

백서 하악골의 기능적 전방위가 하악골 성장에 미치는 영향

경북대학교 치과대학 치과교정학교실

박효상 · 권오원

목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구결과
- IV. 총괄 및 고찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록
- 사진부도

I. 서 론

안면의 부조화를 가지고 있는 성장기 골격성 부정교합자의 치료에 있어서 안면의 조화를 얻기 위해서는 성장 발육에 대한 지식이 필수적이다. 특히 악안면골에서 하악골 성장의 조절은 치과 교정학에 있어서 매우 중요한 분야로서 이에 대한 많은 실험적 연구가 있어 왔다.

하악과두연골은 유전에 의하여 주로 영향을 받는 일차연골과는 달리 계통발생학적으로 간엽성 조직에서 유래되고, 막성골과 연관되어 있어 이차 연골로서 분류되고¹⁾ 생화학적 성분도 일차연골과 차이가 나며²⁾, 특히 조직학적으로 혈관분포 및 석회화양상이 일차 연골과 서로 다르며 세포가 불규칙적으로 배열되어 있고 세포간질이 적고 항상 연골모세포로만 분화하는 것이 아니라 골모세포로도 분화하므로 외

력에 의하여 쉽게 영향을 받을 수 있다³⁾.

하악과두연골의 성장에 영향을 미치는 요인들로서는 크게 전신적 요인과 국소적 요인으로 구분될 수 있다. 전신적 요인에 관한 연구로서 Collins 등⁴⁾은 시상하부를 제거한 백서에서 하악과두 연골층의 감소를 관찰하였고 Becks 등⁵⁾은 시상하부를 제거한 백서에 성장호르몬 및 thyroxin을 투여한 결과 하악과두 연골층이 증가됨을 보고하였으며, Petrovic 등⁶⁾은 somatotrophic hormone이 하악과두 연골층의 증식을 가져 온다고 하였다. Baume⁷⁾은 성장기 백서에 비타민 A 결핍을 유도한 경우 하악과두 연골의 골화가 촉진되고 과비타민증을 유도한 경우 하악과두 연골의 조로현상이 일어남을 관찰한 바 있고, Gerling 등⁸⁾, 민 등⁹⁾ 및 오와 성¹⁰⁾은 성장기 백서에 맥동전자기장을 가할 경우 하악과두 연골층이 증식됨을 관찰하였다.

국소적 요인에 관한 연구로서 Bouvier와 Hylander¹¹⁾은 연식(연한 음식)을 준 백서에서 경식(단단한 음식)을 준 백서에 비하여 하악과두 연골층의 감소가 일어남을 보고 하였으며 Bouvier와 Jimmy¹²⁾ 또한 경식을 준 백서에서 연식을 준 백서에 비하여 하악과두의 크기가 증가됨을 관찰하였으며 Mcfadden 등¹³⁾은 경식을 준 백서에서 하악지 고경의 증가와 하악골 형태의 변화가 일어남을 보고하였다.

Lindsay¹³⁾는 백서에 편측으로 고경을 높인 실험에서 하악과두 연골 세포층의 세포 분열이 증가됨을 관찰하였고 Buchner¹⁴⁾는 백서에 고경을 높이는 장치를 장착하여 하악과두 연골층의 증가를 관찰한 바 있다. 박¹⁵⁾은 백서에 사면편을 이용하여 하악골을 후방 변위시킨 실험에서 하악과두 후반부 연골층의 감소와 전반부 연골층의 증가를 보고 하였으며, Petrovic¹⁶⁾은 백서에 구내 2급 견인력을 가하여 하악과두 연골의 증식과 하악체 길이 증가를 관찰한 바 있으며, 경¹⁷⁾은 4주령의 백서에 후방 견인력을 가할 경우 실험초기에는 하악과두 상부의 연골층의 두께 감소와 하악체 길이 감소가 나타나나 성장을 통하여 이 효과는 없어진다고 하였다.

1979년 Petrovic 등³⁾은 백서의 외측 익돌근 제거가 하악과두의 전연골아세포층의 감소를 가져오고 허 또한 하악골 성장에 영향을 미친다고 하였으며, 박¹⁸⁾은 교근을 절제한 성장기 백서에서 하악과두 연골층의 감소를 초래한다고 하였다. 이처럼 하악과두 연골은 이러한 환경적 변화에 대하여 비교적 잘 적응한다고 알려져 있으며, 또한 실험 동물의 연령²⁰⁻²¹⁾이나 일주기와 계절³⁾에 의해서도 영향을 받는다.

하악골의 성장을 촉진시키기 위한 하악골의 기능적 전방위에 대한 실험으로 Charlier 등²²⁾은 백서 하악골의 기능적 전방위가 전연골아세포층의 증식을 가져온다고 하였으며, Petrovic 등³⁾은 하악과두 연골층의 증식과 외측 익돌근의 serial sarcomere의 감소와 하악체 길이 증가를 보고 하였으며, Stöckli와 Willert²³⁾는 원숭이에서 기능적 전방위가 악관절부의 변화를 가져오고 이 효과는 성장을 통하여 유지됨을 관찰하였으며, Elgoyhen 등²⁴⁾은 기능적 전방위 장치를 장착한 원숭이에서 하악과두의 성장속도와 성장량이 증가됨을 관찰하였다. McNamara와 Carlson²⁵⁾은 원숭이의 하악골을 기능적 전방위시킨 결과 하악과두 연골층의 두께 증가를 보고 하였고, McNamara²⁴⁾는 implant를 매식한 원숭이의 두부 방사선 규격사진을 통한 연구에서 하악골 길이의 증가를 보고한 바 있으나, Degroote²⁶⁾는 성장기 백서

에 기능적 전방위 장치를 장착시켜 하악과두 연골층의 두께 감소와 하악체 길이 감소를 관찰한 바 있다.

임상적 연구로는 Marschner와 Harris²⁷⁾는 activator 사용시 하악골의 길이가 증가되고 치료군에서 하악골의 성장속도가 촉진된다고 보고하였고, Freunthaller²⁸⁾는 치조골의 변화와 더불어 하악골의 길이가 증가된다고 하였으며, Meach²⁹⁾는 하악과두 성장에 의하여 부정교합이 해소된다고 하였다. McNamara 등³⁰⁾은 기능적 교정장치는 상악골에는 영향을 미치지 않으며, 상하악 치열의 적응과 하악체의 길이 증가를 가져 왔다고 하였다. 반면 Björk³¹⁾는 기능적 교정장치에 의한 골격적 변화는 정상 성장의 범주 안에 있다고 하였으며, Jakobsson³²⁾, Harvold와 Vargervik³³⁾도 하악골 성장에는 별효과가 없으며, 단지 치조골의 변형, 고경의 변화, 치아의 맹출에 의한 변화가 있다고 보고하였다. Hotz³⁴⁾는 기능적 교정장치의 주작용은 상악골의 성장억제에 있으며, 이는 하악에 의한 근육의 견인 작용 때문이라 하였으며, Luder³⁵⁾는 상악골의 성장 억제와 하악골의 성장 방향의 변화를 가져온다고 하여 하악골 성장 촉진을 부정하였다. 이처럼 하악골의 성장촉진 가능성에 대하여서는 아직도 많은 논란이 있다.

이에 저자는 성장기 백서에 기능적 전방위 장치를 장착시켜 기능적 전방위가 하악골 성장에 미치는 영향과 장치제거후 성장을 통하여 나타나는 변화를 알아보기 위하여 체중 측정, 경골 측정, 방사선사진 측정과 하악과두 및 과두와의 조직관찰을 시행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물

실험동물은 동일조건하에서 사육된 생후 4주령의 Sprague-Dawley계 웅성백서 60마리를 이용하여 실험군 32마리, 대조군 20마리, 정상군 8마리씩 배정하였고 이들은 다시 Table 1과 같이 1주, 2주, 4주, 8주군의 4개의 소군으

Table 1. The number of experimental animals

Group	Experimental period (wk)			
	1	2	4	8
	Age (wk)			
	5	6	8	12
Experimental	3	3	13	13
Control			10	10
Normal	2	2	2	2
Total	5	5	25	25
				60

로 분류하여 실험에 사용하였다.

실험군과 대조군은 두군사이의 유전적 변이를 최소화하기 위하여 동복에서 태어난 웅성백서중 체중이 비슷한 동물을 짝을 지워 실험군과 대조군으로 배정하였다.

