

## 골밀도 평가방법과 임플란트 안정성 변화의 관찰

고석민, 박성재, 김인수, 송승일, 이인경\*

아주대학교 의과대학 치과학교실

### Observation of the change of the dental implant stability and bone density evaluation methods

Sok-Min Ko, Sung-Jae Park, In-Soo Kim, Seung-Il Song, In-Kyung Lee\*

Department of Dentistry, School of Medicine, Ajou University

#### ABSTRACT

**Purpose:** The aim of this study was to examine the correlation of the subjective and the objective evaluation of edentulous ridge bone quality, and to evaluate the change of the dental implant stability in each bone density group for early healing period after implant installation.

**Methods:** Sixty-seven implants(Osstem implant®, Seoul, Korea) were included in this study. We evaluated the bone density by 2 methods. The one was the subjective method which was determined by practitioner's tactile sense, the other was the objective bone type was based on Hounsfield units. The implant stability in each bone type group was assessed by resonance frequency analyzer(Osstell mentor®). Data were analyzed for the change of the implant stability, and they were compared to verify the difference of groups at the time of installation, 2, 6, 10, 14 weeks postoperatively. Spearman's correlation was used to demonstrate the correlation between the subjective and the objective evaluation of the bone density, and analysis of variance(ANOVA) was used to analyze the differences of implant stability at each time point.

**Results:** There was no close relation between the subjective and the objective evaluation of the bone density( $r=0.57$ ). In the subjective groups, there was statistically significant difference between the type 1 and 3 at 10 weeks and between the type 2 and 3 at 14 weeks. In the objective groups, there was no statistically significant difference between the D 1, 2, 3, 4, and 5 group with regard to RFA from baseline to 14 weeks( $P>0.1$ ).

**Conclusions:** The implant stability increased over time during the study, and it was improved with bone density proportionally after 2weeks postoperatively. It is recommended that the decision of bone density is base on Hounsfield unit for implant loading time. (*J Korean Acad Periodontol 2009;39:185-192*)

**KEY WORDS:** dental Implant; bone density; osseointegration; computed tomography.

## 서론

임플란트 고정체가 하중을 견디기 위해서는 식립 후 골유착이 전제되어야 하며, 통상 3~6개월의 치유기간이 추천되고 있다. 최근에는 고정체 식립 즉시 부하로 양호한 결과가 보고<sup>1,2)</sup>되고 있으며, 이차 수술 필요성의 배제와 함께 치료 기간 단축에 따른 심미적, 기능적 장점으로 임상적인 적용이 점차 확

대되어가는 추세이다. 그러나 이 방법은 골질과 임플란트 고정체의 초기 안정성에 따라 선택적으로 적용되어야 하며, 임플란트 주위의 과도한 조기 부하는 피질골의 흡수 또는 골유착 실패를 야기할 수 있으므로 주의를 기울여야 한다.

임플란트의 조기 실패는 대개 드릴링에 의한 과도한 열 발생이나 감염 등의 외과적 침습이나 조기 부하로 인한 골유착 획득의 실패이며, 특히 임플란트 식립부의 골질이 불량한 경우 실패율이 높아진다<sup>3)</sup>. 골밀도는 골의 강도에 영향을 미치며, 높은 골밀도는 타이타늄과 더 유사한 탄성률을 갖고 미세응력의 차이가 작아서 부하에 대해 역학적으로 유리한 것으로 알려져 있다<sup>4)</sup>. 또한 치밀골은 골-임플란트 접촉면적이 크기 때문에 단위 면적 당 부하가 적을 뿐만 아니

Correspondence: Dr. In-Kyung Lee  
Department of Dentistry, School of Medicine, Ajou University, San 5, Wonchon-dong, Yungtong-gu, Suwon-city, 443-721, Korea  
E-mail: perio8296@hanmail.net, Tel: 82-31-219-5322,  
Fax: 82-31-219-5329  
Received: May, 13, 2009; Accepted: Jun, 13, 2009

