

교정용 미니스크류의 디자인에 따른 식립 및 제거 토오크

차 정 열^a · 윤 태 민^b · 황 충 주^c

교정용 미니스크류의 원추 형태가 식립 후 시기별 안정성에 미치는 영향을 알아보기 위해, 시기별 제거 토오크 및 동요도와 조직시편분석을 시행하였다. 성견 6마리의 하악 협측골에 원통형과 원추형 교정용 미니스크류 (Biomaterials Korea, Seoul, Korea) 48개를 식립하고, 식립 시 식립 토오크와 동요도를 측정하고 3주, 12주 동안 교정력을 부여한 후, 제거 시 제거 토오크와 동요도를 측정하였다. 식립 토오크는 원통형 미니스크류에서 13.6 Ncm, 원추형 미니스크류에서 22.3 Ncm로 원추형 미니스크류에서 높은 식립 토오크가 측정되었다 ($p < 0.001$). 식립 3주째 제거 토오크는 원통형 미니스크류에서 5.7 Ncm, 원추형 미니스크류에서 9.1 Ncm로 유의한 차이가 관찰되었다 ($p < 0.05$). 식립 12주째 원추형 미니스크류의 제거 토오크는 3.6 Ncm로 유의하게 감소하여 ($p < 0.05$) 원통형 미니스크류의 4.2 Ncm와 유의한 차이를 보이지 않았다. 이상의 결과로 미니스크류의 원추 구조는 식립 토오크를 유의하게 증가시켜 식립 후 3주간 안정성에 도움이 되었으나, 12주 후 안정성에 있어서는 원통형 미니스크류와 유사하였음을 시사한다. (대치교정지 2008;38(1):5-12)

주요 단어: 미니스크류, 식립 토오크, 제거 토오크

서론

교정용 미니스크류는 식립이 간편하며 환자의 협조 없이도 치아를 이동시킬 수 있어 치료의 효율성을 높인다는 장점이 있으며, 치아이동의 범위에 대한 고전적인 교정치료의 한계를 뛰어넘는 증례 및 임상결과가 보고되면서 교정영역에서 활발하게 적용되고 있는 추세이다. 그러나 미니스크류에 대한 임상적용이 치료의 성공을 보장하는 것은 아니며, 고정원으로 사용하기 위해서는 안정성이 전제되어야 함은 물론이다.

교정용 미니스크류의 탈락은 술자, 환자, 미니스크류 요인 등 복합적인 외부 및 내부 요인에 의해 일어날 수 있다. 술자 및 환자요인으로써, Chen 등¹은 식

립 위치의 각화상피 유무에 탈락의 원인을 설명하였으며, Buchter 등²과 Joos 등³도 부하시기와 힘의 크기도 안정성에 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다.

미니스크류의 초기 안정성은 미니스크류의 성공에 영향을 미칠 수 있는 중요한 요소이며 이는 생리적 허용범위 내에 미니스크류의 동요를 예방하여 골계면의 새로운 골형성을 도울 수 있기 때문이다.⁴ 이러한 미니스크류의 초기 안정성을 평가하는 방법 중의 하나는 식립 시 식립 토오크를 측정하는 방법이다.⁵⁻⁷ Cheng 등⁸은 식립 토오크가 교정용 미니스크류의 초기 안정성을 평가할 수 있는 방법임을 제시하였고 초기 안정성을 확보하기 위해 일정 이상의 식립 토오크가 필요하다고 하였다.

최근 초기 안정성을 높이고자 미니스크류에 원추 형태를 부여하는 디자인들이 개발되고 있으며 이는 피질골 층에 조절된 압축력을 유도함으로써 스크류의 초기고정을 증가시키는데 목적이 있다. Motoyosi 등⁹은 원추 형태로 즉시 부하에 대한 안정성을 높일 수 있으며 이는 스크류와 주변골의 견고한 기계적 접촉과 관련이 있다고 보고하였다.

그러나 초기 안정성 면에 있어서는 식립 토오크가 높을 수록 유리하겠지만, 과도한 토오크로 인하여 주변골에 심한 변형을 일으켜 골 계면에 울혈과 피

^a전임강사 ^b대학원생 연세대학교 치과대학 교정학교실.

