

교정용 미니스크류의 cutting flute 형성이 삽입 및 제거 토크에 미치는 영향

박철수¹, 임병구¹, 원은규¹, 황조연¹, 황별², 지정희², 전우용³, 이민호², 배태성^{2,*}

¹전북대학교 치과대학 치과교정학교실

²전북대학교 치과대학 치과생체재료학교실, 생체흡수성소재연구소

³광양보건대학교 치기공과

Effect of the cutting flute of the orthodontic miniscrew on insertion and removal torque

Cheol-Soo Park¹, Byoung-Gu Lim¹, Eun-Kyu Won¹, Jo-Yeon Hwang¹, Byeol Hwang², Jeong-Hui Ji², Woo-Yong Jeon³, Min-Ho Lee², Tae-Sung Bae^{2,}*

¹Department of Orthodontics, School of Dentistry, Jeonbuk National University, Jeonju-si, Republic of Korea

²Department of Dental Biomaterials and Institute of Biodegradable Material, School of Dentistry, Jeonbuk National University, Jeonju-si, Republic of Korea

³Dental Engineering, Kwangyang Health College, Kwangyang-si, Republic of Korea

The purpose of this study was to evaluate the structural characteristics of the thread length of orthodontic mini-screws and the effects of insertion and removal torques according to the formation of the cutting flute. Two types of mini-screws were made, with a thread length of 6.0 mm and a thread length of 3.3 mm. In order to examine the effect of flute formation, the experiment group was divided into a miniscrew test group with flute formation and an experiment group without flute formation. To evaluate the effect of flute formation, two flutes were formed at 180° on the circumference, and at the tip of the mini screw, up to 4 mm for thread length of 6.0 mm and 2.4 mm for thread length of 3.3 mm. A biomechanical test block formed of 2 mm cortical bone and 10 mm cancellous bone was used to eliminate the influence of the difference in cortical bone thickness and bone density according to the insertion site. 1 mm diameter guide hole was drilled on the test block and the mini-screw was placed vertically. Using a 0.1 N · cm precision digital torque gauge, the maximum torque value was recorded at this time by embedding it to the top of the screw under a static load of 1.2 kg and the value when it was removed in the opposite direction. The insertion torque values for the 6.0 mm and 3.3 mm length mini screws were (29.53±1.84) N · cm and (26.84±2.15) N · cm, and the removal torque values are (14.50±1.37) N · cm and (13.15±2.89) N · cm, respectively. There were no statistically significant differences (P>0.05). The flute of 6.0 mm mini-screws had no statistically significant difference in both insertion and removal torque values and increased to (30.13±1.97) N · cm and (18.65±1.10) N · cm (P>0.05). In experiments with 3.3 mm mini-screws, the insertion and removal torque values decreased to (20.99±3.94) N · cm and (11.32±2.03) N · cm, respectively, showing a statistically significant decrease only in the insertion torque values (P<0.05). The insertion and removal torque values of the mini-screw were not significantly increased even when the screw length was doubled, and the flute formation effect was different with the screw length.

Key words : Miniscrew, Flute, Sawbone, Insertion torque, Removal torque

Cheol-Soo Park (ORCID: 0000-0002-4896-1607)
Byoung-Gu Lim (ORCID: 0000-0002-0476-4767)
Eun-Kyu Won (ORCID: 0000-0002-7664-0106)
Jo-Yeon Hwang (ORCID: 0000-0003-0772-3001)
Byeol Hwang (ORCID: 0000-0003-4054-4179)
Jeong-Hui Ji (ORCID: 0000-0001-5744-3572)
Woo-Yong Jeon (ORCID: 0000-0001-8761-992X)
Min-Ho Lee (ORCID: 0000-0001-6142-4876)

Correspondence: Tae-Sung Bae (ORCID: 0000-0002-8307-4544)
567 Baekje-daero, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do 54896 Republic of Korea
Affiliation: Department of Dental Biomaterials and Institute of Biodegradable Material, School of Dentistry, Jeonbuk National University, Jeonju-si, Republic of Korea
Tel: +82-63-270-4041, Fax: +82-63-270-4040
E-mail: bts@jbnu.ac.kr

Received: Mar. 03, 2021; Revised: Mar. 11, 2021; Accepted: Mar. 14., 2021

서 론

교정치료의 골격성 고정원으로서 미니스크류가 도입되어 교정치료는 보다 간단하고 효율적으로 이루어질 수 있게 되었다. 미니스크류가 사용되기 이전에는 불가능하게 여겨졌던 치아의 이동이 가능해졌고 환자의 협조도에 크게 의존하지 않으면서도 부작용이 적어 최근 교정치료 영역에서 활발하게 적용되고 있다.

