

歯 の 萌 出

鈴木 和 夫

松本歯科大学 口腔解剖学第2講座 (主任 鈴木和夫 教授)

Tooth Eruption

KAZUO SUZUKI

Department of Oral Histology, Matsumoto Dental College.

(Chief; Prof. K. Suzuki)

I. は じ め に

歯が顎骨の中で形成され、その位置から咬合面に向って移動する。この歯の発生部位から、口腔内で機能を営む位置にまで移動することを萌出と言っている。この期間中に歯は顎骨の中で歯胚の形成位置から咬合機能をする位置にまで移動する。この主な移動は歯軸に沿った方向すなわち咬合方向である。しかし、歯の形成や萌出中に顎骨は発育成長がともなっているために近遠心的あるいは頬舌的な移動も加わって運動している。

この運動を起す機序についてはまだ正確に知られていない。歯の萌出運動を起す原因として、1) 歯根の成長、2) 顎骨の成長、3) 歯周靱帯の形成と牽引、4) 歯根形成時の根尖周囲の血圧と血流等が考えられている。しかし、このひとつひとつの原因によるものでなく、複数の原因が加わって歯の萌出運動が起るものと考えられる。

この萌出運動にともなって、歯と歯周組織の形成、歯肉の形態的变化、乳歯の脱落等が起る。

今回は、萌出時の歯と周囲組織の組織学的形態からみて萌出機序を考察してみたいと思う。

II. 歯の萌出過程

歯の形成が開始されてから咬合機能の位置にいたるまでの萌出過程は、前萌出期 (preeruptive phase)、前機能的萌出期 (pre-functional eruptive phase) と機能的萌出期 (functional eruptive phase) の3つの時期に分けられている^{3) 16) 25)}。

A. 前萌出期

この時期では、歯胚は歯胚洞という骨包に包まれて存在している。歯胚の初期には歯胚は小さいが、乳歯歯胚は急速に発育するため頬舌的に重なった状態で顎骨中におさまっている。しかし顎骨の発育に従って歯胚は移動し、萌出する位置におさまる²⁵⁾。このために骨包の壁には骨の吸収、増生がみられる。これにより歯胚の大きさと歯胚洞の大きさの比は一定に保たれる。また歯の形成がすすむに従い、歯胚は歯冠の形にそった偏心的発達をし、これにより骨包も大きさを変える。この様にして歯胚も歯胚洞は大きさと位置を変えていく。しかし歯胚洞の底部の位置は乳歯でも永久歯でも一定に保たれている。これは歯の形成、発達に従い、歯槽骨の形成発育により高径が大きくなるためと考えられる²⁶⁾。

B. 前機能的萌出期

Bhasker はこの時期を萌出期と呼んでいる³⁾。歯胚が歯冠の形成をほぼ完了し、歯根も歯周靱帯の形成がはじまる。この時期には歯は顎骨の中から咬合面に向かって移動し、歯軸方向の移動が主となっている。

Hertwig 上皮鞘が深部に向かって増殖し、歯根は歯胚洞に向かって成長する。この歯根形成の開始時期には歯胚洞底には骨の吸収がみられ、骨包はやや大きくなる²⁾。歯根形成開始時期に一時起った歯胚洞底の骨吸収は起らなくなり、歯根形成にともない歯胚は咬合面に向かって移動するようになる。さらに歯胚の移動に従い、この歯胚洞底に骨組織の増生がみられるようになる。このことにより歯胚の移動は急速となる。

歯根形成にともない歯小囊より歯周靱帯やセメント質、歯槽窩壁線維骨の発生がみられる。これは歯根象牙質が形成されるとその側壁に歯小囊よりの線維束が直交、接触し、この結合組織中の線維細胞、間葉細胞がセメント芽細胞に分化してセメント質をつくる。また歯胚洞の骨包壁にも歯小囊よりの線維束が直交、接触し、この結合組織の細胞が骨芽細胞に分化して骨組織をつくる。この様にして歯根周囲の歯周靱帯を含む歯周組織が形

