ラット切歯の発生および初期発育過程における 神経分布に関する研究

福岡歯科大学口腔病理学教室 (指導: 北村勝也教授)

福岡歯科大学小児歯科学教室 (指導: 吉田 穰教授)

増 田 純 一

昭和59年6月25日受付

本論文の要旨は, 昭和52年11月26日第4回福岡歯科大学学会総会, 昭和53年5月20日第16回春季日本小児歯科学会総会, 昭和53年9月23日第20回歯科基礎医学会総会において発表した.

Studies on the Development and the Innervation in the Early Developmental Stage of the Incisor Teeth of the Rat

Jun-ichi Masuda

Department of Oral Pathology (Director: Prof. Katsuya Kitamura)

Department of Pedodontics (Director: Prof. Yutaka Yoshida)

Fukuoka Dental College, Fukuoka, Japan

The relationship between development and innervation in the early developmental stage of the incisor teeth of the rat was investigated in a period from 13-day fetus, initial development of tooth germ, to 10-day old, beginning of tooth eruption.

The results obtained were as follows:

1. At 13-day fetus, the early configuration of trigeminal nerve ganglion was observed and endings of their nerve fibers were short. However, at 14-day fetus, development of the origin of tooth germ was observed with the thickening of epithelium. At this period, no nerve fibers reaching near the tooth germ were observed.
2. At 15-day fetus, the ending of nerve fibers were densely distributed around mesenchymal tissues which were present inside of epithelial tooth germ at cap stage.
3. At 19-day fetus, the tooth germs were in the bell stage. The nerve fibers were observed entering mesenchymal tissues of dental sac and they were rich, especially on the palatal side of maxillary incisors and lingual side of mandibular incisors.
4. At 1-day old, enamel was formed and at the same time small single nerve fibers were first recognized entering the dental pulps of mandibular incisors. On the other hand in the maxillary incisors they were observed at 3-day old.
5. Vascular and nerve canal, where nerve fibers distributed to the maxillary incisors passed through, were gradually displaced toward the incisal ridge as the development of the tooth germs progressed. As a result, the nerve bundles, distributing to the basal portion of the tooth germs and labial periodontium through the vascular and nerve

canal indicated a sharp bend to the posterior and superior direction.

6. The nerve fibers in the dental pulp increased in number and amount with time, in addition, their branches increased. After 7—day old, nerve fibers, reaching the odontoblast layer, were rarely observed.

7. At 10—day old nerve fibers in the dental pulps were abundantly observed and elongated to the direction of incisal ridge up to the superior position than the intermediate one and their tips were located around the alveolar ridge; however, no nerve fibers were observed in the superior portion of the pulp.

8. The nerve fibers in the periodontium elongated with time and were abundant, and at 10—day old they reached at the level of alveolar ridge.

緒 言

ラットやうさぎなどの齧歯動物の切歯は、ヒトやサルや犬などの歯にみられる歯根をもたず、生涯にわたって硬組織の形成と萌出が続いている。このように、常に硬組織の形成が続いていることから、エナメル質や象牙質の発生や成長を検索したり、あるいは、いろいろの原因によっておこる硬組織の形成障害を研究するための貴重な実験材料として、今日まで多種の研究がみられる。

一方、これらの研究の基礎となると思われる、ラット切歯の発生および発育に関する研究は、Addison and Appleton (1921)¹⁾、鶴島 (1955)²⁾、Haneda (1959)³⁾、Nagai ら (1976)⁴⁾ などの研究があり、また、発育に伴う神経分布の消長に関する研究は佐藤 (1960)⁵⁾、日浦 (1973)⁶⁾ などの論文があるが、比較的少なく、胎仔から生後にかけて、歯の成長と神経線維分布との関係を詳細に検索している研究は、著者が渉猟した範囲ではみられない。そこで著者は、切歯の原基の発生時から歯が完成するまでの歯の形成過程と、神経分布との関係を検索し、新知見を得たので報告する。

材料ならびに方法

材料には Wistar 系ラットを用い、胎生13日目から生後10日までにかけて経日の観察を行った。胎仔の採集は、生後70～100日の雌2～3匹と雄1匹を前日の夜9時より、翌朝の9時まで12時間同棲させた後分離し、以後受胎を確かめるために、毎日体重測定を行い、経日の体重増加が認められるものを妊娠ラットとした。胎生の日数は、かけ合せ開始日のかけ合せ開始時間を起点として計算し、胎生13日以後、胎生20日までのものを採集した。幼仔の採集は出生直後より生後10日まで行った。採集した動物は胎仔はそのまま、幼仔は頭部のみを神経染

色用固定液にて固定し、胎仔はそのまま、出生後の動物は頭部をさらに正中より左右に2分し、パラフィン包埋を行った。切歯の植立方向と一致した矢状方向に8μの連続切片を作製して、本教室で行っている尿素硝酸銀法による神経染色を施して鏡見した。

所 見

胎生13日 (図1)

脳幹は前・中・後脳胞の区別ができる。また後脳胞の脳幹の終りから中脳胞の中頃にかけて、神経細胞の集団からなる三叉神経節の初期像がみられる。この神経節を形成する細胞は小型でそのほとんどが細胞の両端より突起を出した双極性の神経芽細胞である。これらの突起は集合し、神経束となり、三叉神経節から脳に向かう1本の中枢枝と末梢に向かう2本の末梢枝とからなっている。この神経束は短く、三叉神経節を出るとすぐに終わっており、未だ他の組織へ分布する枝は出していない。この時期には、原始口腔上皮に上下顎切歯歯胚の初期発生は未だその徴候さえみられない。

胎生14日 (図1)

三叉神経節は、全体的に拡大しているが形状は胎生13日とほぼ同様である。神経芽細胞は胎生13日目とほぼ同様で、小さく双極細胞の形をとっているが、稀に1本の突起が二叉分岐を示す偽単極細胞の形をとるものがみられる。三叉神経節より出る神経束は、中枢枝は1本で、末梢枝は胎生13日より増えて3本となり、眼神経と上顎神経および下顎神経が出ているのが明らかである。下顎神経と眼神経は胎生13日に比べて急速に伸長し、分布領域を拡げており、上顎神経は未だほとんど伸長していない (写真1)。眼神経は上下顎の歯と関係ないので以後これについての記載は省く。下顎神経は、下方へ伸びさらに前方に彎曲して下顎突起に向かい、また彎曲する寸

前において、まだ明らかに形成されていない舌に向かって舌神経の枝を出している。この時期には上下顎突起の前端よりわずかに後方に左右対称的にそれぞれ1対の原始口腔上皮の肥厚部がみられる。これが上下顎切歯の歯堤の初期発生である（写真2）。

胎生15日（図1）

三叉神経節は神経細胞が増加し、細胞体も大きくなって拡大しており、形状は半月状（鐘状）を呈している（写真3）。三叉神経節から出る末梢枝の上顎神経は太く原始口蓋の内側を水平に直走し、途中、拡散分岐して将来の上顎部、鼻部、上唇部へ分布している。また下顎神経は上顎神経とほぼ同じ太さで、下方へ伸び、途中で細い頬神経を出した後、舌神経と下歯槽神経とに大きく2本に分岐している。下歯槽神経は下走し、直ちに前方に彎曲している。上顎神経や下顎神経は胎生14日よりかなり伸長し、終末枝は胎生期の口腔領域に分布している。この時期の上下顎切歯の歯胚は上皮細胞の増殖によって蕾状を呈している。神経線維の分布は、この蕾状の初期歯胚の付近でとくに豊富に密集していて直下まで達している。しかし歯胚上皮と神経線維とが接している所見はみられず、両者の間には他の部の結合組織よりも緻密な歯乳頭の初期をなす結合組織の一層が介在していて、その周囲でこれを取り囲むように細い神経線維が叢状をなして分布している（写真4、5）。

胎生16日（図1）

三叉神経節はやや大きくなっているが胎生15日とほぼ同様の所見を呈しており、また三叉神経の走向は胎生15日と同様であるが複雑になっている（写真6）。舌と下顎体とが明瞭に区別されるようになるとともに、下顎体では先端より少し内側の部で上皮が深部に向かって細く伸長増殖し、下顎体の前半を弓状に包囲するようにいわゆる口唇と下顎とを分離する唇歯溝の初期像がみられる。そしてこれは歯胚発生部では歯胚の直前に位置し、表面では歯胚上皮と連続している。上下顎の切歯歯胚は上皮細胞の増殖がさらに進み、いわゆる蕾状期から帽状期の初期像を示している。上皮性歯胚の周囲では胎生15日と同様歯乳頭に当たる緻密な結合組織が形成されており、周囲の疎な結合組織と区別される。上顎切歯には上顎神経から分岐した眼窩下神経の前上歯槽枝が分布し、下顎切歯には下歯槽神経の切歯枝が分布するが、これら神経線維の終末は細い神経束を形成して、上皮性歯胚周囲の緻密な結合組織層の外周に達している。さらにここで分岐して叢をなし、この緻密な結合組織層を取り囲んで豊富に分布している。しかし緻密な結合組織内に進入

する神経線維や上皮性歯胚に達する神経線維はみられない。

胎生17日（図1）

三叉神経節の神経細胞は円形の双極細胞で、少数の偽単極細胞もみられる。細胞体や核も大きくなっているが、三叉神経節の形状や三叉神経の走行に大きな変化はみられない。上顎神経は上顎の発達に伴い、やや口蓋からはなれて位置するようになり、その走行は原始口蓋に平行に前方に向かっている。下顎神経は舌神経と下歯槽神経に分岐する角度が胎生16日より開いている。下歯槽神経の主幹はメッケル軟骨の頬側を前走している。この時期の上下顎切歯の歯胚は帽状期である。上皮性歯胚の外側は円柱形の細胞が一層排列し、内外エナメル上皮細胞層を形成しつつある。内部のエナメル髓にあたる細胞は立方形ないし多角形で細胞間隙が広く疎である。歯乳頭に当たる内エナメル上皮細胞層の深側の結合組織および外エナメル上皮細胞層を囲む結合組織は細胞成分に富み、他の結合組織より緻密である。この緻密な結合組織よりなる間葉性歯胚の周囲には胎生16日と同様上顎では眼窩下神経の前上歯槽枝や下顎では下歯槽神経の切歯枝の終末の細い神経線維や神経線維束が分布し神経叢を形成しているが、緻密な結合組織内や上皮性歯胚内に進入する神経線維はみられない（写真7）。

