

교정용 미니스크루의 원추형태가
안정성에 미치는 영향

연세대학교 대학원

치의학과

차 정 열

교정용 미니스크루의 원추형태가
안정성에 미치는 영향

지도 황 충 주 교수

이 논문을 박사 학위 논문으로 제출함

2006년 12월 일

연세대학교 대학원

치의학과

차 정 열

차정열의 박사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2006년 12월 일

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 격려와 지도를 베풀어주신 황충주 교수님께 감사와 존경을 드리고 싶습니다. 그리고 보다 좋은 논문을 위해 세심한 조언을 아끼지 않으셨던 박영철 교수님, 김경남 교수님, 백형선 교수님, 오근택 박사님께도 감사를 전하며 논문을 쓰기까지 가르침으로 보살펴주신 손병화 교수님, 유형석 교수님, 이기준 교수님, 김경호 교수님, 최광철 교수님께도 감사드립니다.

또한 실험을 위해 많은 아이디어와 정보를 제공해주신 동경치대의 Inoue 교수님 그리고 오카야마 치대의 Yamamoto 교수님과 Deguchi 선생, 그리고 실험에 도움을 주신 윤태민, 송진욱 선생에게도 감사의 말씀을 드립니다.

그리고 저를 낳아주시고 사랑으로 길러주신 부모님과, 저를 믿고 따라준 저의 아내에게 이 작은 기쁨을 함께 나누고 싶습니다.

2006년 12월

저자 씀

차 례

차례	v
그림 차례	vii
표 차례	viii
국문 요약	ix
I. 서론	1
II. 연구 재료 및 방법	4
1. 실험 동물과 실험 재료	4
2. 교정용 미니임플란트의 식립	4
가. 미니스크루 1차 식립 및 제거	5
나. 미니스크루 2차 식립 및 동물 희생	5
3. 조직 슬라이드의 제작	7
4. 조직형태학 계측	8
5. 통계 분석	9
III. 연구 결과	10
1. 미니스크루 성공율	10
2. 미니스크루 디자인별 식립 및 제거 토오크 (1차 식립)	10
3. 시기별 미니스크루 식립 및 제거 토오크 (1차 식립)	11
4. 미니스크루의 시기별 동요도 변화 (1차 식립)	13
5. 시기별 식립 토오크 (2차 식립)	14
6. 골접촉률(BIC)	17
7. 골면적비율(BV/TV)	20
IV. 고찰	21

V. 결론	27
참고 문헌	29
Abstract	33

그림 차례

Fig. 1. Prescription of cylinder and taper type of mini-screws	4
Fig. 2. Schematic image for mini-screw insertion	6
Fig. 3. Timetables for placing mini-screws	7
Fig. 4. Histomorphometry analysis for bone-implant contact and bone volume	8
Fig. 5. Insertion and removal torque (N cm) for mini-screw types	10
Fig. 6. Graphs of Insertion and removal torque for loading periods	12
Fig. 7. Graph of mobility change for loading periods	14
Fig. 8. Comparison of insertion torque between taper and cylinder mini-screw for loading periods	15
Fig. 9. Estimated Marginal Means of Insertion Torque (N cm) between 1st and 2nd implantation	16
Fig. 10. Comparison of histological photo of taper and cylinder mini-screw for experimental	17
Fig. 11. Comparison of histological photo of taper and cylinder mini-screw for control groups	18
Fig. 12. Bone implant contact (BIC) of each mini-screw type for loading periods ..	19
Fig. 13. BV/TV (%) of each screw type for loading periods	20

표 차례

Table 1. Insertion and removal torque (N cm) for loading periods (weeks) by mini-screw type	11
Table 2. Insertion and removal torque for loading periods (N cm)	12
Table 3. Mobility change for loading periods	13
Table 4. Insertion torque and mobility between experimental and control group for each loading period	15
Table 5. Results of between subject effects for insertion torque	16
Table 6. Bone Implant Contact (BIC) of cortical and total bone area for each period	19
Table 7. BV/TV (%) of taper and cylinder mini-screw for each period	21

국문 요약

교정용 미니스크루의 원추형태가 안정성에 미치는 영향

미니스크루의 초기 안정성을 높이고자 원추형태를 부여하는 스크루 디자인들이 개발되고 있으며, 이는 피질골 층에 조절된 압축력을 유도함으로써 초기고정을 증가시키는데 목적이 있다.

본 연구는 교정용 미니스크루의 원추형태가 식립 후 시기별 안정성에 미치는 영향을 알아보기 위해, 원통형과 원추형 미니스크루를 사용하여 시기별 제거 토오크 및 동요도와 조직시편 분석을 시행하였다. 성견 6마리의 하악 협측골에 원통형과 원추형 교정용 미니스크루(Biomaterials Korea Inc., Seoul, Korea) 96개를 식립하고, 식립 시 식립 토오크와 동요도를 측정하고 3주, 12주 동안 교정력을 부여한 후, 제거 시 제거 토오크와 동요도를 측정하였다. 동물 희생 후 미니스크루를 포함한 비탈회 표본을 제작하여 미니스크루의 골면적비율과 골접촉률을 계측, 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 식립 토오크는 원통형 미니스크루에서 13.6 N cm, 원추형 미니스크루에서 22.3 N cm로 원추형 미니스크루에서 높은 식립 토오크가 측정되었다 ($P < 0.001$).
2. 식립 3 주째 제거 토오크는 원통형 미니스크루에서 5.7 N cm, 원추형 미니스크루에서 9.1 N cm로 유의한 차이가 관찰되었다 ($P < 0.05$).
3. 식립 12 주째 원추형 미니스크루의 제거 토오크는 3.6 N cm로 유의하게 감소하여 ($P < 0.05$) 원통형 미니스크루의 4.2 N cm와 유의한 차이를 보이지 않았다.

4. 원통형 미니스크루의 식립 시 동요도는 -0.2로 원추형의 -2.6보다 높게 측정되었으나 ($P < 0.01$) 12주 후 원통형은 +4.0, 원추형은 +4.5로 증가하여 군 간에 유의한 차이는 관찰되지 않았다.
5. 식립 3주째 전체 골접촉률은 원통형 미니스크루에서 54.1%, 원추형에서 50.6%로 유사하였으며, 12주 후에 각각 62.1%, 54.6%로 증가하였으나 군 간에 유의한 차이는 관찰되지 않았다.
6. 식립 3주째 골면적비율은 원추형 미니스크루에서 높게 나타났으나 ($P < 0.05$) 12주째 실험군 간에 유의한 차이가 없었다.

이상의 결과로 미니스크루의 원추구조는 식립 토오크를 유의하게 증가시켜 식립 후 3주간 안정성에 도움이 되었으나, 12주 후 안정성에 있어서는 원통형 미니스크루와 유사하거나 불리할 수 있음을 알 수 있다.

핵심되는 말 : 교정용 미니스크루, 식립 토오크, 제거 토오크,
조직 계측학적 분석

교정용 미니스크루의 월추형태가 안정성에 미치는 영향

연세대학교 대학원 치의학과

차 정 열

(지도 : 황 충 주 교수)

I. 서 론

교정용 미니스크루는 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(Wehrbein 등, 1996; Park과 Kwon, 2004; Park, 2006a). 그러나 미니스크루에 대한 임상적용이 치료의 성공을 보장하는 것은 아니며, 고정원으로 사용하기 위해서는 안정성이 전제되어야 함은 물론이다.

아쉽게도 교정치료 시 교정용 미니스크루의 탈락은 종종 일어나며, 최근까지 미니스크루의 탈락률은 10-15%로 알려져 있다(Miyawaki 등, 2003; Motoyoshi 등, 2006; Tseng 등, 2006). 이러한 탈락은 치료 결과에 대한 예측도를 낮출 뿐 만 아니라 의사에 대한 신뢰도에도 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 미니스크루의 안정성을 예측하고 높일 수 있는 평가방법과 적용방법에 대한 연구가 필요한 실정이다.

교정용 미니스크루의 탈락은 술자, 환자, 미니스크루 요인 등 복합적인 외부 및 내부 요인에 의해 일어날 수 있다. 술자 및 환자요인으로써, Chen 등(2004)은 식립위치의 각화상피 유무에 탈락의 원인을 설명하였으며, Buchter 등(2005)과 Joos 등(2005)도 부하시기와 힘의 크기도 안정성에 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다.

Miyawaki 등(2003)은 미니스크루 주변의 염증 유무, 환자의 하악 평면각이 미니스크루의 안정성에 영향을 미칠 수 있다고 보고한바 있다. 미니스크루 요소로는 디자인에 관련된 요소로써 폭경과 길이가 관련되어 있다(Okuyama 등, 2000).

