

레이저를 이용한 도재 브라켓 제거 술식 후 치수의 조직학적 변화

김유정¹⁾ · 임성훈²⁾ · 윤영주³⁾ · 박주철⁴⁾ · 김광원⁵⁾

레이저를 이용한 브라켓 제거 술식은 발생하는 열이 국소적이며 조절 가능하고 레이저 조사와 동시에 브라켓 제거 시 기구가 뜨거워지지 않으며 브라켓 디자인에 상관없이 여러 형태의 브라켓에 적용이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 아직까지는 치아에 안전한 레이저 강도가 명확히 밝혀지지 못한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 도끼의 중절치에 도재 브라켓을 부착한 후 Nd-YAG laser를 여러가지 강도로 조사한 후 브라켓을 Weingart 접자로 탈락시켜 5일이 경과한 때의 치수의 조직학적 변화에 대해 관찰한 결과 다음의 결과를 얻었다.

1. Nd-YAG 레이저의 조사 강도가 3-5W이고 조사 시간이 3초인 그룹에서 도재 브라켓이 용이하게 제거되지 않았으며 조사 강도가 5W인 그룹에서 한 개의 브라켓에 결찰되면 파절이 나타났다. 이때 치수의 조직학적 검사상 비정상적인 소견은 관찰되지 않았다.
2. Nd-YAG 레이저의 조사 강도가 7-13W이고 조사 시간이 3초인 그룹에서 도재 브라켓을 쉽게 제거할 수 있었으며 브라켓의 파절양상은 보이지 않았다. 이때 치수의 조직학적 검사상 경미하고 가역적인 염증 반응이 관찰되었다.

위의 소견은 모두 가역적인 변화이며 치수의 변성이나 괴사의 위험은 없었다. 결론적으로 레이저를 이용하여 도재 브라켓을 제거하는 방법은 적절한 범위의 강도와 조사시간 내에서 시행되었을 때 치수의 변성이나 비가역적인 반응을 초래하지 않고 브라켓과 접착 수지의 결합력을 약화시켜 도재 브라켓의 제거를 용이하게 해주며 브라켓 제거 시 파절을 방지하여 도재 브라켓의 재활용 가능성을 높이는 방법이라 생각된다.

(주요 단어 : 도재 브라켓, 브라켓 제거, Nd-YAG 레이저)

서 론

도재 브라켓은 foil mesh형 금속 브라켓에 비해 브라켓과 접착체간의 결합력이 더 약하다.^{1,2)} 그러나 도재 브라켓의 성분은 알루미늄 산화물로 스테인리스강이나 법랑질에 비해 9배 정도 큰 경도를 가지며 파절강도가 스테인리스강에 비해 20-40배 적어 파절되기 쉬운 특성이 있다.¹⁾ 금속 브라켓은 파절에 도달하기 전에 원래 길이의 20% 정도가 신장되지만^{3,4)} 도재 브라켓은 위에서 언급한 특성 때문에 원래

¹⁾ 조선대학교 치과대학 교정학교실, 대학원생.

²⁾ 조선대학교 치과대학 교정학교실, 전임강사.

³⁾ 조선대학교 치과대학 교정학교실, 부교수.

⁴⁾ 조선대학교 치과대학 구강조직학교실, 부교수.

⁵⁾ 조선대학교 치과대학 교정학교실, 교수.

교신저자 : 임성훈

광주광역시 동구 서석동 421

조선대학교 치과대학 교정학교실 / 062-220-3874

shlim@chosun.ac.kr

원고접수일 : 2003년 11월 21일 / 원고최종수정일 : 2004년 1월 3일

/ 원고채택일 : 2004년 1월 7일

* 이 논문은 2003년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음

길이의 1.0% 미만이 신장되고²⁾ 이런 이유로 브라켓과 접착제 간의 결합력이 금속 브라켓에 비해 약하지만 도재브라켓 제거 시 초기에 20MPa 정도의 높은 힘이 요구된다.^{1,5)} 이 정도의 힘은 교정력 또는 균열 등으로 약해진 법랑질의 찢김을 야기하거나 치주적으로 좋지 못한 치아의 부차 양상에 손상을 줄 수 있으며 교정치료로 인해 치아가 과민한 상태인 환자에게 불편감을 줄 수 있다.^{3,5,6)}

