

난소 적출 백서에 식립된 마이크로스크류에 교정력 부여 시 나타난 초기 경조직 변화에 관한 연구

이 대 승^a · 이 진 우^b · 장 문 정^c

중년 이후의 여성의 경우 칼슘 섭취가 부족하거나, 인위적인 난소 적출 또는 폐경 등으로 인하여 골밀도가 감소하는 경향이 있다. 이 경우 교정 치료 시, 골내 고정원으로 마이크로스크류를 이용할 수 있는지를 알아보기 위하여, 생후 4개월 된 Sprague-Dawley계 백서를 실험군으로 난소 적출(Ovariectomy Screw, OS)군, 대조군으로 Sham operation 시행한(Sham operation Screw, SS) 군의 두 군으로 나누었다. OS군과 SS군 모두 상악 대구치 사이 구개 골에 마이크로스크류를 식립하였고, NiTi coil spring을 이용하여, 상악 종절치 2개를 견인하였다. 각 군당 3일, 7일 후 7마리씩 희생시켰다. 희생 3일전 Alizarin red S를 주입하고, 상악골, 장골, 심장혈을 채득한 후, 심장혈을 성분 분석하고, 상악골과 장골은 비탈회 레진표본을 제작하여, 편광현미경, 형광현미경으로 관찰하였다. 심장혈을 통한 성분 조사 결과 OS군, SS군 모두 7일째 alkaline phosphatase (ALP)의 농도가 높게 나타나 골개조의 가능성을 보였고, 편광현미경 사진에서 OS, SS군에서 모두 마이크로스크류의 압박측, 긴장측, 치아의 긴장측에서 3일 보다 7일에서 기존골에 비하여 골밀도가 낮은 영역이 적었고, 치아의 압박측에서는 골밀도가 낮은 영역이 증가하였다. 형광현미경 관찰결과는 3일째 보다 7일째에 더 Alizarin red S로 침착된 골이 나타난 것으로 보아, 새로운 골의 형성이 있었음을 나타내었다. 골다공증이 유도된 백서에서 계속된 골의 흡수보다는 골개조의 가능성이 증가하고, 신생골의 형성이 증가함을 확인할 수 있었고, 이는 골다공증에서도 마이크로스크류의 식립으로 고정원 확보가 가능한 것으로 생각한다.

(주요 단어: 난소절제, 골다공증, 마이크로스크류, 골개조)

서 론

치과 교정학의 발달과 심미에 대한 관심이 높아지면서, 과거보다 성인교정치료 수요는 급격히 증가하

여 왔다. 미국의 경우 성인교정치료 수요는 전체 교정 환자의 25%를 상회하는 것으로 보고되고 있으며, 우리나라에서도 과거 10년 사이에 성인교정치료 수요가 10배 정도 증가되어 20%가 성인 환자이고, 이중 70% 정도가 여성 환자라고 보고되고 있어, 이들 환자 관리가 보다 중요한 교정치료 영역이 되고 있다.¹⁻³

성인과 어린이의 치료 방법 간에는 근본적인 차이 점은 없으나, 성인을 위한 교정치료는 어린 환자에서는 볼 수 없는 특별한 문제점들이 있다. 교정치료를 원하는 여러 가지 동기들과 이것에 대한 여러 가지 심리적 반응, 치주질환에 높아진 감수성 그리고 활동성인 치주질환과 상실한 치아에 대한 고려, 또한 성인

^a 대학원생, ^b 교수, 단국대학교 치과대학 교정학교실.

^c 교수, 국민대학교 식품영양학과.

교신저자: 이진우

충남 천안시 신부동 산 7-1번지

단국대학교 치과대학병원 교정과 / 041-550-1941

jwlee@dankook.ac.kr

원고접수일: 2005년 5월 23일 / 원고최종수정일: 2006년 1월 23일

/ 원고채택일: 2006년 1월 25일

에게서는 성장이 없다는 것이다.⁴⁻¹⁴

성인 환자의 교정치료에 관련된 치료목표와 기법은 물론 교정력에 대한 골조직의 반응에 대하여도 더욱 세심하게 숙지할 필요가 있다. 더욱이 성인 여성의 경우에는 칼슘섭취가 부족하거나 인위적인 난소적출 또는 폐경 등으로 인하여 골다공증의 위험이 증가한다.

골다공증은 칼슘대사의 변화로 인해 골의 화학적 조성에는 변화가 없으나, 단위 용적내의 골량의 감소를 초래하여, 척추, 요골 및 대퇴골의 골절을 쉽게 초래하는 질병으로 특히 폐경 이후의 여성에게서 심하다.^{15,16}

폐경으로 인한 에스트로겐의 감소는 1,25-dihydroxycholecalciferol의 혈청 수준을 감소시켜 칼슘 흡수율을 저하시키며 골격의 부갑상선호르몬에 대한 예민도를 증가시켜 골격의 칼슘 재흡수를 촉진시키게 되므로 결국 골다공증을 유발하게 된다.¹⁷⁻¹⁹

골다공증의 위험이 있는 성인 여성 환자의 치료에서는 포괄적인 치료와 가능한 최대한의 개선보다는 치과질환의 조절과 상실 치아의 수복을 더 용이하게 하고, 효과적으로 하는 것이 주목표가 된다. 결국 더 큰 치주, 보철적 목표를 달성하기 위한 보조적인 술식으로 교정을 이용하게 되었고,²⁰ 교정 치료 시 국소적 고정원의 확보가 필요하게 되어, 마이크로스크류의 다양한 이용이 연구되었다.²¹⁻³⁹

본 연구는 칼슘 섭취가 부족하거나 인위적인 난소적출 또는 폐경 등으로 인하여 골밀도가 감소하게 되어, 골대사 능력이 저하되고, 골다공증의 위험이 있는 성인 여성 환자의 교정 치료 시, 골내 고정원으로 마이크로스크류를 이용할 수 있는지에 대한 연구의 일환으로, 정상 백서와 비교할 때, 난소를 적출하여 인위적으로 골다공증을 야기한 백서에 마이크로스크류를 식립 후 교정력 부여 시, 마이크로스크류와 치아주위의 초기 경조직에 어떠한 변화가 일어나는지를 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

연구대상

체중 350 g 내외의 생후 4개월된 Sprague-Dawley 계 백서 암컷을 사용하였고, 실험군으로 난소를 적출한(Ovariectomy Screw, OS) 군, 대조군으로 Sham operation 시행한(Sham operation Screw, SS) 군의

두 군으로 나누었다. OS군은 마이크로스크류(Jeil, 직경: 1.4 mm, 길이: 6 mm, 한국) 식립 3주전에 난소적출을, SS군은 마이크로스크류 식립 3주전에 Sham operation을 시행하였다.⁴⁰ OS군, SS군 모두 상악 대구치 사이 구개골에 마이크로스크류를 식립하였고, NiTi closed coil spring (TOMY, 0.010 × 0.030 mm light (blue), 일본)을 이용하여, 75 g의 힘으로 상악 중절치 2개를 견인하였다. 각 군당 14마리씩 총 28마리를 실험하였다.

