

백서의 상악 구치 주위골의 피질골 절단술 후 치아이동의 영향

이승연* · 박수현** · 박용희** · 이 원***

*가톨릭대학교 임상치과대학원 구강악안면외과학과,

**가톨릭대학교 의과대학 치과학교실 구강악안면외과학과

Abstract (J. Kor. Oral Maxillofac. Surg. 2007;33:684-689)

THE EFFECTS OF TOOTH MOVEMENT AFTER CORTICOTOMY ON THE SURROUNDING BONE OF UPPER MOLAR IN RATS

Seung Yeon Lee*, Su Hyun Park**, Yong Hee Park**, Won Lee***

*Dept. of Oral & Maxillofacial Surgery, Graduate School of Clinic Dental Science, The Catholic University of Korea

**Dept. of Oral & Maxillofacial Surgery, College of Medical, The Catholic University of Korea

The aim of this study is to examine the change of the osteoclastic activity in the surrounding bone with or without tooth movement after corticotomy by histologic study. Eighteen male Sprague Dawley rats with an average body weight of 300 g(range 250-350 g) were used. The rats were divided into three groups of six animals. They were operated corticotomy-assisted tooth movement and killed after 1 week, 2 weeks, and 3 weeks after tooth movement. Corticotomy was done in the surrounding of the both upper first molar. A split mouth design was used by referring to the contralateral side as control. After flap suturing, the upper left first molar was moved anteriorly by closed coil spring. The force applied was 1 N. The average of tooth movement of the 1 week group was 0.24 ± 0.09 mm, 0.20 ± 0.26 mm in 2 weeks group and 0.41 ± 0.39 mm in 3 weeks group, respectively. The difference between the 1 week and the 2 weeks groups was very small to compare with the 3 weeks group. In the treatment group, the average numbers of cells that positively reacted to TRAP were 14.5 in the 1 week group, 12.0 in the 2 weeks group, and 6.0 in the 3 weeks group. In the control group, the numbers were 8.3 in the 1 week group, 12.8 in the 2 week group, and 1.5 in the 3 week group, respectively. The amount of tooth movement of the 3 week group was about twice as large as those of the 1 week and 2 week groups. From the standpoint of histology, the average number of cells that positively reacted to TRAP was initially larger in the treatment group than in the control group, similar in both group in 2 weeks, and became less in the treatment group in 3 weeks. Additionally, in the control group, their activity of osteoclast was higher in 2 weeks than in 1 week, and decreased rapidly in 3 weeks.

Key words: Corticotomy, Regional acceleratory phenomenon(RAP), Tartrate-resistant acid phosphatase(TRAP)

I. 서 론

최근 교정치료는 심미적 또는 기능적인 목적으로 대중화 되었다. 그러나 주요한 단점은 1년 또는 2년 이상의 기간이 소요된다는 것이다. 수술을 병행한 치아 이동은 통상적인 교정치료보다 치료 기간을 짧게 할 수 있다. Screw와 anchor plates를 사용하여 고정원 손실 없이 피질골 절단술 또는 분절골 절단술 후에 몇 개의 치아를 포함한 골괴를 움직일 수 있다. Chung 등¹⁾

은 치아와 함께 골괴가 이동하므로 피질골 절단술에 의해 치아이동이 빠르게 일어난다고 믿었다.

Wilcko 등²⁾은 round burs를 이용하여 제한된 협측과 설측의 선택적 치조골 피질박리를 시행하면 치아이동이 빠르게 일어나는 것을 보여주었다.

치조골에 대한 분절골 절단술과 피질골 절제술이 치궁의 모양을 변화시키고, 어려운 치아 이동을 용이하게 하고 치아 이동을 가속화시키기 위해 사용하였다. 그러나 이런 과정들에 대한 골 반응의 이해는 충분하지 않은 상태이다.

Frost^{3,4)}는 그의 논문에서 Regional Acceleratory Phenomenon (RAP)를 설명했다. RAP는 주위골에서 파골세포와 조골세포의 수를 증가시키면서 치료단계를 가속화시킨다.

