

치과용 다이아몬드 버의 종류와
사용 횟수 및 반복적인 소독이
절삭효율에 미치는 영향

연세대학교 대학원

치 의 학 과

배 진 혁

치과용 다이아몬드 버의 종류와
사용 횟수 및 반복적인 소독이
절삭효율에 미치는 영향

지도 이 근 우 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2010년 6월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

배 진 혁

배진혁의 석사 학위논문을 인준함

심사위원_____인

심사위원_____인

심사위원_____인

연세대학교 대학원

2010년 6월 일

감사의 글

이 논문이 완성되기까지 끊임없는 지도와 격려, 세심한 배려를 해주신 이근우 지도 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 또한 논문 작성과 심사 과정에서 귀중한 조언과 격려를 해주신 김광만 교수님과 심준성 교수님께도 깊은 감사 드립니다.

바쁘신 가운데에서도 항상 따뜻한 관심과 조언으로 지켜봐 주신 정문규 교수님, 한동후 교수님, 문홍석 교수님, 이재훈 교수님, 박영범 교수님, 김성태 교수님, 김지환 교수님, 김태원 교수님께도 감사드립니다.

논문이 완성되는 동안 늦게까지 함께 일하던 수련동기들인 준강이형, 현진이누나, 두화, 윤진이가 큰 격려와 위안이 되었다고 전하고 싶습니다. 아울러 보철과 의국 선후배 선생님들께 감사의 뜻을 전합니다.

끝으로 지금까지 보살펴주시고 사랑으로 격려해주시고 제 뒤에서 저를 응원해 주시는 사랑하는 부모님께 감사의 마음을 전하면서 이 기쁨을 함께하고 싶습니다.

2010 년 6 월

배진혁 드림

차 례

그림 및 표 차례	ii
국문요약	iv
I. 서론	1
II. 실험재료 및 방법	3
1. 실험재료	3
2. 실험방법	3
가. 절삭 효율의 실험	3
(1) 핸드피스	3
(2) 다이아몬드 버	4
(3) 시편의 제작	4
(4) 측정	5
나. 반복적인 소독에 의한 절삭효율의 변화 실험	6
(1) 측정	6
(2) 소독 과정	7
다. 주사전자현미경 관찰 및 에너지 분산 분광분석	7
3. 통계학적 분석	7
III. 실험 결과	8
IV. 총괄 및 고찰	19
V. 결론	24
참고문헌	25
영문요약	28

그림 차례

Figure 1. A Schematic diagram of loading on the handpiece and determination of force at the bur tip. The letter “P” is the force given to the bur tip. The letter “W” is the weight on shank of the handpiece. The letter “D” is the distance from the pivot to the bur tip. The letter “d” is distance from the pivot to the weight	4
Figure 2. Diamond burs used in the study: (A) 102R bur in group 1, (B) CF910T bur in group 2, (C) 104R bur in group 3, (D) CF1007T bur in group 4.....	5
Figure 3. The major axis of bur and the cutting surface of Macor block are parallel to each other.....	6
Figure 4. Linear graph of average cutting efficiency of each group with increase in cutting rounds	10
Figure 5. Linear graph of average cutting efficiency of each manufacturer with increase in cutting rounds.....	12
Figure 6. Linear graph of average cutting efficiency of each shape with increase in cutting rounds	13
Figure 7. Linear graph of average cutting efficiency of each sterilization method with increase in cutting rounds.....	14
Figure 8. Scanning electron microscope photomicrographs of (A) group 1, (B) group 2, (C) group 3 and (D) group 4 after 10 cuts with the bur. White circles indicate defects	15
Figure 9. Scanning electron microscope photomicrographs of fresh (A) group 1, (B) group 2, (C) group 3 and (D) group 4.....	16
Figure 10. Scanning electron microscope photomicrographs of fresh (A) group 1 and (B) group 3	17
Figure 11. Energy Dispersive x-ray Spectroscopy analysis of (A) group 1 and (B) group 2	18

표 차례

Table 1. Diamond bur used in this study	3
Table 2. Diamond bur used in four groups.....	5
Table 3. Sterilization method used in three groups	7
Table 4. Average cutting efficiency of each group	9
Table 5. Multiple comparisons of average cutting efficiency for each group.....	9
Table 6. Two-way ANOVA of cutting efficiency of different shapes and manufacturers	11
Table 7. Average of cutting efficiency of burs with different manufacturers and shapes	11
Table 8. Average cutting efficiency of each sterilization method.....	14

국문요약

치과용 다이아몬드 버의 종류와 사용 횟수 및 반복적인 소독이 절삭효율에 미치는 영향

보철 수복 분야에서는 다이아몬드 버가 카바이드 버에 비하여 큰 마모저항성과 긴 수명으로 인해 더 선호되고 있고, 전반적인 치아 삭제, 변연부 정리, 법랑질 성형술, 수복물의 마무리 등 다양한 용도로 사용되고 있다. 다이아몬드 버는 여러 제조사에서 다양한 종류가 생산되고 있으며 술자는 임상에서 용도에 맞게 적절한 것을 선택하게 된다.

다이아몬드 버의 선택 시 절삭효율이 중요한 고려사항 중 하나이며, 절삭효율을 유지하는 버의 수명도 중요한 요소이다. 또한 다이아몬드 버를 통한 교차 감염 가능성을 최소화하여야 하고 일회용 버를 사용하지 않는다면 소독과 멸균 과정이 가능해야 한다. 하지만 치과의사가 다이아몬드 버를 선택하고 사용하는 것은 과학적 증거에 의하기 보다는 임상 경험을 통해 이루어지고 있다. 이에 본 연구에서는 국내에서 시판되는 다이아몬드 버의 형태와 제조사에 따른 절삭효율의 차이와 사용 횟수에 의한 절삭효율 변화양상을 알아보고, 반복적인 소독에 의한 절삭효율 변화에 대하여 알아보하고자 하였다. 다이아몬드버는 1 군-chamfer 102R, 3 군-thin tapered 104R 버(Shofu Inc., Kyoto, Japan)와 2 군-chamfer CF910T, 4 군-thin tapered CF1007T 버(Jindental Inc., Goyang, Korea)를 각각 10 개씩 사용하였다. 절삭 시편은 Macor Machinable Ceramic Block(Corning Inc. Corning, New York, USA)을 사용하였고 1 분씩 총 10 회 삭제하였다. 소독법은 고압증기멸균법-5 군, 글루콘산 클로르헥시딘액 냉온소독-6 군과 에틸렌 옥사이드 가스 소독법-7 군으로 나누어 각 CF910T 버를 군당 10 개씩 사용하여 1 분씩 총 10 회 삭제하였고, 삭제 후 각 소독방법을 반복하였다. 절삭효율은 소실된 절삭시편의 무게를 시간으로 나누어 계산하였다. 버의 종류에 따른 절삭효율의 차이와 소독방법에 따른

절삭효율의 차이를 검정하기 위하여 일원배치분산분석법을 사용하였다. 제조사와 형태에 따른 절삭효율의 차이를 검정 하기 위하여 이원배치분산분석법을 사용하였다. 버의 제조사와 형태에 의한 절삭효율의 변화양상의 차이와 소독방법에 의한 절삭효율의 변화 양상의 차이를 검정하기 위하여 반복측정분산분석법을 사용하였다. 결과는 다음과 같다($P < 0.05$).

1. Jindental사의 버(0.17 ± 0.064 g/min)가 Shofu사의 버(0.14 ± 0.068 g/min)에 비해 유의차 있게 절삭효율이 높았다. 하지만 사용횟수에 따른 두 제조사간의 절삭효율의 감소 양상은 다르지 않았다.
2. Chamfer 버(0.19 ± 0.068 g/min)가 thin tapered 버(0.12 ± 0.044 g/min)에 비해 유의차 있게 절삭효율이 높았다. 사용횟수에 따른 절삭효율은 chamfer 버가 더 급격하게 감소하였다.
3. 버의 종류에 관계 없이 절삭횟수가 증가함에 따라 절삭효율은 감소한다. 특히 첫 번째 삭제를 시행한 후의 절삭효율 감소폭이 가장 컸다.
4. 고압증기멸균법과 글루콘산 클로르헥시딘액을 이용한 냉온소독법 및 에틸렌 옥사이드 가스 소독법의 반복적 시행이 다이아몬드 버의 절삭효율의 감소 양상에 영향을 주지 않았다.

이상의 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다. 같은 거칠기로 표현되어 있어도 제조사에 따라 절삭효율의 차이가 있으므로 술자는 같은 형태의 버라도 용도에 맞게 제조사를 선택하여야 한다. 또한 형태에 따라서 chamfer 버가 thin tapered 버보다 절삭효율이 높으므로 많은 삭제량을 필요로 할 경우는 직경이 큰 형태의 버를 선택해야 한다. 첫 번째 삭제를 시행한 후에 절삭효율 감소가 가장 크지만 이것이 임상적으로 의미가 있는지는 추가 연구가 필요하다. 그리고 3가지 소독 방법의 반복적인 사용이 실험에서 버의 절삭효율 감소 양상에는 영향을 미치지 않기 때문에 임상에서 반드시 소독을 시행하여야 한다.

