

분사처리 후 산부식 표면처리된 교정용 미니 임플란트의 골유착능에 관한 연구

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

본 연구에서는 교정 치료 시 골내 고정원으로 사용되는 교정용 임플란트의 표면처리 여부가 골유착능에 있어서 어떠한 효과를 보이는지 제거회전력의 측정을 통해 알아보고자 하였으며, 그에 따른 교정력 적용의 확장과 임상적 의의를 알아보고자 하였다. 실험군은 분사처리 후 산부식(Sand-blasted Large grit, and Acid etched, SLA) 표면 처리된 교정용 미니 임플란트인 C-implant (Cimplant, Seoul, Korea)를 사용하였으며 대조군은 같은 디자인이지만 표면 처리를 하지 않은 평활면 C-implant를 사용하였다. 실험군과 대조군을 각각 2개씩 11마리의 가토 경골에 식립하였고 식립 후 6주에 가토를 희생시켜 제거회전력을 측정하여 *t*-test를 통하여 두 군의 제거회전력 차이의 통계적 유의성을 알아보았으며 조직표본을 만들어 조직소견을 관찰하였다. 실험결과 제거회전력은 SLA 처리한 C-implant 군이 평활면 C-implant 군보다 통계적으로 유의성 있게 높은 결과를 보였다 ($p < 0.05$). 평활면 C-implant 군의 평균 제거회전력 값은 4.614 Ncm이고, SLA C-implant 군의 평균 제거회전력 값은 6.286 Ncm로, SLA 군이 평활면 군보다 73% 더 높은 제거회전력에 대한 저항성을 나타내었다. 이상의 연구 결과에서 SLA 표면처리가 C-implant의 골유착능을 증가시켰음을 알 수 있었다. 따라서 표면 처리된 교정용 미니 임플란트는 기존의 임플란트에 비해 좀 더 강한 힘에 저항할 수 있으며 탈락률을 낮출 수 있을 것으로 생각된다. (대치교정지 2008;38(5):328-336)

주요 단어: 표면 처리, 제거회전력, 골유착, 교정용 미니 임플란트

서론

교정치료 시 고정원은 진단 및 치료계획에서 치료 종료까지 필수적으로 고려해야 할 중요한 요소 중 하나이다. 치아이동이나 악안면 정형력의 저항원은 구강 내 또는 구강 외에서 얻을 수 있다. 구내 저항원을 보강하기 위하여 사용되는 구외 저항원은 안정적이기는 하나, 전적으로 환자의 협조도에 의존해야 하는 단점이 있으며, 교정력의 적용방향과 범

위의 제한과 함께 비심미적이라는 한계가 있다. 따라서 이와 같은 단점을 개선하기 위해 골 내에서 저항원을 찾는 시도가 연구되어 왔었다.

Gainsforth와 Higley¹는 최초로 비탈륨 스크류를 개의 악골에 심어서 기저골 고정원의 개념을 도입하여 교정력을 적용시켰고, Creekmore와 Eklund²가 비탈륨 스크류를 사람의 전비극에 사용하여 상악전치의 압하 증례로서 최초의 임상보고를 하였다. 그 후 골유착성 임플란트의 급속한 발전과 함께 이를 골내 저항원으로 사용하려는 시도가 있었다. 그러나 짧은 직경, 높은 비용, 복잡한 시술과정과 긴 치유기간이 필요한 점 등의 단점을 개선하기 위해 교정용 티타늄 미니 임플란트가 Creekmore와 Eklund,² Kanomi,³ Costa 등,⁴ Melson과 Verna,⁵ Park^{6,7}의 임상증례를 통해 제안되었다. 이러한 교정용 미니 임플란트는 생체 친화성뿐 아니라 임플란트에 비해 크기가 작고, 매식과 제거가 용이하며, 식립 위치에 따른 적용 제한이 적다. 임상적으로 전통적인 고정원에 비하여 비슷하거나 더 나은 치료결과를 제공

^a대학원생, 가톨릭대학교 임상치과대학원.

^b임상강사, ^c조교수, ^d전임강사, ^e부교수, 가톨릭대학교 의과대학 치과학교실 교정과.

교신저자: 김성훈.

경기도 의정부시 금오동 65-1 가톨릭대학교 의정부성모병원 치과교정과. 031-820-3184; e-mail, bravortho@catholic.ac.kr.

원고접수일: 2006년 3월 29일 / 원고최종수정일: 2008년 7월 11일 / 원고채택일: 2008년 7월 13일.

DOI: 10.4041/kjod.2008.38.5.328

*본 논문은 가톨릭대학교 의정부성모병원 임상의학연구소, 가톨릭대학교 임상치과대학원, 한국급속교정연구회 지원 연구비에 의해 연구되었음.

할 수 있으며, 아울러 환자의 불편감도 적고 비용도 저렴한 장점이 있다.