미니스크루의 초기 안정성은 미니스크루의 성공에 영향을 미칠 수 있는 중요한 요소이며, 이는 생리적 허용범위 내에 미니스크루의 동요를 예방하여 골계면의 새로운 골형성을 도울 수 있기 때문이다(Huja 등, 2005). 이러한 미니스크루의 초기 안정성을 평가하는 방법 중의 하나는 식립 시 식립 토오크를 측정하는 방법이다(Heidemann 등, 1998; Brown 등, 2000; Miyawaki 등, 2003). Cheng 등(2004)은 식립 토오크가 교정용 미니스크루의 초기안정성을 평가할 수 있는 방법임을 제시하였고, 초기 안정성을 확보하기 위해 일정 이상의 식립 토오크가 필요하다고 하였다. 식립 토오크는 임플란트/골 계면의 저항력을 측정하는 것으로 미니스크루에 의해 변위되는 골의 변형응력 수준을 반영할 뿐 아니라 주변골의 골밀도에 대한 간접적인 표시인자로써 초기 안정성 예측에 중요한 자료로 이용될 수 있다(O'Sullivan 등, 2000; Homolka 등, 2002; Akca 등, 2006).

최근 초기 안정성을 높이고자 미니스크루에 원추형태를 부여하는 디자인들이 개발되고 있으며 이는 피질골 층에 조절된 압축력을 유도함으로써 스크루의 초기고정을 증가시키는데 목적이 있다. Motoyosi 등(2006)은 원추형태로 즉시부하에 대한 안정성을 높일 수 있으며 이는 임플란트와 주변골의 견고한 기계적 접촉과 관련이 있다고 보고하였다. Sennerby 등(1992)과 Ivanoff 등(1996)도 피질골과 임플란트의 접촉이 중요하다고 강조하면서 몇 개의 나사산만이 피질골에 접촉되어도 임플란트의 유지력이 크게 증가할 수 있으며 이로써 골의 침착과 결합이 일어날 수 있다고 보고하였다.

그러나 초기 안정성 면에 있어서는 식립 토오크가 높을수록 유리하겠지만, 과도한 토오크로 인하여 주변골에 심한 변형을 일으켜 골 계면에 울혈과 췌사가 야기되거나 미니스크루의 파절이 일어날 수 있다(Ueda 등, 1991; Meredith, 1998). 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(Frost, 1998; Harold, 2003). 최

근 Motoyosi 등(2006)은 self-tapping 형 교정용 미니스크루의 적절한 식립 토오크를 5-10 N cm라고 제시하면서 너무 강한 식립 토오크는 오히려 미니스크루의 안정성에 부정적으로 작용할 수 있다고 보고한 바 있다.

그렇다면 non-drilling 형의 미니스크루를 하악에서 같이 높은 골밀도를 보이는 곳에 식립하는 경우, drilling 없이 미니스크루를 매식하기 때문에 주변골의 과도한 변형이 일어날 수 있으며, 원추형태의 유무에 따라 식립 토오크의 차이가 클 것으로 예상된다. 그러나 아직까지 self-drilling 형 교정용 미니스크루에 대한 식립 토오크가 미니스크루의 치유과정과 안정성에 미칠 수 있는 영향에 대한 조직형태학적 연구는 전무한 실정이다.

본 연구는 non-drilling 형 교정용 미니스크루의 원추형태가 시기별 안정성에 미치는 영향을 알아보기 위해 식립 시 식립 토오크 측정과 함께 시기별 제거 토오크 및 동요도 측정 그리고 조직시편분석을 시행하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 실험동물과 실험 재료

본 연구에서는 12개월 된 12 Kg의 웅성 성견(Beagle Dog) 6마리를 대상으로 미니스크루를 식립하였으며 이들의 구입, 선택, 관리, 실험 등은 연세의료원 실험동물 위원회(IRB)의 심의를 거쳤다.

실험에 사용된 미니스크루는 직경 1.45 mm, 길이 7 mm의 non-drilling 형의 원통형(OAS-1507C)과 원추형(OAS-1507T, Biomaterials Korea Inc., Seoul, Korea) 미니스크루를 선정하였으며 총 96개를 사용하였다 (Fig. 1).

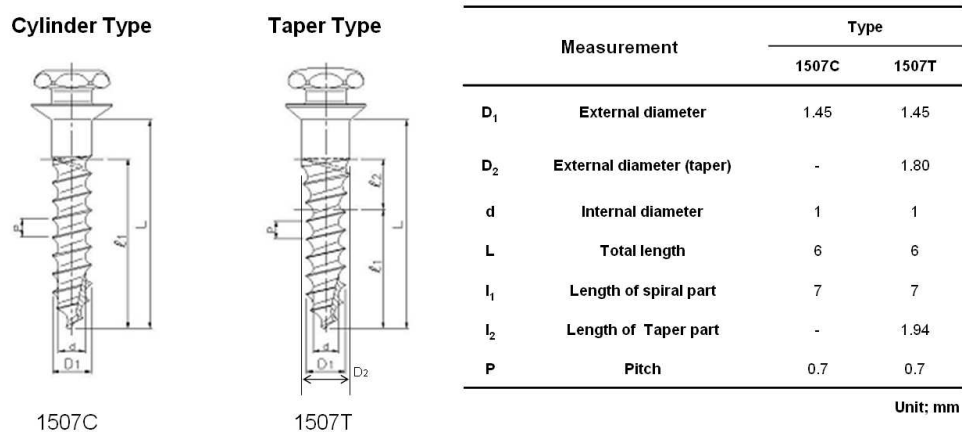


Fig. 1. Prescription of cylinder and taper type of mini-screws.

2. 교정용 미니스크루의 식립

실험동물에 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 미니스크루 식립 시, 식립 부위에 에피네프린(1:100,000)이 포함된 2% 염산 리도케인을 이용하여 침윤 마취도 함께 실시하였다.

가. 미니스크루 1차 식립 및 제거

미니스크루의 식립 위치는 치근과의 접근도를 CT촬영을 통해 확인한 후 수직 수평적인 위치를 결정하였으며, 하악에서 제 2, 3, 4 소구치와 제 1 대구치의 치근 사이로 결정하였다 (Fig. 2). 식립 전에 5-10 mm의 잇몸 절개를 시행하였으며 식염수 관주 하에 미니스크루의 나사산이 치조골에 완전히 들어가는 것을 확인하였다. 최종 식립 전에 토오크 센서(Mark-10, MGT50, U.S.A.)를 이용하여 최대 식립 토오크를 N cm단위로 측정하였으며 식립 후 동요도 측정기(Periotest, Simens, Germany)를 이용하여 동요도를 계측하였다.

동일 quadrant에 대해 원추형과 원통형 미니스크루를 각각 2개씩 식립하였으며, 실험군의 원통형과 원추형 미니스크루의 경우 양측에 탄성 체인을 걸어 즉시 부하를 시행하였다. 이때 탄성체인은 force gauge를 이용하여 250-300 gm 범위의 힘을 부여하였으며 3주마다 동요도 측정 후 교체하였으며, 대조군의 경우 부하를 가하지 않았다 (Fig. 2).

각각의 실험군에 대해 3주와 12주 동안의 힘을 부여하였다. 12주 부하군은 하악골의 양측 중 무작위로 선정하여 대조군과 함께 식립하였으며, 12주 부하군을 식립하고 9주 후에 반대편 악에 3주 부하군을 대조군과 함께 식립하였다. 실험기간 동안 동물의 구강위생을 위해 클로로헥시딘 용액을 이용하여 매일 구강양치를 시행하였다 (Fig. 3). 12 주 후 미니스크루에 대한 동요도 측정 후 3주 부하군과 12주 부하군을 동시에 제거하였으며 이때 제거 토오크를 측정하였다.

나. 미니스크루 2차 식립 및 동물 희생

4개월 동안의 치유기간 후 동일 부위에 미니스크루를 식립하였다. 식립 시 식립

토오크와 동요도를 측정하였으며 1차 식립과 같은 방법으로 3주 부하군과 12주 부하군 및 대조군을 식립하였다. 실험동물은 12주 후 미니스크루에 대한 동요도 측정 후 희생시켰다.