胎生18日（図1）

三叉神経節の形は、前期までとほぼ同じであるが、丈がやや高くなるとともにわずかに後方にむけて傾斜している。神経節内の細胞は大きくなり、多くが偽単極細胞に変っている。上顎神経は太い束をなして原始口蓋の上方を前走し、末梢の枝は扇状に拡がり、上皮下まで達している。副鼻腔の形成が進行しているため、上顎神経の末梢がその間隙を走行しているものもみられる。下顎では将来の下顎枝から下顎体の後方にかかる部で筋が発生し、下歯槽神経がその間を縫って前方に向かっている。さらにメッケル軟骨の前頬側には、少し離れて外周を囲むように骨が形成され、その間には幼若な線維組織が介在し、その中を下歯槽神経が前方に向かって走行している。上下顎切歯の歯胚は帽状期末期の所見を示す。上顎歯胚は短く、下顎歯胚は長い。下顎歯胚の発育がやや先行している。歯胚周囲の神経線維は胎生17日と同様、他の部の結合組織より緻密な歯嚢や歯乳頭の周囲に豊富に分布している。歯嚢内や歯乳頭内に進入する神経線維は認められない（写真8）。

胎生19日（図1）

三叉神経節はさらに後方に傾斜し、中枢側を後方に、

基底を前方にむけて水平に位置するようになる。偽単極性の神経細胞はわずかに大きくなり、神経節はやや長径が増している。三叉神経節より中枢核に向かう中枢枝は軟骨頭蓋の隙間から脳室内に進入し、それぞれの中核核に達する。末梢枝もそれぞれの分布領域に進んでいる。上顎神経は多数の神経束として形成された骨の隙間を前方に進み、先端は放射状に拡散している。下歯槽神経はメッケル軟骨とその外周の未熟な骨との間の緻密な結合組織中を走行している（写真9）。歯胚の発育は進み鐘状期に入っている。上顎切歯歯胚に比べ下顎切歯歯胚は長く、発育が先行しているが、両歯胚とも未だ硬組織の形成はみられない。歯胚周囲の神経線維はこの時期になると、上下顎切歯ともに歯嚢の緻密な結合組織内に進入しているのがみられ、とくに口蓋側や舌側の歯嚢内に豊富である。そしてこれらの神経線維が外エナメル上皮細胞層に接して分布している所見がみられる。しかしエナメル器内へ進入している神経線維は認められない。歯乳頭周囲には豊富な神経線維が分布しているが、歯乳頭内に進入する神経線維は認められない（写真10）。

胎生20日（図1）

三叉神経節は長径が増し、中枢側を後方に末梢側を前方に向けてまったく水平位をとるようになる。神経細胞は胎生19日と同様な所見を示す。上顎神経は三叉神経節を出てわずかに上に向けて前斜走し、眼窩下神経と鼻口蓋神経に分れる。眼窩下神経は前方に進み、各所で小神経束に分岐し、上顎切歯歯胚には比較的大きな分岐枝を送っている。胎生19日に比べ長くなった上顎切歯歯胚の口蓋側基底部の直下に達した神経線維はここで大きく拡散して、歯乳頭基底部に拡がるとともにその末梢は歯胚周囲の歯嚢内に進入し、その終末はいまだ形成されていない将来の切端部付近まで達している。歯乳頭基底部の神経線維はさらに豊富になっているが、歯乳頭やエナメル器内へ進入している神経線維は未だみられない。下顎では、下歯槽神経の本幹は前期までと同様にメッケル軟骨とその外周を取り囲んで形成されていく骨との間を進み、切歯歯胚の上方を通して前方へ向かう。これより分岐した大きな切歯枝は切歯歯胚の舌側基底部の直下に達し、拡散して歯乳頭基底部の結合組織内に分布している。ここで舌側の歯嚢（歯根膜）に向かう比較的大きな枝を出している。また歯乳頭基底部分岐した末梢枝は、歯乳頭に向かうものと、唇側および近遠心側の歯嚢（歯根膜）に向かうものとがみられる。歯乳頭に向かったものは分岐を重ね、歯乳頭基底部に接して豊富に分布しているが、歯乳頭内に進入する神経線維は存在しな

い。歯嚢（歯根膜）に向かった神経線維はそこで拡散分布している。この時期の上下顎切歯歯胚は長径を増し、発育が進んで種々の形態変化がみられる。エナメル器は基底から少し上方まで正常な構造を保っている。これは成長ラット切歯の特徴として生涯このままの構造を保っている。エナメル器の上方では細くなり、周囲結合組織が外エナメル上皮層を破壊して進入し、エナメル器の構造は消失し、内エナメル上皮細胞が排列しているのみである。歯乳頭では、切端部付近において象牙芽細胞への分化が進み、薄い前象牙質の一層が形成されている。この前象牙芽細胞の形態は、丈の低い立方形ないし短円柱形で、丈の高い象牙芽細胞の形態には分化していない。歯胚と神経線維との関係をみると、未だ歯乳頭内に進入している神経線維はみられない。一方、内エナメル上皮細胞に接する神経線維も存在しない（写真11）。

出生直後

上下顎切歯歯胚の発育が進んでいるが、ともに歯肉上皮とはかなりの距離がある。下顎切歯の周囲では、将来の顎堤を形成するため原始口腔上皮の増殖によって唇歯溝が形成されて深部に伸びている。上顎ではこの上皮の増殖はみられない。切歯切端部においては、この頃より特有の構造を示すようになる。すなわち、表層より3層に分けられ、最表層の外層は薄い1層の象牙質が形成されている。その内側は2層に分かれ、外層に続く部分は細胞が密に集中している中層としてみられ、最内層は未熟な骨基質に似た石灰化組織が梁状に形成されており、中に細胞を含んでいる（写真22）。胎生20日にみられた切端部の象牙芽細胞は明らかでなくなる。切端部下方から基底にかけての歯乳頭は血管に富み、細胞成分の豊富な結合組織で、周囲には象牙芽細胞が排列し、薄い象牙質を形成している。また、この時期には上下顎歯胚ともに、唇側切端寄りには薄い幼若な未石灰化のエナメル質が形成されている。歯胚の構造は完成歯に類似し、唇側の基底部では上皮の先端が膨らみエナメル器を形成している。エナメル質の形成は唇側のみにみられ、エナメル質形成部では丈の高い円柱形のエナメル芽細胞が整然と排列している。口蓋側あるいは舌側ではエナメル質の形成がみられず、またエナメル器も萎縮し、内エナメル上皮細胞層と外エナメル上皮細胞層の2層が接してみられる。

上顎切歯にける神経枝は、眼窩下神経から分岐した切歯枝で、上顎切歯の口蓋側基底部に開口する脈管神経管より血管とともに出てくる。この位置はちょうど口蓋のエナメル器基底側の先端と同じ高さにあたる（写真28）。

神経束はただちに上顎切歯基底部に向かうものと、口蓋側歯根膜に向かって上行するものに分岐している。基底側に向かった枝はさらに小神経束あるいは単一神経線維に分岐を重ね上顎切歯基底部に単純な神経叢を形成する。この神経叢からやや太い枝が唇側歯根膜に向かい、基底部のエナメル器を迂回して基底部よりやや上方まで達して終わっている。基底部で分岐した終末枝は、微細な神経束あるいは単一神経線維として歯乳頭に向かう。これらは歯乳頭基底部まで達し、密な結合組織に達して終わっており、歯乳頭内に進入している神経線維は未だ認められない。口蓋側歯根膜に向かう神経束は上行して形成中の歯槽骨歯槽縁の中間の高さまで達している。この神経束は分岐が少なく、この部における神経線維の分布量は少ない。稀に形成中の歯槽骨の中から1本乃至数本の神経線維が歯根膜(歯嚢内)に進入している所見がみられる。唇側歯根膜における神経線維の分布は口蓋側よりさらに少なく、歯槽骨より進入する神経線維もほとんどみられない。下顎切歯に分布する神経線維は、臼歯歯胚の直下を前走してきた下歯槽神経から分岐した切歯枝が、下顎切歯の舌側基底部のやや後方に開口する脈管神経管より血管とともに出てくる。そしてただちに舌側歯根膜・歯乳頭・唇側歯根膜に向かう3本の枝に分岐する。舌側歯根膜に分布する神経束は上行して、形成中の歯槽骨歯槽縁のすぐ近くまで達している。下顎切歯基底部を通過して唇側歯根膜に進んだ神経束は、歯根膜内を上行するが、その末梢は歯槽縁よりかなり下方に位置している。舌側、唇側いずれの神経束も走行は単純で分岐の数は少ない。形成中の歯槽骨骨髓内から血管とともに歯根膜内に進入する細い神経線維が稀にみられる。また歯乳頭に向かう神経束はただちに拡散分岐して歯乳頭基底部に単純な神経叢を形成し、さらにこれより分かれた枝が歯乳頭の基底に接して多数分布している。しかし歯乳頭内に進入している神経線維は認められない。

生後1日(図2)