라, 응력 분산에도 유리하다. 높은 골밀도는 임플란트 치료 성과와 밀접한 관계가 있으며, 임플란트 식립 부위의 정확한 골질 평가는 치료계획 수립 시 결과를 예측하기 위해 중요한 과정이다. 골질의 평가는 골밀도를 기초로 구분하고 있으며, 골질에 따라 임플란트 식립 후 상부구조 제작 시까지의 치유 기간을 달리하도록 추천되므로, 식립부위의 정확하고 객관적인 골밀도 평가는 상부구조의 제작 시기를 결정하는 데에 중요한 지침이 될 수 있다. 골질의 평가는 주로 치밀골과 망상골의 분포량에 따르거나<sup>5)</sup>, 임플란트 식립을 위한 드릴링 시 술자의 감각에 주로 의존하여<sup>6)</sup> 분류하고 있으나, 평가하는 개인의 주관적인 판단이나 기구에 따른 변수를 배제할 수 없기 때문에 정확한 분류가 어렵다. 한편 임플란트 식립 부위의 진단을 위해 촬영된 컴퓨터 디지털 영상에서 나타난 각 픽셀에 대한 Hounsfield 값을 이용한 골밀도 분류<sup>7)</sup>는 정량화가 가능하여 객관적이고 정확한 분류가 가능하다.

임플란트의 골유착과 안정성을 검사하기 위해서 많은 방법들이 제안되고 있으며, 이 중 공명주파수 측정(Resonance Frequency Analysis; RFA)은 재현성이 높은 방법으로, 임플란트 안정성 변화를 탐지하여 임플란트 부하 시기를 결정하고 고정체의 건강도와 예후를 판단하기에 유용하다고 할 수 있다<sup>8)</sup>. RFA 값은 골의 양보다는 성숙도가 더 중요하며<sup>9)</sup>, 골-임플란트 간 접촉이 RFA와 상관관계가 있음이 증명되었다<sup>10)</sup>. 그러나, 현재 RFA를 이용한 임플란트 안정성 연구나 즉시 부하에 대한 연구는 대부분 Osstell<sup>®</sup> 측정 기기(transducer, wire)를 이용한 결과에 집중되어 있으며, 사용상의 불편함이 개선된 Osstell Mentor<sup>®</sup>(magnetic peg, wireless) 측정 기기를 사용한 연구는 드물다.

이에 본 연구는 디지털 방사선 단층 촬영에 의해 골밀도를 CT수치로 객관화하여 술전 골질을 파악한 후, 술자에 의해 평가된 골질과의 상관관계를 분석하고, RFA 측정으로 치유 기간 동안의 임플란트 안정성 변화와 비교하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 환자 모집 및 임플란트

본 연구는 아주대학교 병원 치과진료센터에서 결손치아의 수복을 위해 임플란트지지형 보철 수복이 계획된 임상태이터의 사용에 대해 동의하고 술전 진단 및 치료계획을 위

해 컴퓨터 단층촬영을 시행한 총 36명의 환자(남자 19명, 여자 17명, 평균연령 49.1±13.9세)를 대상으로 하였다. 동종골이나 이종골에 의한 치조골 증대술, 상악동 거상술을 시행한 환자, 그리고 초기 고정력 불량이나 감염 위험성이 예상되어 임플란트 고정체를 점막으로 피개하는 2회법을 적용한 증례는 제외하였다. 본 연구는 아주대학교 병원 임상시험심의위원회의 규정에 의해 사전 심의(AJIRB-CRO-07-013)를 통과하였다. 임플란트는 상악에 33개, 하악에 35개가 식립되었으나 이 중 한 개는 골유착 획득에 실패하여 제거하였고, 본 연구에서 제외하였다(Table 1). 임플란트 식립부위의 상실원인은 치주염 등 잇몸질환 34개(50.0%), 사고에 의한 상실 12개(17.6%), 파절 2개(2.9%), 치아우식증 19개(27.9%), 선천적 결손 1개(1.5%) 등으로 조사되었으며, 임플란트 수술 당시 치아 상실 후 평균 36.3개월이 경과하였다. 모든 임플란트는 단일회사(Osstem Implant<sup>®</sup> Osstem Implant Co., Korea) 제품을 사용하였으며, 표면적 증가를 위해 RBM(Resorbable Blast Media) 표면처리된 것을 식립하였다.

**Table 1.** Distribution of Installed Implants in Jaw Area

Installed Area	No. of Implants(%)
Anterior Maxilla	13(19.4)
Posterior Maxilla	19(28.4)
Anterior Mandible	5(7.5)
Posterior Mandible	30(44.7)

### 2. 임플란트 식립 및 골질 평가

임플란트 식립은 임상경력 10년 이상의 구강외과 전문의가 담당하였다. 임플란트 식립 후 RFA 값의 측정을 위해 임플란트 고정체에 Smart Peg를 연결할 수 있도록 임플란트 식립은 일회법을 이용하였으며, 고정체 상부 점막의 폐쇄를 방지하기 위해 치유용 지대주(healing abutment)를 연결하였다. 골질의 주관적 평가는 Lekholm과 Zarb가 제안한<sup>5)</sup> 치밀골과 해면골 양, 그리고 드릴링 시 치조골의 저항에 따른 감각을 기준으로 하여 임플란트 식립을 담당할 술자가 Type 1, 2, 3, 4로 구분하였다.

