골밀도와 임플란트 안정성 변화에 대한 전향적 연구

영통베스트덴치과[1], IT플란트치과[2], 단국대학교 치과대학 죽전치과병원 치주과[3]

고석민[1] · 박성재[2] · 이인경[3]

임플란트 식립 후 상부구조 제작 시기를 결정하기 위해 임플란트 고정체의 골유착과 안정성의 평가는 중요하며 임플란트 안정성이 변화하지 않는 고원(plateau) 현상이 나타나는 시점을 찾는다면 임플란트 저작하중에 안정적인 시기를 판단하는 객관적 지표가 될 수 있다. 본 연구의 목적은 1년간의 전향적인 연구를 통해 골밀도 간 임플란트 안정성 변화를 추적하여 저작하중을 부담하기에 적당한 안정된 시점을 구함으로써 상부구조 제작 시기를 예측하고자 하였다. 총 36명의 환자에게 식립된 67개의 임플란트를 대상으로 식립 직후, 2주, 6주, 10주, 14주, 1년 등 총 6회에 걸쳐 RFA를 시행하여 임플란트 안정성의 변화추이를 골밀도에 따라 비교 분석하였다. 식립 직후와 각 치유기간 동안의 ISQ값 비교에서 주관적으로 평가된 골질군 간에는 식립 10주와 14주에서 임플란트 안정성에 차이가 있었으나(P<0.01), 객관적으로 평가된 골질군 간에는 임플란트 안정성 변화에 차이가 없었다(P>0.05). 본 연구의 1년간의 추적조사에서 ISQ값의 변화는 $y=y_0+a\times\{1-exp(-b\times x)\}$로 나타낼 수 있었으며, 이를 이용하면 임플란트 식립 당시의 ISQ값으로 상부구조 제작 시점을 유추할 수 있다.

주요어: 임플란트 안정성, 골밀도, Hounsfield 값, 공명주파수분석(RFA) (**구강회복응용과학지** 2013:29(1):11~21)

서 론

임플란트는 전통적인 치아 수복방법에 비교하여 높은 성공율과 저작 기능, 잔존골 보존 등 예지성 있는 치료 결과로 구강 내 완전 무치악 뿐만 아니라 부분 무치악에 폭넓게 적용되고 있다[1]. 임플란트 치료 성적은 조사기간, 방법에 따라 다양하지만 10년 생존율이 90% 이상으로 조사되고 있으며 장기적인 사용에 따라 실패 가능성은 높아진다[2]. 임플란트 치료의 실패는 임플란트 고정체의 식립 수술시의 합병증이나 치유과정에서 감염 등 생물학적 원인에서 기인할 수 있고, 조기 하중이나 임플란트 주위골, 치유기간 동안 미세 동요, 부정확한 상부 보철물 설계 및 제작에 의한 응력 집중 등 기계적 원인으로 발생할 수도 있다[3]. 특히 식립 시 외과적 침습이나 조기 하중과 연관된 골유착 실패에 따른 임플란트의 조기 실패는 임플란트 식립부의 골질이 불량한 경우 발생 확률이 더 높아진다[4]. 골밀도는 골의 강도에 영향을 미치며, 골밀도가 높아질수록 임플란트 고정체인 타이타늄과 탄성율이 비슷해져 미세응력의 차이가 작아지므로 교합 하중에 역

교신저자: 이인경
단국대학교 치과대학 죽전치과병원 치주과
경기도 용인시 수지구 죽전로 152, 448-701, 대한민국
Tel: +82-31-8005-2875, Fax: +82-31-8021-7270, E-Mail: perio8296@hanmail.net
원고접수일: 2012년 12월 7일, 원고수정일: 2013년 3월 4일, 원고채택일: 2013년 3월 25일

학적으로 더 유리하다[5]. 또한 골-임플란트 접촉 면적의 증가로 단위 면적 당 부하가 적어지고 응력 분산에도 유리하다.

