実験的顎関節突起骨折の治癒過程に関する組織学的研究

福井正義*・島原政司*・横矢 喬*
小野尊睦**

Histologic study of healing process of the mandibular condyle after unilateral condylotomy in the rat

Masayoshi FUKUI*・Masashi SHIMAHARA*・Takashi YOKOYA*
Takatoki Ono**

緒 言

顎関節突起骨折は、下顎骨骨折の中でも非常に頻度の高いものである。顎関節突起は、機能的には顎運動をつかさどる重要な支点となり、形態的には顔面の対称性に影響を与えることなどから、その治療にあたっては下顎骨骨折の中でも特に注意を要する部位と云える。しかしながら顎関節突起骨折の治療法が確立されていない現在、治療に際し、しばしば困惑させられる場合が少なくない。

顎関節突起骨折の治療法は、Eubanks¹⁾らの推奨する保存的療法と、Thoma²⁾、Robinson and Yoon³⁾らの推奨する観血的療法に分けることができる。

現在治療法がこのように一様でない理由としては、関節という形態的にも、機能的にも非常に複雑な場所であり、またその予後においても問題を残すことが多い場合があるためである。一方組織学的にも骨折治癒過程が未だ十分に把握されていないことから、なおいっそう問題を複雑にさせているようである。そこでこうした問題点の解明を目的とし、顎関節突起骨折を実験的に惹起し、さまざまな観点から顎関節突起骨折について検討がなされている。

組織学的、形態学的に顎関節突起骨折治癒過程についての報告は、Gilhous Moe⁴⁾が guinea pig を用い、顎関節突起骨折を実験的に惹起し、回復時における関節軟骨層の細胞反応を観察するために H₃TDR を使用し、患側、非患側下顎頭における細胞の活動性について述べ、

Sprinz (1967)⁵⁾ は rat に顎関節突起骨折を惹起し、骨折が咀嚼機構におよぼす影響を観察するとともに、他方顎関節突起骨折回復過程における骨折部の組織変化について説明している。

すなわち術後8日目に一時的咬筋の不均衡が見られる。また軟骨性仮骨、線維性仮骨による骨折部の組織的回復は7日目より10週目に観察され、さらに軟骨組織の出現については、その出現場所に注目し、その部骨折片の転位、組織圧迫などの物理的因子が循環系に影響をおよぼし、結果的には軟骨組織の発生につながると説明している。また Sprinz (1970)⁶⁾ は、ほぼ成熟した rat の顎関節突起頸部に骨折を惹起し、関節頭側の外側翼突筋を分離した。術後8週目には、ほぼ正常な顎関節突起の形態と、骨膜の再生、外側翼突筋の完全な再形成を観察している。肉眼的所見では、顎関節突起の大きさ、上行枝の高さを計測し、いずれもの縮小を見ている。Anderson⁷⁾ は成長期の犬の顎関節突起骨折による影響を調べるために、顎関節突起頸部に骨折を惹起し、その後 wire にて固定した結果、59週までに、骨折部の回復と下顎の正常な発育が認められたと説明している。

また顎関節突起骨折の治療法が治癒過程にいかなる影響をもたらすかについての研究は次のようである。Walker⁸⁾ は成長期のサルに顎関節突起骨折を惹起し、その結果、外科的あるいは保存的処置のいずれにおいても顎関節突起の再形成を認めている。そしてこのような再形成は、早期顎運動により治癒過程に相違があったかどうかは明白ではなかったが、しかし悪影響は認められなかったと述べている。Boyne⁹⁾ は成長期のサルの顎関節突起に osteotomy を惹起し、治療法を外科的処置群、保存的処置群、そして無処置群に分類し治癒過程を観察した結果、いずれの処置方法にても治癒過程に大差は認められなかったことから、小児の Condylar fracture は骨折治癒状態、顎関節突起発育からも保存的に治療され

* 大阪医科大学口腔外科学教室（主任：古川哲夫助教授）

** 京都大学医学部口腔外科学教室（主任：小野尊睦教授）

* Department of Oral Surgery, Osaka Medical College (chief: Assist. Prof. Tetsuo Furukawa)

