血管鑄型法と走査型電顕による内縁上皮 直下の血管網の推移について

岸 好 彰

神奈川県大学口腔解剖学教室（指導：高橋和人教授）

〔受付：昭和57年6月20日〕

The development of the vascular network under the inner epithelium of the dog gingiva using resin casts and scanning electron microscope

Yoshiaki Kishi

*Department of Oral Anatomy, Kanagawa Dental College,
82 Inaoka, Yokosuka, Kanagawa, 238
(Chief: Prof. Kazuto Takahashi)*

〔Accepted for publication : June 20, 1982〕

Key words : resin casts / scanning electron microscope / reduced enamel epithelium / oral epithelium /
fence-like pattern

Abstract : This study is concerned with the development of the vascular network under the inner epithelium of gingiva. Molar germs of the secondary dentition of dogs were used. Scanning electron microscopy was made on the resin cast preparations of the vasculature throughout the stages of development from pre-eruption to eruption of the molar tooth by the corrosive resin injection technique. The following results were obtained :

- 1) Before eruption, the vascular networks were seen to be located both externally and internally to the reduced enamel epithelium. The external portion was coarse, whereas the internal portion consisted of densely arranged capillary loops.
- 2) As the crown increased in size and began to erupt, the capillary loops, which are oriented toward the coronal surface, took on variant forms.
- 3) During eruption, the lower margin of the internal vascular network was transitional to the periodontal vascular network, so that the border between the vascular network underneath the junction epithelium and the periodontal vascular network was not clearly distinguishable. As the eruption neared completion, however, the hexagonal-shaped vascular network, under the junction epithelium, multiplied to increase in density. Consequently, the lower margin of the vascular network underneath the junction epithelium (now attached cuff epithelium) became clearly discernible despite being transitionally bordered by the periodontal vascular network.
- 4) The vascular network underneath the attached cuff epithelium was made up of a hexagonal-shaped vascular network derived from the internal vascular network of the reduced enamel epithelium and the fence-like vascular network derived from the vascular network underneath the oral epithelium. These two different-shaped vascular networks united soon after the complete eruption, although they had been located close to each other during eruption.

はじめに

Magnusson¹⁵⁾ (1969), Mjör & Pindborg²¹⁾ (1973) によると、歯肉内縁上皮の発生はエナメル器を包む縮合エナメル上皮と口腔粘膜とが、歯牙の萌出によって癒合してできる。しかし、内縁上皮下に分布する毛細血管網の発生についての詳細な報告はなく、したがってその構築過程を知る目的で本実験を行なった。

歯胚に分布する血管に関する研究としては、Lepkoski¹⁴⁾ (1901) が、ヒト胎児の血管に色素 (Berline blue) を注入したのが始まりで、次いで Broomel²⁾ (1908) が、ヒト胎児で、花澤²⁵⁾ (1908) が、ウサギの歯胚全体を検索して歯嚢、特にエナメル器に接する血管は、エナメル器に栄養を運ぶべき血液路であると述べている。その後、Butcher ら³⁾ (1952), 竹中²⁴⁾ (1952), Saunder ら¹⁶⁾ (1956), 後藤²²⁾ (1958), Bernick¹⁾ (1960), 武田²³⁾ (1962), 渡辺²⁹⁾ (1963) の組織切片、あるいは microradiography による歯胚の血管網についての研究がある。これらは比較的大きな血管の分布状態についての観察、あるいは發育過程のごく一時期についての検索であるが、エナメル上皮に分布する血管は、網状であるとだけ述べている。

Cutright⁴⁾ (1967) は、silicon rubber を注入して血管鑄型標本をつくり、血管の走向や分布状態を立体的にとらえようとし、サル歯の歯髓や歯胚について検索しているが、しかし新しい知見を見出ししていない。

福島²⁶⁾ (1967) は、microradiography と墨汁注入による切片を併用して、イヌの乳歯と永久歯の歯牙交換期における血管分布の変化について検索し、歯根が形成されるにつれてエナメル上皮に分布している血管は、伸展して歯根膜の血管になると述べている。

萌出後の完成された歯肉内縁上皮直下の血管網については、Kindlova^{11,13)} (1965, 72), Egelberg⁵⁾ (1966), Hansson ら⁶⁾ (1968), Hock & Nuki⁷⁾ (1971), Hock⁹⁾ (1979) など多くの研究があり、著者¹⁹⁾ (1978) も毛細血管鑄型標本と走査電顕とを組合せた立体的な検索結果を発表した。

エナメル上皮の血管網形態の推移を、歯冠形成

期から萌出完了までを一貫して検索した研究は、わずかに Kindlova¹²⁾ (1970) が、ラットの臼歯に latex を注入して血管鑄型標本をつくり、光学顕微鏡下で観察しているにすぎない。