교정용 미니스크류 고정원은 골과의 기계적인 결합에 의해 유지력을 얻으므로 초기의 안정성이 성공률에 크게 영향을 미친다(1). 미니스크류의 기계적 유지에 영향을 미치는 요소로는 삽입 부위의 골질과 골량, 주변부 염증의 발생, 삽입 위치 및 치근과의 거리 등이 있으며, 특히 치밀골의 두께와 밀도가 초기 안정성에 중요한 역할을 한다. 안정성의 지표로는 삽입 및 제거 토크 값이 널리 이용되는데, 이는 치밀골의 골질과 골량의 영향을 쉽게 받기 때문이다(2). 하지만 미니스크류의 삽입 위치는 고정원의 위치에 따라 언제나 적절한 두께의 피질골로 선택할 수 없는 한계가 있기 때문에 나사 디자인의 개선을 통해 적절한 기계적인 유지력을 얻으려고 한다.

교정용 미니스크류는 보철용 임플란트와는 달리 기계적인 맞물림에 의해 유지력을 얻으므로 안정성이 낮아 10% 내외에서 탈락이 일어나고, 대부분의 실패는 삽입 후 처음 1-2개월 이내에 일어나며, 전체 탈락의 약 90%가 삽입 후 4개월 이내에 일어난다고 보고된 바 있다(3). 이러한 문제점을 개선하여 임상에서의 성공률을 높이기 위해 나사부 형상의 구조적인 변화가 검토되어 왔다. Liu 등(4)은 미니스크류의 외경이 기계적 결합을 유지하는데 있어서 중요한 요소로 작용한다고 하였고, Lim 등(5)은 나사부의 형상, 외경 및 길이가 모두 토크 값에 영향을 미치지만, 삽입 토크에 가장 크게 영향을 미치는 것은 외경, 나사부의 형상 및 길이 순이라고 언급하였다. 하지만 미니스크류의 외경 크기는 interradicular area에 삽입 시 치근 사이의 간격 때문에 한계가 있으며(6), 외경이 커질 경우 삽입 위치에서 제한이 따를 수 있다(7). Brinley 등(8)은 나사부의 pitch 간격이 좁을수록 제거 토크가 증가한다고 하였고, 미니스크류에서 flute의 형성에 따라 식립 및 제거 토크 값을 증가시킬 수 있다고 하였다. 하지만 Evans(9) 등은 flute의 개수에 의하여 식립도

크는 증가하나 제거토크는 감소하는 결과를 보인다 하였다. Pan 등(10)은 골에 삽입한 미니스크류의 초기 안정성은 기계적 유지력에 의해 결정되며, 여기에는 미니스크류의 디자인이나 다른 요소보다도 미니스크류의 삽입 깊이가 가장 크게 영향을 미친다고 보고하였다.

본 시험에서는 미니스크류의 형상 중 외경과 pitch 간격은 각각 1.4 mm와 0.7 mm로 고정 요소로 하고 교정용 미니스크류의 구조적인 특징인 나사부의 길이 변화와 cutting flute 형성이 삽입 및 제거 토크에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 본 연구에서 귀무가설은 교정용 미니스크류의 삽입 및 제거 토크는 나사부의 길이와 cutting flute 형성의 영향을 받지 않는다는 것이다.

