

수술 방법에 따른 이중 미세 나사산 임플란트의 안정도 및 주변골 변화에 관한 연구

최연조, 김명윤¹, 이상윤, 권민수², 권종진³

고려대학교 안암병원 치과 보철과, ¹김명윤 치과의원, ²고려대학교 임플란트 연구소, ³고려대학교 안암병원 치과 구강악안면외과

Changes of stability and peri-implant bone formation of double-micro-threaded implants with respect to drilling techniques

Yeon-Jo Choi, Myung-Yoon Kim¹, Sang-Yoon Lee, Min-Soo Kwon², Jong-Jin Kwon³

Division of Prosthodontics, Department of Dentistry, Anam Hospital, Korea University Medical Center, ¹Kim's Dental Clinic, ²Korea University Implant Research Center, ³Division of Oral and Maxillofacial Surgery, Department of Dentistry, Anam Hospital, Korea University Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: The aim of the present animal study was to evaluate the changes of stability and peri-implant bone formation of double-micro-threaded implants with respect to 6 different drilling techniques.

Materials and Methods: Mandibular 2nd, 3rd, and 4th premolars were extracted bilaterally in 12 mongrel dogs. After one month healing, total 60 double-microthreaded implants were installed using 6 different drilling techniques and divided into 6 groups depending on the techniques used. One, two, three, and four weeks later the animals were sacrificed. Insertion torque value (ITV) was measured at the time of implant installation, and implant stability quotient (ISQ) was measured at the time of installation and animal sacrifice. Implant installation sites were prepared for histomorphometric analysis. Bone area (BA) and bone to implant contact (BIC) ratio were evaluated.

Results: There were statistically significant differences for ITV with respect to the drilling techniques used, but all ITV were greater than 30 Ncm. ISQ decreased during the first two weeks after installation, and then it started to increase for all groups. BIC values showed statistically significant differences between all groups up to 3rd week after installation, but no difference found at 4th week.

Conclusion: The primary stability of an implant can be affected by undersized drilling techniques used to some extent until the secondary stability provided by newly formed bone plays a fundamental role for the stability of an implant during early phase of osseointegration. (JOURNAL OF DENTAL IMPLANT RESEARCH 2012;31(2):38-43)

Key Words: Implant, Stability, Torque, Bone, Technique

서 론

임플란트 식립시에 얻어지는 일차 안정성은 주로 악골의 성질과 수술 방법에 의해 결정이 되며, 또한 골밀도가 낮은 경우에는 임플란트의 디자인에 영향을 받는다. 임플란트의 디자인에 영향을 미칠 수 있는 요소로는 나사의 형태, 크기, 나사산 간의 거리, 단일 또는 이중

나사산 등이 있다^{1,2}. 피질골과 접촉하게 되는 임플란트 상부 3 mm 부위에 나사산 구조를 더 조밀한 미세 나사산 구조를 형성함으로써 더 많은 나사산이 상부 피질골과 결합하게 되고 더 좋은 응력 분산의 효과와 초기 고정력의 향상 및 골 소실의 최소화 등은 임플란트의 안정도를 향상시키는 것으로 보고되었다³⁻⁶. Hansson⁷은 임플란트 경부 부위의 미세나사가 변연골의 유지에 필요한 기계적인 자극을

Received April 14, 2012. Revised April 30, 2012. Accepted June 10, 2012.

© 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.

교신저자: 권종진, 136-705, 서울시 성북구 안암동 126-1, 고려대학교 안암병원 치과 구강악안면외과

Correspondence to: Jong-Jin Kwon, D.D.S., M.S., Ph.D., Division of Oral and Maxillofacial Surgery, Department of Dentistry, Anam Hospital, Korea University Medical Center, 126-1, Anam-dong, Seongbuk-gu, Seoul 136-705, Korea. Tel: +82-2-920-5786, Fax: +82-2-921-7348, E-mail: kwonjj@korea.ac.kr

유도한다고 하였고 임플란트는 최대 스트레스가 최소화되는 방향으로 디자인되어야 한다고 주장하였다. 2006년도에는 몸체 전부가 이중 나사 구조를 가진 임플란트에 대한 논문이 발표되기도 했다. 이제는 한결음 더 나아가 경부 미세나사 부위를 더 세분화하여 임플란트 몸체에 3종류의 나사산을 가진 형태, 즉 몸체 부위는 일반나사, 상부는 미세나사, 경부는 초미세 나사를 가진 임플란트가 개발되는 단계에 이르렀다.

