

처리 방법이 다른 표면이 임플란트의 골유착 및 안정성에 미치는 영향

단국대학교 치과대학 보철학교실

양성욱 · 임현송 · 조인호

I. 서 론

생체 내에서 나사형 임플란트의 성공적인 골유착은 임플란트의 표면 형상과 기하학적인 형태, 식립한 매식체 주위의 골질과 양, 기능적 교합시의 하중의 크기와 방향 등 많은 요인들에 영향을 받는다고 보고되었다.¹⁻³⁾

최근 치과용 임플란트에 대한 연구는 여러 가지 종류의 표면 처리에 초점을 두고, 골유착과 안정성에 유리한 임플란트 표면을 개발하여 임상적인 성공률을 높이려는 노력이 계속되고 있다. 그리하여 임플란트 표면의 거칠기 증가,⁴⁻⁶⁾ 코팅,^{7,8)} 또는 화학적 처리^{9,10)} 등을 통하여 치근형 임플란트의 골유착 안정성을 증가시키기 위한 실험이 계속 되어왔다. 또한 표면 거칠기와 미세형태학(microgeometry)을 포함하는 임플란트 표면 형태가 임플란트의 골유착에 상당한 영향을 준다고 보고되었다.¹⁰⁾

표면 처리 방법에는 임플란트 표면적을 증가시키는 방법(티타늄 플라즈마 분사 등) 또는 제거하는 방법(산 부식, 샌드블라스팅 등)이 있으며, 이로써 임플란트 표면적을 증가시키려 하였다.¹¹⁾

인산 칼슘 계통인 하이드록시아파타이트($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$)¹²⁾는 임상적으로 많이 연구, 이용되어 왔으며, 자연골 이식과 유사하게 생체 친화성이 높고, 입자로된 치조골 재형성을 유도하여 치조골의 회복에 효과적인 것으로 인식되어왔다.¹³⁾ 그러나 하이드록시아파타이트는 초기에 골형성을 촉진하지만 장기

적으로는 좋은 결과를 나타내지 않는다고 보고되었다. 티타늄 플라즈마 분사는 임플란트 표면적을 넓히기 위해 티타늄 분말을 피복한 것으로서 임플란트 표면적을 6~10배 증가시키는 것으로 알려져 있다.¹⁴⁾

최근 임상적으로 가장 많이 사용되는 표면 처리 방법은 SLA(Sandblasted large grit acid etching), RBM(Resorbable blast media) 등이다.

Cochran 등¹⁵⁾은 조직 형태학적 실험을 통하여 SLA 임플란트가 높은 비율의 골-금속 접촉율(bone to metal contact)을 보이는 장점을 가지고 있다고 보고하였고, Buser 등¹⁶⁾은 높은 뒤틀림 제거력을 보인다고 보고하였다.

Media blasting은 blasting 과정을 통해서 임플란트에 적절한 거칠기를 부여하며, 가장 많이 사용되는 blast media 형태로서는 산화 알루미늄(Al_2O_3), 이산화 티타늄(TiO_2) 그리고 RBM(인산 칼슘)이 있다.¹⁷⁾ Media blasting은 임플란트 표면을 거칠게 만들어 줄 뿐 아니라¹⁸⁾ 표면의 오염물을 제거하고 금속면의 활성도를 높여준다고 보고되어있다.¹⁹⁾ RBM 임플란트는 인산 칼슘 세라믹으로 blast된 선반가공 임플란트이며 잔여 media를 제거하기 위해 부동태화 과정을 시행한다.²⁰⁾

현재 임플란트의 안정성과 골유착에 대한 측정을 위한 가역적인 임상적 방법들에는 타진 반응, 방사선 검사, Periotest®, Osstell™, Dental fine tester®, thread cutting force, reverse torque test 등이 있으며^{8,21)} 비가역적인 방법으로는 조직형태계측학적

분석, 식립 토오크와 제거 토오크의 측정, push-through 및 pull-through test 등이 있다.²²⁾

본 연구에서는 현재 이용 가능한 대부분의 측정 장치와 조직학적 검사를 이용하여 선반가공 임플란트, SLA, RBM 임플란트의 안정성을 비교하기 위해 정상 가토의 경골에 OsseoCare™를 사용하여 식립과 동시에 식립 토오크를 측정하고 1주, 4주, 8주, 12주 간격으로 Periotest®, Osstell™, Torque gauge로 골유착 안정성을 측정하고 조직학적소견과 조직형태에 측학적분석을 통하여 측정하여 비교 분석하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구 재료

암, 수 구분 없이 몸무게가 3~4 kg인 총 20마리의 뉴질랜드 산 가토를 사용하였고 지름 3.0, 길이 5.0으로 제작된 선반 가공 임플란트, SLA, RBM 임플란트를 각 유형 당 40개, 총 120개의 임플란트를 사용하였다.