골질의 객관적 지표는 컴퓨터 단층 촬영된 디지털 영상에서 SimPlant Pro 11.04(Materialise Dental, Leuven, Belgium) 프로그램을 이용하여 식립 예정된 임플란트 치수

에 맞춰 식립 부위의 Hounsfield 값의 평균값을 측정한 후, 측정된 Hounsfield 값을 통하여 Misch의 분류<sup>11)</sup>에 의해 골질을 D1, D2, D3, D4, D5 등 5가지로 구분하였다.

### 3. RFA 측정

식립된 각 임플란트 고정체의 안정성을 평가하기 위해 RFA를 이용하였고, Osstell Mentor<sup>®</sup>(Osstell, Göteborg, Sweden)로 측정된 ISQ(Implant Stability Quotient) 값을 비교하였다. 고정체에 연결된 치유용 지대주를 제거하고 4-5 Ncm의 힘으로 Smart Peg를 고정체에 연결한 후, hand-held probe를 협측 방향과 근심측 방향에서 접근하여 2회 측정(Fig. 1), 최고 값을 기록하였다. RFA 측정은 임플란트 식립 당일, 그리고 식립 후 2주, 6주, 10주, 14주 등 치유기간 동안 총 5회를 측정하여 임플란트 고정체의 안정성 변화를 추적하였다.

### 4. 통계

골질의 주관적인 평가와 객관적인 평가간 상관관계 분석을



Figure 1. Measuring RFA was done 2 times buccally and mesially.

위해 Spearman's correlation을 이용하였다. 각 관찰 시기 별로 골질군 간의 임플란트 안정성 차이를 비교하기 위하여 분산 분석(ANOVA)을 실시하였으며, 다중 비교를 위하여 Bonferroni를 이용하였다. 실험 결과의 통계 처리는 SPSS 12.0.1.(SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) 프로그램을 사용하였다.

## 결과

### 1. 골질의 주관적 평가와 객관적 평가 간 상관관계

임플란트 식립 시 치조골의 저항감으로 구분한 골질의 주관적 평가는 Type 1이 12개(17.9%), Type 2가 28개(41.8%), Type 3가 26개(40.3%)으로 분포하였고, Type 4는 없었다. Type 1 중 컴퓨터 단층 촬영된 디지털 영상의 Hounsfield 값에 따라 구분한 골질의 객관적 평가는 D2가 2개(3.0%), D3가 10개(14.9%)였으며, Type 2는 D3가 16개(23.9%), D4가 6개(8.9%), D5가 6개(8.9%)로, Type 3는 D3가 5개(7.5%), D4가 9개(13.4%), D5가 12개(17.9%)로, 전체적으로 D2가 2개(3.0%), D3가 31개(46.3%), D4가 15개(22.4%), D5가 18개(25.3%)로 분포하였고, D1은 없었다(Table 2).

골질의 주관적 지표와 객관적 지표 간의 상관관계는 0.57로 높지 않았다( $P < 0.01$ ).

### 2. 경시적인 임플란트 안정성 변화(Fig. 2)

본 연구에 포함된 모든 샘플에 대한 식립 직후와 2주, 6주, 10주, 14주 후 ISQ 값을 비교하면, 식립 후 2주에 감소하였으나, 식립 6주 이후부터 급격하게 증가되기 시작하여 상부구조 장착 시까지 계속 증가하였다( $P < 0.01$ ).