핵심되는 말: 치과용 다이아몬드 버, 다이아몬드 버의 형태, 다이아몬드 입자 크기, 절삭효율, 다이아몬드 버의 수명, 반복 소독

치과용 다이아몬드 버의 종류와 사용 횟수 및 반복적인 소독이 절삭효율에 미치는 영향

<지도교수 이 근 우>

연세대학교 대학원 치의학과

배 진 혁

I. 서 론

치과 영역에서 회전 절삭 기구를 사용한지 100년 이상 되었다. 1868년 Green이 최초로 공기를 이용한 핸드피스를 고안하였고, 1876년 Morrison이 페달을 이용한 공기 터빈용 핸드피스를 소개하였다.¹ 초창기의 핸드피스는 조절이 어려웠고 속도가 느렸으며 이로 인해 삭제에 많은 시간이 소요되었다. 비로소 1957년 Borden이 최대 분당 회전수가 300,000회인 고속회전 치과용 에어터빈 핸드피스를 발표하였고, 이는 바로 상업적으로 성공하며 새로운 고속회전 절삭기구 시대가 시작되었다. 이와 동시에 19세기 후반에 처음 소개된 치과용 다이아몬드 버의 발전도 이루어졌으며,^{2,3} 치과용 다이아몬드 버가 광범위하게 사용되기 시작했다. 보철 수복 분야에서는 다이아몬드 버가 카바이드 버에 비하여 큰 마모저항성과 및 긴 수명으로 인해 더 선호되고 있고,⁴ 전반적인 치아 삭제, 변연부 정리, 법랑질 성형술, 수복물의 마무리 등 다양한 용도로 사용되고 있다. 다이아몬드 버는 여러 제조사에서 다양한 종류가 생산되고 있으며 술자는 임상에서 용도에 맞게 적절한 것을 선택하게 된다.

절삭 기구의 선택 시 절삭효율은 중요한 고려사항 중 하나이다. 절삭효율을 측정하는 방법은 연구들마다 다르다. Choi 등은 일정한 시간 동안 삭제된 무게를 측정하였

고,² Pilcher 등은 일정한 시간 동안 삭제된 길이를 비교하였다.⁵ 1996년에 Siegel와 von Fraunhofer는 일정한 시간 동안 삭제된 무게를 측정하였고,⁴ 2000년에는 일정한 두께의 시편을 자르는데 걸리는 시간을 보고하였다.^{6,7} 하지만 공통적으로 절삭효율이란 정해진 시간에 삭제할 수 있는 치아의 양으로 정의 내리고 있다. 그러므로 절삭효율은 치아 삭제에 소요되는 시간에 직접적인 영향을 준다. 절삭효율이 낮을수록 치아 삭제 시간이 길어지고, 전체적인 임상 술식 시간이 길어지게 되어 진료 효율이 떨어지게 된다. 또한 술자는 낮은 절삭효율로 인하여 과도한 압력을 줄 가능성이 있고, 과도한 압력에 의하여 열발생이 증가할 수 있다.⁴

버를 선택하고 사용함에 있어 버의 수명도 중요한 요소이다. 버를 사용하게 되면 절삭효율은 버의 마모나 버에 찌꺼기가 침착되는 것 등에 의해 감소한다.⁴ 버의 수명이란 버를 반복적으로 사용하였을 경우 절삭효율을 얼마나 유지할 수 있는가를 말한다. 사용 초기에 높은 절삭효율을 가지더라도 적은 반복횟수에도 절삭효율이 떨어지게 된다면 버 교체 주기가 빨라지고 비용의 증가가 이루어 질 것이다.

혈행으로 감염되는 병소는 다이아몬드 버를 통하여 교차 감염될 수 있다. 그러므로 교차 감염 가능성을 최소화하여야 하고 일회용 버를 사용하지 않는다면 소독과 멸균 과정이 필요하다. Hooker와 Staffanous는 초음파 세척과 고압 증기 멸균법을 사용시 다이아몬드 입자의 약간의 소실을 보고하였다.⁸ 또한 Harkness와 Davies는 초음파 세척 후 pH가 11이 넘는 소독제를 사용할 경우 니켈 매트릭스의 부식에 영향을 주고, 그로 인해 소독제가 다이아몬드 입자 소실을 가속화할 수 있다고 하였다.⁹ 반면 Gureckis 등은 10회 반복되는 소독(글루타알데하이드 2% 냉온 소독법, 고압 증기 멸균법, 건열 멸균법, 화학 증기 멸균법)이 절삭효율에 영향을 주지 않는다고 하였다. 하지만 1회-10회 중 1회에서 6회까지의 절삭효율 변화 양상은 소독방법에 따라 달랐으며 삭제를 10회 시행한 후의 절삭효율만으로 영향이 없었다고 판단하였다.¹⁰

다이아몬드 버를 선택하는 데 있어서 절삭효율, 수명과 소독의 가능여부가 중요한 요소임을 알 수 있다. 하지만 치과 의사가 다이아몬드 버를 선택하고 사용하는 것은 과학적 증거에 의하기 보다는 임상 경험을 통해 이루어지고 있다. 이에 본 연구에서는 국내에서 시판되는 다이아몬드 버의 형태와 제조사에 따른 절삭효율의 차이와 사용 횟수에 의한 절삭효율 변화양상을 알아보고, 반복적인 소독에 의한 절삭효율 변화에 대하여 알아보고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 국내에 시판되는 2개 회사 제품, 4종류의 치과용 다이아몬드 버를 (Table 1) 사용하였으며 절삭 시편은 Macor machinable ceramic block(Corning Inc. Corning, New York, USA)를 사용하였다. 냉온 소독제는 알파핵시딘 5% (Sungkwang CO. Ltd., Bucheon, Korea)을 사용하였다.

Table 1. Diamond bur used in this study

Diamond bur	Manufacturer
102R (chamfer Bur)	Shofu Inc., Kyoto, Japan
104R (thin tapered Bur)	
CF910T (chamfer Bur)	Jindental Inc., Goyang, Korea
CF1007T (thin tapered Bur)	

2. 실험 방법

가. 절삭 효율의 실험

(1) 핸드피스

핸드피스는 고속회전 핸드피스(Hi Torque 535B, Yoshida dental MFG. CO. LTD., Tokyo, Japan)를 사용하였다. Hi Torque 535B는 고속회전 에어터빈 형식의 핸드피스로 분당 회전수가 최대 320,000회이다. 피벗 장치에 핸드피스를 장착하고 버의 중간부위에 일정한 무게를 가진 추를 설치하여 고속회전 에어터빈 핸드피스에 일정한 힘을 가할 수 있도록 하였다(Fig. 1). ‘P’ 는 버에 가해지는 일정한 힘, ‘W’

는 핸드피스에 가해지는 일정한 무게, ‘d’ 는 피벗부터 힘이 가해지는 곳까지 거리, ‘D’ 는 피벗부터 버의 첨단부까지의 거리로 정의한다. 피벗 부위에서 5 cm되는 지점에 165 g의 일정한 힘을 적용 하였다. 버에는 약 91.7 g의 힘이 적용되었다.¹¹ 냉각수는 세방향으로 분당 25 ml씩 분사되도록 하였다.⁷

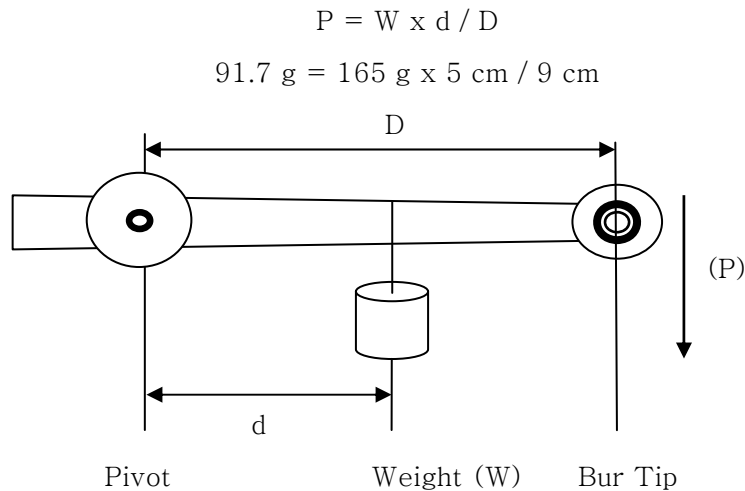


Fig. 1. A Schematic diagram of loading on the handpiece and determination of force at the bur tip. The letter “P” is the force given to the bur tip. The letter “W” is the weight on shank of the handpiece. The letter “D” is the distance from the pivot to the bur tip. The letter “d” is distance from the pivot to the weight.

(2) 다이아몬드 버

다이아몬드 버는 102R, 104R 버(Shofu Inc., Kyoto, Japan)와 CF910T, CF1007T 버(Jindental Inc., Goyang, Korea)를 각각 10개씩 사용하였다. 제조사의 설명에 의하면 모두 중간 정도의 거칠기를 가졌다. 102R 버와 CF910T 버는 절삭날의 길이가 9 mm이며 버의 시작부위 직경이 1 mm인 chamfer 버다. 104R 버와 CF1007T 버는 절삭날의 길이가 10 mm이며 버의 시작부위 직경은 0.7 mm인 thin tapered 버다(Fig. 2).

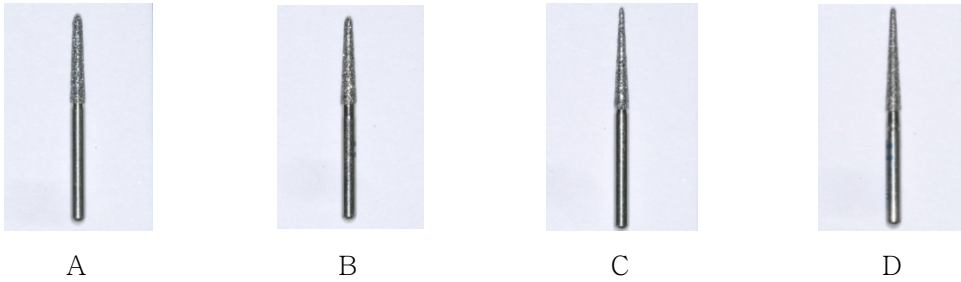


Fig. 2. Diamond burs used in the study: (A) 102R bur in group 1, (B) CF910T bur in group 2, (C) 104R bur in group 3, (D) CF1007T bur in group 4.