식립 장비로 OsseoCare™(Branemark System, Nobel Biocare, Sweden)를 사용하였고, 임플란트 안정성 측정 기구로 Periotest®(Siemens AG, Bensheim, Germany), Osstell™(Osstell Co., Sweden), Torque gauge®(6 BTG Tohnichi Mfg. Co., Japan)를 사용하였다. Exakt cutting and grinding system(Exakt Apparatebau, Germany)로 조직 시편을 제작하고, Histomorphometric analysis device로는 컴퓨터와 연결된 현미경으로 구성되는 TDI Scope Eye System(Techsan Microsystem, Korea)를 이용하여 골-금속 접촉율(bone to metal contact), 골 면적율(bone area) 등을 측정하였다.

2. 실험방법

가토를 Ketamin (Yuhan Co., Korea)을 이용 전신 마취 후 소독한 상태에서 좌우측 경골의 골 간단(metaphysis) 부위를 절개하였으며 노출된 경골에 각 군의 임플란트를 OsseoCare™를 이용하여 좌우에 군 당 2개씩 가토당 총 6개의 임플란트를 식립하였고(Fig. 1), 임플란트 식립시 토크는 메모리 카드와 카드 reader를 이용하여 컴퓨터에 저장하였다.

임플란트 식립 1주, 4주, 8주 12주 후 가토를 희생한 즉시 임플란트를 포함한 골편을 채취하여 Periotest®와 Osstell™을 이용하여 임플란트 안정성 측정을 시행하였으며 각 임플란트 시편의 절반은 뒤틀림 제거력 측정을 하였고 절반은 조직시편 제작을 위하여 10% 중성 완충 formalin으로 고정하였다. 탈수와 치환과정을 거쳐 Spurr 레진(Polyscience Inc., USA)으로 제조사의 지시에 따라 포매하였다. 포매된 블록은 Exakt cutting and grinding system을 이용하여 최종 두께가 20 μm 이하가 되도록 비탈회 표본을 제작하였다. 조직학적 및 조직 형태 계측학적 분석을 위해 toluidine blue 염색을 시행하였다.

3. 실험 분석

(1) 임플란트 안정성(Implant stability) 분석
Periotest®와 Osstell™을 사용하여 각 방향에서 3회씩 반복 측정하였고, torque gauge로 뒤틀림 제거력(Removal torque force)을 측정하였다.

(2) 조직학적 소견

1주, 4주, 8주 12주의 신생골 형성과 골형성 그리고 임플란트와 골계면과의 유착 상태를 관찰하였다.

(3) 조직 형태 계측학적 분석(Histomorphometric analysis)

1) 골-임플란트 접촉율(bone to implant contact) ; 개입하는 연조직 없이 골과 임플란트 계면의 직접 접촉을 백분율로 나타낸 것으로, 각 thread의 접촉율의 평균값을 구하여 비교하였다.

2) 골면적율(bone area) ; 신생골 형성 정도를 알 수 있는 지표로 특정부위 나사의 내면에 생성된 신생골 조직 중 골조직이 차지하는 부분을 백분율로 나타낸 것이며 각주의 골면적율을 구하여 비교하였다.

(4) 통계 처리

본 논문의 통계 처리에는 MS Windows용 SPSS Version 10.0(SPSS Inc., USA)을 사용하였고, ANOVA test, mutiple range t-test인 Scheffe test를 시행하였다.

III. 실험결과

One-way ANOVA test 결과 임플란트 표면 처리에 따른 insertion torque는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

1. OsseoCare™로 측정된 Implant insertion torque

Table I. The mean and standard deviation of implant insertion torque measured by OsseoCare™ (N=120)

| Implant Type | Insertion Torque (Unit : Ncm) |
|--------------|-------------------------------|
| Machined | 16.2 (± 6.3) |
| SLA | 16.4 (± 5.7) |
| RBM | 16.4 (± 5.7) |

2. 임플란트 안정성 분석

(1) Periotest® Value 측정

Table II. The mean and standard deviation of PTV

| Implant Type | 1week | 4weeks | 8weeks | 12weeks |
|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Machined | -5.56(±1.35) | -6.27(±0.73) | -6.09(±0.84) | -6.26(±1.48) |
| SLA | -5.30(±1.64) | -6.77(±0.92) | -5.80(±1.52) | -6.70(±0.96) |
| RBM | -4.75(±1.14)* | -6.41(±0.95) | -6.83(±0.56) | -6.62(±1.04) |

* denotes pair of groups significantly different at the 0.05 level

(2) Osstell™을 이용한 ISQ 측정

Table III. The mean and standard deviation of ISQ

| Implant Type | 1week | 4weeks | 8weeks | 12weeks |
|--------------|-------------------|------------------|--------------|---------------|
| Machined | 56.10(±5.34) ■△ | 65.00(±2.20) † ■ | 63.70(±6.04) | 69.00(±6.80)△ |
| SLA | 61.20(±5.16)* | 70.40(±3.08) | 70.00(±4.40) | 71.31(±3.96) |
| RBM | 65.80(±3.00) † ■△ | 74.40(±2.40) ■ | 70.30(±4.24) | 71.80(±2.76)△ |

