マウス口蓋の組織学的研究

—切歯縫合の形成過程—

祐 川 励 起 佐 藤 功 二 久 米 田 哲
西 山 和 彦 伊 藤 一 三

奥羽大学歯学部口腔解剖学第1講座（指導：伊藤一三教授）

〔受付：平成元年1月30日〕

Histological studies of the mouse palate

—Formation of the incisive suture—

Reiki Sukekawa, Koji Sato, Hisasi Kumeta,
Kazuhiko Nisiyama and Ichizo Ito

*1st Department of Anatomy, Ohu University School of Dentistry,
Koriyama, 963, JAPAN*

(Director: Prof. Ichizo Ito)

〔Accepted for publication: January 30, 1989〕

Key words: Mouse / incisive suture / interdigitation / incisor

Abstract: The morphology of the incisive suture (InS) in mice was studied using specimens stained with alizarin red S. Formation of this suture was also studied histologically with light microscopy. The InS is composed of three regions; the 1st and 2nd are short and well interdigitated regions respectively situated on the inside and the outside of the anterior palatine foramen. The 3rd region is a loose curved region situated on the outside and the nasal cavity side of the cranium. The InS surrounds the posterior region of the incisors in the upper jaw with a ring-like form. The InS is formed in four steps— cell aggregation (19 days postconception and one day postpartum), formation of bone extensions and collagen fiber bundles (4 and 7 days postpartum), modification of the orientation of these fiber bundles (14 days postpartum), and formation of the serrated suture and fiber bundles with regular orientation (21, 30 and 60 days postpartum). Furthermore, the distance between the bones in the InS was found to be from 40 to 60 μm . The morphology of the InS indicates that it functions as a strong connection between bones, and as a buffer zone. These functions of the InS seem to correspond closely with the function of the incisors in the upper jaw.

緒 言

切歯縫合は、切歯骨と上顎骨を連結しており、口蓋のやや前方を横走している。そのため、この縫合部での骨形成は切歯骨と上顎骨の前後径の増大とともに口蓋の成長をもたらすことが知られている^{1,2)}。また、切歯縫合は頭蓋標本における口蓋

成長のための計測基準点としても有用である³⁾。しかし、ヒトではこの縫合の存在が胎児の連続切片の光顕観察から疑問視されている。すなわち、ヒトの切歯骨と上顎骨は1個の骨化点から生じ、切歯縫合は切歯骨と上顎骨に相当する両骨部の間の裂隙 (fissure) にすぎないとしている^{4,5)}。一方、切歯縫合の存在を前提として、整形外科における非外科的な上顎前突法では、切歯縫合の存在が良好な結果をもたらしている可能性があるという報

告がある⁶⁾。また、切歯縫合の異形成 (dysplasia) が犬歯の崩出方向と関連しているという報告もある⁷⁾。

以上のように、切歯縫合に関しては、口蓋の成長や縫合の初期形成、さらに臨床的方面からの報告がなされているが、この縫合の形成過程は不明である。

我々は、これまでマウスを用いて、その口蓋における種々の縫合の形成過程を報告してきたが^{8,9)}、今回は切歯縫合について調べたので、その結果を報告する。

材料と方法

材料は、胎生15日目と19日目、さらに生後4日目、7日目、14日目、21日目、30日目、60日目の近交系マウス C57BL/6SrSlc で、各時期6～8匹ずつ計60匹を用いた。胎仔の胎齢は、成熟した未交尾雌を前日に雄と同居させ、翌日陰栓を確認した日を胎生0日目とした。また、出生後の材料は出生した日を0日目とした。胎仔は妊娠したマウスをネンブータルで腹空内麻酔した後、各時期に開腹して取り出した。これら胎仔と出生後の各時期のマウスをクロロホルムで麻酔した後、断頭して口蓋部（切歯縫合が位置する口蓋前半部）を切り取り試料とした。

試料はブアン液で2日間固定した。なお、出生後の試料は固定後、10%ギ酸・アルコールで脱灰した。その後、通法に従ってアルコールによる脱水とパラフィン包埋を行い、7 μ mの水平断、前額断さらに矢状断の連続切片を作製してH・E染色、アザン染色、渡銀染色 (Bielschowsky-Gomori 細網線維渡銀法¹⁰⁾) を施し、縫合形態を光顕観察した。

生後60日目の試料の一部については、99%アルコールで1週間固定後、軟組織をできるだけ剝離して1%水酸化カリウムで透徹し、アリザリンレッドS染色を施して縫合の走行状態を実体顕微鏡で観察した。