^c교수, 연세대학교 치과대학 교정학교실, 두개안면기형 연구소 연구원, 구강과학 연구소 연구원.

교신저자: 황충주

서울특별시 서대문구 신촌동 134번지 연세대학교 치과대학 교정학교실.
02-2228-3106; e-mail, hwang@yuhs.ac.

원고접수일: 2007년 6월 22일 / 원고최종수정일: 2007년 10월 11일 / 원고채택일: 2007년 10월 13일.

*본 논문은 2006년도 연세대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

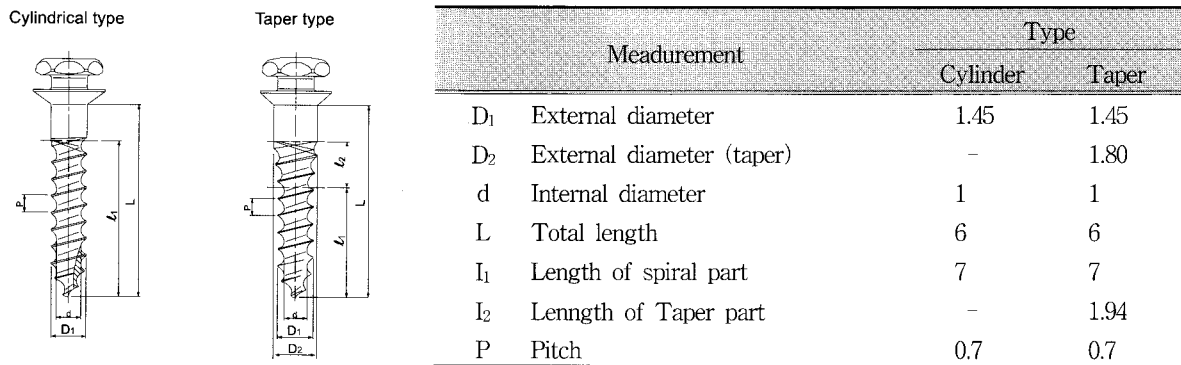


Fig 1. Drawing of cylindrical type (1507C) & taper type (1507T) mini-screws (unit: mm).

사가 야기되거나 미니스크류의 파절이 일어날 수 있다.^{10,11} 생리적으로 적합한 골개조는 50 - 2700 micro strain 정도로 알려져 있으며 그 이상을 넘어갈 경우 골의 형성보다는 골의 흡수가 일어날 수 있으므로 과도한 식립 토오크는 오히려 중장기적인 안정성에 해가 될 수 있다.^{12,13} 최근 Motoyosi 등⁹은 self-tapping 형 교정용 미니스크류의 적절한 식립 토오크를 5 - 10 Ncm라고 제시하면서 너무 강한 식립 토오크는 오히려 미니스크류의 안정성에 부정적으로 작용할 수 있다고 보고한 바 있다. 그렇다면 non-drilling 형의 미니스크류를 하악에서와 같이 높은 골밀도를 보이는 곳에 식립하는 경우, drilling 없이 미니스크류를 매식하기 때문에 주변골의 변형이 일어날 수 있으며, 원추형태의 유무에 따라 식립 토오크의 차이가 클 것으로 예상된다. 그러나 아직까지 self-drilling 형 교정용 미니스크류에 대한 식립 토오크와 미니스크류의 안정성에 관한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구는 non-drilling 형 교정용 미니스크류의 원추형태가 시기별 안정성에 미치는 영향을 알아보기 위해 식립 시 식립 토오크 측정과 함께 시기별 제거 토오크와 동요도를 측정하였다.

연구방법

실험동물과 실험재료

본 연구에는 12개월 된 12 kg의 웅성 성견 (Beagle Dog) 6마리를 대상으로 미니스크류를 식립 하였으며 이들의 구입, 선택, 관리, 실험 등은 연세의료원 실험동물 위원회(IRB)의 심의를 거쳤다. 실험에 사용된 미니스크류는 직경 1.45 mm, 길이 7 mm의

non-drilling 형의 원통형(OAS-1507C)과 원추형(OAS-1507T, Biomaterials Korea, Seoul, Korea) 미니스크류를 선정하였으며 총 48개를 사용하였다 (Fig 1).

