

개선된 드릴 디자인을 적용한 간소화된 드릴링 과정에 관한 연구

부산대학교 의학전문대학원 의공학과, 부산대학교 치의학전문대학원 보철학교실²

윤지훈¹, 전계록¹, 윤미정², 허중보², 정창모^{2*}

ABSTRACT

A study on simplified procedure of enhanced designed implant drill

Department of Biomedical Engineering School of Medicine¹,
Department of Prosthodontics School of Dentistry Pusan National University Pusan²
Ji-Hoon Yoon¹, Gye Rok Jeon¹, Mi-Jung Yun², Jung-Bo Huh², Chang Mo Jeong^{2*}

Purpose : The objective of this research was to develop a more simplified drilling procedure with an enhanced implant drill. **Materials and Methods :** The drill enhanced design factors enabled implantation of Dia. 5.0mm fixture with only 2 times drilling which is more simplified drilling procedure. The enhanced drill was designed with 2 flutes, 2-phase or 3-phase formed drill tip and 25 degrees of helix angle. The proposed drilling procedure (2 times) was compared with a general drilling process (4 times) in terms of temperature changes, cutting time and ISQ value. **Results :** The simplified drilling procedure indicated less heat than a conventional drilling procedure ($p<0.05$). The enhanced drill showed significantly shorter drilling time than a conventional drill ($p<0.05$). On the other hand, higher insertion torque and ISQ value were observed on the the suggested drilling procedure than the conventional drilling procedure ($p<0.05$). **Conclusion :** A simplified drilling procedure with the newly designed drill could provide higher effectiveness and safety of dental implant operations under properly controlled external conditions, such as irrigation and RPM of drilling.

Key words : drill design, simplified drilling procedure, heat generation, cutting efficiency, initial stability

Corresponding Author

Chang-Mo Jeong

Professor, Department of Prosthodontics, College of dentistry, Pusan National University, Beom-eo Li, Mul-geum eup, Yangsan si, 626-770, Korea

Tel : +82-55-360-5130, Fax : +82-55-360-5134, E-mail : cmjeong@pusan.ac.kr

본 연구는 2015년도 부산대학교 치과병원 임상연구비 지원으로 이루어졌음.

I. 서론

치과 임플란트 기술을 받은 환자는 신체적, 정신적 그리고 사회적 능력 등의 영역에서 모두 향상된 결과를 보였다¹⁾. 이러한 장점들로 인해 인체의 골조직과 생물학적인 골유착을 이용한 치과용 임플란트 기술은 장기간 성공적 예후를 보이며 보편적인 치료 방법으로 자리잡고 있다. 급성장하고 있는 국내 및 해외시장 현황과 세계 최고 수준의 진료 기술 및 생산 수준을 고려하면²⁾ 치과용 임플란트 분야는 세계 시장 진출 및 활성화가 기대되는 산업이며 시장 선도를 위한 관련 연구가 필요할 것으로 생각된다. 임플란트 시스템 선호도의 기준은 임상에서의 편의성으로 바뀌어 가고 있으며³⁾, 차별화된 기술 방법의 개발은 치과 임플란트 시장의 향후 주요 과제가 될 것으로 생각된다.

일반적으로 임플란트 식립을 위해 사용되는 방법은 국소마취 하에 치조정 절개를 시행하고 전층 판막을 거상 한 후, 제조사가 추천하는 방법에 따라 식립 공간을 확보하고 나사 형태의 임플란트를 회전하여 식립한 후 치유과정을 거쳐 골유착이 이루어지면 보철 과정을 시행한다. 일반적으로 식립 공간을 확보하는 방법은 순차적 드릴링에 의해 확공하도록 권장되고 있다³⁻⁶⁾. 이러한 드릴링 과정은 임플란트 직경에 따라 최대 4회에서 8회까지 진행되며 이로 인한 시술 시간 증가에 따른 치과 의사 및 환자에게 불편함을 증가 시킬 수

있다. 또한 시술 기구 수 증가로 인한 세척, 멸균, 보관 등의 유지 관리 어려움 및 비용 증가 등의 문제를 야기하고 있다⁷⁾. 절삭이 원활하고 골의 열 손상이 없으며 초기 안정성 획득이 가능한 간소화된 드릴링 과정이 개발된다면 치과 의사 및 환자에게 편의성을 제공하고 기구 수 감소에 따른 비용 감소 효과를 기대할 수 있다. 본 연구에서는 개선된 드릴을 이용한 간소화된 드릴링 과정과 기존 과정의 열 발생, 절삭 성능 및 초기 안정성을 비교하여 안전성 및 유효성을 평가하였다.

