下顎関節突起骨折治癒に関する実験的研究

——第2編 顎間固定の発育期正常ラット下顎関節突起に及ぼす影響について——

島原 政 司

Experimental studies on healing of fractures of the mandibular condyle

——(2) The effect of intermaxillary immobilization upon rats during the normal ageing process——

Masashi SHIMAHARA

I. 緒 言

日常臨床において、関節の長期固定が筋の萎縮、循環障害、拘縮などを招き、関節機能を障害する症例は数多く経験するところである。特に整形外科領域においては、一度関節拘縮あるいは関節強直などの後遺症をきたせば、患者の日常生活に甚大な障害となる場合が多い。したがって、長期間の固定が関節に及ぼす影響に関して数多くの実験的研究がなされ、詳細な知見が得られている。ところが、歯科口腔外科領域においては、関節固定法として顎間固定が多く用いられるが、固定除去後の後遺症は理学療法および開口訓練などにより比較的短期間に回復する場合が多い。しかし、時に顎関節症として開口制限、関節雑音および異常顎運動などを後遺することがある。これらの障害は軽微とはいえ、直接、摂食、咀嚼、構音機能などに関連するもので、長期間心身ともに患者を苦しめるものであり、近時次第に注目されるに至った。ところが、顎間固定の顎関節に及ぼす影響に関する実験的研究としては、歯列矯正領域での Joho¹⁾、勝間²⁾、Ramfjord³⁾、太田⁴⁾、松井⁵⁾等の業績が存在するが、これらの際に行われる顎間固定は顎間牽引的なもので、ある程度の開口は可能で、しかも、経口摂食可能な状態のものである。しかし、顎骨骨折などの口腔外科領域での顎間固定は、金属線で上下顎歯牙を結紮し、全く開口のできないものである。したがって、動物による基礎実験を行うとすれば、まず、非経口飼育の問題を解決しなければならないわけで、これまでの業績としては、Boyne⁶⁾、Walker⁷⁾の経管栄養による猿における実験の

ほか、本邦においては僅かに今上⁸⁾の実験をみるに過ぎない。

そこで著者は今回の実験に選んだ成長期ラットに対し胃瘻を造設し、非経口の飼育を可能にし、顎間固定が正常顎関節に及ぼす影響を及ぼすかに関し、形態的、組織学的に検索を加えるとともに、また、下顎頸部骨折における顎間固定の治癒経過に及ぼす影響(第3編)の対照予備実験とした。

II. 実験方法

実験動物には日齢36日、体重約120g前後のウィスター系雄ラット(以下ラットと略す)30匹を用い、すべて恒温(22°C)、恒湿(60%)の飼育室で飼育した。

エーテル麻酔下で、上下切歯の切端を約1mmずつ削合した後、歯頸部に歯髓腔を避け、メルファー社 No. 1/2 ラウンドバーにて近遠心的に穿孔し、0.2mmの矯正用結紮線を通し、臼歯部が中心咬合位となるように上下顎を顎間固定した(写真1)。顎間固定後の飼料投与は、Witzel 法に準じ設置した No. 4 rubber catheter による胃瘻を通して行った(写真2)。通常日齢36日前後のラットはオリエンタル固型飼料を1日約13g前後摂取するが、これらの量をすべて流動状とし経管投与することは、量的に多くなり、困難であるため、固型飼料7gにFM-S softcard MILK(明治乳業KK)1.5gを加えたものを基準流動食とし、1日量を7～8回に分けて経管投与した。水の経口摂取は可能なため、水道水を給水瓶で自由に摂らせた。他方、体重変化の比較対照として日齢36日のラット5匹に対し、基準流動食と同成分の飼料を固型のまま自由に摂らせたものを当てた。

開口状態ならびに体重の測定には10匹を当て、5週目まで、7日毎にエーテル麻酔下にて顎間固定を除去し、人為的に開口させ、上下顎の切歯遊離歯肉縁間の距離を

大阪医科大学口腔外科学教室(主任:小野克己教授)
Department of Oral Surgery, Osaka Medical College (Chief: Prof. Katsumi Ono)

