

Periotest® Value와 Implant Stability Quotient에 영향을 미치는 요소

연세대학교 치과대학 치과보철학교실

이영아 · 차인호 · 이호용 · 한동후

I. 서 론

2500년 전 이종 물질을 골에 식립함으로써 치아 상실 부위를 대체하려는 노력이 시도된 이래 임플란트는 재료의 생체 친화성 결여로 실패를 거듭해 왔다. 하지만 1965년 Brånemark와 그 동료들에 의해 타이타늄 임플란트의 골유착이 성공하면서 임플란트를 이용한 수복방법은 이제는 악구강계 재건에 있어서 빼놓을 수 없는 치료 방법 중의 하나로 발전하고 있다.

Brånemark는 골유착을 광학현미경의 확대 수준에서 임플란트의 표면과 살아있는 골의 직접적인 접촉이라고 정의하였다.¹⁾ 또한 골유착은 임상적으로는 이종물질이 증상없이 견고하게 고정되어 있으며, 기능 부하하에서도 유지되고 있는 상태로 정의되기도 한다.²⁾

임플란트의 성패는 임플란트 식립 때의 초기고정과 치유과정 중에 얻어지는 골유착에 의해 결정된다고 할 수 있다. 따라서 임상가에게 있어서 임플란트와 골의 초기 고정 및 골유착을 정확하게 평가하는 방법은 큰 관건이 아닐 수 없다. 골유착을 정확하게 판단하는 방법으로는 광학현미경이나 전자현미경을 이용하여 조직학적으로 임플란트 표면과 인접한 골조직이 직접 접촉하는 것을 관찰하는 것이나,

실제 임상에서는 적용할 수 없는 방법이므로 임상에서 쓰일 수 있는 방법들이 많이 소개되었다.^{3,4)}

방사선학적 평가는 임플란트 주위 변연골을 평가하는 주된 방법이지만, 실제 30% 이하의 탈회는 판독이 불가능하며, 조직학적으로 측정된 변연골 수준과 방사선학적으로 측정된 변연골 수준과는 유의차가 있는 등의 한계가 있다.⁵⁾ 그러나 검사의 편이성 때문에 방사선학적 평가는 아직도 임상에서 임플란트의 골유착을 평가하는 방법으로 많이 사용되고 있다.

골유착의 개념에서 볼때 동요도를 보이는 임플란트는 골유착에 실패한 것으로 여겨진다. 동요도 평가는 임플란트를 식립 후 치유 기간동안 임플란트 주위골이 재형성되고 성숙되어 임플란트와 긴밀한 접촉을 형성하였는지 평가하는 것인데, 이러한 동요도를 평가하기 위해서 끝이 뾰족한 기구를 이용한 타진검사가 이용되어져 왔지만 술자의 감각에 의존하는 것이기 때문에 주관적 평가가 될 수 밖에 없었다.

따라서 임상에서 쓸 수 있는 비파괴적인 방법중에서 객관적이고 정량적이며, 재현성 있는 방법이 필요하게 되었고, Periotest®(Siemens AG, Bensheim, Germany)와 RFA(Resonance Frequency Analysis)를 임플란트 동요도를 측정하는데 이용하게 되었다.

* 이 논문은 2004학년도 연세대학교 치과대학 교내 연구비지원에 의하여 이루어진 것임.

Periotest®는 등속운동을 하는 electronically controlled rod가 치아나 임플란트 표면에 닿은 후 되돌아오는 시간을 측정함으로써 자연치나 임플란트 주위조직의 stiffness와 damping capacity를 알아볼 수 있도록 고안된 장치로, Isidor(1998)와 Schulte(1993)는 periotest® value (PTV)가 골흡수 및 골-임플란트 접촉량 정도를 반영한다고 하였다.^{6,7)} Chavez(1993) 등은 지대원주가 0.038mm 움직이는 것까지도 periotest®로 측정가능하며, Ohlenbusch(1993)는 골유착된 임플란트의 동요도를 반복적으로 측정한 결과 95.5%에서 PTV가 오차 1 이내에서 재형성을 갖는다고 하였다.^{7,8)} PTV는 임플란트의 고정체 길이 및 지대원주의 길이(Teerlink 1991), 임플란트 식립부위(Olive 1990), 충격을 가하는 위치와 방향(Faulkner 등 2001), 핸드피스 각도에 따라 영향을 받는다고 보고되고 있다.⁹⁻¹¹⁾

RFA는 임플란트의 고정체 및 지대원주에 변환기를 부착시켜 공진주파수를 측정하는 방법으로, 골상방으로 올라와 있는 고정체의 길이(effective implant length) 및 임플란트 식립부위의 골질에 의해 영향을 받는다.^{12,13)} 현재는 임플란트 종류별, 고정체 직경별로 RF 값에 영향을 줄 수 있는 인자를 보정한 장치인 Osstell™이 상용화되었으며, Osstell™에 의해 얻어진 공진주파수 측정치는 Implant stability quotient (ISQ)라고 불리는 1-100까지의 지수로 자동적으로 변환된다.