이런 도재 브라켓의 단점을 줄이고자 기구를 이용하여 제거하는 기존의 기계적 방법 외의 여러 제거 기술이 소개되었으나 이 방법들도 한계를 가지고 있다. 기계적인 방법은 법랑질의 찢김, 브라켓의 흡인 위험 또는 브라켓의 파절 등을 유발할 수 있으며, 브라켓의 파절이 발생할 경우 치면에 남아있는 브라켓 잔유물을 고속 핸드피스로 제거해야 하므로 이로 인한 법랑질의 소실, 거친 표면 등이 발생할 수 있다.^{1,2,7)} 간접적 열전도에 의한 열전기적 방법을 이용하여 브라켓을 제거하는 방법은 150-200°C의 열을 가해 결합 수지를 연화시켜 제거를 용이하게 하는 방법으로, 상품화된 ETD(Electrothermal device)를 이용할 수 있다. 이 방법은 과도한 온도로 적용 시 치수 손상의 위험이 있고 소구치 부위 등은 접근이 어려우며 뜨거운 브라켓이 구강 내에 떨어질 위험이 있다는 단점을 갖는다.^{2,8-10)} 브라켓 제거 약제(페퍼민트 오일)를 이용하여 브라켓 제거를 촉진시키는 방법도 소개되었지만 임상적으로 큰 이점이 없는 것으로 나타났다.¹⁾ 초음파를 이용한 브라켓 제거 방법은 브라켓 제거와 잔여물 제거를 모두 초음파 기구를 사용하여 시행하는 방법으로, 브라켓 파절과 법랑질의 손상이 감소하는 장점이 있지만, 시간이 오래 걸리는 점, 기구의 마모가 크며, 이에 따라 비용의 부담이 크다는 점, 물 분사기구가 반드시 동반되어야 한다는 점 등의 단점이 있다.^{11,12)} 최근에 소개된 레이저를 이용한 브라켓 제거 방법의 장점은 열 발생을 조절하고 국소화시킬 수 있다는 점으로¹³⁾ 도재 브라켓의 레이저에 의한 제거 기전은 세 가지로 분류해 볼 수 있는데, 첫 번째 기전은 접착제의 열이완 시간(thermal relaxation time)보다 빠르게 접착제 원자간 결합의 에너지 수준이 결합이 파괴될 수 있는 수준으로 상승되었을 때 나타나는 광융제 현상이며, 두 번째 기전은 열 발생이 열연화에 의한 브라켓 탈락이 일어나기 전에 접착제의 기화를 일으킬 수 있을 정도로 빠르게 일어났을 때 나타나는 열 융제 현상으로, 이때 접착제의 기화에 따른 가스의

압력에 의해 브라켓이 떨어져 나갈 수 있다.⁵⁾ 세 번째 기전은 레이저 에너지가 낮은 비율로 침착되어 브라켓과 치아의 온도를 모두 상승시키는 접착수지의 열연화 현상이며,⁵⁾ 이로 인해 낮은 전단력에서도 브라켓이 탈락하게 된다. 다시말해 레이저의 파장 에너지가 도재 표면에 흡수되어 열로 전환되고 이 열이 기저부에 전도되어 레진을 연화시킴으로써 브라켓 제거 시 요구되는 잔유 결합력 감소를 일으키는 방식이다