(3) 시편의 제작

삭제에 사용될 시편은 Macor machinable ceramic block(Corning, Inc., New York, USA)을 이용한다. 이 재료는 55퍼센트의 형광금운모와 45퍼센트의 붕규산유리로 구성된 무공성의 도재재료로 250 누프스 경도와 66.9 GPa의 탄성계수를 가지고 있다. 이는 치아의 법랑질의 300-340 누프스 경도와 84 GPa의 탄성계수와 유사하다.¹² 시편은 ceramic block을 20 x 20 x 20 mm의 크기의 block 70개로 절단하여 제작하였다(Lianyungang Highborn Technology Co. Ltd., Hong-Kong, China). 이 중 40개를 버의 종류에 따라 4개의 군으로 나누었다(Table 2).

Table 2. Diamond bur used in four groups

Group	Diamond Bur	N
1	chamfer Bur, 102R	10
2	chamfer Bur, CF910T	10
3	thin tapered Bur, 104R	10
4	thin tapered Bur, CF1007T	10

(4) 측정

버가 시편을 평행하게 삭제할 수 있도록 버를 위치 시켰으며, 버의 절삭날은 버의 첨부에서부터 9 mm까지 시편에 적용될 수 있도록 시편의 위치를 조정 하였다(Fig. 3). 시편의 삭제는 1분간 시행하였다. 삭제 후 Macor block은 초음파 세척기

(UC-100, Coltene Whaledent, Cuyahoga Falls, Ohio, USA)을 이용하여 초음파 세척을 시행하여 시편에 남아 있는 Macor block의 절삭 잔해를 제거하였다. 건조 과정을 거친 후 0.01 g까지 측정이 가능한 전자저울(SD-2020, Ohaus Corp., Pine Brook, New Jersey, USA)을 이용하여 시편의 무게를 측정하였다. 삭제 전 측정한 시편의 무게와 삭제 후 측정한 무게의 차이를 소실된 무게로 계산하였고, 절삭효율은 소실된 Macor block 무게를 시간으로 나누어 계산하였다.

$$\text{절삭효율 (g/min)} = \text{소실된 무게(g)} / \text{시간(min)}$$

한번의 삭제 후 버는 60초 동안 초음파 세척기에서 세척하여 버에 묻어 있는 Macor block의 잔해를 제거하였다. 핸드피스는 제조사의 설명대로 윤활제(Turbine spray, Yoshida dental MFG. CO. LTD., Tokyo, Japan)를 1초간 적용하고 삭제과정을 거치지 않고 60초간 회전 시켰다. 상기 과정을 버마다 10회씩 시행하여 총 400번의 절삭효율을 측정하였다.

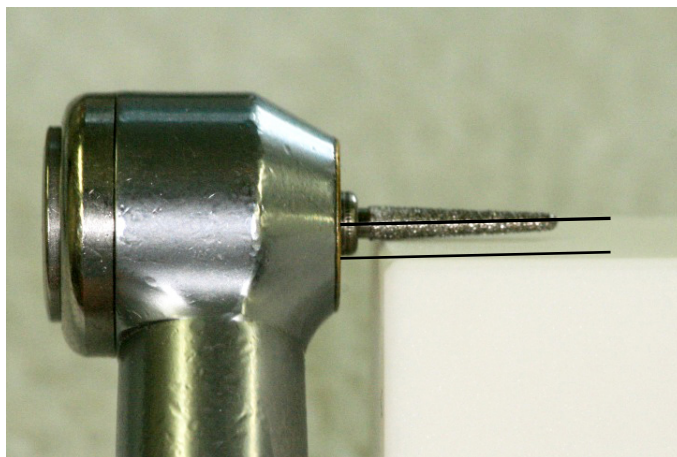


Fig. 3. The major axis of bur and the cutting surface of Macor block are parallel to each other.

나. 반복적인 소독에 의한 절삭효율의 변화 실험

(1) 측정

시편은 Macor Block 30개를 사용하였고 제 2군을 실험의 대조군으로 설정하였으며 소독 방법에 따라 3개의 군으로 나누었다(Table 3). 다이아몬드 버는 제 2군과 동일한 CF910T 버를 각 군당 10개씩 사용하였다. 1회의 삭제를 시행할 때 마다 버는 초음파 세척기에서 60초간 세척 후 각각 고압 증기 멸균법, 냉온 소독, 산화에틸렌 가스 소독을 시행하였다. 삭제 방법은 제 2군과 동일하게 적용하였으며, 상기 과정을 10회 반복하였다. 총 300번의 절삭효율을 측정하였다.

Table 3. Sterilization method used in three groups

Group	Sterilization	N
5	Autoclave	10
6	Cold sterilization	10
7	EO gas	10

(2) 소독 과정

고압 증기 멸균법은 고압 증기 멸균기(S-330/33L, Yoshida dental MFG. CO. LTD., Tokyo, Japan)를 이용하여 15분간 섭씨 125도에서 15psi의 압력으로 시행하였다. 냉온소독은 글루콘산 클로르헥시딘액 5%(알파헥시딘, Sungkwang CO. Ltd., Bucheon, Korea)를 이용하여 버를 20분간 침적하였다. 가스 소독은 EO 가스 소독기(Steri-Vac 5XL, 3M CO., Saint Paul, USA)을 이용하여 섭씨 160도에서 4시간 동안 시행하였다.

다. 주사전자현미경 관찰 및 에너지 분산 분광분석

삭제를 시행하지 않은 102R, 104R, CF910T, CF1007T 버 각각 1개와 각 군에서 10회 삭제가 끝난 버 1개를 백금 코팅을 실시한 후 SEM stud에 부착하였고, 주

사전자현미경(S-3000N, Hitachi Ltd., Ibaraki, Japan)을 이용하여 45배, 200배의 배율로 주사전자현미경 사진 촬영을 하였고, 에너지 분산 분광분석(Energy dispersive x-ray spectroscopy analysis)을 이용한 성분분석을 시행하였다.

3. 통계 분석

통계 프로그램은 PAWS 17.0(SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA)을 사용하였다. 버의 종류에 따른 절삭효율의 차이와 소독방법에 따른 절삭효율의 차이를 검정하기 위하여 일원배치분산분석법을 사용하였다. 제조사와 형태에 따른 절삭효율의 차이를 검정 하기 위하여 이원배치분산분석법을 사용하였다. 버의 제조사와 형태에 의한 절삭효율의 변화양상의 차이와 소독방법에 의한 절삭효율의 변화 양상의 차이를 검정하기 위하여 반복측정분산분석법을 사용하였다. 사후 검정으로 Tukey 방법을 사용하였다($p < 0.05$).

III. 실험 결과

1. 버 종류에 따른 절삭효율과 삭제 횟수에 따른 변화양상

4종의 다이아몬드 버 군에서 측정한 총 절삭효율은 통계학적으로 유의하게 제 2군(0.21 ± 0.064 g/min), 제 1군(0.17 ± 0.064 g/min), 제 4군(0.13 ± 0.042 g/min), 제 3군(0.10 ± 0.040 g/min) 순으로 높았다($p < 0.05$) (Table 4, Table 5).

Table 4. Average cutting efficiency of each group

Group	Mean (g/min)	SD	N
1	0.17	0.064	100
2	0.21	0.064	100
3	0.10	0.040	100
4	0.13	0.042	100

*SD : standard deviation

Table 5. Multiple comparisons of average cutting efficiency of each group

Tukey HSD

Group	Group	Mean Difference	Std. Error	Sig.
1	2	-0.040*	0.052	0.000
	3	0.069*	0.052	0.000
	4	0.040*	0.052	0.000
2	3	0.110*	0.052	0.000
	4	0.080*	0.052	0.000
3	4	-0.030*	0.052	0.000

*The mean difference is significant at the 0.05 level.

2군과 3군의 3번째와 4군의 4번째 절삭효율 측정에서만 절삭효율이 증가 하였고 나머지는삭제 횟수에 따라 절삭효율은 감소하는 경향을 나타냈다. 처음 1분과 2분 사이에서 군간의 구분 없이 절삭효율의 가장 큰 감소가 있었으며, 이후에는 절삭효율의 감소율은 처음 삭제 보다 적은 양상을 보였다. 4군간의 절삭효율의 변화 양상은 서로 유의성 있게 달랐다(Fig. 4).

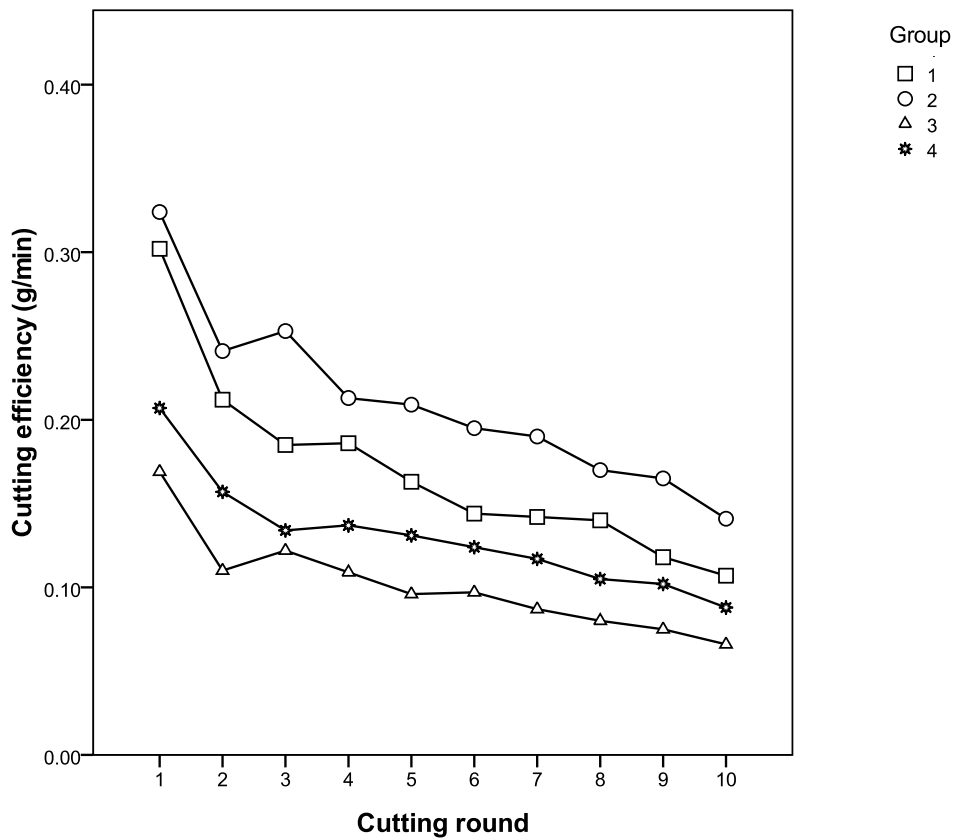


Fig. 4. Linear graph of average cutting efficiency of each group with increase in cutting rounds.

