

Sandblasted large grit, acid etched 표면처리에 따른 교정용 미니 임플란트의 제거회전력에 관한 연구

오남희^a · 김성훈^b · 국윤아^c · 이근혜^d · 강윤구^e · 모성서^f

Sandblasted large grit, acid etched(SLA) 표면처리 된 교정용 미니 임플란트와 평활면을 가진 교정용 미니 임플란트 사이에 제거회전력과 조직학적 소견을 통해 표면처리된 교정용 임플란트의 임상적 가능성에 대하여 알아보려고 하였다. 실험재료로는 길이가 9.5 mm, 외경이 1.8 mm인 custom made, screw shaped, titanium implants가 사용되었다. 미니 임플란트는 두개의 군으로 분류되었는데 SLA군은 20개의 SLA 표면처리된 미니 임플란트였고, 평활면군은 크기와 형태가 같지만 SLA처리공정이 생략되어 제작된 20개의 미니 임플란트로 구성되었다. 이들은 10마리 가토의 경골에 식립되었다. 각각의 가토의 우측 경골에는 SLA군의 미니 임플란트 2개가 식립되었고, 좌측 경골에는 평활면군의 미니 임플란트 2개가 식립되었다. 각 군에는 식립 직후 Ni-Ti coil spring에 의해 약 150 g의 지속적인 견인력이 주어졌다. 식립 6주 후에 10마리의 가토를 희생하였고, 안정된 상태에서 Ni-Ti coil spring을 제거하였으며 digital torque gauge를 이용하여 제거 회전력을 측정하였다. 식립 6주 후에 SLA군의 경우 (8.29 Ncm) 평활면군 (3.34 Ncm)에 비해 더 높은 평균 제거회전력을 나타내었고 조직학적 소견에서도 screw 하방에서의 신생골 형성이 관찰되었다. SLA 표면처리된 미니 임플란트는 평활면 미니 임플란트에 비해 좀 더 강한 교정력에 저항할 수 있을 것으로 예상되었다. (대치교정지 2006;36(5):324-30)

주요 단어: 표면처리, 제거회전력, 미니 임플란트

서론

교정 치료 시 원치 않는 치아이동을 막기 위하여 고정원의 확보는 매우 중요하다. 과거에는 여러 개의 치아를 하나로 연결하거나 또는 구강의 장치를 고정원으로 사용하였지만 치아의 이동을 막기 어려웠으며, 환자의 협조도 부족, 장치의 불편감, 비심미성 등의 문제점을 해결하기 어려웠다.

이러한 문제점들을 개선하기 위해 현재 많은 교정

용 미니 임플란트가 개발되었고, Creekmore와 Eklund,¹ Kanomi,² Costa 등,³ Park 등^{4,5}은 교정용 미니 임플란트의 고정원으로서의 유용성을 임상증례를 통해 보고하였다. 그러나 교정영역에서의 구강내 고정원으로 사용되는 교정용 미니 임플란트는 탈락과 다양한 multidirectional dynamic force에 저항하는데 한계가 있어 이러한 문제를 해결하기 위해 더 강한 결합을 유도할 수 있는 방법이 있어야 할 것으로 생각된다.

교정용 미니 임플란트는 지금까지는 표면처리를 하지 않은 미니 임플란트가 주로 사용되어 왔다. 그러나 보철용 임플란트의 경우 표면처리를 한 경우에서 더 높은 골 결합과 골 유착을 보여주는 많은 논문들이 발표되었고⁶⁻¹¹ 실제로 표면처리된 임플란트가 임상에 많이 사용된다. 이 연구에서는 골유착을 잘 유도하는 것으로 알려진 SLA (sand blasted, large grit, acid etched)표면처리를 한 교정용 미니 임플란트와, 같은 형태 및 규격이지만 평활면인 교정용 미니 임플란트 사이의 제거회전력과 조직 표본을 비교하여

^a개인 치과 의원.

^b조교수, 가톨릭대학교 의정부성모병원 교정과.

^c부교수, ^e임상강사, 가톨릭대학교 강남성모병원 교정과.

^d전임강사, 가톨릭대학교 성가병원 교정과.

^f조교수, 가톨릭대학교 성모병원 교정과.

