

가토의 하악골 측방 변위에 의한 하악과두 변화

박해승 · 박영주 · 안병근 · 이건주 · 박준우 · 이용찬 · 조병욱

한림대학교 의과대학 치과학교실 구강악안면외과

Abstract

CONDYLAR ADAPTATION UNDER LATERAL DEVIATION OF THE RABBIT MANDIBLE

Hae-Sung Park, Young-Ju Park, Byoung-Keun Ahn,
Gun-Joo Rhee, Jun-Woo Park, Young-Chan Lee, Byoung-Ouck Cho
Department of Oral & Maxillofacial Surgery, College of Medicine, Hallym University

Condylar process of mandible is an important and functionally versatile part of the mandible. There were quite large amount of investigations on the functional and anatomical adaptation of the temporomandibular joint(TMJ) to the surrounding tissues. But controversies on the mechanism of functional adaptation of the joint still exist. In this research, we investigated changes in the TMJ by the lateral deviation of the maxillary incisor to shift the mandible right, and bone the undecalcified microscopic sections with fluorescent microscope and von Kossa staining with bright field microscope.

Results were as follows:

1. Lateral deviation rendered shifting and tilting of the mandible, There were, compressions in the right joint and opening of the left joint space at early stage. At the same time, both condyles shifted slightly to anterior.
2. After 2~4 weeks, left condyle showed anterior displacement and compressions in the joint space. Right condyle showed only slight shift to the anterior.
3. Regardless of the direction of the lateral shift, anterior bite plate compressed both condyle heads until 2 weeks.
4. There are bone resorptions in the anterior aspect of the condyle head and apposition of posterior border. Bone remodeling were observed between 3 and 4 weeks.
5. After 8 weeks of the experiment, there were little differences in condylar morphology between experimental and control group, though slight shifting and compression were still present in the experimental group. Lateral deviation of mandible evoked active remodeling of the TMJ until functional and anatomical reconstruction of TMJ position was achieved.

Key words : Adaptation of TMJ, Lateral deviation of condyle

I . 서 론

하악골 중에서도 하악과두는 매우 중요하고 그 기능적인 면에서 다양성이 많은 부분으로 알려져 있다¹⁾. 또한 하악과두는 신체의 여러 관절 중에서도 다양한 변화를 보이는 부분이며, 특히 하악골의 성장 발육에 따라 크게 변화하며 일생동안 주위 조직의 변화에 대한 연구가 많은 연구가들에 의하여 이루어 졌으며^{2,3)}, 그 중에서도 하악골의 성장과 발육의 기전에 영향을 미치는 요소들에 대한 연구를 포함하여 악관절이 어떻게 기능적 및 형태학적으로 조화를 이루어 주위 환경의 변화에 적응하는가에 대한

연구들이 보고되었으나 악관절의 기능적, 형태학적 적응의 기전에 대하여는 학자들 간에 아직도 논란이 되고 있다^{4,5)}.

하악과두는 조직학적으로 교원섬유와 세포들로 구성되어 있는 관절대, 주로 미분화된 간엽세포와 불규칙한 형태의 세포들로 구성되어 있는 중간대, 그리고 하악과두의 연골대와 골화대로 구성되어 있다^{6,10)}. 초자연골을 덮고 있는 섬유성 피개는 외층에 밀집된 결합조직의 섬유층과 내층의 연골 형성층으로 이루어져 있으며 피개 결합조직의 하방에서는 침착에 의해 연골관이 성장되고, 이 연골관이 골로 대체되는 반면, 상층에서는 강한 교원섬유의 망과 연골세포가 존재하는데, 이 연골세포는 연령이 증가되면서 그 수가 증가된다고 하였다¹¹⁾.

악안면의 성장발육 중에서 하악골의 성장에 대한 하악과두의 역할은 매우 중요한 것으로 생각된다. Laskin¹²⁾은 교합면의 변화와 교정력이 악관절에 현저한 변화를 야기한다고 하였으며, Ghafari와 Degroote⁸⁾, Hinike와 Ramfjord¹³⁾, Charlier와 Petrovic¹⁴⁾, Stockli와 Willert¹⁵⁾, Elgoyhen¹⁶⁾ 등은 하악골의 위치변화는 하악과두의 현저한 형태학적 변화를 초래한다고 보고하였다. Morinaga⁹⁾

박 해 승

431-070, 경기도 안양시 동안구 평촌동 896
한림대학교 성심병원 치과 구강악안면외과
Hae-Sung, Park

Dept. of OMFS, College of Medicine, Hallym University
896, Pyoungchon-Dong, Dongan-Ku, Anyang-City, Kyungki-Do, 431-070, Korea
Tel. 82-31-380-3870 Fax. 82-31-382-0978

는 악관절의 기능은 수유기와 성숙기에도 차이를 보이는 등 환경의 변화에 적응하기 위하여 하악과두의 조직학적 구성에서 변화를 보인다고 하였다. Baume¹⁷⁾, Petrovic¹⁸⁾ 등은 하악과두의 연골은 일반 장골의 연골과는 다른 특징들을 가지고 있다고 하였으며, MacNamara¹⁹⁾는 하악과두의 재형성(remodeling)에 의한 하악과두 자체의 기능적 적응능력에 관해서 보고하였다.

Boyd 등²⁰⁾, Goret-Nicaise 등²¹⁾, Chafari와 Heeley⁷⁾, Petrovic 등¹⁸⁾, Awn 등²²⁾은 저작근의 제거가 하악골 성장에 미치는 영향에 관하여 보고하였으며, Phillips 등²³⁾은 삼차신경의 운동 신경핵을 파괴시켜, 하악골 및 과두에 나타나는 성장의 기형을 보고하였다. 또한 Ghafari와 Degroote⁸⁾, Gimenidis와 Gianelly²⁴⁾가 보고한 하악과두의 제거나 Meikle²⁵⁾이 주장한 절제에 의하여 하악골 성장이 영향을 받으며, 호르몬과 같은 약물 투여에 의하여서도 하악골의 성장이 영향을 받는다고 하였다^{17,18)}. 하악골의 위치를 기능적 혹은 인위적으로 전방위와 후방위 시킴으로서 나타나는 과두의 변화와, 편측성 혹은 양측성 교합상의 장착시 나타나는 변화 등에 대한 형태학적, 조직학적 및 근전도학적 검사 등의 방법에 의한 연구 보고가 있다^{8,13,25)}. 또한 근섬유의 절단이 하악과두의 형태 및 성장에 미치는 영향과 약물 및 맥동전기 자기장이 하악과두의 성장에 미치는 영향에 대하여서도 보고된 바 있다²⁰⁻²²⁾.