골흡수 지표는 파골세포에서 만들어내는 효소나 골흡수 과정에서 유리되는 골기질 성분을 측정하여 나타낸다. 골흡수 지표로는 Tartrate-resistant acid phosphatase(TRAP)이 있는데, 쥐의 실험에서 TRAP activity는 교정적으로 이동하는 치아의 압

이 원

480-717 경기도 의정부시 금오동 65-1

의정부 성모병원 치과 가톨릭대학교 의과대학 치과학교실

Won Lee

Dept. of Oral and Maxillofacial Surgery, Uijeongbu St. Mary's Hospital,

College of Medicine, The Catholic University of Korea

65-1, Geumoh-dong, Uijeongbu, Gyeonggi, 480-717, Korea

Tel: 82-31-820-3184 Fax: 82-31-847-2894

E-Mail: cmfs21@catholic.ac.kr

박부위에서 발견된다. TRAP activity는 세포질 내의 bright-dark-red granule로 나타난다.

이 연구의 목적은 피질골 절단술 후 치아이동을 시키는 힘을 가하였을 때 나타나는 조직의 변화를 보기위한 것이고 이에 대한 대조군으로 피질골절단술을 시행한 후 교정력을 주지 않았을때의 상태로 설정하였다. 피질골 절단술을 시행한 후 치아의 교정력을 가한 경우와 교정력이 가해지지 않은 경우 피질골 절단술을 시행한 주위골에서 osteoclastic activity의 변화를 검사하여 교정력이 피질골 절단술에 미치는 영향을 면역조직학적 염색을 통해 알아보는 것이다.

II. 연구 방법

1. 실험동물과 순서

가톨릭대학교 의정부성모병원 임상연구소 동물 실험실 규정에 의하여 동일한 조건 아래서 사육된 평균 몸무게 300 g(range 250-350 g)의 Sprague-Dawley rats 수컷 18마리를 사용하였다. 쥐들은 여섯 마리씩 3개 군으로 나누었다. 실험 동물들은 자유롭게 먹이와 물을 먹을 수 있도록 준비된 우리에 2마리씩 수용되었다. 실험 동물들은 양측으로 상악 제1대구치 주변으로 피질골 절단술이 시행되었고 치아 이동 후 1주, 2주, 3주에 희생되었다.

전신마취는 Zolazepam 25 mg/kg, Tiletamina 25 mg/kg (Zoletil50, France)와 Xylazine 7.77 mg/kg (Rompun, Bayer Korea, Korea)의 혼합물을 복강내 주사하는 방법으로 하였다.

골절단 디자인은 양쪽의 상악 제 1대구치에 대해 L 모양의 수평적 그리고 수직적 절단으로 이루어진다(Fig. 1).

피질골 절단술은 Fig. 2와 같이 양쪽 상악 제 1대구치 주위에서 행해진다. 대조군으로 반대편 제1대구치를 선정하여 마찬가지로의 방법으로 피질골 절단술을 시행하였다.

피판을 봉합한 후에 실험군으로 사용된 상악 좌측 제 1대구치를 전방으로 이동시키기위해 nickel titanium springs을 이용하여 약 1N의 힘으로 전방으로 작용시켰다. Spring은 ligature wire 로 상악 좌측 제 1대구치의 CEJ에서 묶고, 다른 끝은 2 개의 상악 전치들에 fissure bur로 만든 undercut에 묶었다(Fig. 3).

2. 조직표본 제작

마취약의 과투여 후에, 각각의 채취된 상악은 24시간 동안 4% paraformaldehyde에서 고정시키고, 최소 21일 동안 실온에서 10% EDTA (ethylene diamine tetra-acetic acid)에 담가 Shaker

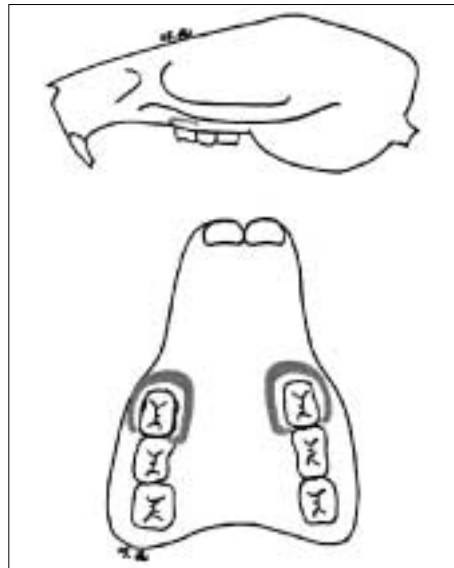


Fig. 1. Design for corticotomy. The surgical design consisted of L-shaped horizontal and vertical cut to box the both maxillary first maxillary molar teeth.



