

치과 임플란트 환자에 대한 공진주파수 측정기의 임상적 응용에 관한 연구

단국대학교 치과대학 치과보철학교실

이 준 석

ABSTRACT

ON THE CLINICAL STUDY OF RESONANCE FREQUENCY ANALYSER TO DENTAL IMPLANT PATIENTS

Dept. of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University
Joon-Seok Lee, D.D.S., M.S.D.

There is a need for a method to appropriately evaluate the change in stability of the implants and assist in predicting the prognosis of the implants, thus increasing the success rate of implants. In this study, the resonance frequency analysis(RFA) method was clinically applied to patients treated with implants. The bone quality was evaluated and the stability of 54 implants were tested via Osstell™. The results showed that the mandible showed significantly higher ISQ value than the maxilla. And class II and III type bone showed significantly higher ISQ value than class IV. The group that had a relatively low ISQ value(mean 66.0) at the time of implantation, showed increase in value at the second stage surgery testing, but the group with relatively high ISQ value(mean 77.1) displayed decrease. From these results, the RFA method can be considered a simple and predictable method in evaluating the primary stability of implants and can be an assisting factor in further treatment planning and prediction of prognosis.

*Key word: Stability of implant, Osstell™, ISQ value, RFA, bone quality

I. 서 론

임상적으로 골유착의 실패는 외상, 감염, 부적절한 부위에 식립, 또는 기능시 과도한 하중에 의해 발생될 수 있으며, 실패 양상 또한 점진적인 임플란트 동요도의 증가, 임플란트 주변골 고경의 감소,

임플란트 구조물의 파절 등으로 다양하게 나타날 수 있다¹⁾. 임상적으로 완전히 실패된 임플란트의 경우는 방사선학적 소견이나 임상적 동요도에 의해 진단될 수 있지만, 임상적으로 견고하고 동요도가 없는 골유착된 임플란트의 경우에는 그 안정도를 평가하고 실패를 예견하고 방지할 수 있도록 예측

가능한 방법은 존재하지 않는다²⁾.

임프란트의 안정성은 임프란트 식립시 얻을 수 있는 일차 안정성과 이차 안정성으로 구분할 수 있다. 일차 안정성은 식립시의 기계적인 안정성으로 식립부의 골질과 골량, 임프란트의 길이, 직경 및 형태, 식립 방법 등에 영향을 받으며, 이차 안정성은 식립 후 임프란트와 조직계면간의 골 재생과 골 개조 결과로 발생하는 임프란트의 안정을 말한다³⁾.

임프란트의 골유착과 안정성을 검사하기 위한 많은 방법들이 시도되었다. 조직 형태학적 연구, removal torque 측정^{4,5)}, push-and pull-through test⁶⁾는 임프란트의 견고성을 측정하는 데 많은 유용한 정보를 제공한다. 하지만 이들 실험은 파괴적(invasive)이기 때문에 임상 적용의 제한을 받는다. 비파괴 검사의 경우 현재 이용할 수 있는 것으로는 타진반응, 방사선 사진, Periotest[®], 식립시 삽입 토르크 측정, 공진주파수 측정법(resonance frequency analysis) 등의 방법이 있다. 방사선 검사는 비교적 쉽게 변연골의 높이를 측정할 수 있지만 임프란트 안정성에 영향을 주는 골 자체의 골 구조간의 변화를 알아볼 수는 없으며 표준화가 어렵다는 단점이 있고, Periotest[®]는 식립 위치, 지대원주 등이 영향을 미치며 가해지는 힘의 위치와 방향에 따라 상당한 값의 차이가 난다는 단점이 있다⁷⁾.

1994년에 공진주파수를 이용한 방법을 개발한 이래 Meredith 등은 여러 가지 실험을 통하여 RFA의 유용성 있는 결과를 발표했고^{2,8)}, 여러 가지 골 지지와 관련이 있는 임플란트 안정성에 있어서 작은 변화를 탐지할 수 있다고 하였다⁹⁾. Sennerby 등¹⁰⁾은 RFA 값은 골의 양보다는 성숙도가 더 중요함을 보고하였고, Nkenke 등¹¹⁾은 골-임프란트 접촉이 RFA와 상관관계가 있음을 보였다. 또한 박 등¹²⁾과 Huan 등¹³⁾은 식립된 부위의 치유에 따라 RFA가 증가됨을 보였으며, Rasmusson 등¹⁴⁾은 시간에 따라 안정성을 이루며 신생골은 크게 영향을 미치지 못했음을 보고하였다. 이외에도 현재 RFA를 이용하여 임프란트의 표면처리법과 관련된 안정성 연구

또는 즉시 하중에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다.