임플란트는 통상 식립 후 3-6개월의 치유기간이 추천되어 왔으며, 임플란트 고정체의 조기하중은 임플란트의 실패 원인으로 지적되어 왔다. 그러나 임플란트 치료 경험이 축적되고, 이차 수술 필요성 배제와 함께 신속한 기능적, 심미적 회복에 대한 환자의 요구도가 증가하면서 임플란트 고정체 식립 즉시 상부구조 제작 및 장착이 점차 확대되고 있으며 즉시 부하로도 양호한 결과를 얻을 수 있다고 보고되고 있다[6]. 그러나 조기하중의 적용은 양호한 골질과 임플란트 고정체의 초기 안정성이 전제되어야 하며, 임플란트 주위골의 능력 범위를 넘어선 과도한 조기 하중은 피질골의 흡수와 함께 임플란트 주위 골 생성을 방해하여 골유착 실패를 야기할 수 있다.

임플란트 식립 부위의 정확한 골질 평가는 치료계획 수립 시 결과를 예측하기 위해 중요한 과정이며, 상부구조 제작 시기를 결정할 수 있는 가장 객관적 방법이다. 골질의 평가는 골밀도를 기초로 구분하고 있으며, 골질에 따라 임플란트 식립 후 상부구조 제작 시까지의 치유기간을 달리하도록 추천되므로, 식립부위의 정확하고 객관적인 골밀도 평가는 상부구조의 제작 시기를 결정하는 데에 중요한 지침이 될 수 있다. 골질의 평가에는 다양한 방법이 이용되어 왔으며 주로 방사선 사진상 치밀골과 망상골의 분포량에 따르거나[7], 임플란트 수술 시 술자의 드릴링 감각에 의존하여 분류하므로[8] 평가자의 주관적인 판단이 개입할 수 있고 기구에 따른 변수를 배제할 수 없어 객관화하기 곤란하다. 최근에 해부학적 구조물의 확인과 식립 부위의 잔존골 평가를 위해 임플란트 치료 시 컴퓨터 단층 촬영에 의한 진단이 확대되어 가고 있으며, 컴퓨터 디지털 영상에서 나타난 각 픽셀에 대한 CT수치(Hounsfield unit)에 의한 골질의 분류[9]는 기존 방법에 비해 좀 더 정확하고 객관적인 골밀도 평가 방법이라 할 수 있다.

임플란트 식립 후 상부구조 제작 시기를 결정하기 위해 임플란트 고정체의 골유착과 안정성의 평가는 중요하며, 이를 검사하기 위해서 많은 방법들이 제안되고 있다. 이중에는 골-임플란트 접촉계면을 조직형태학적으로 관찰하는 방법, 방사선학적 방법, Periotest를 이용한 동요도 검사, 회전제거력을 측정하는 removal torque test, 공명주파수를 이용한 방법 등이 있다. 이중 공명주파수 측정(Resonance Frequency Analysis; RFA)은 임플란트 안정성 변화를 탐지하여 임플란트 하중 시기를 결정하고, 고정체의 치유 정도와 예후를 판단하기에 유용하다[10]. RFA 값은 골의 양보다는 성숙도가 더 중요하며, 골-임플란트 간 접촉이 RFA와 상관관계가 있음이 증명되었다[11,12]. 이전 연구에서 저자들은 임플란트 식립 후 14주간의 추적 연구에서 식립 직후 RFA값이 약간 감소하다가 14주까지 계속 증가한다는 결론을 얻었다. 따라서 지속적인 추적 연구에 의해 더 이상 RFA값이 증가하지 않는 고원(plateau) 현상이 나타나는 시점을 찾는다면 임플란트 저작하중에 안정적인 시기를 판단하는 객관적 지표가 될 수 있다.

이에 본 연구는 임플란트 식립 수술 시 술자의 감각에 의해 평가된 골질과 디지털 방사선 단층촬영에 따른 골밀도를 CT수치로 객관화하여 평가된 골질 간의 상관관계를 분석한 후, 골질에 따른 임플란트 안정성의 차이와 이에 따른 치유기간의 차이를 분석하고, 임플란트 식립 후 1년간의 RFA값 변화의 추적 연구를 시행하여 저작하중을 부담하기에 적당한 안정된 시점인 최고치 RFA값이 최고치에서 변화없이 유지되는 고원현상이 나타나는 시기를 구함으로써 상부구조 제작 시기를 예측하고자 하였다.

