

성견의 하악골에 식립된 Miniplate에 가한 조기 부하의 영향에 관한 실험적 연구

정 용 구¹⁾ · 이 영 준²⁾ · 정 규 립³⁾

본 연구는 miniplate(Titanium C-tube[®], Martin Co., Germany)를 교정적 고정원으로 사용하여 교정력 및 악정형력을 즉시 가했을 때 miniplate의 안정성 및 주위 조직 반응을 관찰하여 고정원으로서의 유용성을 밝히고자 시행되었다. 네 마리의 비글 성견을 대상으로 하악의 좌우 협측 제3소구치와 제4소구치 사이에 두개의 titanium miniscrew(직경 2.0mm, 길이 7.0mm)에 의해 고정되는 miniplate를 식립하여 15주 동안 200-250gm의 힘을 가한 교정력 적용군과 8주 동안 400-450gm의 힘을 가한 악정형력 적용군으로 분류하였고 대조군은 제4소구치와 제1대구치사이에 식립하고 힘을 가하지 않았다.

동요도는 식립 직후와 희생 직전에 측정하여 비교하였고 희생 후 제작된 조직 절편을 방사선적으로 검사하여 주위 골의 흡수 여부를 관찰하였다.

실험 동물은 관류 고정하고 조직 절편은 레진 포매하여 비탈회 경조직 표본을 제작하였다. miniplate 제거 후의 조직의 치유와 연조직의 관찰을 위해 일부 조직편은 탈회 표본으로 제작하였다. 표본은 H&E 염색 후 광학 현미경하에서 검경하였고 위의 실험내용을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 교정력과 악정형력을 적용한 두 그룹 모두 miniscrew와 골간의 계면에는 직접적인 골유착이 일어났다. 힘의 크기에 따른 차이는 관찰되지 않았고, 힘의 적용기간이 증가함에 따라 골침착이 증가되었으며, 하중이 가해지지 않은 대조군이 실험군에 비해 골조직이 덜 침착되었다.
2. Miniplate와 miniscrew를 피개하고 있는 연조직은 염증소견 없이 모두 치유가 잘 일어났다.
3. 모든 실험군에서 동요도는 발생되지 않았고, 하중이 가해지지 않은 대조군의 경우 경미한 동요도를 보였으며, 교정력이 직접 가해진 대조군에서 고정원이 탈락될 정도의 동요도를 보였다.
4. Miniscrew 제거 후의 연조직 및 경조직은 정상조직의 형태와 구조로 치유되었다.

이상의 결과로 miniplate(Titanium C-tube[®], Martin Co., Germany)는 식립 즉시 악정형력 정도의 힘까지 수용할 수 있고, 인접 조직에 자극이 적은 골내 고정원으로서 충분한 가치가 있다고 판단되어 진다.

(주요 단어 : 고정원, C-tube[®], 조기 부하, 골유착)

¹⁾ 경희대학교 치과대학 교정학교실, 전공의.

²⁾ 경희대학교 치과대학 교정학교실, 조교수.

³⁾ 한국급속교정연구회 회장, 웰치파의원 원장.

교신저자 : 이영준

서울시 동대문구 회기동 1번지

경희대학교 치과대학 교정학교실 / 00-958-9390

yjunlee@khu.ac.kr

* 본 연구는 보건복지부(파제번호 : 00-PJ1-PG3-20600-0031)에 의해 지원되었습니다.

원고접수일 : 2003년 4월 24일 심사통과일 : 2003년 5월 21일

I. 서 론

적절한 고정원의 확보는 치성 그리고 골격성 부정 교합의 치료 계획 수립에 있어서 필수적인 요소가 되며, 고정원의 상실이 없는 절대적인 고정원이 필요한 경우 이를 확보하기란 매우 어렵다.

치아를 고정원으로 사용할 경우 원치 않는 치아의 이동이 발생할 수 있고, 구치부의 상실 및 치주질환이 심하여 고정원으로 구치를 사용할 수 없는 환자의 경우 치료에 많은 제한이 따르게 된다. 또한 구치와 전치의 압하 이동 및 최대의 고정원을 확보해야 하는 경우 기존의 고정원으로는 최대의 치료 목표를 달성할 수 없게 된다.

고정원으로 구의 교정력을 사용할 경우 전적으로 환자의 협조도에 의존해야 하기 때문에 치료 결과의 예측 및 달성에 많은 어려움이 따르게 된다.

이에 환자의 협조도에 의존하지 않고 고정원의 상실이 없는 골내 고정원을 그에 대한 대안으로 찾는 연구가 시작되었다.

1945년 Gainsforth와 Higley¹⁾가 vitallium screw를 교정 치료의 고정원으로 개의 악골내에 심어 그 가능성을 제시하고 1983년 Creekmore²⁾등은 ANS 하방에 vitallium screw를 식립하여 상악 전치부의 압하 이동의 성공적인 임상 시도를 보고하였다. 1980년대 이후부터 골유착성 implant를 교정적 고정원으로 사용하기 위한 동물 실험과 임상적 연구가 활발하게 시도되었고 대부분 그 가능성이 입증되었다.

Roberts³⁾, Wehrbein^{4,5)}, Akin-nergiz⁶⁾, Saito⁷⁾등은 동물실험에서 치아의 교정력에 해당하는 힘을 Smalley⁸⁾, Turley⁹⁾, De Pauw¹⁰⁾등은 악정형력 이상의 힘을 골유착성 implant에 적용하여 성공적인 보고를 하였다. 하지만 이러한 골유착성 implant는 과도한 크기, 한정된 적용 부위, 식립 후 골유착을 위해 수개월을 기다려야 하며 고비용, 사용 후 제거의 어려움 등으로 그 사용이 보편화되지는 못하였다. 이러한 기존의 implant의 단점을 보완하기 위하여 최근에는 외과 수술 후 골의 고정을 위해 사용되는 miniscrew와 miniplate를 교정적인 고정원으로 사용하게 되었다. 즉 이러한 고정원은 식립 후 부하를 가하는 시기에는 약간의 차이가 있지만 식립부위가 비교적 자유롭고 제거가 용이하며, 비용도 저렴하여 환자의 부담이 적다는 장점을 가진다.