成されてくる⁸⁾。

乳歯歯胚と代生永久歯歯胚は最初は同一歯胚洞内に位置し、上方は口腔粘膜下に向い大きく開いている。この開口は乳歯萌出期には骨溝として開いているが、永久歯では乳歯萌出にともない、乳歯歯根や歯槽骨により、導帯管をのこし閉され、独立した歯胚洞となる。この歯胚洞は乳歯歯根舌側にあり、永久歯の萌出にともない乳歯歯根に近づき大きくなる。この導帯管は乳歯列顎骨では、乳歯舌側に導帯孔（歯帯孔）としてみられる^{3) 5) 7) 25)}。この孔は永久歯の萌出に従い、乳歯舌側に向かって楕円形に大きくなるといわれる⁹⁾。導帯管中には永久歯の移動に関わりをもつと思われる結合組織と歯堤が含まれ、導帯索と呼ばれている⁶⁾。（図1、2）

歯の萌出がすすみ、歯胚が口腔粘膜に近づくと口腔粘膜下では、粘膜下結合組織の消失、癒合エナメル上皮と口腔粘膜上皮の癒合増殖がみられるようになる。この上皮の癒合と萌出路の上皮吸収が歯冠の口腔内露出を安全にさせる。さらに歯冠の口腔内萌出後にこの上皮癒合部は付着上皮部をつくる^{1) 10) 12)}。

C. 機能的萌出期

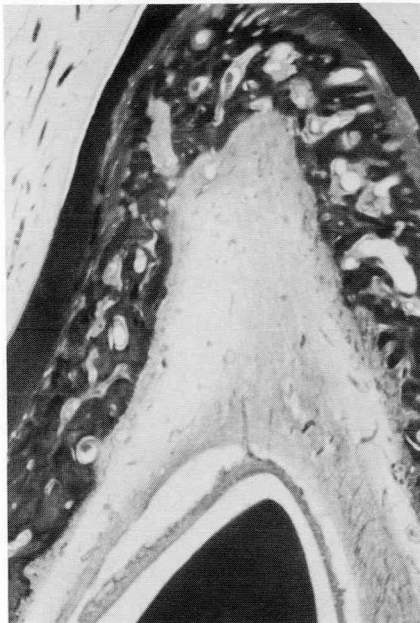


図1：下顎乳歯根間中隔部にみられる導帯孔

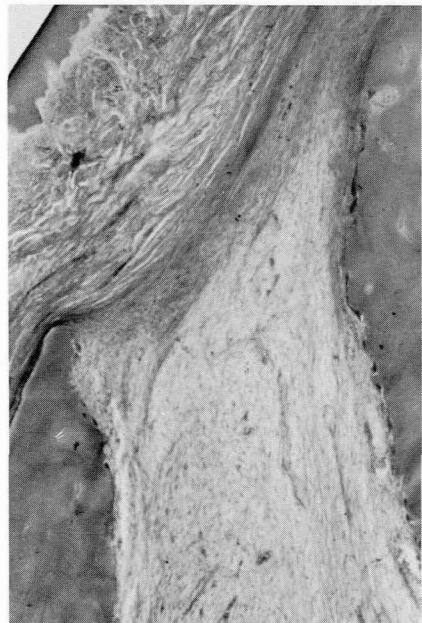


図2：導帯索の結合組織
導帯索の結合組織線維は歯肉粘膜結合組織につづいている。

歯の萌出がすすみ、歯冠は咬合面に達すると咀嚼機能を営むことにより咬耗されていく。しかし歯冠の位置は生理的に咬合面を保っている。これは根尖部に2次セメント質の形成や、歯槽窩底の骨の増生によるものと考えられる。また隣接面でも接触点部では損耗されていく。しかし歯は近心移動により隣接歯の接触を保っている。これは歯槽骨の吸収、付加や歯根膜の変化により保たれていると考えられる^{2) 3) 27)}。