임상에서 초기 임플란트 안정도를 극대화하기 위한 시도들이 다양하게 소개되고는 있으나, 안전하고 간단 명료하게 임상에서 사용될 수 있는 방법은 아직까지 확립되어 있지 못하다. 이에 본 연구에서는 성견을 대상으로 서로 다른 수술 방법을 사용하여 이중 미세 나사산 임플란트의 안정도 및 주변골 형성시 변화를 알아보고자 한다.

대상 및 방법

1. 실험동물

생후 12~18개월 된 체중 20 kg 이상의 웅성 성견 12마리를 약 2주간 동물 실험실에서 변화된 환경에 적응시키면서 사육하여 실험에 사용하였다.

2. 실험 재료

코텍 임플란트(Cotec Korea) 60개를 사용하였으며, 임플란트는 직경 4.2 mm, 길이가 10 mm이며 RBM 표면 처리되었고, 몸체는 ordinary thread (일반나사), 상부는 microthread (미세나사), 경부는 double microthread (이중미세나사)로 이루어졌다.(Fig. 1)

3. 실험 방법

1) 발치

실험동물을 Ketamine (10 mg/kg, 유한양행, 한국)으로 근육 주사하여 전신마취를 한 후 1 : 10으로 희석한 베타딘으로 수술부위를 소독하고 구강 내를 생리식염수로 세척하였다. 지혈과 통증완화를 위해 1 : 100,000 에피네프린을 첨가한 2% 리도카인으로 침윤마취를 시행한 뒤, 하악 제2, 3, 4 소구치를 발거하고, 흡수성 봉합사를

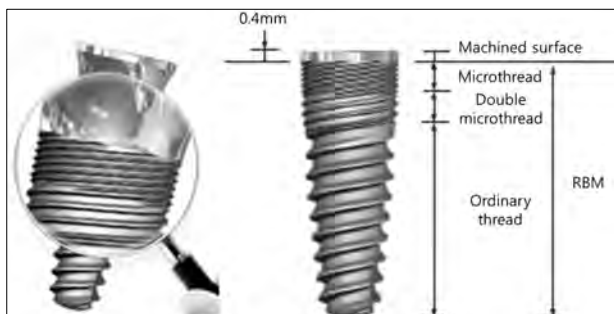


Fig. 1. Cotec implant.

이용하여 봉합하였다. 발치 후 염산 겐타마이신 2 ml (80 mg, 중외제약, 한국)를 근주하고 발치와의 치유기간 중 치유정도에 따라 유동식을 제공하였다.

2) 임플란트 식립

발치창의 치유를 위하여 1개월간의 치유기간을 두었으며, Ketamine (10 mg/kg, 유한양행)으로 전신마취를 한 후 1/10으로 희석한 베타딘으로 구강내외와 수술부위를 소독하고 구강내는 생리식염수로 세척한 후 1 : 100,000 에피네프린 첨가 2% 리도케인으로 침윤마취를 시행한 뒤 6개의 서로 다른 수술 방법으로 임플란트를 식립하였다. 좌측은 tapping drill을 사용하여 우측과 차이를 두었으며, 수술 방법에 따라 6개의 군으로 나누어 다음과 같이 식립하였다.