공진주파수 측정기는 두 개의 피조-세라믹 요소로 구성된 변환기를 이용하여 임프란트의 공진주파수를 측정하는 장치로 원리는 다음과 같다⁹⁾.

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EI}{m l^3}}$$

l = beam의 effective length

E = Young 상수(GNm⁻²)

I = 관성모멘트

l 은 임프란트가 골 위로 나온 거리를 나타낸다. 그러므로 골이 흡수되면 l 이 증가하게 되므로 RF 값은 줄어들게 된다. RFA는 임프란트-조직계면간의 견고도, 유효 지대주 길이 등에 영향을 받으며⁸⁾, 현재 값을 정량화하여 임프란트의 안정성을 평가하고, 변환기(Fig. 1)와 임프란트 종류별로 RF 값에 영향을 줄 수 있는 인자들을 보정한 Osstell[™](Integration Diagnostics Ltd, Göteborg, Sweden, Fig. 2)이 상용화되어 Implant Stability Quotient(ISQ) 값이 RF 값 대신 사용되어지고 있다.

임상에서 임프란트의 성공률을 높이고, 향후 발생할 수 있는 실패를 예측하고 예방하기 위해서는 임프란트의 안정성과 그 변화 정도를 적절하게 평



Fig 1. Osstell[™]transducer



Fig 2. Osstell™

가할 수 있는 방법이 필요한바, Osstell™을 실제 임상에서 환자에 적용해보고, 증례를 조사하고 분석하여, 골진 주파수 측정기의 임상적 유효성과 효과에 대하여 알아보하고자 하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

단국대학교 치과대학 부속병원 보철과에 내원한 환자 36명(남자 21명, 여자 15명)을 대상으로 총 54개의 임플란트를 조사하였다.

임플란트는 Replace™ Select Tapered TiUnite(NobelBiocare™ AB, Sweden), Brånemark System® MK III TiUnite(NobelBiocare™ AB,

Sweden), Osseotite®(3i Corp, USA.)를 식립하였다. 일차 수술시와 이차 수술시의 ISQ 값을 Osstell™(Integration Diagnostics Ltd., Göteborg, Sweden)로 측정하였으며 식립 부위는 상악, 하악으로 분류하고, Lekholm과 Zarb의 분류법¹⁵⁾에 따라 술전 방사선 사진과 식립시 술자의 촉감을 토대로 골질을 분류하였다. 일차수술과 이차수술시의 평균 시간차는 상악에서는 5개월 27일, 하악은 4개월 16일이었다.

2. 연구방법

일차 수술시 임플란트를 식립한 후, 그리고 이차 수술시 치유지대원주를 장착하기 전에 측정을 시행하였다(Fig. 3, 4). 임플란트 시스템별, 임플란트 직경별로 구별되어 보정이 되어 있는 작은 변환기를 10N의 힘으로 고정하여 장착하였고, 연조직 접촉은 시키지 않았다. Osstell™을 작동시켜 ISQ 값을 측정하였고, 각각의 ISQ 값을 컴퓨터에 저장하였다.

3. 통계처리

윈도우용 SPSS version 12.0을 사용하였다. 임플란트 별로 ISQ 값의 차이와 상하악간 ISQ 값의 차이를 t-test를 통해 검정하였으며, 1차, 2차 ISQ의 변화 관계를 알아보았다. 골질에 따라 ISQ 값 간에



Fig 3. Measuring ISQ in 1st surgery



Fig 4. Measuring ISQ in 2nd surgery

유의성이 있는지 one-way ANOVA와 multiple range(Scheffe) test를 시행해 보았다.

III. 연구 결과

1. 골질의 분류

골질은 다음과 같이 구분되었다(Table I). 상악에서는 Class I인 골질은 존재하지 않았으며, 상악 모두 Class III가 가장 많은 수를 나타내었다.

Table I. Number of bone quality classification in installation site

	Class I	Class II	Class III	Class IV
Maxilla	0	6	12	5
Mandible	2	13	15	1

2. 식립시 ISQ 값과 이차 수술시 ISQ 값의 비교

Table II. Mean and SD. of ISQ values at 1st surgeries

	Mean	SD.	N
Maxilla	66.5	6.4	21
Mandible	71.8	7.3	29
Total	70.3	7.6	50

SD : Standard deviation

Table II 은 임플란트 식립시 측정된 ISQ 값의 평균과 표준편차이며, 상하악간에 ISQ 값을 비교했을 때 하악에서 더 높은 ISQ 값을 나타내었다 ($p < 0.05$).

