

歯の萌出期における歯周靱帯線維の観察

鈴木和夫, 村松 力, 吉沢英樹

松本歯科大学 口腔解剖学第2講座 (主任 鈴木和夫 教授)

Observation on the Fibers of the Periodontal Ligament during the Tooth Eruption

KAZUO SUZUKI, CHIKARA MURAMATSU and HIDEKI YOSHIZAWA

*Department of Oral Histology, Matsumoto Dental College
(Chief; Prof. K. Suzuki)*

Summary

Recently, it is considered that the development of the periodontal ligament relates to the tooth eruption. But these relations are not yet properly understood. In this paper the periodontal ligament of the young dog was observed under the scanning electron microscope and light microscope. Specimens for SEM were fixed with 10% formaldehyde solution and sliced according to the toothaxis. After dehydration, they were dried by the critical point drying apparatus and coated with gold by using ion spattering apparatus.

Periodontal ligament apparatus started to form before emergence of tooth into the oral cavity. Before eruption, the tooth germs were enclosed in a bony crypt. The developing periodontal ligament appeared to consist of loose fibers connective tissue. Fibers which subsequently became dentogingival fibers were demonstrable as an organized entity as they coursed coronally, following the outline of the crown. Apically, fibers arising from beneath the tooth, coursed into the periodontal ligament. They were oriented parallel to the long axis of the tooth. Principal fibers seemed to emanate from cementum and the bone surface. These fibers extended from the root and bone surfaces to the intermediate zone. An intermediate plexus was apparent during the tooth eruption but could not observe in the functional stage.

It was considered that the fiber bundle provided the force for eruption by pulling the tooth out from the bony crypt or alveolar socket.

緒 言

歯の萌出機序についてはいまだに完全には明らかにされていない。歯の形成に従って、骨中より

口腔に向って移動する過程を観察し、多くの仮説が述べられている。萌出機序は歯根形成、歯槽骨形成、歯髄の変化、歯周靱帯の形成等多くの因子の相互作用によるものと考えられる。Sicher¹²⁾はhammock ligament が歯髄組織の増殖する力に関わって歯は萌出すると述べている。Bhasker⁹⁾

等は歯根や歯槽骨の形成と根尖周囲の結合組織の相互作用によって萌出すると述べているが、この結合組織の変化については明記されていない。Schor や Magnusson⁶⁾は歯根や歯槽基底の骨組織の形成は、周囲の血圧や、血液供給に変化をおこし、萌出に関係していると仮説している。

事実、多くの実験結果によると種々の因子が萌出に関わり合っていることは理解出来る。これら因子は同時に起ることもあり、また萌出（歯の移動）中の異った時期に起ることもある。この萌出因子が加わることによって間欠的に歯は口腔側に向って移動していくものと考えられる。

歯の萌出機序について最も単純な考えのひとつは、歯周靱帯の Sharpey 線維が牽引力として働く考えであろう^{10) 11)}。Westin¹³⁾は歯槽骨の添加やセメント質の形成が、将来歯周靱帯の線維となる歯小囊の線維を介して牽引力となると述べている。また Thomas は歯周靱帯のコラーゲン分子の収縮が萌出力となると仮説している。これら幾多の説明においても、歯の萌出機序は不明な点が多い。今回著者は歯周靱帯の線維が牽引力となるという考えのもとで、歯周組織の形成、とくに歯周靱帯の形成を観察した。歯根形成にともなう歯周靱帯線維の走行の変化を光学顕微鏡および走査電子顕微鏡で観察し、それら線維と萌出との関わりについて考察を加えた。

観察材料および観察方法

本研究は、正常な歯の萌出について観察するため、出生後間もない雑種犬を乳歯萌出期から乳歯交換期に至るまで飼育した。

観察時期はX線フィルム上で骨窩内の歯の形成と歯胚の位置、および乳歯歯根の吸収度を観察して決定した。

観察部位は主として下顎前歯部および下顎小白歯部とした。

あらかじめ、X線フィルムで観察部位の歯胚および歯の状態を診断し、ネブタール麻醉下にて、頸動脈を切断し、十分に浮血し屠殺後下顎骨を除去した。この下顎骨は観察部位を中心に厚さ 3 mm から 5 mm の歯軸に平行な薄切片とした（図 1）。さらに試料は 10%ホルマリン液にて固定後、図 2 に示す観察部位を中心に細断し、超音波洗滌器にて十分に洗滌した。洗滌後通法に従い脱水後、

