

Nd:YAG 레이저의 조사방법의 차이에 따른 상아세관 폐쇄효과에 관한 주사전자현미경적 연구

고은영 · 김송옥 · 염창엽 · 김병옥 · 한경윤

조선대학교 치과대학 치주과학교실

I. 서론

치주 환자에서 상아질 지각과민증은 흔한 증상으로, 환자나 술자 모두에게 어려움을 주는 문제이다. 상아질 지각과민증은 치주치료의 유지 및 관리시기에 환자 스스로의 치태 조절에 어려움을 주며, 환자의 행동조절에도 어려움을 준다. 상아질 지각과민증의 발현빈도에 대해 최 등¹⁾ 신 등²⁾은 치주수술 후의 후유증 중 가장 높은 빈도를 보이는 증상이라고 보고하였고, Graft 등³⁾은 치과에 내원한 환자 중 14.5%라고 하였다.

노출된 상아질과 관련된 지각과민증을 설명해주는 Bränström(1963) 등⁴⁾의 유체역학설은 오늘날까지 가장 잘 받아들여지고 있는데, 이 가설에 의하면 상아세관 내의 액체 이동이 치수신경 조직(plexus of Raschkow)을 자극할 수 있다는 것이며, 따라서 개방된 상아세관의 수가 증가되어있는 치근면에서는 상아질 액체 유동이 증가되어 상아질 지각과민증을 유발시키는 것으로 설명된다. 치아의 신경지배에 관한 동물⁵⁾ 및 인간⁶⁾을 대상으로 한 연구들은 이러한 지각과민증과 상아세관 개방성 사이의 관계를 입증해 주었다. 이러한 가설에 근거하여 개방된 세관의 수를 줄이거나 그

직경을 감소시키는 것이 상아질 지각과민증 치료의 목적이 되며^{7, 8)}, 상아세관을 폐쇄하거나 세관의 직경을 감소시키기 위해 sodium fluoride⁹⁾, sodium chloride¹⁰⁾, oxalates¹¹⁾ 등의 물질들이 적용되어져왔다. 그러나, 현재까지도 상아질 지각과민증을 보다 효율적으로 치료할 수 있는 방법들이 요구되고 있다.

최근에 치과 영역에서 레이저의 이용이 급증함에 따라, 상아질 지각과민증에의 임상적 적용도 자주 시도되고 있다. Renton-Harper 등¹²⁾은 임상적으로 pulsed Nd:YAG 레이저가 찬 공기 자극에 의한 상아질 지각과민증을 감소시킨다고 하였고, Myers¹³⁾도 Nd:YAG 레이저 조사가 지각과민증을 극적으로 완화시킬 수 있다고 하였다. 레이저는 1960년에 처음 발견되어 많은 연구들이 있어왔는데, 과거 레이저에 관한 보고들은 주로 연조직에 관한 연구들이 많은 반면, 경조직에 대한 영향으로는 치아우식증의 예방 및 초기 우식 처치를 위한 법랑질 표면 변화에 대한 연구들은 많이 보고되고 있지만, 상아질 표면의 변화에 대한 연구들은 적은 편이다.

본 연구는 치주질환 환자에서 흔하게 나타나는 상아질 지각과민증의 완화를 위한 방법 중의 하나인 레이저의 사용을 보다 효과적으

로 이용할 수 있는 방법을 규명하고자, pulsed Nd:YAG 레이저를 이용하여 레이저의 조사 방법에서 조사면적, 조사시간 등에 따른 상아 세관의 폐쇄효과를 비교하고자 하였다.

II. 연구재료 및 연구방법

1. 연구재료

심한 치주질환에 이환되어 발거된 대구치 45개를 선별하여 연구재료로 사용하였는데, 치아우식증이나 충전물이 있는 치아들은 제외하였다.

레이저 조사는 표 1과 같은 제원의 pulsed Nd:YAG 레이저를 사용하였다.

표 1 본 연구에서 사용된 pulsed Nd: YAG 레이저의 기종

pulsed Nd: YAG laser(EL. EN. EN060, Italy)
Wave length: 1,064 μm
Output power: 0.03-6.0W
Enegy per pulse: 30-150mJ
Frequency: 1-40 Hz
Fiber optic: 320 μm
Cooling: air cooled

2. 연구방법

(1) 전준비

치근의 백악법랑경계로부터 2mm 하방에서 carborundum cutting disk를 이용하여 치관부를 절단하고 치근면을 0.25mm를 삭제함으로써 백악질을 제거한 후 4x5mm의 면적과 1mm두께인 치근시편 총 45개를 얻었다.

모든 치근 시편은 실험면을 표시하기 위해 치수면을 diamond bur를 이용하여 치수조직을 제거함과 동시에 groove를 만들어 치수면과 상아질면을 구별되게 한 후, 모든 시편의

상아질면은 철저히 치근면 활택술을 시행하였다.

치근면 활택술이 시행된 상아질면에 염산 테트라싸이클린(100mg/ml: tetracycline HCl, 종근당®)을 적신 멸균된 cotton pellet으로 30초간 8회 반복 burnishing하여 총 4분간 적용시킨후 흐르는 증류수에 30초간 세척하였다.