Strobl 등¹³⁾과 Tocchio 등⁵⁾는 각각 1992년과 1993년에 레이저를 이용한 브라켓 제거 방법을 소개하였으며, Rickabaugh¹⁴⁾은 20W의 레이저 조사 시 인장력(0.75, 1.5, 3pound)에 따른 브라켓 제거 시 걸리는 시간과 치수 내 온도 상승에 대해 실험한 결과 1.5pound의 조건이 가장 바람직하다고 하였다, Ma 등은¹⁵⁾ 이산화탄소 레이저를 이용한 장치 제거 시 레이저 조사시간에 따른 치수 내 온도 상승에 대해 조사하여 치수 손상 역치 이하의 온도 상승만을 일으키는 강도의 레이저로도 브라켓 제거에 필요한 인장력을 감소시킬 수 있음을 보고하였다. 또한 이산화탄소 레이저를 18W로 2초간 조사 시 80%의 브라켓을 1.48MPa의 힘으로 제거할 수 있으며 이 때 치수내의 온도 상승은 1.1°로서 치수에 안전할 것이라고 보고하였다. 그러나 이러한 연구들은 모두 발치된 치아에서의 치수 내 온도 상승을 조사한 것일 뿐 레이저 조사 시의 치수의 손상에 대해 직접 관찰한 연구는 없었다.

따라서 레이저를 이용한 브라켓 제거 시 레이저가 치수조직에 미치는 영향을 조사하기 위해 본 연구를 시행하였으며, 토끼의 중절치에 Nd-YAG (Neodymium Yttrium - Aluminum - Garnet) 레이저로 조사 강도를 달리하여 조사하여 장치제거를 시행하고 5일이 경과한 뒤 치아를 절단하여 치수의 변화를 조직학적으로 관찰하였다.

연구재료 및 방법

연구 재료

치 아: 뉴질랜드 화이트 종의 체중 2kg의, 성장기에 있는 토끼 세 마리의 상, 하악 중절치를 이용하였다. 좌,우 중절치를 각각 다른 군으로 하여 레이저 조사 강도에 따라 총 여섯 군으로 나누었다.

Table 1. Laser-aided debonding group classification

	Power (W)	Exposure time (sec)
Group I	3	3
Group II	5	3
Group III	7	3
Group IV	10	3
Group V	13	3

브라켓: 다결정체 도재로 제작된 하악 중절치용 도재 브라켓(Crystalline[®], Tomy, Japan)을 사용하였다.

레이저: 파장 1060nm의 Nd-YAG (Neodymium Yttrium-Aluminum-Garnet) 레이저(Fidelis plus[®], Fotona, Slovenia)를 사용하였다.

연구 방법

브라켓 부착: 모든 실험대상 치아에서 통법에 따라 퍼미스를 이용하여 치면을 깨끗이 하고 10초간 산부식 후 접착 전처리제를 도포하고 20초간 광조사 후 접착수지(TransbondTM XT, 3M Unitek, USA)를 이용하여 브라켓을 부착하고 40초간 광조사(XL3000, 3M Unitek, USA)하였다.

레이저 조사: 브라켓의 표면으로부터 1cm의 거리에서 레이저를 조사하였고 레이저 조사 도중에는 브라켓에 별도의 인장력을 가하지 않았다.

대조군과 실험군: 편측의 상,하악 치아를 하나의 그룹으로 하고, 좌, 우측을 다른 실험군으로 나누었다. 대조군에서는 기계적 방법으로 브라켓 제거를 시행하였고, 실험군에서는 각각 레이저 조사 강도를 다르게 한 5개의 그룹으로 나누어 실험하였다. Strobl 등²⁴⁾의 실험을 참고로 하여 조사 강도는 20W 이내로 범위를 정하여 실험군을 구분하였고 노출 시간은 3초로 정하여 레이저를 조사하였으며 (Table 1), 조사 후 즉시 Weingart 겹자로 브라켓을 제거하였다.

표본 추출: 장치를 제거하고 치수의 조직학적 변화가 일어날 시간을 부여하기 위해 5일이 지난후에 치아의 치관부를 고속 핸드피스

를 이용하여 치조골과 함께 잘라내었다.