生後1日になると上下顎切歯は発育し、その長径が長くなっている。切歯は弧状をなし、その彎曲度は上顎切歯の方が強く、長さは下顎切歯の方が長い。上顎切歯の切端は口腔粘膜上皮の近くまで成長している。切端周囲の歯原性上皮は扁平上皮化傾向を示しており、深部に向かって増殖した粘膜上皮と一部癒合している。唇側基底部にはふくらみのあるエナメル器の構造がみられ、切歯の中間位まで保たれているが、エナメル髓の幅は徐々に狭くなり、切端側では圧平された形となっている。内エナメル上皮細胞は中間位において高円柱形のエナメル芽細胞

に分化しており、薄い1層の未熟なエナメル質を形成している。出生直後に比べエナメル質の形成領域は基底側に拡大されている。切端部に近くなると、エナメル芽細胞と外エナメル上皮細胞は近接し、エナメル髓は不明瞭となる。さらに外エナメル上皮細胞層では毛細血管や歯嚢結合組織が侵入し細胞の排列が不規則となり、本来のエナメル器の構造は消失している。切端周囲では外エナメル上皮細胞層は寸断され、そこでは一見上皮遺残を思わせる上皮集団が形成されている。またエナメル芽細胞もその丈を減じ小型の細胞となっており、この領域ではエナメル質の形成はみられない。口蓋側基底部のエナメル器は、出生直後と同様萎縮した構造を呈している。エナメル髓と中間層は不明瞭である。切端方向に行くにつれて内外エナメル上皮層は接合し、1~2層の扁平な細胞が排列している。口蓋側の切端付近では唇側切端部と同様上皮遺残を思わせる所見がみられる。切歯切端においては、出生直後に述べたような特有な3層構造がみられる。外層は薄い幼若な象牙質が形成されている。歯乳頭側の内層では、細胞小腔を有するいわゆる骨様象牙質の形成がみられ、出生直後に比べ形成量が増している。中層は本来象牙芽細胞層にあたるが、前述した様に、内層の骨様象牙質と連続した梁状基質により多くの小腔が形成されており、中に円形や卵円形の細胞を多数入れている(写真23)。出生直後に比べ中層の幅はやや狭くなっている。歯乳頭は前期とほぼ同様の所見を呈し、血管に富んだ結合組織である。丈の高い円柱形の象牙芽細胞は骨様象牙質形成部直下よりみられ、基底部にかけて整然と排列しており、構築の良い象牙質が形成されている。ただし唇側と口蓋側を比べると、唇側の象牙芽細胞は丈が高く、形成された象牙質も口蓋に比べて2倍の厚さである。下顎切歯は、上顎切歯に比べ歯の長径は長い。切端部は深部に位置しおり、唇歯溝上皮の間には歯嚢結合組織が介在している。エナメル器は上顎切歯と同様であり、唇側基底部ではふくらみのある形状を示し、その構造は明らかであるが、切端に進むにつれて圧平された形となり切端周囲では消失している。舌側面でも基底部で萎縮したエナメル器がみられるが、切端側では象牙質外表面に1~2層の扁平な細胞が排列しているのみである。その他歯牙硬組織や歯乳頭および切端部にみられる骨様象牙質などの特徴的な所見も上顎切歯とほぼ同様である。

上顎切歯に分布する神経線維が出てくる脈管神経管の位置は、出生直後とほぼ同様で、神経束は脈管神経管を出て口蓋側および近遠心の歯根膜に向かうものと、歯乳

頭基底部に向かい基底部神経叢を形成し、さらに歯乳頭側に向かうものおよび唇側歯根膜に向かう枝とに分岐する。歯乳頭基底部に向かう神経束は、脈管神経管を出てすぐに後上方へ彎曲して走行している（写真29）。歯胚の基底部には比較的大きな血管が走行しており、神経線維束はだいたいこれらの血管に沿って走行している。この基底部の血管から歯乳頭内に多くの分岐した血管が入り込んでいるが、歯乳頭内に進入する神経線維はみられない。歯根膜内に分布する神経線維の末端は、口蓋側では歯槽縁の高さのほぼ中間位であり、唇側では基底部エナメル器のわずか前方まで達している。下顎切歯に分布する神経線維の主なるものは、舌側基底部のエナメル器の末端とほぼ同じ高さに開口する脈管神経管からかなり大きな神経線維束として歯根膜内に出てくる（写真12）。ここで大きく3つの神経線維束に分かれる。1つは直進する主幹とこれより分岐した多数の分枝よりなり、主に舌側歯根膜に分布する。第2は歯乳頭に向かって斜下方に走行する枝で歯乳頭入口の中央付近で神経叢を形成している。第3の枝は後下方へ彎曲し、唇側エナメル器を迂回して唇側歯根膜に分布する。近遠心側の歯根膜には、これら3つの枝から分岐した小神経束や単一神経線維が分布している。歯乳頭基底部の神経叢からは神経が漸次分散するが、極めて稀に、微細な神経線維が歯乳頭内に浅く進入している所見がこの生後1日の下顎において初めて見られる。進入部は歯乳頭基底部のほぼ中央で血管に沿って進入している（写真13, 14）。歯根膜内に分布する神経線維の先端は、上顎切歯よりやや伸長しており、舌側では歯槽縁の中間位より高くまで達し、また唇側ではエナメル器を迂回し、歯槽縁の高さの中間位よりやや基底側寄りに位置している。また神経線維束は舌側歯根膜に分布するものの方が太いものを多くみる。生後3日（図2）

上下顎切歯はさらに発育し太く長くなっている。上顎切歯の切端は、口腔粘膜上皮の表層近くまで達している。切端部の象牙質に接して周囲には扁平化した歯原性上皮がみられ、増殖した粘膜上皮と癒合しており、切端部は上皮により完全に被われている。エナメル器の構造は生後1日と同様の所見を示し、唇側基底部では明瞭であり、歯胚のほぼ中間位まで保たれている。基底から切端側に移行するにしたがってエナメル芽細胞は高円柱形の細胞形態を保っているが、外エナメル上皮細胞層は血管や結合組織の侵入により寸断され、その結果、外エナメル上皮細胞層・エナメル髓および中間層の区別が困難となっている。切端部およびその周囲ではエナメル器の

構造はなく、またエナメル芽細胞もみられず、扁平な上皮細胞が排列するのみで、エナメル質の形成はみられない。口蓋側では基底部のエナメル器は生後1日と同様萎縮した形状を呈し、中間位から切端部にかけて単層の扁平な細胞が象牙質外表面に排列している。切端付近には上皮遺残を思わせる上皮集団が存在している。切端部にみられる骨様象牙質など特徴ある3層構造は、中層において生後1日以前には小腔内に細胞が密に入っていたが、生後3日では小腔内の細胞が減少する傾向を示し、変性に陥って染色性が低下した細胞や顆粒状物質を入れている小腔あるいは細胞が消失して空虚となっている小腔もみられる（写真24）。内層の骨様象牙質は、生後1日に比べて基質の形成が進み、梁状の基質も太く厚くなっている。内層の中心部では歯乳頭を入れており、骨様象牙質面には短円柱形ないし立方形の細胞が不規則に排列しているところもみられる。エナメル質や象牙質の形成は進み、生後1日に比べその厚さを増している。象牙質は生後1日同様に唇側が口蓋側に比べて厚く、象牙芽細胞の丈も唇側の方が高い。下顎切歯は上顎に比べて深部に位置しているが、切端部は癒合した口腔粘膜上皮と歯原性上皮により覆われている。エナメル器の所見は唇側および舌側とも上顎切歯とほぼ同様である。切端部にみられる3層構造は、生後1日に比べ中層において細胞成分の減少傾向がみられ、また内層の骨様象牙質は厚く明瞭となり、上顎に比べてやや広い（写真25）。

上顎切歯に分布する神経線維束が出る脈管神経管の位置は、生後1日の口蓋側のエナメル器尖端部の高さよりわずかに切端寄りとなる。したがって歯胚の基底部に向かう神経線維束は、脈管神経管を出た後、生後1日より強い彎曲を示して後上方に走行している（写真30）。歯根膜に分布する神経線維は生後1日に比べて伸長し、その先端は口蓋側では歯槽頂縁の高さの直下まで達し、唇側歯根膜では歯槽頂縁の高さの中間位まで伸長している。また基底部では神経叢より歯乳頭内に進入している神経線維がみられる。単独の細い神経線維が血管に沿って浅く進入しており、その進入位置は歯乳頭基底の中央かやや口蓋寄りである。

下顎切歯に分布する神経線維束は生後1日と同じ高さにある脈管神経管を出たのち3つの神経線維束に分かれるが、その1つである舌側歯根膜に分布する神経線維束は、他の枝に比べて太く、その先端は歯槽頂縁まで達している。唇側歯根膜に分布する神経束は、唇側基底部のエナメル器尖端を迂回して走行し、歯根膜の中間位を越え歯槽頂縁の近くまで達している。歯根膜に分布する神

神経線維は、この他に上下顎歯胚とも歯胚周囲の歯槽骨の壁に開口する小さな脈管神経管からも血管とともに微細な神経線維が進入している。それらのほとんどは歯乳頭基部から進入する神経線維と合流して、多くが歯の長軸に平行な走行をとっているが、少数の神経線維は異なった走行を示すものもみられる。下顎切歯歯乳頭内においては、歯乳頭基部の神経叢から出た単独の神経線維が生後1日より多く進入しているのがみられる。ほとんど全てが血管に沿って進入しており、生後1日より深くまで伸長している(写真15)。また稀に歯乳頭内で舌側へ分岐した細い神経線維もみられる。さらに唇側寄りでも細い神経線維の進入がみられる。

生後5日(図2)

