実験的咬合異常がラット下顎頭に及ぼす影響に関する 病理組織学的及び走査電子顕微鏡的研究

九州歯科大学大学院歯学研究科口腔外科学第1専攻（指導：山田長敬教授）

粉 浩 一

昭和59年12月6日受付

Histopathological and Scanning Electron Microscopic Studies of the Mandibular Condyle Following Bilateral Loss of Occlusion in the Rat

Kouichi Hegi

First Department of Oral Surgery (Director: Prof. Nagayoshi Yamada)
Kyushu Dental College, Kitakyushu, Japan

There are various studies in which malocclusion was experimentally induced and its influence on the temporomandibular joint was histopathologically examined. The mandibular condyle, especially the cartilaginous layer undergoes main changes, which are greatly varied and on which there has been no uniform view yet. Therefore, in order to make a more minute examination of the influence of malocclusion on the temporomandibular joint, malocclusion was experimentally induced in rats by upper, right and left, total molar extraction (A group, forty animals) and by periodic grinding of upper, right and left incisors plus the foregoing total extraction (B group, forty animals), and histopathological and scanning electron microscopic examinations were made of the changes in the mandibular condyle.

The results were as follows:

1. Both experimental A and B groups showed the same weight gain tendency as control group.
2. Specific changes were observed early at the embryonic zone ranging from the central to internal area in experimental A group.
 - a. Light microscopic observations revealed that from the first post-operative week, cells in the area adjacent to the articular zone presented roundness. These cells covered the entire embryonic zone at the sixth week, and thereafter the cellular arrangement became irregular with an increase in cartilage matrix.
 - b. SEM observations revealed that from the first post-operative week, cells near the articular zone presented many processes, which continued to grow up remarkably up to the second week, and the cells presented roundness morphologically. Thereafter these processes decreased and from the ninth week the collagenous fibrils of the matrix traveled irregularly in part.

3. Greater specific changes were observed early at the embryonic zone of the internal area in experimental B group than in experimental A group.

a. Light microscopic observations revealed that the cartilage matrix increased by the week, and that cellular morphology presented roundness and cellular arrangement became irregular to the most remarkable extent at the fourth week. Thereafter cellular arrangement became a little regular, but cellular morphology presented more roundness and was no longer distinguishable from the transitional zone.

b. SEM observations revealed that changes of the collagenous fibrils of the matrix began as their disturbed traveling, leading to their small fasciculation to the most remarkable extent at the fourth week. Thereafter their traveling became regular and showed a tendency toward compactification.

4. The cartilaginous layer of the mandibular condyle was already thin, especially at the hypertrophic zone, at the third post-operative day in both experimental A and B groups. However, by the third week the layer became hypertrophic inversely, and from the fourth week it was re-thinned.

5. In neither A nor B group any great change was observed at the external area of the mandibular condyle.

6. Bone resorption of the lateral pterygoid attached bone margin of the mandibular internal neck stopped almost completely at the ninth week in control group, while in experimental groups there still remained bone resorption picture even then.

7. Ossification of the mandibular condyle proceeded in the order of control group, experimental A group, and experimental B group.

The above results suggested that difference in malocclusion was correlated with the extent of abnormality of the temporomandibular joint.

Key words: *Malocclusion/Tooth extraction/Scanning electron microscopy/Mandibular condyle*

緒 言

日常歯科臨床において、顎関節の異常を訴えて来院する患者が年々増加している。しかしながら、診断並びに治療法にまだ統一した見解は確立されていないのが現状である。そこで歯学各分野において、それぞれの立場から多くの研究がなされてきた。その結果、咬合異常が重要な病因の1つとして注目されるに至っている¹⁻¹¹⁾。

従来より、咬合異常を実験的に惹起し、顎関節への影響を検索した研究は種々みられる¹²⁻¹⁴⁾。なかでも歯牙欠損による顎関節への影響に関する実験的研究は、Avantら(1952)¹⁵⁾、Cimasoni(1963)¹⁶⁾、Furstman(1965)¹⁷⁾、小野ら(1967)¹⁸⁾、檜山(1968)¹⁹⁾、鈴木(1971)²⁰⁾、河野(1977)²¹⁾、角野(1983)²²⁾らがラ

ットやイヌを使い、また本教室の喜久田(1980)²³⁾、樋田(1982)²⁴⁾はサルを使い、いずれも病理組織学的に検索を行なっている。そして、その主要な変化が下顎頭、特に軟骨層に現れることでは一致しているが、その変化は多様性に富み、いまだ統一した見解はなく、不明な点が多い。

最近、顎関節の微細構造究明のために、電子顕微鏡を使用した報告がみられるようになり、塩田ら(1980)²⁵⁾はラットの下顎頭を、田口(1980)²⁶⁾はラット、イヌ、サルの下顎頭と円板を走査型電子顕微鏡(SEM)で、またSilbermannら(1974)²⁷⁾はマウスの下顎頭の成長軟骨を、塩田ら(1980)²⁸⁾、森田(1982)²⁹⁾らはラット下顎頭軟骨を透過型電子顕微鏡(TEM)にて観察している。そして下顎頭の正常微細構造が徐々に解明され

つつあるというのが本分野の現状である。

しかしながら、咬合異常時における顎関節の微細構造を観察したものは極めて少なく、布施ら(1976, 1978)^{30, 31)}がラットで歯牙欠損を作り、またカニクイザルで補綴物による咬頭干渉を作成し、SEMで観察したもののみで、その内容も概要を述べているに過ぎず、詳細さに欠けているように思われる。

そこで実験的に咬合異常を惹起させ、顎関節への影響を電子顕微鏡にて観察し、さらに微細に検索することは顎関節異常と咬合異常との関係を解明する上で意義あることと考える。

著者は実験動物として広く使われるラットを用い、咬合異常に対する下顎頭の変化を、さらに詳細に検索するため、上顎左右全臼歯を抜去した群と、さらに上顎左右切歯の削合を併せて行なった群との下顎頭、特に軟骨層を病理組織学的及び走査電子顕微鏡的に検索を行い、いささかの知見を得たので報告する。

実験動物ならびに実験方法

I. 実験動物

実験には生後60日(体重 260 ± 20 g)のWistar系雄ラット96匹を使用した。なお、全動物とも恒温、恒湿の飼育室にて、アルミケージに一匹ずつ入れ飼育した。飼料はオリエンタル社製固型飼料(FM)を、飲料水は水道水を常時与え、可及的に同一条件下で飼育した。

II. 実験方法

実験動物を次の3群に分けた。

- 1) 対照群(16匹)；無処置
- 2) 実験A群(40匹)；上顎左右全臼歯を抜去
- 3) 実験B群(40匹)；上顎左右全臼歯を抜去および上顎左右切歯を歯間乳頭部まで毎週削合

観察経日は施術後、3日、1週、2週、3週、4週、6週、9週、15週とし、各経日に対照群2匹、実験群各々5匹とした。

すべてのラットは各経日ごとに体重を測定した。

試料採取はまずネブタール(0.5 ml/kg)腹腔内注射による麻酔後、右下顎頭を摘出しSEM用標本とし、その後、薬量を増して薬殺、断頭し左下顎頭を光顕用標本とした。

III. 試料作製法

A. 光顕標本

断頭後、10%中性ホルマリン液にて固定した。固定後、5%硝酸液にて脱灰、通法に従いパラフィン包埋し、6 μ mの前額断連続切片標本を作製した。その標本

をヘマトキシリン・エオジン重染色にて鏡見した。

B. SEM 標本

摘出した試料をKarnovskyの液(4°C, phosphate buffer pH 7.4)で固定した。固定後、トリミングを行ない、アルコール系列にて脱水し、液体窒素で凍結し、下顎頭を前額方向にアルコール凍結切断を行なった。切断後、再びアルコール系列にて、蒸留水にもどしたのち、タンニン・オスミウム法で導電染色を施し、再度アルコール系列にて脱水、酢酸イソアミルに置換、液体炭酸ガスによる臨界点乾燥(日立, HCP-2型)を行なった。切断面にはAu-Pdイオンコーティング(JFC-1100)を行ない、JSM-25型走査電子顕微鏡にて観察した。