대부분의 교정용 미니 임플랜트의 표면은 평활면으로 골내 저항원의 성격이 골유착인지 기계적 접촉에 의한 저항인지 밝혀지지 않은 상태이고 적용되는 고정력은 일정한 방향이며 약 150 - 250 gm의 범위여야 하는 한계가 있었다. 그러나, 이러한 교정용 미니 임플랜트의 골유착능이 증가된다면 적용시키는 고정력의 범위를 넓힐 수 있을 것으로 생각된다. 한편 성공적인 골유착을 위하여 임플랜트의 구조와 표면처리가 중요한 요소임이 밝혀졌고 표면의 거칠기 증가에 관한 많은 연구가 있었다.⁸⁻¹³ 임플랜트의 표면처리에는 티타늄 장막 도포(titanium plasma spray), 희박산수 처리(acid pickling), 산부식(acid etching), 분사처리(sandblasting) 등의 방법이 시도되었다. 이러한 처리를 함으로써 임플랜트의 골유착을 증가시킬 수 있다는 것에 기초하여 최근 연구에서는 분사처리 후 산부식한 SLA (sandblasted large grit and acid etched) 임플랜트가 골과 임플랜트 사이의 골유착능을 높인다는 보고가 있었다.^{7,8,11}

만약 티타늄 미니 스크류 표면처리를 통하여 골유착이 충분히 일어난다면, 보통 적용되는 고정력보다 큰 힘이 요구되는 회전력이나 약간 고정력, 악정형력에도 저항할 수 있는 고정원을 제공할 수 있을 것이라고 생각된다. 또한 탈락을 감소와 유지력 향상으로 교정치료 술식의 범위도 넓힐 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 SLA 표면 처리된 교정용 미니 임플랜트 군과 평활면 군 간의 제거회전력의 측정 및 비교

를 통해 교정용 미니 임플랜트의 표면처리 여부에 따른 골유착능의 차이와 그에 따른 임상적용의 유용성에 대하여 알아보하고자 하였다.

연구방법

실험동물과 실험재료

체중 3.0 - 3.5 kg의 가토(뉴질랜드 산, white rabbit) 11마리를 사용하였고 예비실험을 시행하여 가토의 경골(tibia bone)을 채취하고 정상 해부학적 구조를 인지하였다. 전신마취를 위하여 Ketamin (Ketara, Yuhan, Seoul, Korea) 30 mg/kg과 Xilaxine (Rompun, Bayer Korea, Seoul, Korea) 10 mg/kg을 혼합하여 근육주사 하였다.

수술에 앞서 마취된 가토를 양와위로 수술대에 고정하고 경골의 수술부위를 제모한 후 국소마취와 지혈 목적으로 1 : 100,000 epinephrine을 함유한 2% lidocane (Yuhan, Seoul, Korea)을 골막하로 침윤마취를 하였다. Iodine과 70% ethanol 용액으로 소독하고 수술포를 덮은 후, 피부, 근막, 골막의 절개를 통해 경골의 metaphysis를 조심스럽게 노출하였다.

경골의 전내측의 평평한 면에 SLA로 표면처리된 C-implant (Cimplant, Seoul, Korea)와 평활면 C-implant를 각각 2개씩 좌우측으로 나누어 한 마리당 4개씩 총 44개의 C-implant를 가토 11마리의 양쪽 경골에 10 mm의 간격을 두고 식립하였다. 좌측 경골에는 평활면 C-implant를, 우측 경골에는 SLA 표면 처리한 C-implant를 식립하였다. 식립 시 직경

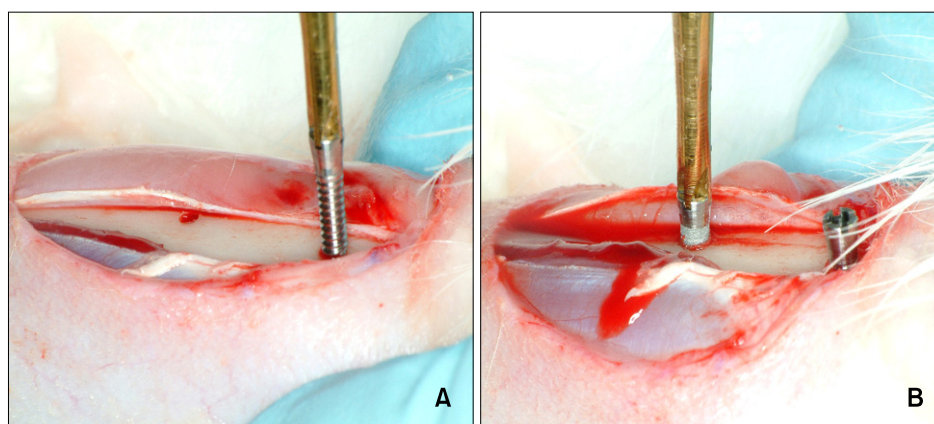


Fig 1. Placement of C-implant. **A**, The machined C-implant placed on the right side of the tibia; **B**, the SLA treated C-implant placed on the left side of the tibia.

1.5 mm의 guide drill (Stryker-Leibinger, Muehlheim, Germany)과 1,250 rpm의 저속엔진으로 주수하에 경골의 상부 피질골을 천공하였다. 역시 주수하에 C-implant의 스크류 부위를 식립한 후 흡수성 봉합사를 이용하여 층별 봉합으로서 근막과 피부를 봉합하였다. 술 후에 항생제와 진통제를 3일 동안 투여하여 술 후 관리를 하였다 (Fig 1).

