下顎骨オトガイ部骨折の変形治癒による咬合異常が イヌ顎関節に及ぼす影響に関する実験的研究

司 城 秀 光

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）

平成2年10月31日受理

An Experimental Study on Effects of the Temporomandibular Joint in the Dog Following Malocclusion Caused by Deformity of Healing after Fracture of Mental Region of the Mandible

Hidemitsu Shijo

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

Experimental segmental resection including teeth was performed in the range from canine median mandibular through right lower central, intermediate and angular teeth, and the stumps were put together firmly in bolt fixation, being kept at a deformed healing state.

The influence of subsequent malocclusion on temporomandibular joint was examined pathohistologically.

The results obtained are as follows :

1. The articular fossa • lateral angular region showed bone resorption from the 5 th post-experimental day and its peak on the 240 th day on the left side and on the 30 th ~ 90 th day on the right side. Bone resorption decreased thereafter and disappeared.

2. The articular fossa cartilaginous layer became thicker as a whole on both sides at lateral angular region from the 5 th to 90 th day and thereafter gradually decreased to return to the original on the 240 th day. Tr-z was scarcely noted throughout the period, while Ca-z was noted partially hypertrophic on the 365 th and 90 th days on the left and right sides, respectively.

3. The articular disc began to show uneven stainability and thickness on both sides from the 5 th day and to a remarkable extent especially internal-externally, with the occurrence of interfiber bundle bending, dispersion and occasional rupture.

4. Bone resorption which gradually started following the start of the experiment at condyle head • inter-external angular region increased in scope and depth with time, reaching its peak at the both sides, and disappeared from the 240 th day on.

5. Osteoplasty was noted on the left side at condyle head • lateral angular region on the 60 th day and to an extensive and thick extent on both sides on the 240 th day.

6. The condyle head tended to project externally.

7. The condyle head cartilaginous layer tended to be hypertrophic for Ta-z in the whole regions, and to remarkable extent especially at lateral angular region. Tr-z and Ra-z were scarcely noted in any one of the regions, and Ca-z, though partially hypertrophic, tended to be decreasing.

8. No distinct difference in these findings was noted between both temporomandibular joints.

The above results suggest that earlier and more remarkable changes occur in temporomandibular joints in case of malocclusion due to mandible deformed healing than in case of malocclusion due to the loss of the tooth. However, it was also revealed that all of condyle head, articular fossa and articular disc proceeded in reconstruction and functioned as integrated temporomandibular joints while adapting themselves to any abnormal environment.

Key words : T. M. J / Malocclusion / Mandibular trauma / Mandibular deformity

緒 言

交通外傷の増加に伴い、顎・顔面外傷の発生頻度も増加し、しかもその重症度も増している。このため他科を経由して口腔外科を受診する顎・顔面外傷症例も増加し、受傷後、口腔外科受診までの経過日数が比較的長期のものも少なくない。これら受傷後、日数を経過して口腔外科を受診する例では、そのほとんどが口腔外科領域に関しては止血を主目的とした処置のみで、顎骨骨折部は無処置のまま放置されていることが多い。したがって、口腔外科受診までの期間が長いほど骨折局所は変形治癒していることが少なくない。特に、下顎骨においてはその解剖学的形態から外力により変形を来す割合が高く、変形治癒の結果、必然的に咬合異常を惹起している。このような場合、間接的あるいは直接的に咬合機能の中心である顎関節にもその影響が波及するであろうことは想像に難くない。

従来、実験的咬合異常による顎関節への影響について種々の研究がなされてきた¹⁻⁴⁾。なかでも咬合異常を来す要因のひとつである歯牙欠損が顎関節へ及ぼす影響については歯牙欠損の状態、観察方法を変えて、古くから数多くの研究が行われてきている。Avant ら (1952)⁵⁾、Cimasoni (1963)⁶⁾、Furstman (1965)⁷⁾、小野ら (1967)⁸⁾、檜山 (1968)⁹⁾、鈴木 (1971)¹⁰⁾、河野 (1977)¹¹⁾、角野 (1983)¹²⁾ らのラットならびにイヌを使った研究、Breitner (1941)¹³⁾、本教室の喜久田 (1980)¹⁴⁾、樋田 (1982)¹⁵⁾ らのサルを使った研究など枚挙にいとまもない。これらは、いずれも病理組織学的

に観察したもので、主変化は関節頭軟骨層に現れるという見解で一致している。また、斎藤 (1939)¹⁶⁾、河野 (1977)¹¹⁾ らはレントゲンにて、雨森 (1965)¹⁷⁾ は乾燥骨標本およびレントゲンにて、岡 (1970)¹⁸⁾ は乾燥骨標本にて、歯牙欠損後の顎関節の形態変化を経日的に計測し、歯牙欠損による咬合異常が関節頭の劣成長を惹起することを明らかにしている。一方、教室の山崎 (1979)¹⁹⁾ は、不良補綴物を想定しサルに高咬頭クラウン装着を行い片側咬合挙上を惹起させて病理組織学的に観察したところ、関節円板の組織変化は関節頭、関節窩の組織変化に先行して起こることを述べている。

これら多くの研究は歯牙欠損による咬合異常を中心に捉えたものが殆どで、顎骨側、即ち顎骨の変位による二次的な咬合異常の発生によって顎関節の受ける影響についての研究は、著者の抄読した範囲では見られないようである。

本研究では下顎骨骨折受傷後の変形治癒による咬合異常が顎関節に及ぼす影響を本格的に究明するためイヌについて実験的にオトガイ部骨折を惹起せしめ、同部を変形治癒状態下において、病理組織学的に検索を行った。その結果、若干の興味ある知見を得たのでその詳細を報告する。

実験動物並びに方法

1. 実験動物

実験動物には、生後1年半前後、体重10 kg前後の雑種成犬19頭(対照群2頭を含む)を使用した。実験に先立ち、1週間以上飼育舎にて飼育し、健康であること

を確認した後、実験に供した。飼育環境条件は室温 $23 \pm 3^\circ\text{C}$ 、湿度 $50 \pm 5\%$ とした。

II. 実験方法

実験動物はキシラジン（商品名：セラクター、バイエル社製） 0.01 ml/kg 、筋注により前麻酔を施し、ペントバルビタールナトリウム（商品名：ソムノペンチル、ピットマン・ムーア社製） 0.2 ml/kg にて全身麻酔を行った。手術野の剃毛後、 0.5% グルコン酸クロルヘキシジン液（商品名：ヒビテン液、住友製薬社製）による術野の消毒、 0.05% グルコン酸クロルヘキシジン液にて口腔内を消毒し、8万倍エピネフリン添加塩酸リドカイン（商品名：2% キシロカイン、フジサワ社製）にて術野の局所麻酔を行った。

オトガイ下部から頸部へ約 4 cm 皮膚切開し、下顎骨を露出させ、口腔内より両側第三小臼歯部までの歯肉を剥離し、皮膚切開創と交通させた。正中から右側第一から第三切歯の範囲で歯牙を含めた区域切除を行い（図1、2）、断端部を合わせて強固にネジ（18-8 ステンレス鋼）固定し、（図3）、皮膚切開創を腹位縫合して終了した。術後1週間注射用セファピリンナトリウム（商品名：セファトレキシール、ブリストル・マイヤーズ社製）の筋肉内注射を行い、感染予防を図った。

III. 観察方法

実験後5、10、20、30、60、90、240、365日の各経日にて薬殺し、断頭後、 10% ホルマリン液にて3週間固定した。固定後両側顎関節部の切り出しを行い、さらに1週間同一薬剤固定をした。その後、 5% 硝酸液に

図1 下顎骨の切除範囲

図2 歯牙および下顎骨の区域切除後

- A. 右側下顎骨断端部
- B. 左側下顎骨断端部

図3 両断端をネジ（18-8 ステンレス鋼）にて固定

より脱灰し、通法に従ってセロイジン包埋を行い、 $15 \mu\text{m}$ の前額断連続切片標本を作製して、ヘマトキシリン・エオジン重染色を施し鏡見した。

組織所見

I. 対照群組織所見

A. 関節頭

関節頭は、内側から外側にわたり類楕円形を呈し、その表層は軟骨層により覆われ、その内側には外側翼突筋

が付着している (写真1)。

軟骨層は表層から Lane & Weiss (1975)²⁰⁾ の法に従って第1層 tangential zone, 第2層 transitional zone, 第3層 radial zone, 第4層 calcified zone の4層に分けて観察した。

第1層の tangential zone (以下 Ta-z と略す) は, 表面と平行に走行する密な線維性結合組織よりなり, 層板状配列を示している。線維間にヘマトキシリンに濃染する扁平な核を有する線維芽細胞が存在する。

第2層の transitional zone (以下 Tr-z と略す) は, 圧平された核を有する紡錘形細胞の密集からなっていて, 線維芽細胞に近い線維軟骨細胞構造を呈する。

第3層の radial zone (以下 Ra-z 略す) では, 軟骨細胞が不規則に配列している。

第4層の calcified zone (以下 Ca-z と略す) は緻密な骨梁を形成している。

B. 関節円板

関節円板は内・外側両端で上下の厚みを増したひょうたん型を呈し, 密な膠原線維より構成されている。線維束間には類円形や楕円形の扁平な核を有する線維芽細胞が散在している。関節円板上下には関節腔がみられ, 脂肪細胞が存在している (写真2)。