受付日:昭和56年4月24日

写真 1 顎間固定施行

写真 2 胃瘻設置

表 1 開口状態判定基準

上下切歯遊離歯肉縁間距離	判 定
9mm 以上開口不能まで	卅
6~9mm 未満減少	卅
3~6mm 未満減少	+
3mm 未満減少	±
固 定 前	—

測定した。測定に際しての判定基準は表 1 のごとくである。なお、常生歯としての影響を除き、咬合を正常に保つため、顎間固定除去ごとに、上下切歯切端を約 1mm ずつ削合した後、再び固定を行った。

冊					
卅			..		
+					
±					
—					
開口度 測定日	1 週目	2 週目	3 週目	4 週目	5 週目

図 1 開口状態

下顎関節突起の形態的ならびに組織学的観察には、1 週目、2 週目、3 週目および 5 週目にそれぞれ 5 匹ずつ、計 20 匹を当て、屠殺後、断頭し、10%ホルマリン液にて固定し、脱灰、パラフィン包埋後、下顎関節突起長軸に平行に前頭断連続切片を作製し、H-E 染色を行い、前頭断面の形態、頭頂部層構造、chondral ossification の状態を中心に観察を行った。また、下顎頭前頭断の計測は第 1 編に記載した方法に従って計測した。

III. 実験結果

1) 開口状態

ラット 10 匹に対し顎間固定後、7 日毎に測定した開口状態の結果は図 1 に示したごとくである。

1 週目ですでに全例において 3mm 未満ではあるが開口制限が現れ、以後経時的に進行し、特に 3 週目から 4 週目にかけて急速にその度を増す。しかし、5 週目においても全く開口不能となった例はみられない。

2) 体重変化

胃瘻設置ラット 10 匹および対照ラット 5 匹について、7 日毎の体重測定結果は図 2 のごとくである。胃瘻設置群の体重増加は第 1 編における正常群に比べてきわめて悪く、5 週目においても僅かに約 20g の増加にとどまった。しかし、ラットの動作、行動など外部から観察するかぎり、特に異常は認められなかった。

一方、対照ラットは胃瘻設置ラットに比べ体重増加は幾分よく、5 週間で約 48g 増であった。

3) 下顎頭前頭断面測定値

下顎頭中央部前頭断面の 10 倍拡大投影図上において測定した計測値の平均値および比 (B/A) は表 2 のごとくであるが、第 1 編における正常群に比べ、すでに 1 週目から下顎頭頭頂部の扁平化が著しい。なお、固定期間が長くなれば、下顎頭形態の変形を伴うため、計測にややその正確さを欠ききらいは免れ得ない。

実線：顎間固定群，点線：対照群

図 2 平均体重曲線

表 2 下顎頭前頭断面計測値

測定日	測定値 (cm)		比(B/A)
	A	B	
1週目	4.95	1.63	0.33
2週目	5.00	1.60	0.32
3週目	5.05	1.55	0.31
5週目	5.00	1.40	0.28

4) 組織学的所見

顎間固定後 1 週目所見：下顎頭中央部前頭断面の扁平化のほか，下顎頭部での狭窄も第 1 編の正常群に比べて顕著である。

組織学的には線維性軟骨膜層，細胞性軟骨膜層，軟骨層の境界は画然としているが，各層において幅の均一性を欠く傾向がみられる。特に，細胞性軟骨膜層および軟骨層の薄層化が著明で，chondral ossification はその進行度を減じ，小柱は疎となってくる。骨髓腔は拡大傾向を示す(写真 3)。

顎間固定後 2 週目所見：形態的には下顎頭頭頂部における凸隆度は減少し，扁平化を呈するとともに，下顎頭表面が凹凸を呈してくる例もみられる。また，下顎頭部での狭窄がさらに進行する。

組織学的には，細胞性軟骨膜層および軟骨層の薄層化がさらに進行する。chondral ossification はさらにその程度を減じてくる(写真 4)。

また，強度な形態異常がみられ，頭頂部の層構造が消失し，chondral ossification の全くみられない例が 1 例あった(写真 5)。

写真 3 軟骨層の薄層化および下顎頭頭頂部の扁平化 (H-E 染色，×10)

写真 4 軟骨層の薄層化，下顎頭頭頂部の扁平化の進行および凹凸化 (H-E 染色，×10)

顎間固定後 3 週目所見：形態的には 2 週目とほぼ同様の所見であるが，その程度を増す。組織学的所見においても 2 週目と同様であるが，その程度を増し，chondral ossification はほとんどみられなくなり，骨髓腔は拡大する傾向にある。また，線維性軟骨膜層と細胞性軟骨膜層の間に裂隙が生じているもの(写真 6)，関節円板に毛