재료 및 방법

1. 시편의 준비

본 연구에서는 직경 4 mm Ti-6Al-4V ELI (Fort Wayne Metals Research Products Co., Fort Wayne, IN, USA) 합금 봉을 CNC (Cincom L20, Citizen Machinery Co., Ltd., Nagano, Japan)로 가공하여 직경 1.4 mm 미니스크류를 제작하였다. 미니스크류는 나사부의 길이에 따라 길이가 6.0 mm인 것을 L6.0으로 그리고 길이가 3.3 mm인 것을 L3.3으로 분류하였다. 또한 flute 형성의 영향을 살펴보기 위해 미니스크류의 tip으로부터 6.0 mm 경우는 4 mm 그리고 3.3 mm 경우는 2.4 mm까지 flute를 형성하였다. flute를 형성하지 않은 그룹을 F0, 그리고 원주상의 180° 위치에 2개의 flute를 형성한 그룹을 F2로 분류하였다. Figure 1은 나사부 길이가 6.0 mm이고 flute를 형성한 미니스크류(L6.0F2)와 나사부 길이가 3.3 mm이고 flute를 형성한 미니스크류(L3.3F2)의 주사전자현미경 (SNE-4500M Plus, SEC, Suwon, Korea) 이미지이다. L6.0F0, L6.0F2, L3.3F0 그리고 L3.3F2 총 4개의 그룹마다 총 10개의 미니스크류가 실험에 사용되었다.

삽입 부위에 따른 피질골의 두께 및 골밀도 차이의 영향을 배제하기 위해 균일한 골밀도를 갖는 시험용의 인공골 (Sawbones Inc., Vashon, WA, USA)을 이용하였다(Figure

2). 인공골은 피질골과 해면골을 재현하기 위해 각각 두께 2 mm short fiber-filled epoxy sheet와 두께 10 mm cellular polyurethan rigid foam (95% open cell, 15 pcf)을 사용하였다(Table 1).

2. 삽입 및 제거 토크 시험

인공골에 diamond tapered bur (F104R, Shofu, San Marcos, CA, USA)로 직경 1.0 mm 및 깊이 5.0 mm의 guide hole을 형성한 다음 드라이버를 수직 이송하는 가이드 장치

Table 1. Mechanical properties of the biomechanical test block

Materials	Density (g/cm ³)	Compressive		Longitudinal Tensile	
		Strength (MPa)	Modulus (MPa)	Strength (MPa)	Modulus (MPa)
Short fiber-filled epoxy sheet (Simulated cortical bone)	1.64	157	16700	106	16000
Cellular polyurethan rigid foam (Simulated cancellous bone)	0.32	5.4	137	-	-

*Note: Material property data based on ASTM D-1621.

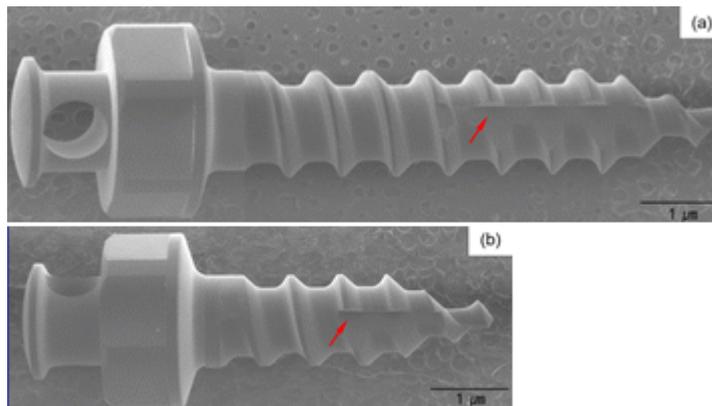


Figure 1. HR FE-SEM images of experimental mini-screws, (a) L6.0F2, (b) L3.3F2. (Red arrow: flute) Since two flutes are present at 180°, one more flutes are present on the opposite side of the cross section shown in the picture above.

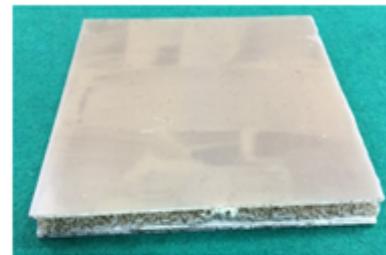
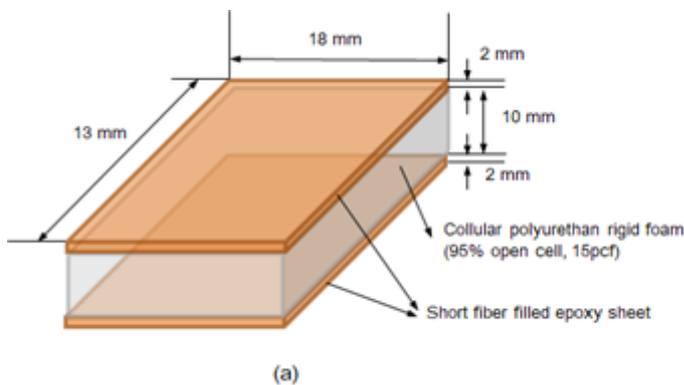


Figure 2. Biomechanical test block (Sawbones Inc., Vashon, WA, USA).

