

2

치과용 임플란트의 안전성과 유효성에 대한 드릴 디자인의 효과

¹부산대학교 의학전문대학원 의공학과, ²부산대학교 치의학전문대학원 보철학교실
윤지훈¹, 전계록¹, 윤미정², 허중보², 정창모^{2*}

ABSTRACT

The effect of drill design on stability and efficacy of dental implants

¹Department of Biomedical Engineering School of Medicine,

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

Purpose : The objective of this research was to investigate an optimization of drill design factors for implant stability and efficacy through comparative evaluation by the cutting time, heat generation and initial stability.

Materials and Methods : Three design factors were considered for the purpose of drill design optimization; the number of flute(2 flute, 3 flute), helix angle(15°, 25°) and drill tip shape(straight, 2-phase). Design factors were selected through comparative evaluation by temperature change, cutting time and ISQ value.

Results : Heat generation and cutting time are influenced by all design factors($p < 0.05$). Drill tip shape was the only factors which influenced to the largest initial stability($p < 0.05$).

Conclusion : Drills with 2 flutes, 2-phase formed drill tip, and 25 degrees of helix angle exhibit a better performance than other design.

Key words : Drill design, Heat generation, Cutting time, Initial stability

Corresponding Author

Chang-Mo Jeong

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

Tel : +82-055-360-5130, Fax : +82-055-360-5134, E-mail : cmjeong@pusan.ac.kr

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

I. 서론

최근 기술의 향상으로 임플란트 성공률이 점차 높아지고 있지만 여전히 실패하는 임플란트는 존재하고 있다³⁾. 치과 임플란트의 성공적인 골유착에 영향을 주는 요소들은 임플란트 재료의 생체 적합성, 임플란트의 외형, 표면 조건, 수용 부위의 골 조건, 외과적 수술 방법 그리고 하중 조건 등이다⁴⁾. 이 중에서 외과적 수술 방법은 성공적인 임플란트 치료를 위해 치과의사와 제조사가 중점적으로 연구해야 하는 공통적인 부분이다. 수술 부위에 외상이 가해질 경우 주변 골조직의 괴사 및 감염이 발생하면서 골유착 실패 등으로 이어질 가능성이 크므로 조직 손상을 최소화 하기 위한 섬세한 수술 방법이 요구된다⁵⁾. 식립 공간을 확보하기 위해 사용되는 가장 일반적인 방법은 드릴링이며, 치과의사와 제조사는 드릴링 과정에서 요구되는 특성에 대한 충분한 이해가 필요하다. 드릴링 과정에서 요구되는 특성은 절삭이 원활하고 열 발생을 줄여 골에 손상을 적게 주어야 하며, 임플란트 식립 후 초기 안정성이 확보되어야 한다.

드릴링 과정에서 발생하는 마찰열은 주위 골 조직을 파괴하여 골의 재생능력을 상실시키고, 임플란트 주위 골 조직 사이에 미분화된 결체조직을 형성시켜 골유착을 방해하며 궁극적으로 임플란트의 실패를 초래하게 한다⁶⁾. 골에 드릴링 시 열 발생에 영향을 줄 수 있는 요소에 관한 많은 연구들이 진행 되었고, 그 요소들은 드릴에 적용되는 압력, 드릴링 과정, 드릴링 방법, 드릴 회전 수, 드릴 디자인, 드릴 직경, 주수 방법, 드릴링 깊이 그리고 골밀도 등이다⁷⁻¹²⁾.

임플란트의 초기 고정에 영향을 미치는 요인들로는 드릴링 술식, tapping 유무, 이용 가능한 골질과 골의 양, 임플란트 표면의 종류 그리고 임플란트의 모양, 길이, 직경 등이다¹³⁻¹⁵⁾. 드릴링 과정은 80년대 스웨덴 연구그룹의 결과를 통해 순차적 드릴링에 의한 확공의 필요성이 제안되었으며^{7, 9, 11)}, 현재까지 많은 임상 치

과의사들과 제조사들도 권장하고 사용되고 있다. 이에 따라 임플란트 제조사들은 다양한 형태의 드릴을 제공하고 있으나 드릴 디자인이 임플란트 안정성과 유효성에 미치는 영향에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 드릴 디자인 요소가 열 발생, 절삭 성능 및 초기 안정성에 미치는 영향을 조사하여 임플란트 안정성과 유효성을 증진시킬 수 있는 최적의 드릴 디자인을 찾고자 한다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