2. 제조사와 형태 따른 절삭효율과 삭제 횟수에 따른 변화양상

버의 형태와 제조사 모두 절삭효율에 통계학적으로 유의차 있는 영향을 주었다 (Table 6). 버의 형태와 관계 없이 Jindental(0.17 ± 0.064 g/min)이 Shofu(0.14 ± 0.068 g/min)보다 절삭효율이 높았다($p < 0.05$). 또한 제조사와 관계 없이 chamfer 버(0.19 ± 0.068 g/min)가 thin tapered 버(0.12 ± 0.044 g/min)보다 절삭효율이 높았다($p < 0.05$) (Table 7).

Table 6. Two-way ANOVA for cutting efficiency of different shapes and manufacturers

Source	Type III Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Shape	0.55	0.553	335.97	0.000
Manufacturer	0.12	0.12	43.53	0.000

*The mean difference is significant at the 0.05 level.

Table 7. Average of cutting efficiency of burs with different manufacturers and shapes

	Mean (g/min)	SD	N
Shofu	0.14	0.064	200
Jindental	0.17	0.068	200
chamfer	0.19	0.068	200
thin tapered	0.12	0.044	200

*SD : standard deviation

삭제 횟수가 증가에 따른 절삭효율의 변화 양상은 제조사 간에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Fig. 5).

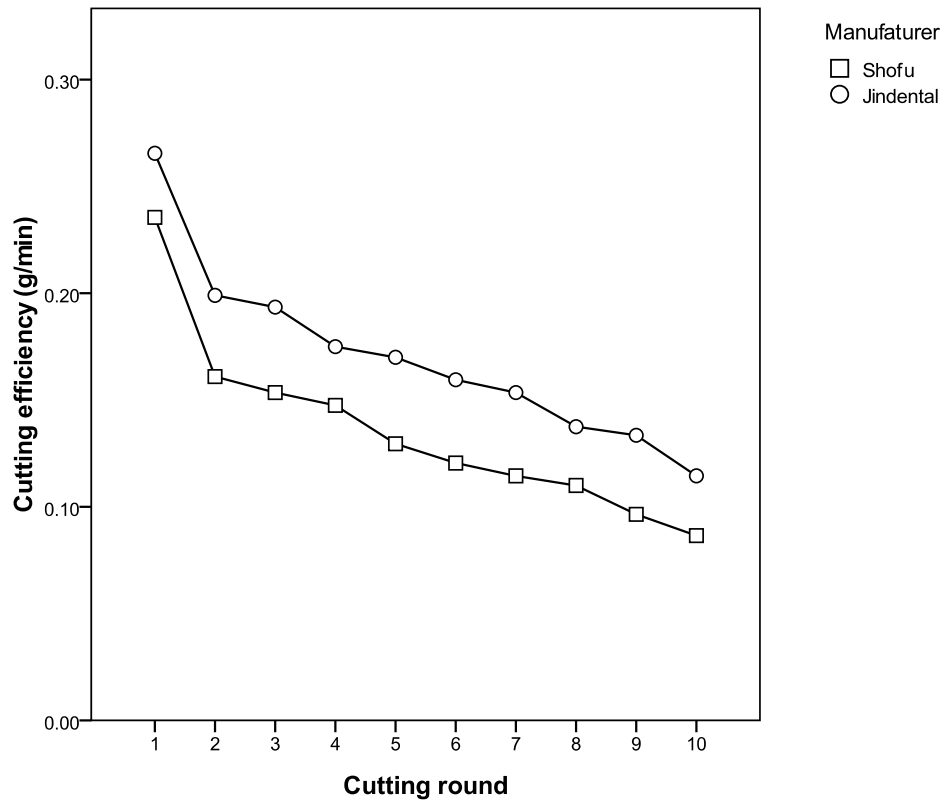


Fig. 5. Linear graph of average cutting efficiency of each manufacturer with increase in cutting rounds.

삭제 횟수에 따른 절삭효율의 변화 양상은 버의 형태에 따라 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. Chamfer 버의 절삭효율 감소 그래프의 기울기가 thin tapered 버 보다 더 컸다(Fig. 6).

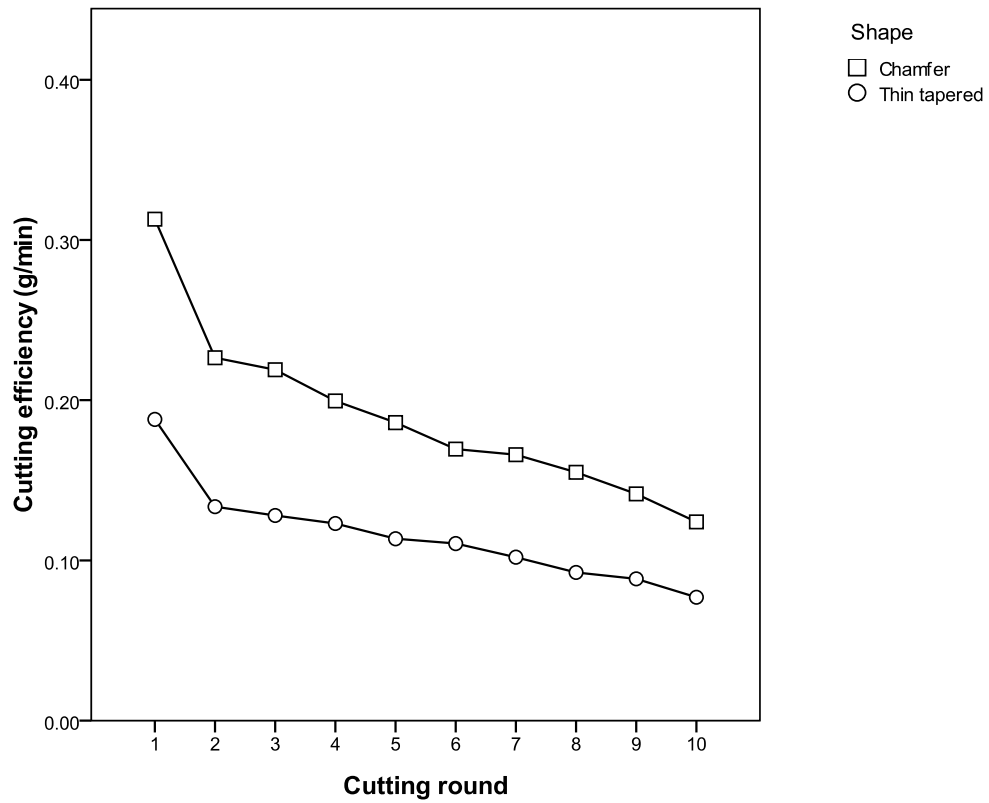


Fig. 6. Linear graph of average cutting efficiency of each shape with increase in cutting rounds.

3. 소독 방법에 따른 절삭효율과 변화 양상과 삭제 횟수에 따른 변화양상

소독 방법에 따른 절삭효율은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 8). 소독 방법에 따른 절삭효율의 변화 양상 또한 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Fig. 7).

Table 8. Average cutting efficiency of each sterilization method

Group	Mean (g/min)	SD	N
Control	0.21	0.065	100
Autoclave	0.20	0.066	100
Cold sterilization	0.20	0.064	100
EO gas	0.21	0.064	100

*SD : standard deviation

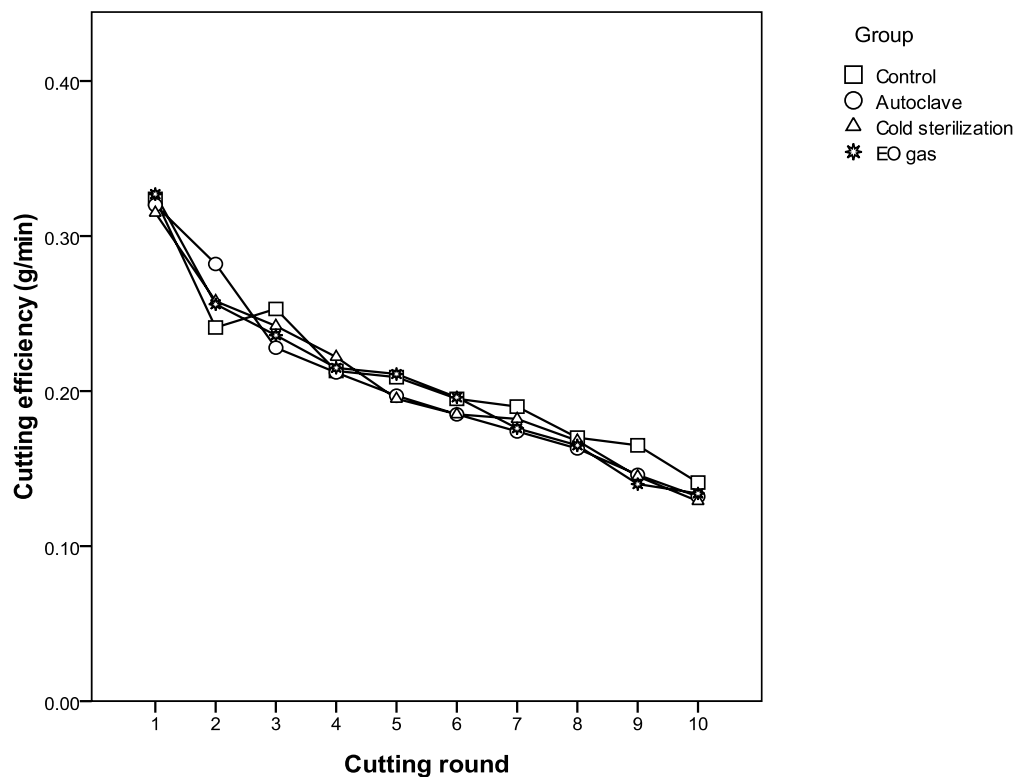


Fig. 7. Linear graph of average cutting efficiency of each sterilization method with increase in cutting rounds.