酢酸イソアミルに置換した。乾燥は臨界点乾燥装置（日立 HCP-1）を用い 100 Hg 50°C にて乾燥した。観察は金イオンスバツタリング蒸着後、走査電子顕微鏡（日本電子 100 型 ASID）で行った。なお電顕的观察を行った試料に連続する薄切片は光学顕微鏡的观察を行った。光顕的观察にあたっては、試料を 5%硝酸ホルマリン液にて脱灰後通法に従い、セロイジン包埋切片とし、ヘマトキシリン・エオジン染色および Van Gisson 染色、Azan-Mallory 染色を施した。

観察成績

骨窩中にある萌出期の歯は歯根の形成がみられるとともに、歯小囊の線維性結合組織につつまれている。この部の組織構造を線維の走行からみると、歯胚側では歯胚を取り囲む輪走線維がみられ、骨組織側では網状になっている。この網状の層は輪走する層よりも極度に厚い。輪走する線維束は、象牙前質の歯周靱帯側表面に密接して下方に走り、根尖部を取り囲む。根尖部では歯乳頭および網状線維束とは明確に境されている。とくに歯乳頭との境界部にはよく発達した血管網がみられる。この像はいわゆる hammock ligament と同一のものと考えられる⁷⁾（図 3、4）。

歯冠部ではエナメル上皮層と骨窩の骨組織の間にこの部を充す強靱な線維束群がみられる。この線維束は、歯冠部を被包する様に輪走する内層と骨組織に向って走り骨基質線維となっている網状の外層の 2 層に区分される。内層は厚く、線維束は強靱なものである。内層の線維束は歯根歯頸部に向い、象牙質に接しセメント質の基質内に包埋される。またこの線維束の一部は歯周靱帯隙を充填する結合組織内に放射状に侵入し、この結合組織線維となっている。一方、歯冠表面側では歯肉粘膜固有層に放散し、この部の結合組織線維となっている。この部の内外 2 層には多くの毛細血管がみられ、とくに内層には多くの毛細血管網を形成していると考えられる（図 4、5）。生後 30 日齢の幼犬乳白歯歯胚の線維束は不規則に密集して走り、骨組織やセメント質の基質には侵入していない。歯冠部では輪走する線維束が著明にみられる。しかし、歯根形成部では線維束は明らかでなく、こまかな線維網が作られている。これは歯小囊を構成する線維の一部であり、この線維の少数

