

백서에서 실험적 치아이동시 임신이 치조골 교체(Turnover)에 미치는 영향에 대한 연구

김 영 선¹⁾ · 이 기 수²⁾

임신중 전신의 호르몬 변화는 골대사과정에 영향을 주고 임신 중에는 골교체가 증가하며, 교정력에 의한 치아이동에는 치조골 교체가 수반된다고 알려져 있다. 이 연구는 임신으로 인한 전신의 호르몬 변화가 치아이동 중 치조골 교체에 주는 영향을 알아보기 위하여 시행되었다. 생후 10주령의 암컷 백서 60마리를 대상으로 정상군과 정상-치아이동군, 임신-치아이동군의 3군으로 나누고 치아이동일수에 따라 1,3,7,14일군으로 세분한 후 상악 제1대구치에 40g의 교정력을 가하여 근심측으로 치아이동을 시행하였다. 치아이동 전후에 촬영한 X-ray 사진을 계측하여 치아이동 거리를 비교하고 치조골에서의 alkaline phosphatase, tartrate-resistant acid phosphatase 농도를 측정하여 치아이동에 따른 골형성과 흡수 활성을 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 치아이동량은 임신-치아이동군이 정상-치아이동군에 비하여 더 크게 나타났다($p < 0.01$).
2. 정상-치아이동군의 치아이동에 따른 골형성은 대조군과 차이가 없었지만 골흡수 경향은 증가되었고($p < 0.01$), 정상-치아이동군에서는 대조군에 비하여 치조골의 형성과 흡수 활성이 모두 치아이동 7일에 가장 크게 증가하였고($p < 0.01$) 이후 골형성 활성은 감소하였지만($p < 0.05$) 골흡수 활성은 대조군보다 높게 유지되었다($p < 0.01$).
3. 임신군과 정상군의 치아이동에 따른 골형성과 흡수 경향에는 차이가 없었지만, 임신-치아이동군의 치조골 형성($p < 0.01$)과 흡수($p < 0.05$) 활성의 증가는 3일경에 가장 높게 나타났으며, 이후 골형성 활성은 감소하였으나 골흡수 활성은 높게 유지되었고, 정상-치아이동군은 7일경에 치조골 형성과 흡수 활성의 증가가 나타났다.

임신중의 치아이동량이 정상 치아이동에 비하여 크게 나타났으며, 치조골 흡수와 형성 활성의 증가가 빠르게 나타났고 치조골 흡수가 더 오랫동안 지속되어 빠른 치조골 교체를 보이므로 임신상태에서 치아이동은 정상상태보다 촉진될 가능성이 있음을 시사한다.

주요단어 : 임신, 치아이동, 치조골 교체, 인산효소

서 론

교정적 치아이동에는 치조골 교체(turnover)가 수반되며 교정력에 의해 생리적인 치조골 교체가 변화된다는 보고가 있다.¹⁻⁴⁾ 교정적 치아이동 중 치조골 교체과정은 긴장측에서의 골형성과 압박측에서의 골

흡수가 반복되며, 치아이동 중 초기(3-5일)에는 골흡수가 일어나고 그 후에는 역전기, 후기(7-14일)에는 골형성이 치조골 뿐만 아니라 치주조직 전체에서 일어난다고 보고되었다.^{2,5-7)} 교정력에 의해 유발된 골흡수는 1-14일 동안 지속되고 골수의 간세포로부터 유래되는 파골세포는 치아이동 시 압박측에서 12시간 후 나타나 7일간 존재하며 acid phosphatase(ACP)와 tartrate-resistant acid phosphatase(TRAP) 활성이 높게 나타나고, 골형성과 관련되어있는 세포들은 높

¹⁾ 경희대학교 치과대학 치과교정학교실, 전공의

²⁾ 경희대학교 치과대학 치과교정학교실, 교수

은 alkaline phosphatase(ALP) 활성을 보이며 교정력에 의한 골형성은 21일까지 지속된다고 보고되었다.⁸⁻¹⁰⁾ 따라서, 혈청 ALP는 골형성의 지표로서, 혈청 ACP는 골흡수의 지표로서 사용될 수 있으며, 골흡수나 형성 장애와 관련되어있는 질병을 검사할 때 이들 효소의 혈중 농도를 측정하는 것이 골 교체를 평가하는 방법으로 사용되고 있다.^{8,9,11-14)}

쥐를 대상으로 한 치아이동 실험에서 치주인대의 긴장측에서는 ALP 활성이 증가하고 압박측에서는 감소하며,^{15,16)} 쥐의 구치에 교정력을 가한 7일 후에 압박측 치조골에서 ACP 활성이 증가하고 ALP 활성은 감소하며, 긴장측 치조골에서는 ALP 활성이 증가하는 것으로 보고되었다.^{14,16,17)} 한편, Keeling 들¹⁸⁾은 혈청과 치조골 인산효소 농도의 변화는 교정력이 가해진 조직에서의 골 교체를 반영한다고 하였다.