上顎切歯は生後3日よりその長径が長くなり、切端の位置はほぼ粘膜上皮と同じ高さまで達している。切端部周囲は上皮により覆われている。唇側エナメル器の中間位より基底側では外エナメル上皮細胞層・エナメル髄・中間層・内エナメル上皮細胞層あるいはエナメル芽細胞層は明瞭であり、基底部でふくらみのある形状をもって、中に広いエナメル髄を有している。切端側では高円柱形のエナメル芽細胞やそれに密接して一層の立方形の中間層細胞が排列しているが、外エナメル上皮細胞は血管や結合組織の侵入により寸断され、さらに乳頭状に上皮集団を形成し、いわゆる乳頭層を形成している。エナメル髄は不明瞭となり切端部近くでは消失している。口蓋側基底部のエナメル器は生後3日と同様萎縮した形を呈している。基底部上方から切端側にかけて扁平な上皮細胞が一層排列し、エナメル質の形成はみられない。切端部は生後3日に比べ内層の骨様象牙質の骨梁が太くなり、中心部に含まれる歯乳頭の領域はやや狭くなっている。中層では生後3日と同様細胞成分が減少しており、ヘマトキシリン・エオジン染色標本では明るい層としてみられる。外層は菲薄な象牙質で大きな変化はみられない。下顎切歯の切端部は上顎に比べてまだ深部に位置しているが、生後3日よりかなり粘膜表層に近くになっている。切端周囲は上顎と同様に上皮により包まれている。唇側の中間位より基底側ではエナメル器の構造が保たれているが、切端側では外エナメル上皮細胞層は寸断され、上顎の場合と同様上皮遺残を思わせる上皮細胞集団がみられ、また乳頭層を形成し、同時にエナメル髄は不明瞭となっている。エナメル質形成部では高円柱形のエナメル芽細胞とそれに接して立方形の中間層細胞が一層排列している。舌側のエナメル器の構造も上顎の口蓋側と同様の所見を呈している。切端部の特異な構造も上

顎とはほぼ類似した所見を呈しているが、上顎に比べ骨様象牙質の形成が多く、中心部の歯乳頭が広い。

上顎切歯に分布する神経線維束が出てくる脈管神経管は、生後3日に比べやや切端方向に寄り、口蓋側の萎縮したエナメル器のすぐ前方に位置している。したがって上顎切歯歯胚の基底部に向かう神経線維束は、この脈管神経管を出た後ヘアピン状に後上方に彎曲し走行している(写真31)。口蓋側歯根膜に分布する神経線維束は前方へ走行し、その先端は生後3日より伸長して歯槽頂縁まで達している。唇側歯根膜に分布する神経線維の先端は歯槽の高さの中間を越えた位置まで伸長している。基底部神経叢からは歯乳頭内に進入する神経線維の量が生後3日より豊富になっている。歯乳頭内の口蓋側部・中央部・唇側部いずれにも神経線維が進入しており、血管に随伴した細い神経線維を認める。それらの神経線維の走行はほぼ歯の長軸方向に一致しており、その先端はおよそ歯の全長の基底側 $\frac{1}{3}$ 付近まで達している。稀には細い神経線維の分岐もみられる(写真16)。下顎切歯に分布する神経線維束は前述のように舌側のエナメル器末端の高さにある。脈管神経管を出た後、3つに分岐する。舌側歯根膜に進入する神経線維は比較的太く、先端の位置は生後3日と同様で歯槽頂縁の高さである。唇側歯根膜に分布する神経線維束は基底部を迂回して歯根膜に進入する。生後3日に比べて伸長し、その先端は歯槽頂縁に位置し、舌側歯根膜の神経線維とはほぼ同じ高さまで達している。歯乳頭基底部に分布する神経線維は神経叢を形成し、そこから数条の神経が血管に伴って歯乳頭内に進入している。その数は生後3日より多く、また進入する神経線維も太くなっている。神経線維の進入部位及び歯乳頭内の神経の分布は、上顎と同様に唇側部・中央部・舌側部のいずれにも認められ、特に舌側の方が深くまで進入しており基底部側 $\frac{1}{3}$ 部まで達している(写真17)。また生後3日に比べ、分岐した神経線維も多く、舌側方向へ分岐している細い神経線維がみられる(写真18)。

生後7日(図2)

上下顎切歯は発育し、エナメル質や象牙質の形成が進んでいる。上顎切歯切端は粘膜上皮の表面近くに位置し、萌出直前の状態を示している。切端部およびその周囲は、粘膜上皮の角化層により覆われている。エナメル器はその基本的構造が保たれているのは唇側の基底部だけであり、舌側基底部のエナメル器は前述のように萎縮し、その他の部位では不明瞭である。すなわち、エナメル芽細胞層と外エナメル上皮細胞層が近接し、その間の

エナメル髓は著しく狭窄されている。また外エナメル上皮細胞層は、血管や結合組織により寸断され、いわゆる乳頭層を形成している。エナメル質表面にはエナメル芽細胞は整然と排列し、それに接して中間層細胞がみられるが、切端側では中間層細胞も乳頭層と一体となり不明瞭となっている。切端部の特異的な構造は、内層の骨様象牙質は基質の形成が進み厚くなり、中に含まれている小腔は少なくなっている。中層では細胞を入れた小腔が少なくなり、顆粒状物質を入れるものや空虚な小腔が増している。下顎切歯は、切端部が上顎切歯よりやや深部に位置しているが、周囲は粘膜上皮の角化層により囲まれている。エナメル器の構造は基本的に上顎切歯と同様の所見を示しており差異はみられない。切端部の3層構造も上顎と類似し、中層には空虚な小腔が増し、ヘマトキシリン・エオジン染色標本では明るい層としてみられる。内層の骨様象牙質は骨小腔が少なくなり、太く厚く梁状ないし塊状の骨が形成され、中心部に含まれる歯乳頭はやや狭窄されている(写真26)。

上顎切歯に分布する神経は、前述したように歯乳頭基底部分近に開口する脈管神経管より出た後大きく3つに分岐し、それぞれの領域に伸長分布するが、この脈管神経管開口部の位置は、歯牙の発育とともに相対的に変化しており、生後5日は口蓋側基底部の萎縮したエナメル器末端のすぐ前方にあるが、生後7日ではさらに前方切端側に位置するようになり、したがって基底部に向かう神経束は、脈管神経管を出て、生後5日よりもさらに強くヘアピン状の屈曲を示して後上方へ走行する(写真32)。また歯胚の発育伸長に伴い、周囲の歯槽骨も発育し、歯槽頂縁は生後5日より高くなって切端に近くなっている。その結果歯根膜も長くなっている。口蓋側歯根膜に分布する神経は、前述したように脈管神経管を出て分岐した後、彎曲することなく前方に進み、神経束は比較的太く広い範囲に分布している。先端は歯槽骨頂とほぼ同じ高さに達している。唇側歯根膜に分布する神経は、歯乳頭基底部の神経叢を経て、唇側基底部のエナメル器末端を迂回して進入しており、その先端は歯槽骨頂縁近くまで達している。基底部神経叢からは、血管に伴って歯乳頭内に進入している神経線維がみられる。この時期には歯乳頭内の血管系が発達して分布が豊富になっているので、血管に伴って進入する神経線維の分布量も生後5日より多くなり、また深くまで伸長している。深いものでは基底部から歯乳頭の長軸の $\frac{1}{3}$ を越えた位置にまで進入している。歯乳頭内神経線維は通常歯牙の長軸方向に走行しているが、分岐している神経線維もみられ、その

中には象牙芽細胞層に向かっているものもある。しかし象牙芽細胞層に達している神経線維はみられない。下顎に分布する神経線維は、生後5日とほぼ同様の位置で脈管神経管より出て、舌側歯根膜、基底部神経叢および唇側歯根膜に分布する神経束の3本の分岐に分かれ、第1の舌側歯根膜に分布する神経束は脈管神経管を出てからほぼ真直ぐ進行している。先端は生後5日と同様歯槽骨頂縁の高さにあるが、このことから歯の萌出や歯槽骨の発育成長に対応して神経線維も伸長していることを表している。唇側歯根膜に分布する神経線維の先端も舌側とほぼ同じ歯槽骨頂付近に達している。歯乳頭基底部神経叢より歯乳頭内に進入する神経線維は、上顎と同様に生後5日に比べ多くなり、血管に伴って進入し歯乳頭内に分布している。その中には1本の神経線維から2本以上の分岐枝を出しているものもみられる。稀に象牙芽細胞に向かう分岐神経線維もみられ、舌側の基底部分近では末梢が象牙芽細胞層直下まで達している神経線維がみられる(写真19)。一方唇側でも、象牙芽細胞層の近接した部分を歯牙の長軸に平行に走行する細い神経線維がみられることがあり、歯乳頭内神経線維は上顎より下顎の方が先行して歯乳頭内全体に分布している。

生後10日(図2)

上下顎切歯はさらに発育して、上顎切歯は萌出を開始して、わずかに切端が口腔内に出ているが、下顎切歯は未だ切端の表層に薄い角化層の一層を残している。しかし上顎切歯の切端部の萌出した骨様象牙質には、まだ咬耗は起っていない。切端部の特徴的な3層構造は保たれている。上顎切歯において中層にみられる多くの小腔は、中に含まれる細胞や顆粒状物質がほとんど消失して空虚となっている。内層の骨様象牙質は生後7日に比べ増加し厚くなっているが骨小腔の数は減少している。また、細い骨梁状の部分はみられない。内層の中心部の歯乳頭は、さらに狭窄されて、狭窄の強い尖端部は壊死に陥っている(写真27)。エナメル器の構造は基本的に生後7日と同様である。すなわち唇側基底部のエナメル器の構造は明瞭で、切端側に移行するにつれて外エナメル上皮細胞層およびエナメル髓が不明瞭となり、エナメル質に接してエナメル芽細胞層とその外側に立方形の中間層細胞層がみられ、さらにその外層には、すでに前述した乳頭層の形成が明らかになっている。また、乳頭層に接して毛細血管が分布している。切端部付近では、エナメル芽細胞は丈を減じ、扁平な細胞となって深部に増殖した口腔粘膜上皮と癒合して一体となっている。口蓋側においても生後7日と同様であり、基底部のエナメル器に