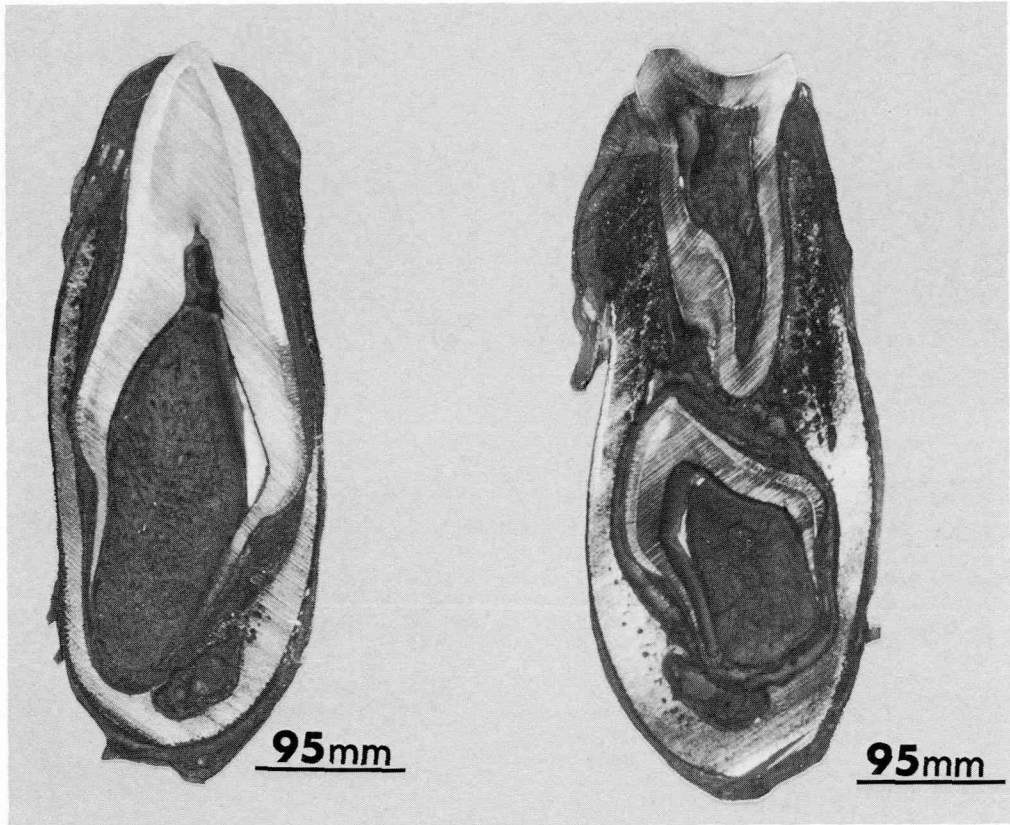


図1：観察試料の切断面像

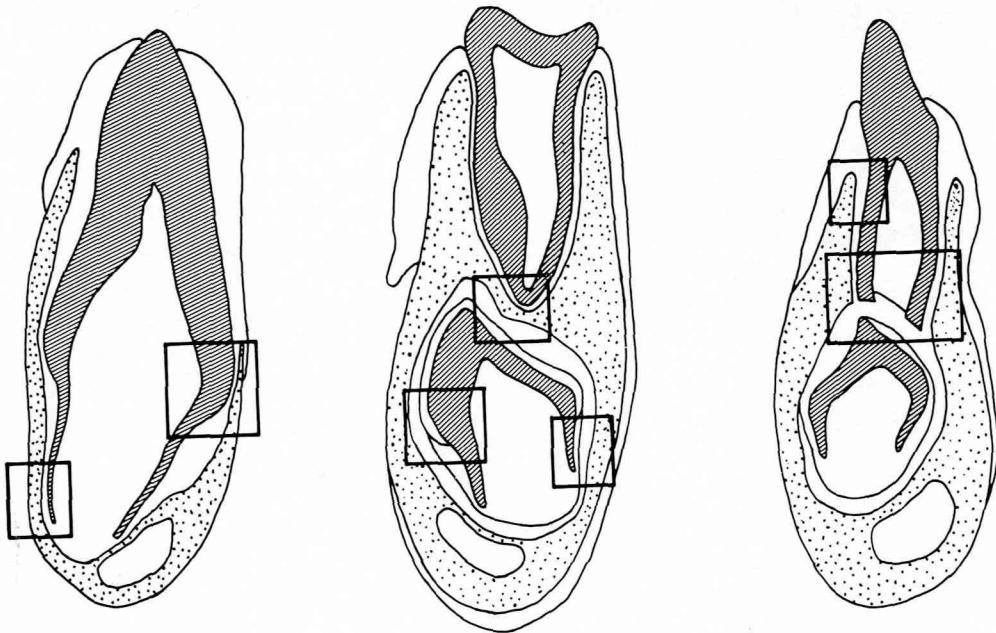


図2：観察部位と観察時期 (□は観察部位)

