

토끼의 경골에서 RBM 표면처리 임플란트와 RBM 표면처리 후 Saline에 적신 임플란트의 제거회전력 및 표면분석 비교

권재욱 · 조성암*

경북대학교 치과대학 치과보철학교실

Comparison of removal torque of saline-soaking RBM implants and RBM implants in rabbit tibias

Jae-Uk Kwon, Sung-Am Cho*

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea

Purpose: The purpose of this study is to investigate the effect of the titanium implant soaked in saline after RBM surface treatment on the initial osseointegration by comparing the removal torque and the surface analysis compared to the titanium implant with only RBM surface treatment. **Materials and methods:** The control group was RBM surface treated implants (RBM), and the test group was implants soaked in saline for 2 weeks after RBM surface treatment (RBM+Sal). The control and test group implants were placed in the left and right tibiae of 10 rabbits, respectively, and at the same time, the insertion torque (ITQ) was measured. After 10 days, the removal torque (RTQ) was measured by exposing the implant site. FE-SEM, EDS, Surface roughness and Raman spectroscopy were performed for the surface analysis of the new implant specimens used in the experiments. **Results:** There was no significant difference in insertion torque and removal torque between RBM surface treated titanium implants and saline-soaked titanium implants after RBM surface treatment. **Conclusion:** Saline soaking after RBM surface treatment of titanium implants did not positively affect the initial osseointegration as compared to titanium implants with only RBM surface treatment. (*J Korean Acad Prosthodont* 2018;56:1-7)

Keywords: Implant; Hydroxyapatites; Sodium chloride; Rabbits

서론

치아가 상실된 부위의 수복치료에서 임플란트를 이용한 보철 치료는 인접치아의 손실없이 수복이 가능한 방법으로 현대에 들어서 많이 사용되고 있다. 게다가 후방 무치악부위의 보철수복 치료에서 국소의치를 대신할 수 있는 수복방법이며, 고령화 사회에서 임플란트를 이용한 치료는 그 중요성이 더욱 대두되고 있다. 이러한 임플란트 치료의 성공률은 임플란트 식립체와 골과의 골결합력이 중요한 요소 중 하나이고, 골결합력 즉, 골유착을 증가시키는 다양한 방법들이 현재까지도 지속적으로 연구되고 있다.^{1,2}

골유착을 증가시키는 요소들로는 외과적 술식, 환자의 전신 상태, 임플란트의 직경과 길이 등 다양한 요인들이 있겠지만, 임플란트의 표면거칠기를 증가시키는 것이 임플란트 자체의 골유착을 증가시키는 중요한 요소임에는 틀림없다.³ 임플란트의 표면거칠기를 증가시키면 주변 골과의 접촉면에서 골형성이 촉진되기 때문에 임플란트의 초기 안정에 도움을 줄 수 있다.⁴ 이러한 임플란트의 초기 안정성은 임플란트의 조기부하를 가능하게 하며, 이는 짧은 기간 내에 보철물의 장착을 가능하게 함으로써 환자로 하여금 시간과 고통을 줄여줄 수 있다. 임플란트의 표면 거칠기의 증가는 다양한 표면처리 방식에 의해 가능하며, 이러한 방법들은 크게 세가지로 분류할 수 있다. 하나는 첨가방식으

*Corresponding Author: Sung-Am Cho

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University

#2175 Dalgubeoldae-ro, Jung-gu, Dae-gu 41904, Republic of Korea

+82 (0)53 600 7672: e-mail, sungamcho@gamil.com

Article history: Received July 26, 2017 / Last Revision September 14, 2017 / Accepted December 14, 2017

©2018 The Korean Academy of Prosthodontics

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

로 티타늄 산화막을 증가시키거나 Hydroxyapatite 또는 calcium phosphate를 표면에 도포하거나, TPS (Titanium plasma spray)를 이용하는 방법이다. 두 번째는 삭제방식으로 sandblasting, 산처리 방식, SLA, electropolishing, mechanical polishing, electrochemical anodization 등이 있다. 마지막으로 표면교정방식으로 ion implantation, laser treatment, electrothermal treatment 등으로 분류할 수 있다.⁵ 이와 더불어 임플란트의 표면에 골유착을 향상시키는 다양한 세포들의 부착을 도와 빠른 골형성을 가능하게 하는 방법들 또한 연구되었다. 혈액을 이용한 방법, 세포분화에 도움이되는 성장인자를 적용시키는 방법, saline에 임플란트를 적시는 방법 등이 개발되었고, 몇몇 제품들은 상용화되어 사용되고 있다.⁶