II. 연구재료 및 방법

2.1 연구재료

본 연구에서는 기존 드릴링 과정과 간소화된 과정의 안전성 및 유효성을 비교하고자 하였고 실험에 필요한 재료는 골 모형, 임플란트, 드릴 등이다. 실험에 사용되는 골 모형은 골밀도가 균일하여 실험의 편차를 줄일 수 있는 골밀도가 D1에 해당 되는 모형골 (Sawbone, Pacific Research Laboratories Inc, Vashon, WA, USA)을 사용하였다. 실험 특성에 맞게 열 발생시험에서는 두께는 7mm로 하여 균일한 초기 온도분포를 갖도록 하였고, 절삭 성능 및 초기 안정성 시험에는 블록형태를 사용하였다(Fig. 1). 드릴링 과정은 임플란트의 직경이 클수록 복잡하고 많아

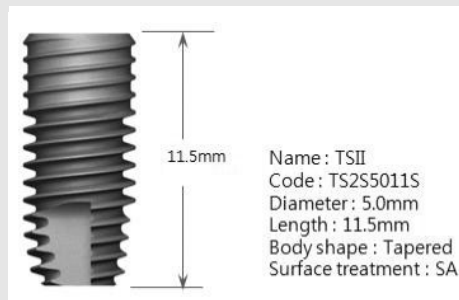


Fig. 1. Dental implant used in drilling procedure simplification.

지며, 통상적으로 사용되는 임플란트 중 가장 큰 직경인 5.0mm TSII 임플란트 (TS2, TS2S5011S, OSSTEM IMPLANT Co., LTD., Seoul, Korea)를 사용하였다(Fig. 2). 기존 드릴링 과정은 제조사에서 권장하는 2.0mm부터 순차적으로 3.0mm, 3.8mm, 4.6mm까지 확공 하도록 구성하였다. 기존 드릴에 적용된 주요 디자인 요소는 홈의 개수가 2개 또는 3개였으며 선단부 형상은 직선형이고 절삭부가 하나이고 비틀림 각은 15°이다. 간소화된 드릴링 과정은 식립 위치 및 방향 수정을 고려하여 3.0mm와 4.6mm 드릴을 순차적으로 사용되도록 구성했다. 간소화된 드릴링 과정에 적용된 드릴은 홈의 개수가 2개이고 절삭부가 계단식으로 배치된 다단 형태의 선단부를 가지며 비틀림 각을 25°로 적용하였

다 (Table. 1).

2.2 연구방법

골 천공과정에서 안전성 및 유효성 관련 항목은 열 발생, 절삭 성능 그리고 초기 안정성 등이다. 열 발생 시험에서는 드릴링 전후의 인조 골의 온도 변화를 측정하였고 간소화된 드릴링 과정과 일반 드릴링 과정에서 가장 큰 온도 변화를 보인 실험군 간의 비교를 통해 안전성을 입증 하고자 하였다. 동일한 드릴링 조건을 구현하기 위해 드릴링 및 식립 장치 (Drilling and implanting machine, OSSTEM IMPLANT., Seoul, Korea)를 사용하여 드릴링 깊이, 회전수, 드릴 이송속도, 주수 등을 제어하여 실험조건을 동일하게 하였다(Fig 3). 온도측정에는 적외선 열화상 카메라

Table 1. Characteristics of experimental drills for drilling procedure simplification



| Drill | Diameter | Point angle | Helix angle | No. of flute | Drill tip shape |
|----------------|----------|-------------|-------------|--------------|-----------------|
| General Drill | C20 | 2.0mm | 118° | 2 | Straight |
| | C30 | 3.0mm | 118° | 3 | Straight |
| | C38 | 3.8mm | 118° | 3 | Straight |
| | C46 | 4.6mm | 118° | 3 | Straight |
| Enhanced drill | S30 | 3.0mm | 118° | 2 | 2-phase |
| | S46 | 4.6mm | 118° | 2 | 3-phase |

