

압전방식 초음파 치석제거기의 작업조건에 따른 치과주조용 합금의 삭제에 관한 연구

차국봉¹, 김원경², 이영규², 김영성^{2*}

1. 울산대학교 의과대학 치과학교실

2. 서울아산병원 치주과

The effect of working parameters on removal of casting gold alloy using a piezoelectric ultrasonic scaler with scaler tip in vitro

Kuk-Bong Cha¹, Won-Kyung Kim², Young-Kyoo Lee², Young-Sung Kim^{2*}

1. Department of dentistry, Medical College of Ulsan University

2. Department of Periodontics, Asan Medical Center

ABSTRACT

Purpose: Ultrasonic scalers have been widely used for removing biofilm which is considered as major etiologic factor of periodontal disease. The purpose of this study was to evaluate the effect of working parameters of piezoelectric ultrasonic scaler with scaler tip (No. 1 tip) on casting gold alloy removal.

Methods: Type III dental casting gold alloy (Firmilay®, Jelenko Inc, CA, USA) was used as substitute for tooth substance. Piezoelectric ultrasonic scaler and No.1 scaler tip (P-Max®, Satelec, France) were selected. The selected working parameters were mode (P mode, S mode), power setting (2, 4, 8) and lateral force (0.5 N, 1.0 N, 2.0 N). The effect of working parameters was evaluated in terms of ablation depth, ablation width and ablation area.

Results: Mode influenced ablation depth and ablation area. Power also influenced ablation depth and ablation area. Especially, Power 2 and power 8 showed statistically significant difference. Lateral force had influence on ablation width, and 0.5 N resulted significant increase compared with 1.0 N and 2.0 N. Ablation depth was influenced by mode, power and lateral force and defect width was influenced by lateral force. Ablation area was influenced by mode and power.

Conclusions: It can be concluded that the use of piezoelectric ultrasonic scaler with No. 1 scaler tip in S mode and high power may result in significant loss of tooth substance. (*J Korean Acad Periodontol 2009;39:139-148*)

KEY WORDS: piezoelectric ultrasonic scaler; working parameters; casting gold alloy removal.

서론

치주염은 치태에 의해서 유발되며¹⁾, 치태는 바이오플름(biofilm)을 형성한다고 알려져 있다^{2,3)}. 치아 표면의 바이오플름을 제거하기 위한 여러 가지 방법들 중⁴⁾, 현재까지는 바이오플름의 특성상 물리적 방법이 가장 효과적인 치치법으로 알려져 있다. 바이오플름을 물리적으로 제거함에 있어

서 초기에는 수용 기구를 이용한 치치가 치주질환 치료의 표준이었으나 기술의 발전에 따라 초음파 기구를 이용한 치치 또한 수용 기구와 같은 정도의 제거 효과를 얻을 수 있게 되었다⁵⁻⁷⁾. 바이오플름의 제거는 치아의 형태, 치주낭의 깊이, 치료 부위에의 접근도, 치료 방법, 술자의 숙련도, 그리고 사용된 기구 등의 요인에 영향을 받는다⁸⁻¹²⁾. 과도한 기구 조작은 사용된 기구와 상관 없이 치근면에서 백악질과 상아질을 다량 제거하게 되어 지각과민이나 치수염 등의 합병증을 야기하며¹³⁻¹⁵⁾, 거친 치근면을 만들게 되어 치태의 저류를 더욱 촉진하게 된다^{16,17)}. 과거에는 그람 음성 세균의 내독소가 치근면에 강하게 부착되어 있으므로 광범위한 백악질 제거가 필요하다고 생각했었으나¹⁸⁾, 이후의 연구에서

Correspondence: Young-Sung Kim

Department of Periodontics, Asan Medical Center, 388-1, Pungnap 2dong, Songpa-gu, Seoul, 138-040, Korea

E-mail: dumber00@naver.com, Tel: 82-2-3010-3823,

Fax: 82-2-3010-6967

Received: Apr. 28, 2009; Accepted: May. 21, 2009

내독소는 치근면에 약하게 부착되어 칫솔질 정도로도 제거되는 것으로 알려졌고 따라서 과도하게 백악질을 제거하는 것은 불필요한 과정이 되었다¹⁹⁻²²⁾.

치과 영역에서 초음파의 적용은 1953년 Catuna에 의해 제안되었고, McCall과 Szmyd에 의해 초음파를 사용하여 치석 제거가 가능함이 입증되었다²⁴⁾. 초음파 치석제거기는 압전 방식(piezoelectric scaler)과 자기변형 방식(magnetostrictive scaler)이 있는데, 자기변형 방식은 1초에 18,000회~45,000회 정도의 진동을 하며 타원형의 진동 양상을 보이는 반면 압전 방식은 1초에 25,000회~50,000회의 진동을 하며 진동 양상은 선형이다. 따라서 압전 방식의 초음파 기구를 적절히 위치시킨다면 치아면에 평행하게 진동하여 치석을 부드럽게 제거할 수 있다²⁵⁾.