임신 중에는 여러 가지 혈중 호르몬과 조직 대사과정에 변화가 일어나며 기초대사율이 증가된다고 보고되었다.^{19,20)} 임신한 여성은 골격계 내에 칼슘 함량이 증가하며,¹²⁾ 임신말기에 모체의 골흡수가 현저히 증가하고 무기물 함량이 감소하며 골형성이 억제된다는 보고가 있다.^{21,22)} 또한, 임신기간에는 골 효소가 현저하게 증가되어 임신중기 이후 말기까지 골 교체의 증가상태가 지속된다고 보고된 바 있다.²²⁾

이 연구는 임신 쥐와 정상 쥐의 치아에 교정력을 가했을 때의 치아이동량을 비교하고, 골대사과정의 지표로 사용되는 ALP와 TRAP을 생화학적으로 분석하여 정상 쥐에서 치아이동을 일으켰을 때 나타나는 치조골 대사와 임신 쥐의 치아이동 시 나타나는 치조골 대사를 비교 관찰하여 임신 중에 발생하는 전신적 골대사의 변화가 치아이동 중 치조골 교체에 영향을 주는지를 알아보고자 시행되었다.

실험재료 및 방법

실험동물 및 처치

실험동물은 체중 200-280gm 내외의 생후 10주된 Sprague-Dawley계 백서 암컷이었으며, 사육실은 자동 온도조절장치에 의하여 실온 23±2℃, 습도는 60%를 유지하였고, 12시간씩 밤과 낮이 자동으로 조절되도록 하였다. 사료는 흰쥐 고형사료를 물에 불려 부드러운 상태로 공급하였고 물의 공급은 제한하지 않았다. 실험군은 임신한 백서에서 치아이동을 시행한 군, 정상백서에서 치아이동을 시행한 군과 치아이

동을 하지 않은 순수 대조군의 3군으로 크게 분류하였고, 교정력을 가한 후 실험 경과기간에 따라 1일, 3일, 7일, 14일군으로 나누고 각각 5마리씩을 배정하여 총 60마리를 실험재료로 하였다.

연구 방법

1. 치아이동 실험

실험동물은 Zoletil 50(1mg/kg, Virbac Lab., France)을 근육내 주사하여 마취하였다. 마취상태의 쥐를 먼저 고정장치에 고정하고, 상악 제1대구치에 40gm의 교정력을 가하여 근심으로 이동시키는 장치를 장착하였다. 치아이동 장치는 NiTi closed coil spring (0.010×0.045-inch, 9mm, Ormco Co., USA)의 한쪽 고리를 제1대구치의 치경부에 결찰 고정하고 40gm의 교정력이 발생하도록 활성화한 후 다른 한쪽 끝을 상악 중절치의 치경부에 고속 엔진을 이용하여 흡을 형성하고 결찰한 후 cyanoacrylate cement로 추가 고정하여 결찰선이 치은연하로 미끄러지거나 탈락되는 것을 방지하였고, 장치의 탈락을 방지하기 위하여 하악 절치를 치은측 1/3 수준으로 삭제하였다. King들⁷⁾의 방법에 따라 3-4mm길이의 거친 털 브로치(coarse endodontic barbed broach: MANI Inc., Japan)를 좌우 상악 제1대구치의 구개측 점막 하방에 식립하여 치아이동 계측의 기준으로 사용하였다. 구내 엑스선 필름(Kodak Ektaspeed plus dental film, EASTMAN KODAK Co., USA)을 흰쥐의 하악 하방에 위치시키고, 필름면과 상악 교합면이 평행하도록 ear rod로 외이도를 고정된 상태에서 관구와 피사체 간 거리가 50cm가 되도록 하여 x-ray(10mA, 60kVP) 촬영을 시행하였다. 치아이동의 계측은 털 브로치를 기준으로 상악 제1대구치가 근심 이동된 거리를 Digimatic calipers(1/100 mm, Mitutoyo Co. Japan)를 이용하여 산출, 기록하였다.

2. 생화학적 실험

1) 희생

각 실험 경과기간이 지난 동물은 탈골하여 희생하고 즉시 상악골을 분리하여 정중구개봉합부를 따라 양분한 후 제1대구치 부위의 치근과 인접한 치조골만을 취하고 여분의 조직을 모두 제거한 후 micro-centrifuge tube(1.5ml, 509-GRD, QSP, USA)에 넣고 즉시 교체탄소에 보관하여 효소의 파괴를 방지하였다. 이후 실험실로 운반하여 -70℃의 초저온 냉동고

(Ultrat Low Freezer ICF-9017, Harris Manufacturing Co., USA)에 보관하였다.

2) 치조골 시편처리

냉동된 제1대구치 주위의 치조골 골편을 냉동된 금속 봉과 함께 냉동된 아말감 캡슐 속에 넣고 아말감 혼합기로 50초간 분쇄하여 분말화하였다. 이후 캡슐 속의 골조직 분말을 1ml의 Triton buffer(0.1% Triton X-100, 0.3 M KCl, 0.05M Tris-acetate; pH7.5)로 씻어내어 시험관으로 옮긴 후 계속적으로 stirring하면서 4°C에서 overnight하였다. 추출물은 4°C에서 1500rpm(562.5g)으로 20분간 원심분리한 후 -70°C에서 냉동보관 하였다. 추출액은 Triton buffer로 1:10 비율로 희석한 후, TRAP을 분석하고, 그 중 100µl는 Triton buffer를 추가하여 다시 1:2로 희석한 후 ALP와 전체 단백질 총량을 정량분석하였다.