SLA C-implant의 디자인은 두 부분으로 구성되어 있으며 스크류 부위와 머리 부위로 나뉘어진다. 스크류 부위는 1.8 mm 지름과 9.5 mm의 길이를 가지며 연조직과 접촉하는 상부 2 mm를 제외한 나머지 7.5 mm는 SLA 표면을 가진다. 머리 부위는 2.5 mm의 지름을 가지고 스크류 부위와 연결 시 각각 1 mm, 2 mm, 3 mm의 높이를 갖는 3종류로 구성되어 있다 (Fig 2). 본 실험에서는 머리 부위는 접합하지 않았다.

교정용 미니임플란트의 제거회전력 측정과 조직학적 관찰

술 후 6주 때 11마리의 가토를 전신마취 후 공기를 정맥 내 주입하여 희생시켰다. 희생된 토끼는 수술부위의 절개를 통하여 임플란트 주위의 골과 연조직을 조심스럽게 박리하였다. C-implant가 식립되어 있는 다리를 고정시키고 교정용 미니 스크류의 머리부의 홈에 맞게 제작된 드라이버가 연결된 0.01 Ncm의 정확도를 가진 디지털 토크 측정기 (Fig 3). (D-1700, Emobile Tech, Seoul, Korea)를 반시계 방향으로 돌려 골과 임플란트의 분리가 느껴질 때



Fig 2. SLA C-implant (Cimplant, Seoul, Korea). Two component design with head part and screw part.

까지 천천히 토크량을 증가시켰으며, 임플란트와 골 사이의 분리가 일어나 회전시키는 데 필요한 최대값을 제거회전력(Ncm)으로 측정하였다. 측정된 제거회전력의 데이터는 independent *t*-test로 통계적인 유의성을 검사하였다

희생시킨 가토의 좌우측 경골에서 상부는 슬관절 부에서부터, 하부는 최하방 교정용 미니 스크류로부터 30 mm 떨어진 지점까지 절단하여, 채득된 조직을 4% paraformaldehyde에 고정하였다. 탈회 표본으로 제작하였고 파라핀 block에 조직을 심고 4 μ m 두께로 조직표본을 만들었다. Hematoxylin-Eosin (H-E) 염색을 하였고 광학현미경으로 관찰하였다.

연구성적

제거회전력의 측정

C-implant 식립 후 6주간의 치유기간 동안 모든 C-implant는 안정적으로 유지되어 탈락한 것은 없었다.

평활면 C-implant 군의 제거회전력의 평균값은 4.491 Ncm이고 SLA 표면 처리된 C-implant 군의 제

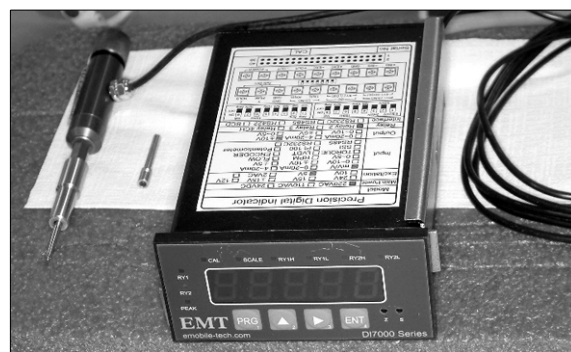


Fig 3. Digital removal torque sensor within 0.01 Ncm accuracy (D-1700, Emobile Tech, Seoul, Korea).

Table 1. Removal torque value (Ncm) after 6 weeks of C-implant placement

Group	N	Mean	SD	<i>p</i> value
Machined surface	22	4.490	3.012	0.027*
SLA treated surface	22	6.286	2.159	

N, Number; SD, standard deviation; Ncm, Newton per centimeter; **p* < 0.05.

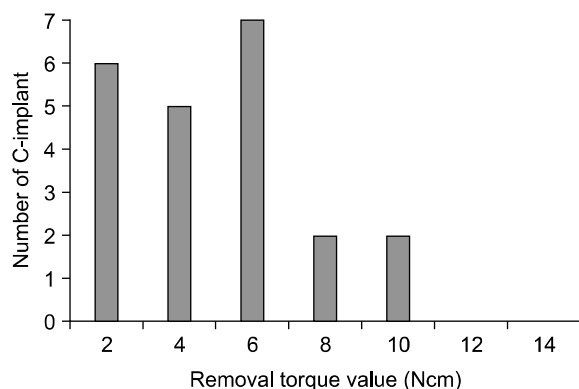


Fig 4. Distribution of removal torque value of machined C-implant.

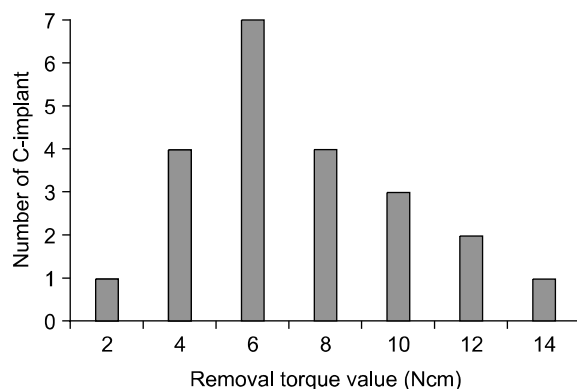


Fig 5. Distribution of removal torque value of SLA treated C-implant.

