

Resonance frequency analysis를 이용한 non-submerged type 임플란트의 초기 안정성 분석

김득한¹, 방은경¹, 김창성², 최성호², 조규성^{2*}

1. 이화여자대학교 의학전문대학원 치과학교실 치주과

2. 연세대학교 치과대학 치주과학교실, 치주조직재생연구소

Non-submerged type implant stability analysis during initial healing period by resonance frequency analysis

Deug-Han Kim¹, Eun-Kyoung Pang¹, Chang-Sung Kim², Seong-Ho Choi², Kyoo-Sung Cho^{2*}

1. Department of Periodontology, Graduate School of Medicine, Ewha Womans University

2. Department of Periodontology, Research Institute for Periodontal Regeneration, College of Dentistry, Yonsei University

ABSTRACT

Purpose: The purpose of the present study was to analyze the implant stability quotient(ISQ) values for Korean non-submerged type implant and determine the factors that affect implant stability.

Methods: A total of 49 Korean non-submerged type implants were installed in 24 patients, and their stability was measured by resonance frequency analysis(RFA) at the time of surgery, and 1, 2, 3, 4, 8, 12 weeks postoperatively. The data for implant site, age, sex, implant length and diameter, graft performing, bone type, and insertion torque were analyzed.

Results: The lowest mean stability measurement was at 3 weeks. There was significant difference between implant placement and 12 weeks. There was significant difference between implant placement and 12 weeks in diameters of 4.1 mm and 4.8 mm. Also, there were significant differences between diameters of 4.1 mm and 4.8 mm at implant placement and 12 weeks after surgery. This result suggests that the factor related to implant diameter may affect the level of implant stability. No statistically significant relationship was found between the resonance frequency analysis and the variables of maxilla/mandible, sex, anterior/posterior, implant length, age of patient, graft performing, bone type, insertion torque during initial healing period.

Conclusions: These findings suggest that the factor related to implant diameter may affect the variance of implant stability, and ISQ value of implant was stable enough for proved stability level during initial healing period.

(*J Korean Acad Periodontol 2009;39:339-348*)

KEY WORDS: bone regeneration; dental implant; osseointegration.

서론

골융합(osseointegration)은 골과 임플란트 사이의 직접적인 구조적, 기능적 결합을 의미하며¹⁾ 견고한 골과 임플란

트의 계면은 임플란트의 장기간 임상적 기능에 중요한 필요 조건이라 여겨진다. 임플란트 식립 후 임플란트 표면에 긴밀한 접촉을 이루는 골형성과 함께 치유가 일어난다. 여러 가지 임플란트의 기하학적 구조와 표면 성질은 계면의 성질과 발달 양상에 영향을 미친다^{2,3)}. 따라서 골과 임플란트의 계면에 대한 여러 가지 생역학적 성질을 분석하는 방법에 많은 관심이 기울여지고 있다.

임플란트의 실패는 임플란트 주위 경계골의 감소나 임플란트 구성요소의 파절로 인해 임상적으로 분별이 가능한 동

Correspondence: Dr. Kyoo-Sung Cho

Department of Periodontology, Research Institute for Periodontal Regeneration, College of Dentistry, Yonsei University, 134 Shin-Chon-dong, Seodaemun-gu, Seoul, 120-752, Korea

E-mail: kscho@yuhs.ac, Tel: 02-2228-3188, Fax: 02-392-0398

Received: Jun 25, 2009; Accepted: Aug 25, 2009

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2009-0073534).

요도가 야기되며 명백해진다. 동요도에 영향을 미치는 임플란트 안정성은 두 가지 다른 시점에서 평가될 수 있다. 일차적 안정성은 피질골에 의한 기계적인 결합이며 이차적 안정성은 골재생이 일어나 재개조될 때 얻어진다. 일차적 안정성은 이차적 안정성에 필요조건이고 이차적 안정성은 기능적 부하의 시기 판단에 기준이 될 수 있다⁴⁾. 이러한 임플란트 안정성을 결정하는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 치주인대 제동성(damping characteristics)의 양적인 측정을 하게 하는 수동 장치나 전기 장치를 이용하는 것이고 두 번째는 임플란트 주위의 방사선학적 평가를 시행하는 것이다⁵⁾. 임플란트에는 치주인대가 없고 견고성이 높기 때문에 미세한 차이를 감지하기 위해서 임플란트 상부를 두드려 보는 탭핑 검사(tapping test)는 부정확한 단점을 보인다. 방사선학적인 평가로는 임플란트 수술전 골의 평가와 골융합, 임플란트 주위골의 높이, 병변의 진행 등을 알 수 있으나⁶⁾ 해상도에 한계가 있고 골 탈회가 30% 이상 진행되지 않으면 판단하기 어렵다⁷⁾. Sykaras 등⁸⁾은 Bone-Implant-Contact과 방사선학적 측정치의 상관관계가 낮다고 보고한 바 있다. 따라서 임플란트의 안정성과 골융합을 평가하는데 방사선학적 평가는 한계가 있다.

임플란트 표면의 조직학적 분석과 제거 토크 분석(removal torque analysis)은 침습적이며 조직의 파괴를 야기시킬 수 있기 때문에 장기간 연구에 적합하지 못하다. 이런 문제점을 극복하기 위해 Periotest²⁾(Siemens AG, Bensheim, Germany)가 고안되어 임플란트 안정성을 평가하기 위해 사용되었다. 그러나 Periotest²⁾ 값은 측정 방향과 위치에 많은 영향을 받아 임플란트 안정성을 평가하는데 이상적이지 못하며 생역학적 지표로서 정확성이 의심되었다⁷⁾.