機能期にも、歯根周囲の組織構造の改造により歯は移動し、機能生理的な位置を保っている。

III. 歯の萌出機序

歯の萌出機序については多くの研究者によって正常な発育の観察や実験的条件下の観察により推察されている。これらによると萌出機序はいくつかの因子が考えられる。

この主なるものは歯根の形成発育、歯周靱帯の形成と周囲結合組織の変化、歯槽骨の形成と歯乳頭あるいは歯髄の変化があげられる。しかしこの萌出因子をヒトで追究することは難しく、動物実験により観察されている。また萌出因子は単一の因子によるものでなく、多数の因子が加わって萌

出を左右していることが観察される。

A. 歯根の形成発育

歯根の形成が開始されると歯槽窩底の骨吸収がみられる。歯根の形成とともに根尖周囲の結合組織に圧刺激が加わり、結合組織細胞は破骨細胞に分化して骨の吸収が始まる。X線像等で歯根の発育と萌出距離を比較してみると、歯根の発育より萌出距離は大きく、歯根の形成が萌出の主因子になると考えられない²⁾。Ten Cate は齧歯類の切歯の中央部に柵を入れ固定した実験を行った。この実験では、柵より先端は萌出を続け脱落する。また根尖側では歯根は形成をつづけ弯曲したり、歯槽窩底の吸収がみられる。このことから歯根の発育と萌出とは関係がみられないと言っている^{2) 24)}。

これらのことから歯根形成が萌出の主因子となるとは考えられない。

B. 歯槽骨の形成

歯根形成が開始されると歯胚洞底は一部吸収がみられる。さらに歯根形成がすすみ、歯の移動が開始すると歯胚洞底に骨の増生がみられ、骨小梁が層板状に配列するのがみられる(図3)。根尖部歯小囊外層の線維は網状に歯胚洞壁に向って走行するようになり、この線維束に沿って網状の幼若な骨小梁を形成する(図4)。この骨小梁は増殖す