2. 장치제작 및 장착

하악골의 기능적 전방위 장치는 Degroote²⁸⁾의 방법을 개량하여 교안 제작하였다(Fig. 1). 교정용 밴드(0.08×3.8mm, Tomy Co., Japan)를 사용하여 사면판을 형성한 후 교정용 황동선을 납착시켰으며 장치의 착탈을 편리하게 하기 위하여 교정용 고무 밴드를 황동선 사이에 끼워 코의 배면에 봉합하여 고정시켰다. 장치장착시 하악전치가 사면판에 닿아서 인위적인 외력이 가하여지지 않고 단지 근육의

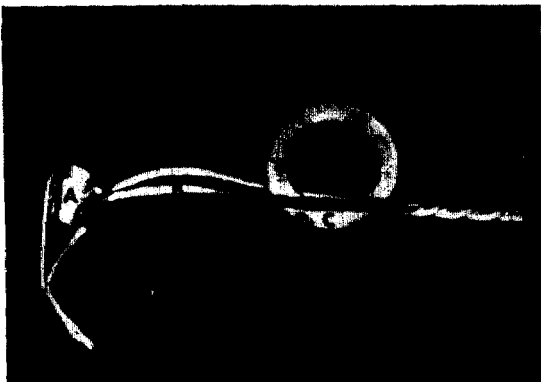


Fig. 1. Postural hyperpropulsor used in this study.

A: incisor collar B: brass wire
C: elastic rubber band

힘에 의하여 하악골이 전방유도 되도록 하였으며 이때 구치부는 접촉되지 않도록 하였다(Fig. 2). 대조군은 사면판이 없는 장치를 장착시켰으며 실험군과 대조군 1, 2, 4주군은 해당 기간동안 하루 10시간씩 낮시간동안 장치를 장착시켰으며, 8주군에서는 4주간 장치장착후 4주간 장치를 제거하였다.

3. 체중 측정 및 골 측정

체중이 비슷한 것끼리 짝을 지워 실험군과 대조군으로 배정한 4주 및 8주군은 1주 단위로 체중을 측정하였으며, 각 10마리씩은 경골을 분리 적출하여 골 측정 표본으로 사용하여 경골 양단의 길이를 디지털 캘리퍼(Mitutoyo Co., Japan)로 1/100mm까지 측정하였고 실험군과 대조군사이의 유의성 검증은 paired t



Fig. 2. Lateral view of the rat worn the postural hyperpropulsor.

-test를 시행하였다.

4. 방사선사진 계측

4주 및 8주군의 실험군과 대조군의 각 10마리씩을 희생시킨 후 두개를 시상평면을 통해 절개하여 양쪽으로 분리한 후 표준 구내 방사선 필름위에 놓고 필름과 90도 각도로 60cm거리에서 65kvp, 7.5mA로 촬영하였다(Fig. 3). 촬영된 두부 방사선 사진은 등배율로 확대 인화하여 Fig. 4와 같은 계측점을 부여하여 컴퓨터에 입력한 후 Fig. 5와 같은 계측 항목을 계측하였다.

또한 8주군의 하악골을 분리 적출하여 동일한 방법으로 방사선 사진을 촬영하여 하악과두의 후상방 부위에서 연골층 직하방의 신생골 골소주의 방향과 하악하연이 이루는 각(Fig. 5)을 측정하였으며, 이들 각각의 측정치들은 평균과 표준편차를 구하였고 실험군과 대조군 사이의 통계학적 유의성 검증은 paired t-test를 시행하였다.

5. 조직 표본 제작 및 검경

실험이 끝난 각 실험군의 백서 3마리씩과 정상군 8마리는 10% 중성 formalin 용액에 고정한 후 악관절 부위를 통법에 따라 탈회, 수세, 탈수시킨 후 파라핀 포매하였다. 포매된 조직

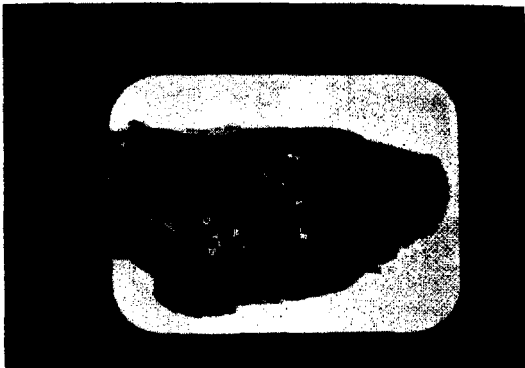


Fig. 3. Sagittal split of the rat head and positioning of the hemihead on the standard dental film.

은 4 μ m 두께의 시상면 절편으로 악관절 부위를 절단한 후 H & E 중염색하여 광학 현미경 하에서 관찰하였다. 하악과두 연골은 상부, 후상부, 후부로 구분하여(Fig. 6) 섬유층, 중식층, 성숙세포층, 비대 연골세포층 등의 연골층 두께를 micrometer를 이용하여 좌우측 하악과두를 각각 2회씩 측정하여 평균치를 구하였다.

III. 실험성적

1. 체중의 변화

4주군의 실험기간중 체중변화는 Table 2, Fig. 7에, 8주군의 체중변화는 Table 3, Fig. 8에 각각 나타내었으며, 실험기간동안 실험군과 대조군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

2. 경골의 변화

경골의 변화는 실험군과 대조군 사이에 유의한 차가 없었다($P>0.05$), (Table 4, Fig. 9).

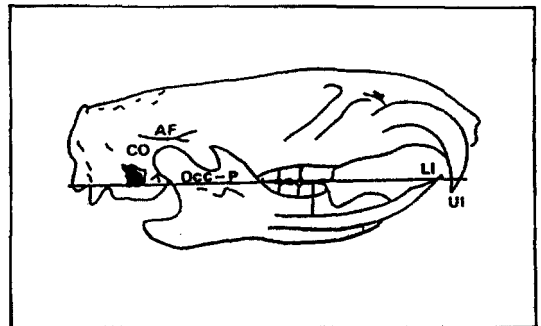


Fig. 4. Landmarks and basic line used in this study.

- UI: incisal tip of upper incisor
- LI: incisal tip of lower incisor
- AF: the lowest point of articular fossa
- CO: most posterosuperior point of condyle
- Occ-P: line drawn from midpoint between mesial cusps of upper first molar and lower first molar to midpoint between distal cusps of upper third molar and lower third molar

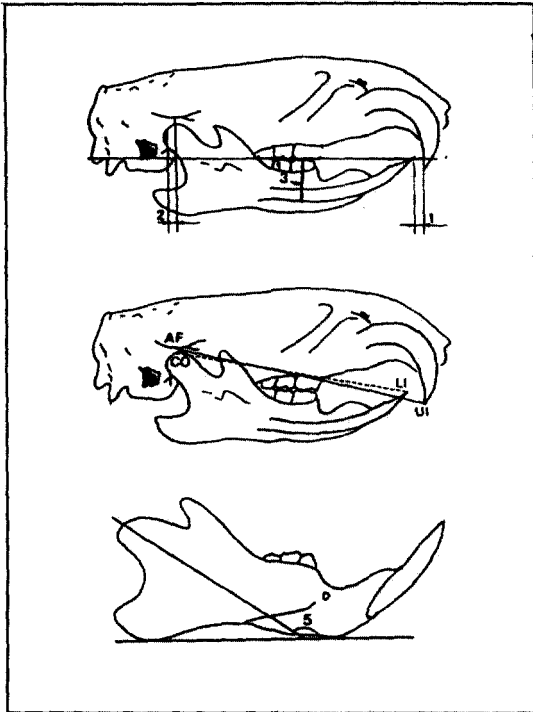


Fig. 5. Items of liner measurements, ratio and angular measurement

1. Incisor overjet (UI-LI): distance from UI to LI on occlusal plane
2. condyle position(AF-CO): distance from AF to CO on occlusal plane
3. tooth axis of lower first molar to occlusal plane
4. ratio of mandibular length to maxillary length (CO-LI/AF-UI)
5. angle between the chief axis of the bone trabeculae in the condyle and the mandibular plane

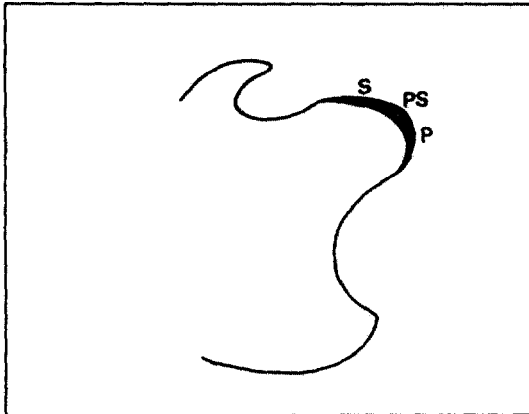


Fig. 6. Sagittal section of the condyle.

