

수술가이드를 이용한 무피판 임플란트 술식에서 임플란트 드릴링이 열발생에 미치는 효과

유지현¹ · 정승미^{2*} · 최병호² · 주상돈³

¹연세대학교 대학원 의학과, ²연세대학교 원주의과대학 원주기독병원 치과학교실, ³대구 예치과

The effect of guided flapless implant procedure on heat generation from implant drilling

Je-Hyeon Yoo¹, DDS, MSD, Seung-Mi Jeong^{2*}, DDS, PhD, Byung-Ho Choi², DDS, PhD, Sang-Don Joo³, DDS, PhD

¹Department of Medicine, Graduate School of Yonsei University, Seoul, South Korea,

²Department of Dentistry, Yonsei University Wonju College of Medicine, Wonju, South Korea

³Ye Dental Clinic, Daegu, South Korea

Purpose: The aim of this study was to evaluate the heat generation in bone *in vitro* during the guided flapless drilling procedure and the effect of drilling methods on the heat generation. **Materials and methods:** A model that has missing the first and second mandibular molars bilaterally was used. In group A, classical flap implant surgery was performed. In group B, flapless implant surgery using surgical guide was performed. In group C, flapless implant surgery using surgical guide without up-and-down pumping motion was performed. Temperature was measured with k-type thermocouple and a real-time digital thermometer. The thermocouples were placed at 0.5 mm away from the osteotomy area at the depths of 3 mm and 6 mm. The measured values were evaluated with independent t-test. **Results:** The mean temperature generated was 27.2 °C (SD ± 2.1 °C) and 27.5 °C (SD ± 2.3 °C) for groups A and B, respectively. These differences were not statistically significant. In group C, the mean temperature was 37.0 °C (SD ± 3.4 °C). There were statistically significant differences between groups B and C with respect to the mean temperature. **Conclusion:** These findings suggest that guided flapless drilling with up-and-down pumping motion may not significantly increase the bone temperature. (*J Korean Acad Prosthodont* 2013;51:11-9)

Key words: Dental implant; Flapless implant surgery; Up-and-down pumping motion; Drilling; Thermocouple; Surgical guide

서론

1970년대 Brånemark¹이 치과용 임플란트를 처음 개발하여 구강내 악골에 식립할 때 피판 임플란트 수술을 이용하였다. 피판 임플란트 수술은 치조정 치은에 절개를 가하고 골점막을 거상한 후 임플란트를 식립하는 방법이다. 현재도 많은 치과 의사들이 피판을 거상하는 술식을 사용하고 있다. 피판 임플란트 수술은 시술 후 여러 가지 합병증을 동반한다.^{2,3} 가장 흔한 합병증은 절개부위의 열개라고 보고된다.^{4,5} 즉, 피판을 거상하고 다시 봉합한 절개부위에 열개가 발생하는 것이다. 절개부

의 열개가 발생하면 염증반응이 심해지고 염증이 장기화되며 다량의 반흔을 남긴다. 또한 골막의 거상은 임플란트 주변에 골소실을 일으키고 통증과 부종을 야기한다.⁶⁻¹⁰ 최근에는 피판을 거상하지 않는 무피판 임플란트 수술이 소개가 되고 빈번하게 사용되기 시작하였다.¹¹ 이 수술은 골점막을 거상하지 않고 치조정에 최소한의 점막을 편칭한 후 임플란트를 식립하는 시술이다. 이런 무피판 임플란트 수술은 여러 가지 장점을 제공한다. 절개와 봉합하는 과정이 없기 때문에 임플란트 주변 점막의 치유가 빠르고 골막의 거상이 없어서 임플란트 주변 열구의 깊이가 줄어들고 더 적은 골소실을 일어나게 하며 임

*Corresponding Author: Seung-Mi Jeong

Department of Dentistry, Yonsei University Wonju Medical School,

162 Ilsan-dong, Wonju, Gangwondo, 220-701, South Korea

+82 33 741 1435; e-mail, smj3@yonsei.ac.kr

Article history: Received October 4, 2012 / Last Revision November 13, 2012 / Accepted November 29, 2012

© 2013 The Korean Academy of Prosthodontics

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

*이 논문은 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.

플란트 안정성을 증가시키는 것으로 알려져 있다.^{12,13}

무피판 임플란트 수술은 시술 시 골의 형태와 표면을 보지 않고 시행하기 때문에 일반적으로 수술가이드를 이용하여 시술하는 것을 권장한다. 이 수술가이드는 무피판 임플란트 수술의 장점을 모두 살리면서 치조골을 직접 보지 않고도 정확한 임플란트 식립을 가능하게 해준다. 수술가이드를 이용한 무피판 임플란트 수술은 치과용 컴퓨터 토모그래피(cone beam CT)와 임플란트 치료 계획 프로그램을 사용하여 임플란트 식립 위치와 방향을 결정하고 결정된 방향대로 임플란트를 식립할 수 있게 수술가이드를 제작하고 이 가이드를 이용하여 임플란트를 시술하는 방법이다.¹⁴ 이 방법을 사용함으로써 임플란트 술자는 수술 전 환자의 악골 형태를 삼차원적으로 평가할 수 있고 중요한 해부학적 구조물, 골량, 골밀도를 평가할 수 있다. 또한 최적의 보철물을 만들 수 있는 위치에 임플란트의 식립을 가능하게 해준다.¹⁵

