

교정력에 의한 고양이 치조골의 칼슘 및 인의 분포에 관한 연구

서울대학교대학원 서울대학교 치과대학*

김혜경* · 이종훈** · 양원식*

— 목 차 —

- I. 서 론
- II. 연구방법
- III. 실험성적
- IV. 고 찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

골조직은 외부 환경의 변화에 쉽게 적응할 수 있는 능력을 가진 조직으로써 기계적, 화학적 또는 전기적 자극에 대해 용이하게 반응한다.

치아이동을 목적으로 가해지는 교정력은 치조골에 가해지는 대표적인 기계적 자극으로써 골조직의 흡수 또는 생성 반응을 일으키며 이 현상은 치아에 가해지는 교정력의 크기에 따라 영향을 받는다 (Storey, 1973).

교정력에 대한 치조골의 반응은 조직학적으로 많은 연구가 보고된 바 있으며 (Takimoto 등, 1968; Storey, 1973; Lim, 1976; Yoo, 1979), 최근에는 생화학적 연구결과가 보고되고 있다 (Binderman 등, 1977; Arender 등, 1979; Davidovitch 등, 1980).

경조직에서 무기질의 함량변화를 측정하는 데는 많은 애로점이 있으나 Juda 등 (1963), Jowsey 등 (1965) 과 Sklaroff 등 (1968)은 칼슘의 방사성 동위원소를 이

용하여 치아이동에 따르는 골조직의 칼슘분포의 변화를 관찰하였고, Hermanson (1972)은 치아이동에 의한 치조골의 변화를 형광물질을 이용하여 연구하였으며 Karjalainen 등 (1977)과 Nilsson 등 (1977)도 골조직의 무기질 함량을 보고하였다.

탈회하지 않은 경조직에서 석회화 정도에 변화를 규명하기 위해 Sessone (1950), Jowsey 등 (1965)과 Malcolm 등 (1971)은 microradiography를 이용하여 골조직의 변화를 조사하였고, Eckerdal (1972)은 경조직 표본에서 조직학적인 방법과 microradiography를 동시에 사용하여 연구하였으며, Green 등 (1970)은 하악골에서 electron microprobe를 이용하여 칼슘, 인, 마그네슘 등을 분석하였다.

저자는 교정력에 의해 압박 또는 견인을 받은 치조골내의 칼슘과 인의 농도를 조사함으로써 치조골의 흡수와 생성에 수반되는 경조직의 반응을 규명하기 위해 본 실험을 시행하였다.

II. 연구방법

1. 교정장치의 장착

생후 약 1년 정도되는 성숙한 정상 집고양이를 성의 구별없이 실험동물로 선택하여 nembutal (35mg/kg, 체중)로 전신마취한 후 고양이 입을 개구기로 개구시킨 다음 상하악 우측 견치에 교정력을 가하기 위하여 견치의 근심면과 원심면의 치경부에 치은에 손상을 주지 않고 groove를 형성하고 교정장치를 장착하였다.

* 교정학교실 ** 구강생리학교실

상악에서는 최후방 소구치의 근심교두의 근원심면에, 하악에서는 소구치의 원심교두의 근원심면에 groove를 형성하여 교정장치의 고정에 이용하였다. 이때 반대측 견치는 대조치아로 사용하였다.

견치에 가해지는 교정력은 closed coil spring (0.009"×0.036", Rocky Mountain Co. 제품)을 사용하여 상악은 80gm, 하악은 100gm이 되도록 하였다. 장착된 교정장치의 파손을 방지하고 고양이의 교합을 고려하여 상악교정장치는 치아의 협측에, 하악장치는 설측에 설치하였으며 실험기간중 장치의 파손 내지 탈락여부를 확인하였다.

실험동물은 교정장치 장착후 1시간, 1일, 7일, 14일과 28일 경과군으로 구분하였으며 각군에 6두씩 배정하였다. 실험기간 경과 후 nembutal로 다시 마취하고 단수하여 희생시켰다. 단수한 후 즉시 액체질소로 급속냉동하고 상하악 견치의 주위 연조직을 제거하고 치조골과 함께 악골에서 분리하여 치근에 인접한 치조골을 채취하였다.

