

3가지 형태의 나사산을 가진 임프란트에 즉시하중을 가했을 때 안정도에 미치는 영향

고려대학교 의료원 구강악안면외과
황석현, 이민우, 염지훈, 김창현, 전상호, 권종진

I. 서 론

치과용 Titanium 임프란트는 1960년대 Brånemark에 의해 처음 쓰이기 시작하였고 이후 치과영역에서 치아가 상실되었을 때 첫 번째 선택으로 꼽히는 없어서는 안 될 중요한 재료가 되었다. 치과용 임프란트는 그 형태와 디자인 그리고 표면처리에 있어 끊임없이 개선되고 있다. 또한 임프란트의 외부적 성상뿐만 아니라 수술 및 보철의 프로토콜의 변화와 발전이 함께 이루어지고 있다.

Brånemark 등¹⁾은 조기하중(preloading)을 피해 골형성과 골융합을 가능하게 하기 위하여 골막하 2단계 수술법을 제시하였으며 일반적으로 임프란트 표면과 골과의 충분한 접촉을 통한 골융합을 얻기 위해서 하악은 3-4개월, 상악은 6개월 정도의 치유기간을 요구하였다. Brunski, Albrektsson, Hansson 등²⁻⁶⁾은 임프란트 식립 이후 임프란트/골 경계면에서 미세동요(micromovement)가 일어나면 경계면에 섬유조직이 형성된다고 하여, 결국 기능적 부하가 골 유착을 방해해서 임프란트와 골 계면간에 직접적인 골 형성이 아닌 섬유조직에 의한 결합이 일어난다고 하였다. 따라서 성공적인 골 유착을 위해서는 치유기간 동안 하중을 주지 않는 것을 원칙으로 해야 한다고 주장하였다. 만약 식립 후 즉시 하중을 주면 섬유성 결합조직 피막(fibrous connective tissue encapsulation)이

형성되고, 치유를 위해 무하중(stress-free) 기간을 주면 골과 임프란트 간의 직접적인 접촉이 증가한다고 하였다. 그러나 좀 더 빠른 기능적 심미적 회복을 위한 환자와 술자의 열망은 부분, 혹은 완전 무치악 환자에 있어서 식립 후 즉시하중이 가능하게 하는 연구 및 시도를 꾸준히 이어가게 하고 있다.

최근의 임프란트 기술은 단일치아 회복 뿐만 아니라 다수치아 회복에 있어서도 조기 하중과 즉시 하중이 가능할 정도로 발전을 이루고 있다. 하지만 아직도 즉시하중 임프란트 기술은 100% 성공률을 보이지 못한다. 따라서 완전하게 즉시하중을 가할 수 있는 임프란트에 관한 연구와 실험이 계속해서 이루어지고 있는 상황이다. 기존의 2단계 수술법은 환자에게 기다리는 동안의 불편감이나 불안감을 줄 수 있다. 환자의 심미기능과 저작기능 등을 최대한 빨리 회복시켜 주기 위해 많은 연구자들과 임상가들은 여러 가지 연구와 노력을 하여왔다. 특히 즉시하중을 용이하게 하기 위한 새로운 디자인 및 다양한 임프란트 표면들의 골 치유 양상은 여러 임상적, 실험적 연구를 통하여 보고되고 있다.

Albrektsson과 Smith 등은 임프란트의 성공을 평가하는 기준은 동요도, 지속적인 염증이나 불편감, 통증, 지속적인 방사선 투과성 등이 없어야 한다는 것인데, 특히 치조정에서의 골 흡수가 지대주 연결 첫 일년에는 1.5(-2.0)mm 이하이고 그 이후에는 매년 0.2mm 이하여야 한다고 하였다.⁷⁻⁸⁾ 임프란트 치조정에서 골 흡수가 생기게 되면 그 위의 연조직 또한 이에 따라서 내려가게 된다. 이렇게 되면 특히 전치부의 경우에 인접치와 치은선이 부조화를 이루고 치간유두 부분이 없어져서 심미적으로 매

Corresponding author : **Jong-Jin Kwon**
Division of Oral and maxillofacial surgery, Department of dentistry,
Anam Medical Center, Korea University, 126-1, Anam-dong,
Seongbuk-gu, Seoul, Korea.
Tel: +82-2 920-5786, Email: kwonjj@korea.ac.kr

Received May 20,2011 Revised Jun 1,2011
Accepted Jun 20,2011

우 불리하게 된다. 물론 치은이 두텁거나 임프란트 주위의 골 소실을 만회할 만큼 주위 골이 많이 있으면 치은의 퇴축을 막을 수도 있겠지만 그렇지 못한 대부분의 경우에는 치은 퇴축을 피하기 어렵게 된다.⁹⁻¹⁰ 그래서 골 흡수를 피하여 심미적으로도 우수한 임프란트 보철물을 만들기 위해 임프란트 fixture의 다양한 디자인과 표면의 개발이 있어 왔는데 그 중의 하나로 미세나사산이 주목받고 있다.