연구방법

난소 적출과 Sham operation

Ketamine (12.5 mg/체중 100 g, 유한양행)을 백서의 복강에 주입하여 전신 마취한 후, 등쪽 하방부의 털을 제거하고, 중앙에 시상면상으로 5 cm 정도 절개하였다. 그런 다음 후복벽을 박리, 절개하고, 지방층에 둘러싸인 양측의 난소를 적출하여, 폐경 후 골다공증 실험군 백서로 설정하였다. 대조군 백서는 Sham operation으로 복막 절개까지만, 난소적출과 동일한 방법으로 처치하고, 실제 난소 적출을 하지 않은 채로 봉합하였다.

마이크로스크류 식립

Ketamine을 백서의 복강에 주입하여 전신 마취한 후, 상악 대구치 사이의 구개골에 마이크로스크류를 식립하였다. 식립 후 NiTi closed coil spring을 이용하여 75 g의 힘으로 상악 중절치를 견인하였다. NiTi closed coil spring의 안정성을 위해 상악 중절치 협면에 홈을 파고, 결찰와이어로 결찰하고, 레진 광중합하였다. 백서의 손, 발톱과 하악 치아는 안정성을 위해 제거하였다.

마이크로스크류 식립후 교정력을 가한지 3일, 7일째에 각 군당 7마리씩 희생시켰고, 희생 3일전에 Alizarin red S (SIGMA-ALDRICH, USA)를 주입하였다. 에테르 흡입 마취 후, 심장혈을 채득하고, 원심 분리 후 혈청을 분석하였다. 그 후 백서를 단두하고 상악골과 장골을 분리해냈다.

절편 제작 및 연마 표본 제작

분리한 상악골과 장골은 섭씨 4도에서, 매 12시간마다 통법에 따라 에탄올에 순차적으로 담아 탈수하고, 아세톤을 이용하여 유기질의 탈회와 포매 레진의 치환을 시행한 후, Spurr low viscosity resin

Table 1. Comparison of the SS group with the OS group in extracted blood component (Ca, P, ALP, Mg, ACP) (mg/dl)

	SS3		SS7		OS3		OS7		Significant	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	SS3-OS3	SS7-OS7
Ca	14.3	1.24	12.5	0.82	10.6	1.03	8.5	1.73	**	**
P	16.2	1.32	14.6	0.46	7.2	0.66	7.0	1.19	**	**
ALP	58.3	7.15	85.3	9.23	54.0	5.38	68.1	6.65	NS	NS
Mg	3.3	0.46	2.5	0.12	1.8	0.12	1.7	0.22	*	*
ACP	19.8	1.54	21.1	1.89	6.3	1.30	8.6	1.46	NS	NS

Mann-Whitney U-test; SD, standard deviation; NS, non-significant; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$; SS3, after 3 days of sham operation screw group; SS7, after 7 days of sham operation screw group; OS3, after 3 days of ovariectomy screw group; OS7, after 7 days of ovariectomy screw group.

(SOUTHBAY, USA)으로 포매하였다. Low Speed Diamond Saw (SOUTHBAY model 650, USA)를 사용하여 500 μm 두께로 자른 후 Grinder (SOUTHBAY model 900 8", USA)을 이용하여 150 μm 로 연마하여 비탈회 연마 표본을 제작하였다.

심장혈 분석

대조군, 실험군 3일, 7일에서 심장혈을 채득하고, 자동 생화학 분석기(Hitachi 747, 일본)를 사용하여 Ca, P, ALP, Mg, ACP의 농도를, OCPC (Calcium-O-cresolphthalein complex) 방법으로 600 nm에서 Ca 농도를, Fiske-subbarow 방법으로 sample 5 μl 로 500 nm에서 P 농도를, IFCC (international federation of clinical chemistry) 방법으로 450 nm에서 ALP 농도를 측정하였다. 실험군과 대조군의 3, 7일을 SPSS 12.0으로 Mann-Whitney U-test 통해 통계처리하였다.

편광현미경 연구

상악골과 장골의 비탈회 레진 표본을 제작 후, 편광현미경을 이용해 $\times 10$, $\times 40$ 배율로 관찰하였다. 편광현미경의 회전판을 90°로 고정시킨 상태에서 사진을 촬영하였다. 골밀도의 차이와 빛의 굴절률에 따라 색의 차이가 나는데 청색, 노란색 등으로 구분되어 나타났다. 노란색은 치밀하고 안정된 골의 상태를 나타내며, 청색은 골밀도가 저하된 상태를 나타낸다.

채득한 골에서 골밀도의 저하된 정도를 측정하기 위해서, 마이크로스크류와 중절치의 압박측, 인장측에서 골밀도가 저하된 부위를 전체 면적에서 나눠 면

적측정(BDDA: bone density deficiency area)을 측정하였다. 면적측정으로 골밀도의 상대적인 저하정도를 비교하였다. 면적측정은 UTHSCSA Image tool version 3.0을 이용하여 측정했고, 같은 군의 3일과 7일을 SPSS 12.0으로 Wilcoxon signed rank test 통계 처리하였다.

형광현미경 연구

활동적인 골 형성을 확인하기 위하여 희생 3일전에 Alizarin red S 25 mg/Kg을 복강내 주사하였고, 연마된 레진 절편에서 Alizarin red S로 침착된 골 형성을 형광현미경을 사용하여 관찰하였다.

연구성적

심장혈 분석

대조군 3일(SS3)과 실험군 3일(OS3)의 심장혈 분석 결과 Ca, P, Mg는 유의하게 감소하였고, ALP, ACP는 유의성이 없었다. 대조군 7일(SS7)과 실험군 7일(OS7)에서도 비슷한 결과가 나타났다 (Table 1).

편광현미경 관찰

장골의 관찰

장골의 몸체의 관찰 결과 대조군과 실험군을 비교 시, 두 군간의 피질골 두께와, 피질골의 밀도 차에 따른 색은 서로 유사하였다 (Fig 1).