이에 Costa¹²⁾와 Kanomi¹³⁾는 miniscrew와 mini-implant를 이용한 임상증례를 발표하였고, Umemori

¹⁴⁾등은 miniplate를 이용하여 open-bite를 치료한 증례를 발표하였다. 또한 국내에서도 여러 임상가^{15,16)}에 의해 miniscrew와 miniplate를 이용한 교정치료 증례가 발표되었다. 하지만 이러한 implant 특히 miniscrew는 감염의 위험과 탈락의 가능성이 단점으로 지적되고 있다.

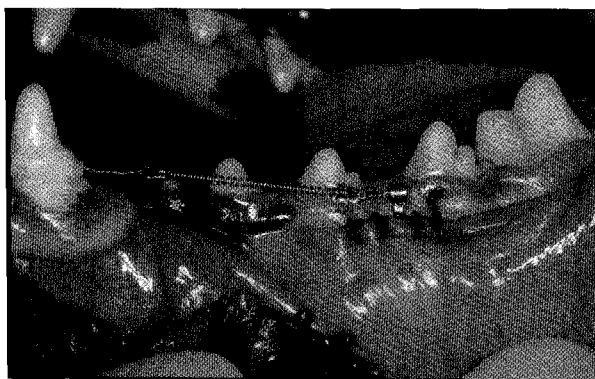
탈락의 원인으로는 식립 후 초기 부하와 감염이 주원인으로 지적되지만 첫째, 초기 부하의 경우 이를 가한 후에도 골 유착이 이루어졌다는 여러 임상적 실험적 결과가 발표되어^{11,20-22)} 교정적 고정원으로 초기 교정력을 가해도 무방하다는 가능성을 제시해 주고 있으나 교정력은 moment가 동반된 힘으로 miniscrew하나만으로는 이러한 삼차원적인 힘에 저항하기 어려울 수 있다. 그리고 골내 고정원에 가해지는 힘의 경우 아직 어느 정도까지 수용가능한 지에 대한 연구 결과는 없지만, miniscrew의 경우 대개 150-300 gm까지의 힘을 가하는 반면 miniplate는 두개 이상의 miniscrew에 의해 고정되기 때문에 그 이상의 힘이 가해져도 무방하리라 생각된다. 둘째, 감염의 경우 비록 submerged type과 non-submerged type이 초기 부하와 치태 조절만 잘 이루어진다면 골 유착 정도의 차이가 나타나지 않는다는 보고¹⁷⁻¹⁹⁾가 있지만, miniscrew의 경우 non-submerged type으로 고정되는 부분이 치은 조직에 의해 덮히고 그 상부만 구강 외로 노출되어 있는 miniplate에 비해 안정성이 떨어지는 것이 사실이다.

교정력의 적용에 있어서 miniscrew는 기존의 외과용 miniplate를 고정하는 일반적인 head방식이 아닌 교정적 고정원으로 사용 가능하도록 상부 구조를 변형시킨 형태가 개발되어 이전 보다 교정력 적용이 쉬워졌지만 매식 후에는 상부 구조의 변형이 불가능하다. 이에 비해 miniplate는 다양한 형태 및 크기의 제작이 용이하며, 고정 부위와 힘의 적용 부위가 분리되어 있어 다양한 상부 구조의 설계가 가능하다. 즉 단순한 골내 고정원이 아닌 wire를 수용할 수 있는 기존 교정 장치의 대체로 그 범위가 넓혀질 수 있다. 근래에 miniscrew를 식립 후 초기 부하를 가할 때 그 안정성에 대한 여러 연구²⁰⁻²²⁾가 발표되었으나 miniplate에 대한 연구는 전무한 상태이다.

이에 본 연구는 miniplate(Titanium C-tube[®], Martin Co., Germany)를 두 개의 titanium miniscrew(Centre-Drive[®] Drill-Free Screw, Martin Co., Germany)를 이용하여 고정 후 orthodontic force와 orthopedic force를 가할 때 miniscrew 표면에 골유착

Table 1

	Dog A	Dog B	Dog C	Dog D
Force	200gm, immediate	200gm, immediate	400gm, immediate	400gm, immediate
Period	15 weeks, screw removal & 4 weeks healing	15 weeks	8 weeks	8 weeks
Implant site	between PM3 and PM4	between PM3 and PM4	between PM3 and PM4	between PM3 and PM4
Control group	No	No	between PM4 and M1	between PM4 and M1
Staining	H&E	H&E, Villanueva	H&E	H&E



(a)



(b)

Fig. 1. (a)Miniplate inserted between third and fourth premolar (b)Radiograph of Fig. 1(a).

여부와 miniplate 주위의 조직 반응을 관찰하며, miniscrew와 miniplate 제거 후 손상된 조직의 치유를 관찰함으로써 골내 고정원(Titanium C-tube[®])의 안정적인 이용가능성을 알아보고자 시행하였다.

II. 실험재료 및 방법

A. 실험재료

실험 동물은 충치나 치주염이 없는 구강상태가 양호한 생후 12-15개월, 체중 11-13.7kg내외의 네 마리의 비글 성견을 사용하고, 식립재료로는 두께 0.3mm, 길이 14mm인 miniplate (Titanium C-tube[®], Martin Co., Germany)와 이를 고정하는 직경 2.0mm, 길이 7.0mm의 titanium miniscrew(Centre-Drive[®] Drill-Free Screw, Martin Co., Germany)를 사용하였다. miniplate는 2개의 miniscrew에 의해 고정되도록 2개의 구멍을 가지며, 이 부위는 골막하에 고정되고, 직경 1mm의 원통형 상부구조가 구강으로 노출되어, 교정호선과

스프링, 고무줄 등을 수용하게 된다. 본 실험에서는 총 10개의 miniplate와 20개의 miniscrew를 식립하였다.