골질에 따라 측정값을 비교했을 때, 골질이 떨어질수록 낮은 ISQ 값을 나타내었다. Class I 은 수

Table III. Result of multiple range(Scheffe) test for ISQ values according to bone quality classification

Bone quality	Class II (75.6±6.4)	Class III (69.3±6.6)	Class IV (59.0±4.4)
Class II			
Class III			
Class IV	*	*	

*denotes pair of group significantly different at the 0.05 level

가 적어 제외하고 각 군간의 유의차를 검사해본 결과, Class II 과 Class III 간에 유의차가 없었으나, Class II, III 와 IV 간에는 유의차가 나타났다 ($p < 0.05$, Table III).

Branemark System® MK III TiUnite을 식립했을 때, 상악은 68.0, 하악은 73.4의 평균 일차 ISQ 값을 나타냈으며, Replace™ Select Tapered TiUnite의 경우 평균 일차 ISQ 값은 상악에서는 64.2, 하악에서는 68.4를 나타내었다. 임플란트별 ISQ 값의 차이를 검사하기 위해 independent t-test를 시행한 결과 유의차는 나타나지 않았다.

Table III. Mean and SD. of ISQ values at 2nd surgeries

	Mean	SD.	N
Maxilla	69.3	8.3	16
Mandible	75.9	5.8	22
Total	73.9	7.6	38

SD: Standard deviation

Table III는 2차 수술시 측정된 ISQ 값의 평균과 표준편차이다. 모든 경우에서 60이상의 값을 보였으나, 상악의 한 경우에서 50을 나타내었다.

3. ISQ 값의 변화량 비교

Table IV. Mean ± SD. of variation of ISQ values

	1st ISQ	2nd ISQ	ΔISQ	N
Increased	66.0±8.5	73.2±6.3	7.2±2.6	15
Decreased	77.1±5.3	74.8±4.3	2.4±5.3	19

SD : Standard deviation

임플란트 식립시와 2차 수술시의 ISQ 값을 비교한 결과, 15개의 임플란트는 증가를 보였으며, 19개의 임플란트에서는 감소를 보였다(Table IV).

ISQ 값이 증가된 군의 일차 ISQ 값의 평균은 66.0, 감소된 군의 일차 ISQ 값의 평균은 77.1이었다.

IV. 총괄 및 고안

Meredith 등이 임플란트의 안정성을 정량적으로 평가하기 위해 개발한 공진 주파수 분석기는 5~15kHz/1kV의 정현파를 일정한 진폭으로 가진 하여 첫 굴곡 곡선의 최상승점을 기록함으로써 임플란트의 안정성을 평가하는 기구이며, Osstell™로 상품화되면서 RFA 값을 ISQ(implant stability quotient)란 수치로 1~100까지 표시되도록 고안되었다.

RFA에 영향을 주는 요소로는 전환기의 디자인 자체와, 임플란트-조직 계면간의 견고도, 유효 지대주 길이 등에 의해 영향을 받는다. Meredith 등에 의하면 임플란트 안정성에서 가장 중요한 두가지 요소는 주위 조직내 임플란트의 견고도와 변연골의 높이라고 하였는데, 변연골 고경의 감소는 병적인 상태로의 진행을 알 수 있다. 주위 조직내 임플란트의 견고도는 세 가지 측면에서 볼 수 있는데, 우선적으로 임플란트/골 계면의 견고도이다. 이것은 골이 치유되고 개조되는 과정에서 증가될 수 있다. 다른 하나는 골 자체의 견고도(stiffness)로써 골밀도와 수질/피질골 비율에 영향을 받는다. 그다음 생각할 수 있는 것이 임플란트 구성 요소간 견고도이다. 이것은 임플란트 형태나 각각 구조물간의 물림정도, 재료의 구성성분 등에 영향을 받는다. 또한 변환기 장착시 적절한 조임력을 가해야 하는데, Meredith 등¹⁾의 초기 논문에 의하면 전환기 나사의 조임력은 10Ncm 이상일 경우 RFA에 큰 영향력을 주지 않았으므로, 고정체와 지대주간 정밀성이 우수할 경우 큰 문제는 되지 않을 것으로 보인다.