3) 인산효소 정량분석

ALP는 알칼리성 인산효소 시약(ALP Kit, Kind King modified method, 영동제약)을 사용하여 정량하였다. 혈청 500µl를 37°C에서 2-3분간 항온배양한 후 인산효소시약 12.5µl를 넣고 37°C에서 정확히 15분간 항온배양 하였다. 이후 발색액 500µl를 넣고 10분간 방치한 후 분광측광계(spectrophotometer : Ultrospec 2000, Pharmacia Biotech Co.)를 이용하여 파장 500nm에서 흡광도를 측정하였다.

TRAP은 Sigma assay kit를 이용하여 정량분석하였다. 먼저 분광측광계(405nm)로 ACP 시약의 흡광도(초기흡광도)를 측정하고, 1.0ml의 ACP 시약에 0.01ml의 ACP Tartrate 시약을 넣고 혼합한 후 0.02ml의 시료를 넣고 30-37°C까지 가온하면서 5분간 배양한 후, 다시 흡광도(후기흡광도)를 측정하였다. 후기흡광도에서 초기흡광도를 뺀 값으로 TRAP의 활성도를 결정하였다.

KA unit로 측정된 ALP 활성도는 I.U.(U/L)로 환산하였고 측정된 치조골 효소는 골내 단백질 총량 중 각 효소가 차지하는 비율(U/µg/protein)로 환산하였다.

3. 통계

대조군과 정상-치아이동군, 임신-치아이동군의 모든 측정치에 대하여 각각의 평균, 표준편차, 표준오차를 산출하고 치아이동량은 일원분산분석으로 차이를 검정하였고, 실험 경과군간 차이는 Scheffe multiple

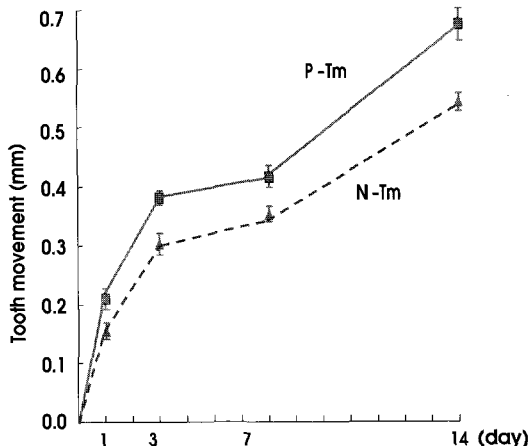


Fig.1 Amount of tooth movement of pregnant (P-Tm) and normal(N-Tm) tooth movement groups.

range test로 비교검정하였다. 치조골 인산효소 활성에 대하여 각 군간의 차이는 일원분산분석으로, 실험 시간대별 각 군의 차이는 일원분산분석으로 검정하였으며, 각 군내의 실험시간별 차이는 paired t-test로 비교검정하였다.

성 적

치아이동량

임신-치아이동군과 정상-치아이동군의 치아이동량을 Table 1에 제시하였다. 치아이동량은 임신-치아이동군이 정상-치아이동군보다 많은 것으로 나타났다(p<0.01), 두 군 모두 1-3일에는 급격한 치아이동, 3-7일 사이에는 치아이동의 지연과정이 나타났고, 7-14일에는 다시 치아이동이 증가하는 전형적인 3단계의 치아이동 곡선 경향을 보였다. 두 군의 시간 경과군간 치아이동량을 비교해 본 결과 각 군 모두에서 임신-치아이동군이 정상-치아이동군에 비하여 높게 나타났다(Fig.1).

정상군의 치아이동에 따른 치조골 대사

정상-치아이동군과 대조군에서 측정된 치조골 ALP와 TRAP 농도를 Table 2에 제시하였다. 치조골 ALP농도는 대조군과 유의한 차이가 없었고,

Table 1. Amount of tooth movement of normal and pregnant tooth movement groups.(mm)

Day	Normal tooth movement group	Pregnant tooth movement group	Difference
1	0.16±0.01	0.21±0.02	*
3	0.30±0.02	0.38±0.01	**
7	0.35±0.01	0.42±0.02	**
14	0.54±0.02	0.68±0.03	**

Values are Mean ± S.E.(Standard Error)

* Significant at the 0.05 level of confidence

** Significant at the 0.01 level of confidence

Table 2. Alveolar bone phosphatases by day in normal, normal-tooth movement and pregnant-tooth movement groups.(U/μg/protein)

Parameters (unit)	Day	Normal group (N)	Normal-tooth movement group(N-Tm)	Pregnant-tooth movement group(P-Tm)	Differences
alveolar bone ALP	1	399.12±10.93	468.60±70.89	839.57±32.67	** : P-Tm vs N-Tm NS : N-Tm vs N
	3	478.25±88.51	673.56±31.23	946.11±18.49	** : P-Tm vs N-Tm * : N-Tm vs N
	7	509.95±41.28	893.85±39.69	380.85±37.56	** : P-Tm vs N-Tm N-Tm vs N
	14	701.35±13.05	355.85±20.97	322.08±21.24	* : N-Tm vs N NS : P-Tm vs N-Tm
		**	**	**	
alveolar bone TRAP	1	19.31±3.91	18.94±4.37	15.61±1.26	NS : P-Tm vs N-Tm N-Tm vs N
	3	16.76±1.21	25.15±6.55	45.86±6.73	* : P-Tm vs N-Tm NS : N-Tm vs N
	7	14.94±0.77	43.66±3.12	33.57±8.68	** : N-Tm vs N NS : P-Tm vs N-Tm
	14	18.03±0.83	33.53±2.78	34.86±1.60	** : N-Tm vs N NS : P-Tm vs N-Tm
		**	*	**	

Values are Mean ± S.E.

