

하악지 사선골절단술 후 하악두의 변화에 관한 실험적 연구

경희대학교 치과대학 구강외과학교실
조선경 · 김여갑

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE CHANGE OF CONDYLE HEAD AFTER MANDIBULAR RAMUS OBLIQUE OSTEOTOMY

Seon - Kyung Cho, Yeo - Gab Kim

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, College of Dentistry Kyung Hee University

This study was designed to observe the adaptive changes of mandibular condyles to displacement of mandibular condyle in adult animals.

In this study, 16 rabbits weighting about 3.5 kg was selected. Four rabbits were preserved for control group and 8 animals were divided into 3 groups, 2 weeks, 4 weeks and 8 weeks. The experimental animals were performed oblique osteotomy on both mandibular ramus and internal wiring at mandibular border.

The experimental animals were sacrificed consecutively on the 2 weeks, 4 weeks and 8 weeks after oblique osteotomy and mandibular condyles were dissected out carefully to produced tissue specimen.

The specimens were fixed with 10% N formaline solution for 24 hours and rinsed with phosphate buffer solution. It was decalcified with 5% nitric acid for 15 days. Thereafter the specimens were dehydrated in alcohol series and embedded paraffin as usual manner. The mebedded specimen were sectioned in 4-6 μ m microtome, stained with hematoxylin-eosin and azan stain and observed through light microscope.

The following results were observed from this experiment.

When there was postional change of condyle head after mandibular ramus oblique osteotomy in adult rabbit,

- 1. The density of chondrocyte was generally increased at condylar cartilage and the thickness of condylar cartilage was increased posterosuperior aspect of the mandibular condyle slightly.*
- 2. The density of chondrocyte was increased at proliferative zone so fibrous articular zone, porliferative zone and hypertrophic zone was clearly distinguished.*
- 3. Active endochondral bone formation was occurred at mandibular condyle.*

목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고찰
- V. 결 론
- 참고 문헌
- 사진 부도

I. 서 론

하악골에서의 악교정수술시 하악와에 대한 하악두의 변위가 나타날 수 있으며 이러한 구조적 및 기능적 환경의 변화에 대한 악관절의 적응능력에 관하여 많이 논의되어 왔다¹⁻⁸⁾. 하악의 변위는 악관절의 장애를 초래하기도 하고 하악두의 재형성으로 원활한 기능의 회복을 보이기도 한다⁹⁻²¹⁾. 악관절의 적응은 근신경계의 변화, 개체의 나이 및 성숙도와 밀접한 관계가 있어서¹³⁻¹⁵⁾ 성장이 완료된 악관절은 기능적인 악골의 변위에 적응하지 못한다고 하였으나^{13,16-18,22)} 최근 실험적인 연구에서 성장이 완료된 악관절에서도 적응을 발생시키는 재형성이 관찰되었다²³⁻²⁸⁾.

하악의 전방이동시 하악두의 적응에 대한 실험적인 연구에서 Breitner(1940)⁹⁾, Baume와 Derichsweiler(1961)¹⁰⁾, Charlier 등(1969)¹¹⁾, Stöckli와 Willert(1971)¹²⁾, McNamara(1973, 1975)^{13,14)} 및 McNamara와 Carlson(1979)¹⁵⁾ 등은 하악의 위치가 변화된 후 하악두연골의 보상적인 조직반응이 일어났다고 하였으며 이런 구조적인 반응은 외측익돌근의 근신경 활성화의 변화와 개체의 성숙도에 의한다고 하였다^{13,14,15)}.

성장이 완료된 경우 하악의 변위시 하악두의 변화에 대하여 Hiniker와 Ramfjord(1966)¹⁶⁾, McNamara(1973)¹³⁾ 및 Ramfjord와 Blankenship(1981)¹⁷⁾ 등은 성장이 완료된 악관절은 매우 안정적이고 변화에 저항하는 조직이기 때문

에 하악의 기능적인 위치변화시 악관절내에 적응을 위한 미세하고 가역적인 변화만 일으키고 현저한 변화는 일어나지 않았다고 하였다.