연구재료 및 방법

1. 대상 환자 및 임플란트

임플란트 지지형 보철에 의한 치아 결손부 수

복이 계획되어 2008년 1월부터 2008년 6월까지 아주대학교 병원 치과진료센터에서 임플란트 고정체가 식립된 환자 중, 임상데이터의 사용에 동의하고 술전 진단 및 치료계획을 위해 컴퓨터 단층 촬영을 시행한 총 36명의 환자(남자 19명, 여자 17명, 평균연령 49.1±13.9세)를 대상으로 하였다. 한편 동종골이나 이종골에 의한 치조골 증대술, 상악동거상술을 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 Ⅰ). 임플란트 식립부위의 상실원인은 치주염 등 잇몸질환 33개(49.2%), 치아우식증 19개(28.4%), 사고에 의한 상실 12개(17.9%), 파절 2개(3.0%), 선천적 결손 1개(1.5%) 등이었으며(Table Ⅱ), 치아 상실에서 임플란트 식립까지의 경과기간은 평균 36.3개월이었다. 임플란트 형상에 따른 변수를 제거하기 위해 본 연구에서는 단일회사(Osstem implant® system, Osstem implant Co., Korea) 제품의 임플란트를 사용하였으며, RBM(Resorbable Blast Media)에 의해 표면처리가 되어 있었다.

Table Ⅰ. Distribution of Installed Implants in Jaw Area

Installed Area	No. of Implants (%)
Anterior Maxilla	13(19.4)
Posterior Maxilla	19(28.3)
Anterior Mandible	5(7.5)
Posterior Mandible	30(44.7)

Table Ⅱ. Causes of teeth missing on implant installation sites

Cause	No. of teeth (%)
Periodontal problem	33(49.2)
Dental caries	19(28.4)
Accident	12(17.9)
Tooth fracture	2(3.0)
Congenital missing	1(1.5)
total	67(100.0)

2. 임플란트 식립 및 골질 평가

임상경력 10년 이상된 한 명의 구강외과 전문의가 임플란트 식립을 담당하였다. 임플란트 식립 후 치유 기간 동안 RFA 값 측정을 위해 임플란트 고정체에 Smart Peg를 연결할 수 있도록 임플란트 식립은 일회법을 이용하였으며, 고정체 상부 점막의 폐쇄를 방지하기 위해 고정체 식립 직후 치유용 지대주(healing abutment)를 연결하였다. 골질의 주관적 평가는 Lekholm과 Zarb의 제안에 따라[7] 방사선 사진상에 나타난 치밀골과 해면골량, 그리고 드릴링 시 치조골의 저항에 따른 감각을 기준으로 하여 임플란트 식립을 담당한 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 치수에 맞춰 식립 부위의 Hounsfield값의 평균값을 측정한 후, 측정된 Hounsfield값을 통하여 Misch의 분류[9]에 의해 골질을 D1, D2, D3, D4, D5 등 5가지로 구분하였다.

3. RFA 측정

식립된 각 임플란트 고정체의 안정성 변화를 추적 조사하기 위해 RFA를 이용하였고, Osstell Mentor®(Osstell, Göteborg, Sweden)로 측정된

ISQ(Implant Stability Quotient)값을 비교하였다. 고정체에 연결된 치유용 지대주를 제거하고 4-5 Ncm의 힘으로 Smart Peg을 고정체에 연결한 후, hand-held probe를 협측 방향과 근심측 방향에서 접근하여 2회 측정하여(Fig. 1), 최고값을 기록하였다. RFA측정은 임플란트 식립 당일, 그리고 식립 후 2주, 6주, 10주, 14주 등 치유기간 동안 총 5회를 측정하여 임플란트 고정체의 안정성 변화를 추적하였고, 식립 1년 후 상부구조를 제거하고 RFA를 측정하여, ISQ값이 고원현상(plateau)을 이루는 시점을 파악하고자 하였다.