압박측인 견치의 원심치조정, 근심치근단부와, 견인측인 근심치조정과 원심치근단부에서 15~50mg 정도의 치조골을 채취하여 습중량을 정확히 계량한 후 성분분석에 사용하였다.

2. 분석 방법

채취한 치조골의 무기질을 분석하기 위하여 치조골을 염산으로 분해시켰으며 원심분리하여 상청액을 사용하였다.

피검액의 칼슘농도는 0.3% lanthanum 용액으로 500배 희석하여 원자흡광 분광기(Perkin-Elmer Model 303)로 정량하였으며, 무기인 농도는 피검액을 150배 희석하여 Fiske와 Subbarow 법(Oser, 1965)으로 측정하여 조직 mg당 포함된 칼슘과 인의량으로 환산하여 Ca/p를 계산하였다.

Ⅲ. 실험성적

1. 치조골의 칼슘함량

교정장치 장착후 대조부위인 상악 좌측 견치부위에서 채취한 치조골의 칼슘함량은 1시간, 1일, 7일, 14일 경과군에서는 유의한 변화가 없었으나 28일 경과군에서는 타군보다 낮은 값을 보이고 있다.

교정장치 장착후 1시간과 28일 경과군에서는 압박측과 견인측의 칼슘함량에는 차이가 없었으나 장착후 1일과 14일 경과군의 견인측과 압박측 및 7일 경과군의 견인측에는 감소하는 경향을 보였다.

하악치조골의 칼슘함량은 대조부위에서 1일 경과군을 제외한 나머지 실험군에서 상악치조골 보다 높은 값을 보였다. 1시간 경과군에서는 대조부위, 견인측과 압박측사이에는 차이가 없으나 7일, 14일, 28일 경과군은 압박측에서 감소하는 경향을 보이며 견인측은 1일, 14일, 28일 경과군에서 감소하였고, 28일 경과군에서는 견인측의 칼슘함량이 압박측보다 낮았다. (표 2, 그림 2)

2. 치조골의 무기인 함량

상악치조골의 대조부위의 무기인 함량은 교정장치 장착후 1일과 7일 경과군에서 다소 높은 값을 보였고, 1시간 경과군에서 견인측과 압박측의 무기인 함량은 대조값보다 약간 증가하는 경향을 보이나 각 실험군에서 대조부위와 견인측 및 압박측 사이에는 유의한 차이를 보이지 않으며, 견인측에서는 전반적으로 감소하나 압박측은 불규칙한 변화를 보이고 있다(표 1, 그림 3).

하악치조골의 무기인 함량은 상악치조골보다 높은 값을 보였으며 7일 경과군의 대조값이 가장 높았다. 견인측의 무기인 함량을 1시간 및 1일 경과군을 제외한 모든 실험군에서 감소하는 경향을 보였고, 감소정도는 유사하나, 28일 경과군에서 가장 컸다. 압박측의 무기인 함량은 7일, 14일 및 28일 경과군에서 감소하였고, 압박측과 견인측의 무기인 함량은 1시간 경과군을 제외하고 차이가 없었다(표 2, 그림 4).

3. 치조골의 Ca/P의 변화

상악치조골의 Ca/P는 대조부위에서 각 실험군마다 불규칙한 값을 보이나 유의한 차이는 아니며, 견인측의 Ca/P는 대조값보다 1시간 경과군에서 높았으며, 7일 및 14일 경과군에서는 약간씩 감소하였다. 압박측은 14일 경과군에서 대조값보다 약간 감소하였으며 7일 및 28일 경과군에서는 약간의 상승을 보였으나 전실험군에서 유의한 변화는 없었다(표 1, 그림 5).

하악치조골의 Ca/P는 대조부위에서는 큰 차이를 보이지 않았으며 견인측에서는 14일 경과군에서 가장 증가하였고 1시간, 1일, 7일, 28일 경과군에서는 유의한 변화가 없었다. 압박측에서는 14일, 28일 경과군에서 증가하는 경향을 보였고, 견인측과 압박측간의 차이는 28일 경과군에서 견인측에 비해 압박측이 증가하였을 뿐 나머지 실험군에서는 차이가 없었다(표 2, 그림 6).