Ramfjord와 Enlow(1971)¹⁸⁾는 성장이 완료된 원숭이에서 하악의 기능적인 위치변화시 병적인 변화가 나타났다고 하였으며, Moffett등(1964)¹⁹⁾과 Blackwood(1966)²⁰⁾는 사체에서 하악의 기능적 위치변화시 하악두의 퇴행성 변화가 보였다고 하였고, Tonge등(1982)²¹⁾은 백서에서 하악의 전방이동시 하악두의 퇴행성 변성을 보고하였다.

Mongini(1977)²³⁾는 하악두의 기능변화가 재형성을 일으키고 이러한 재형성은 하악두의 변위에 의한 보상적인 성장으로 인하여 일어났다고 하였으며, Lindsay(1978)²⁴⁾와 Ehrlich등(1980)²⁵⁾은 성장이 완료된 동물의 교합을 변화시킨 후 하악두를 관찰한 결과 재형성이 계속적으로 나타났다고 하였다. McNamara등(1982)²⁶⁾은 하악의 기능적인 위치변화시 성장이 완료된 원숭이의 악관절에서 성장중인 원숭이에서와 유사한 변화가 관찰되었다고 하였으며, Ghafari와 Heeleg(1982)²⁷⁾는 성장중인 경우와 성장이 완료된 백서에서 하악의 위치가 변화된 후 하악두의 형태가 변화되었다고 하였으며 성장중인 하악두에서 성장이 완료된 경우보다 더욱 뚜렷한 조직반응을 보이지만 성장이 완료된 하악두에서도 하악두의 재형성이 계속 관찰되었다고 하였다. Ellis(1991)²⁸⁾는 성장이 완료된 원숭이에서 하악지의 시상골절단술에 의해 하악두의 위치를 변화시켰을 때 악관절내에 재형성이 관찰되었다고 하였다.

Ware와 Taylor(1968)¹⁾, Freihofer과 Petresević(1975)²⁾, Eckerdal과 Sund(1983)³⁾, Will등(1984)⁴⁾, Eckerdal등(1986)⁵⁾, Rosenquist등(1988)⁶⁾, Hackney등(1989)⁷⁾ 및 Peterson과 Willmar-Hogemen(1989)⁸⁾ 등은 악교정수술시 하악두의 위치변화에 대한 임상적인 연구에서 하악두의 형태적인 적응이 나타나며 이러한 하악두의 신생골형성은 수술에 의한 하악두의 전위량에 좌우됐다고 하였다.

이에 저자는 성장이 완료된 가토에서 하악지의 시상골절단술 후 하악두의 위치를 변화시켰

올때 하악두의 재형성 여부를 조직화학적으로 연구하기 위하여 가토의 양측 하악지의 사선골 절단술을 시행하고 골내고정으로 골절편을 고정시켰으며 술 후 기간별로 병리조직학적 및 조직화학적으로 관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

실험동물은 동일조건하에서 사육된 체중 3.5 Kg 내외의 성장이 완료된 웅성가토 16두를 사용하여 실험 2주, 4주 및 8주 후에 각각 4두씩 희생시켜 채취한 하악두를 실험재료로 하였으며 대조군은 외과적 처치를 시행하지 않은 4두의 하악두로 하여 병리조직학적 변화를 기간별로 관찰하였다.

2. 실험방법

실험동물은 체중 Kg당 sodium thiopental (대한 중의제약) 10mg을 가토의 이변연정맥에 주사하여 전신마취를 시행한 후 하악지부위를 통법에 의해 삭모 소독하고 지혈목적으로 1:100,000 epinephrine이 함유된 lidocaine을 주사하였다. 하악지부위에 수직으로 약 3cm정도 절개하고 피하조직, 교근 및 골막을 박리하여 하악 외사선의 중심부에서 하악우각부의 하악하연에 사선골절단술을 하고 반대측 하악지에도 동일한 술식으로 하악지 사선골절단술을 시행하였다. 절단된 근심골편과 원심골편을 증첩시키고 하악하연에서 절단면으로부터 3mm부위에 구멍을 뚫은 후 32G 외과용강선으로 고정하였다. 수술부위는 생리식염수로 세척한 후 골막 및 근육조직은 4-0 Dexon으로, 피부는 3-0 Silk을 이용하여 층별로 봉합하였으며, 술 후 감염방지를 위하여 Lincomycin 60mg을 1주일간 근주하였다.

