

## PerioTest<sup>®</sup> 를 이용한 임플란트 동요도에 관한 임상적 연구

연세대학교 치과대학 치과보철학교실

김선재 · 한동후

### I. 서 론

골유착성 임플란트는 1969년 Brånemark에 의해 보고된 후 많은 임상적, 실험적 연구를 통해 완전 또는 부분무치악 환자에서 성공적인 치료법으로 자리잡았다<sup>1,5,16</sup>. 골유착이란 임플란트 주위골과 임플란트의 표면 사이에서의 직접적인 구조적·기능적 결합을 말하며<sup>3,5,4</sup>, 성공적인 임플란트 치료를 위해서는 임플란트가 완전한 골유착을 형성해야 한다. 임플란트가 진정한 골유착을 이루었는가를 확인하는 가장 정확한 방법은 광학현미경이나 전자현미경으로 임플란트 표면과 인접한 골조직이 직접 접촉하는 것을 관찰하는 것이다. 하지만 이 방법을 실제로 임상에 적용할 수는 없으므로 임상적으로 임플란트의 상태를 평가하기 위한 적절한 진단방법이 필요하게 되었다.

Adell 등<sup>2</sup>은 임상에서 임플란트의 골유착을 평가하는 가장 신뢰할만한 방법은 방사선학적으로 임플란트 주위의 변연골 수준을 평가하는 방법과 임플란트 동요도를 검사하는 방법이라고 하였다.

방사선학적으로 임플란트 주위 변연골의 수준을 평가하는 방법은 임상에서 흔히 사용되고 있으나 방사선학적 평가법은 비록 long cone technique을 사용한다고 할지라도 3차원적인 물체를 2차원적으로 표현하는 방사선 사진의 한계성 때문에 골 수준이 과대평가 되는 경향이 있다<sup>5,2</sup>. Hollender<sup>23</sup>는 임플란트 주위 골 수준의 평가 시 single radiograph로는 정확한 평가가 어려우며 정확성을 높이기 위

해서는 stereoscopic radiograph가 필요하다고 하였고, Caulier<sup>13</sup>는 조직학적으로 측정된 변연골 수준과 방사선학적으로 측정된 변연골 수준과는 유의 차이가 있다고 하였다. 이러한 문제점들이 있기는 하지만 방사선학적 평가는 아직도 임상에서 임플란트의 골유착을 평가하는 방법으로 많이 사용되고 있다.

골유착의 개념에서 볼 때 동요도를 보이는 임플란트는 골유착에 실패한 것으로 여겨진다<sup>16,21,29,40,47,49</sup>. 동요도 평가는 임플란트를 식립 후 치유 기간동안 임플란트 주위골이 재형성되고 성숙되어 임플란트와 긴밀한 접촉을 형성하였는지를 평가하는 것이며 임플란트의 동요도를 평가하는 가장 간단한 방법은 구강검사기구 등을 사용하여 임플란트를 협설 방향으로 움직여 보는 것이다. 하지만 이러한 평가법을 사용하여 임플란트가 협설 방향으로 움직이는 것을 임상가가 인지할 수 없었다고 할지라도 골유착이 완전히 이루어졌다고 평가할 수 없다. 이에 따라 보다 정밀하고 객관적으로 임플란트 동요도를 평가할 수 있는 방법이 필요하게 되었고 PerioTest<sup>®</sup>(Siemens AG, Bensheim, Germany)를 임플란트 동요도의 측정에 이용하게 되었다.

PerioTest<sup>®</sup>를 임플란트 동요도의 측정에 이용하는 것에 대해서는 여러 연구가 있었다. Chavez<sup>15</sup>는 지대원주가 0.038mm 정도 움직이는 것까지도 PerioTest<sup>®</sup>로 측정이 가능하다고 하였고, Ohlenbursch<sup>39</sup>는 골유착된 임플란트 동요도의 반복적인 측정결과 95%에서 PerioTest<sup>®</sup>측정값이 오

## II. 연구대상 및 방법

차 1이내에서 재현성을 보였다고 보고하였으며, Chai 등<sup>14</sup>은 7명의 다른 치과의사가 동일한 임플란트를 PerioTest<sup>®</sup>로 측정된 결과 임플란트 동요도의 통계적 유의차는 없었고, 또한 측정하는 물체의 동요도가 작을수록 PerioTest<sup>®</sup>의 측정값은 더욱 재현성이 높아졌다고 보고하였으며, 임플란트 동요도 평가에 PerioTest<sup>®</sup>를 사용하는 것이 객관적이며 재현성을 가지는 방법이라고 하였다.

PerioTest<sup>®</sup>를 사용하여 임플란트 동요도를 평가할 때 측정값에 영향을 미치는 요인들에 대해서도 많은 연구가 있었다. Teerlinck 등<sup>31</sup>은 지대원주의 길이와 임플란트 주위조직의 상태가 PerioTest<sup>®</sup>를 이용한 임플란트 동요도의 측정치에 영향을 끼친다고 하였고, Olive 등<sup>40</sup>은 임플란트 길이가 PerioTest<sup>®</sup>를 이용한 임플란트 동요도의 측정치와 상관관계가 있다고 하였으며, 또한 204개의 브레네마크 임플란트의 동요도를 PerioTest<sup>®</sup>를 이용하여 측정된 결과 하악에서의 임플란트 동요도의 측정값이 상악에서 측정된 값보다 통계적으로 유의차가 있게 낮은 수치를 나타낸다고 하였고, Buser<sup>11</sup>은 ITI 임플란트에서, Salonen<sup>41</sup>은 TPS 임플란트의 연구에서 역시 같은 결과를 얻었다.

지금까지 살펴본 바와 같이 PerioTest<sup>®</sup>를 임플란트 동요도의 측정에 이용한 많은 연구가 있었으나 이 연구들의 대부분이 서양사람들을 대상으로 시행된 것이다. 동양사람의 경우 치아상실 후 남은 골의 질과 양, 식이 형태 및 저작습관 등이 서양사람들과는 상이하므로 서양사람들을 대상으로 하여 얻은 결과가 국내환자들의 상태를 나타낸다고 보기에는 문제가 있다. 또한 PerioTest<sup>®</sup>의 측정값에 영향을 미치는 요소에 대해서도 여러 연구가 있었으나 그 결과는 연구마다 차이를 보이고 있으며, PerioTest<sup>®</sup>의 측정값에 어떤 요소가 가장 큰 영향을 미치는지에 대해서는 아직 연구되지 않은 상태이다. 본 연구에서는 임플란트와 주위 골조직의 특성에 따른 동요도의 차이를 평가하기 위해서 국내환자들을 대상으로 임플란트 형태, 표면적, 직경, 식립 위치, 치밀골 포함정도에 따라 분류하여 PerioTest<sup>®</sup>측정값을 비교하였고, 임플란트에 기능하중이 가해진 후 시간의 경과가 PerioTest<sup>®</sup>측정값에 영향을 미치는 지를 평가하였으며, 이러한 영향요소간의 영향력정도를 비교하고자 한다.