** Department of Oral Surgery, School of Medicine, Kyoto University (chief: Prof. Takatoki Ono.)

受付 昭和47年11月27日

るべきであると説明している。

著者らも先に rat の顎関節突起に実験的に骨折を惹起し、治療法を骨折片直接固定群、間接固定群、非固定群に分類し観察した結果を報告した¹⁰⁾。すなわち骨折部には種々の程度の変形治癒を認めながらも顎運動が維持されており、また組織学的には関節突起には関節軟骨も見られ、ほぼ正常構造が観察されるものも認められた。しかし実験期間が3週間と短期間で、実験操作も一様でなかったことから、今回は主に顎関節突起骨折の組織学的治癒過程を観察する意味から、ウイスター系ラットの顎関節突起頸部に、可及的同一条件、同一形態の骨折を惹起し、術後、整復、固定(外力)を行なうことなく、実験期間12週にわたり経時的に骨折治癒状況の組織学的観察を行なった。

実験方法

実験動物としては体重 130g 前後のウイスター系ラット67匹を用いた。Nembutal 腹腔内注射により全身麻酔を行ない、耳前部を剃毛、消毒の後、長さ約 1.5cm の頬部耳前切開を入れ、皮膚、皮下、筋肉組織を剥離し顎関節突起を露出した。No. 700 フィッシャーバーにて顎関節突起頸部を水平方向に離断した(写真1)。骨折線的位置、方向は各動物なるべく一定となるように行なった。その後創面に抗生物質を挿入し、筋層縫合、皮膚縫合を

写真1 顎関節突起を完全離断

行なった。実験期間は1週間(15匹)、2週間(13匹)、3週間(24匹)、12週間(15匹)とし、実験期間終了は屠殺、断頭し、10%ホルマリン水溶液にて固定し、パラフィン包埋切片標本作製し、Hematoxylin-Eosin 染色を行ない鏡検した。

実験成績

1週間後所見

両骨折片断端部には強度の炎症性細胞浸潤が見られ、壊死組織が骨体側骨折片内外側に存在し、異物巨細胞もその周辺に認めた。一方骨折片に接して、特に骨体側

写真2 両骨折片内側に軟骨組織が出現1週間後×10

写真3 骨折片に近い場所では新生骨梁の形成。1週間後。×100

骨折片内側、あるいは下顎頭側骨折片内側に一群の軟骨組織の出現が認められた(写真2)。軟骨組織周辺には線維性結合組織が密に充満し、結合組織細胞との境は、紡錘形、円形を示すものが見られ、軟骨芽細胞への移行像が認められた。さらに増殖中の軟骨組織は、鳩状、帯状を呈し、幼弱な新生骨梁を形成しつつあるようであった。すなわち endochondral ossification が著明であった(写真3)。

2週間後所見

両骨折片断端部の吸収が進み丸味を帯びていた。浮腫、血塊は減少ないし消失していたが、特に断端部周辺には炎症性細胞浸潤が残存していた。この時期においても両骨折片断端周辺には骨組織の新生は認められなかった。骨体側骨折片内側、下顎頭側骨折片内側に発現した一群の軟骨組織は、内方に突出した瘤状の増殖が著明であった(写真4)。一方骨折片に近い場所では、仮骨形成が、すなわち線維性結合組織—軟骨組織—海綿様骨梁材—幼弱新生骨梁へと分化が顕著となっていた(写真5)。仮骨形成は、軟骨組織を形成しないで骨基質化を行なう intramembranous ossification (直接化生) により新生骨梁が内方肥厚を行なっている像をも認めた。

3週間後所見

写真 4 軟骨組織の増殖による肥厚. 2週間後×10

写真 5 骨折片附近における軟骨性化骨. 2週間後×100

写真 6 両骨折片は橋梁状に仮骨形成, 即ち内部改造が行なわれ, 新生骨梁にて結合. 軟骨組織は新生骨にて包合されている. 3週間後×10

骨体側骨折片断端部は吸収が完全に行なわれ新生骨梁にて置換されている症例, また吸収されつつあるが断端部に新生骨梁の出現は認められない症例があった. 一方下顎頭側骨折片断端部はいずれも完全に吸収され, 新生骨梁が添加されていた. 両骨折片内側, あるいは一部外側から発現した新生骨梁は, 術後14日目までは骨体に対し外方に見られたが, 21日目では橋梁状に接合し山状に