B. 실험방법

1. 실험동물의 분류 및 처치

네 마리의 실험견 중 실험견 A, B는 miniplate에 orthodontic force level인 200gm의 힘을 15주간 가하였고(Fig1), 실험견 A의 경우 miniplate 제거 후의 치유과정 관찰을 위해 15주 힘을 가한 후 miniplate를 제거하고 4주간의 치유 기간 후에 희생하였다.

실험견 C, D는 orthopedic force level인 400gm의 힘을 miniplate에 8주간 적용 후 희생하였다. 식립 부위는 실험견의 하악 좌우 제 3소구치와 제 4소구치 사이의 협측 부위로 각각 1개씩의 miniplate를 매식하였고, 대조군의 경우 실험견 C, D의 제 4소구치와 제 1대구치사이에 실험견당 1개의 miniplate를 매식하고 힘을 가하지 않았다(Table 1).

모든 외과적 술식은 Zoletil-50(Zolazepam and

Tiletamine, Virbac Korea, 7-25mg/kg of body weight)를 근육내 주사하여 전신마취하에 시행되었으며 식립 부위는 2% lidocaine(1:100000 epinephrine, 유한양행, Korea)로 국소마취를 시행하였다. 먼저 miniplate가 매식 후 상부가 구강내에 적절히 놓일 수 있도록 조작하였다. 절개 부위는 mucogingival junction 상방에 수평 절개를 한 후 그 하방을 골막 기자로 골막을 포함한 판막을 거상하고 saline irrigation하에 1.5mm round bur로 피질골에 initial drilling을 한 다음 miniplate를 해당부위에 위치시키고 screw-driver로 miniscrew를 치아 장축과 수직되는 방향으로 협측에서 설측으로 식립하면서 miniplate를 고정하였으며, 이어 하부 miniscrew도 같은 방법으로 식립하였다.

수술 후 감염 방지를 위해 항생제(Gentamycin, 건일제약, Korea, 5mg/kg, IM injection)를 3일간 근육내 주사하였고 0.2% Chlorohexidine으로 구강내를 소독하였으며 1주일 후에 봉합사를 제거하였다.

2. 교정력 적용 방법

실험견 A, B의 경우 실험견의 견치에 fissure bur로 indentation groove형성 후 ligature wire (0.020")를 광중합 resin(Z100™ Restorative, 3M Dental Products., USA)을 이용, 견치에 부착 후 Niti closed coil spring(0.010×0.045 inch, medium, Ormco® co., USA)을 이용하여 힘을 가하였고, 실험견 C, D의 경우 실험견의 전치부 인상 채득 후 8전치를 감싸는 splint를 casting하여 광중합 resin으로 치아에 부착 후 Niti closed coil spring(0.010×0.045 inch, heavy, Ormco® co., USA)를 이용하여 힘을 가하였다.

3. 임상 및 방사선적 관찰

실험 진행 2주 간격으로 구강내 촬영을 시행하여 miniplate 매식 부위 연조직의 반응과 희생 후 조직절편을 제작, 방사선 촬영을 하여 매식물 주위의 방사선 투과상 여부를 관찰하였다.

4. 동요도 측정

매식물의 안정성을 평가하기 위해 매식 직후와 희생 전에 동요도를 측정하였다. miniplate의 경우 기존의 miniscrew와는 달리 치은내에 submerge되어 있

기 때문에 miniscrew에 직접 동요도 검사를 하지 않고 구강내에 노출되어 있는 miniplate의 상부 구조에 시행하였다. 수평적인 동요도를 기준으로 다음과 같이 분류하였다.

level 1 : 수평적으로 1mm이내의 동요도

level 2 : 수평적으로 2mm이내의 동요도

level 3 : 수평적으로 2mm이상 및 협설측으로의 동요도

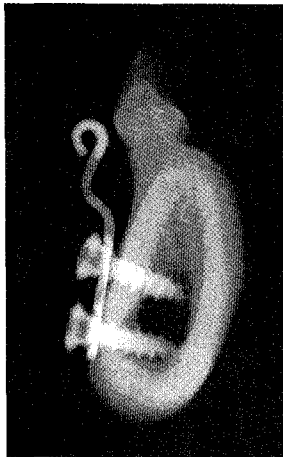
5. 조직학적 과정

실험동물은 miniplate매식 후 19주(실험견 A), 15주(실험견 B), 8주(실험견 C, D)에 희생하였는데 Zoletil-50을 근육 내 주사하여 전신마취 시킨 후 0.1M phosphate buffer에 2.5% glutaraldehyde을 혼합한 용액을 경동맥에 주입하여 실험견의 두부를 관류 고정하였다. miniplate가 포함된 조직편을 채취하여 동일 고정액에 추가로 고정하였다. 고정된 조직편은 miniplate를 중심으로 5mm 정도의 두께로 만들어 실험견 A의 경우 탈회 표본을 제작하였고 실험견 B, C, D의 경우 비탈회 표본을 제작하였다. 비탈회 경조직 표본의 제작은 50-100%의 점진적 고농도의 알코올로 3회이상 교환 탈수 후 다시 알코올과 광중합 레진(Technovit 7200VLC Kulzer GmbH, Germany)의 단계적 혼합 용액(3 : 1, 2 : 1, 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3)에 하루씩 침투시킨 후 순수한 Technovit 7200VLC로 8시간 이상 광중합시켜 포매를 완료하였다. 중합이 완료된 Technovit block은 다시 plexyglass slide에 Technovit 7210 접착 레진으로 피막 두께 10 μ m이하로 부착시킨 다음 Cutting machine(MG3000 Exakt, Germany)으로 100-200 μ m 정도의 두께로 절삭한 후 다시 Microgrinding machine (MG4000 Exakt, Germany)으로 30 μ m 정도 두께로 제작하였다. 실험견 B의 경우 고정된 주위의 연조직 관찰을 위해 탈회 표본을 추가로 제작하였다. 모든 표본은 H&E으로 염색하였으며 실험견 B의 경우 Villanueva osteochrome bone staining(SBT, San Clemente, CA)을 추가하였다.