### 가. 연구대상

1992년 2월부터 1997년 9월까지 연세대학교 치과대학 부속병원에서 임플란트 지지 보철물을 장착한 환자로 22세부터 71세까지 평균 49.6세의 환자들을 대상으로 하였다. 환자를 성별로 구분해 보면 남자가 34명으로 식립한 임플란트 수는 86개였으며, 여자가 38명으로 식립한 임플란트 수는 101개로 총 187개의 임플란트를 상악에 52개, 하악에 135개 식립하였다.

### 나. 연구방법

#### 1. PerioTest<sup>®</sup>의 적용

환자의 머리를 치료용 의자의 머리받침대에 기대게 한 후 PerioTest<sup>®</sup>의 핸드피스가 바닥과 평행하도록 위치시키고, 핸드피스의 첨부에 달린 작은 막대가 임플란트의 장축과 직각을 이루게 한 후, 근원심으로는 지대원주의 중앙부에, 상하로는 임플란트의 지대원주가 연조직과 접촉하는 직상방에 위치되도록 한다.

각각의 임플란트에 대해 3-4번 반복 측정하여 같은 수치가 3번 측정되면 이 값을 'PerioTest<sup>®</sup>를 사용하여 측정된 임플란트 동요도 수치' (PerioTest value, 이하 PTV라 한다)로 결정하였다. 만일 측정값이 오차 1의 범위 내에서 같은 비율로 측정되면 그 평균값을 측정된 임플란트에 대한 PTV로 결정하게 되고 측정값의 오차가 2 이상인 경우에는 그 측정값은 유효하지 않은 값으로 여겨지며 PerioTest<sup>®</sup>를 보정하여 다시 측정하였다. 모든 측정은 영구 지대원주(permanent abutment)상에서 시행하였으며, UCLA 지대원주인 경우에는 치유 지대원주(healing abutment)로 교환한 후 측정하였다.

#### 2. 임플란트 형태에 따른 PTV 비교

임플란트 형태를 standard type과 self tapping type으로 나누어 보철물 장착직전 측정된 PTV를 비교하였다.

3. 임플란트 표면적 변화에 따른 PTV 비교  
 임플란트의 길이와 직경차이에 따른 표면적의 변화와 보철물 장착직전에 측정된 PTV의 변화관계를 비교하였다.

4. 임플란트 직경차이에 따른 PTV 비교  
 임플란트의 직경을 길이를 통제하지 않은 상태에서 3.75mm와 5.0mm로 구분하여 보철물 장착직전에 측정된 PTV를 비교하였다.

5. 임플란트 식립 위치에 따른 PTV 비교  
 임플란트를 식립위치에 따라 상악전치, 상악구치, 하악전치, 하악구치로 구분하여 위치별로 각 임플란트에 대한 PTV를 보철물 장착직전에 측정된 값, 기능 후 1년에 측정된 값, 기능 후 2년에 측정된 값으로 나누어 비교하였다.

6. 치밀골 포함정도에 따른 PTV 비교  
 1차수술시의 진료기록과 식립 후 촬영한 치근단 방사선 사진을 참고로 하여 임플란트의 상단과 하단 모두를 치밀골에 고정한 경우를 bicortical, 상단과 하단 중 하나만 치밀골에 고정한 경우를 monocortical, 상단과 하단 중 하나도 치밀골에 고정하지 못한 경우를 noncortical로 구분하여 보철물 장착직전에 측정된 PTV를 비교하였다.

7. 보철물 장착 후 시간경과에 따른 PTV 변화 비교  
 임플란트 지지 보철물 장착 직전과 기능을 시작한지 각각 1년, 2년후에 측정된 PTV 변화추이를

임플란트의 식립위치에 따라 비교하였다.

8. 영향요소간 영향력의 비교

임플란트의 형태, 표면적, 직경, 식립위치, 치밀골 포함정도의 요소 중 보철물 장착직전에 측정된 PTV에 가장 큰 영향을 끼치는 요소가 어떤 것인지를 비교하였다.

9. 통계처리

모든 통계는 SAS V. 6.04 프로그램을 사용하여 처리하였으며 임플란트 표면적변화와의 상관관계는 Pearson correlation analysis를 사용하였다. 임플란트 형태에 따른 비교에서는 ANOVA test를 시행하였고, 직경, 식립위치, 기능 후 시간경과에 따른 비교에서는 Kruskal-Wallis test를 사용하였다. 치밀골 포함정도와 식립위치의 다중비교는 자료를 순위화한 후 Tukey 검정을 시행하였으며, PTV에 가장 큰 영향력을 미치는 요소를 찾기 위해서는 multiple regression analysis를 사용하였다.

Ⅲ. 연구결과

가. 임플란트 형태에 따른 PTV 비교

상악과 하악에서 각각 임플란트 형태(standard type와 self tapping type)에 따른 보철물 장착직전의 PTV를 비교한 결과, self tapping type 임플란트와 standard type 임플란트 사이에서는 통계적으로 유의차가 없는 것으로 나타났다(Table 1, Table 2).

Table 1. PerioTest values according to the different implant designs in the maxilla

Implant type	Mean	SD	p value (<.05)
Standard	-2.00	1.82	.89
Self tapping	-1.90	1.57	

Table 2. PerioTest values according to the different implant designs in the mandible

Implant type	Mean	SD	p value (<.05)
Standard	-3.90	2.00	.93
Self tapping	-3.84	1.93	

Table 3. Correlations between PTVs & surface area

Location	Correlation coefficient	p value (<.05)
Maxilla	-0.11	.47
Mandible	0.02	.82

Table 4. PerioTest values respective of implant diameter

Diameter	Median	IQR	p value (<.05)
3.75	-3	3	.049
5.0	-5	3	

Table 5. Location & PerioTest values

	Median	IQR	Tukey grouping
Anterior Maxilla	-1	3	A
Posterior Maxilla	-2	2	A
Anterior Mandible	-4	2	B
Posterior Mandible	-4	3	B

Table 6. PerioTest values according to the degrees of cortical engagement

	Median	IQR	Tukey grouping
noncortical	-2	3	A
monocortical	-3.5	3	A
bicortical	-4	2	A

나. 임플란트 표면적 변화에 따른 PTV 비교.

임플란트의 길이와 직경차이에 따른 표면적의 증감이 PTV에 미치는 영향을 비교한 결과 상악과 하악 모두에서 통계적으로 상관관계가 없었다 (Table 3).

다. 임플란트 직경차이에 따른 PTV 비교

임플란트의 직경을 길이를 통제하지 않은 상태에서 3.75mm와 5.0mm로 구분하여 보철물 장착직전에 측정된 PTV를 비교한 결과 직경 5.0mm 임플란트의 PTV가 통계적으로 유의성 있게 낮은 값을 나타내었다(Table 4).

라. 임플란트 식립 위치에 따른 PTV 비교

임플란트의 식립 위치를 상악전치, 상악구치, 하악전치, 하악구치의 4군으로 구분하여 임플란트에

보철물 장착직전의 PTV를 비교한 결과 하악전치와 하악구치가 가장 낮았으며, 그 다음이 상악구치, 상악전치의 순서로 낮게 나타났다(Table 5). 상악에 식립한 임플란트와 하악에 식립한 임플란트 간의 비교에서는 하악에서 통계적으로 유의성 있게 낮은 PTV를 나타내었으나(p<.05), 같은 악골 내에서 전치부와 구치부사이의 PTV 비교에서는 통계적으로 유의차를 보이지 않았다(p<.05).