Meredith 등^{2,8)}과 Friberg 등¹⁶⁾이 이미 RFA를 이용한 임플란트의 1차 안정성 측정시 RF 값이 식립된 임플란트 길이의 비례하지 않음을 이미 입증하였기 때문에 본 연구에서도 식립된 임플란트 길이에 대한 고려는 하지 않았으며, Sennerby 등¹⁰⁾은 가토의 경골과 장골에 식립한 임플란트의 비교

실험에서 골질이 좋은 경우 초기 회전 제거력 (removal torque)이 크지만 증가량은 적은 반면, 골질이 나쁜 경우 시간에 따라 증가량이 크다고 보고하였고, Bischof 등¹⁷⁾은 RFA를 이용한 안정성 실험에서 초기안정성은 골질에 따라 차이가 나며, 하악에서 더 높은 ISQ 값을 나타냄을 보고하는 등 여러 가지 골질과 연관성이 있음을 보고하였다.

본 연구에서도 골질에 따라 비슷한 양상으로 ISQ 값을 나타내었다. Class II와 III골간에 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 Class IV와는 통계적 유의성을 보였다. 하지만 골질을 분류하는 방법은 술전 방사선 사진과 술자의 감각에 의존함에 있어 상당히 주관적이며, CT를 이용한 연구에서 같은 군으로 분류된 골간에도 골밀도의 차이가 큰 것으로 보고된 바 있다⁸⁾. 하지만 임상에서 모두 CT를 적용하기는 어려움이 있으므로 향후 좀 더 쉽고 보다 더 표준화된 방법의 시도가 이루어져야 할 것으로 보인다.

임플란트 종류간 ISQ 값을 비교해 보았을 때, MK III에서 더 높은 일차 ISQ 값을 나타내었지만, 통계적인 유의성은 보이지 않았다. 일차안정성은 기계적인 고정에 의한 것으로 MK III가 self-tapping이 가능하고 원통 나사형 임플란트이기 때문에 약간의 차이가 있을 수 있지만 각각의 디자인간에 장단점이 존재하므로 더 우수하다고 볼 수는 없을 것이다.

2차 수술시 측정된 ISQ 값을 분석했을 때 상악은 69.3, 하악은 75.9의 평균 ISQ 값을 나타냈다. 모든 경우에서 60이상의 값을 보였으나, 상악의 한 경우에서 50을 나타내었다. 이 경우에는 보철물 제작에 있어서 좀 더 시간을 두고 향후 ISQ 값의 재측정과 검증이 필요할 것으로 보인다.

임플란트 식립 후와 2차 수술시의 ISQ 값을 비교했을 때, ISQ 값이 증가된 군과 감소된 군으로 나뉘어져 나타났다. 이때 감소되는 요인으로는 식립 기법의 차이나 변연골의 감소에 의해, 또는 식립시

의 기계적 고정 효과가 큰 경우 상대적인 감소를 보일 수 있으며, 증가되는 경우는 골 치유 및 골 개조에 의한 골-임프란트간의 견고도(stiffness)의 증가 때문인 것으로 보인다. 선행의 연구 결과에 따르면 초기 ISQ 값이 65 이상이 되면 시간의 경과에 따라 그 수준을 유지하거나 약간 감소될 수 있다고 하였고, 50~60사이의 경우 시간의 경과에 따라 증가된다고 하였다. 본 연구에서 ISQ가 감소된 군의 평균은 77.1이었으며, 평균 감소량은 2.4를 보였다. 증가된 군의 평균은 66.0이었으며 평균 증가량은 7.2를 보였다. 수치의 차이는 있지만 다른 연구들과 동일한 결과를 보였다.

공진주파수 분석법은 임상에서 측정시간이 짧고, 손쉽게 적용이 가능하며 초기 안정성을 측정하고 향후 반복 측정을 통해 임프란트의 치유상태를 추정할 수 있고, 즉시 및 조기하중 또는 지연 하중에 대한 여부를 판단할 수 있으며, 임프란트의 견고도의 변화 및 향후 발생 가능한 실패 양상을 경고해 줄 수 있는 유용한 분석법으로 판단된다. 하지만 김 등¹⁹⁾과 Rassmusson 등¹⁴⁾의 연구에 의하면 부분적으로 나타나는 수직골 결손의 위치나 양을 판단하는 데는 제약이 있는 것으로 보여 향후 연구가 필요할 것으로 보인다.

V. 결 론

본 연구는 반복적으로 안정성을 검사할 수 있는 유용한 방법인 RFA 법을 이용하여 실제 환자에 적용해 보았다. 골질을 분류하고 총 54개의 임프란트의 안정성을 측정한 결과 다음의 결론을 얻었다.