본 실험에서는 다양한 표면처리 방법 중에서 임플란트의 표면을 blasting을 통해서 삭제하여 표면거칠기를 증가시키면서, 예전의 alumina 입자를 사용하는 것이 아닌 RBM (Resorbable blasting media)를 이용하는 표면처리 방식을 선택하였다. Alumina 입자의 경우 표면처리 후 임플란트에 잔류하여, 오염원으로 작용한다는 보고가 있으며, RBM의 경우 골흡수가 가능하므로 표면의 오염을 최소화할 수 있다는 장점이 있다.⁷ 또한 현재 상용화되어 사용되고 있는 SLActive 임플란트의 경우 SLA 표면처리 후 saline에 적신 것으로, 이로 인해 임플란트의 표면 친수성이 증가하여 초기 빠른 골결합을 가능하게 한다고 알려져 있다.⁸ 즉 추가적으로 saline에 적실 경우 임플란트 표면 친수성이 향상되고 이는 골유착에 도움을 주는 세포들의 조기부착을 도와 골결합력을 향상시키는 것이다.⁹

현재 RBM 표면처리된 임플란트가 상용화되어 있으나, 이를 saline에 적신 제품은 없으며, 본 실험에서 RBM 표면처리된 임플란트와 RBM 표면처리 후 saline에 적신 임플란트의 초기 골결합력을 비교하여 임상적으로 안정적인 초기 골유착에 도움이 되는지를 알아보고자 한다. 따라서 본 실험은 RBM 표면처리된 임플란트와 RBM 표면처리 후 saline에 적신 임플란트를 토끼의 경골에 각각 식립하고 10일 후 제거회전력을 측정하여 초기 골결합력을 비교하여,¹⁰ 두 그룹간에 제거회전력에는 차이가 없다는 귀무가설 하에 실험을 진행하였다. 이와 더불어 임플란트의 표면분석을 통해 두 임플란트 표면처리 방식의 차이점에 대해서 비교해보고자 한다.

재료 및 방법

1. 임플란트 준비

사용되는 티타늄 임플란트는 토끼의 경골에 식립하기 위해 commercial Titanium grade 4를 사용하여 직경 3.3 mm, 길이 8.0 mm로 선반작업을 통해서 동일한 크기로 준비하였다. RBM 표면처리는 티타늄 임플란트를 분사기에 고정하여 RBM (주성분이 HA (Hydroxyapatite)이고, 그 외에 TCP (Tri-calcium phosphate) 및 Ca화합물이 포함)을 표면에 분사 후 기계적 세척

및 화학적 세척을 마친 후 건열멸균기를 사용하여 멸균처리하였고, 멸균실에서 진공포장을 시행하였다. Saline에 적신 임플란트의 경우 위와 동일한 과정으로 RBM 표면처리 후 saline 용액이 담긴 앰플에 넣은 것으로, 실험 2주 전에 제작하여 준비하였다.

- 대조군: RBM 표면처리 임플란트(이하 RBM)

- 실험군: RBM 표면처리 후 saline에 적신 임플란트(이하 RBM + Sal)

2. 토끼 실험 준비

평균 몸무게 3.3 kg의 뉴질랜드산 암컷 흰토끼 10마리를 실험에 사용하였다. 이번 실험은 The Animal Care and Use Committee of Kyungpook National University의 승인을 받았다 (KNU 2017-0098). 토끼는 0.2 mL/kg의 Tiletamine/Zolazepam (Zoletil, Virbac Laboratories, France)와 0.25 mL/kg의 Xylazine (Rompun, Bayer Korea, Korea)로 근육주사를 통해 전신마취하였다.

3. 수술절차

수술 부위의 털을 제거한 후 절개 전에 수술 부위를 Iodine과 75% Ethanol hybrid solution으로 소독한 후 2% 리도카인을 이용하여 수술부위를 국소마취하였다. 토끼의 경골부위를 절개한 후 피판을 거상하고, 가이드 드릴을 사용하여 식립위치를 형성한 후, 직경 3.0 mm 드릴을 사용하여 800 rpm 속도로 임플란트 고정체 식립을 위한 구멍을 형성하였다. 드릴 시에 경골의 양측 피질골이 천공되지 않도록 주의한다. 오른쪽 경골에는 대조군인 RBM 표면처리 임플란트를 생리식염수 주수 하에 식립하였고, 식립 시 식립회전력(Insertion torque, ITQ)을 측정하기 위하여 Torque gauge (MGT-12 digital torque gauge; Mark-10 Corp., New York, NY, USA)를 사용하였다. 왼쪽 경골에는 실험군인 RBM 표면처리 후 2주간 saline에 적신 임플란트를 대조군과 동일한 방법으로 식립하였다. 식립 후에는 4-0 Vicryl and 3-0 Silk를 사용하여 골막봉합 및 피부봉합을 시행하였다. 수술 후 수술부위의 소독 및 항생제를 도포하였고, 1.0 mL의 항생제(Baytril, Bayea, Germany)와 대사촉진제(Catosal, Bayer, Germany)를 4일간 근육주사하여 관리하였다. 그러나 한 마리가 수술 몇 일 후 죽어서 최종적으로 9마리를 실험에 사용하였다. 10일 후 앞서 설명한 바와 같이 마취를 시행한 후 수술 부위를 절개하여 임플란트 고정체가 식립된 부위를 노출시켜 제거회전력(Removal torque, RTQ)을 측정한 후, 토끼는 동물실험윤리에 따라 희생하였다.