Hock⁸⁾ (1974) は、同様な方法でネコとイヌの乳歯萌出に伴う遊離歯肉の血管網の構築について検索しているが、内縁上皮側の血管網にはふれていない。

このように未萌出時の歯冠を包む縮合エナメル上皮の血管網の分布形態、歯冠形成及び歯牙萌出に伴う血管網の変化、さらに萌出後の内縁上皮直下の血管網についての研究は、ほとんどみられない。

そこで粘調度の低いアクリル系合成樹脂を血管内に注入し、得られた血管鑄型標本を走査型電顕で立体的に細部にわたって、顎骨中の歯冠形成期から萌出完了までを経時的に観察し、内縁上皮直下の血管網の構築過程を検索した。

材料と方法

実験には雌雄をとわず体重 2.3~10kg の雑犬 20 頭の永久歯胚のうち、未萌出期の歯冠完成期までは前臼歯と大臼歯を用い、歯根形成に伴う萌出期以後は乳歯との歯牙交換に伴う永久歯胚の血管網への影響を考慮して、乳歯列の後方に萌出する加生歯だけを用いた。

全ての動物はネンブタール (0.5ml/kg) を静注後、両側の総頸動脈を剖出し、これより生理的食塩水 (Ringer 液) にて頭部を環流させたのち両内頸静脈より脱血した。次いで 2% グルタルアルデヒド (pH 7.4, リン酸緩衝液) で約 10 分間、環流固定を行ない、その間に椎骨動脈、内頸動脈、舌動脈などを結紮後、注入用のカニューレをそれぞれ頸動脈の分岐部付近まで挿入し、直ちに合成樹脂 (メルコックス) を注入した。樹脂硬化後、上下顎骨を切断、摘出して X 線撮影 (50kV, 96mA, 1.5~2 秒) を行なった。X 線写真による歯の形成の観察と、森²⁸⁾ (1930), 井尻ら¹⁷⁾ (1962) のイヌの歯齡に関する研究とを対比させながら実験を進めた。

注入後の顎骨を 2 群に分け、一方は 5~10% 塩酸溶液中で脱灰 (2 日間)、水洗後 20% 水酸化カリウム溶液中で組織を溶解し、血管鑄型だけの標本

とした。他群は顎骨を歯牙の大きさ程度のブロックに切断し、20%の蛋白分解酵素溶液（プロザイム6、天野製薬、リン酸緩衝液にてpH 8.4に調整）に約3週間浸漬して軟組織だけを除去し、顎骨と歯牙に血管鋳型が付着した標本とした。

これらの標本は流水で水洗後、再び蒸留水で水洗し、そのまま凍結（ -20°C 、3~5時間）、直ちに凍結乾燥した。

このようにして得られた資料を、実体顕微鏡下で歯科用エアタービンを用いて切削し、目的の部位の血管網を摘出し、電顕用の載物台に固定した。以後は通法に従ってカーボンと白金パラジウム、あるいは白金パラジウム単独をイオン蒸着し、走査型電顕で観察、撮影を行なった。

また、周囲組織との関連を知るために、別に墨汁注入した組織切片をつくり、実体顕微鏡下で観察した。

結 果

顎骨内に位置する歯胚のうち、歯冠を被っている縮合エナメル上皮には、2方向からの動脈の細枝が分布する。その主動脈の1つは、歯胚の遠心側より歯胚基底部に達し、そこで歯乳頭に入る枝を出した後、縮合エナメル上皮の下端から侵入し、その部分の血管網を形成する。第2の主動脈は、歯胚を囲む周囲歯槽骨壁の小孔から直接縮合エナメル上皮に分布している。

これらの細動脈とそれに随伴する細静脈によって、縮合エナメル上皮の外側には、比較的粗い樹枝状の血管網が形成される。そこにみられる細動脈の径は、鋳型標本での計測では最大 25μ 、静脈は最大 40μ である（Fig. 1, 2）。

この外側の血管網から派出した多数の細枝によって、縮合エナメル上皮に接して（エナメル質に接する側）に極めて密な、1層の毛細管網が形成される（以後、内側の血管網と呼ぶ）。このように縮合エナメル上皮には、内外2層からなる血管網が分布しているが、両血管網は密接して位置する。

Fig. 3は、歯胚と歯胚周囲の歯槽骨に分布している血管鋳型標本を矢状断した像で、歯乳頭、縮合エナメル上皮の血管網と、そこに向かって走向している細動脈及び歯槽骨の血管との関係を鮮明に

示している。

縮合エナメル上皮内側の毛細管網は、エナメル質に接するように近接して分布しているため、歯冠の発育に伴ってその分布形態が変化し、さらに歯冠の萌出によって歯肉内縁上皮下の血管網へと移行していく。この形態推移を経時的に検索した。