교신저자 : 모성서

서울시 영등포구 여의도동 62번지 성모병원 교정과

02-3779-1319: e-mail, dmoss@catholic.ac.kr.

원고접수일: 2006년 1월 4일 / 원고최종수정일: 2006년 6월 5일 /

원고채택일: 2006년 6월 20일

*본 논문은 가톨릭대학교 성모병원 임상의학연구비 지원으로 이루어졌음.

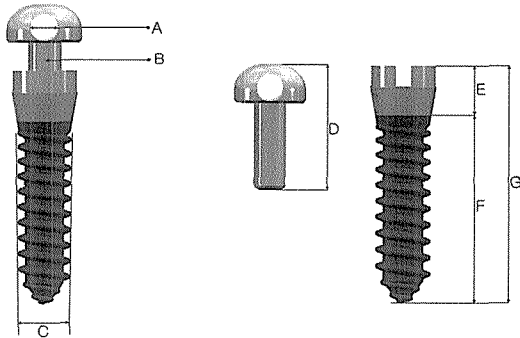


Fig 1. Schematic illustration of C-implant. A, Hole for wire; B, groove for elastic; C, width of screw part, 1.8 mm; D, Head part; E, Upper 2.5 mm of screw part; F, Lower 7.5 mm of screw part; G, Length of screw part: 9.5 mm.

교정용 미니 임플란트에서의 Sandblasted large grit, acid etched (SLA) 표면처리 효과에 대하여 연구해보고자 한다.

연구방법

실험동물과 마취방법

본 연구에 약 3.0~3.4 kg의 가토가 10마리 사용되었다. ketamine (Ketara, Yuhan Corporation, Seoul, Korea, 44 mg/kg of body weight)과 xylazine (Rompun, Bayer Korea, Seoul, Korea, 7 mg/kg of body weight)을 근육내 주사하여 마취하였고, 국소마취와 지혈효과를 위하여 수술부위에 1.8 ml의 국소마취제 (2% Lidocaine with 1:100,000 epinephrine, Yuhan Corporation, Seoul, Korea)를 주사하였다. 수술 후에는 항생제 (Baytril, Bayer Korea, Seoul, Korea)를 마리당 0.3 mg 주사하였고, 수술 6주 후 정맥에 공기를 주사하여 가토를 희생하였다.

교정용 미니 임플란트

총 40개의 직경 1.8 mm, 길이 9.5 mm의 C-implant (Cimplant, Seoul, Korea)가 사용되었다 (Fig 1). C-implant는 표면처리 여부에 따라 SLA (sand blasted, large grit and acid etched) 표면처리한 군, 평활면으로 된 군으로 각각 20개씩 두 군으로 나뉘었다. SLA군의 경우 screw part 9.5 mm 길이 중 상부

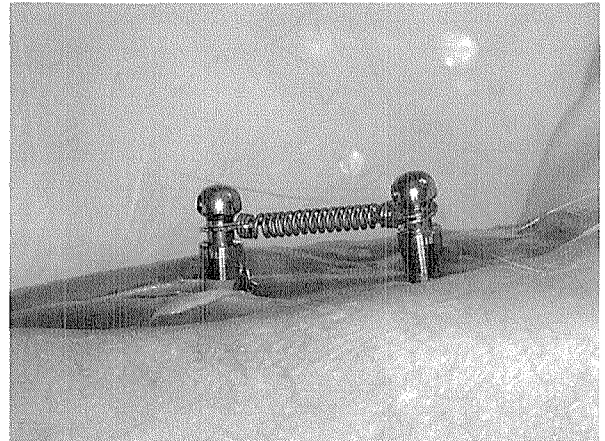


Fig 2. Immediate loading with Ni-Ti coil spring of 150 g force in rabbit tibia.

2.0 mm는 평활면으로 되어있고 하부 7.5 mm에 표면처리가 되어있어 골내에는 표면처리된 하부 7.5 mm만 식립되도록 하였고 평활면군에서는 하부 7.5 mm에 특별한 표면처리를 하지 않았으며, SLA군과 마찬가지로 하부 7.5 mm만 골내에 식립하였다.