4. 표면분석

(1) 표면형태 분석

두 임플란트 그룹의 표면형태를 알아보기 위해 Field emission scanning electron microscopy (FE-SEM, Hitachi SU8220, Tokyo, Japan)을 사용하여 30배율 및 2000배율로 촬영을 시행하였다.

(2) 표면 거칠기(Roughness) 측정

거칠기 측정은 RSa (Average surface roughness)와 RSq (Mean root square of the surface)를 Confocal laser scanning microscopy (Carl Zeiss, LSM 700, Oberkochen, Germany)로 측정하였고, 시편의 3 군데를 임의로 선택하여 측정 후 평균값을 사용하였다.

(3) 표면 성분분석

두 그룹의 임플란트 표면의 성분분석을 위해서 Energy dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) 및 Raman microscope (DXR SmartRaman, ThermoScientific, Madison, WI, USA)로 Raman 분광분석을 시행하였다.

5. 통계분석

실험데이터는 총 9마리의 토끼에서 측정된 값을 사용하였다. 따라서 비모수적인 통계분석법인 Mann-Whitney test를 사용해 순위합 검정을 하였고, *P*-value는 0.05로 설정하여 SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용해 분석하였다.

결과

1. 식립회전력 및 제거회전력

임플란트 식립 후 10마리 토끼 중 1마리가 죽어서 총 9마리의 토끼에서 제거회전력을 측정하였다. 식립회전력은 죽은 토끼를 제외하고 총 9마리에서 측정되었으며, 평균값으로 RBM 그룹은 12.46 ± 1.855 N·cm, RBM + Sal 그룹은 11.24 ± 1.408 N·cm로 측정되었다. 제거회전력은 평균값으로 RBM 그룹은 13.11 ± 1.597 N·cm, RBM + Sal 그룹은 11.49 ± 1.323 N·cm로 측정되었다. 통계분석에서 RBM 그룹에서 식립회전력과 제거회전력 사

Table 1. Mann-Whitney test between ITQ and RTQ in each group

	RBM	RBM + Sal
ITQ (N·cm)	84.50	82.50
RTQ (N·cm)	86.50	88.50
<i>P</i> -value	.931	.796

Table 2. Mann-Whitney test between ITQ and RTQ between groups

	ITQ (N·cm)	RTQ (N·cm)
RBM	89.00	90.50
RBM + Sal	82.00	80.50
<i>P</i> -value	.796	.666

이에는 유의미한 차이가 없었으며, RBM + Sal 그룹에서 식립회전력과 제거회전력 사이에서도 유의미한 차이는 없었다 (Table 1). RBM 그룹과 RBM + Sal 그룹간에 식립회전력에는 유의미한 차이가 없었으며, 제거회전력 또한 유의미한 차이는 없는 것으로 분석되었다 (Table 2).

2. 표면 형태

FE-SEM을 이용하여 30배율, 2,000배율로 각각 촬영한 결과, 30배율에서 두 그룹간에 특별한 차이는 보이지 않으나, RBM + Sal 그룹의 경우 불규칙한 선들이 관찰되었다. 2,000배율에서는 두 그룹 모두 불규칙하게 분화구모양으로 패인 표면형태를 관찰할 수 있었다 (Fig. 1).

3. 표면거칠기

Confocal laser scanning microscopy를 사용한 표면거칠기 측정결과 RBM 그룹의 RSa 값은 평균 0.584 ± 0.020 μ m, RSq 값은 평균 0.740 ± 0.031 μ m로 측정되었고, RBM + Sal 그룹의 RSa 값은 평균 0.676 ± 0.015 μ m, RSq 값은 평균 0.851 ± 0.023 μ m로 측정되었다 (Fig. 2).