이미 실제 임상에서 많이 쓰이고 있는 PTV와 최근에 새로 개발되어 사용이 시도되고 있는 ISQ 사이에 상관관계가 존재하기 때문에,¹⁴⁾ 많은 단점과 한계가 존재하긴 하지만 비용 및 시간적인 면에서 더 유리한 Periotest®가 임상에서 임플란트의 골유착을 평가하는데 계속 사용될 수 있다. 하지만 동일한 PTV를 가질지라도 ISQ는 다양하게 나타나는 것을 볼 때 PTV와 ISQ에 영향을 미치는 임상적인 인자들을 고려하지 않고서는 임플란트의 안정성에 대한 정확한 평가 및 해석이 불가능하다 할 수 있겠다.

본 연구의 목적은 임플란트의 안정성을 평가하는 방법으로 이용되고 있는 Periotest®와 Osstell™의 측정치 차이와 이의 원인을 규명하여 임상가들이 이들 측정치를 임플란트 안정성 평가에 이용할 때 올바른 해석을 할 수 있도록 지표로 삼고자 함이다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

연세대학교 치과대학병원 임플란트 클리닉에서 임플란트 수술을 받은 환자중 2003년 10월에서 2004년 6월까지 술 후 정기검진을 위해 내원한 96명의 환자를 대상으로 하였으며, 식립된 임플란트의 종류는 submerged type인 Brånemark 임플란트(Nobel Biocare AG, Goeteborg, Sweden) 134개, Silhouette 임플란트((BIOLOK International Inc, Deerfield Beach, USA) 5개, non-submerged type인 ITI 임플란트(Instytut Straumann AG, Switzerland) 194개 총 333개의 임플란트를 조사하였다. 조사대상 임플란트들의 식립 후 경과시간은 최소 수술직후에서부터 최대 136개월까지였다. 식립부위 별로는 상악전치부 38개, 하악전치부 15개, 상악구치부 94개, 하악구치부 186개였다.

2. 연구방법

임플란트 시술 후 정기검사를 위해 내원한 환자의 각 임플란트에 대한 안정성을 측정하기 위하여 Periotest®(Siemens AG, Bensheim, Germany)와 Osstell™(Integration Diagnostics, Sævedalen, Sweden)을 사용하였으며, 방사선사진을 촬영하였다.

가. Periotest®의 적용

환자의 머리를 치과의사용 의자의 머리 받침에 기대 한 후 Periotest®의 핸드피스를 바닥에 평행으로, 임플란트에 수직으로, 가능한 측정점은 변연치에 근접하게 위치시킨 후 측정하였다. 그리고 측정점은 치유지대원주 상이며, 교합-치은 사이에서 치은에 가장 가까운 곳을 선택하였다. 각각의 임플란트에 대해 3-4번 반복 측정하여 같은 수치가 3번 측정되면 이 값을 각 임플란트의 PTV로 정하였다.

나. Osstell™의 적용

Resonance frequency analyzer인 Osstell™(Integration Diagnostics, Sævedalen, Sweden)을 사용하였다. 각 임플란트의 치유지대원주 또는

보철물과 지대원주를 제거하고, 임플란트 주위조직을 소독한 후, 임플란트 시스템별, 임플란트 직경별로 구별되어져 있는 작은 변환기를 약 10Ncm의 힘으로 고정체에 고정시켰다. 그리고 정확한 ISQ 측정을 위하여 혀나 볼 등의 연조직 접촉을 시키지 않았다. Osstell™을 작동시켜서 ISQ를 측정하였다. 컴퓨터에 각 치아별 ISQ를 전송 후 저장하였다.

다. 조사 변수

임플란트 고정체 길이, 임플란트 고정체 직경, 시스템(submerged type versus non-submerged type), 식립 부위, 식립부위의 골질, 식립 후 경과 기간, 표면 처리, 식립 시 초기 고정인 ISQ, PTV에 미치는 영향에 대해 조사하였다.

임플란트 식립 부위 골질은 Lekholm과 Zarb이 제안한 방법으로 임플란트 식립시 해부학적 기준과 drilling resistance에 근거하여 4개 유형으로 결정하였으며, 임플란트 식립 부위는 하악전치, 하악구치, 상악전치, 상악구치로 나누었다. 식립 시 초기 고정은 excellent/good/fair/poor로 구분하여 평가하였다.

표면 처리의 비교는 machined surface/RBM/ti-unite으로 구분하였다.

라. 방사선 사진 평가

ISQ와 PTV 측정 날짜에 촬영한 방사선사진으로 변연골 소실 여부, 임플란트 주위 골경화 여부, 골질(골소주 양상, 치밀골의 두께 등), 상악의 경우 상악동 하연벽 내로의 bicortical engagement 여부, 연조

직의 두께 등이 3명의 검사자에 의해 blind test로 평가되었다.

마. 통계처리

모든 통계는 SAS 8.2 프로그램을 이용하여 처리하였다.

ISQ와 PTV 값 간의 상관성을 Spearman Correlation Analysis를 이용하여 분석하였다.

ISQ와 PTV에 영향을 미치는 요소는 각 변수별로 simple regression, multiple regression을 이용하여 분석하였다.

ISQ와 PTV에 임플란트 고정체의 표면처리가 미치는 영향은 simple regression과 ANOVA를 이용하여 분석하였다.

III. 연구결과

1. ISQ 와 PTV 간의 상관관계분석

조사한 333표본의 평균 ISQ는 68.00, 평균 PTV는 -5.25 였다 (Table I). ISQ와 PTV는 역의 상관관계를 가졌다(Spearman correlation=-0.39, p< 0.0001), (Table II).