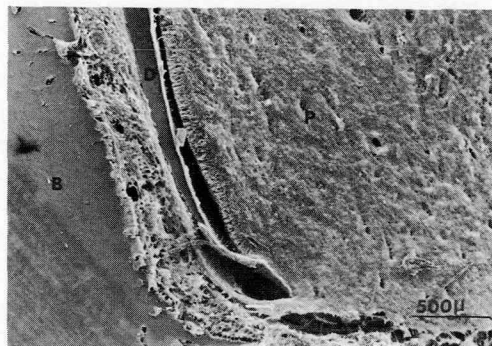


図3：萌出期前期の根尖部の像
Scherry 線維束はみられず hammock ligament (白矢印) がみられる。

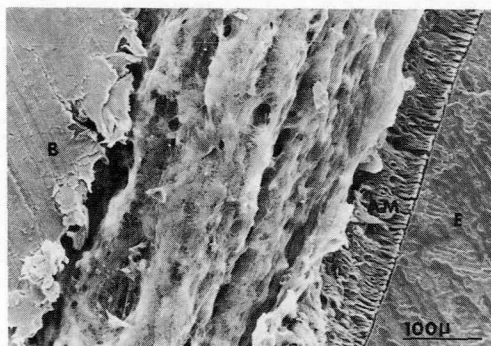


図4：萌出期前期乳歯歯胚歯冠部の像
エナメル上皮の外層には輪走する線維束がみられる。

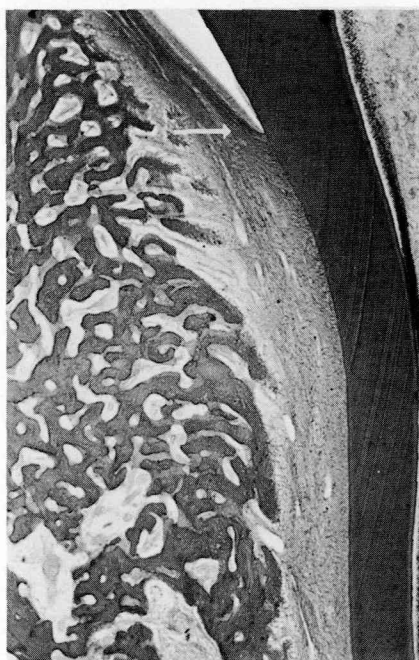


図5：萌出期後期乳歯歯胚歯頸部光顕像
歯冠部を被包する線維束が歯根歯頸部に付着している。

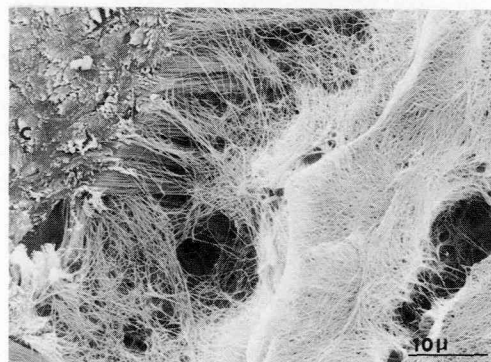


図6：萌出期中期の乳歯歯根側像
太いScherry線維束がセメント質内に侵入している。中間層には塊状の線維網がみられる。

は形成途上の歯根面に平行して走る。

生後70日齢の乳白歯歯胚では骨面や歯根面に直交する線維がみられ、この線維は線維束を形成するようになる。この部では未だ歯槽骨線維骨やセメント質基質は形成されていない。これら線維層にはさまれた中間層では密な線維網がみられ、Sicher(1965)等の述べる中間叢に酷似している¹²⁾¹⁴⁾。またこれら層の境界部には多くの毛細血管網が観察される(図6)。歯根形成が進むに従い、骨

基質やセメント質基質に侵入する Sharpey 線維束は密となり、一様に分布するようになる。またこれら線維束は中間層に向ってのび中間叢をつくる線維網につつまれるようになる。この期になると各層の境界にみられた毛細血管は極度に少くなり、中間層に広がる毛細血管網の像を示すようになる。このような線維束の走行の変化や毛細血管の減少は歯頸部より根尖に向って進行する。生後140日齢では歯根中央部においても、線維束は規則正しく走り、固有線維は太い線維束となる。この期では歯頸部は、歯槽骨よりセメント質に向い斜め下方に走る線維束が観察される(図7)。萌出が進むに従い歯頸部ではセメント質より肉肉粘膜固有層に向って走る線維が観察されるようになる。とくに歯槽縁部ではセメント質より出て歯槽骨外表を被覆する線維束が著明にみられる(図8)。これら線

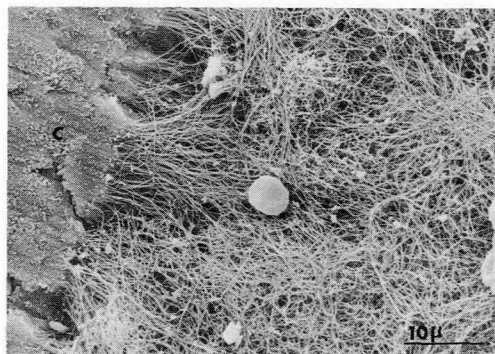


図7：萌出期後期の乳歯歯根側像
密なScherry線維束が形成中のセメント質内に侵入している。

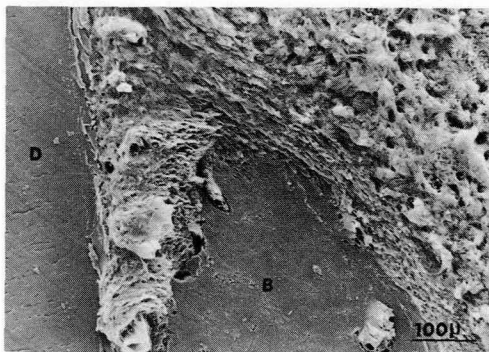


図8：萌出期後期における乳歯歯頸部
セメント質より歯槽骨外面に走る線維束がみられる。



図9：乳歯歯周靱帯の線維束

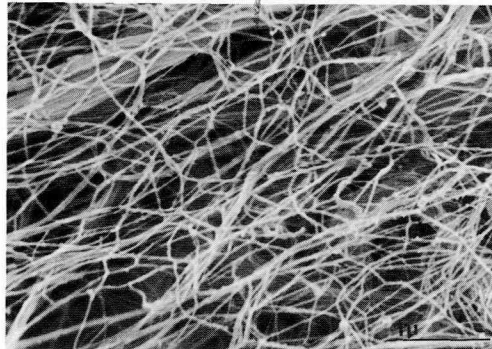


図10：乳歯歯周靱帯の固有線維（Scherry線維）
と非固有線維

維束の形成や走行の一定化は、歯の萌出とともに歯根形成や歯槽骨の形成に関係があると考えられる。根尖部線維束の走行を歯根形成が完了していない歯と、歯根形成が完了した歯とにおいて比較してみた。

生後70日齢では根尖を取り巻く輪走線維束がみられ、これは hammock ligament といわれるものでセメント質や骨組織には線維の侵入はみられない。一方、歯根形成が完了すると思われる生後140日齢では、根尖部には太い Sharpey 線維束がみられ、根尖を中心に放射線状に走っている。この線維束は次第に太く、密になって行く。生後