Table 1. Contents of phosphorus and calcium and Ca/p in maxillary alveolar bone of cat

	Ca			P			Ca/P		
	CONTROL	TENSION	COMPRES-SION	CONTROL	TENSION	COMPRES-SION	CONTROL	TENSION	COMPRES-SION
1 Hour	127.7± 5.53	139.5± 15.99	129.1± 9.74	56.4± 2.45	63.9± 6.24	66.2± 3.27	2.147± 0.083	2.417± 0.327	2.169± 0.185
1 Day	139.8± 32.90	110.7± 23.17	107.3± 11.29	62.6± 9.77	57.5± 11.36	56.3± 6.07	1.992± 0.078	1.908± 0.037	1.995± 0.238
7 Days	138.5± 7.64	121.2± 10.70	130.5± 12.74	65.3± 3.61	61.3± 5.08	67.9± 4.06	2.090± 0.076	1.985± 0.076	2.151± 0.192
14 Days	125.8± 10.63	104.3± 5.75	95.5± 16.35	58.2± 3.72	52.7± 5.54	52.9± 6.39	2.132± 0.118	2.062± 0.135	1.985± 0.169
28 Days	86.0± 5.39	87.3± 5.76	91.5± 12.53	47.5± 7.24	43.6± 4.15	49.9± 5.50	1.992± 0.082	2.078± 0.152	2.088± 0.116

Unit : $\mu\text{g}/\text{mg}$, wet bone tissue

(Mean \pm S. E.)

Table 2. Contents of phosphorus and calcium and Ca/P in mandibular alveolar bone of cat

	Ca			P			Ca/P		
	CONTROL	TENSION	COMPRES-SION	CONTROL	TENSION	COMPRES-SION	CONTROL	TENSION	COMPRES-SION
1 Hour	155.7± 8.92	153.0± 9.74	164.66± 10.41	78.3± 2.43	70.9± 4.87	82.4± 3.04	2.103± 0.105	2.128± 0.100	2.196± 0.101
1 Day	136.5± 9.79	123.4± 23.59	130.5± 7.87	69.8± 4.19	72.1± 9.37	70.2± 5.73	2.062± 0.084	1.971± 0.169	2.038± 0.115
7 Days	162.6± 7.38	160.4± 17.73	146.8± 17.17	80.1± 2.51	75.3± 7.75	71.5± 7.75	2.156± 0.133	2.199± 0.122	2.209± 0.460
14 Days	150.5± 9.99	136.2± 14.50	132.2± 5.96	72.95± 2.95	63.7± 4.79	64.0± 3.23	1.911± 0.092	2.159± 0.177	2.094± 0.096
28 Days	117.8± 12.30	85.4± 4.75	107.5± 22.64	65.5± 3.62	55.8± 7.02	54.1± 7.40	2.044± 0.109	1.964± 0.048	2.414 ± 0.224

Unit : $\mu\text{g}/\text{mg}$, wet bone tissue

(Mean \pm S. E.)

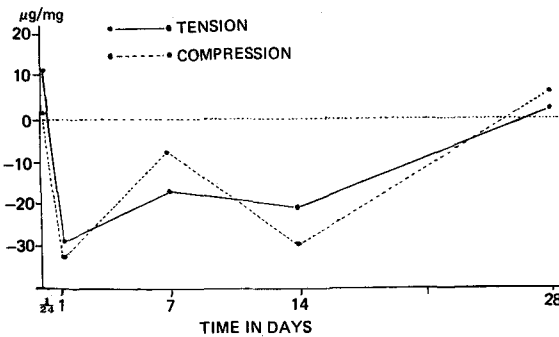


Fig. 1. Difference in contents of calcium (experimental value - control value.) for maxillary bone.