임플란트 식립을 위해 폴리우레탄 재료의 모형골(Sawbone, Pacific Research Laboratories Inc, Vashon, WA, USA)을 사용하였다. 실험의 편차를 줄이기 위해 D1에 해당되는 균일한 골밀도를 지닌 모형골을 사용하였다. 열 발생 실험에서는 모형골의 두께를 7mm로 하여 균일한 초기 온도분포를 갖도록 하였고, 절삭 성능 및 초기 안정성 실험에서는 블록형태를 사용하였다(Fig. 1). 열 발생, 절삭 성능 그리고 초기 안정성에 영향을 줄 수 있는 디자인 요소로 홈의 개수, 비틀림각 그리고 드릴 선단부 형상을 고려하였다. 직경 3.5mm 임플란트의 식립 공간 확보를 위해 드릴의 직경은 제조사에서 제시한 3.0mm로 정하였고 디자인 요소에 따라 8종을 제작하였다. 디자인 요소는 널리 사용되는 임플란트용 드릴을 조사하여 비틀림 각(helix angle)은 15°와 25°, 홈(flute)의 개수는 2개와 3개 그리고 선단부 형상(drill tip shape)은 선형(straight)과 2단형(2-phase)를 적용하여 8개의 그룹으로 분류하였다(Table 1). 드릴 디자인에 따른 초기 안정성 평가를 위해 사용된 임플란트는 직경 3.5 mm TS II 임플란트(TS2, TS2M3511S, OSSTEM IMPLANT Co., LTD., Seoul, Korea)를 사용하

였다(Fig. 2).

2. 연구방법

골 천공 과정에서 발생하는 열을 조사하기 위해 드릴링 전후의 모형골의 온도 변화를 측정하여 비교하였다. 동일한 드릴링 조건을 구현하기 위해 드릴링 및 식

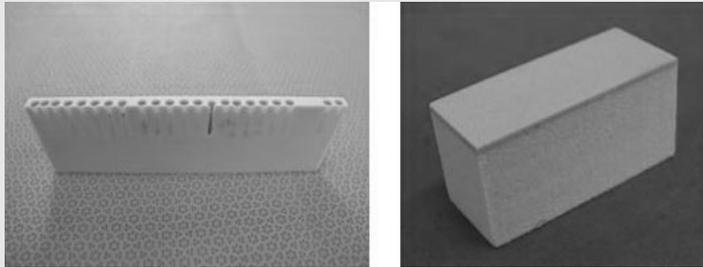


Fig. 1. Artificial bone for heat generation test(left), cutting efficiency and initial stability test(right).

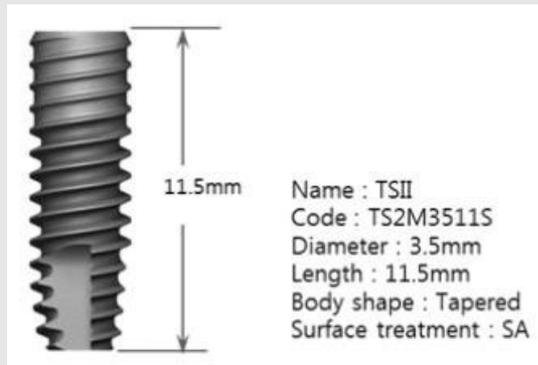


Fig. 2. Dental implant used in drill design optimization.

Table 1. Characteristics of experimental drills for drill design optimization



Group	Point angle	Helix angle	Flute	Drill tip shape
Group 1	118°	15°	3	Straight
Group 2	118°	15°	3	2-phase
Group 3	118°	15°	2	Straight
Group 4	118°	15°	2	2-phase
Group 5	118°	25°	3	Straight
Group 6	118°	25°	3	2-phase
Group 7	118°	25°	2	Straight
Group 8	118°	25°	2	2-phase