Meredith 등⁹⁾이 동물실험에서 임플란트에 변환기를 연결하고 공진주파수(resonance frequency)를 측정하여 임플란트 주위골을 분석하는 비침습적 방법을 제시하여 현재 많이 사용되고 있다. 실험된 공진주파수 분석 장치는 Osstell²⁾(Integration Diagnostics AB, Göthenburg, Sweden)로 상품화 되어 있다. Osstell²⁾로 얻어진 측정치는 1~100까지의 Implant Stability Quotient(ISQ) 값으로 표시된다.

Meredith¹⁰⁾는 RFA의 오차가 1% 미만으로, 골융합을 평가하는데 안전한 방법임을 밝혔다. 여러 문헌들에서 임플란트의 직경, 표면처리, 형태, 골접촉률, 식립위치, 임플란트 시스템 종류, 수술방법, 골질, 골높이 등의 요인이 RFA에 영향을 미친다고 보고되었다⁴⁾. RFA는 계면 경도(interface

stiffness)의 변화를 측정하여 그 값이 정해지는데, 여기에는 세 가지 측면에서 영향을 받는다. 첫 번째는 골-임플란트 계면 간의 경도로 이것은 골이 치유되고 개조되는 과정에서 증가된다. 두 번째는 골자체의 경도로 골밀도와 함께 해면골과 피질골 비율에 영향을 받는다. 세 번째는 임플란트 구성요소의 경도로 각각 구조물간의 물립 정도, 재료의 구성 성분 등에 영향을 받는다. 골과 임플란트 계면 간의 경도는 작은 직경의 최종 드릴 사용, bone compaction technique 등의 수술방법 변화와 self tapping 디자인의 임플란트, 굵고 taper한 임플란트 사용으로 변할 수 있지만 임플란트의 길이에는 비례하지 않았다.

Brånemark¹¹⁾는 임플란트가 골융합을 이루기 위해서는 상악에서는 6개월, 하악에서는 3개월 동안 부하를 받지 않도록 치은으로 덮혀져 있어야 한다고 제안했었다. 또한 100 μ m 가 넘는 미세한 움직임은 골과 임플란트 사이에 섬유 조직(fibrous tissue)이 계면으로 자라 들어가게 하여 골의 재개조를 방해한다고 하였다. 이후 non-submerged type의 임플란트에 대한 다양한 조직학적, 임상적 연구가 진행되면서 Buser 등¹²⁾은 장기간에 걸친 non-submerged type 임플란트의 성공과 부하 시기를 앞당길 수 있는 수술법을 제시한 바 있다. Non-submerged type 임플란트의 장점은 첫째로 이차 수술을 시행하지 않아 치료기간과 치료 비용을 줄일 수 있고, 둘째로 bone crest level에서 microgap을 없애 더 좋은 치관-치근 비율을 얻을 수 있다. 셋째로 접착형 임플란트 보철물의 이상적인 조건을 조성할 수 있다. 이러한 장점으로 임플란트 수술시 non-submerged type 임플란트의 사용 비율이 높아져 왔다.

Non-submerged type 임플란트의 사용 증가와 더불어 부하 시기를 예측하는 것이 더욱 중요하게 인식되었다. 임플란트 식립 후 초기 치유 시기에 안정성을 평가하는 것이 골융합의 효과적 예견 지표로 제안되었다.

RFA 측정으로 임플란트의 초기 안정성을 보고한 많은 연구들은 대부분 ITI²⁾ Dental Implant System(Institute Straumann, Waldenburg, Switzerland)을 대상으로 이루어진 연구들이다. 본 연구에서는 국산 임플란트인 OSSTEM²⁾ Implant System 중 non-submerged type인 SS IITM 임플란트의 RFA를 이용한 초기 안정성 분석으로 임플란트 안정성에 어떤 요소가 영향을 미치는지 알아보고 임플란트 식립 시와 이후 초기 치유과정에 ISQ 측정이 예지성을 지닐 수 있는지도 분석해 보고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구 대상

2008년 9월부터 12월까지 이대목동병원 치과 치주과와 구강외과에서 OSSTEM SS II™ 임플란트 매식 수술을 받은 환자를 대상으로 하였다. 실험에 참가하기로 동의한 환자는 모두 25명(남성 : 14명, 여성 : 11명)으로 실험의 목적과 방법, 위험성에 대해 충분히 설명하였고 이대목동병원 Institutional Review Board(IRB)의 승인을 받아 진행하였다(승인번호 3-1). 환자들의 평균 나이는 47세(19~74세)였고 연구에 포함시킨 임플란트는 모두 50개였다.

실험에 포함되었던 임플란트 중 46세 남성 환자의 상악에 상악동 이식술과 함께 식립했던 하나가 수술 2주 후 동요도를 보여 제거하였다. 따라서 총 49개의 임플란트를 대상으로 결과를 분석하였다(Table 1).

2. 수술 방법

구강내 소독 후 2% HCl Lidocaine(1:100000 epinephrine 함유)로 수술부위를 마취하고 절개 후 판막을 거상한 다음 임플란트 시스템 제조사에서 제시한 방법대로 일회 수술법으로 임플란트를 식립하였다. 식립시 주변에 골결손부가 존재한 7개 임플란트 주위에는 자가골이나 이종골(Bio-Oss[®], Geistlich AG, Wollhusen, Switzerland) 또는 이를 혼합하여 골증대술을 실시하였다. 또한 1명의 환자에서 3개의 임플란트에 대해 흡수성 차폐막(Bio-Gide[®], Geistlich AG, Wollhusen, Switzerland)을 사용하여 골유도재생술을 실시하였다.

각 임플란트에 대한 각종 수술정보를 기록하였다. 나이, 성별, 임플란트 식립 위치, 임플란트 길이와 직경, 골이식 여부, Lekholm과 Zarb가 제시한 해부학적 범주에 의한 골질의 평가, 임플란트 엔진(Kavo INTRAsurg 300 plus, Kaltenbach & Voigh GmbH & Co, Germany)으로 수술시 측정된 식립 토크를 항목으로 자료를 수집하였다.