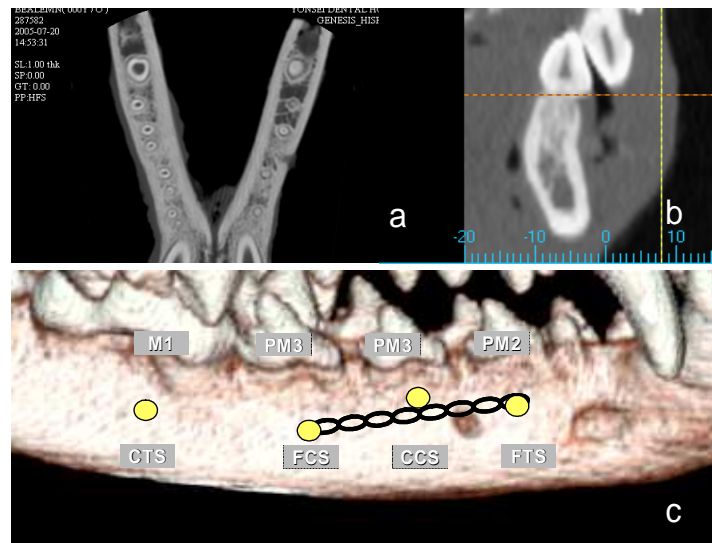


Fig. 2. Schematic image for mini-screw insertion. a and b, axial and sagittal images for the localization of mini-screws; c, force applied groups were reciprocally loaded by elastic-chain, FCS= force applied cylinder mini-screw; FTS= force applied taper mini-screw; CCS= control group of cylinder mini-screw;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

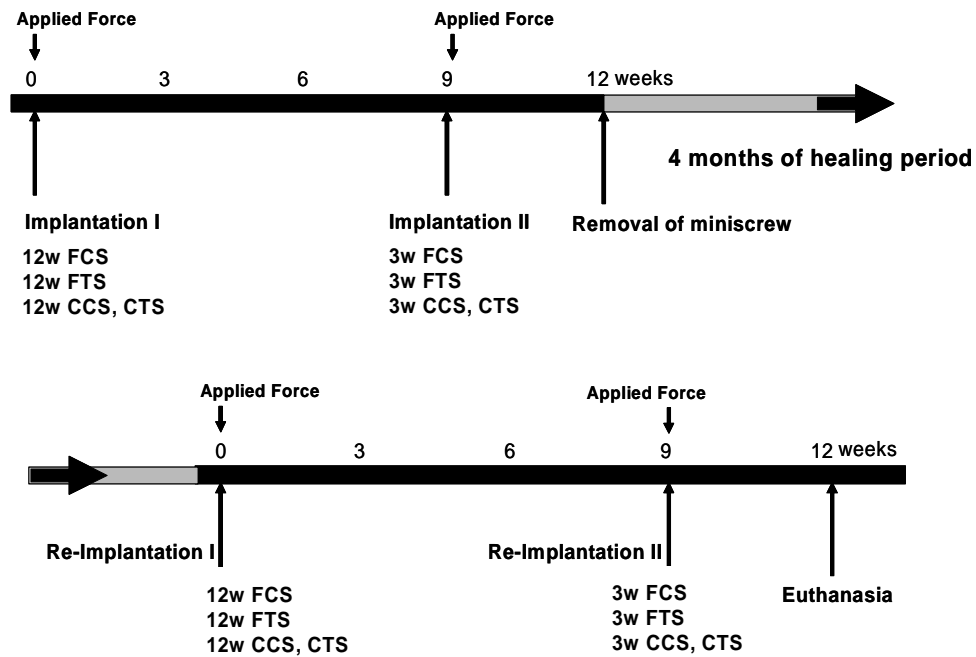


Fig. 3. Timetable for placing mini-screws, w= weeks; FCS= force applied cylinder mini-screw; FTS= force applied taper mini-screw; CCS= control group of cylinder mini-screw; CTS= control group of taper mimi-screw; 2nd implantation was performed after 4 months of healing period from removal of 1st implantation.

3. 조직 슬라이드의 제작

low-speed diamond wheel을 이용하여 미니스크루 헤드의 중심에 근, 원심으로 notch를 형성하였다. 그 후 미니스크루가 포함된 조직 블록을 채취하고 10% 포르말린 용액에 1달간 고정하였다. 조직 고정 후 조직 표본을 14일간 70-100%의 점진적 고농도의 알코올로 탈수하고 polymethylmethacrylate로 포매한 후 광중합기

를 이용하여 진공상태에서 경화시켰다. 레진 포매된 조직 블록은 미니 임플란트 헤드에 형성된 notch와 미니스크루의 tip을 연결한 평면을 기준으로 diamond saw (Maruto, Japan)로 절단하였으며, hard tissue grinding system (Maruto, Japan)으로 100-110 μm 두께의 비탈회 표본을 제작하고 toluidine blue로 염색하였다.

4. 조직형태학 계측

조직 슬라이드를 광학 현미경 하 100배로 촬영하여 BMP파일로 저장하고 이를 Image-Pro Version 3.0 (Cybernetics Media, U.S.A.) 프로그램을 이용하여 계측하였다. 미니스크루의 800 μm 내에서 조직형태계측이 이루어졌으며 측정변수로 골접촉률(bone implant contact)과 골면적비율(BV/TV, Bone volume/Total volume)을 %로 계측하였으며 골접촉률은 피질골 부위와 전체 매식된 부위로 나누어 계측하였다 (Fig. 4).

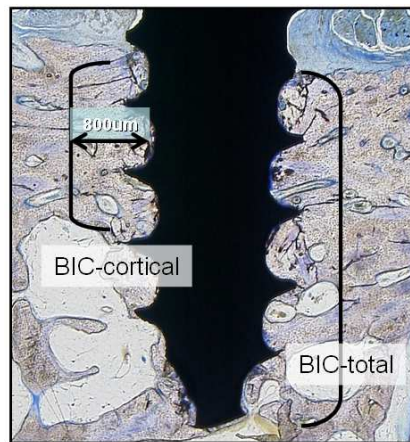


Fig. 4. Histomorphometry analysis for bone-implant contact and bone volume. Bone implant contact (BIC) was divided into BIC-cortical within cortical bone layer and BIC-total including cancellous bone, and bone volume (BV) was measured within the range of 800 μm from implant-bone interface.

5. 통계 분석

전체 통계방법은 원추형과 원통형의 미니스크루에서 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. 골접촉률과 골면적비율에서도 실험군과 대조군에 대해서 평균과 standard error of mean (SE)을 구한다음 시기별, 실험군에 대해 각각 Mann-Whitney U test를 시행하였다.

III. 연구 결과

1. 미니스크루 성공률

하악에 식립된 총 96개의 미니스크루 중 탈락된 것은 1개로써 미니스크루 성공률은 99%였다.

2. 미니스크루 디자인별 식립 및 제거 토오크 (1차 식립)

미니스크루의 형태에 따른 식립 토오크는 원추형에서 유의하게 높게 측정되었으나 ($P < 0.001$). 제거 토오크에서는 두 군 간에 유의한 차이가 관찰되지 않았다 (Fig. 5).

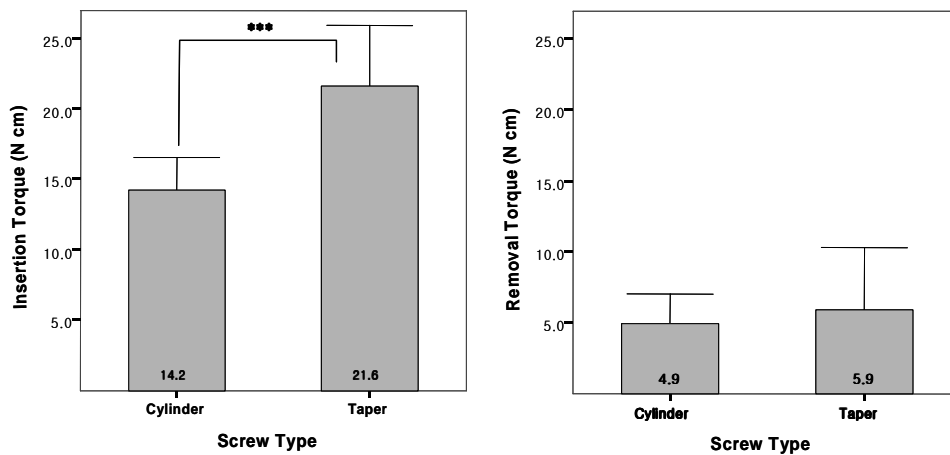


Fig. 5. Insertion and removal torque (N cm) for mini-screw types. Statistically significant difference between periods by independent t -test; *** $P < 0.001$.