Table 2. Number of the Subjective Bone Type and the Objective Bone Quality

		Objective Bone Density			
		D2	D3	D4	D5
Subjective Bone Type	Type 1	2	10	0	0
	Type 2	0	16	6	6
	Type 3	0	5	9	12
	Type 4	0	0	0	0

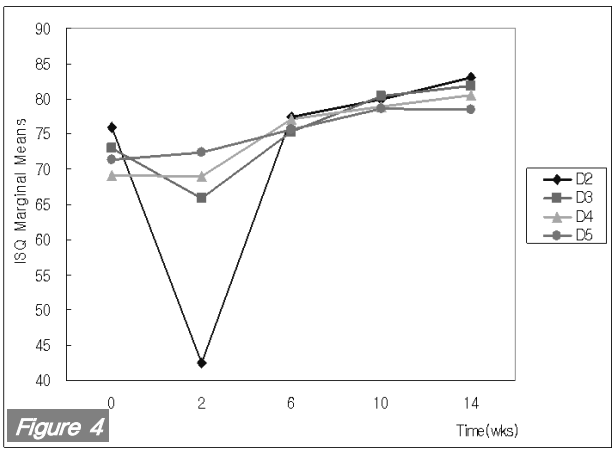
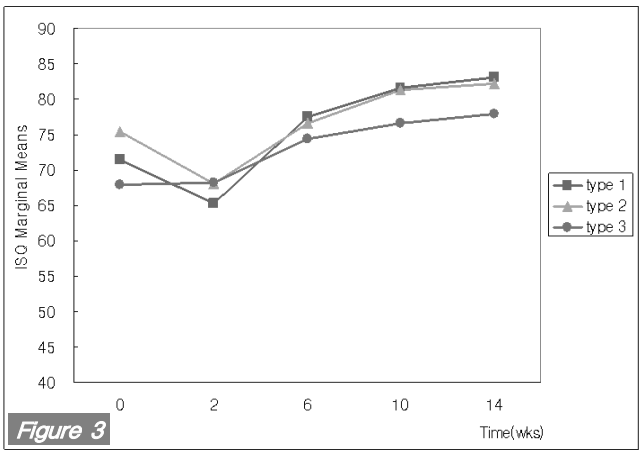
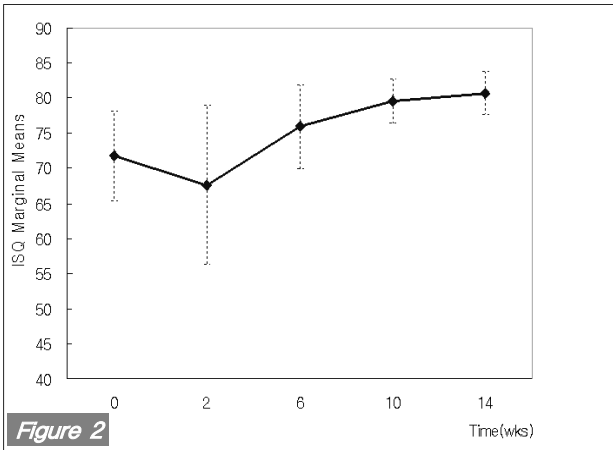


Figure 2, The change pattern of the ISQ mean value over time. Figure 3, The change patterns of the ISQ mean value in the subjective grouping over time. \* Statistically significant difference ( $P < 0.05$ ). Figure 4, The change patterns of the ISQ mean value in the objective grouping over time.

### 3. 골질에 따른 임플란트 안정성 변화

임플란트 고정체 식립 시 드릴링 저항 감각에 의해 술자가 주관적으로 평가한 골질군에서 치유 기간에 따른 안정성 변화(Fig. 3)를 관찰하면 Type 1, Type 2는 식립 2주 후 ISQ 값이 감소하였다가 이후 증가하는 양상을 보였고, 식립 6주 후까지는 그룹간 차이를 나타내지 않았으며( $P > 0.05$ ), 식립 10주 후, 14주 후 Type 1, 2와 Type 3간에 유의한 차이를 나타내었다( $P < 0.05$ ).

Hounsfield 값에 따라 객관적으로 평가된 골질군에서 치유 기간에 따른 안정성 변화 차이(Fig. 4)를 관찰하면, D2, D3는 식립 2주 후 ISQ 값이 감소하였고, 그 후 증가하는 모습을 보였으나 각 그룹간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다( $P > 0.1$ ).