実験成績

I. 体重変化

対照群と実験A群、B群の体重変化は図に示す(図1)。

図1 体重変化

実験群では実験後3日目までわずかな体重の減少が認められ、実験A群で平均7 g、実験B群では平均14 g減少している。それ以後は徐々に増加しはじめ、1週目において、実験A群では実験前よりも増加し、実験B群でも実験前と同じまで回復している。3週目になると対照群、実験A群、B群ともほとんど差はなくなっている。以後、同じような増加傾向を示す。

II. 対照群組織所見

A. 光顕所見

下顎頭軟骨層を次の5層に分類した。最表層 articular zone は、線維成分がほとんどでヘマトキシリンに濃染する扁平な細胞が散在する。第2層は embryonic zone で、ヘマトキシリンに濃染する楕円状の核を有す

る扁平な細胞が、その長軸を下顎頭表面に平行かつ密に規則正しく並んでいる。第3層は **transitional zone** で、細胞質に富み、形態は類円形を呈し、**embryonic zone** に較べて軟骨基質の増加が認められ、細胞の配列はわずかに疎になっている。第4層は **hypertrophic zone** で、細胞は肥大し、核の空胞化をきたした細胞が多数みられる。第5層は **erosion zone** で、変性した軟骨細胞が周囲の石灰化した基質にとり込まれ、骨梁形成の母体となっている。さらに深層では、この骨梁が骨化する。

対照群 3日目所見では、下顎頭軟骨層は中央部で厚く、内外両側とも薄くなっており三日月状を呈している。各層の厚さは、**articular zone**, **embryonic zone** では外側から内側の全体にわたり厚さは一定である。**transitional zone** は、中央部においては5～6層より構成されるが、内外両側へ移行するにつれて薄くなっている。**hypertrophic zone** は最も厚く、中央部で8～10層よりなり、側方で薄くなっているが、内側に較べて外側でより薄くなっている(写真1, 2, 3)。

また、内側頸部における外側翼突筋付着部の骨縁に骨吸収が認められ、辺縁は鋸歯状を呈している。

対照群の経日的変化として、4週目までは特に大きな変化はなく、下顎頭軟骨層において、**hypertrophic zone** がわずかに薄くなっており、その下方の骨梁は軽度になくなっている。また、内側頸部の外側翼突筋付着部骨縁の骨吸収は軽減するも、いぜん鋸歯状を呈している。

9週目では下顎頭軟骨層において、**embryonic zone** の細胞の形態に変化はみられないが、細胞数は減少し、配列は疎になっている。また、この層の厚さもやや薄くなっている。**transitional zone** の厚さは中央部で1～

写真2 対照群 3日目所見 (×100)
中央部軟骨層

Ar. Articular zone
Em. Embryonic zone
Tr. Transitional zone
Hy. Hypertrophic zone
Er. Erosion zone

写真3 対照群 3日目所見 (×200)
中央部内側軟骨層

写真4 対照群 9週目所見 (×200)
中央部軟骨層

写真1 対照群 3日目所見 (×40)
I - 内側 E - 外側

2層, **hypertrophic zone** は2～4層と非常に薄くなっている。このため軟骨層は非常に菲薄化している(写

真4).

また、骨梁はさらに太さを増し、骨化が進み、骨髓腔は狭窄し、下顎頭は骨質の占める割合が増大する。

内側頸部の外側翼突筋附着部骨縁の骨吸収所見はほとんど消失し、骨縁は比較的平坦である(写真5)。

15週目の下顎頭軟骨層は9週目と同様な所見を呈している。骨梁の骨化はさらに進み、下顎頭は骨質の占める割合がさらに増大する(写真6)。

写真5 対照群 9週目所見 (×200)

内側頸部の外側翼突筋
附着部骨縁

写真6 対照群 15週目所見 (×40)

B. SEM 所見

下顎頭軟骨層は光顕所見と同じように5層に分類できる。表層の **articular zone** は線維網として観察され、下顎頭表面には平行に走行し、前後方向、内外方向には不規則に走行している。**embryonic zone** の細胞は長さ $5 \sim 7 \mu\text{m}$ 、幅 $2 \sim 3 \mu\text{m}$ の細長い細胞で、長軸を下顎頭表面に対して平行に規則的に密に配列している。また、細胞と細胞小腔との間に空隙はなく、周囲の基質の膠原原線維は直径 $100 \sim 160 \text{nm}$ の太さで前後方向に豊富に走行している。**transitional zone** の細胞は直径 $7 \sim$

$10 \mu\text{m}$ の類円形を呈しており、細胞小腔との間に空隙は認められない。また、配列は **embryonic zone** より疎になっている。**hypertrophic zone** の細胞はさらに大きく、直径 $10 \sim 13 \mu\text{m}$ の類円形を呈し、細胞小腔との間に空隙が認められる(写真7, 8, 9)。

Ⅲ. 実験A群の組織所見

A. 光顕所見

3日目

下顎頭軟骨層は内外両側において、対照群と較べて特に変化は認められないが、中央部において **hypertro-**

写真7 対照群 SEM 所見
中央部内側軟骨層

Ar. Articular zone
Em. Embryonic zone
Tr. Transitional zone
Hy. Hypertrophic zone
Er. Erosion zone

写真8 対照群 SEM 所見
内側部軟骨層

写真9 対照群 SEM 所見
内側部 Embryonic zone

写真10 実験A群 3日目所見 (×100)

phic zone の厚さは対照群のほぼ半分の厚さで4～5層しか認められない(写真10)。しかし、細胞の形態や配列には特に変化はみられない。その上方の **articular zone**, **embryonic zone**, **transitional zone** は規則的な配列をしており、細胞形態や層の厚さにおいても対照群と差異はない。

骨梁は対照群と同じように、下顎頭表面に垂直方向に規則的に走行している。

内側頸部の外側翼突筋付着部の骨縁に骨吸収が認められるが対照群と差異はない。

1 週目

下顎頭軟骨層外側において、対照群と較べて特に変化は認められない。中央から内側にかけての **articular zone** に接する **embryonic zone** にやや丸みを帯びた細胞が2～3層認められ、その配列はやや不規則でかつ疎である(写真11)。**transitional zone** には特に変化は認められない。**hypertrophic zone** の厚さは3日目よりもさらに薄くなっており、その下方の骨梁の走行に一

写真11 実験A群 1週目所見 (×200)

部不規則になった所が認められる。

内側頸部の外側翼突筋付着部骨縁の骨吸収は対照群と特に差異は認められない。

2 週目

下顎頭軟骨層外側において、対照群と特に変化は認められない。中央から内側にかけての **articular zone** に接する **embryonic zone** の丸みを帯びた細胞は1週目と特に形態的な変化は認められず、2～3層よりなり配列は不規則でかつ疎である。**transitional zone** は1週目に較べて軟骨基質の増加が認められ、厚さも6～8層と対照群よりも厚くなっている。細胞の形態においては特に変化は認められないが、配列はわずかに疎になっている。**hypertrophic zone** の厚さは1週目よりも厚くなっているが、対照群よりはまだ薄く、細胞の形態もやや膨化したものが認められ、細胞の大きさが大小不同になっている。