조직 절편 제작: 추출된 표본은 즉시 10%의 포르말린 용액에 24시간 고정하였다. 그후 인산완충 용액에 하루 동안 수세하고 15% 포믹산을 이용하여 10일간 탈회를 시행하였고 하루 동안 더 수세하였다. 70%의 저농도 알콜에서 80%, 90%, 100%의 고농도 알콜에 차례로 12시간씩 처리하여 탈수하고 자일렌 I, II, III 용액에 12시간씩 처리한 다음 파라핀에 포매하였다. 포매된 표본은 6 μ m두께로 박절하고 통법에 따라 hematoxylin-eosin으로 염색한 다음 광학현미경으로 관찰하였다.

연구성적

도재 브라켓의 파절여부

조사 강도가 5W이고 조사 시간이 3초인 집단에서 브라켓 제거 도중 브라켓의 파절이 발생했고 파절 부위는 결찰면이었다. 그 외의 집단에서는 파절 양상은 관찰되지 않았으며 탈락 부위는 모두 브라켓의 기저부와 접착수지 사이였다.

브라켓 제거 후 치수의 조직소견

대조군: 상아질 하부에 치수쪽으로 위치한 핵과 풍부한 세포질을 갖는 상아모세포가 잘 배열되어 있다. 또한 치수강 내에는 정상적인 섬유아세포와 혈관 및 림프관을 관찰할 수 있었으며 상아질 하부에는 전상아질이 존재하였는데 전상아질과 상아질에는 정상적인 구조를 나타내는 상아세관이 분포되어 있었다(Fig 1).

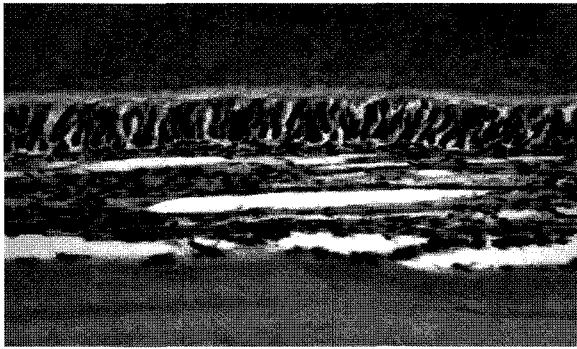


Fig 1. Control group.

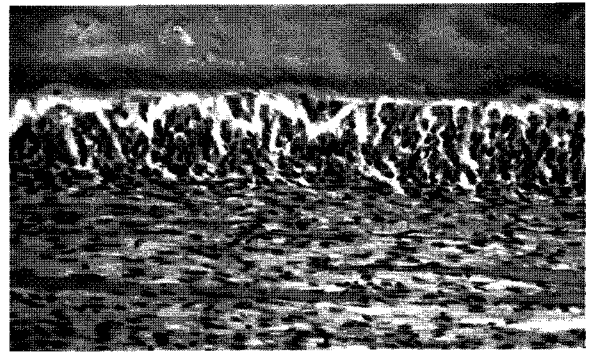


Fig 2. Group I (Laser at 3W).

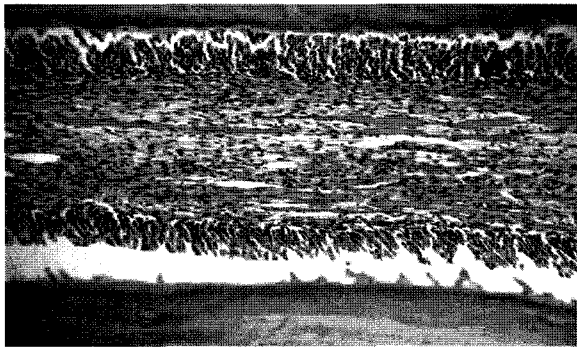


Fig 3. Group II (Laser at 5W).

