# 임플랜트 보철수복시 공명주파수 분석법의 응용

Clinical Application of Resonance Frequency Analysis on Implant Restoration

단국대학교 치과대학 치과보철학 교실

교수 조 인 호

## 1. 임플랜트의 안정성이란 무엇인가?

임플랜트의 안정성과 골 유착의 임상적 측정은 임플랜트의 성공 여부를 평가하는데 중요하다. 악골 내에서 임플랜트의 안정성은 식립 후 치유와 골 형성을 가능케 하는데 필수적이며, 임플랜트와 조직 계면에서 발생되는 저작과 기능시 하중을 적당히 분산시켜 준다. 안정성은 임플랜트 식립 시 얻게 되는 일차 안정성과 골 치유와 골 형성 결과에 의한 기능시의 이차 안정성을 구분할 수 있다.

### 1) 일차 안정성 (primary implant stability)

일차 안정성은 임플랜트 식립 시의 기계적인 (mechanical) 안정성을 의미하고, 임플랜트 식립 부위의 골질과 골량, 임플랜트의 길이, 직경, 형태, 식립 방법에 따라 영향을 받는다. 만약 임플랜트가 식립된 직후 불충분한 안정성을 갖는다면 작은 외력에도 미세 동요가 발생될 수 있으며, 이는 골 유착을 방해할 수 있다. 성공적인 골 유착을 얻기 위해서는 일차 안정성이 매우 중요하며, 이를 객관적으로 평가할 수 있어야 한다.

### 2) 이차 안정성 (secondary implant stability)

임플랜트 식립 후 뒤따르는 것은 임플랜트와 조직계면 간의 골 재생과 골 개조의 결과로 발생되는 안정성의 증가이다. 골은 임플랜트-조직계면에 형성되기도 하지만, 성공적인 임플랜트를 위한 요구사항은 구강 내 보철물에 의해 전해지는 하중을 임플랜트 고정체가 효과적으로 분산시키는 것으로 바뀌고 있다.

## 2. 가역적인 임상적 실험방법 (non-invasive clinical test methods)이란 무엇인가?

임플랜트의 안정성과 골유착에 대한 측정을 위해서는 가역적인 임상적 실험방법들 (noninvasive clinical test methods)을 이용하는데 다음과 같은 방법들이 있다.

### 1) 타진반응 (percussion) 그림1

초기에 임플랜트의 골유착은 금속성 기구로 지대치와 임플랜트를 타진해서 평가할 수 있다고 생각했었다. 그러나 귀는 음질의 감폭 혹은 증폭된 공진 주파수를 감지하는데 불충분하고 그 평가는 수박장수가 수박을 두드려 소리로 익은 정도 구분해 내는 것처럼 다분히 주관적일 수 있다.

"Wheel Tap Test" (전통적으로 금이 간 기차 바퀴를 검사하는 방법)는 정상적인 것과 손상된 것을 자연적 주파수 감폭에 의해 찾아내게 된다.

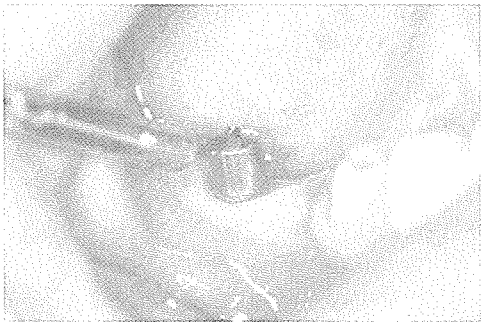

그림1. 타진반응

그림2. 방사선 사진

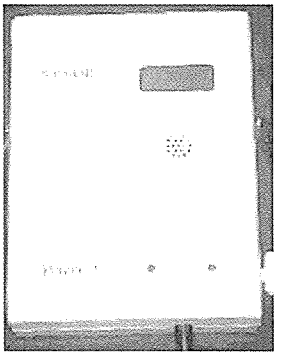

그림3. Periotest

그림4. Dental Fine Tester

2) 방사선 사진(radiograph) 그림2

임상적 기술 중 가장 널리 사용되어진 것이며, 임플랜트 식립의 술전 평가와 골유착, 지대치의 안착을 평가하는데도 사용된다. 방사선 촬영의 목적은 임플랜트 주의의 방사선 투과상을 찾기 위함이며 임플랜트 주위골의 높이를 평가하는데 사용된다.

Strid는 임플랜트가 치주 점막으로 덮혀 치유과정에 있거나 후에 지대치와 연결되었을 때 1년 평균 0.1mm의 골높이 소실이 발생한다고 보고하였고, Roos 등은 계속되는 주변골 소실은 IMZ 임플랜트에서 1년 평균 0.5mm 이상으로 발생됨을 보고하였다. 이러한 방사선을 통한 평가는 정밀하고 정확하다고 보기가 어렵고 보조적인 수단으로 많이 이용된다.