写真 5 強度の形態異常と下顎頭頂部層構造の消失
(H-E 染色, $\times 10$)

写真 6 線維性軟骨膜層と細胞性軟骨膜層の間に裂隙形成 (H-E 染色, $\times 50$)

細血管の侵入, および円板と下顎頭の間に小舌状に結合組織が侵入している例もある(写真7)。また, 5例中2例において, 下顎頭, 円板, 関節窩の三者の癒着が部分的ではあるがみられる(写真8)。なお, これらの例の開口度は(卅)である。

顎間固定後5週目所見: 形態的には下顎頭頭頂部の凸隆は消失して, 扁平となり, くらげ状を呈し, 下顎頭部の形態も不定で軽く屈曲したり, 大きさがさまざまになり山芋状を呈した例が3例みられた(写真9)。

組織学的には3週目より細胞性軟骨膜層, 軟骨層の薄層化はその程度をいっそう増し, chondral ossification はみられなくなる。5例中2例においては下顎頭, 円板, 関節窩の間に, また, 1例においては下顎頭と円板

写真 7 円板と下顎頭の間に結合組織性小舌の進入
(H-E 染色, $\times 50$)

写真 8 下顎頭, 円板, 関節窩の部分的癒着 (H-E 染色, $\times 50$)

との間に癒着が部分的にみられた。

IV. 考 察

整形外科領域における長期固定の関節への影響に関する実験的研究は数多くなされている。八百板⁹⁾はウィスター系ラットを用い, 膝関節固定による可動域の変化と関節内病変を検索した結果, 20日以上固定では, 関節可動域の減少が急速に進行し, 40~50日の固定では関節軟骨の変化が著明に現れ, 60日以上固定では可動域ならびに病理組織学的変化はほとんど非可逆的であると述べている。長谷川¹⁰⁾は家兎の股関節を最大屈曲位に固定すると, 1週目に既に組織学的に関節軟骨の変性, 壊死が出現し, 3週間以内の固定では可動域は完全に回復するが, 4週間では回復は不完全で, 4週間以上12週間では回復は不可能となると報告している。Evans¹¹⁾は成熟ラットの膝関節を屈曲位に固定し, 関節拘縮の発生機序を組織学的に検索した結果, 固定の初期には, 関節腔の結合組織の増殖, 軟骨層での基質の線維化, 裂隙形

写真 9 山状を呈する下顎関節突起
頸部 (H-E 染色, $\times 10$)

成および潰瘍形成がみられ、固定が30日を越えると病変は非可逆性になると述べている。満岡¹²⁾はラットの膝関節固定による関節拘縮発生の要因として膝上囊の荒廃を考え、その裏づけとして、固定4週目における膝上囊の癒着とこの時期を境とする可動域の急速な減少、ならびにその回復の遅延を挙げているなど、その病態関係は詳細に究明されている現状である。ところが、口腔外科領域においては、顎間固定は日常臨床で頻用されている施術であるにもかかわらず、動物を使用しての基礎的実験は、固定期間中の飼育の問題を解決しなければならないため、きわめて数少ない現状である。小野ら¹³⁾は成長期ラットを用いた下顎関節突起骨折に関する実験的研究において、顎間固定3週後の飼育状態として、11例中6例の死亡、2例の体重減少、1例の不変、2例の体重増加を報告しており、飼育状態は必ずしも順調とはいえないが、ラットを用いての実験としては唯一のものである。今上⁸⁾は猿を用い、経鼻栄養補給により24週間の顎間固定実験を行い、その結果を報告しているが、体重に関しては減少しないように留意したと述べているに過ぎない。Walker⁷⁾は猿を用いた下顎関節突起骨折実験において、顎間固定下での経管食餌法で、2週間顎間固定し、除去後17～18か月目において、無処置正常群に比べ、体重の増加が少なかったとだけ述べており、これらは経鼻栄養のできる猿にも増して、ラットの顎間固定下での飼育の困難さを示していると考えられる。他方、ラットにおいて飼料摂取量が不足すると発育が阻止されるが、一時的な不足、すなわち、300日以内であれば発育が阻止されても、摂取量を正常に戻せば発育は回復するとい

