

임플란트 일차 안정성에 있어서 골질에 따른 osteotome 술식의 효과

¹. 이재관¹ · 박찬진²

¹강릉대학교 치과대학 치주과학 교실

²강릉대학교 치과대학 치과보철학 교실

I.

치아 결손 부위를 임플란트로 수복하는 것은 매우 예지성이 높은 치료이고 그 활용도 또한 계속 증가하는 추세이다.¹⁻⁴ 하지만 임플란트가 100% 성공하는 것은 아니며, 여러 가지 조건이 불량할 경우, 예를 들어 골질이 나쁘거나 골량이 부족할 때에 그 성공률은 더욱 낮아지게 된다.

임플란트의 일차 안정성은 골유착을 얻기 위한 필수 요건 중의 하나이다.⁵⁻⁷ 일차 안정성을 얻는 것은 골밀도, 외과적 방법, 사용된 임플란트의 거시적, 미시적 형태 등에 의존한다. 충분한 골밀도와 적절한 골량이 성공적인 임플란트 치료의 결정적인 요소이다.^{8,9}

일차 안정성을 측정하는 방법으로는 Periotest, removal torque test, 공진주파수 측정(resonance frequency analysis, RFA) 등이 있다.

Removal torque test는 임플란트 표면과 주변골 사이 계면의 비틀림에 필요한 최대 토크를 측정하는 것이다. 그렇지만 파괴적인 검사 방법이기 때

문에 임상적 사용에 제한이 있다.¹⁰

Periotest는 타진 반응을 통해서 치아의 임상적 동요도를 측정하는 기구이다. 원리는 Schulte와 Tricio 등에 의해 기술되었다.^{11,12} 이 방법은 핸드피스 각도, 지대주의 높이, 핸드피스와 임플란트 사이의 거리에 따라 달라질 수 있고, 민감도가 떨어진 다. 또한 주변골과 임플란트 사이의 명확한 관계를 나타낼 수 없다는 평가를 받고 있다.¹³ 성공한 임플란트의 경우 -5~+5 정도의 Periotest value (PTV)를 보인다.¹⁴

최근 들어, RFA가 임플란트의 일차 안정성을 측정하고 치유기간 동안 임플란트 안정성을 모니터링 하는 객관적인 도구로 소개되고 있다.^{10,15-17} 공진주파수 분석법은 생체 내 임플란트의 안정성을 정량적으로 측정하는 한 방법으로 Meredith에 의해 개발되었다.¹⁸ 이 방법은 임플란트 상부에 고정된 변환기의 cantilever 부위에 5~15kHz까지의 sinusoidal sinewave를 가전하여 나타나는 첫 굴곡 곡선의 해당 주파수를 임플란트 안정성의 해석에 응용하는 것이다. 공진주파수 측정치는 ISQ(implant stability

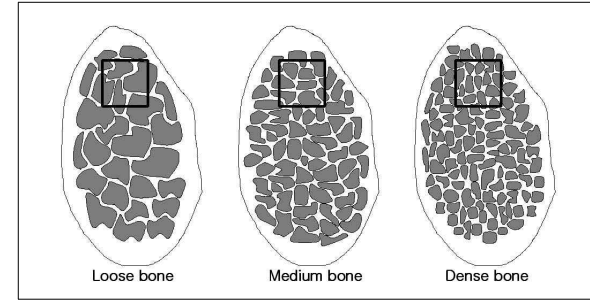


Figure 1. Schematic diagram of bone type.

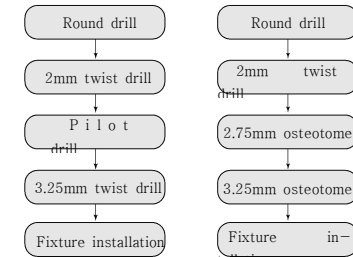


Figure 2. Bone preparation sequences for implant placement of experimental & control group.

quotient)로 표시되며, 골-임플란트 계면의 견고도 혹은 주변골의 견고도가 증가할수록 그 수치가 증가하게 된다.¹⁸⁻²⁰ 공진주파수 분석법은 임플란트의 안정성을 비파괴적이며 정량적으로 평가할 수 있다는 데 가치가 있다.