1군 (좌측 제2소구치): 4.2 mm drilling+tapping

2군 (좌측 제3소구치): 3.8 mm drilling (lower half)+4.2 mm drilling (upper half)+tapping

3군 (좌측 제4소구치): 3.8 mm drilling+tapping

4군 (우측 제3소구치): 3.8 mm drilling

5군 (우측 제2소구치): 3.8 mm drilling (lower half)+4.2 mm drilling (upper half)

6군 (우측 제4소구치): 4.2 mm drilling

각각의 식립홀은 위치를 바꾸어 형성함으로써 변이를 최소화하고자 하였다. 임플란트 식립 후 1, 2, 3, 4주에 각각 5마리씩 Barbiturates 과량을 정맥 주사하여 실험 동물을 희생시키고 각 군간의 차이의 유의성 여부를 ANOVA로 비교 분석하였다.

3) 안정도 측정

(1) Insertion torque value (ITV): KAVO 임플란트 엔진 (INTRAsurg300, KAVO, Germany)과 핸드피스를 이용하여 임플란트 고정체를 발치와에 식립하면서 이때 최고로 측정되는 ITV를 기록하였다(Table 1).

(2) Implant stability quotient (ISQ): 식립 및 희생시 Osstell Mentor (Integration Diagnostics Ltd., Sweden)를 사용하여 각각 3회 씩 측정하였다. 수치가 높을수록 높은 안정성을 의미한다.

4) 비탈회 표본 제작 및 조직 형태 계측학적 분석

임플란트 매식체를 포함하고 있는 골 조직편을 10% 포르말린으

Table 1. Guide to implant protocol as ISQ value (implant stability quotient).

ISQ value	Guide
> 60	One step protocol or immediate loading
45 ~ 60	Two step protocol
< 45	Change with the wider implant fixture

로 고정된 후 5 mm의 두께로 잘라 다시 고정시켰다. 이후 70%, 80%, 90%, 100% 에틸알코올(Sung Kwang Pharma Co., Korea)로 농도를 높이며 탈수를 시키고 마지막으로 100% 에틸알코올에 다시 한 번 넣은 다음 에틸알코올과 레진(Technovit 4000, Kulzer)의 비율을 3 : 1, 1 : 1, 그리고 1 : 3의 비율로 바꿔가면서 조직에 레진을 침투시켰다. 이후 플라스틱으로 만들어진 틀에 조직을 넣고 액체상태의 광중합레진(glycolmethacrylate resin, Technovit 7200VLC, Kulzer)으로 채운 후 450 nm 파장의 UV를 이용하여 레진 블록을 제작하였다. 만들어진 레진 블록을 플라스틱 틀로부터 제거한 후 거친 사포에 갈아 관찰하고자 하는 면을 노출시킨 뒤 반대쪽 면이 보고자 하는 면과 평행한 상태에서 자가중합레진(Technovit 4000, Kulzer)을 이용하여 반대쪽 면을 슬라이드에 붙이고, 보고자 하는 면을 광중합 레진 접착제(Technovit 7210, Kulzer)를 이용하여 슬라이드에 접착시켰다. 이렇게 두 슬라이드가 평행한 상태에서 보고자 하는 면 쪽으로 두께가 200 µm가 되도록 절단하여 (EXAKT cutting system) 보고자 하는 면 쪽 슬라이드를 연마하여 접착제의 최종두께를 제외한 조직의 두께가 30 µm정도가 되도록 갈아내었다(EXAKT grinding system). 이 때 grinding paper를 P800, P1200, P2500의 순서대로 사용하였으며, 끝으로 P4000을 이용하여 갈아내었다. 완성된 슬라이드에 Hematoxilin-Eosin 염색을 실시한 후 Vanox-S research microscope (Olympus, Japan)을 이용하여 관찰하였다. Kappa DX 30 digital camera (Kappa Opto-Electronic, Germany)로 디지털 영상을 얻은 다음 영상분석 프로그램(Kappa image

base metro, Kappa Opto-Electronic, Germany)으로 조직형태 계측학적 분석 지표로서 골접촉율(bone to implant contact ratio, BIC)을 측정하였다.