3. 시기별 미니스크루 식립 및 제거 토오크 (1차 식립)

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

Value	Group	Insertion Torque (N cm)					Removal Torque (N cm)				
		Experimental group		Control group		Sig	Experimental group		Control group		Sig
Periods (weeks)	Type	Mean	SD	Mean	SD	Sig	Mean	SD	Mean	SD	Sig
3	Cylinder	13.6	2.0	13.6	1.8	NS	5.2	2.2	6.1	1.4	NS
	Taper	23.3	3.2	21.5	6.5	NS	10.0	2.3	8.5	5.5	NS
12	Cylinder	14.9	2.4	14.9	3.0	NS	4.3	1.4	4.2	2.9	NS
	Taper	20.9	2.7	21.1	4.6	NS	2.7	1.1	3.3	1.8	NS

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

실험군과 대조군에 있어 식립 및 제거 토오크 간에 시기별 유의성은 없었다 (Table 1). 또한 서로 다른 시기에 식립된 미니스크루에 대해서 유사한 식립 토오크가 관찰되었으며 원추형 형태가 원통형에 비해 유의하게 높은 식립 토오크가 측정되었다 ($P < 0.01$). 제거 토오크는 3주에서 원추형이 원통형에 비해 유의하게 높게 측정되었으나 ($P < 0.05$) 12주째에는 3.0 N cm으로 유의하게 감소하여 ($P < 0.05$) 원통형에 비해 낮은 평균 제거 토오크가 관찰되었다 (Fig. 6, Table 2).

Table 2. Insertion and removal torque for loading periods (N cm)

Type	Loading Periods							
	3 weeks				12 weeks			
	Cylinder		Taper		Cylinder		Taper	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
IT (N cm)	13.6	1.8	22.3	5.1	14.9	2.6	21.0	3.6
RT (N cm)	5.7	1.9	9.1	4.4	4.2	2.2	3.0	1.5

IT, Insertion torque; RT, removal torque; SD, standard deviation.

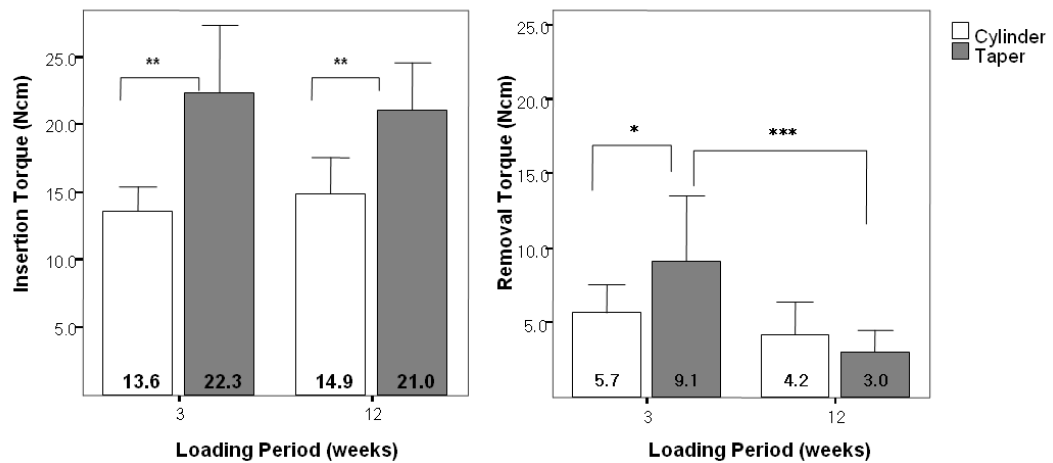


Fig. 6. Graphs of Insertion and removal torque for loading periods. Statistically significant difference between periods by independent *t*-test and *Scheffe* test, **P* < 0.05; ***P* < 0.01; ****P* < 0.001.

4. 미니스크루의 시기별 동요도 변화 (1차 식립)

식립 시 미니스크루의 동요도는 실험군의 경우 원통형의 -0.2에 비해 원추형이 -2.6으로 높았으며, 실험군과 대조군 3주, 6주째 점진적으로 증가하여 12주째 두 군 간에 유의한 차이가 관찰되지 않았다 (Table 3, Fig. 7).

Table 3. Mobility change for loading periods

Periods (weeks)		Mobility										
		0		3		6		9		12		
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Screw Type	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
	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		

SD, standard deviation; Sig, significance; NS, not significant; Statistically significant difference between cylinder and taper mini-screw by independent *t*-test, **P* < 0.05. Periotest value with -8 to +9 indicates clinically firm teeth (Shulte and Lukas, 1992).

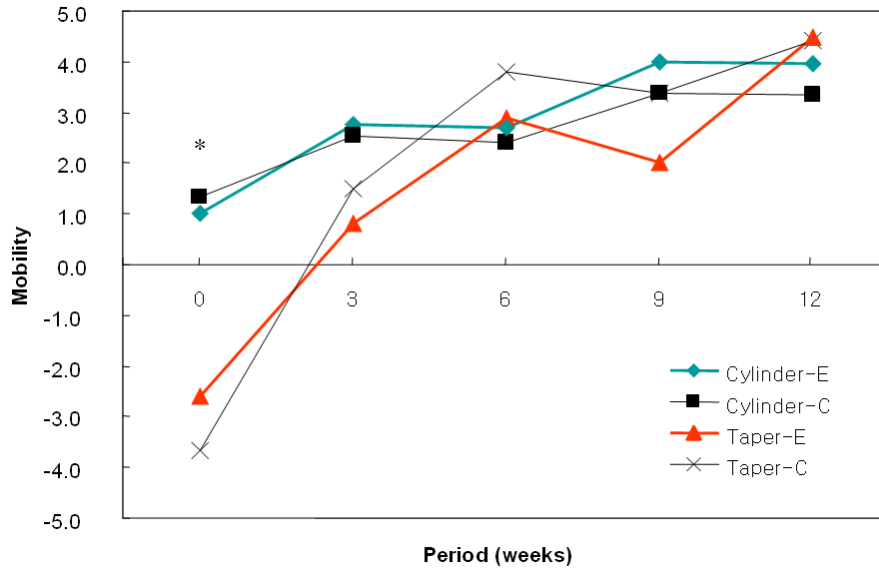


Fig. 7. Graph of mobility change for loading periods. Cylinder-E, cylinder type of experimental group; Cylinder-C, cylinder type of control group; Taper-E, taper type of experimental group; Taper-C, taper type of control group, * $P < 0.05$.

5. 시기별 식립 토오크 (2차 식립)

2차 식립에서도 시기별 동일군에 대해 유사한 토오크가 측정되었으며, 원추형 미니스크루에서 유의하게 높은 식립 토오크가 관찰되었다 ($P < 0.01$). 그러나 1차 식립 토오크와 비교하여 원통형에서는 2.3 N cm가, 원추형에서는 2.5 N cm가 낮게 측정되었다 (Table 4, Fig. 8). 1차 식립과 2차 식립에 대한 미니스크루 디자인에 대한 상호교호 작용을 비교한 결과 유의한 차이는 관찰되지 않았다 (Table 5, Fig. 9)

Table 4. Insertion torque and mobility between experimental and control group for each loading period

Screw Type	Loading Period															
	3 weeks								12 weeks							
	Experimental				Control				Experimental				Control			
	Cylinder		Taper		Cylinder		Taper		Cylinder		Taper		Cylinder		Taper	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
IT (N cm)	11.3	3.0	19.8	2.7	11.7	2.5	18.0	3.2	12.0	3.3	16.7	3.1	8.7	3.1	18.4	3.4
IM	2.3	2.2	-1.4	3.5	-0.6	3.3	-0.5	5.5	2.5	3.5	-2.1	3.5	-1.5	2.7	-2.2	2.8
RM	2.2	2.3	1.0	2.7	4.8	3.6	0.8	1.7	3.2	3.6	1.8	2.5	1.7	2.1	2.9	1.7

IT, insertion torque; IM, mobility at insertion; RM, mobility at removal; SD, standard deviation.

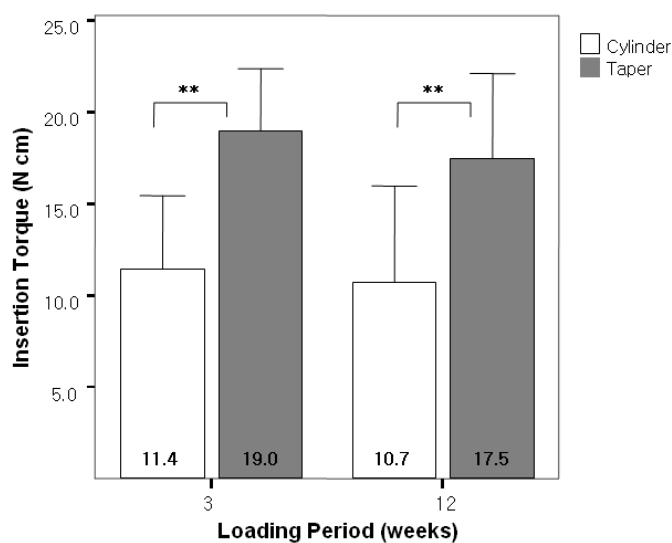


Fig. 8. Comparison of insertion torque between taper and cylinder mini-screw for loading periods. $**P < 0.01$.