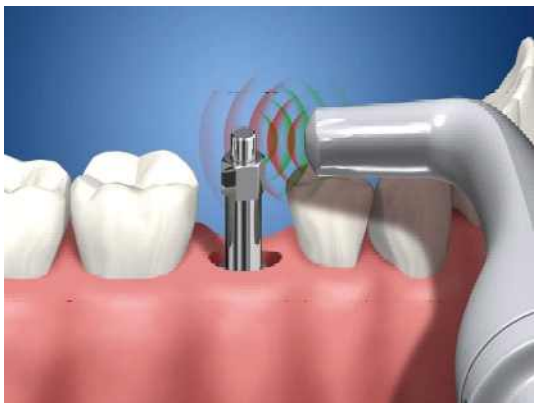

Fig. 1. Measuring RFA was done 2 times buccally and mesially.

4. 통계

골질의 주관적인 평가와 객관적인 평가 간 상관관계 분석을 위해 Spearman's correlation을 이용하였다. 각 관찰 시기별로 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.

결 과

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%)로 분류되었고, Type 4로 평가된 임플란트는 없었다. Type 1 중 컴퓨터 단층 촬영된 디지털영상의 Hounsfield값에 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

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

		Objective Bone Quality			
		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

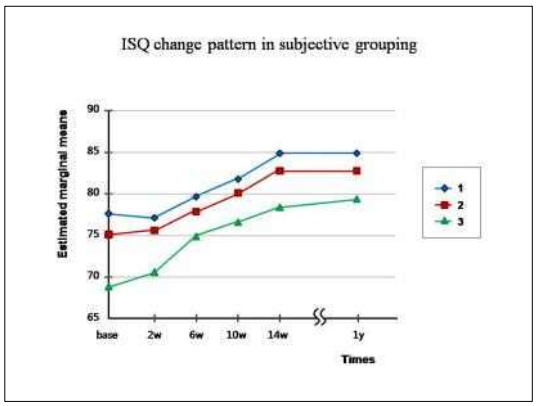

Fig. 2. The change patterns of the ISQ mean value in the subjective grouping as time passed.

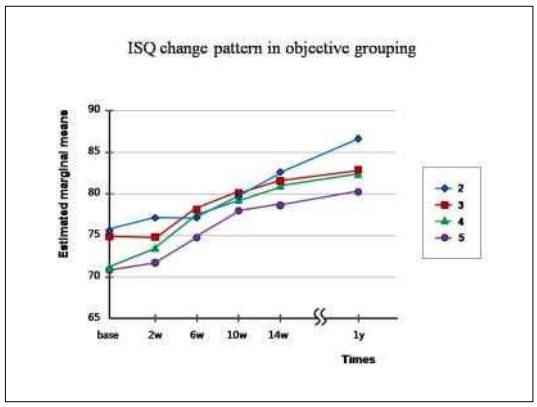

Fig. 3. The change patterns of the ISQ mean value in the objective grouping over time.

(22.4%), D5가 18개(25.3%)로 분포하였고, D1은 없었다(Table Ⅲ).

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

2. 골질에 따른 임플란트 안정성 변화

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

Hounsfield에 따라 객관적으로 평가된 골질군에서 치유기간에 따른 안정성 변화에 대한 차이(Fig. 3)를 관찰하면, D3는 식립 2주 후 ISQ값이 감소하였고, 그 후 증가하는 모습을 보였으나 각 그룹 간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다 (P>0.1).

3. 경시적인 임플란트 안정성 변화(Fig. 4)

본 연구에 포함된 모든 샘플에 대한 식립 직후와 2주, 6주, 10주, 14주 ISQ값을 비교하면, 식립 후 2주째부터 급격하게 증가되기 시작하여 상부구조 장착 시까지 계속 증가하였다(P<0.01). 또한 1년 후 조사에서도 약간의 증가를 보였으나 14주 이후에 ISQ값의 증가량은 0.25/week이하로 미미한 수준이었다.

