

# Nd:YAG 레이저조사가 치경부 백악질에 미치는 영향에 관한 주사전자현미경적 연구

전북대학교 치과대학 구강내과학교실<sup>1</sup> 및 구강생체과학연구소<sup>2</sup>

최 복<sup>1</sup> · 이정연<sup>1</sup> · 신금백<sup>1,2</sup>

## 목 차

- I. 서 론
- II. 연구대상 및 연구방법
- III. 연구결과
- IV. 총괄 및 고찰
- V. 결 론
  - 참고문헌
  - 영문초록
  - 사진부도

## I. 서 론

선학들의 연구보고에 의하면 치주질환에 이환된 치아의 치근면 백악질에서 세포독성을 가진 내독소(endotoxin)의 존재가 확인된 바 있으며<sup>1,2</sup>, 이러한 내독소에 오염된 치근면 백악질은 교원섬유의 부착상실과 함께<sup>3</sup> 치주조직을 재생시킬 수 있는 세포의 이동에 필요한 화학주성자극의 억제를 초래하여<sup>4,5</sup>, 치주질환의 치유기전에 있어 중요한 역할을 하는 섬유아세포의 치근면 부착을 방해하는 것으로 알려져 있다<sup>6</sup>. 이에 근거하여 고전적인 치주치료는 내독소에 오염된 모든 치근면 백악질을 제거해야 한다는 개념 아래 치근활택술이나 초음파기구이용 등의 기계적 수단을 이용하여 내독소에 오염된 치근면을 철저히 활택 처치하였다<sup>7,8</sup>.

그러나 이러한 고전적 개념의 치근활택술 등의 기계적 수단에 의해서는 치근면에 부착된 치태, 치석 및 내독소가 완전히 제거되지 않고 잔존될 뿐만 아니라

<sup>9-12</sup>, 오히려 치근면에 무정형의 도말층(smear layer)이 남게 되는 것으로 보고되고 있다<sup>13,14</sup>. 또한 이 도말층은 결합조직의 치근면 부착에 영향을 미치는 세포독성과 염증성 매개체를 함유하고 있을 뿐만 아니라<sup>17,12,15</sup>, 치주조직과 치근면 사이에 물리적 장애물로 작용하여 치근면에 새로운 결합조직부착을 방해하는 것으로 알려져 있다<sup>16,17</sup>. 이러한 점에 착안하여 치근활택술에 따른 도말층을 제거하는 수단의 일환으로서 치근활택술 시술 후 치근면을 구연산(citric acid)<sup>16,18,19</sup>이나 염산 테트라사이클린<sup>20,21</sup>으로 처리하는 시도가 시행된 바 있다. 그러나 Ryan등(1984)<sup>22</sup>은 구연산으로 처리한 치아에서의 해로운 치수반응 및 노출된 상아세관에서의 세균침투를 보고하였다.

한편 Nakib등(1982)<sup>23</sup>은 치주질환에 이환된 치아의 치근면 내독소는 백악질내로 깊이 침투되어 있지 않다고 보고하였으며, Hughes와 Smales (1986)<sup>24</sup>도 면역조직화학적 방법을 통해 치주질환에 이환된 치아의 치근면 내독소가 백악질표면에만 존재한다고 보고하였다. 그리고 Greenstein (1992)<sup>25</sup>은 치주질환에 이환된 치아의 경우 치근면 내독소가 백악질내에 깊이 침투되어 있다는 생각에서 백악질을 과도하게 제거하는 것은 불필요하다고 하였다.

이상 선학들의 연구결과에 따르면 치주질환에 이환된 치아의 경우 생물학적으로 섬유아세포가 부착할 수 있는 건강한 치근면을 형성하기 위해서는 어떠한 수단을 이용하여 치근면 내독소를 제거하여야 하지만, 그 수단은 어디까지나 백악질의 손상을 최소화할 수 있어야 하며, 또한 치근면에 도말층을 남기지 않아야 할 뿐만 아니라, 치수에 해로운 영향을 미치지

않아야 한다고 사료된다. 이러한 차원에서 볼 때 고전적인 치근활택술 등의 기계적 수단은 백악질이 불필요하게 많이 제거되어 속발성 상아질지각과민증과 같은 해로운 영향을 야기하거나 치근면에 도말층을 남기게 될 개연성이 높으므로, 이러한 단점을 가진 치근활택술 등의 수단을 보완 내지 대체할 수 있는 수단이 개발, 적용되어야 할 것으로 사료된다.

최근 이러한 수단의 일환으로서 결합조직이 부착하기에 적합한 치근면을 형성하기 위해 치주질환에 이환된 치아의 치근면에 Nd:YAG레이저를 적용하고자 하는 시도가 이루어져 왔다<sup>26-29)</sup>. 즉, Tani와 Kawada(1987)<sup>26)</sup>는 치근면 시편에 Nd:YAG레이저를 출력 20W, 조사시간 1초~3초의 조건에서 비접촉식으로 조사하여 도말층이 효과적으로 제거되었음을 보고하였으며, Myer(1991)<sup>27)</sup>는 Nd:YAG레이저의 단독사용 또는 치근활택술과의 병용에 의해 치태와 치석을 보다 더 용이하고 효과적으로 제거하였다고 연구보고한 바 있다. 또한 Tseng등(1991)<sup>28)</sup>은 레이저가 치석을 제거하는데 필요한 기구조작횟수를 현저히 감소시킬 수 있다고 보고하였으며, Ito등(1993)<sup>29)</sup>은 치근활택술을 시술하고 Nd:YAG레이저를 출력 20W, 조사시간 0.5초~3초의 조건으로 조사한 후 도말층 제거 양상을 전자현미경적으로 관찰한 결과, 치근활택술을 시술하고 구연산으로 처리한 경우에서 만큼 상아세관의 입구가 넓어지지 않는 않았으나 도말층이 효과적으로 제거되었음을 보고하였다. 그러나 치주질환에 이환된 치아의 치근면치치수단의 일환으로 치근면에 Nd:YAG레이저를 조사하고자 하는 선학들의 이러한 시도들은 Nd:YAG레이저의 조사조건으로서 비교적 짧은 시간 동안 높은 레이저에너지밀도를 적용함으로써 백악질, 치수 및 치주조직에 해로운 열적 손상을 초래할 수 있기 때문에 임상적으로 적용하는데 문제가 있을 뿐만 아니라, 적용된 레이저에너지밀도에 대한 구체적 자료가 제시되지 않아 치주질환에 이환된 치아의 치근면치치 수단의 일환으로 치근면에 Nd:YAG레이저를 조사하는데 있어 참고자료로 활용하기에는 미흡한 것으로 사료된다.

따라서 저자는 이러한 점에 착안하여 치주질환에 이환된 치아의 치근면치치에 있어 고전적인 치근활택술이나 초음파기구이용 등의 수단을 보완하는 차원에서 치근면에 Nd:YAG레이저를 조사적용할 경우 치경부 상아질지각과민증 발생에 있어 주요 억제인자의 하나인 치경부 백악질의 과도한 제거가 야기되지 않는 역치수준의 조사적용조건에 설정에 필요한

기초자료를 얻기 위하여, 치주질환 때문에 발거된 치아로부터 치경부 백악질의 종단 및 횡단 시험편을 제작하여 그 표면에 파장 1,064nm의 광섬유전달방식의 펄스형 Nd:YAG레이저를 몇가지 조건으로 조사적용한 후, 백악질 표면구조의 변화 양상을 미시적 관점에서 주사전자현미경적으로 관찰, 분석, 평가한 결과 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 연구대상 및 연구방법

### 1. 백악질 시험편 제작

치주질환 때문에 발거된 치아 가운데 치경부 마모증과 치경부 우식증이 없는 전치 12개, 소구치 12개, 대구치 12개 총 36개의 치아를 선정하여, 각 군에 전치 3개, 소구치 3개, 대구치 3개가 포함되도록 총 4개군(Group I, II, III, IV)으로 구분하였다(Table 1). 4개군 가운데 Group I의 경우 각 치아의 근원심 중심부를 치아장축방향으로, 그리고 Group II, III, IV의 경우에는 각 치아의 백악-법랑경계 하방 1mm~2mm의 치경부를 수평방향으로 Low Speed Diamond Wheel Saw(SBT, South Bay Technology, U.S.A.)를 이용, 1.0mm±0.2mm의 두께로 절단하여 백악질이 포함된 시험편을 제작하였다. 시험편 제작중 형성된 치질(齒質) 잔사를 제거하기 위해 백악질 시험편을 0.5 M ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA, pH=7.4)로 2분간 처리한 후 증류수로 세척하였으며, 실험에 사용될 때 까지 세균증식을 억제하기 위해 0.02 % thymol solution에 보관하였다.