い、またある程度の不足下では感染に対する抵抗が高まり、むしろ健康状態もよくなり、寿命も伸びるといわれているが¹⁴⁾、いずれにせよ本実験における顎間固定の影響は、胃瘻造設下での制限された飼料摂取という飼育条件の影響も無視することはできないであろう。

本来、関節軟骨には血管がなく、その栄養は関節滑液が関節運動あるいは関節内圧により、軟骨内に浸透して営まれるといわれており¹⁵⁾、顎を中心咬合位に固定し、開閉運動を不可能にすることは、正常咬合の維持および安静には役立つが、関節に対しては強制位固定という不利な条件となる。従来の研究結果も、循環障害、萎縮をきたし、下顎関節突起は後上方への成長が障害を受け、一方、強度の扁平化や chondral ossification の停止などを報告している。本実験においては、これらの障害の中には既に1週目より発生するものがあり、2週目で強度の変形を呈した例や、3週目で部分的ではあるが癒着のみられた例などがあり、経時的に下顎頭の扁平化に次ぐ強度の変形ならびに層構造の薄層化、chondral ossification の消失、さらには癒着をきたし、5週では非可逆変化が増す傾向を把握することができ、今上⁸⁾も猿の実験において、ほぼ同一結果を示している。したがって、個々の関節間に相違はあるが、膝、股関節における、約4週間の固定を境として重大な障害を後遺する危険性が著しく高いという八百板⁹⁾、長谷川¹⁰⁾、Evans¹¹⁾、満岡ら¹²⁾の実験結果と本実験結果を併せ考えれば、顎関節部の非可逆性変化を防止し、正常な機能への早期復帰のためには、顎間固定は5週間を越えない限度で、正常な咬合、咀嚼運動を行わしめる必要性が示唆される。

また、各種栄養障害と顎関節の関係に関する報告として、Levy ら¹⁶⁾は vitamin C 欠乏との関係、Menschik¹⁷⁾は脂肪欠乏との関係、Gorlin ら¹⁸⁾は vitamin B complex 欠乏との関係、Levy¹⁹⁾は riboflavin 欠乏との関係、Frandsen²⁰⁾は pantothenic acid 欠乏との関係、また、Weinmann²¹⁾は 佝僂病の原因となる食物との関係について研究し、それぞれ骨、軟骨の形成の低下あるいは停止、各層の変化などについて述べている。

一方、上利ら²²⁾、Renaud²³⁾、高木ら²⁴⁾は、行動の拘束と全身への影響に関する研究を行っており、また、Sawrey ら²⁵⁾、Bonfils ら²⁶⁾も、ストレス拘束による急性胃病変の発症を疾患モデル作成実験で実証しており、したがって本実験において把握し得た顎間固定下での顎関節部における各種所見は、一応顎間固定下での飼育を可能にしたものの、体重増加の低かったことを併せ考えれば、顎間固定の顎関節への直接影響以外に、栄養問題、行動拘束の問題など、より広い立場からの因子の関与も考慮すべきであろう。

V. 結 論

胃瘻造設，経管飼育を行った発育期正常ラットに対し，顎間固定の下顎関節突起への影響を，5週目まで7日毎に形態的，組織学的に観察し，次の結論を得た。

- 1) 開口制限は1週目より全例に認められ，以後増強進行するが，5週目において全く開口不能となったものはない。
- 2) 体重増加は5週間の顎間固定期間中で，約 20g である。
- 3) 下顎頭前頭断面計測では，下顎頭の扁平化は1週目からみられ，以後進行し，その程度は正常群に比べ著しい。
- 4) 下顎頭頭頂部は形態的に扁平化を示し，5週目には頭頂部の凸隆はほとんど消失し，下顎頭部は狭窄した形態を呈する。
- 5) 組織学的には細胞性軟骨膜層および軟骨層の薄層化がみられ，線維性軟骨膜層と細胞性軟骨膜層の間に裂隙形成，円板に血管の出現，円板と下顎頭の間に結合繊維性小舌の出現等がみられる。
- 6) 3週目頃より下顎頭，関節円板，関節窩の間に部分的ではあるが癒着がみられる。
- 7) chondral ossification は著しく障害され，5週目においては全く認められない例もある。