Table 5. Results of between subject effects for insertion torque

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1393.03 ^a	3	464.34	31.06	0.00
Intercept	23979.10	1	23979.10	1603.73	0.00
Type	1188.78	1	1188.78	79.51	0.00
Insertion time	222.88	1	222.88	14.91	0.00
Screw Type * Insertion time	0.13	1	0.13	0.01	0.93

^a R Squared = .520 (Adjusted R Squared = .503) Sig, significance; df, degree of freedom; Type; comparison of cylinder and taper type; Insertion time; comparison of 1st and 2nd implantation.

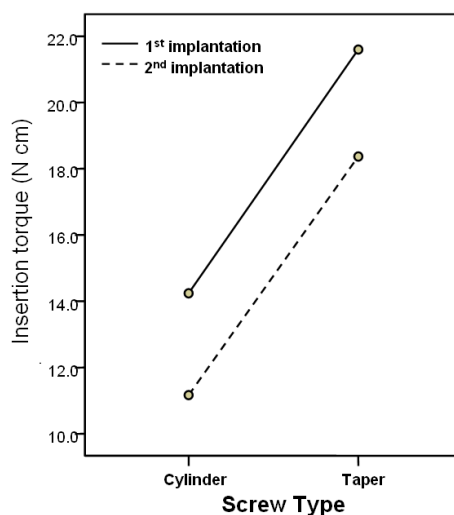


Fig. 9. Graph of estimated Marginal Means of Insertion Torque (N cm) between 1st and 2nd implantation. The interaction between mini-screw type and insertion time was not shown on this graph.

6. 골접촉률 (BIC)

조직분석에서 피질골 부위의 골접촉률(BIC)은 실험군 모두에서 감소하였으며, 유의한 차이가 관찰되었다 ($P < 0.05$). 반면 전체 골부위의 골접촉률(BIC)은 시기별 증가양상이 관찰되었으며 원통형에서 유의한 증가가 관찰되었다. 원추형의 골접촉률은 3주째 50.6%, 원통형의 경우 54.1%로 유의한 차이가 없었으며, 12주째 원추형은 54.6% 원통형은 62.1%로 원통형의 평균 골접촉률이 높았으나 군 간에 유의한 차이는 없었다 (Fig. 12, Table 6). 조직슬라이드 사진에서 3주째 스크루와 주변골조직 간에 접촉도가 높았으나 12주째에 모든 실험군과 대조군에서 피질골과의 계면부위에서 골의 흡수양상이 관찰되었다 (Fig. 10, 11).

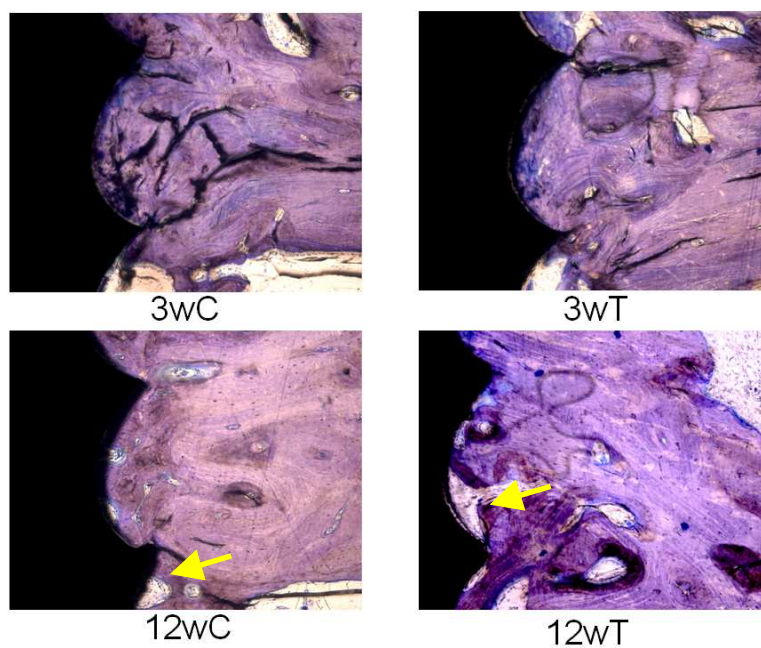


Fig. 10. Comparison of histological photo of taper and cylinder mini-screw for experimental groups. 3wT, taper mini-screw group at 3 weeks; 3wC, cylinder mini-screw group at 3 weeks; 12wT, taper mini-screw group at 12 weeks; 12wC, cylinder mini-screw group at 12 weeks, arrow shows extensive bone resorption at the mini-screw bone interface, Toluidine staining ($\times 100$).

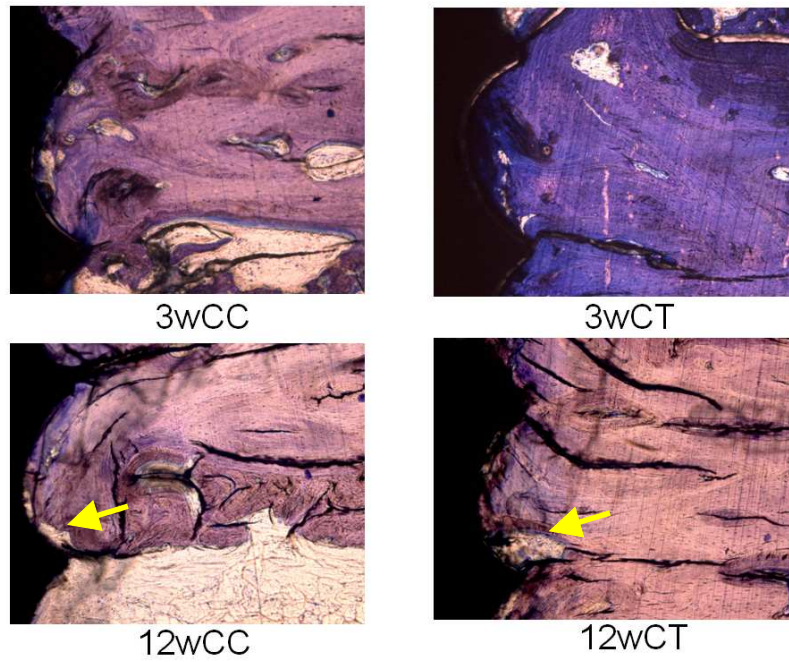


Fig. 11. Comparison of histological photo of taper and cylinder screw for control groups. 3wCT, taper mini-screw group at 3 weeks; 3wCC, cylinder mini-screw group at 3 weeks; 12wCT, taper mini-screw group at 12 weeks; 12wCC, cylinder mini-screw group at 12 weeks, arrow shows extensive bone resorption at the mini-screw bone interface, Toluidine staining ($\times 100$).