### 2. Nd:YAG레이저 조사

준비된 백악질 시험편에 파장 1,064nm, 펄스당 지속시간 120μs, 광섬유직경 320μm인 펄스형 Nd:YAG레이저(Sunrise Technologies, Fremont, CA, USA)를 이용하여 Table 1에서와 같이 초당 펄스 10Hz에서 각 조건별로 레이저를 조사하였다. 즉, 총 4개군의 시험편 가운데 Group I과 Group II의 경우 레이저광섬유말단을 백악질 표면에 수직으로 접촉한 채 1초 동안 이동하지 않고, 그리고 Group III과 Group IV의 경우에는 레이저광섬유말단을 백악질 표면에 수직으로 접촉한 채 초당 3mm~4mm의 속도로 1초 동안 표면을 따라 한 곳에 중복적용되지 않게 이동하면서 조사하였다. 또한 Group I과 Group III의 경우 공기냉각을

Table 1. Distribution of specimens and lasing conditions by experimental groups

Experimental Groups	Tooth Site	Number of Specimens (N=36)	Lasing Conditions						
			Application Modes of Fiber		Air Spray	Energy Output Power (W), Energy Per Pulse (mJ), Energy Density (J/cm <sup>2</sup> )			
			Stationary Mode	Moving Mode		A	B	C	D
						1.0W 100mJ 124J/cm <sup>2</sup>	0.5W 50mJ 62J/cm <sup>2</sup>	0.4W 40mJ 50J/cm <sup>2</sup>	0.3W 30mJ 37J/cm <sup>2</sup>
Group I	Anteriors	3	+	-	-	Group I A	Group I B	Group I C	Group I D
	Premolars	3							
	Molars	3							
Group II	Anteriors	3	+	-	+	Group II A	Group II B	Group II C	Group II D
	Premolars	3							
	Molars	3							
Group III	Anteriors	3	-	+	-	Group III A	Group III B	Group III C	Group III D
	Premolars	3							
	Molars	3							
Group IV	Anteriors	3	-	+	+	Group IV A	Group IV B	Group IV C	Group IV D
	Premolars	3							
	Molars	3							

Remarks : All samples of experimental groups were irradiated under same conditions in fiber diameter of 320 $\mu$ m, pulse per second of 10 Hz and exposure time of 1 second.

가하지 않은 채, 그리고 Group II와 Group IV의 경우에는 공기냉각을 가하면서 조사하였다. 또한 모든 백악질 시험편 마다 펄스당 레이저에너지(mJ/pulse) [; 레이저에너지밀도(J/cm<sup>2</sup>)<sup>30</sup>]를 1.0W/10Hz (100mJ/pulse; 124J/cm<sup>2</sup>)에서부터 시작하여 점차 0.5W/10Hz (50mJ/pulse; 62J/cm<sup>2</sup>), 0.4W/10Hz (40mJ/pulse; 50J/cm<sup>2</sup>), 0.3W/10Hz (30mJ/pulse; 37J/cm<sup>2</sup>)의 수준으로 감소시키면서 레이저를 조사하였으며, 동일 조건으로 한별 3회씩 시행하였다.

### 3. 주사전자현미경적 관찰

Nd:YAG레이저가 조건별로 조사된 각 실험군의 치경부 백악질 시험편에 대해 Ion Sputter(Model E-1010, Hitachi, Japan)를 이용하여 platinum coating을 시행한 후, 주사전자현미경(Model X-650,

Hitachi, Japan)을 이용하여 치경부 백악질 표면의 미세구조적 변화 양상을 관찰하였다.

### III. 연구결과

Nd:YAG레이저가 조사된 치경부 백악질 시험편상 백악질 표면의 미세구조적 변화 양상을 주사전자현미경을 이용하여 조사조건별로 관찰한 결과 다음과 같은 소견을 얻었다.

#### 1. 치경부 백악질 종단 시험편의 경우

1.1 레이저광섬유발단을 백악질 표면에 접촉한 채 1 초 동안 이동하지 않고 공기냉각을 가하지 않으면서 레이저를 조사한 군 (Group I)

1.1.1 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

1.0W/10Hz (100mJ/pulse; 124J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group I A)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 Group IB의 경우에 비해 그 경계가 더 명료하고, 깊이가 더 깊어 상아질층을 포함한 분화구 모양의 함몰부위가 관찰되었으며, 함몰부위의 바닥은 거칠었고, 바닥의 일부에서 비교적 커다란 꽃송이 모양 또는 용암 모양의 융기가 관찰되었다(Fig. 1A).

1.1.2 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

0.5W/10Hz (50mJ/pulse; 62J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group I B)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 Group IC의 경우에 비해 그 경계가 더 명료하고, 깊이가 더 깊어 거의 백악질 전 층에서 변연이 분명한 분화구 모양의 함몰부위가 관찰되었으며, 함몰부위의 바닥은 전체적으로는 비교적 매끄럽고 용융된 미세한 망상구조를 나타냈으나, 일부에서 용암 모양의 융기가 관찰되었다(Fig. 1B).

1.1.3 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

0.4W/10Hz (40mJ/pulse; 50J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group I C)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 Group ID의 경우에 비해 그 경계가 더 명료하고, 깊이가 더 깊으며, 변연이 일부 융기된 함몰부위가 관찰되었고, 함몰부위의 바닥은 비교적 매끄럽고 용융된 미세한 망상구조를 나타냈다(Fig. 1C).

1.1.4 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

0.3W/10Hz (30mJ/pulse; 37J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group I D)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 그 경계가 다소 불분명하고, 깊이가 얕으며, 변연이 평탄한 함몰부위가 관찰되었고, 함몰부위의 바닥은 다소 용융된 미세한 망상구조를 나타냈다(Fig. 1D).

2. 치경부 백악질 횡단 시험편의 경우

2.1 레이저광섬유말단을 백악질 표면에 접촉한 채 1초 동안 이동하지 않고 공기냉각을 가하면서 레이저를 조사한 군 (Group II)

2.1.1 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

1.0W/10Hz (100mJ/pulse; 124J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group II A)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 Group II B의 경우에 비해 그 경계가 더 분명하고, 깊이가 더 깊어 상아질층을 포함한 정도의 분화구 모양의 함몰부위가 관찰되었으며, 함몰부위의 바닥은 거칠었다 (Fig. 2A).

2.1.2 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

0.5W/10Hz (50mJ/pulse; 62J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group II B)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 Group II C의 경우에 비해 그 깊이가 다소 깊은 함몰부위가 관찰되었으며, 함몰부위의 바닥은 전체적으로 비교적 매끄러웠다(Fig. 2B).