미니 임플란트 식립

수술 전에 수술 부위를 면도하고 iodine과 70% ethanol으로 소독하였다. 피부와 근막, 골막을 관통해 절개를 하여 가토의 경골을 노출시켰다. 관류를 많이 하면서 저속 핸드피스를 이용하여 1.5 mm 직경의 guide drill로 피질골층만을 관통시켰다. C-implant의 screw part를 골 내에 식립한 후 head part를 연결하였다. 평활면군의 C-implant가 가토의 좌측 경골에 마리당 2개씩 식립되었고, SLA군의 C-implant는 우측에 동수로 식립되었다. C-implant의 screw part 식립 후 head part가 연결되었으며 즉시 8 mm의 Ni-Ti coil spring을 연결하여 C-implant에 150 g의 견인력을 가하였다 (Fig 2). 그 후에 근막과 피부를 흡수성 봉합사로 각각 봉합하였다.

제거회전력 측정

식립 6주 후에 10마리의 가토를 희생시켰다. C-implant가 식립된 부분은 박리하여 노출시키고 C-implant의 head part와 Ni-Ti coil spring을 조심스럽게 제거하였다. 가토의 다리를 단단히 잡고 digital

Table 1. Mean values and standard deviations of removal torque moment in SLA and smooth surface groups (Ncm)

	Number	Mean	Standard deviation	Significance
SLA group	20	8.29	3.12	< 0.0001
Smooth surface group	20	3.34	1.36	

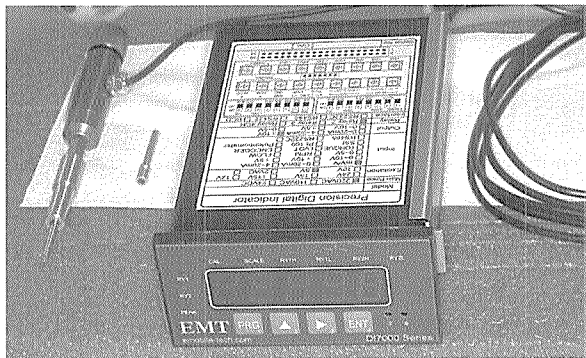


Fig 3. Digital gauge used to measure removal torque moment (Ncm).

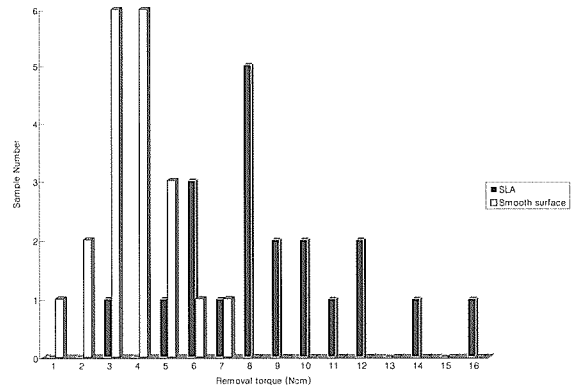


Fig 4. Distribution of removal torque moment in SLA and smooth surface groups.

torque gauge (Emobiletech, Seoul, Korea) (Fig 3)를 사용하여 C-implant를 역방향으로 회전시키며 제거회전력의 최고 값을 측정하였다.

조직 표본 제작

경골에 식립된 교정용 미니 임플란트의 제거회전력을 측정 후 미니 임플란트를 조심스럽게 반시계 방향으로 역회전시켜 제거한 다음 식립되었던 부위를 4% paraformaldehyde으로 고정하였다. 왁스 포매하여 hematoxylin-eosin 염색한 후 4 μm의 두께로 조직 표본을 제작한 후 광학현미경으로 관찰하였다.

통계분석법

측정된 제거회전력의 평균치를 산출하였으며 SLA군과 평활면군 간의 각각의 제거회전력 값은 t-test를 이용하여 분석하였다. 모든 통계처리는 유의수준 $p < 0.05$ 에서 행해졌다.

연구성적

SLA군에서의 평균 제거회전력(removal torque

moment)은 8.29 Ncm으로 평활면군의 3.34 Ncm에 비해 유의성 있게 높게 나타났다. 각 군에서의 개체의 제거회전력 값은 Fig 4와 같았고 평균값과 표준편차는 Table 1과 같이 나타났다. 두 군간의 t-test 결과는 통계학적으로 유의성 있게 나타났다 ($p < 0.05$).