4. 주사전자현미경 소견

주사전자현미경 사진에서 버의 종류와 관계 없이 10회 삭제를 마친 버의 매트릭스 코팅에서 버가 손상된 흔적을 관찰하였다(Fig. 8).

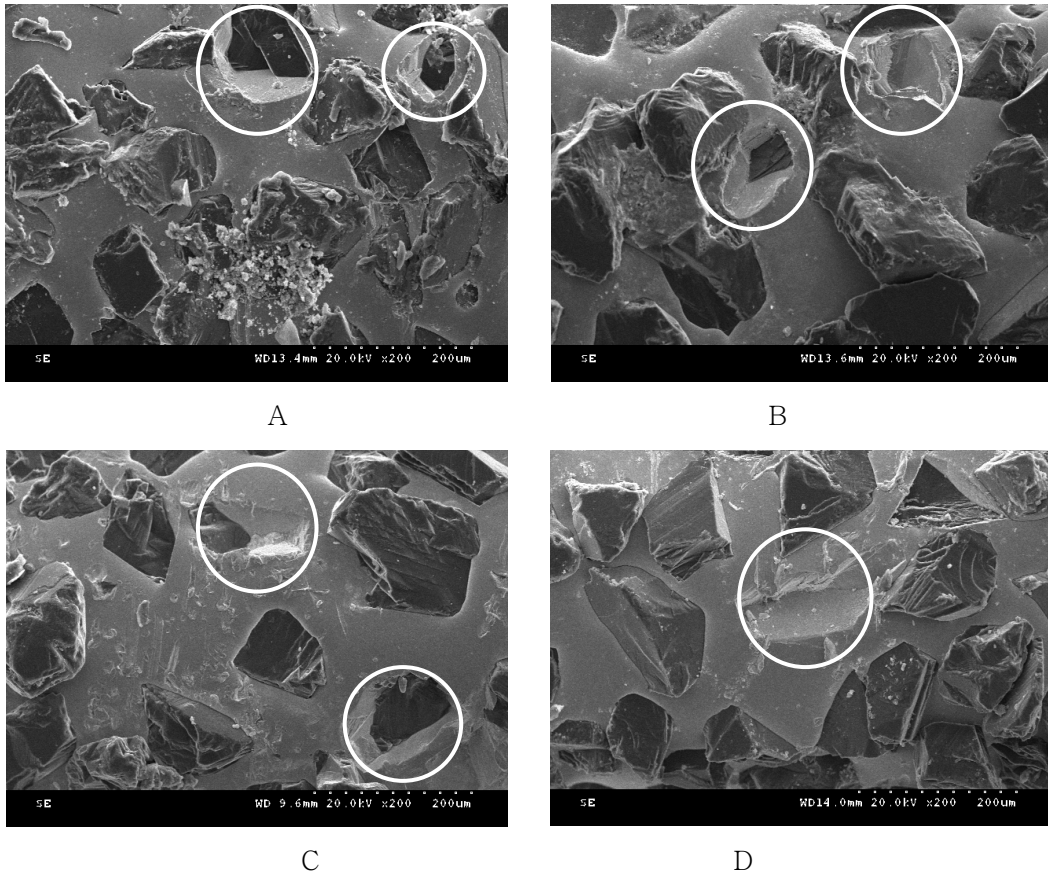


Fig. 8. Scanning electron microscope photomicrographs of (A) group 1, (B) group 2, (C) group 3 and (D) group 4 after 10 cuts with the bur. White circles indicate defects.

Jindental사의 버가 Shofu사의 버 보다 큰 입자를 가지고 있는 것이 관찰되었다. 200배 배율의 사진에서 Jindental사의 버는 200 μm 가 넘는 입자도 관찰되었다 (Fig. 9).

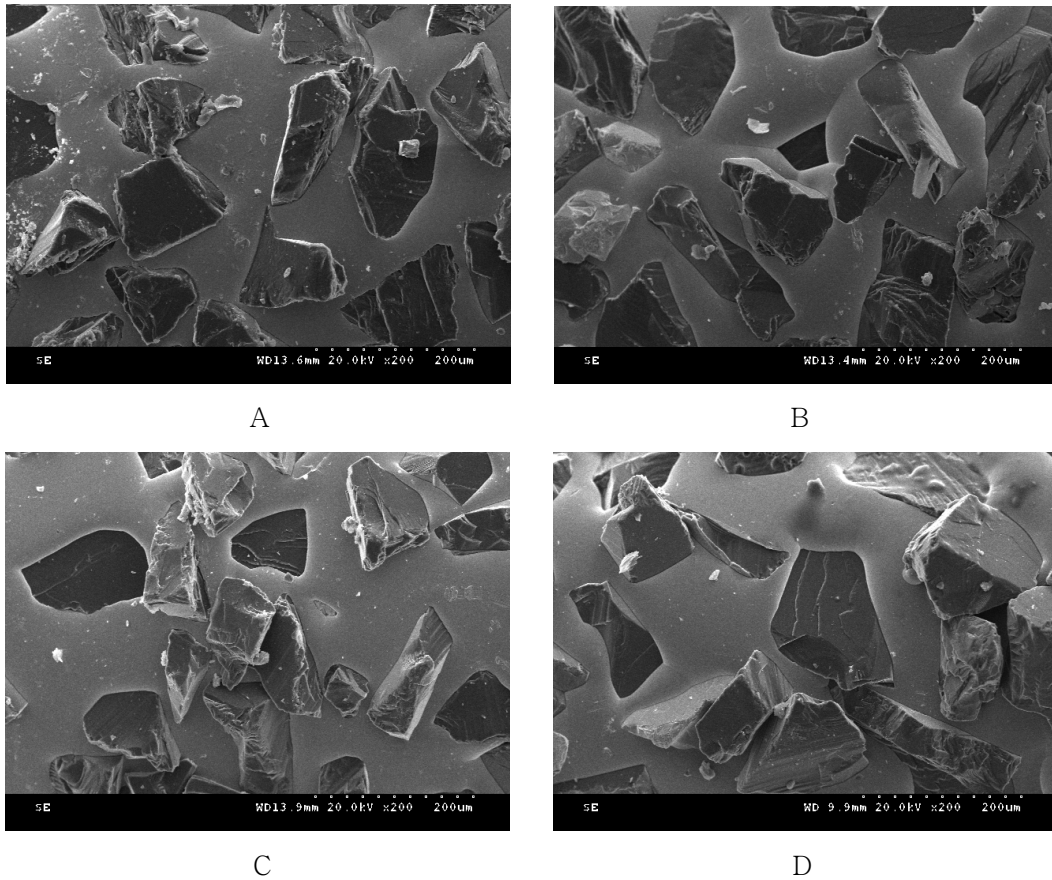
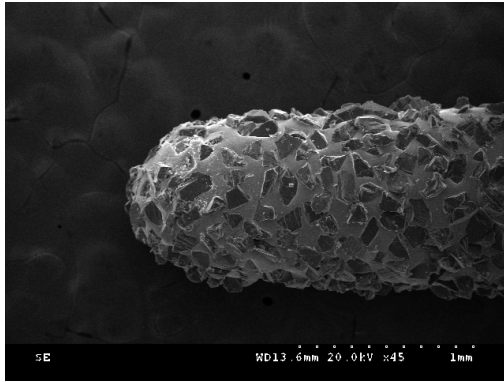
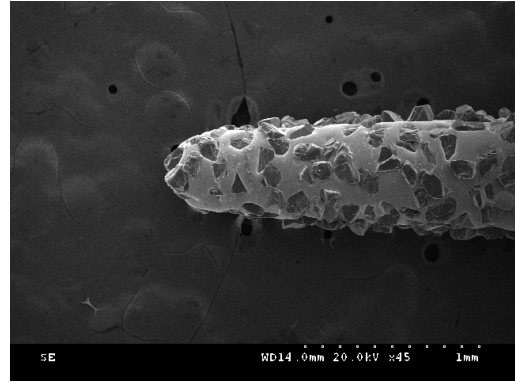


Fig. 9. Scanning electron microscope photomicrographs of fresh (A) group 1, (B) group 2, (C) group 3 and (D) group 4.

Chamfer 버가 thin tapered 버에 비하여 다이아몬드 입자가 조금 더 성기게 배열되어 있었다(Fig. 10).