거회전력의 평균값은 6.286 Ncm로 측정되었다. SLA 군이 평활면 군보다 1.40배 더 높은 제거회전력을 보였다. 제거회전력의 평균값과 표준편차는 Table 1과 같고, independent *t*-test를 이용하여 통계 처리한 결과, SLA 군이 평활면 군에 비해 통계학적으로 유의하게 높은 제거회전력 값을 나타내었다 ($p < 0.05$). 평활면 군과 SLA 군의 제거회전력의 분포 양상은 Figs 4, 5에 제시하였다.

고찰

교정치료 술식에 전통적으로 사용되는 치아 고정원과 구외 고정원은 교정치료의 한계요인이 되어왔다. 이러한 한계와 문제점을 개선하고 안정적인 고정원을 얻기 위해 여러 가지 술식이 개발되었다. 골유착성 임플란트를 통해 골격성 고정원 개념의 토대를 마련한 후 더 나아가 교정용 미니 임플란트를 개발하여 임상에 적용시킴으로써 보다 단순한 교정장치로서 적용의 편의성과 비용의 문제 등을 해결할 수 있었고, 만족할 만한 치료결과를 얻을 수 있었다.

그러나 기존의 미니 임플란트가 갖는 유지력의 형태가 주로 미니 스크류와 골 사이의 기계적 결합에 의존한다고 보고되었고, 따라서 이러한 고정원의 안정적인 유지를 위해서는 교정력을 일정한 방향과 비교적 일정한 크기의 힘인 250 gm 이하로 가하는 것이 바람직하다고 추천되었다.⁶ 대부분의 미니 임플란트는 회전력에 대한 저항이 약하여 토크를 가하는 경우나, 약간 교정력이나 악정형력 등 좀 더 크고 다양한 방향의 교정력이 가해질 경우 탈락의 위험이 높다. 따라서 교정치료의 술식 범위를 넓

히고 탈락률의 감소와 유지력의 향상을 얻기 위해 기계적 유지력에 더하여 티타늄 미니 임플란트에 표면처리를 함으로써 골유착능을 높인 교정용 미니 임플란트가 개발되었다.^{14,15} 이러한 골유착성 임플란트의 사용으로 보다 단순한 교정 장치로 보다 만족스러운 결과를 얻을 수 있으며 이를 위해서는 임플란트의 골유착에 영향을 주는 표면처리 방법과 함께 골유착과 교정력의 관계를 밝히기 위한 연구가 필요하였다.

골유착이란 광학 현미경하에서 연조직의 개재 없이 매식체가 생체 골과 직접 접촉하고 있는 상태로, 외부의 하중을 골 내로 직접 전달할 수 있는 구조 및 기능적 결합이다.¹⁶ 골과 임플란트 사이의 유착 정도를 측정하기 위해 많이 사용되는 물리적 측정 방법은 제거회전력(removal torque value, RTV)으로 Johansson과 Albrektsson¹⁷은 조직학적 관찰을 통하여 골과 임플란트의 접촉면적과 제거회전력은 시간 경과에 비례하여 증가하고 이 두 가지 요소는 매우 높은 비례적 상관관계를 갖는 것으로 보고하였다.

제거회전력은 시간 경과 외에 임플란트의 직경, 표면의 화학적 성분, 표면의 미세구조에 의하여도 영향을 받는다. Ivanoff 등¹⁸은 가토의 경골에 임플란트를 식립하여 행한 연구에서 더 큰 직경의 임플란트가 표면적이 넓으므로 더 많은 피질골과 접촉할 수 있게 되어 높은 제거회전력을 보인다고 보고하였다. Lim 등¹⁹은 동일한 직경의 미니 임플란트에서 길이보다는 직경에 따라 제거회전력이 영향을 받으며 동일한 직경에서는 피질골의 두께와 무관하게 일정한 최대 응력 값을 나타냄을 보고하였다. 또한 미니 임플란트의 디자인에 따라서 제거회전력의 차이를 보이는데 비글견을 대상으로 한 차등의 연

구에서는 원추형 구조를 가진 경우가 원통형 구조에 비해 식립 3주 후 제거회전력 값이 유의하게 높았다고 보고하였다.²⁰

이외에도 임플란트에 표면처리를 하여 골 결합능과 제거회전력에 대한 저항을 증가시키는 방법에 대하여 많은 연구가 이루어져 왔으나 그 중에서도 SLA 표면 처리가 가장 높은 골 유착능을 가진 것으로 알려졌다.²¹⁻²⁴ Buser 등⁹과 Conchran 등²³의 연구에서 골유착에 가장 효과적인 방법은 분사(sand-blasting large grit; 25 - 50 μ m) 후 산 부식한 표면이라는 결과를 얻었다. 분사에 의해 macro topography의 오목한 표면 변형(concave surface modification)을 얻었으며, 산 부식을 통하여 거친 표면으로 micro texture를 변화시켜 세포 부착의 초기단계에서 젖음성(wettability)에 영향을 주었다. 이러한 표면 성질의 변화로 세포의 부착, 형태학적 변화, 기능적 변성, 증식 등이 많은 영향을 받아 결과적으로 표면처리 하지 않았거나, 다른 방법의 표면처리보다 더 많은 양의 골 유착능을 얻을 수 있었다고 보고하였다.⁹