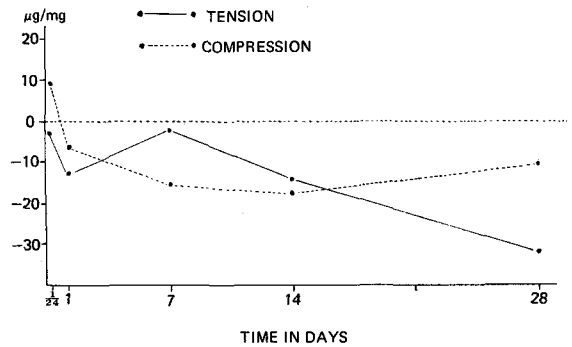


Fig. 2. Difference in contents of calcium (experimental value - control value.) for mandibular alveolar bone.

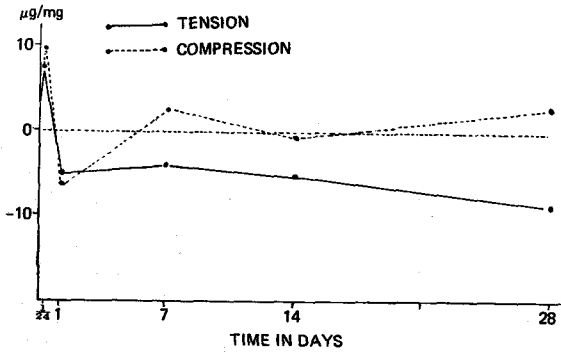


Fig. 3. Difference in Phosphorous content (experimental value - control value.) for tension and compression sites of maxillary alveolar bone.

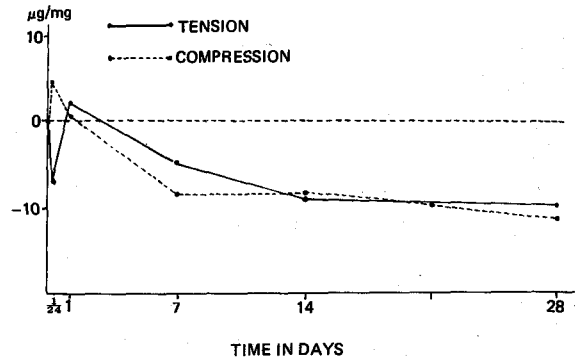


Fig. 4. Difference in Phosphorous content (experimental value - control value.) for tension and compression sites of mandibular alveolar bone.

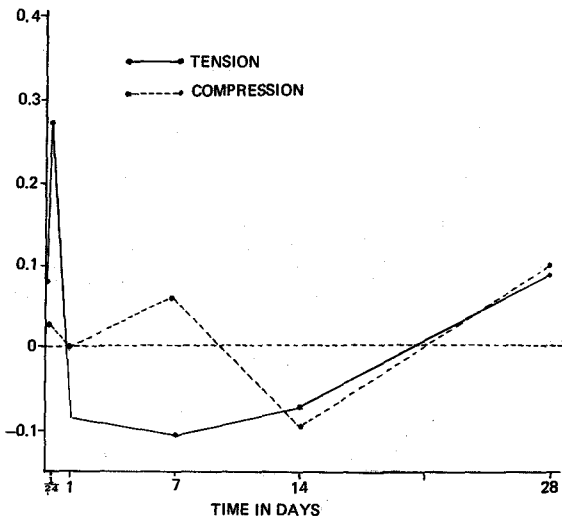


Fig. 5. Difference in Ca/P (experimental value - control value.) for tension and compression sites of maxillary alveolar bone.

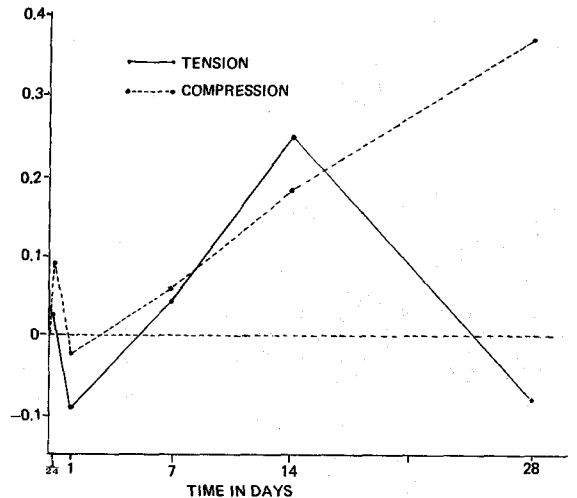


Fig. 6. Difference in Ca/P (experimental value - control value.) for tension and compression sites of mandibular alveolar bone.