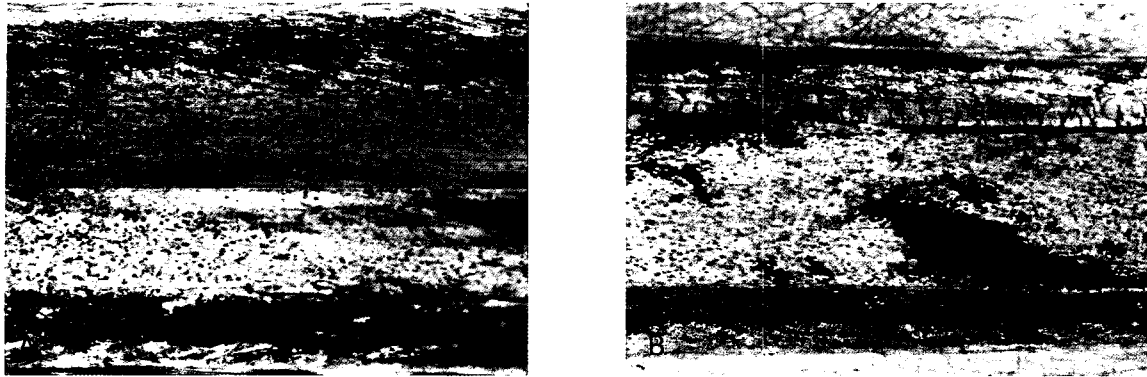


Fig 1. Polarization microscope photo used in this study. A, Cortical bone of long bone for the SS group (X10); B, cortical bone of long bone for the OS group (X10).

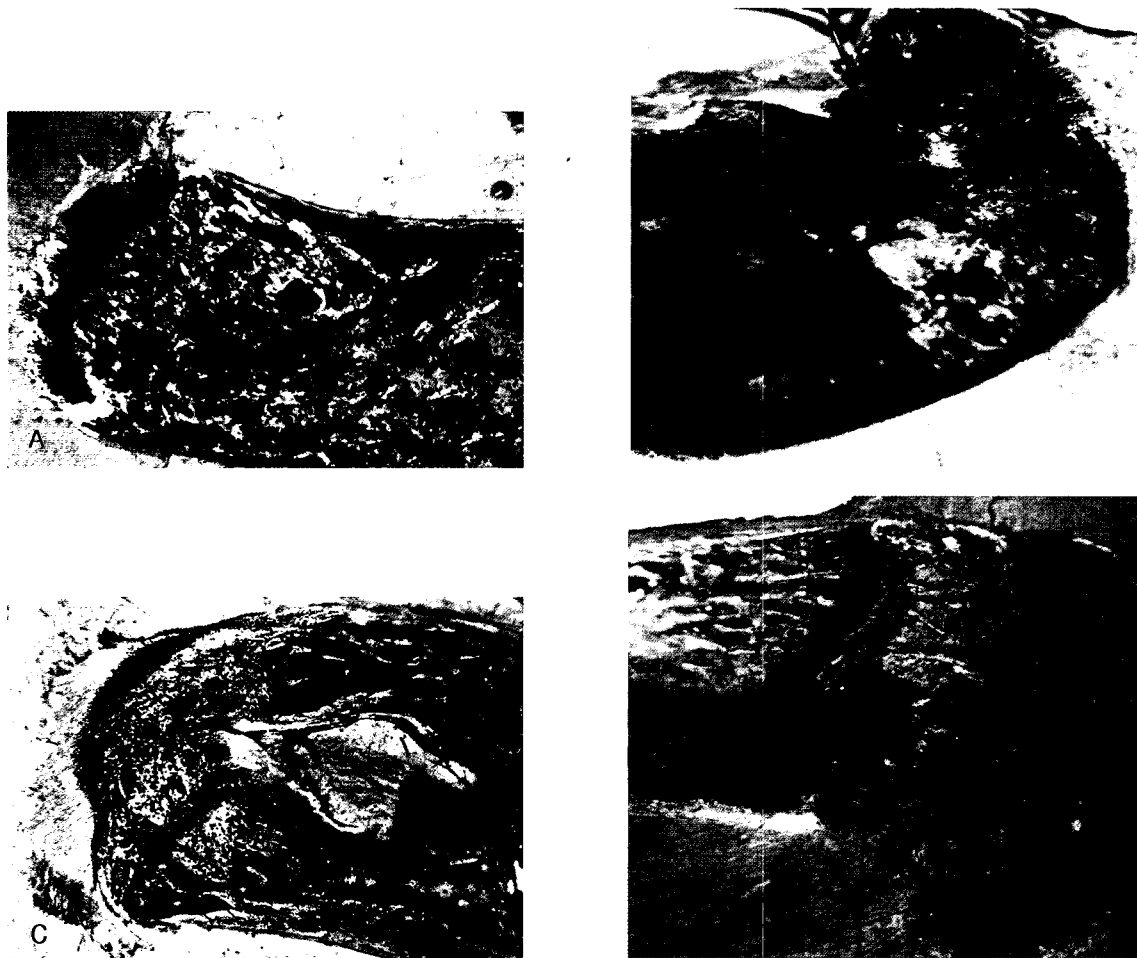


Fig 2. Polarization microscope photo used in this study. A, B, Condylar head of long bone for the OS group (X10); C, D, condylar head of long bone for the OS group (X10).

Table 2. Bone density deficiency area (BDDA: Blue bone area/Total bone area) of microcrew compression and tension portions (%)

		3 Days	7 Days	p
SS	Compression portion	36.2	33.6	**
	Tension portion	29.7	27.6	**
OS	Compression portion	40.2	34.8	*
	Tension portion	38.0	29.0	*

Wilcoxon signed rank test; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$; SS, sham operation screw group; OS, ovariectomy screw group.