† denotes significantly different at the 0.05 level between implants in each week

* denotes significantly different at the 0.05 level between weeks in each implant

■, △ denotes pairs of groups significantly different at the 0.05 level between weeks in each implant type

3. 뒤틀림 제거력 분석

Table IV. The mean and standard deviation of removal torque (Ncm)

| Implant Type | 1week | 4weeks | 8weeks | 12weeks |
|--------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|
| Machined | 7.06(±0.94)* | 21.56(±6.59) † | 27.05(±3.14) | 23.12(±6.74) † |
| SLA | 7.45(±0.47)* | 37.82(±3.92) | 34.10(±3.21) | 34.30(±3.45) |
| RBM | 16.07(±6.59) †* | 30.38(±2.82) | 31.75(±1.80) | 38.61(±4.31) |

† denotes significantly different at the 0.05 level between implants in each week

* denotes significantly different at the 0.05 level between weeks in each implant type

4. 조직학적 소견

(1) 1주

각 군 모두에서 임플란트 상부의 골계면 부위에서 하방으로 골양 조직이 나타나며 신생골 조직이 형성되면서 나타나는 반전선이 나타났다. 골 기질은 존재하나 칼슘 침착은 아직 이루어지지 않은 것으로 관찰되었다. 임플란트 표면 가까이 골소주(bone trabeculae)가 존재하는 것이 관찰되었다(Fig. 2-4).

(2) 4주

선반가공 임플란트 표본에서 골이 채워지는 소견을 보였으며 약간의 골소강과 성숙된 골이 존재하였고, 층판 구조가 나타나면서 골형성이 되고 있는 것이 관찰되었다. SLA 임플란트 표본에서 혈관 신생이 형성되는 소견을 보였으며, haversian system이 형성되면서 골유착이 되는 것을 관찰할 수 있었고 임플란트 표면 주위로 골조직이 가까이 접촉하고 있었으며, 성숙된 골과 골수강이 존재하는 것이 관찰되었다. RBM 임플란트 표면에 인접한 골수강을 볼 수

있고 주위에 골형성이 되는 소견을 보이며 신생골이 임플란트 표면 주위에 접촉되고 있었다(Fig. 5-7).

(3) 8주

선반가공 임플란트에서 4주와 유사한 골량(quantity)이 관찰되며 여러 부위에서 광화된 골과 임플란트 표면 사이에 개재된 광화되지 않은 골양 기질(osteoid matrix)이 관찰되었다. SLA 임플란트에서는 임플란트 표면에서 성숙된 골과 일부가 광화되지 않은 골양 기질이 관찰되었다. RBM 임플란트 표본에서 혈관과 골기질이 관찰되며 신혈관이 형성되어 있는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 8-10).

(4) 12주

선반가공 임플란트, SLA, RBM 임플란트 모두에서 골기질이 완전히 채워진 소견이 관찰되었으며 각 임플란트 모두에서 반전선을 관찰할 수 있었다. 골소주가 거의 완전하게 임플란트 표면을 둘러싸고 있는 소견을 관찰할 수 있었다(Fig. 11-12).

5. 조직 형태 계측학적 분석

(1) 골-임플란트 접촉

Table V. The mean and standard deviation of bone to implant contact (%)

| Implant Type | 1week | 4weeks | 8weeks | 12weeks |
|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Machined | 47.82(±7.83) | 48.11(±7.22) | 58.74(±10.72) | 62.98(±7.41) |
| SLA | 47.66(±8.55) | 53.10(±4.21) | 63.76(±6.92) | 68.15(±5.54)* |
| RBM | 41.25(±7.01)* | 52.14(±5.37) | 58.67(±7.37) | 73.19(±5.98)* |

* denotes significantly different at the 0.05 level between weeks in each implant type

(2) 골 면적을

Table VI. The mean and standard deviation of bone area (%)

| Implant Type | 1week | 4weeks | 8weeks | 12weeks |
|--------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Machined | 36.29(±7.09)† ■ | 49.60(±8.36)† | 58.29(±6.81)† ■ | 83.30(±6.82)* |
| SLA | 55.42(±4.64)■△ | 68.18(±6.25)† | 78.75(±5.91)△ | 83.37(±4.34)† ■ |
| RBM | 64.36(±4.64)■ | 64.57(±6.67)△ | 78.00(±6.80) | 87.75(±5.00)■△ |

† denotes significantly different at the 0.05 level between implants in each week

* denotes significantly different at the 0.05 level between weeks in each implant type

■, △, † denotes pairs of groups significantly different at the 0.05 level between weeks in each implant type