3. 평가 방법

임플란트에 맞는 magnetic peg(Smartpeg™)를 연결하고 Osstell™ Mentor(Integration Diagnostics AB, Göthenburg, Sweden)을 이용하여 협측에서 2회 측정하였다. 식립시, 수술 후 1주, 2주, 3주, 4주, 8주, 12주에 RFA를 측정하였다. 전체 평균 ISQ 값 변화, 상하악, 성별, 식립부위, 임플란트 길이, 임플란트 직경, 환자의 나이, 골이식 여부, Bone type의 구분에 따른 안정성간의 연관성, 식립 토크와 안정성간의 연관성을 평가하였다.

4. 통계 처리

계측된 자료들을 SAS system 프로그램을 이용하여 통계 처리하였다. 각 측정 시기별 ISQ 값의 평균과 표준편차를 산출하였고 식립시와 1주, 2주, 3주, 4주, 8주, 12주의 시기별 평균 ISQ 수치를 Repeated Measures ANOVA로 비교하고 Bonferroni method로 보정하였다($P < 0.05$). Two sample t-test로 상악과 하악, 남녀간에 시기별 ISQ 값이 유의한 차이를 보이는지 분석하였으며($P < 0.05$), 임플란트 식립 부위를 전치부와 구치부로 나누어 ISQ 값이 시기별로 유의한 차이를 보이는지 Mann-Whitney statistical test로

Table 1. Information about Implants Placed

Sex		Jaw		Operation site				
Male	Female	Maxilla	Mandible	Anterior	Posterior			
13(54.2%)	11(45.8%)	17(34.7%)	32(65.3%)	4(8.2%)	45(91.8%)			
Bone type*			Implant diameter(mm)			Implant length(mm)		
D2	D3	D4	4.1	4.8	8.5	10	11.5	13
30(61.2%)	16(32.7%)	3(6.1%)	32(65.3%)	17(34.7%)	1(2.0%)	15(30.6%)	30(61.2%)	3(6.1%)

* : Lekholm & Zarb classification, 1985

분석하였다($P < 0.05$). 임플란트 식립시와 3개월 후의 ISQ 값이 임플란트의 길이, 임플란트 직경, 환자의 나이, 골이식 여부, bone type에 따라 차이가 있는지, 각 조건에 따라 식립시와 3개월 후에 시기별로 차이가 있는지 Wilcoxon sign rank test 또는 Kruskal-Wallis Test로 분석했다. 또한 각 조건에 따라 식립 후 3개월간의 변화율이 차이가 있는지를 Wilcoxon rank sum test 또는 Kruskal-Wallis Test로 분석 비교하였다($P < 0.05$). 나이와 3개월간의 ISQ 값 변화 추이간의 연관성을 Spearman correlation coefficient로 분석하였고($P < 0.05$), 식립 토크와 식립시 ISQ 값, 3개월 후 ISQ 값, 3개월간의 ISQ 값 변화 추이간의 연관성을 Spearman correlation coefficient로 분석하였다($P < 0.05$).

결과

1. 임플란트 전체 평균 ISQ 값 변화

각 임플란트에 대해 식립시, 식립 후 1주, 2주, 3주, 4주, 8주, 12주 후에 ISQ 값을 측정하고 결과 총 평균값은 73.0(표준편차 6.9)이었고 식립 3주 후에 가장 낮은 평균 수치를 보였다(Fig. 1). 각 시기별 평균 수치를 식립시 측정치와 비교하여 보았을 때 12주 후에서만 통계적으로 유의한 변화를 나타내었다.

2. 악골에 따른 임플란트 안정성 변화 비교

모든 시점에서 하악이 상악보다 높은 평균 ISQ 값을 보

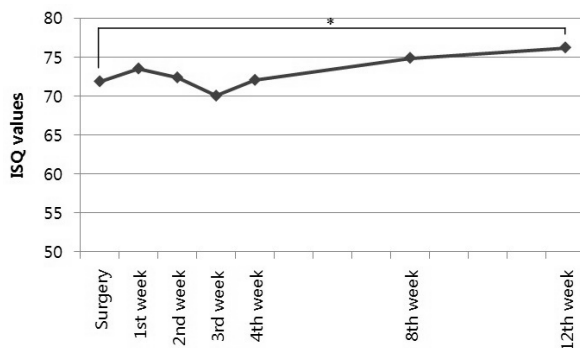


Figure 1. Change in the mean ISQ values during healing up to 12 weeks.

* : Statistically significant change compared to surgery ($P < 0.05$)

였으며 각 시기별로 비교한 결과 식립 후 2주와 4주 후에 하악이 상악보다 통계적으로 유의하게 큰 ISQ 값을 나타내었다. 상하악 그룹간 차이는 식립에서 12주까지의 변화율에 영향을 미치지 않았다(Fig. 2).

3. 성별에 따른 임플란트 안정성 변화 비교

각 시기별로 성별에 따른 ISQ 값을 비교한 결과 식립 12주 후에 남성이 여성보다 통계적으로 유의하게 큰 ISQ 값을 나타내었다. 남녀 차이는 식립에서 12주까지의 ISQ 값 변화율에 영향을 미치지 않았다(Fig. 3).

4. 식립 부위에 따른 임플란트 안정성 변화 비교

각 시기별로 전치부와 구치부 임플란트의 ISQ 값을 비교한 결과 식립시와 그 이후 3개월 동안 유의한 차이가 나타나지 않았다. 전치부/구치부 그룹간 식립에서 12주까지의 ISQ 값 변화율은 차이가 없었다(Fig. 4).

5. 임플란트 길이와 안정성간의 연관성

8.5 mm 길이의 임플란트는 개체수가 적어 통계적인 의미를 갖지 못했다. 길이가 10 mm, 11.5 mm인 임플란트에서 식립시와 3개월 후의 ISQ 값에 유의한 차이가 있었다. 식립시와 3개월 후 각 임플란트 길이간 차이는 없었다. 임플란트 길이는 식립에서 3개월까지의 ISQ 값 변화율에 영향을 미치지 않았다(Fig. 5).