2. PTV 단계별 ISQ 분포 분석

PTV 각 단계별 ISQ의 평균은 PTV가 -7일 경우 ISQ가 75, PTV가 -6일 경우 70, PTV가 -5일 경

Table I. Simple statistics of ISQ and PTV

	Mean	Std Dev	Median	Minimum	Maximun
ISQ	68.00	9.35	67.00	41.00	94.00
PTV	-5.25	1.29	-5.00	-7.00	0

Table II. Spearman correlation analysis between ISQ and PTV

	ISQ	PTV
ISQ	1.00000	-0.39349
ISQ		<.0001
	333	333
PTV	-0.39349	1.00000
PTV	<.0001	
	333	333

우 66, PTV가 -4일 경우 66, PTV가 -3일 경우 62, PTV가 -2일 경우 56, PTV가 -1일 경우 52, PTV가 0일 경우 ISQ가 45 로 나왔다(Table III, Fig. 1).

3. ISQ 에 영향을 미치는 요소

Simple regression에서 유의한 변수를 가지고 다시 multiple regression으로 처리하였을 때, 임플란트 고정체 직경, 식립부위, 시스템이 ISQ에 유의한 영향을 주는 변수로 나타났다(Table IV).

가. 임플란트 고정체 직경

임플란트 고정체의 직경은 ISQ에 영향을 미쳤으며 ($P < 0.05$), 직경이 1mm 증가할 시 ISQ는 3 단계 증가하였다.

나. 임플란트 식립 부위

임플란트의 식립 부위가 ISQ에 영향을 미쳤으며 ($P < 0.05$), 하악 전치(54.31), 하악 구치(53.97), 상악 구치(47.48), 상악 전치(42.72) 순으로 ISQ가 감소하였다.

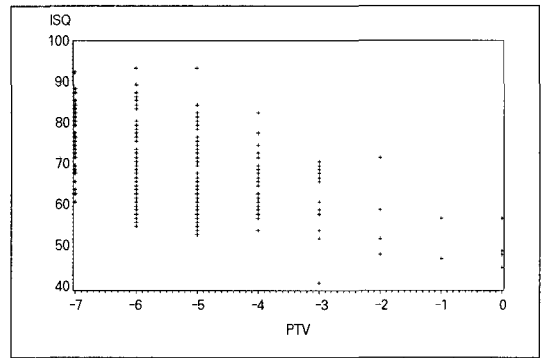


Fig. 1. Distribution of ISQ for each PTV.

Table III. Distribution of ISQ for each PTV

PTV	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
-7	40	75.25	8.10	61.00	93.00
-6	123	70.01	8.94	55.00	94.00
-5	101	66.08	8.25	53.00	94.00
-4	40	66.20	7.39	54.00	83.00
-3	18	62.06	7.76	41.00	71.00
-2	5	56.60	9.48	48.00	72.00
-1	2	52.00	7.07	47.00	57.00
0	4	49.75	5.12	45.00	57.00

Table IV. Multiple regression analysis on factors affecting ISQ

Variable	Parameter estimate	Std Dev	t Value	Pr > t
Intercept	47.48	4.22	11.25	<.0001
p1	6.83	1.99	3.43	0.0007
p2	-4.76	1.41	-3.38	0.0008
p3	6.50	0.90	7.19	<.0001
d	3.00	0.94	3.19	0.0015
s	9.28	0.82	11.33	<.0001
t	0.01	0.02	0.39	0.7005

p1:Mn incisor, p2:Mx incisor, p3:Mn posterior, d:implant fixture diameter, s:system, t:elapsed time

다. 임플란트 시스템(submerged vs non-submerged type)

임플란트 고정체에 변환기 연결 위치가 ISQ에 영향을 미쳤으며($P < 0.05$), non-submerged type (47.48)에 비해 submerged type(56.76)의 ISQ가 더 높았다.

4. PTV에 영향을 미치는 요소

Simple regression에서 유의한 변수를 가지고 다시 multiple regression으로 처리하였을 때, 임플란트 고정체 직경, 식립부위, 경과기간이 PTV에 유의한 영향을 주는 변수로 나타났다(Table V).

가. 임플란트 고정체 직경

임플란트 고정체의 직경은 PTV에 영향을 미쳤으며($P < 0.05$), 직경이 1mm 증가할 시 PTV는 0.62단계 감소하였다.

나. 임플란트 식립 부위

임플란트의 식립 부위가 PTV에 영향을 미쳤으며($P < 0.05$), 하악 전치(-2.87), 하악 구치(-2.80), 상악 전치(-2.04) 상악 구치(-1.86) 순으로 PTV가 증가하였다.

다. 수술 경과기간

임플란트 식립 후 경과기간이 PTV에 영향을 미쳤으며($P < 0.05$), 경과기간이 1개월 증가시 PTV가 0.01단계 감소하였다.

5. PTV 단계별 ISQ 군의 방사선학적 평가

동일한 PTV에 대해 ISQ가 다양하게 나타났는데, 이를 규명하기 위해 방사선 사진을 관찰하여 주위조직의 변화를 평가하였다.