稿を終えるにあたり，終始ご指導とご校閲を賜った恩師小野克己教授に深甚なる謝意を表すとともに，種々ご教示とご校閲を賜った本学第1病理学教室中田勝次教授および終始ご鞭撻いただいた本教室古川哲夫助教授に謝意を表し，また，種々ご協力いただいた教室各位に感謝の意を表します。

引 用 文 献

- 1) Joho, J. P.: The effects of extraoral low-pull traction to the mandibular dentition of macaca mulatta. *Am J Orthod* 64: 555 1973.
- 2) 勝間 勝: 顎間固定法による下顎遠心移動が顎関節に及ぼす影響に関する実験的研究. *歯科医学* 29: 423 1966.
- 3) Ramfjord, S. P., et al.: Distal displacement of the mandible in adult rhesus monkey. *J Prosthet Dent* 16: 491 1966.
- 4) 太田 実: 顎間固定を応用して上下顎の近遠心的関係を改変した際に起る顎関節および一二組織変化に関する研究. *日矯歯誌* 6: 1 1936.
- 5) 松井泰三: 顎外固定法(傾帽装置)が成長発育中の下顎骨に及ぼす影響に関する研究. *日矯歯誌* 24: 165 1965.
- 6) Boyne, P. J.: Osseous repair and mandibular

- growth after subcondylar fractures. *J Oral Surg* 25: 300 1967.
- 7) Walker, R. V.: Traumatic mandibular condyle fracture dislocation: effect of growth in the macaca rhesus monkey. *Am J Surg* 100: 850 1960.
- 8) 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. *口科誌* 26: 414 1977.
- 9) 八百板 渉: 長期固定による膝関節拘縮の発生と修復に関する実験的研究. *日整会誌* 40: 431 1966.
- 10) 長谷川善吉: 固定が関節の発育に及ぼす影響に関する実験的研究. *日整会誌* 43: 185 1969.
- 11) Evans, E. B., et al.: Experimental immobilization and remobilization of rat knee joints. *J Bone Joint Surg* 42-A: 737 1960.
- 12) 岡岡文弘: 硬着膝関節の回復に関する実験的研究. *四国医誌* 20: 38 1964.
- 13) 小野尊睦, 他: 顎関節突起骨折に関する実験的研究. *口科誌* 21: 1 1972.
- 14) 田嶋嘉雄: 実験動物学総論. 朝倉書店, 東京, 1970, 130頁.
- 15) 天児民和: 関節軟骨の栄養について. *福岡医学雑誌* 46: 1232 1956.
- 16) Levy, B. M., et al.: The temporomandibular joint in vitamin C deficiency. *J Dent Res* 32: 622 1953.
- 17) Menschik, Z.: Changes in the condylar cartilage of squamomandibular joint in mice due to dietary deficiency of fats. *J Dent Res* 43: 855 1964.
- 18) Gorlin, R. J., et al.: Changes in the mandibular joint and periodontium of vitamin B complex deficient rats and the course of repair. *J Dent Res* 30: 337 1951.
- 19) Levy, B. M.: The effect of riboflavin deficiency on the growth of the mandibular condyle of mice. *Oral Surg* 2: 89 1949.
- 20) Frandsen, A. M., et al.: Growth and transformation of the mandibular joint in the rat. 5. The effect of pantothenic acid deficiency from birth. *Oral Surg* 7: 892 1953.
- 21) Weinmann, J. P.: Rachitic changes in mandibular condyle of the rat. *J Dent Res* 25: 509 1946.
- 22) 上利 進, 他: 心身症発生に関する実験的研究, 固定法(Immobilization)によるラットの消化性潰瘍生成の試み(1). *福岡医学雑誌* 57: 146 1966.
- 23) Renaud, S.: Improved restraint-technique for producing stress and cardiac necrosis in rats. *J Appl Physiol* 14: 868 1959.
- 24) Takagi, K., et al.: Studies on the drugs for peptic ulcer. A reliable method for produci-

- ng stress ulcer in rats. Chem Pharm Bull 12: 465 1964.
- 25) Sawrey, W. L., et al.: An experimental method of producing gastric ulcers. J Comp Physiol Psychol 49: 269 1956.
- 26) Bonfils, S., et al.: "Ulcere" experimental de contrainte du rat blanc. I: Methods. Frequence des lesions. Modification par certation procedes techniques et pharmacodynamiques. Rev Franc Etud Clin Biol 4: 146 1959.
-