Hinike와 Ramfjord¹³⁾, Stockli와 Willert¹⁵⁾는 Bite plane을 이용하여 하악전들을 유발시켜 악관절의 형태학적 변화를 보였으며 그 외에도 교합거상후에 악관절의 변화나, 중심교합의 장애로 야기되는 하악 운동 방향의 변화와 악관절의 변화에 대한 연구를 하였다. Baume와 Derchsweiler²⁶⁾ 및 그외의 많은 학자들은 하악골을 전방으로 변위시킨 후 하악과두 및 하악골에 나타나는 현상을 연구하였으며^{14,16,27-29)}, Janzen 과 Bluher²⁵⁾는 하악골을 후방 변위시킨 후, 하악과두의 적응 현상 및 하악골의 변화를 보고하였다.

이와 같이 하악골의 위치적 변화에 따른 악관절의 해부학적 상태로서의 위치 변화와 교합상태 변화와의 상호간 연관성에 대한 연구는 근래에 와서 교정학 및 보철학 분야에서 활발히 진행되고 있다. 그러나 하악골의 측방 변위시 일어나는 하악과두 연골의 성장 변화에 대한 연구는 흔하지 않다. 성장 기간 중에 일어나는 하악골의 기능적 측방 변위는 하악과두의 비대칭적 성장을

야기하여 악골과 안면의 비대칭적 발육을 야기할 수 있는 것으로 생각되어, 이러한 기능적 측방 변위에 직접 반응하는 하악골의 부위와 반응 정도를 관찰하는 것은 매우 의의 있는 일이라 사료된다.

따라서 이와 같이 하악과두의 위치를 변위 시켰을때에 악관절의 하악과두에 변화가 일어난다는 연구 보고를 기초로 하여, 본 연구는 전치부에 사면판(Inclined plane)을 삽입하여 치간의 고경을 편측성으로 높이고 악관절에 불균등한 운동을 야기 시켰을 때에, 새로운 환경에 적응하기 위하여 일어날 수 있는 하악과두의 변화와 과두의 재형성 과정을 성장중인 가토에서 조직학적으로 관찰하고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

- 1) 생후 8주된 체중 1.8kg 내외의 성장중인 가토 20마리를 2군으로 나누어 10마리는 실험군, 10마리는 대조군으로 분배하였다.
- 2) 금속경사판 제작 : 실리콘 인상재를 이용하여 대상 가토 각각의 상악 인상을 채득하고 상악 모형을 제작하였다. 모형상에서 하악골의 측방 편위를 위하여 45도의 금속 경사판(Metal inclined plate)을 제작하였으며, 가토 구강내에 장착시 우측으로 3mm의 편위(deviation)를 유도하였다.
- 3) 형광현미경검사를 위한 생체염색제로(Vital die injection)는 Oxytetracyclin(50mg/kg 유효양형, 한국), Calein(20mg/kg, Sigma Co., U.S.A), Alizarine red(80mg/kg, Sigma Co., U.S.A)를 사용하였다.

2. 실험방법

- 1) 경사판 삽입과 생체염색
 - 가) 금속경사판 장착 : 금속판은 all-bond resin system으로 가토의 상악 전치에 접착시켰다.

Table 1. Time table of the injection of vital dye

Groups*	PED							
	0 day	1 week	2 week	3 week	4 week	6 week	8 week	
I	Tc							
II	Tc	Al						
III	Tc	Al	Ca					
IV	Tc	Al	Ca	Tc	Al			
V	Tc	Al	Ca	Tc	Al	Ca	Tc	

PEd : Post-Experimental-Treatment Day, ie, Day (week) after insertion of the inclined plane

Tc : Oxytetracycline

Al : Alizarine Red S

Ca : All animals were sacrificed at 3 days after injection of the final vital dye scheduled according to the group. That is, animals belonged to group I were sacrificed at 3 days after injection of Tc, group II at 3 days after Al(10 days after the insertion of inclined plane), and so on.

나) 생체염색제의 주사: 생체염색제의 주사 및 희생은 다음과 같은 시간표에 따라 시행하였는데, 장치장착 후 즉시 및 1, 2, 3, 4, 6, 8주째에 Oxytetracyclin(50mg/kg), Calcein (20mg/kg), Alizarine red(80mg/kg)를 주사하였으며 생체염색제의 주입 후 3일째에 희생시켰다.

다) 동물의 희생 및 표본의 채취

장치 장착 후 3일, 10일, 17일, 31일, 59일째에 동물을 희생하여 표본을 제작하였다. 치사량의 thiopental sodium으로 희생시킨 후 10% 중성 완충 포르말린 용액에 실온에서 최소 12~24시간 이상 고정하였다.

2) 비탈회 골조직 연마표본의 제작

악관절 부위를 손상이 없도록 분리한 후 과두정으로부터 전후 방향으로 band saw를 이용해서 시상으로 악관절의 가운데를 절단하여 이것을 3mm두께의 표본으로 만들었다. 조직은 통법에 따라 알코올에 탈수하고 Xylene에 침투시킨 후 Osteobed(poly-science, USA)로 치환하였다.

Osteobed의 침투방법은 Osteobed 용액에 각 3일씩 2회 교환하고, 다시 촉매(1.0g/100ml)를 혼합한 Osteobed II 용액에 다시 각 3일씩 침적시켰다. 다시 2.5g/100ml의 비율로 catalyst를 넣은 Osteobed III 용액에 다시 각 3일씩 침적시켰다. 새로운 Osteobed III 용액을 준비하여 Mould에 표본을 고정시키고 용액을 넣은 다음 진공에서 침투시키고, 상온에서 overnight한 다음 36°C와 56°C에서 각각 2일간 경화시켰다.

경화된 조직은 저속의 diamond wheel saw(Buheler Isomet)와 microcutting machine(Exakt MG 3000)으로 표본당 4개씩의 약 200μm의 두께의 절편을 제작하였다. 절단된 조직은 다시 plastic slide에 부착하여 약 20μm의 두께로 연마하였으며, 연마된 절편의 일부는 염색하지 않고 수용성 봉입제로 봉입하여 형광현미경으로 생체 염색된 각각의 형광선을 관찰하고, 생체염색제간의 형광선의 간격을 측정하였다. 일부 절편은 통법에 따라 von Kossa의 칼슘 염색으로 골침착의 정도를 확인하였다.

III. 실험결과

1. 광학현미경적 소견

1) 대조군

가) 3일 경과군의 소견:

좌우측의 뚜렷한 차이는 보이지 않았으며, von Kossa 염색으로 확인한 신생골의 침착 부위는 상당히 아래쪽에서 나타났다(Fig. 1).