IV. 고 찰

초기에는 전부 무치악 환자에게 주로 사용되던 치과 임플란트는 임상적 성공률이 증가하면서 통상적인 보철물을 대체하여 사용하는 경우가 증가하였고 시술 후 장기간의 성공적인 예후에 대한 보고²³⁾가 발표되면서 성공적인 보철물로서 임플란트의 임상적 사용이 더욱 광범위하고 용이해졌다. 임플란트 개발 초기에는 주로 악골의 흡수,²⁴⁾ 골의 형태와 양,²⁵⁾ 골일체성²⁶⁾ 등에 대한 연구가 이루어져왔으나, 최근에는 임플란트의 디자인과 표면 구조에 임상가들의 관심이 집중되고 있으며 이러한 여러 가지 디자인의 중요성에 대하여 Carlsson 등²⁷⁾과 Maniatopoulos 등²⁸⁾의 연구가 있다. 임플란트 표면 특성의 서로 다른 점은 Baier 등²⁹⁾과 Kasemo와 Lausman³⁰⁾ 그리고 Chehroubi 등³¹⁾에 의하여 연구되어져 왔다.

거친 표면의 임플란트가 활택 표면보다 골에서 더 좋은 고정을 갖는다고 보고되었고,³²⁻³⁴⁾ 임플란트 표면 특성이 국소 조직 반응에 영향을 주는 것으로 보고되어왔다.^{2,35)} 임플란트 표면을 변형하는 쉬운 방법 중의 하나는 표면 거칠기를 변화시키는 것인데 Goldberg 등³⁶⁾에 의하면 좀 더 거친 표면의 임플란트에서 전단 응력이 높게 나타났다고 하였다.

Wennerberg 등¹⁹⁾은 거친 표면을 갖는 임플란트가 골 접촉율과 비틀림 제거력에서 통계적으로 유의한 증가를 나타내는 견고한 골 고정을 가져오나, 일정한 수치를 초과한 표면 거칠기의 임플란트에서는 골 창상 부위의 치유가 제한되어 접촉율이 떨어진다고 보고하였는데, 1996년 여러 가지 임플란트의 표면 거칠기를 TopScan 3D를 이용하여 분석한 결과 너무 평활한 표면은 세포부착에 적절하지 못하고, 너무 거친 표면은 이온 누출(ionic leakage)을 일으켜 골반응을 방해하므로 적절하게 거친 표면이 세포부착을 용이하게 하여 골유착을 일으킨다고 보고하였다.

최근 다수의 연구가 SLA 임플란트와 RBM 임플란트에 관하여 이루어지고 있으며³⁷⁻³⁹⁾ 선반가공 임플란트에 비하여 임플란트 식립 후 높은 안정성과 초기 하중에 우수한 것으로 보고되었다.

본 연구에서는 최근 임상적으로 가장 많이 사용되는 표면 처리 방법인 SLA 임플란트와 RBM 임플랜

트를 식립시 골유착에 미치는 영향에 대해 정량적으로 측정 비교하기 위해 위 연구를 실시하였다. 여러 가지 연구 실험과 임상 실험을 통하여 타이타늄은 다른 종류의 생체 금속 재료에 비해 생체 적합성이 우수하여 인체 이식 금속 재료로서 가장 널리 사용되게 되었다.⁴⁰⁻⁴¹⁾

본 실험에서 사용된 SLA와 RBM 임플란트는 순수 타이타늄에 임플란트 표면 처리를 한 것을 사용하였다. Gotfredsen과 Karlsson⁴²⁾은 선반가공 임플란트와 이산화 티타늄 blasted 임플란트 지지 부분 무치악 보철물의 5년간 비교연구에서 두 가지 임플란트의 골소실과 성공률에 유의한 차가 없음을 보고하였다. Cochran 등^{15,37)}은 SLA 임플란트가 티타늄 플라즈마 분사로 표면 처리된 임플란트에 비하여 더 많은 골 임플란트 접촉을 나타낸다고 보고하였고, 감소된 치유기간에서 높은 성공율을 보인다고 하였다. Piattelli 등²⁰⁾은 RBM 임플란트의 골 반응에 대한 가토에서 선반가공 임플란트와 RBM 임플란트의 비교 실험에서 RBM 임플란트가 통계적으로 더 많은 골 접촉을 가진다고 보고하였다.

만일 임플란트가 식립된 곳에서 불충분한 안정성을 갖는다면, 미세 동요가 발생할 것이다.⁴³⁾ 이것은 임플란트의 동요를 유발시키며, 실패를 가져다준다. 그래서 가능하다면 드릴 크기는 가늘게 하고 self-tapping 임플란트의 사용으로 안정성을 높게 얻어야 하지만, 부가적으로 임플란트-조직 계면에서 골의 과도한 압박으로 생기는 괴사나 무혈종이 발생할 수도 있기 때문에 주의가 필요하다. Ueda 등⁴⁴⁾은 높은 초기고정을 얻기 위해 시술자가 임플란트를 과도하게 고정시킨다면 지속적인 압력이 주위 골, 특히 나선에 전해질 것이며, 이로 인하여 골 나선의 미세파절(microfracture)을 가져온다고 보고하였다. Luhr⁴⁵⁾은 과도한 압축력이 골 흡수를 야기한다고 하였고, 이러한 상황에서 골의 미세 순환은 압력에 의해 어렵게 되고, 그것은 골세포의 괴사를 일으킨다고 보고하였다. 따라서 임플란트 식립 시의 적당한 초기안정성은 중요할 뿐만 아니라 알맞은 치유기간의 예견에 바람직하다. 본 실험에서 사용된 OsseoCareTM는 지대주 연결 그리고 보철물의 적합에 대한 임상적 평가를 도와주는, 그래프 표시장치인 모니터가 장착되어 있어서 식립토크 변화와 지대주 연결토크를 모