수술가이드를 이용한 무피판 임플란트 수술의 단점 중 하나는 드릴링 시 주수가 골표면에 직접적으로 이루어지지 않는다는 점이다. 즉, 골점막을 거상하지 않기 때문에 주수가 점막에 의해 방해를 받고 수술가이드가 점막을 덮고 있어서 주수가 골내로 원활하게 이루어지는 것을 제한하므로 드릴링 시 골내 높은 열이 발생하고 이로 인하여 식립한 임플란트가 실패할 수 있는 것이다. 임플란트 수술 중 드릴링 과정에서 발생하는 열은 임플란트 성공과 직결되어 있다.¹⁶⁻²⁰ 치조골과 드릴의 마찰로 인한 열발생은 골내에 있는 분화된 또는 미분화된 세포를 괴사시켜 골유착 실패를 가져올 수 있다.^{21,22} 열은 충혈, 괴사, 섬유화, 골세포의 변성 그리고 증가된 파골세포의 활동으로 골조직의 전환활동(대사회전)을 손상시킨다고 보고되었다.²³⁻²⁵ 이전 연구들을 보면 56-70℃의 온도는 골조직에 유해하다고 발표하였는데 이러한 수준에서 알칼리성 인산가수 분해 효소가 변성되기 때문이다.²⁶⁻²⁹ 최근 Eriksson 등³⁰, Eriksson과 Albrektsson^{31,32}은 골조직이 예전에 믿었던 온도보다 열에 훨씬 더 민감하다고 보고하였다. 그들은 골조직이 44-47℃에서 1분 정도만 버티며 이를 넘길 경우 골재생에 손상이 일어날 수 있음을 실험으로 증명하였다. 지금까지 보고된 논문에 의하면 피판 임플란트 수술에서 수술가이드를 이용하는 경우 수술가이드

를 이용하지 않는 경우보다 드릴링 시 더 많은 열이 발생한다고 설명하고 있다.³³ 그러나 수술가이드를 이용한 무피판 임플란트 수술에서는 얼마나 높은 열이 발생되는지 보고된 논문이 없다. 또한 일반적으로 임플란트 드릴링은 핸드피스에 상하 수직 움직임으로 이루어지는데 이 방법을 사용할 경우 얼마나 열발생을 줄일 수 있는지에 관하여 보고된 논문도 없다. 그리하여 본 연구에서는 수술가이드를 이용한 무피판 임플란트 수술에서 임플란트 드릴링이 열발생에 미치는 효과와 더불어 드릴링 방법에 따른 온도 차이를 측정하고자 하였다.

연구 재료 및 방법

1. 실험 모델 제작

하악 양측 제 1 대구치와 제 2 대구치가 없는 실험 모델(MegaGen, Daegu, South Korea)을 9개 준비하였다(Fig. 1). 각각의 무치악 부위는 인조치근과 인조골로 구성되어 있다. 실험 모델에 적용된 가상골은 적절한 나무재질을 사용하여 Misch 골밀도 분류 D3에 해당하는 골질 및 골강도를 가지도록 제작하였다.³⁴ 또한 골상부를 덮는 치은을 재현하기 위해 실리콘으로 제작된 가상 치은을 만들었다(Fig. 2). 치은이 있는 모델을 사용함으로써 피판과 무피판 수술을 시행할 수 있게 하였다.

2. 수술가이드 제작

수술가이드는 positioning device를 이용하여 제작되었다. 수술가이드를 제작하기 위해 먼저 방사선 가이드(Fig. 3)를 제작하였다. 실험 모델을 Deguform® (Degudent, Frankfurt, Germany) 실리콘 인상재를 이용하여 복제한 후, 제 3형 경석고인 New Plastone® (GC, Tokyo, Japan)을 진공 혼합하여 실험용 모델의 복제 모형을 만들었다. 모형을 boxing하여 투명한 아크릴 레진을 부어 레진 템플레이트(resin template)를 만들고 제작된 레진 템플레이트를 모형에 장착한 상태에서 positioning device인 IPS® (Schutz Dental GmbH, Rosbach, Germany) 테이블 위에 모형을 올리고 영점(zero point) 위치를 잡았다. 영점 위치에서 티타늄 재질의 가이드핀



Fig. 1. Experimental Model.

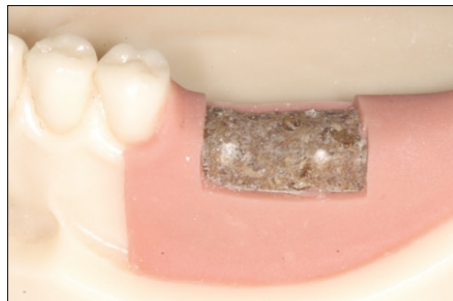


Fig. 2. Exposure of synthetic bone on the experimental model after removing synthetic gingiva.



Fig. 3. Radiographic stent.

(길이 10 mm, 두께 3 mm)을 임플란트를 식립할 부위마다 위치시키고 레진으로 고정하였다. 마지막으로 gutta-percha marker (직경 1 mm) 두 개를 레진 템플레이트에 표시하여 CT영상 분석 시에 기준점으로 사용할 수 있게 하였다.

제작한 방사선 가이드를 모델에 장착한 상태에서 cone beam computer tomography (CBCT) (Uni3D®, Vatech, HwaSung, South Korea)촬영을 하였다. CBCT 스캔을 한 결과인 DICOM 파일을 Simplant® (Materialise, Leuven, Belgium) 프로그램으로 옮기고 이 프로그램을 이용하여 최종 보철 수복물의 조건과 골형태를 고려하여 임플란트 위치를 결정하고(Figs. 4, 5) 결정된 임플란트 위치에 대한 x, y, z 좌표값을 구하였다.

영상에서의 x, y, z 좌표값대로 다시 IPS®를 이용하여 모델 상에서 위치를 찾고 그 위치에 금속 슬리브(metal sleeve)를 패턴 레진(Pattern Resin®, GC, Tokyo, Japan)으로 레진 템플레이트에 고정하였다. 이 과정을 식립하고자 하는 임플란트 각각에 대해 반복하였다. 최종적으로 완성된 수술가이드를 이용하여 온도 측정을 진행하였다(Fig. 6).