나) 4주 경과군의 소견:

3일군과 마찬가지로의 소견으로 좌우측의 뚜렷한 차이는 없었으며 미란대가 다소 좁아진 소견을 보였다(Fig. 2).

다) 8주 경과군의 소견:

3일군이 나 4주군에 비교해 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았으나 증식대와 미란대가 좁아진 소견을 보이고 신생골의 침착부위도 3일군 보다 관절면에 가까운 쪽에서 나타났다(Fig. 3).

2) 실험군

가) 3일 경과군의 소견:

좌우측 악관절에서 모두 관절원판이 약간 압축된 상을 보이고 있었다. 우측은 관절원판이 압박된 소견이 뚜렷하고 과두가 약간 후방으로 위치하여 있었다(Fig. 4).

좌측은 관절원판에 가해진 압박이 약하고 과두가 약간 전방으로 위치한 소견을 보였으며, 관절면과 비대대의 두께는 대조군에 비해 감소해 있으며 신생골의 석회화 침착부위는 관절면 직하부 비대대 시작부의 연골에서부터 시작되며 이 부위에서 가장 강한 반응을 보였다. 골형성의 정도는 대조군과 실험군간에서 차이를 보여 실험군의 좌우측 관절면의 석회화 정도는 대조군에 비해 감소해 있었다(Fig. 5).

나) 1주 경과군의 소견:

3일째 실험군과 유사한 소견으로 우측 과두 관절면 전반부의 골 흡수상이 관찰되었으며 관절면의 석회화 골 형성량이 대조군



Fig. 1. Control group at 3 days after experiment(von Kossa staining, X10) A: anterior, P: posterior.

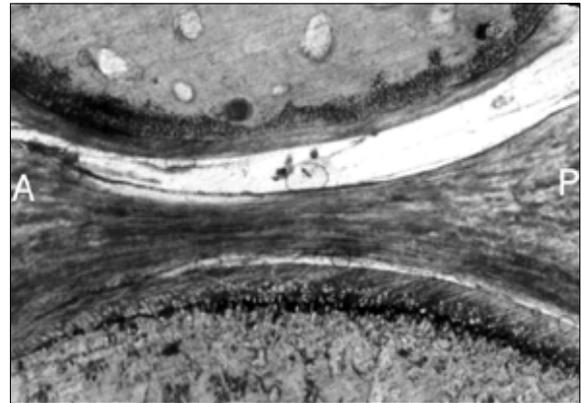


Fig. 2. Control groups at 4 weeks after experiment(von Kossa staining, X10) A: anterior, P: posterior.



Fig. 3. Control group at 8 weeks after experiment(von Kossa staining, X10) The zone of proliferation and erosion is decreased when compared with control group at 3 days.

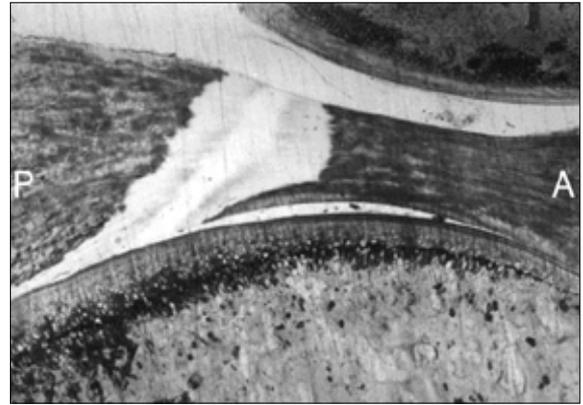


Fig. 4. Right temporomandibular joint(TMJ) finding of experimental group at 3 days after experiment(von Kossa staining, X10) A: anterior, P: posterior

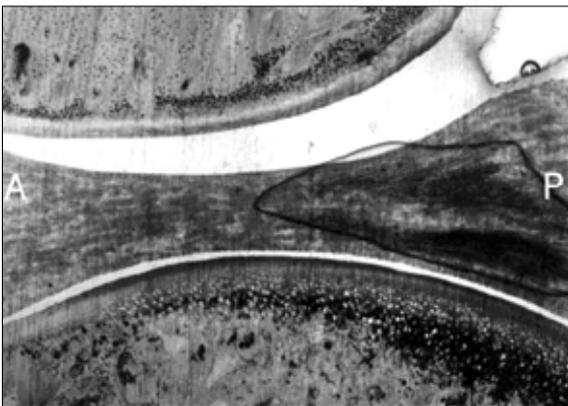


Fig. 5. Left TMJ finding of experimental group at 3 days after experiment(von Kossa staining, X10), A: anterior, P: posterior. Left TMJ also showed compression and slight anterior displacement of the condyle head.

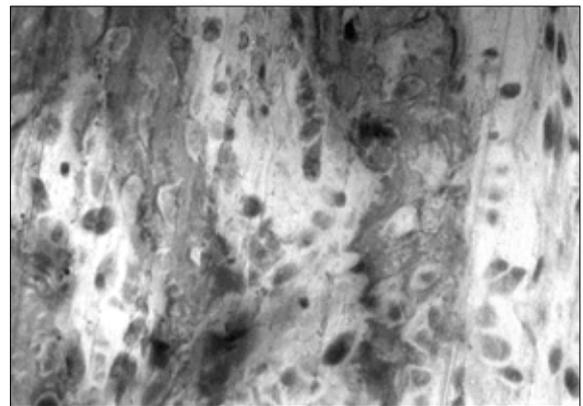


Fig. 6. Right TMJ finding of the experimental group at 1 week after experiment (von Kossa staining, X10) There were bone resorption and osteoid deposition in the zone of erosion.

에 비해 증가한 것이 관찰되었다. 미란대에서의 골흡수는 골양 조직의 침착과 동시에 나타나는 것이 관찰되었다(Fig. 6).

다) 2주 경과군의 소견:

좌측 과두의 후방 변이와 전방 접촉부의 이개 현상이 뚜렷하였으며, 이와 함께 실험군의 좌측 과두에서는 과두 관절면의 손상 소견이 관찰되었다(Fig. 7).

우측 관절원판의 압박소견은 그대로 남아있고 과두 전방부의 흡수 소견도 지속되었다. 우측 과두의 후방부에서 연골층이 두꺼워지는 소견 우측 과두에서 보다 명백한 골의 재형성 소견을 나타내었다(Fig. 8).

라) 4주 경과군 소견:

과두의 형태는 좌우측에서 큰 차이는 보이지 않았다. 실험군 우측의 관절낭에는 압박이 이완된 소견이 관찰되었으며 이와 함께 부분적으로 관절돌기의 관절면에서 관절원판의 압박에 의한 국소적인 골 흡수와가 관찰되었다. 우측의 관절강이 전후로 좁아지고 이개된 소견을 보여 과두의 후방 이동이 있는 것으로 생각되었다(Fig. 9).