あたるところは圧平されて、唇側に比べエナメル髓が狭く殆んどみられず、内・外エナメル上皮細胞は唇側よりも小型で排列も不整である。切端側に移行するにつれて内・外エナメル上皮細胞は消失している。歯乳頭は拡張した血管が豊富にみられ、象牙質に接して分化した象牙芽細胞が整然と排列している。下顎切歯においては前述のように切端は未だ薄い角化層の中に有り、切端部の特徴的な3層構造が明瞭である。中層は生後7日に比べ空虚な小腔が多くなり、一部には変性細胞を入れているものもある。内層の骨様象牙質は生後7日と比べ著しい変化はみられないが、上顎同様厚くなっている。さらに上顎とちがって骨梁状にみえるところが多い。エナメル器や歯乳頭の組織構造は上顎の場合と同様の所見を呈している。

上顎切歯に分布する神経線維は口蓋側のエナメル器末端よりやや前方に位置する脈管神経管より出ているが、脈管神経管開口部の位置は生後7日に比べるとさらに前方へと移動しており、そこから出る神経束のうち基底部に向かうものは後方へ強いヘアピン状の彎曲を示している(写真33)。唇側および口蓋側歯根膜に分布する神経線維は伸長し、先端は歯槽頂縁の高さに達している。基底部神経叢から歯乳頭内に進入する神経線維は生後7日に比べ多くなり、また、神経束や単一神経線維が多数歯乳頭内に進入している。大小の血管に伴って走行しているものが多いが、稀に血管とは無関係に進入している神経線維もみられ、歯乳頭内に広範囲に分布している。神経線維の末端は、歯牙長軸の中間位よりわずかに切端側寄りまで達しているが、それより上方の切端側には神経線維は認められない。象牙芽細胞層に接している神経線維はみられないが、象牙芽細胞層の直下まで達している神経線維は生後7日より豊富に分布している。また歯乳頭内の神経線維から分岐し、象牙芽細胞層に向う神経線維は唇側よりも口蓋側に多く、また基底部歯乳頭付近に多くみられる。下顎切歯に分布する神経線維が出る脈管神経管の開口部は歯乳頭基底部の後上方にあり、生後7日とはほぼ同様である。上顎のように歯の成長に伴って神経線維が進入して来る脈管神経管の位置に変化はなく走行が著しく異なることもない。唇側および舌側歯根膜に分布する神経線維は、その先端が生後7日と同様、歯槽頂縁の位置にあり、歯の成長に伴い神経線維の分布が豊富になっている。基底部神経叢から歯乳頭内に進入する神経線維は生後7日に比べさらに多くなり、上顎同様、神経束あるいは単一神経線維として、主に血管に伴って進入し、広範囲に分布しているが、切端部付近にまで達

する神経線維はみられない(写真20)。また、分岐して象牙芽細胞層に向かう神経線維や、象牙芽細胞層付近に分布している神経線維は生後7日に比べ多くなっている。稀にこれらの神経線維のうち象牙芽細胞の基底部に達して象牙芽細胞に接して終わっている終末が認められる(写真21)。

総括ならびに考察

歯の原基の発生およびその後歯胚や歯の発育における神経線維との相関関係についての研究は極めて貧弱である。窪田ら(1958)⁷⁾、Kubota(1959)⁸⁾は人の胎児の歯胚の発生初期のいわゆる胚状期、鐘状期およびエナメル質形成期における神経線維の発育と分布に関する研究を行っている。またTakagi(1967)⁹⁾も同様の検索を行っているが断片的な記載にとどまって居る。佐藤(1960)⁵⁾は連続的な観察を目的としてラット切歯を用いて、胎生期後半より生後にわたって、主として歯乳頭内の神経分布について検索し、また村上(1976)¹⁰⁾は出生直後よりラットの臼歯の発育と神経分布との関係について報告しているが、いずれも歯胚がかなり発育してから以後の観察であって、歯胚原基の発生初期から歯が発育するまでの過程について、それに伴う神経分布の消長との関係を経日的に検索している研究は著者が渉猟した範囲の文献中では皆無である。著者は歯胚の発生や発育には速やかに完成する歯を選ぶよりむしろ歯の発育途上の状態が長期にわたって続いている歯を選ぶ方が、歯の成長に伴って変化する神経線維分布の動きを詳細に観察することができ、歯の成長における神経線維の役割を知るためには有効であると考えた。そこで生涯を通じて常に成長を続けているラットの切歯を用いて歯胚の発生と発育過程における神経線維分布について検索を行った。

一方、ラットの切歯は衆知の如く、発生初期には切端に骨様象牙質が形成されており、この組織は将来、萌出し咬合の開始とともに咬耗消失する運命にあり、その際には露髄した状況が発現することが、Takumaら(1968)¹¹⁾、田中(1974)¹²⁾の研究により明らかにされている。著者は、この骨様象牙質の形成と、その部における神経分布との関係について検索し興味ある所見を得た。

ラット上下顎切歯の歯胚原基の発生は、胎生14日に原始口腔上皮の肥厚により始まる。発生時期に関してはAddison and Appleton(1921)¹⁾は胎生14日、鶴島(1955)²⁾はわずかに早く胎生13日、Nagaiら(1976)⁴⁾も同じく胎生13日に発生初期像を観察しており、いずれ

も上皮の肥厚に始まるとしている。時期的なずれについて、小林 (1975)¹³⁾ は臼歯の歯胚について胎生13日の発生をみたのは31胎仔中3胎仔であったと報告しており個体差があることを示唆している。また、発生時の上皮の肥厚はわずかであるため、観察が比較的困難であることなどから、諸家の検索結果は、これらを考慮するとほぼ一致しており、したがって切歯歯胚の原基は、胎生13日～14日に発生すると考えられる。歯胚原基の周囲には間葉系細胞が他部より密集している。肥厚部の上皮はさらに深部に向かって増殖し、胎生15日にはいわゆる蕾状期を示す。その後胎生16日～17日にかけていわゆる帽状期となり、エナメル器の構造が整い始め、また上皮の基底側が陥凹して歯乳頭の形成がみられる。さらに胎生18日には鐘状期へと移行するが、上顎歯胚に比べ下顎歯胚の発育がやや先行している。諸家の報告においてもやはりわずかに下顎切歯の発育が早い。Addison and Appleton¹⁾ は、胎生16日に下顎歯胚のエナメル器が著明に発達し、胎生17日には歯乳頭の発達がみられることを報告している。Nagai ら⁴⁾ は、胎生15日～16日を蕾状期とし、帽状期は胎生16日のみで、切歯の場合、帽状期は非常に短期間であると述べている。また鶴島²⁾ はやや早く、胎生14日に蕾状期、胎生15日には帽状期を示すとし、胎生18日の歯胚は鐘状期に分類している。歯胚はその原基が発生してから、上皮の増殖によりわずかの間に急速に発育するため、歯胚の形態による厳密なる区分は困難と思われるが、胎生17日～18日にかけては、いずれの報告も鐘状期にはいり、胎生19日以降は切歯様形態を呈するようになることで一致している。上下顎切歯の歯胚は前後の径が長くなるにつれて、エナメル器は全体的に圧平された形をしてくるが、基底側端ではふくらみを有している。胎生20日になると新たな形態の変化がみられるようになる。まず切端部に一層の薄い前象牙質が形成される。出生直後には切端部唇側面にも象牙質が形成され、さらに切端部の歯乳頭内いわゆる骨様象牙質が形成される。この切端部の特異的な構造の詳細については後述する。さらにこの時期には、上下顎切歯の唇側面の切端側にエナメル質基質の形成が開始される。またエナメル器の構造は、唇側と口蓋側あるいは舌側とでは形態的な違いがみられる。唇側面では、内エナメル上皮細胞層・中間層・エナメル髓・外エナメル上皮細胞層の構造が明瞭であり、とくに基底側では膨みのある形状を呈している。これに対し、上顎の口蓋側面や下顎の舌側面のエナメル器の構造は萎縮した形状を示し、基底側では内・外エナメル上皮細胞層は近接し、中間層は不明瞭で

ある。切端側では内・外エナメル上皮細胞は接合して、一層の扁平な細胞がみられるのみで、エナメル器の構造は消失している。このようなエナメル器の形態はその後ほぼ同様な状態を示している。したがって、上下顎ともエナメル質の形成は唇側のみで、口蓋側あるいは舌側ではみられない。