를 이용하여 미니스크류를 수직하게 위치시키고 0.1 N·cm 정밀도의 디지털 토크 게이지(9810P, Aiko Engineering, Higashiosaka, Japan)를 이용하여 1.2 kg의 정하중을 가한 상태에서 30 rpm의 속도로 나사부의 top까지 삽입하고 이때의 최대 토크 값을 기록하였다. 미니스크류 삽입 간격은 최소 10 mm가 되도록 하였다. 삽입한 미니스크류는 역방향의 토크를 가하여 제거하고 최대 토크 값을 기록하였다.

3. 통계적 분석

시험군 사이의 통계적 유의성은 one-way ANOVA와 Tukey-multiple comparisons test로 검증하였다. 모든 통계

분석은 0.05 유의수준에서 SPSS Win 25.0 program (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다.

결 과

Table 2는 인공골에 길이 6.0 mm와 길이 3.3 mm의 미니스크류를 삽입할 때와 제거할 때의 토크 값을 나타낸 결과이다. 삽입 토크 값은 길이 6.0 mm와 길이 3.3 mm의 미니스크류에서 각각 (29.53±1.84) N·cm와 (26.84±2.15) N·cm로, 그리고 제거 토크 값은 각각 (14.50±1.37) N·cm와 (13.15±2.89) N·cm로 나사부의 길이와 cutting

Table 2. Mean insertion and removal torque values

	6.0 mm long		3.3 mm long	
	F0	F2	F0	F2
Maximum insertion torque (N·cm)	29.53±1.84	30.13±1.97	26.84±2.15	20.99±3.94
Maximum removal torque (N·cm)	14.50±1.37	18.65±1.10	13.15±2.89	11.32±2.03

F0: mini-screws without flute, F2: mini-screws with 2 flutes.

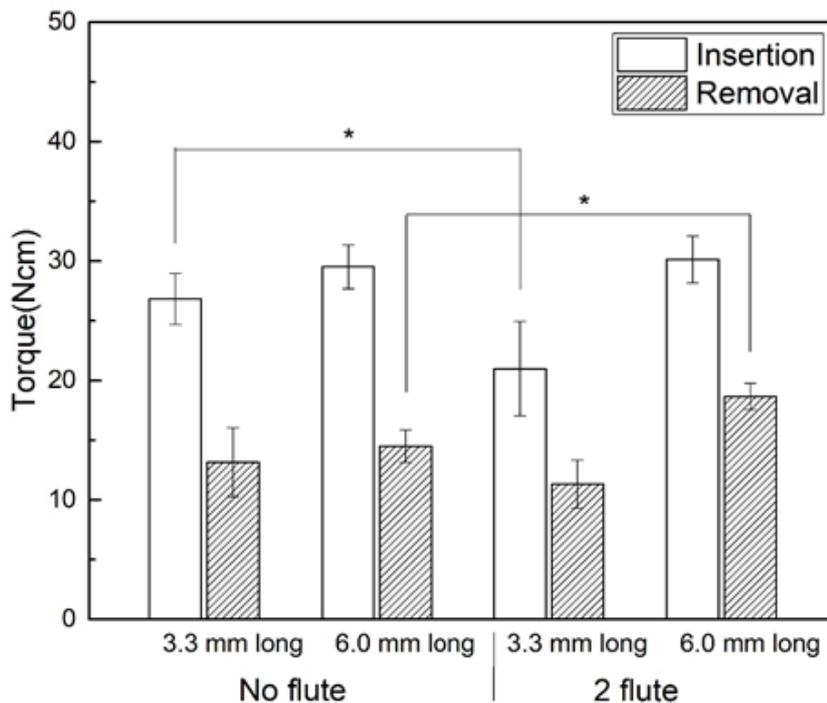


Figure 3. Mean insertion and removal torque values (*p<0.05).

flute의 형성 유무에 관계없이 삽입 토크 값이 제거 토크 값에 비해 통계학적으로 유의하게 높았다. 삽입과 제거 토크 값은 나사부의 길이가 감소함에 따라 소폭 감소하였으며 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$). 원주상의 180° 위치에 2개의 cutting flute를 형성한 경우 길이 6.0 mm 미니스크류에서는 삽입과 제거 토크 값이 모두 증가하였고, 제거 토크 값만 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($P<0.05$). 반면 길이 3.3 mm 미니스크류에서는 cutting flute 형성 후 삽입과 제거 토크 값이 모두 감소하였지만 삽입 토크 값에서만 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($P<0.05$).