본 실험에서도 교정용 미니 임플란트인 C-implant에 SLA 표면 처리함으로써, 표면처리하지 않은 평활면 C-implant에 비하여 제거회전력에 어떠한 차이가 있는지 알아보고자 하였다. SLA C-implant를 가토의 경골에 식립하여 SLA 군이 평활면 군보다 유의성 있게 높은 값을 나타내리라는 가설 하에 실험을 진행하였다. 실험 결과 SLA 처리된 임플란트가 표면 처리를 하지 않은 임플란트에 비하여 더 높은 제거회전력을 갖는다는 여러 연구 결과와도 일치한다.^{9,23} SLA C-implant와 평활면 C-implant에 식립 즉시 교정력(150 g)을 가한 Oh 등²⁵의 동물 실험에서도 SLA C-implant (평균 8.29 Ncm)가 평활면 군 (3.34 Ncm)보다 유의하게 높은 제거회전력을 가졌으며 본 연구 결과와 비교하였을 때 약하고 지속적인 교정력은 표면처리된 미니 임플란트의 초기 골 유착능을 더욱 향상시킨다고 유추할 수 있다.

본 연구에서 측정된 평활면 군의 평균 제거회전력 값은 다른 연구에서와 차이를 보인다. Johansson과 Albrektsson¹⁷은 가토의 경골에 직경 3 mm, 길이 7.2 mm의 평활면 임플란트를 10개 매식하였고 매식 후 6주에 평균 제거회전력을 측정한 결과 7.5 Ncm의 값을 얻었다. 또한 Cordioli 등¹⁰ 역시 가토의 경골에 3.75 mm의 직경과 4 mm의 길이를 가진 평활면 임플란트 7개를 매식한 후 5주의 평균 제거회전력 값으로 25.28 Ncm를 얻었음을 보고하였다. 또

한 Cho와 Jung¹³의 연구에서 직경 3.75 mm, 길이 5 mm를 갖는 평활면 임플란트 7개를 가토의 경골에 매식 후 8주에 측정한 평균제거회전력 값은 23.58 Ncm이었다고 보고하였다. 본 연구에 사용된 평활면 C-implant의 직경은 1.8 mm이며 길이는 9.5 mm로, 식립 6주 후 평균제거회전력 값은 4.49 Ncm이었다. 이러한 평균제거회전력 값의 차이는 사용된 임플란트의 직경이 다르기 때문이라 생각되며, 앞에서 언급한 Ivanoff 등¹⁸과 Lim 등¹⁹의 연구에서 임플란트의 직경과 제거회전력값은 비례적 상관관계가 있다는 보고와 결부시켜 해석할 수 있었다.

본 연구에서의 조직학적인 소견은 임플란트가 조직 처리 이전에 제거되었기 때문에 조직에 손상을 주면서 제거되었을 가능성이 있어 임플란트 표면과 조직 접촉면 사이의 정확한 관계를 관찰할 수 없었으나 소견상 조직 손상이 거의 없다고 판단되는 부분에 의하여 판정하였다. 평활면 군의 경우 스크류에 의한 관통 부위가 피질골을 지나 골수에까지 연장되어 있었으며 염증 소견이나 기타 병리적인 소견은 관찰되지 않았다. 골수 부위의 스크류는 대부분의 표본에서 표면이 섬유성 피막에 덮여 있었으며 스크류에 접촉하여 신생 치밀골이 드물게 관찰되었다 (Fig 6). 일부 섬유성 피막 내에서 골 형성이 관찰되었으나 그 양이 매우 미미하였고 스크류 표면에서 떨어져서 관찰되었다 (Fig 6). 섬유성 피막은 치밀한 섬유성 조직으로 다수의 섬유모세포로 구성되어 있었으며 일부 모세혈관도 관찰되었다. 섬유 방향은 스크류 표면에 대해 수직인 방향으로 주

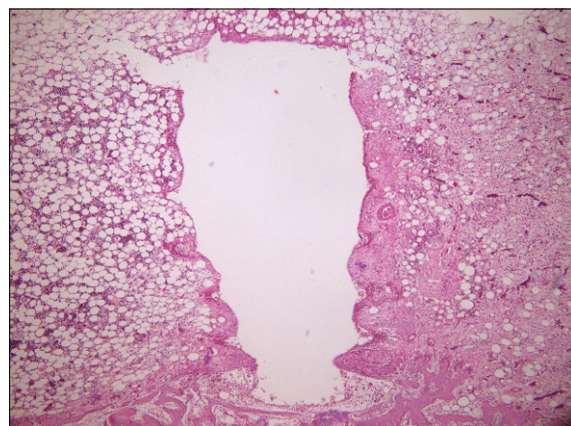


Fig 6. Machined C-implant microphotograph. The C-implant was removed before histologic preparation. Fibrous encapsulation of bone marrow part of C-implant was observed (H-E staining, x 40).