肥厚し内方への突出が見られた(写真6). すなわち肥厚した部分は, 多くの症例において外側から順次 intramembranous ossification, endochondral ossification などの仮骨様式機転により周囲から骨梁材の添加が行なわれつつ, 内部に軟骨組織, 線維性結合組織を被包するごとき像を呈していた(写真7). こうした内部構造の改造が進み, 両骨折片は新生骨梁にて骨性癒合が終了している症例もあった. 骨梁増殖が比較的早期に行なわれ

写真 7 軟骨性化骨. 新生骨梁の形成. 3週間後×100

写真 8 形態は不規則であるが, 両骨折片は完全骨性結合. 12週間後×10

写真 9 層板骨の完成. 骨髓腔の完成. 12週間後×100

たとえられる部位では、骨髓腔も次第に形成されつつあるようで、その中には骨芽細胞が髓腔壁に沿って規則的に配列し、骨髓細胞、赤血球が認められた。

12週間後所見

両骨折片は完全に骨性癒合しているが、未だ肥厚が残るその形態は不規則であった（写真8）。しかしその表層及び深層はすでに基礎骨板ができ、さらに Havers 氏管を取り囲む Havers 氏骨板などの骨板系を境とする接合線が認められ、いわゆる層板骨の形成がなされていた。骨髓腔には骨髓細胞、赤血球が充満した正常な骨髓像を示していた（写真9）。

総括

以上顎関節突起骨折治癒過程の経時的变化につき、各実験期間別に観察され得た標本を模式図に示してみると写真10～13のようであった。

術後1週間目の模式図（写真10）について見ると、症例122に見られるごとき外方偏位は1例のみで、他は全例内方偏位を示していた。術後1週目に出現を見た軟骨組織は全て両骨折片内側に認められ、それを線維性結合組織が被包するがごとき所見を現わしていた。2週目（写真11）になると、軟骨組織の増殖が著しく、内方に瘤状の肥厚を現わしていた。一方骨折片断端部では仮骨形成が進行し、一部幼弱新生骨梁の添加が認められている場

Diagram of the repair of Subcondylar fractures in young rats. (2weeks after operation.)

写真 11 2 週間後所見

Diagram of the repair of Subcondylar fractures in young rats. (1weeks after operation.)

写真 10 1 週間後所見
小さな点—軟骨組織
太い点—線維性結合組織

Diagram of the repair of Subcondylar fractures in young rats. (3weeks after operation.)

写真 12(a) 3 週間後所見

Diagram of the repair of Subcondylar fractures in young rats. (3weeks after operation.)

写真 12(b) 3 週間後所見

Diagram of the repair of Subcondylar fractures in young rats. (12week after operation.)

写真 13 12週間後所見

所もあった。術後3週目(写真12a, b)においては、瘤状に肥厚した骨折部は両骨折片に近い場所からの仮骨形成により、新生骨梁が軟骨組織、線維性結合組織を包含するがごとき像を現わしていた。術後12週目(写真13)の模式図からは、症例401, 404, 305のごとき、いわゆる non union のものもあったが、骨性癒合の認められるものでは全例ともその形態は不規則で、やや肥厚を残しながらも顎関節突起の形態再生が認められた。

考 按

今回著者らはラット顎関節突起に実験的骨折を惹起し、術後1週目, 2週目, 3週目, 12週目における骨折治癒状態につき組織形態学的見地より経時的観察を行なった。その結果、骨折片の偏位状態は多数例において骨体側骨折片を定位置にし、下顎頭側骨折片断端が内方に向かった内方偏位を示していた。このことは、骨折片の偏位が、骨折片に附着する筋肉の走向方向に一致することからすれば、顎関節突起骨折においても、下顎頭に附着した外側翼突筋の前内方への収縮の結果、下顎頭側骨折片の内方偏位を見たといえよう。