PTV가 -7일 때 평균 수준의 ISQ보다 높은 수준에 속한 7개 표본 중 특이할만한 변연골 소실이나 골흡수는 보인 표본은 없었으며, 14%에서 자연치의 치조백선과 같은 방사선불투과 양상이 임플란트 주위에 관찰되었으며, 70%에서 골밀도가 높았다. 상악에 식립된 2개 표본에서는 모두 상악동 하연벽에 bicortical engagement된 양상을 보였다. 또한 non-submerged type으로 식립된 2 경우에서는 모두 rough surface와 smooth surface 경계보다 상방으로 깊게 식립되었으나 골이 그 상태로 유지된 경우였다. PTV가 -7이나 ISQ가 평균보다 낮은 군에서는 모든 표본에서 변연골 소실이 관찰되었다. 이 중 1개 표본에서 나사가 5개 노출되는 coronal bone resorption을 보였다.

PTV -6과 -5에서도 이와 비슷한 경향 즉, 평균 이상인 수준에서는 골이 치밀하며, 골흡수가 없는 경향을 보였으며, 평균 이하의 수준에서는 나사가 3-4개 노출되는 등의 골 흡수가 진행된 경우가 많았다.

PTV-4에서 ISQ가 평균(66.2 ± 7.39) 보다 높은 수준에 있는 6개의 표본중 자연치의 치조백선과 같은 방사선불투과 양상이 임플란트 주위에 관찰된 경우가 66.6%, 골이 치밀한 경우가 66.6%였으며, 변연골 소실이나 골흡수를 보인 경우는 없었다. 또한

Table V. Multiple regression analysis on factors affecting PTV

Variable	Parameter estimate	t Value	Pr > t
Intercept	-1.86	-1.95	0.0515
p1	-1.01	-3.08	0.0023
p2	0.18	0.75	0.4564
p3	-0.93	-6.09	<.0001
d	-0.62	-4.04	<.0001
b1	0.13	0.27	0.7904
b2	0.07	0.19	0.8459
b3	-0.13	-0.43	0.6700
t	-0.01	-3.00	0.0029
l	0.01	0.20	0.8437

p1:Mn incisor, p2:Mx incisor, p3:Mn posterior, d:implant fixture diameter, b1:type 2 bone quality, b2:type 3 bone quality, b3:type 4 bone quality, t:elapsed time, l:implant fixture length

83.3%에서 연조직이 두꺼운 양상을 보였다. PTV가 -3에서도 위와 동일한 경향이 관찰되었다.

IV. 총괄 및 고찰

비파괴적이며, 정량적, 객관적으로 임플란트의 안정성을 평가할 수 있는 대표적인 두 방법인 Periotest®와 Osstell™ 두 계측치 사이에 서로 상관관계가 없다는 연구도 있지만,¹⁵⁾ 본 연구에서는 PTV와 ISQ가 임플란트의 동요도를 계측할 수 있는 수치로서 상관관계를 가지고 있음을 밝혔다(Spearman correlation=-0.39, p<0.001). 따라서 낮은 민감도를 보이지만 시간, 비용, 편이성 면에서 Osstell™ 보다 유리한 Periotest®를 임플란트 안정성 평가에 임상에서 지속적으로 사용가능하다 할 수 있다. 그러나 PTV 각 단계별 ISQ의 분포를 볼 때, ISQ는 상대적으로 스케일이 좁은 PTV에 대해 일정 범위로 상응되지 않고 넓은 범위로 분포한다. 본 연구에서는 Osstell™과 Periotest®의 측정치 차이와 이의 원인을 규명하고자 하였다.

ISQ와 PTV는 임플란트의 동요도를 평가함으로써 간접적으로 식립시 초기안정성, 치유과정중의 골유착 정도와 임플란트 보철물의 예후를 예상할 수 있게 하여 주지만, 그 설계원리와 작동원리가 틀리며, 따라서 영향을 받는 요소들이 다르기 때문에 두 계측치가 항상 일치하지는 않는다.

Periotest®는 치아나 임플란트 주위 조직의 반응을 계측하는 장치로서, metal rod가 등속운동을 하여 치아나 임플란트의 표면에 닿아 정지되었다가 다시 돌아오는 시간, 즉 접촉 시간을 측정하여 이를 변환한 장치이다.⁶⁾ 접촉 시간이 0.02millisecons 증가함에 따라 PTV는 +1증가하며, -8~+50의 값으로 주위 조직의 damping capacity를 측정한다. Periotest®는 원래 자연치의 동요도를 측정하기 위해 고안된 장치이기 때문에 이를 임플란트 동요도 측정에 적용할 경우 좁은 scale 만을 사용하게 된다. 따라서 이 장치를 이용한 동요도 평가가 골유착 여부를 판단하기에는 그 민감성이 떨어지는 단점을 가지고 있으며, Periotest® 제작자들을 PTV에서 골유착은 안되었으나 임상적으로 움직임이 없는 범위가 있음을 지적하였다.^{6,10)} 여기에 대해 많은 연구가 있었으며, PTV +5 이상을 골유착 실패로 간주하게 되었다. PTV에

영향을 미치는 요인에 대해서 많은 연구가 있어 왔는데, Teerlinck 등은 지대원주의 길이와 임플란트 주위조직의 상태가 영향을 미친다고 하였으며, Olive 등은 임플란트 길이와 식립 부위 등이 PTV와 상관관계를 가진다고 하였다. 그러나 PTV는 이 외에도 충격을 가하는 위치와 방향, 핸드피스의 각도 등에 의해 영향을 받기 때문에 PTV가 항상 biomechanical parameter와 항상 정확하게 일치하는 것은 아니다.