Fritton 등¹¹은 기능적인 하중부하는 골 조직의 세포 부착에 직접적, 혹은 간접적인 영향을 미치는 골 견인(bone-strain)을 야기한다고 하였으며, Suzuki 등¹²은 임프란트 골유착 유지는 임프란트 주위 골조직의 계속적인 개조(bone-remodeling)과정을 필요로 한다고 하였다. Hoshaw 등¹³에 의하면 압축-견인 정도(stress-strain magnitude)는 골 개조 과정에 영향을 미칠 수 있으며, 임프란트와 골간의 부하되는 힘의 정도(magnitude)가 임프란트 골 유착의 성공을 결정한다고 하였다. Buser 등⁷은 동물실험에서 불규칙하고 거친 표면을 갖는 임프란트가 평활한 표면을 갖는 임프란트에 비해 더 많은 골접촉률을 보였다고 하였다. 1990년 Wilke¹⁴은 거친 표면이 계면의 전단 응력에 대한 저항을 증가시킨다고 보고했다. Hansson¹⁵⁻¹⁶과 Norton¹⁷은 marginal bone loss를 줄이기 위해서는 거친 면만으로는 부족하다고 하여 microtextured surface와 microthread를 고안했다. 이번에 실험군으로 선택된 COTEC CSTF 임프란트(COTEC, Korea)도 미세나사산을 이원화하여 총 3중 나사산을 통해 좀 더 나은 골반응을 유도하고자 제작된 것이다.

현재는 즉시하중이 임프란트 골 유착을 방해한다는 개념이 대부분의 연구결과에서 잘못된 사실이라고 알려져 있으며 최근 여러 동물과 임상 실험은 즉시하중을 받은 임프란트에서의 성공적인 골 유착을 보고하고 있다. Frost 등¹⁸은 오히려 골다공증 환자에서 일정량의 미세동요(microstrain)가 임프란트 주위골의 골화(mineralization)을 촉진한다고 보고하였다. 그러므로 성공적인 골유착에 필수적인 요인인 골개조 형성과정을 확인할 수 있는 임프란트와 골계면간의 접촉율이나, 임프란트 나사산 사이의 골 면적량을 조직형태 계측학적인 면에서 측정하는

것은 식립 후 즉시 하중부하를 주는 경우의 임프란트에서 대단히 의미 있는 일이다.

따라서 본연구의 목적은 임프란트의 안정도를 높이기 위하여 고안된 3중 미세나사산 임프란트에 즉시하중 부하 후 임프란트 안정도를 측정하여, 3중 미세나사산 임프란트가 골 형성 및 안정도 변화에 미치는 영향을 관찰하는 것이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 실험재료

1) 실험동물

연구치가 완전히 맹출되고 체중이 15kg 내외인 생후 1년 전후의 Mongrel dog 총 10 마리를 실험 전 동일한 조건 하에서 약 2주간 사육한 후 사용하였다.

2) 임프란트

본 연구에 RBM (Resorbable Blasting Media) 표면을 가진 COTEC CSTF 임프란트(COTEC, Korea) 40개 (직경 4.2mm, 길이 10mm)를 사용하였다(Fig. 1). 잔잔나사(double microthread), 잔나사(microthread), 큰 나사(body-thread)의 3중 나사산 디자인을 가진 임프란트이며, 20개는 실험군으로써 식립 후 즉시 하중을 가했으며, 다른 20개는 대조군으로 식립 후 즉시 하중을 가하지 않았다.

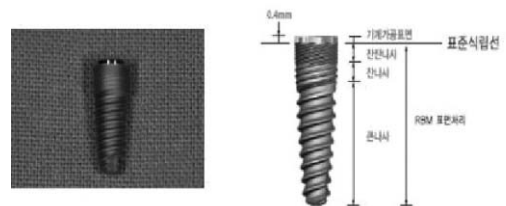


Fig. 1 The shape of COTEC implant

2. 실험방법

1) 발치 및 임플란트 식립

Ketamine(10mg/kg,유한양행)으로 전신마취를 한 후 1/10로 희석한 베타딘으로 구강 내외와 수술부위를 소독하고, 구강 내는 생리식염수로 세척한 후 1:100,000 에피네프린 첨가 2% 리도케인으로 침윤마취를 시행한 뒤 하악 좌우 소구치(P1-P4)를 발거하고, 발치창의 치유를 위하여 1달간의 치유기간을 두었다.

임플란트 식립 시에는 발치할 때와 동일한 방법으로 전신마취하고 하악 소구치부위에 치조정 절개를 가하여 골막을 박리하였다. 좌우측에 각 2개씩의 COTEC 임플란트를 식립하였다. 식립 시에는 임플란트의 수술 kit와 KaVo의 전동모터와 handpiece를 사용하였다. 나사형 임플란트 시스템의 수술방식에 따라 생리 식염수로 과열을 방지하며 순서대로 골삭제를 시행하여 임플란트 수용부를 형성하고 임플란트를 식립하였다. Cover screw를 고정하고 흡수성 봉합사(3-O vicryl)를 이용하여 봉합하였으며, 술 후 감염 방지를 위하여 20mg/kg의 Amoxicillin (중근당)을 3일간 근육주사 하였다. 한 쪽에 즉시하중(immediate loading) - 비하중(unloaded), 또 다른 쪽에 비하중(unloaded) - 즉시하중(immediate loading) 이렇게 교차되도록 하여 각각 single로 하중군과 비하중군을 만들었다. 즉시 하중에서는 레진임시치아 제작 시 가능한 중심교합에서 교합이 되도록 하였다. 식립 시 RFA(Osstell)와 Periotest를 각각 3번과 5번 시행하여 그 평균값을 기록하였고, 희생 시 다시 한번 동일한 방법으로 수치를 측정하였다.(Fig. 2)

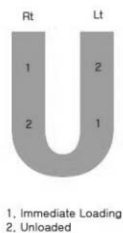


Fig 2. Implant installation at right mandibular premolar bilaterally.

2) 안정도 측정

(ㄱ) Insertion torque 측정

임플란트를 형성된 골구에 식립하면서 전동모터(INTRAsurg300plus motor, KAVO, Germany)에 나타나는 Insertion Torque Value (ITV) (Ncm)의 최고값을 기록하였다.