Fig. 2. Corticotomy was done around first maxillary molar in a rat.



Fig. 3. The sentalloy closed coil spring is tied to the left first molar with a ligature wire around CEJ and the the other end is wired at the undercut of incisors which is produced by fissure bur for ligation.

(Compact Rocker, FINEPCR, Korea)위에서 탈회 (decalcification)시킨다. 표본은 치근이개부로부터 근침까지 교합평면에 대해 수평으로 절단한다. 4 μm 두께의 절편들은 HE (haematoxylin and eosin)으로 염색하고 광학 현미경으로 검사를 시행하였다.

3. 치아 이동의 계측

Cross sectioned images는 현미경에 부착된 color digital camera로 채득한다. 치아 이동의 양은 Adobe Photoshop CS2 (Adobe systems incorporated, CA USA) 이용하여 영상에서 제 1대구치의 원심-협측치근 (DB-1)의 중심과 제 2대구치의 근심-협측치근 (MB-2)의 중심 사이의 거리로 측정한다 (Fig. 4 참조). 그 거리를 ×40의 배율상에서 실제 값을 촬영한 것과 비교, 보정한다.

치아 이동의 양을 구하기 위한 식은 다음과 같다.
 Amount of tooth movement =
 (Distance of from DB-1 to MB-2 of experimental side)
 - (Distance of from DB-1 to MB-2 of control side)

$$\text{Distance between DB-1 and MB-2} = \sqrt{(\text{X of DB1} - \text{X of MB2})^2 + (\text{Y of DB1} - \text{Y of MB2})^2}$$

4. TRAP staining와 TRAP positive cell count

과골세포들을 확인하기 위해 TRAP activity가 이미 발표된 방법⁵⁾을 이용하여 시행되었다. 절편들은 기질로서 naphthol AS-BI phosphate 4 mg와 0.3 mmol/l tartrate (pH adjusted to 5.0 by 1N NaOH)을 포함하는 30 ml 0.1 mol/l acetate buffer (pH 5.2)에서 희석된 red violet salt (Sigma, St. Louis, MO, USA) 24 mg의 혼합물에

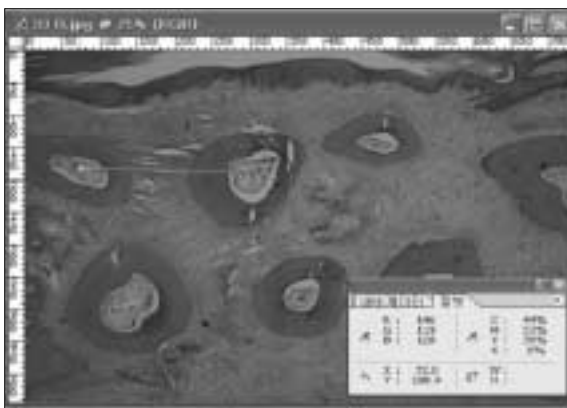


Fig. 4. Measurement for amount of tooth movement. The cross sectioned imageshows that the amount of tooth movement is measured the distance between the center of disto-buccal root of first molar(DB1) and the center of mesio-buccal root of second molar(MB2).

서 37°C, 15분간 배양되었다. 그리고 절편들은 haematoxylin으로 약하게 대조염색하였다.

Osteoclastic activity의 정량적인 평가를 위해, TRAP stained section을 취하여 조직형태학적인 분석을 하였다. 광학현미경을 사용하여 상악 제 1대구치의 주위에서 양성을 보이는 세포 수를 산출하였고, 측정 오차를 줄이기 위해 각 절편들에 대해 두 명의 연구자가 각각 계수하였다.