마. 치밀골 포함정도에 따른 PTV 비교

임플란트의 상단과 하단 모두를 치밀골에 고정된 경우를 bicortical, 상단과 하단 중 하나만 치밀골에 고정된 경우를 monocortical, 상단과 하단 중 하나도 치밀골에 고정하지 못한 경우를 noncortical로 구분하여 보철물 장착직전에 측정된 PTV를 비교한 결과 각각의 경우에 서로 통계학적 유의차가 없는 것으로 나타났다(Table 6).

Table 7. PerioTest value differences between consecutive years in the maxilla

variables	mean difference	SD	p value (P<.05)
delivery - first year	-1.05	2.41	.09
first - second year	-1.40	1.14	.049 ***
delivery - second year	-5.60	2.07	.004 ***

Table 8. PerioTest value differences between consecutive years in the mandible

variables	mean difference	SD	p value (P<.05)
delivery - first year	-1.06	2.20	.0001 ***
first - second year	-0.56	1.65	.04 ***
delivery - second year	-1.93	2.18	.0001 ***

Table 9. Partial r2 according to the each influencing factor

Influencing factor	Partial r <sup>2</sup>	Model r <sup>2</sup>	p value(p<.15)
Region (Maxilla or Mandible)	0.157	0.157	.0001
Diameter	0.014	0.171	.0947
Cortical engagement	0.017	0.188	.0613

바. 보철물 장착 후 시간경과에 따른 PTV 변화 비교

상악과 하악에서 임플란트 지지 보철물 장착 직전과 기능을 시작한지 각각 1년후, 2년후에 PTV의 차이를 측정하여 다음의 결과를 얻었다.

상악에서 보철물 장착 직전과 기능 후 1년 사이에서는 PTV 변화에 유의차가 없었으나(p<.05), 기능 후 1년과 기능 후 2년 사이, 장착 직전과 기능 후 2년 사이에서는 PTV가 유의성 있게 감소하였다(p<.05).

하악에서는 보철물 장착 직전과 기능 후 1년 사이, 기능 후 1년과 기능 후 2년 사이, 장착 직전과 기능 후 2년 사이에서 모두 PTV가 유의성 있게 감소하였다(p<.05)(Table 8).

#### 사. 영향요소간 영향력의 비교

임플란트의 형태, 표면적, 직경, 식립위치, 치밀골 포함정도의 요소 중 보철물 장착직전에 측정된 PTV에 가장 큰 영향을 끼치는 요소가 어떤 것인지를 비교하여본 결과 가장 큰 영향력을 끼치는 요소는 식립위치의 상하악 여부로 나타났으며 ( $r^2=0.157$ ), 그 다음으로 치밀골 포함정도( $r^2=0.017$ ),

임플란트 직경( $r^2=0.014$ )의 순서로 나타났다(Table 9).

#### IV. 총괄 및 고안

Schnitman과 Schulman<sup>45)</sup>이 성공적인 임플란트의 요건중 한가지로 임플란트가 어떤 방향으로든 1mm이내의 동요도만을 나타내야 한다고 발표한 이후로 임플란트 동요도의 평가는 임플란트의 성패를 판가름하는 중요한 요소로 이용되어 왔다. Albrektsson 등<sup>46)</sup>은 임플란트의 성공여부를 판단하는 기준으로서 5가지 평가항목을 제시한 바 있는데, 그 중 하나가 임상적으로 검사시 임플란트가 동요도를 보이지 않아야 한다는 것이며 이것은 주관적인 평가방법인 동통의 유무와 함께 객관적으로 가장 쉽게 접근할 수 있는 방법이다.

본 연구에서 이용한 PerioTest<sup>®</sup>는 1983년 Tbingen대학에서 Dr. Schulte 등에 의해 개발되었으며, 원래는 치아에 충격력이 가해졌을 때 치주조직의 반응을 동적으로 측정하기 위해 고안된 장치이다.<sup>9,12,13,35,40,46-48,54,56)</sup> 이 장치는 핸드피스와 조절장치로 구성되어있고 핸드피스의 침부에는 8그램 무게의 작은 막대가 마찰력이 아주 작은 베어링에 의해 매달려있는데, 이 베어링에 의해 막대는 정해진

속도에 도달할 때까지 가속된다. 작은 막대는 치아와 부딪칠 때까지 0.2m/s의 속도로 움직이며 치아와 부딪치게 되면 작은 막대에 제동이 걸리면 속도가 감소되어 자동적으로 원래의 위치로 되돌아간다. 원래위치로 되돌아온 작은 막대는 다시 가속되는 운동을 반복하여 1초에 4번씩 4초 동안 16번 움직이게 된다. 치아가 치주조직에 의해 강하게 고정되어 있을수록 막대가 감속되는 비율이 높아지며 치주조직의 감속효과는 증가하게 된다. 즉 치아에 부딪힌 막대가 튕겨나가는 속도가 빠르다는 것은 치주조직이 치아에 가해진 충격력을 경감시키는 효과가 크다는 것을 의미한다. 막대가 치아와 접촉한 시간은 천분의 일초 범위에 속하며, 이 수치가 실제 측정된 값이지만 헨드피스와 연결된 조절장치에서 이러한 측정값을 변환시켜 -8에서부터 50까지의 상대적 수치로 표시한다. Goodson 등<sup>22)</sup>은 706개의 치아에서 Miller 지수에 의한 치아동요도와 PerioTest<sup>®</sup>로 측정된 치아동요도 사이에는 높은 상관관계가 있다고 하였다<sup>26)</sup>. 즉 PerioTest<sup>®</sup>의 측정값 -8에서 9가 Miller 지수 0에 해당하며, 10에서 19가 Miller 지수 I, 20에서 29가 Miller 지수 II, 30에서 50이 Miller 지수 III에 해당한다. 임플란트의 골유착 평가 시 Schulte는 PerioTest<sup>®</sup> 측정값이 +10 이상인 경우를 골유착의 실패로 보았으며 Olive 등은 +5 이상을, Aparicio는 type I, II, III 골의 경우에는 0 이상, type IV 골의 경우에는 +2 이상을 골유착이 실패한 경우라고 발표하였다<sup>6)</sup>.

self tapping type의 임플란트는 1983년부터 사용되기 시작했으며 현재는 초기 모델을 개선하여 골절삭력을 향상시킨 새로운 모델(Mk II)이 이용되고 있다<sup>41,56)</sup>. standard type의 임플란트를 식립 시에는 tapping 후 골에 형성된 구멍과 임플란트의 직경의 차이는 0.25mm이지만 self tapping type의 임플란트를 사용하는 경우에는 3000 RPM으로 골에 구멍을 형성한 후 tapping 과정을 생략하고 바로 임플란트를 식립하기 때문에 골에 형성된 구멍과 임플란트의 직경의 차이는 0.75mm가 되므로 임플란트 주위골이 보다 압박을 받게되어 임플란트의 초기 안정도가 향상되므로 이런 형태의 임플란트는 골 밀도가 낮은 부위, 특히 상악구치부에 많이 사용되었다. self tapping type의 경우 초기 안정도