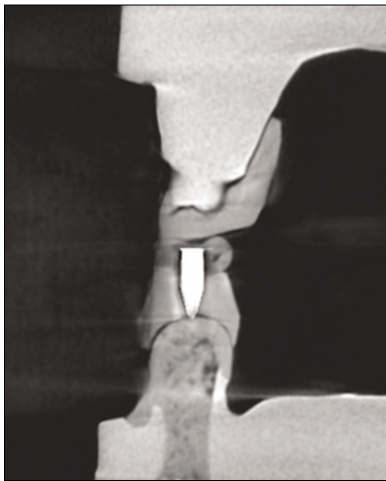


Fig. 4. Radiographic image of Cone Beam Computer Tomography with radiographic stent.

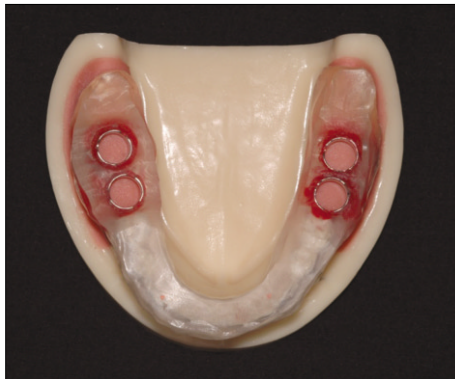


Fig. 6. Surgical guide.

3. 온도 측정

임플란트 드릴링 시 온도 측정은 thermocouple (Yokogawa, Tokyo, Japan)과 열전식 온도 기록계(Yokogawa, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다(Fig. 7). 온도 측정 위치는 최종 사용될 임플란트 드릴(직경 3.8 mm)의 경계부에서 0.5 mm 떨어진 부위에서 3 mm 깊이와 6 mm 깊이로 하였다(Fig. 8). 이를 위해 실험 모델에 온도 측정용 thermocouple을 삽입할 구멍을 뚫었다. 구멍의 크기는 0.9 mm 지름의 thermocouple이 들어가도록 만들었다. 구멍의 깊이 및 방향은 수술가이드의 제작에 사용되었던 IPS®를 이용하여 만들었다. 그리하여 수술가이드를 이용하여 임플란트 드릴링이 이루어질 경우 드릴 절단면에서 설측과 협측으로 0.5 mm 떨어진 곳 그리고 3 mm와 6 mm 깊이에서 온도 측정이 이루어지게 하였다. 온도 측정은 드릴링 할 때 thermocouple에 연결된 열전식 온도 기록계에서 실시간 그래프로 표시되게 하였다. 측정 온도 범위는 최저 20℃에서 최고 60℃로 설정하였다.

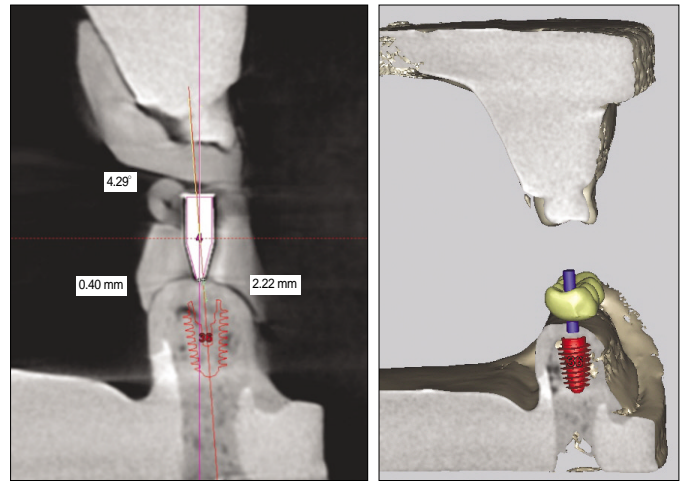


Fig. 5. Diagnostic images of implant location using Simplant®.



Fig. 7. Real-time digital thermometer (Yokogawa, Tokyo, Japan).

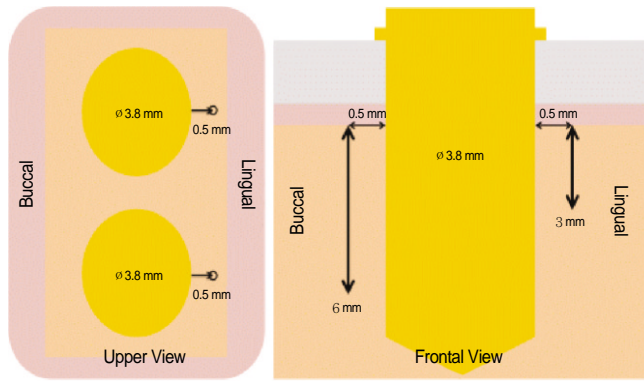


Fig. 8. Diagram showing the relationship between the location of thermocouples and implant drilling site. Thermocouples were located 0.5 mm away from the boundary of final implant drill (diameter 3.8 mm) and 3 mm lingual and 6 mm buccal, in depth.

4. 임플란트 드릴링

임플란트 드릴링은 동일한 술자가 진행하였으며 핸드피스 머리 부분에서 냉각수가 드릴 쪽으로 분사되는 외부 주수 체계를 가진 임플란트 핸드피스(Kavo, Biberach, Germany)를 사용하였고 엔진 속도는 1200 rpm, 토크는 2.5 N으로 설정하였다. 주수액은 냉장(3℃) 보관되었던 생리식염수를 사용하였다. 임플란트 수술에는 수술키트가 사용되었는데 positioning device로 제작된 수술가이드를 이용하여 수술이 가능하도록 제작된 Anyguide® (Megagen, Daegu, South Korea)가 사용되었다. 드릴링은 수술가이드의 슬리브(sleeve)를 따라 가이드 되면서 진행되었다.