4. 표면성분분석

EDS 분석은 각 시편의 표면성분을 분석할 수 있으며, 두 그룹에서 모두 Ti와 O와 산소원소가 가장 많이 검출되었고, RBM + Sal의 경우 추가적으로 Na과 Cl이 검출되었다 (Fig. 3, Fig. 4). Raman 분석에서는 TiO₂ 결합에서 특징적인 peak 값을 보여주었고, 특히 RBM 그룹에서 더 넓은 두께의 TiO₂ 층을 보였다 (Fig. 5).

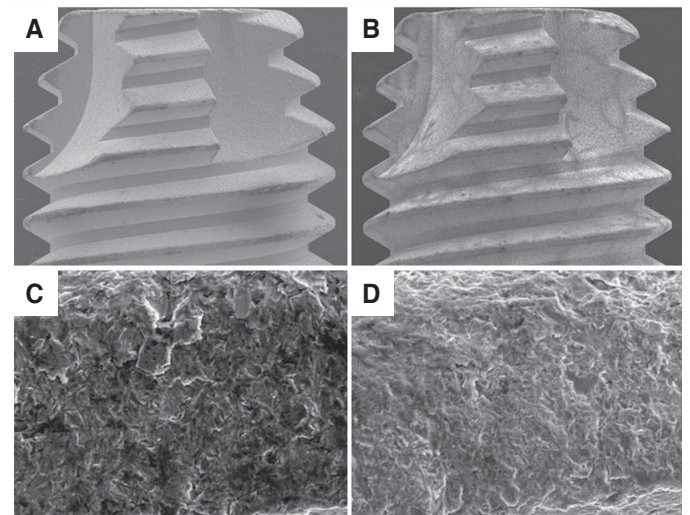


Fig. 1. FE-SEM images of RBM group and RBM + Sal group. (A) RBM group ($\times 30$ magnification), (B) RBM + Sal group ($\times 2,000$ magnification), (C) RBM group ($\times 2,000$ magnification), (D) RBM + Sal group ($\times 2,000$ magnification).

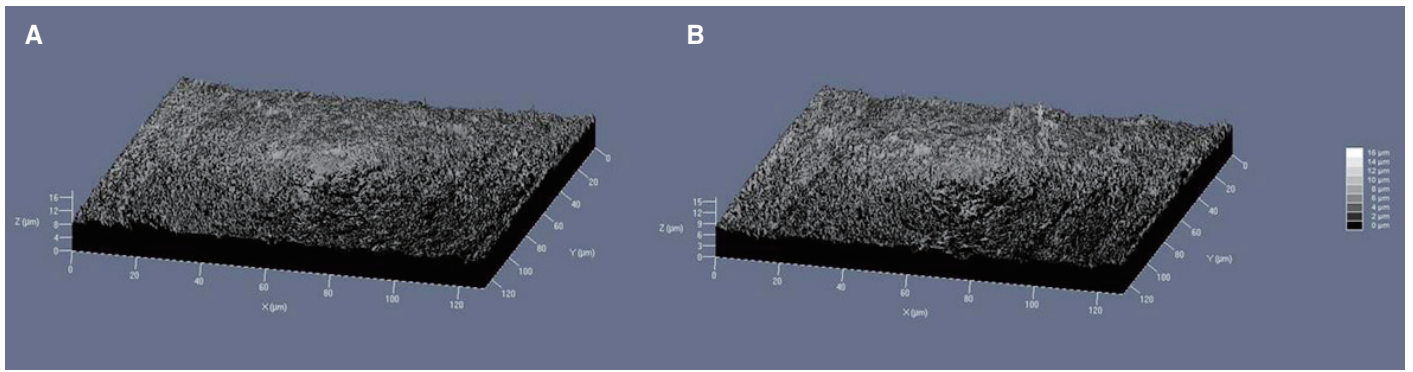


Fig. 2. Surface roughness images. (A) RBM group, (B) RBM + Sal group.

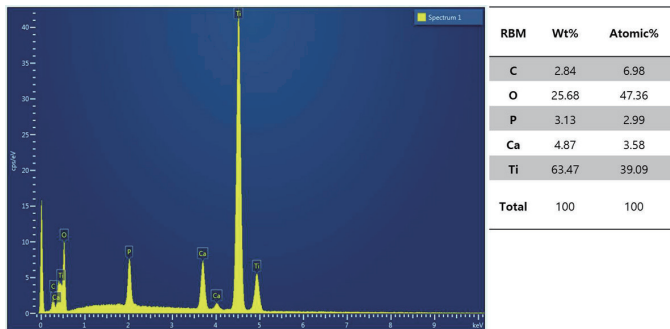


Fig. 3. EDS analysis of RBM group.