2.1.3 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

0.4W/10Hz (40mJ/pulse; 50J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group II C)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 Group II D의 경우에 비해 그 경계가 다소 분명한 얇은 함몰부위가 관찰되었다(Fig. 2C).

2.1.4 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

0.3W/10Hz (30mJ/pulse; 37J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group II D)

레이저가 적용된 치경부 백악질은 전체적으로 매우 미약한 정도의 표면조직의 소실이 관찰되었다 (Fig. 2D).

2.2 레이저광섬유말단을 백악질 표면에 접촉한 채 초당 3mm~4mm의 속도로 1초 동안 표면을 따라 중복 적용되지 않게 이동하면서 공기냉각을 가하지 않은 채 레이저를 조사한 군 (Group III)

2.2.1 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

1.0W/10Hz (100mJ/pulse; 124J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group III A)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 Group III B의 경우에 비해 깊이가 더 깊어 거의 백악질 전 층에서 분화구 모양의 함몰부위가 관찰되었다(Fig. 3A). 그러나 표면변화의 정도는 전체적으로 Group II A의 경우에 비해 미약하였다.

2.2.2 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

0.5W/10Hz (50mJ/pulse; 62J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group III B)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 Group III C의 경우에 비해 그 경계가 다소 더 분명한 매우 얇은 함몰부위가 관찰되었다(Fig. 3B). 그러나 표면변

화의 정도는 전체적으로 Group II B의 경우에 비해 미약하였다.

### 2.2.3 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

0.4W/10Hz (40mJ/pulse; 50J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group III C)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 전체적으로 Group III D의 경우와 거의 유사한 정도의 표면조직의 소실이 관찰되었으나, Group II C의 경우에 비해서는 그 정도가 미약하였다(Fig. 3C).

### 2.2.4 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

0.3W/10Hz (30mJ/pulse; 37J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group III D)

레이저가 적용된 치경부 백악질은 전체적으로 Group II D에 비해 거의 유사한 정도의 표면조직의 소실이 관찰되었다(Fig. 3D).

2.3 레이저광섬유말단을 백악질 표면에 접촉한 채 초당 3mm~4mm의 속도로 1초 동안 표면을 따라 중복적용되지 않게 이동하면서 공기냉각을 가한 채 레이저를 조사한 군 (Group IV)

### 2.3.1 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

1.0W/10Hz (100mJ/pulse; 124J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group IV A)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 Group IV B의 경우에 비해 깊이가 더 깊어 거의 백악질 전층에서 조직소실이 관찰되었다 (Fig. 4A). 그러나 표면변화의 정도는 전체적으로 Group II A 및 Group III A의 경우에 비해 미약하였다.

### 2.3.2 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

0.5W/10Hz (50mJ/pulse; 62J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group IV B)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 Group IV C의 경우에 비해 그 경계가 다소 더 분명한 얇은 함몰부위가 관찰되었다(Fig. 4B). 그러나 표면변화의 정도는 전체적으로 Group II B 및 Group III B의 경우에 비해 미약하였다.

### 2.3.3 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

0.4W/10Hz (40mJ/pulse; 50J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group IV C)

레이저가 적용된 치경부 백악질 표면에서 Group IV D군의 경우에 비해 그 경계가 다소 분명한 얇은 함몰부위가 관찰되었으나, Group II C 및 Group III C의 경우에 비해서는 그 정도가 미약하였다(Fig. 4C).

### 2.3.4 펄스당 레이저에너지 (; 레이저에너지밀도)

0.3W/10Hz (30mJ/pulse; 37J/cm<sup>2</sup>)의 경우 (Group IV D)

레이저가 적용된 치경부 백악질에서 미세한 균열 이외에는 표면조직의 소실이 거의 관찰되지 않았다 (Fig. 4D).

## IV. 총괄 및 고찰

1835년 처음 현미경으로 밝혀진 백악질은 백악-법랑경계에서 시작하여 치근단으로 연속되는데 그 두께는 무세포성 백악질(acellular cementum)의 경우 백악-법랑경계에서 20 $\mu$ m~50 $\mu$ m 정도로 가장 얇다<sup>31)</sup>. 따라서 고전적 개념의 치근활택술을 치주질환에 이환된 치아의 치근면에 적용할 경우 치근면을 피복하고 있는 얇은 백악질의 제거를 피한다는 것은 불가능하므로, 특히 얇은 치경부 백악질이 완전히 또는 부분적으로 벗겨져 치경부에서의 속발성 상아질지각과민증이 나타날 가능성이 매우 높다. 또한 체계적인 치주치료의 일환으로서 통상 주기적인 기계적 치은연하치근활택술이 시행되는데, 이러한 기계적 치은연하치근활택술이 반복적으로 시행될 경우 백악질의 제거는 불가피하므로 이에 따른 속발성 치경부 상아질지각과민증이 나타날 가능성 또한 높다. 한편 치주질환에 이환된 치아의 치근면치치에 있어 생물학적으로 바람직한 치근면을 만들기 위해 시행되는 초음파기구를 이용한 기계적 수단은 백악질을 과도하게 제거하여 속발성 치경부 상아질지각과민증과 같은 해로운 결과를 야기할 가능성이 높을 뿐만 아니라<sup>32)</sup>, 치근면에 무정형의 도말층을 남기고<sup>13,14)</sup>, water spray에 의해 도말층내 또는 구강내 미생물을 진료실내 공기중으로 퍼지게 할 가능성이 높으므로 이러한 문제점을 해소할 수 있는 수단이 개발, 적용되어야 할 것으로 사료된다.

바로 이러한 차원에서 최근 치주질환에 이환된 치아의 경우 고전적인 치근활택술이나 초음파기구이용 등의 기계적 수단에 의한 백악질의 과도한 제거와 도말층의 형성을 방지할 수 있는 보조수단의 일환으로서 치주질환에 이환된 치근면에 Nd:YAG레이저를 적용하고자 하는 시도가 이루어져 왔다<sup>26-29)</sup>. 이러한 시도들은 Nd:YAG레이저의 열균, 조직박리, 조직기화, 조직절제 등의 조직효과를 이용하여<sup>30)</sup> 치근면상의 치태, 치석, 내독소, 오염물 등을 제거하거나 치근면을 구조적으로 변화시키고자 함에 근거를 두고 있으나,

Nd:YAG레이저의 조사조건으로서 짧은 시간 동안 높은 레이저에너지밀도를 적용함으로써 백악질과 치수에 열적 손상을 초래할 수 있기 때문에 임상적으로 적용하는데 문제가 있다고 사료된다. 따라서 치주질환에 이환된 치아의 치근면치치에 있어 고전적인 치근활택이나 초음파기구이용 등의 기계적 수단을 보완하는 차원에서 치근면에 Nd:YAG레이저를 조사할 경우, 치경부 백악질의 과도한 제거가 야기되지 않는 역치수준의 적용조건을 설정은 매우 중요하다고 사료되어 이에 관한 기초자료를 얻기 위해 본 연구를 시행하였다.

Radvar등(1995)<sup>33)</sup>은 치아에 따라 레이저에 대한 감수성 정도가 다름을 지적하였는데, 이는 치아에 따라 색, 조성, 흡수율 등이 다르고 그에 따라 레이저에너지의 흡수 정도가 영향을 받기 때문이라고 보고하였다. 따라서 본 연구에서도 이러한 점을 고려하여 백악질 시험편 제작을 위한 치아 선정시 대상 치아를 치주질환에 이환되어 사람으로부터 발거된 전치, 소구치 및 대구치 가운데 치경부 마모증 또는 치경부 우식증이 없으며, 비교적 색조가 균일한 치아로 제한하였다.