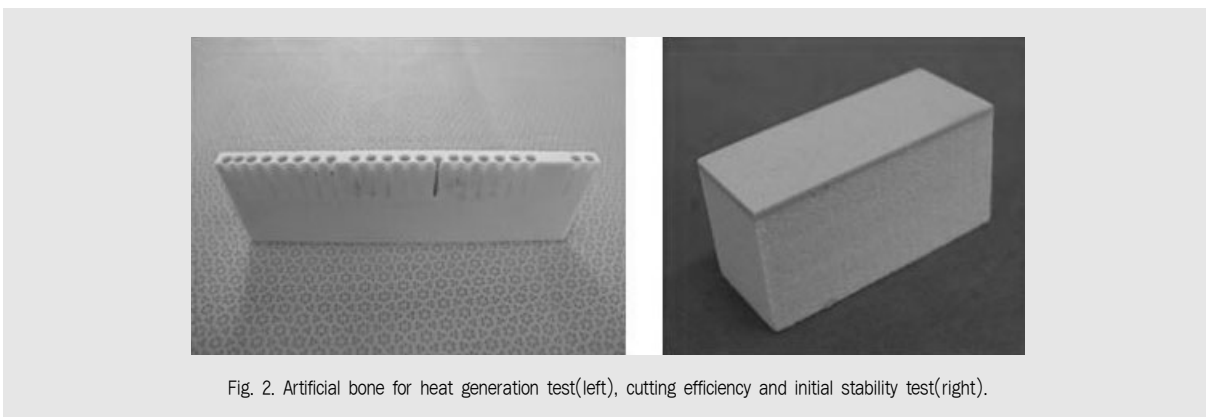


Fig. 2. Artificial bone for heat generation test(left), cutting efficiency and initial stability test(right).

라 (TVS-200EX, NEC Inc., Tokyo, Japan)를 이용하였고, 제조사 권장 조건인 측정 표면에서 20cm 떨어진 곳에 설치하였다. 실험군당 5개씩 측정하였고 온도 측정은 드릴링 홀과 0.3mm 떨어진 표면의 온도를 측정하였다. 절삭성능을 상대 비교하기 위해 절삭시간을 측정하여 비교하였고 간소화된 드릴링 과정과 일반 드릴링 과정에서 가장 긴 절삭 시간을 나타낸 실험군 간의 비교를 통해 유효성을 입증하고자 하였다. 드릴의 회전수를 1200rpm으로 하고, 드릴에 10 N으로 일정하게 힘을 가하여 15mm 깊이에 도달될 때까지 시간을 측정하였고 실험군당 5개씩 반복하였다. 초기 안정성을 상대 비교하기 위해 실험 조건별로 드릴링 후에 25rpm 속도로 임플란트를 식립하고 Osstell Mentor™ (Osstell AB, Gothen

burg, Sweden)를 이용하여 실험군당 5개씩 ISQ값을 측정하였다. 온도 변화와 절삭시간은 일원배치 분산분석법 (one-way ANOVA)을 실시하고 Tukey test를 이용하여 사후 검정하였다. ISQ 값의 유의차는 이표본 t-test를 이용하여 평균차이를 검정하였다. 잔차에 대해 정규성 및 등분산성을 검토하여 검정 결과의 타당성을 확인하였다. 통계분석에는 Minitab 14.0을 사용하였고 유의수준은 0.05를 적용하였다.