NS : non-significant

* : significant at the 0.05 level of confidence

** : significant at the 0.01 level of confidence

두 군 모두 실험 경과군 사이에 유의차가 있었으며, 정상-치아이동군의 치조골 ALP농도는 대조군에 비하여 치아이동 1일 이후 7일까지 계속 증가하여 7일에 가장 높은 활성을 보였고(p<0.01) 14일에는 대조군보다 더 낮아졌다(p<0.05)(Fig.2). 치조골 TRAP농

도는 대조군과 유의차가 인정되었고(p<0.01) 치아이동군에서 시간 경과에 따라 증가하여 치아이동 7일에 가장 높은 활성을 보이고(p<0.01) 14일까지 증가상태를 유지하였다(p<0.01)(Fig.3). 따라서 정상-치아이동군의 치조골에서는 치아이동에 따라 대조군에 비하

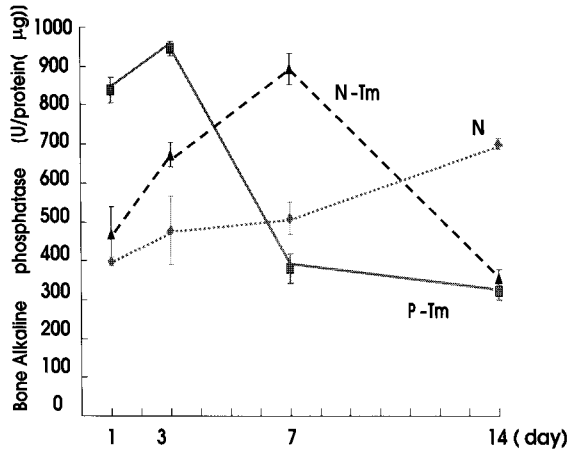


Fig. 2. Alveolar bone alkaline phosphatase levels of normal(N), normal tooth movement(N-Tm) and pregnant tooth movement(P-Tm) groups.

여 골흡수 활성도가 증가하였고 이에 대한 유의차가 인정되었으며, 골형성과 흡수 활성은 치아이동 7일에 가장 크게 증가되었고 이후 14일에는 골형성 활성은 감소하고 골흡수 활성은 유지되는 경향을 보였다.

임신-치아이동군과 정상-치아이동군의 치아이동 중 치조골 대사

정상-치아이동군과 임신-치아이동군에서 측정된 치조골 ALP, TRAP 농도를 Table 2.에 제시하였다. 치조골 ALP농도는 임신-치아이동군과 정상-치아이동군간에 유의차가 없었으며, 치아이동 1일과 3일에는 임신-치아이동군이 정상-치아이동군보다 높게 나타났다($p < 0.01$) 이후 임신-치아이동군은 치조골 ALP농도가 급격히 감소하여 14일까지 낮은 수준을 유지하였으나, 정상-치아이동군은 치아이동 1일에 낮은 상태에서 점차 증가하여 7일에 가장 높은 활성을 보인 후($p < 0.01$) 14일에는 임신군과 마찬가지로 감소되어 두 군간에 유의차가 없었다(Fig.2). 치조골 TRAP농도는 두 군간 유의차가 없었고, 임신-치아이동군은 치아이동 1일에 낮은 상태에서 급격히 증가하여 3일군에서는 정상-치아이동군에 비하여 현저히 높은 상태를 보인 후($p < 0.05$) 7일에 약간 감소하였으나 이후 14일까지 계속 높게 유지되었고, 정상-치아이동군은 지속적으로 증가하여 7일에 가장 높은 활성을 보이고 14일에는 약간 감소하여 임신-치아이동군

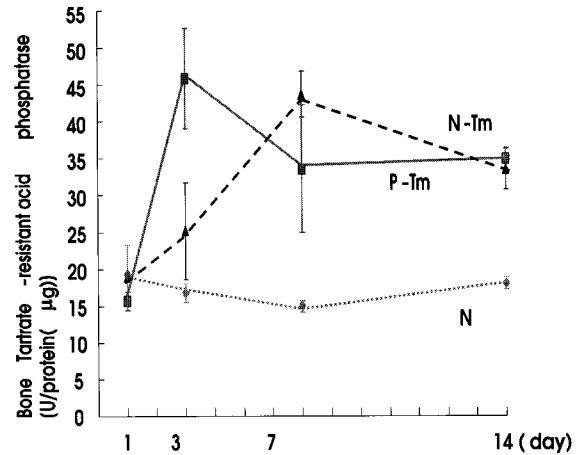


Fig. 3. Alveolar bone tartrate-resistant acid phosphatase levels of normal(N), normal tooth movement(N-Tm) and pregnant tooth movement(P-Tm) groups.