조직학적 소견에서 SLA군은 screw에 의한 관통 부위가 피질골을 지나 해면골에까지 연장되어 있었으며 특이할 만한 염증 소견은 관찰되지 않았다. 피질골 부위에서 screw를 따라 골수방향으로 신생 치밀골이 형성되었으며 해면골 부위의 screw의 대부분 표면은 신생 치밀골 조직에 의해 둘러 싸여져 있었으며 횡적으로도 신생골이 형성되었다. 또한 피질골 외면에서도 일부 신생골의 형성이 관찰되었다 (Fig 5, A, B).

평활면군에서는 SLA 표면처리 한 군과 유사하게 screw는 피질골 및 해면골까지 관통하였으며 염증 소견은 없었다. 이 군에서도 신생골의 형성이 다수 관찰되어 있었으나 이 신생골은 형성정도와 골밀도가 SLA군에 비하여 적었으며 세포 성분도 많아서 SLA군에 비해 미성숙한 골조직의 양상을 보였으며 일부에서는 신생골의 형성이 관찰되지 않았으며 screw의 표면이 치밀한 섬유성 조직에 의해 덮혀 있

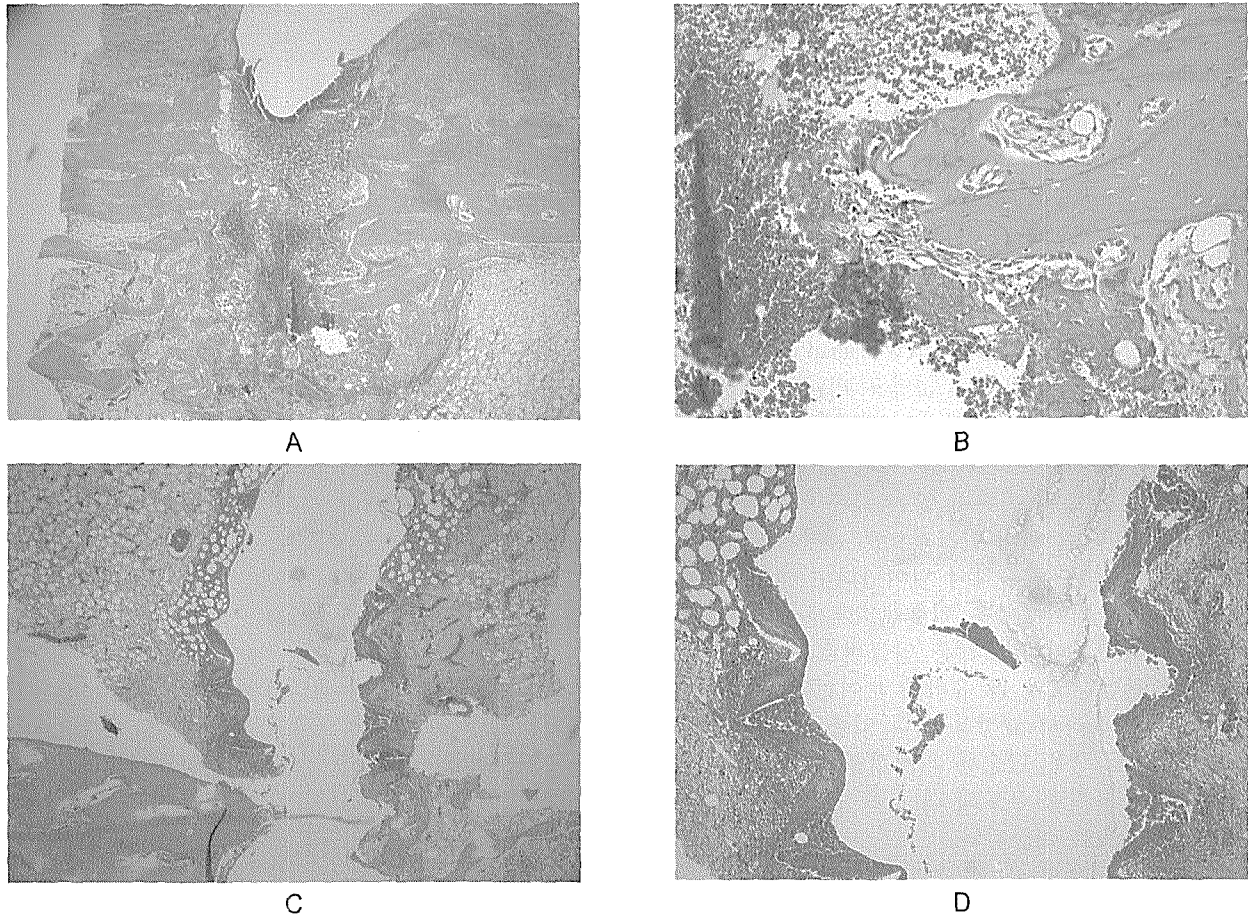


Fig 5. Histologic photographs of SLA and smooth surface mini-implant groups at six weeks after loading A, H&E staining, X 40; B, H&E staining, X 100 (in SLA group); C, H&E staining, X 40; D, H&E staining, X 100 (in smooth surface group).

었다 (Fig 5, C, D).

고찰

교정치료 시 현재 사용되는 교정용 미니 임플란트는 과거 고정원의 한계나 문제점의 많은 부분을 해결해 주었다. 환자의 적극적인 협조를 필요로 하는 전통적인 anchorage 조절법 보다는 미니 임플란트를 이용한 skeletal anchorage가 좀 더 효과적인 방법으로 제시되어 다양한 임상적용이 소개되었다.^{4,5} 기존의 연구에서 교정용 미니 임플란트는 주로 mechanical retention에 의해 유지된다고 주장되어 왔다.¹² 이러한 주장은 교정용 미니 임플란트는 치료 후 제거되어야 하기 때문에 골유착이 일어나면 제거에 어려움이 있고 골유착이 아닌 기계적인 유지만으