前述のように縮合エナメル上皮に接して分布する毛細管網を単に“内側の血管網”と呼び、ことわりのない限り血管網は歯冠側から観察したものである。

1. 歯冠形成期

これを初期と後期に分けた。

1) 歯冠形成初期

歯冠中央の咬頭（原錐）のみに限局して石灰化が終った状態をいう。

内側の血管網を弱拡大で観察すると、歯冠の外形と一致した極めて密に分布する平坦な、網状の毛細管網として観察される（Fig. 4）。

これを拡大すると単なる平坦な血管網ではなく、咬頭頂付近を除いた部位では、無数の毛細管ループが歯冠に向って規則的に配列し、各々のループは1本の上行脚と1本の下行脚からなる単純なヘヤーピン型を示し、その口径は両脚とも 10μ 前後である。ループの高径は $25\sim 30\mu$ で、隣接するループ間の距離は 50μ 前後である（Fig. 5a）。

咬頭頂部に対応する部位では、前述のループの基部から折れ曲ったもの、あるいは独立性を失って1部吻合するような血管走向を示し、全体に平坦で不規則な毛細管網となる（Fig. 5b）。このような変化は、前述の単純なヘヤーピン型ループが、歯冠の発育のために圧迫、展延されたために起る現像で、歯冠の咬頭側 $1/3$ から咬頭頂に向うにつれて、より圧扁された形態へと移行していく。

2) 歯冠完成期

歯冠の石灰化が完成した時期では、内側の血管網は全体に一段と強く圧迫され、また対応する歯冠表面の形状によって、分布形態に多様な変化を生じる（Fig. 6）。

咬頭頂部では、もはや先に示した Fig. 5bのような分布形態はみられず、完全に平坦になり一段と強く圧迫されていることを示しているが、基本

的なループ形態は失われていない(Fig. 7a)。

大部分を占める平滑な歯面に対応する部位では、ループの先端だけが屈曲しているが、この形態からみれば強い圧迫を受けてはいないものと考えられる(Fig. 7b)。

三角隆線と対応する部位では、強く展延されてループ形態は失われ、隆線を横切ってこれと直交する血管だけが平行に配列し、かつ単なる血管網の展延にとどまらず、←に示したように血管が細くなり切れていく断裂像もみられる(Fig. 7c)。

イヌの歯冠歯頸部には、歯冠を取り巻く強い豊隆の帯(歯頸隆線又は歯帯)がみられる。これと対応する部位では、ループの元から折れ曲り圧扁され、放物線を描いたループの重り合いがみられる(Fig. 7d)。

2. 萌出期

歯槽骨を被っている口腔粘膜が豊隆する時期からを萌出期と呼び、これをさらに5段階に分け、そのうち萌出前までを2段階、萌出後を3段階に分けた。

1) 萌出前期

歯根の形成につれて歯冠は徐々に口腔側へ移動し、乳歯列後方の口腔粘膜の膨隆が始まり、咬頭を被っていた歯槽骨が消失し、咬頭部の縮合エナメル上皮と口腔粘膜とが接して強く癒合する、この時期をいう。

Fig. 8はこの時期におけるもので、歯槽骨を被う口腔上皮下の血管網、縮合エナメル上皮及び歯槽骨の血管網を示し、咬頭によって突き上げられ膨隆した口腔粘膜固有層には、高径600 μ に達する強大で、複雑に吻合する毛細管ループが無数に分布しているのに対し、それ以外の固有層では背の低いループのみが分布している。

中央の大きな咬頭を被っている内側の血管網のうち、咬頭頂に一致した部に円形の血管消失部が生じ、その周囲の毛細血管は消失部に向かってループを作りながら消失していく(Fig. 9a)。

この時期には歯根が形成されており、Fig. 8の中央下方に根間隔ができていていることを示しているが、血管網でみる限りでは歯冠と歯根との境界は定かでない。

歯冠歯頸部付近の内側の血管網は、ループを作

ることなく平坦で密な網目形成がみられる。これが歯根膜に向うに従って血管網の形態は、移行的に粗になり歯根膜の血管網へと移行する(Fig. 9b)。このような移行的な分布形態は、歯の形成と萌出が先行するため、萌出後もしばらく持続し、血管網の改築との間に“ずれ”が認められる。

2) 萌出直前期

口腔粘膜の膨隆は一段と大きくなり、その部は高度の貧血を示し白色となり、粘膜の上から咬頭を触診できるようになるが、咬頭頂は口腔内に出現していない、この時期をいう。

この時期の血管網を口腔側から観察すると、口腔上皮下の血管網にも咬頭頂に一致した部位に円形の血管消失部を生じ、咬合面を被う部分には、複雑な毛細管ループが多数分布し、咬頭に連なる隆線上のループにも展延像(TAR)がみられる。萌出する歯冠より外れた口蓋側の上皮下には、背の低い単純なループが分布している(Fig. 10)。