임플란트의 성공과 일차 안정성은 국소적인 골밀도에 의해 크게 영향을 받고,²¹ 골질이 불량한 부위에 식립된 임플란트 실패율이 증가되는 것도 이와 연관된다.^{9,22,23} osteotome은 점진적으로 그 직경을 넓혀가면서, 피질골판의 경계 내에 해면골을 압축하

고 치근단 방향으로 변위함으로써 국소적인 골밀도를 향상시키는 데에 사용된다.^{24,25} 골밀도가 증가되면 임플란트의 일차 안정성도 증가된다.²⁸ 최근 동물 연구에서 osteotome 술식이 임플란트 치료 후 초기 단계에서 골-임플란트 접촉률을 높인다고 보고했다.²⁹ Glauser 등은 type 4 골에서 osteotome 술식이 임플란트의 성공률을 향상시킨다고 보고했다.³⁰

이 연구의 목적은 골질에 따라 osteotome 술식의 효과가 달라지는 것을 확인하는 것이다. 더불어 잔존 피질골의 두께에 따른 효과도 알아보고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 재료 및 기구

1) 고정체(fixture)

직경이 3.75 mm이며, 길이가 10 mm인 순수 티타늄 임플란트(Neoplant®, Neobiotech, Seoul, Korea)를 사용하였다.

2) 우늑골

도축하자마자 냉동된 우늑골을 육절기로 절단한 후 단면의 해면골을 확대경으로 관찰하여 다양한 골 질별로 분류하였다.

3) 공진 주파수 측정 장치

Osstell™(Integration Diagnostics Ltd., Gothenburg, Sweden)을 사용하였으며, F1 L5 type transducer를 사용하였다.

4) osteotome kit

대명사의 osteotome kit를 사용하였다.

2. 연구 방법

1) 시편의 준비

냉동 보관된 우늑골을 35 mm 간격으로 절단한 후 확대경을 사용하여 해면골 소주의 분포 및 형태에 따라 치밀골, 중간골, 성긴골로 분류하였다. 분류한 골 질별로 dental trimmer를 사용하여 피질골의 두께를 1 mm 이내, 0.5 mm 이내, 0 mm로 다듬고 석고(경석고와 석고 1:1 혼합)에 마운팅하였다. Base의 크기는 55×35×20 mm로 하였다. 총 9 종류의 골질로 분류하였고, 각각의 골질마다 15개씩의 시편을 준비하였으며, 하나의 시편에 drilling 술식과 osteotome 술식으로 하나씩의 임플란트를 식립하였다. 총 135개의 시편에 270개의 임플란트를 식립하였다.

해면골의 분류는 단면에서 임플란트가 식립될 부위의 해면골을 기준으로 하였으며, 가로 세로 5 mm

정사각형 내에 존재하는 골수강의 개수로 분류하였다. 1~4개는 성긴골, 5~8개는 중간골, 9개 이상은 치밀골로 분류하였다(Figure 1).

각각의 시편은 냉동 보관하였으며 실험 전에 항온 수조에서 30분간 해동한 뒤 사용하였다.

2) 임플란트 식립

대조군은 통법에 따라 drilling 한 후 임플란트를 식립하였다. 다만 실험군과 비교를 위하여 counter-sinking은 하지 않았다(Figure 2).

실험군은 2 mm round bur를 사용하여 피질골을 찬공하고 2 mm twist drilling 후 osteotome을 사용하여 확장하고 임플란트를 식립하였다(Figure 2).

3) 공진 주파수 측정

Osstell™을 사용하여 ISQ를 측정하였다. 각각의 임플란트에서 cantilever beam의 위치를 달리 하여 2번 측정된 후 평균값을 이용하였다.

3. 통계 분석

Window용 SPSS Ver 12.0(SPSS Inc., USA)을 사용하여 95% 신뢰수준에서 분석하였다. 각 그룹에서 식립 부위의 외과적 형성 방법에 따라 ISQ 값의 차이가 있는지를 독립표본 t-검정으로 확인하였다. 또한 해면골의 상태와 피질골의 유무에 따른 drilling과 osteotome 술식에 따른 ISQ 값의 상관관계를 알아보기 위해 일원 배치 분산분석(ANOVA, analysis of variance)을 사용하였다.