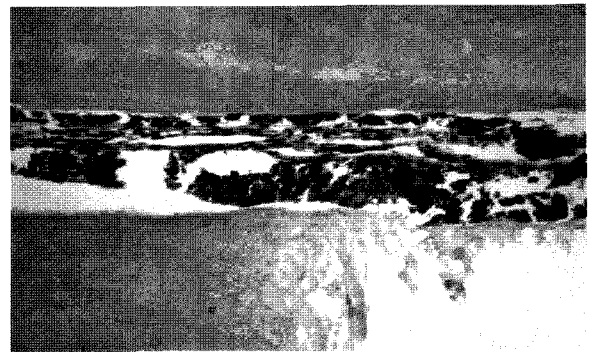


Fig 4. Group III (Laser at 7W).



Fig 5. Group IV (Laser at 10W).

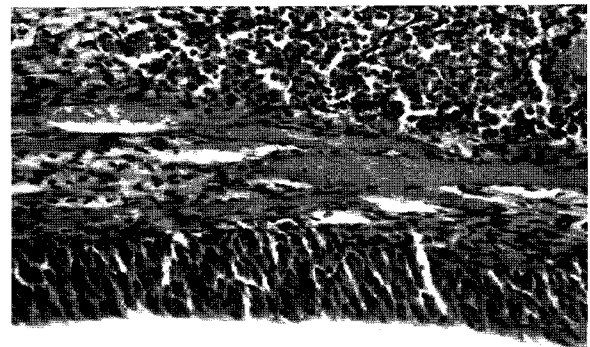


Fig 6. Group V (Laser at 13W).

실험군 I (조사 강도 3W): 대조군과 동일한 소견을 나타냈다(Fig 2).

실험군 II (조사 강도 5W): 특이 소견은 관찰되지 않았다(Fig 3).

실험군 III (조사 강도 7W): 상아모세포와 상아모세포 하방의 세포들에서 특이소견은 없었으나 치수강의 일부에서 림프구와 같은 염증세포가 소수 관찰되었다(Fig 4).

실험군 IV (조사 강도 10W): 치수강 내의 일부 초기 염증소견 외에 특이 소견은 관찰되지 않았다(Fig 5).

실험군 V (조사 강도 13W): 상아모세포의 외상 소견은 관찰되지 않았으나 치수강에서 혈관이 확장되고 림프구나 형질세포가 다소 증가하는 염증소견이 일부 관찰되었다(Fig 6).

총괄 및 고안

Tocchio 등⁵⁾은 KrF(248nm), XeCl(308nm), Nd-YAG(1060nm) 레이저를 사용하여 3-33W/cm²의 조사 강도로 브라켓 제거를 시행할 때 장치제거 시 필요한 전단력은 세라믹 브라켓 접촉력의 1/20에 해당하는 0.8MPa이며, 단결정체 브라켓은 모두 1초 미만에, 다결정체 브라켓은 3-24초 내에 장치제거가 가능하였고, 이때 법랑질의 손상은 없다고 보고하였다. 그러나 이 실험에서는 치수 내의 온도 변화는 측정되지 않았다. McCaffrey¹⁶⁾는 도재 브라켓/접착제/치아 모형에서 0.7W-200W 범위의 열 흐름에 대해 시뮬레이션 한 결과 7.5°C-28.7°C의 치수내 온도 변화를 관찰하였으며 20W의 강도 적용 시 치수내 온도가 8.8°C 상승한다고 하였다. Zach와 Cohen¹⁷⁾은 외부에서 열을 적용했을 때 치수의 변화를 조직학적으로 관찰하여 4°F(1.8°C)의 온도 상승 시 Macaca 원숭이 표본에서 어떤 치수의 손상도 나타나지 않으나, 10°F(5.5°C)의 온도 상승 시 15%에서 치수 괴사 소견이 나타났고 20°F(11.1°C)의 온도 상승 시 치아의 60%에서 농양이 나타났으며, 30°F(16.6°C)의 열 적용 시 모든 치아에서 치수괴사가 나타났다고 보고하면서 치수의 온도변화 역치는 10°F(5.5°C)라고 주장하였다. Strobl과 Bahns등¹³⁾은 Nd-YAG나 CO₂ 레이저로 2초간 조사 후 전단력을 적용했을 때 접착층의 열 연화 현상을 일으켜 0.8MPa의 전단력에서 브라켓이 탈락된다고 하였다. 또한 이들은 기계적 브라켓 제거와 레이저를 이용한 브라켓 제거에서의 브라켓의 파절빈도와 양상, 치면의 잔유 레진 정도를 비교하였는데, 레이저 없이 브라켓 제거를 시행하였을 때 법랑질의 손상은 없었고 50개의 브라켓 중 12개에서 결찰 부위나 브라켓 기저부에서 파절된 결과를 보였다. 레이저를 이용한 장치제거 시에는 법랑질의 손상은 없었고 다결정체 브라켓에서는 브라켓 파절도 발생하지 않았다. 그러나 단결정체 브라켓에서는 25%에서 슬롯부위의 파절을 보였는데 이는 더 적절한 광선의 크기와 적절한 겹자의 사용으로 극복될 수 있다고 하였다. Rickabaugh 등¹⁴⁾은 CO₂ 레이저를 조사하면서 일정한 인장력을 가해 브라켓 제거를 시행하였고 레이저만으로 브라켓이 치면에서 떨어지도록 시도하면 치수의 온도가 안전 한계(5.5°C)를 초과하여 상승할 위험이 있으므로 반드시 기계적 보조가 필요하다고 하였다. Tocchio 등⁵⁾은 1060nm, 308 nm, 248nm의 파장에서 3-33W/cm²의 강도로