a) 실험 A 군: 피판 거상 수술군

총 세 개의 모델에서 좌측과 우측 구치부에 두 개의 임플란트 수술을 진행하였다. 각 임플란트 수술 부위에서 협측과 설측 두 군데의 온도를 측정하여 세 개의 모델에서 총 24곳의 온도가 측정되었다(n=24). 첫 번째 실험군(실험 A군)은 모델에서 점막에 해당하는 부분을 거상하여 골 부위가 완전히 노출된 상태로 주위에서 충분한 주수가 이루어지는 가운데 지름 2.0, 2.9, 3.3, 3.8 mm 임플란트 드릴을 순서대로 사용하여 진행하였다. 수술가이드를 이용하여 드릴링의 위치와 방향을 조절하여 온도 측정을 위해 위치한 thermocouple에 정확히 0.5 mm 떨어진 곳에서 thermocouple과 평행하게 드릴링이 되도록 하였다. 이때 수술가이드의 옆면을 충분히 삭제하고 드릴링이 시작되어 종료될 때까지 옆에서 충분히 주수하여 수술가이드로 인한 주수의 방해가 없도록 하였고 드릴링 도중에 드릴과 치조골이 만나는 부위에 충분히 주수가 이루어지는 것을 확인하였다. 드릴링은 핸드피스를 총 4-5회 위아래로 움직이는 상하수직 움직임으로 진행하였고 일정 깊이 삭제 후 드릴을 수술가이드 외부로 완전히 빼낸 후 다시 골내 드릴링 하는 방법으로 최종 깊이 marker까지 드릴링을 하였다(Fig. 9).

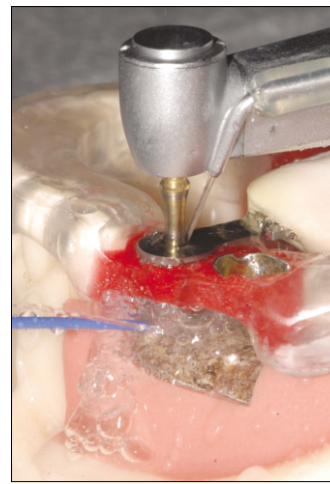


Fig. 9. Implant drilling for group A. For flap elevated group (A), implant drilling was done by opening the buccal side of the surgical guide in order for irrigation from the handpiece as well as additional external (syringe) irrigation to reach the drilling site effectively.

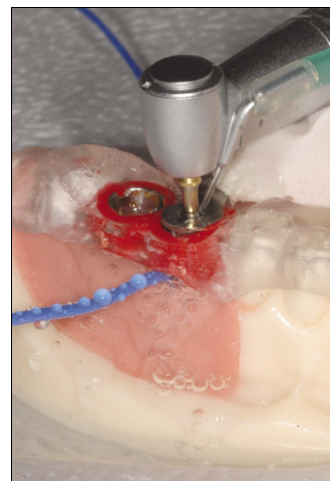


Fig. 10. Implant drilling for group B and C. For flapless implant groups (B and C) after the surgical guide was placed, implant drilling was carried out only using irrigation from the handpiece with and without up-and-down pumping motion, respectively.

b) 실험 B 군: 무피판 수술군

두 번째 실험군(실험 B군)도 총 세 개의 모델에서 좌측과 우측 구치부에 두 개의 임플란트를 식립하였고 각 임플란트 수술 부위에서 협측과 설측 두 군데의 온도를 측정하여 총 24곳의 온도가 측정되도록 하였다(n=24). 각 모델에서 점막에 해당하는 부분을 거상하지 않고 골 부위가 노출되지 않는 상태로 핸드피스에서 나오는 주수 외에 추가적인 주수 없이 지름 2.0, 2.9, 3.3, 3.8 mm 임플란트 드릴을 순서대로 사용하여 드릴링을 진행하였다. 드릴링은 수술 가이드를 사용하여 핸드피스를 위아래로 움직이는 상하수직 움직임으로 시행하였다(Fig. 10).

c) 실험 C 군: 상하수직 움직임 없이 드릴링을 한 무피판 수술군

마지막으로 세 번째 실험군(실험 C군)은 두 번째 실험군과 모두 동일한 방법으로 실험을 진행하였는데 단지 핸드피스를 위아래로 움직이는 상하수직 움직임 없이 드릴링을 시행하였다. 마찬가지로 총 세 개의 모델에서 좌측과 우측 구치부에 두 개의 임플란트 수술을 진행하였다. 각 임플란트 수술 부위에서 협측과 설측 두 군데의 온도를 측정하여 세 개의 모델에서 총 24곳의 온도가 측정되었다(n=24).

5. 결과 분석

실험 후 그래프 분석을 통해 나온 온도의 값을 이용하여 종속변수인 온도가 정규분포 하는지를 검정하기 위해 Kolmogorov-Smirnov test를 거쳐 정규분포함을 확인한 후 세 수술 방법 간의 평균 온도 차이를 검정하기 위해 independent t-test로 분석하였다.

결과

1. 피판과 무피판 수술시 발생하는 온도 비교

피판을 거상하고 드릴링을 한 수술군(실험 A군)에서는 최고 31.6℃와 최저 23.4℃를 나타냈으며 평균 온도는 27.2℃ (SD ± 2.1℃)를 보였다. 피판을 거상하지 않고 드릴링을 한 수술군(실험 B군)에서는 최고 32.5℃와 최저 23.4℃를 보였고, 평균 27.5℃ (SD ± 2.4℃)를 나타냈다(Fig. 11). 두 수술 방법 간 온도비교에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($P>.05$)(Table 1).