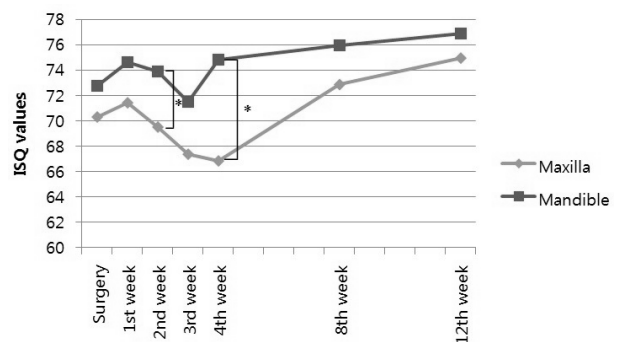


Figure 2. Evolution of implant stability between implant placement and 12 weeks for implant placed in the maxilla and in the mandible.

* : Statistically significant difference between maxilla and mandible ($P < 0.05$)

6. 임플란트 직경과 안정성간의 연관성

직경이 4.1 mm, 4.8 mm인 임플란트에서 식립시와 3개월 후의 ISQ 값에 유의한 차이가 있었다. 또한 식립 3개월 후 임플란트 직경 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보이며 4.8 mm 임플란트가 더 좋은 안정성을 보였다. 임플란트 직경이 식립에서 3개월까지의 ISQ 값 변화율에 영향을 미치는 결과를 관찰하였다(Fig. 6).

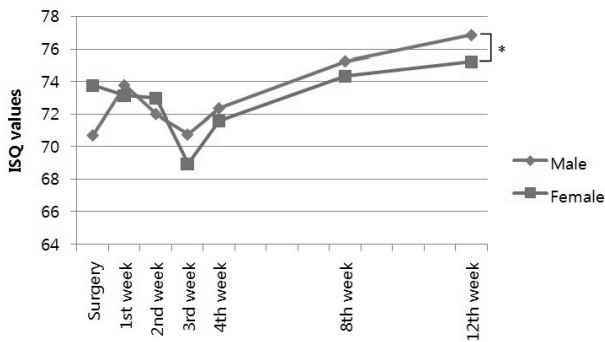


Figure 3. Evolution of implant stability between implant placement and 12 weeks for implant placed in the male and in the female.

* : Statistically significant difference between male and female ($P < 0.05$)

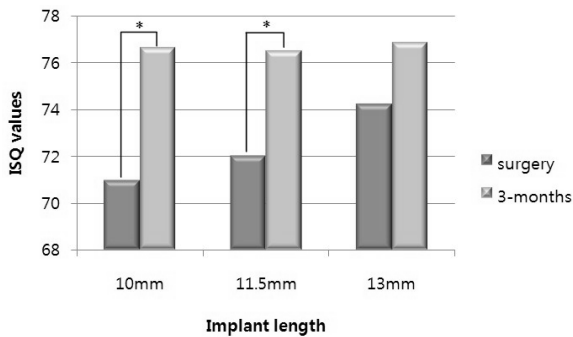


Figure 5. ISQ readings for different implant lengths at surgery and 3 months.

* : Statistically significant difference between surgery and 3 months ($P < 0.05$)

7. 환자의 나이와 안정성간의 연관성

평균 나이 47세를 기준으로 47세 이하인 환자 그룹(24명)과 48세 이상인 환자 그룹(25명)으로 분류하고 각 그룹별로 식립시와 3개월 후의 ISQ 값을 비교한 결과 유의한 차이가 있었다. 하지만 나이와 3개월간 ISQ 값의 변화 추이간에는 연관성이 없었다(Fig. 7, 8).

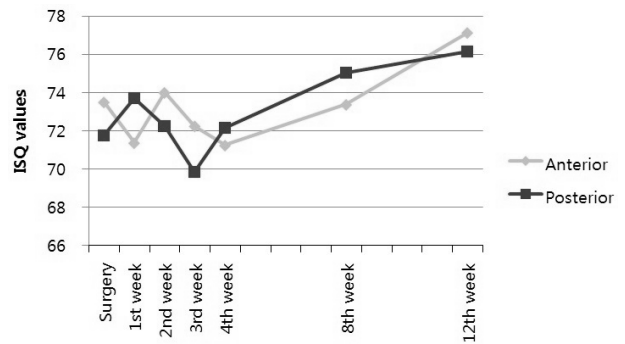


Figure 4. Evolution of implant stability between implant placement and 12 weeks for implant placed in the anterior area and in the posterior area.

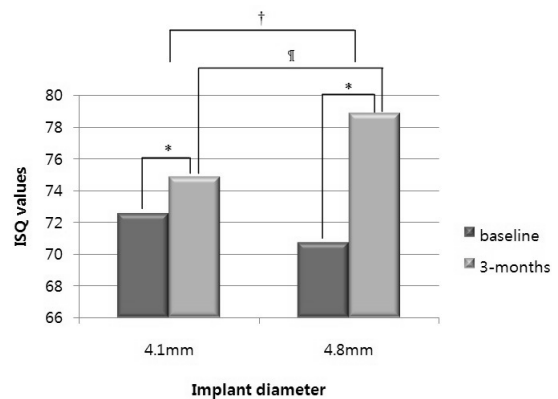


Figure 6. ISQ readings for different implant diameters at surgery and 3 months.

* : Statistically significant difference between surgery and 3 months ($P < 0.05$)

† : Statistically significant difference between different implant diameters at 3 months ($P < 0.05$)

‡ : Statistically significant rate of change between different implant diameters ($P < 0.05$)

8. 골이식 여부와 안정성간의 연관성

이식을 시행하지 않은 임플란트에서 식립시와 3개월 후의 ISQ 값에 유의한 차이가 있었다. 이식 여부와 관계없이 식립에서 3개월까지의 ISQ 값 변화율은 차이가 없었다(Fig. 9).