1. 상하악간에 ISQ 값을 비교했을 때 하악에서 더 높은 ISQ값을 나타내었다($p<0.05$).
2. 골질에 따라 측정값을 비교했을 때, Class II와 Class III군 간에 유의차가 없었으나, II, III군과 IV군 간에는 유의차가 나타났다($p<0.05$).
3. Branemark System® MK III TiUnite와 Replace™ Select Tapered TiUnite를 비교시 일차 ISQ 값에서 유의차를 나타나지 않았다.
4. 임프란트 식립시와 2차 수술시의 ISQ 값을 비교한 결과, ISQ 값이 증가된 군의 일차 ISQ 값의 평균은 66.0, 감소된 군의 일차 ISQ 값의 평균은 77.1이었다. 식립시 높은 ISQ 값을 가진 군에서는 감소를, 상대적으로 낮은 ISQ값을 가진 군에서는 증가를 보였다.

이상의 결과에서, 공진주파수 측정기를 이용하는 것은 손쉽게 임상에서 적용이 가능하고, 임프란트의 초기 안정성 및 반복 측정을 통해, 즉시/지연 하중 여부를 결정하거나 향후 일어날 수 있는 병변을 예측하는 데 유용한 방법인 것으로 생각된다.

참고 문헌

- Meredith N, Alleyne D, Cawley P. Quantitative determination of the stability of the implant tissue interface using resonance frequency analysis. *Clin Oral Impl Res* 1996;7(3):261-267.
- Meredith N, Shagaldi F, Alleyn DE et al. The application of resonance frequency measurements to study the stability of titanium implants during healing in the rabbit tibia. *Clin Oral Impl Res* 1997;8:234-243.
- Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont* 1988;11:491-501.
- Johanssen CB, Albrektsson T. Integration of screw implant in the rabbit : A 1-yr follow up of removal torque of titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:69-75.
- Wennerberg A, Albrektsson T, Andersson B et al. A histomorphometric & removal torque study of screw shaped titanium implants with three different surface topographies. *Clin Oral Impl Res* 1995;6:24-30.
- 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 Jan;26(1):119-130
- Kim SJ, Han DH. Periotest® assessment of dental implant mobility: A clinical study. *J Korean Academy of Prosthodontics* 1998;36(5):758-771.
- Meredith N, Book K, Friberg B et al. 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 Impl Res* 1997;8(3):226-233.
- Meredith N, Rasmusson L, Sennerby L, Alleyn De. Mapping implant stability by resonance frequency analysis. *Med Sci Res* 1996;24:191-193.
- Bischof M, Nedir R, Szmukler-Moncler S et al. Implant stability measurement of delayed and immediately loaded implants during healing. A clinical resonance-frequency analysis study with sandblasted-and-etched ITI implants. *Clin Oral Impl Res* 2004;15(5):529-539.
- Nkenke E, Hahn M, Weinzierl K et al. Implant stability and histomorphometry: a correlation study in human cadavers using stepped cylinder implants. *Clin Oral Impl Res* 2003;14:601-609.
- Park C, Lim JH, Cho IH, Lim HS. A study of the measurement of the implant stability using resonance frequency analysis. *J Korean Academy of Prosthodontics* 2003;41(2):181-206.
- Huan HM, Chiu CL, Yeh LC et al. Early detection of implant healing process using resonance frequency analysis. *Clin Oral Impl Res* 2003;14:437-443.
- Rasmusson L, Meredith N, Sennerby L. Measurements of stability changes of titanium implants with exposed threads subjected to barrier membrane induced bone augmentation. An experimental study in the rabbit tibia. *Clin Oral Impl Res* 1997;8:316-322.
- Lekholm U, Zarb G. Patient selection and preparation. In: Branemark P, Zarb G, Albrektsson T., eds. *Tissue integrated prostheses: Osseointegration in clinical dentistry*. Chicago, Quintessence. 1985:199-209.
- Friberg B, Sennerby L, Meredith N, Lekholm U. A comparison between cutting torque and resonance frequency measurements of maxillary implants. A 20-month clinical study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1999;28(4):297-303.
- Sennerby L, Thomsen P, Ericson LE. A morphometric and biomechanic comparison of titanium implants inserted in rabbit cortical and cancellous bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7(1):62-71.
- Shahlaie M, Gantes B, Schulz E, et al. Bone density assessment of dental implant sites: 1. Quantitative computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:224-231.
- Kim SM, Park CJ, Yi YJ, Chang BS, Cho LR. A comparative analysis with resonance frequency according to various simulated bone defects. *J Korean Academy of Prosthodontics* 2005;43(4):487-497.