IV. 고 찰

골조직은 외부의 자극에 대해 쉽게 적응할 수 있는 경조직으로 치아에 가해지는 기계적 힘에 대해 치조골은 신속하게 반응한다. 교정력에 의한 치아이동이 명확한 변화를 일으키는 것은 교정력이 치아에 가해진지 불과 90분 정도 후에 이미 일어나고 (Storey, 1973), 단근치아에서 원심방향으로 수평력을 가하면 치조골에 압박과 견인을 유발하게 되며 (Hayashi 등, 1975) 치조골에 대한 이러한 작용은

치근막과 치조골의 혈액량에 영향을 미친다. 치아에 가해지는 힘에 의해 견인측에서는 가해지는 힘이 적은 경우에는 혈액량이 증가하나 큰 힘을 가하면 오히려 감소하고 압박측에서도 혈액량이 감소하며 (Pac-kman 등, 1977) 치근막의 혈액량변화가 국소조직의 산소분압등에 영향을 주어 치조골대사에 중요한 영향을 줄 수 있다.

치아이동에 따라 견인측에는 수 일후 치조골과 치근막 경계면에 조골세포가 출현하며 이 세포의 수와 크기가 증가하여 새로운 골조직을 형성하게 되며 압박측에는 파골세포가 나타나서 골흡수를 일으킨다 (Storey, 1973; Lim, 1976; Yoo, 1979).

시험관 및 생체내실험을 통해 골조직의 흡수를 촉진시키는 Prostaglandin의 작용이 알려져 있으며 (Klein등, 1970; Raisz등, 1977; Tashjian, Jr., 1978) 이 물질은 파골세포의 새로운 형성을 자극하고 기존 파골세포의 기능을 항진시키는 작용을 하며 (Feldman등, 1980), 치조골의 prostaglandin 함량도 교정력에 의해 증가하며 견인측에는 초기에 일시적으로, 압박측에서는 지속적으로 작용함으로써 치조골의 재형성 과정에 관여하기 때문에 (Davidovitch등, 1980), 이러한 요인들이 이동치아의 압박측과 견인측에서 무기질 함량에 영향을 줄 수 있다.

상악치조골의 칼슘과 무기인 함량이 하악치조골보다 낮은 값을 보이는 것은 하악골이 상악골보다 치밀골이 많기 때문인 것으로 생각되며 치아 이동에 따라 흡수 또는 생성되는 치조골의 칼슘과 무기인의 함량은 변화가 비교적 크며 이러한 현상은 Hermanson (1972)과 Sklaroff등 (1968)의 보고와 유사하였다.

상악치조골의 견인측에서는 칼슘과 인 함량이 교정장치 장착 후 14일 경과한 경우에도 대조값보다 낮은 값을 보이고 있어 신생된 골조직의 석회화가 신속하게 이루어지지 못한 것으로 사료되며 치아 이동속도가 느린 경우 생성된 골조직의 석회화는 기존 골조직의 석회화 정도까지 신속하게 진행된다는 Storey (1973)의 결과와 상이한 것으로 보아 본 실험에서 사용한 교정력이 상당히 큰 힘으로 고양이 치조골에 작용한 것 같다. 상악보다 더 큰 교정력을 가한 하악치조골에서도 견인측과 압박측의 칼슘 및 무기인의 함량이 장치장착 후 28일 경과시까지 대조값보다 낮은 것으로 보아 견인측에서는 석회화가 느리게 진행되는 것 같으며 압박측에서는 지속적인 골흡수가 일어나고 있는 것으로 생각된다.