과 유의차가 없었다(Fig.3). 즉, 임신-치아이동군에서 골흡수와 형성 활성은 치아이동 3일에 모두 증가한 반면, 정상-치아이동군에서는 치아이동 7일에 증가되는 것으로 요약할 수 있으며, 따라서 치아이동 시 나타나는 골형성과 흡수 활성의 증가시기가 임신군에서 정상군에 비하여 조기에 나타나므로 골교체가 더 빠르게 일어난다는 것을 알 수 있다.

고 찰

교정력을 받은 치아주위조직에는 치아이동의 방향과 이동형태에 따라 긴장측과 압박측이 형성되고 치주인대의 압박측에서는 파골세포의 출현과 치조골의 흡수가, 긴장측에서는 조골세포의 증식과 골침착 및 치주인대섬유의 개조가 일어난다.²³⁻²⁶⁾ 교정적 자극은 치조골 교체를 촉진하며, 초기의 교정력에 의해 치주인대가 넓어지고 일시적인 골소실이 일어나 치아동요도가 증가하고, 이어 골형성이 일어나 조직구조가 정상으로 회복된다고 보고되었다.²⁷⁾ 쥐에서 치아이동시 압박측에서는 12시간 후부터 파골세포가 나타나 7일간 존재하며 골흡수가 14일간 지속되고 골형성은 21일부터 시작된다고 보고된 바 있으며,^{10,28)} Reitan²⁹⁾은 교정력이 가해지면 수시간 내에 파골세포수가 증가되고, 교정력이 제거된 후에도 쥐에서는 수일, 사람에서는 10일까지 파골세포가 존재한다고 하였다.

Miller들³⁰⁾의 보고에 따르면 쥐의 임신기간은 총 21

일 동안이며 P-7(임신초기), P-14(임신중기), P-21(임신말기)의 3단계로 분류할 수 있는데 임신중기에는 골형성이 증가하며, 임신 말기에는 호르몬과 골대사의 변화가 가장 확실히 나타나고 특히 골흡수가 증가한다고 하였다.³¹⁾ 임신한 여성에서 혈청 ALP는 초기에 약간 감소하였다가 이후 증가하고, 골아세포의 기능과 연관되어있는 혈청 Osteocalcin은 임신말기에 증가하며 혈청 TRAP 또한 말기에 증가하여 임신 중기와 말기에는 전체적인 골 흡소활성과 골 교체가 증가된다고 보고되었다.²²⁾ 임신기간에 나타나는 이러한 전신적인 호르몬 변화는 치아이동 시 치조골 교체과정에도 영향을 줄 것으로 생각되었다.

실험방법에 대한 고찰

치아이동 실험에서 사용되었던 초기 힘은 각 연구마다 차이가 있는데, King⁷⁾들은 다양한 초기 힘을 가하여 치아이동을 하였을 때의 양상을 비교한 결과 초기 힘이 20-40gm 사이인 경우에 구치부 치조골 조직의 최대변형이 일어났다고 보고하였다. 이에 치아이동 장치에 40gm의 힘을 가하기로 결정하고 정확한 힘을 가하기 위하여 NiTi coil spring의 활성화 거리를 측정하였고, 예비실험에서 9mm spring의 경우에는 1.08mm를 활성화하였을 때 40gm의 힘이 발휘되는 것으로 측정되었기 때문에 치아이동장치를 활성화할 때 이를 기준으로 하였다. 치아이동장치가 좌우 양측으로 장착되었고 장치의 탈락을 방지하기 위하여 하악 절치를 치은연 수준까지 삭제하였기 때문에 사료 섭취에 어려움이 있어 실험동물의 체중 감소가 예상되었다. 하지만, 실험기간 동안의 체중변화를 관찰한 결과 임신-치아이동군과 정상-치아이동군에서는 평균적으로 비슷한 정도의 체중감소가 관찰되었고, 시간경과에 따라 체중감소가 더 증가하지는 않았다.

King⁷⁾은 백서 구치의 근심이동 시 치아이동거리 측정의 기준점에 대한 신뢰성을 높이고자 기존에 사용하였던 관골궁 아말감 식립법과 구개부에 식립한 점막하 털 브로치법을 비교 검토한 결과 후자의 경우가 더욱 높은 신뢰성을 나타냈다고 보고하였다. 또한 털 브로치에 있는 다수의 barbs image가 X-ray film에 나타나기 때문에 전후 film을 비교하기 쉬우며, 삼입이 용이하고 외상이 적다는 장점을 가지고 있다고 하였다. 따라서 이 실험에서는 상악 양측 제1대구치 전방부 구개점막 하방에 3mm 길이의 털 브로치를 식

립하고 이를 기준으로 하여 치아이동거리를 측정하였다.

치아이동은 각 군별로 1,3,7,14일간 이루어졌는데, 실험동물의 희생시기를 결정할 때 임신 말기에 호르몬과 골대사의 변화가 가장 확실히 나타난다고 한 Miller³⁰⁾의 보고를 참고하여 임신-치아이동군은 분만 직전에 희생하였는데, 이는 치아 이동이 임신 말기에 주로 이루어지도록 함으로서 호르몬 변화로 인한 치조골 교체와 치아이동간의 관계를 보다 확실히 관찰하려는 목적이 있었다.