9. Bone type과 안정성간의 연관성

Bone type이 D2인 임플란트에서는 식립시와 3개월 후의 ISQ 값에 유의한 차이가 있었지만 D3와 D4에서는 유의성 있는 차이가 나타나지 않았다. 임플란트 식립시와 3개월 후, 세 가지 bone type 그룹간 ISQ 값은 통계적으로 유의한 차

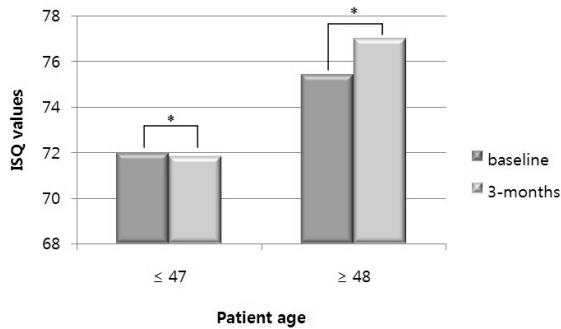


Figure 7. ISQ readings for different age groups of patients at surgery and 3 months.

* : Statistically significant difference between surgery and 3 months ($P < 0,05$)

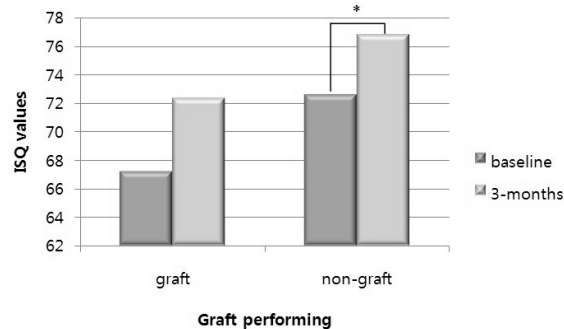


Figure 9. ISQ readings for absence or presence of graft at surgery and 3 months.

* : Statistically significant difference between surgery and 3 months ($P < 0,05$)

이를 보였으나 각 bone type에서 식립부터 3개월까지의 ISQ 값 변화율은 차이가 없어, 골질이 안정성 변화에 영향을 미치지 않음을 관찰하였다(Fig. 10).

10. 식립 토크와 안정성간의 연관성

Spearman correlation coefficient 분석 결과 식립 토크와 식립시 ISQ 값은 상관관계가 있었다. 하지만 3개월 후 ISQ 값은 토크와 상관관계가 없었다. 또한 식립 후 3개월간의 ISQ 값의 변화 추이와 식립 토크 사이에도 상관관계가 보이지 않았다(Fig. 11~13).

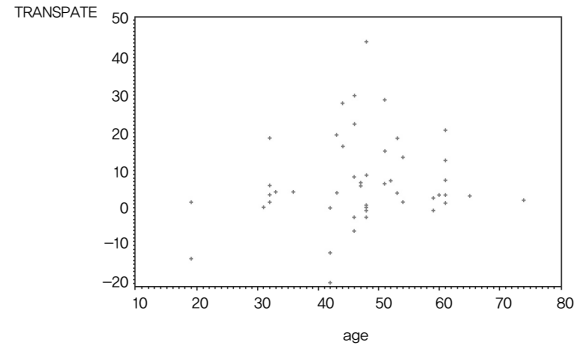


Figure 8. Correlation between age and ISQ value during 3 months ($P > 0,05$).

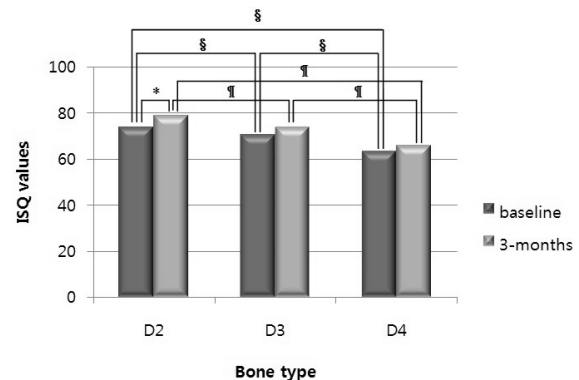


Figure 10. ISQ readings for different bone types at surgery and 3 months.

* : Statistically significant difference between surgery and 3 months ($P < 0,05$)

: Statistically significant difference between bone types at 3 months ($P < 0,05$)

§ : Statistically significant difference between bone types at surgery ($P < 0,05$)