초음파 치석제거기는 비외과적 치주치료, 외과적 치주치료 및 유지 치주치료(SPT) 등에서 수용 기구를 대체할 수 있도록 많은 임상가들에 의해 변형, 발전되었다. Holbrook과 Low에 의해 최초로 초음파 기구 tip의 변형이 시도된 이래 다양한 형태의 초음파 기구 unit과 tip이 개발되어, 치주낭에 더 쉽게 접근 가능하고 치근면 debridement에서 향상된 효과를 가져올 수 있게 되었다. 따라서 많은 임상가들이 치근면 기구 조작시 초음파 기구를 수용 기구보다 더 많이 사용하게 되었다²⁶⁾.

수용 기구는 오랜 기간의 사용으로 인해 그 사용법이 정립되었지만, 초음파 치석제거기는 본격적으로 사용된 기간이 짧고, 다양한 tip이 현재 개발되고 있는 중이므로 그 사용법이 정립되었다고 할 수 없다. 경우에 따라서는 기구 조작을 통해 원치 않는 백악질의 제거를 동반할 수도 있다. Flemmig 등²⁷⁾은 압전 방식 초음파 기구를 이용하여 작업 조건에 따른 치근면 삭제량을 알아본 실험에서 측방압과 tip의 적용 각도가 삭제량에 영향을 많이 미치는 것으로 보고하였다. 한편 이는 일련의 연구²⁸⁻³⁰⁾를 통해 압전방식의 초음파 기구에서 큐벳형 tip으로 치근면에 기구 조작을 했을 때 초음파의 강도가 삭제량에 가장 큰 영향을 미친다고 보고하였다. 치근면 삭제량에 영향을 미치는 작업조건에 있어서 두 연구 결과가 다르게 나타난 것은 각 연구에 사용된 초음파 치석제거기와 스케일러 tip의 형태가 달랐기 때문인 것으로 추정된다. 따라서 이번 연구에서는 Flemmig 등의 연구에서 사용했던 것과 비슷한 스케일러형 tip과 이의 연구에서 사용했던 동일 제품의 치석제거기를 사용하여 치근대체물의 삭제량에 미치는 작업 조건의 영향을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시편

자연치는 치아마다 물리적 성상을 통일할 수 없는 단점이 있다. 즉, 표면이 균일하지 않으며 완전히 평활한 면을 얻을 수 없으므로 삭제량을 측정하기 위한 연구의 시료로서 적절하지 못하다. 이의 연구에서 치근 대체물로서 아크릴 레진²⁹⁾과 제 3형 치과 주조용 금 합금³⁰⁾을 사용하였고, 두 재료 모두 통계분석에 적합한 결과를 보였다. 따라서 본 연구에서는 치근 대체물로서 제 3형 치과 주조용 금 합금(Firmilay®, Jelenko Inc, CA, USA)을 이용하였다.

2. 초음파 기구 및 tip

본 연구에서는 이의 연구^{29,30)}에서 사용되었던 압전방식의 초음파 기구(P-Max®, Satelec, France)를 사용하였다. P-Max®는 치료 목적에 따라 P mode(치근 홀택술에 권장), E mode(근관치료에 권장), S mode(치석제거술에 권장)의 세 가지 mode 중에 하나를 선택할 수 있으며, 각 mode에서 power를 1에서 10까지 조절할 수 있다. 제조사에 따르면 mode는 진동폭의 변화에 의한 강도 조절이며, power는 진동수의 변화에 의한 강도 조절이라고 한다. Tip은 동사의 No. 1 tip을 사용하였다. 제조사에서는 tip마다 사용할 수 있는 치료 목적을 추천하고 있으며, No. 1 tip은 치간, 치경부 및 치은연하 치석제거용으로 S mode, 1 내지 5의 power 범위 내에서 사용하도록 권장되는 것이다. 기구 조작은 제조사의 설명서에 따라 주수 하에서 시행하였다.

3. 결손부의 형성

치질 삭제력을 객관적으로 평가하기 위하여 작업조건의 규격화가 요구된다. 이를 위하여 본 연구에서는 이의 연구²⁹⁾에서 사용하였던 sledge device를 사용하였다. Sledge device는 3 mm를 3 Hz의 일정한 속도로 왕복 운동하며 초음파 기구 tip에 의해 시편에 가해지는 측방압은 handpiece에 추를 달아 일정하게 조정하였다. 초음파 기구의 작동시간은 전기적으로 조정하였으며 5초간 작동하도록 하였다.

측방압은 0.5N, 1N, 2N으로 하였으며, 초음파 기구의 power는 P mode와 S mode에서 각각 2, 4, 8로 하여 총 18군의 실험군을 설정하였다. 각 군에 대해 3개의 시편을 사용하여 총 54개의 시편을 제작하였다.