치아이동 거리 비교

치아이동 거리는 임신군과 정상군 모두에서 1-3일에 크게 나타났으며 3-7일 사이에 지연과정이 관찰되었고 이후 14일까지 다시 증가하여 전형적인 치아이동양상과 일치하는 경향을 보였다(Fig.1). 치아이동 실험 결과를 보면 초기의 즉각적인 치아이동은 치주인대 폭경증가와 연관된 조직의 변형에 의한 반응이며 이후 세포의 보강(recruitment)반응이 치아이동의 지연과정으로 나타나고, 마지막 단계에서는 장치의 비활성화로 인하여 힘이 감소되면서 다시 치아이동이 일어난다고 한 King⁷⁾들의 보고와 일치하는 바가 있다.

임신-치아이동군의 치아이동 총량은 정상-치아이동군에 비하여 유의성 있게 크게 나타났으며, 특히 치아이동 초기(1일)에 그 차이가 크게 나타났는데, 이는 임신과 연관된 호르몬의 변화로 치주인대 내의 수분 함유량이 증가되어 기계적인 힘이 가해졌을 때 치주인대의 압축과 경사이동이 쉽게 일어난다고 한 보고^{32,33)}와 연관지어 생각할 수 있으며, 또한 임신-치아이동 1일군의 경우는 임신으로 인한 호르몬의 변화가 가장 현저한 시기이고, 특히 임신 말기에 골흡수 경향이 증가한다는 보고²²⁾로 보아 치조골의 골흡수 경향이 증가된 상태에서 치아이동을 하였기 때문에 초기 이동량이 크게 나타났을 것으로 추측된다.

치조골 인산효소 활성화

본 실험의 결과에서 치아이동에 따른 골대사 변화를 보면 생리적인 상태에 비하여 골형성 경향에는 유의성 있는 차이가 없었으나, 골흡수 경향이 증가하는 것으로 나타났다. 또, 치아이동 경과에 따른 변화를 보면, 정상-치아이동군의 치조골의 흡수와 형성 활성

이 모두 치아이동 7일에 증가되었고 이후로는 골형성 활성은 감소되고 골흡수가 지속되는 경향을 보여, 치아이동 시 치조골에서 골흡수 활성이 증가(3-5일)된 이후에 골형성 활성의 증가(7-10일)가 일어난다는 다른 연구결과와는 차이를 보였다.^{7,34)}

임신군과 정상군의 치아이동 시 치조골 흡수와 형성의 활성은 전체적으로는 차이를 보이지 않았지만 치아이동에 따른 골교체가 임신상태에서 더 빨라지는 경향을 보였다. 즉, 임신-치아이동군에서의 골흡수와 형성 활성은 정상-치아이동군에 비하여 치아이동 3일에 현저히 증가되었으며 이후 골형성 활성은 급격히 감소하였고 골흡수 활성은 높게 유지되는 경향을 보였으며, 정상-치아이동군에서는 치아이동 7일에 골형성과 흡수 활성이 증가된 것으로 나타났다. 따라서 치조골의 흡수와 형성 활성이 정상-치아이동군에서는 7일군에서 증가된 반면, 임신-치아이동군에서는 3일군에서 증가하였으며 후기(7-14일)에 골흡수가 더 증가하는 경향을 보여, 임신군의 치아이동에서 치조골 개조 활성의 증가는 정상군보다 조기에 나타난다고 할 수 있다. 이러한 변화로 보아 임신상태의 치조골은 교정력과 같은 기계적 자극에 의해 골흡수와 형성이 촉진되며, 이와 더불어 임신상태를 유지하는 호르몬의 자극이 골개조 과정에 관여하는 세포에 영향을 주어 치아이동 시 수반되는 골흡수와 형성 활성의 증가가 빠르게 일어나도록 한다는 것을 알 수 있다.³⁵⁾

이상으로부터 임신-치아이동군의 치아이동량이 정상-치아이동군보다 크게 나타났으며, 임신-치아이동군이 정상-치아이동군에 비하여 빠른 치조골 교체를 보이기 때문에 임신상태에서의 치아이동이 정상상태에서보다 촉진될 가능성이 있을 것이라고 예측되었다. 그러나, 이 실험은 흰쥐를 대상으로 행한 실험이므로 사람의 임신상태에서 나타나는 호르몬 변화에는 차이가 있을 수 있다는 것을 고려해야 한다. 또한, 이 실험에서는 단기간의 치아이동(14일)에 따른 인산효소활성 변화만을 관찰하였기 때문에 치아이동량과 골대사 변화와의 관계를 보다 명확히 규명하기 위해서는 실험기간을 연장하고 관찰 간격을 좀더 세분화하여 치조골의 대사를 보다 면밀하게 관찰할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한 치아이동에 따른 치조골 대사의 변화를 치조골 인산효소농도의 변화만으로 판단하는 것은 한계가 있기 때문에 이에 대한 조직형태학적 관찰이 동반되어야 할 것으로 사료된다.