좌측 악관절은 압박된 소견을 보였고 관절원판에서 일부 관절면의 미란상이 보였다(Fig. 10).

마) 8주 경과군 소견:

좌측 악관절은 약간 압박된 소견이고 관절면 하부의 석회화도 우측보다 더 뚜렷이 나타났다. 좌측 과두 전방부의 골 흡수상은 지속되었다(Fig. 11).

우측은 계속해서 이개의 소견이 관찰되었다. 우측 과두 전방부에서도 골 흡수상이 나타났으나 좌측에 비해 매우 약한 소견을 보였다. 과두에서의 골 침착상은 대조군에서 보다 우측이 더 크고 뚜렷하며 더욱 넓은 범위에서 나타났다. 현저한 골의 재형성 소견을 보였는데 우측이 더 뚜렷하게 나타났고 실험군의 좌측 관절강은 아직 다소 압축된 소견이었고 우측 과두는 약간 뒤로 밀리는 소견과 관절강의 압축 소견이 잔존하는 것으로 보였다(Fig. 12).

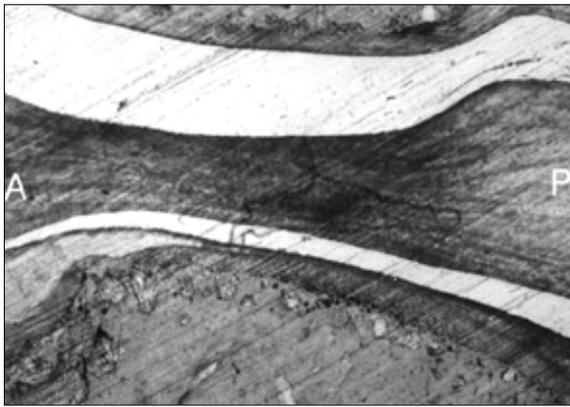


Fig. 7. Left TMJ finding of experimental group at 2 weeks after experiment(von Kossa staining, X10), A: anterior, P: posterior. Note a gap at the anterior part of the condyle head.

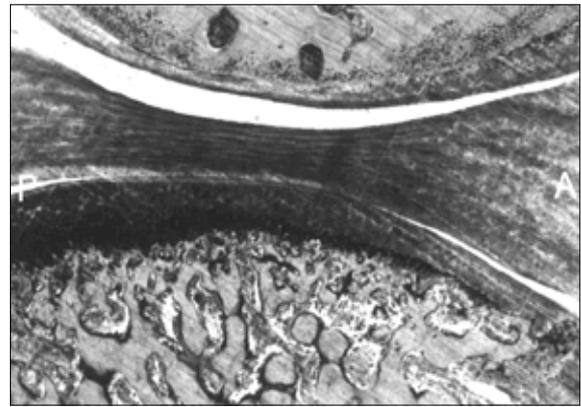


Fig. 8. Right TMJ finding of experimental group at 2 weeks after experiment(von Kossa staining, X10), A: anterior, P: posterior. In the right TMJ, compression of the joint and resorption in the anterior part of the mandible still presented. There were thickening of the cartilage zone at posterior part.

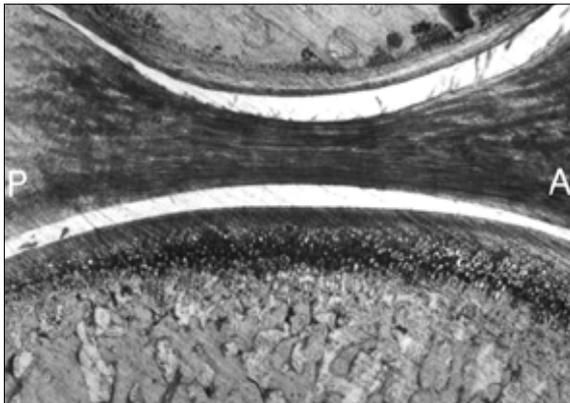


Fig. 9. Right TMJ finding of experimental group at 4 weeks after experiment(von Kossa staining, X10), A: anterior, P: posterior. Compression of right joint was decreased. antero-posterior dimension of the joint was decreased.

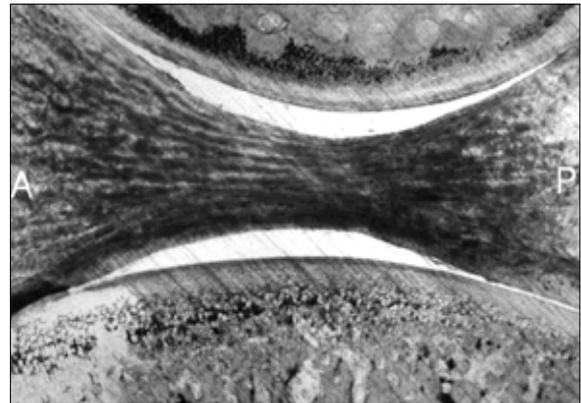


Fig. 10. Left TMJ finding of experimental group at 4 weeks after experiment(von Kossa staining, X10), A: anterior, P: posterior. Compression in left TMJ was continued. There was also erosion at the articular surface.

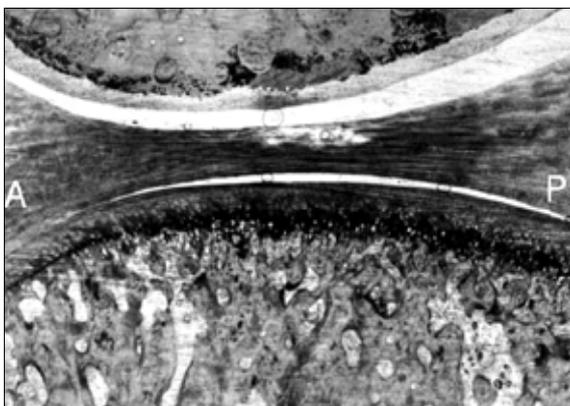


Fig. 11. Left TMJ finding of experimental group at 8 weeks after experiment(von Kossa staining, X10), A: anterior, P: posterior. Left TMJ was compressed only a little. The calcification was increased just beneath the articular surface. The resorption of anterior part of the condyle head was continued.