(ㄴ) 공명 진동수 분석 (RFA, Resonance Frequency Analysis)

이번 실험에서 사용한 공명 진동수 분석기는 Osstell Mentor(Integration Diagnostics Ltd, Sweden)이다. 얻어진 공진주파수 값 (Resonance Frequency Value: RFV)은 임플란트 고정계수 (Implant Stability Quotient : ISQ)라고 명명된 1에서 100 사이의 계수로 변환하였다. 공명 진동수 분석은 협측에서 2번, 설측에서 1번 시행하여 평균값을 구하였다

(ㄷ) Periotest (Simens AG, Germany)

Periotest의 원리는 치아 동요도에 따른 접촉시간의 차이를 이용하여 안정성을 측정하는 것이다. 측정 수치는 -8(낮은 동요도)에서 +50(높은 동요도)까지 표시하였다. +값의 경우, 골 유착 실패로 보고 있고, -값은 절대수치가 커질수록 골과 임플란트의 결합이 잘 이루어짐을 의미한다. 임플란트 식립 직후, 1주, 2주, 4주, 8주 그리고 16주후에 각 임플란트에 대해 협측에서 3번, 설측에서 2번 Periotest를 시행하여 그 수치를 기록하였다.

3) 실험동물 희생

임플란트 식립 후 1주, 2주, 4주, 8주, 16주에 Barbiturate 과량을 정맥주사하여 실험동물을 희생시키고, 연조직을 포함한 임플란트 식립부위의 염증 유무, 임플란트의 노출 여부, 기타 이상 유무를 육안과 확대경을 이용하여 관찰하였다. 양측 하악골을 임플란트 식립 부위로부터 3cm의 거리를 두고 골막을 박리하고 부검용 톱으로 매식체를 포함한 골 조직편을 연조직을 포함하여 조심스럽게 채취하였다.

3. 표본 제작 및 관찰방법

1) 비탈회 표본 제작

채취된 매식체를 포함하고 있는 골조직편을 10% 포르말

린으로 고정시킨 뒤 2-4 mm의 두께로 자른 후 다시 고정시켰다. 이후 70%, 80%, 90% 그리고 100% 에틸알코올(Sung Kwang Pharma, Korea)로 농도를 높이면서 각각 24-32 시간씩 처리하여 탈수하였다. 마지막으로 100% 에틸 알코올로 처리한 후 에틸 알코올과 레진(Technovit 4000, Kulzer)의 비율을 3:1, 1:1 그리고 1:3의 비율로 바뀌가면서 8~12시간씩 처리하여 조직에 레진을 침투시켰다. 이후 플라스틱으로 만들어진 틀에 조직을 넣고 액체상태의 광중합레진(Technovit 7,200, Kulzer)으로 채운 후 450nm파장의 U.V.로 레진을 중합하였다.

만들어진 레진블록을 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 광중합레진 접착제(Technovit 7210, Kulzer)를 이용하여 슬라이드에 접착시켰다. 이렇게 두 슬라이드가 평행한 상태에서 보고자 하는 면 쪽으로 두께가 200 μ m가 되도록 절단하여(EXAKT cutting System)보고자 하는 면 쪽 슬라이드를 연마하여 접착제의 최종 두께를 제외한 조직의 두께가 30 μ m 정도가 되도록 갈아내었다(EXAKT grinding System). 사용한 grinding paper는 P800, P1200, P2500, P4000이 완성된 표본 슬라이드를 Hematoxilin-Eosin 염색 후 Vanox-S microscope(Olympus, Japan)로 관찰하였다.

2) 조직형태측정학적 분석 및 관찰

30 마이크론 두께의 표본을 제작하여 컴퓨터에 연결된 Leitz Microvid장비를 이용하여 관찰하였다. 현미경으로 관찰하면서 임프란트의 표면과 골조직과의 접촉율과 나사산 사이의 골량을 측정하였다. 골 접촉율과 골량은 백분율로 나타냈으며, 임프란트 지대주 몸체의 중앙 1/3에 해당하는 부위의 나사산 3개 부위(협설로 6개의 나사산) 그리고 상부 1/3해당부위 나사산 3개 부위를 측정하였다.

4. 통계학적 검증

실험군과 대조군의 차이는 각 주별 paired t-test로, 각 주별 차이는 일원분산분석(one-way ANOVA)으로 검증하였고, 각 통계치의 유의수준은 95%에서 평가하였다.

III. 연구 결과

1. 안정도 측정

1) Insertion torque 수치 (Ncm)

하중군의 Insertion torque수치는 최저 28.75N/cm에서 최고 40.5N/cm이다.(평균 34.2N/cm). 비하중군의 Insertion torque수치는 최저 30.5N/cm에서 최고 38.5N/cm이다(평균 33.75N/cm). 이번 실험에서는 하중군과 비하중군 사이에 Insertion torque수치는 평균값에서도 큰 차이 없이 유사한 값을 보였다.

2) RFA 및 PTV 값

PTV, RFA 값은 immediate loading group(loaded group)과 unloaded group 비교에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 못했다(Table 1). PTV값은 두그룹 모두 양호한 수치가 나왔는데, 실험군과 대조군 모두 2주군에서는 안정성 감소를 보였으나 시간이 흐를수록 대조군에서는 안정도가 오히려 증가하는 반면 실험군에서는 8주군에서 상대적으로 안정도가 감소하는 양상을 보였다(Fig. 3). RFA값 역시 두 group 모두 양호한 수치를 보였는데 2주군에서만 값이 일시적으로 감소하였다.(Fig. 4). 이는 일차안정성의 감소와 2차 안정성의 증가사이에서 생겨나는 일시적 안정성저하로 보인다.