結 果

1) アリザリンレッドS染色標本における切歯縫合の走行状態

マウスの口蓋は、それぞれ左右一対の切歯骨、上顎骨、さらに口蓋骨で構成されている。切歯縫合は切歯骨と上顎骨を連結しているが、その経過は長く走行状態も一様ではない。口腔側から観察すると、口蓋のほぼ中央には前後に長い楕円形の前口蓋孔が存在するため、切歯縫合はこの孔の内側に位置する経過の短い部位と外側に位置する嵌入の強い部位に分けられる (Fig. 1)。また、頭蓋の外側 (Fig. 2a) と鼻腔側 (Fig. 3b) から縫合を観察すると、ゆるやかな曲線状の経過を示している。すなわち、切歯縫合は存在する位置と走行状態から、前口蓋孔の内側と外側の部位、さらに頭蓋の外側と鼻腔側の部位の三つに分けられる。そして、上顎の切歯は切歯骨から上顎骨にわたって存在するため、切歯縫合は上顎切歯後方の歯牙形成部付近を環状に取り囲んでいる (Fig. 2a, 2b)。

2) 切歯縫合の形成過程

アリザリンレッドS染色標本で見られたように切歯縫合は三つの部位に分けられたが、切歯縫合の形成過程として、前口蓋孔の外側に位置する縫合部の水平断切片を中心に観察を進めた。

胎生15日目では、切歯骨と上顎骨は形成初期のため網状の新生骨梁で構成されている。骨間距離は250 μ mほどあり、その間隙は間葉系の細胞とわずかな膠原線維で構成されており、縫合形成は見られない (Fig. 3)。

胎生19日目と生後1日目では、切歯骨と上顎骨の形成が進行して、骨間距離が40～60 μ mほどになる。そして、その間隙には線維芽細胞が凝集し、いわゆる縫合の形成初期に見られる細胞の凝集形態を示す (Fig. 4)。

生後4日目と7日目では、切歯骨と上顎骨の縫合面に骨の突起 (bone extension) が形成されるため縫合に嵌入が生じる。同時に、骨の突起の周囲には膠原線維束が形成されるが、縫合面への埋入は乏しい。すなわち、この時期は縫合の幼若形態を示す (Fig. 5)。

生後14日目では、縫合面での骨の突起の形成がさらに進み嵌入が強まる。縫合の膠原線維束は増加して縫合面への埋入もわずかに見られるが、その走行は交錯しており、規則的な走向への移行を示す (Fig. 6)。

Apf: anterior palatine foramen
 BE: bone extention
 I: incisor
 InS: incisive suture
 Mx: maxilla
 Pr: premaxilla

Fig. 1 Basal aspect of mouse skull stained with alizarin red S at 60 days postpartum ×7

Fig. 2a Lateral aspect of mouse skull stained with alizarin red S at 60 days postpartum ×7

Fig. 2b Internal aspect of mouse skull stained with alizarin red S at 60 days postpartum. Incisive suture, which connects the premaxilla to the maxilla, surrounds the posterior region of the incisor in the upper jaw. Dotted line indicates the shape of the incisor in the upper jaw. ×6

生後21日目, 30日目, 60日目では, 骨の突起がよく発達するため, 縫合は極めて強い嵌合形態を示す。そのため, 水平断切片では切歯骨と上顎骨の骨の突起が層状に配列しているように見える (Fig. 7)。また, この骨の突起の形態は単純な棒状ではなく, 複雑に分岐する骨板である。そのため, 前額断切片では分岐する骨の突起が噛み合っているように見える (Fig. 8)。縫合の膠原線維束はよく発達しており, 縫合面への埋入に富む。そして, この線維束は切歯骨と上顎骨の骨の突起を連結するような規則的な走行を示している (Fig. 9)。すなわち, この時期で切歯縫合の形成は完了する。なお, 縫合の骨間距離は胎生19日目以後, 40~60 μ m である。

以上の結果, マウスの切歯縫合は以下の4段階で形成されることが分る (Fig. 10); 第1段階は

線維芽細胞の凝集, 第2段階は骨の突起と膠原線維束の形成, 第3段階は膠原線維束の走行の修正, 第4段階は強い嵌合形態と規則的に走行する膠原線維束の形成。

そして, 切歯縫合における骨間距離は40~60 μ m である。

考 察

アリザリンレッド S 染色標本の観察から, 切歯縫合は三つの部位に分けられた。そのうち, 前口蓋孔の内側に位置する部位と頭蓋の外側と鼻腔側に位置する部位は嵌合に乏しかった。これに対して, 前口蓋孔の外側に位置する部位は強い嵌合を示した。縫合の嵌合程度は外的作用に対応していることから^{11,12)}, 前述した切歯縫合の三つの部位のうち機能の主体は前口蓋孔の外側に位置する部