Fig. 11は口腔上皮下の血管網を除去し、縮合エナメル上皮の血管網を口腔側から観察したもので、中央より左半分が縮合エナメル上皮の血管網、右半分は口腔上皮下の最表層の毛細管ループのみを除去した血管網を示している。両血管網は接するように位置するが、両者間には交通枝はみられない。

血管網の消失過程を拡大すると、網目の単位毎に消失していき、結果として消失部に向かってループが形成される(Fig. 12a)。

内側の毛細管網は咬頭頂に向って伸展されるために、咬頭頂に向ってループ様に配列するように変化し、また毛細管ループが離断されていく像がみられる(Fig. 12b)。

3) 萌出初期

ついで最初の咬頭頂が口腔内に露出し、周囲の軟組織“歯肉”が膨隆していく。その萌出過程のうち中央の最大の咬頭だけが萌出した状態までを初期と呼ぶ。

萌出によって歯槽骨を被っていた口腔粘膜の穿孔がみられ、同時に縮合エナメル上皮の血管網の咬頭頂部も大きく離開する。口腔上皮下の血管網は内側の血管網の外側周囲に位置し、低いアーチ状の毛細管ループを形成し、ループ先端は歯冠側

に向って分布している。このループの下行脚は急速に太さを増し、吻合をくり返しながらか細静脈となって下方に向う。この血管網の分布域は、歯冠の頰側と舌側のみに限局して出現するのが特徴である。しかも内側の血管網との間には、はっきりした溝が両者を境し、この間には交通枝は認められず、互いに独立して歯冠と接している (Fig. 13a)。

内側の血管網は、咬頭頂に向うほどループの高径が増加するという一連の変化の延長線上にあるが、歯頸部付近では平坦な網状の血管網が発達し、歯根膜の血管網と内側の血管網との間に明瞭な境界ができる (Fig. 13b)。

4) 萌出中期

歯冠が $\frac{2}{3}$ ほど萌出し、すべての咬頭が口腔に出現するまでを中期と呼び、歯冠歯頸部を取り巻いている歯頸隆線によって、歯肉及び内縁上皮が急激に押し広げられるために、血管網にも水平方向への伸展がみられる。

Fig. 14は、この時期の下顎第1大臼歯の頰側、内縁上皮直下の血管網である。口腔上皮下の血管から構築された血管網は、その分布域をさらに拡大し、口径の大きな静脈性の下行脚を中心に、それと伴走する数本の細い上行脚との間に多くの吻合をもつようになり、血管網全体として上下方向に走向し柵状を呈するようになる。

一方内側の血管網は、主体であった毛細管ループは粗い平坦な網状の血管網となり、この血管網のうち上縁付近が強く水平に伸展されていることから、歯の萌出に伴い歯頸隆線によって急激に押し広げられた結果、血管網の大きな改築が起ったものと考えられる。

前述のように口腔上皮下の血管網と内側の血管網の癒合はいまだ起らず、互いに独立して存在している。

前述のように口腔上皮下の血管から形成される柵状型の血管網は、頰側と舌側にみられたが、隣接面では内側の血管網だけから構成され、柵状の血管網は存在しない。

5) 萌出完了期

X線写真による観察では、根尖がほとんど完成し上下顎の歯が咬合状態になった時期をもって萌出完了とした。

もはや前述のような内側の血管網の伸展像は認められず、亀甲型の整然とした密な血管網へと改築され、一方口腔上皮下の血管から構築された歯肉上縁付近の血管網は、横へ細枝を出し複雑性を増していくが、上下に走向する柵状の分布形態を残している。

これら両血管網は癒合を始めるが、その癒合部はまだ不完全で両者を分けることができる。また内縁上皮直下の血管網の下端は、より明確になり歯根膜の血管とは完全に境されている。

このようにして内縁上皮直下の特殊な血管網への改築が完了するが、萌出後かなりの時間を要する。

考 察

縮合エナメル上皮に分布する血管網については、従来のどの研究においても、単に密な網状の毛細管網としか述べられていない。この理由は研究対象物が硬組織間に位置し、しかも極めて小さいために最も難しいものの1つであること、従来の研究方法では毛細管レベルでの血管の走向や、分布形態を立体的に検索することが非常に困難であったことを物語っている。