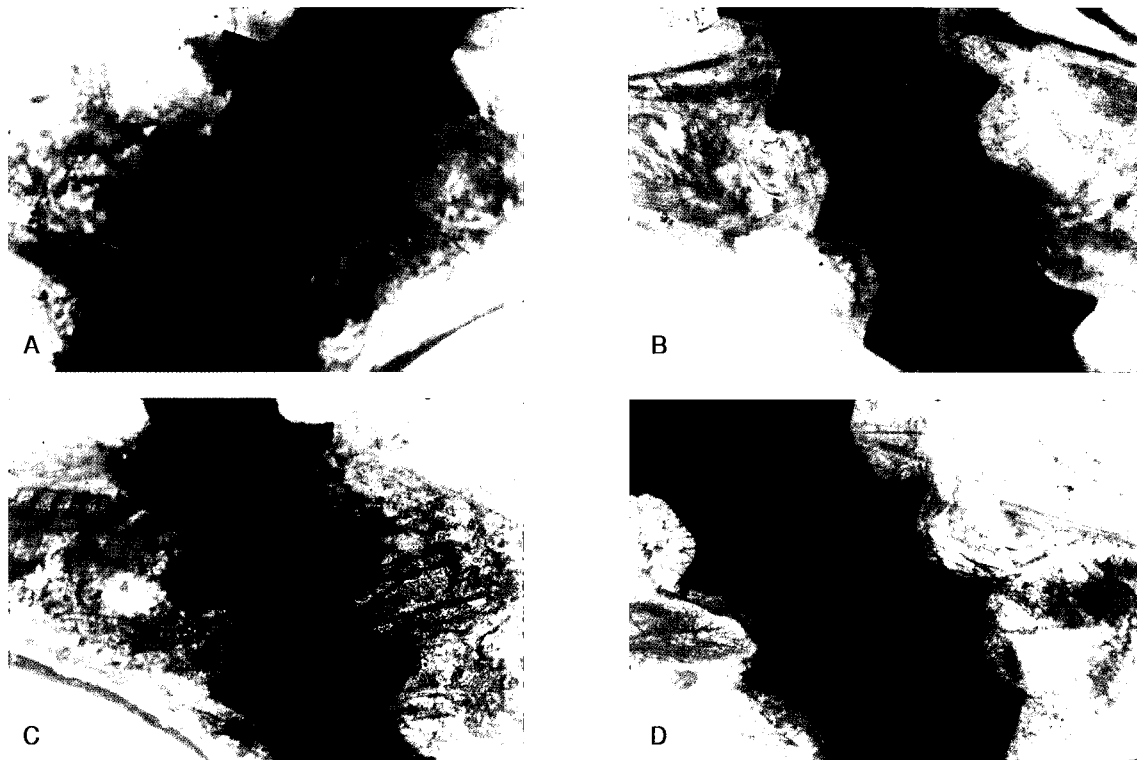


Fig 3. Polarization microscope photo used in this study. **A**, The microcrew and palatal bone for the SS3 group (X10); **B**, the microcrew & palatal bone for the SS7 group (X10); **C**, the microcrew and palatal bone for the OS3 group (X10); **D**, the microcrew and palatal bone for the OS7 group (X10).

장골의 과두의 편광현미경 관찰 결과는 두 군간의 색의 차이가 보였다. 대조군에 비해 실험군에서 골 밀도의 저하를 나타내는 청색의 골조직의 영역이 다소 넓게 관찰되었다 (Fig 2).

마이크로스크류 압박측과 긴장측 관찰

대조군 3일째 압박측과 긴장측에 골밀도가 저하된 청색영역이 관찰되었고, 대조군 7일째에서는 그 영역이 유의하게 감소하였다 ($p < 0.01$). 실험군에서도 3일보다 7일에서 청색을 띠는 골조직 영역이 유의하게 감소하였다 ($p < 0.05$) (Table 2, Fig 3).

Table 3. Bone density deficiency area (BDDA: Blue bone area/Total bone area) of tooth compression and tension portions (%)

		3 Days	7 Days	p
SS	Compression portion	25.4	30.2	**
	Tension portion	34.2	30.1	**
OS	Compression portion	36.7	49.5	*
	Tension portion	37.8	32.4	*

Wilcoxon signed rank test; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$; SS, sham operation screw group; OS, ovariectomy screw group.

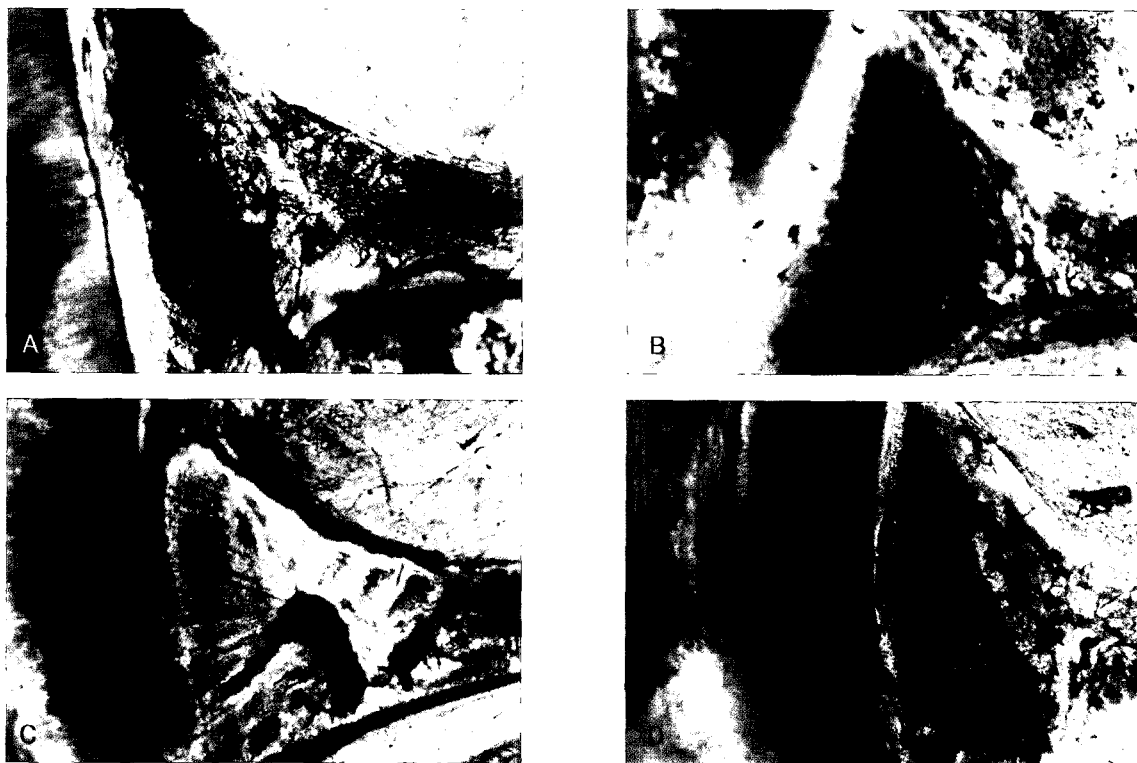


Fig 4. Polarization microscope photo used in this study. A, The alveolar bone compression portion for the SS3 group (X10); B, the alveolar bone compression portion for the SS7 group (X10); C, the alveolar bone compression portion for the OS3 group (X10); D, the alveolar bone compression portion for the OS7 group (X10).