C. 関節窩

関節窩は, 関節頭の形態に対応した形態を呈して, 表面は円滑で, 薄い軟骨層よりなる。関節窩軟骨層の表層第1層は, Ta-z が存在し, 続いて Tr-z・Ca-z へ移し, Ra-z は存在しない (写真3, 4)。

II. 実験群組織所見

A. 左側

5日目所見: 関節窩・外側隅角部ならびに内側端部で浅く狭い骨吸収窩がごく僅かに見られるが, 全体的に骨

写真1 関節頭外側隅角部
左側対照群 H・E 染色 × 40

写真2 関節円板中央部
左側対照群 H・E 染色 × 40

写真3 関節窩外側隅角部
左側対照群 H・E 染色 × 40

写真4 関節窩内側隅角部
左側対照群 H・E 染色 × 40

表面は, 不均一な厚さを示す Ca-z に複雑に移行している。隣接する骨髄には比較的大きな血管に充血, 拡張が認められ, 炎症性細胞の浸潤も見られるが, 極めて軽度である。軟骨層各層は境界不明瞭で, 関節窩の中央部か

ら内側にかけて多少厚くなっている。外側部 Ta-z の線維束は他部のものよりも屈曲，疎開が著しく，走行の乱れが著明である。中央部から内側へ移行するところでは紡錘形の大型の細胞を豊富に認めるとともに，一部に均一無構造化した領域も見られる。内側の上関節腔に接する表層には，広い範囲におよぶ炎症性細胞の浸潤を認める。

関節円板は全域で染色性ならびに厚さが不均一で，外側と内側で厚く，中央部ではほぼ一定の厚さを保っている。この厚さを増した部分の線維束の走行は一定せず，屈曲，疎開が顕著で，線維束間の一部の血管は充血している。中央部から内側へ移行する部では線維束間にヘマトキシリンに濃染した紡錘形の大型の細胞が散在していて，さらにこの部の上関節腔表層は炎症性細胞の浸潤が広く認められる。

関節頭・外側隅角部ならびに内側隅角部に局限した浅い骨吸収像を認める。さらに外側隅角部の吸収窩が隣接骨髄と近接している部分では，局限した幼若な肉芽組織の形成を認める（写真5）。関節頭軟骨層は全域で比較的明瞭に識別できる。外側隅角部から頭頂中央部にかけて Ca-z は僅かに肥厚し，これより内側にかけて Ta-z が厚みを増し，膠原線維束の著しい蛇行，屈曲，疎開が炎症性細胞の浸潤と共に認められる（写真6）。

10日目所見：関節窩・外側隅角部には局限した骨吸収とともに，その吸収窩面には破骨細胞が多数配列している。またその周囲では線維芽細胞が増殖し，炎症性細胞の浸潤が認められ，毛細血管も豊富である。隣接する骨髄でも，血管の充血，拡張と軽度の炎症性細胞の浸潤が見られる（写真7）。外側隅角部から中央部へ移行するに従って軟骨層・Ca-z は肥厚し，さらに内側へ移行すると厚さは著しく増し，紡錘形の大型の細胞と豊富な軟骨芽細胞が認められるようになる。Tr-z は中央部の一部で明瞭に識別できるが，全体的に不明瞭である。

関節円板は外側から中央部へ移行する間では，比較的均一な染色性および厚さを保ち，線維束の走行も一定している。しかし外側端ならびに内側端で，厚さを増し，線維束の走行は一定せず，屈曲，疎開が顕著である。また中には部分的に断裂しているところ，特に外側・下関節腔側において線維束の断裂のほか，剝離した部分が見られ，さらに線維束間の血管は充血，拡張している（写真8）。中央部より内側へ移行する部では，線維束間にヘマトキシリンに濃染した大型の細胞および軟骨芽細胞様の細胞が豊富に存在し，上関節腔側の表層には線維芽細胞の一層配列しているところや数層配列しているところ

写真5 関節頭外側隅角部骨吸収
左側実験後5日目 H・E染色 ×40

写真6 関節頭中央部 Ta-z の肥厚
左側実験後5日目 H・E染色 ×40

写真7 関節窩外側隅角部骨吸収
左側実験後10日目 H・E染色 ×40

ろが見られる（写真9）。

関節頭における外側隅角部，頭頂部および内側隅角部では浅い骨吸収像が散在していて，その吸収窩には破骨細胞が多数配列している（写真10）。関節頭軟骨層各層

は不明瞭で、厚さも不均一で、外側隅角部ならびに頭頂中央部から内側隅角部にかけて特に肥厚し、線維芽細胞の顕著な増殖を骨層側ならびに下関節腔側で認められる。また炎症性細胞の浸潤が著しく、毛細血管が豊富に見られる。隣接する骨髄には炎症性細胞の浸潤のほか、骨髄壁一部の吸収像、大中小血管の充血、拡張、出血あるいは液化融解などが見られる。

20 日目所見：関節窩・外側隅角部から中央部にかけて限局性の吸収窩が散在しているが、特に外側隅角部で著しい。それぞれの吸収窩は軽度の炎症性細胞の浸潤を伴う線維芽細胞で充たされ、骨面には破骨細胞が存在する。これらの吸収部に隣接する骨髄でも、炎症性細胞の浸潤が著しく、脂肪顆粒は減少し、特に外側隅角部では、上方深部にまで及んでいる。一部の骨髄内でも散在性の骨吸収像が見られる。軟骨層は全体的に境界不明瞭で、骨吸収部に一致して厚くなり、線維芽細胞の増殖傾

向、表層では紡錘形の大型の細胞が散見される。

関節円板の外側から中央部にかけての線維束には、部分的に蛇行、屈曲、大きく疎開し、線維束間にはヘマトキシリンに濃染した大型の細胞が僅かに見られる。中央部から内側にかけての関節円板は厚さを増し、一部の線維束には軽度の浮腫をきたし、線維束間の大きな血管は充血、拡張を呈している。上関節腔側の表層には厚い線維芽細胞の増殖層を認める。

関節頭・外側隅角部からほぼ中央部にかけての範囲に骨吸収所見が見られ、特に外側隅角部下方におけるものは深い。隣接する骨髄の一部では、血管の充血、拡張と炎症性細胞の軽度の浸潤が見られる (写真 11)。一方頭頂側では広く、浅い骨吸収が見られ、直下のハバース管内に軽度の炎症性細胞の浸潤が見られる。骨髄内は脂肪顆粒によって占められている。関節頭外側隅角部頭頂側および内側隅角部頭頂側における軟骨層の一部で、Ca-

写真 8 関節円板外側の線維束の乱れ
左側実験後 10 日目 H・E 染色 × 40

写真 10 関節頭外側隅角部骨吸収
左側実験後 10 日目 H・E 染色 × 40

写真 9 関節円板外側から中央にかけてのヘマトキシリンに濃染した細胞
左側実験後 10 日目 H・E 染色 × 40

写真 11 関節頭外側隅角部骨吸収
左側実験後 20 日目 H・E 染色 × 40

zが軟骨芽細胞に富み、肥厚をきたしている。骨吸収部を除き Ta-z は厚さを増し、線維束間は疎開、屈曲を呈し、特に内側隅角部頭頂側において著明で、線維束の断裂も見られる。下関節腔側では線維芽細胞の増殖が著明な部分があり、炎症性細胞の浸潤も著しく、充血、拡張した毛細血管も見られる。

30 日目所見：関節窩の外側隅角部から中央部にかけて、吸収窩が散在する。特に外側隅角部では、20 日目よりもさらに深く、顕著な骨吸収が骨髓近くまで及んでいる。これらの吸収窩は軽度の炎症性細胞の浸潤を伴う線維芽細胞で充たされ、その骨面には破骨細胞が散在している。この部に隣接する骨髓では、血管の充血、拡張、部分的出血、さらに上方の広い範囲に炎症性細胞の軽度の浸潤や、脂肪顆粒の減少などが見られる。

関節窩軟骨層は全体的に不明瞭で、大型の紡錘形の細胞を含んだ結合組織層は厚みを増し、外側の一部で関節円板が圧入しているため厚みを減じている。関節窩の中央部から内側にかけては、軟骨芽細胞に富む Ca-z は厚さを減じ、かつ軟骨層各層の境界は不明瞭となり、Ca-z に接してヘマトキシリンに濃染した大型の細胞を豊富にもつ Tr-z と厚みを増した結合組織層が見られる。しかし、その部の線維束の走行は一定している。

関節円板の外側から中央部にかけては、染色性が一部不均一となり、厚さを減じている。隣接する中央部では、線維束の走行は一定しているが、線維束間にヘマトキシリンに濃染した大型の細胞と軟骨芽細胞様の細胞を認め、線維芽細胞はほとんど認められない(写真12)。関節円板の中央部から内側へかけては、比較的均一な染色性を示し、厚さもほぼ一定で、線維束間にはヘマトキシリンに濃染した大型の細胞を豊富に認め、その細胞間に軟骨芽細胞様の細胞が散在している。