술 후 1주일간 5% 포도당용액 20ml을 이변연부정맥에 주사하였으며 그후는 시판되는 고형사료로 사육하였고, 실험 후 2주, 4주 및 8

주간격으로 4두씩 희생시켰다. 절취된 하악두를 10% 중성 formalin 용액에 24시간 고정한 후 phosphate 완충액으로 세척하고 5% 질산용액에서 15일간 탈회시켰으며, 알코올로 탈수시킨 후 paraffin포매하여 4-6 μm 두께의 박절 표본을 제작하여 Hematoxylin-Eosin 증염색과 연골세포를 관찰하기 위한 Azan염색을 시행하여 광학현미경으로 검경하였다.

III. 실험성적

1. 대조군

하악두의 표층은 골단연골로 덮여있고 연골의 두께가 얇았으며 연골내 섬유성 관절대, 증식대, 비대대 및 골형성대의 구별이 힘들었고 작고 위축된 연골세포가 성글게 관찰되어 섬유성 연골의 양상을 보였다.

골소주의 유합에 의해 하방에 놓인 골수강으로부터 연골층의 폐쇄가 발생되어 연골과 골의 경계부는 함입이 거의 없는 비교적 평탄하고 일정한 선으로 나타났다.

2. 실험군

2주군

하악두의 전반적인 연골세포의 밀도와 크기가 증가되어 전반되어 연골층의 두께가 다소 증가되었다. 증식대의 세포밀도가 다소 증가되었고, 비대대의 연골세포는 비후되었으며 연골기질이 증가되었고 연골과 골의 경계부에서 골측으로 연골의 함입이 보였다.

4주군

2주군에 비하여 전반적인 연골세포의 밀도와 크기가 더욱 증가되어 하악두연골의 상방과 후상연의 연골두께가 증가되었으며, 비대대의 연골세포가 비후되고 연골기질이 증가되었으며 증식대의 세포밀도가 증가되어 섬유성 관절대, 증식대, 비대대의 구별이 가능하였고 연골과 골의 경계부에서 연골의 골측으로 심하게 함입되어 경계가 불규칙하게 나타났다.

8주군

4주군에 비하여 전반적인 연골세포의 밀도와 크기가 더욱 증가되어 하악두 후상연연골의 두께가 현저히 증가되었으며, 비대대의 연골세포의 비후와 기질의 증가로 연골층의 전반적인 두께가 증가되었고 증식대의 세포가 밀집되어 연골층내에 섬유성 관절대, 증식대, 비대대가 보다 뚜렷하게 구분되었고 연골과 골의 경계부에서 연골의 골축합입은 4주군에 비하여 심하게 나타났으며 석회화된 연골기질주위에 조골세포의 수가 증가되어 활발한 연골내 골화가 관찰되었다.

IV. 총괄 및 고찰

악관절은 하악두, 측두골의 하악와 및 관절원판으로 구성되는 관절로 좌우 하악두가 동시에 기능하는 양측성 관절이며 신체 다른 관절과 구별되는 해부학적 및 기능적인 특징을 지니고 있다^{29,30}). 또한 악관절은 해부학적 형태를 유지하는 조절기능을 가지고 있어서 호르몬, 화학적 및 기계적 자극에 기능적으로 적응하며 이러한 적응능력은 근신경계, 개체의 연령 및 성숙도에도 영향을 받는다^{13-15,22}).