III. 연구 결과

1. 각 그룹에서 식립 부위의 외과적 형성 방법에 따른 RFA 값의 변화

각 그룹에서 식립 부위의 외과적 형성 방법에 따른 RFA 값은 osteotome 술식이 drilling 술식에 비해 전반적으로 약간 높게 나타났으나 통계적 유의성은

Table 1. Mean ISQ value of each group according to surgical preparation for implant placement(p=0.05)

	N	Drilling	SE	OT	SE
D(0)	15	67.3±4.27	1.14	70.9±5.55	1.43
D(1)	15	74.2±7.00	1.81	72.9±8.49	2.19
D(2)	15	75.4±7.48	1.93	75.8±5.95	1.55
M(0)	15	70.9±6.34	1.64	69.8±6.71	1.73
M(1)	15	73.8±6.92	1.79	75.4±3.99	1.03
M(2)	15	73.7±6.69	1.73	75.2±6.16	1.59
L(0)	15	61.4±8.03	2.07	63.9±8.99	2.32
L(1)	15	75.0±3.05	0.79	75.9±3.94	1.02
L(2)	15	77.3±4.44	1.15	78.4±2.54	0.66

* : Statistically significant differences(P<0.05)

없었다(p <0.05)(Table 1).

2. 피질골의 조건이 동일할 때 해면골의 상태에 따른 RFA 값의 변화

1) 피질골이 없는 경우

① drilling 술식

성긴 그룹(61.4±8.03)과 중간 그룹(70.9±6.34), 치밀 그룹(67.3±4.27) 간에는 통계적으로 유의한

차이를 보였으나 중간 그룹과 치밀 그룹 간에는 통계적으로 유의한 차이가 보이지 않았다(p <0.05)(Table 2).

② osteotome 술식

성긴 그룹(63.9±8.99)과 중간 그룹(69.8±6.71), 치밀 그룹(70.9±5.55) 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 중간 그룹과 치밀 그룹 간에는 통계적으로 유의한 차이가 보이지 않았다(p <0.05)(Table 2).

Table 2. Mean ISQ value of cancellous bone types in case of no cortical bone(p=0.05)

	Loose bone(n=15)	Medium bone(n=15)	Dense bone(n=15)
Drilling	61.4±8.03	70.9±6.34*	67.3±4.27*
Osteotome	63.9±8.99	69.8±6.71*	70.9±5.55*

* : Statistically significant differences(P<0.05)

Table 3. Mean ISQ value of cancellous bone types in case of less than 0.5mm thickness cortical bone(p=0.05)

	Loose bone(n=15)	Medium bone(n=15)	Dense bone(n=15)
Drilling	75.0±3.05	73.8±6.92	74.2±7.00
Osteotome	75.9±3.94	75.4±3.99	72.9±8.49

* : Statistically significant differences(P<0.05)

Table 4. Mean ISQ value of cancellous bone types in case of 0.5~1mm thickness cortical bone(p=0.05)

	Loose bone(n=15)	Medium bone(n=15)	Dense bone(n=15)
Drilling	77.3±4.44	73.7±6.69	75.4±7.48
Osteotome	78.4±2.54	75.2±6.16	75.8±5.95

* : Statistically significant differences(P<0.05)

Table 5. Mean ISQ value of loose bone according to quantities of cortical bone(p=0.05)

	0mm(n=15)	0.5mm(n=15)	0.5~1mm(n=15)
Drilling	61.4±8.03	75.0±3.05*	77.3±4.44*
Osteotome	63.9±8.99	75.9±3.94*	78.4±2.54*

* : Statistically significant differences(P<0.05)

Table 6. Mean ISQ value of medium bone according to quantities of cortical bone(p=0.05)

	0mm(n=15)	0.5mm(n=15)	0.5~1mm(n=15)
Drilling	70.9±6.34	73.8±6.92	73.7±6.69
Osteotome	69.8±6.71	75.4±3.99*	75.2±6.16*

* : Statistically significant differences(P<0.05)

2) 0.5 mm 이내인 경우
drilling과 osteotome 술식 모두 해면골의 차이에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p <0.05)(Table 3).