その下部の骨梁の走行は1週目よりも規則的で、下顎頭表面に対し垂直的に走行している。

3 週目

下顎頭軟骨層において、中央から内側にかけての **articular zone** に接する **embryonic zone** の丸みを帯びた細胞は2週目より細胞数の増加が認められ、中央部内側よりでは厚さがわずかに厚くなっている。また、このような細胞の認められる範囲が中央部、内側部両方に拡大している。**transitional zone** は2週目よりも薄くなっているが、対照群とは差が認められない。**hypertrophic zone** の細胞の大きさは2週目よりも規則的であり、層の厚さはさらに厚くなっている(写真12)。

下顎頭中心部の骨梁はさらに太さを増し、骨髓腔は狭窄し、下顎頭全体に占める骨質の割合が多くなっている。

4 週目

写真12 実験A群 3週目所見 (×100)

下顎頭軟骨層の菲薄化が進んでおり、外側においても **hypertrophic zone** が対照群に較べてわずかながら薄くなっている。しかし、細胞の形態や配列には対照群と差異がみられない。中央から内側にかけての **articular zone** に接する **embryonic zone** において、丸みを帯びた細胞間を占める軟骨基質が著明に増加し、このため、**embryonic zone** 表層を占める細胞層が厚くなっている。その厚みは **transitional zone** より存在する扁平な細胞の層と同じくらいになった所も認められる。また、扁平な細胞間の軟骨基質もわずかに増加した所が認められる (写真13)。 **hypertrophic zone** の厚さは3

写真13 実験A群 4週目所見 (×200)

週目に較べて薄くなっており対照群の%程度である。

骨梁は太くなっており、特に内側に移行するに従って太さを増している。このため、下顎頭に占める骨梁の割合はさらに増加している。

6週目

下顎頭軟骨層外側において、4週目と同様にわずかに菲薄化している。内側では **embryonic zone** の楕円状の核を有する扁平な細胞が消失し、かわって丸みを帯び染色性がわずかに低い、配列も不規則な細胞でおきかえ

写真14 実験A群 6週目所見 (×200)

られている。そのため **transitional zone** の細胞と似ており、境界が不明瞭になっている (写真14)。その中央よりの **articular zone** では線維の走行が一部乱れ、線維束に離開、蛇行が認められる。

骨梁の形成はさらに進み、骨髓腔は狭窄している。

内側頸部の外側翼突筋附着部骨縁の骨吸収は軽度になっているが、吸収窩はいぜん鋸歯状を呈している。

9週目

下顎頭軟骨層は中央より内側にかけての **embryonic zone** で軟骨基質の増加が認められ、細胞の配列は疎で、かつ不規則である。細胞の形態はやや丸みを帯び大小不同で、扁平な細胞が消失した所も認められる。また、同部の **transitional zone** との境界は不明瞭であり、**transitional zone** も軟骨基質の増加が認められ、細胞の配列も不規則になっている。中央部内側よりの **articular zone** の線維束の離開、蛇行は6週目よりも強く認められる (写真15)。

内側頸部の骨吸収像は減少しているが、骨縁はいぜん鋸歯状を呈している (写真16)。

15週目

下顎頭軟骨層外側において、 **hypertrophic zone** の

写真15 実験A群 9週目所見 (×200)

写真16 実験A群 9週目所見 (×200)

内側頸部の外側翼突筋
付着部骨縁

写真17 実験A群 15週目所見 (×200)

厚さが対照群より薄くなっている。しかしながら、外側における他の層においては対照群と差異はない。6週、9週目でみられた中央部内側よりの **articular zone** の線維束の離開、蛇行の所見は消失し、対照群と差を認めない。中央から内側にかけての **embryonic zone** の軟骨基質は9週目よりさらに増加し、細胞の形態はより丸みを帯び、細胞数は減少し、配列は不規則で疎になっている。このため **transitional zone** との境界がさらに不明瞭である(写真17)。 **hypertrophic zone** は9週目より薄くなっており2～3層しか認められない。

下顎頭の骨化はさらに進み、対照群よりも著明で、内側はほとんど骨質でしめられ緻密骨化が著明である(写真18)。

内側頸部において、外側翼突筋付着部骨縁の骨吸収所見は認められず、骨縁は平坦になっている。

B. SEM 所見

3日目

中央部内側の **embryonic zone** の細胞の形態は対照群と較べわずかに細胞質突起の発達が見られ、幅がやや短かく細長い形態のものが多くなっている。しかし配列はいぜん規則的で密である。 **transitional zone** の細胞は直径7～10 μ mで類円形を呈し対照群と差異は認められない。

1週目

中央部内側の **articular zone** よりの **embryonic zone** の細胞は細胞質突起が発達し、形態は不定形を呈している。細胞の配列は規則的であるが、対照群よりも疎になっている。また **transitional zone** よりの **embryonic zone** の細胞は細胞質突起は発達しておらず、対照群でみられたように辺縁はスムーズで細長い形態をしている(写真19)。

写真18 実験A群 15週目所見 (×40)

写真19 実験A群 1週目 SEM 所見

2週目

中央部内側の **articular zone** よりの **embryonic zone** の細胞は1週目に較べ細胞質突起はより発達し、形態もやや丸みを帯びている。配列は規則的であるが、大きさは大小不同になっている。また **transitional zone** よりの **embryonic zone** の細胞は対照群と同様に細長い形態をしているものの、大きさが大小不同になっている。

また対照群では認められなかった細胞と細胞小腔との間に空隙が認められるようになる(写真20). **transitional zone** の細胞は対照群と較べて差異は認められず直径7~10 μ m の類円形を呈している.

3 週目

中央部内側の **articular zone** よりの **embryonic zone** の細胞の細胞質突起の発達は2週目ほど著しくない. また配列や大きさは2週目と同様な所見を呈している. **transitional zone** よりの **embryonic zone** の細胞も2週目と同様な所見を呈している.

4 週目

中央部内側の **embryonic zone** の細胞の細胞質突起は3週目よりも減少しており, 大きさは大小不同になっている. また, 配列も3週目より疎で不規則になっている. 細胞と細胞小腔との空隙はさらに大きくなっている(写真21).

6 週目

写真20 実験A群 2週目 SEM 所見

写真21 実験A群 4週目 SEM 所見

中央部内側の **embryonic zone** の細胞は4週目に較べ形態はやや丸みを帯び, 細胞質突起は減少している. また, 配列は密になっており細胞と細胞小腔との空隙も減少している(写真22).

9 週目

中央部内側の **embryonic zone** の細胞は6週目より細胞質突起は減少しほとんど認められず, 形態もより丸みを帯びている.

基質の膠原原線維は数本が集まり, 小束を形成する傾向が認められ, この小束が膠原原線維間に散在してみられる(写真23).

写真22 実験A群 6週目 SEM 所見

写真23 実験A群 9週目 SEM 所見

15週目

中央部内側の **embryonic zone** の細胞は9週目と較べて大きな変化は認められない. 基質における膠原原線維の小束を作る傾向は9週目よりも著明になっており, 一部走行が不規則になった所も認められる(写真24).