5) 통계분석

PASW 18.0 프로그램을 사용하여 2-way ANOVA 분석과 Bonferroni test 사후검정을 시행하여 각군의 차이의 유의성을 검증하였다. 통계처리된 항목은 다음과 같다.

- (1) 식립시 각군의 ITV 및 ISQ 수치간의 차이의 유의성 여부
- (2) 식립후 기간(1, 2, 3, 4주)에 따른 각군의 ISQ, BA, BIC 수치간의 차이의 유의성 여부

결 과

1. 안정도 측정

1) Insertion torque value (ITV)

Tapping drill을 사용하지 않은 4, 5, 6군에서 상대적으로 높은 수치가 기록 되었으며(Fig. 2), 4군에서 가장 높은 수치가 보여졌다. 각 그룹 간의 유의성을 조사한 결과 p < 0.01 수준에서 4군과 다른 군들 간에는 통계학적으로 유의한 차이(각각 p < 0.030, 0.001, 0.035)가 있는 것으로 나타났으며, 5군과 6군 간에는 유의한 차이가 없었다. 또한, 1, 2, 3군 간에도 유의한 차이는 없었다(p < 0.013) (Table 2).

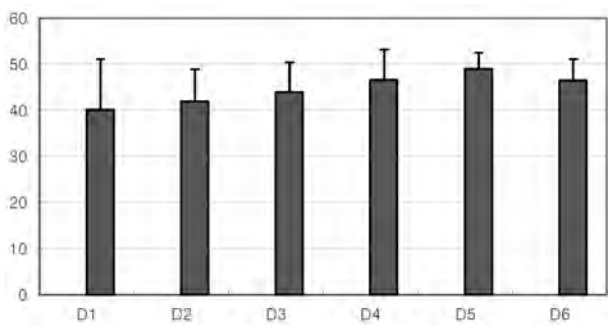


Fig. 2. Insertion torque value of each drilling type at installation time.

Table 2. Statistics from insertion torque value of each drilling type at installation time.

Group	Mean	SD
D1	40.1	10.98
D2	41.9	7.02
D3	43.9	6.49
D4	46.6	6.57
D5	49.0	3.48
D6	46.5	4.58

2) 임플란트 고정 계수(implant stability quotient, ISQ) - RFA

아래 그래프는 RFA값의 week별 변화를 나타내고 있다(Fig. 3) 모든 drilling type의 RFA값은 전체적으로 2주에서 급격히 감소하다가 시간이 흐를수록 조금씩 증가하는 양상을 나타내고 있다. 이는 시간이 흐를수록 모든 drilling type에서 임플란트가 안정화되고 있음을 나타낸다(Table 3).

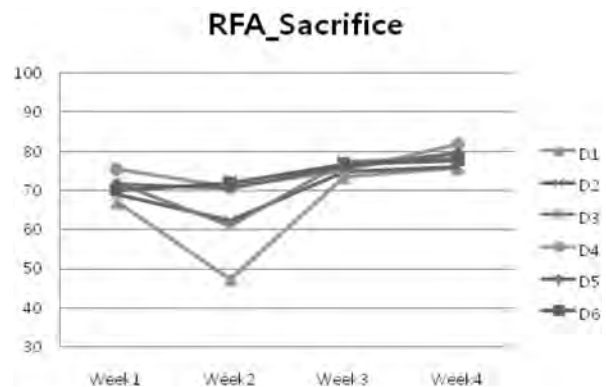


Fig. 3. Implant stability quotient (ISQ, RFA) value at sacrifice time.

2-way ANOVA 분석결과 식립시와 희생시의 RFA의 차이를 종속변수로 했을 때 Drill 요인은 유의한 영향을 미치지 못하며($p < 0.689$) Week 요인만이 유의한 영향을 미치는 것으로 보인다($p < 0.000$). Bonferroni 방법에 의한 사후 검정은 1주와 3, 4주간, 2주와 3, 4주간에는 통계적으로 유의한 차이를 보임을 알 수 있다. 즉, 이는 시간이 흐를수록 임플란트가 초기에 비해 안정적으로 변해 가고 있음을 시사한다.