3) 피질골이 0.5~1 mm인 경우
drilling과 osteotome 술식 모두 해면골의 차이에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p <0.05)(Table 4).

3. 조건이 동일할 때 피질골의 양에 따른 RFA 값의 변화

1) 해면골이 성긴 경우

① drilling
피질골이 없는 것(61.4±8.03)과 있는 것들(75.0±3.05, 77.3±4.44)은 통계적으로 유의한 차이를 보이

나 피질골의 양에 따라서는 차이가 없었다(p <0.05)(Table 5).

② osteotome
피질골이 없는 것(63.9±8.99)과 있는 것들(75.9±3.94, 78.4±2.54)은 통계적으로 유의한 차이를 보이 나 피질골의 양에 따라서는 차이가 없었다(p <0.05)(Table 5).

2) 해면골이 중간정도인 경우

① drilling
각 그룹 간에 유의한 차이가 없었다(p <0.05)(Table 6).

② osteotome
피질골이 없는 것(69.8±6.71)과 있는 것들(75.4±3.99, 75.2±6.16)은 통계적으로 유의한 차이를 보이 나 피질골의 양에 따라서는 차이가 없었다(p <0.05)(Table 6).

Table 7. Mean ISQ value of dense bone according to quantities of cortical bone(p=0.05)

	0 mm(n=15)	0.5 mm(n=15)	0.5~1 mm(n=15)
Drilling	67.3±4.27	74.2±7.00*	75.4±7.48*
Osteotome	70.9±5.55	72.9±8.49	75.8±5.95

* : Statistically significant differences(P<0.05)

Table 8. Comparison of ISQ value of group D(0) and L(1)(p=0.05)

	D(0)	L(1)
Drilling	67.3±4.27	75.0±3.05*
Osteotome	70.9±5.55	75.9±3.94*

* : Statistically significant differences(P<0.05)

3) 해면골이 치밀한 경우

① drilling
피질골이 없는 것(67.3±4.27)과 있는 것들(74.2±7.00, 75.4±7.48)은 통계적으로 유의한 차이를 보이 나 피질골의 양에 따라서는 차이가 없었다(p <0.05)(Table 7).

② osteotome
각 그룹 간에 유의한 차이가 없었다(p <0.05)(Table 7).

4. 해면골이 치밀하고 피질골이 없는 그룹과 해면골이 성기고 피질골이 있는 그룹 비교

술식에 관계없이 피질골이 없지만 해면골이 치밀한 그룹(D: 67.3±4.27, OT: 70.9±5.55)이 해면골이 성긴것과 피질골이 조금 있는 그룹(D: 75.0±3.05, OT: 75.9±3.94)보다 통계적으로 유의하게 낮은 값을 보였다(p <0.05)(Table 8).

IV. 및 고안

과거 초기 단계의 임플란트는 성공률이 상악에서 53%, 하악에서 75% 정도에 불과했다.²² 이는 임플란트 술식에 대한 전반적인 이해가 낮았기 때문이다.

하지만 지금은 다양한 술식과 임플란트 표면 처리 방법의 발전 등으로 90% 이상의 성공률을 보이고 있다. 임플란트의 성공률은 임플란트 주변골의 양과 질에 따라 달라진다.^{7,31} 그리고 골밀도가 낮은 경우에 임플란트의 실패율이 높다는 보고가 있다.^{8,9,32} 그렇기 때문에 상악 구치부는 상악동의 함기화로 인한 부족한 골량과 불량한 골질 때문에 임플란트 식립이 어렵다.^{8,9,33-35}

임플란트의 일차 안정성은 골유착을 얻는 것에 대한 필수 요건 중의 하나이다. 일차 안정성은 임플란트 식립때 측정되는 것이고 일차적인 골접촉의 수준과 관련되어 있다.³⁶ 이는 임플란트의 길이, 임플란트 표면의 기하학적 형태, 골-임플란트 접촉 등에 의해 영향을 받는다.¹⁹

임플란트의 성공과 일차 안정성은 국소적인 골밀도에 의해 크게 영향을 받는다. 골질이 나쁜 부위에서 성공률을 증가시키기 위한 방법은 undersized osteotomies, 일차 안정성과 골 임플란트 접촉을 증가시키기 위해 거칠게 표면 처리한 self-tapping 임플란트 사용³⁷, osteotome 술식²⁴⁻²⁷이 있다.