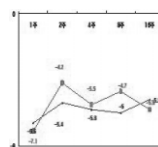


Fig. 3. PTV changes per week (S)
■ Loaded ▲ Unloaded

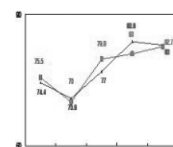
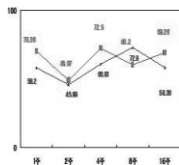
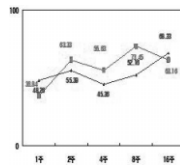


Fig. 4. RFA changes per week (S)
■ Loaded ▲ Unloaded

■ Table 2. Results of Histomorphometric analysis

Measurement	Healing Time (wk)									
	1 week		2 week		4 week		8 week		16 week	
	Cor	Mid	Cor	Mid	Cor	Mid	Cor	Mid	Cor	Mid
BIC (%)										
unloaded	56.26	58.2	40.25	45.89	45.26	60.81	70.29	72.9	59.26	58.36
loaded	23.15	70.36	26.89	48.97	43.89	72.5	37.26	60.2	23.16	69.26
BA (%)										
unloaded	45.2	48.26	40.87	55.39	26.12	45.36	43.27	52.16	39.22	68.33
loaded	32.2	36.84	28.95	63.33	30.26	55.63	20.56	73.45	15.69	63.16

Cor=coronal portion, Mid=middle portion

Fig9. Sequential changes of BIC(%) in the middle portion of the implants
■ Loaded ▲ UnloadedFig.10. Sequential changes of BA(%) in the middle portion of the implants
■ Loaded ▲ Unloaded

까지 지속적 상승하였다가 16주에 떨어졌는데 비해 실험군은 2주차 감소 그리고 4주차 큰 증가를 보인 후 8주차 살짝 감소 후 16주 때 소폭의 증가를 보였다.

IV. 고 찰

임플란트의 형태와 표면처리는 최근 수십년 동안 여러 시행착오의 과정을 거치며 많은 개선이 이루어졌고, 이제 과거에 비해 높은 안정성과 성공률을 보이고 있다. 초기의 관심은 단순히 임플란트와 골과의 성공적인 결합에 있었으나, 이제는 임플란트의 안정성과 연관된 형태와 디자인에 많은 관심과 연구가 이루어지고 있다.

임플란트의 디자인은 초기고정에 가장 큰 영향을 줄 수 있는 요인으로 조기하중을 가능하게 하여 치료기간의 단축에 크게 기여하고 있다. 임플란트의 디자인에 영향을 미칠 수 있는 요소로는 임플란트의 직경, 길이, 근단부 설

계, 머리부분(crest module), 나사의 형태, 크기, 나사산 간의 거리, 나사산의 방향, 단일 또는 이중나사산 등이 있을 수가 있다.¹⁹⁾ 임플란트 식립 후 초기 골 치유기간의 단축과 안정성 및 골유착을 위하여 임플란트 고정체의 표면, 디자인에 대한 연구들이 계속되면서 임플란트 식립 후 초기 골 흡수에 저항할 수 있는 고정체 경부의 미세나사산 형성을 갖춘 디자인의 임플란트가 상품화되었다. 임플란트와 골 계면에서의 전단응력을 분석한 Hansson²⁰⁾의 실험결과에 따르면 미세나사산을 가진 고정체에서 최대응력치가 감소하고 균일한 응력분산을 보인다는 결과를 도출하였다. 또한 지대주가 임플란트 내부로 삽입되는 방식에서 응력 분산 효과가 높은 것으로 나타났다. 또한 임플란트 body의 tapered 디자인은 drilling 시 bone heating의 최소화하고, 주변골과의 해부학적인 조화를 이루며, 초기 고정력을 증가시켜 early loading이 가능하도록 해준다^{21,22)}.

임플란트 디자인과 함께 즉시부하와 골유착과의 관계에 대한 연구도 활발히 진행되었다. Quiryn 등²³⁾은 조절되지 않은 과도한 하중은 임플란트 실패의 주원인 이라고 하였으며, Wolff²⁴⁾는 'Wolff's law'라고 하여 하중과 골형성 사이에는 직접적인 상관관계가 있다고 하였다. 적당한 스트레스는 새로운 골 형성의 자극제로 작용하는 반면 과도한 스트레스는 골소실을 야기할 수 있다는 것이다. Zuberry²⁵⁾는 지속적인 힘에 대한 노출이 골 유착을 방해한다고 보고하였다. Brunski²⁶⁾은 100 μ m이상의 미세

■ Table 1. Results of Implant Stability Analysis

Measurement	Healing Time (wk)														
	1 week			2 week			4 week			8 week			16 week		
	I	S	D	I	S	D	I	S	D	I	S	D	I	S	D
PT (PTV)															
loaded	-7.9	-7.1	0.8	-7.1	-4.2	2.9	-7.3	-5.5	1.8	-3	-4.7	-1.7	-6.4	-5.8	0.6
unloaded	-5.1	-6.6	-1.5	-7.2	-5.4	1.8	-3.9	-5.8	-1.9	-5	-7.2	-2.2	-4.5	-5.2	-0.7
RFA (ISQ)															
loaded	71.5	75.5	4.0	73	70.0	-3	78.0	79.8	1.8	84.5	81.0	-3.5	80.4	82.7	2.3
unloaded	72.1	74.4	2.3	78.8	70.8	-8	74.5	77.0	2.5	74.8	83.8	9	81.7	83.0	1.3

I=value at Insertion, S=value at sacrifice, D=Difference, *D=S-I
 The mean ISQs and RFA when placing the implants (I), and when sacrificing the dogs (S).