A

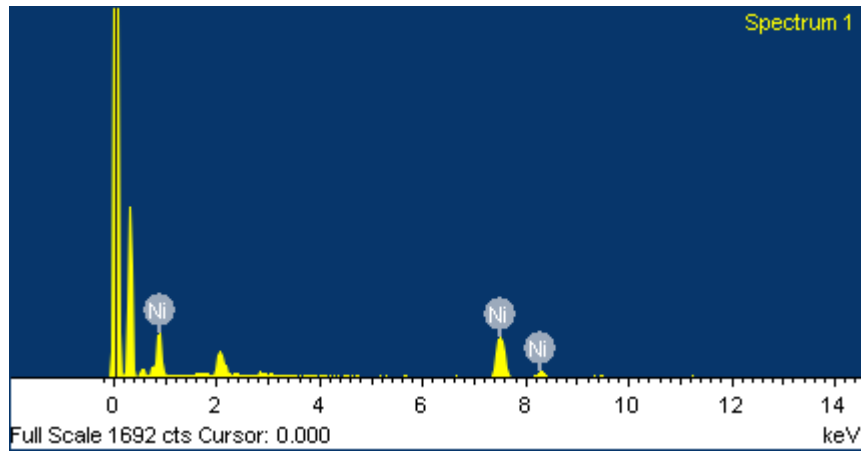


B

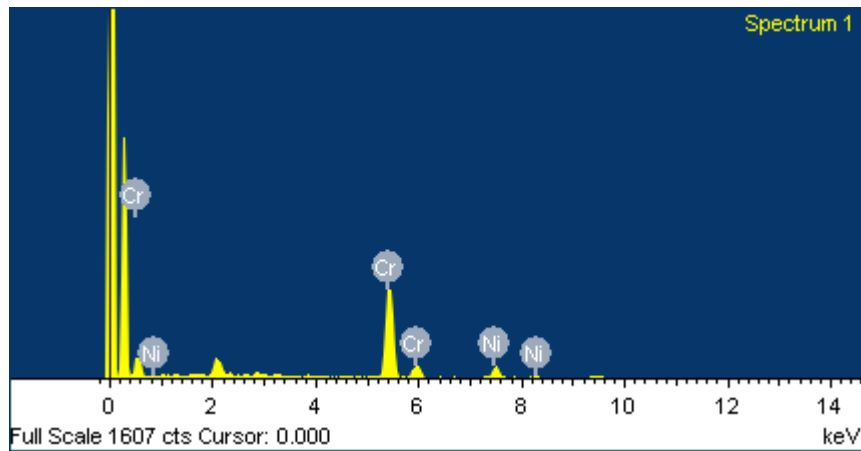
Fig. 10. Scanning electron microscope photomicrographs of fresh (A) group 1 and (B) group 3.

5. 에너지 분산 분광분석 소견

에너지 분산 분광분석 결과 Jindental 버는 금속 구성분이 니켈이었으며 Shofu 버는 니켈과 크롬이었다(Fig. 11).



A



B

Fig. 11. Energy dispersive x-ray spectroscopy analysis of (A) group 1 and (B) group 2.

IV. 총괄 및 고찰

본 실험의 결과는 다이아몬드 버의 절삭효율이 두 제조사와 두 가지 형태에 따라 유의성 있게 다르다는 것을 보여주었다. 제조사에 의한 차이를 살펴보면 버의 형태와 관계 없이 Jindental의 절삭효율이 유의차 있게 높았다. 절삭효율은 핸드피스의 종류, 버에 가해지는 압력, 버의 제조 방법, 다이아몬드의 입자 크기, 버의 형태, 냉각제의 양 및 형태와 삭제 시편의 종류 등에 영향을 받을 수 있다. 그 중 다이아몬드 버의 요소는 다이아몬드의 입자 크기, 버의 형태와 제조 방법이다.

본 실험에서는 제조사에서 중간 거칠기라고 설명하는 버를 사용하였다. 중간 거칠기 입자에 대한 정의는 기존 연구들마다 다르다. Siegel은 입자의 중간 크기는 $90-120\ \mu\text{m}$ 라고 하였으며⁴ Chung 등은 $125-150\ \mu\text{m}$ 라고 하였다.¹¹ 다이아몬드 버의 입자 크기에 대한 ISO(7711-3: 2004)의 규격을 살펴보아도 입자를 크기별로 분류하기가 어렵기 때문에 중복을 피할 수 없고 어느 정도 수용된다고 나와있다. 일정하지 못한 입자 거칠기를 가지는 것은 제조 과정이 가진 본질적인 문제로써 범위의 형태로 표현될 수 밖에 없다. 일반적인 다이아몬드 버는 스테인리스 스틸로 제작된 자루에 빈 부분을 제작하고 그 빈부 분에 니켈이나 크롬 또는 니켈 크롬 매트릭스와 함께 다이아몬드 입자를 붙이는 과정으로 만들어진다. 입자를 붙이는 방법은 전기 침착법을 이용한다. 전기 침착 과정에서 매트릭스 금속이 녹아 있는 용재의 pH와 온도를 조절 하고 전기 교반을 시행한다. 이 금속 용재에 다이아몬드 입자가 들어 있으며 전기 교반을 진행하면 스테인레스 스틸 자루의 빈부분에 금속과 다이아몬드 입자가 침착된다. 전기 침착 과정은 시간, 전압 등의 여러 조건에 따라 다르며 이로 인하여 제조사마다 다이아몬드 버의 특성도 다르게 된다.¹³ 다이아몬드 입자 크기를 일정하게 만들 수 없다는 점도 일정한 거칠기로 버를 제작하기 힘든 이유 중 하나일 것이다. 본 실험에서도 200배 배율의 주사전자현미경 소견에서 $100-200\ \mu\text{m}$ 까지의 다양한 크기의 입자를 동일한 버에서 관찰할 수 있었다. 45배 배율의 주사전자현미경 소견에서 Jindental의 입자가 전체적으로 큰 것을 확인할 수 있었고, 200배에서 $200\ \mu\text{m}$ 보다 큰 입자까지 관찰되었다. 버의 입자 크기가 클수록 절삭효율은 높기 때문에

Jindental의 절삭효율이 더 높았을 것이라고 생각된다.^{6,11} Chung 등은 중간 크기 입자를 가진다고 설명되어 있는 4가지 다른 제조사의 같은 형태의 다이아몬드 버를 가지고 고속 전기 핸드피스에서 절삭효율의 변화를 평가한 실험하였는데 본 실험의 결과와 일치하였다.¹¹ 4가지 제조사의 버 중 Discuss(Discuss Dental, Inc., Culver City, USA)가 가장 높은 절삭효율을 보였으며 주사전자현미경 관찰한 결과 다른 3가지 군보다 Discuss의 입자 크기가 컸다고 하였다. 버의 입자가 커지면 절삭효율은 증가하지만 삭제된 치아의 표면의 거칠기는 높아지고 치아에 미세한 균열이 생길 가능성이 있다고 하였다.¹⁴ 또한 버의 입자가 커지면 삭제시의 온도가 더 올라간다는 보고가 있다.¹⁵ 본 실험에서는 Jindental 버로 삭제한 표면의 거칠기의 증가 여부와 온도의 변화는 평가하지 않았다.

2군과 3군의 3번째와 4군의 4번째 절삭효율 측정에서만 절삭효율이 증가 하였고 전체적으로는 삭제 횟수가 증가함에 따라 절삭효율은 감소하는 경향을 나타냈다. 다이아몬드 버의 절삭효율 감소에 가장 중요한 기전으로 생각되는 것은 다이아몬드 입자의 탈락이다. 본 실험에서 10회 삭제 후의 주사전자현미경 소견을 보면 손상이 없는 입자와 입자가 떨어져 나가있는 흔적이 모두 존재하는 것을 알 수 있다. 버의 구조상 다이아몬드 입자는 매트릭스 위로 각각 다른 높이로 노출되어 있으며 삭제 과정에서 받는 힘도 다르게 된다. 먼저 삭제가 시작된 입자는 부분적으로 마모되거나 힘을 견디지 못하고 떨어져 나가게 된다.¹⁶ 금속 매트릭스가 다이아몬드 입자를 50~ 60% 정도 덮는 것이 이상적이라고 알려져 있으며 과도하게 입자를 덮는 경우 다이아몬드의 노출량이 적어져서 절삭효율이 떨어진다고 하였다. 반면에 너무 적게 덮는 경우 다이아몬드 입자의 탈락이 쉽게 일어나 절삭효율이 급속하게 감소한다고 하였다.¹⁷ 모든 군에서 두 번째 삭제시의 절삭효율 감소가 급격하였고, 그 이후의 절삭효율의 감소폭은 그에 비해 적었다. 이는 삭제 시작 시 다이아몬드 입자의 탈락이 많이 일어남을 알 수 있다. 처음에는 금속 매트릭스가 적게 덮혀 노출이 많이 된 입자들로 인하여 높은 절삭효율을 보이며 이 입자들이 먼저 떨어져 나가고 그 이후에는 많은 양의 금속 매트릭스가 덮혀 노출이 적게 된 입자들이 남아 있어 절삭효율의 감소폭은 줄어드는 것으로 생각된다.

또한 다이아몬드 입자를 덮고 있는 금속 매트릭스의 성질에 따라서도 입자의 탈락 양상이 다를 수 있다. 에너지 분산 분광분석 결과 Jindental은 니켈과 크롬이 대부

분을 차지하고 있었으며 Shofu는 니켈로만 구성되어 있었다. 그렇지만 Jindental과 Shofu의 절삭효율의 감소 양상은 버의 형태와 관계 없이 통계학적으로 유의차가 없었으며 이를 통하여 금속 매트릭스에 의한 다이아몬드 입자의 탈락 양상은 두 제조사 모두 유사할 것이라 추측이 된다. 하지만 다이아몬드 입자의 노출 정도는 2차원 사진에서 확인은 불가능하고 매트릭스 금속의 종류에 따른 탈락 양상을 본 실험에서는 정확하게 알 수 없었으며 표면 거칠기를 측정하는 것과 같이 추가 연구가 필요하다.