本研究は、1) 低粘度の合成樹脂を用いることによって毛細血管まで確実に注入でき、2) しかも血管内腔面の構造を正確に印記できること。3) 焦点深度が深く、拡大倍率が大きな走査型電顕で観察することによって、樹脂表面に印記された表面構造の違いを確実に区別できることから、細動静脈のレベルでそれらの鑑別ができる。4) 大きな資料を立体的に、詳細に検索したあと、同一標本を用いて表層を除去し、下層の血管の観察が何度でもできる。5) 蛋白分解酵素で軟組織のみを分解し、硬組織と血管との関係を知ることができる、といういままでの実績^{18,19,20)}に基づいて行なわれた。

縮合エナメル上皮に分布する血管網は、従来述べられていたような画一的な形態ではなく、内外2層の血管網からなり、このうち内側の血管網が歯冠の形成に伴って種々に変化し、萌出によって口腔上皮下の血管網と癒合し、最終的に内縁上皮直下の血管網となることを本実験で示した。

Kindlova は、latex cast によるラット臼歯歯胚の、未萌出の縮合エナメル上皮の血管網を歯冠側から観察し、平坦で規則的な網目状の毛細管網であることを図示している。またこの血管網の下端には“cervical vein”があり、歯根膜の血管網と明瞭な境界がみられると述べている。

この点について本研究で示したように、イヌでは内側の血管網は、エナメル質の石灰化が始まった時点からはエナメル質表面に向う、単純なヘヤーピン型のループが基本になっている。なぜループを形成するかについては、石灰化開始後の観察だけであるため、石灰化との関連を論ずるのには不十分な面もあるが、小腸の絨毛などの物質代謝の盛んな場所に多くみられるが、逆に代謝の比較的少ない皮膚や口蓋にもみられることから、毛細管ループの果す役割を生理的な代謝の面ばかりでなく、物理的な機能についても十分考慮する必要がある。

血管網の分布形態に変化が生じるのは、歯面に縮合エナメル上皮が密着し、そこにループを出しているためで、しかも歯冠の形態や形成過程によってその上皮が変化し、これと対応する血管網の形態変化との間に一定の関係が成り立つことから、歯冠の形状及び発育状態を血管網の形態から推察することができる。

歯群別に歯冠の形状とそれに対応する内側の血管網との関係をみると、臼歯の隆線や咬合縁などの edge に対応する部にみられた伸展された血管網は、切歯の切縁部にも同様にみられたが、その程度において前歯の方が臼歯に比べて軽度であった。

歯根の形成が始まると縮合エナメル上皮に分布していた血管が、福島が述べているように伸展して歯根膜の血管網となっていく。しかし先に本誌上¹⁸⁾(1977)で示したような血管網が、ただちに構築されるのではなく、歯根形成よりかなり遅れて形成される。

萌出期を迎えると、萌出に先がけて咬頭頂を被っていた歯槽骨が消失し、その部分の縮合エナメル上皮と口腔粘膜とが癒合し、ただちに炎症性細胞が集積する²¹⁾という。

血管分布形態からみても未萌出の安定した時期

が終り、萌出に伴う変化が咬頭頂付近に限局して起り、また炎症による血管自体の透過性を増すため内皮細胞間が開くが、血管鋳型標本においても Fig. 13a に示すように咬頭頂部付近に限局して、血管外に漏出した樹脂による粒子状の構造物が鋳型表面に多数みられる。このような構造物は、実験的に急性炎症を起させた場合にもみられる。

萌出に伴って血管網は咬頭頂から消失していくが、血管の消失経過は間宮²⁷⁾(1981)が、イヌの顎関節の円板において詳細な観察をすでに行ない、同様な結果を報告している。

内縁上皮の形成については動物種、ラットやマウスとイヌ(ヒト)との間で、上皮のでき方が相異している。イヌの場合はヒトと似ている。ヒトの内縁上皮のでき方については、最近詳しい総説¹⁰⁾がある。縮合エナメル上皮と内縁上皮のでき方については、その総説を基準にし、その本の術語を使用した。

内縁上皮を組織学的にみると、歯に付着している非角化性の上皮付着と、外縁上皮が歯冠側に向って侵入し、上皮付着と over lap している歯肉溝上皮とに分けられるが、上皮細胞は内縁上皮の底部(歯頸端)から増殖し、エナメル質に向って移動すると同時に歯冠方向にも移動し、最終的には歯肉溝をとおり口腔に向って脱落すると考えられる。

内縁上皮直下の血管網は、内側の血管網と口腔上皮下の血管網との2つが癒合し、ついで改築されるが、周囲組織の発育変化に比較して血管網の形態の変化には、常に“time lag”がみられることがその経過中、特に興味深いものである。

縮合エナメル上皮の内側の血管からは亀甲状、口腔上皮下の血管からは柵状の形態の血管網が形成されるが、両血管網が均一に分布するのではなく、柵状の血管網は頬側と舌側に限局している。この部位における柵状の血管網の占める割合を前歯と臼歯と比較したところ、前歯では臼歯に比べて少なかったことから、歯冠の形態と柵状の血管網の占める割合との間に一定の関係が認められる。