図3：根尖周囲の新生骨
歯胚洞底に層板状の新生骨梁がみられる。

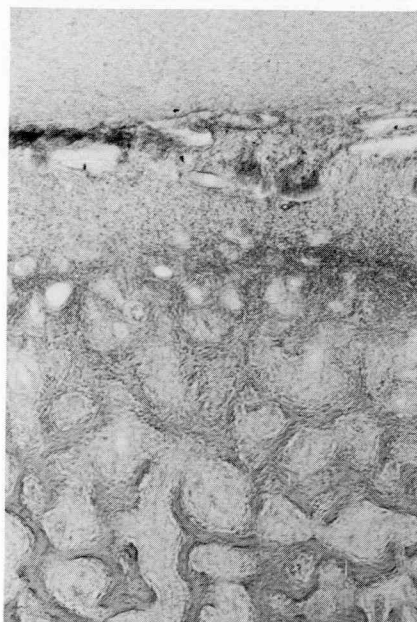


図4：根尖周囲の骨形成像

ることにより太さを増すとともに歯根方向に向って層板状に増生していく(図5)。

歯の萌出がすすむと歯根の形成とともに歯胚洞側壁にも骨の増殖がみられ、網状の骨小梁の配列

がみられる。これは歯の萌出方向に増生がすすんでいく(図6)。この骨梁の基質中には歯小囊よりの結合組織線維が侵入して基質線維となっている(図7)⁴⁾。

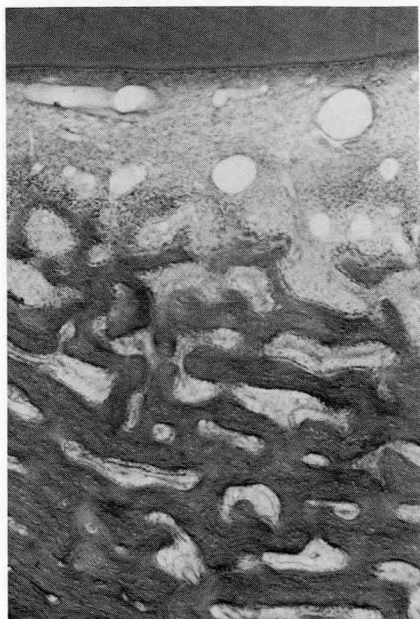


図5：根尖周囲の新生骨
層板状の骨小梁は太さをまし増殖する。

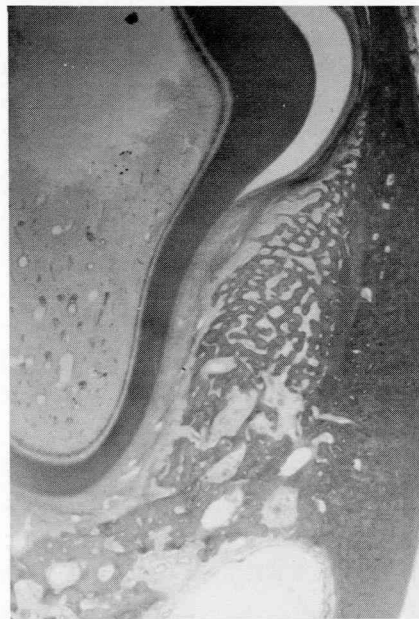


図6：歯胚洞壁の骨形成像
歯胚洞側壁に骨小梁が増生する。



図7：歯周靱帯線維束の形成
歯小囊の線維が歯槽骨基質線維となり、
骨形成がなされる。



図8：萌出時の歯頸部線維束
歯冠部を被包する線維束が歯頸部に付
着している。

これらの歯胚洞壁の外表に骨の増殖付骨は歯槽骨の形成とともに歯胚を移動させる因子になると思われる。しかし骨の増殖と歯根の形成発育によって萌出がすすむ時には、これら組織間に将来歯周靱帯になる歯小囊の線維性結合組織がある。この結合組織の変化が萌出の力を与えると考えられる(図8)。

C. 歯周靱帯の形成

歯周靱帯の形成にともなう Sharpy 線維束の形成とその走行の変化が萌出の力を与えられると思われる。

歯根形成がすすむにつれて、歯小囊より形成中の象牙質表面にセメント質を作るとともに Sharpy 線維をつくり、さらに歯胚洞側壁に線維骨を作るとともに Sharpy 線維をつくる。この様に両側より歯周靱帯の Sharpy 線維束が発生し、中間叢が作られると Grant と Bernick が述べている⁸⁾²⁸⁾。しかし中間叢の存在は電子顕微鏡的観察ではみられない。歯根形成開始時期には歯小囊線維は歯肉に向って斜走している。この線維は歯根の形成にともない歯槽窩壁から歯根に向い斜めに走るようになる(図9)。歯の萌出にともない歯槽縁線維束や水平線維束は走行を変える。これは歯周靱

帯の線維は歯に牽引の力を加えて、萌出の原因のひとつとなると考えられる。この線維束の走行を変える時期には歯周靱帯には中間叢が著明にみられる(図10)²¹⁾²²⁾。

歯の萌出は単に線維束の形態的变化によるものでなく、線維束を作る Collagen 線維の成熟により萌出は促進されると考えられるようになってきた。ラチロゲンを与えた動物の実験では、Collagen 線維の成熟により Collagen 分子の収縮を起し、歯を萌出させる力を与えられると考えられている¹¹⁾¹³⁾。