이 중 osteotome 술식은 1994년 Summers에 의해 제안되었고 모든 잔존골을 보존할 수 있다는 장점이 있다.³⁸ 좁은 치조제를 증대시키고자 할 때, 상악동을 거상하고자 할 때, 골을 치밀하게 하여 국소적으로 골질을 향상시키고자 할 때 사용할 수 있다.

osteotome 술식은 임플란트 식립 후 초기 단계에서 골 임플란트 접촉률을 증가시키고 해면골에서 골유착을 증진시키며 신생골 형성을 증가시킨다는 보고가 있다.²⁹ 반면, 최근에는 osteotome 술식과 drilling 술식을 비교한 동물 실험에서 RFA로 일차 안정성을 측정된 결과 osteotome 술식에서 일차 안정성의 개선을 확인할 수 없었다는 보고도 있다.²⁸

이 연구는 osteotome 술식이 골질에 따라서 효과가 있는지 확인하고자 하였다. 골질을 분류할 때 35 mm 간격으로 절단한 우늑골의 단면에서 임플란트 식립 부위의 골질을 기준으로 하였으며, 가로 세로 5 mm 정사각형 내에 존재하는 골수강의 개수에 따라, 4개 이하의 성긴골, 4~8개는 중간골, 9개 이상은 치밀골로 분류하였다. 여기에 각각 피질골이 없는 것부터 1 mm 이내의 것까지 3종류로 분류하여 총 9 그룹으로 나누었다. 골질이 하나의 시편에서 일정한 것이 아니고 피질골 또한 일정하게 남기는 게 어려웠기 때문에 이 단계에서 실험의 오차가 많았을 것으로 생각된다.

임플란트 collar of the flare 때문에 피질골의 측방 압축으로 일차 안정성이 증가된다.³⁰ 그래서 이를 배제하기 위해 임플란트 식립 깊이를 collar 하방까지로 정하였다.

실험에 사용한 공간주파수분석법이 임플란트의 안정성을 객관적인 수치로 나타낸다는 것은 검증되었고, 최근에 임상에 적용하여 임플란트의 안정성이나 주변골 평가에 사용되고 임플란트 식립 후 즉시하중의 평가에도 사용된다.⁴⁰⁻⁴³ Meredith 등은 변연골 상방으로 노출된 고정체와 지대주의 수직적 길이를 합한 유효지대주 길이가 증가함에 따라 공간주파수 측정치가 감소한다고 보고하였고, 임플란트 계면의 견고도가 높을수록 RFA 값은 높아진다고 하였다.¹⁰ Huang 등은 골밀도가 감소하면 공간주파수 측정치도 유효하게 감소한다고 하였고,⁴⁴ Nedir 등은 공간주파수 측정치로 임플란트의 안정성을 평가하는 것은 신뢰할 만하나 불안정한 임플란트를 구별하기는 힘들다고 하였다.⁴⁵

RFA 측정시 변환기의 방향은 우늑골 장축 방향으로 수직으로 위치시켰는데, 이는 수평방향에 비해 수직

방향으로 위치시켰을 때 더욱 명확한 최상승점을 나타내며 진동수의 더 큰 변화율을 보인다는 것에 근거한 것이다.¹⁵

각 그룹에서 식립 부위의 외과적 형성 방법에 따른 값을 비교하였을 때 osteotome 술식이 drilling 술식에 비해 약간 높은 값을 보였으나 통계적인 유의성은 없었다. 이는 골질 분류시의 오차가 있었고, 또한 실험방법을 설계할 때 2 mm 직경의 twist drill로 drilling을 하였기 때문으로 생각된다. 2 mm twist drilling 후 3.25 mm까지 osteotome으로 넓혔는데 이렇게 되면 골 압축 양이 산술적으로는 1.25 mm 밖에 되지 않기 때문에 실제로 일차 안정성에 크게 영향을 주지 못한 것 같다. 특히 아주 성긴골에서는 실제로 압축 할 수 있는 골이 없었기 때문에 이러한 결과가 나온 것 같다. 그리고 골질 분류 시에 같은 우늑골 시편에 다른 술식으로 하나씩의 임플란트를 식립하여 비슷한 실험 조건을 부여하려고 하였으나, 같은 시편의 양측 단면에서 다른 골질을 보이는 경우가 종종 있었다. 좀더 세밀하게 골질을 분류할 수 있는 다른 방법이 필요할 것으로 생각된다.