4. 결손부의 측정

기구 조작 후 치근 대체물에 나타나는 결손부는 Tencor 사의 α Step 500 profilometer로 스캔하였다. 작업 조건은 scan speed $50 \mu\text{m/sec}$, sampling rate 50 Hz , stylus force 17.2 mg , point interval $1 \mu\text{m}$ 로 하였고, 초음파 기구의 tip이 진행한 방향에 대해 수직이 되도록 하여 결손부의 중앙 부위를 진공 상태에서 측정하였다. 결손부의 평가를 위해 측정된 자료로부터 결손부의 깊이, 폭 및 단면적을 구하였다. 결손부의 깊이는 가장 깊은 부위에서 측정된 값이고, 결손부의 폭은 원래 표면 높이보다 낮아진 부분의 너비이며 결손부의 단면적은 그래프 상에서 원래 표면 높이보다 낮아진 부분에 대해 적분하여 구한 값이다(Fig. 1).

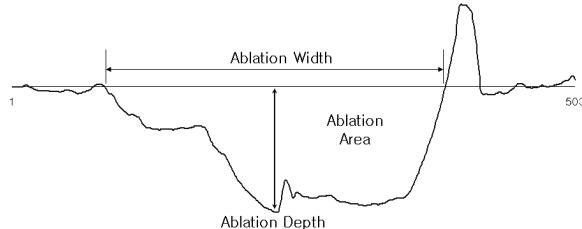


Figure 1. Measurements of ablation depth, ablation width and ablation area.

5. 통계 분석

결손부의 깊이, 폭, 단면적에 대한 초음파 치석제거기의 mode, power, 측방압의 영향을 평가하기 위하여 기술통계적 분석 및 분산 분석을 시행하였다. 각 작업 조건에 대한 단순 분석으로 Mode에 대해서는 student t-test를, power와 측방압에 대해서는 Tukey's Studentized Range(HSD) test를 이용하였다. 또한 작업 조건이 결손부 형성에 미치는 복합적 영향을 알아보기 위하여 다중 분석을 시행하였다. 다중 분석은 모든 2차 교호작용이 포함된 다원 분산분석(Multi-way ANOVA) 모형에서 뒤로부터의 제거법(backward elimination method)으로 유의하지 않은 2차 항은 제거하였다. 유의수준은 95% 신뢰구간을 이용하여 유의성을 검증하였다.

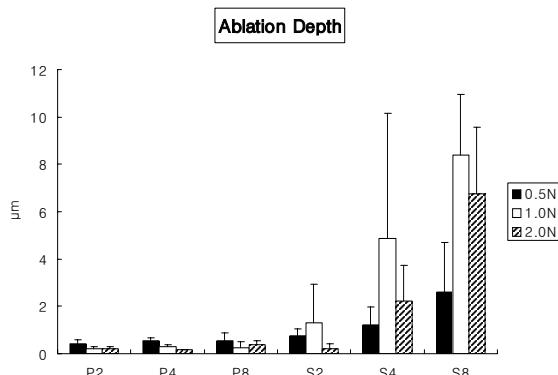


Figure 2. Average ablation depth.

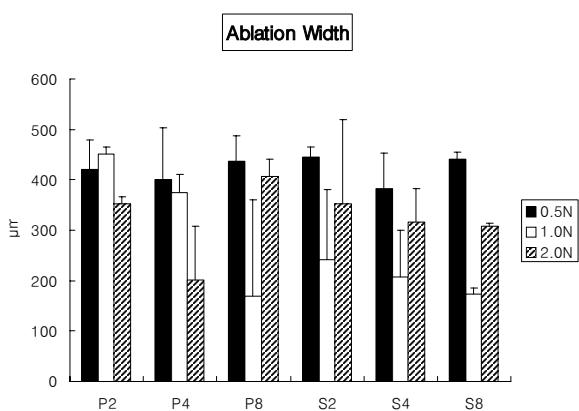


Figure 3. Average ablation width.

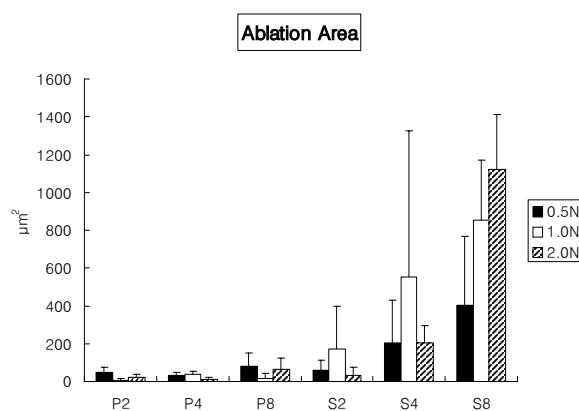


Figure 4. Average ablation area.

결과

결손부 깊이는 P mode, power 2에서 S mode, power 8로 스케일러의 작업 강도가 커질수록 더 큰 값을 보였다. P mode 내에서는 power가 증가함에 따라 결손부 깊이가 증가하기는 하였으나 모든 power에서 1 μm 이내의 평균 결손부 깊이를 보인 반면 S mode에서는 power가 증가함에 따라

현저한 결손부 깊이의 증가를 보였다. 결손부 깊이에 대한 측방압의 영향은 P mode에서는 0.5N일 때, S mode에서는 1.0 N일 때 가장 크게 나타났다(Fig. 2).