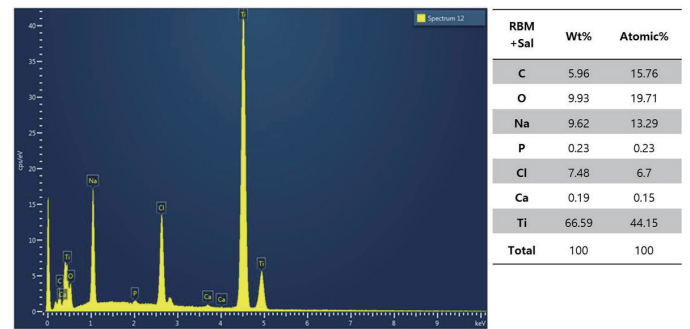


Fig. 4. EDS analysis of RBM + Sal group.

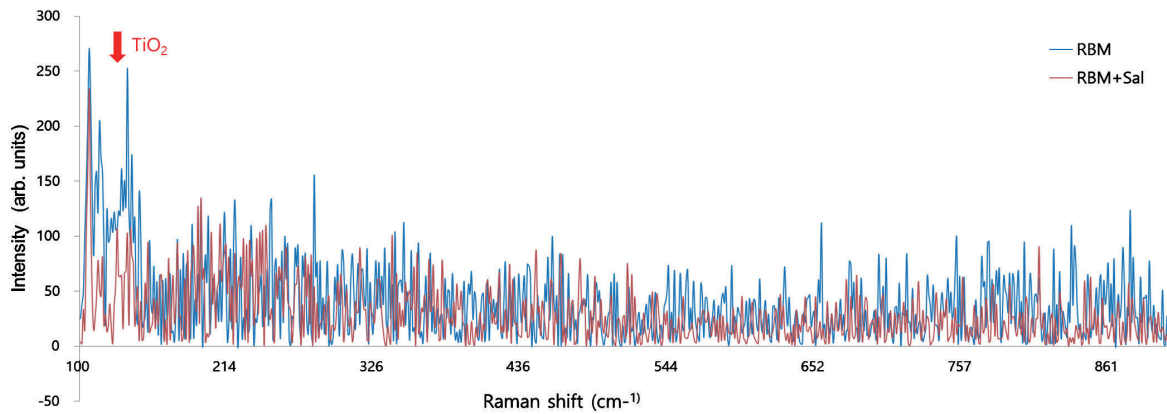


Fig. 5. Raman spectroscopy analysis of RBM group and RBM + Sal group.

고찰

예전부터 임플란트의 골결합력을 측정하는데 제거회전력을 이용한 방법을 사용하였다.¹⁰ 이는 임플란트 주위의 골과 골 사이를 파괴시키면서 발생하는 전단력을 측정하는 것으로 그 값은 임플란트의 표면거칠기 및 식립시기에 영향을 받는다. 본 실험에서는 티타늄 임플란트에 동일한 표면처리 방식을 사용하였

고, 두 임플란트 모두 같이 시기에 식립한 것으로 측정된 제거회전력은 saline에 적신 것의 유무에 의한 차이를 보일 것으로 생각하였다. 티타늄 임플란트의 산화된 표면은 주위의 공기에 노출되면서 탄화수소나 탄산염을 흡수하기 때문에 표면에너지가 낮아지게 된다.⁹ 이러한 주위 공기의 접촉에 의한 표면에너지 감소를 막기 위해서 본 실험에서는 RBM 표면처리 후 건열멸균하여 무균실험대에서 saline이 들어있는 앰플에 잠기도록 하였다. 임

플라판트 표면처리 후 saline에 적신 경우 수화된 표면에 의해서 탄화수소나 탄산염의 흡수를 억제하여 높은 표면에너지를 갖게 되고,¹¹ 표면의 친수성이 향상되어 초기 골유착에 도움이 되는 것으로 보고한 바 있다.^{6,8,12} 하지만 이번 실험에서는 saline에 적신 그룹에서 제거회전력이 식립회전력과 비교하여 유의미하게 높은 값을 나타내지 못했다. 대조군인 RBM 그룹과 비교해서도 식립회전력과 제거회전력 사이에 유의미한 차이는 보이지 않았다. 본 실험과 유사하게 친수성 임플란트와 소수성 임플란트를 각각 토끼의 경골에 식립하고 일주일 후 제거회전력을 측정된 연구에서 친수성 임플란트의 경우 $9.84 \pm 6.01 \text{ N}\cdot\text{cm}$ 을 보였고,¹³ 이와 유사하게 인산염을 침착시킨 티타늄 임플란트를 토끼의 경골에 식립하고, 2주 후 제거회전력을 측정된 결과 $21.1 \pm 9.6 \text{ N}\cdot\text{cm}$ 을 나타냈다.¹⁴ 이와 비교했을 때 본 실험에서 측정된 제거회전력이 낮다고 볼 수는 없고, 전반적으로 두 그룹의 식립회전력과 제거회전력이 비슷한 양상으로 측정된 것으로 미루어보아 실험 자체에서 기인한 문제는 아닌 것으로 생각된다.