버의 형태에 따라서는 제조사와 관계없이 chamfer 버가 thin tapered 버 보다 절삭효율이 높았다. chamfer 버의 직경이 thin tapered 버 보다 크고 삭제할 수 있는 면적이 넓다. 직경이 큰 버의 지름이 직경이 작은 버보다 크기 때문에 같은 핸드피스 속도에도 더 높은 주변부 속도를 나타내고,¹⁸ 이 때문에 절삭효율이 더 높았을 것이다. 절삭효율의 변화 양상도 다르게 나타나는데 chamfer 버의 절삭효율 감소의 기울기가 급하게 나타났고, 이 역시 높은 주변부 속도 때문일 것으로 추측된다. 또 한가지 다른 점은 45배 주사전자현미경 소견에서 chamfer 버 보다 thin tapered 버의 다이아몬드 입자가 성기게 분포하고 있었다는 것이다.

소독 방법에 따른 절삭효율과 10회 삭제 동안의 변화 양상은 차이가 없었다. 3가지 소독 방법이 10회 삭제하는 동안 버의 절삭효율에 부정적인 영향을 주지 않았다. 다이아몬드 버는 혈행으로 감염되는 병소를 교차 감염시킬 수 있다.¹⁹ 그러므로 교차 감염 가능성을 최소화 하여야 하고, 이를 위해 일회용 버를 추천하기도 한다. 하지만 일회용 다이아몬드 버의 절삭효율은 일반적인 다이아몬드 버에 비해서 절삭효율이 떨어질 가능성이 있는 것으로 나타났다.^{4,5} 높은 절삭효율의 다이아몬드 버를 선택한다면 아직은 일반적인 다이아몬드 버를 선택하여야 할 것이고 소독과 멸균 과정이 필요하다.¹² 본 실험에서 고압증기멸균법은 절삭효율에 영향을 주지 않는 것으로 나타났고 이는 Gureckis 등과 Chung 등의 연구와 일치하였다.^{10,11} 에틸렌옥사이드 가스 멸균법도 절삭효율에 영향을 주지 않는다는 기존 연구와 일치하였다. 글루콘산 클로르헥시딘 2% 용액에 넣은 소독하는 것도 절삭효율에 영향을 주지 않았다. Harkness와 Davies는 초음파 체적 후 pH가 11이 넘는 소독제를 사용할 경우 니켈 매트릭스의 부식에 영향을 주고 그로 인해 다이아몬드 입자 소실이 일어날 수 있다고 하였다.⁹ 글루콘산 클로르헥시딘 2% 용액은 pH.5-7를 가지므로 니켈 매트릭스의 부식에 영향을 주지 않았을 것이다. 하지만 글루콘산 클로르헥시딘을 이용하여 넣은 소독을 하

였을 경우 다이아몬드 버에 미치는 영향에 대해서는 연구된 것이 없었으며 추가적인 연구가 더 필요하다.

2군과 3군의 3번째와 4군의 4번째 절삭효율 측정에서 전체적인 흐름과 반대되게 절삭효율이 증가 하였고, 이는 실험의 여러가지 한계점으로 인한 문제로 생각된다. 본 실험에서 다이아몬드 버의 요소를 제외한 나머지는 동일하게 통제하기 위하여 노력하였다. 절삭효율은 핸드피스 종류, 버에 가해지는 압력, 냉각제의 양 및 형태와 삭제 시편의 종류 등에 영향을 받을 수 있다. 핸드피스의 종류는 전기 모터 방식과 공기 터빈 방식으로 나눌 수 있다. 본 실험에서는 공기 터빈 방식을 사용하였다. 전기 모터 방식의 핸드피스가 높은 절삭효율을 나타낸다.^{20,21} 높은 절삭효율을 보여주는 이유는 공기 터빈보다 토크가 높으면서도 일정하게 유지되기 때문에 회전속도의 감속이나 버의 떨림이 적기 때문이다. Watson 등도 가해지는 힘이 증가하거나 절삭효율이 높을 때 전기 모터 방식의 엔진이 떨림에 대처하기 유리하다고 하였다.²² 하지만 Christensen은 전자 방식이 높은 절삭효율을 가지고 있기 때문에 기공작업 등에 사용되는 저속회전의 경우 전자 방식이 많은 이득이 있어 많이 사용하지만, 고속회전의 경우 공기 터빈 방식에 비하여 높은 가격, 핸드피스 앵글의 큰 헤드, 무거운 무게, 높은 토크로 인하여 과도한 치아 삭제의 가능성과 반복적인 소독에 의한 손상 가능성 때문에 임상에서는 아직까지 많이 사용되지 않는다고 하였다.^{23,24} 임상에서 많이 사용하는 에어 터빈 방식의 핸드피스를 사용하였지만 더 확실한 통제를 위해서는 전기 모터 방식의 핸드피스를 사용하는 것을 다음 연구에서는 고려해야 할 것이다.

임상에서 일반적으로 치과의사들이 치아 삭제를 할 때 버에 50–150 g 사이의²⁵ 압력을 준다고 알려져 있다. Siegel과 von Fraunhofer는 버에 44 g, 91.5 g, 183 g을 가하였을 때 절삭효율을 비교하였고, 중간 크기 입자를 사용하였을 경우, 91.5 g의 힘이 가해질 때 가장 효과적이라고 하였다. 그 이상의 힘을 적용하였을 경우 절삭효율 증가의 효과는 미비 하였으며 오히려 열발생의 가능성을 언급하였다.^{26,27} 버에 가해지는 압력에 의해 절삭효율은 변할 수 있으므로 본 실험에서는 버에 가해지는 압력은 91.7 g으로 일정하게 하였다. 하지만 실제 임상에서 치아를 삭제하는 양상은 동적인 삭제이다. 버를 한곳에 위치시키지 않고 움직이면서 삭제를 진행한다. 하지만 본 실험에서는 버의 움직임이 없이 수직적으로 정적인 삭제만 하였다. 실제 삭제 양상과는 다를 수 있다.

치아 삭제시의 열발생 증가로 인하여 치수에 손상을 줄 수 있다고 냉각제의 필요성에 대해서는 많이 알려져 있다.^{28,29,30} 이러한 냉각제의 사용은 잔사제거로 인하여 절삭효율에도 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 정과 양은³¹ 냉각제를 사용하지 않았을 때, 공기를 냉각제로 사용하였을 때, 공기와 물을 분사식으로 냉각제를 사용하였을 때의 온도 및 절삭량에 대하여 비교하였다. 분사식의 냉각제를 사용하였을 경우 절삭량이 많았으며 온도는 낮았다고 하였다. von Fraunhofer와 Siegel은 냉각제의 분사량을 달리해서 절삭효율을 측정하였는데 높은 분사량 일 때 (25 ml/분) 절삭효율이 높았다.²⁷ 또한 핸드피스에서 1방향, 3방향, 4방향에서 분사되는 경우를 비교하였는데 4방향에서 분사될 때 절삭효율이 가장 높았다.⁷ 본 실험에서는 분사량은 25ml/분으로 유지하였으나 분사방식은 핸드피스 고유의 3방향 분사식을 사용하였다. 표면에서만 삭제를 한 것이 아니기 때문에 냉각제가 제대로 도달하지 않았을 가능성이 있으며 4방향 분사식을 사용한 것 보다 냉각제의 효과가 떨어졌을 것이다.

실제로 치아를 삭제하는 것이 임상에 가장 가까운 방법이겠지만 치아는 일정한 법랑질 두께와 경도를 가지지 못하기 때문에 치아에 의해 절삭효율이 달라질 수 있다. 절삭 시편은 Macor block을 사용하였는데 이 재료는 55퍼센트의 형광금운모와 45퍼센트의 붕규산유리로 구성된 무공성의 도재 재료로 250 누프스 경도와 66.9 GPa의 탄성계수를 가지고 있다. 이는 치아의 법랑질의 300-340 누프스 경도와 84 GPa의 탄성계수와 유사하다고 알려져 있고 일정한 물리적 성질을 가지는 재료를 사용하면서도 치아와 유사하게 삭제되는 재료를 선택하였다.¹²

본 실험은 버의 제조사와 형태 및 반복적인 소독에 의한 절삭효율의 변화를 평가하였고 버를 선택하는데 있어서 참고가 될 수 있을 것이라고 생각된다. 하지만 버의 입자 크기가 큰 것에 대한 부정적인 효과는 검증하지 못하였다. 또한 절삭효율의 변화 양상은 알 수 있었지만 버의 수명을 평가하기에는 부족한 점이 있었다. 어느 정도까지의 절삭효율 감소가 임상적으로 부정적인 영향을 미치는 것인가에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이라 생각된다. 음향 방출 방식을 통해 다이아몬드 버의 변화를 평가한 연구들이 있고³²⁻³⁴ 이를 이용한 연구가 더 이루어져 좀 더 명확한 임상적 기준이 제시되어야 할 것이다.

V. 결 론

치과용 다이아몬드 버의 종류와 사용횟수에 따른 절삭효율의 차이와 반복적인 소독이 다이아몬드 버의 절삭효율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Macor block을 이용하여 절삭효율을 비교 실험한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Jindental사의 버가 Shofu사의 버에 비해 다이아몬드 입자 크기가 컸고 유의차 있게 절삭효율이 높았다. 하지만 사용횟수에 따른 두 제조사간의 절삭효율의 감소 양상은 다르지 않았다.
2. Chamfer 버가 thin tapered 버에 비해 유의차 있게 절삭효율이 높았다. 사용횟수에 따른 절삭효율은 chamfer 버가 더 급격하게 감소하였다.
3. 버의 종류에 관계 없이 절삭횟수가 증가함에 따라 절삭효율은 감소한다. 특히 첫 번째 삭제를 시행한 후의 절삭효율 감소가 가장 컸다.
4. 고압증기멸균법과 글루콘산 클로르헥시딘액을 이용한 냉온소독법 및 에틸렌옥사이드 가스 소독법의 반복적 시행이 다이아몬드 버의 절삭효율의 감소 양상에 영향을 주지 않았다.