写真24 実験A群 15週目 SEM 所見

IV. 実験B群の組織所見

A. 光顕所見

3 日目

下顎頭軟骨層は中央部から内側にかけての **transitional zone** と **hypertrophic zone** の厚さは対照群よりも薄くなっているが、細胞の形態や配列、軟骨基質の量などには特に変化は認められない。また、層の厚さの減少程度は **hypertrophic zone** で著しく、対照群の約半分まで4～5層しか認められない。このため軟骨層全体の菲薄化をきたしている(写真25)。外側においてはすべ

写真25 実験B群 3日目所見 (×100)

での層で特に変化は認められない。

骨梁は対照群と同じように、下顎頭表面に垂直方向に規則的に走行している。

内側頸部の外側翼突筋附着部骨縁に骨吸収が認められ、骨縁は不規則な鋸歯状を呈しており、その程度は対照群よりわずかに強い。

1 週目

下顎頭軟骨層中央部の **embryonic zone** で細胞数の

増加を認め、層も厚くなっている。**embryonic zone** 下の **transitional zone** でも細胞数は増加しており、軟骨基質の増加も認められるが、全体的にはわずかに層の厚さを増しているにすぎない。**hypertrophic zone** の細胞は3日目と較べて一部膨化しており、配列もわずかに不規則になっているが、厚さは3日目と変わらない。内側では **embryonic zone** の軟骨基質の増加が認められ、細胞数は減少し疎に配列している。しかし、細胞の形態は対照群と差異はない(写真26)。

写真26 実験B群 1週目所見 (×200)

内側頸部の外側翼突筋附着部骨縁の骨吸収の範囲は3日目よりも下方に向かって広がっており、破骨細胞も広範に認められる。

2 週目

下顎頭軟骨層中央部の **embryonic zone** の細胞数は1週目と較べて減少しており、軟骨基質の増加がわずかに認められるが、配列は規則的であり形態の変化は認められない。その下の **transitional zone** は軟骨基質の増加がいぜん認められるが、層の厚さは薄くなっており対照群と差異は認めない。**hypertrophic zone** は1週目よりも規則的であり、層の厚みも増しているが対照群に較べるといまだ菲薄である。内側の **embryonic zone** の細胞形態は丸みを帯び、細胞数は減少し、配列は不規則になっている。また、軟骨基質は1週目より著明に増加しているため、細胞の配列は疎となり、**transitional zone** との境界は不明瞭となっている。**hypertrophic zone** は非常に薄くなっており2～3層しか認められない(写真27)。

骨梁は太さを増し、隣接するものと癒着し、その走行がわずかに不規則になった所が認められる。骨髓腔は狭窄し、下顎頭に占める骨質の割合が多くなっている。

内側頸部の外側翼突筋附着部骨縁における骨吸収所見はいぜん続いているが、1週目よりもその範囲が小さく

写真27 実験B群 2週目所見 (×200)

なっている。

3週目

下顎頭軟骨層中央部の **hypertrophic zone** が2週目よりもさらに層の厚さを増しているが、いぜん対照群よりも薄い。内側では2週目と同様な所見を呈しており、細胞の形態は丸みを帯び軟骨基質の増加が認められる。**transitional zone** は菲薄化が進み、**embryonic zone** との境界はさらに不明瞭になっている(写真28)。

写真28 実験B群 3週目所見 (×200)

4週目

下顎頭軟骨層内側での変化は最高に達し、その範囲も中央部にまで拡大している。そのため中央部の **embryonic zone** の細胞の形態は丸みを帯び、配列が不規則になっている。一方、**embryonic zone** 直下の **transitional zone**, **hypertrophic zone** は3週目と特に差異は認められない。

内側において、細胞の形態はより丸みを帯びたものが増加し、軟骨基質の占める割合も増加を示し、層全体が厚くなっている。また、配列は不規則で **transitional zone** との境界はますます不明瞭になっている(写真29)。

骨梁の走行は対照群に較べて不規則であるが、全体的

写真29 実験B群 4週目所見 (×200)

に太さを増し、骨髓腔はさらに狭く、小さくなる傾向を示している。

内側頸部の外側翼突筋附着部骨縁における骨吸収所見は軽微となり、対照群との差異はほとんどない。

6週目

下顎頭軟骨層の **embryonic zone** における変化を示す範囲は小さくなり、中央部内側までの限られた範囲になっている。また、**embryonic zone** の細胞の配列は4週目に較べわずかに規則的になっているものの、形態はより丸みを帯び、染色性は低下し、**transitional zone** の細胞よりわずかに小さいぐらいで形態的には区別できない。その下の **hypertrophic zone** の厚さはいぜん薄く3週目、4週目と変化は認められない(写真30)。しかし、中央部の **hypertrophic zone** は4週目よりもさらに薄くなっている。

写真30 実験B群 6週目所見 (×200)

9週目

下顎頭軟骨層中央部では **transitional zone**, **hypertrophic zone** の厚さが非常に薄くなっており、対照群に較べて菲薄化している。一方、内側では **embryonic zone** の軟骨基質の増加が著明となっており、層の厚さ

写真31 実験B群 9週目所見 (×200)

写真33 実験B群 15週目所見 (×200)

も厚くなっている。また、細胞の配列は疎にかつ不規則となり、形態や大きさも異なるになっている。transitional zone, hypertrophic zone の厚さは非常に薄くなっている(写真31)。

下顎頭の骨化は中心部骨梁の成長と骨髓腔の狭窄により進行し、対照群に較べて著しく、特に内側で著明である。

内側頸部における外側翼突筋付着部骨縁の骨吸収は軽微となっている(写真32)。

写真34 実験B群 15週目所見 (×40)

写真32 実験B群 9週目所見 (×200)

内側頸部の外側翼突筋
付着部骨縁

15週目

下顎頭軟骨層中央部の embryonic zone は染色性が低下しており、細胞の形態、配列も不規則で、細胞数が減少し層の厚さは薄くなっている。hypertrophic zone の軟骨基質は増加し、細胞数は少なく疎に散在して認められる。内側では embryonic zone と transitional zone との区別はできず、細胞の形態は類円形を呈し、9週目に較べ軟骨基質の量は顕著に減少し、厚さは薄くなっている(写真33)。

下顎頭の骨化はさらに進み、対照群に較べて骨髓腔は極めて狭小化し、さらに緻密化が進んでいる(写真34)。

内側頸部の外側翼突筋付着部骨縁は平坦となり骨吸収像は認められない。

B. SEM 所見

3日目

内側の embryonic zone の細胞の形態は対照群と較べ、幅がやや短かく細長い形態のものが認められる。細胞の配列は対照群よりもわずかに疎になっているが規則的である。基質の膠原原線維の走行は対照群と同じように前後方向に多く走行している。

1週目

内側の embryonic zone の基質の膠原原線維の走行が一部不規則になっており、内外方向に走行する線維も多く認められる。また、線維が数本集まり束になった所も認められる。一方、細胞は基質の膠原原線維に取り囲まれているため、輪郭は不明瞭になっており、配列は対照群よりも疎になっている(写真35)。

2週目

内側の embryonic zone の基質の膠原原線維の走行は1週目に較べ、前後方向に走行するのが多くなり、そ

写真35 実験B群 1週目 SEM 所見

写真37 実験B群 4週目 SEM 所見

写真36 実験B群 2週目 SEM 所見

の線維の数本が集まり束となって小束を形成している。また、細胞は1週目よりも基質の膠原原線維に取り囲まれており、細胞を取りまく膠原原線維は1週目よりその数を増し、細胞の輪郭はさらに不明瞭になっている。細胞の配列は1週目よりも不規則である(写真36)。

3週目

内側の **embryonic zone** は2週目と同様な所見を呈しており、基質の膠原原線維は2週目よりわずかに前後方向に走行するものが多くなっている。

4週目

内側の **embryonic zone** の基質の膠原原線維の多くは前後方向に走行しており、線維の小束をなす傾向は2週目、3週目よりも著明になっている。そして、この小束は太さを増し、直径約2 μm ぐらいになっているのも認められる。また、小束中の個々の線維同士が癒着したような所見も認められる。

細胞はいぜん基質の膠原原線維に取り囲まれており輪

郭は不明瞭である(写真37)。

6週目

内側の **embryonic zone** の基質の膠原原線維にいぜん小束を形成したものが認められるが、その程度は4週目よりも減少している。また、線維同士の癒着したような所見は認められず、線維ならびに小束の走行はやや規則的になっている(写真38)。