레이저 조사 시 단결정체 브라켓의 제거에 필요한 레이저 조사 시간은 0.5초 미만이었으며, 다결정체 브라켓의 제거에 필요한 시간은 0.8MPa의 인장력을 가했을 때 4초 미만이라고 하였으며, 브라켓 제거 후 다결정체 브라켓은 뜨거웠고, 단결정체 브라켓은 차가웠다고 하였다. 또한 파장이 높아질수록 조사 시간이 증가하고 치수에 대한 열 손상 가능성도 증가한다고 하였다. 이에 따르면 긴 파장을 갖는 CO₂ 레이저(10600nm)보다는 Nd-YAG 레이저(1060nm)가, Nd-YAG 레이저보다는 XeCl (308nm), KrF (248nm) 레이저가 더 바람직하다고 할 수 있다.¹³⁾ Ma 등¹⁵⁾은 사람의 소구치에서보다 소의 하악 유절치에서 치수 내 온도 변화가 크고, 견치, 소구치에서보다 절치부에서 온도 변화가 더 큰데, 이것은 법랑질과 상아질의 두께 차이 때문이며 치아 표면에서 치수까지의 온도의 변화는 지수 함수적인 관계를 보인다고 하였다. 본 연구에서는 토끼의 중절치를 사용했는데 토끼의 중절치는 사람의 하악 절치보다도 더 얇아 치수내 온도 변화 반응이 더 큼을 고려할 때 토끼의 중절치에 안전한 레이저 강도 및 조사 시간은 사람의 영구치에서도 안전할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 위 연구들의 자료를 토대로 적절한 범위 내의 조사 강도와 조사 시간을 정해 도재 브라켓의 레이저를 이용한 브라켓 제거를 시행한 후 브라켓의 파절 여부와 치수의 조직학적 변화를 관찰하였다. Strobl 등¹³⁾의 실험을 참고로 하여 조사 강도는 20W 이내로 범위를 정하여 실험군을 구분하였고 노출 시간은 3초로 고정하였으며 레이저를 이용한 브라켓 제거 술식 후 치수의 회복기간을 부여하기 위해 5일이 지난 후 발치 및 조직 검사를 시행하였다.