립 장치(Drilling and implanting machine, OSSTEM IMPLANT, Seoul, Korea)를 사용하여 드릴링 깊이, 회전 수, 드릴 이송속도, 주수 등을 제어하여 실험조건을 동일하게 하였다(Fig 3). 온도측정에는 적외선 열화상 카메라(TVS-200EX, NEC Inc., Tokyo, Japan)를 이용하였고, 제조사 권장 조건에 따라 측정 표면에서 20cm 떨어진 곳에 설치하였다. 실험군당 5개씩 측정하였고 온도 측정은 드릴링 후 0.3mm 떨어진 표면의 온도를 측정하였다. 절삭 성능을 상대 비교하기 위해 절삭 시간을 측정하여 비교하였고 드릴의 회전 수를 1200rpm으로 하고, 드릴에 10N으로 일정하게 힘을 가하여 15mm 깊이에 도달될 때까지 시간을 측정하였고 실험군당 5개씩 반복하였다. 초기 안정성을 상대 비교하기 위해 실험 조건 별로 드릴링 후에 25rpm 속도로 임플란트를 식립하고 Osstell Mentor™(Osstell AB, Gothenburg, Sweden)를 이용하여 실험군당 5개씩 ISQ값을 측정하였다.

일반 선형 모형 분석(GLM)을 실시하여 디자인 요소에 따른 주효과와 상호작용 분석을 실시하였고, Tukey test로 사후 검정 하였다. 상호작용이 있을 경우 일원배치 분산분석법(one-way ANOVA)을 실시하였다. 잔차에 대해 정규성 및 등분산성을 검토하

여 검정결과와 타당성을 확인하였다. 통계분석에는 Minitab 14.0을 사용하였고 유의수준은 0.05를 적용하였다.

Ⅲ. 연구결과

열 발생 실험에서 온도 측정 결과를 드릴링 전후의 최대온도 차이를 온도 변화로 정의하였고 Group 8이 11.42℃로 모든 실험군 중에서 온도 변화가 가장 낮았고, Group 7, 4, 3, 6, 5, 2, 1 순이었다(Fig. 4). 주효과 분석 결과, 흠의 개수, 드릴 선단부 형상 그리고 비틀림 각은 온도 변화에 유의한 영향을 미치고 있었다($p < 0.05$). 디자인 요소 간의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$). 주효과에 대한 사후 검정결과 흠의 개수에 따른 온도 변화는 2개인 실험군이 3개인 실험군보다 14.85℃ 낮게 나타났고($p < 0.05$), 드릴 선단부 형상은 2-phase 실험군이 straight 실험군보다 2.715℃ 낮게 나타났으며($p < 0.05$), 비틀림 각이 25°인 실험군이 15°인 실험군 보다 7.955℃ 낮게 나타났다($p < 0.05$)(Table 2). 온도 변화가 적게 나타난 디자인 요소는 흠의 개수는 2개, 드릴 선단부 형상은 2-phase, 그리고 비틀림각은 25°이다. 실험

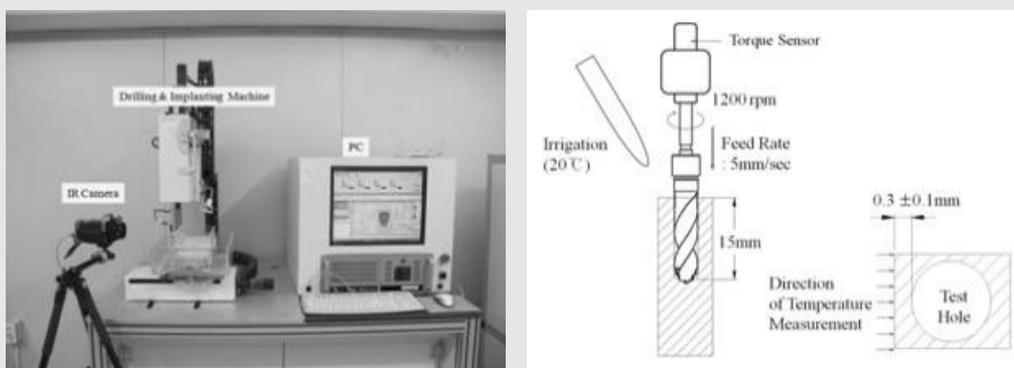


Fig. 3. Temperature measurement equipment(left), drilling condition applied to heat generation test(right).