결손부 폭은 mode나 power에 따른 일관된 변화 양상을 보이지는 않았다. 측방압이 1.0 N인 경우 P mode 및 S mode 내에서 power가 증가함에 따라 결손부 폭이 감소하는 경향을 보였으나, 0.5 N 및 2.0 N에서는 일관된 경향을 관찰 할

Table 1. Statistical Analysis of Measurements According to Working Parameters

Parameters	variables	n	Mean (s.d.)	p-value	Tukey grouping
Mode					
Ablation depth	P	27	0.33 (0.20)*	0.0004	
	S	27	3.00 (3.36)*		
Ablation width	P	27	357 (121)	0.2435	
	S	27	318 (117)		
Ablation area	P	27	36.34 (37.04)*	0.0006	
	S	27	386.63 (443.14)*		
Power					
Ablation depth	2	18	0.51 (0.71)	0.0255	A
	4	18	1.55 (2.55)		A B
	8	18	2.94 (3.60)		B
Ablation width	2	18	379 (103)	0.2298	
	4	18	314 (109)		
	8	18	323 (141)		
Ablation area	2	18	58.60 (100.80)	0.0214	A
	4	18	174.26 (338.84)		A B
	8	18	383.19 (454.55)		B
Lateral force					
Ablation depth	0.5	18	1.01 (1.10)	0.2013	
	1.0	18	2.55 (3.80)		
	2.0	18	1.35 (2.35)		
Ablation width	0.5	18	421 (56)	0.0002	A
	1.0	18	270 (140)		B
	2.0	18	322 (94)		B
Ablation area	0.5	18	138.44 (210.00)	0.5238	
	1.0	18	273.81 (444.64)		
	2.0	18	201.66 (376.69)		

* Means are significantly different in student t-test

A, B Means with the same letter are not significantly different in Tukey's Studentized Range(HSD) test

수 없었다(Fig. 3).

결손부 단면적은 결손부 깊이와 비슷한 양상을 보여 P mode, power 2에서 S mode, power 8로 작업 강도가 커질 수록 대체적으로 단면적이 커졌다. 특히 S mode에서의 결손부 단면적의 증가가 확인했다. P mode 내에서는 측방압의 결손부 단면적에 대한 영향을 관찰할 수 없었으나, S mode 내에서는 1.0N인 경우 power 4까지 가장 큰 단면적을 보였으나 power 8에서는 2.0N이 가장 큰 단면적을 보였다(Fig. 4).

각 작업 조건이 결손부 형성에 미치는 영향에 대해 단순 분석을 시행한 결과, mode는 결손부 깊이와 결손부 단면적의 형성에 영향을 보였으며 결손부 깊이와 단면적 모두 S mode에서 유의하게 크게 나타났다. Power 또한 결손부 깊이와 결손부 단면적에 영향을 나타냈다. 결손부 깊이와 단면적 모두 power 2일 때보다 power 8일 때 통계적으로 유의성 있는 증가를 보였으나 power 4일 때의 값은 power 2

혹은 power 8일 때의 값과 통계적 유의성을 보이지 않았다. 측방압은 결손부 폭의 형성에 영향을 주었다. 결손부 폭은 0.5N일 때 가장 크게 형성되었고 이는 1.0N 혹은 2.0N일 때 형성된 폭과 유의성 있는 차이를 보였다(Table 1).

결손부 깊이, 결손부 폭 및 결손부 단면적의 형성에 작업 조건이 미친 영향에 대해 다중 분석을 시행한 결과 결손부 깊이는 mode, power, 측방압, mode와 측방압 조합 및 mode와 power 조합에 영향을 받았다(Table 2). 결손부 깊이에 영향을 미친 Mode와 측방압 조합 및 mode와 power 조합에 대해 살펴보면, P mode 내에서는 power나 측방압의 증가에 따른 차이를 보이지 않았으며 모든 P mode 작업 조합은 S mode power 4 이상 혹은 측방압 1.0N 이상에 대해 유의성 있는 차이를 보였다. S mode 내에서는 0.5N S mode와 2.0N S mode를 제외한 각 작업 조합 간에 차이를 볼 수 있었다(Fig. 5).