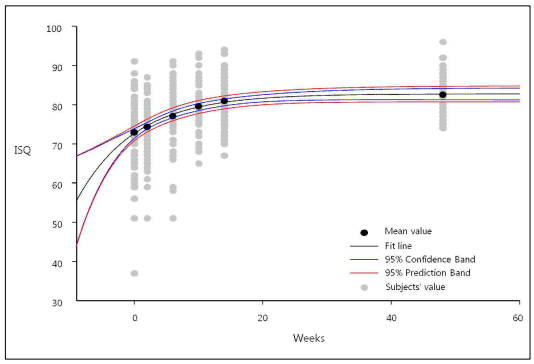

Fig. 4. The change pattern of the ISQ mean value over time.

임플란트 안정성 변화추이는 다음과 같은 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$y=y_0+a\times\{1-exp(-b\times x)\}$$

y: ISQ value
y_0: ISQ value at the fixture installation
x: week
a(coefficient): 10.1313(P<0.05)
b(coefficient): 0.1105(P<0.05)

고 찰

임플란트의 조기 실패는 식립 시 외과적 침습이나 조기 하중과 연관되어, 식립 후 급속한 치조정 골흡수 또는 골유착의 실패로 나타나며, 특히 임플란트 식립부의 골질이 불량한 경우 실패율이 높아진다[4]. Jaffin과 Berman의 보고[13]에 의하면 D4의 골질에서 실패율은 35% 이상 증가하며, 임플란트 실패의 절반 이상은 유약한 골질에서 발생하므로 골질에 따라 임플란트 고정체 식립 후 치유기간을 연장해야 한다고 추천하고 있다. 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[5]. 한편 과도하게 단단한 골질의 경우에는 드릴링 시 열 발생에 주의를 기울여야 한다. 따라서 임플란트 식립부의 정확한 골질 평가는 치료계획 수립단계에서 예후를 평가할 수 있는 좋은 지침이 될 수 있다. 골질은 골밀도와 연관하여 4그룹으로 나눌 수 있는데, 기존에는 주로 드릴링 시 술자의 감각에 의존하여 분류하였으나, 최근 컴퓨터 단층 촬영에서 나타난 각 픽셀에 대한 CT수치(Hounsfield unit)에 의해 객관적이고 정확한 분류가 가능하게 되었다[8].

본 연구에서는 술자의 감각에 의해 주관적으로 평가된 골질과 Hounsfield 값에 의해 객관적으로 평가된 골질 간의 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 디지털영상에서 Hounsfield 값을 측정하여 결정하지만, 이 값은 특정 위치마다 달라지므로 전체적인 골질을 평가하기는 곤란하다. 따라서 계획된 임플란트 폭경과 길이에 맞춰 식립될 부위의 Hounsfield값의 평균을 구한 후, Misch의 분류에 근거하여 골질을 구분하였다. Table Ⅱ에서 나타난 것처럼, 주관적 평가 시 Type 1으로 평가된 12개의 임플란트 중 2개만이 D2에 해당되었고, 나머지 10개는 D3로 평가되었다. 또한 Type 2로 분류된 28개 중 D3가 16개, D4와 D5가 각각 6개였다. Type 3도 D3가 5개, 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 실제적인 치조골의 골밀도 뿐만 아니라, 드릴의 절삭력이나 임플란트 식립 엔진의 성능 등 외부 인자가 영향을 미칠 수 있기 때문에, 술자의 감각에 의존한 골질 분류는 신뢰성이 떨어짐을 시사한다.

한편, 임플란트의 지연 실패는 골유착 획득 후의 과도한 하중에 주로 연관되며, 정기적인 검사에 의한 조기 파악으로 원인을 제거하면 문제의 발생을 차단할 수 있다. 임상적으로 완전히 실패된 임플란트의 경우에는 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[14]. 또한 파괴적인 임플란트 주위골 병소는 임상적 증상과 방사선학적으로 임플란트 주위골 높이를 측정하여 어느 정도 확인 가능하지만, 진행되고 있는 임플란트 주위염에서 임플란트 안정성 소실을 탐지하고 예측하는 것은 더욱 어렵다[15].