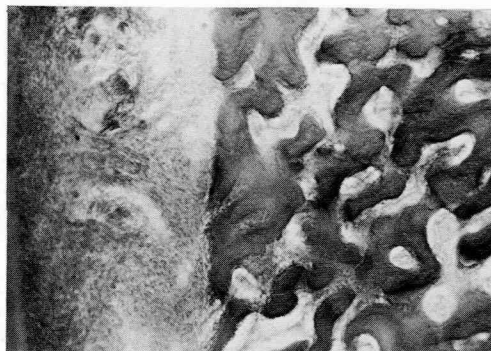


図10：萌出時の歯周靱帯線維束
線維束の形成時には中間叢がみられる。



図9：歯周靱帯線維束の形成
骨側とセメント質側から斜走する線維束がつくられる。



図11：歯根形成と周囲結合組織像
歯根周囲結合組織外層には多くの血管がみられる。

D. 根尖周囲組織の変化

歯根の形成や歯胚洞底骨組織の付加と根尖周囲結合組織増殖の相互作用により歯が移動する。

歯根形成中の根尖は歯小囊や歯胚洞をうめる結合組織につつまれている。とくに根尖部は歯小囊から続く強靱な線維膜で囲まれ、歯乳頭と根尖部結合組織が界いされている。歯乳頭や根尖周囲の結合組織には多くの血管がみられる(図11)¹⁾。この線維性膜の外周は疎性線維性結合組織で、骨面に接して多くの血管がみられる。歯乳頭や根尖周囲結合組織に血管が豊富であることから血圧や血流が歯の移動に関係していると考えられている(図12)。根尖部では Hertwig 上皮鞘がのび、歯乳頭側には象牙芽細胞が配列している。Hertwig 上皮鞘の外表面には歯小囊からのびる線維がみられ、この線維は根尖部にのびている¹⁵⁾。さらに外層は疎性結合組織になっている¹⁸⁾。歯根の成長と歯槽骨の成長により両者が接近すると、組織液が誘導され、この根尖周囲組織への組織液の漏出は、歯根と歯槽骨を引き離し、歯が移動し萌出すると言われている。組織液はこの疎性結合組織に集積すると思われる(図13)。根尖部の Hertwig 上皮鞘のみられない部分では線維膜は菲薄になっている。

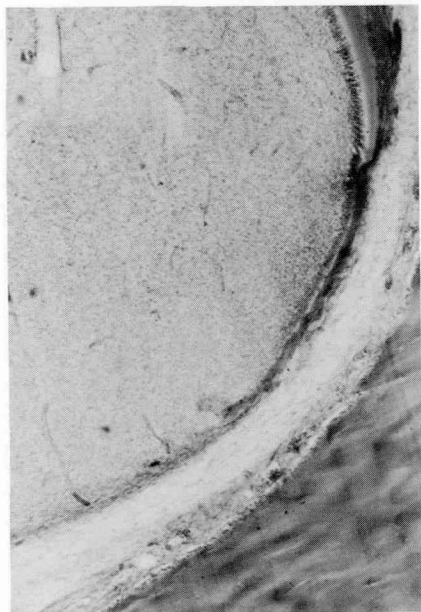


図12：歯根形成期の根尖像
根尖部に線維性膜があり、歯乳頭と周囲結合組織を界いする。

る。この部の歯乳頭には太い毛細血管が分布している。また疎性結合組織中には密な毛細血管網がみられる(図14)。歯根象牙質の形成部が Hertwig 上皮鞘の増殖部では歯胚洞壁に沿って走る太い毛細血管がみられる。これは歯胚洞骨包の骨吸収に大きな役割をもつものと考えられる(図15)。歯小囊から線維がのび、根尖部をつつむハンモック靱帯(cushioned-hammoc ligament)は成長しつつある歯根を定位置に固定し、歯根尖と歯胚洞底の間隔を保っていると思われる¹⁴⁾。さらにこの間隔を埋める結合組織の圧力が歯の移動の一因子となっていると考えられる¹⁹⁾。