△ PTV값은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나(Table 2) 2주에서 최저값, 8주에서 최고값 그리고 16주에서 완만한 감소값을 보이는 것은 실험군, 대조군 모두 비슷한 양상을 보였다. 또한 대조군에서는 2주에서만 음의 값을 가지고 다른 모든 군에서는 양의 값을 가졌으나 실험군에서는 8주군을 제외하고는 모두 음의 값을 가졌다. 음의 값을 가진다는 것은 식립시 보다 희생시의 안정도가 떨어졌다는 것을 의미한다(Fig.5). RFA의 식립시와 희생시의 차이에 대한 △ RFA는 실험군 2주, 4주, 8주에서 희생시의 값이 식립시 보다 떨어지는 양상을 보였는데 이는 즉시하중이 안정도에 부정적 영향을 미쳤다고 볼 수 있다. 반대로 대조군에서는 8주군에서 최대 증가값을 보였다(Fig. 6).

전반적으로 실험군과 대조군 모두 2주군에서 ▲ ISQ, ▲ PTV에서 일차안정도의 감소와 2차 안정도의 증가사이에서 나타나는 일시적 안정도 저하 소견이 관찰되었다.

4. 조직 형태 계측학적 분석에 의한 골접촉율과 골량 상부의 잔잔나사산은 그 부위가 매우 소량이고 매우 미세하여 조직표본 제작시 으개지고 하중군에서 대부분의 잔잔나사산의 골들이 흡수되었기 때문에 3군데로 나누지 않고 상부와 중간부위로 나누어 측정하였다
 Coronal 부위에서는 BIC, BA 값은 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 2). BIC 값은 unloaded group이 loaded group 보다 모든 기간 동안 높은 값을 보였고, BA 값은 loaded group이 unloaded group보다 4주군을 제외하고는 모두 약간씩 높게 나왔다. 중간 부위에서 BIC, BA 값은 비교적 높게 나왔고 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 2). BIC 에서는 8주군을 제외하고는 unloaded group이 loaded group 보다 높게 나왔다. BA 에서는 2, 4, 8주군에서 loaded group이 unloaded group보다 높게 나왔다. 8주, 16주로 시간이 경과해도 안정적인 골양상을 볼 수 있었다. 잔나사 부위까지 안정적인 골의 분포를 보였다. 중간 부위 BIC 에서 대조군은 2주차에 감소된 후 8주

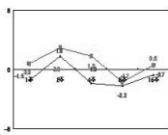


Fig. 5. Sequential changes of Δ PTV (D=S-I)
 ■ Loaded ▲ Unloaded

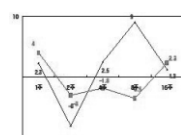


Fig. 6. Sequential changes of Δ RFA (D=S-I)
 ■ Loaded ▲ Unloaded

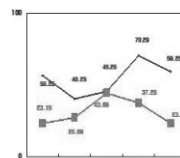


Fig. 7. Sequential changes of BIC(%) in the coronal portion of the implants
 ■ Loaded ▲ Unloaded

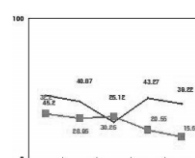


Fig. 8. Sequential changes of BA(%) in the coronal portion of the implants
 ■ Loaded ▲ Unloaded

동요는 임프란트와 골간의 직접적인 골유착을 방해한다고 하였으며, 이는 결과적으로 임프란트와 골간의 섬유성 유착을 초래하여 실패에 이르게 된다고 하였다. Ivanoff²⁷⁾는 초기 임프란트의 미세 동요가 골 유착을 방해한다고 하였다. 그러나 Pillar²⁸⁾에 따르면 28 μ m이하의 동요는 전혀 골유착에 영향을 주지 않으며, 150 μ m이상의 미세동요가 연조직의 개입을 일으킨다고 보고하였다. 초기 안정성은 즉시기능 부하에 있어 가장 중요한 요소이다. 동요가 없는 상태의 초기의 기능적인 부하는 임프란트와 골유착을 위한 필수적인 조건으로 알려져 왔다. 오히려 조절된 미세 동요는 초기 치유단계에서 골 형성을 위한 유용한 자극원이 될 수도 있다. Hoshaw 등¹³⁾은 초기의 Stress-Strain정도가 골 개조과정에 영향을 준다고 하였고, Fritton²⁹⁾은 초기의 기능적인 부하가 골 조직의 세포부착에 직접적, 간접적 영향을 미치는 골 건인 (bone-strain)을 야기한다고 하였다. 따라서 임프란트의 디자인과 즉시하중 여부는 임프란트의 안정성과 관계가 있다고 사료된다.

임프란트의 안정성은 일차 안정성과 이차 안정성으로 분류된다. 임프란트 식립 시에 얻어지는 일차 안정성은 주로 악골의 성질과 수술방법의 영향을 받는데, 골의 질과 양, 임프란트 디자인, 임프란트의 길이, 직경, 형태 및 식립 시의 수술 숙련도, 임프란트와 골 사이의 간격 등에 의해 결정된다. 일차 안정성이 작다는 것은 미세동요가 있거나 발생할 수 있는 상황을 의미하는 것이며, 이 상태가 향후의 이차 안정성 및 회복기간 등에 영향을 미치는 주요 변수가 되는 것임은 이미 잘 알려진 사실이다. 이차 안정성은 일차 치유 후에 얻어지는 안정성을 말한다. 이차 안정성은 일차 안정성과 임프란트 골 계면에서 골 형성과 골개조에 의해 얻어지는 안정성에 의하여 결정된다. 만약 임프란트가 골질이 좋은 피질골에 식립된 경우처럼 초기 안정성이 높은 경우 이차 안정성은 약간만 증가하게 된다. 이는 시작부터 임프란트의 대부분 표면이 골과 접촉해 있기 때문이다. 반대로 골질이 좋지 않은 부위에 식립된 경우 초기 안정성은 좋지 않으나 치유가 진행됨에 따라 이차 안정성은 급격히 증가하게 된다. 초기에 대부분의 임프란트 표면이 골과 접촉을 하지 않기 때문에

골개조가 진행되면서 생성된 골에 의해 새로운 많은 골 접촉이 이루어지기 때문이다. 초기 안정성이 좋은 경우 짧은 치유기간이 필요하며 초기 안정성이 높지 않은 경우 긴 치유 기간을 통해 이차 안정성에서 충분한 안정성을 얻어야 임프란트의 실패로부터 벗어날 수 있을 것이다. 따라서 임프란트의 안정성을 정확히 측정하여 하중을 주는 시기를 결정할 수 있어야 한다.