- S: superior portion
- PS: posterosuperior portion
- P: posterior portion

Table 2. Body weight changes of rats worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks (experimental) and control rats (unit : gm)

Experimental period (wk)	Group				
	0	1	2	3	4
Experimental (Mean ± SD)	69.9 ± 13.0	89.6 ± 14.2	102.1 ± 20.7	130.9 ± 3.7	158.9 ± 30.3
Control (Mean ± SD)	69.7 ± 12.1	90.8 ± 11.2	107.0 ± 14.6	135.1 ± 22.0	161.2 ± 24.1

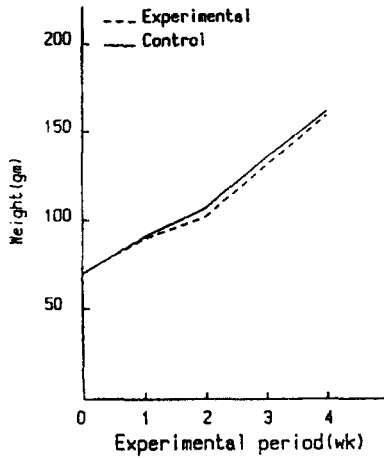


Fig. 7. Body weight changes of rats worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks (experimental) and control rats. Not-significant difference between experimental and control groups, $p > 0.05$.

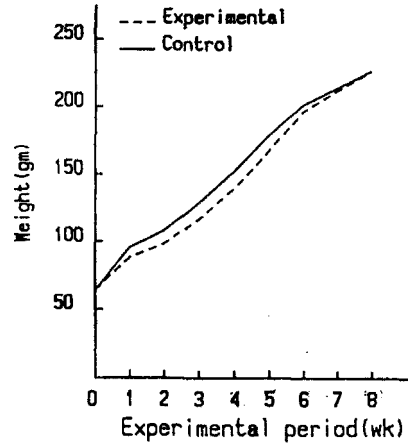


Fig. 8. Body weight changes of rats observed for 4 weeks after worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks (experimental) and control rats. Not-significant difference between experimental and control groups, $p > 0.05$.

Table 3. Body weight changes of rats observed for 4 weeks after worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks (experimental) and control rats (unit : gm)

Experimental period (wk) Group	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Experimental (Mean \pm SD)	64.4 ± 14.8	88.2 ± 18.9	98.6 ± 23.0	117.6 ± 21.1	140.0 ± 22.3	167.4 ± 22.7	196.6 ± 30.7	212.1 ± 28.5	226.8 ± 7.6
Control (Mean \pm SD)	64.2 ± 14.0	95.6 ± 13.7	105.4 ± 17.1	129.3 ± 18.8	152.6 ± 21.1	179.0 ± 19.9	201.4 ± 26.9	213.9 ± 25.5	226.9 ± 6.9

Not-significant difference between experimental and control groups, $P > 0.05$

Table 4. Length of rat tibias (unit: mm)

Experimental period (wk) Group	4	8
Experimental (Mean \pm SD)	27.33 ± 1.25	31.33 ± 0.95
Control (Mean \pm SD)	27.62 ± 0.97	31.60 ± 0.96

Not-significant difference between experimental and control groups, $P > 0.05$

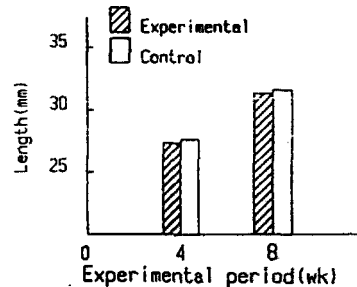


Fig. 9. Length of rat tibias. Not-significant difference experimental and control groups, $p > 0.05$.

3. 방사선사진 계측

하악과두 연골층, 직하방의 신생골 골소주의 방향과 하악하연이 이루는 각은 8주군에서는 실험군이 대조군보다 크게 나타났다($p < 0.01$), (Table 5, Fig. 10).

전치 수평피개는 장치 장착 4주후에는 실험군에서 대조군보다 작게 나타났으나($p < 0.01$), 4주간 장치 장착후 4주간 제거한 8주군에서는 실험군과 대조군사이에 유의한 차가 없었으며($p > 0.05$), 하악과두의 위치는 4주 및 8주군에서 실험군이 대조군보다 과두와의 정점에 비하여 후방위치 되었다($p < 0.01$), (Table 6, Fig. 11).

하악 제 1 대구치의 치축은 4주군에서 실험군이 대조군에 비하여 전방 경사되었으나($p < 0.01$), 8주군에서는 실험군과 대조군사이에 유의한 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$), (Table 6, Fig. 12).

상악골 길이에 대한 하악골 길이의 비(CO-LI/AF-UI)는 4주군과 8주군에서 모두 실험군이 대조군에 비하여 크게 나타났다($p < 0.01$), (Table 6, Fig. 13).

4. 조직 소견

1주군 : 하악과두 연골은 세포형태, 조직의

Table 5. Angle between the chief axis of the bone trabeculae in the condyle and mandibular plane of rats observed for 4 weeks after worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks (experimental) and control rats (unit: degree)

Experimental (Mean \pm SD)	141.9 \pm 4.0
Control (Mean \pm SD)	135.8 \pm 2.9

Significant difference between experimental and control groups, $P < 0.01$

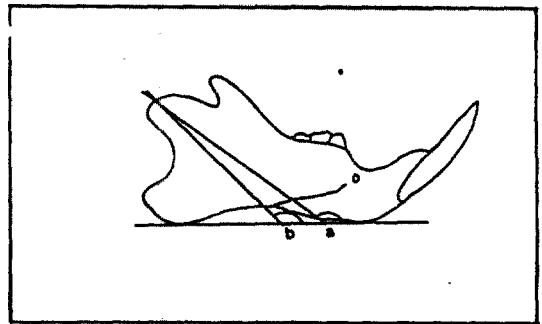


Fig. 10. Angle between the chief axis of the bone trabeculae in the condyle and the mandibular plane of rats observed for 4 weeks after worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks (a) was directed more posteriorly as compared with that of control rats (b).

Table 6. Linear measurements angular measurement and ratio

Group Item (unit)	4 week		8 week	
	Experimental (Mean \pm SD)	Control (Mean \pm SD)	Experimental (Mean \pm SD)	Control (Mean \pm SD)
Incisor overjet (mm)	0.27 \pm 0.21	0.66** \pm 0.13	0.64 \pm 0.44	0.54 \pm 0.21
Condyle position (mm)	-0.33 \pm 0.34	0.17** \pm 0.32	-0.80 \pm 0.31	-0.04** \pm 0.35
\bar{b} to Occlusal plane (°)	81.97 \pm 4.27	85.27** \pm 2.71	85.87 \pm 2.75	86.37 \pm 2.27
CO-LI/AF-UI	0.99 \pm 0.02	0.95** \pm 0.12	0.98 \pm 0.02	0.96** \pm 0.01

Significant difference between experimental and control groups, ** $P < 0.01$

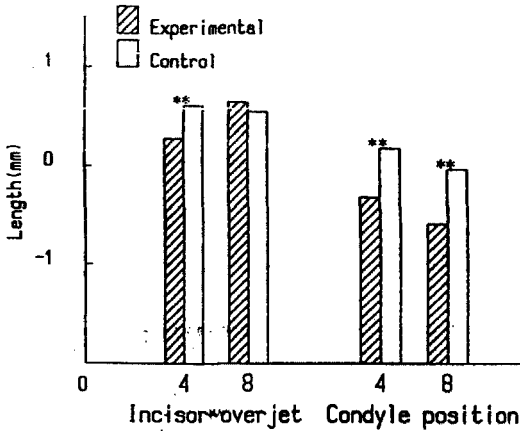


Fig. 11. Linear measurements of incisor overjet and condyle position on radiograph. Significant difference between experimental and control groups, **p < 0.01.