고 찰

본 연구에서는 직경 4 mm Ti-6Al-4V ELI 합금봉으로 나사부 길이 6.0 mm와 3.3 mm 미니스크류를 제작하고 원주상의 180° 위치에 2개의 flute를 형성한 다음 나사부의 길이 변화와 flute 형성이 삽입과 제거 토크 값에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 나사부의 길이 증가는 삽입과 제거 토크 값의 변화에 크게 영향을 미치지 않았다. Flute 형성의 경우에는, 길이 6.0 mm 미니스크류에서는 삽입과 제거 토크 값이 공히 증가되었으나, 길이 3.3 mm 미니스크류에서는 삽입과 제거 토크 값이 공히 감소되어 본 연구의 귀무가설은 부분적으로 기각되었다.

교정 치료에서 치아 이동 시 움직이지 않는 견고한 고정원을 얻으려는 노력은 오랫동안 이루어져 왔다. 이를 위하여 anchor unit에 포함되는 치아의 수를 늘리거나, 구내 고정원으로서 lingual arch와 nance holding arch 등이 이용되거나, 또한 구외 고정원으로 headgear가 이용되었다. 이들의 특징을 살펴보면, 구내 장치로는 최대 고정력을 얻을 수 없었고 구외 장치로는 환자의 협조도가 문제가 되는 등의 단점이 나타났다(11).

1970년 Branemark에 의해 치과용 임플란트가 도입된 이후로 교정 영역에서도 임플란트를 고정원으로 이용하려는 노력이 시작되었다. Shapiro 등(13)은 악정형력에 대한 고정원으로서의 임플란트의 가능성을 제시하였고, Wehrbein 등 (14)은 구개측에 보철용 임플란트를 삽입하고 이를

고정원으로 이용하여 치아를 이동시키는 방법에 대하여 보고하였다. 그러나 보철용 임플란트는 임플란트 자체가 고가이고 복잡한 시술과정이 필요하며 골유착을 위해 장기간의 시간이 소요되는 등의 단점을 보였다.

그리하여 외과적 절개가 없고 골유착 과정이 없이 바로 고정력을 가할 수 있으며 가격이 저렴한 교정용 미니스크류가 개발되어 사용되기에 이르렀다. 미니스크류의 장점은 구내 고정력을 이용하고, 환자의 협조도에 크게 좌우되지 않고, 환자의 심미적 불편감이 없고, 구치부에 치아가 없어도 가능하고, 삽입과 제거가 쉽고, 제거 후 빠르게 치유되고, 가격이 저렴하다는 것들이 있다(10). 무엇보다도 미니스크류의 활용으로 치료에 필요한 절대적인 고정원을 얻을 수 있어 치료의 편의성 및 영역이 확대되었다. 이러한 점들에 근거하여 환자에게 보다 효율적이고 나은 교정치료를 제공하기 위해 임상에서의 미니스크류의 성공률 개선을 위한 연구들이 활발하게 진행되고 있다.

미니스크류의 성공률 향상과 관련된 중요한 요인은 미니스크류의 디자인과 삽입 부위의 골 상태로 볼 수 있다. 미니스크류의 유지는 삽입부 골과의 기계적인 맞물림에 의해 얻어지므로 안정성의 향상과 관련한 골의 특성으로는 골밀도와 피질골의 두께가 중요한 요인이 될 수 있다. 골밀도의 증가는 최대 삽입 토크 및 최대 제거 토크와 직접적인 상관관계가 있음이 확인되었으며(15, 16), 피질골의 두께는 실질적인 미니스크류의 초기 안정성의 기준으로 볼 수 있는 최대 제거 토크의 증가에 기여함이 확인되었다(17). 미니스크류의 디자인이 안정성 향상에 기여하는 요소로는 나사부의 길이와 외경 및 나사부의 형상변화 등을 고려해 볼 수 있다. Kim 등(15), Truong 등(18)은 미니스크류의 디자인과 안정성에 대한 여러 연구를 통해 미니스크류의 길이 및 나사산의 형태가 초기의 기계적 안정성 향상에 기여한다고 보고하였다. Flute의 형상과 관련해서는 나선형과 직선형, flute의 개수 및 길이 등의 디자인 요소에 따라 삽입 및 제거 토크에서 차이가 있을 수 있으며, 이러한 디자인 요소들은 골의 특성과의 연관이 있다(5). Yun 등(16)에 따르면, 두꺼운 피질골에 미니스크류 식립 시 cutting flute의 길이 및 형태가 삽입 및 제거 토크에 영향을 줄 수 있다고 하였다. 또한, Christine L. Brinley 등(8)은 flute가 형성된 미니스크류는 강성이 감소하고 유연성이 생겨 미니스크류가 골에