(2) 실험군의 구분

제작된 시편을 무작위로 5개씩 선택하여 레이저 조사여부와 방법에 따라 표 2와 같이 분류하였다. 시편들은 Nd:YAG 레이저의 색소 의존성때문에 검은 잉크를 조사면에 도포하고 건조된 상태에서 수직각도로 조사하였다. 또한, 광섬유와 조사면과의 균일한 거리를 유지하기 위해 철사와 교정용 레진을 이용한 stent를 제작하여 사용하였다.

5개씩의 시편에, 표 2와 같은 방법으로 레이저를 조사한 각 실험군에 염산 테트라싸이클린을 재적용시킴으로써 레이저 조사로 얻어진 상아세관 표면폐쇄효과의 산에 대한 안정성을 평가하고자 하였다(표 3).

(3) 주사전자현미경 관찰

치아시편을 37°C의 건조 오븐에서 6시간동안 건조시킨 후, ion sputting coater를 이용하여 gold palladium을 피복시킨 후 주사전자현미경(JEOL, JSM-840A Japan)하에서 4,000배까지 확대된 치근면을 관찰하고, 각 시편당 4,000배의 확대상을 시편의 중앙부에서 2부위씩 polaroid film으로 촬영하였다.

(4) 통계학적인 분석

각 사진상에서 단위면적($494\mu\text{m}^2 \times 4,000$)내에서 직경이 0.2 μm 이하로 폐쇄된 상아세관의 숫자를 세어 백분율로 환산하여 상아세관 폐쇄율을 구하였으며, 각 군간의 상아세관 폐쇄율의 차이에 대한 통계학적인 유의성은 Microstat program을 이용하여 paired Student

표 2 대조군과 실험군의 분류

대조군 (5개 시편)	치근면 활택술과 염산 테트라싸이클린 4분간 적용	
실험군 a. 레이저 spot size의 차이에 대한 효과비교를 위한 실험군의 구분	(에너지 밀도는 동일: 254.65J/cm ²)	
실험 1군 (5개 시편)	spot의 직경 1mm, 1W, 2sec	
실험 2군 (5개 시편)	spot의 직경 10mm, 1W, 200sec	
b. 조사출력의 점증과 고정에 따른 효과비교를 위한 실험군의 구분		
실험 3군 (5개 시편) 출력의 점증	0.3W	30sec
	0.4W	30sec
	0.5W	30sec
	0.6W	30sec (에너지 밀도: 1,456,26J/cm ²)
	0.7W	30sec
	0.8W	40sec
	0.9W	40sec
	1.0W	40sec
실험 4군 (5개 시편) 출력의 고정	1.0W	183sec (에너지 밀도: 1,456,26J/cm ²)

표 3 레이저 조사효과와 산에 대한 안정성 평가를 위한 분류

실험 1군 + 염산 테트라싸이클린의 재적용: 5개 시편
실험 2군 + 염산 테트라싸이클린의 재적용: 5개 시편
실험 3군 + 염산 테트라싸이클린의 재적용: 5개 시편
실험 4군 + 염산 테트라싸이클린의 재적용: 5개 시편

t-test로 검증하였다.

III. 연구 성적

1. 레이저가 조사된 실험군과 대조군간의 주사전자현미경 관찰 소견

대조군의 경우 기구조작후 생기는 도말층은 염산 테트라싸이클린에 의해 제거되었고, 상아세관의 입구는 크고 뚜렷하게 개방되었으며(그림 1), 염산 테트라싸이클린의 입자들이

표면에 드물게 관찰되었다. 그러나, 레이저가 조사된 실험군들에서는 폐쇄된 상아세관들이 관찰되었으며($p < 0.001$), 일부 시편에서는 용융과 재고형화 현상 소견을 보였다.

2. 레이저의 조사점 크기(spot size) 차이에 따른 상아세관 폐쇄율의 비교

레이저가 조사된 부위의 중앙부에서는 실험 1군(그림 2)과 실험 2군(그림 3)의 상아세관의 폐쇄 정도가 가는 선모양으로 비슷하게

나타났으나, 실험 2군의 조사부위의 변연부에서는 그 폐쇄정도가 가는 선 모양에서 타원형의 모양으로 다양하게 나타났다. 실험 1군 중 한 시편에서는 상아질 면의 용융과 재고형화를 보이는 용암상 구조가 보였다(그림 11).

레이저의 spot size가 작은 실험 1군과 spot size가 큰 실험 2군간의 상아세관 폐쇄율을 비교분석한 결과, 표 4와 같이 spot size에 따른 상아세관 폐쇄율의 차이에 통계학적인 유의성은 없었다($p>0.05$).

3. 출력의 점증과 고정에 따른 상아세관 폐쇄율의 비교

두군 모두 상아세관의 폐쇄를 보이는 소견을 보였으며 군간의 소견에서 차이점은 없었다(그림 4, 5). 그러나, 실험 3군 중 한 시편과 실험 4군(그림 12) 중 두 시편에서 레이저에 노출된 상아질면이 용융되고 많은 소공과 함께 재고형화된 소견이 관찰되었다.