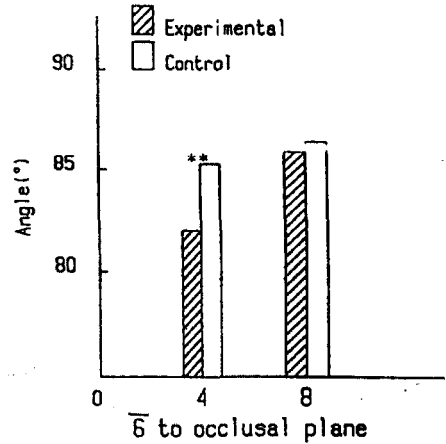


Fig. 12. Tooth axis of lower first molar to occlusal plane. Significant difference between experimental and control groups, **p < 0.01.

구조에 따라 섬유층, 증식층, 성숙세포층, 비대연골세포층 등의 4층으로 구분될 수 있는데, 전반적인 형태는 상부 및 후부가 얇고 후상부가 두꺼운 초승달 형태를 나타내었으며, 실험군과 정상군 사이에 인정할 만한 차이가 나타나지 않았다.

과두와를 이루는 인상골(squamosal bone)에서도 섬유층, 미분화 세포층이 있었으며, 그 하방에 치밀골로 골개조가 일어나고 있는 신생골이 보였으나, 실험군과 정상군 사이에는 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다(Table 7, Fig. 14, 15).

2주군: 실험군에서 상방 부위의 과두연골층의 두께가 정상군에 비하여 증가되었으며, 특히 섬유층과 증식층의 현저한 증가를 보였으며, 비대연골세포층 하방에는 실험군과 정상군 모두 골소주의 두께가 얇았으며, 많은 파골세포와 조골세포가 골양을 형성하는 것을 관찰할 수 있었다.

인상골의 과두와 부위는 실험군에서 정상군에 비하여 치밀골로 골개조가 일어나지 않은 신생골의 두께가 증가된 양상을 보였다(Table 7, Fig. 16-19).

4주군: 과두연골의 두께는 모든 부위에서 실험

군이 정상군에 비하여 증가된 양상을 보였으며, 특히 후부의 성숙세포층의 증가가 두드러진 양상이었다.

인상골의 과두와 부위에서는 치밀골로 골개조가 일어나지 않은 신생골의 두께가 실험군에서 정상군에 비하여 현저히 증가된 양상을 보였으며, 과두와의 후방 부위에는 연골층이 나타났다(Table 7, Fig. 20-25).

8주군: 실험군 및 정상군 모두 골소주의 두께가 두꺼워지고 혈행이 감소되며, 연골층의 두께도 현저히 감소되었으며, 인상골이 과두와 부위에서도 모든 층의 두께가 감소된 양상을 보였다(Table 7, Fig. 26, 27).

IV. 총괄 및 고찰

악안면 부위 특히 하악골의 성장에 있어서 하악과두의 역할은 오랫동안 논쟁의 대상이 되어왔으며 1940년대에서 1960년대까지는 주로 하악과두가 중요한 성장의 중심지로서 유전에 지배를 받는다고 생각되어 왔다.

1944년 Massler와 Schour³⁶⁾는 하악과두가 중요한 성장부위로서 하악과두의 성장에 의하여 하악을 전하방으로 밀어낸다고 하였으며

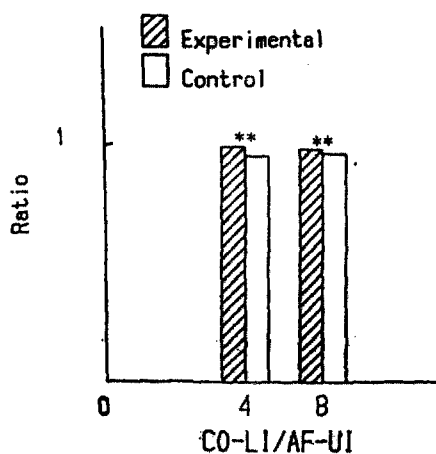


Fig. 13. Ratio of mandibular length to maxillary length. Significant difference between experimental and control groups, $**p < 0.01$.

Table 7. Condylar cartilage measurements of the normal and experimental rats

(unit: μm)

Portion Exp. period	Supervisor		Posterosuperior		Posterior	
	Nor. (Mean) (N = 2)	Exp. (Mean) (N = 3)	Nor. (Mean) (N = 2)	Exp. (Mean) (N = 3)	Nor. (Mean) (N = 2)	Exp. (Mean) (N = 3)
1 week group						
F	28.3	29.56	24.26	32.01	39.45	57.66
P	36.51	27.77	36.75	33.32	40.92	47.53
T	42.14	48.51	71.05	73.83	108.78	89.51
H	76.2	72.68	142.35	136.71	146.02	127.40
Total	183.15	178.52	274.41	275.87	335.07	322.10
2 week group						
F	26.95	42.78	33.57	39.20	63.95	64.35
P	24.50	32.00	30.63	38.55	52.43	43.77
T	43.37	55.37	93.10	81.83	91.14	75.30
H	75.95	89.43	115.64	114.50	123.97	126.58
Total	170.77	219.44	272.94	274.08	331.49	310.00
4 week group						
F	26.71	40.51	23.52	34.46	58.31	63.21
P	28.91	31.20	33.81	35.12	47.53	58.80
T	46.06	57.98	67.38	84.12	88.45	108.45
H	59.29	70.56	139.90	116.62	142.35	148.63
Total	160.97	200.25	264.61	270.22	336.64	379.00
8 week group						
F	36.26	36.42	44.59	26.46	56.35	64.84
P	19.50	28.26	47.53	32.67	26.95	30.22
T	49.49	44.92	48.27	70.23	76.44	72.36
H	76.20	39.53	72.03	95.88	91.14	85.10
Total	181.45	149.13	212.42	225.24	250.88	252.52

Nor.: normal group, Exp.: experimental group, F: fibrous layer,
P: proliferating layer, T: transitional layer, H: hypertrophic layer.

Robinson과 Sarnat³⁷⁾는 하악과두가 가장 중요한 성장의 중심지로서 하악지 고경의 증가를 일으키며 더 나아가 하악과두 연골이 중요한 성장의 중심지라 하였다. Symons³⁸⁾는 하악과두가 장골의 성장판과 비슷하다고 하였고 Baume과 Derichsweiler³⁹⁾ 또한 하악과두가 하악골 성장의 중심지라 하였다. Sicher와 Bhaskar⁴⁰⁾는 하악과두 연골이 하악지고경의 증가 뿐만 아니라 하악골 전체의 길이 증가에도 기여한다고 하였다.

한편 1959년 Moss와 Rankow⁴¹⁾에 의하여 처음 소개되었던 “functional matrix theory” 즉 하악과두는 주위환경에 이차적으로 적응한다는 설은 Jarabak과 Stuteville⁴²⁾의 원숭이의 양측과두 제거시 안면성장에 별영향이 없다는 보고와 Gianelly와 Moorrees⁴³⁾의 양측 하악과두를 제거한 백서에서 하악골의 길이에는 큰 변화가 없다는 보고에 의하여 지지를 받게 되었다.

1975년 Enlow⁴⁴⁾는 하악과두는 하악의 여러 성장부위중 하나로서 하악골 성장에 중요한 역할을 하며 주위환경에 의하여 영향을 받는다고 하였다. Moyers⁴⁵⁾는 이러한 상반된 견해에 대하여 명확한 결론을 내리기는 어려우나 하악과두가 하악골 성장에 중요한 역할을 하고, 또한 주위근육의 변화에 의한 적응 또한 중요한 역할을 하며, 둘중 하나가 변화하면 다른쪽이 보상을 하여 성장한다고 하였다.