본 연구에서 치경부 백악질이 포함된 시험편을 중단 시험편과 횡단 시험편 두 종류로 제작하였는데, 이는 Nd:YAG레이저조사적용에 의한 백악질 표면의 미세구조적 변화 양상을 보다 다각도로, 보다 입체적으로 관찰하기 위함이었다.

본 연구에서 백악질 시험편에 조사적용된 펄스형 Nd:YAG레이저의 펄스당 지속시간은 120 $\mu$ s로 매우 짧았다. 이처럼 짧은 펄스당 지속시간은 긴 휴지기를 허용하여 순간적으로 가열된 조직이 냉각할 수 있는 시간을 허용함으로써 결과적으로는 조직의 불필요한 손상이나 우발적인 치수의 열적 손상을 방지할 수 있음을 의미한다<sup>30)</sup>.

Morlock등(1992)<sup>34)</sup>은 치근면에 Nd:YAG레이저를 조사하여 치태와 치석을 완전히 제거하기 위해서는 레이저광섬유의 말단이 치근면의 침착물에 직접 접촉되어야 한다고 하였다. 본 연구에서도 이러한 점을 고려하여 백악질 표면에 레이저광섬유말단을 접촉하여 레이저를 조사하였으며, 또한 레이저에너지의 집중 적용 여부에 따른 효과를 비교 분석하기 위해 레이저광섬유말단을 접촉한 채 이동하지 않고, 그리고 접촉한 채 초당 3mm~4mm의 속도로 이동하면서 레이저를 조사하였다.

한편 레이저가 조사된 백악질 표면에서 순간적으

로 발생될 것으로 예상되는 열에 대한 냉각처리 여부에 따른 백악질 표면에서의 미세구조적 변화 양상을 비교 분석하기 위해, 파장 1,064nm의 Nd:YAG레이저의 경우 물에서의 흡수율이 낮은 점을 고려<sup>30)</sup>, 냉각처리매체로 공기를 사용하여 일부 시험편군에는 공기냉각처리를 가하면서, 그리고 일부 시험편군에는 공기냉각처리를 가하지 않은 채 레이저를 조사하였다.

본 연구에서 모든 백악질 시험편 마다 펄스당 레이저에너지를 1.0W/10Hz (100mJ/pulse)에서부터 시작하여 레이저를 조사하였는데, 이는 펄스형 Nd:YAG레이저를 이용하여 초기치아우식증에 이환된 치질(齒質)을 제거할 경우 펄스당 레이저에너지를 통상 1.0W/10Hz (100mJ/pulse)로 설정한 White등<sup>30)</sup>의 연구보고와 저자에 의한 예비실험결과에 따른 것이었다. 이어서 본 연구에서는 백악질의 소실이 야기되지 않고 단지 백악질의 경화만이 야기되는 수준 즉, 역치수준의 펄스당 레이저에너지를 얻고자 그 절반 수준인 0.5W/10Hz (50mJ/pulse), 그리고 0.4W/10Hz (40mJ/pulse), 0.3W/10Hz (30mJ/pulse)의 수준으로 점차 감소시키면서 레이저를 조사하였다. 이러한 펄스당 레이저에너지 1.0W/10Hz (100mJ/pulse), 0.5W/10Hz (50mJ/pulse), 0.4W/10Hz (40mJ/pulse), 0.3W/10Hz (30mJ/pulse)는 광섬유직경 320 $\mu$ m와 조사시간 1초를 고려하여 레이저에너지밀도로 환산할 경우<sup>30)</sup> 각각 124J/cm<sup>2</sup>, 62J/cm<sup>2</sup>, 50J/cm<sup>2</sup>, 37J/cm<sup>2</sup>에 해당된다.

본 연구결과를 총괄하건대, Group I, II, III, IV 모두에서 대체적으로 치경부 백악질 표면에 적용된 레이저에너지밀도가 37J/cm<sup>2</sup>인 경우 레이저가 적용된 백악질 부위의 소실이 가장 미약하게 나타났다. 또한 치경부 백악질 표면에 적용된 레이저에너지밀도가 동일한 경우에는 대체적으로 Group IV에서 레이저가 적용된 백악질 부위의 소실이 가장 미약하게 나타났으며, 특히 Group IV에서도 레이저에너지밀도가 37J/cm<sup>2</sup>인 경우 미세한 균열 이외에는 백악질 표면조직의 소실이 거의 나타나지 않았다. 이로 미루어 보아 Group IV에 해당되는 조사조건에서의 레이저에너지밀도 37J/cm<sup>2</sup>가 치근면 백악질에 대한 펄스형 Nd:YAG레이저 조사시 백악질의 소실을 야기하지 않고 단지 백악질의 경화만을 야기하는 수준 즉, 역치수준의 조사조건이 되는 것으로 사료된다.

따라서 치주질환에 이환된 치아의 치근면치치수단의 일환으로서 치근면에 펄스형 Nd:YAG레이저를 조사적용할 경우, 치경부 백악질의 과도한 제거로 인한 속발성 상아질지각과민증의 발생을 예방하고 우발적

인 치수의 열적 손상을 야기하지 않기 위해서는 레이저광섬유말단을 백악질 표면에 접촉한 채 초당 3mm~4mm의 속도로 표면을 따라 한 곳에 중복적용되지 않게 이동하면서 공기냉각을 가한 채, 레이저에너지밀도를 37J/cm<sup>2</sup> 이내의 조건으로 설정하여 레이저를 조사함이 바람직할 것으로 사료된다.

본 연구에서 제시된 이러한 수준의 레이저에너지밀도는 치주질환에 이환된 치아의 치근면치수단의 일환으로 치근면에 Nd:YAG레이저를 조사한 선학들의 관련 연구<sup>26-29)</sup>에서 적용된 레이저에너지수준과 비교하기에는 실험조건이 상이하여 직접적으로 평가하기에는 무리한 점이 있다고 사료되나, 대체적으로 관련된 선학들의 연구에서 적용된 레이저에너지수준에 비해서는 낮은 것으로 사료되었다. 즉, 선학들의 관련 연구<sup>26-29)</sup>에서는 치근면 백악질에 대한 Nd:YAG레이저의 조사조건으로서 대체적으로 비교적 짧은 시간 동안 높은 레이저에너지밀도를 적용한 것으로 사료되었다.

일반적으로 성인의 백악질은 약 45~50%의 무기물, 그리고 약 50~55%의 유기물과 수분으로 구성되어 있다<sup>31)</sup>. 그 가운데 무기물은 주로 인산칼슘으로 구성되어 있으며, 그 분자구조는 법랑질, 상아질 및 골조직에서와 같이 수산화인회석이다. 한편 유기물의 주된 성분은 교원질과 점액다당류이다<sup>31)</sup>. 본 연구에서 Nd:YAG레이저적용에 의한 백악질 표면의 미세구조적 변화가 관찰되었는데, Nd:YAG레이저적용에 의한 백악질 표면의 미세구조적 변화에 관해 Peck등(1967)<sup>35)</sup>은 레이저적용에 의해 초기에는 백악질 표면에 물리적 변화가 일어나고 후기에는 화학적 변화가 일어나서 수산화인회석 결정체의 성분변화로 새로운 복합물이 형성됨으로써 야기된다고 하였다.