3) Periotest® 그림3

Periotest®는 치아주위 치주 인대의 감폭 성향을 양적으로 측정하고, 그것의 동요도를 수치로 나타내도록 설계되어졌는데, 전자석을 이용해 치아 쪽으로 진척되는 metal slug가 내장된 handpiece로 구성되어 있고, tapping head가 치아에 접촉하는 시간을 accelerometer를 이용하여 정량적으로 측정한다. 기구에 있는 software는 접촉시간을 치아동요의 기능과 연관시키도록 고안되어 있다. 그러나 이 기술은 지대치에 대한 각도와 높이, 임플랜트와 측정 rod 사이의 거리에 민감하다.

Schulte에 의해 개발된 Periotest® (Siemens AG, Benshein, Germany)는 임플랜트의 안정성을 객관적으로 수치화하여 평가하는데도 이용되어 임플랜트의 동요도를 측정함으로써 보철물을 장착하기 전, 치유기간이 더 필요한 지의 여부를 결정하는데 도움을 줄 수 있었다.

성공적인 임플랜트는 -5에서 +5의 PTV 범위를 갖는다고 보고하였고, Chavez와 Lance는 56개의

성공한 나사형 임플랜트에서 동요도 측정 결과 -6에서 +2의 범위를 가지며 평균 -3.07을 나타낸다고 하였다. Van Steenberghe 등은 321개의 임플랜트를 2차 수술 후 측정시 -6에서 +5의 범위와 평균 -2.39±2.15의 PTV를 보고하였다. Carr 등은 Periotest와 뒤틀림 제거력 측정에 대해 연구하여 서로 비례관계가 있음을 보고하였고, 조와 임은 Periotest를 이용한 상, 하악 각 부위의 골질 평가에 관해 연구하였다.

4) Dental Fine Tester 그림4

Dental Fine Tester는 치아와 임플랜트의 동요도를 측정하기 위해 설계되어졌으며, 구부러진 핸드피스에 작은 handheld hammer와 플라스틱 팁으로 구성된다. 이것은 대상물이 hammer와 부딪쳤을 때 가속을 측정하는 작은 가속측정 장치를 포함하고 있다. 충격력, 충격지점, 각도등에 의해 결과판독이 영향을 받고 측정 대상자도 측정동안 고통스럽다는 단점을 가지고 있다.

5) Thread Cutting Force

임플랜트 수술시 골질을 분석하기 위해 Johansson과 Albrektsson, Johansson 등, Johansson과 Strid에 의해 절삭 저항 측정의 적용이 논의되었다. 이것은 확실한 가역적 과정은 아니지만, 골 천공이 임플랜트 식립 전의 일상적인 단계이기 때문에 발생되는 토오크를 측정하는 것은 비가역적인 손상을 주는 것이 아니다. 근래에는 OsseoCare라는 기구(그림5)가 개발이 되어 골 절삭시 토오크를 측정할 수 있다.

6) Reverse Torque Testing

역토오크 실험(Reverse Torque Testing)은 최근 여러 연구자들이 타이타늄 나사형 임플랜트의 골유착도를 측정하기 위해 역토오크 적용을 이용한 임상적인 실험을 제시하고 있고, 2차 수술시에 역토오크 실험을 바람직하다고 언급하고 있다.

이 실험은 시계 역방향 토오크가 20 Ncm의 수치 이상으로 임플랜트에 적용되는 곳에는 모두 적용되는 것이다. 그러나 이 실험은 임플랜트-골계면에 인장력을 직접 주기 때문에 가역적인 방법이라 생각되지는 않는다. Brånemark은 임플랜트에서 토오크 하중을 주는 것은 비가역적 연소성 변형을 초래하며, 낮은 토오크에서도 변형을 초래한다고 보고한 바 있다.

7) Resonance Frequency Analyser (RFA)

생체 내에서 임플랜트의 안정성을 정량적으로 측정하기 위한 가역적인 실험법을 개발하기 위해 Meredith 등은 특정 주파수 범위에서 주파수를 고주파에서 저주파 혹은 저주파에서 고주파로 연속적으로 변화시킨 정현파(sine wave)를 일정한 진폭으로 가진하는 공진 주파수 분석 장치를 개발하였다. 이 방법은 지대주 혹은 지대치에 부착된 작은 변환기를 이용하여 공진 주파수를 측정하게 된다. 공진 주파수는 임플랜트-조직 계면의 견고도와 유효 지대주 길이에 영향을 받고, 식립 시기의 골질, 치유기간 동안 골의 견고도의 변화, 임플랜트 주위 변연골 높이의 변화를 반영하며, 임플랜트 식립 후의 안정성 변화 측정을 가능하게 해준다고 보고하였다.