가 우수한 점이 골유착에도 영향을 미쳐서 보철물 장착직전의 PTV는 standard type보다 낮을 것이라고 예상했으나, 본 연구결과에서는 유의차가 없는 것으로 나타났다. Steenberghe<sup>56)</sup>도 그의 연구에서 self tapping type의 임플란트와 standard type의 임플란트간에 PTV의 유의차가 없다고 하였으며, 그 이유를 다음과 같이 설명하였다. 일반적으로 self tapping type의 임플란트는 골 밀도가 낮은 부위에 식립하게 되므로 임플란트 주위골에 압박을 가해 초기 안정도를 향상시킨다고 하더라도 밀도가 높은 골에 standard type의 임플란트를 식립한 경우와 PTV는 별 차이를 보이지 않는다는 것이다. 하지만 본 연구에서 두 가지 형태의 임플란트를 같은 위치(하악전치부)에 같은 길이(18mm)를 식립한 경우의 비교에선 비록 표본의 수가 적어서 통계적으로 비교할 수는 없었으나 평균값은 self tapping type은 -5.67, standard type은 -3.88의 PTV를 나타내었다. 이러한 결과로 볼 때 self tapping type의 임플란트가 standard type의 임플란트보다 골에 압박을 많이 가하여 임플란트의 초기 안정도를 향상시키는 것이 사실이나 Steenberghe가 제안한 것처럼 self tapping type의 임플란트는 주로 골 밀도가 떨어지는 부위에 식립하게 되므로 낮은 골 밀도에 의한 상쇄효과 때문에 단순히 self tapping type과 standard type 임플란트의 PTV 비교에서는 유의차를 보이지 않는다고 유추해 볼 수 있다.

Friberg 등<sup>21)</sup>은 4641개의 브레네마크 임플란트를 대상으로 한 연구에서 전체 임플란트의 1.5%에서 실패를 보고하였으며, 실패한 임플란트의 64%가 짧은 임플란트(7mm)였다고 하였다. 짧은 임플란트를 삽입시 이러한 높은 실패율을 보이므로 가능하면 긴 길이의 임플란트를 식립하려고 하고 있으며, 길이가 긴 임플란트를 식립하기 어려운 경우에는 임플란트 수를 늘리거나 직경이 큰 임플란트를 사용하는 것이 추천되고 있다. Langer<sup>30)</sup>와 Bahat<sup>47)</sup>에 의하면 직경 5mm, 길이 6mm의 임플란트는 직경 3.75mm, 길이 10mm의 임플란트와 표면적이 비슷하므로 직경이 큰 임플란트를 삽입하는 경우에는 보다 많은 임플란트-골 접촉을 얻을 수 있으므로 임플란트의 초기 안정도를 향상시킨다고 여겨지고 있다<sup>26)</sup>. 본 연구에서 임플란트의 표면적과 PTV와의 관계를 연구해본 결과 보철물 장착직전

측정한 PTV는 표면적의 증가해도 감소하지 않았고, 이 결과는 Caulier의 결과와 일치한다<sup>13)</sup>. Caulier<sup>13)</sup>는 골과 접촉하고 있는 나사산의 수와 PTV와의 상관관계에 대한 연구에서 이 둘 사이에는 유의한 상관관계가 없다고 하였다. Teerinck<sup>54)</sup> 역시 상악과 하악을 구분하여 연구한 결과 상악 모두에서 임플란트의 길이는 PTV에 영향을 끼치지 않으며, 지대원주의 길이가 PTV에 영향을 끼치는 요인이라고 하였다. 본 연구에서 지대원주의 길이는 비교대상에 포함시키지 않았는데 그 이유는 PerioTest<sup>®</sup>를 적용시키는 부위가 치은 직상방의 영구 지대원주 부위였기 때문이다. 즉 PerioTest<sup>®</sup>를 적용하는 위치는 연조직의 두께에 따라 결정되므로 술자가 선택한 지대원주의 길이는 별 의미가 없기 때문이다. 하지만 길이의 영향요소를 통제하지 않은 상태에서 단순히 임플란트의 직경차이에 따른 PTV 비교에서는 직경이 5.0mm인 임플란트가 직경 3.75mm인 임플란트보다 통계적으로 유의성 있게 낮은 PTV를 나타냈다. Ivanoff 등<sup>55)</sup>은 토끼에서 임플란트의 직경을 다양하게 하여 removal torque를 측정한 결과 임플란트의 직경이 커질수록 removal torque는 증가하고, 이때 임플란트의 지지에 큰 영향을 미치는 요소는 임플란트가 접촉하고 있는 치밀골의 양이며 임플란트 주위에 형성된 신생골은 영향 많이 미치지 않는다고 하였다. 즉 3.75mm의 직경을 가지는 임플란트의 경우에는 치밀골에 임플란트를 고정할 수 있는 부위는 임플란트의 상단과 하단뿐이나, 5.0mm의 직경을 가지는 임플란트의 경우에는 임플란트의 상단과 하단뿐 아니라 임플란트의 장축을 따라 치밀골에 임플란트를 고정할 수 있기 때문에 보다 낮은 PTV를 나타냈다고 여겨진다.

임플란트 식립위치에 따라 PTV를 비교하여 본 연구에서는 하악전치와 하악구치가 가장 낮은 측정값을 보였고, 그 다음이 상악구치, 상악전치의 순서로 낮은 값을 나타내었다. Truhlar 등<sup>56)</sup>은 1838개의 치근형태 임플란트의 2차수술시 PTV 비교에서 상악구치, 하악전치, 하악구치, 상악전치의 순서로 낮은 PTV를 보고하였으나 이 연구에서는 임플란트 종류가 너무 다양하여 객관적인 비교가 어렵다고 여겨진다. Steenberghe 등<sup>59)</sup>은 219개의 브레네마크 임플란트의 PTV를 식립위치별로 비교

하여 본 결과 하악전치, 하악구치, 상악전치, 상악구치의 순서로 PTV가 낮게 나타났다고 보고하였다. 일반적으로 상악보다 하악에서 낮은 PTV를 나타내는 이유로는 상악과 하악의 골 밀도 차이를 들고 있다. 하악은 상악에 비해 치밀골 층이 두껍고 해면골의 밀도가 높기 때문에 상악에서보다는 하악에서 낮은 PTV를 보인다는 것이다<sup>11,27,40,44,56)</sup>. 하지만 Mericske-Stern 등<sup>60)</sup>은 하악에서 임플란트 수술 시 채취한 29개의 골 표본을 조직학적으로 분류한 결과 골의 밀도와 PTV는 상관관계가 없으며, 식립부위 치밀골의 포함정도가 PTV에 더 큰 영향을 끼친다고 하였다. 비록 해면골의 밀도가 하악보다 낮은 상악일지라도 치밀골에 임플란트의 상단과 하단이 단단히 고정되면 PTV는 낮은 값을 나타낸다고 하였다. Steenberghe<sup>57)</sup>도 치밀골의 중요성에 대해 연구하였는데 그는 임플란트의 상단과 하단이 치밀골에 단단히 고정한 경우와 상단과 하단 중 한쪽만 고정한 경우, 상단과 하단 중 한 곳도 고정하지 못한 경우로 분류하여 비교한 결과 3가지 모두에서 유의차가 있었다고 하였다. 즉 상단과 하단 양쪽을 치밀골에 고정한 경우가 가장 낮은 PTV를 보였고, 그 다음이 한쪽만 치밀골에 고정한 경우였고, 한쪽도 치밀골에 고정하지 못한 경우가 가장 높은 PTV를 보였다. 하지만 치밀골의 포함정도에 따른 PTV의 차이는 하악보다는 상악에서 더 크게 나타났으며 그 이유는 역시 상악이 하악보다 해면골의 밀도가 낮아서 치밀골의 포함여부가 중요한 제한요소가 되기 때문이라고 하였다. Sennerby<sup>58)</sup>도 토끼에 식립한 임플란트의 removal torque test에서 임플란트 주위의 치밀골의 양이 removal torque의 측정값에 큰 영향을 미친다고 보고하여 임플란트의 안정성에 있어 치밀골의 중요성을 강조한 바 있다. 본 연구에서는 임플란트의 상단과 하단을 모두 치밀골에 고정한 경우와 한 곳만을 치밀골에 고정한 경우의 비교에서 비록 p value가 0.06으로 유의수준인 0.05에 가까워서 임플란트의 상단과 하단을 모두 고정한 것이 임플란트의 상단과 하단중 한 곳만을 고정하는 경우보다 PTV가 감소하는 경향을 보인다고 생각해 볼 수는 있으나 통계적으로는 두 가지 사이에 PTV의 유의차가 없었는데 보다 많은 환자를 대상으로 연구한다면 더 정확한 결과를 얻을 수 있다고 여겨