이상의 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다. 같은 거칠기로 표현되어 있어도 제조사에 따라 입자크기가 다르고 절삭효율의 차이가 있으므로 술자는 같은 형태의 버라도 용도에 맞게 제조사를 선택하여야 한다. 또한 형태에 따라서 Chamfer 버가 thin tapered 버보다 절삭효율이 높으므로 많은 삭제량을 필요로 할 경우는 직경이 큰 형태의 버를 선택해야 한다. 첫 번째 삭제를 시행한 후에 절삭효율 감소가 가장 크지만 이것이 임상적으로 의미가 있는지는 추가 연구가 필요하다. 그리고 3가지 소독 방법의 반복적인 사용이 실험에서 버의 절삭효율 감소 양상에는 영향을 미치지 않기 때문에 임상에서 반드시 소독을 시행하여야 한다.

참고문헌

1. 이한수: 서양치과 의학사. 군자 출판사 1995. 1판:200.
2. Vinski I: Two hundred and fifty years of rotary instruments in dentistry. Br Dent J 1979;146:217-223.
3. Ring ME: The development of the dental drill. Compendium 1988;9:518.
4. Siegel SC, von Fraunhofer JA: Assessing the cutting efficiency of dental diamond burs. J Am Dent Assoc 1996;127:763-772.
5. Pilcher ES, Tietge JD, Draughn RA: Comparison of cutting rates among single-patient-use and multiple-patient-use diamond burs. J Prosthodont 2000;9:66-70.
6. Siegel SC, von Fraunhofer JA: Cutting efficiency of three diamond bur grit sizes. J Am Dent Assoc 2000;131:1706-1710.
7. von Fraunhofer JA, Siegel SC, Feldman S.: Handpiece coolant flow rates and dental cutting. Oper Dent 2000;25:544-548.
8. Hooker JB, Staffanou RS: An evaluation of sterilization procedures of diamond cutting instruments. Tex Dent J. 1985;102:8-10.
9. Harkness N, Davies EH: The cleaning of dental diamond burs. Br Dent J 1983;154:42-45.
10. Gureckis KM, Burgess JO, Schwartz RS: Cutting effectiveness of diamond instruments subjected to cyclic sterilization methods. J Prosthet Dent 1991;66:721-726.
11. Chung EM, Sung EC, Wu B, Caputo AA: Comparing cutting efficiencies of diamond burs using a high-speed electric handpiece. Gen Dent 2006 ;54:254-257.
12. Fan PL, Stanford JW: Ceramics: their place in dentistry. Int Dent J 1987;37:197-200.
13. Siegel SC, Von Fraunhofer JA: Dental cutting: the historical development of diamond burs. J Am Dent Assoc 1998;129:740-745.

14. Ottl P, Lauer HC: Temperature response in the pulpal chamber during ultrahigh-speed tooth preparation with diamond burs of different grit. *J Prosthet Dent* 1998;80:12–19.
15. Xu HH, Kelly JR, Jahanmir S, Thompson VP, Rekow ED: Enamel subsurface damage due to tooth preparation with diamonds. *J Dent Res* 1997 ;76:1698–1706.
16. Klimek L, Banaszek K: The Mechanisms of wear in bur with diamond grits. *J Superhard Materials* 2007;29:185–188.
17. Pines M, Schulman A, Vaidyanathan TK: SEM evaluation fo commernical diamond stones (Abstract no. 509). *J Dent Res* 1981:437.
18. Berman MH: Cutting efficiency in complete coverage preparation. *J Am Dent Assoc* 1969;79:1160–1167.
19. Infection control recommendations for the dental office and the dental laboratory. ADA Council on Scientific Affairs and ADA Council on Dental Practice. *J Am Dent Assoc* 1996;127:672–680.
20. Choi C, Driscoll CF, Romberg E: Comparison of cutting efficiencies between electric and air-turbine dental handpieces. *J Prosthet Dent* 2010;103:101–107.
21. Eikenberg SL: Comparison of the cutting efficiencies of electric motor and air turbine dental handpieces. *Gen Dent* 2001;49:199–204.
22. Watson TF, Flanagan D, Stone DG: High and low torque handpieces: cutting dynamics, enamel cracking and tooth temperature. *Br Dent J* 2000 ;188:680–686.
23. Christensen GJ: Are electric handpieces an improvement? *J Am Dent Assoc* 2002;133:1433–1434.
24. Ercoli C, Rotella M, Funkenbusch PD, Russell S, Feng C: In vitro comparison of the cutting efficiency and temperature production of ten different rotary cutting instruments. Part II: electric handpiece and comparison with turbine. *J Prosthet Dent* 2009;101:319–331.

25. Elias K, Amis AA, Setchell DJ: The magnitude of cutting forces at high speed. J Prosthet Dent 2003;89:286-291.
26. Siegel SC, von Fraunhofer JA: Dental cutting with diamond burs: heavy-handed or light-touch? J Prosthodont 1999;8:3-9.
27. Siegel SC, von Fraunhofer JA: Effect of handpiece load on the CE of dental burs. Machining Sci Technol 1997;1:1-13.
28. Siegel SC, von Fraunhofer JA.: The effect of handpiece spray patterns on cutting efficiency. J Am Dent Assoc 2002;133:184-188.
29. Ivar AM: Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 2 : Initial reactions to preparation of teeth for restorative procedure. J Oral Reh 1997;24: 791-801.
30. Zach L, Cohen G: Pulpal response to externally applied heat. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology 1967;19:515-530.
31. 정은주, 양홍서 : 수종의 치과용 절삭기구와 냉각제의 효율성에 관한 연구. 대한 치과보철학회: 1996;01:77-78
32. 이근상, 임영호, 권동호, 소의열. : 치과의술용 다이아몬드 전착공구의 마멸. 한국정밀공학회지 1999;16:148-154.
33. 이근상, 임영호, 권동호, 최만용, 김교한. : 치과용 다이아몬드 버의 연삭 가공 특성. 한국정밀공학회 1996 춘계학술대회집:414-418.
34. 이근상, 임영호, 권동호, 소의열. : AE에 의한 다이아몬드 버의 연삭 가공 특성. 한국공작기계학회지 1999;8:76-82.

Abstract

Effect of bur kind, its cutting round,
and repeated sterilization on cutting efficiency

Jin-Hyuk Bae. D.D.S

Department of Prosthetic Dentistry

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Keun-Woo Lee, D.D.S, Ph.D)

In the field of prosthetic restorative dentistry, diamond burs have been more preferred than carbide burs due to its higher wear resistance and longer longevity. Diamond burs have been used in multipurpose including overall tooth preparation, marginal finishing, enameloplasty, or finishing of the final restoration. There are various kinds of diamond burs produced from multiple manufacturers, and the clinician has to choose the right one for his purpose. Cutting efficiency as well as longevity is one of the critical considerations when selecting the diamond bur. Chances of cross infection through the diamond bur must be minimized, which means that disinfection and sterilization is to be allowed unless the bur is disposable. Yet, the selection and usage of diamond burs are most often based on the clinical experience rather than any scientific evidence.

The purpose of this study was to evaluate various diamond burs in aspect of shape, cutting efficiency, usage round, and the changes in cutting

efficiency after repeated sterilization. Four kinds of diamond burs from two different manufacturers were used in the study, ten for each group: group 1 (102R, Shofu Inc., Kyoto, Japan), group 3 (104R, Shofu Inc., Kyoto, Japan), group 2 (CF910T, Jindental Inc., Goyang, Korea), group 4 (CF1007T, Jindental Inc., Goyang, Korea). Macor Machinable Ceramic Blocks (Corning Inc., Corning, NY, USA) were used as cutting specimen blocks, and they were cutted ten times for a period of a minute each time. To evaluate the effect of repetitive sterilization, CF910T burs were either autoclaved (group 5), cold sterilized with gluconic acid chlorohexidine (group 6), or gas sterilized with ethylene oxide (group 7). Cutting of the blocks and sterilization of the burs were repeated. The cutting efficiency was calculated by dividing the weight of lost cutting specimen block by time. One-way ANOVA was used to examine the difference in cutting efficiency with various burs and sterilization methods. Two-way ANOVA was used to examine the difference in cutting efficiency with different manufacturers and shapes. Repeated measure ANOVA was used to examine the difference in changes of cutting efficiency with different manufacturers, shapes, and sterilization method. Following results were drawn ($P < 0.05$).

1. Jindental burs(0.17 ± 0.064 g/min) showed significantly better cutting efficiency than Shofu burs(0.14 ± 0.068 g/min). However, there was no difference between the two of the fact that cutting efficiency decreased with increase in cutting rounds.
2. Chamfer burs(0.19 ± 0.068 g/min) showed significantly better cutting efficiency than thin tapered burs(0.12 ± 0.044 g/min). The cutting efficiency decreased more rapidly in chamfer burs than in thin tapered burs with increase in cutting rounds.

3. Regardless of the kind of diamond burs used, cutting efficiency decreased with increase in cutting rounds. After the initial cutting, there was the largest decline in cutting efficiency.
4. Repeated autoclave, cold sterilization with gluconic acid chlorohexidine, or gas sterilization with ethylene oxide sterilization did not affect the decrease in cutting efficiency of diamond burs with increase in cutting rounds.

Based on the results above, it can be concluded as follows. Even if surface roughness is described as the same, cutting efficiency of the bur may be different according to the manufacturer. Thus, the clinician should choose burs from the right manufacturer, if the burs are the same shape. Since chamfer burs have better cutting efficiency than thin tapered burs, burs with larger diameter should be chosen when heavy preparation is needed. More research should be done to find out the clinical significance of the largest decline in cutting efficiency after the initial cutting. Since three different methods of repeated sterilization do not affect the decrease in cutting efficiency of diamond burs, burs must be sterilized when used in clinic.

Key words: dental diamond bur, shape of diamond bur, particle size of diamond, cutting efficiency, longevity of diamond bur, repeated sterilization