III. 결 과

1. 치아 이동량

모든 동물들은 시술 후 감염을 보이지 않았고 연구 기간 동안 건강하였으며 살아있는 동안 체중이 늘었다. 1주군의 치아 이동의 평균량은 0.24±0.09 mm, 2주군의 치아이동의 평균량은 0.20±0.26 mm, 3주군의 치아이동의 평균량은 0.41±0.39 mm이다. 치아 이동량은 1주군보다 2주군이 적게 움직인 것으로 나타났으며 3주군에서는 2주군에 비해 약 2배의 이동량을 보였다(Fig. 5).

2. 광학현미경 소견

HE stain 에서 모든 치아의 피질골 절단술을 시행한 부위의 골 소실을 보였으며 치근 사이의 골은 상대적으로 적은 흡수 양상을 보였다. 치근의 흡수는 모든 군에서 일부 보이기는 했으나 그양은 적었고 실험군과 대조군 모두에서 나타났다. 치경부에서는 원심부에서 골 흡수 양상이 더 많이 나타났다(Fig. 6).

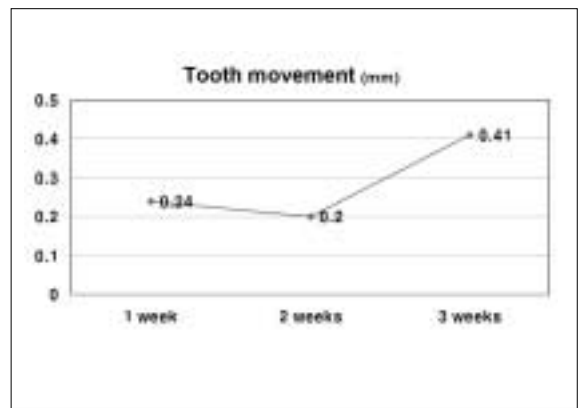


Fig. 5. Average amount of tooth movement between groups. The average of tooth movement of the 1 week group is 0.24 mm. 0.20 mm in 2 weeks group and 0.41 mm in 3 weeks group.

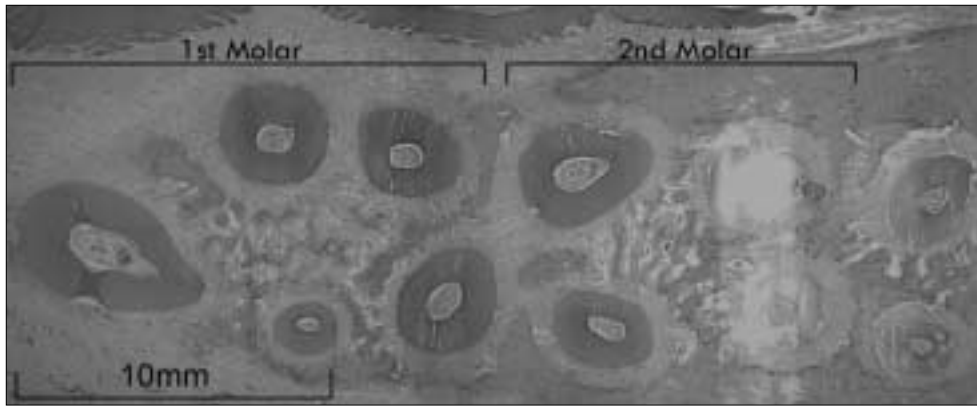


Fig. 6. The 2 weeks section shows resorption of alveolar bone at the level between bifurcation and apex with HE stain. $\times 40$.

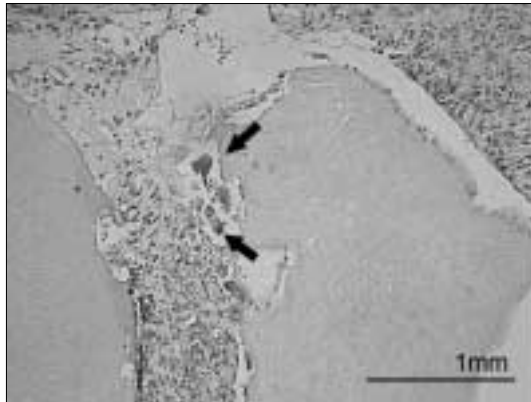


Fig. 7. TRAP positive cells (bold arrows) were seen in the front line of anterior bone against compression of mesiobuccal root in 1week group. $\times 200$.