로도 교정치료 영역에서 충분히 역할을 할 수 있다고 주장한다.¹³

그러나 교정치료 시 다수 치아 이동이나 회전력에 의해 저항하기 위해서는 주로 mechanical interlocking에 의해 유지되는 지금까지의 교정용 미니 임플란트의 경우 여러 개의 교정용 미니 임플란트를 식립해야 하거나 미니 플레이트를 사용해야 하는 등 골과의 결합이 약해 그 사용방법이 제한된 점이 있고, 또한 임상적용 중 미니 임플란트가 헐거워져 사용할 수 없게 되는 경우가 종종 있어왔다. 이러한 이유로 교정용 미니 임플란트의 유지력과 관련되어 계속 연구되어 왔다.

교정용 미니 임플란트의 유지력에 관련되는 요소들은 여러 가지가 있다. Yoon 등¹⁴은 식립위치에 따라 충분한 길이의 screw를 식립하면 안정적이라는

연구결과를 보고하였고, Lim 등¹⁵은 교정용 미니 임플란트의 유지력은 screw의 길이보다는 직경과 밀접한 상관관계가 있어 직경이 클수록 유지력이 증가한다고 보고한 바 있다. 또한 Huja 등¹⁶은 cortical bone의 두께에 대한 미니 임플란트의 유지력과의 관계에 대해서 pull-out strength를 측정할 결과 cortical bone의 두께가 두꺼울수록 더 높은 pull-out strength를 나타낸다고 하였다.

지금까지의 교정용 미니 임플란트에 대한 연구는 대부분 표면처리하지 않은 screw shaped microimplant에서 이루어 졌으며, 이는 교정용 미니 임플란트가 기계적 결합에 의해 유지된다는 개념 하에서 이루어 졌다. 그러나 Cho¹⁷는 교정용 미니 임플란트에서도 교정의사가 원하던 원하지 않든 골유착이 일어났으며, 교정치료기간 내내 안정적으로 유지되었던 미니 임플란트의 경우 골유착이 일어났다고 보고하였다. 또한 기존의 치아수복용 임플란트에서 표면처리를 한 경우 표면처리하지 않은 임플란트와 비교해 더 높은 골 결합강도와 골 유착을 보이는 것으로 알려져 있다.⁶⁻¹¹ 따라서 교정용 미니 임플란트에서도 표면처리를 할 경우 단순한 기계적인 유지만이 아닌 더 많은 골 유착을 유도해 더 강한 교정력에 저항할 수 있을 것으로 예상된다.