출력을 점증시켜 조사한 실험 3군과 출력을

표 4 단위면적당 각 실험군간의 상아세관 폐쇄율의 비교(단위면적: 494 μ m²)

실험군	상아세관 폐쇄율 (%) (mean \pm S.D)	significance
실험 1군	79.4 \pm 23.63	p> 0.05
실험 2군	81.9 \pm 27.09	
실험 3군	93.2 \pm 12.0	p> 0.05
실험 4군	85.63 \pm 22.3	

표 5 레이저를 조사한 각 실험군에서 염산 테트라싸이클린을 재적용한 전, 후의 상아세관 폐쇄율의 비교

실험군	염산 테트라싸이클린 재적용	상아세관 폐쇄율 (%) (mean \pm S.D.)	significance
실험 1군	전	79.4 \pm 23.63	p> 0.05
	후	83.67 \pm 21.13	
실험 2군	전	81.9 \pm 27.09	p> 0.05
	후	63.07 \pm 26.86	
실험 3군	전	93.2 \pm 12.0	p> 0.05
	후	73.53 \pm 30.04	
실험 4군	전	85.63 \pm 22.3	p> 0.05
	후	73.56 \pm 18.5	

고정하여 조사한 실험 4군을 비교분석한 결과, 표 4와 같이 출력의 점증과 고정에 따른 상아세관 폐쇄율의 차이에 통계학적 유의성은 없었다($p>0.05$).

4. 레이저 조사 효과의 염산 테트라싸이클린에 대한 안정성

대조군에 비해 더 많은 양의 염산 테트라싸이클린의 입자들이 표면에 분포하고 있으며, 염산 테트라싸이클린을 재적용하지 않은 각각의 실험 1, 2, 3군 및 4군과 비슷한 상아세관의 폐쇄효과를 보였고(그림 6, 7, 8, 9), 그 결과도 표 5와 같이 염산 테트라싸이클린 적용 및 레이저를 조사한 직후의 폐쇄율과 염산 테트라싸이클린을 재적용한 폐쇄율을 비교분석한 결과 모든 군에서 상아세관 폐쇄율의 차이에 통계학적 유의성은 없었다($p>0.05$).

IV. 총괄 및 고안

치주환자에서 흔한 증상인 상아질 지각과민증을 치료하는 방법은 노출된 상아질의 상아세관을 폐쇄하거나 직경을 감소시키는 것이다. Grossman 등¹⁴⁾은 상아질 지각과민증에 대한 치료약제의 이상적인 조건으로 치수에 자극이 없어야 하고, 적용시 통증이 없어야 하며, 적용이 쉬어야 하고, 효과가 빠르고, 오랫동안 효과적이어야 하며, 치아에 변색을 일으키지 않아야 하고, 효과가 일관되어야 한다고 제시하였다. 이러한 이상적인 조건을 모두 갖춘 지각과민증의 치료약제의 개발을 위해 다양한 재료들이 시도되어져 왔다.

최근 많은 연구자들은 상아질 지각과민증의 치료에 관한 레이저의 임상적 효과를 보고하였는데, 그들은 레이저 조사로 상아세관이 폐쇄될 수 있고, 특히 Nd:YAG 레이저가 노출된 상아세관의 폐쇄에 효과적이라고 보고하였다^{15, 16, 17, 12)}.

본 실험에서도 Neodymium Yttrium-Aluminium-Garnet(Nd:YAG) 레이저를 사용하였는데, 이 Nd:YAG 레이저는 적외선 범위에 가까운 1.064 μ m의 파장을 갖고 있고, 유연성 있는 광섬유를 통해 구강내에 쉽게 전달될 수 있으며, 특히 본 실험에 이용된 레이저 기종은 자가 냉각 장치를 갖추고 있는 short-duration pulsed 레이저로서 조사동안 생성되는 열의 상당량을 감소시킬수 있어 연속파에 비해 높은 peak 에너지를 공급하면서 조직의 손상을 줄일 수 있다는 장점을 갖고 있다.

상아질 지각과민증을 호소하는 환자들의 치아는 상아세관의 노출이 증가되어 나타나는 데¹⁸⁾, 본 연구에서는 실험적으로 과민성 상아질을 유도하기 위해 치근 상아질면에 염산 테트라싸이클린(100mg/ml, 4min.)을 도포하였으며, 이는 치주치료 과정에서 화학적인 치근면 처리를 위해 이용되는 약제들(EDTA, 구연산, 염산 테트라싸이클린 등) 중의 하나로서, 이러한 화학적인 약제는 pH가 낮아서 도말층을 제거하고 상아세관을 노출시킬 수 있다^{19, 20, 21, 22)}. 본 실험에서는 이러한 치근면 활택술 후 염산 테트라싸이클린만을 도포한 치아시편을 대조군으로 하였는데, 그림 1에서 보듯이 세관의 입구 직경이 2~3 μ m로 넓혀진 둥근 모양으로 관찰되었다. 레이저를 조사한 실험군은 레이저의 조사면적에 따라 실험 1, 2군과 출력을 점진적으로 증가시키거나 고정시킨 차이를 조사하고자 실험 3, 4군으로 분류하였다. 실험 1, 2군은 본 실험에 이용된 pulsed Nd:YAG 레이저(EL,EN,EN060, Italy)의 제조회사 지침서에 따라 비접촉 방식으로 조사하되, 실제 임상에서 레이저 tip과 구강내 치아면까지의 다양한 접근 거리때문에 조사면적에 차이가 남을 고려하여 조사점(spot)의 직경을 각각 1mm와 10mm로 구분하였다.