니터에 출력하고 메모리 카드로써 데이터를 기록하여 안정적인 골유착을 얻을 수 있는 임플란트 식립에 쉽게 적용될 수 있으며, 치유기간의 설정에 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

Periotest[®]는 치아주위 치주인대의 감폭 성향을 양적으로 측정하고, 그것의 동요도를 수치로 나타내게 설계되어 개발되어 졌다.⁴⁶⁾ 조와 임⁴⁷⁾은 Periotest[®]를 이용한 상,하악 각 부위의 골질 평가에 관해 연구하였다. Oka 등⁴⁸⁾은 치아동요도를 측정하기 위한 Periotest[®]의 사용은 금속 막대를 수평적으로 유지해야 하며, 그 충격이 치아에 병리학적으로 해로우며, 측정치는 치주의 생체 기계학적 parameter에서의 변화와 항상 일치되는 것은 아니다라고 하여 결점이 있음을 보고하였다.

Periotest[®]의 결점을 보완하기 위하여 Meredith 등^{22,49)}은 공명 장치를 이용한 임플란트 안정성 분석기를 개발하여 임플란트 안정성과 견고도의 질적인 측정에 있어 가역적인 검사방법을 기술하였는데, 이러한 원리를 적용한 것이 Osstell[™]이며 transducer를 임플란트나 지대주에 장착하여 임플란트 안정성을 측정하여 ISQ(Implant Stability Quotient)로 나타내게 고안되었다. 1996년 Meredith 등⁴⁹⁾은 공명 주파수 분석을 통해 임플란트와 조직계면 간의 안정성을 양적으로 측정하고 도식화하여 적당한 표면 거칠기는 골유착에 좋은 영향을 미친다고 보고하였다.

ISQ 값의 통계적 분석은 1주와 4주에서 표면 처리된 임플란트의 값이 선반가공 임플란트에 비하여 유의하게 높은 값을 나타내었으며 이것은 표면 처리된 임플란트의 초기 안정성과 치유기간의 감소를 보여준다고 사료된다.

Johansson과 Albrektsson⁵⁰⁾은 임플란트의 뒤틀림 제거력을 측정하는데 손으로 측정하는 기구(torque gauge[®])를 이용하였으며 가토의 실험에서 치유에 따라 뒤틀림 제거력이 증가함을 보여주었다. Sennerby 등⁵¹⁾은 뒤틀림 제거력과 계면에서의 피질골 양과는 상관관계가 있으나 골소주와는 관련성이 적다고 보고하였으며, 이것은 피질골 양이 적은 곳에서 쉽게 임플란트를 상실한다는 사실로 증명된다고 보고하였다. Carlsson⁵²⁾은 토크 압력 게이지의 정확도를 평가한 실험에서 2 %내에서 정확도를 가졌다고 보고하였다.

본 실험의 뒤틀림 제거력 측정에서 시간에 따른 임플란트 간의 비교시 1주, 4주, 12주에서 표면 처리된 임플란트의 값이 유의성있는 차이를 보였는데 8주에서의 실험값에서 유의성이 없는 이유는 위에 논의되었던 식립시 토오크의 영향으로 사료되는데, 8주에서 선반가공 임플란트의 식립시 토오크는 평균 22.50 Ncm였으며 SLA, RBM 임플란트의 식립시 토오크는 15.65 Ncm로 나타났다. 이러한 이유로 식립시 토오크가 임플란트 제거력의 측정 결과에 영향을 주었다고 사료된다.

조직형태 계측학은 광학 현미경의 조직학적 소견으로만 설명하기 어려운 사실을 정량적으로 설명할 수 있게 해주며 임플란트를 포함한 연마 시편으로부터 골-임플란트 접촉 비율을 확인하기 위한 양적인 측정방법으로 광범위하게 사용되어왔다.^{46,51)}

본 실험의 조직형태 계측학적 연구에서 골-임플란트 접촉은 표면 처리된 임플란트에서 시간에 따라 통계적으로 유의한 증가가 있었고, 선반가공 임플란트에 비하여 SLA와 RBM 임플란트의 측정 결과에서 시간에 따른 점진적인 증가를 보였다. 골 접촉율에서도 표면 처리된 임플란트가 선반가공 임플란트에 비하여 각 기간 별로 높은 통계적 유의차를 보이고 있다. 이러한 결과로 볼 때 적절히 거친 표면의 임플란트가 신생골 형성에 도움을 주며 치유 기간 감소에 영향을 준다고 사료된다.