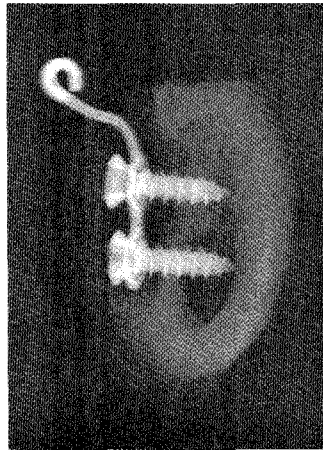
III. 실험결과

A. 임상 및 방사선적 관찰

실험기간 동안 실험군, 대조군 모두 구강외로 노출



(a)



(b)

Fig. 2. (a)Radiograph showed no radiolucent area of peri-screw area after sacrifice. (b)Radiograph showed radiolucency of cortical bone due to re-implantation after sacrifice.



Fig. 3. Photograph showed good healing after 4 weeks of removal of miniplate.

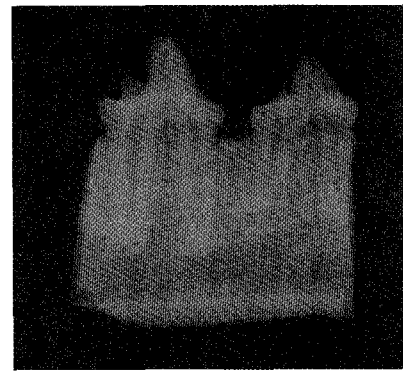


Fig. 4. Radiograph revealed slight radiolucency in the area which was removed of miniscrew.

되어 있는 miniplate 주위 연조직의 약간의 붉은색의 발적을 제외하고는 치유가 잘 이루어졌다. 저작력에 의해 심한 동요도를 보인 실험견 C의 대조군은 miniscrew의 head 부위가 노출되어 심한 염증 소견이 관찰되었다.

방사선 사진에서 골파괴를 의심할 수 있는 방사선 투과상은 관찰되지 않았다(Fig2a). 단지 miniscrew 매식시 opening hole 부위의 약간의 방사선 투과상이 관찰되었고 특히 식립 과정에서 screw head부위의 wearing으로 인해 제거 후 새로운 miniscrew로 재매식된 부위는 넓은 골파괴로 인해 확대된 방사선 투과상이 관찰되었다(Fig2b).

miniplate 제거 후의 치유소견은 연조직이 거의 정상조직으로 회복되었고(Fig3), 방사선적으로 약간의

투과상을 보이지만 유의할 만한 정도는 아니었다 (Fig4).

B. 조직학적 소견

1. 고정원 제거 후 4주 치유 후 소견(실험견 A)
miniplate 매식 후 즉시 200gm의 힘을 15주 동안 가한 후 이를 제거하고 4주간의 치유 후 소견으로 miniscrew가 식립되었던 부위는 불규칙한 골소주로 채워졌고 골소주 표면에는 상당수의 활동성 조골세포층으로 피복되었고, 소주골 내부에는 크고 둥근 형태의 여러 골 세포들이 불규칙하게 배열되어 활발한 골개조가 일어남이 관찰되었고 인접 정상 골조직과의 경계 부위가 또한 관찰되었다. miniplate를 피개하



(a)



(b)

Fig. 5. Photomicrographs of the woven bone at the site of 4 weeks healing after removal of the miniscrews
 (a) Most areas which were removed of miniscrews were filled with irregular bone trabeculae. (H&E staining, $\times 40$)
 (b) The osteocytes were large and irregularly spaced. Prominent capillaries and undifferentiated mesenchymal cells were present between the trabeculae. (H&E staining, $\times 200$)

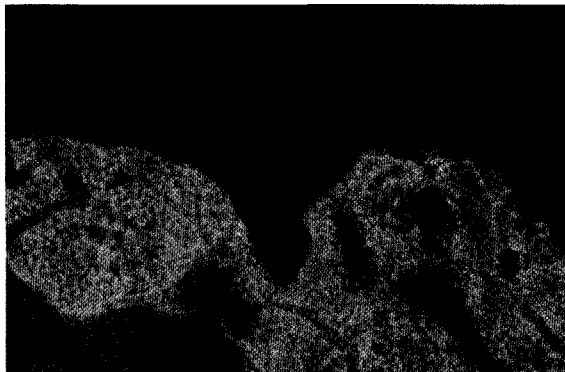


Fig. 6. Photomicrographs of tissue surrounding the stable miniscrew
 New trabecular bone of lamellar type were seen in the threaded portion of the implant and were ingrowing into the medullary portion. Bone trabeculae were in direct contact with the implant surface but partially thread surface of the screw was encapsulated with the fibrous connective tissue. (Villanueva bone stain, $\times 100$)



Fig. 7. Photomicrographs of tissues surrounding the removed miniscrew of dog B. Dense collagenous fiber bundles and large amount of fibroblasts were observed. There were no infiltration of inflammatory cell. (H&E staining, $\times 40$)

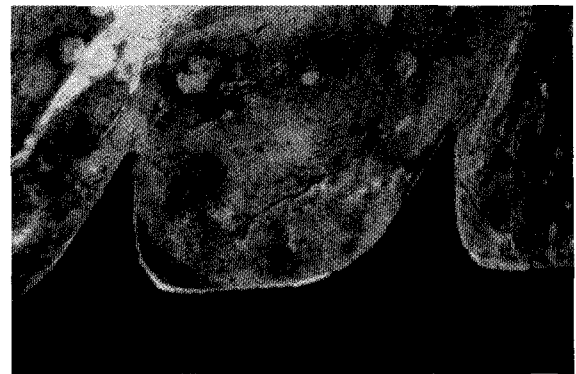
고 있는 상부 연조직은 염증성 소견이 관찰되지 않았고 증가된 fibroblast와 collagen fiber로 피복되어 있었다(Fig5).