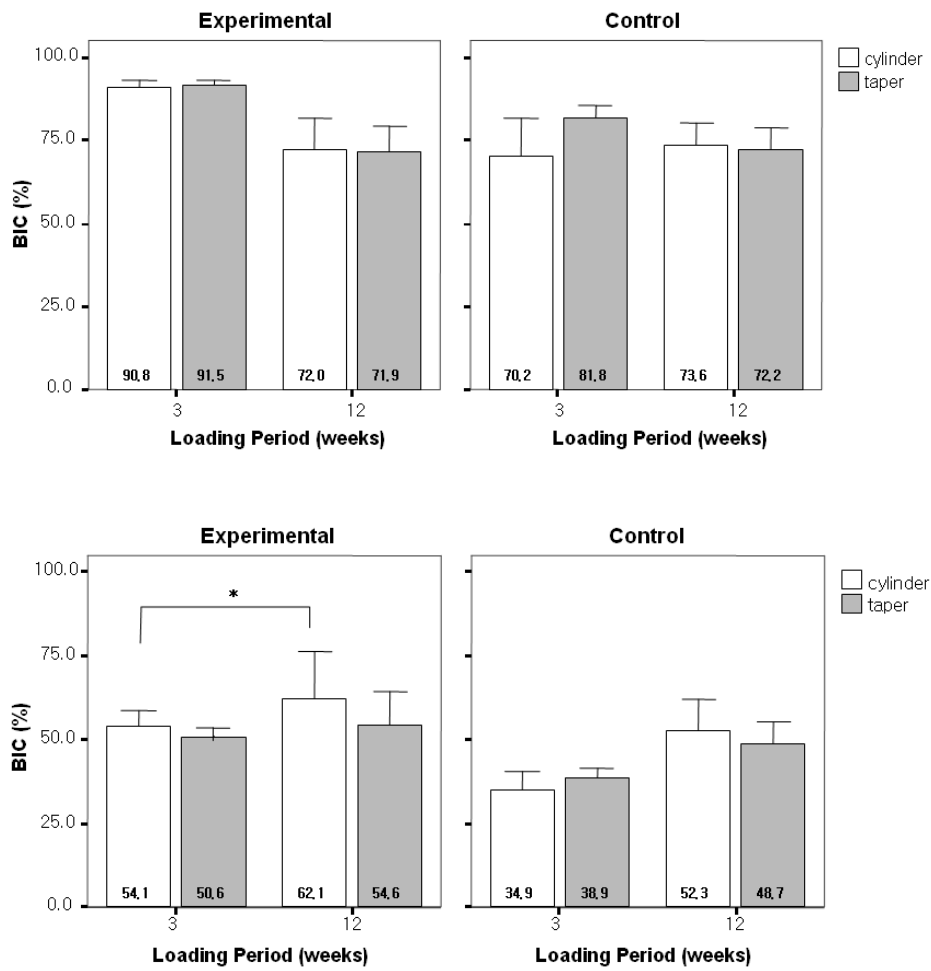


Fig. 12. Bone implant contact (BIC) of each mini-screw type for loading periods. Upper; BIC of cortical bone; lower; BIC of total bone. * $P < 0.05$.

Table 6. Bone Implant Contact (BIC) of cortical and total bone area for each period

Type	Group Periods (weeks)	BIC (%) in cortical bone				Sig	BIC (%) in total bone				Sig
		Experimental		Control			Experimental		Control		
		Mean	SE	Mean	SE		Mean	SE	Mean	SE	
Cylinder	3	90.8	2.2	70.2	11.6	*	54.1	4.8	34.9	5.9	*
	12	72.0	9.7	73.6	6.4	NS	62.1	14.2	52.3	9.8	NS
	Sig	*		NS			*		*		
Taper	3	91.5	1.8	81.8	3.5	*	50.6	0.6	38.9	2.8	*
	12	71.9	7.2	72.2	6.8	NS	54.6	9.7	48.7	6.5	NS
	Sig	*		NS			NS		*		

SE, Standard error of mean, NS; not significant, Sig; significance of groups and periods by Mann-Whitney U test, * $P < 0.05$.

7. 골면적비율 (BV/TV)

골면적비율은 실험군에서 3주째 원추형 미니스크루에서 높게 나타났으나 ($P < 0.05$) 12주째 군 간에 유의한 차이는 관찰되지 않았다 (Fig. 13, Table 7).

Table 7. BV/TV (%) of taper and cylinder mini-screw for each period

Type	Group Periods (weeks)	BV/TV (%)				Sig
		Experimental		Control		
		Mean	SE	Mean	SE	
Cylinder	3	49.8	1.7	43.0	5.7	NS
	12	55.0	11.1	50.4	5.5	NS
	Sig	NS		NS		
Taper	3	57.8	5.3	47.7	8.7	*
	12	53.3	7.9	56.5	7.4	NS
	Sig	NS		NS		

SE, Standard error of mean, NS; not significant, Sig; significance of groups and periods by Mann-Whitney U test, * $P < 0.05$.

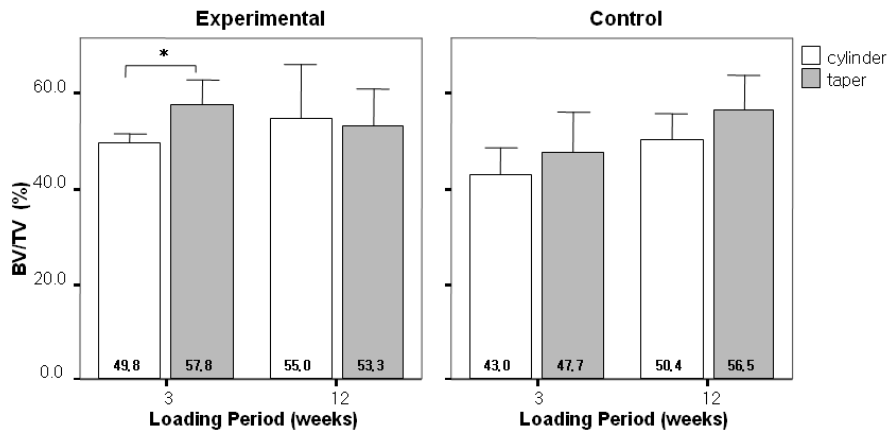


Fig. 13. Bone Volume(%) (BV/TV) of each screw type for loading periods. * $P < 0.05$.

IV. 고찰

본 연구는 미니스크루의 안정성을 평가하기 위해 골접촉률과 골면적비율을 이용한 간접적인 측정방법뿐 아니라 미니스크루 식립 및 제거 토오크를 이용하는 직접적인 측정방법을 이용하였다. 그러나 현실적으로 미니스크루를 제거하게 되면 조직형태 분석에 어려움이 있기 때문에 미니스크루 제거 후 4개월의 치유기간이 지난 다음 동일부분에 미니스크루를 다시 식립하는 방법을 선택하였다. 예상했던 대로 2차 식립 시 1차 식립보다 2-2.5 N cm 정도 식립 토오크가 감소하여 골질이 이전 수준으로 회복하지 못하였다는 사실을 알게 되었다. 그러나 식립 차수와 미니스크루 종류에 따른 상호교호작용을 검증한 결과 유의한 차이는 없었으며, 원추형과 원통형 미니스크루 간의 식립 토오크에서 유의한 차이가 여전히 관찰되었으므로 1차 식립에서 측정한 식립 및 제거 토오크를 조직분석결과와 관련지어 해석하였다.

임플란트의 초기 고정력을 강화시키기 위해 이미 보철영역에서 고안된 원추구조는 교정용 미니스크루에서도 식립 토오크를 유의하게 증가시킬 수 있었으며 하악골의 경우 1.5배 정도 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 미니스크루보다 유의하게 높은 제거 토오크를 보여줌으로써 식립 후 일정기간 동안 높은 고정력을 유지한다는 사실을 알게 되었다. Ueda 등(1991)은 원추형 보철용 임플란트의 식립 토오크와 제거 토오크 간의 높은 상관성을 보고한 바 있으며 이는 이번 실험에서 3주째의 결과와 일치한다. 이 시기에 골면적비율도 원추형에서 높게 나타났으나 골접촉률에 있어 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 이번 결과는 골접촉률만으로는 미니스크루의 안정성에 대한 직접적인 평가요소로 보기는 어렵다는 이전의 연구를 뒷받침하는 것으로 볼 수 있다(Kuroda 등, 2004).

반면 12 주째 원추형 미니스크루에서 제거 토오크가 유의하게 감소하여 중장기적인 안정성에서는 원통형 미니스크루와 유의한 차이를 보이지 않았으며 동요도 및 제거 토오크의 평균값에서 원추형이 낮게 측정되었다. 초기 골계면에서 발생하는 과도한 strain이 생체내에서 평형을 이루는 단계에서 제거 토오크가 감소하였거나 높은 strain에 의한 미니스크루 주변골의 미세손상(microdamage)에 의한 안정성의 감소로 추측할 수 있다. Sowden과 schmitz(2002)는 이미 non-drilling 미니스크루에서 주위골에 미세손상을 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(Ueda 등, 1991). Soltesz 등(1980)과 Huiskes과 Nunamaker(1984)도 스트레스가 높게 집중되는 부위의 골에서 일어나는 흡수율에 대해 직접적인 상관성이 있다고 보고한바 있다.

골접촉률은 전체 식립부위에 대한 골접촉률과 피질골에 대한 골접촉률로 구분하였는데, 피질골 부위는 3주에서 12주째 감소하였으며 유의한 차이가 관찰되었다. 반면 전체골에서 접촉률은 반대로 증가하는 양상이 나타났으며, 원추형 미니스크루에서 유의한 증가가 관찰되었다. 이는 피질골 부분은 식립 후 발생하는 높은 스트레스에 의해 미니스크루 계면골의 흡수가 일어나는 반면, 상대적으로 응력이 적은 수질골은 신생골의 생성과 개조가 활발히 일어나서 골접촉률이 증가하였다고 볼 수 있다. 또한 이러한 결과는 시기별 골면적비율의 증가와 일치하는 부분이다. 그러나 이번 연구의 관찰기간이 12주에 국한되었기 때문에 원추형 미니스크루의 장기적인 안정성에 대해서는 예측하기 힘든 면이 있다.