진다. 치밀골의 영향을 고려할 때 또하나 생각해야 할 점은 치밀골은 임플란트의 상단과 하단의 고정에만 관여하는 것이 아니라 임플란트를 협설측에서 고정하는데에도 관여한다는 사실이다. 앞에서 언급했듯이 직경 5.0mm의 임플란트를 식립하는 경우에서나 비록 직경 3.75mm의 임플란트를 식립하는 경우라도 주위 해부학적 구조가 임플란트를 협설측에서 치밀골이 고정하고 있는 경우라면 PTV에 영향을 끼칠 수 있을 것이다. CT나 tomogram 등의 보조적인 진단방법을 사용하는 경우라면 보다 정확하게 치밀골이 PTV에 끼치는 영향을 평가할 수 있으리라고 사료된다.

같은 악골 내에서 전치부와 구치부의 비교에서는 상악과 하악 모두에서 유의차를 보이지 않았는데 이 결과는 Steenberghe<sup>66)</sup>의 연구결과와 일치한다. 전치부와 구치부에 식립 하는 임플란트를 비교해보았을 때 보통 전치부에는 긴 임플란트를 식립할 수 있어 임플란트의 초기 안정도를 향상시킬 수 있으나 구치부에서는 해부학적 구조물 때문에 짧은 길이의 임플란트를 식립 하는 경우가 많으므로 초기안정도에서 전치부보다 불리하다. 임플란트의 길이가 PTV에 영향을 미친다는 이전의 연구대로라면, 상악이나 하악 모두에서 전치부의 PTV가 구치부의 PTV보다 낮은 값을 나타내어야 할 것이다<sup>60,64)</sup>. 본 연구에서도 상악전치에선 13mm 이상(평균 14.0mm), 하악전치에선 1개의 임플란트를 제외하고는 15mm 이상(평균 16.8mm)의 임플란트를 식립 하였고 구치부에서는 상악에서 평균 12.9mm, 하악에서 평균 10.7mm의 임플란트를 식립 하였으므로 구치부보다는 전치부에서 낮은 PTV가 예상되었으나 전치부와 구치부간 PTV는 유의차가 없었으며 상악에서는 오히려 구치부가 전치부보다 낮은 PTV를 보였다. 이런 결과가 나온 원인을 다음과 같이 예상할 수 있다. 첫째, 임플란트의 길이는 PTV에 영향을 미치지 않는다. 비록 Teerlinck는 임플란트의 길이가 PTV에 영향을 끼친다고 하였으나<sup>54)</sup>, Olive 등<sup>40)</sup>은 골 밀도가 낮은 상악에서는 임플란트의 길이가 다소 영향을 끼치나 골 밀도가 높은 하악에서는 임플란트의 길이는 PTV에 영향을 끼치지 않는다고 하였는데, 본 연구결과 전치부와 구치부의 PTV 비교시 유의차가 없게 나타났으므로 Olive 등<sup>40)</sup>의 연구결과처럼 임플란트의 식립길

이는 PTV에 영향을 끼치지 않는다고 사료된다. 두 번째 가능한 이유로는 상악전치의 경우 구치부에 비해 임플란트 주위의 변연골부터 PerioTest<sup>®</sup>의 핸드피스가 작용하는 점까지의 길이가 길다는 점을 들 수 있다. 상악전치의 경우에는 심미적인 이유 때문에 다른 부위에 식립 하는 임플란트보다 더 깊게 임플란트를 식립 하므로 결과적으로 연조직의 두께는 상대적으로 두꺼워지게되며 이에 따라 임플란트 주위 변연골에서부터 핸드피스의 작은 막대가 작용하는 점까지의 길이가 증가하여 지렛대 효과가 커지고 PTV는 증가된다고 여겨진다. 마치 막으로 생각해 볼 수 있는 것은 상악전치에 식립한 임플란트의 숫자가 너무 적기 때문에 이런 결과가 나왔으리라고도 생각해 볼 수 있다.

식립할 수 있는 임플란트의 길이뿐 아니라 전치부와 구치부의 골 밀도 및 치밀골 두께의 차이도 PTV에 영향을 줄 수 있다고 여겨진다. Jaffin<sup>67)</sup>은 type I, II, III 골에 임플란트를 식립 하는 경우는 실패율이 3% 였으나, type IV 골에 임플란트를 식립 하는 경우에는 실패율이 35%에 달한다고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 임플란트의 식립위치 구분시 상악전치, 상악구치, 하악전치, 하악구치의 4가지로 구분한 결과 전치와 구치간 PTV의 유의차가 없는 것으로 나타났으나 연구대상의 수를 늘려서 식립위치를 치아 하나의 단위로 구분하여 비교한다면 식립위치가 PTV에 끼는 영향력을 보다 정확하게 평가할 수 있다고 여겨진다. 특히 상악 결절부위는 치밀골 층이 매우 얇고 골소주의 밀도 역시 낮은 type IV 골인 경우가 대부분이므로 앞으로 이 부위에 대한 집중적인 연구가 필요하리라고 여겨진다.

Johansson 등<sup>29)</sup>과 Albrektsson 등<sup>5)</sup>은 임플란트 식립후 기간이 경과할수록 임플란트 주위골은 더 성숙해지고 밀도가 높아지게 되어 removal torque가 증가하게 된다고 하였다. Adell 등<sup>2)</sup>은 임플란트가 기능을 하면서 변연골과 임플란트 주위골의 방사선투과성이 증가하며 이런 현상은 하악보다 상악에서 더욱 뚜렷하다고 하였고, von Wowern 등<sup>58)</sup>은 임플란트가 기능을 하면 골개형에 영향을 끼쳐서 연령이 증가함에 따라 생리적으로 일어나는 골내 석회질의 감소현상을 억제하며 어떤 경우에는 오히려 골내 석회질의 증가를 초래하였다고 하



였다. Strid<sup>53)</sup>는 임플란트 식립 후 주위골의 밀도를 전산화된 방사선 사진으로 측정한 결과 임플란트 식립 후 2년까지 골 밀도의 현저한 변화가 있었다고 하였고, Steenberghe는 임플란트를 식립한 후 5년까지는 PTV가 유의성 있게 감소하지만 그 감소 정도는 점차로 작아진다고 하였다<sup>56)</sup>. 그러나 Chavez<sup>55)</sup>는 임플란트 식립 후 시간경과에 따른 골 밀도의 증가와 PTV는 뚜렷한 상관관계를 보이지 않는다고 하였다.