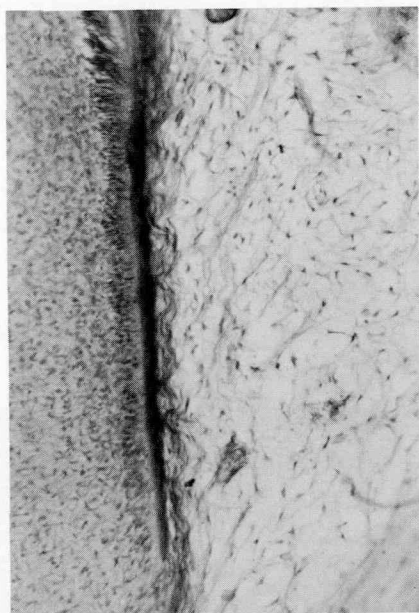


図13：歯根形成部周囲組織像
外周は疎性結合組織でつつまれている。

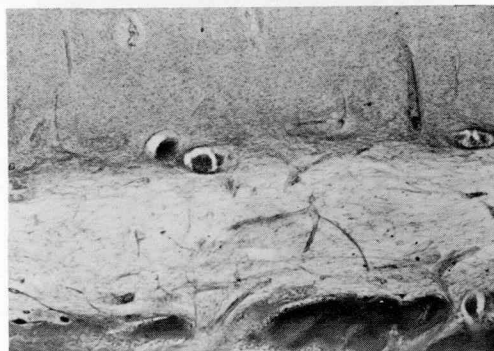


図14：歯根形成時根尖部組織像
Hertwig 上皮鞘に囲まれない部分には多くの毛細血管がみられる。

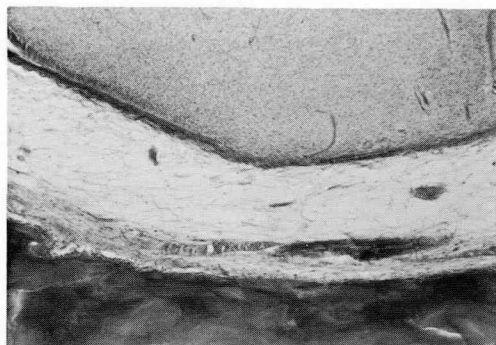


図15：歯根形成部周囲組織像

外周には太い毛細血管がみられるとともに
この部の骨壁には骨吸収像が認められる。

IV. ま と め

歯の萌出にともなう運動の機序については未だに不明な点が多く残されている。多くの研究者により多くの学説が提示されているが、これらが個々に働いて歯が移動するものとは考えられない。歯冠の形成が完了すると、歯根の形成から始まって歯槽骨や、歯周靱帯を形成しつつ歯は萌出していく。この萌出過程に歯周靱帯の線維束の形成と走行の変化や根尖部の血管圧や組織液集積による組織圧が加わる。歯根象牙質が形成されると歯小囊よりセメント質、歯槽骨の線維骨や歯周靱帯を形成していく。形態学的観察によれば、歯周靱帯線維束走行の変化や歯胚洞底の骨組織の付加が歯の位置を変えられると思われる。とくに歯槽縁線維束と水平線維束の走行の変化は歯の軸方向の移動に大きな関わりがあると考えられる。歯の萌出が続き、歯冠が咬合位に達すると歯周靱帯の線維束は一定の配列をする。歯が機能を営むようになると中間叢はみられなくなる。

萌出は複数の因子が加わって行われる。これら考えられている数多くの因子が萌出過程のすべての時期に働いているとは思われない。生理学的に考えられるいくつかの因子が働き、この因子が働き難い時期には他の因子が働くものと考えられる。例えば、歯周靱帯の形成初期には歯根尖部の血管圧や組織圧が多く働くと思われる。ハンモック靱帯によって根尖部の位置は固定されている。これにより歯は口腔に向かって軸方向に移動し、根尖の高径的位置は変わらず、歯槽骨は上方に發育成

長し、骨体は下方に成長する。

咬合位に達した歯は根尖部2次セメント質の増殖、歯槽窩底の骨の増殖により軸方向の移動をする。水平的移動は歯槽窩壁の骨の吸収、付加や歯周靱帯線維束の牽引により起ると考えられる。

これら歯の萌出機序については多くの学説が唱えられている。そして実験的研究が加えられて、これらはまとめられつつある。しかしこれらはすべて仮説であり、今後萌出過程を詳細に観察し、実験的実証を加える必要があると考えられる。