임플란트의 안정성을 측정하는 또 다른 방법인 resonance frequency measuring instrumentation는 변환기(transducer)가 임플란트 고정체나 지대원주에 screw 로 연결되며, 변환기에는 cantilever small beam이 달려있고, 이 beam에는 2개의 piezo-ceramic element가 부착되어 있다. 이중 하나는 신호를 받아 변환기가 떨리도록 되어 있으며, 다른 하나는 이 떨림을 resonance frequency analyzer로 수신하는 역할을 한다. 또한 얻어진 output은 다음의 수식에 의해 수치화된다.

$$fn = \alpha \sqrt{\frac{EI}{\rho l^4}}$$

fn 은 beam의 RF이며, l 은 beam의 effective vibration length, E 는 Young's modulus, I 는 inertia의 moment, ρ 는 질량, α 는 주위상황과 연관된 상수이다.^{13,16,17)} 이를 임상에 적용해 보면 α 는 임플란트 주위 골의 밀도가 증가하면 증가하는 상수이다. 그러므로 치유가 진행되어서 골유착이 이루어지면, α 가 증가하게 되므로 RF도 증가하게 된다. 그리고 l 은 임플란트가 골 위로 나올 거리를 나타낸다. 그러므로 골이 흡수되면 l 이 증가하게 되므로 RF는 줄어들게 된다. 다시말해서 ISQ에 영향을 미치는 요인으로는 골 상방으로 올라와있는 임플란트의 길이(effective implant length), 임플란트 식립 부위의 골유형, 골밀도라 할 수 있다.^{13,16-18)}

본 연구에서는 ISQ와 PTV에 영향을 미칠 수 있는 요소로 고정체 길이와 직경, 식립한 부위의 골질, 식립한 부위, 식립 시의 초기고정 정도, 식립 후 경과 시간, 임플란트 시스템(submerged type versus non-submerged type)을 선택하여 조사하여 보았다.

Carl(2000)은 일반적으로 임플란트의 고정체 길이가 길어질수록 직경이 커질수록 골과 접촉하는 표면적이 넓어져 PTV가 감소하게 된다고 하였다. 그러

나 Caulier(1997)는 골과 접촉하고 있는 나사산의 수와 PTV와의 상관관계에 대한 논문에서 유의차가 없음을 보고한 바 있으며, 이는 본 연구와도 일치하는 결과이다. Resonance frequency measurement의 원리를 나타내는 수식에 의하면 ISQ는 임플란트 고정체 자체의 길이 보다는 골 상방으로 올라와 있는 임플란트 고정체의 길이에 따라 영향을 받는다. Meredith(1996)는 서로 다른 길이의 임플란트 고정체를 aluminium block 상방으로 같은 길이가 나오도록 식립하였을 때에는 ISQ에 유의차가 없었지만, 같은 길이의 implant fixture를 block 상방으로 서로 다른 길이가 노출되도록 식립하였을 때 ISQ에 통계학적으로 유의한 차이가 있음을 밝힌 실험을 통해, effective implant length가 ISQ에 유의한 영향을 미친다고 하였다.

ISQ가 임플란트의 전체 길이가 아닌 골 상방으로 올라와 있는 임플란트 길이에 영향을 받는다는 것은 두 가지 의미를 가진다고 말할 수 있을 것이다. 첫째는 정기검사시 ISQ가 임플란트 주변의 골높이 변화를 민감하게 감지할 수 있는 좋은 방법으로 사용될 수 있을 것이라는 점이며, 두 번째는 한 임플란트를 장기적으로 검사할 경우에는 상관 없으나 연구 등의 목적으로 submerged type의 임플란트와 non-submerged type(대표적으로 ITI) 시스템의 안정성을 비교해야 할 경우에 있어서는 ITI에서 골 상방으로 올라와 있는 길이인 2.8mm (ITI plus는 1.8mm)를 보정할 수 있는 변환기 시스템의 개발이 이루어지든지, 각 시스템을 직접 비교할 수 있는 변환표가 필요하다는 것을 의미한다.

이번 연구에서는 임플란트 고정체의 길이가 ISQ에도 영향을 미치지 못한다는 결과를 얻었다. 그러나 submerged type과 non-submerged type을 나누어 비교해 보았을 때 이러한 시스템의 차이는 ISQ에 영향을 미친다는 결과를 얻었는데, 이는 전체 고정체 길이에는 상관없이 골 상방으로 올라와 있는 effective implant length가 ISQ에 영향을 미친다는 Meredith의 결과와 일치하는 결과라 할 수 있다.

임플란트의 고정체 직경은 PTV, ISQ에 모두 영향을 미쳤으며, 직경이 1mm 증가시 PTV는 -0.62 단계, ISQ는 3 단계 증가하였다. Carl(2000)은 임플란트 고정체 직경에 따라 2-3단계 차이가 날 수 있다고 한 바 있다.

표면처리에 대한 영향을 알아보기 위해서는 bone crest 상방으로 올라와 있는 임플란트 고정체 길이를 보정할 수 없었기 때문에 non-submerged type인 SLA surface와 submerged type인 silhouette의 RBM, Brånemark의 ti-unite, smooth surface를 직접적으로 비교할 수 없어 submerged type 내에서 표면처리를 비교하였다. 초기 치유과정에 machined surface에 비해서 rough surface 임플란트가 높은 골-임플란트 접촉율을 보인다는 보고가 있어(Buser 1990) 표면 처리를 하나의 변수로 넣어 조사해 보았지만 세 군의 표면처리 사이에서는 유의한 차이가 없었다. 앞으로 시술후 시간경과에 따른 계층치의 변화에 대한 임상연구가 좀더 필요할 것으로 사료 된다.