교정용 미니스크류의 식립 및 제거

실험 동물에 Atropine 0.05 mg/kg을 피하 주사하고, Rompun 2 mg/kg과 Ketamine 10 mg/kg을 정맥 주사하여 전신마취를 유도한 후 2% Enflurane으로 마취를 유지하였고 실험 동안 보온 패드(heating pad)로 체온을 유지하며 심전도를 관찰하였다. 또 미니스크류 식립 시, 식립 부위에 에피네프린(1:100,000)이 포함된 2% 염산 리도케인을 이용하여 침윤 마취도 함께 실시하였다.

미니스크류의 식립 위치는 치근과의 접근도를 CT 촬영을 통해 확인한 후 수직 수평적인 위치를 결정하였으며, 하악에서 제2, 3, 4소구치와 제1대구치의 치근 사이로 결정하였다 (Fig 2). 식립 전에 5 - 10 mm의 잇몸 절개를 시행하였으며 식염수 관주 하에 미니스크류의 나사산이 치조골에 완전히 들어가는 것을 확인하였다. 최종 식립 전에 토오크 센서 (Mark-10, MGT50, CA, USA)를 이용하여 최대 식립 토오크를 Ncm단위로 측정하였으며 식립 후 동요도 측정기(Periotest, Simens, Germany)를 이용하여 동요도를 계측하였다.

동일 quadrant에 대해 원추형과 원통형 미니스크류를 각각 2개씩 식립하였으며, 실험군의 원통형과 원추형 미니스크류의 경우 양측에 탄성 체인을 걸어 즉시 부하를 시행하였다. 이때 탄성체인은 forcegauge를 이용하여 250 - 300 gm 범위의 힘을 부여하였으며 3주마다 동요도 측정 후 교체하였으며, 대조군의 경

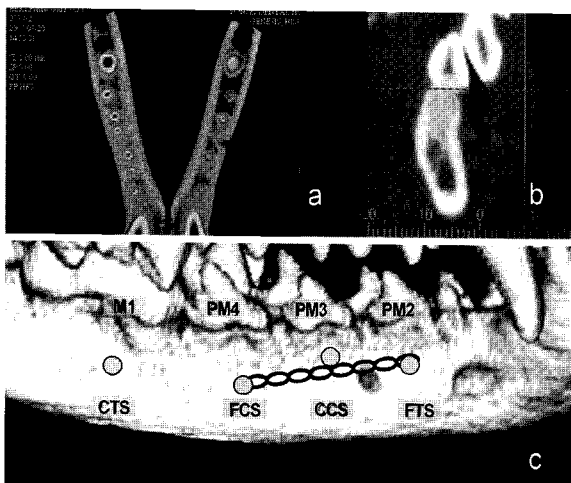


Fig 2. Schematic image for mini-screw insertion. **a** and **b**, Axial and sagittal images for the localization of mini-screws; **c**, force applied groups were reciprocally loaded by elastic-chain. FCS, force applied cylindrical mini-screw; FTS, force applied taper mini-screw; CCS, control group of cylindrical mini-screw; CTS, control group of taper mini-screw.

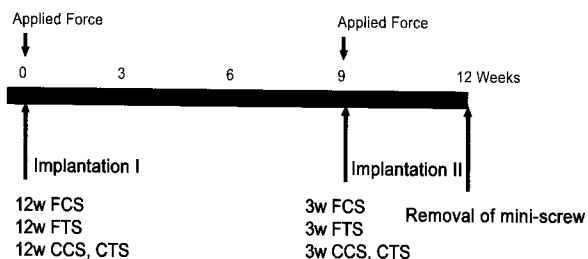


Fig 3. Timetable for placing mini-screw. w, weeks; FCS, force applied cylindrical mini-screw; FTS, force applied taper mini-screw; CCS, control group of cylindrical mini-screw; CTS, control group of taper mini-screw.

우 부하를 가하지 않았다 (Fig 2).