2. 식립 직후 교정력 적용 15주 후 소견(실험견 B)
 miniplate 매식 후 즉시 200gm의 힘을 15주 동안 가한 후 miniscrew 주위 조직의 소견으로 miniscrew

와 골간의 직접적인 접촉이 이루어졌다. 대부분의 miniscrew 주위의 골결손 부위는 층판골로 내부가 채워진 소주골 즉 치밀한 복합골로 수복되었고 miniscrew 계면을 따라 수질골 부위까지 층판골의 형성이 진행되었다. 일부에서 소량의 miniscrew와 골 사이에 섬유성 결합조직이 개재되었으며 marrow space 내에는 미분화 간엽세포가 관찰되었다. 골내막은 파골세포와 활발한 조골 세포층으로 피복되어 활발한 골 개조가 일어남이 관찰되었다(Fig6). miniscrew와



(a)



(b)

Fig. 8. Photomicrographs of tissues surrounding the stable miniscrew inserted into the mandible.

New bone trabeculae of woven-lamellar type formed throughout the implant interface, as well as in the medullary portion. Small portion of the fibrous connective tissues between the bone and the implant were also observed.

(a)(H&E staining, $\times 40$)

(b)(H&E staining, $\times 100$)

miniplate를 둘러싸고 있는 연조직은 고정원 주위를 잘 피복하고 있었으며 연조직은 증가된 fibroblast와 치밀한 교원성 결합 조직의 형성을 보여 왕성한 치유가 일어남이 관찰되었고 염증세포의 침윤은 관찰되지 않았다(Fig7).

3. 식립 직후 악정형력 적용 8주 후 소견(실험견 C, D)

miniplate 매식 후 즉시 400gm의 힘을 8주 동안 가한 후로 miniscrew 주위 손상 부위는 교직-총괄골의 구조를 가진 새로운 골소주가 형성되었고 부분적인 섬유성 결합조직의 개재와 신생 혈관이 관찰되었다. 수질골 부위로 신생골의 형성이 miniscrew 계면을 따라 진행되었으나 식립 15주군에 비해서는 덜 이루어짐이 관찰되었다. 소주골 표면은 다수의 활동성의 조골세포와 파골 세포가 관찰되어 골개조가 활발히 진행됨이 관찰되었다(Fig8). 대조군의 경우 실험군에 비해 골침착이 덜 이루어졌고 부분적인 섬유성 결합 조직이 관찰되었다.

C. 동요도 검사

실험견 C에 식립된 대조군의 경우 저작력이 가해져 miniscrew가 탈락될 정도인 level 3의 동요도를 보였으며 이는 miniscrew가 기존의 implant처럼 치조골상에 수직으로 식립된 것이 아니라 협측에서 설측

으로 식립되었기 때문이다. 저작력을 받지 않은 실험견 D에 식립된 대조군은 임상적으로 유의할 만한 동요도를 보이지 않았지만 하중이 가해진 실험군에 비해서는 약간 높은 동요도를 보였다.

IV. 총괄 및 고안

효과적인 교정적 고정원의 확보를 위해 골내 고정원이 사용되었고 implant, onplant, zygomatic ligature²³⁾, miniplate, miniscrew등이 소개되었다. 교정에서의 골내 고정원은 기존의 수복 영역에서의 그것과는 달리 완전한 골유착이 필요없고, 식립 후 조기에 힘을 가할 수 있어야 한다. 골내 고정원의 고정과 유지에 영향을 미치는 것은 일차적으로 implant와 골과의 접촉에 의해 발생하는 기계적 결합과 이차적으로 골유착을 들 수가 있다²⁴⁾ 골유착은 implant와 인접 골조직이 연조직의 개재없이 직접 접촉하고 있는 상태를 나타내며 골유착의 실패는 implant의 동요를 가져오게 된다. 이전의 연구에서 Bränemark²⁵⁾ 등은 최대의 implant와 골간의 접촉을 얻기 위해서는 치유 기간 동안 부하를 받지 않은 채 두어야 한다고 하였다. implant를 교정적 고정원으로 사용한 기존의 실험에서 Wehrbein⁵⁾ 등은 8주의 치유 후에 2N의 힘을, Saito⁷⁾ 등은 18주의 치유 후에 200gm의 부하를 가하였다. 임상적으로 Roberts²⁶⁾ 등은 4개월의 치유 기간 후에 200gm의 부하를 가하였고, Wehrbein²⁷⁾ 등은 3개