하악골 성장 조절에 관한 임상적 연구는 장치의 형태 차이, 계측 방법의 차이, 장치 장착 시간 및 협조도의 차이가 있을 뿐만 아니라 개개의 성장 양상의 다양성, 대조군 선정의 어려움 등으로 그 결과가 매우 다양하고 조직학적 관찰 등 기초적 실험을 행할 수 없기 때문에 악관절이 인간과 유사한 포유동물을 통하여 많은 실험이 이루어지고 있다. 본 연구에 사용된 백서는 하악골의 형태, 크기 및 저작방법, 악관절의 해부학적 구조가 인간과는 상이하나 높은 번식력으로 많은 개체를 동일 조건하에서 실험에 이용할 수 있고 출생조건을 명확히 알 수 있으며, 동복에서 태어난 개체를 실험군과 대조군으로 사용하여 개체간의 유전적 변이를

최소화 할 수 있으며 또한 개체간의 골성장 양상에 획일성이 있으므로 실험동물로 이용하였다.

하악골 기능적 전방위 장치는 Degroote²⁶⁾의 방법을 개량하여 제작하였으며, 고무밴드를 코의 배면에 봉합하여 마취없이 쉽게 착탈할 수 있게 하므로써 마취에 의한 성장의 전신적 장애를 배제할 수 있었다. Degroote²⁶⁾은 백서 하악골에 기능적 전방위장치를 장착할때 구치부 접촉이 없을 경우 하악골 성장의 증가가 일어나지 않는다고 하였으나, Petrovic³⁾의 실험에서는 구치부의 접촉없이도 하악골 성장의 증가가 일어나며 또한 너무 많은 전방 이동은 하악골 성장을 억제시킨다는 보고로 미루어 보게데 Degroote²⁶⁾가 사용한 장치가 너무 크게 제작되어 백서의 저작기능에 장애를 주었기 때문이라 사료된다.

Petrovic¹⁶⁾은 하악골을 구외에서 인위적으로 전방 견인하였을 경우 하악골 길이의 증가가 나타나지 않았고, 기능적 전방위 장치를 24시간 장착할 경우 하악골 길이의 증가가 나타나지 않는 반면, Fränkel appliance와 같은 장치를 장착한 경우 즉 장착한 상태에서도 기능을 할 수 있는 장치의 경우 24시간 장착한 군이 12시간 장착한 군보다 더 많은 하악골 길이의 증가가 일어난다고 보고한 바 있다. 위의 사항으로 미루어 볼 때 장치 장착시 적절한 기능의 가능 여부가 매우 중요하다고 사료되어 본 실험에서는 장치 장착시 인위적인 외력이 가하여지지 않고 단지 근육의 힘에 의하여 사면판을 따라 하악골이 전방유도 되도록 하였으며 이때 구치부 접촉은 되지 않도록 하였고 하악골이 전후방으로 움직일 수 있는 공간을 부여하여 기능장애를 주지않도록 하였다.

본 실험에서 기능적 전방위 장치는 활동이 적은 낮시간 동안 하루 10시간씩 장착시켰고, 대조군에서는 사면판이 없는 장치를 장착시킨 결과 실험군과 대조군사이에 체중의 변화나 경골의 길이변화에 유의한 차가 없었으므로 상하악골에서 일어난 변화는 기능적 전방위에 의하여 일어난 변화로 볼 수 있다고 사료된다.

하악과두의 연골층 적하방의 신생골 골소주

의 주된 주행방향과 하악 하연이 이루는 작은 1976년 Stutzmann⁴⁶⁾이 백서에 있어서 하악과 두의 성장 방향과 이 신생골 골소주의 방향이 일치한다는 보고가 있는 이래로 하악과두 성장 방향의 평가에 많이 이용되어 왔다.

Petrovic¹⁶⁾은 기능적 전방위 장치를 장착시킨 백서에서 장치장착 48일에는 이 각이 커지거나 점차 성장이 진행되어 장치장착 180일후에는 대조군과의 차이가 없어진다고 보고한 바 있으며, Stutzmann과 Petrovic¹⁷⁾은 4주령의 백서에 기능적 전방위 장치를 4주간 장착시킨 결과 이 각이 커짐을 관찰하였다. 본 연구에서도 하악과두 연골층 직하방의 신생골 골소주의 방향과 하악하연이 이루는 각이 8주군에서 실험군이 대조군보다 더 큰 것으로 나타나 선택들의 연구결과와 유사한 소견을 나타내었고 이는 기능적 전방위 장치가 하악 과두의 성장 방향을 정상 성장보다 더 후방으로 유도한 것으로 사료된다.

McNamara²¹⁾는 원숭이에 기능적 전방위 장치를 장착시킨 결과 하악치열의 전방경사를 보고한 바 있으며 Degroote²⁰⁾는 4주령의 백서에 4주간 기능적 전방위 장치를 장착한 결과 장착 초기에는 실험군에서 하악 제1대구치 전방경사가 크게 나타났으나 실험 4주경에는 실험군과 대조군 사이에 차이를 발견할 수 없었다고 보고하였다. 본 연구에서는 하악 제1대구치가 4주군에서는 실험군이 대조군에 비하여 더 많이 전방 경사되었고 8주군에서는 대조군과 유의한 차가 없었다. 이는 실험 4주간에는 치열의 적응에 의하여 전방 경사가 되었으나 장치 제거후 기능회복에 의하여 하악 제1대구치가 직립하였기 때문이라 사료된다.

상하악의 전후방적 상호위치 관계를 평가하기 위한 절치 수평 피개는 4주군에서는 실험군이 작게 나타났고 8주군에서는 대조군과 차이가 없게 나타난 것은 실험 초기에는 근 신경계의 적응²²⁾에 의하여 전방위치 되었던 하악골이 장치 제거후 원래 위치로 되돌아간 것으로 사료되며, 이는 백서에 있어서는 과두와의 깊이가 얇고 과두와의 후방에 후과두와들기(post-glenoid spine)가 없어서 하악골이 후방위치 될

수 있기 때문이라 생각되며, 원숭이나 인간에 있어서는 후과두와들기가 있으므로 이와는 다른 현상이 나타날 것으로 사료된다. 또한 하악과두의 과두와 정점에 대한 위치 관계에서 4주, 8주군에서 실험군이 각각 대조군에 비하여 후방 위치한 점으로 미루어 볼때 하악골의 성장이 상악골의 성장에 비하여 촉진되었거나 상악골의 성장이 억제되었을 것으로 사료되나 하악과두 부위의 연골층의 증가와 하악과두의 성장 방향이 후방 경사된 것으로 미루어 볼 때 하악 과두의 성장량 증가에 의하여 일어났다고 사료되며, 특히 8주군에서는 실험군의 하악골이 원래의 위치로 되돌아갔음에도 불구하고 실험군과 대조군의 과두와 정점에 대한 하악과두의 위치차는 $-0.56\text{mm}(-0.60-(-0.04))$ 이었으나 4주군에서는 $-0.50\text{mm}(-0.33-0.17)$ 로 나타나 전방위 장치 4주간에 후방 성장이 많이 된 것으로 사료된다.

상하악골 길이 비의 변화에서 상악골 길이에 대한 하악골 길이의 비는 4주군에서 실험군이 더 크게 나타나, Petrovic 등²³⁾소견과 유사하였으며, 재발 상태를 보기 위한 8주군에서도 실험군이 크게 나타나 기능적 전방위 장치에 의한 성장량 증가 효과가 성장을 통하여 유지된다는 Petrovic 등²³⁾의 소견과 유사하였으나, 하악골은 사춘기 급성장(adolescent growth spurt) 이후에도 성장이 오랫동안 지속되므로 장기간을 통한 재발유무에 관한 연구가 필요하다고 사료된다.

하악과두 연골층의 힘에 대한 적용에 관하여서는 Meikle⁴⁸⁾은 하악과두 연골을 두개에 이식한 실험에서 주위환경에 의한 의력이 가하여 지지 않을 경우 미분화 간엽세포가 연골모세포로 분화하지 않고 골모세포로 분화하는 것을 관찰한 바 있으며 Copray 등⁴⁹⁾은 하악과두 연골의 조직배양에 압축력을 가할 경우 힘의 정도에 따라 과두연골의 증식이 나타나며 힘이 너무 큰 경우 오히려 성장의 감소가 나타난다고 하였다. Bouvier²⁰⁾는 경식을 백서에 즐 경우 연식을 준 군보다 하악과두 연골의 연골층 두께와 섬유층의 두께가 증가한다고 하였으며, Hinton과 Carlson⁵⁰⁾도 절치를 갈아내어 절단

운동을 제거한 백서에서 하악과두 연골의 증식층과 섬유층 감소를 관찰한 바 있고, Simon⁵¹⁾은 하악과두 연골에 가하여지는 기계적 부하가 작아질 경우 하악과두 연골의 섬유층과 증식층의 두께가 감소하며 하악과두가 작아진다고 하였다. Glineburg 등⁵²⁾은 원숭이의 악관절을 고정시킨 실험에서 하악과두 연골의 연골층과 섬유층의 감소를 보고한 바 있다.