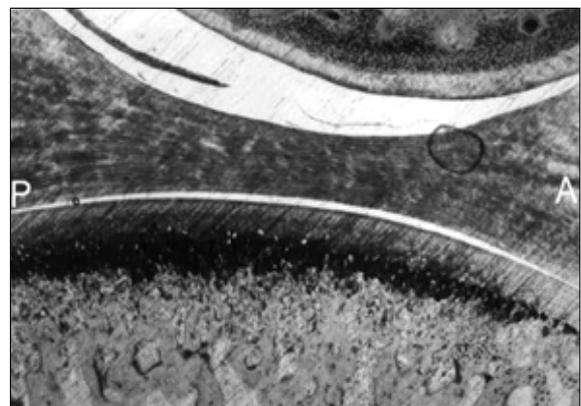


Fig. 12. Right TMJ finding of experimental group at 8 weeks after experiment(von Kossa staining, X10), A: anterior, P: posterior. Right side showed a gap and anterior bone resorption at the condyle head.

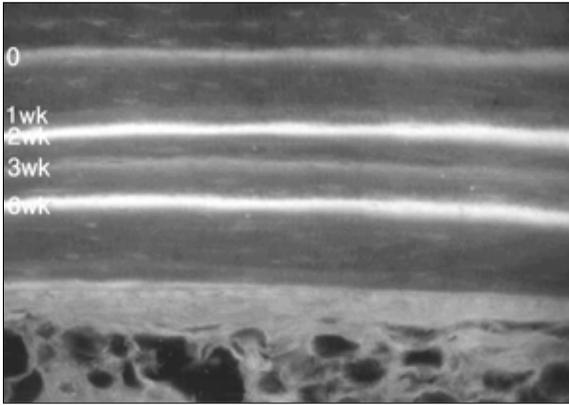


Fig. 13. Experimental group at 8 weeks after experiment(fluorescent microscopy, X40), O: start of experiment, wk: weeks
Posterior cortical plate of left condyle neck area showed a wider gap between 0 and 1 weeks and narrower gap between 1 and 2 weeks compared with the others, which showed even distribution of gap.

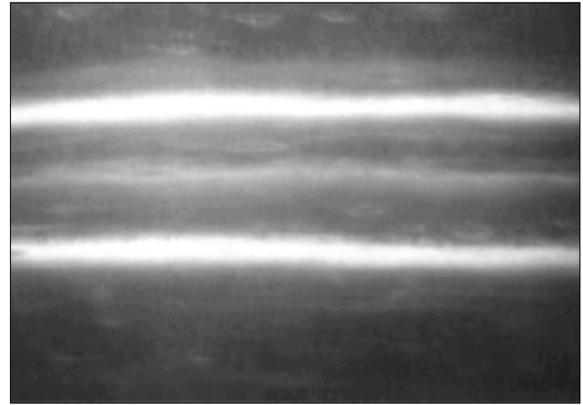


Fig. 14. Experimental group at 8 weeks after experiment(fluorescent microscopy, X100), wk: weeks

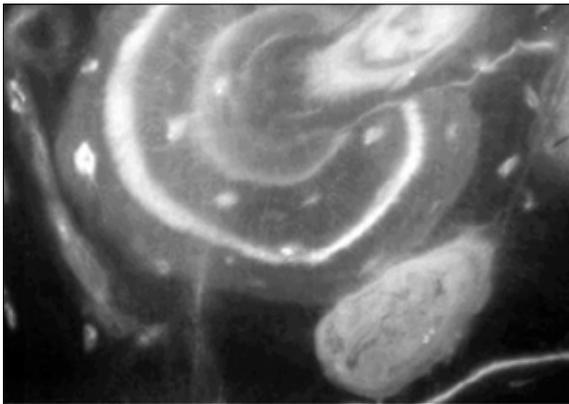


Fig. 15. Experimental group at 8 weeks(fluorescent microscopy, X100), wk: weeks Inner side of condyle neck showed a active remodeling.

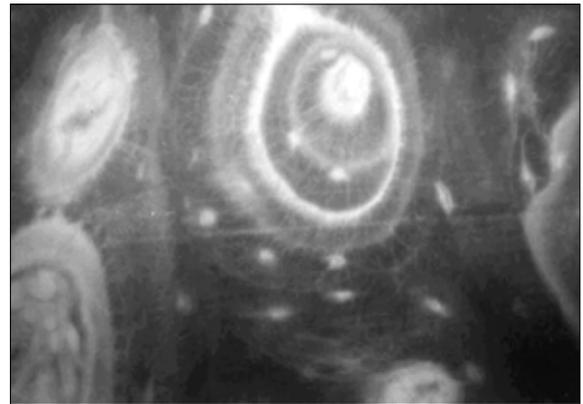


Fig. 16. Experimental group at 8 weeks(fluorescent microscopy, X100), wk: weeks Only focal area of first week labeling were left.

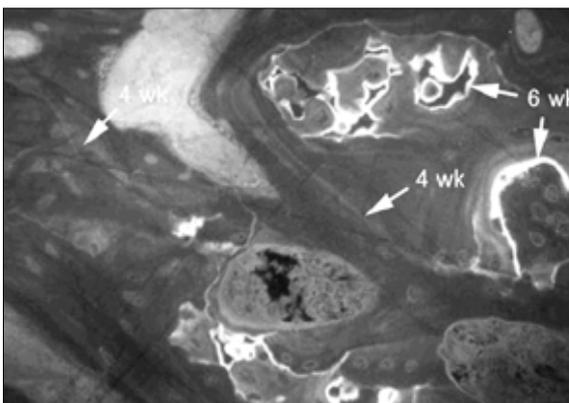


Fig. 17. Experimental group at 8 weeks(fluorescent microscopy, X40), ←4 wk: Alizarine red, ←6 wk: Calcein
Only 2 bands represent the fourth and sixth week(arrows) were observed at the upper condyle neck. The gaps between bands were also irregular.

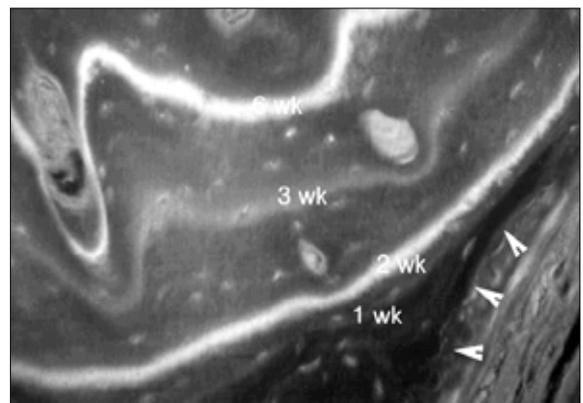


Fig. 18. Experimental group at 8 weeks(fluorescent microscopy, X100), Only bone resorptions(arrowhead) were observed at the outer surface of the left anterior condyle neck. The widest gap of bands were between the 2 and 4 weeks.