하악의 전방이동시 하악두의 적응에 대하여 Breitner(1940)⁹)는 원숭이를 이용한 악관절의 기능과 관절면의 재형성에 관한 연구에서 약간 탄력고정으로 하악을 전방이동시켰을때 하악두의 후면에 골형성이 증가되었다고 하였으며, Stöckli과 Willert(1971)¹²)는 성장 중인 원숭이에서 하악을 전방으로 이동시켰을때 기계적인 자극에 의하여 악관절의 적응이 유도되어 병리조직학적 이상소견은 관찰되지 않아 성장중인 악관절에서는 생물학적 과정에 적응되어감을 알 수 있었다고 하였다. McNamara(1975)¹⁴)는 원숭이를 이용한 실험적인 연구에서 악관절은 불변의 구조물이 아니라 기능적으로 적응되는 관절이라고 하였으며, 하악두의 구조적인 적응은 근신경계의 활성화, 특히 외측익돌근의 기능적인 변화와 개체의 성숙도에 관계된다고 하였다.

성장이 완료된 경우 하악의 위치변화에 따른

하악두의 적응에 대하여 Hiniker와 Ramfjord(1966)¹⁶)는 원숭이에서 하악을 1.5mm 전방이동시켰을때 악관절은 미세한 가역적인 변화만을 일으키면서 적응되었으나 치열에서는 뚜렷한 변화가 초래되기 때문에 악관절의 위치변화가 있을 시에는 치열의 상태를 조절하는 것이 치열의 변화에 악관절의 재형성을 유도하는 것보다 효과적이라고 하였다. McNamara(1973)¹³)등은 나이와 성숙도가 근육과 골격의 적응에 미치는 영향을 알아보기 위하여 원숭이의 저작근의 기능과 하악의 위치를 변화시킨 결과 성장중인 악관절은 기능적변화에 빠르게 적응하는 반면, 성장이 완료된 악관절은 안정상태를 유지하여 변화에 대한 적응이 뚜렷하지 않았다고 하였으며, Ramfjord와 Blankenship(1981)¹⁷)는 성장이 완료된 원숭이에서 교합고정의 증가에 의한 하악의 위치변화시 악관절이 하악의 이동에 거의 반응을 하지 않았다고 하였다.

Ranfjord와 Enlow(1971)¹⁸)는 성장이 완료된 원숭이에서 교합의 변화에 의한 하악의 전방전위시 악관절의 기능적인 재형성은 발생되지 않았으며 부정교합에 의해 악관절 주위에 동통을 유발시킬 수 있는 병적 변화가 관찰되었다고 하였다. Tonge등(1982)²¹)은 백서에서 하악의 기능적 위치변화시 하악두의 재형성이 관찰되었으나 이것은 인간이나 영장류에서 악관절에 과도한 기계적인 하중이 가해질때 나타나는 퇴행성 골관절염의 소견과 유사한 변화였다고 보고하였다.

한편, 하악두연골은 주위의 환경변화에 따라 재형성되는 이차성 연골로써²²) 섬유성 관절대, 일생동안 세포분화와 증식능력을 가지는 증식대 및 석회화와 기질의 형성에 관여하는 비대대로 구성되며^{19,20,31}), 성장에 관여하는 증식대는 연령증가에 따라 감소하나 재형성을 일으킬 수 있는 능력은 가지고 있다고 하였고¹¹), 연령증가 및 악관절의 기능변화시 하악두에 발생하는 재형성은 진행성, 변연성 및 퇴행성변화로 구분된다^{25,27,32}).

1982년 McNamara등은 성장이 완료된 악관절에서 하악의 변위시 하악두의 재형성에 대한

연구에서 원숭이의 중심교합을 전방으로 유도하는 장치를 장착하여 하악을 전방 이동시켰을 때 성장중인 악관절에서와 유사한 적응반응이 관찰되었으나 그 정도는 다양하고 제한적이었으며 실험 초기에 큰 변화를 보였던 연골의 증식은 시간이 경과함에 따라 기능적으로 평형을 이루었다고 하였다. Ghafari와 Heeleg (1982)²⁷⁾는 근육의 재부착에 의한 하악의 위치 변화 또한 하악두의 형태를 변화시키며 성장중인 하악두에서 성장이 완료된 경우보다 더욱 뚜렷한 재형성이 나타났다고 하였다. Ellis (1991)²⁸⁾는 성장이 완료된 원숭이에서 하악지 시상골절단술을 행하고 강선고정을 시행한 경우와 악간고정만을 시행한 실험에서 하악두의 위치변화와 하악두연골의 두께를 측정된 결과, 강선고정을 시행한 경우는 하악두가 후방으로 이동되고 하악두의 후면과 하악와의 후면에 골흡수가 나타났으며, 악간고정을 시행한 경우는 하악두가 전방으로 이동되어 하악두의 후면과 하악와의 후면에 골과 연골의 침착을 보이는 등 성장이 완료된 경우에도 하악두의 위치변화가 악관절의 재형성을 유도했다고 하였다.