그러나 측정에 이용한 정현파는 전원 노이즈나 외부 노이즈에 매우 민감하고, 외부 노이즈를 제거시키기 위하여 여러 번의 평균을 취하게 됨으로써 시간이 많이 소요되며, 측정 데이터가 다소 불안정하다는 단점을 가지고 있다. Meredith의 실험에서는 임플랜트 식립시 모든 임플랜트의 평균 공진 주파수는 7437±127 Hz(n=56, P<0.05)이고, 8개월 후 지대주 연결시는 7915±112 Hz(n=54, P<0.05)로 공진 주파수는 평균 427±88 Hz(n=54, P<0.05) 증가하였고 그 차이 범위는 -602 에서 1047 Hz의 범위를 나타냈다고 보고하였다. 처음 개발단계에서는 장치가 커서 사용에 불편이 있었으나, 현재에는 Osstell(그림6)이라는 상품명으로 소형으로 잘 디자인되어있다. Osstell은 일차 수술시 일차안정성 측정(그림7), 이차 수술시 골 유착 상

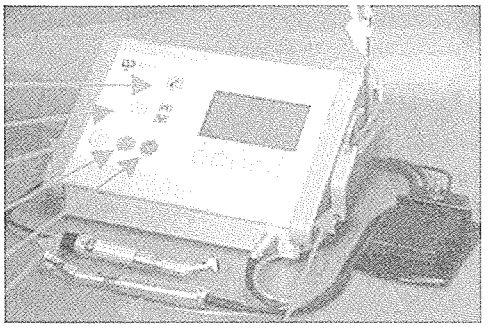

그림5. OsseoCare

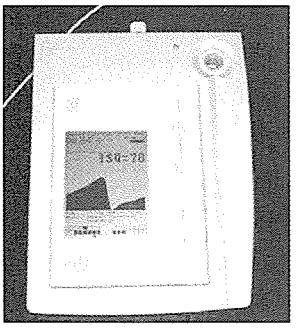

그림6. Osstell

그림7. Osstell의 임상적용

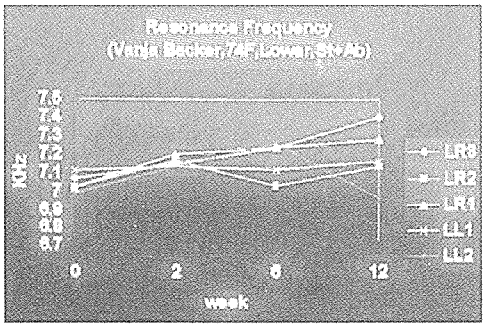


그림8. 식립 2, 8, 12주후 RFA로 측정한 수치

태, 성공 혹은 실패 임플랜트의 판별, 보철시기의 예상등에 적절히 이용될 수 있는 임플랜트 안정성 측정에 매우 유용한 장치라고 사료된다(그림8).

근래 단국치대 보철학 교실에서는 Meredith에 의해 개발된 공진 주파수 측정 장치가 가지는 단점을 극복하고 균일한 측정치를 반복적으로 재현 가능하면서 안정된 측정 데이터가 빠른 시간 내에 처리될 수 있는 공진 주파수 측정 장치를 개발하였는데, 그 방법이 임펄스 가진법이다. 임펄스는 크기가 무한대이고 면적이 1인 시간 파형을 가진 신호로 사용하는 방법이다. 임펄스는 주파수 영역으로 변환시키면 완전히 일정하므로 가진력이 일정할 경우 단순히 출력을 주파수 변환 후 더하여 평균만을 취해도 전달함수를 구할 수 있는 장점이 있고, 가진력은 적어도 되지만 일정한 전달 함수를 구하기 위하여 가장 안정된 가진을 보이는 진동을 준다. 가진 방식에 있어 정현파에 비해 주변 noise에 대한 저항성이 매우 강하고, 정확하게 데이터를 측정해 낼 수 있는 임펄스(impulse) 가진 방식을 채택하였고, 측정시 10회의 측정치가 처리되도록 프로그래밍 하여 가장 정확한 측정치를 얻을 수 있도록 하였다. 그러나 출력이 순간적으로 매우 크므로 큰 가진력을 발생시킬 수 없는 단점이 있어 별도의 증폭장치를 필요로 한다.

## 3. Resonance Frequency Analyser의 임상 응용

매식체 식립 시에 초기 안정성과 기능 시 임플랜트의 상태를 모니터링 하는 것이 가능하고, 정량적으로 정확하게 측정할 수 있다면 임플랜트의 디자인을 각각의 환자에게 최적으로 적합하게 개량해 줄 수 있으며, 임플랜트의 실패율을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

임플랜트의 안정성과 골유착 측정을 정량적으로 표준화시키기 위해 개발된 Osstell은 개인용 컴퓨터와 증폭기를 합쳐서 소형화시킴으로써 임상에서 쉽고 편리하게 사용할 수 있으며, 임플랜트 식립시 초기 안정성을 측정하고, healing period에서의 안정성 증가, 실패 가능성이 높은 임플랜트의 조기 발견, 임플랜트 보철 후 안정성의 유지 및 계속 관리에 필요한 장치이다. 개발 단계에서는 RFA value를 Hz로 표시하였으나 Osstell로 상품화 된 뒤에는 ISQ (Implant Stability Quotient)란 수치로 1-100까지 표시하게 되어있으며, Meredith와 Sennerby를 중심으로한 multi-study center에서 각 경우에서의 high, low stability 기준설정과 ailing, failing 임플랜트에 관한 연구를 활발히 하고 있다. 국내에서도 임플랜트 안정성에 관심이 많은 연구자들이 뜻을 같이 하여 이와 같은 연구를 공동으로 하는 것도 보람있는 일이라 사료된다.