행하였다 (Fig 7). SLA군의 관통 부위는 피질골을 지나 골수에까지 연장되어 있었으며 피질골과 골수 부위에서는 특이할 만한 염증 소견은 관찰되지 않았다. 피질골과 스크류 사이에는 연조직의 개재없이 골과 직접적인 접촉을 하고 있었다 (Fig 8). 피질골에서 연결되어 스크류를 따라 골수 방향으로 치밀골이 형성되는 소견이 관찰되었으며 이 신생 치밀골은 다수의 세포질이 풍부한 활동적인 골모세포에 의해 이장되어 골형성으로 보여지는 소견이 관찰되었다 (Fig 9). 신생골은 스크류 접촉부 뿐만 아니라 횡적으로 피질골 내면을 따라서도 넓게 형성되어 있었다. 그러나 피질골에 가까운 부위의 스크류에 인접하여 이러한 골조직의 형성 소견이 관찰되었고 나머지 골수 관통 부분에서는 스크류가 섬유성 조직에 의해 피막이 형성되어 있었다.

따라서, SLA 군과 평활면 군의 피질골과의 접촉면을 조직학적으로 관찰해 본 결과 비록 임플란트를 조직 처리 전에 제거하여 정확하게 알 수는 없었지만 SLA 군에서 골과 직접적인 접촉이 있었던 것으로 추정되는 소견이 관찰되었으며 조골세포의 출현과 함께 신생 치밀골을 비롯한 골 형성이 나타남을 보였으나 모든 골 표면에서 골과 직접 접촉을 이루는 것은 아니며, 일부에서는 섬유성 결합조직이 개재된 것으로 추정되는 양상도 관찰되었다. 평활면 군에서는 골과 임플란트 사이에 섬유성 피막과 일부 적은양의 골 형성이 관찰되었다. 이상으로 보아 SLA 군에서는 평활면 군보다 스크류와 골 사이

에 신생골의 형성이 이루어졌다고 생각이 되며 따라서 SLA 군이 더 나은 골 유착을 보일 것이라는 본 실험의 가설과 일치하는 결과로 볼 수 있다. 단 정확한 조직계측학적인 분석을 행하진 않았으므로 이러한 조직학적 소견만을 가지고는 결론을 내릴 수 없었다.

1991년 Buser 등²⁶은 가토에서 임플란트 식립 후 6개월 경과 시 골과 임플란트 접촉률이 50 - 60%의 평균값을 보이며 골과 직접 접촉되지 않은 임플랜

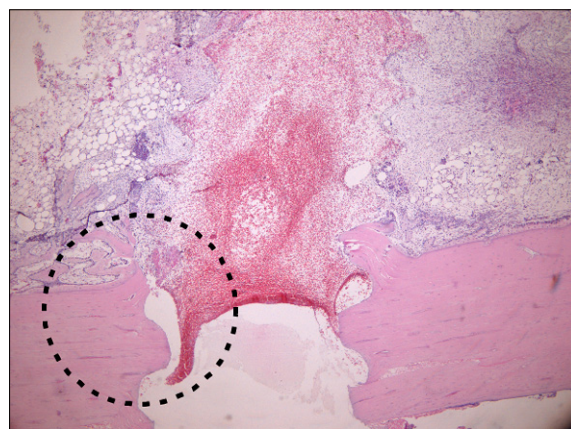


Fig 8. SLA C-implant microphotograph. C-implant was removed before histologic preparation. Deep part of the implant was covered by fibrous tissue but near cortical bone, new bone formation (dotted circle) was obvious (H-E staining, x 40).

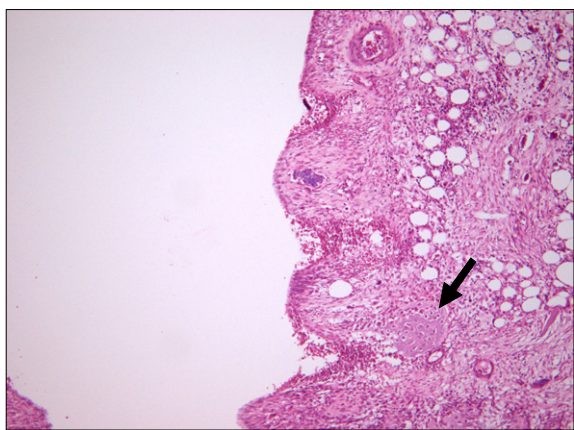


Fig 7. Machined C-implant microphotograph. C-implant surface was covered with fibrous tissue. Note the new bone formation (arrow) within the fibrous tissue but not in contact with the implant surface (H-E staining, x 100).

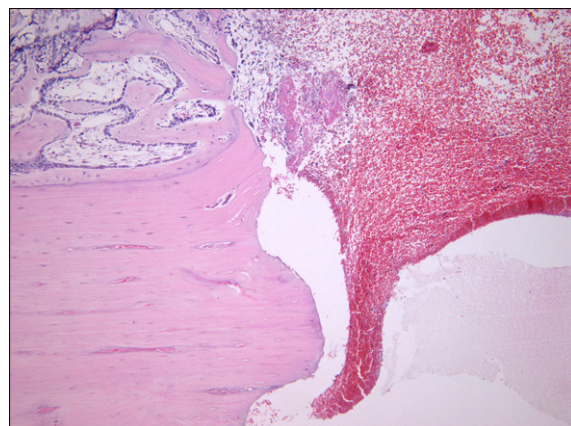


Fig 9. SLA C-implant microphotograph. Higher magnification of Fig 8. Active new bone formation was observed with reversal line and cytoplasm abundant with osteoblasts (H-E staining, x 100).