2. 형광현미경적 소견

골의 침착량의 변화는 8주군에서 형광제제의 침착으로 확인하였을 때 좌측 하악 과두 경부의 후방부 피질골층에서는 첫 1주간의 골 침착량이 가장 많은 것으로 나타났다. 그 후 2주째 골침착의 현저한 감소가 나타나며 그 후에는 정상과 유사한 침착량을 보였다(Fig. 13, 14).

그러나 재형성이 활발한 내측에서는 다양한 흡수상이 관찰되었으며 1주의 골침착대는 거의 관찰되지 않았다(Fig. 15, 16).

상부 미란대를 관찰하였을 때 4주와 6주의 침착만 관찰되어 그 이전의 골 표본은 완전히 재형성이 일어난 것으로 생각되었다. 또 밴드간의 간격도 일정치 않고 큰 편차를 보이며 나타났다(Fig. 17).

좌측 전반부의 과두경에서는 외면은 골 흡수상만 관찰되었고(화살표) 내면에서는 골 침착량이 점차 증가하여 3주에서 큰 증가를 보이며 4주까지 계속되다가 그 이후에는 감소하였다(Fig. 18).

이와 같은 소견으로 보면 좌측 하악과두에 후상방으로의 외력이 가해지면서 과두의 이동에 대한 보상으로 후방부 피질골에서의 골 침착과 전반부에서의 골 흡수를 통한 과두 이동의 보상 작용이 이루어지는 것으로 생각된다.

Ⅳ. 고 찰

교합과 악관절과는 상호 밀접한 관계를 유지하고 있어 교합 상태의 이상은 악관절 및 악관절 주위 조직에 조직학적 또는 생리학적인 변화를 초래시킴으로서 악운동의 장애는 물론 여러 가지 임상적 증상을 야기한다. 악안면의 성장과 발육 중에서 하악골의 성장에 관한 하악 과두의 역할에 대한 연구와 교합과 악관절과는 상호 밀접한 관계를 갖고 있어 교합의 변화 또는 악운동의 변화에 대응하는 악관절 조직의 적응성에 관한 많은 연구가 보고되었다.⁴⁶⁻⁸²⁷

Shore³⁰는 치아 결손으로 인한 편측 저작시에 반대측 즉 비기능측의 악관절에서 조직상의 변화를 야기시키며 이러한 현상을 그는 기능측의 치아가 지렛대의 중심점이 되며 중심점의 편측 이동으로 인하여 치아 결손 측에 변화가 일어나게 된다고 하였으며, 또한 주위 근육의 수축을 제어한 지대치의 상실로 인하여 과두가 내후방 경사를 초래시키므로 과두의 변화를 촉진시킨다고 하였다. Wild와 Bay³¹는 비기능측 악관절의 모든 조직과 전 두개골의 변화도 초래시킨다고 하였다. 본 연구에서는 초기에서의 하악과두는 후상방으로 이동하면서 관절강에 압박 소견을 보였고 우측 과두는 후방이 약간 변위되는 소견을 보였다. 3일째에는 실험군의 좌측 과두가 뒤로 밀려있는 소견을 보였으며 골 형성의 정도는 대조군과 실험군간에 뚜렷한 차이를 보이지 않았는데 이는 Shore³⁰, Wild와 Bay³¹의 보고와 유사한 결과를 보였다.

Hiniker와 Ramfjord¹⁹는 원숭이의 하악을 전방 이동시키면 압박 부인 과두 전방 부에서 골 흡수상이 관찰되었으며, 과두의 관절면에서 초자양 변성이 보이나 연골의 변화는 없었고 종말에는 과두의 골 파괴상은 소실되나 면이 조잡하고 과두 후면에서는 신생골의 침착상을 보였다고 보고하였다. Breitner²⁰도 Hiniker와

Ramfjord¹⁹와 같은 실험을 원숭이에서 시행한 바 과두돌기의 흡수는 물론 관절와의 전벽에서 흡수를 보였고, 후방에서는 관절와와 과두의 간극이 넓어지고 시일이 경과하면서 관절와의 후벽과 과두 후면에 골 침착이 일어나며 관절 부위의 재형성이 이루어짐을 보고하였다. 본 연구의 4주군에서도 과두의 관절면이 관절원판의 압박으로 국소적인 골 흡수상이 관찰되었으며, 좌측에서는 관절원판의 섬유성 연골 부위에서 일부 파괴상을 보였고, 8주군에서는 좌측의 과두가 후방으로 변위되고 관절원판의 압박 소견이 지속되고 과두에서의 골 침착상은 좌측이 더욱 많고 뚜렷하며 더욱 넓은 범위에서 나타났다. 이는 Breitner²⁰와 Hiniker, Ramfjord¹⁹의 보고와 같은 결과였다.

형광현미경 관찰에서는 우측 과두에서 3~4주간의 형광밴드의 간격이 넓어 이 시기에 골 형성량이 매우 많은 것으로 보였고, 좌측 과두에서 형광밴드간의 간격은 과두경으로 갈수록 넓어져 과두경부의 골 형성량이 더 큰 것으로 생각되었다. 과두의 위치는 좌측이 약간 앞으로 밀려있는 소견으로 어느 정도 원래의 위치로 회복되는 소견을 보였으며, 또한 실험 8주군에서는 현저한 골의 재형성 소견을 보였는데 우측이 더욱 뚜렷하게 나타났고 좌측에서는 밴드간의 간격이 우측보다 좁게 나타나는 것으로 보아 골 침착이 우측보다 적게 나타났음을 알 수 있었다. 실험군의 좌측 관절강은 아직 다소 압축된 소견이었고 우측 과두는 약간 뒤로 밀리는 소견과 관절강의 압축 소견이 잔존하는 것으로 보였다.

Baume와 Derichsweiler²⁶는 하악을 전방 이동시켜 자극에 대한 과두의 반응을 장골의 성장과 비교한바 장골의 연골은 간질 성장을 하는 반면, 하악과두는 섬유연골층에서 표면 침착에 의하여 연골이 성장하며 다른 연골에서와 달리 화골중심이 없고 연골 성숙이 결코 일어나지 않는다 하였으며 이러한 소견은 악관절이 주위 환경에 적응됨을 의미하는 것이라 하였다. 하악과두에 있는 초자연골의 석회화에 대한 주사전자현미경적 연구도 많이 보고되었는데, Takiguchi³³는 백서의 석회화된 연골전면을 주사전자현미경으로 관찰한 바, 석회화된 연골 전면에서는 연골소강들이 불규칙하게 산재되어 있고, 연골소강 내에선 다양한 형태의 구조물이 발견되었다고 하였다. 본 연구에서도 실험 2주부터 우측 과두의 후방부에서 비대대가 두꺼워지는 소견과 형광선들의 간격이 넓어져 있었으며, 또한 비대대 전 영역에서의 골 침착이 증가되어 있었으므로 Takiguchi³³의 연구와 같은 소견을 보였다. Lester와 Ash³⁴는 백서 하악과두의 골절시의 골화와 연골 파괴상을 주사현미경으로 관찰한바 석회화된 연골의 흡수부가 관찰되고 골 흡수 부위를 비교해 본 결과 골막하 또는 내골성 골 흡수가 관찰되었으며, 초기의 흡수가 연골 소강에서부터 여러 소강으로 광범위하게 확산되며 골의 섬유성 성분의 석회 침착이 시작되어 골소강과 골주의 조직화에 핵심이 된다 하였다. 실험 8주군에서는 현저한 골의 재형성 소견을 보였는데 우측이 더 뚜렷하게 나타났고, 좌측에서는 밴드간의 간격이 우측보다 좁게 나타나는 것은 Lester와 Ash³⁴의 보고와 유사하였다.