写真38 実験B群 6週目 SEM 所見

9週目

内側の **embryonic zone** の基質の膠原原線維は前後方向に多く走行しており、6週目に較べて規則的で対照群の走行と同様であるが、対照群よりも密となっている。また、小束をなす線維は認められない。細胞の形態は対照群よりも丸みを帯び、配列は疎で不規則である(写真39)。

15週目

内側の **embryonic zone** の基質の膠原原線維は前後

写真39 実験B群 9週目 SEM 所見

方向に多く走行しており、対照群と同様な所見を呈している。細胞の形態は類円形を呈しており、transitional zone の細胞の形態に似ている。

総括ならびに考察

実験的歯牙欠損や咬合面削合を加えて咬合異常を惹起させ、顎関節への影響について病理組織学的に観察したものには、Breitner (1941)³²⁾、Avant ら (1952)¹⁵⁾、Cimasoni (1963)¹⁶⁾、Furstman (1965)¹⁷⁾、小野ら (1967)¹⁸⁾、檜山 (1968)¹⁹⁾、鈴木 (1971)²⁰⁾、河野 (1977)²¹⁾、喜久田 (1980)²³⁾、樋田 (1982)²⁴⁾、角野 (1983)²²⁾ らの報告がある。

これらの報告では、顎関節における種々の病理組織学的変化が明らかにされている。その変化は顎関節を構成する関節窩、円板、下顎頭のなかで、下顎頭特に軟骨層に最も多様な変化が認められている。そこで著者は、咬合異常が顎関節に及ぼす影響をさらに詳細に検索するため、SEM を用いて下顎頭特に軟骨層を中心に観察した。

I. 実験方法について

この種の実験では、動物の種類、年齢、欠損部位などが、実験結果に大きな影響を与えることは広く知られている。また下顎頭は成長発育の影響を受けやすい部位である。そこで発育による影響を最小に抑え、実験による変化を十分に把握するためには、実験の時期としては可及的に顎関節の形態が完成した時期を選ぶ事は意義あることと考える。Furstman (1966)³³⁾、三木 (1972)³⁴⁾ らによれば、ラットの下顎頭は生後50日目では下顎頭の形は整い、生後60日目には特有の形態を有するようになると報告している。そこで著者は実験の時期をラットの下顎頭の形態がほぼ完成する生後60日に設定した。

欠損部位についてみると、Furstman (1965)¹⁷⁾ はラットで、樋田 (1982)²⁴⁾ はサルで、両側歯牙欠損を作成し観察しているが、いずれも左右顎関節の変化に明らかな差異を認めていない。著者の実験B群の如く歯牙欠損に加えて、左右切歯の削合を行なった報告はいまだみられないが、左右対称的な咬合変化による左右顎関節への影響はほぼ同じと考え、各ラットの右下顎頭を SEM 用、左下顎頭を顕微鏡用として対比観察した。

II. SEM 用試料作製法について

下顎頭を SEM を用いて観察した研究には田口 (1980)²⁶⁾、塩田ら (1980)²⁵⁾ の報告がある。その試料作製法は、グルタルアルデヒド・オスミウム酸二重固定、脱水、凍結切断、臨界点乾燥、蒸着の後観察している。しかし、実際に試料を作製し観察してみると、試料の鋭縁部にチャージアップが起こりやすい。そこで試料にもっと導電性を持たせる必要があると思われた。小嶋 (1981)³⁵⁾ はラットの脛骨骨端軟骨を用い、固定後タンニン・オスミウム法で導電染色を施し、凍結切断を行ない、無蒸着で観察し良好な結果を得たと報告している。そこで今回、さらに試料に導電性を持たせるため、凍結切断後、タンニン・オスミウム法で導電染色を施し、切断面に Au-Pd イオンコーティングを行ない観察した。この方法は切断後の操作が増えるため、切断面に artifact を生じる可能性が大きくなるが、試料に導電性を持たせるには良い方法と考える。また今回 embryonic zone を観察する場合、表層の articular zone はトリミングした方が良好な結果が得られた。というのは、試料を切断した場合 articular zone と embryonic zone の境で段差ができることが多く、embryonic zone が観察しにくかった。この段差は articular zone が線維性被膜であり、embryonic zone と硬さが違うためできると思われる。また articular zone は1枚の膜として容易に下顎頭より剝離でき、トリミングは比較的簡単である。トリミングの際、下顎頭表面に artifact を生じると思われるが、観察する切断面には特に問題はないと考える。

III. 体重変化について

ラットを用い歯牙抜去や咬合面削合を行ない、実験的に咬合異常を惹起させた際の体重変化についての報告をみると、檜山 (1968)¹⁹⁾、鈴木 (1971)²⁰⁾、河野 (1977)²¹⁾ などは、対照群と差は見られないと報告している。一方、濱田 (1965)³⁶⁾ は抜歯後2～3日目頃までは、体重が減少し、4～9日目頃から増加して回復の傾向がみられ、歯牙抜去前の体重に回復してくる。以後、増加率

は対照群より低いと報告している。

本実験では、実験A群、B群とも3日目までわずかに体重の減少がみられるが、これは実験による外科的侵襲のため、一時的に摂食量が減少するためと思われる。檜山(1968)¹⁹⁾は実験後1か月、鈴木(1971)²⁰⁾は抜歯後20日目、河野(1977)²¹⁾は10日目に体重を測定しているが、すでに体重が回復した後と思われるので、著者の場合と比較は出来ない。しかし、実験により大なり小なりの外科的侵襲は加わるので、実験直後の体重の減少は容易に想像できる。

その後の体重の増加傾向は対照群と同じであり、増加率はわずかに対照群よりも低いものの、全身的な栄養障害はないと考えられた。

IV. 下顎頭各部における変化について

実験動物の種類や歯牙欠損の状態により、下顎頭各部に加わる機械的刺激に差が生じ、下顎頭各部の軟骨層の変化にも差異が生ずることは当然考えられる。Furstman(1965)¹⁷⁾、檜山(1968)¹⁹⁾らは下顎頭全体にわたり軟骨層は経時的に薄くなると述べているが、下顎頭の各部位における軟骨層の変化の差異については述べていない。鈴木(1971)²⁰⁾も下顎頭全体にわたり軟骨層は薄くなるが、下顎頭後方部において従来の報告よりも厚い傾向がみられたと述べているに過ぎず、下顎頭前方、中央に分けた記載はしていない。以上のように、ラットを用いた実験では軟骨層を一塊としてその厚さについて記載したものが多く、細胞の形態、配列や軟骨基質の状態などについて記述したものは極めて少ない。わずかにAvantら(1952)¹⁵⁾が下顎頭前方部に軟骨層の線維形成を報告し、角野(1983)²²⁾が下顎頭の中央頂部に線維性構造が認められず、軟骨芽細胞への移行像を示す細胞の出現がみられたと報告しているにすぎない。

一方サルを用いた実験では、喜久田(1980)²³⁾が抜歯側の関節頭内側後隅角部下方に特異的な軟骨層の変化が認められたと述べている。樋田(1982)²⁴⁾は関節頭前方部より中央狭窄部にかけて、先人の報告と同様に経日的な軟骨層の菲薄化を認め、後方部では早期より軟骨層の肥厚化が進み、60日目で最大となるが、以後、菲薄化を示し、また後縁では経日的に軟骨層が下方に向かって新生していたと述べ、同変化を歯牙欠損により関節窩における関節頭の位置が不安定となり、関節頭各部に加わる正常時と異なった機械的刺激の差がこのような変化をもたらしたものと考えたと述べている。