실험 1, 2군은 상아세관의 폐쇄가 뚜렷하게 관찰되었는데, 실험 1군에서는 상아세관의 입구가 가는 선모양으로 폐쇄되어있고, 관간상

아질(intertubular dentin)에 작은 소공들이 많이 형성되어 있음이 관찰되었다(그림 2). 실험 2군도 실험 1군과 비슷한 소견을 보였는데 거의 또는 완전폐쇄된 세관입구가 관찰되었고 관간상아질 부위가 약간 용융되고 많은 소공들이 형성되어 있었으며(그림 3), 실험 1군보다는 상아세관의 폐쇄된 모양이 가는 선 모양이나, 타원형 또는 초승달 모양 등으로 다양하게 관찰되었다. 이러한 점은 power가 레이저 빔의 중앙 부위에서 최고이고 반경 주위에선 감소하기 때문인 것으로 사료된다²³⁾. 반면에 실험 1군의 한 사진소견에서는 상아질면의 용융과 재고형화 소견이 관찰되었다(그림 11). 이들 실험 1군과 실험 2군간의 동일 에너지 밀도하에 조사면적의 차이에 따른 상아세관 폐쇄율의 효과는 통계학적인 유의성이 없었다($p>0.05$). 이러한 결과는 레이저 조사효과가 에너지 밀도에 좌우됨을 시사하고 있다.

실험 3군은 제조회사의 지침서에 따라 0.3W부터 1.0W까지의 한도내에서 점차적으로 출력과 시간을 점진적으로 증가시키는 방법을 이용하였는데, 이는 다른 임상가들에 의해서도 권장되는 방법이며 높은 출력을 갑작스럽게 조사함으로써 환자가 유발통을 일으키는 것을 예방할 수 있는 장점이 있다²⁴⁾. 따라서 실험 3군은 비접촉 방식하에서 0.3W부터 0.7W까지는 각 W당 30초씩 조사하였고, 0.8W부터 1.0W까지는 시간을 더 연장한 40초씩 조사하였다. 반면에 실험 4군은 출력을 1W로 고정시켰다. 실험 3군과 4군 결과 모두 상아세관의 폐쇄가 확실하게 이루어짐이 관찰되었으며, 실험 1, 2군에 비해 용융과 재고형화 소견이 더 자주 나타났다(그림 12). 이는 실험 3, 4군의 에너지 밀도가 1,456.26J/cm²으로 실험 1, 2군의 에너지 밀도인 254.65J/cm² 보다 더 높은 점에서 나타난 결과라고 여겨진다. 이들 실험 3군과 4군간의 동일 에너지 밀도하에 출력의 점증과 고정

차이에 따른 상아세관 폐쇄율의 효과는 실험 3군에서 93.2±12.0으로 실험 4군에서 85.63±22.3으로 나타났으나, 통계학적인 유의성은 없었다($p>0.05$). 이러한 결과 역시 레이저의 조사는 방법보다 에너지 밀도와 깊은 관계가 있음을 시사하고 있다.

그런데, 실험 1군의 한 시편과 실험 3군의 한 시편 및 실험 4군의 두 시편에서 레이저가 조사된 상아질면이 용융되고 재고형화된 용암상구조가 관찰되었고, 특히 실험 1군의 한 시편에서는 파절된 양상을 보였다. 이러한 레이저가 치근 표면을 변화시킬 수 있는 현상을 많은 연구들에서 보고했는데, Morlock²⁵⁾은 1.25W와 1.5W로 20pps, 20초동안 Nd:YAG 레이저를 치근면에 조사한 후, 치근면에서 백악질의 charring과 carbonization, pit와 crater의 형성, 치근 무기질의 용융, 열적 미세폭발에 의한 분출, 다공성 무구조형의 sheet와 globules 같은 재고형화가 형성되었다고 보고하였고, 레이저 조사직후 치근면활택술을 한 군이 치근면활택술만을 단독 시행한 군과 표면 양상이 비슷하여 레이저에 의한 형태학적인 변화가 표면에서의 변화일 뿐임을 시사하였다. 더불어 그는 아주 낮은 레이저 에너지라도 물리적인 표면 변화를 유도할 수 있다고 보고하였다. Trylovich²⁶⁾도 레이저가 조사된 백악질에서 charring, cratering, melt down, resolidification, tracking 등의 다양한 표면변화를 보고하였다. 또한 Radvar²⁷⁾도 치석, 백악질, 상아질에서의 레이저에 의한 형태학적인 변화를 관찰하였는데, 아주 낮은 에너지 밀도(50mJ/cm², 10pps, 1초)에서도 치석은 물리적인 변화가 생기나, 백악질, 상아질은 이보다 높은 에너지 밀도에서 용융, 재고형화, 다공성 표면 생성 등의 물리적인 변화가 생기고 백악질과 상아질에서의 소견은 치아에 따라 차이가 있다고 보고하였다. 레이저가 조사된 치아조직의 형태학적인 변화들은 주로 경조직의 용융이 있는 crater 형성과 crater의 변연부

에서 globules 형태로 무기질의 재고형화를 갖는 특징적인 용암상 구조로 알려져있다^{25, 27, 28)}. 이러한 열에 의한 미세파절, 용융, 재고형화, 조직제거의 소견은 낮은 에너지 밀도에서도 일어날 수 있다고 보고되었다²⁹⁾. 본 실험에서 같은 에너지 밀도에서도 일부 치아 시편에서만 용융과 재고형화가 관찰된 점은 이러한 보고들과 같은 소견이었다.