더욱 밀착할 수 있다고 하였다. 미니스크류의 임상에서의 성공률을 높이기 위해서는 삽입 부위에 따른 골의 특성을 파악하고, 이에 적합한 디자인의 형태와 나사 길이 등이 고려되어야 할 것으로 보인다. 최근 이러한 골 특성과 스크류의 디자인에 대한 다양한 연구가 진행되어 왔으며(5, 15, 16), 오차 원인을 최소화하고 균일한 미니스크류 삽입 및 제거 환경을 제공하기 위해 인공골이나 동물시험 모델이 고려되고 있다(15, 19). 인공골은 균일한 골밀도와 피질골의 두께 결정이 가능하기 때문에 미니스크류의 삽입 및 제거 토크의 평가에 이용되고 있으며, 동물 골 이용 시 발생할 수 있는 오차 요인을 배제할 수 있다.

본 연구에서는 미니스크류의 형상 중 외경과 pitch 간격은 각각 1.4 mm와 0.7 mm로 고정 요소로 하였고, 나사부의 길이 변화의 영향을 살펴보기 위해 표준적으로 널리 사용하는 6.0 mm에서 3.3 mm로 단축하였다. 또한 나사부의 형상 변화의 영향을 살펴보기 위해 원주상의 180° 위치에 2개의 flute를 형성하였으며, 식립부 골 상태의 영향을 배제하기 위해 치밀골 두께 2 mm의 인공골 Biomechanical Test Block에 대한 삽입 및 제거 토크를 조사하였다. Cutting flute를 형성하지 않은 경우 삽입 토크 값은 길이 6.0 mm와 3.3 mm 미니스크류에서 각각 (29.53 ± 1.84) N·cm와 (26.84 ± 2.15) N·cm로, 그리고 제거 토크 값은 각각 (14.50 ± 1.37) N·cm와 (13.15 ± 2.89) N·cm로 나사부의 길이와 cutting flute의 형성 유무에 관계없이 삽입 토크 값이 제거 토크 값에 비해 통계학적으로 유의하게 높았다($P < 0.05$). 삽입과 제거 토크 값은 나사부의 길이가 감소함에 따라 소폭 감소하는 경향을 보였는데, 이는 인공골에서 치밀골이 두께 2 mm로 일정하여 치밀골을 관통한 이후에는 식립과 제거 과정에서 저항력이 크지 않았기 때문이라고 생각된다. 원주상의 180° 위치에 2개의 cutting flute를 형성한 경우 길이 6.0 mm 미니스크류에서는 삽입과 제거 토크 값이 모두 증가하였는데, 이는 나사부가 상대적으로 길고 또한 flute도 길이가 4 mm로 상대적으로 길어서 삽입과 제거 시에 저항력을 발휘하였기 때문이라고 생각된다. 하지만 길이 3.3 mm 미니스크류에서는 삽입과 제거 토크 값이 모두 감소하였는데, 이는 나사부의 길이가 상대적으로 짧아서 flute의 형성으로 인해 나사부의 마찰저항이 감소한 것이 원인이라고 생각된다.

본 실험에서는 미니스크류를 인공골에 삽입하였기 때문에 삽입 부위의 골 상태에 따른 영향이 적지만, 실제 구강 내 환경에서는 미니스크류의 삽입 후 주위 골의 리모델링이 진행되므로 cutting flute가 존재할 경우 골유합에 따른 2차 안정성을 기대할 수 있기 때문에 제거 토크에 대한 저항성은 보다 증가할 수 있을 것으로 생각되며, 또한 골유합을 유도하기 위한 표면처리가 시행될 경우 제거 토크는 보다 크게 증가될 것이므로 생각된다.