本実験において、実験A群では下顎頭の中央から内側にかけて、また実験B群では内側の軟骨層に特異的な変

化が認められた。しかし、外側においては実験A群、B群ともに大きな変化は認められず、わずかに軟骨層の菲薄化が認められた。この原因については、樋田(1982)²⁴⁾の理論に加えて、解剖学的に下顎頭と関節窩との間隙が下顎頭の外側部では広く、中央部より内側部に行くに従って狭くなっているため、咬合異常による機械的刺激は中央部から内側部にかけて、強く加わりやすいためと考えられる。

V. 下顎頭軟骨層の変化について

Articular zone について、檜山(1968)¹⁹⁾は経日的に薄くなり、その程度は前歯の削合を行なった群の方が強いと述べており、線維束の走行などについては言及していない。鈴木(1971)²⁰⁾は抜歯側で線維走行の乱れが見られる傾向があったと述べている。Furstman(1965)¹⁷⁾、河野(1977)²¹⁾らはこの層については言及していない。樋田(1982)²⁴⁾は後方部で線維束の波状走行を認めているが、一般的に他の軟骨層に較べて変化は小さいようである。

著者の所見でも、この層に大きな変化は認められず、わずかに実験A群の6週、9週目に中央部内側より線維束の走行の乱れを認めたにすぎない。また咬合異常がより大きいと考えられる実験B群において、特に変化が認められなかったことから、この層は下顎頭に加わった機械的刺激にあまり影響を受けず、下顎頭軟骨の表面をカバーし、保護するものと思われる。

Embryonic zone は下顎頭軟骨層において細胞増殖の最も盛んな層であるといわれており、下顎頭に機械的刺激を与えて、³H-thymidine を用いたオートラジオグラフィによる研究で、Folkeら(1966)³⁷⁾は下顎の成長がembryonic zone の細胞増殖によりコントロールされているようであると報告している。また野口(1970)³⁸⁾は矯正用elastic thread を用い下顎頭に外力を加え、³H-thymidine のラベル法により観察しembryonic zone に多数の標識された細胞を認めている。今村(1973)³⁹⁾はembryonic zone での軟骨基質内線維形成が、同層の高い細胞増殖率と相まって、下顎頭の成長に少なからず貢献しているものと推察されると述べている。

実験的歯牙欠損による顎関節への影響についての研究では、サルを用いた実験において、喜久田(1980)²³⁾は非抜歯側の後隅角部に細胞の増加、細胞配列の不規則化、間質線維の増加などを認めており、樋田(1982)²⁴⁾も後方部において同様な所見を報告している。しかし、ラットを用いた実験においては、この層の変化について特に

言及した報告はみられず、菲薄化が起ると述べているにすぎない。

著者の実験ではこの層に最も大きな変化が認められた。すなわち、実験A群光顕所見で1週目より中央から内側にかけての **articular zone** に接する **embryonic zone** に丸みを帯びた細胞が出現し、SEM 所見では **articular zone** よりの **embryonic zone** の細胞に細胞質突起の著明な発達が見られた。SEM による観察でこの層の細胞形態を田口 (1980)²⁶⁾ は扁平された紡錘形を呈していたと述べており、塩田ら (1980)²⁵⁾ はこの層の細胞については観察しておらず、細胞質突起の発達した細胞について述べたものはみられない。しかし、TEM による観察で、塩田ら (1980)²⁸⁾ はこの層の細胞の間葉系細胞から軟骨芽細胞への分化による移行過程と考えられる細胞は楕円形で、細胞辺縁ではいわゆる三角波型の細胞突起がみられ、一部の突起は基質内に長く伸びていたと述べている。森田 (1982)²⁹⁾ もこの層の細胞に、長い細胞突起を有している所見を認めている。また、この層の基質の膠原線維の形成に関して森田 (1982)²⁹⁾ は線維層に比べ、よく発達した細胞小器官を有していることと、AL Pase 活性が認められることから、活発な基質形成能を有すると述べ、³H-proline を用いたオートラジオグラフィーによる研究で今村 (1973)³⁹⁾ は **transitional zone** について、軟骨基質内線維形成にもこの層が大きく貢献していることがうかがわれると述べている。

本実験において、この層に丸みを帯びた細胞が認められて基質の増加が認められたことから、この細胞が基質形成に関係があると考えられた。

基質の膠原原線維の走行については、田口 (1980)²⁶⁾ が関節面とは全く無関係に膠原原線維が走行し、あたかもスポンジ様構造を呈していたと述べている。

本実験の対照群における、**embryonic zone** では下顎頭の前後方向に多く走行しており、**transitional zone** では田口 (1980)²⁶⁾ と同じように走行していた。また実験B群2週目より認められた著明な膠原原線維の小束化は、田口 (1980)²⁶⁾ の報告ではあらわれなかった。また本実験の対照群においても認められなかったことから、切歯の削合を併せて行なったことにより、下顎頭に加わる機械的刺激が強くなった影響と思われる。

実験A群では基質の膠原原線維の増加が認められたが、線維の走行においては、あまり大きな変化は認められなかった。しかし、実験B群では線維の走行の乱れや、小束の形成が認められたことから、**embryonic zone** において、加わった機械的刺激の強さの程度によっては

基質の膠原原線維の増加のみで緩衝できるが、さらに強くなると、数本の線維が束となってその機械的刺激を緩衝するものと考ええる。

³H-proline を用い、オートラジオグラフィーによる観察で Silberman (1972)⁴⁰⁾、今村 (1973)³⁹⁾、岡田 (1977)⁴¹⁾ らは、いずれも全軟骨層のうち **transitional zone** が最も多く ³H-proline を取り込むことで一致している。また今村 (1973)³⁹⁾ はこのことを **transitional zone** が細胞増殖よりも基質形成面で重要な働きをしていることを裏付けるものであると述べている。この点に関しては従来の TEM による観察でもよく発達した粗面小胞体や Golgi 体などが観察され、活発な基質形成を、この層が行なっていることは通念となっているようである。

歯牙欠損による機械的刺激がこの基質形成にも影響を与えることは当然考えられるが、従来の報告をみると、ラットを用いた実験において、層の菲薄化を記載したものが僅かに認められるにすぎず、細胞形態、基質の変化について記載したものはみられない。本実験の光顕所見では、軟骨基質のわずかな増加が認められたが、著明な変化は認められなかった。著者の SEM による観察でも、**embryonic zone** で認められたような、細胞形態、基質の膠原原線維の変化などはみられず、対照群との差異は認められなかった。

これはこの層の基質の膠原原線維は前でも述べたように、関節面とは全く無関係に走行し、あたかもスポンジ様構造を呈しており、軟骨細胞を含む小腔を取り囲むような形態をとることに起因すると考えられる。すなわち、この様な構造は下顎頭に加わる機械的刺激を緩衝するのに適した構造と思われ、本実験で創り出された程度の機械的刺激の強さでは、**articular zone** と **embryonic zone** で緩衝されて、この層の膠原原線維の走行を乱すほどの強さではなかったと考えることが妥当であろう。

Hypertrophic zone には細胞増殖能や基質形成能はほとんどなく、基質の石灰化に関与していると考えられている。また、成長とともに軟骨層の菲薄化が進むことは周知のことで、さらに、実験的歯牙欠損のみならず、種々の実験的咬合異常や機能異常によっても軟骨層の菲薄化は著明に進行する。今村 (1973)³⁹⁾ はラットを用い、下顎遠心咬合を誘導させ、深沢 (1980)⁴²⁾ はラットを用い、閉口運動に関与する筋群を切除し下顎頭軟骨を観察した実験で、特にこの層の菲薄化が大きかったことを述べ、その理由として、今村 (1973)³⁹⁾ はこの層内の個々