본 실험의 결과는 self-tapping 형 교정용 미니스크루 및 보철용 임플란트의 시기별 안정성과 비교해볼 때 몇 가지 다른 점이 발견되었다. 우선 전체 골접촉률은 원통형에서는 시기별로 증가하여 보철용 임플란트와 유사한 양상이었으나 피질골 부위에서는 오히려 감소하였다는 점이다. 제거 토오크에 있어서 기존의 골스크루에서는 시기별 증가가 관찰되었으며(Lee 등, 2005), 보철용 임플란트의 경우에서도 초기 감소양상을 보이다가 4주에서 16주까지 제거 토오크가 증가하는 양상이어서 이번 연구에서 식립 후 계속적으로 감소되는 경향과는 반대의 결과이었다

(Branemark 등, 1997). 이러한 시기별 제거 토오크의 변화에 대한 차이는 식립 전 pilot drill의 사용 유무와 관련이 크다고 본다.

보철용 임플란트나 기존의 골스크루(bone screw) 연구에서 사용된 스크루는 모두 식립 전 일정크기의 pilot drill을 사용하였으므로, 식립 시 주변골의 파괴가 상대적으로 클 수 있으며, 식립 후 임플란트 주위로의 신생골의 형성과 골화를 통해 골접촉률이나 골면적비율이 점진적으로 증가하면서 제거 토오크 역시 증가하게 된다. 그러나 non-drilling 형의 교정용 미니스크루는 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. 이는 임플란트 주위의 단단한 골의 양이 제거 토오크와 상관성 있다는 이전의 연구와 일치한다(Branemark 등, 1997).

박 등(2006b)도 실험용 토끼를 이용하여 non-drilling 및 self-tapping 형의 미니스크루에 대한 조직 및 생역학적인 분석을 통하여 초기 치유과정에서 self-tapping 형의 미니스크루에서 주위조직의 손상이 더 컸음을 보고하였다. 반면, 식립 후 5주째 non-drilling 형의 경우 피질골 부위에서 골의 휨현상(bending)과 함께 흡수가 두드러진 반면 self-tapping 형에서는 계면부위에 신생골의 침착이 두드러져 결국 골접촉률의 차이가 상쇄됨을 보고하였다. 그러나 이전 연구는 피질골로만 구성된 토끼의 대퇴골만을 이용하였으므로 non-drilling 형의 미니스크루에서 골접촉률이 전반적으로 감소한다고 해석하기에 무리가 따르며, 수질골 부위를 포함한 이번 실험의 경우 시간이 지남에 따라 전체 골접촉률은 증가한다는 결과에 신뢰성이 있다고 본다.

본 실험에서는 모든 실험군에 대해 식립 후 교정력을 즉시 부여한 후 안정성을 평가하였다. 이는 non-drilling 형의 미니스크루에서 식립 초기 높은 접촉률과 초기 안정성에 근거하여 시행하였다. 실험군과 대조군의 비교에서 시기별 제거 토오크에 있어 유의한 차이는 관찰되지 않았으나, 골접촉률에 있어서는 대조군에 비해 실험군에서 유의하게 높게 관찰되어 즉시부하에 대한 안정성을 확인할 수 있었다. Non-drilling 형의 미니스크루서 초기 높은 식립 토오크는 식립 후 3 주 동안 큰 감소를 보이며, 골접촉률에서도 대조군의 경우 골접촉률이 상대적으로 낮다는 결

과를 바탕으로 즉시 부하에 대한 안정성을 확인할 수 있다고 본다. De Smet 등 (2006)은 골 주위 치유과정 중 만기 부하에 비해 조기 부하에서 더욱 빠른 치유가 일어나며 이는 일정 범위 내의 기계적인 자극 하에서 골질을 유지하려는 성향이 있기 때문이라고 보고하였다. 다만 이번 결과가 단단한 피질골로 구성되는 하악을 대상으로 교정력을 부여하였다는 점에서 즉시부하에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

본 실험결과에서와 같이 과도한 식립 토오크를 보이는 경우, 시간이 지나면서 피질골부위의 미니스크루 계면주위의 골 흡수양상으로 인하여 중장기적 안정성에 문제가 될 수 있음을 예측할 수 있다. 따라서 하악에서와 같이 골의 밀도 또는 피질골이 두꺼워 식립 토오크의 증가가 예측되는 경우 미니스크루의 장기적인 안정성을 확보하기 위해서는 drilling을 하는 방법에 대해서도 고려할 필요가 있다. 다만 drilling을 하는 경우 초기 고정에 취약점이 있을 수 있어 초기 약한 힘이나 3주 정도의 치유기간 후 부하를 줄 것을 권장하고 있다(Park 등, 2006).

본 동물실험 모델의 경우 14-21 N cm으로 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 규정할 필요가 있다. Motoyosi 등(2006)은 self-tapping형 교정용 미니스크루의 적절한 식립 토오크를 5-10 N cm라고 제시하면서 너무 강한 식립 토오크는 오히려 미니스크루의 안정성에 부정적으로 작용할 수 있다고 보고한 바 있기 때문이다.

본 실험에서 제거 토오크의 경우 12주 후 3-4.2 N cm로써 이는 14개월 동안 사람의 하악에서 식립한 교정용 미니스크루의 제거 토오크인 14.5 N cm에 비해 매우 작은 값이며(Chen 등 2006) 20 N cm 이상의 보철용 임플란트에 비해서도 작은 값이다. 그러나 교정용 미니스크루를 이용한 이전 연구는 평균 13-17 mm의 긴 미니스크루를 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

(Ivanoff 등, 1997). 즉시 부하를 가하는 보철용 transitional 임플란트의 경우 폭경이 1.8 mm 로 교정용 미니스크루의 크기와 유사하나 7개월 유지 후 10 N cm 이상의 높은 제거 토크가 보고된 바 있으므로(Simon 와 Caputo, 2002), 교정용 미니스크루 경우에서도 식립 후 장기간의 유지 후 제거 토크에 대한 측정이 필요하다고 본다.

본 연구를 통해 non-drilling 형 미니스크루가 보철용 임플란트와 다른 치유과정을 보이며 안정성에 있어서 시기별로 다른 양상을 보인다는 사실을 알게 되었다. 미니스크루의 시기별 안정성의 차이는 서로 다른 시스템에 대해 차별화된 임상 적용을 선택해야한다는 사실을 의미한다. 보철용 임플란트나 self-tapping 형 미니스크루에서는 교정력을 낮게 부여해야하지만 non-drilling 형에서 초기 단계에 부여하는 것이 안정성에 유리하다는 것을 의미한다. 마지막으로 이번 실험에서 미니스크루 상부구조의 테이퍼의 정도는 일정하였다. 테이퍼 각도를 점진적인 증가시킴으로써 일어날 수 있는 식립 토크의 변화와 안정성에 대한 평가가 필요하며 이를 바탕으로 생리적인 허용범위를 고려한 디자인의 개발이 필요하다고 본다.

V. 결론

교정용 미니스크루의 원추형태가 식립 후 시기별 안정성에 미치는 영향을 알아보기 위해, 시기별 제거 토오크 및 동요도와 조직시편분석을 시행하였다. 성견 6마리의 하악 협측골에 원통형과 원추형 교정용 미니스크루(Biomaterials Korea Inc., Seoul, Korea) 96개를 식립하고, 식립 시 식립 토오크와 동요도를 측정하고 3주, 12주 동안 교정력을 부여한 후, 제거 시 제거 토오크와 동요도를 측정하였다. 동물 희생 후 미니스크루를 포함한 비탈회 표본을 제작하여 미니스크루의 골면적비율과 골접촉률을 계측, 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 식립 토오크는 원통형 미니스크루에서 13.6 N cm, 원추형 미니스크루에서 22.3 N cm로 원추형 미니스크루에서 높은 식립 토오크가 측정되었다 ($P < 0.001$).
2. 식립 3 주째 제거 토오크는 원통형 미니스크루에서 5.7 N cm, 원추형 미니스크루에서 9.1 N cm로 유의한 차이가 관찰되었다 ($P < 0.05$).
3. 식립 12 주째 원추형 미니스크루의 제거 토오크는 3.6 N cm로 유의하게 감소하여 ($P < 0.05$) 원통형 미니스크루의 4.2 N cm와 유의한 차이를 보이지 않았다.
4. 원통형 미니스크루의 식립 시 동요도는 -0.2로 원추형의 -2.6보다 높게 측정되었으나 ($P < 0.01$) 12주 후 원통형은 +4.0, 원추형은 +4.5로 증가하여 군 간에 유의한 차이는 관찰되지 않았다.
5. 식립 3주째 전체 골접촉률은 원통형 미니스크루에서 54.1%, 원추형에서 50.6%로 유사하였으며, 12주 후에 각각 62.1%, 54.6%로 증가하였으나 군 간에 유의한 차이는 관찰되지 않았다.