피질골의 조건이 동일할 때 해면골의 상태에 따른 ISQ의 변화를 보면, 피질골이 없는 경우에는 두 술식 모두 성긴 그룹과 다른 그룹 간에는 통계적으로 유의한 차이가 있었고 중간그룹과 치밀그룹 간에는 차이가 없었다. 피질골이 존재하는 경우에는 drilling과 osteotome 술식 간에 차이가 없었다. 피질골이 두꺼운 경우 osteotome 술식 도중 피질골이 파절되는 경우가 종종 있었고 이 때문에 osteotome 술식에서 피질골이 얇은 경우보다 두꺼운 경우 측정치가 더 낮게 기록된 것도 있었다.

해면골의 조건이 동일할 때 피질골의 양에 따른 ISQ의 변화를 보면, 해면골이 성긴 경우에는 drilling과 osteotome 술식 모두 피질골이 없는 그룹과 있는 그룹 간에는 통계적으로 유의한 차이를 볼 수 있었지만, drilling과 osteotome 술식 간에, 그리고 피질골이 있는 그룹 간에는 차이가 없었다. 즉 해면골이 치밀해지거나 피질골이 있는 경우에는 두 술식 간에 차이는 없었고, 해면골의 상태 보다는 피질골의 존재

유무가 일차 안정성에 더 크게 영향을 주었다. 이는 피질골에 접해 있는 임플란트가 해면골에 식립한 임플란트에 비해 골-임플란트 접촉률이 높고 임플란트를 제거하는데 훨씬 더 많은 힘이 필요하다는 Sennerby의 연구와 일치한다.⁴⁶

osteotome 술식에 의해 골밀도가 증가되고 일차 안정성이 개선되는 것은 통계학적으로 확인할 수 없었으며, 이는 Buchter 등이 보고한 바와 같이 osteotome 술식 때 임플란트 주변골에서 미세파절이 발생하여 임플란트의 안정성을 감소시켰기 때문이 아닌가 추측된다.²⁸

골질에 따른 osteotome의 유용성을 확인하기 위해서는 골질을 보다 정확하고 세밀하게 분류할 수 있는 방법이 필요하고, 골 압축양을 측정할 수 있는 추가적인 연구가 필요하리라고 생각된다.

V.

이상의 결과로 보아 다음의 결론을 얻었다.

1. 통계학적인 유의성은 없었지만, 해면골이 성긴 경우 drilling 술식보다는 osteotome 술식이 임플란트의 일차 안정성을 얻는데 조금 더 효과적인 것으로 사료된다.
2. 피질골이 있는 경우 강한 임플란트 일차 안정성을 얻는데 유리하다.
3. 해면골이 어느 정도 이상 치밀하거나, 피질골이 존재한다면 drilling 술식과 osteotome 술식은 임플란트 일차 안정성을 얻는데 있어서 통계적으로 유의한 차이가 없다.

VI. 참고문헌

1. Jemt T, Leckholm U, Adell R. Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous patients: a preliminary study on 876 consecutively placed fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants*

1989;4:211-217.