160日齢では根尖部の線維束は骨基質に侵入し、基質線維となっている。

萌出完了の歯周靱帯の Sharpey 線維束は束状をなして歯槽骨からセメント質に向かって規則正しく走行している。この走行は従来から述べられているごとく、各部で一定の方向に走る。とくに歯根側面の大部分では歯槽骨からセメント質に向かって斜走している。この線維束は層状に配列し、中間叢はみられない(図9)。根尖部では線維束は不規則ではあるが根尖を中心として放射状に広がっている。さらに、この線維束を拡大し観察すると、束状をなして走る Sharpey 線維束は歯根膜隙を充たす非固有線維の線維網に包まれている。この非固有線維は Sharpey 線維束をつくる固有線維より細く、線維束はつぐらない(図10)。

交換期の乳歯歯根と永久歯歯胚周囲組織について光学顕微鏡および走査電子顕微鏡により観察を行った。

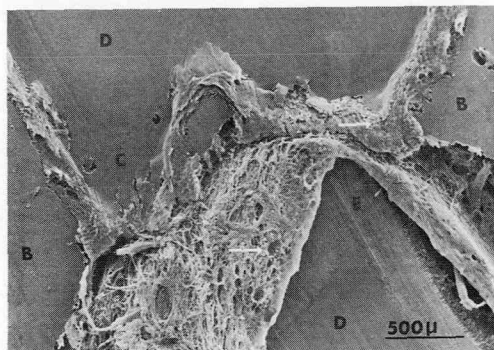


図11：交換期乳歯歯根尖部像
乳歯根尖と永久歯歯冠との間に2層の線維性膜がみられる。

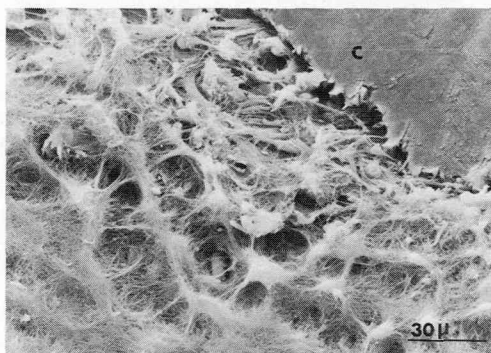


図13：根尖部セメント質は吸収され膨化したScherpy線維がみられる。

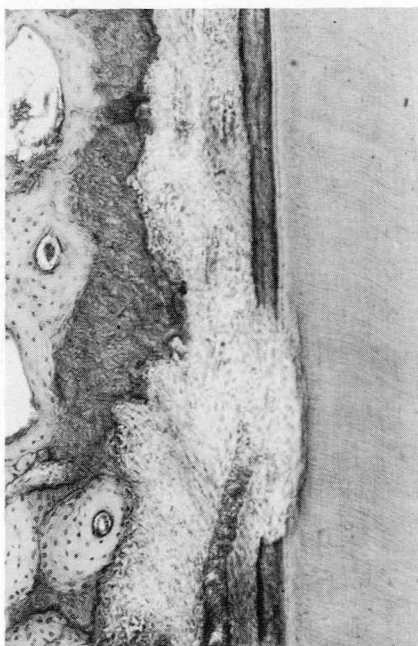


図12：根側の吸収像
吸収窩はScherpy線維束は消失し、疎性結合組織により充されている。

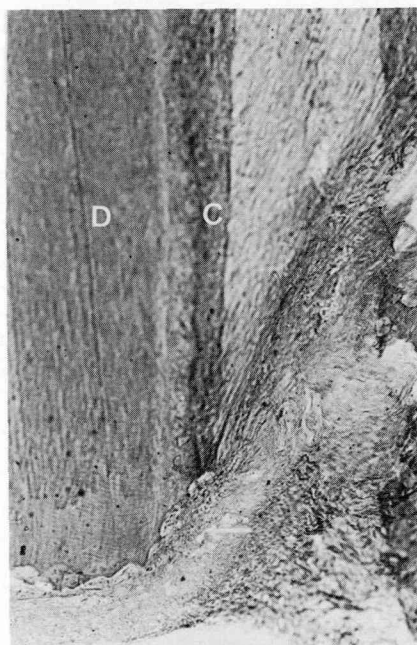


図14：乳歯歯根吸収光顕像
吸収部ではScherpy線維は消失し、吸収部を被包する線維束がみられる。(白矢印)

乳歯歯根の吸収がみられない時期では、歯槽基底には網状に配列する骨梁がみられ乳歯歯根を包んでいる。さらに深部ではこの骨に続く骨に包まれた永久歯歯胚がみられる。永久歯歯胚は歯胚表層を輪走する線維層とその外層の網状の線維網の2層から構成される線維性膜によって包まれている。また乳歯歯根尖部にみられる Sharpey 線維束の走行は正常時のものと変りはない。