関節頭の外側隅角部から頭頂中央部にかけては連続性の骨吸収が、外側隅角部下方には限局性の骨吸収が散在し(写真13)、さらに内側隅角部にも骨吸収所見が見られる。吸収窩は外側隅角部から頭頂中央部に移行するに従い狭く、浅くなっている。外側隅角部では、20 日目よりかなり深く広範囲に及び、ほぼ骨髓にまで達し、吸収部表面は著しく凹凸不整である。隣接骨髓には炎症性細胞の浸潤が見られ、吸収部と交通する部では特に顕著で、血管の充血、拡張ならびに出血も認められる。吸収部の骨表面および近接する骨髓壁には破骨細胞が多数配列し、その周囲では線維芽細胞が増殖し、多少の炎症性細胞を伴い、充血、拡張した毛細血管が、豊富に見られる。軟骨層各層は、骨吸収部では境界不明瞭で、特に凹

写真12 関節円板の外側から中央部にかけて不均一な染色性と厚さを示し、その中に見られるヘマトキシリンに濃染した細胞

左側実験後 30 日目 H・E 染色 × 40

写真13 関節頭外側隅角部骨吸収

左側実験後 30 日目 H・E 染色 × 40

凸顕著な部分で線維束はヘマトキシリンに淡染し、無構造化を呈している。頭頂中央部から内側の軟骨層はおおむね明瞭に識別でき、軟骨芽細胞に富む Ca-z の著明な肥厚が見られ、Ra-z 向かって凹凸不整を呈している(写真14)。Ra-z の表層にはヘマトキシリンに濃染した大型の紡錘形の細胞に富む Tr-z が厚みを増して見られる。さらに Ta-z はほぼ一定の厚さを保ち、下関節腔側では線維芽細胞が豊富に認められる。

60 日目所見：関節窩の外側隅角部上方から中央部にかけては骨吸収が連続しており、特に隅角部を越えた内方までの間で顕著で、一部では骨髓にまで及んでいる。吸収窩は軽度の炎症性細胞の浸潤を伴う線維芽細胞の増殖で充たされ、骨面には破骨細胞が散在している。この部より内側にかけては、骨吸収所見は認められず、軟骨芽細胞に富んだ Ca-z は著しく肥厚し、厚さ下均一のまま骨層に向かって凹凸不整鋸歯状を呈している。隣接す

る骨髓では血管の充血, 拡張および炎症性細胞の浸潤, 脂肪顆粒の減少などが見られる. 特に外側隅角部から中央部までの隣接骨髓では顕著である. 中央関節頭側部へ移行する骨髓にも血管の充血, 拡張を認める. 軟骨層各層は不明瞭で, 特に外側隅角部上方から中央部にかけての骨吸収部では, Ta-z が厚みを増し, 線維束は疎開, 蛇行, 断裂を呈している. その表層では, Tr-z がヘマトキシリンに濃染した大型の細胞に富み, 波状を呈して見られる.

関節円板は外側で厚みを増しているが, 全体的にはほぼ一定の厚さを保ち, 線維束の走行に乱れはなく比較的規則的であるが, 外側から中央部にかけては疎開し, 線維芽細胞は消失あるいは不明瞭となり, 隣接する部ではヘマトキシリンに濃染した大型の細胞と軟骨芽細胞様の細胞を認める (写真 15).

関節頭の外側隅角部は著明な吸収のため隅角下方から頭頂へ向かって斜めに隅角部の欠損をきたし, その欠損面は著しく凹凸不整で, 一部には長い突起状に突出を示すところが見られる (写真 16). また頭頂中央部までの領域には限局性の浅い骨吸収所見が散在し, 内側隅角部下方では, 部分的に骨髓に達する限局した骨吸収所見が見られる (写真 17). 一方, 外側隅角部下方の骨吸収部端よりさらに下方に向かっては新生骨の添加が見られ, 上方で厚く下方へ移行するに従って薄くなりエオジンに淡染している. 頭頂部に隣接する骨髓においては, 血管の充血, 拡張, 出血あるいは液化融解が見られ, かつ頭頂側の骨髓壁には骨吸収像が見られ, 特に外側隅角部の欠損部に交通する骨髓壁で著しい. これらの吸収部には, 著名な線維芽細胞の増殖と豊富な毛細血管とともに, 著しい炎症性細胞の浸潤を認める.

関節頭軟骨層は頭頂中央部から内側隅角部にかけての領域のみ明瞭に識別され厚さも一定であるが, 骨吸収の見られる部位では, 吸収部における肉芽化部分と肥厚した Ta-z とが一体化し, 下関節腔側まで線維芽細胞層として見られ, 特に, 外側隅角相当部において著明である. また頭頂内側部の下関節腔側では表層に限局した比較的強い炎症性細胞の浸潤や血管の充血, 拡張, 出血も認められる. また隣接する外側翼突筋内にも血管の充血, 拡張が認められる. 軟骨層・Ca-z は骨吸収部を除き全体的に肥厚し, 骨との境界は不規則な鋸歯状を呈し, 細胞成分に極めて富んでいる.

90 日目所見: 関節窩は外側隅角部から中央部にかけて骨吸収所見が広範に見られ, 特に中央よりで顕著である. 吸収窩は軽度の炎症性細胞の浸潤を伴う線維芽細胞

写真14 関節頭内側の Ca-z の肥厚
左側実験後 30 日目 H・E 染色 × 40

写真15 関節円板外側の肥厚
左側実験後 60 日目 H・E 染色 × 40

写真16 関節頭外側隅角部骨吸収
左側実験後 60 日目 H・E 染色 × 40

の増殖で充たされ, 骨面には破骨細胞が散在している. 隣接する骨髓では血管の充血, 拡張および炎症性細胞の軽度の浸潤, 脂肪顆粒の減少が見られ, 特に外側隅角部で顕著である. 軟骨層各層は不明瞭で, 特に外側隅角部

から中央部にかけての骨吸収部では Ta-z が厚みを増し、線維束は軽度に疎開を呈している。隣接する中央側では線維芽細胞が消失し、大型の紡錘形の細胞が増加し、これより内側にかけて軟骨層は徐々に厚さを減じ、骨面の吸収所見は認められず、軟骨芽細胞に富んだ Ca-z の肥厚が見られる。

関節円板は全域で染色性が不均一で、外側と内側で厚く、中央部ではほぼ一定の厚さを保っている。線維束の走行はほぼ一定であるが、中央部と内側で部分的に疎開が見られ、外側では線維束間の血管が充血、拡張している。上関節腔側の中央部に局限してヘマトキシリンに濃染した紡錘形の細胞が散在している (写真 18)。

写真17 関節頭内側隅角部下方骨吸収
左側実験後 60 日目 H・E 染色 × 40

写真18 関節円板中央のヘマトキシリンに濃染した細胞
左側実験後 90 日目 H・E 染色 × 40

関節頭・外側隅角部の著しい吸収のため隅角上方から頭頂に向かって斜めに隅角部の欠損をきたし、その欠損面は著しく凹凸不整で、緻密に形成された肉芽組織で被われ、充血、拡張した血管を豊富に伴っている。また、内側隅角頭頂部でも浅い小さな骨吸収窩が散在している。骨髄は全域で炎症性細胞の浸潤が顕著で、大きな血管の充血、拡張が散在している。関節頭軟骨層は全域で境界不明瞭で、骨吸収部に一致して Ta-z の肥厚が見られ、その部に形成された肉芽組織と一体化し、下関節腔側まで連続して豊富な線維芽細胞が見られる。そしてその表層には局限した比較的強い炎症性細胞の浸潤を認める。吸収部を除き全体的に Ca-z は細胞成分に富んで肥厚し、骨との境界は凹凸不整を呈している。

240 日目所見：関節窩は外側隅角部から中央部にかけて浅い骨吸収窩が連続していて、肥厚した Ca-z ヘスームスに移行し、特に外側隅角部上方においては顕著である。また中央部に移行するに従って Ca-z は薄くなり細胞成分が豊富になる。中央部より内側では僅かに骨吸収窩が散在するにすぎず、軟骨層も明瞭に識別できる。隣接する骨髄では軽度の炎症性細胞の浸潤が見られ、特に外側隅角部から中央部にかけて顕著である。さらに上方部では脂肪顆粒の減少、血管の充血、拡張などが見られる。軟骨層各層は境界不明瞭で、厚さも一定せず、骨表層は緻密に増殖した紡錘形の大型の細胞で厚く覆われ、特に骨吸収部で厚くなっている。この表層にはほぼ一定の厚さの Ta-z が全域に見られるが、外側隅角部の一部でのみ厚さを増し、線維束の蛇行、疎開を呈している。

関節円板の厚さは一定せず、中央部で厚く、内、外側で厚みを減じ、線維束の走行はほぼ一定しているが、部分的に屈曲、蛇行を呈し、散在性に軽度の疎開も見られる。また、中小の血管を中心に局限した炎症性細胞の浸潤を認める。

関節頭・外側隅角部は外方へ鋭く張り出した様相を呈し、表層には新生骨の添加が著明である (写真 19)。外側隅角下方から内側隅角下方にかけて散在性に骨吸収窩が見られ、破骨細胞も散見される (写真 20)。これを覆うように成熟した肉芽組織が厚く形成され、特に内側ならびに外側隅角下方で厚く線維成分に富み、頭頂部では逆に細胞成分に富んでいる。Ca-z は凹凸不整を示し、隅角部で厚く、頭頂部では菲薄である。隣接する骨髄においては軽度の炎症性細胞の浸潤が見られ、特に内側隅角部の骨髄で顕著である。関節頭軟骨層の表層、Ta-z は厚く、特に外側隅角部から中央部にかけて顕著で、線