2. Jemt T, Leckholm U. Oral implant treatment in posterior partially edentulous jaws: a 5-year follow-up report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:635-640.
3. Leckholm U, Gunne J, Henry P, Higuchi K, Linden U, Bergstrom C, van Steenberghe D. Survival of the Brånemark implant in partially edentulous jaw: a 10-year prospective multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:639-45.
4. Noack N, Willer J, Hoffmann J. Long-term results after placement of dental implants: longitudinal study of 1964 implants over 16 year. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:748-755.
5. Albrektsson T, Zarb GA, Worthington P, Eriksson RA. 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.
6. Albrektsson T, Brånemark PI, Hasson HA, Lindstrom J. Titanium implant. Requirements for ensuring a long-lasting direct bone anchorage in man. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1981;52:155-170.
7. Albrektsson T, Dahl E, Enbom L, Engvall S, Engquist B, Eriksson AR, Feldmann G, Freiberg N, Glantz PO, Kjellman O, et al. Osseointegrated oral implants. A Swedish multicenter study of 8139 Consecutively inserted Nobelpharma implants. *J Periodontol*. 1988 May;59(5):287-96.
8. Jaffin RA, Berman CL. The excessive loss of Brånemark fixtures in type IV bone: a 5-year analysis. *J Periodontol*. 1991 Jan;62(1):2-4

9. Friberg B, Jemt T, Lekholm U. Early failures in 4,641 consecutively placed Brånemark dental implants: a study from stage 1 surgery to the connection of completed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1991 Summer;6(2):142-6.
10. 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.
11. Schulte W, d'Hoedt B, Lukas D, Muhlbradt L, Scholz F, Bretschgi J, Frey D, Gudat H, König M, Markl M, et al. Periotest—a new measurement process for periodontal function. *Zahnärztl Mitt*. 1983 Jun 1;73(11):1229-30, 1233-6, 1239-40. German.
12. Tricio J, Laohapand P, van Steenberghe D, Quirynen M, Naert I. Mechanical state assessment of the implant-bone continuum: a better understanding of the Periotest method. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1995 Jan-Feb;10(1):43-9.
13. Cauleir H, Naert I, Kalk W, Jansen JA. 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. Van Steenberghe D, Tricio J, Naert I, Nys M. Damping characteristics of bone-to-implant interaction. A clinical study with the Periotest® device. *Clin Oral Implants Res*. 1995;6:31-39.
15. Meredith N, Shagaldi F, Alleyne D, Sennerby L, Cawley P. The application of resonance frequency measurements to study the stability of titanium implants during healing in the rabbit tibia. *Clin Oral Implants Res*. 1997;8:234-43.
16. Friberg B, Sennerby L, Linden B, Grondahl K, Lekholm U. Stability measurements of one-stage Brånemark implants during healing in mandibles. A clinical resonance frequency analysis study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1999;28:266-72.
17. Rasmusson L, Stegersjö G, Kahnberg KE, Sennerby L. Implant stability measurements using resonance frequency analysis in the grafted maxilla: a cross-sectional pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 1999;1:70-4.
18. 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;7:261-7.
19. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont* 1998;11:491-501.
20. Sennerby L, Meredith N. Resonance frequency analysis: measuring implant stability and osseointegration. *Compendium* 1998;19(5): 493-502.
21. Tonetti MS, Schmid J. Pathogenesis of implant failures. *Periodontol* 2000 1994; 4:127-138.
22. Adell R, Eriksson B, Lekholm U, Brånemark PI, Jemt T. Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:347-359.
23. Jaffin RA, Berman CL. The excessive loss of Brånemark fixtures in type IV bone: a 5-year analysis. *J Periodontol*. 1991;62:2-4.
24. Summers RB. A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compendium*. 1994;15:152-158.
25. Summers RB. The osteotome technique: Part 2-The ridge expansion osteotomy (REO) procedure. *Compendium*. 1994;15: 422-426.
26. Summers RB. The osteotome technique: Part 3-Less invasive methods of elevating the sinus floor. *Compendium*. 1994;15: 698-704.
27. Summers RB. The osteotome technique: Part 4-Future site development. *Compend Contin Educ Dent*. 1995;16:1080-1092.
28. Buchter A, Kleinheinz J, Wiesmann HP, Kersken J, Nienkemper M, Weyhrother H, Joos U, Meyer U. Biological and biomechanical evaluation of bone remodelling and implant stability after using an osteotome technique. *Clin Oral Implants Res*. 2005 Feb;16(1):1-8.
29. Nkenke E, Kloss F, Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Radespiel-Troger M, Loos K, Neukam FW. Histomorphometric and fluorescence microscopic analysis of bone remodelling after installation of implants using an osteotome technique. *Clin Oral Implants Res*. 2002 Dec;13(6):595-602.
30. Glauser G, Naef RM, Scharer P. The osteotome technique—A different method of implant placement in the posterior maxilla. *Implantologie* 1998;2:103-120.
31. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg*. 1981 Dec;10(6):387-416.
32. Johns RB, Jemt T, Heath MR, Hutton JE, McKenna S, McNamara DC, van Steenberghe D, Taylor R, Watson RM, Herrmann I. A multicenter study of overdentures supported by Brånemark implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1992 Winter;7(4):513-22.
33. Jemt, Lekholm U. Implant treatment in edentulous maxillae: A 5-year follow-up report on patients with different degrees of jaw resorption. *Int J Oral Maxillofac Implant* 1995;10:303-311.
34. Bahat O. Treatment planning and placement on implants in the posterior maxillae: Report of 732 consecutive Nobelpharma implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:151-161.
35. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15 year study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1981;10:387-416.
36. Cochran DL, Schenk R, Lussi A, Higginbottom FL, Buser D. Bone response to unloaded and loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: A histometric study in the canine mandible. *J Biomed Mater Res* 1998;40: 1-11.
37. Cochran DL. A comparison of endosseous dental implant surfaces. *J Periodontol*. 1999 Dec;70(12):1523-39.
38. Summers RB. Sinus floor elevation with osteotomes. *J Esthet Dent*. 1998;10(3):