永久歯の歯根形成が進み、永久歯が前機能期に

なると、乳歯根尖部と永久歯歯胚の間にある骨包の骨組織は歯胚側より吸収が始まる。さらに永久歯の萌出が進み、乳歯根尖にある骨梁が消失すると、乳歯根尖部は Sharpey 線維束は不著明になり、根尖を包む不規則に輪走する線維のみとなる。永久歯歯冠部では輪状に取り巻く線維性の膜のみとなり、外層の網状線維束の層はみられなくなる。この時期では乳歯根尖を包む線維層と永久歯歯冠を取り巻く線維層とは明らかに区分される(図

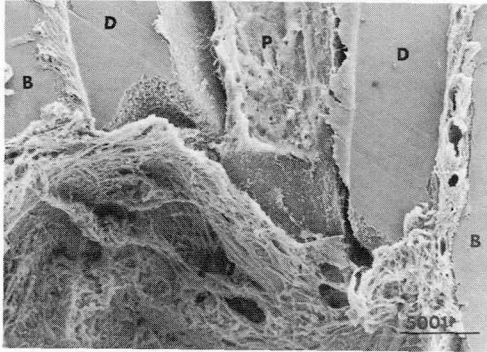


図15：乳歯歯根吸収像

乳歯歯根尖の線維は消失し、永久歯歯胚をつつむ線維に置き換えられる。

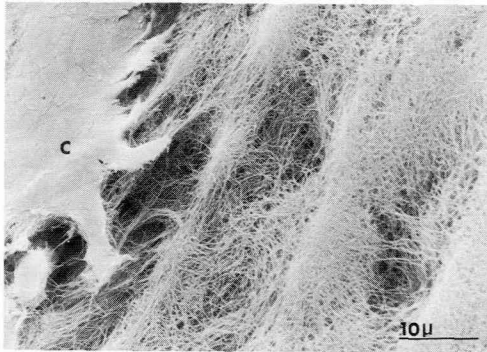


図16：強度に吸収されたセメント像

吸収窩は毛細血管に充され、附近は密な線維網で充される。

11). 従来 Scott 等によって述べられる導帯索 (gubernacular cord) と思われる線維束はみられなかった。

交換期では乳歯歯根は根尖部より吸収がはじまり、歯根表面は多くの吸収窩により波濤状となる。吸収窩附近の Sharpey 線維は断裂、消失し、この部位は疎性線維性結合組織により充たされるようになる。吸収窩 (Howship's lacunae) 底には破歯細胞がみられる (図 12)。吸収初期のセメント質表面附近をみると、セメント質表面は鋸歯状を呈し、Sharpey 線維束は消失する。この線維束に置き換えられて細い結合組織線維が網状に拡がり、さらにこの線維網をぬって走る太い毛細血管が密集している。この線維網中に膨化、断裂した線維の散在がみられる (図 13)。