각각의 실험군에 대해 3주와 12주 동안의 힘을 부여하였다. 12주 부하군은 하악골의 양측 중 한 쪽을 선정하여 대조군과 함께 식립하였으며, 12주 부하군은 식립하고 9주 후에 반대편 악에 3주 부하군을 대조군과 함께 식립하였다. 실험동물에 따라 식립부위를 교체하여 미니스크류 종류별로 식립부위가 다양하도록 설정하여 식립하였다. 실험기간 동안 동물의 구강위생을 위해 클로로헥시딘 용액을 이용하여 매일 구강양치를 시행하였다 (Fig 3). 12주 후 미니스

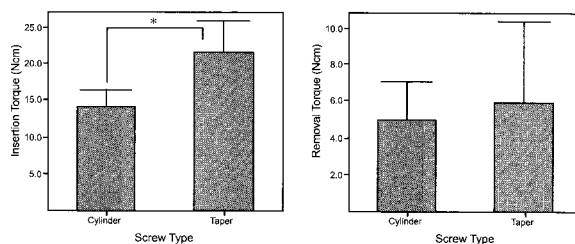


Fig 4. Insertion and removal torque (Ncm) for screw types. Statistically significant difference between periods by independent *t*-test; $p < 0.001$.

크류에 대한 동요도 측정 후 3주 부하군과 12주 부하군을 동시에 제거하였으며 이때 제거 토오크를 측정하였다.

통계분석

전체 통계방법은 원추형과 원통형의 미니스크류에서 식립 및 제거 토오크 그리고 동요도에 대해 평균과 표준편차를 구한 후 independent *t*-test를 시행하였으며 시기별 제거 토오크는 1-way ANOVA test 후 사후검정으로 Scheffe test를 시행하였다.

연구성적

미니스크류 성공률

하악에 식립된 총 48개의 미니스크류 중 탈락된 것은 1개로써 미니스크류 성공률은 98%였다.

미니스크류 디자인별 식립 및 제거 토오크

미니스크류의 형태에 따른 식립 토오크는 원추형에서 유의하게 높게 측정되었으나 ($p < 0.001$). 제거 토오크에서는 두 군간에 유의한 차이가 관찰되지 않았다 (Fig 4).

시기별 미니스크류 식립 및 제거 토오크

실험군과 대조군에 있어 식립 및 제거 토오크 간에 시기별 유의성은 없었다 (Table 1). 또한 서로 다른 시기에 식립된 미니스크류에 대해서 유사한 식립 토오크가 관찰되었으며 원추형 형태가 원통형에 비해 유의하게 높은 식립 토오크가 측정되었다 ($p <$

Table 1. Insertion and removal torque for loading periods by mini-screw type.

Group	Value	Insertion Torque (Ncm)					Removal Torque (Ncm)				
		Experimental group		Control group		Sig	Experimental group		Control group		Sig
Periods (weeks)	Type	Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD	Mean	SD	
3	Cylinder	13.6	2.0	13.6	1.8	NS	5.7	2.2	6.1	1.4	NS
	Taper	22.3	3.2	21.5	6.5	NS	9.1	2.3	8.5	5.5	NS
12	Cylinder	14.9	2.4	14.9	3.0	NS	4.2	1.4	4.2	2.9	NS
	Taper	21.0	2.7	21.1	4.6	NS	3.0	1.1	3.3	1.8	NS

SD, Standard deviation; Sig, significance; NS, not significant.

Table 2. Mobility change for loading periods

Periods (weeks)		Mobility (PT)									
		0		3		6		9		12	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Cylinder											
	Experimental	-0.2	2.3	2.8	2.2	2.7	2.1	4.0	1.6	4.0	2.0
	Control	1.3	2.4	2.5	2.2	2.4	2.0	3.4	2.9	3.4	2.2
	Total	0.6	2.3	2.6	2.2	2.6	2.0	3.7	2.8	3.7	2.1
Screw Type											
Taper											
	Experimental	-2.6	2.4	0.8	2.9	2.9	2.9	2.0	3.2	4.5	3.0
	Control	-3.7	2.3	1.5	2.3	3.8	2.0	3.4	3.1	4.4	3.1
	Total	-3.1	2.3	1.2	5.4	3.4	2.9	2.7	3.8	4.4	4.3
	Sig	*		NS		NS		NS		NS	

PT, Periotest value; SD, standard deviation; Sig, significance; NS, not significant; Statistically significant difference between cylinder and taper mini-screw by independent *t*-test, **p* < 0.05. PT with -8 to +9 indicates clinically firm teeth or implant is well osseointegrated, PT over +10 indicates implant is not or not sufficiently osseointegrated (Shulte and Lukas²⁴, 1992).