- 164-71.
39. Horowitz RA. The use of osteotomes for sinus augmentation at the time of implant placement. *Compend Contin Educ Dent*. 1997 May;18(5):441-7.
 40. 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(2):85-92.
 41. O'Sullivan D, Sennerby L, Meredith N. Influence of implant taper on the primary and secondary stability of osseointegrated titanium implants. *Clin Oral Implants Res*. 2004 Aug;15(4):474-80.
 42. Glauser R, Sennerby L, Meredith N, Ree A, Lundgren A, Gottlow J, Hammerle CH. Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. *Clin Oral Implants Res*. 2004 Aug;15(4):428-34.
 43. Huang HM, Chiu CL, Yeh CY, Lin CT, Lin LH, Lee SY. Early detection of implant healing process using resonance frequency analysis. *Clin Oral Impl Res*. 2003;14:437-43.
 44. Huang HM, Lee SY, Yeh CY, Lin CT. Resonance frequency assessment of dental implant stability with various bone qualities: a numerical approach. *Clin Oral Impl Res*. 2002;13:65-74.
 45. Nedir R, Bischof M, Szmukler-Moncler S, Bernard JP, Samson J. Predicting osseointegration by means of implant primary stability. *Clin Oral Implants Res*. 2004 Oct;15(5):520-8.
 46. Sennerby L, Thomsen P, Ericson LE. A morphometric and biomechanical comparison of titanium implants inserted in rabbit cortical and cancellous bone. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1992 Spring;7(1):62-71.

-Abstract-

The Effect of Osteotome Technique on Primary Implant Stability according to Bone Quality

Seung-Jae Baek¹ · Jae-Kwan Lee¹ · Chan-Jin Park²

¹Department of Periodontology, College of Dentistry, Kangnung National University

²Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Kangnung National University

The primary stability of implants is an important factor to predict the osseointegration. Recently, the resonance frequency analysis has been used to measure the primary stability. It is an objective method to monitor the stability of implants during healing phase. This study is to validate the differences in the effect of the osteotome method according to the bone quality as well as the thickness of cortical bone.

Two hundred seventy implants of 3.75mm in diameter (Neoplant, Neobiotech, Korea) were placed in 135 bovine ribs. The bone quality is classified into 3 classes according to the number of bone marrow spaces which implants would be placed, and then classified into 9 subclasses after the ribs were trimmed. Two implants were placed in 15 specimens of each class.

The conclusion were as follows:

1. In case of less dense cancellous bone, the osteotome method is more effective in primary stability rather than the drilling method ($p < 0.05$).
2. If there was cortical bone, it is more advantageous to get stronger primary stability.
3. If cancellous bone is more dense or if cortical bone exists, there is no statistical significance between drilling and osteotome method ($p < 0.05$).

Key words : osteotome technique, primary stability, bone quality