결손부 폭은 mode, 측방압, mode와 측방압 조합 및

Table 2. Influence of Working Parameters on Ablation Depth, Ablation Width and Ablation Area (General Linear Models Procedures*)

Working parameters	p-value	R ²
Ablation depth		0.6749
Mode	0.0299	
Power	0.0001	
Lateral Force	0.0004	
Mode * Lateral force	0.0105	
Mode * Power	0.0004	
Ablation width		0.5813
Mode	0.0001	
Power	0.1556	
Lateral force	0.0875	
Mode * Lateral force	0.0434	
Power * Lateral force	0.0200	
Ablation area		0.5612
Mode	0.0001	
Power	0.0009	
Lateral force	0.2708	
Mode * Power	0.0026	

* In multi-way ANOVA model including all quadratic interactions, quadratic terms showing insignificance at significance level 0.05 are eliminated by backward elimination method.

power와 측방압 조합에 영향을 받았다(Table 2). 결손부 폭에 영향을 보인 Mode와 측방압 조합 및 power와 측방압 조합을 살펴보면, 측방압의 변화에 따라 같은 mode와 power에서 결손부 폭이 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 또한 같은 측방압에서 mode 또는 power의 변화에 따라서도 결손부 폭이 변화했다(Fig. 6).

결손부 단면적은 mode, power 및 mode와 power 조합에 영향을 받았다(Table 2). Mode와 power의 조합을 보면 결손부 깊이와 유사한 양상을 보인다. P mode 내에서는 power의 변화에 따라 유의성 있는 차이를 나타내지 않았으며 S mode 내에서는 power의 변화에 따라 유의성 있는 차이를 보였다. 또한 power 2에서는 mode의 변화에 따른 차이를 보이지 않은 반면 power 4와 8에서는 mode의 변화에 따라 유의성 있는 차이를 나타냈다(Fig. 7).

고찰

이번 연구에서는 압전방식 초음파 치석제거기에 스케일러 tip을 연결하여 여러 작업 조건에서 기구조작을 한 후, 치근 대체물의 삭제량을 측정함으로써 작업 조건이 삭제량에 미치는 영향을 분석하였다. 앞서 시행된 Flemmig²⁷⁾과 이³⁰⁾의 연구가 서로 다른 결과를 보였기에 두 연구의 결과에 대해 해석할 수 있는 실험 모형을 설정하고자 하였다.

본 연구에서는 치근 대체물로서 제 3형 치과주조용 금 합금을 사용하였다. 제조사에서 제공하는 자료에 따르면 제 3 형 치과주조용 금 합금(Firmilay[®])의 Vickers 표면경도는 $175 - 220 \text{ kg/mm}^2$ 이다³¹⁾. 한편 범랑질, 상아질 및 백악질의 Knoop 표면경도는 각각 $343, 68$ 및 40 kg/mm^2 이다³²⁾. Vickers 표면경도와 Knoop 표면경도를 직접 비교할 수 없으나 측정 방법이 유사하여 대략적인 비교는 가능하므로 Firmilay[®]와 백악질의 표면경도는 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 하지만 선행된 연구³⁰⁾에서 만족할 만한 결과를 얻었으므로 이번 연구에서도 치근 대체물로 사용하였다.

치주질환의 특성상 치주질환을 가진 환자는 치주치료 후에 지속적인 유지, 관리가 필요하며, 이는 반복적인 기구 조작을 행하게 됨을 의미한다. Hildebrand와 Morse³³⁾는 백악질이 모두 제거되면 상아 세관이나 부근관이 노출되어 치주-치수 병소를 유발할 수 있다고 하였으며 Nyman 등³⁴⁾은

백악질을 보존한 경우에 치은바리 소파술 후 치주 조직의 치유에 있어 더 좋은 결과를 보였음을 보고하였다. 따라서 기구 조작으로 인한 백악질의 삭제를 최소화할 수 있는 작업 조건을 선택하는 것이 중요하고, 이를 위해 작업 조건과 삭제량 사이의 관계를 명확히 밝히는 것이 필요하다.

이번 연구에서는 초음파 기구의 mode, power 및 측방압의 세 가지 작업 조건을 설정하였다. 초음파 기구 제조사에 의하면 mode는 치료 목적에 따라 진동 폭을 달리하여 초음파의 강도를 조절하였는데, 비교적 강한 힘이 요구되는 치석제거 시에는 S mode에서 사용하도록 권장하고 있고, 이보다 비교적 약한 힘이 요구되는 치태제거 시에는 P mode에서 사용하도록 권장하고 있다. Power는 시간당 진동수를 다르게 한 것으로 power가 클수록 진동수는 증가한다. 임상에서 초음파 기구를 사용할 때, 먼저 치료 목적에 따라 mode를 결정한 다음, 각 mode에서 power를 조절함으로써 미세한 범위 내에서 초음파의 강도를 조절하게 된다. Mode와 power는 모두 스케일러의 작업강도를 조정하는 작업 조건이지만, 진동폭과 진동수의 조절이라는 서로 다른 방식으로 작용하므로 각각을 하나의 작업 조건으로 설정하였다. 한편 수용 기구를 이용한 연구에서 측방압에 따라 치질 삭제량의 차이가 있었음을 보고하였으므로¹³⁾ 본 실험에서도 초음파 기구에서 측방압의 영향을 알아보기 위하여 측방압을 작업 조건으로 설정하였다.