임프란트의 안정성을 평가하는 방법 중 타진 검사는 임상에서 쉽게 이용할 수 있는 단순한 방법이나 주관적이고 정확한 측정이 매우 힘들다. 방사선 검사는 수술 전 bone density를 측정하고 골질의 부분적 평가에 이용할 수 있다. 방사선 사진은 임프란트 주위의 변연골 흡수에 관한 중요한 정보를 제공하며 임프란트의 실패 및 이상 여부 판정에도 중요한 역할을 한다. 그러나 방사선 사진은 낮은 해상도와 표준화의 어려움 등이 있어 임프란트 계면에서의 골형태 및 골질을 평가한다는 것은 쉽지 않다. Reverse torque를 이용하여 임프란트 안정성을 측정할 수도 있다. Sullivan 등³⁰⁾은 고정체가 20Ncm의 뒤틀림 제거력을 견디지 못하면 제거되어야 한다고 주장하였다. 그러나 reverse torque 는 실제로 임상에서 사용하기는 비가역적 골 결합 파괴를 야기하므로 일반적으로 사용하기에 무리가 있는 술식이다. Periotest는 지대주를 때려 주파수 감폭효과를 이용하는 것이다. 이것의 수치는 -8 (낮은 동요도)에서 +50(높은 동요도)까지 표시되며 성공적인 임프란트에는 -5에서 +5의 PTV 범위를 갖는다고 하였다. Nkenke 등³¹⁾은 인간사체에서 임프란트의 초기 안정성을 peak insertion torque, Periotest 측정, 공명진동수분석법(RFA)으로 측정하고 조직형태 계측과 비교하였는데 RFA가 조직형태 계측법과 가장 많은 상관관계가 있다고 하였다. Sadoun 등³²⁾에 의하면 RFA 값이 50이하이면 불충분한 안정성을, 50~60이면 적절한 안정성, 60~75이면 매우 우수한 안정성을 보인다고 하였다. 이번 연구에서 하중군과 비하중군 모두 RFA에 의한 ISQ는 70이상을 보여주어 비교적 안정된 초기 고정값을 보여 주었다. Periotest 검사결과에서도 실험군과 대조군 모두 비교적 낮은 값을 보여주어 두 군 모두 비교적 안정한 것으로 나타났다. O'sullivan³³⁾에 의하면 높은 insertion

torque는 초기 안정성을 증가시킨다고 하였다. 본 실험에서 insertion torque 값은 두 군에서 큰 차이 없이 유사하게 나와 실험환경에 있어 차이가 있거나 보정이 필요하진 않았다. 하지만 Berglundh³⁴⁾의 동물실험을 인용하여 인간에 있어서 임프란트 치유기간 중에 식립 후 2에서 3주 사이가 임프란트 안정성이 가장 위험한 기간이라고 하였다. 이번 실험에서도 시간변화에 따른 안정도 매개변수의 변화량을 분석한 결과 하중을 준 그룹>Loading group)과 하중을 주지 않은 그룹(Unloading group) 모두에서 식립초기에 ISQ값과 PTV값이 떨어지는 결과를 나타내 식립초기에 임프란트 안정성이 감소하는 양상을 보였다. 실험군과 대조군 모두 2주군에서 Δ ISQ, Δ PTV에서 일차안정도의 감소와 2차 안정도의 증가사이에서 나타나는 일시적 안정도 저하조건이 보여졌는데 이는 Kwon 등³⁵⁾이 보고한 바와 같이 stability dip이라 불리는 2~4주의 안정화 감소기를 지나고 이후 점차 안정도가 증가하는 기간을 지나면 하중을 견딜 수 있는 최종 안정화 시기로 진입하는 모습이라고 보여진다.

COTEC 임프란트는 구조상 상부와 하부의 나사산이 다르기 때문에 BA와 BIC는 별도로 측정하였다. 즉 상부구조는 미세나사산으로 되어 있으며 하부 구조는 타 임프란트와 유사한 일반적인 형태의 나사산을 가지고 있어 치밀골이 접하는 미세나사산부분에서의 BA와 BIC는 일반적인 구조인 중간 부분의 해면골 부분에서의 값과는 차이가 있을 것이 예상된다. 따라서 본 실험에서는 각각의 값을 비교, 고찰하였다. 단 전술하였듯이 최상부의 잔잔나사부위는 그 부위가 매우 미세하고 표본작업이 힘들며 골흡수가 진행된 경우가 많아 제외하고 상부와 하부 로만 나누어 실험하였다.

실험군과 대조군의 방사선 사진에서 대조군에서는 1주에서부터 16주까지 균일하고 일관되게 안정된 치조골 상태를 보였으나 실험군에서는 많은 골 소실이 일어났는데 실험 동물에 예상치 못했던 외력이 fixture 및 주변에 작용하였거나 골의 생리적 변화가 일어났을 것으로 보인다. 외력의 작용은 fixture에 과도한 하중을 가하거나 미세동요를 일으켜 marginal bone loss를 가져왔을 것으로 사료된다. 또한 이번 실험에서는 수술후 치태관리가 잘

되지 못했고 하중군에서 임시치아 제작 후 주기적으로 교합양태를 체크해야 했으나 그러지 못했다. 그리하여 시간이 경과함에 따라 생기는 대합치의 정출로 인한 측방간섭의 제거가 완전하지 못한 것이 어느 정도의 원인이 될 수 있으므로 추후 이러한 것들을 완전히 조절된 상태에서의 실험이 필요할 수 있겠다.