각 실험의 결과로 볼 때 두 가지의 표면 처리된 임플란트에서 유의한 차이는 없었으며 표면 처리되지 않은 임플란트와 비교시 초기 골형성 양과 치유 시간의 감소가 나타났으며 신생골 형성에 유리한 것으로 나타났다. 초기 안정성이 중요하고 조기 하중을 부여하는 최근의 임플란트 치료 방향으로 볼 때 적절한 표면 처리된 임플란트의 사용은 안정된 골유착에 도움을 주며 임플란트 식립 후 기능까지의 시간을 감소시킬 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 현재 임상에서 주로 이용되며 가장 많이 생산되는 선반가공 임플란트와, SLA(sandblast large grit and acid etching), RBM(resorbable blast media) 임플란트를 비교하기 위해, 정상 가토

20마리의 경골에 OsseoCare™를 이용하여 각 40개 씩 식립한 후 1주, 4주, 8주, 12주 간격으로 현재 임상에서 사용되는 측정기구를 이용하여 골유착 안정성을 측정하고, 조직학적 소견을 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 삽입 토오크와 표면 처리 방법이 다른 임플랜트 간 Periotest Value는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.
2. 표면 처리 방법이 다른 임플랜트 간 ISQ는 1주에서 선반가공 임플랜트와 RBM, 4주에서 선반가공 임플랜트와 SLA, 선반가공 임플랜트와 RBM 간에 유의한 차이가 있었으나($p < 0.05$), 8주 이후 유의한 차이가 없었다.
3. 뒤틀림 제거력 측정에서 1주에서 RBM이 SLA와 선반가공 임플랜트에 비해 유의하게 큰 값이 나타났으며 4주 12주에서 선반가공 임플랜트가 SLA, RBM에 비하여 유의하게 적은 값을 나타냈다($p < 0.05$).
4. 골-금속 접촉율에서 표면 처리 방법이 다른 임플랜트 간에 유의한 차이가 없었다. 선반가공 임플랜트는 치유기간 동안 유의한 차이가 없었다. SLA는 1주와 12주 RBM은 1주와 8주, 12주, 4주와 12주 간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).
5. 골 면적율에서 1주에서는 SLA, RBM 임플랜트가 4주에서 SLA 임플랜트가 8주에서 SLA, RBM 임플랜트가 선반가공 임플랜트에 비하여 유의하게 높은 값을 보였다($p < 0.05$).

이상의 결과를 볼 때 표면 처리 방법 중 거친 표면을 갖는 임플랜트가 식립 초기 치유기간에 영향을 주며 신생골 형성에 도움을 주는 것으로 나타났다. 골형성 기간 이후 대부분의 안정성 검사에서 선반가공 임플랜트는 표면 처리된 임플랜트에 비하여 통계적으로 유의차를 보이지 않았다. 초기 안정성이 중요한 임플랜트 술식에서 표면 처리된 임플랜트를 사용하는 것이 식립 후 치유 시간을 감소시키는데 유리할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Albrektsson T. Direct bone anchorage of dental implants. *J Prosthet Dent* 1983; 50:255-61.
2. Albrektsson T, Branemark PI, Hansson HA, Lindstrom J. Osseointegrated titanium implants. *Acta Orthop Scand* 1981;52:155.
3. Albrektsson T, Jacobsson M. Bone-metal interface in osseointegration. *J Prosthet Dent* 1987;57:597-607.
4. Carsson L, Rostlund T, Albrektsson B, Albrektsson T. Removal torque for polished and rough titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:21-4.
5. Cook SD, Baffes GC, Palafox AJ, Wolfe MW, Burgess A. Torsional stability of HA-coated and grit-blasted titanium dental implants. *J Oral Implantol* 1992;18:354-358.
6. Godfredsen K, Nimb L, Hjørting-Hansen E, Jensen JS, Holmén A. Histomorphometric and removal torque analysis for TiO₂-blasted titanium implants. An experimental study on dogs. *Clin Oral Implants Res* 1992;3: 77-84.
7. Cook SD, Kay JF, Thomas KA, Jarcho M. Interface mechanics and histology of titanium and hydroxyapatite-coated titanium for dental implant applications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:15-22.
8. Gottlander M, Albrektsson T. Histomorphometric analyses of hydroxyapatite-coated and uncoated titanium implants. The importance of the implants design. *Clin Oral Implants Res* 1992;3:71-6.
9. Baker D, London RM, O'Neal R. Rate of pull-out strength gain of dual-etched titanium implants: A comparative study in rabbits. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:722-8.
10. De Leonardis D, Garg AK, Pecora GE, Andreana S. Osseointegration of rough acid-etched titanium implants: One-year follow-up of placement of 100 minimatic implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12: 65-73.