악교정수술시 하악두의 위치변화에 의한 하악두 재형성에 대하여서도 많은 연구가 이루어져 왔다. Ware와 Tayer(1968)¹⁾는 과두하골절단술에서 하악두의 변화는 하악두의 보상성 성장을 자극한다고 하였다. Eckerdal과 sund (1983)³⁾, Eckerdal등(1986)⁵⁾은 하악전돌증을 치료하기 위하여 사선골절단술을 시행한 후 악관절의 80%에서 하악두의 후방에 재형성이 관찰되었으며 이와 같은 악관절의 변화는 젊은층에서 뿐만 아니라 나이가 든 경우에도 나타났다고 하였다.

Rosenquist등(1988)⁶⁾과 Petersson과 Willmar-Hodgemen(1989)⁸⁾은 하악지의 사선골절단술에서 하악두에 다량의 신생골 침착이 나타나고 이러한 재형성은 하악두의 위치변화에 의하여 악관절에 가해지는 하중이 변화되어 나타나는 것으로 시간이 경과함에 따라 균형된 하중이 가해질 수 있는 형태로 하악두가 재형성됐다고 하였다. Freihofer과 Petresévić (1975)²⁾, Will등(1984)⁴⁾ 및 Hackney등(1989)⁷⁾

등은 사선골절단술에 비하여 하악두의 전위량이 적은 하악지의 시상골절단술후 하악두를 관찰한 결과 하악두의 위치는 다소 변화되었으나 병적인 소견은 발견되지 않았다고 하였다.

Mongini(1977)²³⁾는 사체연구를 통하여 성인에서도 악관절의 광범위한 재형성으로 하악두의 형태가 현저히 변화될 수 있으며, 이러한 하악두의 형태적 변화는 치열의 변화도 밀접하게 관련되는 것으로 보아 하악두의 재형성은 새로운 교합에 대한 관절의 기능적인 적응 또는 악관절 동통-장애 증후군의 전구증상일 수도 있다고 하였다.

Enlow(1982)²²⁾는 하악두가 하악의 주된 성장부로서 하악의 성장률, 성장량, 성장방향, 전반적인 하악의 크기 및 형태를 결정하는 중요한 역할을 하지만 하악두가 하악의 전반적인 성장비율과 성장정도를 결정하는 것은 아니며 하악의 전위 및 회전운동 등 다양한 기능에 따른 재형성과 하악골의 다각적인 성장에 의하여 하악의 형태가 결정된다고 하였다.

악관절과 인접 연조직에 가해지는 생체역학적 또는 생물리화적인 영향에 의하여 악관절의 연골 및 주위 골조직의 변화가 초래될 수 있다²⁾. 하악이 전하방으로 전위되면 골격성 재형성이 하악두의 후상부와 관절와의 후면에 나타나며 이와 같은 하악두의 재형성은 수술에 의해 악관절에 가해지는 하중의 변화가 골침착을 유도하여 하중의 정상화를 이루려 하기 때문이다^{8,26,33)}.

본 실험에서 하악지의 사선골절단술은 하악두의 위치변화를 초래하며 하악두에 부착된 외측익돌근의 위치를 변화시키고 하악두에 가해지는 하중이 변화됨에 따라 하악두 후상방의 연골의 두께를 증가시킨 것으로 생각된다.