PTV와 RFA는 골소실의 양태와 일치하진 않았는데 이는 치조골 흡수가 임프란트의 1/2이상까지 녹은 경우에도 PTV값은 안정된 수치를 나타내는 경우를 미루어 보아도 골흡수량과 PTV값은 항상 비례하지는 않는 것으로 사료된다.

즉시하중을 가했을 때 임프란트의 상부에 가해지는 힘은 fixture전체에 골고루 퍼져 stress를 가하는 것이 아니고 피질골 영역에 주로 집중되어 stress를 가하기 때문에 이로 인한 BA 및 BIC 감소 그리고 실험군에서의 X-ray상 보이는 crestal bone loss를 일으킬 수 있다고 보인다. 일반적인 타 임프란트와 유사한 나사산을 가진 중간 부위의 BA, BIC는 실험군 대조군 모두 높은 수치가 나왔다. BIC는 8주군을 제외하고는 실험군이 대조군보다 높게 나왔고 BA는 2, 4, 8주군에서 실험군이 대조군보다 높게 나왔다. 이는 상부에서는 BA, BIC 값이 대부분 실험군이 대조군에서보다 낮게 나왔던 것과는 다소 상이한 것으로 교합력이 상부에서는 과도한 응력으로 작용해 골의 흡수를 야기한 반면 Frost¹⁸⁾가 골다공증 환자에서 일정량의 미세동요(microstrain)가 임프란트 주위골의 골화(mineralization)을 촉진한다고 했던 것처럼 중간부위에서는 오히려 골형성에 긍정적 작용을 한 것으로 사료된다.

V. 결 론

3중 나사산을 가진 COTEC 임프란트에서 하중을 가하지 않았을 때와 즉시하중을 가했을 때, 시기별로 골형성과 안정도를 측정하고 비교해서 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 육안 및 방사선 관찰에서는 하중을 가하지 않았을 때 염증조건 없이 잘 치유되었다. 그러나 즉시하중을 가한 실험군에서는 8주, 16주로 시간이 갈수록 염증조건이

있었고 나사산이 노출되기도 했으며 X-ray 상에서도 치조골 흡수소견이 나타났다. 그러나 실험군 및 대조군 모두 동요도 측정이나 타진반응에는 이상을 보이지 않았으며 동요나 실패로 인해 제거된 임플란트는 없었다.

2. 실험군과 대조군 사이에서 PTV와 RFA에서는 유의할 만한 차이점이 발견되지 않았다. 실험군과 대조군 모두 RFA와 PTV값이 성공적인 골안정도를 나타내었다.

3. Middle 부위에서는 실험군이 대조군보다 BIC값이 높게 나와 즉시하중이라는 미세동요가 임플란트와 주위골의 골화를 촉진한다는 가능성을 제시해주었다.

4. Coronal부위에서는 대조군은 매우 안정된 치조정 골상태를 유지한 반면 실험군에서 적은 골량과 치조정 골흡수 소견을 보여주었다.

비록 3중나사산 임플란트가 초기안정도에 긍정적인 실험결과를 나타내었다고는 하나 즉시하중을 가하는 시술에서는 여전히 많은 주의와 추가적 연구가 필요하다고 사료된다.

REFERENCES

1. Brånemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent* 1983;50:399-410.
2. Brunski JB, Moccia AF, Pollack SR. The influence of functional use of endosseous dental implants on the tissue-implant interface. Histological aspects. *J Dent Res* 1979; 58:1953-69.
3. Brunski JB, Moccia AF, Pollack SR. The influence of functional use of endosseous dental implants on the tissue-implant interface. II. Clinical aspects. *J Dent Res* 1979; 58:1970-80.
4. Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long lasting direct bone to implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 1981;52:155-70.
5. Hansson HA, Albrektsson T, Brånemark PI. Structural aspects of the interface between tissue and titanium implants. *J Prosthet Dent* 1983; 50: 108-13.
6. Albrektsson T, Zarb GA, Worthington P. The long-term efficacy of currently used dental implants: Are view and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11-25.
7. Buser D, Scjenk RK, Steinemann S, Fiorelini JP, Fox CH, Stich H. Influence of surface characteristics in bone integration titanium implants, A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mater Res* 1991; 25:889-902.
8. Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent* 1989 ;62:567-72.
9. Duyck J, Ronold HJ, Van Oosterwyck H. The influence of static and dynamic loading on marginal bone reactions around osseointegrated implants: an animal experimental study. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:207-18.
10. Gottlander M, Albrektsson T. Histomorphometric studies of hydroxyapatite coated and uncoated CP titanium threaded implants in bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:399-407.
11. Fritton SP : Quantifying the strain history of bone : spatial uniformity and self-similarity of low-magnitude strains. *J of Biomechanics*, 2000; 33:317-25.
12. Suzuki K : Effects of surface roughness of titanium implants on bone remodelling activity of femur in rabbits. *Bone* 1997; 21:507-14.
13. Hoshaw SJ, Brunski JB, Cochran GVB. Mechanical loading of Brånemark implants affects interfacial bone modelling and remodeling. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1994;9:345-60.
14. Wilke HJ. The influence of various titanium surfaces on the interfacial shear strength between implants and bone. *Advances in Biomaterials* 1990;9:309-14.
15. Hansson S. The implant neck: Smooth or provided with retention elements. A biomechanical approach. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:394-405.
16. Hansson S. The implant thread as a retention element in cortical bone: the effect of thread size and thread profile: a finite element study. *J Biomech* 2003;36(9):1247-58.
17. Norton MR. Marginal bone levels at single tooth implants with a conical fixture design. The influence of surface macro- and microstructure. *Clin Oral Implants Res* 1998;9:91-9.
18. Frost HM : The role of changes in mechanical usage set points in the pathogenesis of osteoporosis. *J of Bone and Mineral Research* 1992; 7:253-61.
19. Johansson P, Strid K-G: Assessment of bone quality from cutting resistance during implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994; 9: 279-88.
20. Hansson S, Norton M.: The relation between surface roughness and interfacial shear strength for bone anchored implants. A mathematical. *J Biomechanics*. 1999;32:829-36.
21. Bides MW, Misch, CE: Force transfer concepts in