11. Klokkevold P, Nishmura RD, Adachi M, Caputo A. Osseointegration enhanced by chemical etching of the titanium surface. A torque removal study in rabbit. *Clin Oral Implant Res* 1997;8:442-7.
12. Anderson JM, Miller KM. Biomaterials biocompatibility and the macrophage. *Biomaterial* 1984;5:5-10.
13. Kennt JJN, Quinn JM. Alveolar ridge augmentation using non resorbable HA with or without autogenous cancellous bone. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1983;41:629-42.
14. Kirsch A. Plasma-sprayed titanium-I.M.Z. implant. *J Oral Implantol* 1986;12(3):494-7.
15. Cochran DL, Schenk RK, Lussi A, Higginbottom FL, Buser D. Bone response to unloaded and loaded titanium implants with sandblasted and acid-etched surface: a histometric study in the canine mandible. *J Biomed Mater Res* 1998;40:1-11.
16. Buser D, Nydegger T, Oxland T, Cochran DL, Schenk RK, Hirt HP, Snetivy D, Nolte LP. Interface shear strength of titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a biomechanical study in the maxilla of miniature pigs. *J Biomed Mater Res* 1992;45:75-83.
17. Feighan JE, Goldberg VM, Davy D, Parr JA, Stevenson S. The influence of surface-blasting on the incorporation of titanium-alloy implants in a rabbit intramedullary model. *J Bone Joint Surg* 1995;77-A:1380-9.
18. Wennerberg A, Albrektsson T, Lausmaa J. Torque and histomorphometric evaluation of C.P. titanium screws blasted with 25- and 75- μm -sized particles of Al_2O_3 . *J Biomed Mater Res* 1996;30:251-60.
19. Wennerberg A, Albrektsson T, Johansson C, Andersson B. Experimental study of turned and grit-blasted screw-shaped implants with special emphasis on effect of blasting material and surface topography. *Biomaterials* 1996;17:15-22.
20. Piattelli M, Scarano A, Paolantonio M, Iezz G, Petrone G, Piattelli A. Bone response to machined and resorbable blast material titanium implants: An experimental study in rabbits. *J Oral Implantol* 2002;28:2-8.
21. Park C, Lim JH, Cho IH, Lim HS. The study of implant stability test by resonance frequency analysis method. *J Korean Academy of Prosthodontics* 2003;41:182-206.
22. Meredith N, Book K, Friberg B, Jemt T, Sennerby L. Resonance frequency measurements of implant stability in vivo. *Clin Oral Implant Res* 1997;8(3):234-43.
23. Babbush CA, Shimura M. Five-year statistical and clinical observations with the IMZ two-stage osseointegrated implant system. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:245-53.
24. Bragger U, Hafeli U, Huber B, Hammerle CH, Lang NP. Evaluation of postsurgical crestal bone levels adjacent to non-submerged dental implants. *Clin Oral Implants Res* 1998;9:218-24.
25. Jaffin RA, Berman CL. The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone: a 5-year analysis. *J Periodontol* 1991;62:2-4.
26. Adell R, Lekholm U, Branemark PI. Surgical procedure In: Branemark PI, Zarb G, Albrektsson T: *Tissue-integrated prostheses: Osseointegration in clinical dentistry*. Chicago Quintessence 1985:221-9.
27. Carlsson L, Rostlund T, Albrektsson T and Branemark PI. Osseointegration of titanium implants. *Acta Orthop Scand* 1986;57:285-9.
28. Maniatopoulos C, Pilliar RM, Smith DC. Threaded versus porous-surfaced design for implant stabilization in bone-endodontic