### 고찰

임플란트의 조기 실패는 식립 시 외과적 침습이나 조기 부하와 연관되어 급속한 치조정 골흡수 또는 골유착의 실패로 나타나며, 임플란트 식립부의 골질이 불량한 경우에도 실패율이 높아진다<sup>2)</sup>. Jaffin과 Berman의 보고에 의하면 D4의 골질에서 실패율은 35% 이상 증가하며, 실패한 경우 절반 이상은 유약한 골질에서 발생하므로 골질에 따라 임플란트 고정체 식립 후 치유기간을 연장해야 한다고 추천하고 있다<sup>12)</sup>. 골 밀도는 골의 강도에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데, 치밀골의 Young의 탄성계수는 해면골의 10배에 달하고, 이러한 높은 골밀도는 임플란트-골 계면을 넓혀 기능 시 하중 분산에 유리하다<sup>13)</sup>. 한편 과도하게 단단한 골질의 경우에는 드릴링 시 열 발생에 주의를 기울여야 한다. 따라서 임플란트 식립부의 정확한 골질 평가는 치료계획 시 예후를 평가할 수 있는 좋은 지침이 될 수 있다. 골질은 골

밀도와 연관하여 4그룹으로 나눌 수 있는데, 기존에는 주로 드릴링 시 술자의 감각에 의존하여 분류하였으나 최근 컴퓨터 단층촬영에 의해 나타난 각 픽셀에 대한 Hounsfield 값에 의해 객관적이고 정확한 분류가 가능하게 되었다<sup>6)</sup>.

본 연구에서는 술자의 감각에 의해 주관적으로 평가된 골질과 Hounsfield 값에 의해 객관적으로 평가된 골질 간에 상호관계를 파악하였다. 주관적인 골질 평가는 Type 1, 2, 3, 4로 구분하였고, 객관적인 골질 평가는 D1, 2, 3, 4, 5로 구분하여 서로 비교함으로써 주관적 평가의 신뢰성을 확인하고자 하였다. 객관적인 골질 평가는 컴퓨터 단층 촬영된 디지털 영상에서 Hounsfield 값을 측정하였으며, 이 값은 특정 위치마다 달라지므로 전체적인 골질 평가는 곤란하다. 따라서 계획된 임플란트 폭경과 길이에 맞춰 식립될 부위의 Hounsfield 값의 평균을 구한 후, Misch의 분류에 근거하여 구분하였다. Table 2에서 나타난 것처럼, 주관적 평가 시 Type 1으로 평가된 12개의 임플란트 중 2개만이 D2에 해당되었고, 나머지 10개는 D3로 평가되었다. 또한 Type 2로 분류된 28개는 D3가 16개, D4와 D5가 각각 6개였다. Type 3도 D3가 3개, D4가 9개, D5가 12개였다. 골질의 주관적인 평가와 객관적인 평가 간 상관관계를 Spearman's correlation을 이용하여 분석한 결과는 0.57로 상관관계가 높지 않게 나타났으며, 이상의 결과에서 술자의 감각에 의존한 골질의 분류는 객관적으로 평가된 골질에 비해 좀 더 단단한 쪽으로 평가되는 경향을 알 수 있었다. 이는 골 삭제 시 술자의 감각은 치조골의 밀도 뿐 아니라, 드릴의 절삭력이나 임플란트 식립 엔진의 성능도 영향을 줄 수 있기 때문에, 술자의 감각에 의존한 골질 분류는 신뢰성이 떨어짐을 시사한다.

한편, 임플란트의 지연 실패는 골유착 획득 후의 과도한 부하에 주로 연관되며, 정기적인 검사에 의한 조기 파악으로 원인을 제거하면 문제의 발생을 차단할 수 있다. 임상적으로 완전히 실패된 임플란트의 경우는 방사선학적인 소견이나 임상적 동요도에 의해 진단될 수 있지만, 임상적으로 견고하고 동요도가 없는 골유착된 임플란트의 경우에는 그 안정도를 평가하고 실패를 예견할 수 있는 객관적인 방법이 많지 않다<sup>14)</sup>. 또한 파괴적인 임플란트 주위골 병소는 임상적 증상과 방사선학적으로 임플란트 주위골 높이를 측정하여 확인할 수 있지만, 진전된 임플란트 주위염에서 임플란트 안정성 소실이 진행되는 것을 탐지하는 것은 더욱 어렵다<sup>15)</sup>.