임플란트의 골유착과 안정성을 검사하기 위해

서 많은 방법들이 시도되었다. 임플란트 안정성을 평가하는 가장 일반적인 방법은 미러 등의 기구를 이용한 타진으로 골유착의 대체적인 수준을 평가할 수는 있지만, 골유착 정도나 골질을 객관적으로 판단할 수는 없다. removal torque 측정[16,17]과 push and pull through test[18,19]는 임플란트의 견고성 측정 시 유용한 정보를 제공하지만 이들 실험은 파괴적이기 때문에 임상 적용에는 제한적이다. 비파괴 검사로 타진 반응, 방사선 사진, Periotest® (Siemens AG, Benssheim, Germany), 식립 시 insertion torque 측정, 공진주파수 측정법 등이 고려될 수 있다. 방사선 검사는 비교적 쉽게 변연골의 높이를 측정할 수 있지만, 임플란트 안정성에 영향을 주는 골 자체 구조간의 변화를 파악하기 어렵고 표준화가 곤란하다는 단점이 있다. Periotest®는 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 임플란트가 에너지를 변형하거나 흡수하여 진동을 완화하는 감쇠능력을 평가하는 원리이다[20]. 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[21]. Periotest는 식립 위치, 임플란트 직경, 지대원주 등의 영향을 받으며 가해지는 힘의 위치와 방향에 따라 측정값에 차이가 난다는 단점이 있다. 즉, 비침습적인 방법으로 골유착 과정을 평가하는 데에 어느 정도의 정보를 얻을 수 있지만 상악보다는 하악에서, 임플란트 직경이 클수록 PTV는 더 크게 나타나기 때문에 객관적인 정보로서의 신뢰성이 떨어지고, 재현성이 낮다는 점도 단점이다. 최근에 개발된 Periometer® (Periometrics, LLC, CA, USA)는 구조 계수와 에너지 회귀시간을 분석하므로 임플란트의 구조적 안정성과 유착 평가에 유용하다는 보고도 있다[22].

공명 주파수 측정으로 임플란트 안정성을 평가하는 방법은 특별한 측정 기구를 임플란트 고정체에 직접 연결해야 하고, 임플란트 디자인에 따라 Smart Peg형태를 바꿔야 한다는 점, Smart Peg를 연결 분리하기가 번잡하고 이 때 점막 방벽(mucosal barrier) 손상으로 임플란트 치유기간 초기에 연조직과 골소실의 원인이 될 수 있다는 점, 그리고 골질에 따라 측정치에서 약간의 오차가 발생할 수 있다는 점 등이 단점으로 지적[22]되고 있지만, Periotest®와 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 ISQ값으로 전환하여 1에서 100의 범위로 나타낸다. ISQ값이 높을수록 bone 내에 임플란트의 고정력이 더 강고하다고 평가할 수 있는데, Balleri 등[23]은 임플란트 식립 후 1년 이내에 ISQ값이 57에서 82를 보일 때 성공적인 골유착으로 평가할 수 있으며, 50이하는 위험하다고 하였다.

고정체 식립 시, 2주 후, 6주 후, 10주 후, 14주 후, 1년 후 등 총 6회의 ISQ값을 측정 비교하여, 시간 경과에 따른 임플란트 안정성의 변화를 추적하였다. 임플란트 고정체 식립 시 드릴링 저항감각에 의해 술자가 주관적으로 평가한 골질군 사이에서 치유 기간에 따른 안정성 변화는 식립 6주 후까지는 임플란트 안정성 변화에서 그룹 간 차이를 나타내지 않았으나 식립 10주 후, 14주 후 Type 1, 2 와 Type 3 간에 유의한 차이를 나타내었고(P<0.05), Kim 등[24]의 연구 결과와도 유사하다. 그러나 Hounsfield값에 따라 객관적으로 평가된 골질군에서 치유기간에 따른 안정성 변화에서는 각 그룹 간의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다(P>0.1). 이는 주관적으로 평가된 골질 Type 3 그룹 중에서 실제로는 D4나 D5 등 유약골질이 다수 포함되어 있어 안정성 변화에 영향을 미쳤을 것으로 추측되며, 골질을 평가하기 위해서는 술자의 감각에 의존하기 보다는 CT scanning에 의한 Hounsfield값에 근거하여 객관적인 평가를 하는 것이 임플란트 결과를 예측하는데 더 유용하다고 보여진다[25].