implant dentistry: basic concepts and principles, J Oral Implantol 1991;18(3):264-74.

22. Misch CE, Bides MW: Implant protected occlusion: a biomechanical rationale, Compend Cont Educ Dent 1994;15(11):1330-43.

23. Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D. Fixture designed overload influence marginal bone loss and fixture success in the Brånemark system. Clin Oral Implants Res 1992;3:104-11.

24. Wolff J. Das Gesetz der Transformation der Knochen. Berlin: A. Hirschwald, 1892.

25. Zubery Y : Immediate loading of modular transitional implants: A histologic and histomorphometric study in dogs. Int. J. Periodon. and Resto. Dent. 1999;19:343-53.

26. Brunski JB : Avoid pitfalls of overloading and micromotion of intraosseous implants. Dental Implantology Update 1993; 4:77-81.

27. Ivanoff CJ : Influence of initial implant mobility on the integration of titanium implants : An experimental study in rabbits. Clin. Oral Impl. Res. 1996;7:120-7.

28. Pilliar RM : Observation on the effects of movements on bone ingrowth into porous-surfaced implants. Clinical Orthopedics 1986; 208:108-13.

29. Fritton SP : Quantifying the strain history of bone : spatial uniformity and self-similarity of low-magnitude strains. J of Biomechanics, 2000; 33:317-25,

30. Sullivan DY, Sherwood RL, Collins TA . The reverse-torque test: A clinical report Int J Oral Maxillofac Implants 1996;11:179-85.

31. Nkenke E, Hahn M, Weinzierl K, Radespiel-Troger M, Neukam FW, Engelke K . Implant stability and histomorphometry; a correlation study in human cadavers using stepped cylinder implants. Clin Oral Implant Res 2003;14(5):601-9.

32. Saadoun Andre P, Le Gall MG, Touati B. Current Trends in implantology: Part I-Biological Response, implant stability, and implant design. Pract Proced Aesthet Dent 2004;16(7):529-35.

33. O'sullivan, Sennerby L, Meredith N. Influence of implant taper on the primary and secondary stability of osseointegrated titanium implants. Clin Oral Impl Res 2004 ;15: 474-80.

34. Berglundh T, Abrahamsson I, Lang NP, Lindhe J. De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants. Clin Oral Implants Res 2003;14:251-62.

35. Jongjin K, Seokhwan H. Stability changes according to the time of bone formation. J of the Korean Dentistry 2004;56:45-54.

The influence of immediate loading on primary stability in implants with 3 different type threads

Suk-Hyun Hwang¹, Min-Woo Lee², Ji-Hoon Yeom¹,
Chang-Hyun Kim¹, Sang-Ho Jun¹, Jong-Jin Kwon¹

Division of oral and maxillofacial surgery¹, Department of dentistry, Anam medical center, Korea university²

Purpose : The purpose of this study is the influence of immediate loading on primary stability in three different type thread implants which were designed to enhance primary stability.

Materials and Methods : The implants used in this experiment had RBM surface and tapered design (COTEC implant). In 10 Mongrel dogs, the 1st, 2nd, 3rd and 4th mandibular premolars were extracted bilaterally and implants were inserted after 1 month . Total 40 fixtures were placed and 2 implants were immediately loaded and other 2 implants were not loaded in each dog. Animals were sacrificed at 1, 2, 4, 8, and 16 weeks. When implants were inserted and the animals were sacrificed, RFA(Resonance Frequency Analysis) and PTV(Periotest value) were measured. Gross, radiological, histologic and histomorphometric examinations were done and BA(bone area) and BIC(bone to implant contact) were measured by KAPPA IMAGE BASE. The t-test and 2-way ANOVA were undertaken for statistical analysis (p<0.05).

Result & Conclusion : 1. In case of immediate loading group, crestal bone loss was observed in many cases as time goes by. But in the unloaded group , crestal bone was well maintained.

2. In RFA and PTV, both group represent high stability.

3. In the coronal area, control group showed higher value than experimental group on the BIC. As for the BA, control group showed higher value than experimental group except 4 week.

4. In the middle area, as for the BIC, experimental group showed higher value than control group except 8 week. As for the BA, experimental group showed higher value than control group at 2, 4, 8 week.

Although the implant that have 3 different shape threads are designed to better primary stability, immediate loading can cause bad result as marginal bone resorption. Further studies may be necessary with different conditions such as loading method, different thread design, better hygiene, controlled temporary crown occlusion, increased number of specimens, and improved measuring methods. [THE JOURNAL OF THE KOREAN ACADEMY OF IMPLANT DENTISTRY 2011;30(1):16-26]

Key words: Implant with 3 different shape threads, RFA, Immediate loading, microthreads, BA(bone area), BIC(bone to implant contact), PTV