미니 임플란트의 유지력을 측정하는 여러 가지 방법^{16,17}이 있지만 이번 실험에서는 제거 회전력을 사용하였다. 제거회전력을 측정한 목적은 실제로 미니 임플란트를 제거하는데 사용되는 힘의 방향으로 미니 임플란트와 골조직간의 골유착이 일어났을 때 쉽게 제거가 가능한지, 기계적인 유지력을 목표로하는 미니 임플란트에서 취약한 것으로 생각되는 회전력에 대하여 어떤 차이가 있는지 임플란트와 골조직간의 유합 정도를 간접적으로 측정^{18,19}하기 위함이다.

또한 Roberts 등²⁰에 의하면 가토에서 수술 후 골 유착을 위해서 woven bone이 성숙한 lamella bone으로 대체되는 골 개조 사이클이 6주가 걸린다고 보고한 바 있어 이번 연구에서 미니 임플란트 식립 6주 후의 SLA군과 평활면군간의 제거회전력과 조직소견을 비교하였다.

SLA군의 경우 평균 제거회전력은 8.29 Ncm으로 평활면군(3.34 Ncm)에 비해 두 배 이상 높게 나왔으며, 조직 소견에서도 더 양호한 골 형성 양상을 보여주었다. 이 결과로 미루어보아 현재 사용하는 표면처리 하지 않은 미니 임플란트에 비해 탈락율의 감소와 더 다양한 범위의 임상적용이 가능할 것으로

예상된다.

다만 이번 연구는 SLA 표면처리 여부에 따라서만 골 결합 정도를 비교하였으므로 다양한 표면처리 방법에 따른 유지력의 차이에 대한 조사가 더 필요할 것으로 보이며, 치아수복용 임플란트와 비교했을 때는 아직도 상당한 제거회전력의 차이를 보이는데 이는 직경의 차이가 영향을 주는 것으로 생각된다. 그러나 교정치료 시 치근 사이에 식립해야 하기 때문에 직경을 더 크게 하는 것은 임상적으로 바람직하지 않은 것으로 생각된다.

이번 연구에 있어서의 한계점은 인간이 아닌 가토에서 진행된 실험이므로 인간의 골질(bone quality), 시간(healing time) 등에서 차이가 있을 수 있을 것으로 예상되고, 실험에서 개체간의 편차가 커 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

결론

SLA 표면처리된 미니 임플란트는 평활면 미니 임플란트에 비해 통계적으로 유의하게 큰 제거회전력을 보였으며 따라서 좀 더 강한 교정력에 저항할 수 있을 것으로 예상되었다.

참고문헌

1. Creekmore TD, Eklund MK. The possibility of skeletal anchorage. *J Clin Orthod* 1983;17:266-9.
2. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage *J Clin Orthod* 1997;31:763-7.
3. Costa A., Raffaini M., Melsen B. Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1998;13:201-9.
4. Park HS. A new protocol of the sliding mechanics with Micro-Implant Anchorage (M.I.A) *Korean J Orthod* 2000;30:677-85.
5. Park HS. Clinical study on success rate of microscrew implants for orthodontic anchorage. *Korean J Orthod* 2003;33:151-6.
6. Klokkevold PR, Nishimura RD, Adachi M, Caputo A. Osseointegration enhanced by chemical etching of the titanium surface. A torque removal study in the rabbit. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:442-7.
7. Cordioli G, Majzoub Z, Piattelli A, Scarano A. Removal torque and histomorphometric investigation of 4 different titanium surfaces: an experimental study in the rabbit tibia. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:668-74.
8. Klokkevold PR, Johnson P, Dadgostari S, Caputo A, Davies JE, Nishimura RD. Early endosseous integration enhanced by dual acid etching of titanium: a torque removal study in the rabbit. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:350-7.
9. Lim YJ, Oshida Y, Andres CJ, Barco MT. Surface characterization of variously treated titanium materials. *Int J Oral Maxillofac Implants*