레이저에 의한 형태학적인 변화에 대한 이유로서, Melcer³⁰⁾는 에너지가 반사되는 것보다 많이 흡수될 때, 레이저의 에너지는 열로 전환되고 상당한 열이 상아질 표면에서 생성되어 표면의 기질을 태우고, 녹이거나 증발시킨다고 하였고, Thomas²⁸⁾는 charring 발생에 관하여 표면 잔사물과 유기물질이나 착색된 표면이 레이저와 접촉될 때, 국소적인 강한 열에 의해 야기되며, 재고형화는 용융후 차가워지는 과정에서 crater의 측벽에서 발생된다고 하였고, 만일 레이저가 표면을 증발시킨후 남아있는 상아질 표면을 녹인다면 하방의 상아세관은 폐쇄되고 불투과성으로 될 것이라 하였으나 이것은 가역적인 표면현상일 뿐이라고 하였다.

동일 에너지 밀도하에서도 서로 다른 치아에서 레이저 조사에 의한 상아질 표면의 형태 변화가 다양하게 나타나는 점은 여러 변수가 작용했기 때문으로 사료된다. 조직의 변수(tissue variables)로는 색조, 밀도, 두께, 수분 함유량, 광물화 정도 등이 있고, 기구의 변수(instrument variables)로는 파장, 광속(beam)의 각도, 출력, 초당 펄스 수(pulse per second), 연속형이나 펄스형, 노출시간 등이 있다¹⁵⁾. 이러한 모든 변수들이 병합되어 작용할 수 있기 때문에 치근면에 대한 레이저의 치료는 다양한 형태변화를 일으킬 수 있다고 여겨진다. 게다가 임상적으로 적용시에 tip을 치면에 90°로 유지하여 적용시키는데 어려움이 있는데, 특히 구치부의 인접면이나 원심면에서는 치면에 90°로 접근하는 것이 거의 불

가능하다. 그리고, 레이저 조사시 손의 흔들림으로 레이저 조사가 겹침으로 인한 과도한 조사부위를 만들 우려가 있다. 이렇듯 레이저 치료는 여러 가지의 다양한 변수들에 의해서로 다른 치아 또는 같은 치아에서도 서로 다른 부위에서 레이저에 대한 민감성이 차이가 날 수 있으므로²⁷⁾, 레이저 치료의 임상 적용을 위해선 여러 변수들에 대한 보다 구체적이고 세밀한 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서 이러한 레이저에 의한 상아세관 폐쇄 효과의 산에 대한 안정성을 평가하기 위해 레이저 조사후 다시 염산 테트라사이클린(100mg/ml: tetracycline HCl)을 4분간 재적용시켰다. 각각의 실험군과 상아세관 폐쇄율을 비교분석한 결과, 표 5와 같이 모든 실험군에서 염산 테트라사이클린 재적용 전, 후 상아세관 폐쇄율의 차이에 통계학적인 유의성은 없었다($p>0.05$). 그런데, 표 5에서 실험 2, 3, 4군의 상아세관 폐쇄율이 실험 2, 3, 4군에 염산 테트라사이클린을 재적용한 군들보다 수치가 높은 반면에, 실험 1군의 상아세관 폐쇄율이 실험 1군에 염산테트라사이클린을 재적용한 후의 값보다 낮은 점은 동일 실험군에서 동일한 치아들을 비교하지 않고 다른 치아들을 염산테트라사이클린 재적용군으로 이용하였기 때문에 나타난 결과로 여겨진다.

치아에 대한 레이저 처치를 할 때 항상 고려되어야할 점이 치수에 대한 위해성 문제이다. 레이저의 치수에 대한 영향에 관한 연구들에서는 에너지 출력과 노출시간이 중요한 요소이다³¹⁾. Adrian³²⁾은 개의 치아에 대한 실험에서는 치수반응의 역치가 1,880J/cm²-2,330J/cm²사이에서 일어나고, 석회화된 치아의 상당한 소실을 일으키는 에너지량은 역시 심한 치수괴사를 일으킬 수 있다고 하였다. 또 그는 원숭이 치아의 치수에 대한 pulsed Nd:YAG 레이저 조사의 영향을 관찰하였는데, 치아 표면에 cratering을 만드는 데 충분한

에너지 밀도라도 치수괴사를 일으키지 않는다고 보고하였다³³⁾. Serebro³¹⁾는 쥐 실험에서 0.2sec/10W의 pulse는 치수의 생활력을 보존시키는데 안정성이 있으며, 높은 에너지 밀도를 짧은 시간동안 조사하는게 치수손상을 줄일 수 있다고 하였다. 본 실험의 경우 실험 1, 2군에서 사용된 에너지 밀도는 $ED=254.65J/cm^2$ 였고, 실험 3, 4군에서는 $ED=1,456.26J/cm^2$ 으로서 Adrian의 실험결과에 의한 치수 반응의 역치에는 못 미친다고 볼 수 있다. 레이저의 치수에 대한 위험성에 관한 문제해결을 위해서 그 역치가 되는 에너지 밀도에 관한 임상적인 연구가 추가적으로 시행되어야 하리라 사료된다.