歯の萌出時、口腔上皮と内縁上皮とがどのような癒合形式をとるのかは不明であるが、イヌの臼歯部の内縁上皮直下の血管網を観察していると、

柵状の血管網が1カ所だけ内縁上皮の下底部まで分布していることが多い¹⁹⁾。このことは口腔上皮に由来する細胞が、縮合エナメル上皮の外側にまで及んでいることを示していると考えられる。

また別の実験で、縮合エナメル上皮を除去し、そこに口腔上皮を接着し萌出させると、内縁上皮直下の血管網はすべて柵状になっている(印刷中)。

以上のことからイヌの臼歯においては、内縁上皮の形成時に口腔上皮の“もぐりこみ”が部分的に非常に大きいといえる。

萌出の過程を連続切片から解明しようとする、萌出中の歯に所属する血管網と顎骨(歯槽骨)と歯肉に所属する血管網との連絡・癒合関係が次第に変わるが、それと時間的にも空間的にも歩調を整えて歯肉の上皮と萌出歯の上皮(縮合エナメル上皮)の連絡・癒合関係が変わると一般に考えやすい。しかし、実際には萌出完了まではこれら両者の血管網は、接近あるいは接触しているようにみえても連絡・癒合をしていない。すなわち、萌出初期において口腔上皮からの血管網が歯冠の咬頭側に接し、内縁上皮(縮合エナメル上皮)からの血管網は歯冠の歯頸側に接している。前者は萌出が進むにつれて、その範囲を拡大するが一部を除いて歯冠の中央より歯頸部に向ってのびることはない。外縁上皮の“もぐりこみ”は、歯肉溝にて内縁上皮と接していたが、萌出によって歯冠の中央まで進むが、この間内縁上皮底部の上皮増殖が盛になり、歯肉溝に向って内縁上皮が *turn over* を始めるために、ここで両者の均衡がたもたれ、真の内縁上皮が形成されると言える。この

結 論

内縁上皮直下の血管網構築の推移について、イヌの臼歯歯胚を用いて萌出完了までを経時的に検索し、次のような結論を得た。

1. 縮合エナメル上皮には2層の血管網が分布し、外側には樹枝状の細動・静脈網が分布し、この血管網から上皮に向って細枝を派出し、密な毛細管網が形成される(内側の血管網)。

2. この内側の血管網には、単純なヘヤーピン型の毛細管ループが歯冠側に向って無数に分布している。したがって歯冠の形成や萌出によって圧迫、あるいは伸展されて種々に変化する。

3. 萌出中の内側の血管網の下縁は、歯根膜の血管網へ移行していて、*junctional epithelium* 直下の血管網と歯根膜の血管網の間に、形態的な境界をきめにくい。しかし萌出完了に近づくにつれて、内縁上皮直下の亀甲状の血管網の下端が明確になる。

4. 内側の血管網と口腔上皮下の血管網によって、内縁上皮直下の血管網が構築される。内側の血管網からは亀甲状の血管網が、口腔上皮下の血管からは柵状の血管網が形成され、両血管網は萌出完了まで癒合しない。

とき始めて両者の血管網が完成する。

謝辞：稿を終えるに当たり、終始御指導と御校閲を賜りました神奈川歯科大学口腔解剖学教室、高橋和人教授に心より感謝を捧げます。

本論文の要旨は1981年10月3日の第23回歯科基礎医学会総会のシンポジウムにおいて発表した。

抄録：内縁上皮直下の血管網の構築を、イヌ永久歯の臼歯部歯胚を用いて歯冠形成期から萌出完了までを各期に分けて、合成樹脂による毛細管鋳型標本をつくり、これらを走査型電顕で検索した。結果：未萌出時の歯冠を被う縮合エナメル上皮には、その外側に粗い樹枝状の血管網と、これより派出した細枝によって内側に密な毛細管網が形成される。この毛細管網は平坦な網状ではなく、ヘヤーピン型の単純な毛細管ループが歯冠に向って無数に配列している。このため歯冠の発育や萌出に伴って、ループの形態は種々に変形する。萌出によって、この内側の血管網と歯槽骨を被っていた口腔上皮下の血管網とが接して“内縁上皮直下の血管網”へと改築される。その網目は縮合エナメル上皮の内側の血管網からは亀甲状、口腔上皮の血管網からは柵状の血管網が形成され、両血管網が癒合するのは萌出完了期になってからである。