하악두의 위치변화시 성장중인 동물에서 연골의 증식이 하악두의 후방에서 최대로 일어나고 후상연에 다소의 증식이 일어나나 성장이 완료된 동물에서 가장 두드러진 변화는 하악두의 상연과 후상연에서 일어나며 이것은 성장이 완료된 하악두가 하악의 수직적인 변위에 주로 반응하고 2차적으로 수평적인 변위에 반응한다는 것을 나타낸다²⁶⁾.

본 실험에서도 하악지의 사선골절단술에 의한 하악두의 위치변화시 하악두 연골내에 연골세포의 밀도와 크기의 증가로 전반적으로 두께가 증가되었고 실험 4주 부터 하악두의 상연과 후상연의 연골의 두께가 약간 증가되어 실험 8주에는 하악두의 후상연의 비후된 상이 뚜렷하게 나타났다. 이것은 초기에는 수직적 변위에 주로 반응하나 후기에 갈수록 수평적인 변위에 반응하는 것을 나타내는 것이다.

본 실험의 대조군에서 하악두를 덮고 있는 연골의 두께는 얇았으며 연골내 섬유성 관절대, 증식대 및 비대대의 구별이 힘들었고 작고 위축된 연골세포가 성글게 분포되어 있는 섬유성연골의 양상을 보이고 연골층과 골수강의 경계는 연골의 함입이 거의 없는 비교적 평탄하고 일정한 선을 나타내어 하악두 연골이 비교적 안정된 상태를 보이고 있었다. 사선골절단술 후 하악두가 변위됨에 따라 증식대의 세포밀도의 증가로 섬유성 관절대, 증식대 및 비대대의 구별이 뚜렷해졌고 비대대의 세포의 크기와 기질이 증가하여 연골층 전체의 두께가 증가되었다. 실험 2주부터 연골과 골의 경계부에서 골측으로 연골의 함입이 보이기 시작하였고 실험 8 주경에는 불규칙한 연골과 골의 경계부를 보이며 석회화된 연골기질주위에 조골세포의 수가 증가되어 활발한 연골내 골화가 이루어짐을 보였다. 이러한 소견은 성장이 완료되어 안정된 상태를 유지하는 하악두연골에서도 하악두의 위치변화가 발생되었을 때에는 이에 적응하고자 하는 생체반응이 일어나는 것으로 생각되어 McNamara(1982)²⁶⁾, Ghafari와 Heeleg(1982)²⁷⁾, Ellis(1991)²⁸⁾등의 연구결과와 일치되는 소견을 나타내는 것으로 보인다. 그러나 본 실험은 가토에서 비교적 단기간에 걸친 연구결과이기 때문에 향후 악교정수술 후 하악의 위치변화에 대한 장기적인 적응능력에 대한 관찰이 계속 요구될 것으로 사료된다.

V. 결 론

저자는 하악지의 악교정술시 하악두의 위치변화에 의한 하악두의 형태적 및 병리조직학적

적응능력을 연구하기 위하여 성장이 완료된 가토 16두를 대조군과 실험군으로 나누어 양측 하악지의 사선골절단술을 시행하고 강선을 이용한 골내고정을 시행한 후 2주, 4주 및 8주까지 기간별로 희생시키고 하악두를 절취하여 하악두의 변화를 병리 조직학적으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

성장이 완료된 가토에서 양측 하악지의 사선골절단술 후 하악두의 위치변화시

1. 연골층에 전반적으로 연골세포의 밀도가 증가되었으며 하악두의 후상연에 다소의 연골층의 비후를 보였다.
2. 증식대의 세포밀도가 증가되었으며 연골층내의 섬유성 관절대, 증식대 및 비대대의 구분이 명확해졌다.
3. 하악두의 활발한 연골내 골화가 관찰되었다.