결 론

임신중에는 전신의 호르몬 변화가 골대사 과정에 영향을 주어 골교체가 증가된다고 알려져 있다. 이 연구는 임신중의 골교체 증가가 교정적 치아이동에 영향을 주는가를 알아보기 위하여 정상 쥐와 임신 쥐의 상악 제1대구치에 40gm의 힘을 가하여 근심측으로의 치아이동을 일으키고, 촬영한 X-선 사진을 이용하여 치아이동량을 측정하고, 혈청과 치조골 인산효소활성을 비교관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 14일간 치아이동의 총량은 임신-치아이동군이 정상-치아이동군에 비하여 더 크게 나타났다($p < 0.01$).
2. 정상-치아이동군의 치아이동에 따른 골형성은 대조군과 차이가 없었지만 골흡수 경향은 증가되었고($p < 0.01$), 정상-치아이동군에서는 대조군에 비하여 치조골의 형성과 흡수 활성이 모두 치아이동 7일에 가장 크게 증가하였고($p < 0.01$), 이후 골형성 활성은 감소하였지만($p < 0.05$), 골흡수 활성은 대조군보다 높게 유지되었다($p < 0.01$).
3. 임신군과 정상군의 치아이동에 따른 골형성과 흡수 경향에는 차이가 없었지만, 임신-치아이동군의 치조골 형성($p < 0.01$)과 흡수($p < 0.05$) 활성의 증가는 3일경에 가장 높게 나타났으며, 이후 골형성 활성은 감소하였지만 골흡수 활성은 높게 유지된 반면, 정상-치아이동군은 7일경에 치조골 형성과 흡수 활성의 증가가 나타나는 차이를 보였다.

이상의 결과로 볼 때, 임신 상태에서의 치아이동 시 치아이동거리가 크게 나타났고, 치조골 흡수와 형성 활성이 증가하는 시기가 정상-치아이동군에서보다 빠르게 나타나며, 치조골 흡수가 더 오랫동안 유지되어 빠른 치조골 교체를 보이므로, 임신 상태의 치아이동이 정상상태에서보다 촉진될 가능성이 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. Reitan K: Clinical and histologic observation on tooth movement during and after orthodontic treatment. Am J Orthod, 1967 : 53 : 721-45.
2. Storey E: The nature of tooth movement. Am J Orthod, 1973 : 63 : 292-314
3. Rygh P: Ultrastructural cellular reactions in pressure

- zones of rat molar periodontium incident to orthodontic tooth movement. *Acta odont Scand*, 1972 : 30 : 575-93.
4. Rygh P: Ultrastructural changes in tension zones of rat molar periodontium incident to orthodontic tooth movement. *Am J Orthod*, 1976 : 70 : 269-81.
 5. Schwarz AM: Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. *Am J Orthod*, 1932 : 18 : 331-52.
 6. Reitan K: Tissue behavior during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod*, 1960 : 46 : 881-900.
 7. King GJ, Keeling SD, McCoy EA, Ward TH: Measuring dental drift and orthodontic tooth movement in response to various initial forces in adult rats. *Am J Orthod*, 1991 : 99 : 456-65.
 8. Cohn ZA, Weiner E: The particulate hydrolases of macrophages: I, comparative enzymology, isolation and properties. *J Exper Med*, 1963 : 118 : 991-1008.
 9. Burstone M: Histochemical demonstration of acid phosphatase activity in osteoclasts. *J Histochem Cytochem*, 1959 : 7 : 39-41.
 10. 송요선, 이기수: 백서구치의 교정적 치아이동 중 압박측 치조골의 골개조에 관한 연구. *대치교정지* 1989 : 19 : 37-43.
 11. Ljunghall S, Lindh E: Assessment of bone turnover with biochemical markers. *J Internal Med*, 1989 : 5 : 219-20.
 12. Verhaeghe J, Herck EV, Bree RV, Assche FA, Bouillon R: Osteocalcin during the reproductive cycle in normal and diabetic rats. *J Endocrinol* 1989 : 120 : 143-51.
 13. Klerin DC, Raisz LG: Prostaglandins: Stimulation of bone resorption in tissue culture. *Endocrinology*, 1970 : 86 : 1436-40.
 14. Lilja E, Lindskog S, Hammarstrom L: Histochemistry of enzyme associated with tissue degradation incident to orthodontic tooth movement. *Am J Orthod*, 1983 : 83 : 62-73.
 15. Takimoto K, Deguchi T, Mori M: Histochemical detection of acid and alkaline phosphatase in periodontal tissue following experimental tooth movement. *J Dent Res*, 1968 : 47 : 340.
 16. Lilja E, Lindskog S, Hammarstrom L: Alkaline phosphatase activity and tetracycline incorporation during initial orthodontic tooth movement in rats. *Acta odont Scand*, 1984 : 42 : 1-11.
 17. Epstein S: Serum and urinary markers of bone remodeling: assessment of bone turnover. *Endocrine Rev*, 1988 : 9 : 437-49.
 18. Keeling SD, King GJ, McCoy EA, Valdez M: Serum and alveolar bone phosphatase changes reflect bone turnover during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod*, 1993 : 103 : 320-26.
 19. Loe H: Endocrinologic Influences on Periodontal Disease Pregnancy and Diabetes Mellitus. *Ala J Med Sci*, 1963 : 5 : 336-48.
 20. Aguado F, Revilla M, Hernandez ER, Menendez M, Cortes-Prieto J, Villa LF, Rico H: Ultrasonographic bone velocity in pregnancy: A longitudinal study. *Am J Obstet Gynecol*, 1998 : 178 : 1016-21.
 21. Yamaga A, Taga M, Minaguchi H, Sato K: Changes in bone mass as determined by ultrasound and biochemical markers of bone turnover during pregnancy and puerperium: A Longitudinal Study. *J Clin Endocrinol & Metab*, 1996 : 81 : 752-56.
 22. Tojo Y, Kurabayashi T, Honda A, Yamamoto Y, Yahata T, Takakuwa K, Tanaka K: Bone structural and metabolic changes at the end of pregnancy and lactation in rats. *Am J Obstet Gynecol*, 1998 : 178 : 180-5.
 23. Stuteville, AH: A summary review of tissue changes incident to tooth movement. *Angle Orthod*, 1938 : 8 : 1-20.
 24. Gottlieb B: Some histologic facts useful in orthodontic practice. *Am J Orthod & Oral Surg*, 1942 : 28 : 167-72.
 25. Oppenheim A possibility for physiologic orthodontic movement. *Am J Orthod & Oral Surg* 1944 : 30 : 277-82.
 26. Macapanpan LC, Weinman CL: Early tissue changes following tooth movement in rats. *Angle Orthod*, 1954 : 24 : 79-95.
 27. King GJ, Keeling SD, Wronski TJ: Histomorphometric study of alveolar bone turnover in orthodontic tooth movement. *Bone*, 1991 : 12 : 401-9.
 28. Waldo CM: Method for the study of tissue response to tooth movement. *J Dent Res*, 1953 : 32 : 690-1.
 29. Reitan K, Kvam E: Comparative behavior and animal tissue during experimental tooth movement. *Angle Orthod*, 1971 : 41 : 1-14.
 30. Miller SC, Shupe JG: Changes in bone formation rates during pregnancy and lactation in rats. *Bone*, 1986 : 7 : 283-7.
 31. Redd EH, Miller SC, Webster SSJ: Changes in endochondral bone elongation rates during pregnancy and lactation in rats. *Calcif Tissue Int*, 1984 : 36 : 697-701.
 32. Hellsing E, Hammarstrom L: The effects of pregnancy and fluoride on orthodontic tooth movements in