치아 압박측과 긴장측의 관찰

대조군 3일째 치아 압박측과 긴장측에 청색을 띄는 골조직의 영역이 관찰되고, 압박측에선 대조군 7일째에선 그 영역이 유의하게 증가하였고 ($p < 0.01$), 실험군에서도 3일보다 7일에서 청색 영역의 면적이 유

의하게 증가하였다 ($p < 0.05$). 그러나 긴장측에서는 대조군 7일째에선 그 면적이 유의하게 감소하였고 ($p < 0.01$), 실험군에서도 3일보다 7일에서 청색 영역의 면적이 유의하게 감소하였다 ($p < 0.01$) (Table 3, Fig 4).

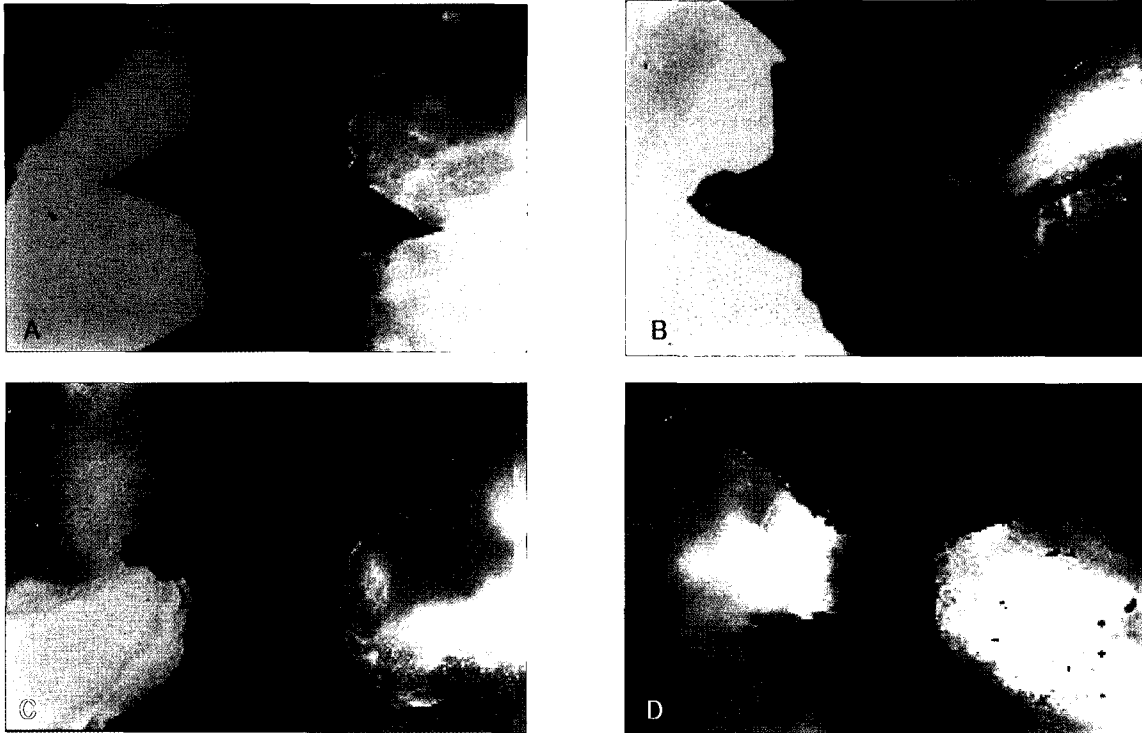


Fig 5. Fluorescent microscope photo used in this study. **A**, The microcrew compression and tension portion for the SS3 group (X40); **B**, the microcrew compression and tension portion for the SS7 group (X40); **C**, the microcrew compression and tension portion for the OS3 group (X40); **D**, the microcrew compression and tension portion for the OS7 group (X40).

형광현미경 관찰

대조군 3일 마이크로스크류 압박측과 긴장측 관찰

마이크로스크류 압박측과 긴장측으로 Alizarin red S로 염색된 골이 관찰되었으며, 압박측 보다는 긴장측에서 더 선명하게 보였다 (Fig 5, A).

대조군 7일 마이크로스크류 압박측과 긴장측 관찰

대조군 3일에 비해 긴장측에서 더욱 많은 부위에서 Alizarin red S로 염색된 골을 관찰할 수 있었으며, 압박측은 염색이 미미하였다 (Fig 5, B).

실험군 3일 마이크로스크류 압박측과 긴장측 관찰

마이크로스크류 압박측과 긴장측에서 Alizarin red S로 염색된 골이 미미하게 관찰되었다 (Fig 5, C).

실험군 7일 마이크로스크류 압박측과 긴장측 관찰

실험군 3일에 비해 마이크로스크류 주위로 Alizarin

red S로 염색된 골을 확인할 수 있었고, 압박측의 염색된 골은 미미했다 (Fig 5, D).

총괄 및 고찰

최근 평균 수명의 증가와 더불어 인구의 고령화가 가속화됨에 따라 연령 증가에 의한 골밀도 감소 현상, 즉 노인성 골다공증과 폐경기 이후의 여성들에게서 다발하는 폐경기 골다공증 현상이 심각한 건강 위험 인자로 대두되고 있다.

폐경으로 인한 에스트로겐의 감소는 1,25-dihydroxycholecalciferol의 혈청 수준을 감소시키고, Ca 흡수율을 저하시켜, 골격의 부갑상선 호르몬의 예민도를 증가시킨다. 결국 골격의 Ca 재흡수를 촉진시키게 되어, 골다공증을 유발하게 된다.⁴¹ 이렇듯 뼈로부터 무기질 손실은 난소의 기능이 중지되면서부터 가속화된다.⁴² 이⁴³의 연구에서는 난소절제 수술을 한 여성의 칼슘 평형이 같은 연령의 폐경기 후 여성보다

낮았으며 김⁴⁴의 연구에서도 난소를 절제한 40대의 여성의 골밀도는 60대 여성의 골밀도와 비슷하였다.