임플란트의 골유착과 안정성을 검사하기 위해서 많은 방

법들이 시도되었다. 임플란트 안정성을 평가하는 가장 일반적인 방법은 미리 등의 기구를 이용한 타진으로서, 골유착의 대체적인 수준을 평가할 수는 있지만 골유착 정도나 골질을 객관적으로 판단할 수는 없다. removal torque 측정<sup>16,17)</sup>과 push and pull through test<sup>18,19)</sup>는 임플란트의 견고성 측정 시 유용한 정보를 제공하지만 이들 실험은 파괴적이기 때문에 임상 적용에는 제한적이다. 비파괴 검사로 타진 반응, 방사선 사진, Periotest (Siemens AG, Bensheim, Germany), 식립 시 insertion torque 측정, 공진주파수 측정법 등의 방법이 있다. 방사선 검사는 비교적 쉽게 변연골의 높이를 측정할 수 있지만, 임플란트 안정성에 영향을 주는 골 자체 구조간의 변화를 알아볼 수는 없고 표준화가 어렵다는 단점이 있다. Periotest는 치아의 치주적 안정성을 측정하기 위해 개발되었으며 임플란트 치료 시 골-임플란트 계면의 견고성을 측정하기 위해 응용되는데, 측정 원리는 핸드피스 내부의 작은 공이가 임플란트를 타격했을 때 에너지를 변형하거나 흡수하여 진동을 완화하는 감쇠능력을 평가하는 것이다<sup>20)</sup>. 타격으로 움직이게 된 임플란트에 다시 공이가 닿는 시간으로 측정된 값을 Periotest Value(PTV)라고 하며, -8에서 +50의 범위로 측정되고 +10 이상인 경우 골유착 실패를 의심할 수 있다<sup>21)</sup>. Periotest는 식립 위치, 임플란트 직경, 지대원주 등의 영향을 받으며 가해지는 힘의 위치와 방향에 따라 측정값의 차이가 난다는 단점이 있다. 즉, 비침습적인 방법으로 골유착 과정을 평가하는 데에 어느 정도의 정보를 준다는 보고도 있지만 상악보다는 하악에서, 임플란트 직경이 클수록 PTV는 더 크게 나타나기 때문에 객관적인 정보로서의 신뢰성이 떨어지고 또한 재현성이 낮다는 것도 단점으로 지적할 수 있다. 최근에 개발된 Perimeter(Perimetrics, CA, USA)는 구조 계수와 에너지 회귀시간을 분석하므로 임플란트의 구조적 안정성과 유착 평가에 유용하다는 보고도 있다<sup>22)</sup>.

공명 주파수 측정으로 임플란트 안정성을 평가하는 방법은 특별한 측정 기구를 임플란트 고정체에 직접 연결해야 하고, 임플란트 디자인에 따라 Smart Peg 형태를 바꿔야 한다는 점, Smart Peg를 연결 분리하기가 번잡하고 이 때 점막 방벽(mucosal barrier) 손상으로 임플란트 치유기간 초기에 연조직과 골 소실의 원인이 될 수 있다는 점, 그리고 측정치가 골질에 따라 약간의 오차가 발생할 수 있다는 점 등이 단점으로 지적<sup>21)</sup>되고 있지만, Periotest와 비교하여 더 정량적이고 정확한 측정값을 얻을 수 있기 때문에 임플란트

안정성을 평가하는 좀 더 신뢰성 있는 방법이다. Osstell Mentor는 자기장에 의해 생성된 약 3.5 KHz에서 8.5 KHz 범위의 공명주파수를 ISQ 값으로 전환하여 1에서 100의 범위로 나타낸다. ISQ 값이 높을수록 bone 내에 임플란트의 고정력이 더 강하다고 평가할 수 있는데, Balleri 등<sup>23)</sup>은 임플란트 식립 후 1년 이내에 ISQ 값이 57에서 82를 보일 때 골유착이 성공적으로 획득되었다 하고, 50 이하는 위험하다고 하였다.

본 연구는 Osstell Mentor<sup>®</sup>를 이용하여 임플란트 고정체 식립 당시의 ISQ 값을 측정하여 초기 고정력을 평가하고, 2주 후, 6주 후, 10주 후, 14주 후 등 총 5회를 측정 비교하여, 시간 경과에 따른 임플란트 안정성의 변화를 추적하였다. 임플란트 식립 후 임플란트 고정체 주위의 골조직의 치유 기전을 보면, 첫 2주까지 조골세포의 이동이 일어나고, 그 후 6주까지 세포외기질(extracellular matrix)이 형성되며, 6주 이후부터 석회화가 진행되어 골이 성숙한다고 하였다. 시간에 따른 임플란트 안정성은 식립 후 2주까지 ISQ 값의 감소를 보이다가 6주부터 임플란트 안정성의 증가를 나타내었고, 그 이후로는 꾸준히 증가하였다. 식립 후 2주에 임플란트 안정성이 감소되어 나타난 것은, 조골세포에 의한 신생골이 형성되기 전에 식립 수술 시의 외과적 침습에 따른 골 흡수 때문으로 추측되며, 이는 Glauser 등이 보고<sup>24)</sup>한 이전의 결과와 유사하다. 이는 식립 후 2주에 낮은 ISQ 값을 보이더라도 조기 부하나 감염 등에 의한 신생골 형성과정에 장애가 없다면 시간이 경과하면서 임플란트 안정성은 꾸준히 증가하므로, 초기 안정성이 불량한 경우에는 임플란트 조기 부하를 피하고 충분한 치유기간을 갖는 것이 바람직함을 시사한다. 한편 ISQ 값이 측정되지 않은 데이터를 0으로 산정함에 따라 표본 수가 적은 군에서 상대적으로 영향이 크게 나타났다는 점은 본 연구의 한계로 지적할 수 있으며, 일부 데이터를 배제하여 분석하거나 표본 수를 증가시키는 경우에 결과가 달라질 수 있다는 점은 추후 논의가 가능하다.