결론

본 연구에서는 기계적으로 유지력을 얻는 교정용 미니스크류의 구조적인 특징인 나사부 길이와 cutting flute 형성이 삽입과 제거 토크에 미치는 영향을 평가하였다. 미니스크류의 형상 중 외경과 pitch 간격은 각각 1.4 mm와 0.7 mm로 고정 요소로 하였고, 나사부의 길이 변화의 영향을 살펴보기 위해 길이를 표준적으로 널리 사용하는 6.0 mm에서 3.3 mm로 단축하였다. 또한 나사부의 형상 변화의 영향을 살펴보기 위해 원주상의 180° 위치에 2개의 flute를 형성하였으며, 식립부의 골 상태의 영향을 배제하기 위해 치밀골 두께 2 mm의 인공골에 대하여 삽입과 제거 토크를 조사한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다. 나사부의 길이와 cutting flute의 형성 유무에 관계없이 삽입 토크 값은 제거 토크 값에 비해 통계학적으로 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 나사부의 길이가 감소하는 경우 삽입과 제거 토크 값은 소폭 감소하며 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). Cutting flute의 형성으로 길이 6.0 mm 미니스크류에서는 삽입과 제거 토크 값이 모두 증가하는 경향을 보였지만, 길이 3.3 mm 미니스크류에서는 삽입과 제거 토크 값이 모두 감소하였으며, 삽입 토크 값에서만 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$).

참고문헌

1. Chen Y, Kyung HM, Zhao WT, Yu WJ. Critical factors for the success of orthodontic mini-implants: A

- systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(3):284-91.
2. Kim KD, Yu WJ, Park HS, Kyung HM. Optimization of orthodontic microimplant thread design. *Korean J Orthod.* 2011;41(1):25-35.
 3. Moon CH, Lee DG, Lee HS, Im JS. Factors associated with the success rate of orthodontic miniscrews placed in the upper and lower posterior buccal region. *Angle Orthod.* 2008;78(1):101-6.
 4. Liu TC, Chang CH, Wong TY, Liu JK. Finite element analysis of miniscrew implants used for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;141(4):468-76.
 5. Yun S, Lim S. Effect of cutting flute length and shape on insertion and removal torque of orthodontic mini-implants. *Korean J Orthod.* 2009;39(2):95-104.
 6. Lim SA, Cha JY, Hwang CJ. Insertion torque of orthodontic miniscrews according to changes in shape, Diameter and length. *Angle Orthod.* 2008;78(2):234-40.
 7. Lee KJ, Joo E, Kim KD, Lee JS, Park YC. Computed tomographic analysis of tooth-bearing alveolar bone for orthodontic miniscrew placement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(4):486-94.
 8. Brinley CL, Behrents R, Kim KB, Condoor S, Kyung HM, Buschang PH. Pitch and Longitudinal Fluting effects on the primary stability of miniscrew Implants. *Angle Orthod.* 2009;79(6):1156-61.
 9. Evans M, Spencer M, Wang Q, White SH, Cunningham JL. Design and testing of external fixator bone screws. *J Biomed Eng.* 1990;12(6):457-62.
 10. Pan CY, Chou ST, Tseng YC, Yang YH, Wu CY. Influence of different implant materials on the primary stability of orthodontic mini-implants. *Kaohsiung J Med Sci.* 2012;28(12):673-8.
 11. Woo SS, Jeong ST, Huh YS, Hwang KG, Yoo IH, Shim KS. A clinical study on skeletal anchorage system using miniscrew. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2003;29(2):102-7.
 12. Adell R, Hansson BO, Brånemark PI, Breine U. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. II. Review of clinical approaches. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1970;4(1):19-34.
 13. Shapiro PA, Kokich VG. Uses of implants in orthodontics. *Dent Clin North Am.* 1988;32(3):539-50.
 14. Wehrbein H, Merz BR, Diedrich P. Palatal bone support for orthodontic implant anchorage--a clinical and radiological study. *Eur J Orthod.* 1999;21(1):65-70.
 15. Kim JW, Cho IS, Lee SJ, Kim TW, Chang YI. Mechanical analysis of the taper shape and length of orthodontic mini-implant for initial stability. *Korean J Orthod.* 2006;36(1):55-62.
 16. Song YY. Mechanical properties of orthodontic mini-screws having different screw designs according to artificial cortical bone thickness [dissertation]. Seoul: Yonsei University; 2005.
 17. Kim GT, Jin J, Mangal U, Lee KJ, Kim KM, Choi SH, Kwon JS. Primary stability of orthodontic Titanium miniscrews due to cortical bone density and re-insertion. *Materials.* 2020;13(19):4433.
 18. Truong PA, Campbell PM, Kontogiorgos ED, Taylor RW, Kyung HM, Buschang PH. Effect of longitudinal flutes on miniscrew implant stability and 3-dimensional bone formation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;150(6):950-7.
 19. Lim SA. The comparison of insertion torque regarding changes of shape, diameter, and length of orthodontic miniscrew [dissertation]. Seoul: Yonsei University; 2005.