2. 조직형태계측학적 분석

1) 골 면적율(bone area ratio, BA)

골면적율은 일반나사와 미세나사 모두 시기에 따라 증가 추세이나 1군의 경우 조금 다른 양상을 보였다.(Fig. 4) 일반나사의 경우 3주까지 그 값이 증가하다가 4주에서 그 값이 떨어졌으며, 미세나사의 경우는 3주까지 그 값이 감소하다가 4주에서는 회복되는 추세이다. 이는 drilling type에 상관없이 시간이 지나면서 BA가 증가하여 임플란트가 안정적으로 됨을 보여준다.

BA의 개체간 효과 검정에 의하면 Week, Drill 요인과 Week* Drill, Week*Thread type 간 교호작용이 $p < 0.05$ 수준에서 유의한 영향을 미치는 요인으로 나타났다(각각 $p > 0.000, 0.000, 0.015, 0.021$). 이를 Bonferroni test에 의해 사후 검정해보면 1, 2, 3주와 4주간에 통계적으로 유의한 차이가 있음($p < 0.043, 0.000, 0.001$)을 알 수 있으며, 4주만이 다른 집단군에 속함을 알 수 있다. Drill

type으로 볼 때 4군과 1군, 2군, 3군 간에 차이가 유의하게 나타남을 알 수 있다.

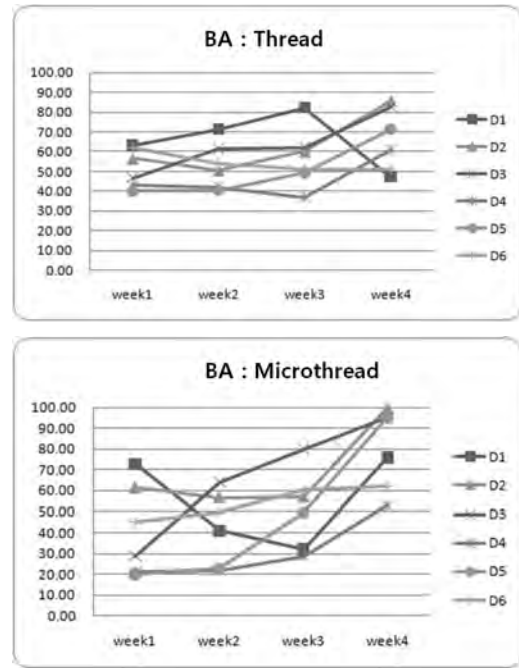


Fig. 4. The value of bone area ratio of each drilling type after implant in thread and microthread.

Table 3. Descriptive statistics from the difference of RFA at installation and RFA at sacrifice time (RFAI-RFAS).

Week	Drill type	Mean	SD
1 week	1	6.4000	8.32466
	2	7.2000	7.62889
	3	10.6000	11.52389
	4	10.4000	3.28634
	5	10.8000	4.14729
	6	10.7320	3.86713
2 week	1	19.6000	8.14248
	2	4.2000	19.46022
	3	5.2000	16.58915
	4	7.4667	8.55570
	5	7.2000	10.44988
	6	0.6000	12.52198
3 week	1	-5.2000	2.77489
	2	-2.8000	2.38747
	3	-4.6000	5.41295
	4	0.2000	3.89872
	5	0.2000	3.11448
	6	-1.6000	5.89915
4 week	1	-0.9340	6.06553
	2	-3.4660	3.89332
	3	-2.4007	5.12764
	4	-3.5327	3.29601
	5	-3.6000	4.09878
	6	-3.4000	4.92950