ラット切歯の発育やその構造に関する組織学的研究は、Addison and Appleton¹⁾ 以来、鶴島²⁾、Nagai ら⁴⁾ などの詳細な報告がみられるが、ラット切歯切端部に形成される骨様象牙質など特徴ある構造についての研究は少ない。Addison and Appleton¹⁾ の報告が最初で、近年 Takuma ら¹¹⁾ はこの構造に着目して、光顕的・マイクロラジオグラムおよび電顕的に詳細な報告を行っている。また、田中¹²⁾ はさらにこの特異的な構造について増齡的な変化を光顕的および電顕的に検索している。著者は本研究において歯胚の発生や発育過程における神経分布との関係を検索する上で、この特異な構造と神経分布との関連について知ることは重要であるので、この組織発生についても詳細に検索した。Takuma ら¹¹⁾ はこれを菲薄な象牙質の外層、および歯乳頭内に形成される骨様象牙質を主体とする内層、内層と外層の間で内層から出る細い梁状の基質により多数の小腔に分かれ多くの細胞をみだしている中層の3層に分けている。著者も同様の構造をみた。これの発生については、胎生20日頃、将来外層となる切端部の前象牙質が形成され、この時期には切端部歯乳頭ではとくに細胞密度が高い。出生直後では、内層にあたる切端部歯乳頭内にエオジンに好染する骨様基質の不規則な形成がみられ、その中には細胞を含んでいる。同時に外層の菲薄な象牙質と内層の間では、内層の基質が細い梁状に延長して不規則に増殖して細胞を容れた多数の小腔を形成して中層となる。これらの構造は、Takuma ら¹¹⁾ の報告と同じく生後1日にはいっそう明らかとなる。生後3日には内層の骨様象牙質は基質が増加し、梁状の構造は太くなる。内層の中心部には歯乳頭が存在する。中層では小腔内の細胞の一部に染色性の低下や顆粒化がみられるようになり、この傾向はその後さらに強くなる。外層の菲薄な象牙質は石灰化するが、厚さは変わらず、直下の象牙芽細胞は次第に消失する。田中¹²⁾ は骨様象牙質内の細胞や、あるいは中層における小腔内の細胞の減少や消失が生後7日に顕著になると述べており、本研究においてもほぼ同様な結果を得た。生後10日になると上顎切歯切端は萌出し、下顎切歯も萌出直前の状態である。内層の中心部の歯乳頭は、狭窄が強い先端部では壊死に陥っている。

中層では小腔はほとんど空虚となっている。田中¹²⁾は生後9日で切歯の萌出をみているが、萌出直後では切端部の咬耗はなく、生後14日に咬耗が開始され、骨様象牙質の大半が失われ、生後9日に骨様象牙質の中心部の歯乳頭は先端より壊死に陥っており、咬耗の開始により、歯乳頭先端は外界と交通し、その際壊死が深部歯乳頭に急速に拡大される。生後19日には咬耗は骨様象牙質の範囲を越えて正規の象牙質まで達し、先端の歯乳頭の露出面は広くなることをみている。著者は生後10日までしか観察していないが、田中¹²⁾の研究により切端部の咬耗の結果歯乳頭が露出することが明らかにされている。このことは歯乳頭内の神経分布と関連して非常に興味ある点であり、後述する。

歯胚組織の発生および発育過程における神経分布に関しては、人の胎児を用いて可児 (1937)¹⁴⁾、窪田ら⁷⁾、Kubota⁸⁾、Takagi⁹⁾の研究がみられる。ラットに関しては、佐藤⁵⁾は切歯の主として胎生期後半から生後13日までの歯乳頭内神経の分布について、Weatherford (1939)¹⁵⁾は1日から45日までの切歯および臼歯について検索し、Wasserman (1939)¹⁶⁾は主に生後臼歯について断片的に観察している。また、村上¹⁰⁾は1日から50日までの歯乳頭内神経分布について詳細に検索を行っている。さらにマウス胎仔における歯胚への上顎神経の分布に関しての高木 (1970)¹⁷⁾らの研究がみられる。しかしながら、胎生期の歯胚原基の発生開始期からの歯胚の成長と神経分布の消長についての詳細な報告は著者が渉猟した範囲の文献ではみられない。そこで著者は、胎生期におけるラットの切歯歯胚が発生する以前、すなわち上下顎の歯の支配神経である三叉神経の発生から、最初に歯胚組織に神経線維の分布が認められる時期を確認し、その後の歯胚の発育との神経線維の伸展について検索を行った。胎生13日に神経細胞の集団として三叉神経節の初期像がみられる。神経細胞はほとんど両端より突起を出した双極性の神経細胞である。これらの突起は集合し神経束となり、脳に向かう1本の中枢枝と末梢に向かう2本の末梢枝が出ている。これらの神経束は短く、未だ分岐枝は出していない。この時期には切歯歯胚は発生していない。胎生14日には三叉神経節はやや太くなり、これより出る神経束は末梢枝が3本に増えている。すなわち、眼神経と上顎神経および下顎神経である。下顎神経と眼神経は急速に伸長し、上顎神経はほとんど伸長していない。下顎神経は下方に伸び前方に彎曲して下顎突起に向かい、また彎曲する寸前に舌に向かう舌神経の枝を出している。この時期に、左右対称的に原始口腔

上皮の肥厚による上下顎歯胚原基の発生がみられる。胎生15日は、三叉神経節はさらに大きく半月状を呈している。末梢枝のうち、上顎神経は太く、原始口蓋の上部を水平に直走し、将来の上顎部・鼻部・上唇部へ分岐枝を出している。下顎神経は上顎神経とはほぼ同じ太さで、下方へ伸び、途中で細い頬神経を出した後、舌神経と下歯槽神経とに大きく2本に分岐している。この時期には上顎神経・下顎神経の末梢はすでに胎生期の口腔領域に分布している。上下顎切歯の歯胚は蕾状で、神経線維はこの歯胚上皮の直下にまで達しているが、上皮細胞と接している所見はみられず、上皮直下の細胞が密な間葉性組織の周囲でこれを取り囲んで叢状をなして分布している。このような歯胚の発生時期の神経分布の状況については、窪田ら⁷⁾、Takagi⁹⁾の人の胎児の歯胚の発生初期における神経分布の所見と同様である。以上のように胎生期において三叉神経節が形成され、そこから出た末梢枝である上顎神経や下顎神経の分岐枝がほとんど発達していない早い時期に歯胚に分布する神経線維は速やかに伸長して神経線維の末梢が発育初期の上皮性歯胚の直下の緻密になった結合組織の周囲に多数分布している。窪田ら⁷⁾は、人の胎児の歯胚の神経分布に関する発生学的研究において、初期の歯胚は形態学的に神経線維とそれほど密接な関係を示さないが、発育が進むにしたがい、歯堤先端に集結した中胚葉性細胞要素の外縁に神経線維が密接してくると述べ、また神経線維はその内部まで進入しないで、これを取り囲んで豊富に分布していると述べている。本研究によるラット切歯歯胚の場合もこれと同様の所見であり、上皮性歯胚の発生や発育に関して神経線維が直接的な作用をなしている所見は認められなかった。しかし、直下の緻密な間葉性組織の周囲に多量の末梢神経線維が分布している所見は歯胚の形成や発育にとって、神経線維がなんらかの誘導的な働きを有しているものと考えられる。すなわち、歯胚の発生は、外胚葉性歯胚が発生する以前に、その内側に緻密な結合組織として中胚葉性歯胚要素が形成されることから始まるもので、この際に神経線維が重要な役割を演ずるもので、周囲に分布している多くの神経線維が、この中胚葉性歯胚の分化に関与し、さらにこの緻密な結合組織の発達が上皮性歯胚の発生やその後の発育を誘導しているのではないかと考えることが出来る。

発育初期の歯胚における神経分布については、胎生16日から胎生18日頃、上下顎切歯歯胚は帽状期から鐘状期に移行し、その後の歯乳頭や歯嚢結合組織周囲に神経線維は豊富にみられるが、これより内部に進入する所見は

みられない。胎生19日になると、上顎の口蓋側および下顎では舌側の歯嚢結合組織内に神経線維の進入がみられる。これらは外エナメル上皮細胞に接して分布するようになるが、エナメル器内には進入していない。また歯乳頭内への神経線維の進入は未だみられない。この時期の神経分布について詳細な報告をした文献はみられない。著者は、この時期にはじめて歯嚢結合組織内へ神経線維が進入しているのを認めた。主に上顎の口蓋側や下顎の舌側にみられた理由として、上顎歯胚や下顎歯胚に分布する神経線維はそれぞれの歯胚基底部に開口する脈管神経管より神経束として進入してくるが、この開口部が上顎では口蓋側、下顎では舌側に位置しており、したがって上記の部位が唇側や他の部に比べて神経線維の進入部に最も近い部位にあたるためであろうと考えている。胎生20日には、切端より前象牙質が形成される。上下顎切歯歯胚に分布する神経は、脈管神経管を出た後歯乳頭基底部に達し、それより唇側および口蓋側あるいは舌側の歯嚢結合組織に向かう比較的大きな枝に分かれて伸長する。この時期には歯乳頭内に進入する神経線維はみられない。出生直後では象牙質の形成につづいてエナメル質の形成も開始され、歯乳頭切端部に骨様象牙質が形成され、特徴的な構造が出現してくる。上顎切歯に分布する神経は、口蓋側基底部のエナメル器先端と同じ高さに位置している脈管神経管より血管とともに出てくる。直ちに口蓋側と歯乳頭基底部に向かう枝に大きく分かれ、歯胚基底で神経叢を形成し、さらにそこから唇側に向かう神経束が出ている。歯根膜に進入した神経線維束はその後小神経束や単一神経線維として分岐し歯根膜全域に分布する。この時期には歯乳頭内に進入している神経線維はまだみられない。下顎切歯に分布する神経は舌側基底部のやや後方の脈管神経管開口部より出たあと、直ちに舌側歯根膜、歯乳頭および唇側歯根膜に向かう3本の枝に分岐する。そのうちの歯乳頭に向かう神経束は、上顎同様歯乳頭基底部で神経叢を形成している。生後1日になると、下顎切歯の基底部神経叢より初めて歯乳頭内に進入する単一の細い神経線維がみられる。進入部位は、歯乳頭基底部の中央部で血管に沿って走行し、進入した神経線維の長さは非常に短い。同時期の上顎切歯には未だ歯乳頭内に進入する神経線維はみられず、神経線維の末梢が歯乳頭内に進入する時期は下顎切歯の方が早い。佐藤⁵⁾も下顎の方が早く、生後1日に歯乳頭のほぼ中央部で進入し、上顎は1日遅れて進入すると報告しており、本研究の結果と同様である。また歯乳頭内への神経線維の進入時期に関して、歯乳頭への神経線維の進入が