極度に吸収の進んだ乳歯根尖部を光学顕微鏡で観察すると、吸収部位には Sharpey 線維束はみられず、吸収面は強い波濤状を示す。さらにこの吸

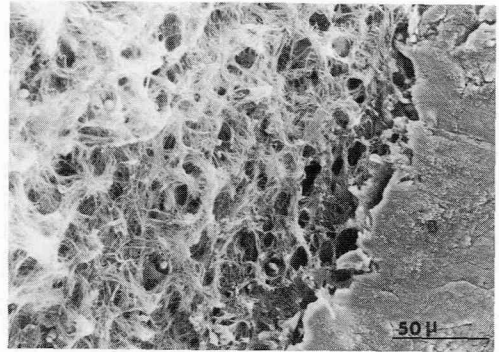


図17：歯槽骨の吸収像

吸収初期では吸収面は波濤状を呈し、多数の毛細血管がみられる Sharpey 線維束は断裂する。

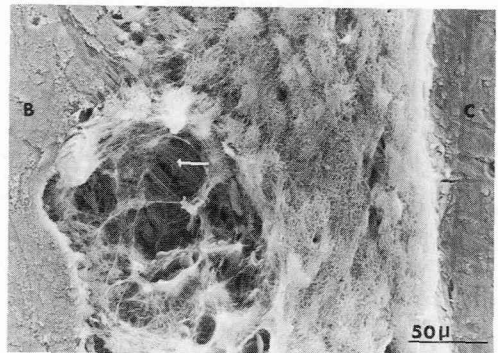


図18：歯槽骨の吸収窩像

吸収窩内には毛細血管が充満している。深部には Sharpey 線維束 (白矢印) がみられる。

収部位は、歯槽窩壁より来る線維束によって被包されている。この線維束は厚い線維性膜様の像を呈し、それより外層の線維網とは区分される (図 14)。走査電子顕微鏡で観察すると、吸収面は強靱な線維性膜で包まれ、この膜は次第に永久歯歯胚歯冠を包む線維性膜と癒合する。吸収部附近の根側にある歯周靱帯の Sharpey 線維束は消失し、毛細血管を多く含む結合組織により充たされる (図 15)。セメント質基質の吸収過程を観察すると、まず Sharpey 線維束が不著明となり、密な線維網で充たされ、毛細血管の密集がみられるようになる。セメント基質は Sharpey 線維束を残すかのように線維束に沿って吸収が進行していく。この吸収面や吸収窩には太い毛細血管が多くみられる。さらに吸収窩が大きくなると、吸収窩内は結合組織線維網や毛細血管により充たされ、一部膨化、断

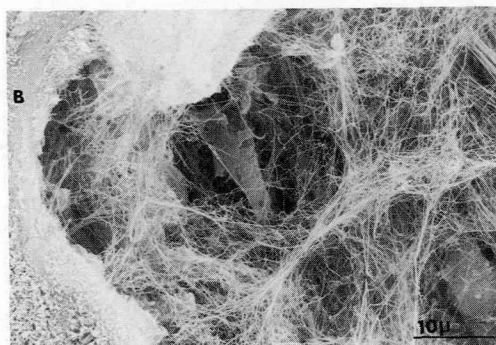


図19：歯槽骨における吸収窩像

吸収窩内には細い線維による線維網，毛細血管によって充される。

裂した Sharpey 線維がみられる (図 16)。

セメント質の吸収に先立って周囲歯槽骨の吸収がなされる。この吸収は、セメント質が比較的限局されて吸収されるのに比し、歯槽骨の吸収は拡範囲に吸収がはじまり、多くの吸収窩が散在する。骨組織の吸収像はセメント質の吸収像同様に Sharpey 線維束は断裂、消失し、換って不規則な線維網がみられる。この線維網には非常に多くの毛細血管がみられ、この部には密な毛細血管網が存在するものと考えられる (図 17)。大きな吸収窩内には太い毛細血管が塊状に密在し、周囲は密な線維網につつまれる。この吸収部には Sharpey 線維はみられない (図 18)。吸収が進行し窩が大きくなると、毛細血管が残存するとともに疎な線維網で吸収窩は充たされる。この線維網は他部と比較して、疎ではあるが、線維の走向や網目は非常に不規則なものである (図 19)。

吸収部位は多くの毛細血管の集合がみられるとともに網状の結合組織線維により充填され、さらにその外層は強靱な輪走する線維束により作られる線維性膜によって包まれる。交換期における乳歯歯根部におけるこの線維性膜では永久歯歯胚歯冠部周囲にみられる線維性膜と硬組織吸収面との間には多くの毛細血管がみられる。これは吸収機序の圧迫説に従う組織構造と考えられる。

考 察

顎骨内で形成される歯は歯根や歯槽基底の骨組織の形成に従って萌出していく。この萌出機序については種々の仮説が唱えられている。しかしこれという立証的な観察はなされていない。

Sicher (1942)¹²⁾は固有線維の状態から歯周靱帯を骨側、セメント質側と中間叢の3層に分け、中間叢は歯の萌出に必要であると述べている。Grant と Bernick (1972)³⁾は最初はセメント質側より Sharpey 線維が出来、遅れて歯槽骨側に線維が出来る。そしてそれぞれの線維束は中心部にのび中間叢を作ると述べている。著者の観察では歯小囊を構成する線維が骨組織とセメント質に埋入されて Sharpey 線維となる。この時期には明らかに中間層に網状の線維叢がみられる。これは萌出がかなり進むまで観察される。これから考えて歯周靱帯の形成や線維束の走行は萌出に大きな関係をもつものと考えられる。前萌出期や前機能期では歯冠をとりまく輪走線維束がみられ、この一端は歯肉粘膜固有層に拡がり、他端は歯頸部に付着している。

GrantとBernick (1972)³⁾は歯頸一歯肉線維束になる線維束を記している。この線維束と歯冠を輪走する線維束とは同一の線維束であるか否かは明らかでない。しかしこの輪走する線維束も萌出に関係しているものと考えられる。Hudson 等によって述べられている導帯索 (gubernaculum dentis) になる線維束がこの輪走線維束から分岐する様子は観察されなかった。