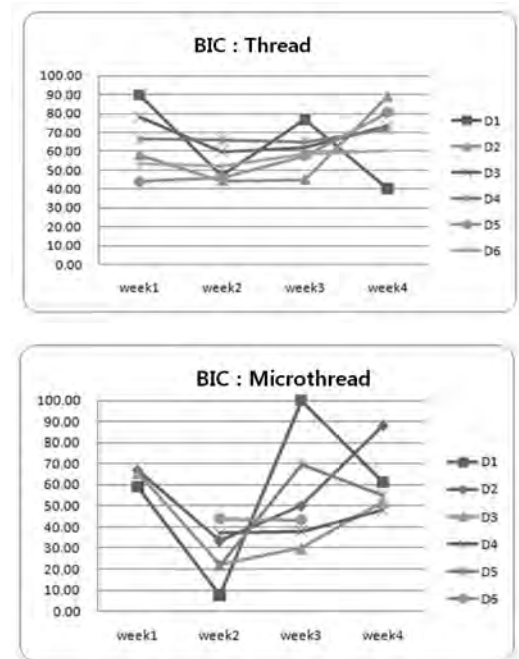


Fig. 5. The value of bone-to-implant contact ratio of each drilling type after implant in thread and microthread.

2) 골 접촉율(bone-to-implant contact ratio, BIC)

골접촉율은 전반적으로 1주에서 2주로 진행되는 시기에 줄어들었다가 다시 증가하는 양상을 보이고 있다.(Fig. 5) 일반나사의 경우 6군은 그 값이 비교적 안정적이었으나 1군의 경우는 2주에 크게 감소했다가 3주에서는 크게 증가했다가 4주에는 다시 감소되는 불안정한 양상을 보였으며 5군은 꾸준히 증가하는 양상을 보이고 있다. 미세나사의 경우에는 역시 1군이 가장 불안정한 양상을 보였으며 나머지 경우 2주에 줄어들었다가 3주부터 증가하는 양상을 보였다. 이는 궁극적으로 drilling type과 상관없이 BIC가 시간의 흐름에 따라 증가함을 알 수 있으며 골-임플란트가 안정적으로 결합되어가고 있음을 알 수 있다.

고찰

본 실험에서는 동일 임플란트에서 3종류의 나사산을 가진 코텍 임플란트를 이용하여 정상적인 골삭제 방법과 임플란트의 직경보다 적게 골삭제를 하거나 복합 골삭제를 통하여, 인접골들이 압축되어 증가하는 초기 안정도의 증가량과 유지기간, 또한 이에 상응하는 인접골들의 변화 과정을 비교 관찰하여, 상기한 수술방법들에 의하여 유지되는 안정도의 영향이 즉시하중에 어떠한 영향을 미치는지 효과를 확인하여, 조기 또는 즉시하중 시술법 중의 하나로 임상에서 안전하게 사용될 수 있는 가능성을 확인해 보고자 하였다.

Insertion Torque Value (ITV)⁸⁾는 임플란트 고정체(fixture) 식립시 회전력(torque)의 최고값을 말하며, 보통 40~50 Ncm 이상이면 임상적으로 즉시 부하가 가능한 초기 고정으로 간주된다. Tarnow 등⁹⁾은 40 Ncm 이상의 힘으로 고정되어야 한다고 하였으며, 여러 연구에서 42 Ncm¹⁰⁾, 30~35 Ncm¹¹⁾, 40~72 Ncm¹²⁾, 30 Ncm 이상¹³⁾이라고 보고하였다. Cehreli 등¹⁴⁾은 골-임플란트 계면의 기계적 안정성은 ISQ보다 미세구조 수준의 ITV가 더 예민하게 반응하며, 특히 부위별 특이한 골 결손을 갖는 발치와에 임플란트를 식립하는 경우 골-임플란트 접촉을 반영하는 ITV가 ISQ에 비해 더 민감하다고 하였다. 본 실험에서 ITV는 비교적 drilling type에 관계없이 비슷한 값을 보이고 있다. 그 평균값을 보면 1군-40.1, 2군-41.9, 3군-43.9, 4군-46.6, 5군-49.0, 6군-46.5를 나타내고 있는데, 이는 비교적 안정적으로 초기 고정되었음을 알 수 있으며, 즉시하중이 가능함을 나타내고 있다.