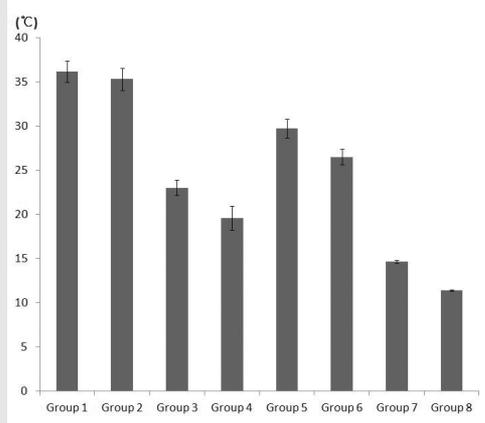


Fig. 4. Comparison of mean temperature changes of drill design optimization.

Table 2. All pairwise comparison among levels of design factor(response variable temperature changes)

Design factor	N	Mean (°C)	*Tukey grouping	Difference of means(°C)	Difference of SD
No. of flute	3	32.03	A	14.850	0.358
	2	17.18	B		
Drill tip shape	Straight	25.96	A'	2.715	0.359
	2-phase	23.24	B'		
Helix angle	15°	28.58	A''	7.955	0.359
	25°	20.63	B''		

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

군 8종의 최대 온도 값을 보인 시점에서의 온도분포 측정결과, 모든 실험군에서 피질골층의 온도는 낮게 나타났고 해면골층의 온도가 높게 나타나는 경향을 보였고, 최대온도는 드릴링 깊이가 13mm에서 14.5mm 사이에서 나타났다(Fig. 5).

일원분산분석 및 사후검정결과(Table 3), Group 8이 3.0초로 모든 실험군 중에서 절삭 시간이 유의하게 가장 짧게 나타났고($p<0.05$), Group 7, 4, 3, 6, 5, 2, 1 순으로 나타났고 Group 1과 2 그리고 5와 6 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 절삭 시간이 짧게 나타나는 실험군에 적용된 디자인 요소는 홈의 개수는 2개, 드릴 선단부 형상은 2-phase, 그리고 비틀림각은 25°이다. 홈의 개수와 드릴 선단부

형상의 상호작용 효과($p<0.05$)와 홈의 개수와 비틀림각의 상호작용 효과($p<0.05$)는 통계적으로 유의한 결과를 보였다(Table 4). 홈의 개수와 드릴 선단부 형상, 홈의 개수와 비틀림각에 대해 상호작용 효과는 있는 것으로 나타났다($p<0.05$).

최대 ISQ 값은 Group 4에서 75.66으로 가장 크게 나타났다(Fig. 6). 주효과에 대한 사후 검정결과 홈의 개수($F=562, p=0.024$)와 드릴 선단부 형상 ($F=704.17, p<0.05$)이 ISQ 값에 유의한 영향을 미치고 있음을 보였다(Table 5). 홈의 개수가 2개인 실험군이 3개인 실험군보다 ISQ 값이 0.81 높았고, 드릴선단부 형상이 2-phase인 실험군이 straight보다 ISQ 값이 5.94 높게 나타났다($p<0.05$). ISQ 값