III. 연구결과

평균 온도 변화에 대한 일원분산 분석 결과 (Table 2), S46군이 2.46°C로 모든 실험군 중에서 온도변화

Table 2. Mean temperature changes and SDs in study of drilling procedure simplification

| Group | n | Initial temperature(°C) | Temperature changes (°C) | Normal probability | *Tukey grouping |
|-------|---|-------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------|
| C20 | 5 | 36.66 ± 0.19 | 75.40 ± 2.85 | 0.64 | D |
| C30 | 5 | 36.71 ± 0.30 | 12.52 ± 0.53 | 0.78 | C |
| C38 | 5 | 36.23 ± 0.33 | 11.24 ± 0.76 | 0.86 | C |
| C46 | 5 | 36.56 ± 0.15 | 7.36 ± 0.62 | 0.87 | B |
| S30 | 5 | 36.47 ± 0.18 | 11.42 ± 1.01 | 0.70 | C |
| S46 | 5 | 36.34 ± 0.22 | 2.46 ± 0.51 | 0.61 | A |

*Group with the same letters are not significantly different (p>0.05).

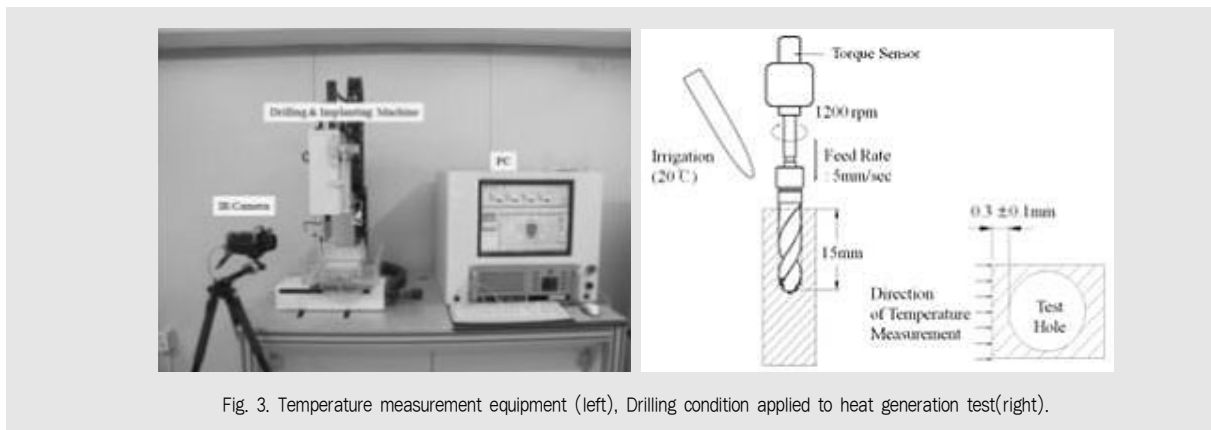


Fig. 3. Temperature measurement equipment (left), Drilling condition applied to heat generation test(right).

가 유의하게 가장 낮게 나타났고 ($p < 0.05$), C46군, C38군, S30군, C30군, C20군 순이었고, C38군과 S30군 그리고 C30군 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p = 0.051$). 새로 고안된 실험군의 가장 큰 온도 변화를 나타낸 실험군은 S30군 (11.42°C)이었고, 일반드릴을 이용한 실험군중 가장 높게 나타난 C20군(75.40°C)보다 낮은 온도 변화를 나타냈다. 모든 실험군에서 피질골층의 온도는 낮게 나타났고 해면골층의 온도가 높게 나타나는 경향을 보였고, 최대온도는 드릴링 깊이가 13mm에서 14.5mm 사이에서 나타났다(Fig. 4).

모든 실험군에서 절삭시간에 대한 일원분산 분석 결

과(Table 3), S46군이 1.46 초로 모든 실험군 중에서 절삭시간이 유의하게 가장 짧게 나타났고 ($p < 0.05$), S30군, C30군, C46군, C38군, C20군 순으로 나타났고 모든 실험군간의 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$). C30군, C46군 그리고 C38군 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 새로 고안된 실험군의 가장 긴 절삭시간을 나타낸 실험군은 S30군(3.1 초)이었고, 일반드릴을 이용한 실험군 보다 짧은 절삭 시간을 나타냈다($p < 0.05$).