본 연구에 포함된 모든 샘플에 대한 식립 직후와 2주, 6주, 10주, 14주 ISQ값을 비교하면, 식립 후 2주째부터 급격하게 증가되기 시작하여 상부구조 장착 시까지 계속 증가하였다(P<0.01). 또한 1년 후 조사에서도 약간의 증가를 보였으나 14주 이후에 ISQ값의 증가량은 미미한 수준으로 0.25/week이하의 증가량을 보였고, 유감스럽게도 식립 후 고원현상이 일어나는 시점을 특정할 수는 없었다. 다만, 임플란트 고정체 식립 후 ISQ값 변화 추세에 대한 방정식을 얻을 수 있었는데 이를 이용하면 임플란트 식립 시 초기 값에 따라 시간 경과 후 값을 추정할 수 있어 교합하중을 견딜 수 있는 ISQ값의 기준을 마련한다면 상부구조 제작 시기의 예측이 가능하다. 하지만 본 연구는 67개의 임플란트를 1년간 관찰한 것으로, 향후에는 지속적인 연구로 좀 더 증가된 표본수의 임플란트를 대상으로 하는 장기적인 추가 평가가 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

금번 연구에서는 자가골이나 동종골 등에 의한 골이식술을 동반한 증례는 골 밀도에 영향을 받을 수 있기 때문에 배제하였다. 또한 상악동거상술 등 감염의 우려가 있거나, 초기 안정성 불량으로 골유착 획득이 위험하여 임플란트 고정체를 점막으로 피개하는 2회법을 이용한 경우에는 ISQ값을 측정하기 위한 Smart Peg을 연결할 수 없으므로 연구 대상에서 제외하였다. 이러한 연구대상 선정 방법은 골질이 불량한 증례가 연구에서 배제되어 임플란트 안정성 분석에 영향을 미칠 수 있기 때문에 이를 극복할 수 있는 방법을 통한 연구가 필요하리라 사료된다.

결 론

본 연구에서는 임플란트 식립 수술 시 술자의 감각에 의해 평가된 골질과 컴퓨터 단층 디지털 영상에서 획득한 Hounsfield값에 의해 평가된 골질간의 상관관계를 분석한 후, 골질에 따른 임플란트 안정성의 차이와 이에 따른 치유기간의 차이를 평가하여 상부구조 제작 시기를 예측하고자 남녀 36명의 환자, 67개의 임플란트를 대상으로 임플란트 식립 당시, 2주, 6주, 10주, 14주, 1년 후의 치유기간 동안 ISQ값을 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 각 치유기간 동안의 ISQ값 비교에서 주관적으로 평가된 골질군 간에는 식립 10주와 14주에서 임플란트 안정성에 차이가 있었으나(P<0.01), 객관적으로 평가된 골질군 간에는 임플란트 안정성 변화에 차이가 없었다(P>0.05),
3. 식립 후 1년 후에도 미미하지만 ISQ값의 증가는 계속되었고, 본 연구에서 임플란트 안정성 변화는 방정식 $y=y_0+a\times\{1-exp(-b\times x)\}$로 표현될 수 있었다.

이상의 결과로 보아, 골질 평가에서 CT scanning에 의한 Hounsfield값에 근거한 평가가 임플란트 결과를 예측하는 데에 더 유용하다고 보여지며, 본 연구에서 얻어진 임플란트 안정성 변화 추이를 이용하면 임플란트 식립 초기 안정성으로 상부구조 제작 시점을 유추할 수 있다. 그러나, 향후 지속적인 연구로 증가된 표본수의 임플란트를 대상으로 하는 장기적인 추가 평가가 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

연구비 지원 및 사의

이 논문은 ㈜ 오스템 임플란트 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

1. Adell R, Eriksson B, Lekholm U, Brånemark PI, Jemt T. Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. Int J Oral Maxillofac Implants 1990;5:347-59.