写真19 関節頭外側隅角部の新生骨の添加
左側実験後 240 日目 H・E 染色 × 40

写真20 関節頭内側隅角部骨吸収
左側実験後 240 日目 H・E 染色 × 40

維束は蛇行，屈曲，断裂，疎開を呈している。下関節腔に接して菲薄な線維芽細胞の増殖層や炎症性細胞の浸潤領域も散見される。

365 日目所見：関節窩は外側隅角部から内側まではほぼ平坦となり，Ca-z が厚く被覆し，骨吸収窩ではほぼ軟骨芽細胞で充たされ，一部の骨吸収窩はすでに不明瞭となっている（写真 21）。軟骨層は全域で境界不明瞭となり，厚さも一定せず，Ca-z の表層は緻密な線維束で覆われ，Ta-z へ移行し，線維束の蛇行，疎開を呈している。隣接骨髄では軽度の炎症性細胞の浸潤が散見される。

関節円板の厚さは不均一で，外側から中央部へ移行する部で厚みを減じ，外側と内側で厚くなり，全域で線維束の走行は一定せず，屈曲，蛇行を呈するが，疎開，断裂はほとんど見られない。

関節頭表層は全体に平坦となり，肥厚した Ca-z に覆われ，一部には破骨細胞を伴った吸収窩が散見される。外側隅角下方では特に Ca-z が厚く，内側隅角下方では緻密な結合組織線維によって厚く覆われている。隣接骨髄の大きな血管には一部充血，拡張を呈するものも見られ，軽度の炎症性細胞の浸潤も認められる。Ta-z が厚さを増し，特に外側隅角部で顕著で，ごく一部の線維束間に疎開が見られる（写真 22, 23）。

B. 右側

5 日目所見：関節窩・外側隅角部から中央部にかけての骨表層は，凹凸不整にして，Ca-z へと複雑に移行するが，中央部から内側にかけては広い範囲にわたって Ca-z を欠いて，Ta-z に直接接するため，全体的に軟骨層各層は境界不明瞭である。外側部の軟骨層は肥厚し，Ta-z を造る線維束は軽度の疎開を呈している。中央部から内側に移行する部の Ta-z では，特に上関節腔に接

写真21 関節窩内側の軟骨芽細胞で満たされた骨吸収部
左側実験後 365 日目 H・E 染色 × 40

して限局した炎症性細胞の浸潤部が見られる。外側部に隣接する骨髄には血管の充血，拡張や部分的に血液成分の液化融解を呈するところが見られる。

関節円板は全域で不均一な染色性ならびに厚さを示し，特に内・外側部で線維芽細胞の増殖が著しく肥厚し，中央部から外側に向かう範囲の線維束間にはヘマトキシリンに濃染した紡錘形の大型の細胞が豊富に見られる。

関節頭表層の Ca-z は軟骨芽細胞に富み，特に中央部から内側にかけて肥厚している（写真 24）。軟骨層各層は境界不明瞭で，Ta-z には線維芽細胞の著明な増殖を，また下関節腔側においては炎症性細胞の浸潤が認められる。

10 日目所見：関節窩・外側隅角部では浅くて狭い骨吸収窩が散在し，この部の Ta-z 線維束は屈曲，疎開を呈し，厚さを増している（写真 25）。中央部へ移行する

写真22 平坦となった関節頭外側隅角部
左側実験後 365 日目 H・E 染色 × 40

写真23 関節頭内側隅角部の一部に見られた骨吸収
左側実験後 365 日目 H・E 染色 × 40

に従って線維束間にヘマトキシリンに濃染した紡錘形の大型の細胞が豊富に見られるようになる。中央部から内側にかけての骨表層は厚さを増した Ca-z に複雑に移行している。さらに内側へ向かうとヘマトキシリンに濃染した大型の細胞を豊富にもつ Tr-z と線維芽細胞に富み、線維束の走行が一定している Ta-z が見られる。隣接する骨髄には外側部で血管の充血、拡張ならびに炎症性細胞の軽度の浸潤が認められる。

関節円板は中央部で厚さを増しているが、全体的にはほぼ一定の厚さを保っている。外側ではヘマトキシリンに濃染した軟骨芽細胞様の細胞が豊富に見られ、中央部ではヘマトキシリンに濃染した紡錘形の大型の細胞が認められる（写真 26）。中央部から内側にかけては線維芽細胞中央部から内側にかけては線維芽細胞の増殖が顕著に認められる。

関節頭の軟骨層は、内側隅角部から頭頂内側に移行する領域で肥厚が見られ、特に Tr-z と Ca-z の肥厚が著

明で、Ca-z は軟骨芽細胞に富み、Ra-z に向かって凹凸不整を呈している（写真 27）。また頭頂中央部に向かうにつれて軟骨層は菲薄になる。頭頂中央部から外側頭頂部に向かって軟骨層は厚みを減じ、Ca-z に直接接して菲薄な Ta-z が存在し、外側隅角部の Ta-z を作る線維束間にはヘマトキシリンに濃染した紡錘形の大型の細胞を豊富に認める。隣接する骨髄においては血管の充血、拡張や炎症性細胞の浸潤が軽度に認められる。

20 日目所見：関節窩・外側隅角部には局限した吸収窩が見られ、増殖した線維芽細胞で満たされ、軽度の炎症性細胞の浸潤も認められる（写真 28）。軟骨層各層は全域で境界不明瞭で、厚さも一定せず、骨表層は緻密に増殖した紡錘形の大型の細胞で覆われ、中央部から内側に向かって厚くなっている。外側隅角部ならびに内側の表層では線維束が軽度に蛇行、疎開し、Ta-z は僅かに厚みを増している。隣接する骨髄では、大きな血管の充血、拡張が見られ、一部に軽度の炎症性細胞の浸潤も認

写真24 関節頭中央部の Ca-z の肥厚
右側実験後 5 日目 H・E 染色 × 40

写真25 関節窩外側隅角部骨吸収
右側実験後 10 日目 H・E 染色 × 40

写真26 関節円板中央部のヘマトキシリンに濃染した細胞
右側実験後 10 日目 H・E 染色 × 40

写真27 関節頭内側隅角部の Tr-z, Ca-z の肥厚
右側実験後 10 日目 H・E 染色 × 40

写真28 関節窩外側隅角部骨吸収
右側実験後 20 日目 H・E 染色 × 40

屈曲，疎開を呈している。外側から中央部にかけての，上関節腔側表層には線維芽細胞の増殖層が見られ，毛細血管に富み，さらにその表層には炎症性細胞の浸潤が認められる。

関節頭・外側隅角部の頭頂側で，広くて深い骨吸収が見られ，特に隅角部よりでは顕著で，一部では骨髓にまで及んでいる。吸収窩には軽度の炎症性細胞の浸潤を伴う線維芽細胞の増殖が見られ，骨面には破骨細胞が散在している。外側隅角部から中央部にかけての軟骨層は厚さを増し，Ta-z の線維束は屈曲，疎開が著しく，特に骨吸収部から内側にかけて顕著で，その部に形成された肉芽組織と一体化している。また下関節腔側にかけても線維芽細胞の増殖が豊富で，その表層には限局して軽度の炎症性細胞の浸潤を認める。隣接骨髓には僅かな炎症性細胞の浸潤や血管の充血，拡張が見られる。

30 日目所見：関節窩・中央部から内側に至る領域を除く骨面には限局性の吸収窩が散在しているが，外側隅角部では連続性のものが認められる（写真 29）。これらの吸収窩には軽度の炎症性細胞の浸潤を伴う線維芽細胞の増殖が見られ，破骨細胞も散在している。関節窩全域の軟骨層各層はおおむね識別できるが，中央部から内側にかけては軟骨芽細胞に富んだ Ca-z が肥厚し，Tr-z は内側へ移行するに従って徐々に厚さを増している。Ta-z はほぼ一定の厚さを保ち，僅かに線維束の屈曲，疎開を呈している。隣接する骨髓では，軽度の炎症性細胞の浸潤と，血管の充血，拡張，脂肪顆粒の減少が見られ，特に外側隅角部では，深部にまで及んでいる。

関節円板は全域で厚さが一定せず，内・外側端では厚く，中央部から内側にかけては比較的菲薄で，外側から中央部にかけては不規則に増減している。内・外側端の厚さを増した部分では線維束の走行は不規則で，線維束の屈曲，疎開が著しく，特に外側端で顕著である（写真 30）。

関節頭は外側隅角上方部から中央部にかけて連続性の深い骨吸収が見られ，特に隅角を越えた内方で顕著で，一部は骨髓にまで及んでいる。また，内側隅角部では部分的に深く骨髓にまで達するものが連続して認められる。これらの吸収窩には炎症性細胞の浸潤を伴う線維芽細胞の増殖が見られ，内側隅角下方部のものではさらに充血，拡張した大きな血管に富み，骨面には破骨細胞が散在している。また関節頭下面中央部から外側隅角部下方にかけての骨表層は緻密に増殖した紡錘形の大型の細胞で厚く覆われている。軟骨層各層は全体的に不明瞭で，軟骨芽細胞に富み肥厚した Ca-z，無構造化を来し

められる。

関節円板の厚さは一定せず，外側から中央部にかけて厚さを増し，これより内側では次第に厚さを減じている。この厚さを増した部分の線維束の走行は一定せず，

写真29 関節窩外側隅角部骨吸収
右側実験後 30 日目 H・E 染色 × 40

た Ta-z, 紡錘形の大型の細胞よりなる Tr-z など, 部位により不規則な様相を呈している。隣接骨髄には炎症性細胞の浸潤が軽度に見られ, 一部の血管は充血, 拡張している。