임플란트 식립 후 제거하기까지 너무 짧은 식립기간이 실험결과에서 낮은 제거회전력값을 나타낸 것이 아닌 가 생각해볼 수도 있다. 이전의 동물실험들에서 토끼에서의 6주간의 치유기간이 인간에서 3 - 4개월과 비슷한 양상을 보인다는 연구결과가 있었고, 임플란트의 조기부하(early loading)는 인간에서는 그 기간을 임플란트 식립 후 1주 - 8주로 정하고 있다.¹⁵⁻¹⁷ 이에 본 실험에서는 인간에서 조기부하가 가능한 기간을 토끼에 적용하여 10일의 식립기간을 산출했다. 결과값에서 제거회전력이 식립회전력에 비해 다소 증가하기는 하였으나, 그 차이가 유의미한 값을 나타내지는 못했다. 충분한 골유착이 가능한 4주 후에 제거회전력을 비교했다면 유의미한 차이를 보였을지, saline에 적신 RBM 임플란트가 그렇지 않은 것에 비해 더 나은 골유착을 보였을지는 좀 더 긴 식립기간을 가지는 추가적인 실험이 필요할 것으로 생각된다.

앞서 언급한 바와 같이 임플란트의 표면거칠기가 골유착에 상당한 영향을 미친다고 언급한 바 있다. Webb 등¹⁸의 연구에서 거친표면의 임플란트에서 발생한 세포들은 osteocalcin과 alkaline phosphate를 더 많이 생산하고 이는 조골세포의 분화에 도움이 되는 것으로 밝힌 바 있다. 임플란트 표면거칠기는 크게 3가지로 구분할 수 있는데, Ra값이 $10 \mu\text{m}$ 이상을 macro-sized topology, $1 - 10 \mu\text{m}$ 를 micro-sized topology, $1 \mu\text{m}$ 보다 작을 경우 nano-sized topology로 구분한다.¹⁹ Albrektsson와 Wennerberg²⁰은 적절한 표면거칠기를 $1 - 2 \mu\text{m}$ 로 언급하였고, Hansson 등²¹은 반구모양의 소와형태로 직경 $4 \mu\text{m}$, 길이 $1.5 \mu\text{m}$ 의 표면거칠기를 가지는 것이 이론적으로 이상적인 임플란트 표면이라고 언급한바 있다. 본 실험에서 사용한 임플란트의 표면거칠기는 RBM 그룹의 경우 RSq가 $0.740 \pm 0.031 \mu\text{m}$ 였고, RBM + Sal 그룹의 RSq 값은 $0.851 \pm 0.023 \mu\text{m}$ 로 보다 작은 거칠기를 나타냈다. 나노미터 크기의 표면거칠기를 나타내는 임플란트의 경우 단백질 부착, 골형성세포 및 골유착에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다.²² 하지만 아직까지 적절한 나노미터 크기에 대해서 연구된

것이 없고, 본 실험에 사용된 임플란트의 거칠기가 $1 \mu\text{m}$ 보다 작지만 그 크기를 나노미터 크기의 임플란트로 분류하려면 이상적인 나노미터 단위의 표면거칠기에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 생각된다.

표면성분분석 중 EDS에서 saline에 적신 RBM 임플란트의 경우, Na과 Cl의 비율이 증가하였는데 saline 용액에 있는 성분이 임플란트 표면에 부착하여 성분이 나타난 것으로 보인다. 또한 RBM의 구성성분 중 hydroxyapatite 및 칼슘화합물에 의해서 Ca 성분이 검출되었다. 다만 saline에 적신 RBM 임플란트의 경우 그렇지 않은 것에 비해서 Ca 성분의 비중이 작는데(Fig. 3, Fig. 4), RBM 표면처리 후 saline이 담긴 용기에 담귀 적시는 중에 칼슘이 용해되어 비중이 작아진 것이 아닌가 생각된다. Sul 등²³은 티타늄 임플란트 표면의 칼슘이온이 초기 골유착을 향상시킨다고 토끼실험을 통해서 언급한바 있다. 감소된 칼슘이온과 제거회전력의 감소간에 상관관계는 추가적으로 saline용액에 적시기 전과 후의 용액 내 Ca 이온의 비율을 측정하고 동일한 실험을 해본다면 둘 사이의 상관관계를 밝힐 수 있을 것으로 생각된다.