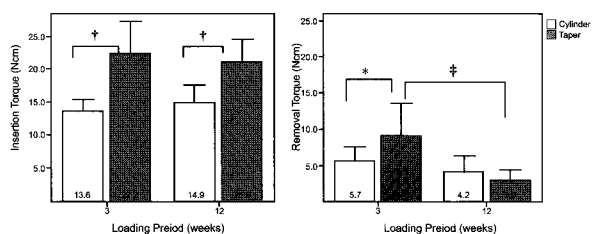


Fig 5. Graphs of insertion and removal torque for loading periods. Statistically significant difference between periods by independent *t*-test and Scheffe test, **p* < 0.05; †*p* < 0.01; ‡*p* < 0.001.

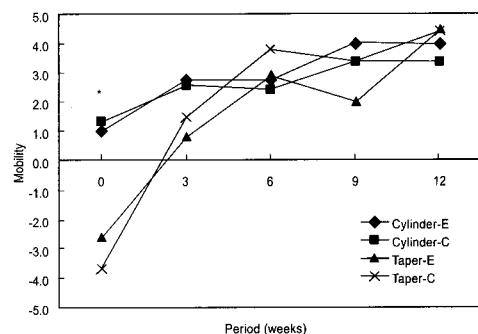


Fig 6. Graph of mobility change for loading periods. *Cylinder-E*, Cylinder type of experimental group; *Cylinder-C*, cylinder type of control group; *Taper-E*, taper type of experimental group; *Taper-C*, taper type of control group, **p* < 0.05.

0.01). 제거 토오크는 3주에서 원추형이 원통형에 비해 유의하게 높게 측정되었으나 ($p < 0.05$). 12주째에는 3.0 Ncm으로 유의하게 감소하여 ($p < 0.05$) 원통형에 비해 낮은 평균 제거 토오크가 관찰되었다 (Fig 5 and Table 1).

미니임플란트의 시기별 동요도 변화

원추형 미니스크류의 동요도는 식립 시 -3.1로 원통형에 비해 낮았으며 ($p < 0.01$) 3주 6주째 점진적으로 증가하여 12주째 두 군간에 유의한 차이가 관찰되지 않았다 (Fig 6 and Table 2).

고찰

본 연구는 미니스크류의 안정성을 평가하기 위해 미니스크류 식립 및 제거 토오크를 이용하는 직접적인 측정방법을 이용하였다. 그러나 현실적으로 스크류를 제거하였으므로 조직형태 분석에 한계가 있다는 제약점이 있었다. 임플란트의 초기 고정력을 강화시키기 위해 이미 보철영역에서 고안된 원추구조는 교정용 미니스크류에서도 식립 토오크를 유의하게 증가시킬 수 있었으며 하악골의 경우 1.5배정도 식립 토오크가 증가되었다. 원추형 구조는 주변골에 변형을 일으켜 골과 밀접한 접촉을 유도하여 동요도를 감소시킬 수 있으므로 초기 고정원에 유리한 역할을 할 수 있다. 원추형 구조에서 얻은 초기 고정은 3주째에서도 원통형 미니스크류보다 유의하게 높은 제거 토오크를 보여줌으로써 식립 후 일정기간 동안 높은 고정력을 유지한다는 사실을 알게 되었다. Ueda 등¹¹은 원추형 보철용 임플란트의 식립 토오크와 제거 토오크 간의 높은 상관성을 보고한 바 있으며 이는 이번 실험에서 3주째의 결과와 일치한다. 반면 12주째 원추형 미니스크류에서 제거 토오크가 유의하게 감소하여 중장기적인 안정성에서는 원통형 미니스크류와 유의한 차이를 보이지 않았다. 초기 골계면에서 발생하는 과도한 strain이 생체내에서 평형을 이루는 단계에서 제거 토오크가 감소하였거나 높은 strain에 의한 미니스크류 주변골의 미세손상 (microdamage)에 의한 안정성의 감소로 추측할 수 있다. Sowden과 Schmitz¹⁴는 이미 non-drilling 미니스크류에서 주위골에 미세 손상을 줄 수 있음을 전자 현미경을 통해 지적한바 있다. 또한 주변골에 대한 과도한 압축력은 세포에 손상을 주어 궤사를 일으킬

