Press, New York, pp:265-268, 1974.
24. Moritz A, Schoop U, Goharkhay K : The bactericidal effect of Nd:YAg, Ho:YAG, Er:YAG laser irradiation in the root canal : An in Vitro Comparison. J Clin Laser Med & Surg, 17:161-164, 1999.
25. Hibst R, Stock K, Gall R, et al. : Er:YAG laser for endodontics : efficiency and safety. Medical Application of Lasers in Dermatology, Ophthalmology, Dentistry and Endoscopy. SPIE, 3192, 1997.
26. Schoop U, Moritz A, Goharkhay K, et al. : The application of the Er:YAG laser in endodontics-An in vitro investigation. J Stomatol, 96:23-27, 1999.
27. 송광철 : Er:YAG 레이저 조사가 *S. mutans*의 증식억제에 미치는 효과. 조선대학교 박사논문, 2002.
28. Mehl A, Folwaczny M, Haffner C : Bactericidal effects of 2.94㎛ Er:YAG-Laser radiation in dental root canals. J Endod, 25:490-495, 1999.
29. Stabholz A, Kettering J, Neev J, et al. : Effects of the XeCl Excimer Laser on *S. mutans*. J Endod, 19:232-235, 1993.
30. Dederich DN, Pickard MA, Baughn AS : Comparative bacterial exposure for selected oral bacteria using carbon dioxide laser radiation. Lasers Surg Med, 10:591-594, 1990.

Abstract

INHIBITORY EFFECTS OF ER:YAG LASER ON THE GROWTH AND ACID PRODUCING ABILITY OF *STREPTOCOCCUS MUTANS*

Hee-Jin Kim, Nan-Young Lee, Joong-Ki Kook * ,Sang-Ho Lee

*Department of Pediatric Dentistry, Department of Oral Biochemistry * , College of Dentistry*
Oral Biology Research Institute, Chosun University

The purpose of this study was to investigate the inhibitory effect of Er:YAG laser against the intraoral acid producing bacterium of *S. mutans*. Bacterial pellet containing *S. mutans* KCTC 3065 was irradiated by Er:YAG laser having a 650 ㎛ diameter beam by non-contact mode. Irradiated parameters were 50mJ, 10Hz and exposure time were 1s, 3s, 5s, 7s, 9s respectively. We obtained the following results of relative growth rate and acid-producing ability of *S. mutans* by culturing for 48hrs.

1. The growth rate of *S. mutans* was decreased in the group of laser irradiation compared to the control group ($P<0.01$).
2. The growth rate at laser irradiation group of 7s, 9s irradiation time was decreased significantly compared to the laser irradiation group of 1s, 3s, 5s irradiation time, until 12 hours($P<0.05$). After 24 hours, all groups of laser irradiation were not found to be statistically different in each other.
3. The acid-producing ability of *S. mutans* was inhibited for a certain duration by irradiation of laser.

In summary, the growth rate and acid producing ability of *S. mutans* decreased according to laser irradiation. This effect was directly related to the amount of irradiation time. These results suggested that Er:YAG laser had an growth inhibition effect on *S. mutans*.

Key words : Dental caries, *S. mutans*, Er:YAG laser