Raman 분석에서는 특징적으로 TiO_2 부분에서 두꺼운 층을 보이는데, RBM + Sal 그룹에서는 RBM 그룹에 비해 그 강도가 약한 것을 알 수 있다 (Fig. 5). EDS 분석에서도 RBM + Sal 그룹에서 낮은 값의 Ti와 O 비율을 관찰할 수 있는데 (Fig. 4), 이것이 Raman 분석에서 나타난 것이 아닌가 생각된다. 하지만 어떠한 이유로 saline에 적신 RBM 그룹에서 RBM 그룹보다 낮게 Ti와 O 값이 검출되었는지는 추가적인 분석이 필요할 것으로 생각된다.

실험에서 사용된 티타늄 임플란트의 표면거칠기가 이상적인 값보다 작았던 것이 보다 안정적인 초기 골유착에 좋지 않게 작용한 것으로 생각된다. RBM을 이용한 표면삭제방식으로 얻을 수 있는 표면거칠기보다 더 큰 거칠기를 얻기 위해서 추가적으로 임플란트 표면의 산처리 혹은 보다 큰 입자의 RBM을 사용하는 등의 추가적인 실험을 해본다면 적절한 RBM 표면처리된 임플란트의 표면거칠기에서 saline에 의한 초기 골유착의 영향에 대해서 평가해볼 수 있을 것으로 기대한다.

결론

티타늄 임플란트에서 RBM 표면처리한 임플란트와 RBM 표면처리 후 saline에 적신 임플란트 사이에 초기 골결합력에 차이가 없었다. RBM 표면처리 시 표면거칠기를 더 증가시켜 saline의 골유착에 대한 영향을 알아보는 실험이 추가적으로 진행된다면 좋을 것으로 기대된다.