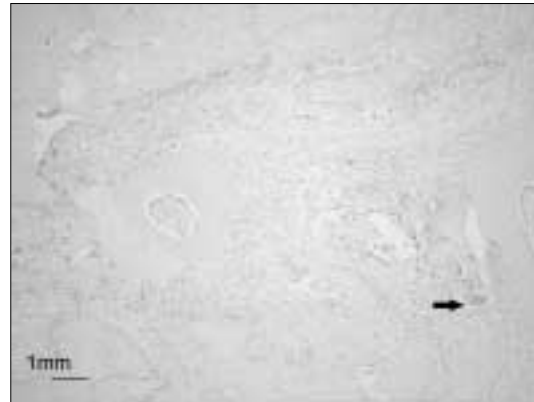


Fig. 8. The TRAP positive cell were seen in the posterior area of the root which moved forward by spring. The solid arrow shows TRAP positive cell and the direction is the vector of tooth movement in 3week group. $\times 100$.

3. TRAP Positive cell count

모든 슬라이드에서 TRAP positive cell 이 검출되었으며 특히 압박을 받는 부위에서 골변연부위에 많이 보였으나(Fig. 7) 전체적으로는 치아이동의 진행 방향과는 크게 관련이 없이 고른 분포를 보였다. 모든 군에서 TRAP positive cell은 골개조가 일어나고 있는 변연부에 대부분 몰려 있었다(Fig. 8).

1주군, 2주군과 3주군의 TRAP Positive cell count는 Table 1, Fig. 9와 같다.

실험군의 경우 초기 1주째의 경우 대조군에 비해 많고 2주째 대조군과 비슷한 양상을 보이다 3주째는 그 수가 감소한다. 그러나 대조군의 경우 초기 1주 보다 2주째 활성화가 높으며 3주째 급격히 감소하는 양상을 보인다.

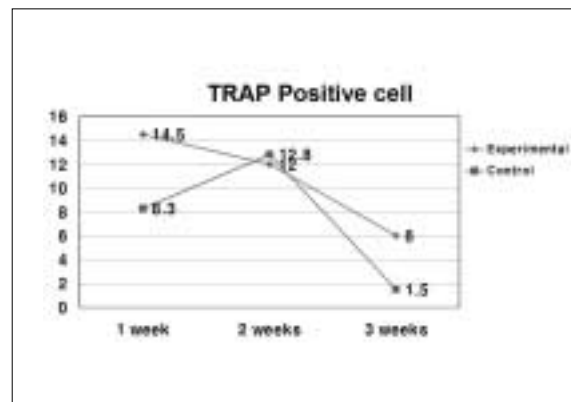


Fig. 9. TRAP Positive cell count.

Table 1. TRAP positive cell count

	Group 1		Group 2		Group 3	
	Experiment	Control	Experiment	Control	Experiment	Control
1	32	12	13	40	0	0
2	1	2	41	9	3	3
3	16	3	6	7	2	3
4	5	9	4	10	4	0
5	9	9	5	7	2	1
6	24	15	3	4	25	2
Ave.	14.5	8.3	12.0	12.8	6.0	1.5
SD	11.8	5.0	14.6	13.5	9.4	1.4

IV. 고 찰

Iino 등⁶⁾은 개의 피질골 절단술 1주, 2주 후에 일어나는 골 교체 (bone turnover) 메커니즘을 가속화함으로써 일반적인 교정력이 치아교정 속도를 증가시킨다고 제시했다. 파골세포 형성 과정은 아직 잘 밝혀지지 않았지만 stem cell division과 hematopoietic tissues에서 osteogenic progenitor의 증식, mononuclear osteoclast precursors의 골 흡수영역으로의 이동과 multinuclear osteoclasts로의 fusion과 같은 순차적인 단계를 밟는다⁷⁾. Rody 등⁸⁾은 치주인대에서 파골세포는 국소적인 치주인대 세포가 아니라 골수에서 최근에 모아진 preosteoclasts의 fusion에 기원한 것임을 지적했다.