본 연구에서 모든 실험군이 레이저 조사로 상아세관의 폐쇄를 보인 점은 과거 많은 문헌들의 결과^{12, 15, 16, 17)}와 일치하는데, Renton-Harper 등¹²⁾의 임상 실험에서 pulsed Nd:YAG 레이저가 찬 공기 자극으로 야기되는 상아질 지각과민증을 감소시키는 데 효과적임을 보였고, 그는 pulsed Nd:YAG 레이저가 장기간의 효능을 제외하면 Grossman 등이 제시한 상아질 지각과민증 치료약제의 임상적인 조건을 충족시킨다고 하였다. 또한 Myers¹³⁾는 레이저가 조사된 상아질이 레이저가 조사되지 않은 상아질보다 실제적으로 더 단단해진다고 보고하여 지각과민증 치료에 효과적임을 제시하였는데, 이 처치는 매우 단순하며, 빠르고, 한 번의 치료만으로도 지각과민증을 극적으로 완화시킬 수 있으며, 때때로 2회 이상의 치료가 필요하다고 하였다. Ito³⁴⁾ 역시 치근면활택술 후 Nd:YAG 레이저를 조사한 실험에서, 높은 에너지 밀도($849.26J/cm^2$)일때 상아세관 입구의 직경이 감소되고, 입구 주위에 미세파절이 종종 나타남을 보고함으로써, Nd:YAG 레이저가 상아세관을 폐쇄한다는 점을 증명하였다.

본 연구는 극히 제한된 조사방법과 적은 표본수에서 레이저의 상아세관 폐쇄효과를 조

사하였는데, 향후에는 보다 많은 표본수에서 레이저의 조사방법뿐만 아니라 조직이나 기구 등에 관한 변수에 대해 체계적이고 광범위한 연구들이 필요하리라 생각된다.

V. 결론

상아질 지각과민증의 처치를 위하여 레이저를 이용할 때 레이저 조사방법에 따라 상아세관 폐쇄효과에 차이가 있는가를 규명하는데 목적을 두고, 심한 치주질환에 이환되어 발거된 대구치 45개를 실험재료로 하여, 치근면활택술과 염산 테트라싸이클린으로 표면처리한 후, Nd:YAG 레이저(EL.EN.EN060, Italy)의 spot size의 차이, 출력의 점증과 고정 여부에 따른 상아세관 폐쇄효과율을 비교하였고, 레이저 조사 후 염산 테트라싸이클린을 재적용하여 상아세관 폐쇄효과의 안정성을 주사전자현미경으로 비교관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 대조군은 상아세관의 입구가 크고 뚜렷하게 개방되어 관찰되었는데, 실험군은 상아세관의 폐쇄가 현저하였다($p<0.001$).
2. 동일 에너지 밀도($ED=254.65J/cm^2$)하에서 spot size의 직경이 작은 실험 1군(직경=1mm)과 spot size의 직경이 큰 실험 2군(직경=10mm)간의 상아세관 폐쇄율의 차이는 통계학적인 유의성이 없었다($p>0.05$).
3. 동일 에너지 밀도($ED=1,456.26J/cm^2$)하에서 출력을 0.3W부터 1.0W까지 점증시킨 실험 3군과 1W로 고정된 실험 4군간의 상아세관 폐쇄율의 차이는 통계학적으로 유의성이 없었다($p>0.05$).
4. 레이저 조사에 의한 상아세관의 폐쇄효과는 염산 테트라싸이클린에 안정된 양상을 보였다.

이상의 결과는 1.0W 범주내에서의

Nd:YAG 레이저 조사가 효과적으로 상아세관을 폐쇄할 수 있고, 동일 에너지밀도하에서는 상아세관 폐쇄율이 조사방법과는 무관함을 나타냈다.

VI. 참고문헌

1. 최영립, 권영혁, 이만섭: 치주수술후 동통과 기타 합병증에 관한 통계학적 연구. 대한치주과학회지. 17, 229~243, 1987.
2. 신혜련, 이만섭, 권영혁: 치주수술후 노출된 치근에서 발생하는 지각과민증의 발생양태에 관한 연구. 대한치주과학회지. 18(2), 174~185, 1988.
3. Graf, H. and Galasse, R.: Morbidity, prevalence and intraoral distribution of hypersensitive teeth. J. Dent. Res. (Sp. issue A), 56, 162, 1973.
4. Brannstrom, M.: A hydrodynamic mechanism in the transmission of pain producing stimuli through dentine. In: Andersson, D. J., ed. Sensory Mechanisms in Dentine Vol 1. London: Pergamon Press, 73~79, 1963.
5. Hirvonen, T. J., Narhi, M. and Hakumaki, M.: The excitability of dog pulp nerves in relation to the condition of dentine surface. J. Endod. 10, 294~298, 1984.
6. Absi, E. G., Addy, M. and Adams, D.: Dentine hypersensitivity, a study of the patency of dentinal tubules in sensitive and non-sensitive cervical dentine. J. Clin. Periodontol. 14, 280~294, 1987.
7. Addy, M. and Dowell, P.: Dentine hypersensitivity- A review, clinical and in vitro evaluation of treatment agents. J. Clin. Periodontol. 10, 351~363, 1983.
8. Thomas, H. F.: The dentin-predentin complex and its permeability: anatomical overview. J. Dent. Res. 64(Spec. Issue), 607~612, 1985.
9. Minkov, B., Marmari, I., Gedalia, I. and Garfunkel, A.: The effectiveness of sodium fluoride treatment with and without iontophoresis on the reduction of hypersensitive dentin. J. periodontol. 46:246, 1975.
10. Griffiths, H., Morgan, G., Williams, K., and Addy, M.: "Dentine hypersensitivity: the measurement in vitro of streaming potentials with fluid flow across dentine and hydroxyapatite", J. Clin. Periodontol. 28: 60-64, 1993.
11. Pashley, D. H. and Galloway, S. E.: The effects of oxalate treatment on the smear layer of ground surfaces of human dentine. Arch. Oral Biol. 30, 731~737, 1985.
12. Renton-Harper, P. and Midda, M.: Nd:YAG laser treatment of dentinal hypersensitivity. Br. Dent. J. 172, 13~16, 1992.
13. Myers, T. D.: Lasers in dentistry. J. Am. Dent. Assoc. 122(1), 47~50, 1991.
14. Grossman, L. E.: The treatment of hypersensitive dentin. J. Am. Dent. Assoc. 22, 592~598, 1935.
15. Dederich, D. N., Zakariasen, K. L. and Tulip, J.: Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum garnet laser irradiation. J. Endodon. 10, 428~431, 1984.
16. Kimura, Y., Smith, P. W., Arrasia-Jitosho, A. M. A., Liaw, L. H. L., Matsumoto, K. and Berns, M. W.:

- Effects of nanosecond pulsed Nd:YAG laser irradiation on dentin resistance to artificial caries-like lesions. *Lasers Surg. Med.* 20, 15~21, 1997.
17. Levy, G.: Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: a comparative study. *J. Endodon.* 18, 123~127, 1992.
 18. Johnson, G. and Brannstrom, M.: The sensitivity of dentine. Changes in relation to conditions at exposed tubule apertures. *Acta. Odontol. Scand.* 32, 29~38, 1974.
 19. Lobahn, R., Fahrenvach, W. H., Clark, S. M., Lie, T. and Adams, D. F.: Root dentin morphology after different modes of citric acid and tetracycline hydrochloride conditioning. *J. Periodontol.* 63, 303~309, 1992.
 20. Sarbinoff, J. A., O'Leary, T. J. and Miller, C. H.: The comparative effectiveness of various agents in detoxifying diseased root surfaces. *J. Periodontol.* 54, 77~80, 1983.
 21. Smith, B. A., Marson, W. E., Morrison, E. C. and Caffesse, R. G.: The effectiveness of citric acid as an adjunct to surgical reattachment procedures in humans. *J. Clin. Periodontol.* 13, 701~708, 1986.
 22. Trombelli, L., Scabbia, A., Zangari, F., Griselli, A., Wikesjo, U. M. E. and Calura, G.: Effect of tetracycline HCl on periodontally-affected human root surfaces. *J. Periodontol.* 66, 685~691, 1995.
 23. Jeffery, I. W. M., Lawrenson, B., Saunders, E. N. and Longbottom, C.: Dentinal temperature transients caused by exposure to CO₂ laser irradiation and possible pulpal damage. *J. Dent.* 18, 31~36, 1990.
 24. 松本光吉: 치과용 Laser의 임상증례. 지성출판사. 23~40, 1994
 25. Morlock, B. J., Pippin, D. J. and Cobb, C. M.: 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.
 26. Trylovich, D. J. and Cobb, C. M.: The effect of the Nd:YAG laser on in vitro fibroblast attachment to endotoxin-treated root surfaces. *J. Periodontol.* 63, 626~632, 1992.
 27. Radvar, M., Creanor, S. L., Gilmour, W. H., Payne, A. P. and McGadey, J.: 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.
 28. Thomas, D., Rapley, J. and Cobb, C.: Effects of the Nd:YAG laser and combined treatments on in vitro fibroblast attachment to root surfaces. *J. Clin. Periodontol.* 21, 38~44, 1994.
 29. Pashley, E. L., Horner, J. A. and Liu, M.: Effect of CO₂ laser energy on dentin permeability. *J. Endod.* 18, 257~262, 1992.
 30. Melcer, J., Chaumette, M. T. and Melcer, F.: Treatment of dental decay by CO₂ laser beam: preliminary results. *Lasers Surg. Med.* 4, 311~321, 1984.
 31. Serebro, L., Segal, T., Nordenberg, D., Gorfil, C. and Bar-Lev, M.: Examination of tooth following laser beam irradiation. *Lasers Surg. Med.* 7, 236~239, 1987.

32. Adrian, J. C., Bernier, J. L. and Sprague, W. G.: Laser and the dental pulp. J. Am. Dent. Assoc. 83, 113~117, 1971.
33. Adrian, J. C.: Pulpal effects of neodymium laser. Oral Surgery. 44, 301, 1977.
34. Koichi, Ito., Jun-ichi, Nishikata. and Seidai, Murai.: Effect of Nd:YAG laser radiation on removal of a root surface smear layer after root planing: A scanning electron microscopic study. J. Periodontol. 64, 547~552, 1993.

사진부도 설명

주사전자현미경적 연구

- 그림 1 대조군(× 4,000)
- 그림 2 실험 1군(× 4,000)
- 그림 3 실험 2군(× 4,000)
- 그림 4 실험 3군(× 4,000)
- 그림 5 실험 4군(× 4,000)
- 그림 6 염산 테트라싸이클린을 재적용한 실험 1군(× 4,000)
- 그림 7 염산 테트라싸이클린을 재적용한 실험 2군(× 4,000)
- 그림 8 염산 테트라싸이클린을 재적용한 실험 3군(× 4,000)
- 그림 9 염산 테트라싸이클린을 재적용한 실험 4군(× 4,000)
- 그림 10 레이저가 조사된 부위(좌)는 상아세관이 폐쇄되어 있으나, 레이저가 조사되지 않은 부위(우)는 상아세관이 개방되어있다(×4,000).
- 그림 11 실험 1군의 한 시편에서 상아질면이 용융되고 재고형화된 용암상구조와 함께 파절된 소견이 관찰된다(×4,000).
- 그림 12 실험 4군의 한 시편에서 용융과 재고형화 및 다공성 소와가 관찰된다(×4,000).