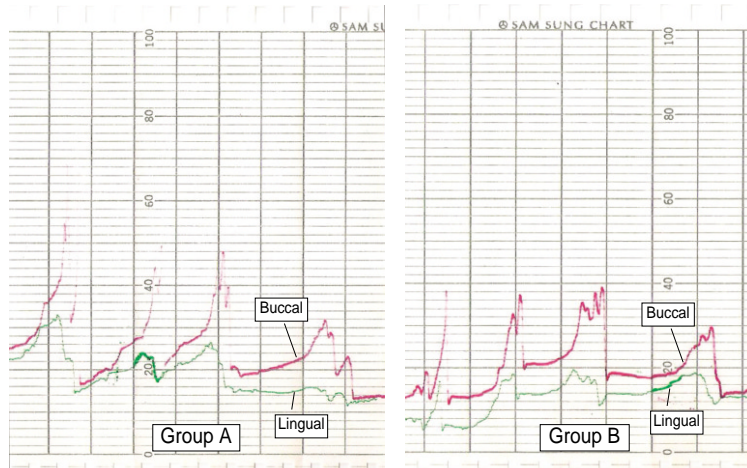


Fig. 11. Real-time temperature graph for group A and B.

Table 1. Statistical results for group A and B

	n	Mean	Standard deviation	95% CI		P-value
				Lower	Upper	
Flap (A)	48	27.2	2.1			
Flapless (B)	48	27.5	2.4	-0.6	1.2	.506

2. 상하 수직 움직임을 시행하지 않은 무피판 수술 시 발생하는 온도

수술가이드를 이용하여 무피판 수술시 상하 수직 움직임 없이 드릴링을 시행한 경우(실험 C군) 최고 온도는 46.0℃이었으며 최저 온도는 32.0℃를 나타냈고 평균온도는 37.0℃ (SD ± 3.5℃)을 보였다(Fig. 12). 이를 상하 수직 움직임으로 드릴링을 한 무피판 임플란트 수술군(실험 B군)과 비교 시 통계학적으로 유의한 온도 차이가 있었다($P<.001$)(Table 2).

고찰

본 실험의 주된 발견은 수술가이드를 이용하여 무피판 임플란트 수술 시 핸드피스를 위아래로 움직이는 상하 수직 움직임으로 드릴링을 시행하면(실험 B군) 피판을 거상하여 수술할(실험 A군) 때와 온도차이가 발생하지 않는다는 것이다. 이유는 상하 수직 움직임으로 드릴링을 시행하면 핸드피스 외부에서 주수되는 물이 드릴의 날을 따라 골이 삭제되는 심부까지

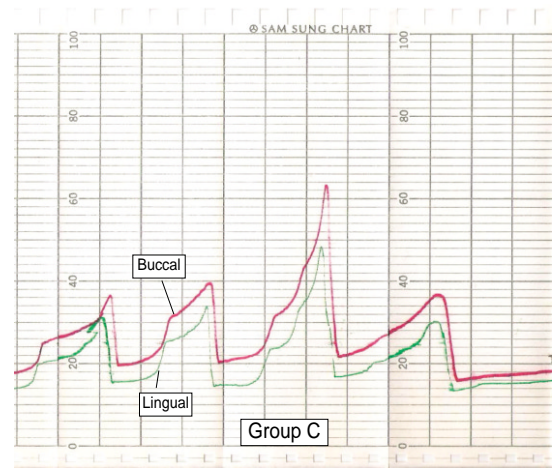


Fig. 12. Real-time temperature graph for group C.

Table 2. Statistical results for group B and C

	n	Mean	Standard deviation	95% CI		P-value
				Lower	Upper	
Flapless with Pumping (B)	48	27.5	2.4			
Flapless without Pumping (C)	48	37.0	3.5	-10.7	-8.3	<.001

도달하여 냉각 효과를 발휘한다. 더불어 상하 수직 움직임 없이 드릴링을 한 무피판 수술군에서(실험 C군) 드릴링 시 높은 온도 상승을 보였다. 점막을 거상하지 않고 수술가이드를 장착한 상태에서 드릴링 시 주수되는 물이 드릴링이 되는 깊은 부위까지 도달하기 위해서는 수술가이드에 위치해 있는 금속 슬리브의 좁은 통로 속으로 물이 통과해야 하고 점막 편지를 한 작은 입구로 물이 통과해야만 한다. 이를 위해서 핸드피스 상하 수직 움직임이 반드시 필요함을 본 실험을 통해서 알 수 있었다. 이 동작은 주수가 효과적으로 이루어지도록 도와 줄 뿐 아니라 동시에 골삭제가 되면서 내부에 형성되는 골잔 사들이 빠져 나오게 도와주어 열발생을 감소시키는 역할을 한다. 그러므로 수술가이드를 이용한 무피판 임플란트 수술 시 수술가이드나 치은점막이 외부 주수의 장벽으로 작용하여 적절한 주수가 이루어지지 않음을 우려하기보다는^{14,35} 적절한 상하 수직 움직임으로 드릴링이 이루어지도록 주의하여야 한다. 특히 개구범위가 제한된 환자에서 수술가이드를 이용하여 구치부 임플란트 수술 시에 상하 수직 움직임으로 드릴링이 이루어 질 수 없는 상황이 연출될 수 있다. 이런 경우 드릴링 시 드릴링이 되는 골내부로 주수되는 물이 도달하지 못하여 골내에 높은 온도 상승을 초래하고 이로 인해 골괴사를 유발할 수 있다.^{36,37} 그러므로 상하 수직 움직임으로 드릴링이 안 되는 경우 드릴링을 연속적으로 시행하지 말고 드릴링을 중단하면서 자주 골내로 냉각된 생리식염수를 뿌려 주어 드릴링 시 생긴 골잔사를 깨끗이 세척하면서 골내를 냉각시켜 열이 발생하지 않도록 주의하여야 한다. 골은 44-47℃에서 1분 정도 버티며 이를 넘길 경우 골괴사가 발생할 수 있다고 알려져 있다.³⁰⁻³²