조사 강도가 가장 높은 13W, 조사 시간 3초로 브라켓 제거를 시행한 그룹에서 경미한 염증반응만을 관찰할 수 있는데 이는 이보다 더 큰 조사 강도에서도 치수에 안전하게 장치 제거를 시행할 수 있다는 것을 암시한다. 그러나 염증 반응의 흔적이 있는 것으로 보아 높은 조사 강도로 시술 시에는 환자가 한동안 지속되는 동통을 느낄 가능성은 있다. 조사 강도가 낮은 그룹에서는 5일 후 치수에서 완전히 정상적인 양상만을 관찰할 수 있었지만, 5W 강도의 그룹에서는 장치 제거 시 결찰부위의 파절양상을 보여 이보다 높은 강도가 바람직할 것으로 생각된다.

본 실험의 결과대로 안전한 범위 내의 레이저를 이용하여 브라켓을 제거했을 경우, 앞서 언급한 도재 브라켓 제거 시 발생할 수 있는 문제점들이 극복

될 수 있으며 도재 브라켓을 손상 없이 제거하여 재활용 할 수도 있을 것이라 생각된다. 재활용된 도재 브라켓은 새 것에 비해 접착력은 현저히 감소되나 임상적으로 사용했을 때 수용할 수 있는 접착력을 보이며 이는 오히려 도재 브라켓 제거 시에 필요한 힘이 적어 법랑질의 손상을 최소화 할 수 있다는 장점도 갖는다.

레이저를 이용한 도재 브라켓 제거에 관한 기존의 연구들은 발치된 치아상에서 행해진 실험이 대부분 이었고 생체에서 행해진 실험으로는 열전기적 방법에 대한 것 뿐이었다.^{17,18)} 본 실험은 레이저를 이용하여 도재 브라켓을 제거하는 방법을 생체에서 시행해 보았다는 데 의의가 있다.

향후 인간에게서 보다 안전하면서도 동통이나 다른 불편감을 야기하지 않으며, 브라켓 제거를 용이하게 하는 레이저 조사 강도 및 시간을 밝혀내기 위해서 원숭이 등 보다 인간의 치아와 유사한 치아를 갖는 동물을 대상으로 더 넓은 범위의 레이저 조사 강도를 이용하여 실험하는 것이 필요하다.

결론 및 요약

본 연구에서는 토끼의 중절치에 도재 브라켓을 부착한 후 Nd-YAG 레이저를 여러가지 강도로 조사한 후 도재 브라켓을 제거하여 5일이 경과한 때의 치수의 조직학적 변화에 대해 관찰한 결과 Nd-YAG 레이저의 조사 강도가 7-13W로 비교적 크고 조사 시간이 3초인 그룹에서 도재 브라켓을 쉽게 제거할 수 있었으며 브라켓의 파절양상은 보이지 않았다. 이때 치수의 조직학적 검사상 경미하고 가역적인 염증 반응만이 관찰되었으며 치수의 변성이나 괴사의 위험은 없었다. 따라서 레이저를 이용하여 도재 브라켓을 제거하는 방법은 적절한 범위의 강도와 조사시간 내에서 시행되었을 때 치수의 변성이나 비가역적인 반응을 초래하지 않고 브라켓과 접착 수지의 결합력을 약화시켜 도재 브라켓의 제거를 용이하게 해주는 방법이라 생각된다.

참고 문헌

1. Karamouzou A, Athanasiou AE, Papadopoulos MA. Clinical characte

ristics and properties of ceramic brackets: A comprehensive review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:34-40

2. Bishara SE, Truelove TS. Comparison of different debonding techniques for ceramic brackets: An in vitro study. Part II. Finding and clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:263-73.

3. Coley-Smith A, Rock WP. Distortion of Metallic orthodontic brackets after clinical use and debond by two methods. *Br J Orthod* 1999;26: 135-39.

4. Arici S, Minors C. The force levels required to mechanically debond ceramic bracket. An in vitro comparative study. *Eur J Orthod* 2000 ;22:327-34.