2-way ANOVA로 각 group 간의 유의성을 조사한 바, Drill 요인이 ITV에 p<0.01 수준에서 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 식립홀 크기의 차이가 ITV에 영향을 주는 것으로 보였다. 구체적으로 어느 군간에 차이가 나는지를 Bonferroni 방법에 의해 사후 검정해 보았을 때, 식립홀이 가장 큰 1군은 4군, 5군, 6군과 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 2군과 5군 간에도 유의한 차이를 보여주고 있다. 즉 평균값에서도 나타나는 것처럼 식립홀의 크기가 가장 넓은 D1에서 가장 작은 ITV를

나타내고, 가장 작은 식립홀에서 높은 ITV를 나타내고 있다. 따라서 식립홀이 작을수록 임플란트의 성공과 치료기간의 단축에 더 유리하다고 결론지을 수 있다.

공진주파수 분석(resonance frequency analysis, RFA) 방법의 경우 Meredith 등¹⁵⁾은 ISQ 60~65 이상의 일차 안정성을 갖는 경우 즉시 하중에 적합하고 40 이하는 2단계 술식을 하도록 제안하였다. Glauser 등¹⁶⁾은 평균 ISQ가 71인 경우에, Bornstein 등¹⁷⁾에 의하면 ISQ 69 이상의 수치가 얻어진 경우 즉시 부하를 가하도록 하였다. Calandriello 등¹⁸⁾은 단일 구치부에 식립한 직경 5mm 임플란트에서 평균 ISQ가 76, 최소 58이 필요하다고 보고하였다. 반면 Cehreli 등¹⁹⁾은 즉시하중을 고려할 때 ISQ data만으로 결정되어서는 안 된다고 하였다.

본 실험에서 RFA값의 평균을 보면 1군에서 70.8, 2군에서 71.9, 3군에서 74.4, 4군에서 79.5, 5군에서 78.1, 6군에서 75.8을 나타내고 있다. 이는 drilling size가 가장 적어 식립시 bone density가 증가된 4군에서 가장 높게 나타남을 알 수 있었다. 경과기간별로 보면 전체적으로 2주에서 감소하다가 시간이 흐를수록 조금씩 증가하고 있음을 알 수 있다.

결론

본 동물 실험은 성견에서 동일한 임플란트 120개를 성견의 하악 골에 6개의 다른 식립홀을 형성하여 식립하고 육안관찰, 방사선검사, 조직형태학적 측정, 안정도 검사 등을 통해 서로를 비교 관찰하여 다음과 같이 결론을 얻었다.

1. 육안적, 방사선학적 관찰에서 모든 군에서 실패의 소견은 발견되지 않았다.
2. 식립저항(insertion torque value, ITV)은 식립홀이 임플란트 직경보다 작았던 4군과 5군에서 안정적인 큰 값을 나타내었으며, 이는 식립시 주위골의 치밀화에 의한 것으로 판단된다.
3. 골 면적율(BA)은 경과기간, 골삭제 방법의 차이, 그리고 경과 기간과 골삭제 방법 간의 교호작용이 통계적으로 유의한 영향을 미친다고 분석되었다.
4. 골 접촉율(BIC)은 경과 기간, 나사산 형태, 그리고 경과 기간과 골삭제 방법 간의 교호작용이 통계적으로 유의한 영향을 미친다고 분석되었다.
5. 초기 값은 골삭제 방법에 따라 차이가 있었으나, 시간이 흐를수록 차이가 없어지고, 모든 임플란트가 유사한 안정도를 보였다.