6. 식립 3주째 골면적비율은 원추형 미니스크루에서 높게 나타났으나 ($P < 0.05$) 12주째 실험군 간에 유의한 차이가 없었다.

이상의 결과로 미니스크루의 원추 구조는 식립 토오크를 유의하게 증가시켜 식립 후 3주간 안정성에 도움이 되었으나, 12주 후 안정성에 있어서는 원통형 미니스크루와 유사하거나 불리할 수 있음을 시사한다.

참고 문헌

- Akca K, Chang TL, Tekdemir I, and Fanuscu MI (2006) Biomechanical aspects of initial intraosseous stability and implant design: a quantitative micro-morphometric analysis. *Clin Oral Implants Res* 17:465-72.
- Branemark R, Ohnell L-O, Nilsson P, and Thomsen P (1997) Biomechanical characterization of osseointegration during healing: an experimental in vivo study in the rat. *Biomaterials* 18:969-978.
- Brown GA, McCarthy T, Bourgeault CA, and Callahan DJ (2000) Mechanical performance of standard and cannulated 4.0-mm cancellous bone screws. *J Orthop Res* 18:307-12.
- Buchter A, Wiechmann D, Koerdt S, Wiesmann HP, Piffko J, and Meyer U (2005) Load-related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Clinical Oral Implants Research* 16:473-479.
- Chen CH, Chang CS, Hsieh CH, Tseng YC, Shen YS, Huang IY, Yang CF, and Chen CM (2006a) The use of microimplants in orthodontic anchorage. *J Oral Maxillofac Surg* 64:1209-13.
- Chen YJ, Chen YH, Lin LD, and Yao CC (2006b) Removal torque of miniscrews used for orthodontic anchorage--a preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 21:283-9.
- Cheng SJ, Tseng IY, Lee JJ, and Kok SH (2004) A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Implants* 19:100-6.
- De Smet E, Jaecques SV, Wevers M, Jansen JA, Jacobs R, Sloten JV, and Naert IE (2006) Effect of controlled early implant loading on bone healing and bone mass in guinea pigs, as assessed by micro-CT and histology. *Eur*

- J Oral Sci 114:232-42.
- Frost HM (1998) A brief review for orthopedic surgeons: fatigue damage (microdamage) in bone (its determinants and clinical implications). J Orthop Sci 3:272-81.
- Harold MF (2003) Bone's mechanostat: A 2003 update. The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology 275A:1081-1101.
- Heidemann W, Gerlach KL, Grobel KH, and Kollner HG (1998) Influence of different pilot hole sizes on torque measurements and pullout analysis of osteosynthesis screws. J Craniomaxillofac Surg 26:50-5.
- Homolka P, Beer A, Birkfellner W, Nowotny R, Gahleitner A, Tschabitscher M, and Bergmann H (2002) Bone mineral density measurement with dental quantitative CT prior to dental implant placement in cadaver mandibles: pilot study. Radiology 224:247-52.
- Huiskes R, and Nunamaker D (1984) Local stresses and bone adaption around orthopedic implants. Calcif Tissue Int 36 Suppl 1:S110-7.
- Huja SS, Litsky AS, Beck FM, Johnson KA, and Larsen PE (2005) Pull-out strength of monocortical screws placed in the maxillae and mandibles of dogs. Am J Orthod Dentofacial Orthop 127:307-13.
- Ivanoff CJ, Sennerby L, and Lekholm U (1996) Influence of initial implant mobility on the integration of titanium implants. An experimental study in rabbits. Clin Oral Implants Res 7:120-7.
- Joos U, Buchter A, Wiesmann HP, and Meyer U (2005) Strain driven fast osseointegration of implants. Head Face Med 1:6.
- Kuroda S, Viridi AS, Li P, Healy KE, and Sumner DR (2004) A low-temperature biomimetic calcium phosphate surface enhances early implant fixation in a rat model. J Biomed Mater Res A 70:66-73.
- Lee JH, Ryu HS, Lee DS, Hong KS, Chang BS, and Lee CK (2005)

- Biomechanical and histomorphometric study on the bone-screw interface of bioactive ceramic-coated titanium screws. *Biomaterials* 26:3249-57.
- Meredith N (1998) Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont* 11:491-501.
- Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, and Takano-Yamamoto T (2003) Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 124:373-8.
- Motoyoshi M, Hirabayashi M, Uemura M, and Shimizu N (2006) Recommended placement torque when tightening an orthodontic mini-implant. *Clin Oral Implants Res* 17:109-14.
- O'Sullivan D, Sennerby L, and Meredith N (2000) Measurements comparing the initial stability of five designs of dental implants: a human cadaver study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2:85-92.
- Park HS (2006a) A miniscrew-assisted transpalatal arch for use in lingual orthodontics. *J Clin Orthod* 40:12-6.
- Park HS (2006b) Histologic and biomechanical characteristics of orthodontic self-drilling and self-tapping microscrew implants. *Korea J Orthod* 36:16-29.
- Park HS, and Kwon TG (2004) Sliding mechanics with microscrew implant anchorage. *Angle Orthod* 74:703-10.
- Schulte W, and Lukas D (1992) The Periotest method. *Int Dent J* 42:433-40.
- Sennerby L, Thomsen P, and Ericson LE (1992) A morphometric and biomechanic comparison of titanium implants inserted in rabbit cortical and cancellous bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 7:62-71.
- Simon H, and Caputo AA (2002) Removal torque of immediately loaded transitional endosseous implants in human subjects. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 17:839-845.
- Soltész U, Riedmüller J, and Dorre E (1980) [Model studies of stress factors in

- extension implants]. *Zahnartzl Prax* 31:357-61.
- Sowden D, and Schmitz JP (2002) AO self-drilling and self-tapping screws in rat calvarial bone: an ultrastructural study of the implant interface. *J Oral Maxillofac Surg* 60:294-9; discussion 300.
- Tseng YC, Hsieh CH, Chen CH, Shen YS, Huang IY, and Chen CM (2006) The application of mini-implants for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Surg* 35:704-7.
- Ueda M, Matsuki M, Jacobsson M, and Tjellstrom A (1991) Relationship between insertion torque and removal torque analyzed in fresh temporal bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 6:442-7.
- Wehrbein H, Glatzmaier J, Mundwiler U, and Diedrich P (1996) The Orthosystem--a new implant system for orthodontic anchorage in the palate. *J Orofac Orthop* 57:142-53

Abstract

Influence of implant conical structure on the stability of orthodontic mini-screw

Jung Yul Cha

Department of Dentistry, The Graduate School, Yonsei University
(Directed by Professor **Chung-Ju Hwang** D.D.S., M.S.D., Ph.D.)

The study presented was designed to analyze the primary and secondary stability characteristics of orthodontic mini-screws with taper part when compared with the cylinder mini-screw. 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 a taper and cylinder type of mini-screws (Biomaterials Korea, Seoul, Korea). Maximum insertion torque (MIT) was measured using torque sensor (Mark-10, MGT 50, US) during installation, and maximum removal torque (MRT) was recorded after 3 and 12 weeks of loading (250-300gm). Bone volume and bone implant contact were also measured in histologic section for each loading period.

The obtained results were as follows:

1. Taper mini-screws showed a higher MIT value of 22.3 N cm compared with cylinder mini-screw by 13.6 N cm ($p < 0.001$).
2. The MRT of the taper mini-screw showed a significantly higher value of

9.1 N cm than those of cylinder mini-screw by 5.7 N cm at 3-week after installation ($p < 0.05$).

3. Since the MRT of taper mini-screws decreased significantly by 3.6 N cm at 12 weeks of loading ($p < 0.05$), there was no difference in MRT value between taper and cylinder mini-screws.

4. The mobility of taper mini-screws at 3 weeks of loading period showed significantly lower value of -2.6 compared with cylinder mini-screw, but increased by +4.5 at 12 weeks of loading.

5. At 3 weeks of loading the BIC of both taper and cylinder mini-screws showed similar values of 50.6% and 54.1% respectively, and increased by 54.6% and 62.1% respectively at 12 weeks of loading showing no significant difference between experimental groups.

6. At 3 weeks of loading, the BV/TV was higher in taper mini-screws than in cylinder mini-screw ($p < 0.05$), but there was no significant difference between two groups at 12 weeks of loading.

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. Therefore, the further investigation is required to determine the taper shape or angle which is compatible with the physiologic range of bone remodeling.

Key words : orthodontic mini-screw, insertion torque, removal torque,
histomorphometric analysis.