2. Nevins M, Langer B. The successful use of osseointegrated implants for the treatment of the recalcitrant periodontal patient. J Periodontol 1995;66;150-7.
3. Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants.(Ⅱ). Etiopathogenesis. Eur J Oral Sci 1998;106:721-64.
4. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark P-I. A 15 year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Int J Oral Surg 1981;6:387-416.
5. Misch CE. Stress Factor: Influence on treatment planning. In: Misch CE. Dental implant Prosthetics. St Louis: Mosby 2005:71-90.
6. Collaert B, De Bruyn H. Immediate functional loading of TiOblast dental implants in full-arch edentulous maxillae: a 3-year prospective study. Clin Oral Implants Res 200819:1254-60.
7. Lekholm U, Zarb GA. Patient selection and preparation. In: Branemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T. Tissue Integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry. Chicago: Quintessence 1985:199-209.
8. Misch CE: Bone character:second vital implant criterion. Dent Today 1988;7:39-40.
9. Misch CE, Kirocos LT. Diagnostic imaging and techniques. In Misch CE, editor, Contemporary implant dentistry, ed 2, St Louis: Mosby 1999:73-87.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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;8:234-43.
15. Lang NP, WilsonTG, Corbet EF. Biological complications with dental implants: their prevention, diagnosis and treatment. Clin Oral Implants Res. 2000;11 Suppl 1:146-55.
16. 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
17. 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;12:350-7.
18. 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: 201-6.
19. 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;26:119-30.
20. 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;17:80-4.
21. Olive J, Aparicio C. The periotest method of osseointegrated oral implant stability. Int J Oral Maxillofac Implants 1990;5:390-400.
22. Earthman JC, Li Y, VanSchoiack LR, Sheets CG, Wu JC. Reconstructive materials and bone tissue engineering in implant dentistry. Dent Clin N Am 2006;50:229-44.
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;4:128-32.
24. Jae-Min Kim, Sun-Jong Kim, Inho Han, et al. A comparison of the implant stability among various implant systems: clinical study. J Adv Prosthodont 2009;1:31-6.
25. Turkyilmaz I, McGlumphy EA. Influence of bone density on implant stability parameters and implant success: a retrospective clinical study. BMC Oral Health 2008;8:32-9.

A Comparison of the Implant Stability Among the Bone Density Groups: Prospective Study

Sok-Min Ko[1], Seong-Jae Park[2], In-Kyung Lee[3]

Youngtong-Bestden Dental Clinic[1], ITplant Dental Clinic[2], Department of Periodontics, Jukjeon Dental Hospital, College of Dentistry, Dankook University[3]

The purpose of this study was to get a proper time when implant was loaded and superstructure was fabricated by tracing a change of the implant stability in bone type for 1 year. We carried out RFA(resonance frequency analysis) of 67 implants in 36 patients at the time of surgery, 2, 6, 10, 14weeks, and 1year postoperatively for each implant, and analyzed data for different bone density. The ISQ value at the time of 10 & 14weeks postoperatively were significant(P<0.01) in subjective grouping, while that were not significant in objective grouping(P>0.05). The change pattern of ISQ value could be expressed $y=y_0+a\times\{1-exp(-b\times x)\}$ for 1 year in this study, ISQ value at surgery might be used to estimate the time of superstructure fabrication consequentially.

Key words: implant stability, bone density, Hounsfield unit, RFA(resonance frequency analysis)

Correspondence to: In-Kyung Lee, DDS, PhD
Department of Periodontics, Jukjeon Dental Hospital, College of Dentistry, Dankook University.
152, Jukjoen-ro, suji-gu, yongin-si, gyeonggi-do, 448-812. Korea.
Tel: +82-31-8005-2875. Fax: +82-31-8021-7270. E-Mail: perio8296@hanmail.net
Received: December 7, 2012, Last Revision: March 4, 2013, Accepted: March 25, 2013