한편 Weijs⁵³⁾는 백서의 하악과두는 하악 안정위 시에는 하악과두와의 중앙부위에, 절치에 의한 절단시에는 하악과두가 전상방으로 경사진 하악과두와의 전방부에, 구치에 의한 저작시에는 후상방경사를 이루는 하악과두와의 후방부에 놓여진다고 하였으며 절치에 의한 절단시에 가장 큰 힘이 가하여진다고 하였다. 본 연구에서 2주 실험군에서 상부의 연골층의 증가는 위의 사항으로 미루어 볼때 기능적 전방위에 의하여 하악과두 상부에 힘이 가해져 이 자극에 의하여 연골층이 증가된 것으로 사료된다. 그러나 4주군에서 실험군은 모든 부위에서 연골층의 증식이 있었으며 특히 후부로의 증식이 현저하였는데 이는 Petrovic 등³⁾, Petrovic¹⁶⁾, McNamara²¹⁾, McNamara와 Carson²⁵⁾, Stutzmann과 Petrovic⁴⁷⁾ 및 McNamara 등⁵⁴⁾의 소견과 유사한 소견으로 기능적 전방위에 의한 주위 연조직, 특히 외측익돌근의 활성화 증가와 후원판 조직의 장력⁴⁷⁾에 의한 소견이라 사료되나, 압축력에 대한 하악과두 연골의 반응에 대하여서는 기초적 연구가 많이 있으나 장력에 대한 연구는 미흡한 실정므로 이에 대한 기초적 연구가 필요하다고 사료된다. 8주군에서 실험군과 대조군 사이에는 조직학적으로 뚜렷한 차이가 관찰되지 않았고 하악과두 연골층이 전반적으로 감소되었는데, 이는 백서의 연령이 성장이 왕성한 시기를 지난 12주령으로서 전반적인 연골층의 성장이 감소된 결과로 사료된다.

Petrovic¹⁶⁾은 기능적 전방위 장치나 구내 2급 견인력은 하악과두 연골의 증식과 하악체 길이의 증가를 가져오나, 구외 견인력은 효과가 없음을 보고한 바 있는데 이는 힘의 정도에 따라 하악과두 연골의 반응이 다르다는

Copray 등⁴⁹⁾의 연구로 미루어 볼때 하악과두 연골의 증식은 적절한 기능적 힘에 의하여 유도될 수 있다고 사료되며, 전방위량에 따른 하악골의 반응 정도가 다르다는 보고¹⁶⁾로 미루어 볼때 적절한 량의 전방위량의 결정을 통한 적절한 기능적 힘이 하악과두에 가하여지도록 하는 것이 중요하며 이에 대한 많은 연구가 있어야 될 것으로 사료된다.

기능적 전방위에 대한 과두와의 적응에 관하여서는 McNamara 등⁵⁴⁾ 및 Hinton⁵⁵⁾은 원숭이에서 후과두와돌기의 전방부에 골침착이 일어남을 보고하였으며, Woodside 등⁵⁵⁾은 후과두와돌기 전방부에 연골층의 증식을 보고한 바 있다. 본 연구에서도 4주 실험군에서 과두와를 이루는 인상골의 전방부에 섬유층의 증가와 신생골 생성의 증가를 가져왔는데 이는 백서의 절치를 갈아 내었을 경우 과두와를 이루는 인상골 전방부의 섬유층과 연골층의 감소를 보였다는 Simon⁵¹⁾의 보고를 통하여 볼때 하악골의 기능적 전방위에 의하여 과두와의 전방부에 기능적 자극이 가해진 결과로 사료된다.

이상의 연구에서 기능적 전방위의 효과는 하악골의 성장 촉진, 과두와의 적응, 치열의 적응등에 의하여 일어난다고 볼 수 있으나 그 정확한 작용기전에 관하여는 아직도 미흡한 상태이므로 이에 대한 많은 연구가 있어야 될 것으로 사료된다.

V. 결 론

백서하악골의 기능적 전방위가 하악골과 악관절 주위조직의 성장에 미치는 영향과 장치 제거 후 나타나는 성장 양상을 알아보기 위하여 생후 4주령의 웅성 백서에 하루 10시간씩 낮시간동안 기능적 전방위 장치를 1주, 2주, 4주군에서는 해당기간 동안 장착시켰으며 8주군은 4주간 장치장착후 4주간 장치를 제거하여 체중계측, 골 계측, 방사선사진 계측과 하악과두 및 과두와의 조직 관찰을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

하악과두 부위의 연골층 직하방의 신생골 골소주의 방향은 8주군에서 실험군이 대조군에

비하여 더 많은 후방경사를 보였다.

상악골 길이에 대한 하악골 길이의 비는 실험군에서 크게 나타났다.

하악 제 1 대구치의 치축경사는 4주군에서 실험군이 대조군보다 더 많은 전방경사를 보였으나 8주군에서는 유의한 차가 없었다.

2주 실험군에서는 하악과두 상방부위의 연골층이 증가하였고, 4주 실험군에서는 전반적으로 연골층이 증가된 양상을 보였다.

장치제거 4주후(실험 8주군) 실험군과 대조군 사이에 하악과두 연골층의 조직변화는 뚜렷한 차이가 관찰되지 않았다.

2주, 4주 실험군에서는 과두와를 이루는 인상골의 전방부에서 신생골의 두께가 증가되었다.

REFERENCES

1. Durkins, J. F.: Secondary cartilage; A misnomers, *Am. J. Orthod.*, 65(1):15-41, 1972.
2. Symons, N. B. B.: A histochemical study of the secondary cartilage of the mandibular condyle in the rat, *Archs Oral Biol.*, 10: 579-584, 1965.
3. Petrovic, A. G., Stutzmann, J. J., and Oudet, C. L.: Control process in the postnatal growth of the condylar cartilage of the mandible, in McNamara, J. A. Jr.(ed.): Determinations of Man. Form & Growth, Monograph #4, Craniofacial Growth Series, Ann Arbor, Center for Human Growth & Development, Univ. of Michigan, 1979, pp. 101-153.
4. Collins, D. A., Becks, H., Simpson, M. E., and Evans, H. M.: Growth and transformation of the mandibular joint in the rat; II Hypophysectomized female rats, *Am. J. Orthod. and Oral Surg.*, 33(8):433-446, 1946.
5. Becks, H., Collins, D. A., Simpson, M. E., and Evans, H. M.: Growth and transformation of mandibular joint in the rat; III The effect of growth hormone and thyroxin injections in the hypophysectomized female rats, *Am. J. Orthod. and Oral Surg.*, 32(8): 447-451, 1946.
6. Baume, L. J.: Differential response of condylar epiphyseal synchondrotic, and articular cartilage of rat to varying levels of vitamin A, *Am. J. Orthod.*, 58(6):537-551, 1970.
7. Gerling, J. A., Sinclair, P. M., and Roa, R. L.: The effect of pulsating electromagnetic fields on condylar growth in guinea pigs, *Am. J. Orthod.*, 87:211-223, 1985.
8. Bouvier, M. and Hylander, W. L.: The effect of dietary consistency on gross and histologic morphology in the craniofacial region of young rats, *Amer. J. Anat.*, 170: 117-126, 1984.
9. 민경호, 경희문, 성재현: 맥동전자기장이 백서의 하악골 과두성장에 미치는 영향, *경대치대논문집*, 6(2): 73-92, 1989.
10. 오용화, 성재현: 맥동전자기장이 백서 하악골 성장에 미치는 영향, *경대치대논문집*, 6(3): 9-38, 1989.
11. Bouvier, M. and Zimmy, M. L.: Effects of mechanical load on surface morphology of the condylar cartilage of the mandible in rats, *Acta Anat.*, 129:293-300, 1987.
12. Mcfadden, L. R., Mcfadden, K. D., and Precious, D. S.: Effect of controlled dietary consistency and cage environment on the rat mandibular growth, *The Anatomical Record*, 215:390-396, 1986.
13. Lindsay, K. N.: An autoradiographic study of cellular proliferation of the mandibular condyle after induced dental malocclusion in the mature rat, *Archs Oral Biol.*, 22:711-