60 日目所見: 関節窩骨表層には中央部を除いて吸収窩が認められるが, 外側隅角部では局限して浅く, 内側では連続している (写真 31)。吸収窩表面には破骨細胞が散在し, その周囲では線維芽細胞が増殖し, 軽度の炎症性細胞の浸潤を伴っている。軟骨層各層はおおむね明瞭で, 中央部から内側に向かってほぼ一定の厚さを呈し, 外側隅角部では Ta-z の厚さを増し, 線維束は疎開, 蛇行を来し, 線維芽細胞の増殖が著明である。これより中央部へかけての Ta-z にはヘマトキシリンに濃染した大型の細胞が豊富に見られる (写真 32)。この上層の Tr-z は厚さを増し, 特に中央部から内側にかけて顕著である。隣接骨髄では軽度の炎症性細胞の浸潤および血管の充血, 拡張, 胞肪顆粒の減少などが見られる。

関節円板は, 外側から内側へ移行するに従って僅かづつ厚さを増し, 外側から中央部にかけての線維束は屈曲, 疎開し, これより内側では線維束間に豊富に増殖した線維芽細胞が認められる。上下関節腔表層では軽度の炎症性細胞の浸潤が見られる。

関節頭・外側隅角部から頭頂中央部を経て内側隅角下面中央部までいたる領域には連続性の骨吸収が認められ, 内外側隅角中央部から頭頂へ向かって斜めに隅角部の欠損を来している。なお内側から内側隅角部にかけて

写真30 厚さを減じた関節円板中央部
右側実験後 30 日目 H・E 染色 × 40

写真31 関節窩内側骨吸収
右側実験後 60 日目 H・E 染色 × 40

写真32 関節窩外側から中央部にかけての Ta-z に見られたヘマトキシリンに濃染した細胞
右側実験後 60 日目 H・E 染色 × 40

のものはかなり深く, 一部骨髄にまで達している (写真 33, 34)。この広範な欠損面は著しく凹凸不整にして, 破骨細胞が散在し, その周囲では著しい炎症性細胞の浸潤, 線維芽細胞の増殖および血管の充血, 拡張, 出血な

どが認められる。隣接骨髄では軽度の炎症性細胞の浸潤がほぼ全域に及び、脂肪顆粒が減少している。軟骨層各層は全域で不明瞭で、骨吸収部に一致して Ta-z が肥厚し、その部に形成された肉芽組織と一体化しているとともに、下関節腔側まで多数の線維芽細胞が及び、その表層には限局して比較的強い炎症性細胞の浸潤が認められる。

90 日目所見：関節窩・外側隅角部の著しい骨吸収のため隅角上方から下方へ向かって斜めに隅角部の欠損を来している。その欠損面は凹凸不整で (写真 35)、さらに内側へ移行すると限局性の浅い骨吸収窩として認められる。外側隅角部の骨吸収部では著明な線維芽細胞の増殖や毛細血管の充血、拡張、さらには著しい炎症性細胞の浸潤が見られる。骨吸収の顕著な部分を除く関節窩表層には軟骨芽細胞に富んだ Ca-z の著明な肥厚が見られるが、骨層に向かっては厚さは不均一で凹凸不整な鋸歯状を呈している。隣接する骨髄では全域で軽度の炎症性細胞の浸潤および血管の充血、拡張、脂肪顆粒の減少が見られる。

関節円板は外側で肥厚し、中央に向かって急激に厚さを減じ、中央部から内側に向かって徐々に厚さを増している。肥厚した外側の上下関節腔側では線維芽細胞の増殖が著明で、下関節腔側表層が剥離し下関節腔内に突起状に突出している。

関節頭外側隅角部は大きな骨吸収のため隅角中央部から頭頂へ向かって斜めに欠損を来し、かつ欠損面は著しく凹凸不整を呈している。また、内側隅角部頭頂側から内側隅角部を経て内側隅角部下方に至る領域と外側隅角部下方にも広い範囲の骨吸収が認められ、特に内側隅角部下方では深く骨髄にまで達している。骨髄は全域で軽度の炎症性細胞の浸潤および血管の充血、拡張、出血像とともに、外側隅角部と内側隅角部下方の骨髄壁には骨吸収像が見られる。骨および骨髄壁の吸収部には、著明な線維芽細胞の増殖と豊富な毛細血管、さらには著しい炎症性細胞の浸潤が認められる。軟骨層各層は中央部のみが識別でき、厚さもほぼ一定である (写真 36)。しかし吸収部における肉芽化部と肥厚した Ta-z とが一体化し、下関節腔側まで多数の線維芽細胞が存在し、特に外側隅角相当部では顕著である。軟骨層・Ca-z は骨吸収部を除き全体的に肥厚し、骨層に向かって凹凸不整な鋸歯状を呈している。

240 日目所見：関節窩・外側隅角部から内側にかけて浅い骨吸収窩が散在しているに過ぎず (写真 37)、隣接する骨髄における炎症性細胞の浸潤も、外側隅角部の一

写真33 関節頭外側隅角部骨吸収
右側実験後 60 日目 H・E 染色 × 40

写真34 関節頭内側隅角部骨吸収
右側実験後 60 日目 H・E 染色 × 40

写真35 関節窩外側隅角部骨吸収
右側実験後 90 日目 H・E 染色 × 40

部を除くと軽度である。軟骨層各層は境界不明瞭で、骨表層は緻密に増殖した紡錘形の大型の細胞で厚く覆われ、特に骨吸収部で厚くなっている。さらに表層には菲薄な Ta-z が一層見られ、外側で軽度の線維束の蛇行、疎開を呈している。

関節円板の厚さは一定せず、中央部で厚く内、外側では菲薄で、線維束の走行はほぼ一定しているが、中央部で軽度の疎開が見られ、ヘマトキシリンに濃染した大型の細胞の集団が散在している。

関節頭・外側隅角部の表層には新生骨の添加が著明で、外方へ鋭く張り出した様相を呈している（写真38）。頭頂側の全域には散在性の浅い骨吸収窩が、また外側隅角下方および内側隅角部では比較的深い骨吸収窩が見られる。骨吸収部を覆うように成熟した肉芽組織が厚くなっており、特に外側隅角下方および内側隅角部で著しい。軟骨層各層は境界不明瞭で、Ta-z は厚く、特に内・外側で顕著な線維束の蛇行、屈曲、疎開をなしている。外側隅角部頭頂側から中央部に至る下関節腔側表層には炎症性細胞の浸潤が局限して、毛細血管に富んでいる。隣接する骨髓においては軽度の炎症性細胞の浸潤が見られ、特に外側隅角部および内側隅角部で顕著である。

365 日目所見：関節窩は外側隅角部から内側にかけてはほぼ平坦化しており、骨吸収窩はほぼ軟骨芽細胞で充たされ、骨吸収窩の一部はすでに不明瞭となり（写真39）、Ca-z によって厚く被覆されている。軟骨層各層は境界不明瞭であるが、厚さはほぼ一定し、Ca-z の表層は緻密な線維束で覆われて、Ta-z へ移行し、外側で線維束に軽度の蛇行、疎開が見られる。隣接骨髓では外側隅角部で軽度の炎症性細胞の浸潤が一部に見られるほか、顕著な所見は認められない。

関節円板は中央部で僅かに厚さを増し、線維束の走行はほぼ一定し、僅かに外側で線維束間の軽度の疎開を認めるに過ぎない。

関節頭表層は全体的にほぼ平坦となり、肥厚した Ca-z に覆われ、内側隅角部には破骨細胞を伴った吸収窩が散在しているがごく僅かである。Ca-z は外側隅角上方で特に厚く、下方では緻密な結合組織線維によって厚く覆われている。Ta-z は中央部で厚さを僅かに増し、線維束の軽度の疎開が見られるがおおむね一定の厚さを保っている（写真40）。隣接骨髓には軽度の炎症性細胞の浸潤および大きな血管の一部には充血、拡張を呈するものも見られる。

写真36 関節頭中央部軟骨層
右側実験後 90 日目 H・E 染色 × 40

写真37 関節窩外側の浅い骨吸収
右側実験後 240 日目 H・E 染色 × 40

写真38 関節頭外側隅角部骨吸収
右側実験後 240 日目 H・E 染色 × 40

総括ならびに考察

咬合機能・運動の顎関節に及ぼす影響については、多方面から種々の研究がなされて来ている。なかでも、咬

写真39 関節窩内側の軟骨芽細胞で満たされた骨吸収窩 右側実験後365日目 H・E染色 ×40

写真40 関節頭中央部の Ta-z の線維束の乱れ 右側実験後 365 日目 H・E 染色 ×40

合異常, その一つの要因である歯牙欠損が顎関節へ及ぼす影響については歯牙欠損の状態, 観察方法を変えて, 古くから数多くの研究が行われてきている。つまり, Avant ら (1952)⁵⁾, Cimasoni (1963)⁶⁾, Furstman (1965)⁷⁾, 小野ら (1967)⁸⁾, 檜山 (1968)⁹⁾, 鈴木 (1971)¹⁰⁾, 河野 (1977)¹¹⁾, 角野 (1983)¹²⁾ らのラットならびにイヌを使った研究, Breitner (1941)¹³⁾, 本教室の喜久田 (1980)¹⁴⁾, 樋田 (1982)¹⁵⁾ らのサルを使った研究など枚挙にいとまもない。そしてこれらの研究は歯列の状態から咬合異常をつくり出したものが殆どであるが, いずれも歯牙欠損が, 顎関節に種々の形態的变化をもたらすことを明らかにしている。しかしながら咬合異常は歯牙欠損のみならず顎骨の変位によっても発生するであろうことは容易に推測できる。その際の顎関節が受ける影響は歯牙欠損によって起こるものとは様相を異にするものと考えられる。そこで著者はオトガイ部骨折後, 同部の変形治癒を想定し, 顎骨変位のために起