Figure 11

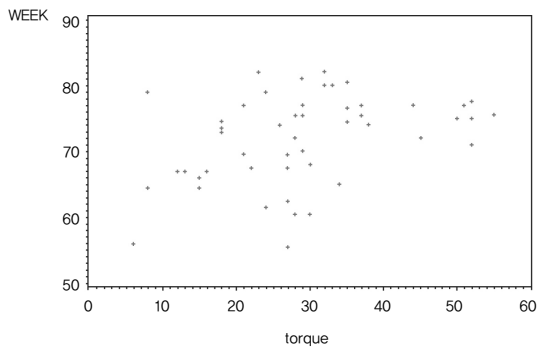


Figure 12

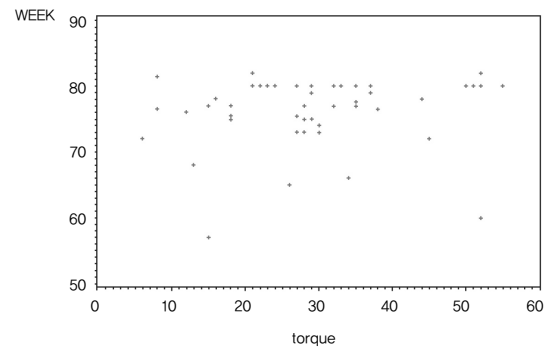


Figure 13

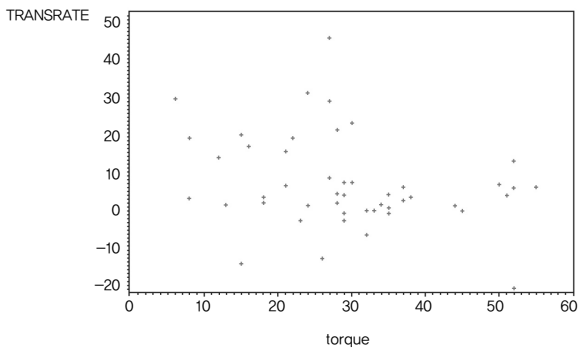


Figure 11. Correlation between insertion torque and ISQ value at surgery ($P < 0.05$).

Figure 12. Correlation between insertion torque and ISQ value at 12 weeks ($P > 0.05$).

Figure 13. Correlation between insertion torque and ISQ value during 3 months ($P > 0.05$).

Table 2. Statistical Rate of Change Data for ISQ Values for Different Variables

	P value	
Maxilla/Mandible	0.6141	> 0.05
Sex	0.9918	> 0.05
Anterior/Posterior	0.8408	> 0.05
Length	0.6317	> 0.05
Diameter*	0.0092	< 0.05
Age	0.3836	> 0.05
Graft	0.9635	> 0.05
Bone type	0.8354	> 0.05
Insertion torque	0.0675	> 0.05

* : Statistically significant effective factor for rate of change between surgery and 3 months ($P < 0.05$)

고찰

임플란트의 즉시 또는 초기 부하 술식에 대한 예지성이 입증되면서^{13,14)} 임플란트의 초기 안정성에 대한 중요성이 부각되어 왔으며 이를 평가하기 위한 방법에 많은 관심과 연구가 기울여졌다. 이에 초기 안정성을 비침습적으로 측정하는 방법인 RFA가 개발되어 이용되었다. 본 연구의 목적은 국산 non-submerged type 임플란트에 대한 RFA를 이용해 초기 안정성을 분석하는 것이다.

많은 연구들에서 2개월, 또는 3개월 이내의 초기 ISQ 값의 변화에 대해 조사하였다. Barewal 등¹⁵⁾은 다양한 골질에 식립된 SLA(Sand-blasted, Large grit, Acid-etched) 표면 처리 임플란트에서의 ISQ 값을 술 후 6주까지는 매주, 그리고 8주와 10주째 측정한 바 있다. 관찰 결과 ISQ 값은 골질에 상관없이 3주째 가장 낮은 값을 보였고 4주 이후부터는 골질 그룹간 차이가 없었으며, 6주 이후부터는 안정기

에 이른다고 하였다. 이러한 변화는 임플란트 수술 후 초기 골접촉에 의한 기계적 유지가 시간이 지남에 따라 임플란트와 주위 골사이 교직골(woven bone)이 층판골(lamellar bone)로 대체되는 이차적인 고정으로 변화하는 과정이 반영된 것이라고 하였다. 이는 Roberts¹⁶⁾의 토끼 실험에서 골에 발생한 상처의 치유과정이 6주까지의 초기에는 가골(callus)이 생기고 6주째부터 층판골이 생성되는 것을 관찰한 결과와 일치하는 내용이다. 본 연구에서는 식립 후 ISQ 값이 1주 후 증가하였다가 감소하여 3주 후에 가장 낮은 값(평균 70.0)을 나타내고 이후 증가하는 경향이 관찰되었다. 식립 후 1주간 ISQ 값이 통계적으로 유의한 수준은 아니지만 증가하는 것은 Bischof 등¹⁷⁾과 Huwiler 등¹⁸⁾이 연구한 임플란트 주위 RFA 변화에서도 관찰된 바 있다. 이는 Abrahamsson 등¹⁹⁾이 개에서 임플란트 주위 골의 형성 과정을 관찰한 결과 1주일 안에 골모세포들이 새로이 형성되며 신생골 형성이 이루어지는 것에 상응하는 결과이다. 이후 초기 치유 과정에서 기계적인 안정성이 소실되었다가 다시 층판골 침착에 의해 안정성이 회복되는 결과로 생각할 수 있다.

관찰기간 동안 일정하게 하악이 상악보다 높은 ISQ 값을 보였으며 식립 후 3주와 4주 시기에서는 그 차이가 통계적으로 유의한 수준이었다. 이는 Barewal 등¹⁵⁾의 연구와 일치하는 결과이나 3개월간의 통계적 변화율에서는 상악과 그룹간 차이는 관찰되지 않았다.

Brochu 등²⁰⁾은 여성이, Boronat Lopez 등²¹⁾과 Zix 등²²⁾은 남성이 더 높은 ISQ 값 결과를 얻었고 성별간 통계학적으로 유의성 있는 차이를 보고하였다. 하지만 Ostman 등²³⁾은 ISQ 값에서 성별간 유의성 있는 차이가 없다고 하였다. 본 연구에서는 식립 후 3개월 후에는 남성이 여성보다 통계적으로 유의성 있는 수준의 높은 ISQ 값을 보였지만, 식립 시 ISQ 값을 고려하여 3개월 동안의 통계적 변화량을 측정 한 결과 성별이 변화 추이에는 영향을 미치지 않았다. 따라서 성별에 의한 차이보다 환자 개개인의 국소적인 시술 환경에 의해 안정성 변화가 나타난다고 할 수 있겠다.