교정력에 의한 치아이동시 치조골의 무기질 함량을 측정하여 분석하는 것은 기계적 자극에 대한 골조직의 반응을 이해하는 데 도움이 되며 보다 정교한 분석장치를 이용하여 경조직내 무기질 농도변화를 연구함이 기대되고 있다.

V. 결 론

교정력에 의한 치아이동시 압박 또는 견인을 받는 치조골내의 무기질 함량 변화를 관찰하기 위해

실험동물의 견치에 교정력을 가하였다.

체중 2kg 이상되는 생후 1년전후의 성숙한 집 고양이를 전신마취한 후 상악악 우측 견치와 소구치에 groove를 형성하고 coil spring을 이용하여 원심방향으로 상악에서는 80gm, 하악에서는 100gm의 교정력을 가한 후 1시간, 1일, 7일, 14일, 28일 경과한 다음 동물을 희생시켰다. 상악악 우측 견치부위의 치조골을 압박측과 견인측에서 소량 채취하여 치조골에서 칼슘과 무기인 농도를 조사하였다.

칼슘농도는 원자흡광분광기를 사용하여 측정하였고 무기인은 Fiske-Subbarow 방법을 이용하여 농도를 측정한 후 치조골내의 칼슘과 무기인 함량과 Ca/P를 계산하여 분석한 결과 다음의 결론을 얻었다.

1. 상악치조골의 칼슘은 교정장치후 14일 경과시까지 견인측 및 압박측에서 감소하였고 28일 경과시에 회복되어졌다.
2. 상악치조골의 무기인은 압박측에서는 거의 변화가 없었으나, 견인측에서 감소경향을 보였다.
3. 하악치조골의 칼슘함량은 견인측, 압박측에서 공히 감소하는 경향이었고 압박측의 28일 경과군에서는 현저하게 감소되었다.
4. 하악치조골의 무기인은 견인측, 압박측에서 공히 장치장착후 1일부터 미소한 감소경향을 보였다.

REFERENCE

- Arendorf, T.M. and Smith, C.J.: The effect of prostaglandin E₂ on the alveolar bone and tooth root surface of mature hamster. J. Dent. Res. 58 (special issue C): 1245, Abstract No. 100, 1979.
- Binderman, I. and Cox, J.C.: Effect of mechanical stress on cultured periosteum cells: Stimulation of DNA synthesis. J. Dent. Res. 56(special issue B): B73, AADR Abstract No. 86, 1977.
- Davidovitch, Z. and Shanfeld, J.L.: Prostaglandin E₂ (PGE₂) levels in alveolar bone of orthodontically-treated cats. IADR Abstract No. 362, 1980.