한편 Morlock등(1992)<sup>34)</sup>은 Nd:YAG레이저가 조사된 치근면은 탄화, 소와나 분화구 형성, 광물질의 용융과 고형화 등의 변화를 나타낸다고 보고하였다. 즉, 레이저가 치근면에 조사되어 흡수된 에너지의 대부분은 열로 전환되어 레이저가 조사된 치근면의 열적 변화를 유도하고, 이러한 열적 변화로 치근면의 물성분이 증발하며 유기물질이 기화하고 단백질 대 광물질의 비율이 감소하게 되며, 결국 이러한 증기와 기화로 인해 치근면에서의 균열, 소와, 탄화, 분화구 등이 초래된다고 하였다. 또한 유기물질의 기화시에 가스가 빠져나가면서 전반적인 다공성의 표면이 나타나고 광물질의 용융과 재고형화로 인해 구상 또는 판상의 구조물이 형성된다고 하였다. 본 연구에서도

Morlock등(1992)<sup>34)</sup>이 보고한 치근면의 변화가 관찰되었는데, 이러한 변화는 레이저에너지밀도가 낮을수록 미약하게 나타났다. 따라서 레이저에너지밀도가 높게 조사될 경우에는 치근면에 탄화부위가 남게 되며, 이로 인해 연조직재부착이 방해받을 것으로 사료된다.

본 연구에서 관찰된 Nd:YAG레이저조사에 의한 백악질 표면의 구조적 변화는 Nd:YAG레이저광의 광열적 및 광화학적 작용<sup>30, 34, 35)</sup>에 기인한 것으로 사료되며, 이러한 표면구조의 변화는 화학적 조성의 변화를 수반한 것으로 사료된다<sup>30, 34, 35)</sup>. 향후 이러한 화학적 조성의 변화에 관해 Fourier Transform Infrared Spectroscopy(FTIR), Energy Dispersive Spectroscopy(EDS), X-ray Diffraction 등의 방법<sup>36)</sup>을 통한 계속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

저자는 치주질환에 이환된 치아의 치근면치수에 있어 고전적인 치근활택술이나 초음파기구이용의 수단을 보완하는 차원에서 치근면에 Nd:YAG레이저를 조사적용할 경우, 치경부 상아질치각파면중 발생에 있어 주요 억제인자의 하나인 치경부 백악질의 과도한 제거가 야기되지 않는 역치수준의 조사적용조건이 필요하다고 사료되어, 이에 관한 기초자료를 얻고자 본 연구를 시행하였다.

저자는 치주질환 때문에 발거된 치아 가운데 치경부 마모증과 치경부 우식증이 없는 전치 12개, 소구치 12개 및 대구치 12개를 선정하여, 각 군에 전치 3개, 소구치 3개, 대구치 3개가 포함되도록 총 4개군(Group I, II, III, IV)으로 구분한 후, Group I의 경우 각 치아의 근원심 중심부를 치아장축방향으로, 그리고 Group II, III, IV의 경우에는 각 치아의 백악-법랑경계 하방 1mm~2mm의 치경부를 수평방향으로 1.0mm±0.2mm의 두께로 절단하여 백악질이 포함된 시험편을 제작하였다. 제작된 백악질 시험편을 0.5 M EDTA로 처리한 후, 파장 1,064nm, 펄스당 지속시간 120μs, 광섬유직경 320μm인 펄스형 Nd:YAG레이저를 이용하여, 초당 펄스 10Hz에서 Group I과 Group II의 경우 레이저광섬유말단을 백악질 표면에 접촉한 채 1초 동안 이동하지 않고, 그리고 Group III과 Group IV의 경우에는 레이저광섬유말단을 백악질 표면에 접촉한 채 초당 3mm~4mm의 속도로 1초 동안 표면을 따라 한 곳에 중복적용되지 않게 이동하면서 조

사하였으며, 또한 Group I 과 Group III의 경우 공기 냉각을 가하지 않은 채, 그리고 Group II와 Group IV의 경우에는 공기냉각을 가하면서 조사하였다. 또한 모든 백악질 시험편 마다 펄스당 레이저에너지 (mJ/pulse) [; 레이저에너지밀도(J/cm<sup>2</sup>)] 를 1.0W/10Hz (100mJ/pulse; 124J/cm<sup>2</sup>)에서부터 0.5W/10Hz (50mJ/pulse; 62J/cm<sup>2</sup>), 0.4W/10Hz (40mJ/pulse; 50J/cm<sup>2</sup>), 0.3W/10Hz (30mJ/pulse; 37J/cm<sup>2</sup>)의 수준으로 감소시키면서 레이저를 조사하였으며, 동일 조건으로 한벌 3회씩 시행하였다. Nd:YAG레이저가 조건별로 조사된 각 군의 치경부 백악질의 종단 및 횡단 시험편에 대해 platinum coating을 시행한 후, 주사전자현미경을 이용하여 치경부 백악질 표면의 미세구조적 변화 양상을 관찰, 분석, 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 치경부 백악질 표면에 적용된 펄스당 레이저 에너지 (; 레이저에너지밀도)가 1.0W/10Hz (100mJ/pulse; 124J/cm<sup>2</sup>)인 경우 대체적으로 Group I, II, III, IV 모두에서 레이저가 적용된 백악질 부위의 전 층에 이르는 소실이 나타났다.
2. 치경부 백악질 표면에 적용된 펄스당 레이저 에너지 (; 레이저에너지밀도)가 0.5W/10Hz (50mJ/pulse; 62J/cm<sup>2</sup>)인 경우 대체적으로 Group I에서 레이저가 적용된 백악질 부위의 거의 전 층에 이르는 소실이 나타났으며, Group II, III, IV에서는 부분적인 함몰성 소실이 나타났다.
3. 치경부 백악질 표면에 적용된 펄스당 레이저 에너지 (; 레이저에너지밀도)가 0.4W/10Hz (40mJ/pulse; 50J/cm<sup>2</sup>)인 경우 대체적으로 Group I에서 레이저가 적용된 백악질 부위의 거의 절반 층에 이르는 소실이 나타났으며, Group II, III, IV에서는 표층에 국한된 얇은 함몰성 소실이 나타났다.
4. 치경부 백악질 표면에 적용된 펄스당 레이저 에너지 (; 레이저에너지밀도)가 0.3W/10Hz (30mJ/pulse; 37J/cm<sup>2</sup>)인 경우 대체적으로 Group I에서 레이저가 적용된 백악질 부위의 얇은 함몰성 소실이 나타났으며, Group II, III에서는 표층에 국한된 얇은 함몰성 소실이 나타났다. 그러나 Group IV에서는 미세한 균열 이외에는 백악질 표면조직의 소실이 거의 나타나지 않았다.

따라서 치주질환에 이환된 치아의 치근면치수단의 일환으로서 치근면에 펄스형 Nd:YAG레이저를 조

사적용할 경우, 치경부 백악질의 과도한 제거로 인한 속발성 상아질지각과민증의 발생을 예방하고 우발적인 치수의 열적 손상을 야기하지 않기 위해서는 레이저광섬유말단을 백악질 표면에 접촉한 채 초당 3mm~4mm의 속도로 표면을 따라 한 곳에 중복적용되지 않게 이동하면서 공기냉각을 가한 채, 레이저에너지밀도를 37J/cm<sup>2</sup> 이내의 조건으로 설정하여 레이저를 조사함이 바람직할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. Aleo JJ, DeRenzis FA, Faber PA, Carboncoeru AP : The presence and biological activity of cementum-bound endotoxin. J Periodontol 45 : 672-678, 1974.
2. 김성조 : 치주낭의 세균내독소 분포에 대한 연구. 대한치주과학회지 19(2) : 75-91, 1989.
3. Selvig KA : Biological changes at the tooth saliva interface in periodontal disease. J Dent Res 48 : 846-855, 1969.
4. Fardal O, Lowenberg B : A quantitative analysis of the migration, attachment and orientation of human gingival fibroblasts to human dental root surfaces in vitro. J Periodontol 61 : 529-535, 1990.
5. Polson AM, Caton J : Factors influencing periodontal repair and regeneration. J Periodontol 53 : 617-625, 1982.
6. Ruben MP, O'Leary TJ : The attachment of in vivo root planing in removing bacterial endotoxin from the roots of periodontally involved teeth. J Periodontol. 49 : 331-336, 1978.
7. Nisimire O, O'Leary TJ : Hand instrumentation versus ultrasonic in the removal of endotoxin from root surface. J Periodontol 50 : 345- 349, 1979.
8. O'Leary TJ : The impact of research on scaling and root planing. J Periodontol 57 : 69-75, 1986.
9. Rabbani GM, Ash MM, Caffesse RG : The effectiveness of subgingival scaling and root planing in calculus removal. J Periodontol 52 : 119-123, 1981.
10. Caffesse RG, Sweeney PL, Smith BA : Scaling and root planing with and without periodontal flap surgery. J Clin Periodontol 13 : 205-210, 1986.
11. Buchanan SA, Robertson PB : Calculus removal by scaling/root planing with and without periodontal flap surgery. J Periodontol 58: 159-163, 1987.
12. Jones WA, O'Leary TJ : The effectiveness of in vivo root planing in removing bacterial endotoxin from the roots of periodontally involved tooth. J Periodontol 49 : 337-342, 1978.