Misir 등³³은 소뼈에서 수술가이드를 이용하여 드릴링을 한 실험에서 수술가이드의 사용이 유의성 있는 온도상승을 일으켰다고 보고하였는데 이는 본 실험의 결과와는 상반된다. 본 실험의 피판 거상 수술군에서 수술가이드를 이용하여 드릴링 시 수술가이드의 옆면을 충분히 삭제한 후 옆에서도 주수가 이루어지도록 하여 수술가이드 없이 드릴링을 하는 조건과 동일하게 주수가 이루어지도록 하였다. 이 경우 온도발생이 수술가이드를 이용한 무피판 수술과 차이가 없었다. 본 실험의 결과가 Misir 등의 실험 결과와 일치하지 않는 이유는 실험방법의 차이 때문인 것으로 사료된다. Misir 등은 드릴링 기계를 사용하여 일정한 힘과 방향으로 상하 수직 움직임 없이 연속적인 드릴링을 시행하였으나 본 실험에서는 손으로 직접 상하 수직 움직임을 허용하면서 드릴링을 진행하였다. Misir 등이 시행한 방법으로 본 실험에서도 상하 수직 움직임 없이 드릴링을 연속적으로 하방으로 진행한 경우에는 Misir 등의 실험결과와 동일한 결과를 얻었는데 이는 실험 C군에서 보여주듯이 수술가이드의 이용으로 인한 높은 온도상승을 야기하는 결과를 얻었다.

드릴링 시 주수방법에는 외부 주수와 내부 주수가 있다.³⁸ 외부 주수는 핸드피스의 머리 부분에서 냉각수가 드릴 쪽으로 분사되는 방법이고 내부 주수는 드릴의 내부로 냉각수가 흘러

들어가 드릴 외부로 분사되는 방법이다. 내부 주수 방법은 1974년 Huhule가 제안한 방법으로 외부 주수 방법보다 더 효과적으로 드릴과 골이 접촉하는 부위로 냉각수를 공급할 수 있다고 발표하였다. 또한 이 방법은 임플란트 드릴의 날에 골세편이 막히는 것을 방지해 골와동 깊이와 상관없이 계속해서 드릴의 날카로움을 유지되게 하여 효과적인 골삭제가 이루어져 온도 상승을 예방한다고 하였다. 이러한 주장은 Kirschner 등과 Schmitt 등에 의해 뒷받침 되었다. 반면 Berington 등³⁹은 드릴링 시 외부 주수를 사용하여도 골에 아무런 열적 손상을 주지 않으며 열로 인한 골 손상을 방지하기 위해 꼭 내부 주수방법을 사용할 필요가 없다고 발표하였다. 또한 드릴링 시 내부 주수가 나오는 구멍이 종종 골세편으로 막히게 되어 오히려 이로 인한 온도상승을 일으킬 수 있고 골삭제 도중에 골내에서 드릴의 회전이 정지되는 경우가 발생할 수 있다고 보고하였다. 본 실험에서는 일반적으로 사용되는 외부 주수 방법을 사용하였다. 개구범위가 작아 상하 수직 움직임으로 드릴링을 할 수 없는 환자를 드릴링 할 시에는 내부 주수방법이 드릴링이 되는 골내부로 냉각수를 공급할 수 있는 방법으로 여겨진다. 앞으로 수술가이드를 이용한 무피판 임플란트 수술에서 외부 또는 내부 주수 방법에 따른 온도발생에 관한 연구가 필요하리라 사료된다.

본 실험에서 사용된 실험 모델의 골질은 Misch 골밀도 분류 D3의 골밀도를 가진다.⁴⁰ 골밀도는 드릴링 시 온도 상승을 일으키는 주된 요인 중 하나다. Yacker와 Klein⁴¹은 드릴링 시 망상골에서보다 피질골에서 높은 온도 상승을 일으킨다고 보고하였다. 골밀도가 높으면 드릴의 절삭력이 떨어지게 되고 이로 인하여 술자는 드릴 회전 속도를 높이게 되며 더불어 드릴에 강한 힘을 주게 된다. 드릴에 힘이 들어가고 드릴의 회전 속도가 빠르게 되면 결국 열자극 및 기계적 자극으로 골손상이 일어날 수 있는 가능성을 높인다. 그러므로 추후에는 높은 골밀도(D1)의 모델을 제작하여 수술가이드를 이용한 무피판 임플란트 수술에서 온도 상승을 관찰하는 실험이 필요하리라 사료된다.

본 연구는 플라스틱 치아모델을 이용한 *in vitro* 실험이었다. 동물의 뼈를 이용하여 실험 모델을 만드는데 어려움이 있었다. 그 이유는 무치악의 치은을 가진 동물의 턱뼈를 구하는데 어려움이 있었기 때문이다. 그리하여 본 연구의 실험 모델을 제작하기 위해 플라스틱 치아모델에서 무치악 부위의 골 부위를 D3의 골밀도를 가지는 골대체 재질로 채우고 실리콘으로 치은을 재현하였다. 생체 실험 모델과 본 연구에서 사용된 실험 모델은 수분함량과 체액 흐름^{29,34}, 열전도율⁴² 그리고 골밀도와 세포질에³⁸ 큰 차이가 있다. 혈류가 없는 상태에서 진행되는 실험은 혈류가 원활히 흐르는 인체의 골에서보다 더 높은 온도 상승을 보이게 된다. 본 연구에서 수술가이드를 이용한 무피판 수술에서 드릴링 시 발생한 최고 온도는 32.5℃이었으며, 이 온도는 골괴사를 일으킬 수 있는 온도가 아니었다. 특히 혈류가 흐르는 인체의 치조골에서 진행될 경우에는 이 보다 더 낮은 온도를 보이게 되므로 드릴링 시 발생하는 온도가 골괴사를 일으키지 않는 온도임을 간접적으로 증명할 수 있었다.

마지막으로 드릴링 시 발생하는 온도 측정은 주로 두 가지 방법이 사용되어 왔다.^{39,43,44} 적외선 열온도계를 이용하는 방법과 thermocouple을 이용하는 방법이다. 적외선 열온도계를 이용하는 방법은 생체 외뿐 아니라 생체 내에서의 온도변화를 측정할 수 있지만 측정부위에 물이 있는 경우 특히 다량의 물이 주수되는 본 실험 조건에서는 온도 차폐 효과를 나타내므로 온도 측정함에 있어 오차가 발생할 수 있다. 그리하여 본 연구에서는 적외선 열온도계보다 thermocouple을 이용하여 온도 측정을 시행하였다.