치유기간이 ISQ에 미치는 영향에 대해서 많은 연구가 행해진 바 있으며¹⁹⁻²¹⁾, Meredith는 acrylic resin block에 임플란트 고정체를 묻은 후 중합 시간에 따른 resonance frequency measurement의 변화를 살펴봄으로써, ISQ가 치유기간 동안 임플란트-조직 계면에서의 변화를 monitor 할 수 있을 것이라는 가능성을 제시하였다. 긴 치유기간이 지난 임플란트는 조직학적으로 보다 견고한 골유착을 나타내며, RF 또한 높게 나오며, 이는 조직학적 골유착검사와 높은 상관관계를 나타낸다고 밝힌 연구가 있었다. 그러나 본 연구에서는 경과기간이 PTV에는 영향을 미쳤으나, ISQ에는 영향을 미치지 않는다는 결과가 나왔는데, 이는 일정한 임플란트에 대한 지속적인 자료가 아니기 때문에 경과기간과 ISQ와의 정확한 관계를 알아보는 힘든 연구 모델 설계상의 한계 때문이라 사료된다.

또한 초기 치유과정 동안의 임플란트 안정성 변화를 ISQ, PTV를 통하여 확인하여 보고, 이를 분석함으로써 임플란트 안정성 변화추이가 기능적 부하시기를 결정하는 임상적 parameter로 사용되어질 수 있는지에 대한 연구가 필요하다고 생각한다. 임플란트를 식립한 후 치유기간 동안에 Periotest® 나 Osstell™등을 이용하여 임플란트의 동요도를 측정함으로써 임상적으로 기능 부하 시기를 결정할 수 있다면 초기 기능 노출에서 비롯되는 임플란트 실패를 방지할 수 있을 뿐만 아니라, 이러한 실패를 우려해 최종 보철물 장착을 늦춤으로써 감수해야 하는 환자의 불편감을 줄일 수 있을 것이다.

식립 부위는 PTV, ISQ에 모두 유의한 영향을 미친

다는 결과를 얻었으며, ISQ의 경우 하악전치, 하악 구치, 상악구치, 상악전치 순으로 낮아졌으며, PTV의 경우 하악전치, 하악구치, 상악전치, 상악구치 순이었다. Steenberghe 등(1995)은 PTV를 식립위치 별로 비교한 결과, 본 연구와 동일한 결과를 얻었으며, 일반적으로 상악보다 하악에서 낮은 PTV를 나타내는 이유로 상악과 하악의 골밀도 차이를 들고 있다.²⁹⁾ Huang(2000) 등은 골질이 임플란트의 안정성에 영향을 주며, RF는 골질에 영향을 받음을 유한요소분석을 통해 밝힌 바 있다. PTV 또한 골질과 골밀도, 그리고 치밀골 정도에 따라 영향을 받는다는 많은 연구들이 있다. 그러나 본 연구에서 골질이 기존의 연구들과는 달리 PTV와 ISQ에 영향을 미치지 못한다는 결과가 나온 것은 골질의 평가가 computerized tomograph 등을 이용한 객관적 평가방법을 통해서가 아니라 drilling 시 느껴지는 술자의 주관에 의한 평가였다는 방법상의 한계와, 선택된 표본 자체가 type 2와 type 3에 몰려 분포 되었기 때문이라 사료된다. 따라서 골질에 따른 ISQ와 PTV차이를 알아보기 위해서는 computerized tomograph 등에 의한 객관적인 골평가와 다양한 골질을 토대로 한 표본 선택이 필요하리라 생각된다.

ISQ는 전반적으로 임플란트 고정체 직경, 시스템(submerged type vs non-submerged type), 식립 부위에 영향을 받지만, PTV 각 단계별로 분석해 보면 PTV가 -7에서 ISQ에 영향을 가장 많이 미치는 요소는 임플란트 고정체 직경이었으며, PTV가 -4, -3로 갈수록 시스템 즉 effective implant length에 영향을 받는 것으로 나타났다.

단계별 PTV에서 ISQ가 평균에서 벗어나 있는 이유를 알아보고자 방사선학적 평가를 시행하였으며, 수술시 환자기록부를 재검토하였다. PTV와 ISQ가 골유착 정도와 변연골흡수를 감지해내는데 얼마나 민감한 parameter 인지 알아보기 위해서는 PTV와 ISQ를 측정 한 후 이를 시편으로 만들어 조직학적 검사를 시행하는 것이 가장 정확하다고 할 수 있을 것이다. 그러나 임상연구에서는 이러한 작업이 불가능하므로, 다소 정확성은 떨어지지만 방사선학적인 방법을 통해 간접적으로 이를 조사해보고자 하였다. 방사선학적인 방법은 실제 30% 이하의 탈회는 판독이 불가능하여 조직학적으로 측정 한 변연골과 방사선학적으로 측정 한 변연골과는 유의차가 있는 등 초