13. Jones WA, Lozdan J, Boyde A : Tooth surfaces treated in situ with periodontal instruments. SEM studies. *British Dent J* 1323 : 337-342, 1972.
14. Pashely DH : Smear layer ; physiological considerations. *Oper Dent Suppl* 3 : 13-29, 1984.
15. Hatfield CG, Baumhammers A : Cytotoxic effects of periodontally involved surfaces of human teeth. *Arch Oral Biol* 16 : 456-468, 1971.
16. Polson AM, Fredrick GT, Ladenheim S, Hanes PJ : The production of a root surface smear layer by instrumentation and its removal by citric acid. *J Periodontol* 11 : 443-446, 1984.
17. Hanes PJ, Polson AM, Frederick GT : Initial wound healing attachment to demineralized dentin. *J Periodontol* 59 : 176-183, 1988.
18. Lasho DJ, O'Leary TJ, Kafrawy AH : A scanning electron microscopic study of the effects of various agent on instrumented periodontally involved root surface. *J Periodontol* 54 : 210-220, 1983.
19. Smith BA, Masson WE, Morrison EC, Caffesse RG : The effectiveness of citric acid as an adjunct to surgical reattachment procedures in human. *J Clin Periodontol* 13 : 701-708, 1986.
20. Bjorvatn K, Olsen HC : The effect of penicillin and tetracycline containing medicaments on the microhardness of human dental enamel. *Acta Odontol Scand* 10 : 299-305, 1982.
21. Wikesjo UME, Claffey N, Christersson LA, Franzetti LC., Genco RJ, Terranova VP, Egelber J : Repair of periodontal furcation defects in beagle dogs following reconstructive surgery including root surface demineralization with tetracycline HCl and topical fibronectin application. *J Clin Periodontol* 15 : 73-80, 1988.
22. Ryan PC, Newcomb GM, Seymour GJ, Powell RN : The pulpal response to citric acid in cats. *J Clin Periodontol* 11 : 633-643, 1984.
23. Nakib NM, Bissada NF, Simmelink JW, Golstine S : Endotoxin penetration into the cementum of periodontically healthy and diseased human teeth. *J Periodontol* 53 : 368-378, 1982.
24. Hughes FJ, Smale FC : Immunohistochemical investigation of the presence and distribution of cementum associated lipopolysaccharides in periodontal disease. *J Periodontal Res* 21 : 660-667, 1986.
25. Greenstein G : Periodontal response to mechanical non-surgical therapy: a review. *J Periodontol* 63 : 118-130, 1992.
26. Tani Y, Kawada H : Effects of laser irradiation on dentin. I. Effect on smear layer. *Dent Master J* 6 : 127-134, 1987.
27. Myers TD : Lasers in dentistry. *J Am Dent Assoc* 122 : 47-50, 1991.
28. Tseng P, Gilkeson CF, Pearman B, Liew V. : The effect of Nd:YAG laser treatment on subgingival calculus in vitro. *J Dent Res* 70 : 657(abstract), 1991.
29. Ito K, Nishikata J, Murai S : Effects 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.
30. Miserendino LJ, Pick RM : *Lasers in Dentistry*. Quintessence Publishing Co Inc, 1995.
31. Sicher H (ed) : *Orban's Oral histology and embryology* (6th ed), C V Mosby Co, 1966.
32. Levespoere JE, Yukna RA, Rice DA, LeBlanc DM: Root surface removal with diamond-coated ultrasonic. *J Periodontol* 67 : 1281- 1287, 1996.
33. Radvar M, Creanor SL, Gilmour WH, Payne AP : 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.
34. Morlock BJ, Pippin DJ, Cobb CM, Killoy WJ, Rapley JW : The effect of Nd: YAG lasers exposure on root surfaces when used as an adjunct to root planing: an in vitro study. *J Periodontol* 63 : 637-641, 1992.
35. Peck S, Peck H : Laser radiation ; Some effect and an evaluation of its potential in dentistry. *J Prosthet Dent* 17 : 195-211, 1967.
36. Cecchini SCM, Shin KB, Rechmann P, Hennig T, Gee L, White JM : FTIR analysis of enamel and dentin after Er:YAG laser irradiation. *J Dent Res*, 76 : 216 (abstract #1618), 1997.

-ABSTRACT-

## A Scanning Electron Microscopic Study on the Effect of Nd:YAG Laser Irradiation on the Cervical Cementum

Bok Choi<sup>1</sup>, D.D.S., M.S.D., Jeong-Yeon Lee<sup>1</sup>, D.D.S., M.S.D., Keum-back Shin<sup>1,2</sup>, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

*Department of Oral Medicine<sup>1</sup>, College of Dentistry and Institution of Oral Bioscience<sup>2</sup>,  
Chonbuk National University*

In order to obtain the basic data concerning the optimal lasing conditions in using Nd:YAG laser as an adjunctive modality of periodontal therapy of root planing without irreversible structural deterioration of cervical cementum, the author selected 36 human teeth having no cervical abrasion and caries (12 anteriors, 12 premolars, 12 molars) extracted due to periodontal diseases, and divided them into 4 groups as Group I, II, III and IV (each group of 3 anteriors, 3 premolars, 3 molars), and prepared a cementum specimen with thickness of  $1.0\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$  sectioned longitudinally at the middle of mesio-distal thickness (Group I) or horizontally at  $1\text{mm} \sim 2\text{mm}$  below the cemento-enamel junction (Group II, III, IV) from each tooth of each group by low speed diamond wheel saw, and treated them with 0.5 M ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA, pH=7.4) for 2 minutes for elimination of remnants during tooth-sectioning.

And the author applied the laser energy from a fiberoptic delivered, free running, pulsed Nd:YAG laser (wavelength  $1064\text{nm}$ , pulse duration  $120\ \mu\text{sec}$ , fiber diameter  $320\ \mu\text{m}$ ) to cementum surfaces in triplicates of one experiment under the following lasing conditions:

1. stationary mode of fiber in contact to cementum surfaces without air-spray (Group I)/with air-spray (Group II),
2. unidirectional moving mode of fiber in contact to cementum surfaces under speed of  $3\text{mm} \sim 4\text{mm}/\text{sec}$  without air-spray (Group III)/with air-spray (Group IV),
3. energy per pulse (mJ/pulse) [energy density ( $\text{J}/\text{cm}^2$ )] in order of 1.0W/10Hz (100mJ/pulse);  $124\text{J}/\text{cm}^2$ , 0.5W/10Hz (50mJ/pulse);  $62\text{J}/\text{cm}^2$ , 0.4W/10Hz (40mJ/pulse);  $50\text{J}/\text{cm}^2$ , 0.3W/10Hz (30mJ/pulse);  $37\text{J}/\text{cm}^2$ ,
4. exposure time of 1 second. And the author applied the platinum coating on surfaces of cementum specimens, and evaluated the characteristics of ultrastructural change on surfaces of cementum using the scanning electron microscopy.