Fig. 3 Incisive suture sectioned horizontally at 15 days postpartum. The premaxilla and maxilla, which consist of plexiform osseous tissue, are separated from one another by strips of connective tissue. AZAN stain $\times 150$

Fig. 4 Incisive suture sectioned horizontally at 19 days postpartum. The cells are aggregated in the strips formed by the reduction of the distance between the bones. AZAN stain $\times 150$

Fig. 5 Incisive suture sectioned horizontally at 7 days postpartum. Bone extensions are formed at the sutural surfaces. Collagen fiber bundles are also formed around these extensions. AZAN stain $\times 290$

Fig. 6 Incisive suture sectioned horizontally at 14 days postpartum. The number of the collagen fiber bundles increases and their orientation is irregular. Silver impregnation stain $\times 290$

位にあることが分る。

そこで、切歯縫合の形成過程として前口蓋孔の外側の部位について調べた結果、切歯骨と上顎骨の形成に伴い骨間距離が減少して胎生19日目には $40\sim 60\mu\text{m}$ ほどになり、その間隙に線維芽細胞が凝集した。このような、縫合形成の初期段階として骨間に線維芽細胞が凝集することは、マウスの矢状縫合¹³⁾、前頭間縫合¹⁴⁾、正中口蓋縫合^{8,9)}、さらにヒトの冠状縫合¹⁵⁾でも報告されている。しかし、この形態は骨の形成に伴う物理的所産であるのか、あるいは縫合形成に対して芽体のような意義を有するものなのかは不明である^{12,13)}。

生後4日目に切歯骨と上顎骨の縫合面に骨の突起が形成され、縫合に嵌合形態が生じたが、これは切歯縫合部での骨形成の盛んなことを示してい

る。すなわち、齧歯類等では鼻部の突出が頭蓋形態の特徴であるが¹⁶⁻¹⁸⁾、これには切歯縫合での骨形成の関与が大きいと思われる¹⁾。

生後14日目の切歯縫合は骨の突起の形成に伴い嵌合が強まった。そして、骨と骨を連結する膠原線維束の走行は不規則で交錯していたが、これは線維束の走行が修正されつつあることを示している。線維束の走行も嵌合程度と同様、外的作用に対応していることから^{11,12)}、この線維束の走向の修正にも何らかの外的作用が考えられるが、切歯縫合は上顎切歯の後方部を環状に取り囲んでいることから、上顎切歯の関与が大きいと思われる¹⁹⁾。

完成した切歯縫合は極めて強い嵌合形態を示し、よく発達した膠原線維束が規則的に走行していたが、嵌合を形成する骨の突起は分岐した板状

Fig. 7 The suture sectioned horizontally at 60 days postpartum looks like a structure formed by the long bone extensions. H-E stain $\times 150$

Fig. 8 Incisive suture sectioned frontally at 60 days postpartum. Bone extensions of the premaxilla and the maxilla interlock with each other. AZAN stain $\times 150$

Fig. 9 Incisive suture sectioned sagittally at 30 days postpartum. Numerous collagen fiber bundles with a regular orientation connect the premaxilla firmly to the maxilla. Silver impregnation stain $\times 290$

Fig. 10 Schematic drawing of the formation of the incisive suture. 1st Stage: Cell aggregation 2nd Stage: Formation of the bone extensions and the collagen fiber bundles 3rd Stage: Modification of the orientation of collagen fiber bundles 4th Stage: Formation of the serrated suture and numerous collagen fiber bundles with a regular orientation

S: Stage ●: Fibroblast or osteoblast —: Collagen fiber bundle

であり、そのため嵌入のしかたもきわめて複雑であった。すなわち、このような複雑な嵌入は切歯骨と上顎骨の縫合の面積を広げることになり、よ

く発達した膠原線維束とともにこの縫合が極めて強固な連結能を有していることを示している。これは切歯縫合と上顎切歯の位置的關係から、主に

上顎切歯の作用に対応していると思われる¹⁹⁾。また、縫合における連結手段として、膠原線維束の他に二次軟骨があるが、二次軟骨は主に圧迫作用を受ける縫合部に形成され^{8,9,20)}、膠原線維束は伸展作用を受ける縫合部で発達することから、良く発達した線維束を有する切歯縫合にはその位置的関係から上顎切歯による伸展作用が加わっていると考えられる。さらに、膠原線維束は二次軟骨と

違って軟組織であることから切歯縫合部は上顎切歯の作用に対する緩衝帯にもなっていると思われる¹³⁾。

切歯縫合の骨間距離は40~60 μ mであったが、このように縫合がほぼ一定の骨間距離をとることは矢状縫合でも知られており¹³⁾、この距離が切歯縫合として機能するために必要であると思われる。