5. Tocchio RM, Williams PT, Mayer FJ, Standing KG. Laser debonding of ceramic orthodontic bracket. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993 ;103:155-62.

6. Viazis AD, Chabot KA, Kucheria CS. Scanning electron microscope (SEM) evaluation of clinical failure of single crystal ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;103:537-44.

7. Sinha PK, Nanda RS. The effect of different bonding and debonding techniques on debonding ceramic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:132-7.

8. Crooks M, Hood J, Harkness M. Thermal debonding of ceramic brackets: An in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111 :163-72.

9. Lee-Knight CT, Wylie SG, Major PW, Glover KE, Grace M. Mechanical and electrothermal debonding; Effect on ceramic veneers and dental pulp. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:263-70.

10. Sheridan JJ, Brawley G, Hastings J. Electrothermal debracketing. Part II, Am in vivo study. *Am J Orthod* 1986;141-5.

11. Bishara SE, Truelove TS. Comparison of different debonding techniques for ceramic brackets: An in vitro study. Part I. Background and methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:145-53.

12. Krell KV, Courey JM, Bishara SE. Orthodontic bracket removal using conventional and ultrasonic debonding techniques, enamel loss, and time requirements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;103:258-66.

13. Strobl K, Bahns TL, Wiliham L, Bishara SE, Stwalley WC. Laser-aided debonding of orthodontic ceramic bracket. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101:152-8.

14. Rickabaugh JL, Marangoni RD, McCaffrey KK. Ceramic bracket debonding with the carbon dioxide laser. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:388-93.

15. Ma T, Marangoni, RD, Flint W. In vitro comparison of debonding force and intrapulpal temperature changes during ceramic orthodontic bracket removal using a carbon dioxide laser. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:203-10.

16. McCaffrey KK. Laser debonding of ceramic orthodontic bracket: a theoretical approach. Univ. of Pittsburgh; 1992.

17. Zachrisson L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1965;19:515-30.

18. Jost-Brinkmann PG, Stein H, Miethke RR, Nakata M. Histologic investigation of the human pulp after thermodebonding of metal and ceramic bracket. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;102:410-7.

19. Sheridan JJ, Brawley G, Hastings J. Electrothermal debracketing. Part II An in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986;89:141-5.

- ABSTRACT -

Histologic changes of pulpal tissue after laser-aided ceramic bracket debonding

Yu-Jeong Kim¹⁾, Sung-Hoon Lim¹⁾, Young-Joo Yoon¹⁾, Joo-Cheol Park²⁾, Kwang-Won Kim¹⁾

¹⁾Department of Orthodontics, ²⁾Department of Oral Histology, College of Dentistry, Chosun University

Laser-aided debonding has advantages in that the heat produced is localized and controlled, the debonding tool is not heated, and it can be used for the removal of various types of ceramic brackets, regardless of their design. However, the range of safe power usage for laser-aided debonding has not yet been confirmed. The purpose of this study was to evaluate the histologic changes of pulpal tissue in a rabbit's incisor after Nd-YAG laser-aided ceramic bracket debonding at different levels of power.

The result were as follows:

1. At 3-5W Nd-YAG laser power level and 3 seconds of exposure time, the ceramic bracket debonding procedure was not easy. At 5W of power a tie-wing fracture occurred on one bracket during debonding using Weingart plier. The histologic section of pulp represented no adverse changes.
2. At 7-13 W power level and less than 5 seconds of exposure time, the debracketing procedure was done easily and bracket fracture did not occur. The histologic section of pulp represented mild and reversible changes.

All the results were reversible and no pulpal degeneration or necrosis occurred. Considering the results, it appears that the laser-aided debonding technique is a safe method that does not result in irreversible pulpal changes, softens bracket bonding resin within a safe range of power and exposure time, and is useful for ceramic bracket recycling by lowering the tie-wing fracture rate.

Korean J Orthod 2004;34(4):343-49

※ **Key words:** Ceramic bracket, Laser-aided debonding, Nd-YAG laser