- 2001;16:333-42.
10. Cho SA, Park KT. The removal torque of titanium screw inserted in rabbit tibia treated by dual acid etching. *Biomaterials* 2003;24: 3611-7.
 11. Cho SA, Jung SK. A removal torque of the laser-treated titanium implants in rabbit tibia. *Biomaterials* 2003;24:4859-63.
 12. Maino BG, Bednar J, Pagin P, Mura P. The spider screw for skeletal anchorage. *J Clin Orthod* 2003;37:90-7.
 13. Kyung SH, Lim JK, Park YC. The use of miniscrew as an anchorage for the orthodontic tooth movement. *Korean J Orthod* 2001;31:415- 24.
 14. Yoon BS, Choi BH, Lee WY, Kim KN, Shim HB, Park JH. A Study on Titanium Miniscrew as Orthodontic Anchorage; an experimental investigation in dogs. *Korean J Orthod* 2001;31:517-23.
 15. Lim JW, Kim WS, Kim IK, Son CY, Byun HI. Three dimensional finite element method for stress distribution on the length and diameter of orthodontic miniscrew and cortical bone thickness. *Korean J Orthod* 2003;33:11-20.
 16. Huja SS, Litsky AS, Beck FM, Johnson KA, Larsen PE. Pull-out strength of monocortical screws placed in the maxillae and mandibles of dogs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:307-13.
 17. Cho JH. The effects on orthodontic miniscrew implants according to the timing of force application. PhD Thesis, Yonsei University, 2003.
 18. 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.
 19. Johansson CB, Albrektsson T. A removal torque and histomorphometric study of commercially pure niobium and titanium implants in rabbit bone. *Clin Oral Implant Res* 1991;2:24-9.
 20. Roberts WE, Smith RK, Zilberman Y, Mozsary PG, Smith RS. Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implants. *Am J Orthod* 1984;86:95-111.

Removal torque of sandblasted large grit, acid etched treated mini-implant

Nam-Hee Oh, DDS, MSD,^a Seong-Hun Kim, DDS, MSD,^b
Yoon-Ah Kook, DDS, MSD, PhD,^c Keun-Hye Lee, DDS, MSD,^d
Yoon-Goo Kang, DDS, MSD,^e Sung-Seo Mo, DDS, MSD^f

Objective: The purposes of this study were to evaluate the differences between sand blasted, large grit and acid-etched (SLA) treated mini-implants and smooth surface orthodontic mini-implants in relation to the removal torque as well as the histologic analysis. **Methods:** Custom-made, screw-shaped, titanium implants with a length of 9.5 mm and an outer diameter of 1.8 mm were divided into 2 groups; the SLA group (20 SLA treated orthodontic mini-implants) and the smooth surface group (20 smooth surface mini-implants), and placed in the tibia metaphysis of 10 rabbits. Each rabbit had 4 mini-implants placed, 2 in each tibia. The right tibia were implanted with the SLA group mini-implants and the left tibia had the smooth group mini-implants placed. Each mini-implant group were immediately applied with a continuous traction force of 150 g using a Ni-Ti coil spring. The rabbits were sacrificed 6 weeks post-surgically. Subsequently, the legs were stabilized, the Ni-Ti coil springs were removed and the mini-implants were removed under reverse torque rotation with a digital torque gauge. **Results:** 6 weeks after placement, the SLA group presented a higher mean removal torque value (8.29 Ncm) than the smooth group (3.34 Ncm) and histologic analysis revealed a higher new bone formation aspect along the screw in the SLA group. **Conclusion:** Results of this study indicates that SLA treated mini-implants may endure higher orthodontic forces without loosening. (*Korean J Orthod* 2006;36(5):324-30)

Key words: Surface treatment, Removal torque, Mini-implant

^aPrivate practice

^bAssistant Professor, Department of Orthodontics, Uijeongbu St Mary's Hospital.

^cAssociate Professor, ^eClinical fellow, Department of Orthodontics, Kangnam St Mary's Hospital.

^dInstructor, Department of Orthodontics, Holy Family Hospital.

^fAssistant Professor, Department of Orthodontics, St Mary's Hospital.

Corresponding Author: Sung-Seo Mo

*Department of Orthodontics, St Mary's Hospital, #62 Yeouido-Dong, Yeongdeungpo-Gu, Seoul, 150-713, Korea.
+82 2 3779 1319; e-mail, dmoss@catholic.ac.kr.*

Received January 4, 2006; Last Revision June 5, 2006; Accepted June 20, 2006.