기존 드릴링 과정과 간소화된 드릴링 과정의 ISQ 값을 이표본 t-test로 분석한 결과(Table 4), 간소화된 드릴링 과정(73.44)이 일반 드릴을 이용한 과정

Table 3. Mean cutting time and SDs of drilling procedure simplification

| Group | n | Cutting time (sec) | Normal probability | *Tukey grouping |
|-------|---|--------------------|--------------------|-----------------|
| C20 | 5 | 5.48 ± 0.19 | 0.87 | E |
| C30 | 5 | 3.44 ± 0.21 | 0.72 | C |
| C38 | 5 | 3.78 ± 0.19 | 0.87 | D |
| C46 | 5 | 3.70 ± 0.16 | 0.92 | D |
| S30 | 5 | 3.00 ± 0.16 | 0.92 | B |
| S46 | 5 | 1.46 ± 0.18 | 0.57 | A |

*Group with the same letters are not significantly different ($p > 0.05$).

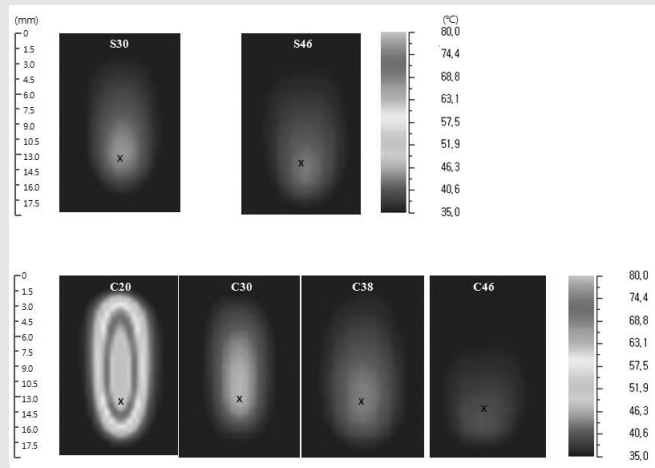


Fig. 4. Bone temperature distribution according to drilling procedure.

Table 4. Differences in ISQ value

| Variables | Group | n | M±SD | t | p |
|-----------|---------------------------------|---|--------------|------|---------|
| ISQ value | Conventional drilling procedure | 5 | 70.08 ± 0.96 | 3.94 | p=0.008 |
| | Simple drilling procedure | 5 | 73.44 ± 1.65 | | |

(70.08)보다 ISQ 값이 크게 나타났다(p=0.008).

IV. 총괄 및 고찰

골유착 임플란트의 개념이 Bränemark에 의해 주장된 이래 장기간 성공적으로 기능 할 수 있으려면 임플란트와 주위 골 조직 사이에 섬유 조직이 개재됨이 없이 직접 결합되어야 한다는 이론이 광범위한 지지를 얻고 있다. Albrektsson 등³이 제시한 성공적인 골유착을 위한 6가지 요소는 임플란트 재료의 생체 적합성, 임플란트의 외형, 표면 조건, 수용부위의 골 조건, 수술 방법 그리고 하중 조건이다. 이 중에서 임플란트 관련 요소로는 재료의 생체 적합성과 임플란트의 외형, 표면 조건 그리고 수술 방법이다. 임플란트 관련 연구는 과거 성공률이나 생존율을 높이기 위한 목적에서 최근에는 시술의 편의성 향상이나 적응증을 넓히기 위한 연구로 바뀌어 가고 있다²⁾. 임플란트 재료는 초기부터 현재까지 대부분의 제조사는 생체 적합성이 뛰어난 순수 티타늄을 재료로 사용하고 있다. 임플란트의 외형은 나사 구조이고 치근형태를 가지며, 시술 편의성을 위한 경사진 형태가 최근 유행하고 있다⁸⁾. 표면처리는 초기 기계가공 표면에서 최근까지는 물리적 또는 화학적으로 거칠기를 부여하여 골유착 효율을 증가시켰고, 근래에는 화학적, 생물학적 방법으로 골유착 시기를 향상 시키는 방법들에 대한 연구가 진행되고 있다⁹⁾. 수술 방법은 초기에 2회법 수술에서 근래에는 1회법 수술 더 나아가 즉시 식립, 즉시 보철을 위한 제품 및 수술법이 연구되어 지고 있다¹⁰⁾. 아직도 외과