- Eckerdal, O.: A method for combined micro-radiographic and histological analysis of non-decalcified hard tissues. *Acta Odonto. Scand.* 30:327, 1972.
- Feldman, R.S. and Acs, G.: Prostaglandin E₂ stimulation of osteoclast formation in vitro. AADR Abstract No. 134, 1980.
- Green, L.J., Eick, J.D., Miller, W.A., Leither, J.W.: Electron microprobe analysis of Ca, P, and Mg in mandibular bone. *J. Dent. Res.* 49:608, 1970.
- Hayashi, R.K., Chaconas, S.J. and Caputo, A.A.: Effects of force direction on supporting bone during tooth movement. *J.A.D.A.* 90:1012, 1975.
- Hernanson, P.C.: Alveolar bone remodeling incident to tooth movement. *Angle Orthodontist* 42:107, 1972.
- Jowsey, J.D., Lafferty, W. and Rabinowitz, J.L.: Analysis of distribution of ⁴⁵Ca in dog by a quantitative autoradiographic method. *J. Bone Joint Surg.* 47A:349, 1965.
- Jowsey, J.D., Kelly, P.J., Riggs, L., Bianco, A.J., Scholz, D.A., Gershon, J.: Quantitative microradiographic studies of normal and osteoporotic bone. *J. Bone Joint Surg.* 47A:785, 1965.
- Juda, A., Sklaroff, J., Cohen, D.W. and Rabinowitz, J.L.: Tooth movement studies in dogs using calcium-45. IADR Preprinted Abstracts No. 145, 1963.
- Karjalainen, P. and Alhava, E.M.: Bone mineral content of the forearm in a healthy population. *Acta Radiol.* 16:199, 1977.
- Klein, D.C. and Raisz, L.G.: Prostaglandins: Stimulation of bone resorption in tissue culture. *Endocrinology* 86:1436, 1970.
- Lim, J.H.: A histological and histochemical study on the Periodontal tissue reaction during experimental tooth movement in the rat. *J.K. Orthodontics* 6:33, 1976.
- Malcolm, A.S. and Storey, E.: Osteofluorosis in the rabbit: Microradiographic studies. *Pathology* 3:39, 1971.
- Nilsson, B.E. and Westline, N.E.: Bone mineral content in the forearm after fracture of the upper limb. *Calcif. Tissue Res.* 22:329, 1977.
- Oser, B.L.: Hawk's Physiological chemistry, 14th edition p. 1112-1115, McGraw-Hill Inc, New York, 1965.
- Packman, H., Shoher, I. and Stein, R.S.: Vascular responses in the human periodontal ligament and alveolar bone detected by photoelectric plethysmography: The effect of force application to the tooth. *J. Periodontol.* 48:194, 1977.
- Raisz, L.G., Dietrich, J.W., Simmons, H.A., Seyberth, H.W., Hubbard, W.H. and Oates, J.A.: Effect of prostaglandin endoperoxides and metabolites on bone resorption in vitro. *Nature* 267:532, 1977.
- Sessons, H.A.: Microradiography of bone, *Brit. J. Radiol.* 23:265, 1950.
- Sklaroff, J.H. and Rabinowitz, J.L.: Calcium exchange in the alveolar process of dogs as influenced by light continuous and intermittent orthodontic forces. *J. Dent. Res.* 47:98, 1968.
- Storey, E.: The nature of tooth movement. *Am. J. Orthodont.* 63:292, 1973.
- Takimoto, K., Deguchi, T. and Mori, M.: Histochemical detection of acid and alkaline phosphatase in periodontal tissues after experimental tooth movement. *J. Dent. Res.* 47:340, 1968.
- Tashjian, A.H., Jr.: Prostaglandins as local mediators of bone resorption. in *Mechanisms of localized bone loss*, edited by Horton, J.E., Tarpley, T.M. and Davis, W.F. p. 173-179, Information Retrieval Inc. Washington D.C., 1978.
- Yoo, N.S.: An experimental study on the periodontal tissue reaction to tooth movement in the rat. *J.K. Orthodontics* 9:99, 1979.

CALCIUM AND PHOSPHOROUS DISTRIBUTIONS IN THE ALVEOLAR BONE OF ORTHODONTICALLY TREATED CATS

Hye Kyoung Kim, Jong Heun Lee, Won Sik Yang

College of Dentistry, Seoul National University

..... > **Abstract** <

This experiment was performed to investigate the response of inorganic substances in alveolar bone in relation to the experimental tooth movement.

Right canine in maxillary jaw was tipped in cats by coil springs generating 80 gm. force, in mandibular jaw, the force was 100 gm. force.

Cats were divided into five groups and orthodontically treated for one hour, 1, 7, 14 and 28 days, respectively. Alveolar bone samples were obtained from tension and compression sites as well as from contralateral control sites.

The level of calcium of alveolar bone was determined by atomic absorption spectrophotometry and inorganic phosphorus was measured by spectrophotometry.

The results obtained were as follows:

1. In tension and compression site of maxillary alveolar bone, calcium levels were decreased at 1, 7 and 14 days, but recovered at 28 days.
2. The levels of inorganic phosphorus in compression site of maxillary alveolar bone had little change but in tension site of maxillary alveolar bone, phosphorous levels were decreased.
3. Calcium levels in tension and compression site of mandibular alveolar bone were decreased, especially at 28 days.
4. In tension and compression site of mandibular alveolar bone, inorganic phosphorus were slightly decreased from 1 day.