- rats. *Europ J Orthod*, 1991 : 13 : 223-30.
33. Lewko WM, Anderson A: Estrogen receptors and growth response in cultured human periodontal ligament cells. *Life Sciences*, 1986 : 39 : 1201-6.
34. Kraw AG, Enlow DH: Continuous attachment of the periodontal membrane. *Am J Anat*, 1967 : 120 : 133-48.
35. Vignery A, Baron R: Effects of parathyroid hormone on the osteoclastic pool, bone resorption, and formation in rat alveolar bone. *Calcif Tissue Res*, 1978 : 26 : 23-8.

-ABSTRACT-

The effects of pregnancy on alveolar bone turnover during experimental tooth movement in rats

Young-Sun Kim, Ki-Soo Lee

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Kyung Hee University

The purpose of this study was to observe the effects of pregnancy on the experimental tooth movement and alveolar bone turnover process of Sprague-Dawley female rat. Sixty rats were divided into pregnant-tooth movement group(P-Tm), normal-tooth movement group(N-Tm) and normal group(N). Maxillary first molar appliances were inserted bilaterally and activated to 40grams. To measure the amount of tooth movement, x-ray was taken 2 times after appliance insertion and before sacrifice. Animals were sacrificed at 1,3,7,14 days(N=5). Just after sacrifice, alveolar bones were collected and frozen immediately for biochemical analysis. Tooth movement was assessed cephalometrically and tartrate-resistant acid(TRAP) and alkaline phosphatase (ALP) activities were measured in extracts of paradental alveolar bone.

The results were as follows:

1. The amount of tooth movement in P-Tm group was greater than that of N-Tm group($p<0.01$).
2. Alveolar bone ALP of normal tooth movement group was not significantly different from the control, TRAP was significantly different from the control($p<0.01$). In normal tooth movement group, alveolar bone ALP was increased gradually and peak(day 7) fell off significantly at day 14($p<0.05$). The peak of alveolar bone TRAP(day 7) fell off slightly, sustained day 14($p<0.01$).
3. Alveolar bone ALP and TRAP of pregnant tooth movement group were not significantly different from that of normal tooth movement group. In pregnant tooth movement group, alveolar bone ALP was increased at day 3($p<0.01$) and fell off significantly at day 7-14, alveolar bone TRAP were increased at day 3 and sustained day 14.
4. The peak of alveolar bone phosphatases in pregnant tooth movement group(day3) preceded the peak in normal tooth movement group(day7)($p<0.01$).

According to the above results, we suggested that bone resorption activity was increased in alveolar bone of pregnant rat, and the degree of tooth movement in pregnancy may be greater than that of normal group because of high bone turnover of alveolar bone in pregnant rat.

KOREA. J. ORTHOD. 2000 ; 30 : 413-421

※ **Key words** : pregnancy, tooth movement, alveolar bone turnover, phosphatases