본 실험의 경우 1주에는 실험군이 대조군에 비해 많은 TRAP 양성 세포수를 보였으며 이는 실험군의 경우 초기부터 치아 이동력이 가해져서 주위 치주 인대로부터도 어느 정도의 osteoclast가 오기 때문으로 여겨진다. 실험군의 경우는 외상에 대해 반응하여 새로이 외부로부터 오는 것으로 여겨진다. 그리고 치아 이동을 한 실험군의 경우 계속적으로 주위골의 remodeling이 일어나기 때문에 osteoclast의 활성이 대조군과는 달리 급격히 떨어지지 않는 것으로 여겨진다.

본 연구에서는 실험에서 수술이나 치아 이동에 따른 통증으로 인한 섭식습관의 변화 또는 생리적 스트레스에 따른 골 대사의 변화와 같은 내부-개인적 다양성에 기인한 문제를 극복하기 위해 Vema 등⁹⁾이 선호한 split mouth design을 사용했다.

치과 영역에서 RAP는 피질골 절단술, 골절제술, 교정력, 임프란트 및 감염과 같은 국소적 외상과 폐경, 부갑상선자극호르몬의 투약과 같은 전신적 이유로부터 일어난다.

Vema 등⁹⁾은 RAP가 4일째부터 골막층에서 그리고 14일 이후에는 제 1대구치 주위와 interradicular bone에서 있는 것을 관찰했다. 더 늦은 단계(14일)에서 새로운 골은 골막층에 형성되었다. 그들은 힘의 방향에서 관찰되는 새로운 골형성은 RAP가 보상적 메커니즘이라는 징후일지도 모른다고 말했다.

Pfeifer¹⁰⁾은 flap procedures, mucoperiosteal flap와 split technique가

지 치조골 수준에서 골소실을 조사했다. mucoperiosteal flap 내에서 치조골을 따라 상당한 양의 osteoclastic activity가 있었던 반면 attachment bone과 골막과는 무관한 split flap technique 에서의 osteoclastic activity는 아무런 증거가 없었다. Yaffe 등¹¹⁾은 악골내에서 mucoperiosteal flap을 따라 발생하는 RAP가 10일씩이나 빨리 관찰되었다고 보고했다. Resorptive activity는 첫 주 동안에 일어났다^{4,5)}. 그리고 그들은 이 현상이 치주 수술 이후의 즉각적인 mobility의 증가에 관련이 있을지도 모른다고 말했다.

RAP의 합병증의 하나는 치주 수술¹²⁾과 임프란트 수술¹³⁾로 발생한 골흡수에 의한 얇은 치조골 내에서의 열개(dehiscence)이다.

몇몇 교정학자들은 RAP가 osteoclastic과 osteoblastic activity을 일으키는 잠재성을 가지고 치아 이동을 돕는다고 보고했다. 증가된 osteoclastic 과 osteoblastic activity는 치근 손상 없이 치아에 대한 강한 힘을 적용시킬 수 있기 때문에 빠른 치아 이동을 가능하게 한다.

그들은 피질골 절단술 또는 골절제술이 압박부위에 초자질화(hyalinization)에 의해 방해 받는 때 이른 치아 이동을 하게 만들고 그때 RAP는 손상 없이 치아 이동을 돕는다는 가설을 세웠다. Melsen¹⁴⁾은 변위의 방향에서 치조에 앞서 보여지는 woven bone 형성이 과부하의 한 작용으로 전개되는 RAP의 한 발현으로 해석할 수 있다고 그의 논문에서 말했다¹⁵⁾.

치아를 이동시키기 위해 본 연구에서는 21일 동안 힘을 적용시켰다. 한번의 remodeling cycle (sigma)은 다른 여러 저자들¹⁶⁻¹⁸⁾이 6일에서 31일 걸린다고 한 반면, Li 등¹⁹⁾은 21일 걸린다고 했다. Vema 등²⁰⁾은 골 교체가 치아 이동율에 상당한 영향을 미친다고 보고했다. 높은 골 교체는 치아 이동율을 증가시킨다. 대사장애나 만성적 약복용이 전신적으로 골 교체를 변화시키는 반면 RAP는 국소적으로 골 교체를 증가시킨다.

치아 이동량은 3주군이 1주군과 2주군 보다 많이 움직였다. 2주군이 1주군보다 치아 이동량이 적게 나온 것은 같은 개체내에서 측정된 값이 아니므로 생겨난 오차로 여겨지며 2주차의 이동량이 1주차에 비해 그리 크지 않기 때문으로 여겨진다.