こる咬合異常が顎関節に如何なる影響を及ぼすかについて病理組織学的に観察を行った。

歯牙欠損による咬合異常が顎関節に及ぼす影響を病理組織学的に見た Avant ら (1952)⁵⁾, 檜山 (1968)⁹⁾, 鈴木 (1971)¹⁰⁾, 喜久田 (1980)¹⁴⁾, 樋田 (1982)¹⁵⁾ らによれば, その主変化は関節頭軟骨層に現れるという見解で一致している。また, レントゲンの観察した斎藤 (1939)¹⁶⁾, ならびに実測的に観察した岡 (1970)¹⁸⁾ などは, 関節頭の劣成長が起こると述べている。一方, サルに高咬合頭クラウン装着のもとに片側咬合挙上を惹起させて, 病理組織学的に観察した山崎 (1979)¹⁹⁾ は, 関節円板の組織変化が, 関節頭, 関節窩の組織変化に先行して起こることを述べている。このように, それぞれの歯牙欠損の状態, 観察法によって, 顎関節に起こる変化に微妙な差があることがわかる。

著者の実験結果を総括すると, 関節頭左側では, 実験後5日目より内外側隅角部頭頂側に骨吸収を生じ, 右側では, 実験後20日目より外側隅角部頭頂側に, 30日目には内側隅角部に骨吸収を生じ, 以後, 経日的に範囲および深さを増した。また, 両側ともに実験後240日目に外側隅角部に新生骨の添加が見られ, 終局的には両側関節頭の内側部の骨吸収と外側方向への骨の張り出しが見られた。

関節円板は両側とも実験後5日目より不均一な染色性と厚さを現わし, 特に内外側で顕著で, 線維束間は疎開, 屈曲を示すようになる。左側では20日目まで外側から中央部にかけて厚さを増す傾向を示すが, 30日目から縮小傾向を示し, 60日目では全体的にはほぼ一定の厚さとなり終局的には内外側で厚い本来の形をとり戻す。右側では10日目より中央部で軽度に厚さを増し, その肥厚は365日目まで残る。内外側では30日目から厚さを増す。

関節窩は左側では5日目より, 右側では30日目より外側隅角部に骨吸収を生じ, 以後, 経日的に範囲および深さを増すが, 終局的に外側隅角部の外形は緩やかになり, その状況は漸次関節窩が頭頂側へ移動したように見られた。

以下, 各部の変化について先人の成績と比較考察する。

関節窩の変化について, Breitner (1941)¹³⁾ がサルの両側上顎臼歯抜歯後, 3週目に関節窩後突起前壁に骨吸収を認めたと述べている。これについては, 同時に行った種々の矯正装置による咬合挙上の際の顎関節の変化と比較して, 関節頭の後方移動により関節窩後突起前壁が

圧迫されたための変化であろうと述べている。また、喜久田 (1980)¹⁴⁾ は関節窩後方に 5 日目より 60 日目まで骨吸収を、90 日目、120 日目では層板状の新生骨を認めたと述べている。それに加えて樋田 (1982)¹⁵⁾ は、実験後 15 日目から 90 日目までの間において関節窩後突起前壁の骨吸収に対し関節窩後突起後壁で代償性に骨添加を観察したと述べている。さらに Avant ら (1952)⁵⁾ はラットの下顎切歯削除と臼歯抜歯後の関節頭の変化を 110 日目まで観察した結果、関節窩壁における変化は僅かで、限られていたと報告している。一方、Cimasoni (1963)⁶⁾ は生後 40 日、60 日、180 日のラットの両側上顎臼歯抜歯後の顎関節の変化を 200 日から 300 日迄の間観察し、生後 240、330 日目に関節窩内装軟骨の壊死、軟骨細胞周囲の異所石灰化などを認め、この変化を osteoarthritic region の初期変化であると述べている。さらに鈴木 (1971)¹⁰⁾ はラットの上顎片側切歯・臼歯を抜歯し、上下切歯の咬合状態がほぼ正常と思われる群および明らかに機能喪失を思わせる群に分けて観察し、両群ともに 120 日目で関節窩表層の線維層の無構造化、軟骨細胞の異所性石灰化と clone の出現を認め、Cimasoni (1963)⁶⁾ のいう osteoarthritic region の初期変化に類似した所見を得たと述べている。Furstman (1965)⁷⁾ は生後 2 カ月のラットの臼歯抜歯後の顎関節の変化を抜歯後 6 カ月間観察し、関節窩線維被膜の肥厚と関節窩深部における新生骨の添加を認めている。サルの片側下顎臼歯部抜歯後の顎関節の変化を 120 日間観察した喜久田 (1980)¹⁴⁾ は経日的な両側関節窩軟骨層の幅の縮小を、同じくサルの両側臼歯部抜歯を行い 180 日間観察した樋田 (1982)¹⁵⁾ は 10 日目より両側関節窩で線維性被膜の肥厚、線維性結合組織の増殖、軟骨層の菲薄化が進み、120 日目、180 日目では Cimasoni (1963)⁶⁾、鈴木 (1971)¹⁰⁾ と類似した所見を観察したと述べている。

以上のように、抜歯による咬合異常は関節窩の軟骨層および骨に影響を及ぼすことが多くの先人の認めるところである。著者の場合、関節窩・左側外側隅角部で実験後 5 日目より骨吸収が徐々に始まり、240 日目をピークに、365 日目には消失した。同様に右側外側隅角部でも、実験後 30 日目より骨吸収が始まり、90 日目をピークに、240 日目より軽減し、365 日目には消失した。骨吸収が進行し、左側では 60 日目、右側では 90 日目をピークに、以後経日的に消退し、右側では 20 日目に新生骨の添加を認めた。また、関節窩軟骨層・Ta-z は両側とも関節窩外側隅角部で 5 日目より 90 日目まで厚さを増し、線維束間の疎開を認め、左側では 5 日目、右側

では 30 日目に一部無構造化を呈しているが、両側とも 240 日目において肥厚は認められなかった。Tr-z は全経日を通してほとんど見られなかったが、両側関節窩の中央部から内側の間で左側では 30 日目、右側では 30 日目と 60 日目で厚さを増していた。Ca-z は左側では 10 日目、60 日目、365 日目、右側では 10 日目、30 日目と 90 日目で部分は異なるが厚さを増していた。

このように関節窩・外側隅角部の骨吸収所見が、左側では実験後 10 日目から 90 日目の間で、右側では 30 日目から 90 日目にかけて見られ、比較的早期に始まり、早期に消失した。このことは Avant ら (1952)⁵⁾、Cimasoni (1963)⁶⁾、鈴木 (1971)¹⁰⁾ の実験結果と同様であったが、彼らの所見が線維性被膜部に局限していたのに対し、著者の場合は骨に達する吸収像として見られた。これは臼歯部欠損という実験的咬合異常よりさらに強い咬合異常を著者の実験では惹起したことを意味するものと考ええる。また、喜久田 (1980)¹⁴⁾、樋田 (1982)¹⁵⁾ のサルによる実験では、著者と Avant ら (1952)⁵⁾ の中間を思わせる観察所見が示されているところから、動物種の違いも関与しているように思わせる。

次に関節円板の変化について Avant ら (1952)⁵⁾ は実験後 110 日目に線維の loosening, fraying を、Cimasoni (1963)⁶⁾ は実験後 330 日目に線維構造の変化と、necrosis を思わせる liquid material の出現を認めている。Furstman (1965)⁷⁾ は円板の肥厚と線維構造の不連続性を認めたと述べている。鈴木 (1971)^{10, 21)} はイヌとラットを用いて、イヌには実験的歯牙移動を、ラットには実験的歯牙欠損と切歯削除を組み合わせで観察し、イヌの関節円板表層の膠原線維に fibrinoid 変性と mucoid 変性を認め、ラットの関節円板には残存切歯の正常な咬合状態を維持している場合には、組織変化は弱かったと述べている。また、檜山 (1968)⁹⁾ はラットの片側上顎抜歯群とさらに上下切歯削除を加えた群とに分けて 6 カ月間観察し、両群とも特に変化は見られなかったと述べ、また、喜久田 (1980)¹⁴⁾ も円板にはほとんど変化を認めていない。布施ら (1976)⁴⁾ はラットの実験的歯牙欠損後の関節円板を走査型電子顕微鏡にて観察し、実験後 2 週目に円板関節窩側の線維構造の乱れを報告している。このように歯牙欠損と切歯削除ならびに歯牙移動による実験的咬合異常は関節円板の線維構造の乱れ、不規則化など、多くの先人の認めるところであるが、檜山 (1968)⁹⁾、喜久田 (1980)¹⁴⁾ のように特に変化を認めていない報告もある。著者の場合、両側関節円板とも実験後 5 日目より不均一な染色性と厚さを呈する