ORCID

Sung-Am Cho <https://orcid.org/0000-0002-8315-7833>

References

1. Anil S, Anand PS, Alghamdi H, Jansen JA. Dental implant surface enhancement and osseointegration, implant dentistry - A rapidly evolving practice. Ilser Turkyilmaz eds. Intech; 2011, p. 83-108. Available from: <http://www.intechopen.com/books/implant-dentistry-a-rapidly-evolving-practice/dental-implant-surface-enhancement-and-osseointegration>
2. Parithimarkalaignan S, Padmanabhan TV. Osseointegration: An Update. *J Indian Prosthodont Soc* 2013;13:2-6.
3. Shalabi MM, Gortemaker A, Van't Hof MA, Jansen JA, Creugers NH. Implant surface roughness and bone healing: a systematic review. *J Dent Res* 2006;85:496-500.
4. Cooper LF. A role for surface topography in creating and maintaining bone at titanium endosseous implants. *J Prosthet Dent* 2000;84:522-34.
5. Dario M, Nicola M. Surface treatments for titanium implants. *Int J Clin Dent* 2015;8:139-49.
6. de Jonge LT, Leeuwenburgh SC, Wolke JG, Jansen JA. Organic-inorganic surface modifications for titanium implant surfaces. *Pharm Res* 2008;25:2357-69.
7. Coelho PG, Marin C, Granato R, Giro G, Suzuki M, Bonfante EA. Biomechanical and histologic evaluation of non-washed resorbable blasting media and alumina-blasted/acid-etched surfaces. *Clin Oral Implants Res* 2012;23:132-5.
8. Buser D, Brogini N, Wieland M, Schenk RK, Denzer AJ, Cochran DL, Hoffmann B, Lussi A, Steinemann SG. Enhanced bone apposition to a chemically modified SLA titanium surface. *J Dent Res* 2004;83:529-33.
9. Zhao G, Schwartz Z, Wieland M, Rupp F, Geis-Gerstorfer J, Cochran DL, Boyan BD. High surface energy enhances cell response to titanium substrate microstructure. *J Biomed Mater Res A* 2005;74:49-58.
10. Carlsson L, Rötllund T, Albrektsson B, Albrektsson T. Removal torques for polished and rough titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:21-4.
11. Schwarz F, Wieland M, Schwartz Z, Zhao G, Rupp F, Geis-Gerstorfer J, Schedle A, Brogini N, Bornstein MM, Buser D, Ferguson SJ, Becker J, Boyan BD, Cochran DL. Potential of chemically modified hydrophilic surface characteristics to support tissue integration of titanium dental implants. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2009;88:544-57.
12. Rupp F, Scheideler L, Eichler M, Geis-Gerstorfer J. Wetting behavior of dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:1256-66.
13. Lee HJ, Yeo IS, Kwon TK. Removal torque analysis of chemically modified hydrophilic and anodically oxidized titanium implants with constant angular velocity for early bone response in rabbit tibia. *Tissue Eng Regen Med* 2013;10:252-9.
14. Fuming H, Guoli Y, Xiaoxiang W, Shifang Z. The removal torque of titanium implant inserted in rabbit femur coated with biomimetic deposited Ca-P coating. *J Oral Rehabil* 2008;35:754-65.
15. Albrektsson T, Brånemark PI, Eriksson A, Lindström J. The preformed autologous bone graft. An experimental study in the rabbit. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1978;12:215-23.
16. Sanz-Sánchez I, Sanz-Martín I, Figuero E, Sanz M. Clinical efficacy of immediate implant loading protocols compared to conventional loading depending on the type of the restoration: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2015;26:964-82.
17. Esposito M, Grusovin MG, Maghaireh H, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants. *Cochrane Database Syst Rev* 2013;(3):CD003878.
18. Webb K, Hlady V, Tresco PA. Relative importance of surface wettability and charged functional groups on NIH 3T3 fibroblast attachment, spreading, and cytoskeletal organization. *J Biomed Mater Res* 1998;41:422-30.
19. Le Guéhennec L, Soueidan A, Layrolle P, Amouriq Y. Surface treatments of titanium dental implants for rapid osseointegration. *Dent Mater* 2007;23:844-54.
20. Albrektsson T, Wennerberg A. The impact of oral implants - past and future, 1966-2042. *J Can Dent Assoc* 2005;71:327.
21. Hansson S, Norton M. The relation between surface roughness and interfacial shear strength for bone-anchored implants. A mathematical model. *J Biomech* 1999;32:829-36.
22. Brett PM, Harle J, Salih V, Mihoc R, Olsen I, Jones FH, Tonetti M. Roughness response genes in osteoblasts. *Bone* 2004;35:124-33.
23. Sul YT, Johansson CB, Albrektsson T. Oxidized titanium screws coated with calcium ions and their performance in rabbit bone. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2002;17:625-34.

토끼의 경골에서 RBM 표면처리 임플란트와 RBM 표면처리 후 Saline에 적신 임플란트의 제거회전력 및 표면분석 비교

권재욱 · 조성암*

경북대학교 치과대학 치과보철학교실

목적: RBM 표면처리한 티타늄 임플란트와 RBM 표면처리 후 saline에 적신 티타늄 임플란트에서 saline에 적신 경우 초기 골유착에 미치는 영향을 제거회전력 및 표면분석을 통해서 알아보려고 한다.

재료 및 방법: 대조군은 RBM 표면처리된 임플란트(이하 RBM)이고, 실험군은 RBM 표면처리 후 saline에 2주간 적신 임플란트(이하 RBM + Sal)이다. 토끼 10마리의 좌우측 경골에 각각 대조군 및 실험군 임플란트를 식립하고, 동시에 식립회전력(ITQ)을 측정한다. 10일 후 임플란트 식립부위를 노출시켜 제거회전력(RTQ)을 측정한다. 실험에 사용된 임플란트 시편의 표면분석을 위해 FE-SEM, EDS, 표면거칠기, Raman 분광분석을 시행하였다.

결과: RBM 표면처리한 티타늄 임플란트와 RBM 표면처리 후 saline에 적신 티타늄 임플란트 사이에 식립회전력 및 제거회전력은 유의미한 차이를 보이지 않았다.

결론: RBM 표면처리 후 saline에 적신 티타늄 임플란트는 RBM 표면처리만 한 티타늄 임플란트보다 초기 골유착에 긍정적인 영향을 미치지 않았다. (대한치과보철학회지 2018;56:1-7)

주요단어: 임플란트; 수산화인회석; 염화나트륨; 토끼

*교신저자: 조성암
41904 대구 중구 달구벌대로 2175 경북대학교 치과대학 치과보철학교실
053 600 7672: e-mail, sungamcho@gamil.com
원고접수일: 2017년 7월 26일 / 원고최종수정일: 2017년 9월 14일 / 원고채택일: 2017년 12월 14일

© 2018 대한치과보철학회
이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라
이용하실 수 있습니다.