抄録：マウスの切歯縫合の走行状態をアリザリンレッドS染色標本で、また、この縫合の形成過程を組織学的に調べた。切歯縫合は、前口蓋孔の内側に位置する経過の短い部位と外側に位置する嵌入の強い部位、さらに頭蓋の外側と鼻腔側に位置するゆるやかな曲線状に経過する部位に分けられる。切歯縫合は上顎切歯後方の歯牙形成部付近を環状に取囲んでいる。切歯縫合の形成は、細胞の凝集（胎生19日目と生後1日目）、骨の突起と膠原線維束の形成（生後4日目と7日目）、膠原線維束の走行の修正（生後14日目）、さらに強い嵌入形態と規則的に走行する膠原線維束の形成（生後21日目、30日目、60日目）の4段階に分けられる。なお、切歯縫合の骨間距離は40~60 μ mである。切歯縫合の形態は強固な連結能と緩衝帯としての機能を示しているが、これは、上顎切歯の作用と密接に関連していると思われる。

文 献

- 1) 滝本和男：顎発育と歯列弓の変化に関する実験的研究。日口腔会誌 7 : 138-159, 1958.
- 2) Friede, H. : A histological and enzyme-histochemical study of growth sites of the premaxilla in human foetuses and neonates. Arch. Oral Biol. 20 : 809-817, 1975.
- 3) 祐川励起, 山道祥郎, 久米田哲, 佐藤功二, 西山和彦, 池野谷達雄：頭蓋における口蓋の成長変化について。歯基礎誌 30 : 156-163, 1988.
- 4) Jacobson, A. : Embryological evidence for the non-existence of the premaxilla in man. J. Dent. Assoc. Afr. 10 : 189-210, 1955.
- 5) Wood, N. K., Wragg, L. E., Stuteville, O. H. and Oglesby, R. J. : Osteogenesis of the human upper jaw : Proof of the non-existence of a separate premaxillary centre. Arch. Oral Biol. 14 : 1331-1341, 1969.
- 6) Haskell, B. S. and Farman, A. G. : Exploitation of the residual premaxillary-maxillary suture site in maxillary protraction. Hypothesis Angle Orthod. 55 : 108-119, 1985.
- 7) Jacoby, H. : The etiology of maxillary canine impactions. Am. J. Orthod. 84 : 125-132, 1983.
- 8) 祐川励起, 新飯田俊平, 山本茂久：マウス頭蓋縫合部の組織学的観察。一正中口蓋縫合の形成過程について一歯基礎誌 28 : 533-540, 1986.
- 9) 祐川励起, 新飯田俊平, 久米田哲, 佐藤功二, 西山和彦, 池野谷達雄：マウス口蓋の組織学的研究一口蓋骨水平板部の正中口蓋縫合の形成について一。歯基礎誌 30 : 137-143, 1988.
- 10) 佐野 豊：組織学研究法 pp. 282-283, 南山堂, 東京, 1970.
- 11) Herring, S. W. : Sutures-a tool in functional analysis. Acta Anat. 83 : 222-247, 1972.
- 12) Oudhof, H. A. J. : Sutural growth. Acta Anat. 112 : 58-68, 1982.
- 13) 祐川励起：マウス頭蓋矢状縫合の組織学的研究。歯基礎誌 26 : 435-453, 1984.
- 14) 祐川励起, 山本茂久：マウス頭蓋縫合部の組織学的観察一前頭間縫合の癒着について一。歯基礎誌 25 : 763-770, 1983.
- 15) Markens, I. S. : Embryonic development of the coronal suture in man and rat. Acta Anat. 93 : 257-273, 1975.
- 16) Moss, M. L. : Rotations of the cranial components in the growing rat and their experimental alteration. Acta Anat. 32 : 65-86, 1958.
- 17) Pucciarelli, H. M. : Craniofacial development of the rat with respect to vestibular orientation. Acta Anat. 100 : 101-110, 1978.
- 18) 祐川励起, 須藤博子, 新飯田俊平, 飯島啓一郎, 山本茂久：マウス頭蓋の成長について。東北歯大誌 10 : 187-192, 1983.
- 19) Sukekawa, R. and Ikenoya, T. : Histological studies of the mouse palate ; morphogenesis and function of the incisive suture. The 5th international congress on bone morphology (Interface between Cell and Tissue Biology of Bone) [Abstr.] : 102, 1988.
- 20) Hinton, R. J. : Response of the intermaxillary suture cartilage to alterations in masticatory function. Anat. Rec. 220 : 376-387, 1988.