교정용 미니스크류의 cutting flute 형성이 삽입 및 제거 토크에 미치는 영향

박철수¹, 임병구¹, 원은규¹, 황조연¹, 황별², 지정희², 전우용³, 이민호², 배태성^{2,*}

¹전북대학교 치과대학 치과교정학교실

²전북대학교 치과대학 치과생체재료학교실, 생체흡수성소재연구소

³광양보건대학교 치기공과

본 연구는 교정용 미니스크류의 구조적 특징인 나사부의 길이 변화와 cutting flute의 형성이 삽입 및 제거 토크에 미치는 영향을 평가하기 위해 시행되었다. 미니스크류는 나사부의 길이가 각각 6.0 mm, 3.3 mm 2종류를 제작하였다. Flute 형성 영향을 살펴보기 위해 flute를 형성하지 않은 미니스크류 실험군과 flute를 형성한 실험군으로 나누었다. Flute 형성 시 미니스크류의 tip으로부터 6.0 mm인 경우는 4.0 mm 그리고 3.3 mm인 경우는 2.4 mm까지 flute를 원주상의 180° 위치에 2개를 형성하였다. 또한 flute 형성의 영향을 살펴보기 위해 미니스크류의 tip으로부터 6.0 mm 경우는 4 mm 그리고 3.3 mm 경우는 2.4 mm까지 flute를 원주상의 180° 위치에 2개를 형성하였다. 삽입 부위에 따른 피질골의 두께와 골밀도의 차이에 따른 영향을 배제하기 위해 피질골 두께 2 mm와 해면골 두께 10 mm의 인공골 Biomechanical Test Block (Sawbones Inc, Vashon, WA, USA)을 이용하였다. 인공골에 직경 1 mm 드릴로 guide hole을 형성하고 미니스크류를 수직하게 위치시킨 다음 0.1 N·cm 정밀도의 디지털 토크 게이지 (9810P, Aikoh Engineering Co., Japan)에 약 1.2 kg의 정하중을 가한 상태에서 나사부의 top까지 삽입하며 얻어진 최대 토크 값과 삽입 방향의 역방향으로 제거할 때의 최대 토크 값을 기록하였다. 길이 6.0 mm와 3.3 mm 미니스크류의 삽입 토크 값은 각각 (29.53±1.84) N·cm와 (26.84±2.15) N·cm, 그리고 제거 토크 값은 각각 (14.50±1.37) N·cm와 (13.15±2.89) N·cm를 보였으며 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(P>0.05). Flute의 형성으로 6.0 mm 미니스크류에서는 삽입과 제거 토크 값이 각각 (30.13±1.97) N·cm와 (18.65±1.10) N·cm로 공히 증가되었는데 통계학적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다(P>0.05). 길이 3.3 mm 미니스크류에서는 삽입과 제거 토크 값은 각각 (20.99±3.94) N·cm와 (11.32±2.03) N·cm로 공히 감소되었는데 삽입 토크 값에서만 통계학적으로 유의한 감소를 보였다(P<0.05). 미니스크류의 삽입과 제거 토크 값은 나사부의 길이가 2배 증가되는 경우에도 큰 폭으로 증가되지 않았고, flute 형성의 영향은 나사부의 길이에 따라 다르게 나타났다.

색인 단어 : 미니스크류, 인공골, Flute, 삽입 토크, 제거 토크