사진부도(1)



그림 1

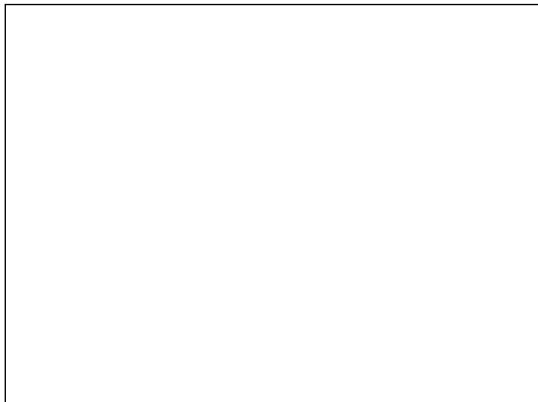


그림 2

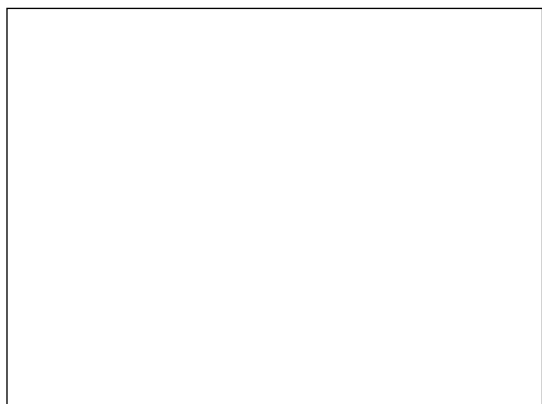


그림 3



그림 4



그림 5



그림 6

사진부도(Ⅱ)



그림 7



그림 8

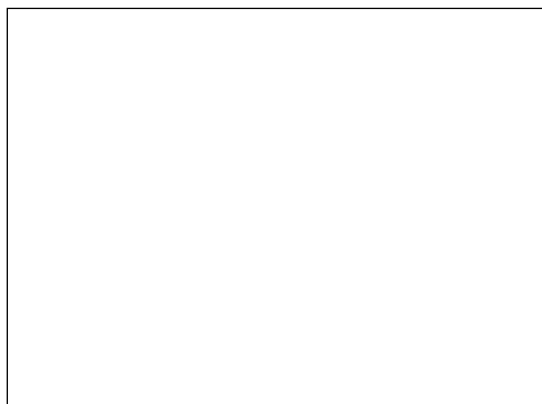


그림 9



그림 10



그림 11



그림 12

A Scanning electron microscopic study of the dentinal tubule obliteration effect by the different irradiations of a pulsed Nd:YAG laser

Eun-Young Ko, Song-Wook Kim, Chang-Yup Yum, Byoung-Ock Kim, Kyung-Yoon Han
Department of Periodontology, College of Dentistry, Chosun university

Dentin hypersensitivity must be one of the most frequent postoperative complaints in periodontal patients. Obliterating the open dentinal tubules or decreasing the diameter of their orifices would, therefore, be an objective of treatment for hypersensitive teeth.

The purpose of this study was to evaluate the effect of a pulsed Nd:YAG laser irradiation on obliteration of dentinal tubules and to determine any difference according to irradiation methods.

The 45 posterior teeth that had been extracted due to periodontal disease were initially treated with tetracycline HCl(100 mg/ml, 4 min.) to remove the smear layer after root planing. The root surfaces were then irradiated by a pulsed Nd:YAG laser(EL,EN,EN060, Italy) by different laser beam spot size and different exposure condition:

- group 1: irradiated group by small spot (beam diameter=1mm, 1W, 2 sec)
- group 2: irradiated group by large spot (beam diameter=10mm, 1W, 200 sec)
- group 3: irradiated group by gradual increase of watt (from 0.3W to 1.0W), beam diameter=4mm
- group 4: irradiated group by fixed watt (1.0 W), beam diameter= 4mm
- control group: no irradiation but root planing and tetracycline HCl conditioning only.

Additionally, the specimens were retreated with tetracycline HCl(100mg/ml, 4min.) to evaluate the stability of obliteration effect by Nd:YAG laser.

Specimens were examined under the scanning electron microscope(JEOL, JSM-840A, Japan). Photomicrographs were taken at $\times 4,000$ magnification and were analyzed statistically.

The results were as follows:

1. Scanning electron micrographs of root surface treated by tetracycline HCl alone (control group) showed widened, funnel-shaped dentinal tubules, while those of the root surface irradiated by various methods showed partially or completely obliterated dentinal tubules and various surface alterations, eg, flat, multiple pitted, melted and resolidified surface at the same energy density.

2. There was no significant difference in the obliteration effect of dentinal tubules between group 1 and group 2, and between group 3 and group 4 ($p>0.05$).
3. The obliteration effect of dentinal tubules by a Nd:YAG laser irradiation was relatively stable to tetracycline HCl.

The results demonstrate that a pulsed Nd:YAG laser irradiation within 1.0W, regardless of irradiation methods, can obliterate dentinal tubules effectively.