작업 조건 중 mode와 power는 결손부 깊이와 단면적에 영향을 미쳤다. S mode에서 P mode보다 더욱 많은 삭제량을 보였으며, 특히 S mode에서는 power가 증가할수록 더 많은 삭제량을 보였다. 이는 기구에서 출력되는 power를 강하게 할수록 삭제 깊이가 깊어짐을 의미한다. 본 실험의 결과는 Flemmig 등²⁷⁾과 이³⁰⁾의 연구 결과와도 일치한다. 하지만 삭제량에 대한 분석에서 P mode, power 2, 4, 8 및 S mode, power 2에서의 삭제량은 통계적으로 의미있는 차이를 보이지 않았고 S mode, power 4, 8에서만 유의성 있게 삭제량이 증가했다. 본 연구에 사용된 tip이 제조사에서 S mode에서 사용하도록 권장하고 있는 것임을 고려하면, S mode에서는 power가 증가함에 따라 삭제량이 유의성 있게 증가하고 S mode의 약한 power(power 2)에서는 P mode에서 사용하는 것과 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

측방압은 결손부 폭에 영향을 미쳤다. 0.5N의 측방압을 가했을 때 1.0N과 2.0N일 때보다 통계적으로 유의하게 큰 값을 보였으며, 1.0N과 2.0N 사이에는 유의성 있는 차이를

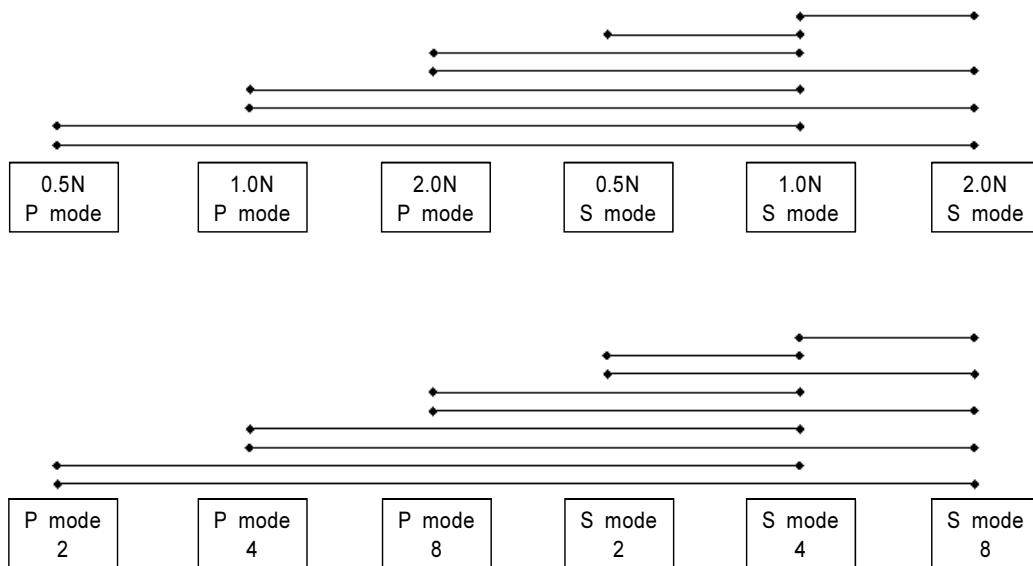


Figure 5. Influence of working parameters on ablation depth in terms of quadratic interactions showing significance. Horizontal bar indicates statistically significant combination from general linear models procedure of least squares means at significance level 0.05.

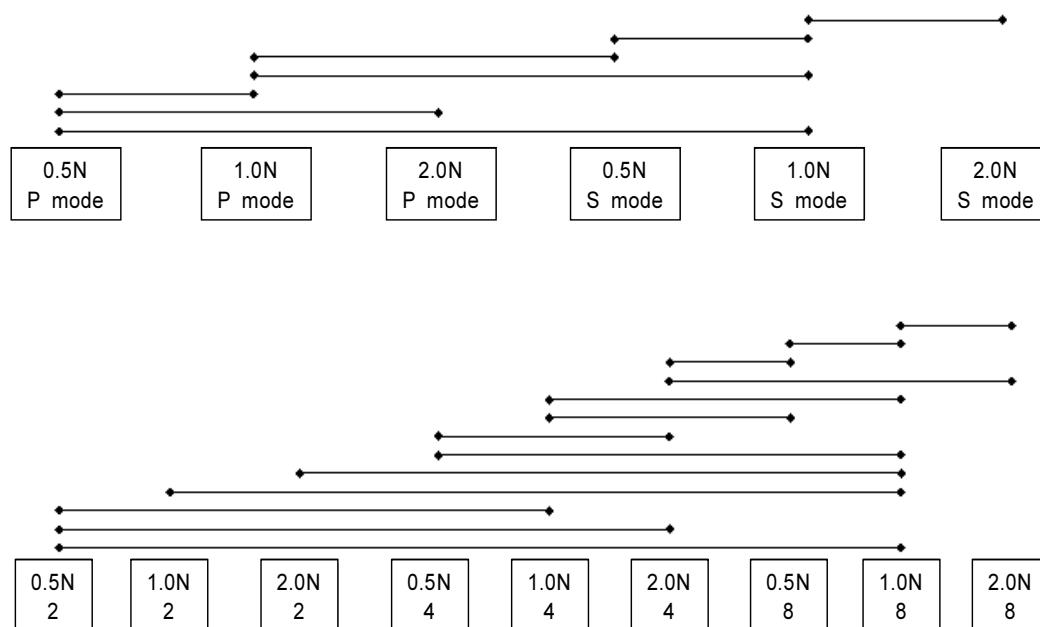


Figure 6. Influence of working parameters on ablation width in terms of quadratic interactions showing significance. Horizontal bar indicates statistically significant combination from general linear models procedure of least squares means at significance level 0.05.