- 714, 1977.
14. Buchner, R.: Induced growth of mandibular condyle in the rat, *J. of Oral Rehabilitation*, 9:7-22, 1982.
 15. 박경진 : 백서 하악골의 후방이동이 과두에 미치는 영향에 관한 실험적 연구, *대한치과교정학회지*, 10(1) : 29-38, 1980.
 16. Petrovic, A. G.: Experimental and cybernetic approaches to the mechanism of action of functional appliances on mandibular growth, In McNamara, J. A. Jr. (editor): Malocclusion and the periodontium, Monograph #15, Craniofacial Growth Series, Ann Arbor, Center for Human Growth & Development, Univ. of Michigan, 1984, pp. 213-268.
 17. 경희문 : 백서하악골 후방견인의 하악골 성장에 관한 실험적 연구, *대한치과교정학회지*, 29(3) : 15-34, 1989.
 18. 박영철 : 백서 교근의 변형에 따른 악관절부의 병리 조직학적 연구, *대한치과교정학회지*, 11(1) : 53-61, 1984.
 19. 김태우 : 백서 외측 익돌근 제거가 하악골 성장에 미치는 영향에 관한 실험적 연구, *대한치과교정학회지*, 16(1) : 119-131, 1986.
 20. Bouvier, M.: Effects of age on the ability of the rat mandibular joint to respond to changing functional demands, *J. Dent. Res.*, 67(9):1206-1212, 1988.
 21. McNamara, J. A.: Neuromuscular and skeletal adaptations to altered function in the orofacial region, *Am. J. Orthod.*, 64(6): 578-606, 1973.
 22. Charlier, J. P., Petrovic, A. G., and Herrmann-Stutzmann, J. H.: Effects of mandibular hyperpropulsion on the prechondroblastic zone of young rat condyle, *Am. J. Orthod.*, 55(1):71-74, 1969.
 23. Stockli, P. W. and Willert, H. G.: Tissue reactions in the temporomandibular joint resulting from anterior displacement of the mandible in monkey, *Am. J. Orthod.*, 60(2):142-155, 1971.
 24. Elgoyhen, J. C., Moyers, R. E., McNamara, J. A., and Riolo, M. L.: Craniofacial adaptation to protrusive function in young rhesus monkeys, *Am. J. Orthod.*, 62(5):469-480, 1972.
 25. McNamara, J. A. and Carlson, D. S.: Quantitative analysis of temporomandibular joint adaptations to protrusive function, *Am. J. Orthod.*, 76(6):593-611, 1979.
 26. Degroote, C. W.: Alterability of mandibular condylar growth in the young rats and its implications (thesis), Louvain, Belgium: Katholieke Universiteit Leuven Faculteit der Geneeskunde, 1984.
 27. Marschner, J. F. and Harris, J. E.: Mandibular growth and CII treatment, *Angle Orthod.*, 36(1):89-93, 1966.
 28. Freunthaller, P.: Cephalometric observations in Class II, division I malocclusions treated with the activator, *Angle Orthod.*, 37(1):18-25, 1967.
 29. Meach, C. L.: A cephalometric comparison of bony profile changes in Class II, division I patients treated with extraoral force and functional jaw orthopedics, *Am. J. Orthod.*, 52(5):353-370, 1966.
 30. McNamara, J. A., Bookstein, F. L., and Shaugnessy, T. G.: Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on Class II patients, *Am. J. Orthod.*, 88(2):91-110, 1985.
 31. Björk, A.: The principle of the Andresen method of orthodontic treatment, a discussion based on cephalometric X-ray analysis of treated cases, *Am. J. Orthod.*, 37:437-458, 1951.

32. Jakobsson, S. O.: Cephalometric evaluation of treatment effect on Class III division 1 malocclusions, *Am. J. Orthod.*, 53(6):446-457, 1967.
33. Harvold, E. P. and Vargervik, K.: Morphogenetic response to activator treatment, *Am. J. Orthod.*, 60(5):478-490, 1971.
34. Hotz, R. P.: Application and appliance manipulation of functional forces, *Am. J. Orthod.*, 58(5):459-478, 1970.
35. Luder, H. U.: Skeletal profile changes related to two patterns of activator effects, *Am. J. Orthod.*, 81(5):390-396, 1982.
36. Massler, M. and Schour, K.: Postnatal growth pattern of the facial skeleton as measured by vital injections of alizarin red (Abs.), *J. Dent. Res.*, 23:218-1944.
37. Robinson, I. B. and Sarnat, B. G.: Growth pattern of the pig mandible, *Amer. J. Anat.*, 96:37-64, 1955.
38. Symons, N. B. B.: The development of the human mandibular joint, *Amer. J. Anat.*, 86:326, 1965.
39. Baume, L. J. and Derichsweiler, H.: Is the condylar growth center responsive to orthodontic therapy?; An experimental study in macaca mulatta, *Oral Surg., Oral Med., and Oral Path.*, 14:347-362, 1961.
40. Schier, H. and Bhaskar, S. N.: *Orban's oral histology and embryology*, 7th ed., The C. V. Mosby Co., St. Louis, 1972, p. 330.
41. Moss, M. L. and Rankow, R. M.: The role of the functional matrix in mandibular growth, *Angle Orthod.*, 38(2):95-103, 1968.
42. Jarabak, J. T. and Stuteville, O. H.: Bilateral mandibular condylar resection (Abs.), *J. Dent. Res.*, 31:509-510, 1952.
43. Gianelly, A. A. and Moorrees, C. F. A.: Condylectomy in the rat, *Archs Oral Biol.*, 10:101-106, 1965.
44. Enlow, D. H.: *Handbook of facial growth*, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1975, p. 92.
45. Moyers, R. E.: *Handbook of orthodontics*, 4th ed., Year Book Medical Publishers Inc., Chicago, London, Boca Raton, 1988, pp. 61-62.
46. Stutzmann, J. J.: Particularites de lacroissance post-natale des cartilages secondaires du squelette facial; Recherches in vivo et en culcure organotypique, chez le jeune rat, sur les processus de commande et de regulation, these de doctorat d'Etat-es-Sciences, Universite Louis Pasteur, Strasbourg, France, 1976.
47. Stutzmann, J. J. and Petrovic, A. G.: Role of lateral pterygoid muscle and meniscotemporomandibular frenum in spontaneous growth of the mandible and in growth stimulated by the postural hyperpropulsor, *Am. J. Orthod. and Dentofac. Orthop.*, 97(5):381-392, 1990.
48. Meikle, M. C.: In vivo transplantation of the mandibular joint of the rat: An autoradiographic investigation into cellular changes at the condyle, *Archs Oral Biol.*, 18: 1011-1020, 1973.
49. Copray, J. C. V. M., Jansen, H. W. B., and Duterloo, H. S.: The role of biomechanical factors in mandibular condylar cartilage growth and remodeling in vitro. In McNamara, J. A. Jr. (ed.): *Developmental aspects of temporomandibular disorders*, Monograph #16, Craniofacial Growth Series, Ann Arbor, Center for Human Growth & Development, Univ. of Michigan, 1985, pp. 235-269.
50. Hinton, R. J. and Carlson, D. S.: Response of the mandibular joint to loss of incisal

- function in the rat, *Acta Anat.*, 125:145-151, 1986.
51. Simon, M. R.: The role of compressive forces in the normal maturation of the condylar cartilage, *Acta Anat.*, 97:353-360, 1977.
 52. Glineburg, R. W., Laskin, D. M., and Blaustein, D. I.: The effects of immobilization on the primate temporomandibular joint; A histologic and histochemical study, *J. Oral and Maxillofac. Surg.*, 40:3-8, 1982.
 53. Weijs, W. A.: Mandibular movements of the albino rat during feeding, *J. Morph.*, 145: 107-124, 1975.
 54. McNamara, J. A., Hinton, R. J., and Hoffman, D.L.: Histologic analysis of temporomandibular joint adaptation to protrusive function in young adult rhesus monkeys (*macaca mulatta*), *Am. J. Orthod.*, 82(4): 288-298, 1982.
 55. Hinton, R. J.: Adaptive response of the articular eminence and mandibular fossa to altered function of the lower jaw: An overview, In McNamara, J. A. Jr. (ed.): *Developmental aspects of temporomandibular disorders*, Monograph #16, Craniofacial Growth Series, Ann Arbor, Center for Human Growth & Development, Univ. of Michigan, 1985, pp. 207-234.
 56. Woodside, D. G., Metaxas, A., and Altuna, G.: The influence of functional appliance therapy on glenoid fossa remodelling, *Am. J. Orthod.*, 92(3):181-198, 1987.