V. 결 론

1. 실험군에서 1주군과 2주군의 경우 비슷한 이동량을 보이 나 3주군에서 많은양의 이동이 있었다.
2. HE stain 상에서 모든군에서 골소실이 일어났으며 피질골 절단술이 시행된 부위의 골의 소실이 치근사이보다 더 많 이 일어났다.
3. 실험군의 경우 TRAP에 양성을 보이는 세포의 평균수가 초 기 값이 대조군에 비해 높고 2주군과 비슷한 양상을 보이 다 3주군에서는 그 수가 감소한다. 또한 대조군의 경우 초 기 1주군 보다 2주군에서 활성화가 높으며 3주군에서 급격 히 감소하는 양상을 보인다.

참고문헌

1. Chung KR, Oh MY, Ko SJ: Corticotomy-assisted orthodontics. J Clin Orthod 2001;35(5):331-9.
2. Wilcko WM, Wilcko T, Bouquot JE, Ferguson DJ: Rapid orthodon- tics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. Int J Periodontics Restorative Dent 2001;21(1):9-19.
3. Frost HM: The biology of fracture healing. An overview for clini- cians. Part I. Clin Orthop Relat Res 1989;(248):283-93.
4. Frost HM: The biology of fracture healing. An overview for clini- cians. Part II. Clin Orthop Relat Res 1989;(248):294-309.
5. Kim T, Handa A, Iida J, Yoshida S: RANKL expression in rat peri- odontal ligament subjected to a continuous orthodontic force. Arch Oral Biol 2007;52(3):244-50. Epub 2006 Nov 13.
6. Iino S, Sakoda S, Ito G, Nishimori T, Ikeda T, Miyawaki S: Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007;131(4):448.e1-8.
7. Tran Van PT, Vignery A, Baron R: Cellular kinetics of the bone remodeling sequence in the rat. Anat Rec 1982;202(4):445-51.
8. Rody WJ Jr, King GJ, Gu G: Osteoclast recruitment to sites of com- pression in orthodontic tooth movement. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2001;120(5):477-89.
9. Verna C, Zaffe D, Siciliani G: Histomorphometric study of bone reactions during orthodontic tooth movement in rats. Bone 1999;24(4):371-9.
10. Pfeifer JS: The reaction of alveolar bone to flap procedures in man. Periodontics. 1965;20:135-40.
11. Yaffe A, Fine N, Binderman I: Regional accelerated phenomenon in the mandible following mucoperiosteal flap surgery. J Periodontol 1994;65(1):79-83.
12. Nyman S, Lindhe J, Ericsson I: The effect of progressive tooth mobil- ity on destructive periodontitis in the dog. J Clin Periodontol 1978;5(3):213-25.
13. Roberts WE: Bone tissue interface. Int J Oral Implantol 1988;5(1):71- 4.
14. Melsen B: Tissue reaction to orthodontic tooth movement-a new par- adigm. Eur J Orthod 2001;23(6):671-81.
15. Frost HM: Wolff' s Law and bone' s structural adaptations to mechan- ical usage: an overview for clinicians. Angle Orthod 1994;64(3):175- 88.
16. Vignery A, Baron R: Dynamic histomorphometry of alveolar bone remodeling in the adult rat. Anat Rec 1980;196(2):191-200.
17. Tran Van PT, Vignery A, Baron R: Cellular kinetics of the bone remodeling sequence in the rat. Anat Rec 1982;202(4):445-51.
18. Baron R, Tross R, Vignery A: Evidence of sequential remodeling in rat trabecular bone: morphology, dynamic histomorphometry, and changes during skeletal maturation. Anat Rec 1984;208(1):137-45.
19. Li XJ, Jee WSS, Ke HZ, Mori S, Akamine T: Age-related changes of cancellous and cortical bone histomorphometry in female Sprague- Dawley rats. Cells and Materials suppl 1991;1:25-35.
20. Verna C, Dalstra M, Melsen B: The rate and the type of orthodontic tooth movement is influenced by bone turnover in a rat model. Eur J Orthod 2000;22(4):343-52.