기 골흡수를 평가하기에 한계를 가지고 있지만, 이미 방사선학적으로 골흡수를 보이고 있는 표본의 ISQ와 PTV를 조사하여 비교함으로써 임플란트 변연골 흡수를 더 민감하게 반영하는 parameter가 PTV와 ISQ 중 어떤 것인지 역으로 생각해볼 수 있을 것이다. PTV -7에서 평균(75+8.10)에 속하지 않는 ISQ 군들, 즉 PTV가 -7이나 ISQ가 높은 표본들(84-93, 7개 표본), PTV가 -7이나 ISQ가 낮은 표본(61-66, 7개 표본)을 방사선학적인 방법을 통해 배형성 등의 골흡수 여부, 임플란트 주위 골경화 여부, 골질(trabecular pattern, 치밀골의 두께 등), 상악의 경우 상악동 하연벽 내로의 bicortical engagement 여부, 연조직의 두께 등을 평가해 보았다. PTV가 -7일 때 평균 수준의 ISQ(75.25±8.10)보다 높은 수준에 속한 표본들의 임플란트 고정체 직경은 모두 유의성있게 컸으며(평균:4.94mm), 시스템은 두개 표본을 제외하고는 모두 submerged type 이었다. 식립 부위는 두개 표본이 상악 구치부였으며 나머지는 모두 하악구치부였다. 7개 표본 중 특이할만한 변연골 소실이나 골흡수는 보인 표본은 없었으며, 14%에서 임플란트 주위에 자연치의 치조백선과 유사한 방사선불투과성 소견이 관찰 되었으며, 70%에서 골밀도가 높았다. 상악에 식립된 2개 표본에서는 모두 상악동 하연벽에 bicortical engagement된 양상을 보였다. 또한 non-submerged type으로 식립된 2 경우에서는 모두 rough surface와 smooth surface 경계보다 상방으로 깊게 식립되었으나 골이 그 상태로 유지된 경우였다. PTV가 -7이나 ISQ가 평균(75.25±8.10)보다 낮은 군에서는 모든 표본에서 변연골 소실이 관찰되었다. 이 중 1개 표본에서 나사가 5개 노출되는 coronal bone resorption을 보였다. PTV -6과 -5에서도 이와 비슷한 경향 즉, 평균 이상인 수준에서는 골이 치밀하며, 골흡수가 없는 경향을 보였으며, 평균 이하의 수준에서는 나사가 3-4개 노출되는 등의 골 흡수가 진행된 경우가 많았다. PTV-4에서 ISQ가 평균(66.20±7.39) 보다 높은 수준에 있는 6개의 표본(6개 표본 모두 다 하악 구치에 식립된 경우였으며, 한 경우를 제외한 모든 경우가 submerged type 이었다.)중 임플란트 주위에 자연치의 치조백선과 같은 방사선불투과 양상이 관찰된 경우가 66.6%, 골이 치밀한 경우가 66.6%였으며, 변연골 소실을 보인 경우는 없었다. 또한 83.3%에서 연조직이 두꺼운

양상을 보였는데 이는 PTV가 지대원주의 길이에 영향을 받는다는 Teerlinck의 논문결과와 일치한다. PTV가 -3에서도 위와 동일한 경향이 관찰되었다.

이상에서, PTV보다는 ISQ가 인접골 흡수나 변연골 소실을 감지하는데 민감하다고 정리해볼 수 있으며, 이는 effective implant length에 ISQ가 영향을 받기 때문이라고 생각된다. PTV는 골흡수가 없더라도 지대원주의 길이가 길어질수록 즉, 연조직의 두께가 커질수록 증가하였는데, 이는 하악 구치부(retromolar pad 근처)나 상악구치부(tuberosity 근처) 등 연조직의 두께가 두꺼운 부위에서 실제보다 높게 나타날 수 있으므로 임플란트의 안정성 평가를 위한 절대기준으로 PTV의 일회성 사용은 한계성이 있다고 사료된다.

V. 결 론

총 333개의 임플란트를 대상으로 PTV와 ISQ에 영향을 미치는 요소를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. PTV와 ISQ 간에 상관관계가 존재하였다. (Spearman correlation =0.39, p(0.0001))
2. ISQ 에 영향을 미치는 요소는 임플란트 고정체 직경, 임플란트 식립 부위, 임플란트 시스템(submerged type과 non-submerged type)이었다.
3. PTV에 영향을 미치는 요소는 임플란트 고정체 직경, 임플란트 식립 부위, 임플란트 식립 후 경과시간이었다.
4. RBM, smooth surface, ti-unite 표면처리방법의 차이는 PTV와 ISQ에 유의한 영향을 미치지 못했다.
5. PTV 각 단계에서 평균 수준의 ISQ보다 높은 수준에 속한 경우 방사선학적 소견은 특이할만한 변연골 소실이나 골흡수를 보이지 않았고, 전반적으로 고정체 주위 골밀도가 높았으며, 임플란트 주위 골경화를 보인 경우도 있었다. PTV 각 단계에서 ISQ가 평균보다 낮은 군에서는 대부분의 표본에서 변연골 소실이 관찰되었다.

ISQ와 PTV는 서로 유의한 상관관계를 가지지만, PTV는 ISQ에 비해 변연골 흡수에 민감하지 못하며, 연조직이 두꺼워 측정점이 고정체에서 멀어질 경우 그 값이 증가하기 때문에 ISQ로 평가할 때보다는 더

욱 많은 parameter가 보조적으로 사용되어야 한다. 또한 ISQ는 변환기를 연결하는 위치에 대한 고려가 필수적이라 할 수 있다.