결론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 수술가이드를 이용하여 무피판 임플란트 수술 시에 핸드 피스를 위아래로 움직이는 상하 수직 움직임으로 드릴링을 시행하면 피판을 거상하여 시술할 때와 온도차이가 발생하지 않는다.
2. 수술가이드를 이용하여 무피판 임플란트 수술 시 상하 수직 움직임 없이 드릴링을 시행하면 드릴링 시 높은 온도 상승을 보인다.
3. 수술가이드를 이용하여 무피판 임플란트 수술 시 외부 주수 방법으로도 상하 수직 움직임으로 드릴링이 이루어지면 골내 냉각 효과를 얻을 수 있다.

참고문헌

1. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, Ohman A. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1977;16:1-132.
2. Misch K, Wang HL. Implant surgery complications: etiology and treatment. *Implant Dent* 2008;17:159-68.
3. McDermott NE, Chuang SK, Woo VV, Dodson TB. Complications of dental implants: identification, frequency, and associated risk factors. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:848-55.
4. Park SH, Wang HL. Implant reversible complications: classification and treatments. *Implant Dent* 2005;14:211-20.
5. Greenstein G, Cavallaro J, Romanos G, Tarnow D. Clinical recommendations for avoiding and managing surgical complications associated with implant dentistry: a review. *J Periodontol* 2008;79:1317-29.
6. Rahman AU, Rehman TU, Qureshi I, Hashim M, Warris N, Mateen S. Pre surgical perception of pain, post surgical pain and its management for patients undergoing dental implant therapy. *J Pak Dent Assoc* 2012;21:5-11.
7. Jaffin RA, Kumar A, Berman CL. Immediate loading of implants in partially and fully edentulous jaws: a series of 27 case reports. *J Periodontol* 2000;71:833-8.
8. Canullo L, Fedele GR, Iannello G, Jepsen S. Platform switching and marginal bone-level alterations: the results of a randomized-controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:115-21.
9. Cannizzaro G, Leone M, Consolo U, Ferri V, Esposito M. Immediate functional loading of implants placed with flapless surgery versus conventional implants in partially edentulous patients: a 3-year randomized controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:867-75.
10. Van der Zee E, Oosterveld P, Van Waas MA. Effect of GBR and fixture installation on gingiva and bone levels at adjacent teeth. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:62-5.
11. Brodala N. Flapless surgery and its effect on dental implant outcomes. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:118-25.
12. Jeong SM, Choi BH, Kim J, Xuan F, Lee DH, Mo DY, Lee CU. A 1-year prospective clinical study of soft tissue conditions and marginal bone changes around dental implants after flapless implant surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;111:41-6.
13. Becker W, Wikesjö UM, Sennerby L, Qahash M, Hujuel P, Goldstein M, Turkyilmaz I. Histologic evaluation of implants following flapless and flapped surgery: a study in canines. *J Periodontol* 2006;77:1717-22.
14. Azari A, Nikzad S. Flapless implant surgery: review of the literature and report of 2 cases with computer-guided surgical approach. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:1015-21.
15. Sudbrink SD. Computer-guided implant placement with immediate provisionalization: a case report. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:771-4.
16. Brisman DL. The effect of speed, pressure, and time on bone temperature during the drilling of implant sites. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:35-7.
17. Kerawala CJ, Martin IC, Allan W, Williams ED. The effects of operator technique and bur design on temperature during osseous preparation for osteosynthesis self-tapping screws. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;88:145-50.
18. Harris BH, Kohles SS. Effects of mechanical and thermal fatigue on dental drill performance. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:819-26.
19. Sener BC, Dergin G, Gursoy B, Kelesoglu E, Slih I. Effects of irrigation temperature on heat control in vitro at different drilling depths. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:294-8.
20. Ercoli C, Funkenbusch PD, Lee HJ, Moss ME, Graser GN. The influence of drill wear on cutting efficiency and heat production during osteotomy preparation for dental implants: a study of drill durability. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:335-49.
21. Brånemark PI, Zarb GA, Albrektsson T. *Tissue-Integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry*. Chicago, IL, Quintessence pub., 1985, p. 129-43.
22. Chacon GE, Bower DL, Larsen PE, McGlumphy EA, Beck FM. Heat production by 3 implant drill systems after repeated drilling and sterilization. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64:265-9.
23. Collins DH. Structural changes around nails and screws in human bones. *J Pathol* 1953;65:109-21.
24. Moss RW. Histopathologic reaction of bone to surgical cutting. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1964;17:405-14.
25. Lavelle C, Wedgwood D. Effect of internal irrigation on frictional heat generated from bone drilling. *J Oral Surg* 1980;38:499-503.
26. Matthews LS, Hirsch C. Temperatures measured in human cortical bone when drilling. *J Bone Joint Surg Am* 1972;54:297-308.