본 연구에서는 보철물 장착 직전과 기능 후 1년의 PTV차이, 기능 후 1년과 기능 후 2년의 PTV차이, 보철물 장착 직전과 기능 후 2년의 PTV차이를 비교해 보았는데 상악에서는 보철물 장착 직전과 기능 후 1년에 측정된 PTV사이엔 변화의 유의차를 발견할 수 없었으나 기능 후 1년과 기능 후 2년 사이에서는 PTV가 유의성 있게 감소한 것으로 나타났다. Steenberghe 등<sup>56)</sup>은 보철물 연결 후부터 기능 후 1년 사이에 PTV는 유의성 있게 감소한다고 하였는데 이것은 본 연구와는 상이한 결과이다. 이런 차이를 보인 이유로 2가지 원인을 생각해 볼 수 있다. 첫째는 보철물 장착 후 2년까지 PTV가 측정된 임플란트의 개수가 너무 적어서 통계적인 문제가 있었으리라는 것이다. 둘째로는 상악에서는 1년이라는 시간이 골개형이 일어나 임플란트를 안정화시키는데는 부족한 시간이었기 때문이라는 것이다. 앞에서 언급했듯이 Adell<sup>2)</sup>은 임플란트 주위골의 방사선학적 연구에서 식립 후 3년까지 골의 방사선불투과성이 증가하며 이 현상은 하악에서보다 상악에서 더 두드러진다고 하였는데 이는 상악이 하악보다 시간경과에 따른 골개형의 변화가 크다는 것을 의미한다. 본 연구에서 보철물 장착 직전과 기능 후 1년 사이에 PTV가 유의성 있게 감소하지는 않았다고 할지라도 기능 후 2년에 측정된 PTV에선 유의성 있는 차이를 보였으므로 이러한 결과는 Adell의 연구결과와 일치한다고 볼 수 있다. 비록 Steenberghe<sup>56)</sup>의 연구에서는 보철물 장착 후 1년까지 PTV변화에 유의차가 있었으나 그것은 상악과 하악을 구분하지 않은 결과였다. 본 연구에서도 상악과 하악을 구분하지 않은 경우에는 보철물을 장착 직전과 기능 후 1년 사이에 PTV 변화에 유의차가 있었다.

상악에서 보철물 장착 직전과 기능 후 1년에 측정된 PTV사이엔 큰 차이를 보인 2개 증례가 있었는데, 이 증례들의 경우 보철물을 연결하려고 PTV를 측정된 결과 각각 +3, 0의 높은 수치를 나타내어서 최종보철물을 연결하지 않고 임시보철물을 장착한 후 Misch<sup>37)</sup>가 제안한 대로 점진적인 골부하를 가한 결과 1년후에 각각 -3, -3의 PTV를 나타내었다. 이러한 결과로 볼 때 보철물을 연결하기 직전에 PTV를 측정하여 최종보철물을 연결할지 여부를 결정하는데 에도 PerioTest<sup>®</sup>가 유용하게 이용될 수 있다는 가능성을 알 수 있다.

하악의 경우에는 Steenberghe<sup>56)</sup>의 연구와 마찬가지로 시간경과에 따라 PTV가 유의성 있게 감소하였다. 이런 결과는 앞에서 언급한대로 임플란트에 기능하중이 가해지면서 주위골이 성숙되어 임플란트와의 접촉이 증가하고 밀도 역시 증가하였기 때문이라고 여겨진다<sup>52)</sup>.

이제까지 여러 연구에서 PTV에 영향을 끼치는 요소에 대해 연구하였으나 어떤 요소가 가장 큰 영향을 끼치는가에 대해서는 아직까지 연구되지 않은 상태이다. 본 연구에서는 임플란트의 형태, 임플란트의 표면적량, 임플란트의 직경, 임플란트의 식립위치, 치밀골 포함정도 등을 임플란트 동요도에 영향을 미치는 요소로 보고 복합적인 영향관계를 평가한 결과 보철물 장착 직전에 측정된 임플란트 동요도에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 식립 위치의 상하악 여부로 나타났으며, 그 다음으로는 치밀골 포함정도였고 임플란트의 직경도 어느 정도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 임플란트의 식립 위치와 치밀골의 포함 정도는 서로 영향을 미친다고 여겨진다. 하악전치의 경우에는 임플란트의 식립에 제한을 주는 해부학적 구조가 없기 때문에 긴 임플란트를 식립할 수 있어 임플란트의 상단과 하단이 모두 치밀골에 포함되는 경우가 많기 때문이다. 본 연구에선 임플란트의 상단과 하단을 모두 치밀골에 고정된 전체 임플란트 38개중 25개가 하악전치부에 식립된 경우였다. 임플란트의 직경도 치밀골 포함 정도와 연관성이 있다고 여겨지는데, 이는 앞에서 언급한대로 직경 5.0mm의 임플란트를 사용하는 경우에는 임플란트의 상단과 하단만을 치밀골에 고정하는 것이 아니라 임플란트의 장축을 따라 협측과 설측에서 모두 치밀골에 고

정을 하기 때문이다.

이상의 결과에서 보듯이 PerioTest<sup>®</sup>는 동요도를 측정하여 임플란트의 안정성을 평가하는 방법으로 유용하게 사용될 수 있다. 하지만 PerioTest<sup>®</sup>의 수치가 낮다고 하여 골유착이 완성되었다는 것을 의미하지는 않는다. 실제로 본 연구의 표본 중 PTV가 각각 -1, -2 이었지만 지대원주 교환도중에 임플란트가 빠져나온 경우가 두 증례에서 관찰되었다. 이렇게 볼 때 PerioTest<sup>®</sup>로 측정된 값은 임플란트의 안정성을 객관적으로 평가하는 것일 뿐 골유착의 정도를 나타내는 것은 아니라는 것을 알 수 있다. 이밖에도 PerioTest<sup>®</sup>의 문제점으로 다음과 같은 점들을 들 수 있다.