文 献

- 1) 赤井三千男, 北村忠義, 崎田道隆, 高寄正武, 西嶋庄次郎 (1965) 交換期の歯に分布する血管と結合組織線維について. 阪大歯学誌, 10: 189—201.
- 2) Berkovitz, B. K. B. (1972) The effect of preventing eruption on the proliferative basal tissues of the rat lower incisor. Archs oral Biol., 17: 1279—1288.
- 3) Bhaskar, S. N. (1980) Orban's oral histology and embryology. 9th ed. 371—403. Mosby Co. St. Louis, Toronto, London.
- 4) Brinick, S. (1960) The organization of the periodontal membrane fibers of the developing molars of the rat. Archs oral Biol. 2: 57—63.
- 5) Cahill, D. R. (1969) Eruption pathway formation in the presence of experimental tooth impaction in Puppies. Anat. Rec. 164: 67—78.
- 6) Cahill, D. R. (1970) The histology and rate of tooth eruption with and without temporary impaction in dog. Anat. Rec. 166: 225—237.
- 7) 土居将男 (1973) いわゆる歯帯孔 (導帯孔・藤田) の形態学および組織学的研究. 歯科医学, 36: 410—442.
- 8) Grant, D. and Bernick, S. (1972) Formation of the periodontal ligament. J. Periodont. 43: 17—25.
- 9) 浜本義人, 入江英仁, 逢坂巨彦, 峰岸秀夫, 森山賢児, 吉田忠雄, 佐野正之, 五嶋秀雄. (1979) 歯帯孔と乳歯歯槽窩との距離について——ヒト——. 城歯大紀要, 8: 323—327.
- 10) 小林勝代, 甘利英一, 鈴木和夫 (1971) 萌出時に於ける上皮組織の変化について. 小児歯学誌, 9: 116—125.
- 11) 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.
- 12) Magnusson, B. (1969) Mucosal changes at erupting molars in germfree rat. J. Periodont.

- Res. 4: 181—188.
- 13) Magnusson, B. (1973) Autoradiographic study of erupting teeth in rats after intracardinal injection of ^{131}I -fibrinogen. *Scand. J. Dent. Res.* 81: 130—134.
 - 14) Main, J. H. (1965) A histological survey of the hammock ligament. *Archs oral Biol.* 10: 343—351.
 - 15) Massler, M. and Schour, I. (1941) Studies in tooth development. Theories of eruption. *Amer. J. Orthodont.* 27: 552—576.
 - 16) Mjör, I. A. and Fejerskov, O. (1979) Histology of the Human Tooth. 2nd ed. 157—170. Munksgaard. Copenhagen.
 - 17) Owens, P. D. A. (1974) A light microscopic study of the development of the roots of premolar teeth in dogs. *Archs oral Biol.* 19: 525—538.
 - 18) Scott, J. H. (1948) The development and function of the dental follicle. *Brit. dent. J.* 85: 193—198.
 - 19) Scott, J. H. (1953) How teeth erupt. *Dent. Practit. dent. Rec.* 3: 345—349.
 - 20) Sicher, H. (1942) Tooth eruption: The axial-movement of continuously growing teeth. *J. dent. Res.* 21: 201—210.
 - 21) 鈴木和男, 村松力, 吉沢英樹 (1977) 走査電子顕微鏡による歯根膜線維の観察. *松本歯学*, 3: 28—42.
 - 22) 鈴木和夫, 村松力, 吉沢英樹 (1980) 歯の萌出期における歯周靱帯線維の観察. *松本歯学*, 6: 81—89.
 - 23) Ten Cate, A. R. and Mills, C. (1972) The development of the periodontium. The origin of alveolar bone. *Anat. Rec.* 173: 69—78.
 - 24) Ten Cate, A. R. (1975) Formation of supporting bone in association with periodontal ligament organization in the mouse. *Archs oral Biol.* 20: 137—140.
 - 25) Ten Cate, A. R. (1980) Oral Histology. Development, Structure and Function. 1st ed. 270—289. Mosby Co. St. Louis, Toronto, London.
 - 26) 対木桂次 (1950) 犬に於ける下顎骨発育の実験的研究: 倉敷病院年報, 21: 45—60.
 - 27) Van Hassel, H. J. and McMinn, R. G. (1972) Pressure differential favouring tooth eruption in the dog. *Archs oral Biol.* 17: 183—190.
 - 28) 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.