Graber³⁵는 하악과두의 성장은 하악골 자체의 기능에 영향을 받은은 물론, 다른 기관의 성장, 인접 조직의 성장 및 외부 압력

과 같은 외적 요인에 영향을 받기 쉽다고 하였고, Hinton⁹⁾은 악관절에서의 변화는 적응성 또는 보상적 특성을 갖는다고 하였다. Kantoma와 Hall¹⁰⁾은 하악골이 기능을 하면 하악과두 연골의 성장 과정이 늦어진다고 하였고 기능이 없으면 연골은 성숙하여 골로 대체된다고 하였다. Moffett¹¹⁾은 여러 가지 기계적 자극에 대하여 형태학적으로 적응하여 관절 연골이 관절 형태를 변화시킬 수 있을 정도로 충분히 증식할 수 있다고 하였고, Johnston¹²⁾은 하악과두가 독립적인 성장 능력을 갖고 있으며 정상적인 하악골 성장에 하악과두가 필요하다는 사실은 하악과두가 주요 성장 부위라는 것을 말해주며 하악과두의 적응 능력과 하악골의 전이성 성장에 포함된 힘을 발휘할 만한 능력이 없다는 것은 다소 기능 모체설과 일치한다고 하였고, 관절의 하중 양상만이 하악과두 성장을 조절하는데 필요한 요소이고 기능의 저조함은 중요한 요소가 아니라고 하였다. Pirntiniemi 등¹³⁾은 편측성 구치부 반대교합 환자의 하악 과두 경로는 비대칭적으로 하악골이 반대측으로 더 성장하여 하악골이 회전한다고 하였고, 성장중인 아동에서의 편측성 반대교합이 편측성 저작 습관을 유발하여 비대칭계에 익숙해지기 때문에 편측성 반대교합 환자는 조기 치료하여야 한다고 하였다.

본 연구는 성장중에 있는 가토를 기계적으로 우측으로 측방 변위시켜 하악과두에 미치는 영향을 관찰함으로써 교합의 변화에서 야기되는 하악의 변위는 물론 교정 치료시 교정력에 의한 치열의 변화에 따른 하악과두의 변화와 편측성 구치부의 반대교합이 하악과두의 성장 및 석회화에 미치는 영향에 관하여도 알아보고자 본 연구를 시도한 결과, 실험 3일군에서는 좌측 과두는 좌상방으로 이동하면서 관절강이 압박으로 협소하여지고 우측 과두는 후방으로의 변이되는 소견을 보였다. 실험 1주일에는 좌측과두가 뒤로 밀려있는 소견을 보였으며 골형성의 정도는 대조군과 실험군간에 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 실험 2주군의 경우 우측 과두에서 더욱 명백한 골의 재형성 소견을 나타내었다. 특히 1~2주 사이의 형광밴드가 넓게 나타나 초기의 골 형성량이 많은 것으로 생각되었다. 이 경우에 좌측의 형광밴드간의 폭경이 더 넓게 나타나 압박을 많이 받은 좌측의 골 형성량이 초기에 더 많은 것으로 생각되었다. 이와 함께 실험군의 좌측 과두에서는 과두 관절면의 손상 소견이 관찰되었으며, 실험 4주군의 경우 관절강이 전후로 좁아지고 약간 압축된 소견을 보였다. 우측 과두가 3~4주간의 형광밴드의 간격이 넓어져 있는 것을 보아 이시기에 골형성량이 더 큰 것으로 생각되었다. 과두의 위치는 좌측이 약간 앞으로 밀려 있는 소견으로 어느 정도 원래의 위치로 회복되는 소견을 보였다. 실험 8주군에서는 현저한 골의 재형성 소견을 보였는데 우측이 더 뚜렷하게 나타났고, 좌측에서는 밴드간의 간격이 우측보다 좁게 나타났다. 실험군의 좌측 관절강은 아직 다소 압축된 소견이었고 우측 과두는 약간 뒤로 밀리는 소견을 보였고 관절강의 압축소견이 지속되는 것으로 보였다.

V. 결 론

하악 전치의 편위로 인한 악관절의 변화를 보기 위하여 가토의

상악 전치에 사면관을 장착하여 하악을 우측으로 편위시켜서 발생하는 악관절의 변화 양상을 관찰하기 위하여 비탈회 골 조직 연마 표본을 제작한 후 생체 염색제의 골내 침착상을 형광현미경으로 관찰하고, von Kossa염색을 시행하여 석회화 정도를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

하악과두의 변화는, 초기에 우측 과두에서 압박이, 좌측 과두에서는 이개가 되면서 양측 과두가 동시에 전방으로 이동하는 경향을 보였으며, 이후에는 좌측 과두는 전방 이동과 악관절의 압박 소견을 보였으며 우측 과두는 약간의 전방 이동상만을 보였다. 이로 인하여 과두 및 과두 경부의 전방부에서는 골 흡수상이, 과두경부의 후방부에서는 골 침착상이 나타났으며, 양측 모두에서 과두경부 골수강에서의 골의 재형성 소견이 어느 정도 완료되고, 다소의 압박 및 변위의 소견이 지속되고 있었으며 정상적인 기능성 과두로 회복된 소견을 보였다.

따라서 이와 같이 하악의 위치 변화에 의하여 일어나는 하악과두의 소견은 교합학적인 측면에서 매우 의미가 있다고 보며 앞으로 더 많은 연구가 요구된다고 사료된다.