文 献

- 1) Bernick, S.: Vascular supply to the developing teeth of rats. *Anat. Rec.*, **137**: 141-151, 1960.
- 2) Broome, E. N.: The genesis of the blood supply to the teeth. *Items of Interest.*, **30**: 254-266, 1908.
- 3) Butcher, E. O. & Taylor, A. C.: The vascularity of the incisor pulp of the monkey and its alteration by tooth relation. *J. of Dent. Res.*, **31**: 239-247, 1952.
- 4) Cutright, D. E., Colinet, L. & Bhasker, S. M.: A new method of demonstrating microvasculature. *OS. OM. & OP.*, **24**: 422-426, 1967.
- 5) Egelberg, J.: The blood vessels of the dento-gingival junction. *J. perio. Res.* **1**: 163-179, 1966.
- 6) Hansson, B., Lindhe, J. & Branemark, P.: Microvascular topography and function in clinically healthy and chronically inflamed dentogingival tissues-a vital microscopic study in dogs. *Perio.*, **6**: 264-273, 1968.
- 7) Hock, J. & Nuki, K.: A vital microscopy study of morphology of normal and inflamed gingiva. *J. perio. Res.* **6**: 81-88, 1971.
- 8) Hock, J.: The formation of the vasculature of free gingiva in deciduous teeth of cats and dogs. *J. perio. Res.* **9**: 298-304, 1974.
- 9) Hock, J.: Vascular morphology in noninflamed healed gingiva of dogs. *J. of Clinical Periodontology*, **6**: 37-44, 1979.
- 10) Hubert, E. S. and Max, A. L.: Fine structure of the developing epithelial attachment of human teeth, p. 117-125, Switzerland. 1977.
- 11) Kindlova, M.: The blood supply of the marginal periodontium in *Macacus Rhesus*. *Arch. oral Biol.*, **10**: 869-874, 1965.
- 12) Kindlova, M.: The development of the vascular bed of the marginal periodontium. *J. perio. Res.*, **5**: 135-140, 1970.
- 13) Kindlova, M.: The vascular arrangement beneath the sulcular and junctional epithelium in different degrees of cellular infiltration of dog gingiva. *J. perio. Res.* **7**: 323-327, 1972.
- 14) Lepkoski, W.: Die Verteilung der Gefasse in den Zahnen des Menschen. *Anat. Hefte.*, **17**: 183-195, 1901.
- 15) Magnusson, B.: Mucosal changes at erupting molars in germfree rats. *J. perio. Res.*, **4**: 181-188, 1969.
- 16) Saunders, R. L. de C. H.: Microradiographic studies of human and fetal dental pulp vessels. *Xray microscopy and microradiography*. **1**: 561-571, 1957.
- 17) 井尻正二, 藤田恒太郎: 犬の歯の萌出時期. 解剖, **37**: 331-338, 1962.
- 18) 岸 好彰, 高橋和人: 口腔粘膜における毛細血管の立体的観察, III, 歯根膜について. 歯科基礎, **19**: 192-207, 1977.
- 19) 岸 好彰, 高橋和人: 口腔粘膜における毛細血管の立体的観察. IV. 歯肉内縁上皮. 歯科基礎, **20**: 406-420, 1978.
- 20) 岸 好彰, 高橋和人: 歯肉の血築構築. 歯界展望, **59**: 1285-1290, 1982.
- 21) Mjör & Pindborg 編集, 久米川正好, 他訳: 人の歯の組織学. p. 165-181, 書林. 東京. 1979.
- 22) 後藤敏一: 口腔及び其の周囲組織に於ける微細血管分布に就て. 4. 歯牙及び歯周組織. 広島医大, **11**: 550-561, 1958.
- 23) 武田弘通: 歯胚に分布する血管に関する研究. 日大医誌, **21**: 21-25, 1962.
- 24) 竹中幸四郎: 歯牙に於ける微細血管分布構造に就て. 日本口腔科学, (抄)**1**: 241-242, 1952.
- 25) 花沢 鼎: 歯牙發育中ニ於ケル血管ニ就テ, 歯科学報, **13**: 1-6, 1908.
- 26) 福島 直: 歯牙交換期における血管分布の動向について. 歯科学報, **67**: 1302-1323, 1967.
- 27) 間宮 信: 関節円板の血管構築と微細血管の超微構造について. 第2報, 幼犬の関節円板について. 神奈川歯学, **16**: 237-256, 1981.
- 28) 森 忠男: 本邦産雑種犬ニ於ケル歯牙形態及び其ノ二代歯列発生ノ時期ニ就テ. 日本歯科学, **23**: 227-256, 1930.
- 29) 渡辺 裕: 日本人胎児顎骨, 並びに歯芽の栄養動脈に関する研究. 2. Microarteriogram による歯(小)囊の栄養動脈. 歯科学報, **63**: 645-659, 1963.