수 있다고 알려져 있으며 피질골 부위에 흡수를 일으킨다는 이전의 연구가 이번 결과를 뒷받침한다.¹¹

이번 실험에서 조직시편 분석에 대한 제약으로 시기별 골유착 정도를 평가하는데 한계가 있었다. 이전 연구에서 static load가 골유착을 증진시킨다는 보고가 있었으나¹⁵⁻¹⁷ 이번 실험에서 대조군과 실험군과의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 이는 보철용 임플란트에 비해 작은 직경을 사용하였으며 machined surface로 골유착의 진행 정도가 빠르지 못했다고 추측할 수 있다.¹⁸ 좀더 구체적인 결과를 위해 조직학적인 연구가 필요하다고 본다.

본 실험의 결과는 self-tapping 형 교정용 미니스크류 및 보철용 임플란트의 시기별 안정성과 비교해볼 때 몇 가지 다른 점이 발견되었다. 제거 토오크에 있어서 기존의 골 스크류에서는 시기별 증가가 관찰되었으며¹⁹, 보철용 임플란트의 경우에서도 초기 감소양상을 보이다가 4주에서 16주까지 제거 토오크가 증가하는 양상이어서 이번 연구에서 식립 후 계속적으로 감소되는 경향과는 반대의 결과이었다.²⁰ 이러한 시기별 제거 토오크의 변화에 대한 차이는 식립 전 pilot drill의 사용 유무와 관련이 크다고 본다. 보철용 임플란트나 기존의 연구에서 사용된 골스크류는 모두 식립 전 일정크기의 pilot drill을 사용하였으므로, 식립 시 주변골의 파괴가 상대적으로 클 수 있으며, 식립 후 임플란트 주위로의 신생골의 형성과 골화를 통해 골접촉률이나 골면적 비율이 점진적으로 증가하면서 제거 토오크 역시 증가하게 된다. 그러나 non-drill 형의 교정용 미니스크류는 식립 시 주변골의 형태적인 손상이 최소화되고 대신 응력으로 인하여 주변골의 개조현상이 늦게 일어날 수 있으므로 시기별로 제거 토오크가 오히려 감소하는 경향을 보인다고 해석할 수 있다. 박²¹도 실험용 토끼를 이용하여 non-drilling 및 self-tapping 형의 미니스크류에 대한 조직 및 생역학적인 분석을 통하여 초기 치유과정에서 self-tapping 형의 미니스크류에서 주위조직의 손상이 더 컸음을 보고하였다.

본 동물실험 모델의 경우 14 - 21 Ncm으로 높은 식립 토오크가 관찰되었으며 이는 이전의 사람을 대상으로 한 실험 결과보다 높은 수치이다. 물론 이전의 연구는 pilot drill을 사용하였으므로 self-tapping 형에 비해 높은 식립 토오크가 계측된 것이라 사료된다. 그러나 사람을 대상으로 시행된 non-drilling 형의 식립 토오크에 대한 연구는 없으므로 사람에서 토오크의 범위를 조사하여 생리적 허용범위를 규정

할 필요가 있다. Motoyosi 등⁹은 self-tapping형 교정용 미니스크류의 적절한 식립 토오크를 5 - 10 Ncm라고 제시하면서 너무 강한 식립 토오크는 오히려 미니스크류의 안정성에 부정적으로 작용할 수 있다고 보고한 바 있기 때문이다.