REFERENCES

1. Ware, W.H. and Taylor, R.O.: Condylar repositioning following osteotomies for correction of mandibular prognathism. *Am. J. Orthodontics*, 54:50-59, 1968.
2. Freihofner, HPM. and Petresévić, D.: Late results after advancing the mandible by sagittal splitting of the rami. *J. Maxillofac. Surg.* 3:250-257, 1975.
3. Sund, G., Eckerdal, O. and Astrand, P.: Changes in the temporomandibular joint after oblique sliding osteotomy of the mandibular rami. *J. max-fac. Surg.* 11:87-91, 1983.
4. Will, L.A., Joondeph, D.R., Hohl, T.H. and West, R.A.: Condylar position following mandibular advancement: its relationship to relapse. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 42:578-588, 1984.
5. Eckerdal, O., Sund, G. and Astrand, P.:

- Skeletal remodelling in the temporomandibular joint after oblique sliding osteotomy of mandibular rami. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 15:233-239, 1986.
7. Hackney, F.L., Van Sickels, J.E. and Nummkoski, P.V.: Condylar displacement and temporomandibular joint dysfunction following bilateral sagittal split osteotomy and rigid fixation. *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 47:223-227, 1989.
 8. Petersson, A. and Willmar-Hogemen, K.: Radiographic changes of the temporomandibular joint after oblique sliding osteotomy of the mandibular rami. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 18:27-31, 1989.
 9. Breitner, C.: Bone changes resulting from experimental orthodontic treatment. *Am. J. Orthodontics & Oral Surg.*, 26:521-546, 1940 (Cited Ware & Tayer)
 10. Baume, L.J. and Derichsweiler, H.: Is the condylar growth center responsive to orthodontic therapy? An experimental study in *Macaca mulatta*. *O.S., O.M. & O.P.*, 14:347-362, 1961.
 11. Chaliar, J.P., Petrovic, A. and Hermann-Stutzmann J.: Effects of mandibular hyperpropulsion on the prechondroblastic zone of young rat condyle. *Am. J. Orthod.*, 55:71-74, 1969.
 12. Stöckli, P.W. and Willert, H.G.: Tissue reactions in temporomandibular joint resulting from anterior displacement of the mandible in the monkey. *Am. J. Orthod.*, 60:142-155, 1971.
 13. McNamara, J.A.: Neuromuscular and skeletal adaptations to altered function in the orofacial region. *Am. J. Orthod.*, 64:578-606, 1973.
 14. McNamara, J.A.: Functional adaptation in the temporomandibular joint. *Dent. Clin. North Am.*, 19:457-471, 1975.
 15. McNamara, J.A. and Carlson, D.S.: Quantitative analysis of temporomandibular joint adaptations to protrusive function. *Am. J. Orthod.*, 76:593-611, 1979.
 16. Hiniker, J.J. and Ramfjord, S.P.: Anterior displacement of the mandible in adult rhesus monkeys. *J. Pros. Den.*, 16:503-512, 1966.
 17. Ramfjord, S.P. and Blankenship, J.R.: Increased occlusal vertical dimension in adult monkeys. *J. Pros. Den.*, 45:74-83, 1981.
 18. Ramfjord, S.P. and Enlow, R.D.: Anterior displacement of the mandible in adult rhesus monkeys: long term observations. *J. Pros. Den.*, 26:517-531, 1971.
 19. Moffett, B., Johnson, L.C., McCabe, J.B. and Askew, H.C.: Articular remodeling in the adult human temporomandibular joint. *Am. J. Anat.*, 115:119-142, 1964.
 20. Blackwood, H.J.J.: Cellular remodeling in articular tissue. *J. Dent. Res.*, 45:480-489, 1966.
 21. Tonge, E.A., Heath, J.K. and Meikle, M.C.: Anterior mandibular displacement and condylar growth. *Am. J. Orthod.*, 82:277-287, 1982.
 22. Enlow, D.H.: *Hand book of facial growth*, 2nd ed., Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1982.
 23. Mongini, F.: Anatomic and clinical evaluation of the relationship between the temporomandibular joint and occlusion. *J. Pros. Den.* 38:539-551, 1977.
 24. 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.