27. Ludwig R. Temperaturmessungen beim Knochensagen (thesis). Gissen: Univ. of Gissen, 1972.
28. Rhinelander FW, Nelson CL, Stewart RD, Stewart CL. Experimental reaming of the proximal femur and acrylic cement implantation: vascular and histologic effects. *Clin Orthop Relat Res* 1979;(141):74-89.
29. Berman AT, Reid JS, Yanicko DR Jr, Sih GC, Zimmerman MR. Thermally induced bone necrosis in rabbits. Relation to implant failure in humans. *Clin Orthop Relat Res* 1984;(186):284-92.
30. Eriksson A, Albrektsson T, Grane B, McQueen D. Thermal injury to bone. A vital-microscopic description of heat effects. *Int J Oral Surg* 1982;11:115-21.
31. Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent* 1983;50:101-7.
32. Eriksson RA, Albrektsson T. The effect of heat on bone regeneration: an experimental study in the rabbit using the bone growth chamber. *J Oral Maxillofac Surg* 1984;42:705-11.
33. Misir AF, Sumer M, Yenisey M, Ergioglu E. Effect of surgical drill guide on heat generated from implant drilling. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:2663-8.
34. Rogers HJ, Weidmann SM, Parkinson A. Studies on the skeletal tissues. II. The collagen content of bones from rabbits, oxen and humans. *Biochem J* 1952;50:537-42.
35. Darzi A, Mackay S. Recent advances in minimal access surgery. *BMJ* 2002;324:31-4.
36. Esposito M, Grusovin MG, Maghaireh H, Coulthard P, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: management of soft tissues for dental implants. *Cochrane Database Syst Rev* 2007;(3):CD006697.
37. Holst S, Blatz MB, Eitner S. Precision for computer-guided implant placement: using 3D planning software and fixed intraoral reference points. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:393-9.
38. Haider R, Watzek G, Plenck H. Effects of drill cooling and bone structure on IMZ implant fixation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:83-91.
39. Benington IC, Biagioni PA, Crossey PJ, Hussey DL, Sheridan S, Lamey PJ. Temperature changes in bovine mandibular bone during implant site preparation: an assessment using infra-red thermography. *J Dent* 1996;24:263-7.
40. Misch CE. Density of Bone: Effects on surgical approach and healing, In: *Contemporary Implant Dentistry*. 3rd ed. St. Louis, MO: Mosby; 2008, p. 645-67.
41. Yacker MJ, Klein M. The effect of irrigation on osteotomy depth and bur diameter. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:634-8.
42. Vachon RL, Walker FJ, Walder DF, Nex GH. In vivo determination of thermal conductivity of bone using the thermal comparator technique. In: Jacobson B (ed). *Digest of the Seventh International Conference of Medical and Biological Engineering*. Stockholm; 1967. p. 502.
43. Watanabe F, Tawada Y, Komatsu S, Hata Y. Heat distribution in bone during preparation of implant sites: heat analysis by real-time thermography. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1992;7:212-9.
44. Eriksson RA, Adell R. Temperatures during drilling for the placement of implants using the osseointegration technique. *J Oral Maxillofac Surg* 1986;44:4-7.

수술가이드를 이용한 무피판 임플란트 술식에서 임플란트 드릴링이 열발생에 미치는 효과

유지현¹ · 정승미^{2*} · 최병호² · 주상돈³

¹연세대학교 대학원 의학과, ²연세대학교 원주의과대학 원주기독병원 치과학교실, ³대구 예치과

연구 목적: 본 연구에서는 수술가이드를 이용한 무피판 임플란트 술식에서 임플란트 드릴링이 열발생에 미치는 효과를 측정하였으며 드릴링 방법에 따른 온도 차이를 측정하고자 하였다.

연구 재료 및 방법: 하악 양측 제 1 대구치와 제 2 대구치가 없는 실험 모델에서 피판을 거상하는 임플란트 수술(실험 A군)과 수술가이드를 이용한 무피판 임플란트 수술(실험 B군), 그리고 핸드피스 상하 수직 움직임을 제한한 후 수술가이드를 이용하여 무피판 임플란트 수술(실험 C군)을 각각 진행하여 온도 측정을 하였다. 임플란트 드릴링 시 온도 측정은 thermocouple과 열전식 온도 기록계(Yokogawa, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 온도 측정 위치는 최종 임플란트 드릴(직경 3.8 mm)의 경계부에서 0.5 mm 떨어진 곳에서 3 mm 깊이(설측)와 6 mm 깊이(협측)로 하였다. 측정된 온도 값을 이용하여 종속변수인 온도가 정규분포 하는지를 검정하기 위해 Kolmogorov-Smirnov test를 거쳐 확인한 후 세 수술 방법 간의 평균 온도 차이를 검정하기 위해 independent t-test로 분석하였다.

결과: 피판을 거상하고 드릴링을 한 수술군(실험 A군)에서 평균 온도는 27.2°C ($\text{SD} \pm 2.1^{\circ}\text{C}$)를 보였고 피판을 거상하지 않고 드릴링을 한 수술군(실험 B군)에서 평균 27.5°C ($\text{SD} \pm 2.3^{\circ}\text{C}$)를 나타냈다. 이들 두 수술 방법 간 온도비교에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 수술가이드를 이용하여 무피판 수술 시 상하 수직 움직임(up-and-down pumping motion)이 없이 드릴링을 시행한 수술군(실험 C군)에서 평균온도는 37.0°C ($\text{SD} \pm 3.4^{\circ}\text{C}$)을 보였다. 이를 상하 수직 움직임으로 드릴링을 한 무피판 임플란트 수술군(실험 B군)과 비교 시 통계학적으로 유의한 온도 차이를 보였다.

결론: 수술가이드를 이용하여 무피판 임플란트 수술 시 핸드피스를 상하 수직 움직임으로 드릴링을 시행하면 피판을 거상하여 수술할 때와 온도차이가 발생하지 않으나, 상하 수직 움직임 없이 드릴링을 시행하면 드릴링 시 높은 온도 상승을 보인다. (대한치과보철학회지 2013;51:11-9)

주요단어: 치과 임플란트; 무피판 임플란트 수술; 상하 수직 움직임; 드릴링; Thermocouple; 수술가이드

*교신저자: 정승미

220-701 강원도 원주시 일산로 20(일산동) 연세대학교 원주의과대학 원주기독병원 치과학교실

033-741-1435 : email, smj3@yonsei.ac.kr

원고접수일: 2012년 10월 4일 / 원고최종수정일: 2012년 11월 13일 / 원고채택일:

2012년 11월 29일

© 2013 대한치과보철학회

© 이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.