월의 치유 기간을 두었다. Kanomi¹³⁾는 mini-implant를 사용하였는데 역시 부하를 가하기 전에 골유착의 기간을 가졌으며, Umemori¹⁴⁾등은 miniplate와 bone screw를 이용하여 개교를 치료하는 증례에서 역시 골유착의 기간을 부여하였다. Soeballe²⁸⁾는 implant 매식 후 조기 부하와 이에 따르는 미세 동요가 implant와 골간의 섬유-골성 유착을 가져와 염증에 이환되기 쉬운 상태를 제공하여 골유착된 implant보다 안정성이 떨어진다고 하였다. Roberts³⁾등은 implant의 안정과 약간의 부하를 감당하기 위해 가교가골(bridging callus)이 필수적이며 토끼의 경우는 6주, 개는 12주, 사람의 경우는 18주가 가교가골 형성에 필요한 시기라 하여 식립 후 즉각적인 부하는 위해를 끼친다고 하였다. 하지만 수복 영역에서의 implant와 교정 영역에서의 implant는 부하가 가해지는 적용방식이 다르고 여러 연구에서 조기 부하를 가한 후에도 골유착이 이루어 진다고 보고되었고^{11,20,22,31)} 임상적으로도 여러 증례가 발표되고 있다.^{12,15,32)} 그리고 이러한 고정원은 제거가 용이하고 간단해야 하며 식립 부위가 비교적 자유로워야 한다. 현재 여러 실험과 임상술식을 통해 이러한 요구 사항에 가장 부합되게 사용되고 있는 것이 miniscrew이다. 하지만 단점으로 탈락, 감염의 위험성, 적용되는 힘의 크기의 제한, 삼차원적인 힘의 적용의 어려움 등을 들 수 있으며 이러한 단점을 해결하기 위해 miniplate를 사용할 수 있다.

본 연구에서는 miniplate(Titanium C-tube[®], Martin Co., Germany)를 매식 후 15주 동안 200gm의 교정력을 즉시 가하였을 때와 같은 내용의 실험 진행 후 miniplate와 miniscrew를 제거한 다음 4주간의 치유기간 후, 그리고 8주 동안 400gm의 교정력을 즉시 가한 후의 miniplate와 miniscrew 주위의 골조직 및 연조직을 관찰하고 동요도를 조사하였다. Pauw¹⁰⁾, Majzoub³¹⁾ 등은 implant의 교정적 고정원으로서의 실험에서 8주를 적용하여 성공적인 결과를 얻었으며 implant의 탈락은 대부분 8주 이내에 발생한다고 하였고 그 이후에는 골유착이 더 진행될 것이라고 하였다. Akin-Nergiz⁶⁾ 등은 24주, Wehrbein⁵⁾ 등은 26주 동안 교정력을 가하여 골침착의 결과를 보였다. 따라서 본 연구에서는 교정력 적용의 최소기간을 8주로 하였다.

실험 결과 임상적으로 miniplate를 덮고 있는 연조직은 약간의 발적을 제외하고는 miniplate 상부 주위를 잘 피개하였고, 동요도에 있어서 저작력이 가해진

실험견 C에 식립된 대조군의 경우 miniscrew가 탈락될 정도의 level 3의 동요도를 보였으며 이는 miniscrew가 기존의 implant처럼 치조골상에 수직으로 식립되어 저작력을 흡수한 것이 아니라 협측에서 설측으로 식립되어 저작력이 miniscrew를 탈락시키는 방향으로 작용하였기 때문이다. 또한 저작력을 받지 않은 실험견 D에 식립된 대조군은 임상적으로 유의할 만한 동요도를 보이지는 않았지만 부하가 가해진 실험견에 비해서는 약간 높은 동요도를 보였다. 이는 implant에 부하가 가해지지 않은 경우가 가해진 경우보다 동요도가 증가한다는 Akin-Nergiz⁶⁾등의 주장과 일치한다. 즉 implant에 대한 지속적인 부하는 골개조 현상을 촉진시켜 충판골의 형성속도를 증가시킨다고 할 수 있다.

방사선적으로 골파괴를 의심할 만한 miniscrew 주위의 방사선 투과상은 관찰되지 않았으나, 초기 drilling을 한 피질골의 opening 부위는 차이는 있지만 약간의 방사선 투과상이 관찰되었다. 또한 단단한 치밀골 성분의 하악골 때문에 miniscrew 매식시 screw head부위의 wearing으로 인해 식립이 끝까지 안되어 miniscrew를 빼고 다른 miniscrew를 재 매식하였는데 이때 손상된 골범위가 넓어 희생 후 방사선 소견에서 opening부위의 치밀골 부위가 흡수된 소견이 관찰되었다. 즉 miniscrew 식립시 여러 기술적인 부분이 그 안정성에 영향을 미치기 때문에 상당한 주의가 필요하다고 생각된다. 그리고 miniscrew를 제거한 다음 4주간의 치유 후 소견은 기존골과 약간의 투과상 차이가 보일 뿐 거의 정상적인 골 소주의 양상을 보였다.

조직학적으로 저작력을 받아 심한 동요도를 보이는 miniplate를 제외하고는 실험견 대조군 모두 miniscrew와 골간의 직접적인 접촉을 보였다. miniscrew와 골사이의 계면에는 새로이 형성중인 유골과 완전하지는 않지만 기존골의 형태와 구조를 보이는 성숙 충판골이 관찰되었고, 부분적으로 약간의 섬유성 결합조직의 개재를 보였으며, 전체적으로 활발한 골개조 양상이 관찰되었다. 또한 15주 동안 200gm을 가한 군과 8주 동안 400gm의 힘을 가한 두 군사이의 조직학적 차이는 15주군이 8주군보다 많은 골침착을 보여 시간 경과에 따라 그 양이 증가됨을 보였다. 그리고 miniscrew와 miniplate를 피개하고 있는 연조직에서 염증성 소견은 관찰되지 않았고, 다수의 fibroblast와 collagen fiber가 관찰되어 활발히 치유된 양상을 보였다. miniscrew 제거 후 치유된 조직에서도

연조직 경조직 모두 기존의 형태와 구조를 갖춘 조직으로 치유되었다. 또한 이 miniscrew는 15주간의 견인 후 제거시 간단한 외과적 술식에 의해 큰 저항감 없이 비교적 쉽게 제거되었다. miniscrew가 쉽게 제거되는 것이 섬유성 유착 때문이라는 주장²⁹⁾이 있고 Albrektsson³⁰⁾의 실험에서는 implant의 골유착이 일어난 수년 후의 제거 실험에서 implant와 골간의 계면이 아닌 implant 자체의 파절이나 기저골의 파절을 보고하였다. 하지만 고정적 고정원으로서의 implant는 그 기간이 한정적이기 때문에 완전한 골유착이 이루어질 수 없고, 골유착 비율이 같다면 removable torque는 반지름의 제곱에 비례한다²²⁾고 할 수 있으므로 골 유착이 일어난다 할지라도 miniscrew의 크기가 크지 않다면 쉽게 제거가 될 것이다.