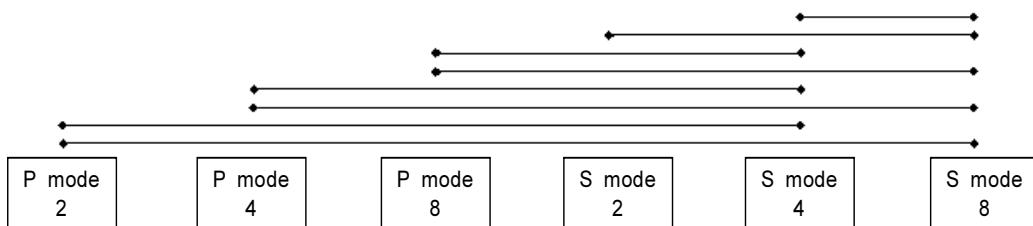


Figure 7. Influence of working parameters on ablation area in terms of quadratic interactions showing significance. Horizontal bar indicates statistically significant combination from general linear models procedure of least squares means at significance level 0.05.

보이지 않았다. 한편 Flemmig 등²⁷⁾의 연구에서는 측방압이 커질수록 결손부 깊이와 부피가 깊어졌으며, 이³⁰⁾의 연구에서는 결손부 깊이와 결손부 단면적이 1.0 N에 비해 2.0 N에서 유의하게 작은 값을 나타냈고 결손부 폭에서는 0.5 N, 1.0 N에 비해 2.0 N일 때에 유의하게 큰 값을 보였다. Flemmig 등의 연구는 결손부 폭을 측정하지 않고 결손부 부피를 측정하였기에 본 연구와 직접적인 비교는 어렵다. 이의 연구는 본 연구와 비교가 가능한데, 두 연구에서 일치하지 않는 결과를 보인다. 이로부터 tip의 형태에 따라서 측방압의 영향이 다르게 나타난다고 생각할 수 있다. 즉 스케일러형 tip은 측방압이 작을 때 최대의 효율을 나타내는 반면, 큐렛형 tip은 큰 측방압에서 최대의 효율을 보이는 것이다.

통계 분석상 측방압이 결손부 깊이에는 유의한 수준으로 영향을 미치지 못한 것으로 나타났으나, P mode에서는 0.5N에서 가장 큰 결손부 깊이를 보였고 S mode에서는 1.0N에서 가장 큰 결손부 깊이를 보이는 일관성이 나타났다. P mode에서 tip에 가해지는 power가 전반적으로 약하므로 측방압을 조금만 세게 가하더라도 tip의 운동이 영향을 받아 삭제력이 떨어지는 반면, S mode에서는 power가 강하므로 적정 측방압이 가해졌을 때 삭제력이 최대로 나타나는 것으로 사료된다.

종합해 보면 압전방식 초음파 스케일러에 스케일러형 tip을 사용하는 경우에 P mode에서는 power에 상관 없이 작은 측방압을 사용할 때 최대의 삭제력을 얻을 수 있으며, S mode에서는 적정 범위의 측방압을 가한 상태에서 power를 크게 할수록 삭제력이 증가하는 것을 알 수 있다. 압전방식 초음파 스케일러를 사용하여 환자를 치료할 때에는 초기 치주치료 혹은 SPT 등의 상황에 따라 적절한 기구 조작 조건

을 선택하여야 하는 바, 본 연구의 결과를 참조하면 기구 조작 조건 결정에서 도움을 얻을 수 있으리라 사료된다.

참고문헌

1. Löe H, Theilade E and Jensen SB. Experimental gingivitis in man. J Periodontol 1965;36:177-187.
2. Costerton JW, Stewart PS and Greenberg EP. Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. Science 1999;284:1318-1322.
3. Darveau RP, Tanner A and Page RC. The microbial challenge in periodontitis. Periodontol 2000 1997;14:12-32.
4. Socransky SS and Haffajee AD. Dental biofilms: difficult therapeutic targets. Periodontol 2000 2002;28:12-55.
5. Stende GW and Schaffer EM. A comparison of ultrasonic and hand scaling. J Periodontol 1961;32:312.
6. Gellin RG, Miller MC, Javed T, Engler WO and Mishkin DJ. The effectiveness of the Titan-S sonic scaler versus curettes in the removal of subgingival calculus: a human surgical evaluation. J Periodontol 1986;57:672-680.
7. Breininger DR, O'Leary TJ and Blumenshine RV. Comparative effectiveness of ultrasonic and hand scaling for the removal of subgingival plaque and calculus. J Periodontol 1987;58:9-18.
8. Caffesse RG, Alspach SR, Morrison EC and Burgett FG. Scaling and root planning with and without periodontal flap surgery. J Clin Periodontol 1986;13:205-210.
9. Buchanan SA and Robertson PA. Calculus removal by scaling/root planning with and without surgical access. J