여러 골질 군간의 임플란트 안정성 변화에 대한 평가에서, 주관적 평가군의 10주와 14주 후 측정값 외에는 골질군간 차이는 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 이 결과에서 임플란트 식립 후 임플란트 안정성은 골질에 상관없이 시간 경과에 따라 일정하게 증가함을 알 수 있다. 한편 본 연구 결과에서 임플란트 식립 당시의 ISQ 값은 주관적 지표에서 Type 2, Type 1, Type 3 순으로, 객관적 지표에서 D2, D3, D5, D4

의 순으로 나타나서 임플란트 안정성은 골 밀도와 비례하지 않았다. 이상의 결과로 보아 임플란트 초기 안정성은 임플란트 식립 시 식립 위치의 변경, 최종 드릴 크기, 임플란트 고정체 식립 깊이, 술자의 숙련도 등에 의해 영향을 받았을 것으로 추측된다. 그러나, 시간이 경과한 후 14주 측정에서는 임플란트 안정성과 골 밀도가 비례하여 나타났는데, 이로 미루어 임플란트 초기 안정성이 불량한 경우는 골질에 관계없이 최소 14주 이상의 치유기간이 필요하며, 낮은 밀도를 가진 골질의 경우에는 초기 안정성이 높게 나타났다고 하더라도 좀 더 긴 치유기간이 요구된다고 사료된다.

본 연구에서 자기골이나 동종골 등에 의한 골증대술을 동반한 증례는 골 밀도에 영향을 받을 수 있기 때문에 배제하였다. 또한 상악동 거상술 등 감염의 우려가 있거나, 초기 안정성 불량으로 골유착 획득이 위험하여 임플란트 고정체를 점막으로 피개하는 2회법을 이용한 경우에는 ISQ 값을 측정하기 위한 Smart Peg을 연결할 수 없기 때문에 연구대상에서 제외되었다. 이러한 연구대상 선정 방법은 골질이 불량한 증례가 연구에서 쉽게 배제될 수 있고 임플란트 안정성 분석에 영향을 미칠 수 있다. 이번 연구에서 상부구조 장착 등으로 더 이상 측정이 어려운 경우가 있어 치유기간 14주까지만 조사하였는데, 14주까지 임플란트 안정성은 계속 증가하는 양상을 보였으며 아직 정체기(plateau)가 나타나지 않아 임플란트 안정성에 대한 ISQ 최대값을 구하지는 못하였다. 계속되는 추가연구에서 각 골질군에 따른 ISQ 최대값을 구한다면 임플란트 상부구조 제작에 안전한 시기를 추정하는 데에 도움이 될 것이다.

본 연구에서는 임플란트 식립 수술 시 술자의 감각에 의해 평가된 골질과 컴퓨터 단층 디지털 영상에서 획득한 Hounsfield 값에 의해 평가된 골질간의 상관관계를 분석한 후, 골질에 따른 임플란트 안정성의 차이와 이에 따른 치유기간의 차이를 평가하고자 남녀 36명의 환자, 67개의 임플란트를 대상으로 임플란트 식립 당시, 2주, 6주, 10주, 14주 후의 치유기간 동안 ISQ 값을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 술자의 감각에 의존한 주관적 골질 평가와 객관적 지표에 근거한 골질 평가 간에는 상관관계가 높지 않았으며( $r=0.57$ ), 술자는 골밀도를 좀 더 높게 평가하는 경향이 있었다.