본 실험에서 제거 토오크의 경우 12주 후 3 - 4.2 Ncm로써 이는 14개월 동안 사람의 하악에서 식립한 교정용 미니스크류의 제거 토오크인 14.5 Ncm에 비해 매우 작은 값이며²² 20 Ncm 이상의 보철용 임플란트에 비해서도 작은 값이다. 그러나 교정용 미니스크류를 이용한 이전 연구는 평균 13 - 17 mm의 긴 미니스크류를 이용하였다는 점과 평균 14개월 동안 교정력을 부여하였다는 점에서 제거 토오크가 증가하였다고 판단되며, 보철용 임플란트의 경우 5 mm 이상의 폭경을 보이므로 폭경 증가에 따른 제거 토오크의 증가라고 판단할 수 있다. 즉시 부하를 가하는 보철용 transitional 임플란트의 경우 폭경이 1.8 mm로 교정용 미니스크류의 크기와 유사하나 7개월 유지 후 10 Ncm이상의 높은 제거 토오크가 보고된 바 있으므로²³, 교정용 미니스크류 경우에서도 식립 후 장기간의 유지 후 제거 토오크에 대한 측정이 필요하다고 본다. 미니스크류의 시기별 안정성의 차이는 서로 다른 시스템에 대해 차별화된 임상 적용을 선택해야한다는 사실을 의미한다. 보철용 임플란트나 self-tapping형 미니스크류에서는 교정력을 늦게 부여해야 하지만 non-drilling형에서 초기 단계에 부여하는 것이 안정성에 유리하다는 것을 의미한다. 마지막으로 이번 실험에서 미니스크류 상부구조의 테이퍼의 정도는 일정하였다. 테이퍼의 각도를 점진적으로 증가시키므로써 일어날 수 있는 식립 토오크의 변화와 안정성에 대한 평가가 필요하며 이를 바탕으로 생리적인 허용범위를 고려한 디자인의 개발이 필요하다고 본다

결론

교정용 미니스크류의 원추 형태가 식립 후 시기별 안정성에 미치는 영향을 알아보기 위해, 시기별 제거 토오크 및 동요도를 측정하였다. 성견 6마리의 하악 협측골에 원통형과 원추형 교정용 미니스크류 (Biomaterials Korea, Seoul, Korea) 48개를 식립하고, 식립 시 식립 토오크와 동요도를 측정하고 3주, 12주 동안 교정력을 부여한 후, 제거 시 제거 토오크와 동요도를 측정하였다.

1. 식립 토오크는 원통형 미니스크류에서 14.2 Ncm, 원추형 미니스크류에서 21.6 Ncm로 원추형 미니스크류에서 높은 식립 토오크가 측정되었다 ($p < 0.001$).
2. 식립 3주째 제거 토오크는 원통형 미니스크류에서 5.7 Ncm, 원추형 미니스크류에서 9.1 Ncm로 유의한 차이가 관찰되었다 ($p < 0.05$).
3. 식립 12주째 원추형 미니스크류의 제거 토오크는 3.0 Ncm로 유의하게 감소하여 ($p < 0.05$) 원통형 미니스크류의 4.2 Ncm와 유의한 차이를 보이지 않았다.

이상의 결과로 미니스크류의 원추 구조는 식립 토오크를 유의하게 증가시켜 초기 안정성에 도움을 주었으나, 12주 후 안정성에 있어서는 원통형 미니스크류와 유사하였음을 알 수 있다.

참고문헌

1. Chen CH, Chang CS, Hsieh CH, Tseng YC, Shen YS, Huang IY, et al. The use of microimplants in orthodontic anchorage. J Oral Maxillofac Surg 2006;64:1209-13.
2. Buchter A, Wiechmann D, Koerdt S, Wiesmann HP, Piffko J, Meyer U. Load-related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage. Clin Oral Implants Res 2005;16:473-9.
3. Joos U, Buchter A, Wiesmann HP, Meyer U. Strain driven fast osseointegration of implants. Head Face Med 2005;1:6.
4. Huja SS, Litsky AS, Beck FM, Johnson KA, Larsen PE. Pull-out strength of monocortical screws placed in the maxilla and mandibles of dogs. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;127:307-13.
5. Brown GA, McCarthy T, Bourgeault CA, Callahan DJ. Mechanical performance of standard and cannulated 4.0-mm cancellous bone screws. J Orthop Res 2000;18:307-12.
6. Heidemann W, Gerlach KL, Grobel KH, Kollner HG. Influence of different pilot hole sizes on torque measurements and pullout analysis of osteosynthesis screws. J Craniomaxillofac Surg 1998;26:50-5.
7. Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;124:373-8.
8. Cheng SJ, Tseng IY, Lee JJ, Kok SH. A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage. Int J Oral Maxillofac Implants 2004;19:100-6.
9. Motoyoshi M, Hirabayashi M, Uemura M, Shimizu N. Recommended placement torque when tightening an orthodontic mini-implant. Clin Oral Implants Res 2006;17:109-14.
10. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. Int J Prosthodont 1998;11:491-501.
11. Ueda M, Matsuki M, Jacobsson M, Tjellstrom A. Relationship