트의 표면에 대하여 섬유성 조직이 존재한다고 하였는데, 이러한 현상이 미니 임플란트의 임상적 안정성에 나쁜 영향을 끼치지 않고 오히려 고정원으로서 역할을 다한 미니 임플란트의 제거를 용이하게 하는 긍정적인 측면도 보고된 바 있다.^{4,5,27} 이 실험의 조직 소견상 SLA 표면 처리를 한 미니 임플란트의 모든 표면에서 골유착을 보인 것은 아니었기 때문에 제거회전력은 향상되었지만 제거 시에 큰 문제를 일으키지 않았다고 생각된다. 단 이 실험은 6주간의 짧은 기간동안 시행하였으므로 장기간의 사용 후 골유착의 정도와 제거 시 문제점의 발생 가능성의 여부는 알 수 없었으며 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 실험에서 실험 대상이었던 가토의 경우 SLA 표면 처리된 C-implant는 평활면 C-implant에 비하여 골유착능이 향상되었으며, 인체의 치조골에서도 이러한 효과가 기대된다고 했을 때 이로 인한 유지력의 증가로 교정치료 시 좀 더 강한 힘에 저항할 수 있는 고정원을 제공할 수 있을 것을 기대할 수 있으며 또한 탈락률이 감소할 것을 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 그 외에 구강 내 인접한 부위에 고정원의 보강을 위하여 여러 개의 교정용 미니 임플란트가 필요한 경우 골 유착에 의해 유지력이 증가된다면 미니 임플란트의 식립수를 줄여 적용의 편의성과 비용의 문제 등을 해결할 수 있는 임상적 의의를 가질 수도 있을 것으로 생각된다. 또한 당뇨, 골다공증, 갑상선 기능 항진증 등 전신적 질환으로 골대사가 저하된 환자의 교정치료 시 이러한 골 유착능이 향상된 교정용 미니 임플란트가 좀 더 유리하게 사용할 수 있을 것으로 생각된다. 다만 이 연구에서는 SLA 표면 처리된 교정용 미니 임플란트의 골유착 정도를 확인하기 위해 보철용 임플란트에서와 마찬가지로 6주간의 치유 기간을 부여하였으며 이것은 기존의 기계적 결합에 의존하는 평활면 교정용 미니 임플란트 방식에 비해서는 불편하다고 할 수 있을 것이다. 따라서 일반적인 교정적인 응용과 같이 큰 힘이 필요하지 않은 경우에는 즉시 교정력을 가하거나 골유착을 위한 최소 치유기간으로 4주 이내의 기간을 설정한다면 유리할 것으로 판단된다. 향후 골 유착성 교정용 미니 임플란트의 다양한 임상적 적용의 유용성을 좀 더 명확히 밝히기 위하여 교정용 저항원으로서 매식 후 골 유착에 큰 영향을 미치는 시간적 요소의 필요성과 길이 그리고 힘의 다양성에 대한 추가적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론

교정용 미니 임플란트의 표면처리 여부에 따른 골유착능의 차이와 그에 따른 임상적용의 유용성에 대하여 알아보기 위해 SLA 표면 처리된 교정용 미니 임플란트 군과 평활면 군 간의 제거회전력의 측정 및 비교를 시행하였다. 실험군과 대조군을 각각 2개씩 11마리의 가토 경골에 식립하였고 식립 후 6주에 가토를 희생시켜 제거회전력을 측정하여 t-test를 통하여 두 군의 제거회전력 차이의 통계적 유의성을 알아보았으며 조직표본을 만들어 조직소견을 관찰하였다.

실험에 사용된 C-implant는 모두 안정적으로 유지되어 탈락한 것은 없었다. 평활면 C-implant 군의 제거회전력의 평균값은 4.491 Ncm이고 SLA 표면 처리된 C-implant 군의 제거회전력의 평균값은 6.286 Ncm로 측정되었다. SLA 군이 평활면 군보다 1.40배 더 높은 제거회전력을 보였다 ($p < 0.05$). 피질골과의 접촉면을 조직학적으로 관찰해 본 결과 SLA 군에서 골과 직접적인 접촉이 있었던 것으로 추정되는 소견이 관찰되었으며 조골세포의 출현과 함께 신생 치밀골을 비롯한 골 형성이 나타남을 보였으나 일부에서는 섬유성 결합조직이 개재된 것으로 추정되는 양상도 관찰되었으며, 평활면 군에서는 골과 임플란트 사이에 섬유성 피막과 일부 적은 양의 골 형성이 관찰되었다. 이상의 연구 결과에서 SLA 표면처리된 교정용 미니 임플란트는 기존의 임플란트에 비해 좀 더 강한 힘에 저항할 수 있으며 탈락률을 낮출 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Gainforth BL, Higley LB. A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone. *Am J Orthod Oral Surg* 1945; 31:406-16.
2. Creekmore TD, Eklund MK. The possibility of skeletal anchorage. *J Clin Orthod* 1983;17:266-9.
3. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod* 1997;31:763-7.
4. Costa A, Raffaini M, Melsen B. Miniscrew as orthodontic anchorage: a preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1998;13:201-9.
5. Melsen B, Verna C. A rational approach to orthodontic anchorage. *Prog Orthod* 1999;1:10-22.
6. Park HS. A new protocol of the sliding mechanics with micro-implant anchorage (M.I.A). *Korean J Orthod* 2000;30:677-85.