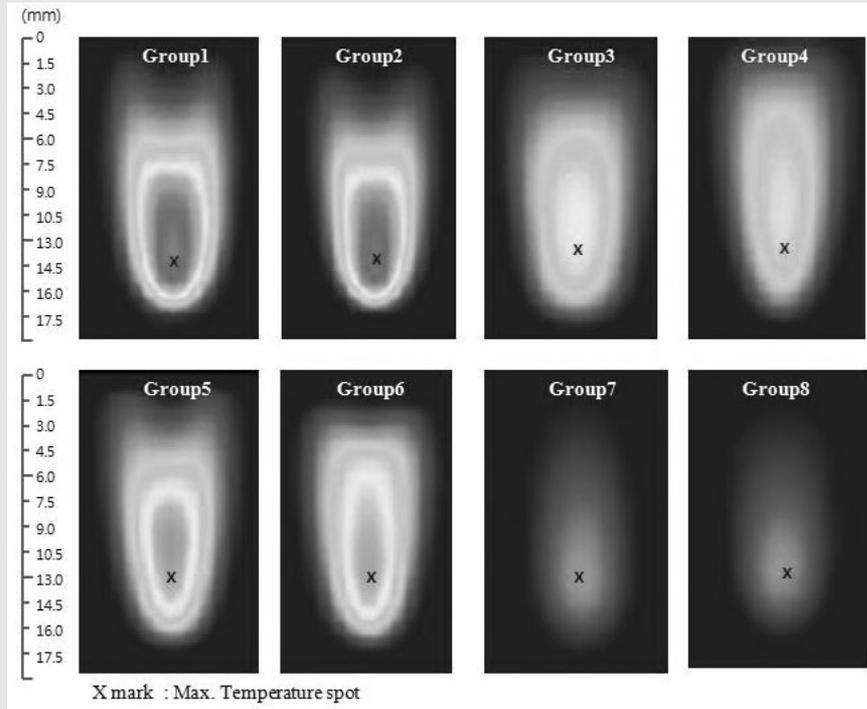


Fig. 5. Bone temperature distribution according to drill design.

Table 3. Mean cutting time and SDs of drill design optimization

No. of flute	Design Factor		n	Cutting time (second)	*Tukey grouping
	Drill tip shape	Helix angle			
3	Straight	15°	5	11.92 ± 0.18	A
3	2-phase	15°	5	11.52 ± 0.19	A
2	Straight	15°	5	8.30 ± 0.26	C
2	2-phase	15°	5	7.28 ± 0.24	D
3	Straight	25°	5	10.74 ± 0.21	B
3	2-phase	25°	5	10.38 ± 0.19	B
2	Straight	25°	5	3.80 ± 0.19	E
2	2-phase	25°	5	3.00 ± 0.16	F

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

향상에 효과적인 디자인 요소는 홈의 개수가 2개이고, 드릴 선단부 형상이 2-phase이다. 디자인 요소간의 상호작용 효과는 통계적으로 유의하지 않았다 ($p>0.05$).

IV. 총괄 및 고찰

치과 임플란트 드릴의 목적은 회전력을 이용하여 치조골을 삭제하여 임플란트의 식립 공간을 확보하는 것이다. 의료기기에서 안전성과 유효성에 관련된 항

Table 4. Results of GLM for cutting time

Source	DF	SS	F	Sig.
No. of flute	1	307.47	7431.31	0.000
Drill tip shape	1	4.16	100.55	0.000
Helix angle	1	77.01	1861.18	0.000
No. of flute*Drill tip shape	1	0.70	16.97	0.000
No. of flute*Helix angle	1	26.08	630.39	0.000
Drill tip shape*Helix angle	1	0.04	1.02	0.320
No. of flute*Drill tip shape*Helix angle	1	0.02	0.49	0.489
Error	32	1.32		
Total	39	416.81		

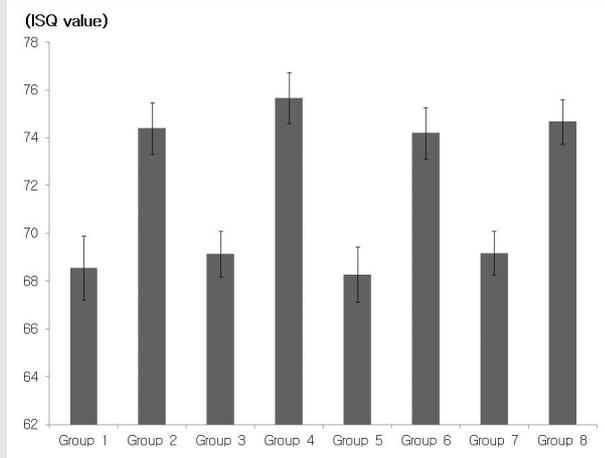


Fig. 6. Comparison of mean ISQ value of drill design optimization.

Table 5. All pairwise comparison among levels of design factor (response variable max. ISQ value)

Design factor	N	Mean	*Tukey grouping	Difference of means	Difference of SD
No. of flute	2	72.17	A	0.81	0.34
	3	71.36	B		
Drill tip shape	Straight	68.79	B'	5.94	0.34
	2-phase	74.73	A'		
Helix angle	15°	71.94	A''	0.35	0.34
	25°	71.59	A''		