Explanation of figures

- Fig. 1a Vascular network outside of the reduced enamel epithelium (RE). ($\bar{P}_3$). Arterioles ascending from the basal side of the dental germ ($\Leftarrow$), others from alveolar wall surrounding the dental germ ($\Leftarrow$). C: cusp. AB: alveolar bone. a: arteriole. v: venule.
- Fig. 1b Occlusal view of the dental germ. ($\bar{P}_1$). C: cusp. a: arteriole. v: venule.
- Fig. 1c Basal view of the dental germ. ($\bar{P}_1$). The arterioles reaching the basal portion of the dental germ divide into two branch, one headed to the dental papilla and one to the reduced enamel epithelium (REB). DP: dental papilla, Cr: the space of crown. RE: reduced enamel epithelium. AB: alveolar bone. a: arteriole, v: venule.
- Fig. 2 Specimen treated with proteinase. ($\bar{M}_1$). Cr: crown, RE: reduced enamel epithelium. AB: alveolar bone. DP: dental pulp.
- Fig. 3 Sagittal section of the dental germ. The arteriole ascending along the lateral bony wall turns sharply to reach the reduced enamel epithelium. DP: dental papilla, Cr: space of the crown. RE: reduced enamel epithelium. AB: alveolar bone.
- Fig. 4 Initial stage of the crown. Internal dense capillary network is noted inside the crown, appearing as a flat network.
- Fig. 5 Fig. 5 is the higher magnification view of a portion of Fig. 4.
5a. Central part. Numerous hairpin shape, capillary loops are regularly distributed towards the crown. The arteriole (a) and venule (v) are distributed on the external of the reduced enamel epithelium.
5b. Cusp tip. The capillary loops show flexion from the basal portion with flattening.
- Fig. 6 Completion stage of the crown. The capillary network of the reduced enamel epithelium (RE) is located at the center and the surrounding vessels are alveolar bone (AB).
- Fig. 7 Fig. 7 is the higher magnification view of a portion of Fig. 6.
7a. Cusp tip. Further flattening of the loops are seen as compared to Fig. 5b. a: arteriole, v: venule.
7b. Central part. Only the tip of the capillary loops are flattened. v: venule.
7c. Triangular ridge. The blood vessels are arranged perpendicular to the direction of the ridge.
7d. Cergical ridge. The capillary loops show flexion from the basal portion with flattening.
- Fig. 8 The alveolar bone overlying the tip of the cusp ($\times$) has disappeared so that the tip produces a bulge in the oral epithelium. A large complex capillary loops are seen reaching a vertical diameter of 600μ (OE: oral epithelium). The interdicular space (IRS) is seen. The blood vessels of the reduced enamel epithelium extend downward and show transition to the blood vessels of the periodontal ligament (PDL). AB: alveolar bone.
- Fig. 9 Fig. 9 is the higher magnification view of a portion of Fig. 8.
9a. Cusp tip. An avascular area ($\oplus$) is seen over the cusp tpe. a: arteriole, v: venule.
9b. The inferior margin of the vascular network of the reduced enamel epithelium (RE) is distinkted from the periodontal ligament (PDL).
- Fig. 10 Just before the tooth eruption. Oral view of the vasculature under the oral epithelium. The vessels covering the tip of the cusp is the disappeared ($\oplus$) before tooth eruption. The large capillary loops are displaced under the oral epithelium (OE) and simple loops are dis-laced under the occlusal epithelium (O. E). The portion of the vascularture over the triangular ridge (TAR) is distended.
- Fig. 11 The half part of the vascularture under the oral epitheliun has been removed and then vascular network of the reduced enamel epithelium (RE) is seen. OE: oral epithelium.
- Fig. 12a The higher magnification view of a portion of Fig. 11, external vascula network of the reduced enamel epithelium. The vessels are narrowed in diameter, became interrupted and end blindly.
- Fig. 12b View of internal vascular network of the reduced enamel epithelium from the crown side. The capillaries are seen to decrease in diamater and end blidly.
- Fig. 13 Fig. 13a and 13b are continuous, initial stage of tooth eruption.
13a. In the upper segment, the distribution of the oral epithelial vasculature (OE) is seen. The capillary network of reduced enamel epithelium (RE) is seen flow it. No anastomoses are seen between these two network.

13b. The bottom of the vascular network of the reduced enamel epithelium ($\leftarrow$ Bo) is completed at this stage, being clearly demarcated from the vasculature of the periodontal ligament (PDL).

Fig. 14 The portion of the vasculature contributed by the oral epithelium (OE) is further developed and more widely distributed and becomes a fence-like pattern. The vascular network of the reduced enamel epithelium (RE) is flattened and becomes a hexagenal pattern. Central part of the network of the reduced enamel epithelium shows transverse extension.

Fig. 15 Both vascular networks have fused. There are increased transverse anastomoses ($\leftarrow$ —). OE : oral epithelium RE : reduced enamel epithelium. Bo : bottom. PDL : periodontal ligament.