の細胞がもともと極端に肥大しているため、わずかな細胞数の変動も大きな厚径の変動となって現われるのであろうと述べている。さらに **embryonic zone** → **transitional zone** → **hypertrophic zone** という細胞の流れが、外的刺激により影響を受けて、**transitional zone** からの流入細胞と **erosion zone** での軟骨吸収とのバランスが崩れたためと思われると述べており、**hypertrophic zone** の細胞数は **embryonic zone** の細胞増殖と関係が深いことを示唆している。しかし、一方では Folke ら (1966)³⁷⁾、野口 (1970)³⁸⁾ らは外的刺激で **embryonic zone** の細胞増殖活性が高まると報告しており、細胞増殖にはある程度の外的刺激が必要と考えられている。

本実験で、実験後3日目までA群、B群ともに層の厚さが薄くなったことは、体重の減少からも考えて、実験による外科的侵襲により、ラットが咬合をあまり営まず、下顎頭に加わる刺激が減少したため、**embryonic zone** からの細胞流出が減少したためと考える。また、その後3週目まで厚さの増加が認められたことは外科的侵襲の影響も徐々になくなり、ラットが咬合を営むようになった結果、**embryonic zone** での細胞増殖が活発になったため、流出細胞数が増加したためと思われる。

Erosion zone ならびに下顎頭の骨化についてみると、実験的歯牙欠損によって観察した Furstman (1965)¹⁷⁾ は下顎頭の骨化が進行したことを認めているが、檜山 (1968)¹⁹⁾ によると逆に骨化が障害されたと報告し、正反対の見解がある。著者の場合は骨化の著明な進行がみられた。この違いは実験方法、実験開始時の年齢などの違いによると著者は考えた。すなわち、檜山 (1968)¹⁹⁾ は生後45日±5日のラットを用い、片側歯牙欠損を惹起させた実験において、下顎頭の骨化が障害された理由として、二次骨梁の形成が低下したのは、骨頭部軟骨層の萎縮により、量的にも一次骨梁の形成が不足したこと、形成された骨梁が上下にのびる規則的な形態をとらなかったこと、また形成された二次骨梁に、適当な刺激がなかったため、その後の骨添加が咬合を営んでいる側ほど明らかでなかったことなどによると述べている。

確かに、檜山 (1968)¹⁹⁾ の実験で使用しているラットは成長期であり、骨梁形成が旺盛な時なのでこの時期に実験を行えば骨梁形成に障害が出ると考えられ、また実験方法も片側歯牙欠損のため実験側下顎頭に加わる外的刺激が減少するかもしれない。しかし、本実験で用いたラットは下顎頭の形態がほぼ完成した時期であり、成長期のラットに較べれば骨梁形成は減少しているため、

実験による骨梁の形成障害は少ないと考えられる。また実験方法においても、著者の実験は両側歯牙欠損のため、下顎頭に加わる外的刺激は檜山 (1968)¹⁹⁾ の場合とは逆に増大するものと考えられる。

一般的に下顎頭の骨化には外的刺激が重要であると言われており、岡田 (1977)⁴¹⁾ は生後28日のラットを用いて、下顎頭部を同腹ラットの背部皮下に移植し、下顎頭に加わる機能的な要因・外的要因を断った場合、下顎頭での内軟骨性骨形成はほとんどみられなかったことから、下顎頭の形態、軟骨形成の保持、および骨改造に関しては、機能的な要因・外的要因が強く関与していることが示唆されたと述べている。本実験の結果からも、外側に較べて内側での骨化が強かった。これは、軟骨層の変化からも考えて、外的刺激は内側の方へ強く加わったと考えられる。この事からも、下顎頭の骨化には外的刺激が強く影響することが示唆された。

VI. 下顎頭頸部の骨吸収について

従来の実験的歯牙欠損による報告で、下顎頭頸部に骨吸収を認めたものが散見される。ラットを用いた実験では、Furstman (1965)¹⁷⁾、鈴木 (1971)²⁰⁾ が報告しているが、いずれも片側歯牙欠損による咬合異常によるものである。しかし、著者の如く両側歯牙欠損による咬合異常で報告されたものはみられないようである。そして、骨吸収の原因について、Furstman (1965)¹⁷⁾ は下顎骨の強い側方偏位を防止するためと述べ、鈴木 (1971)²⁰⁾ は外側翼突筋附着部に吸収窩を認め、咬合異常による神経筋機構の不調和あるいは咀嚼筋の協調性の喪失が誘因となり起ると推定している。

サルを使った実験では、樋田 (1982)²⁴⁾ が両側歯牙欠損を作り観察し、同様な骨吸収を認めその原因について、両側下顎臼歯部抜歯による側方歯群の喪失のため、下顎が常に不安定な状態におかれ、顎間機能に不調和が生じたための変化であろうと述べている。実験動物が異なるため、一様に評価することは危険がない訳ではないが、著者も同様な見解をもつものである。つまり本実験においても、実験開始時から内側頸部の外側翼突筋附着部骨縁に骨吸収を認めたが、対照群では9週目には骨吸収は停止していた。しかし、実験群では9週目以降でも、軽微ながら骨吸収像は継続していることを認めた。このことは、鈴木 (1971)²⁰⁾ や樋田 (1982)²⁴⁾ らが述べたように、下顎が不安定な状態となり、神経筋機構に不調和などの異常が現われたためと著者は考える。しかしながら、その程度は両側歯牙欠損の場合、片側歯牙欠損状態の場合ほど強くないと言える。

結 論

咬合異常が下顎頭に及ぼす影響を知るため、ラットの上顎左右全臼歯抜去(A群)、および同抜去と上顎左右切歯の定期的な削合を行ない(B群)、実験的に咬合異常を惹起させ、下顎頭の変化を病理組織学的及び走査電子顕微鏡的に検索し、次のような結果を得た。

1. 実験A群、B群とも対照群と同様な体重増加傾向を示した。

2. 実験A群の中央部より内側部にかけての **embryonic zone** に特異的な変化を早期より認めた。

a. 光顕による観察で、実験後1週目より **articular zone** に接する部の細胞は丸みを帯び、6週目において **embryonic zone** 全体まで及んでいた。以後、細胞の配列が不規則となり、軟骨基質の増加が認められた。

b. SEMによる観察で、1週目より **articular zone** よりの細胞は多数の突起を有し、2週目まで同細胞の突起は著明に発達し、形態は丸みを帯びてくる。以後、細胞の突起は減少し、9週目より基質の膠原原線維の走行が一部不規則になっていた。

3. 実験B群の内側部の **embryonic zone** に実験A群よりも大きな特異的な変化を早期より認めた。

a. 光顕による観察で、経週的に軟骨基質が増加し、細胞の形態は丸みを帯び、配列は不規則となり、4週目で最も著明となっていた。以後、細胞の配列はわずかに規則的になるものの、形態はより丸みを帯び、transi-

tional zone と区別できなくなっていた。

b. SEMによる観察で、基質の膠原原線維の変化は走行の乱れとして始まり、小束化を来し、4週目で最も著明となる。以後、線維の走行は規則的になり緻密化をたどる。

4. 下顎頭軟骨層の菲薄化は **hypertrophic zone** で著しく、実験A群、B群ともに3日目ですでに菲薄となっていたが、その後3週目までは逆に肥厚し、4週目より再度菲薄となっていた。