ようになり、特に内外側において顕著で、線維束間は疎開、屈曲を示した。以後、左側では外側から中央部にかけての厚さの増減を繰り返し、終局的には外側から中央部までは厚さが不均一であるが、内側では僅かに厚さを増していた。右側では外側から中央部にかけて厚さを増し、その後一時的に中央部で菲薄となるが、終局的には一定の厚さを保っていた。著者の実験例は、Cimasoni (1963)⁶⁾、Furstman (1965)⁷⁾、鈴木 (1971)²¹⁾、布施ら (1976)⁴⁾ の歯牙欠損と歯牙削除ならびに歯牙移動による実験的咬合異常の変化とほぼ同じで、関節円板の肥厚、関節円板線維構造の乱れ、不規則化などの所見を得られた。

また、関節円板は顎運動時、関節頭の動きに伴って協調運動を行うとともに顎関節に加わる外力の緩衝装置としても重要な働きをしている。その機能と構造との関係について Roux (1883)²²⁾ は、すでにある機能に対して適合できている構造が機能を変更させると、それに伴って構造に変革が起こると述べている。このようなことから、著者の場合、実験後に生じた咬合異常のため、顎運動にも異常を来し、この機械的刺激によって変化が生じたのであろうと考える。

関節円板内に発生した軟骨芽細胞様の細胞については、鈴木 (1971)²¹⁾ は正常関節円板内に、本来、軟骨芽細胞様の細胞の存在しないイヌについての実験的歯牙移動とラットについての実験的歯牙欠損と切歯削除を組み合わせ観察した結果、イヌの実験後 15～21 日間に異型性の軟骨芽細胞様の細胞および線維芽細胞との移行型を関節円板内に多数認め、ラットの残存切歯の延長や正中離開のみられたラット群に軟骨芽細胞様の細胞の出現を観察している。このことから、軟骨芽細胞様の細胞の発生は正常時では生じなかった局所的刺激により線維細胞あるいは線維芽細胞が分化したのであろうと推察し、実験的咬合異常によって関節円板にも咬合機能の影響が及ぶと述べている。また、山崎 (1979)¹⁹⁾ も正常関節円板内に、本来、軟骨細胞の存在しないサルを用い、右側咬合挙上を行ったところ、右側では 5 日目から、左側では 15 日目以降に軟骨芽細胞様の細胞の出現を認め、樋田 (1982)¹⁵⁾ は 90 日目で関節円板後肥厚部関節頭側表層に軟骨細胞様の細胞の出現を認め、その理由について鈴木 (1971)²¹⁾ と同様の見解を述べている。さらに Dixon (1962)²³⁾、Bhussry (1980)²⁴⁾ らはヒト関節円板について、関節円板の線維芽細胞の中には加齢的に軟骨細胞に分化するものがあるが、その細胞変化には機械的影響が考えられると述べている。このように、本来、軟骨細胞

の存在しないイヌ、サルなどの関節円板内に抜歯による咬合異常により、軟骨芽細胞様の細胞ならびに線維芽細胞の移行型を先人らが多数観察している。著者の場合、左側では、30 日目と 60 日目、右側では 10 日目で部位は異なるが、限局性に発生した軟骨芽細胞様の細胞の出現を認めた。また、線維芽細胞の移行型と思われるものが左側では実験後 5 日目から 90 日目までの間、右側では実験後 5、10、240 日目に関節円板内で観察された。これらは鈴木 (1971)²¹⁾ の推察のように、著者の場合も正常時と異なった機械的刺激が関節円板に作用し、線維芽細胞が分化したものと考える。田口 (1980)²⁵⁾ はラット、イヌ、サルの顎運動様式の異なる三種の動物の関節頭軟骨と関節円板を走査型電子顕微鏡学的に検索した結果、顎運動時、イヌでは関節円板下面に、より外力が加わることを示唆しているが、著者の場合は同様な所見は得られなかった。樋田 (1982)¹⁵⁾ は関節頭、関節窩に比べ早期に外的刺激に対して組織変化が生じにくいものの、長期になるにつれ多彩な組織変化が生じるものと述べている。一方、山崎 (1979)¹⁹⁾ は関節頭、関節窩に比し関節円板がより外力に対して影響を受け易く組織変化を生じ易いものであると推測している。すなわち関節円板は外的刺激の大きさ、方向、分布、持続期間などの要素に影響を受けて微妙に変化するものと思われる。

次に関節頭の変化について、Breitner (1941)¹³⁾ はサル両側上顎臼歯の抜歯を行い、3 週目に関節頭前縁部の骨吸収を観察し、Avant ら (1952)⁵⁾ はラットの臼歯抜歯後 110 日目に関節頭前縁部の骨吸収を認めている。Furstman (1965)⁷⁾ は生後 2 カ月のラットの臼歯抜歯後の顎関節の変化を 6 カ月間観察し、軟骨層の厚さが経日的に減少すると述べている。鈴木 (1971)¹⁰⁾ はラットの片側上顎切歯、臼歯の抜歯を行い、軟骨層の経日的な縮小を認め、さらに、上下切歯の咬合状態がほぼ正常と思われる群および明らかに機能喪失を思わせる群に分けて観察し、両群ともに 60 日目に関節頭の内外側縁で骨吸収を認め、一部、外側翼突起筋付着部に及ぶ骨吸収を認め、その理由について過蓋咬合による機械的原因を推測している。さらに Perry (1954)²⁶⁾ は外側翼突起筋付着部に吸収窩が見られたことについて、咬合異常による神経筋機構の不調和(攪乱)あるいは咀嚼筋の協調性の喪失に誘因されたことを推測させると述べている。喜久田 (1980)¹⁴⁾ はサルの片側下顎切歯から臼歯までの抜歯による関節頭内側後隅角部下方の軟骨層の縮小ならびに実験後 120 日目における消失を観察していて、同部には線維性被膜と間質線維のみ認めたと述べている。また樋田

(1982)¹⁵⁾ はサルの両側下顎臼歯部を抜歯した結果、軟骨層の経日的な菲薄化と関節頭前縁部の外側翼突筋附着部を中心とする骨吸収を認め、これは60日目をピークに、以後、同部は経日的に微弱となり、180日目ではほぼ停止していたと述べている。歯牙欠損による実験的咬合異常が、関節頭の軟骨層および骨に影響を及ぼすことは、先人らの一致した見解である。

著者の場合、両側関節頭・内外側隅角部で実験後、徐々に始まった骨吸収は、経日的に範囲および深さを増し、60日目をピークに、240日目以降は消失した。一方、実験後240日目からは両側関節頭・外側隅角部の広い範囲の厚い骨形成が見られ、関節頭は両側ともに外方へ張り出す傾向を示した。また、関節頭軟骨層・Ta-zは全域で肥厚傾向を示し、特に外側隅角部で顕著であった。Tr-zは右側関節頭の中央部から内側にかけて10日目のみに肥厚が見られたが、以後の経日ではほとんど認められなかった。Ra-zは左側関節頭の中央部から内側にかけて30日目に見られたのみであった。Ca-zは左側関節頭の中央部から内側隅角部で20, 30, 90日目に、右側関節頭の中央部から内側隅角部で5, 10日目に肥厚が認められた。Ta-zは、先人らの報告では線維性被膜に相当し、いずれも程度、部位は異なる肥厚を認めているが、著者の場合の全域に肥厚が見られたことはいくぶん差が見られる。Tr-z, Ra-zは全域でほとんど見られず、Ca-zが一部肥厚していたが、縮小傾向を示した。このことは比較的早期に関節頭の吸収所見が見られたこと、Breitner (1941)¹³⁾ らとは実験動物や顎関節の矢状断による観察の相違もあって、一概に比較は困難だが、彼らの実験的咬合異常よりさらに強い咬合異常を著者の実験では惹起したことを意味するものと考ええる。

また、Furstman (1965)⁷⁾ は上下片側臼歯抜歯群の2カ月目に抜歯側関節頭外側および非抜歯側関節頭内側で骨吸収を認め、この変化について下顎骨の強い側方偏位を防止するため生じたのであろうと述べている。ところが著者の場合は、両側同様な変化を示したのに対し、Furstman (1965)⁷⁾ の変化が抜歯側外側と非抜歯側内側で様相を異にしていた。これは著者の場合が下顎骨の切除部位を前歯部に設定したため、両側で顎骨が両方相寄る形に安定し、そのため両側顎関節への力が平均化されたためではないかと考える。花岡 (1971)²⁷⁾ がイヌで、北村 (1974)²⁸⁾ はラットで、牟田 (1975)²⁹⁾ はカンクイザルを用いて矯正学的に実験的上下顎間関係を改変し、その後の組織順応性に関する報告をしている。それによると、顎移動に対する筋および筋附着部骨組織の順

応性は比較的高いことを述べ、早期に新しく作られた環境に筋および筋附着部骨組織は順応するという。つまり、実験後急激に顎骨の断端が両方相寄る形に移動したため、関節頭の関節窩における位置異常をきたし、その部の骨吸収が起こったが、これら筋の順応性によりその刺激が消失したため、240日目以降の骨吸収所見の消退へとつながったものと考ええる。