구치부에서 골질이 좋지 않아 임플란트의 안정성이 더 낮기 때문에 임플란트의 성공률이 전치부보다 낮다고 알려져 있다. Boronat Lopez 등²¹⁾은 전치부에서 피질골이 더 두껍고 해면골이 더 단단하여 전치부에서 구치부보다 더 높은 ISQ 값을 얻었다고 하였다. 반면 Ostman 등²³⁾의 연구에서는 구치부가 전치부보다 더 높은 ISQ 값을 보였다. 본 연구

에서는 전치부/구치부 그룹간에 유의성 있는 차이가 나타나지 않았다.

Bischof 등¹⁷⁾은 치유 기간 동안 ITI²⁾ 임플란트의 즉시 부하와 지연 부하 시 RFA 비교에서 상악과 골질의 차이만 ISQ 값에 영향을 미치고 임플란트 길이와 직경, 전치부/구치부 구분은 영향을 미치지 않았다고 하였다. 본 연구에서는 임플란트의 직경만 3개월간의 통계적 변화량에 영향을 미쳤으며 다른 요소들은 유의한 차이를 보이지 않았다. 식립 시, 토크가 ISQ 값과 연관성이 있는 것은 Turkyilmaz 등²⁴⁾이 Brånemark 임플란트로 실험하여 밝힌 식립 토크와 일차 안정성간의 관계 결과와 일치한다. 하지만 3개월간의 변화율 분석에서는 O'Sullivan 등²⁵⁾의 연구와 마찬가지로 ISQ 값에 영향을 미치지 않았다. 앞으로 많은 수의 임플란트를 대상으로 각 요소들의 정확한 기준, 요소들간의 영향력을 고려한 연구가 필요할 것이다.

Meredith¹⁰⁾는 임플란트를 둘러싸고 있는 골의 정도가 안정성에 영향을 미친다고 했으며 D4 bone의 경우 얇은 피질골과 성긴 해면골로 다른 골질보다 낮은 안정성을 보인다고 하였다. 연구 대상에 포함된 임플란트가 식립되었던 D2, D3, D4의 골질에서 나타나는 ISQ 값은 각 골질 사이에서 식립시와 3개월 후의 측정치가 모두 유의성 있는 차이를 나타내었다. 이는 Barewal 등¹⁵⁾의 연구에서 골질간 ISQ 값이 차이가 있었던 것과도 일치한다. 하지만 3개월 동안 식립 당시의 ISQ 값을 고려하여 변화율을 분석해보면 골질이 안정성 변화에는 영향을 미치지 않았다.

RFA의 효용성이 많은 연구들에서 입증된 바, 임플란트 시스템 별로 측정된 ISQ 값이 각 임플란트 시스템의 성질과 안정성을 반영한다고 생각할 수 있다. 지금까지 RFA 측정에 관한 연구들에서 ITI²⁾ Dental Implant System을 대상으로 한 결과들이 많았다. ITI²⁾ 임플란트는 SLA(Sand-blasted, Large grit, Acid-etched) 표면처리가 되어 있으며 본 연구에 사용된 SS IITM 임플란트의 표면처리 방식인 RBM(Resorbable Blasting Media)과는 차이가 있지만 연조직 부착이 이루어지는 smooth collar 부분을 가진 일회 수술 방식의 구조를 갖는다는 공통점이 있다. ITI²⁾ 임플란트가 식립 12주 후 보인 ISQ 값의 평균은 Ersanli 등²⁶⁾은 상악에서는 55, 하악에서는 60을 보고한 바 있으며, Bischof 등¹⁷⁾은 60.3, Huwiler 등¹⁸⁾은 65의 결과를 얻었다. 이들의 연구에서 측정된 ISQ 값은 이번 연구에서 사용한 OsstellTM Mentor(magnetic device)의 이전 모델인 OsstellTM(elec-

tronic deviece)로 측정된 것이다. Valderrama 등²⁷⁾이 ITI²⁾ 임플란트가 대상으로 두 기계의 측정치를 비교하여 Mentor로 측정된 값이 8~12 정도 높은 값을 보였음을 감안하면 본 연구에 쓰인 SS IITM의 평균 76.2의 수치는 ITI²⁾ 임플란트와 동등하거나 다소 더 높은 값을 보인다고 할 수 있다. 또한 술 후 12주 내내 70 이상의 ISQ 값을 보여 Sennerby 등²⁸⁾이 주장했던 초기 치유기간 동안 임플란트 성공의 예지성 기준인 65보다 높은 안정성을 보여주었다.

Friberg 등²⁹⁾은 식립 후 2주에서 6주 사이 급격히 ISQ 값이 감소하면서 임플란트 실패가 나타났다고 보고하였다. 이후에 Glauser 등³⁰⁾은 성공한 임플란트와 실패한 임플란트의 RFA 값을 조사한 바 있다. 81개의 Brånemark 임플란트 중 9개가 보철 수복 후 1년 내 실패하였는데 실패한 임플란트는 성공한 임플란트와 달리 1개월 후 현저하게 ISQ 값이 감소하였으며 이로써 RFA가 임플란트 실패에 예지성이 있음을 설명하였다. 반면에 Huwiler 등¹⁸⁾은 연구 대상인 임플란트에서 단지 한 개의 임플란트가 실패했고 임플란트의 동요도가 임상적으로 관찰된 후 ISQ 값이 갑자기 저하됨을 관찰하였다. 이는 RFA의 예지성에 의문을 가지게 하는 결과이며 Nedir 등³¹⁾은 RFA가 임플란트 동요도를 재현성 있게 진단하지 못한다고 밝혔다. 이번 연구에서는 관찰기간 중 하나의 임플란트가 식립한지 2주 후 실패하였다. 식립 당시에는 평균 ISQ 값 72, 1주 후에는 평균 73을 보였으나 2주 후 심한 동요도를 보였다. 식립과 동시에 상악동 이식술을 시행하여 초기 고정력이 좋지 않았고 환자가 심한 흡연자였던 것이 원인으로 생각된다. 장기간 관찰하지 못하였을 뿐 아니라 적은 수의 실패였기에 임플란트 실패 예지성을 파악할 수는 없었다. 다수의 임플란트를 포함하는 연구가 이루어져 RFA의 진단적 가치에 대한 평가가 이루어져야 할 것이다.