- Periodontol 1987;58:159-163.
10. Matia JI, Bissada NF, Maybury JE and Riccetti P. Efficiency of scaling of the molar furcation area with and without surgical access. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1986;6:25-35.
 11. Fleischer HC, Mellonig JT, Brayer WK, Gray JL and Barnett JD. Scaling and root planning efficacy in multirooted teeth. *J Periodontol* 1989;60:402-409.
 12. Parashis AO, Anagnou-Vareltzides A and Demetriou N. Calculus removal from multirooted teeth with and without surgical access. I. Efficacy on external and furcation surfaces in relation to probing depth. *J Clin Periodontol* 1993;20:63-68.
 13. Zappa U, Smith B, Simona C, Graf H, Case D and Kim W. Root substance removal by scaling and root planning. *J Periodontol* 1991;62:750-754.
 14. Fogel HM and Pashley DH. Effect of periodontal root planning on dentin permeability. *J Clin Periodontol* 1993;20: 673-677.
 15. Fukazawa E and Nishimura K. Superficial cemental curtage: its efficacy in promoting improved cellular attachment on human root surfaces previously damaged by periodontitis. *J Periodontol* 1994;65:168-176.
 16. Kerry GJ. Roughness of root surfaces after use of ultrasonic instruments and hand curettes. *J Periodontol* 1967;38:340-346.
 17. Wilkinson RF and Maybury JE. Scanning electron microscopy of the root surface following instrumentation. *J Periodontol* 1973;44:559-563.
 18. Aleo JJ, De Renzis FA and Farber PA. In vitro attachment of human gingival fibroblasts to root surface. *J Periodontol* 1975;46:639-645.
 19. Nakib NM, Bissada NF, Simmelink JW and Goldstine SN. Endotoxin penetration into root cementum of periodontally healthy and diseased human teeth. *J Periodontol* 1982;53: 368-378.
 20. Checchi L and Pelliccioni GA. Hand versus ultrasonic instrumentation in the removal of endotoxins from root surfaces in vitro. *J Periodontol* 1988;59:398-402.
 21. Cheetham WA, Wilson M and Kieser JB. Root surface debridement - an in vitro assessment. *J Clin Periodontol* 1988; 15:288-292.
 22. Smart GJ, Wilson M and Davies EH. The assessment of ultrasonic root surface debridement by determination of residual endotoxin levels. *J Clin Periodontol* 1990;17: 174-178.
 23. Claffey N, Polyzois I and Ziaka P. An overview of non-surgical and surgical therapy. *Periodontol* 2000 2004;36: 35-44.
 24. Treter SC and Walmsley AD. Ultrasonic dental scaler: associated hazards. *J Clin Periodontol* 2003;30:95-101.
 25. Arabaci T, Çiçek Y and Çanakçı CF. Sonic and ultrasonic scalers in periodontal treatment: a review. *Int J Dent Hyg* 2007;5:2-12.
 26. Drisko CH. Root instrumentation: power-driven versus manual scalers, which one? *Dent Clin North Am* 1998;42: 229-244.
 27. Flemmig TF, Petersilka GJ, Mehl A, Hickel R and Klaiber B. The effect of working parameters on root substance removal using a piezoelectric ultrasonic scaler in vitro. *J Clin Periodontol* 1998;25:158-163.
 28. Young-kyoo Lee. Root surface roughness following mechanical instrumentation in vivo and in vitro SEM study. *J Korean Acad Periodontol* 1998;28:823-828.
 29. Young-kyoo Lee. The Effect of a Piezoelectric Ultrasonic Scaler with Curette Tip on Root Substitute Removal in Vitro. *J Korean Acad Periodontol* 2000;30:429- 441.
 30. Young-kyoo Lee. The Effect of a Piezoelectric Ultrasonic Scaler with Curette Tip on Casting Gold Removal in Vitro. *J Korean Acad Periodontol* 2001;31:531-542.
 31. http://www.jelenko.com/ENGLISH/alloy_spec/FIRMILAY-BOOK.pdf.
 32. Craig RG. *Restorative dental materials*, 9th ed. St. Louis: Mosby-Year Book, Inc.; 1993:89.
 33. Hildebrand CN and Morse DR. Periodontic-endodontic interrelationships. *Dent Clin North Am* 1980;24:797-812.
 34. Nyman S, Westfelt E, Sarhed G and Karring T. The role of diseased root cementum in healing following treatment of periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1988;15:464-468.