폐경기 후 골다공증의 모델로는 난소를 적출시킨 백서가 흔히 사용되고 있는데, Kalu⁴⁵는 백서의 골격량이 일생동안 비교적 일정하지만 성 호르몬 부족을 유발했을 때, 여러 가지 면에서 폐경 이후 여성에게서 나타나는 골격 손실과 비슷한 특징을 보인다고 하였다.

즉 난소를 절제시킨 흰 쥐에서 1) 골대사율(bone turnover rate)이 증가되어, 형성보다 흡수가 더 증가하고, 2) 초기에는 골격 손실이 빠르게 일어나다가 점점 속도가 느려지며, 3) 피질골보다 해면골의 손실이 더 컸으며, 4) 장내 Ca 흡수가 감소하였고, 5) 비만에 의해 골격 손실에 대한 보호작용이 존재하며, 6) 에스트로겐, 부갑상선 호르몬, 칼시토닌, 운동과 같은 치료에 대한 반응이 폐경 후 여성에게서 나타나는 반응과 비슷한 특징을 나타낸다. 따라서 난소 절제 백서는 폐경과 Ca 대사와의 관계를 연구하는데 적합한 모델이라 생각한다.

따라서 본 실험에서는 생후 4개월된 체중 350g 내외의 백서(Sprague Dawley)를 난소 적출하여 실험군으로 삼았다. 그리고 백서의 난소적출 후 3-4주 경과 후부터 정상군에 비해 현저하게 해면골량이 감소되어 골다공증 현상이 나타난다고 알려져 있는데, 이를 근거로 하여 본 실험은 난소적출 후 3주간을 경과시켜 골다공증 상태를 유발시켰다.

심장혈 분석 결과 대조군 3일과 실험군 3일의 Ca, P, Mg는 유의하게 감소하였고, ALP, ACP는 유의성이 없었다. 이는 난소 적출 후 3주 동안 골밀도 지표인 Ca, P, Mg가 감소하여, 골다공증이 유발되었다고 하겠다. 대조군 7일과 실험군 7일 사이의 차이는 이러한 골다공증이 유지되고 있는 것을 보여준다 (Table 1).

대조군 3일과, 대조군 7일의 심장혈 분석 결과 Ca, P, Mg가 조금 감소하였고, ACP는 조금 증가하였으며, ALP는 크게 증가하였다. ALP는 골형성 지표로서 대사성 골질환 및 골재형성 시 조골세포의 활동이 증가되어 골 교체율이 빠를 때 혈청 내 농도가 증가된다고 알려져 있다.⁴⁶ 결국 대조군 7일째에서 ALP 수치가 높은 것은, 골개조의 가능성이 높을 것으로 생각되어지고, 같은 군간의 Ca, P, Mg의 수치가 낮게 나타난 것은, 4일 동안의 어느 정도 골의 형성에 따른 Ca, P, Mg의 흡수에 의한 것이다.

실험군 3일과 7일에서도 대조군과 비슷한 변화를

보였다. Ca, P, Mg가 조금 감소하였고, ACP는 조금 증가하였으며, ALP는 크게 증가하였다. 이 결과 실험군에서도 7일째에 골개조의 가능성이 크다는 것으로 생각한다.

또한 유의한 사항은 실험군 7일에서 ALP 수치가 대조군 7일 보다는 작지만, 대조군 3일 보다는 높은 수치를 나타낸 것으로 보아, 골다공증으로 인해 골대사 능력이 떨어진 상태에서도 골개조의 가능성을 예측할 수 있었다. 이는 마이크로스크류 식립 후, 골이 치유되면서 그것의 탈락가능성을 어느 정도 낮추는 것으로 생각한다.

편광 현미경 관찰에서 장골의 몸체의 관찰 결과, 대조군과 실험군 비교 시, 피질골의 두께에 대한 변화와 밀도 차에 따른 색의 변화는 관찰되지 않았다.

이는 폐경 후 골다공증은 주로 골격의 20%를 차지하는 해면골(trabecular bone)의 골밀도 손실이 나타나고, 해면골 조직이 피질골 조직보다, 에스트로겐의 부족이나 에스트로겐의 반응에 더 민감하기 때문이다.⁴⁷⁻⁵⁰ 장골의 과두는 두 군간의 색의 변화가 뚜렷하게 있었다. 장골의 과두에는 해면골의 분포가 커서, 골소실이 관찰되었다.

대조군 3일 마이크로스크류 압박측과 긴장측에서 힘을 받는 부위에 골밀도가 저하된 색이 관찰 되었다. 그리고 치아 압박측, 치근단의 힘을 받는 부위에 청색의 영역이 관찰되었다. 대조군 3일과 비교하여 7일에서 마이크로스크류 부위에 청색 영역이 감소한 것은 골개조가 일어나 어느 정도 골이 회복한 상태로 생각한다. 두 군간의 골밀도가 저하된 부위를 총면적에서 BDDA로 환산하여 비교한 결과, 대조군 3일과 7일, 실험군 3일과 7일에서 마이크로스크류 긴장측에서 BDDA의 유의한 감소가 나타났다. 이는 골밀도가 어느 정도 회복된 것으로 생각된다. 마이크로스크류 압박측에서도 BDDA 측정 결과 유의한 감소를 나타내었다.

치아의 압박측에서는 BDDA가 유의한 증가를 나타냈다. 이는 지속적인 힘이 가해져 골의 흡수가 더욱 더 일어난 것으로 생각되어 지고, 실험군이 대조군에 비해 BDDA가 큰 것은 골밀도의 저하로 인한 골의 흡수가 심화된 것으로 생각된다. 이는 치아이동 시 고정된 소실이 심할 것으로 예상된다.

치아의 긴장측에서는 BDDA가 유의하게 감소하였다. 또한 실험군에서 대조군보다 BDDA가 높게 나타나, 폐경기후 골대사 저하에 따른 골소실의 심화를 나타낸 것으로 생각된다. 그러나 실험군의 3일과 7일의

비교시 BDDA가 유의하게 감소하였다. 이는 골대사가 떨어진 백서에서도 골개조의 과정이 일어나며, 따라서 마이크로스크류의 안정성 가능성을 높여 주는 것으로 생각된다. 결국 골다공증의 위험이 있는 백서에서도 초기 경조직 반응이 정상 백서와 비슷함을 할 수 있다.