참고문헌

1. Brånemark PI, Zarb G, Albreksson T. Tissue integrated prosthesis.: Osseointegration in clinical dentistry. Quintessence 1995.
2. Zarb G, Albreksson T. Osseointegration : A requiem for the periodontal ligament? An editorial. Int J of Perio and Rest Dent 1995; 11:88-91.
3. Albreksson T, Eriksson AR, Friberg B, Lekholm U, Lindahl I, Nevins M, et al. Histologic investigations on 33 retrieved Nobelpharma implant. Clinical Materials 1993;12:1-9.
4. Albreksson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson RA. The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. Int J of Oral and Maxillofacial Implants 1986; 1:11-25.
5. Caulier H, Naert I, Kalk W. The relationship of some histologic parameters, radiographic evaluations, and periosteal measurements of oral implants: An experimental animal study. Int J Oral Maxillofac Implants 1997;3:380.
6. Schulte W, d Hoedt B, lukas D. Periosteal for measuring periodontal characteristics- correlation with periodontal bone loss. J Periodont Res 1992.
7. Chavez H et al. Assessment of oral implant mobility. JPD 1993.
8. Ohlenbusch B, et al. The reliability of periosteal values and peri-implant probing. In 5th International congress on preprosthetic surgery. 1993.

9. Teerlinck J. Perio test: An object clinical diagnosis of bone apposition toward implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6: 55-61.
10. Olive J, Aparicio C. The periotest method as a measure of osseointegrated oral implant stability. *Int J Oral Masillofac Implants* 1990;5:390-400.
11. Faulkner MG, Lipsett AW, Wolfarddt JF. The use and abuse of the periotest for 2-piece implant/abutment systems. *Int J Oral Maxillofac Implant* 2001.
12. Meredith N, Cawley P, Alleyne D. The application of modal vibration analysis to study bone healing in-vivo. *Journal of Dental Research* 1994;73:793.
13. Meredith N, Alleyne D, Cawley P. Quantitative determination of stability of the implant- tissue interface using resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:261-7.
14. Park JH, Han DH. A comparative study of Implant stability evaluation using clinical measurement of Periotest® and Osstell™. Yonsei graduate school, Seoul, 2004.
15. Nkenke E, Hahn M, Weinzierl K, Radespiel-Troger M, Neukam FW, Engelke K. Implant stability and hisomorphometry: a correlation study in human cadavers using stepped cylinder implants. *Clin Oral Impl Res* 2003;14:601-609.
16. Huang HM, Chiu CL, Yeh CY, Lin LH, Lee SY. Early detection of implant healing process using resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:437-43.
17. Huang HM, Chiu CL, Yeh CY, Lee SY. Factors influencing the resonance frequency of dental implants. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61:1184-8.
18. Barewell RM, Oates TW, Meredith N, Cochran DL. Resonance frequency measurement of impalnt stability in vivo on implants with a sandblasted and acid-etched surface. *Int J Oral Maxillofacial Implants* 2003;18:641-51.
19. 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.
20. Meredith N, Sennerby F, Alleyne D, Snnerby L, Cawley P. The appliction 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.
21. Albrektsson TO, Johansson CB, Sennerby L. Biological aspects of implant dentistry : osseointegration. *Periodontol* 1994;4: 58-73.
22. Van Steenberghe D. Dampning characteristics of bone-to-implant interfaces. *Clin Oral Impl Res* 1995;6:31-39.

Reprint request to:

Dong-Hoo Han, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
 Department of Proshodontics, College of Dentistry, Yonsei University,
 134 Shinchon-dong, Sudaemoon-gu, Seoul, 120-752, Korea
 donghoochan@yumc.yonsei.ac.kr

ABSTRACT

THE INFLUENCING FACTORS OF PERIOTEST® VALUE AND IMPLANT STABILITY QUOTIENT

Young-Ah Yi, D.D.S., M.S.D., In-Ho Cha, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Ho-Yong Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Dong-Hoo Han, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University

Statement of problem: Periotest® and Osstell™ were known as the most objective and quantitative mobility tests available for evaluating stability of implant in vivo.

Although a correlation between PTV widely used and ISQ recently introduced exist, a PTV was corresponded to various ISQ. A correct evaluation of implant stability could be obtained only after one has a thorough understanding of the limitations of devices and factors that affect measurements.

Purpose: The purpose of this study was to investigate the causes of variables in the values obtained with these two tests.

Material and method: A total of 333 implants: 134 Brånemark, 5 Silhouette and 194 ITI implants were investigated.

Result:

1. There was a correlation between PTV and ISQ (Spearman correlation = 0.39, $p < 0.0001$)
2. The factors that affected ISQ were diameter of implant fixture, location of implant and implant system (submerged type vs non-submerged type).
3. The factors that affected PTV were diameter of implant fixture, location of implant, and elapsed time after implant placement.
4. There was no significant difference between different surface treatments of RBM, smooth surface and ti-unite on PTV and ISQ.
5. In radiographic finding, no saucerization or bone resorption has been detected in implants with ISQ values that were above the average level of each PTV. These higher values had higher bone densities around the implant fixture. Saucerization was observed in the most implants with ISQ values that were below the average level of each PTV.

Conclusion: There was a correlation between ISQ and PTV. However, each measuring methods had factors influencing the measured values.

PTV were less sensitive to marginal bone resorption and influenced with the striking point on an implant to the level of bone.

With ISQ, the height of implant from bone level to transducer should be considered.

Key words : Periotest®, Osstell™, ISQ, PTV, Implant stability