歯嚢結合組織内に進入してからかなり遅れる理由として、歯乳頭が細胞密度の高い組織であり、細胞間隙も特有な寒天様基質で普通の結合組織と違うことにあるといっている。人の胎児について検索している窪田⁷⁾は、歯乳頭の細胞要素の分化と共に細胞要素の疎開が進み、神経線維の進入が活発になると述べている。また大河原(1960)¹⁸⁾によれば、マウスの歯乳頭の結合組織線維の発生に関する研究において、歯胚の発育とともに歯乳頭の細胞間隙は広くなり、それに伴い結合組織線維が形成されることや発生時の歯根膜の細胞の密度は歯乳頭に比べて疎であり、結合組織線維が多いことを報告している。以上の諸家の述べている所見を参考にして本研究の結果について考察すると、歯乳頭内への神経線維の進入は歯乳頭の細胞密度やその特性と密接な関係にあると思われる。歯胚の成長にしたがって歯乳頭が神経線維の進入を容易にする状態がととのった時点で神経線維の進入が開始されるものと考えられる。

ラット切歯における歯乳頭内への神経線維の進入時期がちょうどエナメル質形成開始時期とほぼ一致していることが注意される。村上¹⁰⁾はラット臼歯において、生後3日にエナメル質の形成が開始され、それと時期を同じくして歯乳頭内へ初めて神経線維の進入を認めている。本研究の結果や村上¹⁰⁾の所見から、著者は、象牙質やエナメル質などの硬組織の形成は歯乳頭に環境的变化をもたらし、歯乳頭の組織構造に影響しているものと考えられ、ことに硬組織の形成量が多くなるにしたがって歯乳頭は最終的に周囲から閉鎖された状況におかれるようになり、歯嚢結合組織との交通は基底部を通じてのみ行われることになる。上記のような歯乳頭の環境の変化は歯乳頭の結合組織のみならず基底部に存在する脈管や神経線維の伸展に関して影響しているものと思われる。しかしながら一方では、エナメル質形成と歯乳頭内への神経線維の時期が一致していない報告もみられ、さらに検討が必要である。生後3日になると、神経線維は生後1日よりさらに伸長しているが、上顎において脈管神経管の位置やそこから出る神経束の走向に若干の変化がみられる。この脈管神経管と切歯との位置関係や脈管神経管を出た神経束の走向については過去の研究者は触れていない。本研究において著者は、上顎切歯や歯根膜に分布する神経線維束が出て来る脈管神経管の位置は生後1日には口蓋側基底部のエナメル器の高さに開口しているが、その後切歯歯胚の発育に伴い相対的な位置関係が変化し、わずかずつではあるが切端寄りに位置するようになる。そのため開口部より出る神経束のうち歯乳頭

基底部や唇側面に分布する神経束は、次第にヘアピン状をなして後上方へ強く彎曲するようになる。これに対し下顎切歯や歯根膜に分布する神経線維が出て来る脈管神経管は、初期より舌側基底部に位置し、その後ほぼ同じ位置を保っていて大きな変化はみられず、上顎のように神経束の強い彎曲もなく上顎の場合とは所見を異にしている。これは上顎と下顎の組織構造の微妙な違いによるものと思われる。この時期には下顎切歯においては歯乳頭基底の中央部だけではなく、他の部位からも細い神経線維の進入がみられる。生後1日に比べやや伸長して深くまで進入しており、歯乳頭内の神経線維の量も増している。また、この生後3日になると上顎においても単一の細い神経線維が初めて歯乳頭内に浅く進入しているのが見られる。生後5日は上下顎切歯ともに歯乳頭内の神経線維が増加している。下顎切歯では歯乳頭基底部の舌側・中央・唇側の各所で神経線維の進入がみられ、歯乳頭内の神経線維は生後3日より多くなり、線維の大きさが太くなっている。歯乳頭内では分岐した神経も多くなり、これは舌側方向に分岐する線維が多い。歯乳頭内の神経線維は血管の走向に伴って分布している。一般的に歯牙長軸と平行に走向しており、神経線維の先端は、歯の長さの基底側1/3付近にまで達している。上顎切歯においても、歯乳頭基底部の口蓋側・中央部・唇側部いずれの部からも神経線維が進入しており、その走向や分布は下顎に類似している。生後7日になると上下顎切歯は萌出直前の状態を示すようになる。上下顎切歯ともに歯乳頭内に分布する神経線維は、歯乳頭基底部神経叢から血管に沿って進入しており、神経線維の分布量は生後5日より多くなり、また深くまで伸長している。神経線維の分岐も多くなり、その中には象牙芽細胞に向かっているものもある。下顎切歯では象牙芽細胞に向かう神経線維のうち、舌側基底部付近で末梢が象牙芽細胞層直下まで達しているものもみられる。しかし上顎切歯では未だ象牙芽細胞に達している神経線維はみられない。このように歯乳頭内神経線維は上顎より下顎の方が先行して歯乳頭内全体に分布している。また歯乳頭内では唇側に比べ、舌側あるいは口蓋側に神経線維が多くみられ、神経線維の分岐や象牙芽細胞層に向かう神経線維の量も同様である。佐藤⁵⁾はラット切歯歯胚の生後6日～7日頃から歯乳頭内神経線維の終末は象牙芽細胞直下に達し、また象牙芽細胞間に進入しているものもわずかにあることを述べている。著者の観察でもほぼ同様の所見を呈している。上野ら (1958)¹⁹⁾は、成熟ラットの切歯の歯乳頭内神経の検索を行っており、歯乳頭内神経線維は腹側部

に多く、背側部歯乳頭に分布する神経線維が少ないことや、腹側部歯乳頭においては象牙芽細胞層直下の神経線維も多いことを報告している。さらに大小の動静脈が多く、それらに接して平行にあるいはらせん状に走る神経線維が多数認められることは特有の所見であると述べている。生後7日までの歯乳頭内の神経線維分布は、成熟ラットの切歯の歯乳頭内神経との比較において、血管に沿ってらせん状に走る神経線維はみられなかったが、全体的にすでに成熟ラットにみられる神経線維の分布の特徴を呈して来ているといえる。生後10日になると、上顎切歯は萌出を開始し、下顎切歯は切端の表層に薄い角化層が被っているが萌出直前の状態を呈している。歯乳頭内の神経線維は上下顎切歯とも生後7日に比べ豊富になり、小神経束や単一の神経線維が歯乳頭内に多く進入分布している。下顎切歯における神経分布は生後7日より広範囲にわたり神経線維の末端は歯牙の中間位より上方まで伸長し切端側に近づいているが、切端部まで達する神経線維は認められず、切端部付近には全く神経線維は存在しない。なお、象牙芽細胞層付近にみられる神経線維も生後7日より豊富になり、ことに口蓋側の基底部歯乳頭で、分岐した神経線維あるいは象牙芽細胞直下まで達している神経線維が多くみられる。象牙芽細胞層付近に分布する神経線維は豊富で稀に象牙芽細胞層に接している神経終末もみられる。上顎切歯においては下顎切歯と同様に、生後7日に比べて神経分布量は多くなり広範囲にわたっている。象牙芽細胞層付近にみられる神経線維も上顎同様に豊富になり、稀に象牙芽細胞層に達した神経終末もみられる。歯乳頭内神経線維は、歯乳頭長径の中間位を越えてはいるが、切端部付近には決して達していない。佐藤⁵⁾は生後7日のラット切歯において象牙芽細胞層に達し細胞間に進入する神経線維を観察している。日浦ら (1973)⁶⁾は成熟ラット切歯および臼歯の歯乳頭内神経線維の分布について検索し、切歯は臼歯と異なり象牙芽細胞層まで分布しないことを報告し、上野ら¹⁹⁾も同様に象牙芽細胞層内に進入する神経線維はみっていない。本研究の結果や以上の諸家の見解から、ラットの切歯では幼若ラットと成熟ラットにおける神経線維の分布は多少異なっているようにも考えられる。しかし一方で、村上¹⁰⁾は臼歯歯胚における神経組織学的研究において、すでに萌出以前に歯乳頭内の神経線維は髓角や象牙芽細胞層直下に達し、歯乳頭全体に分布していることを観察している。本研究の結果、著者はラット切歯においては、萌出開始の生後10日において歯乳頭内神経は歯乳頭の長軸の中間位を越えた所まで達しているが、切

端部付近では全くみられないことを確認した。この点臼歯の場合と異なっている。生後10日以後の切歯における歯乳頭内の神経線維の伸展を考える時、生後10日までの切歯の発育成長と歯乳頭内神経線維の伸展の速度との相関関係あるいは生後10日には先端部歯乳頭が壊死に陥ることなどを考え合わせると、生後10日以後に神経線維が切端部付近にまで急速に伸長する可能性はほとんどないと考えることができ、したがって少なくとも萌出直後に神経線維が切端部に分布することはないと思われる。ところでラット切歯切端部には、特徴的に骨様象牙質が形成されていて中心部には歯乳頭を入れていることは前述したが、Takuma ら¹¹⁾や田中¹²⁾らは、この切端部の骨様象牙質は萌出後、咬合機能により消耗し、その際露出した状態になると述べている。そして露出した後表面の歯乳頭は漸次壊死に陥り、この壊死層によってそれより深部の歯乳頭は外部刺激から保護されているという考え方を述べている。日浦ら⁶⁾はラット切歯の歯乳頭神経と中枢神経との関連を研究し、電気生理学的実験による検索で、切歯の歯乳頭神経は電気刺激により三叉神経核で誘発電位が得られる求心性のものであり、知覚性の神経線維であることを明らかにしている。人の例をあげるまでもなく露髄により歯乳頭への直接的刺激が疼痛を形き起こすことが考えられる。しかしながらラットの切歯についてこれを考察してみると、Takuma ら¹¹⁾や田中¹²⁾がいうように、切歯の切端部の歯乳頭が速やかに壊死に陥り、この壊死組織により深部歯乳頭が保護されること、本研究の結果から発育中のラット切歯の切端部歯乳頭には、神経線維は認められず、さらに歯の発育後も切端部歯乳頭に神経終末が豊富となる可能性が少ないこと、また上野ら¹⁹⁾が成長ラットの切歯切端部にはほとんど神経線維が認められないと述べていることなどから、ラット切歯切端は露髄によって歯乳頭へ刺激が加わるにもかかわらず、おそらく疼痛を感じることはなく、支障なく機能をいとなむことができるものと思われる。