이상의 결과들로 볼 때 두 개의 miniscrew로 고정되는 miniplate는 식립 직후 악정형력에 해당하는 힘에도 골과 miniscrew간의 직접적인 유착을 보여 miniscrew와 골간의 기계적 안정성 외에도 miniplate의 안정성에 기여함을 알 수 있었다. 또한 식립을 위한 판막 거상 후 연조직이 잘 치유되어 miniplate를 잘 피복함으로써 실제적으로 miniplate를 고정하는 miniscrew 주위의 염증발현 가능성을 줄여주어 안정성에 기여함을 알 수 있었다.

miniplate를 비롯한 여러 골내 고정원을 고정적으로 안정되게 사용하기 위해서는 고정원으로서의 최소한의 골유착 정도와 이를 위한 기간 및 하중의 한계 그리고 매식 방법 및 매식체에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 miniplate(Titanium C-tube[®], Martin Co., Germany)를 두 개의 miniscrew를 이용하여 성견 4마리에 매식 후 orthodontic force와 orthopedic force를 가할 때 miniscrew 표면에 골유착 여부와 miniplate주위의 조직 반응을 관찰하고, miniscrew와 miniplate 제거 후 손상된 조직의 치유를 관찰함으로써 골내 고정원(C-tube[®])의 안정적인 이용과 가능성을 알아보하고자 시행되었으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고정력과 악정형력을 적용한 두 그룹 모두 miniscrew와 골간의 계면에는 직접적인 골유착이 일어났다. 힘의 크기에 따른 차이는 관찰되지 않았고,

힘의 적용기간이 증가함에 따라 골침착이 증가되었으며, 하중이 가해지지 않은 대조군이 실험군에 비해 골조직이 덜 침착되었다.

2. miniplate와 miniscrew를 피개하고 있는 연조직은 염증소견 없이 모두 치유가 잘 일어났다.
3. 모든 실험군에서 동요도는 발생되지 않았고, 하중이 가해지지 않은 대조군의 경우 경미한 동요도를 보였으며, 교합력이 직접 가해진 대조군에서 고정원이 탈락될 정도의 동요도를 보였다.
4. Miniscrew 제거 후의 연조직 및 경조직은 정상조직의 형태와 구조로 치유되었다.

이상의 결과로 miniplate(Titanium C-tube[®], Martin Co., Germany)는 식립 즉시 악정형력 정도의 힘까지 수용할 수 있고, 인접 조직에 자극이 적은 골내 고정원으로서 충분한 가치가 있다고 판단되어 진다.

참 고 문 헌

1. Gainsforth BL, Higley LB. A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone. *Am J Orthod* 1945 : 31 : 406-17.
2. Creekmore TD, Eklund MK. The possibility of skeletal anchorage. *J Clin Orthod* 1983 : 17 : 266-69.
3. Roberts WE, Helm FR, Marshall KJ, Gongloff RK. Rigid endosseous implants for orthodontic and orthopedic anchorage : An experimental Study in the dog. *Angle Orthod* 1989 : 59 : 247-56.
4. Wehrbein H, Diedrich P. Endosseous titanium implants during and after orthodontic load-an experimental study in the dog. *Clin Oral Impl Res* 1993 : 4 : 76-82.
5. Wehrbein H, Glatzmaier J, Yildirim M. Orthodontic anchorage capacity of short titanium screw implants in the maxilla. An experimental study in the dog. *Clin Oral Impl Res* 1997 : 8 : 131-41.
6. Akin-Nergiz N, Nergiz I, Schulz A, Arpak N, Niedermeier W. Reactions of peri-implant tissues to continuous loading of osseointegrated implants. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998 : 114 : 292-8.
7. Saito S, Sugimoto N, Morohashi T. et. al. Endosseous titanium implants as anchors for mesiodistal tooth movement in the beagle dog. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2000 : 118 : 601-7.
8. Smalley W, Shapir P, Hohl T, Kokich V, Bränemark P-I. Osseointegrated implants for maxillofacial protraction in monkeys. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988 : 94 : 285-95.
9. Turley PK, Kean C, Schur J. et. al. Orthodontic force application to titanium endosseous implants. *Angle Orthod* 1988 : 58 : 151-62.
10. De Pauw G, Dermaut L, De Bruyn H, Johansson C. Stability of implants as anchorage for orthopedic traction. *Angle Orthod* 1999 : 69 : 401-7.
11. Melsen B, Costa A. Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. *Clin Orthod Res* 2000 : 3 : 23-8.
12. Costa A, Raffaini M, Melsen B. Miniscrews as orthodontic anchorage : A preliminary report. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg*. 1998 : 13 : 201-9.
13. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage *J Clin Orthod*. 1997 : 31 : 763-7.