결론적으로 국산 OSSTEM²⁾ Implant System의 non-submerged type SS IITM 임플란트의 식립시부터 3개월간 ISQ 값의 변화량에는 임플란트 직경이 유의한 영향을 미쳤고 상하악, 남녀, 식립 부위, 임플란트 길이, 나이, 이식 여부, 골질, 식립시의 토크는 초기 치유시 임플란트 ISQ 값에 영향을 미치지 않았다. 또한 초기 치유 동안 SS IITM 임플란트가 안정성이 입증된 ISQ 값을 나타냈음을 확인하였다.

참고문헌

1. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. Scand J Plast Reconstr Surg Suppl 1977;16:1-132.
2. Aparicio C, Lang NP, Rangert B. Validity and clinical significance of biomechanical testing of implant/bone interface. Clin Oral Implants Res 2006;17 Suppl 2:2-7.
3. Young Han Koh, Young Jun Kim, Hyun Ju Chung. Bone Healing around Screw - shaped Titanium Implants with Three Different Surface Topographies. J Korean Acad Periodontol 2001;31:41-57.
4. Atsumi M, Park SH, Wang HL. Methods used to assess implant stability: current status. Int J Oral Maxillofac Implants 2007;22:743-754.
5. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. Int J Prosthodont 1998;11:491-501.
6. Hyun Suk Choi, Hyun Ju Chung, Ok Su Kim, Young Jun Kim. The study on the survival rates and crestal bone changes around the implants. J Korean Acad Periodontol 2004;34:303-315.
7. Jun-ho Oh, Moontaek Chang. Comparison of initial implant stability measured by Resonance Frequency Analysis between different implant systems. J Korean Acad Periodontol 2008;38:529-534.
8. Sykaras N, Triplett RG, Nunn ME, Iacopino AM, Opperman LA. Effect of recombinant human bone morphogenetic protein-2 on bone regeneration and osseointegration of dental implants. Clin Oral Implants Res 2001;12:339-349.
9. Meredith N, Alleyne D, Cawley P. Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. Clin Oral Implants Res 1996; 7:261-267.
10. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. Int J Prosthodont 1998;11:491-501.
11. Brånemark PI. Osseointegration and its experimental background. J Prosthet Dent 1983;50:399-410.
12. Buser D, Mericske-Stern R, Dula K, Lang NP. Clinical experience with one-stage, non-submerged dental implants. Adv Dent Res 1999;13:153-161.
13. Szmukler-Moncler S, Piattelli A, Favero GA, Dubruille JH. Considerations preliminary to the application of early and

- immediate loading protocols in dental implantology. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:12-25.
14. Degidi M, Piattelli A. Immediately loaded bar-connected implants with an anodized surface inserted in the anterior mandible in a patient treated with diphosphonates for osteoporosis: a case report with a 12-month follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5:269-272.
 15. Barewal RM, Oates TW, Meredith N, Cochran DL. Resonance frequency measurement of implant stability in vivo on implants with a sandblasted and acid-etched surface. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:641-651.
 16. Roberts WE. Bone tissue interface. *J Dent Educ* 1988;52:804-809.
 17. 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;15:529-539.
 18. Huwiler MA, Pjetursson BE, Bosshardt DD, Salvi GE, Lang NP. Resonance frequency analysis in relation to jawbone characteristics and during early healing of implant installation. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:275-280.
 19. Abrahamsson I, Berglundh T, Linder E, Lang NP, Lindhe J. Early bone formation adjacent to rough and turned endosseous implant surfaces. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:381-392.
 20. Brochu JF, Anderson JD, Zarb GA. The influence of early loading on bony crest height and stability: a pilot study. *Int J Prosthodont* 2005;18:506-512.
 21. Boronat Lopez A, Balaguer Martinez J, Lamas Pelayo J, Carrillo Garcia C, Penarrocha Diago M. Resonance frequency analysis of dental implant stability during the healing period. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008;13:244-247.
 22. Zix J, Kessler-Liechti G, Mericske-Stern R. Stability measurements of 1-stage implants in the maxilla by means of resonance frequency analysis: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:747-752.
 23. Ostman PO, Hellman M, Wendelhag I, Sennerby L. Resonance frequency analysis measurements of implants at placement surgery. *Int J Prosthodont* 2006;19:77-83.
 24. Turkylmaz I, Aksoy U, McGlumphy EA. Two alternative surgical techniques for enhancing primary implant stability in the posterior maxilla: a clinical study including bone density, insertion torque, and resonance frequency analysis data. *Clin Implant Dent Relat Res* 2008;10:231-237.
 25. O'Sullivan D, Sennerby L, Meredith N. Measurements comparing the initial stability of five designs of dental implants: a human cadaver study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2:85-92.
 26. Ersanli S, Karabuda C, Beck F, Leblebicioglu B. Resonance frequency analysis of one-stage dental implant stability during the osseointegration period. *J Periodontol* 2005;76:1066-1071.
 27. Valderrama P, Oates TW, Jones AA et al. Evaluation of two different resonance frequency devices to detect implant stability: a clinical trial. *J Periodontol* 2007;78:262-272.
 28. Sennerby L, Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontol* 2000 2008;47:51-66.
 29. Friberg B, Sennerby L, Linden B, Grondahl K, Lekholm U. Stability measurements of one-stage Branemark implants during healing in mandibles. A clinical resonance frequency analysis study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1999;28:266-272.
 30. Glauser R, Sennerby L, Meredith N, Ree A, Lundgren A, Gottlow J, 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.
 31. Nedir R, Bischof M, Szmukler-Moncler S, Bernard JP, Samson J. Predicting osseointegration by means of implant primary stability. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:520-528.