적 수술 중 식립 공간을 확보하는 방법으로는 순차적인 드릴링 과정에 의해 사용하도록 권장되고 있다. 최대 8회까지 시행되는 드릴링 과정은 시술시간을 증가시키고 기구의 증가로 인한 가격 증가 및 유지 보수의 어려움 등의 문제를 발생시킬 수 있다⁷⁾. 따라서, 드릴링 과정의 간소화에 관한 연구는 임상 치과의사들의 임플란트 선택기준이 임상 편의성으로 바뀌어 가는 시장 상황과 임플란트 시술 보편화에 맞물려 반드시 필요하다 하겠다. 본 연구에서는 기존 드릴링 과정과 안전성과 유효성을 비교하여 개선된 드릴이 적용된 간소화된 드릴링 과정을 제안 하고자 하였다.

치과 임플란트 드릴의 의도된 목적은 회전력을 이용하여 치조골을 삭제하여 임플란트의 식립 공간을 확보하는 것이다. 이와 관련되어 드릴링 과정에서는 치조골에 열 손상이 없어야 하고 임플란트의 초기 안전성 확보 되어야 하며 우수한 절삭 성능이 필요하다. 개선된 드릴에 적용된 디자인은 비틀림 각이 25°이고 홈의 개수는 2개이며 선단부 다단 형상을 가졌으며 이는 절삭열 및 마찰열을 줄이고 냉각효과를 향상 시킬 수 형태이다⁷⁾. 간소화된 드릴링 과정은 2회 만으로 임플란트 식립이 가능한 드릴링 과정을 설계하였고, 널리 사용되고 있는 일반 드릴을 이용한 4회의 순차적인 드릴링 과정과 열 발생, 절삭 성능, 초기 안정성을 비교 하였다.

드릴링 과정에서 발생하는 열은 역치온도 이하로 관리되어야 하며, 현재 널리 인용되는 역치 온도에 관한 연구는 Eriksson 등의 연구⁴⁾와 Eriksson과 Albrektsson의 연구이며^{5, 6)}, 47°C에서 1분간 지속적으로 유지되면 골손실이 일어난다고 보고되었다.

이 후 많은 연구들이 주수 방법¹¹, 드릴의 회전수¹², 드릴링 방법¹¹, 드릴링 깊이¹³ 그리고 드릴링 과정¹²에 관한 연구에서 역치온도와 비교하여 안정성을 입증하거나 상대적으로 열 발생을 줄일 수 있는 조건을 제안하였다. 이러한 선행 연구들을 바탕으로 현재 임상에서는 드릴링 조건은 1,500rpm에서 2,000rpm 사이의 회전수를 적용하고¹², 낮은 온도의 식염수로 주수를 하며¹¹ 순차적으로 드릴링 하여 사용하고 있고¹², 본 연구에서도 이와 유사한 조건을 적용하였다. 또한, 연구에 사용된 골은 사람 골¹², 동물 골^{11, 13} 그리고 인조 골^{7, 14} 등이 사용되고 있는데 사람 골과 동물 골의 경우 골 밀도의 불균일성을 포함하고 있다^{7, 14}. 본 연구에서는 상대비교를 위해 동일한 골밀도를 갖는 인조 골을 사용하였고, 드릴링 및 식립 장치를 사용하여 실험군간 편차를 줄이고자 하였다. 드릴링 과정에서 온도를 측정하는 방법은 열전대^{12, 13}를 이용하거나 적외선 열화상 카메라^{7, 14}를 이용하는 방법이 있다. 본 연구에서는 실시간 온도 측정이 가능하고 넓은 범위의 온도 측정이 가능한 적외선 열화상 카메라를 사용하였고, 드릴링 홀에 근접한 온도 측정을 위해 측정표면과 홀의 간격을 0.3mm로 하였다. 또한, 측정표면에 주수의 영향을 받지 않도록 별도의 수조를 제작하였고, 표면의 온도를 균일하게 유지하기 위해 항온조를 이용하였다.