歯根の形成とともに歯頸部より次第に歯周靱帯の固有線維束 (Sharpey 線維束) が形成され一定の方向に走るようになる。歯根形成過程の根尖では歯周靱帯の線維束はみられず、周囲骨壁から延び根尖をつつむ線維束がみられる。これは Sicher¹²⁾が述べた "Cushioned hammock ligament" になるものと考えられる。この線維束に接する歯乳頭の部には多くの毛細血管が観察される。歯根の形成が進むに従い、この線維束は不著明となり、歯根形成完了時にはこの部は根尖を中心とした放射状に走る線維束群となる。

代生歯の萌出にともない、乳歯歯根も周囲骨組織も吸収される。この吸収過程では永久歯歯胚を包む骨包から吸収が始まり、乳歯歯根の吸収に続いて行く。Kronfeld (1932)⁴⁾は吸収過程の観察を行い、吸収機序には周囲の結合組織が大きな役割をなすと述べている。しかし著者の観察した結合組織線維の発育と走行については述べられていない。吸収部位外層には被包する強い線維性膜がみられ、内層には密な線維網がみられる。この線

維網には多くの毛細血管が散在し、とくに吸収面あるいは吸収窩にはこの毛細血管は密在する。吸収窩内には Sharpey 線維の存在はみられず、疎な線維網と毛細血管で充満される。吸収機序には破歯細胞の機能が主となると考えられるが、この部の血液循環や結合組織線維の充填による圧迫もひとつの吸収誘因となると考えられる。

結 論

乳歯萌出期から交換期にわたる雑幼犬の下顎前歯、臼歯部の歯周靱帯の固有線維につき、光学顕微鏡と走査電子顕微鏡より観察を行い次の結果を得た。

1) 歯根形成時期に歯小囊の線維束は網状となり、骨組織側と象牙質側から Sharpey 線維をつくる。萌出の前機能期までは明らかな中間叢がみられ、機能萌出期には中間叢はみられなくなる。

2) 歯根形成時期の根尖部には周囲骨組織から出て、根尖部を輪走する線維束がみられる。この線維束に接する歯乳頭の部には多くの毛細血管がみられる。

3) 萌出中の歯胚歯冠の外周は輪走する線維束に包まれ、この線維束の一端は歯根歯頸部に附着している。

4) 交換期の吸収歯根や歯槽骨を観察すると、吸収部の外層は輪走する線維により作られる線維性膜によって包まれ、内層には厚い疎性結合組織層がみられる。

5) 吸収部には多数の毛細血管がみられ、Sharpey 線維は断裂、消失する。吸収が進むと密な線維網に置きかえられ、この線維網中に毛細血管が散在する。吸収窩内は網状の結合組織線維と毛細血管によって充たされる。

稿を終るにあたり、この観察に際し多大の御協力を頂いた松本歯科大学電子顕微鏡室主任赤羽章司学士に深甚な謝意を表わします。

文 献

- 1) Bernick, S. (1960) The organization of the periodontal membrane fibers of the developing molars. of the rat. *Archs oral Biol.* 2: 57—63.
- 2) Furseth, R. (1968) The resorption processes of human deciduous teeth studied by light microscopy, microradiography and electron microscopy. *Archs oral Biol.* 13: 417—431.
- 3) Grant, D. and Bernick, S. (1972) Formation of the periodontal ligament. *J. Periodont.* 43: 17—25.
- 4) Kronfeld, R. (1932) The resorption of the roots of deciduous teeth. *Dent. cosmos*, 74: 103—120.
- 5) Levy, B. M. and Bernick, S. (1968) Development and organization of the periodontal ligament of deciduous teeth in marmosets. *J. dent. Res.* 47: 27—33.
- 6) Magnusson, B. (1969) Mucosal changes at erupting molars in germfree rats. *J. Periodont. Res.* 4: 181—188.
- 7) Main, J. H. (1965) A histological survey of the Hammock Ligament. *Archs oral Biol.* 10: 343—351.
- 8) Massler, M. and Schour, I. (1941) Studies in tooth development. *Theories of eruption.* *Amer. J. Orthodont* 27: 552—576.
- 9) O'Brien, C., Bhaskar, S. and Brodie, A. (1958) Eruptive mechanism and movement in the first molar of the rat. *J. dent. Res.* 37: 467—484.
- 10) Scott, J. H. (1948) The development and function of the dental follicle. *Brit. dent. J.* 85: 193—198.
- 11) Scott, J. (1953) How teeth erupt. *Dent. Practit. Dent. Rec.* 3: 345—349.
- 12) Sicher, H. (1942) Tooth eruption: The axial movement of continuously growing teeth. *J. dent. Res.* 21: 201—210.
- 13) Westin, G. (1942) Über Zahndurchbruch und Zahnwechsel. *Z. mikr.-anat. Forsch.* 51: 393—470.
- 14) Zwarych, P. D. and Quigley, M. B. (1965) The intermediate plexus of the periodontal ligament: History and further observations. *J. dent. Res.* 44: 383—391.