첫째, PerioTest<sup>®</sup>는 자연치에서 치주인대의 완충능력을 평가하기 위한 방법으로 고안된 장치이기 때문에 골과 직접적으로 접촉하는 임플란트에 이 장치를 적용하는데에는 문제가 있다는 점이다. 하지만 Caulier 등<sup>33)</sup>에 따르면 임플란트 주위에는 섬유조직과 골조직의 혼합체가 존재하며 PTV는 이러한 섬유-골 복합체의 기계적인 성질을 나타내므로 임플란트에 PerioTest<sup>®</sup>를 적용하여도 무방하다고 하였다. 둘째, PerioTest<sup>®</sup>는 측정하고자 하는 임플란트의 협측에서 임플란트의 장축에 대해 수직으로 적용시켜야 하나 핸드피스의 크기 때문에 정확하게 핸드피스의 작은 막대를 위치시키기 어려운 경우 잘못된 측정값이 나올 수 있다는 점이다. 측정의 어려움은 특히 UCLA 지대원주를 사용하는 경우에 더한데 UCLA 지대원주는 임플란트와 접촉하는 부위에서부터 곡선의 형태로 금관으로 이행되는 형태를 가지므로 핸드피스의 작은 막대를 적용시 막대가 미끄러지면서 잘못된 측정값이 나오기 쉽기 때문이다. 그러므로 UCLA 지대원주로 연결된 보철물의 경우에는 치유 지대원주로 교환한 후에 PerioTest<sup>®</sup>를 적용해야 정확한 PTV를 얻을 수 있다. 셋째, 임플란트 식립 후 측정된 PTV와 지대원주나 보철물 연결 후 측정된 PTV의 비교를 위해서는 기준이 되는 위치가 있어야 한다는 것이다. 그 이유는 지대원주나 보철물을 연결하면 골 상부구조의 길이가 증가하기 때문에 지렛대효과의 증가로 인해 PTV가 증가하기 때문이다.

PerioTest<sup>®</sup>가 이런 문제점들을 가지고 있으므로

PerioTest<sup>®</sup>에 대한 대안으로 최근에 임플란트에 공명을 가하여 이때 발생하는 진동수를 측정하여 임플란트의 안정성을 평가하는 방법이 소개되었다<sup>33,34)</sup>. 이 방법은 임플란트와 접촉하고 있는 주위골에 임플란트가 강하에 고정 되어 있을수록 공명에 대한 진동수가 증가한다는 원리에 기초한 방법이나 아직까지는 장기적인 연구결과가 부족하고 측정장치가 아직 실용화 되어있지 않아 대부분의 임상가들은 사용을 못하고 있는 실정이다.

비록 PerioTest<sup>®</sup>가 앞에서 언급한 문제점들을 가지고 있다고 할지라도 방사선 사진에 의한 평가 때와는 달리 환자가 방사선에 노출되지 않으며 PerioTest<sup>®</sup>의 적용도 매우 간편한 장점 역시 간과될 수는 없다. 또한 초기에 측정된 PTV가 높은 수치를 나타내는 경우 임시보철물 등을 이용하여 점진적인 골 부하를 가하는데 적용할 수 있고, 한 번 측정된 PTV 자체로는 별 의미가 없다고 할지라도 내원시마다 계속적으로 측정을 하여 비교를 한다면 임플란트의 상태변화에 대한 객관적인 평가는 가능하리라고 여겨지므로 방사선 사진이나 치주탐침을 이용한 치주적인 평가법과 함께 임플란트의 안정도를 평가하는 유용한 방법으로 사용할 수 있다고 여겨진다.

## V. 결 론

본 연구에서는 PerioTest<sup>®</sup>를 사용하여 정기적으로 임플란트의 동요도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 보철물 장착직전 측정된 PTV는 직경 5.0mm의 임플란트가 직경 3.75mm의 임플란트보다 통계적으로 유의성 있게 낮은 값을 나타냈다( $p < .05$ )
2. 임플란트의 식립위치에 따라 보철물 장착직전 측정된 PTV의 비교에서는 하악이 상악보다 통계적으로 유의차 있게 낮은 PTV를 나타내었다( $p < .05$ ).
3. 상악에서 임플란트 기능 후 1년까지는 PTV의 변화에 유의차가 없었으나 기능 후 2년에는 통계적으로 유의성 있게 PTV가 감소하였으며( $p < .05$ ), 하악에서는 보철물 장착직전과 기능 후 1년 사이, 기능 후 1년부터 기능 후 2년 사이의

시간경과에 따라 PTV는 통계적으로 유의성 있게 감소하였다( $p < .05$ )

4. 임플란트의 형태, 표면적량, 직경, 식립위치, 치밀골 포함정도의 요소 중 보철물 장착직전에 측정된 PTV에 가장 큰 영향을 미치는 것은 식립위치의 상하악 여부로 나타났다( $r^2 = .16$ ).

이상의 결과로 볼 때 임플란트의 형태, 표면적, 치밀골 포함정도는 보철물 장착직전에 측정된 PTV에 영향을 미치지 않으나 임플란트의 식립위치와 직경은 보철물 장착직전에 측정된 PTV에 영향을 미치며, 임플란트 기능 후 시간의 경과는 PTV의 변화에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. Adell R. et al. A 15 year study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981; 10:387-416
2. Adell R. et al. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986; 15:39-52
3. Albrektsson T. et al. Osseointegrated titanium implants; requirements for ensuring a long lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 1981; 52:155-170
4. Albrektsson T. et al. The long term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986; 1:11-25
5. Albrektsson T., Albrektsson B. Osseointegration of bone implants: a review of an alternative mode of fixation. *Acta Orthop Scand* 1987; 58:567-577
6. Aparicio C. The use of the Periotest value as the initial success criteria of an implant: 8 year study. *Int J Periodont Res Dent* 1997; 17:151-161
7. Bahat O., Handelsman M. Use of wide implants and double implant in the posterior jaw: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996; 11:379-386
8. Barber H. D. et al. Comparison of PerioTest values of integrated implants with and without healing abutment: a pilot study. *Implant Dent* 1996; 5:185-187
9. Brgger U. Correlations between radiographic, clinical, and mobility parameters after loading of oral implants with fixed partial dentures. *Clin Oral Impl Res* 1996; 7:230-239
10. Brnemark P-I. et al. Intraosseous anchorage of dental prostheses: I experimental studies. *Scand J Plastic Recon Surg Hand Surg* 1969; 3:81-100
11. Buser D., Weber H. P., Lang N. P. Tissue integration of non-submerged implants. *Clin Oral Impl Res* 1990; 1:33-40
12. Carr A. B., Papazoglou E., Larsen P. E. The relationship of PerioTest values, biomaterial, and torque to failure in adult baboons. *Int J Prosthodont* 1995; 8:15-20
13. Caulier H. et al. The relationship of some histologic parameters, radiographic evaluations, and PerioTest measurements of oral implants: an experimental animal study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12:380-386.
14. Chai J. Y., Yamada J. Pang I-Ch. In vitro consistency of PerioTest instrument. *J Prosthodont* 1993; 2:9-12
15. Chavez H. et al. Assessment of oral implant mobility. *J Prosthet Dent* 1993; 70:421-426
16. Cox J. F. et al. The longitudinal clinical efficacy of osseointegrated dental implants: a 3 year report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987; 2:91-99
17. Derhami K. et al. Assessment of the PerioTest device in baseline mobility measurements of craniofacial implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995; 10:221-229
18. Ericsson I., Lindhe J. Probing depth at implants and teeth. *J Clin Periodontol* 1993; 20:623-627
19. Evans G., Mendez A. J., Caudill R. F. Loaded and nonloaded titanium versus hydroxyapatite coated threaded implants in the canine mandible.