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

목은 반드시 입증해야 하도록 요구하고 있다⁶⁾. 이와 관련되어 드릴 및 드릴링 과정에서는 치조골에 열 손상이 없어야 하고 임플란트의 초기 안정성 확보 되어야 하며 우수한 절삭 성능이 필요하다. 본 연구에서는 드릴 디자인 요소를 최적화 하고자 하였다. 고려된 디자인 요소는 비틀림 각, 홈의 개수 그리고 드릴 선단부 형상이고 이는 절삭열 및 마찰열을 줄이고 냉각효과를 향상시킬 수 있는 요소들이다⁷⁾. 드릴 디자인 요소 최적화를 위해 디자인 요소에 따른 8종의 실험군을 제안 하였고 열 발생, 절삭 성능, 초기 안정성을 비교하였다. 드릴링 과정에서 발생하는 열은 역시 온도 이하로 관리되어야 하며, 현재 널리 인용되는 역시 온도에 관한 연구는 Eriksson 등의 연구⁹⁾와 Eriksson과 Albrektsson의 연구^{10, 11)}이며, 47℃에서 1분간 지속적으로 유지되면 골손실이 일어난다고 보고되었다. 이 후 많은 연구들이 주수 방법¹⁸⁾, 드릴의 회전 수¹³⁾, 드릴링 방법¹⁸⁾, 드릴링 깊이¹⁵⁾ 그리고 드릴링 과정¹³⁾에 관한 연구에서 역시 온도와 비교하여 안정성을 입증하거나 상대적으로 열 발생을 줄일 수 있는 조건을 제안 하였다. 이러한 선행 연구들을 바탕으로 현재 임상에서는 드릴링 조건은 1,500rpm에서 2,000rpm 사이의 회전 수를 적용하고¹³⁾, 낮은 온도의 식염수로 주수를 하며¹⁸⁾ 순차적으로 드릴링 하여 사용하고 있고¹³⁾, 본 연구에서도 이와 유사한 조건을 적용하였다. 또한, 연구에 사용된 골은 사람골^{12, 13)} 동물골¹⁸⁾ 그리고 모형골^{18, 19)} 등이 사용되고 있는데 사람골과 동물골의 경우 골 밀도의 불균일성을 포함하고 있다. 본 연구에서는 상대비교를 위해 동일한 골밀도를 갖는 모형골을 사용하였고, 드릴링 및 식립 장치를 사용하여 실험군간 편차를 줄이고자 하였다. 드릴링 과정에서 온도를 측정하는 방법은 열전대¹²⁻¹⁴⁾를 이용하거나 적외선 열화상 카메라^{18, 19)}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, 측정 표면에 주수의 영향을 받지 않도록 별도의 수조를 제작하였고, 표면의 온도를 균일하게 유지하기 위해 항온조를 이용하였다.

드릴 디자인에 관한 연구는 주로 드릴 홈의 개수에 관한 연구가 이루어 졌으며, 직경이 4mm 3날 드릴(triflute drill)이 직경이 2mm와 3mm인 트위스트 드릴(twist drill) 그리고 직경 3.3mm 3날 드릴 보다 낮은 온도 상승을 보였다¹⁵⁾. 드릴의 직경, 비틀림 각, 홈의 수가 혼란되었고 제조사도 각기 다른 제품의 열 발생에 관한 비교 한 연구들이 대부분 이고, 드릴 디자인 요소가 열 발생에 미치는 영향에 대한 연구와 드릴링 과정 간소화에 관한 연구는 부족한 상황이다.

본 연구에서는 드릴 디자인 최적화를 위해 임상에서 일반적으로 사용되는 주수 조건, 드릴의 회전 수 조건 하에서 열 발생이 적고 절삭 성능이 우수하며 초기 안정성 확보가 가능한 드릴 디자인 요소에 따른 실험군을 제작하여 평가하였다(Table 1).

드릴 디자인에 따른 열 발생 정도를 상대 비교하기 위해 드릴링 전후의 온도 변화를 측정하였다. 드릴 디자인 요소가 온도 변화에 미치는 영향에 대한 결과 홈의 개수, 드릴 선단부 형상 그리고 비틀림 각은 온도 변화에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 온도 변화에 미치는 영향도는 홈의 개수, 비틀림 각 그리고 드릴 선단부 형상 순이었고, 홈의 개수와 비틀림각은 매우 유의한 영향을 미치고 있는데 반해 드릴 선단부 형상의 영향은 작았다. 디자인 요소 간의 상호작용은 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$). 온도 변화가 가장 적은 실험군에 적용된 드릴 디자인 요소는 비틀림 각이 25°이고 홈의 개수는 2개이며 드릴 선단부 형상은 2-phase 형태였다. 이러한 결과는 비틀림 각이 클수록 삭제된 골의 배출이 용이하여 골과 드릴간의 마찰열을 줄이는 효과가 나타나고, 홈의 개수가 2개인 드릴은 상대적으로 주수가 잘 이루어져서 냉각효과가 향상되며 2-phase