— ABSTRACT —

THE GROWTH CHANGES OF RAT MANDIBLE FOLLOWING POSTURAL HYPERPROPULSION OF MANDIBLE

Hyo Sang, Park, Oh Won Kwon

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Kyungpook National University

The purpose of this study was to investigate the growth changes of the mandible and associated structure in response to postural hyperpropulsion and changes after removal of postural hyperpropulsor.

The experimental animals were four-week-old Sprague-Dawley males rats. The animals were worn the postural hyperpropulsor diurnally for 10 hours per day.

The animals were sacrificed after 1-week, 2-week, 4-week postural hyperpropulsion and 4-week postural hyperpropulsion 4-week removal period.

The growth changes of rat mandible and associated structures following postural hyperpropulsion on the growing rat mandible were observed biometrically, radiographically and histologically.

The findings were as follows.

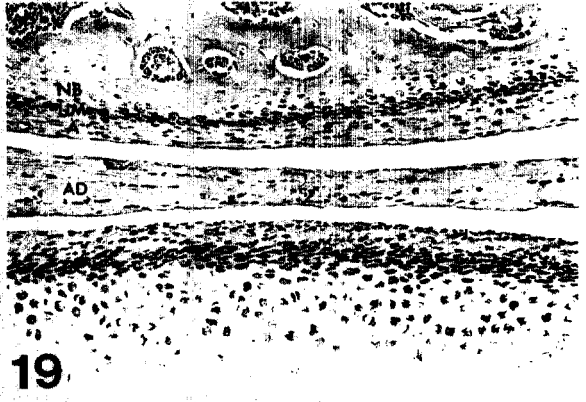
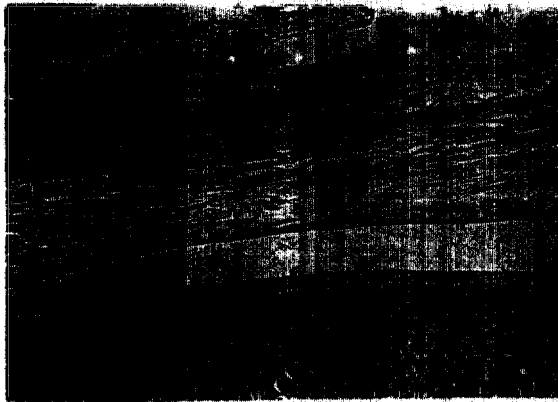
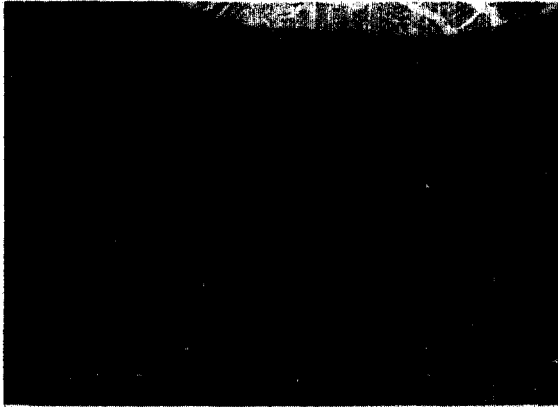
1. The angle between the chief axis of the bone trabeculae in the condyle and the mandibular plane of rats observed for 4 weeks after worn the hyperpropulsor for 4 weeks was directed posteriorly as compared with that of control rats.
2. The ratio of mandibular length to maxillary length of experimental rats was higher than that of control rats.
3. The tooth axis of mandibular first molar of rats worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks was mesially inclined as compared with control rats.
4. Histologically, the cartilage layer at the superior region of the condyle of rats worn the postural hyperpropulsor for 2 weeks appeared thicker than that of same aged normal rats, and generalized increase of the cartilage layer was shown on the condyle of rats worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks.
5. There was no significant histologic difference between rats observed for 4 weeks after worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks (8 week experimental rats) and same aged normal rats.
6. The newly formed bone at anterior region of articular fossa of rats worn the postural hyperpropulsor for 2 weeks and 4 weeks was thicker than that of same aged normal rats.

EXPLANATION OF MICROPHOTOS

- Fig. 14.** A sagittal section through the mandibular joint of a 5 weeks old normal rat, note crescent shaped condylar cartilage (CC), articular disc (AD), and articular fossa of squamosal bone (AF), HE, X32.
- Fig. 15.** A sagittal section through the mandibular joint of the rat worn the postural hyperpropulsor for 1 week (5 weeks old), there was no significant difference as compared with control rat, CC: condylar cartilage, AD: articular disc, and AF: articular fossa of squamosal bone, HE, X 32.
- Fig. 16.** A sagittal section through the mandibular joint of a 6 weeks old normal rat, CC: condylar cartilage, AD: articular disc, and AF: articular fossa of squamosal bone, HE, X 32.
- Fig. 17.** A sagittal section through the mandibular joint of the rat worn the postural hyperpropulsor for 2 weeks (6 weeks old), note the cartilage layer at the superior region of condyle of the experimental appeared thicker than that of the control, CC: condylar cartilage, AD: articular disc, and AF: articular fossa of squamosal bone, HE, X 32.
- Fig. 18.** The articular fossa of the squamosal bone of a 6 weeks old normal rat, NB: newly formed bone, UM: undifferentiated mesenchymal cell layer, A: articular covering, AD: articular disc, CC: condylar cartilage, HE, X 200.
- Fig. 19.** The articular fossa of the squamosal bone of the rat worn the postural hyperpropulsor for 2 weeks (6 weeks old), note the newly formed bone layer (NB) of the experimental appeared thicker than that of the control, UM: undifferentiated mesenchymal cell layer, A: articular covering, AD: articular disc, CC: condylar cartilage, HE, X 200.
- Fig. 20.** A sagittal section through the mandibular joint of a 8 weeks old normal rat, CC: condylar cartilage, AD: articular disc, and AF: articular fossa of squamosal bone, HE, X 200.
- Fig. 21.** A sagittal section through the mandibular joint of the rat worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks (8 weeks old), note generalized increase of cartilage layer was shown on experimental rat as compared with normal rat, especially the proliferating layer at the posterior region of the condyle, CC: condylar cartilage, AD: articular disc, and AF: articular fossa of squamosal bone, HE, X 32.
- Fig. 22.** The posterior region of the condyle of a 8 weeks old normal rat, F: fibrous layer, P: proliferating layer, T: transitional layer, H: hypertrophic layer, HE, X 32.
- Fig. 23.** The posterior region of the condyle of the rat worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks (8 weeks old), note the proliferating layer of the condylar cartilage of the experimental appeared thicker than that of the control, F: fibrous layer, P: proliferating layer, T: transitional layer, H: hypertrophic layer, HE, X 32.
- Fig. 24.** The articular fossa of the squamosal bone of a 8 weeks old normal rat, NB: newly formed bone, UM: undifferentiated mesenchymal cell layer, A: articular covering, AD: articular disc, CC: condylar cartilage, HE, X 200.

- Fig. 25.** The articular fossa of the squamosal bone of the rat worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks (8 weeks old), note the newly formed bone layer (NB) of the experimental appeared thicker than that of the control, UM: undifferentiated mesenchymal cell layer, A: articular covering, AD: articular disc, CC: condylar cartilage, HE, X 200.
- Fig. 26.** A sagittal section through the mandibular joint of a 12 weeks old normal rat, CC: condylar cartilage, AD: articular disc, and AF: articular fossa of squamosal bone, HE, X 32.
- Fig. 27.** A sagittal section through the mandibular joint of the rat observed for 4 weeks after worn the postural hyperpropulsor for 4 weeks (12 weeks old), there was no significant difference in the cartilage layer of the condyle and the squamosal bone as compared with normal rat, CC: condylar cartilage; AD: articular disc, AF: articular fossa of squamosal bone, HE, X 32.

논문 사진부도



19.



논문 사진부도