内方偏位した下顎頭側骨折片内側、骨体側骨折片内側に、術後1週目に著しい軟骨組織の出現が見られた。このような場所では Endochondral ossification が活発に行なわれ、すでに新生骨梁形成のなされている所も見られた。一方 Intramembranous ossification によっても新生骨形成のみられるところもあり、骨折修復像には同時に異なった仮骨形成様式が観察された。この部の骨折修復は、1週目という比較的早期に、Endochondral ossification, Intramembranous ossification などの仮骨形成様式にて新生骨梁が出現し、骨形成が開始されることがわかった。3週目にはすでに修復部の肥厚した新生骨梁の内部改造が進み remodelling が活発であった。そして12週目では、骨折修復機転の2週目, 3週目に認められた骨折部の骨、軟骨組織よりなる瘤状の著明な肥厚は消失し、軟骨組織も消失し、わずかに肥厚した関節突起として観察され、ほぼ正常に回復していた。

さて骨折の治療にあたっては、骨折片の整復、固定によって解剖学的形態回復を図ることが必須の条件とされているが、本実験のごとく、整復、固定という操作を加えない場合にも、骨折片の癒合、形態回復が見られた理由として次の事項が推察される。すなわち本実験に使用した動物が体重 130g 前後と成長期のものであったことが推察されるとともに、Sarnat¹¹⁾, Jolly¹²⁾ らが述べているごとく、下顎頭は下顎骨の発育センターであるがゆえに、この部の骨折は組織形態学的には回復が容易であったのではないかと考えられる。また顎関節周囲組織の筋肉、靱帯などの活動は、骨折片の整復に役立つと共に顎関節突起の形態を規定するような作用があるのではないかと考えられた。

骨折の治療過程における骨折片断端部の組織構造は、損傷時の時期によって異なるが、最終的には両骨折片の骨性癒合によって連絡される。しかし損傷直後から骨性癒合の完成までには、骨折片断端間隙部の凝血の器質化、線維性仮骨の形成、骨性仮骨の形成、骨折片の骨性結合の順に組織像の推移があり、顎関節突起骨折もこのカテゴリーの中で治療が行なわれるが、本実験において認められた特長なことは先に述べたごとく、骨折片断端部における著明な軟骨組織の形成であった。

一般に骨折治療過程に軟骨組織を含む仮骨形成が認められることは周知のとおりであるが、本研究においては軟骨形成がとくに顕著であった。

軟骨組織出現の理由としては、骨折修復時の軟骨組織の出現にはさまざまな見解があるが、Bourn¹³⁾ は osteogenic cell は循環系の回復が行なわれやすい環境にあっては骨形成を行なうが、環境が適当でない場合にはそれは軟骨形成を行なうであろうと説明する局所循環障害について述べている。それに対し Krompecher¹⁴⁾ は、骨折片に加わる物理的因子を、圧迫、索引、無作用に分類し、骨組織の力学的適応により異なった組織反応が起るのではないかと述べている。Sprinz⁵⁾ は実験的顎関節突起骨折の報告の中で、内方に偏位した下顎頭骨折片と、骨体側骨折片が咬筋および内側翼突筋の収縮により、両骨折片間隙組織が圧迫され、循環障害を生じる結果、軟骨組織が出現するのではないかと述べている。著者らの観察では、軟骨組織は特に両骨折片内方に見られ、外方においては下顎頭側骨折片断端部、骨体側骨折片の一部に術後 1 週目で早くも観察された。2 週目になると、内方への増殖が活発になり瘤状に突出しており、3 週目では endochondral ossification, intramembranous ossification が旺盛に行なわれ、軟骨組織の周辺部に新生骨梁が出現し、次第に内方に拡がり内部改造が行なわれていた。

本来骨折片断端部の間葉性結合組織は Intramembranous ossification の方向にあるといわれている。しかし今回の実験では軟骨組織が出現したことから考えると、芽組織はかならずしも intramembranous ossification の方向のみにあるとは限らず、時には endochondral ossification の方向に向く場合もあると考えられた理由として次のようなことが考えられた。すなわち手術による組織破壊程度が大であったこと、Bourn¹³⁾、Krompecher¹⁴⁾、Sprinz⁵⁾ が述べているごとき、周囲組織に循環障害を発生せしめたことなどが endochondral ossification をうながしたとも考えられる。