임플란트의 안정도를 증가시키기 위한 표면처리의 개발, 외형의 변화, 성장인자 등이 고비용, 그리고 장기간의 연구결과들이면서도, 상대적으로 지연효과를 나타내었던 방법들인 것에 비해, 본 실험은 상대적으로 간단한 방법이면서도 임플란트의 골유착 성공에서 가장

중요한 요인 중의 하나인 일차안정도를 확실하게 높일 수 있는 요인을 밝혀 주는 실험결과를 보여 주었다. 동일한 실험에 대하여 향후 골밀도의 변화와 해면골의 구조변화를 본 실험의 결과와 연결하여 비교관찰하는 지속적인 연구가 이루어진다면, 보다 명확한 하중시기 결정에 기여할 수 있을 것으로 판단되며, 나아가 즉시하중에 관한 연구와 임상적 지침이 될 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Albrektsson T, Zarb GA, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11-25.
- Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent* 1989;62:567-72.
- Rasmusson L, Kahnberg KE, Tan A. Effects of implant design and surface on bone regeneration and implant stability: an experimental study in the dog mandible. *Clin Implant Dent Relat Res* 2001;3:2-8.
- Lee DW, Choi YS, Park KH, Kim CS, Moon IS. Effect of microthread on the maintenance of marginal bone level: a 3-year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:65-470.
- De Kok IJ, Chang SS, Moriarty JD, Cooper LF. A retrospective analysis of peri-implant tissue responses at immediate load / provisionalized microthreaded implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:405-12.
- Akca K, Chang TL, Tekdemir I, Fanuscu MI. Biomechanical aspects of initial intraosseous stability and implant design: a quantitative micro-morphometric analysis. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:465-72.
- Hansson S. The implants neck: smooth or provided with retention elements. A biomechanical approach. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:394-405.
- Da Cunha HA, Francischone CE, Filho HN, de Oliveira RC. Comparison between cutting torque and resonance frequency in the assessment of primary stability and final torque capacity of standard and TiUnite single-tooth implants under immediate loading. *Int J Maxillofac Implants* 2004;19:578-85.
- Tarnow D, Elian N, Fletcher P, Froum S, Magner A, Cho SC, et al. Vertical distance from the crest of bone to the height of the interproximal papilla between adjacent implants. *J Periodontol* 2003;74:1785-8.
- Horiuchi M, Ichikawa T, Kanitani HR, Kawamoto N, Matsumoto N. Pilot-hole preparation for proper implant positioning and the enhancement of bone formation. *J Oral Implantol* 1995;21:318-24.
- Lorenzoni M, Pertl C, Zhang K, Wimmer G, Wegscheider WA. Immediate loading of single-tooth implants in the anterior maxilla: preliminary results after one year. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:180-7.
- Calandriello R, Tomatis M, Rangert B. Immediate functional loading of Branemark System implants with enhanced initial stability: a prospective 1- to 2-year clinical and radiographic study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5 Suppl 1:10-20.
- Baumgarten H, Cocchetto R, Testori T, Meltzer A, Porter S. A new implant design for crestal bone preservation: initial observations and case report. *Pract Proced Aesthet Dent* 2005;17:735-40.
- Cehreli MC, Akkocaoglu M, Comert A, Tekdemir I, Akca K. Human ex vivo bone tissue strains around natural teeth vs. immediate oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:540-8.
- Meredith N, Friberg B, Sennerby L, Aparicio C. Relationship between contact time measurements and PTV values when using the Periotest to measure implant stability. *Int J Prosthodont* 1998;11:269-75.
- Glauser CR, Oden ZM, Ambrose CG, Willits MB, Coupe KJ. Mechanical testing of small fracture implants for comparison of insertion and failure torques. *Arch Orthop Trauma Surg* 2003;123:388-91.
- Bornstein MM, Schmid B, Belser UC, Lussi A, Buser D. Early loading of non-submerged titanium implants with a sand-blasted and acid-etched surface. 5-year results of a prospective study in partially edentulous patients. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:631-8.
- Calandriello R, Tomatis M, Vallone R, Rangert B, Gottlow J. Immediate occlusal loading of single lower molars using Branemark System Wide-Platform TiUnite implants: an interim report of a prospective open-ended clinical multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5 Suppl 1:74-80.
- Cehreli MC, Akkocaoglu M, Comert A, Tekdemir I, Akca K. Human ex vivo bone tissue strains around natural teeth vs. immediate oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:540-8.