結 論

ラットの切歯の発生と発育期における神経分布との関係を歯胚が発生する胎生13日から歯が萌出を開始する生

後10日までについて検索し、次の結果を得た。

1. 胎生13日には三叉神経節の初期像がみられ、そこから出る末梢枝はまだ短い。胎生14日には、上皮が肥厚した歯胚の原基が発生しており、この時期には神経線維は歯胚の近くまでは達していない。
2. 胎生15日は神経線維の末梢が上皮性歯胚の内側に存在する緻密な結合組織の周囲に密に分布している。
3. 胎生19日には歯胚は鐘状期になっている。歯嚢の結合組織内に神経線維の進入を認め、とくに上顎切歯の場合は口蓋側、下顎切歯では舌側部に多くみられる。
4. 生後1日になるとエナメル質が形成されており、これと時期を同じくして下顎切歯の歯乳頭内に初めて細い単一神経線維の進入が認められる。上顎はこれより遅れて、生後3日に神経線維の進入を認める。
5. 上顎切歯に分布する神経線維が出てくる脈管神経管は、歯胚の発育が進むにしたがって次第に切端寄りに位置するようになる。その結果、脈管神経管を出て歯乳頭基底部や唇側歯根膜に分布する神経束は後上方に強い彎曲を示すようになる。
6. 歯乳頭内の神経線維は経日的にその数や量を増し分岐神経も多くなる。また生後7日以後、稀に象牙芽細胞層に達する神経線維を認める。
7. 生後10日では歯乳頭内神経線維も豊富にみられ、歯牙の中間位より上方まで伸長し切端側に向かっているが、その先端はほぼ歯槽頂縁の位置にあり、これより上方の切端部歯乳頭においては神経線維は全くみられない。
8. 歯根膜内神経線維は経日的に伸長して豊富となり、生後10日には歯槽頂縁の高さにまで達している。

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導ならびに御校閲の労を賜った恩師福岡歯科大学口腔病理学講座北村勝也教授および福岡歯科大学小児歯科学講座吉田穰教授に深甚なる感謝の意を表します。また御教示、御校閲を戴きました九州歯科大学口腔病理学講座上野正康教授に厚く御礼申し上げます。さらに本研究に御援助、御協力戴きました福岡歯科大学口腔病理学講座の教室員の皆様に感謝申し上げます。

引 用 文 献

- 1) Addison, W.H.F. and Appleton, P.L.: The structure and growth of the incisor teeth of the albino rat. J. Morpho. 26: 43—96, 1921.
- 2) 鶴島亀岩: 無根歯の発生学的研究. 九州歯会誌 8: 10—32, 1955.

- 3) Haneda, I. : A study on the morphological structures of the lower jaw of the albino rat with special reference to the characteristic positions of the incisors and molars in the developing mandible. Tokyo Jikeikai Med. J. 74 : 1573—1593, 1959.
- 4) Nagai, H., Kanbara, K., Sudo, H., Hiura, A., Yokoyama, S. and Nagai, N. : Development and growth of the tooth germs of rats. Okajima Fol. Anat. Jap. 54 : 279—290, 1976.
- 5) 佐藤幸男 : 歯髄の神経の発生について (ラットの歯髄への神経線維の進入および発達についての研究). 口病誌 27 : 16—25, 1960.
- 6) 日浦 透・岡田和彦・重永凱男・匠原悦雄・堺 章 : ラット歯髄神経, 特に切歯について. 阪歯誌 18 : 124—131, 1973.
- 7) 窪田恂子・窪田金次郎 : 人歯胚の神経分布に関する発生学的知見補遺. 口病誌 25 : 664—665, 1958.
- 8) Kubota, J. : Some contributions to the relation of the nerve distribution to the human tooth germ (Innervation of the tooth, No. 2), Okajima Fol. Anat. Jap. 32 : 133—148, 1959.
- 9) Takagi, M. : Studies on the dental innervation of tooth germs in the developmental stage. J. Osaka Dent. Univ. 1 : 50—64, 1967.
- 10) 村上俊明 : ラット臼歯の発育過程における神経分布に関する研究. 九州歯会誌 30 : 267—280, 1976.
- 11) Takuma, S., Kurahashi, Y. and Tsuboi, Y. : Electron microscopy of the osteodentin in rat incisors. In : *Dentin and Pulp; Their Structure and Reactions* (ed. by Symons, N.B.B.). Univ. of Dundee, Dundee, 1968, 169—195.
- 12) 田中省順 : ラット切歯先端部の微細構造について. 歯科学報 74 : 1651—1676, 1974.
- 13) 小林 徹 : Rat 歯胚の発育にともなう Lipid の分布の変化について. 歯科医学 38 : 321—337, 1975.
- 14) 可兒一郎 : 歯牙神経の発生学的研究 (歯髄腔並に珐瑯質象牙質境界). 大阪医会誌 36 : 27—35, 1937.
- 15) Weatherford, H.L. : The innervation of the teeth in the albino rat with some observations on the finer structure of the dental pulp. Anat. Rec. 74 : 329—347, 1939.
- 16) Wassermann, F. : The innervation of teeth. J. Amer. Dent. Ass. 26 : 1099—1109, 1939.
- 17) 高木正邦 : マウス胎仔における上顎神経の分布と歯胚に関する立体的観察. 歯基礎誌 12 : 249, 1970.
- 18) 大河原真城 : 歯髄の結合組織線維の発生. 解剖学雑誌 35 : 64—74, 1960.
- 19) 上野正康・北村勝也・伊高三千男・別府正敏 : 各種動物の口腔組織神経分布に関する研究 (そのⅢ) 家兎, モルモット, 白鼠, 二十日鼠の歯牙内神経について. 九州歯会誌 12 : 362—369, 1958.

胎生13日

胎生17日

胎生14日

胎生18日

胎生15日

胎生16日

胎生19日

図1 胎生期の神経の発育

図2 生後における切歯の神経分布の発育

写真1 神経染色 ×20
胎生14日 三叉神経節（中枢枝と末梢枝がでている）

写真4 神経染色 ×20
胎生15日 蕾状歯胚（下顎切歯）

写真2 神経染色 ×20
胎生14日 上下顎の上皮肥厚（切歯歯胚原基）

写真5 神経染色 ×100
胎生15日 歯胚をとりかこむ神経叢

写真3 神経染色 ×50
胎生15日 半月状三叉神経節

写真6 神経染色 ×20
胎生16日 三叉神経節と末梢枝（眼神経，上顎神経）

写真7 神経染色 ×100
胎生17日 帽状期の上顎切歯歯胚周囲の神経叢

写真10 神経染色 ×50
胎生19日 上顎切歯歯胚の基底部神経叢

写真8 神経染色 ×50
胎生18日 下顎切歯歯胚周囲の神経叢

写真11 神経染色 ×50
胎生20日 上顎切歯歯胚の基底部神経叢

写真9 神経染色 ×20
胎生19日 三叉神経節から出る上顎神経, 下顎神経

写真12 神経染色 ×20
生後1日 下顎切歯歯胚基底部の脉管神経管より出る神経束

写真13 神経染色 ×50
生後1日 下顎切歯歯胚基底部の神経叢

写真16 神経染色 ×100
生後5日 上顎切歯歯乳頭内の神経線維の分岐

写真14 神経染色 ×100
生後1日 下顎切歯の歯乳頭内に進入する神経線維
(写真13の強拡大)

写真17 神経染色 ×50
生後5日 下顎切歯歯乳頭の中央部を走行する神経線維

写真15 神経染色 ×20
生後3日 下顎切歯歯乳頭内の神経線維

写真18 神経染色 ×100
生後5日 下顎切歯歯乳頭内の神経線維の分岐
(舌側部)

写真19 神経染色 ×100
生後7日 象牙芽細胞層直下に達する神経線維
(下顎切歯)

写真22 H E 染色 ×50
出生直後 下顎切歯切端部の骨様象牙質
(下顎切歯)

写真20 神経染色 ×100
生後10日 下顎切歯歯乳頭の間部位を走行する神経線維

写真23 H E 染色 ×50
生後1日 下顎切歯切端部の骨様象牙質

写真21 神経染色 ×100
生後10日 象牙芽細胞層に達する神経線維
(下顎切歯)

写真24 H E 染色 ×50
生後3日 上顎切歯切端部の骨様象牙質

写真25 HE染色 ×50
生後3日 下顎切歯切端部の骨様象牙質

写真28 神経染色 ×50
出生直後 上顎切歯基底部の脉管神経管よりでる
神経束

写真26 HE染色 ×50
生後7日 下顎切歯切端部の骨様象牙質

写真29 神経染色 ×50
生後1日 上顎切歯基底部の脉管神経管

写真27 HE染色 ×50
生後10日 上顎切歯切端部の骨様象牙質

写真30 神経染色 ×50
生後3日 上顎切歯基底部の脉管神経管

写真31 神経染色 ×50
生後5日 上顎切歯基底部の脉管神経管とヘアピン状に走行する神経束

写真33 神経染色 ×50
生後10日 上顎切歯基底部の脉管神経管

写真32 神経染色 ×50
生後7日 上顎切歯基底部の脉管神経管と神経束