간소화된 드릴링 과정과 일반 드릴링 과정의 온도 변화 측정결과, 간소화된 드릴링 과정에서는 S30군(11.42°C)이 가장 높은 온도 변화를 보였고, 일반 드릴링 과정의 C20군(75.40°C)보다 유의하게 낮은 결과를 보였다($p < 0.001$). C20군은 직경이 2.0mm이며 초기 드릴로 절삭량이 많고, 주수효과가 상대적으로 떨어짐으로 인해 높은 온도변화를 보인 것으로 판단된다. 그러나, 일반적으로 2.0mm 드릴의 경우 간헐적인 드릴링으로 열 발생을 줄이는 방법들이 임상에서 널리 사용되고 있다¹¹. 한편, S30군과 직경이 같은 C30군 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$), 이러한 결과

로부터 본 연구에서 고안된 간소화된 드릴링 과정은 현재 임상에서 널리 사용되는 드릴링 과정에 비하여 열 발생이 동등 이하 수준으로 판단된다.

드릴의 절삭 성능에 관한 연구는 많지 않으며 연구 방법으로 절삭 토크와 부하를 측정 방법¹⁵과 절삭 시간을 측정하는 방법^{7, 16} 등이 있으며, 본 연구에서는 절삭 시간을 측정하여 실험군 간에 상대 비교를 하였다. 절삭 성능에 관한 연구들은 주로 회전수에 따른 절삭 시간을 비교한 연구들이 많았고, 주로 직경 및 제조사가 다른 드릴이 사용되었다^{7, 15, 16}. 드릴의 회전수가 증가될수록 절삭시간이 짧다고 보고했고, 절삭시간이 길수록 온도가 높다고 보고하였다^{15, 16}.

간소화된 드릴링 과정과 일반 드릴링 과정의 절삭시간 측정결과(Table XIX), 간소화된 드릴링 과정에서는 S30군(3.00초)이 가장 긴 절삭시간을 보였고, 일반 드릴링 과정의 모든 실험군보다 유의하게 짧은 결과를 보였다($p < 0.001$). 직경이 큰 실험군에서 절삭시간이 짧은 결과를 보였으나, 이는 순차적 드릴링으로 인한 절삭량이 상대적으로 적기 때문으로 생각된다. 본 연구에서 고안된 간소화된 드릴링 과정은 현재 임상에서 널리 사용되는 드릴링 과정과 비교한 결과 절삭성능이 우수하다고 판단된다. 간소화된 드릴링 과정에서 절삭에 소요되는 시간은 총 4.46초이며, 일반 드릴링 과정에서는 16.40초로 약 12초 정도의 시술시간이 짧아지며, 기구의 교체 시간 등을 고려할 경우 더욱 큰 차이를 보일 것으로 생각된다.

임플란트 식립 후 미세동요가 발생하지 않아야 하며 이를 위해 초기 안정성 확보는 매우 중요한 요소로 고려되어 왔다. 본 연구에서는 초기 안정성 측정방법으로 ISQ 값을 측정하였다. ISQ 값 측정 결과 간소화된 드릴링 과정에서 높은 결과를 보였다($p = 0.008$). 다만 형태의 선단부를 가진 실험군으로 드릴링 할 경우 하단부의 식립 공간이 적어지고 임플란트의 선단부와 강하게 고정 되어 식립 회전력과 ISQ 값이 상승하는 것으로 생각된다. 이는 직경이 적은 드릴을 사용할

경우 초기 안정성 획득이 용이하다는 결과와 동일한 경향으로 보여 진다¹⁷⁾.

본 연구결과를 종합해 볼 때 동일한 드릴링 조건에서 개선된 드릴을 이용한 간소화된 드릴링 과정은 안전성과 유효성이 있는 것으로 판단된다. 앞으로 임상 연구를 통한 안전성, 유효성 검증 및 사용 편의성이 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 개선된 드릴을 이용한 간소화된 드릴링 과정(2회)과 일반 드릴을 이용한 과정(4회)의 안전성과 유효성을 비교하였다. 홈의 개수가 2개 이고 드릴 선단부 형상이 2-phase와 3-phase 형태이며