25. Ehrlich, J., Yaffe, A. and Shanfeld, J.L., Montgomery, P.C. & Davidovitch, Z.: Immunohistochemical localization and distribution of cyclic nucleotides in the rat mandibular condyle in response to an induced occlusal change. *Archs Oral Biol.*, 25:545-552, 1980.
26. McNamara, J.A., Hinton, R.J. and Hoffman, D.L.: Histologic analysis of temporomandibular joint adaptation to protrusive function in young adult rhesus monkeys. *Am. J. Orthod.*, 82:288-298, 1982.
27. Ghafari, J. and Heeley, J.D.: Condylar adaptation to muscle alteration in the Rat. *Angle Orthod.*, 52:26-37, 1982.
28. Ellis, E.: Histology of the TMJ after mandibular advancement with and without rigid fixation. *AAOMS abs.*, p. 91, 1991.
29. 김명국 : 두경부 응용해부학, 서울, 의치학사, 1985.
30. Kruger, G.O.: Textbook of oral and maxillofacial surgery. 2nd Ed. St. Louis, The C.V. Mosby Co., 1984.
31. Greenspan, J.S. and Blackwood, H.J.J.: Histochemical studies of chondrocyte function in the cartilage of the mandibular condyle of the rat, *J. Anat.*, 100:615-626, 1966.
32. Durkin, J.F.: Secondary cartilage: a misnomer?, *Am. J. Orthod.*, 62:12-41, 1973.
33. Blackwood, H.J.J.: Adaptive changes in the mandibular joints with function. *Dent. Clin. North Am.*, 10:559-566, 1966.
34. Kanouse, M.C., Ramfjord, S.P. and Nasjleti, C.E.: Condylar growth in rhesus monkeys, *J. Dent. Res.*, 48:1171-1176, 1969.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 1.** Photomicrograph shows condylar cartilage in the control animals.
(control group : Azans stain, X 40)
- Fig. 2.** Photomicrograph shows the slight increased thickness of cartilage along superior and posterosuperior aspects of condyle.
(2 weeks after operation : Azans stain, X 40)
- Fig. 3.** Photomicrograph shows the increased thickness of cartilage generally.
(4 weeks after operation : Azan stain, X 40)
- Fig. 4.** Photomicrograph shows proliferation of cartilage along the superior and posterosuperior border of the condyle.
(8 weeks after operation : Azans stain, X 40)
- Fig. 5.** Photomicrograph shows minimal cartilage proliferation.
(control group : Azans stain, X 100)
- Fig. 6.** Photomicrograph shows the slight increase of chondrocyte and ground substance at hypertrophic zone.
(2 weeks after operation : Azans stain, X 100)
- Fig. 7.** Photomicrograph shows hypertrophic chondrocyte and the increase of ground substance at hypertrophic zone.
(4 weeks after operation : Azans stain, X 100)
- Fig. 8.** Photomicrograph shows the increased thickness of total cartilage. It is due to increased thickness of hypertrophic zone.
(8 weeks after operation : Azans stain, X 100)
- Fig. 9.** Photomicrograph shows relatively even line of demarcation by a coalescence of bony trabeculae at the cartilage-bone interface.
(control group : Azans stain, X 300)
- Fig. 10.** Photomicrograph shows slightly cartilage invagination at cartilage – bone interface.
(2 weeks after operation : Azans stain, X 300)
- Fig. 11.** Photomicrograph shows cartilage invagination to bone at the cartilage – bone interface.
(4 weeks after operation : Azans stain, X 300)
- Fig. 12.** Photomicrograph shows the increase of osteoblast at calcification matrix.
(8 weeks after operation : Azans stain, X 300)
- Fig. 13.** Photomicrograph shows cartilage layer at condylar cartilage. Proliferative zone is obscured between fibrous articular zone and hypertrophic zone.
(control group : H-E stain, X 100)

- Fig. 14.** Photomicrograph shows the slight increase of chondrocyte at proliferative zone.
Proliferative zone is distinguished between fibrous articular zone and hypertrophic zone.
(2 weeks after operation : H-E stain, X 100)
- Fig. 15.** Photomicrograph shows the increase of chondrocyte at proliferative zone.
(4 weeks after operation : H-E stain, X 100)
- Fig. 16.** Photomicrograph shows the definite distinguishment of fibrous articular zone, proliferative zone and hypertrophic zone in cartilage layer.
(8 weeks after operation : H-E stain, X 100)