인 드릴 선단부는 절삭 저항을 줄여 절삭열이 감소된 것으로 생각된다. 오 등¹⁹⁾은 드릴과 끝사이의 접촉면적을 줄여 마찰열을 줄일 수 있다고 하였고, 본 연구결과에서도 마찰열을 줄이기 위한 디자인 요소를 적용하여 유사한 결과를 얻은 것으로 생각된다. 열 발생을 줄이기 위해 적외선 열화상 카메라를 이용한 온도 분포에서 최대 온도를 보인 지점은 드릴링 깊이가 13mm에서 14.5mm 사이에서 나타났다. 모든 실험군에서 피질골 층의 온도는 낮게 나타났는데 이는 주수를 통한 냉각 효과 때문으로 주수 효과가 낮고 드릴의 열이 전도되는 시간이 긴 해면골에서는 온도가 높게 나타난 것으로 판단되며 이전의 연구들과도 유사한 결과를 보였다^{5, 17)}. 드릴의 절삭 성능에 관한 연구는 많지 않으며 연구 방법으로 절삭 토크와 부하를 측정 방법²⁰⁾과 절삭 시간을 측정하는 방법¹⁷⁾ 등이 있으며, 본 연구에서는 절삭 시간을 측정하여 실험군 간에 상대 비교를 하였다. 절삭 성능에 관한 연구들은 주로 회전 수에 따른 절삭 시간을 비교한 연구들이 많았고, 주로 직경 및 제조사가 다른 드릴이 사용되었다^{7, 20)}. 드릴 디자인 요소가 절삭 시간에 미치는 영향에 대해 일반 선형 모형 분석을 실시하였다. 주효과 분석결과, 홈의 개수, 드릴 선단부 형상 그리고 비틀림각은 온도 변화에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 상호작용 분석결과, 홈의 개수와 드릴 선단부 형상의 상호작용과 홈의 개수와 비틀림각의 상호작용은 통계적으로 유의한 결과를 보였다($p < 0.05$). 상호작용 효과가 있기 때문에 일원분산분석을 실시하였고, 일반적으로 사용되는 드릴(Group 1)에서는 11.92초이고, Group 8이 3.00초로 가장 짧은 절삭 시간을 나타냈다($p < 0.05$). 절삭 시간이 가장 짧은 실험군에 적용된 드릴 디자인 요소는 열 발생에서 좋은 결과를 보인 비틀림 각이 25° 이고 홈의 개수는 2개이며 드릴 선단부 형상은 2-phase 형태였다. 비틀림 각이 크고 홈의 면적이 크게 되면 삭제된 골의 제거가 용이해지는 효과가 있고 2-phase 형태의 드릴 선단부는 절삭저항

을 분산시키는 효과가 있어 절삭 시간이 짧아진 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. 드릴 디자인 요소가 ISQ 값에 미치는 영향에 대해 일반 선형 모형 분석을 실시하였다. 홈의 개수와 드릴 선단부 형상이 ISQ 값에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다($p < 0.05$), 홈의 개수가 미치는 영향도($F=562$)는 드릴 선단부 형상($F=3065$)에 비해 적은 영향을 미쳤다. 디자인 요소간의 상호작용은 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$). 드릴 선단부가 직선형인 실험군의 ISQ 값은 68.79이고, 2단인 실험군은 74.73이며 두 실험군 간의 차는 5.94로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 2단의 선단부를 가진 실험군으로 드릴링할 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 진다²¹⁾.