2. 식립 직후와 2주, 6주, 10주, 14주 후 ISQ 값의 비교에서 식립 2주 후 임플란트 안정성이 약간 감소하였으나,

식립 6주 이후부터 급격하게 증가되기 시작하여 상부구조 장착 시까지 계속 증가하였다( $P < 0.01$ ).

3. 치유 기간에 따른 안정성 증가 양상은 모든 군에서 유사하게 나타났으며, 골질 군 간에 차이가 없었다( $P > 0.05$ ).

## 참고문헌

- Collaert B, De Bruyn H. Immediate functional loading of TiO blast dental implants in full-arch edentulous maxillae: a 3-year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:1254-60.
- Abboud M, et al. Immediate loading of single-tooth implants in the posterior region. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:61-68.
- Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark P-I. A 15 year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;6:387-416.
- Misch CE. Stress Factor: Influence on treatment planning. In: Misch CE. *Dental implant prosthetics*. St Louis: Mosby 2005:71-90.
- Lekholm U, Zarb GA. Patient selection and preparation. In: Brånemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T. *Tissue Integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry*. Chicago: Quintessence 1985:199-209.
- Misch CE. Bone character: second vital implant criterion. *Dent Today* 7;39-40:1988.
- Misch CE, Kirocos LT. Diagnostic imaging and techniques. In Misch CE, editor, *Contemporary implant dentistry*, ed 2, St Louis: Mosby 1999:73-87.
- Meredith N, Book K, Friberg B, Jemt T, Sennerby L. Resonance frequency measurements of implant stability in vivo. A cross-sectional and longitudinal study of resonance frequency measurements on implants in the edentulous and partially dentate maxilla. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:226-33.
- Bischof M, Nedir R, Szmukler-Moncler S, Bernard JP, Samson J. Implant stability measurement of delayed and immediately loaded implants during healing. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:529-39.
- Nkenke E, Hahn M, Weinzierl K, et al. Implant stability and histomorphometry: a correlation study in human cadavers using stepped cylinder implants. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:601-9.
- Misch CE. Density of bone: Effect on surgical approach, and healing. In: Misch CE. *Contemporary implant dentistry*. St Louis: Mosby-Year Book 1999:371-384.
- Jaffin RA, Berman CL. The excessive loss of Brånemark fixtures in the type IV bone: a 5-year analysis. *J Periodontol* 1991;62:2-4.
- Misch CE. Stress Factor: Influence on treatment planning. In: Misch CE. *Dental implant prosthetics*. St Louis: Mosby 2005:71-90.
- Meredith N, Shagaldi F, Alleyne D, Sennerby L, Cawley P. The application of resonance frequency measurements to study the stability of titanium implants during healing in the rabbit tibia. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:234-243.
- Lang NP, Wilson TG, Corbet EF. Biological complications with dental implants: their prevention, diagnosis and treatment. *Clin Oral Implants Res* 2000;11 Suppl 1:146-155.
- Sennerby L, Dasmah A, Larsson B, Iverhed M. Bone tissue responses to surface-modified zirconia implants: A histomorphometric and removal torque study in the rabbit. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005;7 Suppl 1:S13-20.
- Klokkevold PR, Johnson P, Dadgostari S, et al. Early endosseous integration enhanced by dual acid etching of titanium: a torque removal study in the rabbit. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:350-357.
- Brandt J, Bierogel C, Holweg K, Hein W, Grellmann W. Extended push-out test to characterize the failure of bone-implant interface. *Biomed Tech* 2005;50:201-206.
- Dhert WJ, Verheyen CC, Braak LH, et al. A finite element analysis of the push-out test: influence of test conditions. *J Biomed Mater Res* 1992;26:119-130.
- Lachmann S, Laval JY, Jäger B, et al. Resonance frequency analysis and damping capacity assessment. Part 2: peri-implant bone loss follow-up. An in vitro study with the Periotest and Osstell instruments. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:80-84.
- Olive J, Aparicio C. Periotest method as a measure of osseointegrated oral implant stability. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:390-400.
- Earthman JC, Li Y, VanSchoiack LR, Sheets CG, Wu JC. Reconstructive materials and bone tissue engineering in implant dentistry. *Dent Clin N Am* 2006;50:229-244.

23. Balleri P, Cozzolino A, Ghelli L, Momicchioli G, Varriale A. Stability measurements of osseointegrated implants using Osstell in partially edentulous jaws after 1 year of loading: a pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2002;4:128-132.
24. Glauser R, Sennerby L, Meredith N, et al. Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:428-434.