7. Park HS. Clinical study on success rate of micro screw implants for orthodontic anchorage. *Korean J Orthod* 2003;33: 151-6.
8. 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.
9. Buser D, Nydegger T, Hirt HP, Cochran DL, Nolte LP. Removal torque values of titanium implants in the maxilla of miniature pigs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:611-9.
10. Cordioli G, Majzoub Z, Piatelli 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.
11. 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.
12. Lee SJ, Chung KR. The effect of early loading on the direct bone-to-implant surface contact of the orthodontic osseointegrated titanium implant. *Korean J Orthod* 2001;31:173-85.
13. Cho SA, Jung SK. A removal torque of the laser-treated titanium implants in rabbit tibia. *Biomaterials* 2003;24:4859-63.
14. Chung KR, Kim SH, Kook YA. The C-orthodontic micro-implant. *J Clin Orthod* 2004;38:478-86.
15. Chung K, Kim SH, Kook Y. C-orthodontic microimplant for distalization of mandibular dentition in Class III correction. *Angle Orthod* 2005;75:119-28.
16. Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindström J. Osseointegration titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-bone implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 1981;52:155-70.
17. 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.
18. Ivanoff CJ, Sennerby L, Johansson C, Rangert B, Lekholm U. Influence of implant diameters on the integration of screw implant. An experimental study in rabbits. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1997;26:141-8.
19. 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.
20. Cha JY, Yoon TM, Hwang CJ. Insertion and removal torques according to orthodontic mini-screw design. *Korean J Orthod* 2008;38:5-12.
21. Carlsson I, Röstlund T, Albrektsson B, Albrektsson T. Removal torques for polished and rough titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:21-4.
22. Darvell BW, Samman N, Luk WK, Clark RK, Tideman H. Contamination of titanium castings by aluminium oxide blasting. *J Dent* 1995;23:319-22.
23. Conchran DL, Nummikoski PV, Higginbottom FL, Hermann JS, Makins SR, Buser D. Evaluation of an endosseous titanium implant with sandblasted and acid-etched surface in the canine mandible: radiographic results. *Clin Oral Implants Res* 1996;7: 240-52.
24. 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.
25. Oh NH, Kim SH, Kook YA, Lee GH, Kang YG, Mo SS. Removal torque of sandblasted, large grit, acid etched treated mini-implant. *Korean J Orthod* 2006;36:324-30.
26. Buser D, Schenk RK, Steinemann 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.
27. Costa A, Dalstra M, Melsen B. L'Aarhus anchorage system. *Ortognatodonzia Italiana* 2000;9:487-96.

Effects of surface treatment on the osseointegration potential of orthodontic mini-implant

Mi-sun Jeon, DDS, MSD,^a Yoon-Goo Kang, DDS, MSD, PhD,^b Sung-Seo Mo, DDS, MSD,^c
Keun-Hye Lee, DDS, MSD,^d Yoon-Ah Kook, DDS, MSD, PhD,^e Seong-Hun Kim, DMD, MSD^d

Objective: The purpose of this study was to compare the torque resistance to removal of sandblasted large grit and acid etched (SLA) surface treated orthodontic mini-implants and smooth surface orthodontic mini-implants as well as performing histologic observations. **Methods:** Two groups of custom screw shaped orthodontic mini-implants (C-implant, 1.8 mm outer diameter × 9.5 mm length, Cimplant, Seoul, Korea) were designated. 22 SLA treated C-implants (SLA group) and 22 machined surface C-implants (machined group) were placed in the tibia metaphysis of 11 adult New Zealand white rabbits. Following a 6-week healing period, the rabbits were sacrificed. Subsequently, the C-implants were removed under reverse torque rotation with a digital torque measuring device and independent *t*-test was performed. Selected tissues were prepared for histologic observation. **Results:** The SLA group presented a higher mean removal torque value (6.286 Ncm) than the machined group (4.491 Ncm) which was statistically significant ($p < 0.005$). Histologic observation revealed a trend of more new bone formation in contact with the screw surface in the SLA group than the smooth group. **Conclusions:** The results of this study suggested that SLA surface treatment can enhance the osseointegration potential for C-orthodontic mini-implants. (*Korean J Orthod* 2008;38(5):328-336)

Key words: Surface treatment, Removal torque, Osseointegration, Skeletal anchorage

^aGraduate Student, Graduate School of Clinical Dental Science, The Catholic University of Korea.

^bClinical Fellow, ^cAssistant Professor, ^dFull Time Lecturer, ^eAssociate Professor and Chairman, Division of Orthodontics, Department of Dentistry, The Catholic University of Korea.

Corresponding author: **Seong-Hun Kim.**

Department of Orthodontics, School of Dentistry, The Catholic University of Korea, Uijeongbu St. Mary's Hospital, 65-1, Geumo-dong, Uijeongbu 480-717, Korea.

+82 31 820 3184; e-mail, bravortho@catholic.ac.kr.

Received March 29, 2006; Last Revision July 11, 2008; Accepted July 13, 2008.