In general the ultrastructural loss of cervical cementum irradiated under the same lasing condition of laser energy density occurred least in specimens of Group IV. And especially, the ultrastructural loss of cervical cementum irradiated under the laser energy density of  $37\text{J}/\text{cm}^2$  almost did not occur in specimens of Group IV. Therefore, it is considered that the pulsed Nd:YAG laser should be applied with the lasing conditions of unidirectional moving mode of fiber in contact to cementum surfaces under speed of  $3\text{mm} \sim 4\text{mm}/\text{sec}$  with air-spray and of laser energy density within  $37\text{J}/\text{cm}^2$  as an adjunctive modality of periodontal therapy of root planing without irreversible structural deterioration of cervical cementum.

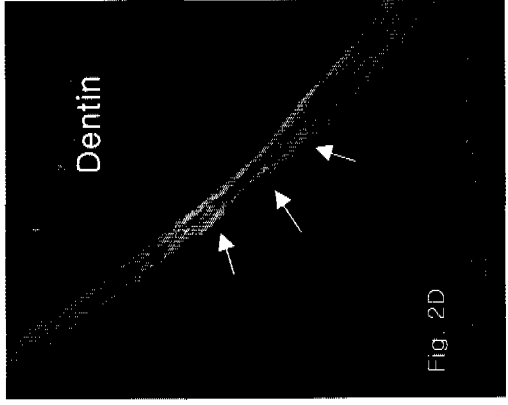
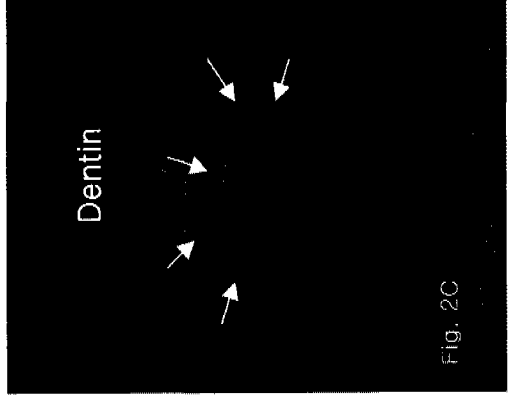
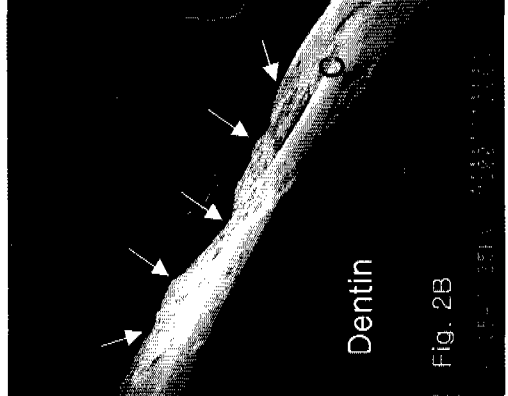
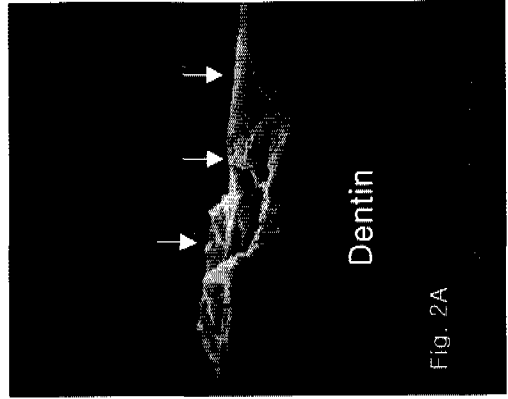
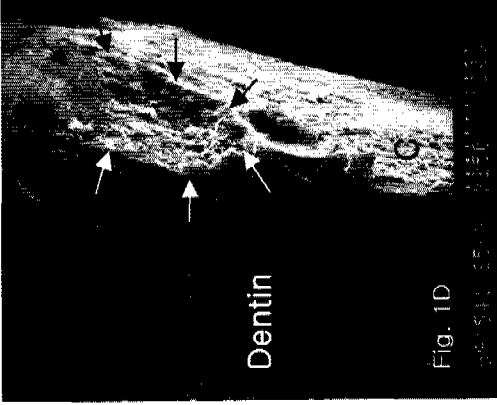
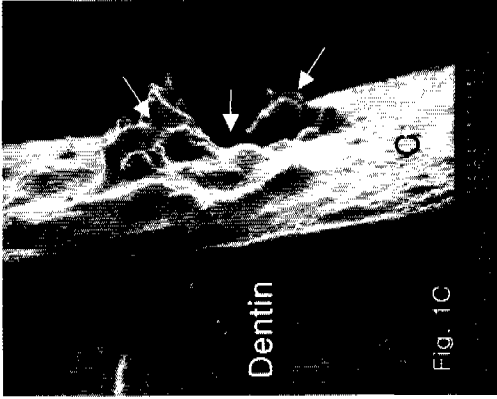
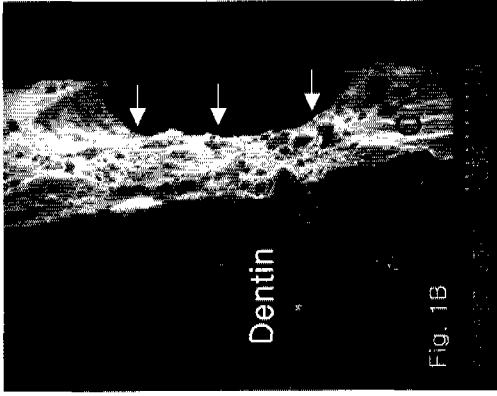
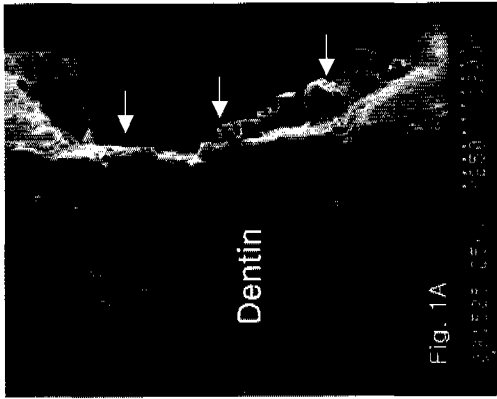
---