5. 下顎頭外側部では、実験A群、B群ともに大きな変化は認められなかった。

6. 下顎頭内側頸部の外側翼突筋付着部骨縁の骨吸収は、対照群では9週目でほぼ停止していたが、実験群では9週目でも軽微ながら、いぜん骨吸収像を認めた。

7. 下顎頭の骨化は、対照群、実験A群、実験B群の順に進行していた。

以上より、咬合異常の違いにより、顎関節異常にも差異が生じることが示唆された。

稿を終わるに臨み、終始、御懇篤なる御指導と御校閲を賜った恩師九州歯科大学第1口腔外科学教室山田長敬教授に深甚の謝意を捧げます。

また、日夜をいとわず種々御教示、御指導を戴きました亀山嘉光助教授に満腔の謝意を表し、あわせて本研究に種々御協力戴きました教室員諸兄に御礼申し上げます。

引 用 文 献

- 1) 上野 正: 顎関節疾患の診断と治療. 日歯評論 170: 1—7, 1957.
- 2) 中村允也: 顎関節症の臨床的研究. 口病誌 26: 986—1012, 1959.
- 3) 岡 達: 顎関節症の研究—成因および臨床像を中心に—. 口科誌 16: 116—123, 1967.
- 4) 関 秀孝: 顎関節症の補綴学的研究. 第1報, 顎関節症患者の咬合に関する研究. 口病誌 35: 213—227, 1968.
- 5) 中沢勝宏: 顎関節症における下顎運動の分析. 歯科学報 74: 277—311, 1974.
- 6) 中村公雄・山内哲義・榎阪 朗・下総高次: 顎関節症患者の経時的観察ならびに咬合に関する研究. 補綴誌 19: 217—231, 1975.
- 7) 中村公雄・山内哲義・榎阪 朗・下総高次: 顎関節症患者の統計的観察. 補綴誌 19: 232—237, 1975.
- 8) 三谷春保: 咬合性顎関節症の筋への影響. 日歯評論 392: 48—55, 1975.
- 9) 腰原 好: 顎関節症に対する治療方針とその効果. 日歯評論 392: 73—84, 1975.
- 10) 埜口五十雄・石橋克禮・大西正俊・太田勝美: 顎関節症の臨床—口腔外科的立場から—. 日歯評論 399: 68—78, 1976.
- 11) 鬼塚謙治: 顎関節症に関する臨床的研究. 九州歯会誌 30: 662—708, 1977.
- 12) 呉 俊寛・平井憲隆・兼松博邦・沼倉則正・呉 勝宣・野田博文・高橋美好・天野秀雄・前田睦夫: 咬合変

- 化に関する実験的研究—とくに顎関節部におよぼす影響について—〔会〕. 補綴誌 21:174, 1977.
- 13) 山崎 博: 片側咬合挙上による両側顎関節の変化に関する実験的研究. 九州歯会誌 33:257—280, 1979.
 - 14) 鬼塚啓史: 咬合挙上冠除去後の顎関節への影響に関する実験的研究. 九州歯会誌 37:340—359, 1983.
 - 15) Avant, F.B., Averill, C.J. and Hahn, W.E.: Changes in the temporomandibular joint of rats caused by alternations in the intermaxillary relationship of the teeth. *J. Dent. Res.* 31:499—500, 1952.
 - 16) Cimasoni, G.: Histopathology of the temporomandibular joint following bilateral extraction of molars in the rat. *Oral Surg.* 16:613—621, 1963.
 - 17) Furstman, L.: The effect of loss of occlusion upon the mandibular joint. *Am. J. Orthod.* 51:245—261, 1965.
 - 18) 小野尊睦・石井保雄・三木 毅・松崎逸郎: ラット顎関節の形態病学的研究. 第2報. 実験的片側咬合に於けるラット顎関節部の変化について〔会〕. 日口外誌 13:423, 1967.
 - 19) 檜山達郎: 抜歯による実験的咬合変化が顎関節に及ぼす影響に関する病理組織学的研究. 口病誌 35:598—612, 1968.
 - 20) 鈴木 禎: 各種動物の顎関節円板にみられる軟骨細胞の分布並びに機能的意義について. 3. 実験的咬合異常によって生ずるラット顎関節部の変化, 特に顎関節円板の変化について. 歯科学報 71:1337—1348, 1971.
 - 21) 河野寿一: 抜歯が顎・顔面頭蓋と顎関節の成長発育に及ぼす影響について. 歯学 65:457—500, 1977.
 - 22) 角野博俊: 下顎頭損傷の修復に関する実験病理学的研究—ラット顎関節損傷の顎顔面発育に及ぼす影響を中心に—. 口科誌 32:69—109, 1983.
 - 23) 喜久田利弘: 片側歯牙欠損によるサル顎関節の病理組織学的研究. 九州歯会誌 34:254—274, 1980.
 - 24) 樋田謙二郎: 両側下顎臼歯部欠損による顎関節への影響に関する実験的研究. 九州歯会誌 36:136—156, 1982.
 - 25) 塩田 覚・角野博俊・南 英治・小野尊睦: ラットにおける下顎頭の走査電子顕微鏡的研究. 日口外誌 26:42—48, 1980.
 - 26) 田口 望: 顎関節関節軟骨および関節円板の微細構造に関する研究. 日口外誌 26:929—944, 1980.
 - 27) Silberman, M. and Frommer, J.: Ultrastructure of developing cartilage in the mandibular condyle of the mouse. *Acta Anat.* 90:330—346, 1974.
 - 28) 塩田 覚・南 英治・角野博俊・小野尊睦: ラットの下顎頭軟骨に関する電子顕微鏡的研究. 日口外誌 26:628—636, 1980.
 - 29) 森田修一: ラット下顎頭軟骨の生後発育に関する微細構造学的, 細胞化学的研究. 日矯歯誌 41:171—201, 1982.
 - 30) 布施修一郎・野口五十雄: 咬合異常における顎関節軟骨と関節円板の走査電子顕微鏡による実験的研究〔会〕. 日口外誌 22:933, 1976.
 - 31) 布施修一郎・野口五十雄: 咬合異常における顎関節構成体の SEM による実験的研究. 第2報 経済的観察〔会〕. 日口外誌 24:1362, 1978.
 - 32) Breitner, C.: Further investigations of bone changes resulting from experimental orthodontic treatment. *Am. J. Orthod.* 25:605—632, 1941.
 - 33) Furstman, L.L.: Normal age changes in the rat mandibular joint. *J. Dent. Res.* 45:291—296, 1966.
 - 34) 三木 毅: ラット顎関節の発生並びに発育に関する研究. 京大口科紀要 12:1—30, 1972.
 - 35) 小嶋 昇: 導電染色法による Rat 脛骨骨端軟骨の走査電子顕微鏡による観察. 日大歯学 55:366—371, 1981.
 - 36) 濱田泰男: 歯牙欠如による咀嚼障碍の持続が体重及び胃粘膜に及ぼす影響に関する実験的研究. 歯学 53:

284—301, 1965.

- 37) Folke, L.E.A. and Stallard, R.E. : Condylar adaptation to a change in intermaxillary relationship. *J. Periodont. Res.* 1 : 79—89, 1966.
- 38) 野口規久男 : 外力を与えた際の幼若ラット下顎頭の研究— ^3H -thymidine オートラジオグラフィーによる観察—. 口病誌 37 : 222—241, 1970.
- 39) 今村正史 : 下顎を偏位させた際のラット下顎頭軟骨の反応. 口病誌 40 : 457—475, 1973.
- 40) Silbermann, M. and Frommer, J. : Vitality of chondrocytes in the mandibular condyle as revealed by collagen formation. An autoradiographic study with ^3H -proline. *Am. J. Anat.* 135 : 359—370, 1972.
- 41) 岡田充泰 : ラット下顎頭の発育に関する実験的研究—皮下移植した下顎頭の発育について—. 阪大歯学誌 22 : 21—45, 1977.
- 42) 深沢裕文 : 閉口運動に関与する筋群切除後のラット下顎頭の成長発育に関する研究. 日矯歯誌 39 : 303—318, 1980.