광학현미경에서는 대조군 3일에서는 마이크로스크류 긴장측에서 압박측보다 많은 영역에서 Alizalin red S로 염색 부위가 관찰되었고, 대조군 7일에서는 긴장측과 압박측 모두 많은 부위에 염색 부위를 관찰할 수 있었다. Alizalin red S는 새로 형성된 Ca를 염색함으로써, 활동적인 골 형성을 확인할 수 있다. 대조군 3일째에는 압박측에서 더 많은 힘을 받아 골의 흡수가 더 있었던 것 같고, 대조군 7일 역시 압박측보다는 긴장측에서 염색 부위가 많았다. 실험군에서는 3일에선 거의 염색된 부분을 관찰할 수 없었으며, 7일째에는 염색된 부위가 관찰되었다. 이는 골대사가 저하된 백서에서도 그 반응이 정상 백서에 비해 적지만, 신생골의 형성이 일어남을 알 수 있다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 백서의 난소적출로 인하여 골형성과 골흡수의 불균형이 초래되어, 피질골보다는 해면골이 주로 소실되는 골다공증이 유도되었다. 또한 마이크로스크류 식립 후 교정력 부여 시, 실험군에서 보다 많은 골소실을 나타내었으나, 시간의 경과에 따라 계속된 골의 흡수보다는 골개조의 가능성이 증가하고, 신생골의 형성이 증가함을 확인할 수 있었다. 이는 골다공증에서도 마이크로스크류의 식립으로 고정원 확보가 가능한 것으로 생각되어지고, 앞으로 보다 장기적인 안정성에 대한 연구가 수행되어야 한다고 생각된다.

결론

1. 심장혈 성분 조사 결과 OS군에서 Ca, P등의 골대사와 관계되는 무기질의 함유량이 적게 나타났으며, OS군, SS군 모두 7일째에 ALP의 농도가 높게 나타나 골개조의 가능성을 보인다.
2. 편광현미경 관찰결과 OS군의 장골의 과두에서는 골밀도의 저하를 나타내는 청색을 띄는 골조직 영역이 SS군보다 넓게 관찰되었고, 피질골의 두께에 대한 변화는 관찰되지 않았다.
3. 편광현미경 사진에서 OS, SS군에서 모두 마이크로스크류의 압박측과 긴장측, 치아의 긴장측에서 3일보다 7일에서 기존골에 비하여 골밀도의 저하

를 나타내는 청색을 띄는 골조직 영역이 적었고, 치아의 압박측과 치근단에서는 그 영역이 증가하였다.

4. 형광현미경 관찰결과 대조군과 실험군 모두 3일째보다 7일째에 Alizarin red S로 침착된 골이 나타나, 새로운 골의 형성이 있었음을 나타내었다.

이상의 결과 골다공증이 유도된 백서에서 계속된 골의 흡수보다는 골개조의 가능성이 증가하고, 신생골의 형성이 증가함을 확인할 수 있었고, 이는 골다공증에서도 마이크로스크류의 식립으로 고정원 확보가 가능한 것으로 생각한다.

참고 문헌

1. Robert WE. Bone biology, metabolism and biomechanics in orthodontic practice. In: Graber TM, Vanarsdall RL editor. Orthodontics: Current principles and techniques. 2nd. St. Louis: Mosby; 1994. p. 193-234.
2. 백형선, 김경훈, 박열. 연세대학교 영동세브란스병원 교정과에 내원한 부정교합자의 분포 및 경향에 관한 연구. 대치교정지 1995;25:87-100.
3. 양원식. 서울대학교병원 교정과에 내원한 부정교합환자의 분류 및 분포에 관한 연구. 대치협회지 1990;11:811-21.
4. Amsterdam M. Periodontal prosthesis, twenty-five years in retrospect. Part II. Occlusion. *Compend Contin Edue Dent* 1984;5:325-34.
5. Kusy RP, Tulloch JF. Analysis of moment-force ratios in the mechanics of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986;90:127-31.
6. Spurrier SW, Hall SH, Joondeph DR, Shapiro PA, Riedel RA. A comparison of apical root resorption during treatment in endodontically orthodontic treated and vital teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;97:130-4.
7. Wenstrom JL, Stokland BL, Nymen S, Thilander B. Periodontal tissue-response to orthodontic movement of teeth with infrabony pockets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;103:313-9.
8. Artun J, Urbye KS. The effect of orthodontic treatment on periodontal bone support in patients with advanced loss of marginal periodontium. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:143-8.
9. Boyd RL, Leggott PJ, Quinn RS, Eakle WS, Chambers D. Periodontal implications of orthodontic treatment in adults with reduced or normal periodontal tissues versus those of adolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;96:191-8.
10. Roberts WW 3rd, Chacker FM, Burstone CJ. A segmental approach to mandibular molar uprighting. *Am J Orthod* 1982;81:177-84.
11. Ziskind D, Schmidt A, Hirschfeld Z. Forced eruption technique: rationale and clinical report. *J Prosthet Dent* 1998;79:246-8.
12. Oesterle LJ, Wood LW. Raising the root: a look at orthodontic extrusion. *J am Dent Assoc* 1991;122:193-8.
13. Sheridan JJ, Ledoux PM. Air-rotor stripping and proximal sealants. An SEM evaluation. *J Clin Orthod* 1989;23:790-4.
14. Spear FM, Mathews DM, Kokich VG. Interdisciplinary management of single-tooth implants. *Semin Orthod* 1997;3:45-72.
15. Spencer H, Kramer L. NIH Consensus conference. Osteoporosis. Factors contributing to osteoporosis. *J Nutr* 1986;116:316-9.
16. Riggs BL, Melton III LJ. Involutional Osteoporosis. *N Eng J Med* 1983;314:16-77.
17. Kleerekoper M, Tolia K, Parfitt AM. Nutritional, endocrine and