今回の顎関節突起骨折の実験的研究においては、骨折治療過程に著明な軟骨組織の出現が認められたが、本実験においては、骨折片の整復、固定、顎運動制限は行なわずして自由に顎運動を営ませたため、治療経過中に一時的な軟骨組織の出現があったのかも知れず、骨折片

の整復、固定による局所の安静を図った際の治療過程との比較検討が必要であろう。

結 論

顎関節突起骨折の治療方法には、保存的療法、外科的療法がある。しかし顎関節突起は解剖学的に顎関節という非常に複雑な運動をつかさどる部位であるがゆえに、さらにまた組織形態学的にも骨折治療過程が十分に解明されていない現在、その選択に困惑させられることがある。このような観点から、今回著者らはウイスター系ラットを使用し、実験的に顎関節突起骨折を惹起し経時的に組織形態学的治療過程の観察を行なった。術後 1 週目には軟骨組織が特に両骨折片断端部周辺の結合組織内に軟骨組織の出現が認められた。また少量の骨梁の新生も認められた。軟骨組織はその後、次第に肥厚し、骨折片に接した軟骨組織は骨組織に置換し始め、endochondral ossification による仮骨形成が盛んであった。また骨折片の骨膜からも骨新生が起り intramembranous ossification も認められた。3 週目になると、仮骨はますます増大し骨改造機転が著明であった。12 週目には、層板構造、骨髓腔も完成し、正常部分とほぼ見分けがつかないまでに骨改造が進んでいた。骨折治療過程の軟骨組織の出現について種々論議がなされているが十分に把握されているとは言えない。今回の実験から骨折片断端間隙に著明な軟骨組織の形成がみられたことは、両骨折片の整復、固定を行なっていないため、断端の不適合となり、骨折片間隙への多量の結合組織が増生し、また自由な顎運動により骨折片の安静が図られなかったため、intramembranous ossification と共に endochondral ossification の出現が多かったものと思われた。また成長期動物の下顎頭では、関節軟骨層は肥厚し、発育期にあるため、この附近の組織には軟骨組織が旺盛なためであるかも知れないと考えられた。

本論文の要旨は昭和 46 年 4 月第 25 回日本口腔学会総会において発表した。

文 献

- 1) Eubanks, R. J. : Fractures of the neck of the condylar process. J Oral Surg 22 : 285 1964.
- 2) Thoma, K. H. : Fractures and fracture dislocations of the mandibular condyle : a method for open reduction and internal wiring and one for skeletal fixation with a report of thirty-two cases. J oral Surg 3 : 3 1945.
- 3) Robinson, M., and Yoon, C. : New onlay-inlay metal splint for immobilization of mandibular subcondylar fractures. Amer J Surg 100 : 845 1960.
- 4) Ole Gilhous Moe : Fractures of the mandibular condyle in the growth Period, Histologic and autoradiographic observation in the contralateral, non-traumatized condyle. Acta odontologica scandinavica. 29 : 53 1971.
- 5) Sprinz, R. : Divisions of the neck of the mandibular

- in rats. J Anat 101 : 765 1967.
- 6) Sprinz, R. : Healing of fractures of the neck of the mandible in rats with detachment of the lateral pterygoid muscle. Arch oral Biol 15 : 1219 1970.
 - 7) Anderson, M.F. Subcondylar fractures in young dogs. J Oral Surg 19 : 263 1965.
 - 8) Walker, R. V : Traumatic mandibular condylar fracture dislocations. Amer J Surg 100 : 850 1960.
 - 9) Boyne, R. J : Osseous repair and mandibular growth after subcondylar fractures. J oral Surg 25 : 300 1967.
 - 10) 小野尊睦, 福井正義, 島原政司, 横矢喬 : 顎関節突起骨折に関する実験的研究. 口科誌 21 : 1 1972.
 - 11) Sarnat, B. G : Development facial abnormalities facial pain and mandibular dysfunction. W. B. Saunders Co. 1969, p. 83.
 - 12) Jolly, M : Condylectomy in the rat. An investigation of the ensuing repair process in the region of the temporomandibular articulation. Australian Dental Journal 6 : 243 1961.
 - 13) Bourne : The Biochemistry and Physiology of Bone. Academic press Inc. New York. 1956.
 - 14) Krompecher : Die Knochenbildung. Gastav Fischer, Frankfurt. 1937.
-