참 고 문 헌

- Okeson JP, Fundamentals of Occlusion and temporomandibular joint disorders, CV Mosby Co., St. Louis, 1985.
- Meikle MC, The role of the condyle in the postnatal growth of the mandible, Am J Orthod, 64:50-62, 1973.
- Thilander B, Carlsson GE & Ingervall B, Postnatal development of the human temporomandibular joint, I. A histological study, Acta Odontol Scand, 34:117-126, 1976.
- Ingervall B, Carlsson GE & Thilander B, Postnatal development of the human temporomandibular joint, II. A microradiographic study, Acta Odontol Scand, 34:133-139, 1976.
- Ghafari J, Jacobsson-Hunt U, Higgins-Barber K, Beideman RW, Shofer FS & Laster LL, Identification of condylar anatomy affects the evaluation of mandibular growth: guidelines for accurate reporting and research, Am J Orthod Dentofac Orthop, 109:645-652, 1996.
- Petrovic AG, Mechanisms and regulation of mandibular condylar growth Acta Morhol Neerl Scand, 10:25-34, 1972.
- Ghafari J & Heeley JD, Condylar adaptation to muscle alteration in the rat, Angle Orthod, 52:26-37, 1982.
- Ghafari J & Degroote C, Condylar cartilage response to continuous mandibular displacement in the rat, Angle Orthod, 56:49-57, 1986.
- Morinaga Y, Changes in the mandibular condyle of the rat with the course of age; an observation by transmission electron microscopy, Kyoto Kaigaku Kokukagaku Kiyo, 19:1-19, 1979.
- Bhussary BR, Suarez FR & Bhaskar SN(Eds), Temporomandibular joint, in Orban's oral histology and embryology, pp.404-413, CV Mosby Co., 1980.
- Jee WS. & Weiss(Eds), The skeletal tissue in histology: Cell and tissue biology, pp201-204, The Mc Press, 1983.
- Laskin DM, Etiology of the pain-dysfunction syndrome, J Am Dent Assoc, 79:147-153, 1969.
- Hiniker JJ. & Ramfjord SP, Anterior displacement of the mandible in adult rhesus monkeys, J Prosthet Dent, 16:503-512, 1966.
- Charlier JP, Petrovic A & Herrmann-Stutzmann J, Effects of mandibular hyperpropulsion on the prechondroblastic zone of young rat condyle, Am J Othod, 55:71-74, 1969.
- Stokli PW & Willert HG, Tissue reactions in the temporomandibular joint resulting from anterior displacement of the mandible in the monkey, Am J Orthod, 60:142-155, 1971.
- Elgoyhen JC, Moyers RE, McNamara JA Jr & Riolo ML, Craniofacial adaptation of protrusive function in young rhesus monkeys, Am J

- Orthod, 62:469-480, 1972.
17. Baume LJ, Ontogenesis of the human temporomandibular joint. 2. Development of the temporal components, *J Dent Res*, 49:864-875, 1970.
 18. Petrovic AG, Mechanisms and regulation of mandibular condylar growth *Acta Morphol Neerl Scand*, 10:25-34, 1972.
 19. McNamara JA Jr, Functional adaptations in the temporomandibular joint, *Dent Clin North Am*, 19:457-471, 1975.
 20. Boyd TG, Castelli WA & Huelke DF, Removal of the temporalis muscle from its origin: Effects on the size and shape of the coronoid process, *J Dent Res*, 46:997-1001, 1967.
 21. Goret-Nicaise M, Awn M & Dhem A, The morphological effects on the rat mandibular condyle of section of the lateral pterygoid muscle, *Eur J Orthod*, 5:315-321, 1983.
 22. Awn M, Goret-Nicaise & Dhem A, Unilateral section of the lateral pterygoid muscle in the growing rat does not alter condylar growth, *Eur J Orthod*, 9:112-128, 1987.
 23. Phillips C, Shapiro PA & Luschei ES, Morphologic alterations in *Macaca mulatta* following destruction of the motor nucleus of the trigeminal nerve, *Am J Orthod*, 81:292-298, 1982.
 24. Pimenidis MZ & Gianelly AA, The effect of early postnatal condylectomy on the growth of the mandible, *Am J Orthod*, 62:42-47, 1972.
 25. Janzen EK & Bluher JA, The cephalometric, anatomic, and histologic changes in *Macaca mulatta* after application of a continuous-acting retraction force on the mandible, *Am J Orthod*, 51:823-855, 1965.
 26. Baume LJ & Derchsweller H, Is the condylar growth center responsive to orthodontic therapy? An experimental study in *Macaca mulatta*, *Oral Surg, Oral Med & Oral Path*, 14:347-362, 1961.
 27. Meikle MC, In vivo transplantation of the mandibular joint of the rat : An autoradiographic investigation into cellular changes at the condyle, *Arch Oral Biol*, 18:1011-1020, 1973.
 28. McNamara JA Jr, Hinton RJ & Hoffman DL, Histologic analysis of temporomandibular adaptation to protrusive function in young adult rhesus monkey (*Macaca mulatta*), *Am J Orthod*, 82:288-298, 1982.
 29. Tonge EA, Health JK & Meikle MC, Anterior mandibular displacement and condylar growth, An experimental study in the rat, *Am J Orthod*, 82:277-287, 1982.
 30. Shore NA, Temporomandibular joint dysfunction and occlusal equilibrium, JB Lippincott Co., Philadelphia, 1976.
 31. Wild H & Bay R, Lever action of the mandible, *J Am Den Assoc*, 35:596, 1947.
 32. Breitter C, Bone changes resulting from experimental orthodontic treatment, *Am J Orthodontics and Oral Surg*, 26:521, 1940.
 33. Takiguchi R, Scanning electron microscopic study on mandibular condyle of ages rats, *Bull Tokyo Dent Coll*, 19:149-157, 1978.
 34. Lester KS & Ash MM Jr, Scanning electron microscopic study on mandibular condyle of Ages Rats, *Ultrastructure Res*, 74:46-58, 1981.
 35. Graber T.M., Extrinsic control factors influencing craniofacial growth, Univ. of Michigan Press Ann Arbor, 75-100, 1976.
 36. Hinton RJ, Form and function in temporomandibular joint, Univ. of Michigan Press Ann Arbor, 37-60, 1981.
 37. Kantoma T. & Hall B.K., On the importance of cAMP and Ca⁺⁺ in mandibular condylar growth and adaptation, *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 99:418-426, 1991.
 38. Moffett B, Articular remodeling in the adult human temporomandibular joint, *Am J Anat*, 115-142, 1964.
 39. Johnstom LE & Graber LW(Eds), *Orthodontics: The curious case of the chimerical condyle*, pp.59-74, CV Mosby Co., St Louis, 1986.
 40. Pirttinineimi P, Kantoma T & Lahtela P, Relationship between craniofacial and condylar path asymmetry in unilateral cross-bite patients, *Eur J Orthod*, 12:408-413, 1990.