- demographic aspects of osteoporosis. *Orthop Clin North Am* 1981; 12:547-58.
18. Lane JM, Vigorita VJ. Osteoporosis. *Orthop Clin North Am* 1984;15:711-28.
 19. Lee HO, Lee IH, Rho SN, An SJ, Lee BH. Human nutrition and health. ChungAng University; 1997.
 20. William R. Proffit. 최신헌교정학 제3판. 서울: 나래출판사; 2000.
 21. Park YC, Lee SY, Kim DH, Jee SH. Intrusion of posterior teeth using mini-screw implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:690-94.
 22. Haanaes HR, Stenvik A, Beyer-Olsen ES, Tryti T, Faehn O. The efficacy of two-stage titanium implants as orthodontic anchorage in the preprosthodontic correction of third molars in adults—a report of three cases. *Eur J Orthod* 1991;13:287-92.
 23. Stean H. Clinical case report. An improved technique for using dental implants as orthodontic anchorage. *J Oral Implantol* 1993;19:336-40.
 24. Higuchi KW, Slack JM. The use of titanium fixtures for intraoral anchorage to facilitate orthodontic tooth movement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:338-44.
 25. Sorenson NA Jr. Use of maxillary intraosseous implants for Class II elastic anchorage. *Angle Orthod* 1995;65:169-73.
 26. Wehrbein H, Glatzmaier J, Mundwiller U, Diedrich P. The Orthosystem—a new implant system for orthodontic anchorage in the palate. *J Orofac Orthop* 1996;57:142-53.
 27. Umemori M, Sugawara J, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Skeletal anchorage system for open-bite correction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:166-74.
 28. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod* 1997;31:763-7.
 29. Roberts WE, Marshall KJ, Mozsary PG. Rigid endosseous implant utilized as anchorage to protract molars and close an atrophic extraction site. *Angle Orthod* 1990;60:135-52.
 30. Feldmann I, Feldmann H, Lundstrom F. Nobel Biocare onplants for orthodontic anchoring. A preliminary report onplants for orthodontic anchoring. A preliminary report on 10 patients. *J Parodontol Implant Oral* 2000;19(Suppl):361-71.
 31. Diedrich P. Different orthodontic anchorage systems. A critical examination. *Fortschr Kieferorthop* 1993;54:156-71.
 32. Gaomsfortj BL, Higley LB. A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone. *Am J Orthod Oral Surg* 1945;31:406-7.
 33. Linkow LI. The endosseous blade implant and its use in orthodontics. *Int J Orthod* 1969;7:149-54.
 34. Sherman AJ. Bone reaction to orthodontic forces on vitreous carbon dental implants. *Am J Orthod* 1978;74:79-87.
 35. Smith JR. Bone dynamics associated with the controlled loading of bioglass-coated aluminum oxide endosteal implants. *Am J Orthod* 1979;76:618-36.
 36. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod* 1997;31:763-7.
 37. Roberts WE, Helm FR, Marshall KJ, Gongloff RK. Rigid endosseous implants for orthodontic and orthopedic anchorage. *Angle Orthod* 1989;59:247-56.
 38. Odman J, Lekholm U, Jemt T, Branemark PI, Thilander B. Osseointegrated titanium implants—a new approach in orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 1988;10:98-105.
 39. Linder-Aronson S, Nordenram A, Anneroth G. Titanium implant anchorage in orthodontic treatment. An experimental investigation in monkeys. *Eur J Orthod* 1990;12:414-9.
 40. 한상섭. 동물실험법 제 5권 실험외과기술. 서울: 정담도서출판; 1999. p. 57-9.
 41. Ash SL, Goldin BR. Effects of age and estrogen on renal vitamin D metabolism in the female rat. *Am J Clin Nutr* 1988;47:694-9.
 42. Genant HK, Cann CE, Ettinger B, Gordan GS. Quantitative computed tomography of vertebral spongiosa. A sensitive method for detecting early bone loss after oophorectomy. *Ann Intern Med* 1982;97:699-705.
 43. Lee HJ. Calcium metabolism of menopausal women. Graduate school ChungAng University;1993.
 44. Kim WY. Osteoporosis and dietary factors. *Korean J Nutrition* 1994; 27:636-46.
 45. Kalu DN. The ovariectomized rat model of postmenopausal bone loss. *Bone Miner* 1991;15:175-91.
 46. Han YK, Park WK, Choi EH, Shin HH, Kim SW. A study on hormonal changes and bone densities in Korean menopausal women. *J Korean Soc Endocrinol* 1989;4:21-6.
 47. Yun BG. Menopausal symptom. *J Kor Med Ass* 2000;43:404-11.
 48. Heaney RP. Calcium, dairy products and osteoporosis. *J Am Coll Nutr* 2000;19:835-995.
 49. Mahan LK, Escott-stamp S. Krause's food nutrition & diet therapy. WB Sayder Co; 2000. p. 611-32.
 50. Heaney RP. The role of nutrition in prevention and management of osteoporosis. *Clin Obstet Gynecol* 1987;30:833-46.

- ORIGINAL ARTICLE -

Early histological change in hard tissue from orthodontic force placed on microscrews in ovariectomized rats

Dea-Seung Lee, DDS, MSD,^a Jin-Woo Lee, DDS, MSD, PhD,^b Moon-Jung Chang, MS, DS^c

Most elderly women experience a decrease in their bone density due to a deficiency of calcium intake, ovariectomy, or menopause. This study evaluated the usability of the microscrew as a skeletal anchorage system in these orthodontic treatment cases, using rats as a research group. The 4 month old sprague-dawley species rats were divided into two groups, the OS (Ovariectomy Screw), and the SS (Sham operation Screw) group. In both the OS and SS groups, microscrews were implanted into the palatal bone between the upper molar teeth and two upper incisors were retracted using NiTi coil spring with 75 g of force. After 3 days, the again after 7 days, 7 rats in each group were sacrificed. Three days before they were sacrificed, Alizarin red S was intraperitoneally injected, and their maxillary bone, tibia and blood from their hearts were taken. The components of the extracted blood were biochemically analyzed and non-decalcified grinding resin sections for maxillary bone and tibia were made. The sections were examined with a polarization microscope, and fluorescent microscope. Smaller concentrations of Ca and P, the inorganic substances closely related to bone density, were found in the extracted blood of the OS group. Both OS and SS groups showed a possibility of bone remodeling with a high concentration of ALP after 7 days. An increase in bone density on the tension and compression sides of the microscrew and the tension side of the tooth for both OS and SS groups was confirmed with a polarization microscope. However, the bone density of the pressure side of the tooth and apical side was decreased. More deposits of Alizarin red S in the bone after 7 days rather than 3 days seen with a fluorescent microscope suggested the existence of new bone formation.

Korean J Orthod 2006;36(2):103-13

※ **Key words:** Ovariectomy, Osteoporosis, Microscrew, Bone remodeling

^a Graduate Student, ^b Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Dankook University

^c Professor, Department of Food and Nutrition, School of Kookmin University

Corresponding author: Jin-Woo Lee

Department of Orthodontics, School of Dentistry, Dankook University, 7-1 San, Shinbu-Dong, Cheonan, Chung-Nam 330-716, Korea

+82 41 554 1941

jwlee@dankook.ac.kr

Received May 23, 2005; Last Revision January 23, 2006; Accepted January 25, 2006