- Int J Oral Maxillofac Implants 1996; 11:360-371
20. Friberg B., Gr ndahl K., Lekholm U. A new self tapping Br nemark implant: clinical and radiographic evaluation. Int J Oral Maxillofac Implants 1992; 7:80-85
  21. Friberg B., Jemt T., Lekholm U. Early failures in 4641 consecutively placed Br nemark dental implants: a study from stage 1 surgery to the connection of completed prostheses. Int J Oral Maxillofac Implants 1991; 6:142-146
  22. Goodson J. M., Cugini M. A. Comperative reason of mobile teeth following monolithic fiber therapy or scaling. Compend Contin Educ Dent 1988; 12:s418
  23. Hollender L., Rockler B. Radiographic evaluation of osseointegrated implants of the jaws. Dentomaxillofac Radiol 1980; 9:91-95
  24. Isidor F. Clinical probing and radiographic assessment in relation to the histologic bone level at oral implants in monkeys. Clin Oral Impl Res 1997; 8:255-264
  25. Ivanoff C-J, Sennerby L., Lekholm U. Influence of initial implant on the integration of titanium implants: an experimental study in rabbits. Clin Oral Imp Res 1996; 7:120-127
  26. Ivanoff C-J, et al. Influence of implant diameters on the integration of screw implants: an experimental study in rabbits. Int J Oral Maxillofac Surg 1997; 26:141-148
  27. Jaffin R. A, et al. The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone: a 5 year analysis. J Periodontol 1991; 62:2-4
  28. Jemt T. In vivo load measurements on osseointegrated implants supporting fixed or removable prostheses: a comparative pilot study. Int J Oral Maxillofac Implants 1991; 6:413-417
  29. Johansson C., Albrektsson T. Integration of screw implants in the rabbit: a 1 year follow up of removal torque of titanium implants. Int J Oral Maxillofac Implants 1987; 2:69-75
  30. Langer B, et al. The wide fixture: A solution for special bone situation and a rescue for the compromised implants. Part 1. Int J Oral Maxillofac Implants 1993; 8:400-408
  31. Lindhe J, et al. Experimental breakdown of peri-implant and periodontal tissues: a study in the beagle dog. Clin Oral Impl Res 1992; 3:9-16
  32. Manz M., Morris H.F., Shigeru O. An evaluation of the PerioTest system: Part I Examiner reliability & repeatability of readings. Implant Dent 1992; 1:142-146
  33. Meredith N, 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 8:226-233
  34. Meredith N, 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
  35. Meriske-Stern R, et al. PerioTest measurements and osseointegration of mandibular ITI implants supporting overdentures: a one year longitudinal study. Clin Oral Impl Res 1995; 6:73-82
  36. Miller S.C. Textbook of periodontia. Philadelphia, Blakiston Co. 1938
  37. Misch C. E. Density of bone: effect on treatment plans, surgical approach, healing, and progressive bone loading. Int J Oral Implant 1990; 6:23-31
  38. Nishimura K, et al. Periodontal parameters of osseointegrated dental implants: a 4 year controlled follow up study. Clin Oral Impl Res 1997; 8:272-278
  39. Ohlenbusch B, et al. The reliability of PerioTest values and peri-implant probing. In 5th International Congress on Preprosthetic Surgery, 15-18 April 1993 Vienna, Austria. P46
  40. Oliv J., Aparicio C. The PerioTest method as a measure of osseointegrated oral implant stability. Int J Oral Maxillofac Implants 1990; 5:390-400

41. Olsson M. et al. Mk II - a modified self tapping Br nemark implant: a 3 year result of a controlled prospective pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995; 10:15-21
42. Quirynen M. et al. The reliability of pocket probing around screw type implants. *Clin Oral Impl Res* 1991; 2:186-192
43. Quirynen M. et al. Periodontal aspects of osseointegrated fixtures supporting an overdenture: a 4 year retrospective study. *J Clin Periodontol* 1991; 18:719-728
44. Salonen M.A.M et al. Failures in the osseointegration of endosseous implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993; 8:92-97
45. Schnitman P. A., Shulman L. B. Dental implants: Benefits and risks, an NIH-Harvard consensus development conference. U.S. Dept. of Health and Human Services 1979 pp 1-351
46. Schulte W. et al. PerioTest for measuring periodontal characteristics- correlations with periodontal loss. *J Periodontal Res* 1992; 27:184-190
47. Schulte, W., Lukas D. The PerioTest method. *Int Dent J* 1992; 42:433-440
48. Schulte, W., Lukas D. PerioTest to monitor osseointegration and to check the occlusion in oral implantology. *J Oral Imp* 1993; 19(1):23-32
49. Sennerby L. et al. Mandibular bone resorption in patients treated with tissue-integrated prostheses and in complete denture wearers. *Acta Odontol Scand* 1988; 46:135-140
50. Sennerby L., Thomson P., Ericson L.,E. A morphometric and biomechanic comparison of titanium implants in rabbit cortical and cancellous bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992; 7:62-71
51. Sewerin I. P. Errors in radiographic assessment of marginal bone height around osseointegrated implants. *Scan J Dent Res* 1990; 98:428-433
52. Smith D.E., Zarb G.A. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent* 1989; 62:567-572
53. Strid K. G. Radiographic result. In Br nemark P-I., Zarb G., Albrektsson T., ed. *Tissue integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry*. Chicago: Quintessence Publishing 1985 pp 187-198
54. Teerlinck J. et al. PerioTest: An object clinical diagnosis of bone apposition toward implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991; 6:55-61
55. Truhlar R. S. et al. Assessment of implant mobility at second stage surgery with the PerioTest: DICRG interim report No.3. *Implant Dent* 1994; 3:153-156
56. van Steenberghe D. et al. Dampening characteristics of bone-to-implant interfaces. *Clin Oral Impl Res* 1995; 6:31-39.
57. van Steenberghe D., Quirynen M. Reproducibility & detection threshold of peri-implant diagnostics. *Adv Dent Res* 1993; 7:191-195
58. von Wowern N. et al. ITI Implants with overdentures : A prevention of bone loss in edentulous mandibles? *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990; 5:135-139

ABSTRACT

**PERIOTEST® ASSESSMENT OF DENTAL IMPLANT MOBILITY.  
: A CLINICAL STUDY.**

**Sun-Jai Kim, Dong-Hoo Han**

*Department of Dentistry, The graduate School, Yonsei University*

Assessment of implant mobility is an important and reliable method to clinically evaluate implant stability. PerioTest is a precise and reproducible device that can dynamically measure the reaction of damping characteristics of peri-implant tissue. The aim of this study is to evaluate the effects of amount of implant surface area, diameter, type, implantation site, degrees of cortical engagement, and length of time in function on PTVs and to find out the most determining factor on PTVs.

The results are as follows

1. 5.0mm diameter implants show significantly lower PTV than that of 3.75mm diameter implants.
2. PTV in the mandible is significantly lower than that of the maxilla
3. In the maxilla, there is no significant difference in PTV during the first year of implant function, but during the second year a significant decrease in PTV is noted.
4. In the mandible, there is a significant decrease in PTV during the first and second year of implant function.
5. Implantation site seems to be the most determining factor on PTV among the influencing factors in this study.

In conclusion, the amount of implant surface area, type, degrees of cortical engagement had no significant effect on PTV, but installation site and diameter influenced significantly on PTV