14. Umemori M, Sugawara J, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Skeletal anchorage system for open-bite correction. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1999 : 115 : 166-74.
15. 오문영, 정규립, 권용대, 류동목, 이백수. 구강내 고정원으로서의 Miniscrew 이용증례(I). *대치협회지*. 2000 : 38 : 18-21.
16. 박효상. The skeletal cortical anchorage using titanium microscrew implants. *대치교정지*. 1999 : 29 : 699-706.
17. Gotfredsen K, Rostrup E, Hjorting-Hansen E, Budtz-Jorgensen E. Histological and histomorphometrical evaluation of tissue reactions adjacent to endosteal implants in monkeys. *Clin Oral Impl Res* 1991 : 2 : 30-37.
18. Gotfredsen K, Hjorting-Hansen E, Budtz-Jorgensen E. Clinical and radiographic evaluation of submerged and non-submerged implants in monkeys. *Int J Prosthodont* 1990 : 3 : 463-7.
19. Sagara M, Akagawa Y, Nikai H. The effects of early occlusal loading on one-stage titanium alloy implants in beagle dogs : A pilot study. *J Prosthet Dent* 1993 : 69 : 281-8.
20. 이성자, 정규립. 교정력이 골유착성 티타늄 임플란트의 초기 고정에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *대치교정지*. 2001 : 31 : 173-85.
21. 윤병수, 최병호, 이원유, 김경남, 심형보, 박진형. 성견에서 교정적 고정원으로서의 티타늄 미니스크류에 대한 연구. *대치교정지*. 2001 : 31 : 517-23.
22. 김종완, 장영일. 고정원을 위한 micro-implant 매식시 drilling 유무에 따른 안정성에 관한 연구. *대치교정지*. 2002 : 32 : 107-15.
23. Melsen B, Petersen JK, Costa A. Zygoma ligatures : An alternative form of maxillary anchorage. *J Clin Orthod* 1998 : 32 : 154-8.
24. dePutter C, deLange GL, deGroot K. Perimucosal oral implants of dense hydroxylapatite: fixation in alveolar bone, *International Congress on Tissue Integration in Oral and Maxillofacial Reconstruction*, May 1985 : 389-94, Current practice Series 29, Amsterdam, 1986, Excerpta Media
25. Bränemark P-I. Osseointegration and its experimental background *J Prosthet Dent* 1983 : 50 : 399-410.
26. Roberts WE, Nelson CL, Goodacre CJ. Rigid implant anchorage to close a mandibular first molar extraction site. *J Clin Orthod* 1994 : 28 : 693-704.
27. Wehrbein H, Feifel H, Diedrich P. Palatal implant anchorage reinforcement of posterior teeth: A prospective study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1999 : 116 : 678-86.
28. Soeballe K. Hydroxyapatite ceramic coating for bone implant fixation. Mechanical and histological studies in dogs. *Acta Orthop Scand* 1993 : 255 : 1-58.
29. 박효상. micro-implant를 이용한 교정치료 : 나래출판사, 45-6, 2001.
30. Albrektsson T, Sennerby L. Direct bone anchorage of dental implants, Clinical and experimental considerations of the concept of osseointegration. *Int J Prosthodont*. 1990 : 3 : 30-41.
31. Majzoub Z, Finotti M, Miotti F. et. al. Bone response to orthodontic loading of endosseous implants in the rabbit calvaria: early continuous distalizing forces, *Eur. J. Orthod*. 1999 : 21 : 223-30.
32. 천훈, 정규립, 박영국, 이영준. 구강내 고정원으로서의 titanium miniscrew의 이용 증례(II). *대치협회지*. 2000 : 38 : 1110-9.

- ABSTRACT -

The experimental study of early loading on the Miniplate in the beagle dog

Yong-Koo Chung¹⁾, Young-Jun Lee¹⁾, Kyu-Rhim Chung²⁾

¹⁾Department of Orthodontics, College of Dentistry, Kyung-hee University

²⁾Chairman, Korean Society of Speedy Orthodontics, Orthodontist, WELL Orthodontic Office

Conventional osseointegrated titanium implants have many limitations; large size, limited location for placement of the implant, severity of the surgery, discomfort of initial healing, difficulty of oral hygiene and uncontrollable force direction. Recently titanium miniscrew and miniplate have been used for an alternative to conventional dental implant. But in relation to miniplate, miniscrew has disadvantages in that more potential inflammation, light orthodontic force application and limited orthodontic application.

This study was conducted to evaluate the effectiveness of miniplate by observing the reactions of peri-implant tissues to early orthodontic and orthopedic loading of titanium miniplate. In four adult beagle dogs 10 miniplates were inserted into the alveolar bone using 20 osseointegrated titanium screws. 4 miniplates were placed in two dogs(dogA, B) and 6 miniplates in two dogs(dogC, D). In dogA, B miniplates were loaded with 200gm of force immediately after placement for 15 weeks. In dogC, D, miniplates were loaded with 400gm of force immediately after placement for 8 weeks. Miniplates of dogA were removed, dogA was healed for 4 weeks, and the area which was removed of miniscrew was examined.

Following an observation period, the miniplates including miniscrews and the surrounding bone of dogB and dogC, D were removed, respectively. Undecalcified section along the long axis of miniscrews were made and the degree of osseointegration was examined under the light microscope. The results were as follows.

1. In the histologic features there was direct contact between bone and miniscrew in all groups except one, dogC control group. The loaded miniscrew demonstrated only a slight increase of the osseous proximaty when compared with unloaded miniscrew
2. There was no significant difference of the osseointegration of peri-miniscrew surface between dogB and dogC, D. But dogB showed slightly more increased bone apposition than dogC, D
3. The gingiva overlapping the miniplate and miniscrew showed no inflammatory sign in clinical and histological aspects.
4. The impared hard and soft tissues at the area which was removed of miniscrews showed good healing without inflammatory reaction.
5. The mobility showed slight increase in un-loaded miniplate but that was insignificant.

Based on the results of this study, miniplate(C-tube[®]) can be used as a firm osseous orthodontic and orthopedic anchorage unit immediately after insertion.

KOREA. J. ORTHOD. 2003 : 33(4) : 307-17

Key words : Orthodontic anchorage, C-tube[®] Early loading, Osseointegration