본 연구결과를 종합해 볼 때 동일한 드릴링 조건에서 드릴 직경이 같을 경우 드릴 디자인 요소 중 비틀림각, 홈의 개수 그리고 드릴 선단부는 열 발생, 절삭 성능 그리고 초기 안정성에 영향을 미침을 알 수 있었다. 앞으로 임상연구를 통한 안전성, 유효성 및 사용편의성을 추가적으로 검증하여 최적화된 드릴 디자인이 반영된 간소화된 드릴링 과정에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 드릴 디자인 요소 중 홈의 개수(2개, 3개), 드릴 선단부 형상(straight, 2-phase) 그리고 비틀림각(15° , 25°)이 열 발생, 절삭 성능 그리고

초기 안정성에 미치는 영향에 대해 알아보려고 하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 열 발생에 영향을 크게 미치는 디자인 요소는 홈의 개수, 비틀림 각, 드릴 선단부 형상 순이었고 ($p < 0.05$), 온도 변화를 가장 작게 나타낸 드릴 디자인은 홈의 개수가 2개 이고 드릴 선단부 형상이 2-phase 형태이며 비틀림 각이 25° 인 드릴이었다.

2. 절삭 시간에 영향을 크게 미치는 디자인 요소는 홈의 개수, 비틀림 각, 드릴 선단부 형상 순이었고 ($p < 0.05$), 절삭 시간이 가장 짧은 드릴 디자인은 홈

의 개수가 2개 이고 드릴 선단부 형상이 2-phase 형태이며 비틀림 각이 25° 인 드릴이었다.

3. 드릴 선단부 형상만이 ISQ 값에 영향을 미치는 디자인 요소였고, 드릴 선단부 형상이 2-phase 형태가 straight 보다 높은 결과를 보였다($p < 0.05$).

그러나, 상기의 결론은 모형골을 이용한 제한된 실험에 대한 평가결과를 토대로 한 것이므로 초기 안정성 및 임플란트 성공률에 관한 임상적 재평가가 필요 하겠다.

참 고 문 헌

1. Romeo E, Lops D, Margutti E, Ghisolfi M, Chiapasco M, Vogel G. Long-term survival and success of oral implants in the treatment of full and partial arches: a 7-year prospective study with the ITI dental implant system. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:247-59.
2. Han DH, Bae EK. Longitudinal clinical study on the efficacy of osseointegrated dental implants in partially edentulous Korean patients: an 8-years prospective study. *J Korean Acad Prosthodont* 2001;39(6):698-708.
3. Seo JY, Shim JS, Lee JH, Lee KW. Clinical and radiographical evaluation of implant-supported fixed partial prostheses. *J Korean Acad Prosthodont* 2006;44(4):394-404.
4. el Askary AS, Meffert RM, Griffin T. Why do dental implants fail? Part I. *Implant Dent* 1999;8:173-85.
5. el Askary AS, Meffert RM, Griffin T. Why do dental implants fail? Part II. *Implant Dent* 1999;8:265-77.
6. Kim YG. Risk Factor in Implant Dentistry. *Well pub.* 2006;191-218.
7. Albrektsson T, Branemark PI, Hansson HA, Lindstro J. Osseointegrated titanium implants. : Requirements for ensuring a long lasting, direct bone anchorage in man. *Acta Orthop Scand Vol.* 1981;52:155-170.
8. Lundskog, J. Heat and bone tissue. An experimental investigation of the thermal properties of bone tissue and threshold levels for thermal injury. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1972;suppl 9:1-80.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Matthews LS, Hirsch C. Temperatures measured in human cortical bone when drilling. *J Bone Joint Surg* 1972;54:297-308.
13. Eriksson RA, Adell R. Temperatures during drilling for the placement of implants using the osseointegration technique. *J Oral Maxillofac Surg* 1986;44:4-7.
14. Watcher R, Stoll P. Increase of temperature during osteotomy. In vitro and in vivo investigations. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1991;20:245-249.
15. Cordioli G, Majzoub Z. Heat generation during implant site preparation: An in vitro study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:186-193.
16. ISO, ISO 14971:2007 Medical devices – Application of risk management for medical devices, ISO, 2007.
17. 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.
18. Sener BC, Dergin G, Gursoy B, Kelesoglu E, Sliih I. Effects of irrigation temperature on heat control in vitro at different drilling depths. *Clinical Oral Implants Research* 2009;20:294-298.
19. Oh HJ, Wikesjö UM, Kang HS, Ku Y, Eom TG, Koo KT. Effect of implant drill characteristics on heat generation in osteotomy sites: a pilot study. *Clinical Oral Implants Research* 2011;22:722-726.
20. 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.
21. 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.