- implant model. *J Biomed Mater Res* 1986;20:1309-33.
29. Baier RE, Meyer AE, Natiella JR, Natiella RR, Carter JM. Surface properties determine bioadhesive outcomes: methods and results. *J Biomed Mater Res* 1984;18:337-55.
 30. Kasemo B, Lausman J. Surface science aspects on inorganic biomaterials. *CRC Crit Rev Biocompat* 1986;2:335-80.
 31. Chehroudi B, Gould TRL, Brunette DM. A light and electron microscopy study of the effect of surface topography on the behavior of cells attached to titanium-coated percutaneous implants. *J Biomed Mater Res* 1991;25:387-405.
 32. Buser B, Schenk RK, Steinmann S, Fiorellini JP, Fox CH, Stich H. Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants: A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mater Res* 1991;25:889-902.
 33. Carlsson L, Rostlund T, Albrektsson B, Albrektsson T. Removal torque for polished and rough titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:21-4.
 34. Ericsson I, Johansson CB, Bystedt H, Norton MR. A histomorphometric evaluation of bone-to-implant contact on machine-prepared and roughened titanium dental implants. A pilot study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 1994;5:202-6.
 35. Ratner BD. Biomaterial surface. *Applied biomaterial. J Biomed Mater Res* 1987;21:59-90.
 36. Goldberg VM, Stevenson S, Feighan J, Davy D. Biology of grit blasted titanium alloy implants. *Clinical Orthop Rel Res* 1995; 319:122-9.
 37. Cochran DL, Buser D, Bruggenkate CM, Weingart D, Tayler TM, Bernard JP, Peters F, Simpson J. The use of reduced healing times on ITI implants with sandblasted and acid-etched (SLA) surface: early results from clinical trials on ITI SLA implants. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:144-53.
 38. Gonshor A, Goveia G, Sotirakis E. A prospective, multicenter, 4-year study of the ACE Surgical resorbable blast media implant. *J Oral Implantol* 2003;29:174-80.
 39. Rocuzzo M, Bunino M, Prioglio F, Bianchi SD. Early loading of sandblasted and acid-etched (SLA) implants: a prospective split-mouth comparative study. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:572-8.
 40. Edgerton M, Levin MJ. Biocompatibility : It's future in prosthodontic research. *J Prosthet Dent* 1993;69:406-15.
 41. Weiss MB and Rostoker W. Development of a new endosseous dental implant. Part I : Animal studies. *J Prosthet Dent* 1981; 46:646-51.
 42. Gotfredsen K, Karlsson U. A prospective 5-year study of fixed partial prostheses supported by implants with machined and TiO₂-blasted surface. *J Prosthodont* 2001; 10:2-7.
 43. Brunski JB. Biomechanics of oral implants: future research directions. *J Dent Educ* 1988;52:775-87.
 44. Ueda M, Matsuki M, Jacobsson M, Tjellstrom A. The relationship between insertion torque and removal torque analyzed in fresh temporal bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991; 6:442-7.
 45. Luhr HG. Comparison osteosynthesis in treatment of mandibular fractures-experimental principles and clinical experiences. *Dtsch Zahnrtzl Z.* 1972;27(1):29-37.
 46. Johansson CB, Albrektsson T. A removal torque and histomorphometric study of commercial pure niobium and titanium implants in rabbit bone. *Clin Oral Impl Res* 1991;2:

- 24-9.
47. Lim JH, Cho IH. The bone quality test of both jaw with periostest. *J Korean dentist association* 1994;32:520-9.
 48. Oka H, Yamamoto T, Saratoni K, Kawazoe T. Automatic diagnosis system of tooth mobility for clinical use. *Medical Progress through Technology* 1990;16:117-24.
 49. Meredith N, Rasmussen L, Sennerby L, Alleyne D. Mapping implant stability by resonance frequency analysis. *Med Sci Res* 1996;24:191-9.
 50. Johanson CB, Albreksson T. Integration of screw implant in the rabbits : A 1-yr follow-up of removal torque of titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:69-75.
 51. Sennerby L, Thomsen P, Ericsson LE. A morphometric and biomechanic comparison of titanium implants inserted in rabbit cortical and cancellous bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:62-7.
 52. Carlsson L. Ph.D. Thesis, University of Gothenburg, Sweden. 1989.

Reprint request to:

In-Ho Cho, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook Univ.
7-1, Shinbu-Dong, Chunan, Chungnam, 330-716, Korea
cho8511@dku.edu

ABSTRACT

THE EFFECT OF DIFFERENT SURFACE TREATMENT ON THE OSSEOINTEGRATION AND STABILITY OF IMPLANTS

Seoung-Wook Yang, D.D.S., M.D.S., Ph.D., Heon-Song Lim, D.D.S., M.D.S., Ph.D.,
In-Ho Cho, D.D.S., M.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University

Purpose: This experiment examined the effect of different surface treatment on the osseointegration and stability of implants.

Material and methods: In this study, 40 each of machined, SLA and RBM implants, which are the most commonly used implants, were implanted into the tibia of 20 normal rabbits using OsseoCare™. The rabbits were sacrificed after 1 week, 4 weeks, 8 weeks and 12 weeks for implant stability analysis, removal torque analysis, histologic and histomorphometric analysis.

Result: ISQ showed significant difference between Machined and RBM at first week and at 4 weeks. There was significant difference between Machined and both SLA and RBM ($p < 0.05$) but after 8 weeks there were no significant difference between each group.

In the removal torque, RBM showed significantly higher values than SLA and Machined surface at 1st week. At 4th and 12th week, there was significant difference between Machined and SLA, RBM ($p < 0.05$).

In the bone to implant contact variable, there was no significant difference between each surface treatment method. In the Machined surface group, there was no significant difference between each time interval, but in SLA group, there were significant differences between the 1st week and 12th week, and in RBM group, there were significant differences between the 1st week and 8th, 12th week and between 4th and 12th week ($p < 0.05$).

The bone area showed significantly higher values in SLA and RBM compared to Machined surface 1st and 8th week and significantly higher values in SLA than Machined surface at the 4th week ($p < 0.05$).

Conclusion: The roughened surface of implants showed positive effect in the early stages of implantation and assisted in bone formation. After the bone formation stage, there was no statistical difference between Machined and roughened surface groups.

In dental implantation, where initial stability is critical to the success of implants, the use of roughened surface implants should assist in reducing the healing period after implantation.

Key words : Sandblasted large grit acid etching, Resorbable blast media, Implant stability, Histomorphometric analyses, Implant Stability Quotient, Periotest® Value analyses