実験的歯牙欠損による左右顎関節間の形態変化の相違については、片側歯牙欠損をきたした場合、Avantら (1952)⁵⁾、小野ら (1967)⁸⁾、檜山 (1968)⁹⁾ は抜歯側のみ、Furstman (1965)⁷⁾、鈴木 (1971)¹⁰⁾、喜久田 (1980)¹⁴⁾ は両側に変化が生じると述べている。なかでも喜久田 (1980)¹⁴⁾ は抜歯側より非抜歯側の方が強かったと述べている。そしてその組織変化を鈴木 (1971)¹⁰⁾、喜久田 (1980)¹⁴⁾ は、抜歯側関節頭軟骨層の欠損とそれに代わる交替性線維増生を観察したと述べている。このように片側歯牙欠損による顎関節の影響は、実験側にのみ起こるものとするもの、非実験側にむしろ強く現れるものなどさまざまである。著者の場合、左右顎関節において変化が見られ、その間に比較的差異がなかった。これは著者の実験部位との関係が大きいのではないかと考える。つまり右側第一から第三切歯の範囲で歯牙を含めた区域切除と正中部に近く設定したことが、両側下顎の変位の中心を比較的正中に近くし、両側顎関節への影響も平均したものと考ええる。さらに蝶番運動のみで前後運動をしないというイヌの顎関節の特殊性も考慮されなければならないようである。即ち鈴木 (1971)³⁰⁾ はイヌの関節頭が後方歯牙の咬頭頂を連ねた線の延長線上にあり、頭蓋の後半部は、ほぼ側頭窩によって占められ、関節頭はほぼ長円筒形で、深い関節窩に嵌り込んでいるため前後運動はできないことを述べている。

実験的咬合異常を抜歯以外の方法をとって顎関節の変化について観察した研究がある。サルの下顎遠心移動による顎関節への影響を検索したものにBreitner (1940)¹³⁾、Janzen (1965)³¹⁾、Ramford (1966)³²⁾、勝間 (1966)³³⁾ らの報告がある。そのいずれの報告でも関節頭、関節円板、関節窩の組織変化については矯正力の性質、すなわち力の大きさ、作用方向、作用分布、作用期間などが異なるため様々である。本実験で得られた結果から関節頭の位置の変化は、関節頭の外側は前上方に、内側は後下方に回転し、さらに外側は関節円板を突き上げ、それが圧迫力として働いたものと推察する。

本実験から得られた所見から、オトガイ部骨折の変形

図4 顎関節の経日的形態的变化

治癒をもたらす実験的咬合異常に対する顎関節の特有な変化は、関節頭が水平および垂直的回転を引き起こすが、関節頭および関節窩では骨改造現象、関節円板では線維構造の再構築が認められ、顎関節に変形を来すが、生体はそれによる順応性変化を示すことがわかった。

結 論

実験的にイヌ下顎正中から右側下顎中央歯、中間歯、を経て隅歯³⁴⁾までの範囲で歯牙を含めた区域切除を行い、断端部を最大面積で接するように合わせて強固にネジ固定し、同部を変形治癒状態におき、それに伴って生じた咬合異常が顎関節に及ぼす影響について病理組織学的に検索し、次のような結果を得た。

1. 関節窩・外側隅角部は左側では実験後5日目より、骨吸収が始まり、240日目をピークに、右側では30日目より始まり90日目をピークに認められ、以後、軽減し消失した。
2. 関節窩軟骨層は外側隅角部で両側とも5日目より90日目まで全体的に厚さを増し、その後次第に減少し、

240日目には旧に復していた。Tr-zは全経日を通してほとんど認められず、Ca-zは左側では365日目で、右側では90日目で部分的に肥厚が見られた。

3. 関節円板は両側とも実験後5日目より不均一な染色性と厚さを呈するようになり、特に内外側で顕著で、線維束間の屈曲、疎開が生じ、一部で断裂を認めた。また、10日目より240日目まで軟骨芽細胞様の細胞の出現を認めた。

4. 関節頭・内外側隅角部で実験後、徐々に始まった骨吸収は、経日的に範囲および深さを増し、60日目をピークに、240日目以降は消失した。

5. 関節頭・外側隅角部で骨形成が実験後60日目に左側で見られ、240日目には両側で広い範囲に厚く見られた。

6. 関節頭は外方へ張り出す傾向を示した。

7. 関節頭軟骨層はTa-zが全域で肥厚傾向を示し、特に外側隅角部で顕著であった。Tr-z, Ra-zは全域でほとんど見られず、Ca-zが一部肥厚したが、縮小傾向を示した。

8. これらの所見は両側顎関節において明らかな差異は認められなかった。

以上より、顎変形治療による咬合異常を惹起した場合、歯牙欠損による咬合異常の場合より早期かつ顕著な顎関節の変化が起こることが示された。しかし関節頭、関節窩、関節円板ともに改造が進み、異常環境に対して適応し、顎関節機能を果たすことが示唆された(図4)。

稿を終わるに臨み、御指導を賜りました九州歯科大学口腔外科学第1講座山田長敬教授、九州歯科大学口腔解剖学第2講座嶋村昭辰教授、九州歯科大学口腔病理学福山宏教授、日夜をいとわず直接御指導を戴きました口腔外科学第1講座亀山嘉光助教授に深謝いたします。また、本研究に種々御協力をいただきました口腔外科学第1講座教室員諸兄に御礼申し上げます。

本論文の要旨は、平成元年5月21日、第49回九州歯科学会総会において発表した。

引用文献

- 1) 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—特に顎関節部におよぼす影響について〔会〕. 補綴誌 21: 174, 1977.
- 2) 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.
- 3) 今上茂樹: 顎関節の機能障害に関する研究. 1. 顎の非可動化が顎関節に及ぼす影響に関する実験的研究. 口病誌 26: 414-430, 1977.
- 4) 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〔会〕. 日口外誌 24: 1362, 1978.
- 5) Avant, F. B., Averil, C. J. and Hahn, W. E.: Change in the temporomandibular joint of rats caused by alteration in the intermaxillary relationships of the teeth. J. Dent. Res. 31: 499-500, 1952.
- 6) Cimasoni, G.: Histopathology of temporomandibular joint following bilateral extraction of molars in the rats. Oral Surg. 16: 613-621, 1963.
- 7) Furstman, L.: The effect of loss of occlusion upon the mandibular joint. Am. J. Orthod. 51: 245-261, 1965.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 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として—. 口科誌 32: 69-109, 1983.
- 13) Breitner, C.: Further investigations of bone changes resulting from experimental orthodontic treatment. Am. J. Orthod. 25: 605-632, 1941.
- 14) 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.
- 15) 樋田謙二郎: 両側下顎臼歯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.
- 16) 斎藤 熙: 乳歯の早期抜去が永久歯ならびに顎骨の発育に及ぼす影響に就いての実験的研究. 口病誌 13: 124-134, 1939.
- 17) 雨森 洋: 歯の欠損による頭蓋骨の形態変化に関する実験的研究. 口病誌 32: 1-60, 1965.
- 18) 岡 宏: 上顎臼歯の欠損による頭蓋骨の形態変化に関する実験的研究. 口病誌 37: 89-154, 1970.
- 19) 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.
- 20) Lane, M. J. and Weiss, C.: Review of articular cartilage collagen research. Arth. & Rheum. 18: 553, 1975.
- 21) 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. 4. 歯牙移動によって生ずるイヌの顎関節円板の組織変化について. 歯科学報 71: 1349-1355, 1971.
- 22) Roux, W.: Beiträge zur Morphologie der funktionellen Anpassung. 1. Struktur eines hoch differenzirten bindgewebigen Organes. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 76-162, 1883.
- 23) Dixon, A. D.: Structure and functional significance of the intraarticular disc of the human temporomandibular. Oral Surg. 15: 48-61, 1962.
- 24) Bhussry, B. R. and Suarez, F. R.: Temporomandibular joint. In: Orban's Oral histology and embryology. 9th ed. (ed. by Bhaskar, S. A.) Mosby. St. Louis. 1980, 404-413.
- 25) 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.
- 26) Perry, H. T. and Harris, S. C.: Role of the neuromuscular system in functionactivity of the mandible. J. Amer. Dent. Ass. 48: 665-673, 1954.
- 27) 花岡 宏: 咬合挙上時の閉口筋の順応性についての実験的研究. 九州歯会誌 25: 71-85, 1971.
- 28) 北村隆信: 咬合挙上後の咀嚼筋の順応性に関する病理組織学的研究. 九州歯会誌 27: 409-420, 1974.

- 29) 牟田龍生：顎間距離増大後の成猿および若猿における組織順応性に関する実験的研究. 九州歯会誌 28 : 559 - 581, 1975.
- 30) 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機能的意義について. 1. 各種動物の顎関節円板の組織構造. 歯科学報 71 : 1311 - 1330, 1971.
- 31) Janzen, E. K. and Bluher, J. A. : 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.
- 32) Ramfjord, S. P. and Hiniker, J. J. : Distal displacement of the mandible in adult rhesus monkeys. J. Prosthet. Dent. 16 : 491 - 502, 1966.
- 33) 勝間 勝：顎間固定法による下顎遠心移動が顎関節部に及ぼす影響に関する実験的研究. 歯科医学 29 : 423 - 472, 1966.
- 34) 林 一彦, 幅田 功, 幅田慶子共訳：獣医歯科学, 一基礎と臨床一, 学窓社, 東京, 1984, 16.