Key Words : Nd:YAG Laser, Cervical Cementum, SEM

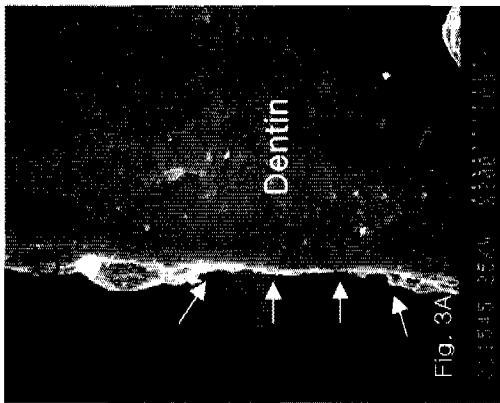
## 사진부도설명

- Fig. 1A. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 100mJ/pulse : A well-defined bordered, fairly deep-to-dentin, oval crater-like depression with large lava-like elevations on the melted rough bottom can be seen(←). (Fig. 1A: ×250)
- Fig. 1B. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 50mJ/pulse : A well-defined bordered, sharp-margined, fairly deep, oval crater-like depression with small lava-like elevations on the melted-microsieved bottom can be seen(←). (Fig. 1B: ×250)
- Fig. 1C. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 40mJ/pulse : A well-defined bordered, partially elevated-margined, moderately deep, oval crater-like depression with the melted-microsieved smooth bottom can be seen(←). (Fig. 1C: ×250)
- Fig. 1D. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 30mJ/pulse : A moderately ill-defined bordered, smooth-margined, shallow, oval depression with the melted-microsieved bottom can be seen(←). (Fig. 1D: ×250)
- Fig. 2A. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 100mJ/pulse : A well-defined bordered, fairly deep-to-dentin, crater-like depression with the melted rough bottom can be seen(←). (Fig. 2A: ×220)
- Fig. 2B. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 50mJ/pulse : A moderately well-defined bordered, smooth-margined, shallow depression with the melted smooth bottom can be seen(←). (Fig. 2B: ×100)
- Fig. 2C. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 40mJ/pulse : A moderately ill-defined bordered, smooth-margined, shallow depression with the rough bottom can be seen(←). (Fig. 2C: ×200)
- Fig. 2D. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 30mJ/pulse : An ill-defined bordered, smooth-margined, very shallow depression with the rough bottom can be seen(←). (Fig. 2D: ×120)
- Fig. 3A. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 100mJ/pulse : A well-defined bordered, fairly deep, irregular-margined crater-like depression with the rough bottom can be seen(←). (Fig. 3A: ×300)
- Fig. 3B. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 50mJ/pulse : A moderately well-defined bordered, smooth-margined, shallow, oval depression with the melted-microsieved bottom can be seen(←). (Fig. 3B: ×200)
- Fig. 3C. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 40mJ/pulse : A moderately ill-defined bordered, smooth-margined, shallow, oval depression with the melted bottom can be seen(←). (Fig. 3C: ×300)
- Fig. 3D. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 30mJ/pulse : An ill-defined bordered, smooth-margined, very shallow, oval depression with the melted smooth bottom can be seen(←). (Fig. 3D: ×250)
- Fig. 4A. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 100mJ/pulse : A well-defined bordered, fairly deep, irregular-margined depression with the melted rough bottom can be seen(←). (Fig. 4A: ×300)
- Fig. 4B. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 50mJ/pulse : A moderately well-defined bordered, smooth-margined, shallow depression with the melted smooth bottom can be seen(←). (Fig. 4B: ×150)
- Fig. 4C. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 40mJ/pulse : An ill-defined bordered, smooth-margined, very shallow depression with the smooth bottom can be seen(←). (Fig. 4C: ×100)
- Fig. 4D. The scanning electron microscopic feature of the cervical cementum irradiated by the pulsed Nd:YAG laser with 30mJ/pulse : Smooth surface with fine cracks of the cementum can be seen(←). (Fig. 4D: ×100)

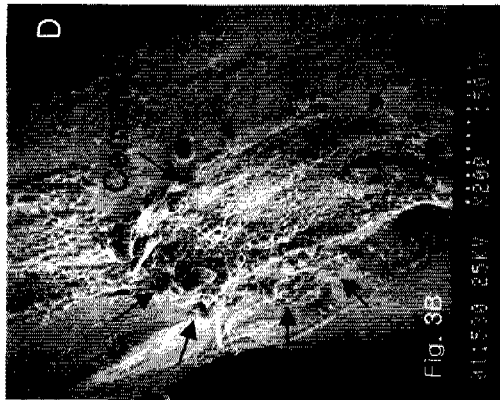
사진부도 ①



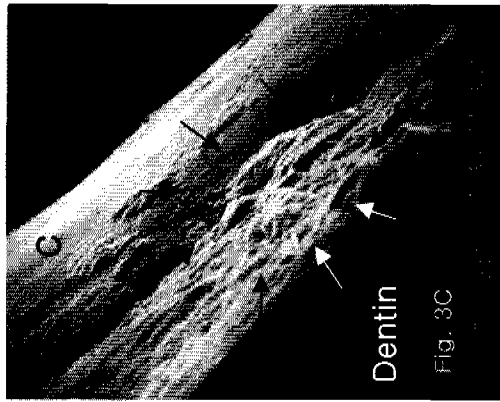
사진부도 ②



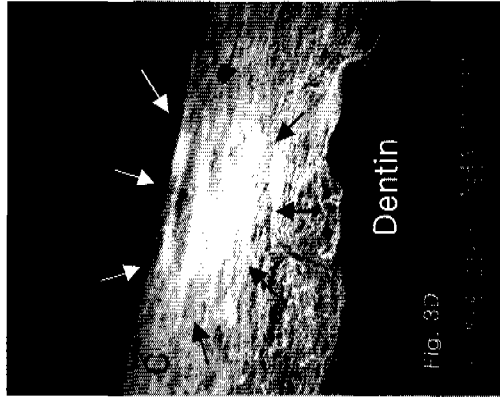
C : cementum



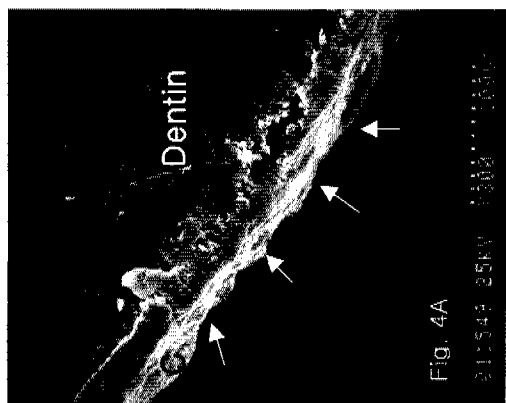
D : dentin



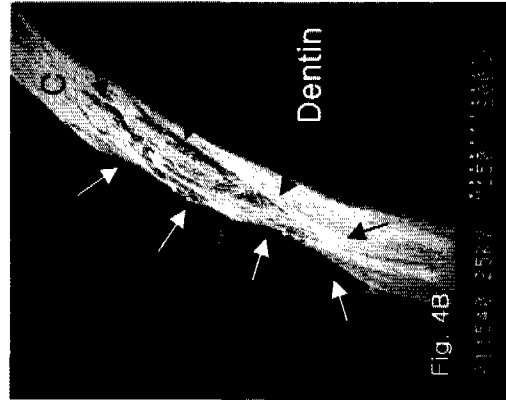
C : cementum



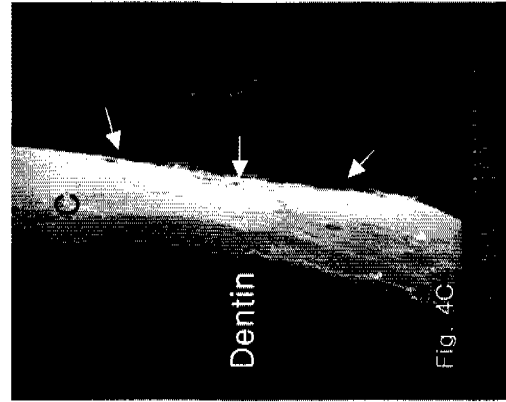
C : cementum



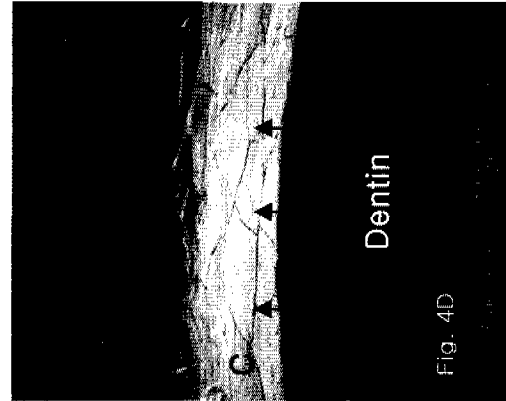
C : cementum



C : cementum



C : cementum



C : cementum