비틀림각이 25°인 드릴 디자인을 적용한 간소화된 드릴링 과정은 일반 드릴을 이용한 드릴링 과정 보다 열 발생은 크지 않았고, 절삭시간은 짧았으며 최대 식립 회전력과 ISQ 값은 큰 결과를 보였다($p < 0.001$). 이상의 결과로부터 새로 고안된 드릴을 이용한 간소화된 드릴링 과정은 주수조건 및 드릴의 회전수 등의 사용조건이 동일하다고 전제한다면 임상적 안전성과 유효성을 충분히 가지고 있다고 판단된다. 또한, 간소화된 드릴링 과정은 시술시간을 줄여 시술자 및 환자에게 편의성을 제공하고 기구 개수 감소로 인한 비용 절감 및 유지 관리의 편의성 등의 효과가 기대된다. 그러나, 상기의 결론은 인조 골을 이용한 실험실에서 드릴의 제한된 요구 성능에 대한 평가결과를 토대로 한 것이므로 초기 안정성 및 임플란트 성공률에 관한 임상적 재평가가 필요하겠다.

참 고 문 헌

1. Chung SY, Cho JH, Lee KB, Choi YH, Song KB. Structural equation modeling for association between patient satisfaction and quality of life after implant surgery. *J Korean Acad Prosthodontics* 2011;49:291-9.
2. Shin HS, Bae KH, Lee BJ. The policy intervention for dental implant and bone graft material industry in Korea. *Korea institute for health and social affairs* 2009;3-23.
3. Albrektsson T, Branemark PI, Hansson HA, Lindstro J. Osseointegrated titanium implants. : Requirements for ensuring a long lasting, direct bone ankorage in man. *Acta Orthop Scand* Vol. 1981;52:155-170.
4. Eriksson RA, Albrektsson T, Grane B, McQueen D. Thermal injury to bone. A vital microscopic description of heat effects. *Int J Oral Surg* 1982;1:115-121.
5. Eriksson RA, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury. A vital microscopic study in rabbit. *J Prosthet Dent* 1983;50:101-107.
6. Eriksson RA, Albrektsson T. The effect of heat on bone regeneration: An experimental study in rabbit using the bone growth chamber. *J Oral Maxillofac Surg* 1984;42:705-711.
7. Yun JH, Jeon GR, Kim YJ, Jeong CM. Effect of simplified procedure of newly designed implant drill on the temperature changes and cutting time. *J Korean Res Soc Dent Mater* 2012;39(1):9-16.
8. Kim DR, Kim MJ, Kwon HB, Lee SH, Lim YJ. In vitro study on the initial stability oftwo tapered dental implant systmes in poor bone quality. *J Dent Rehabil Appl Sci* 2009;25(4):389-399.
9. Hwang ST, Han IH, Huh JB, Kang JK, Ryu JJ. Review of the developmental treandof implant surface modification using orfanic biomaterials. *J Korean Acad Prosthodontics* 2011;(49(3):254-262.
10. Lee SH, Kim YS, Kim WK, Lee YK. Immediate implant placement in areas on aesthetic priority. *J Periodontal Implant Sci* 2007;37(3):637-646.
11. Sener BC, Dergin G, GURSOY B, Kelesoglu E, Slih I. Effects of irrigation temperature on heat control in vitro at different drilling depths. *Clinical Oral Implants Research* 2009;20:294-298.
12. Eriksson RA, Adell R. Temperatures during drilling for the placement of implants using the osseointegration technique. *J Oral Maxillofac Surg* 1986;44:477.
13. Cordioli G, Majzoub Z. Heat generation during implant site preparation: An in vitro study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:186-193.
14. Hyun Jun Oh, Ulf ME Wikesjö, Ho-Seong Kang, Young Ku, Tae-Gwan Eom, Ki-Tae Koo. Effect of implant drill characteristics on heat generation in osteotomy sites: a pilot study. *Clinical Oral Implants Research* 2011;22:722-726.
15. Sharawy M, Misch CE, Weller N, Tehemar S. Heat Generation During Implant Drilling: The Significance of Motor Speed. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002;60(10):1160-9.
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 (1):35-7.
17. Fanuscu MI, Chang TL, Akca K, Effect if surgical techniques on primary implant stability and peri-implant bone. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:2487-2491.