- between insertion torque and removal torque analyzed in fresh temporal bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:442-7.
12. Frost HM. Bone's mechanostat: a 2003 update. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 2003;275:1081-101.
 13. Frost HM. A brief review for orthopedic surgeons: fatigue damage (microdamage) in bone (its determinants and clinical implications). *J Orthop Sci* 1998;3:272-81.
 14. Sowden D, Schmitz JP. AO self-drilling and self-tapping screws in rat calvarial bone: An ultrastructural study of the implant interface. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:294-9.
 15. Degidi M, Scarano A, Petrone G, Piattelli A. Histologic analysis of clinically retrieved immediately loaded titanium implants: a report of 11 cases. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5:89-93.
 16. Degidi M, Scarano A, Jezzi G, Piattelli A. Periimplant bone in immediately loaded titanium implants: histologic and histomorphometric evaluation in human. A report of two cases. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5:170-5.
 17. Melsen B, Lang NP. Biological reactions of alveolar bone to orthodontic loading of oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2001; 12:144-52.
 18. Oh NH, Kim SH, Kook YA, Lee KH, Kang YG, Mo SS. Removal torque of sandblasted large grit and acid etched treated mini-implant. *Korean J Orthod* 2006;36:324-30.
 19. Branemark R, Ohmell L-O, Nilsson P, Thomsen P. Biomechanical characterization of osseointegration during healing: an experimental in vivo study in the rat. *Biomaterials* 1997;18:969-78.
 20. Lee JH, Ryu HS, Lee DS, Hong KS, Chang BS, Lee CK. Biomechanical and histomorphometric study on the bone-screw interface of bioactive ceramic-coated titanium screws. *Biomaterials* 2005;26:3249-57.
 21. Park HS, Yen S, Jeoung SH. Histologic and biomechanical characteristics of orthodontic self-drilling and self-tapping microscrew implants. *Korean J Orthod* 2006;36:16-29.
 22. Chen YJ, Chen YH, Lin LD, Yao CC. Removal torque of miniscrews used for orthodontic anchorage--a preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:283-9.
 23. Simon H, Caputo AA. Removal torque of immediately loaded transitional endosseous implants in human subjects. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:839-45.
 24. Schulte W, Lukas D. The Periotest method. *Int Dent J* 1992;42:433-40.

Insertion and removal torques according to orthodontic mini-screw design

Jung-Yul Cha, DDS, MSD, PhD,^a Tae-Min Yoon, DDS, MSD,^b
Chung-Ju Hwang, DDS, MSD, PhD^c

Objective: This study was designed to analyze the primary and secondary stability characteristics of orthodontic mini-screws of tapered design when compared with the cylinder mini-screw. **Methods:** A total of 48 mini-screws were placed into the buccal alveolar bone of the mandible in 6 male beagle dogs. Comparison was made between tapered and cylinder type mini-screws (Biomaterials Korea, Seoul, Korea). Maximum insertion torque (MIT) was measured using a torque sensor (Mark-10, MGT 50, USA) during installation, and maximum removal torque (MRT) was recorded after 3 and 12 weeks of loading. **Results:** Taper mini-screws showed a higher MIT value of 22.3 Ncm compared with cylinder mini-screw showing 13.6 Ncm ($p < 0.001$). The MRT of the taper mini-screw showed a significantly higher value of 9.1 Ncm than those of cylinder mini-screw of 5.7 Ncm at 3-weeks after installation ($p < 0.05$). However, there was no difference in the MRT value between the taper and cylinder mini-screws at 12 weeks of loading. **Conclusions:** These results showed that the high insertion torque of the taper mini-screw design increases initial stability until 3 weeks of loading, but does not have any effect on the secondary stability at 12 weeks of loading. (*Korean J Orthod* 2008;38(1):5-12)

Key words: Orthodontic mini-screw, Insertion torque, Removal torque

^aFull-time lecturer, ^bGraduate student, Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University.

^cProfessor, Department of Orthodontics, College of Dentistry, Dental Science Research Institute, Yonsei University.

Corresponding author: Chung-Ju Hwang.

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, Shinchon-Dong 134, Seodaemun-Gu, Seoul 120-752, Korea.

+82 2 2228 3106; e-mail, hwang@yuhs.ac.

Received June 22, 2007; Last Revision October 11, 2007; Accepted October 13, 2007.