歯根膜および下歯槽管の脈管特に細静脈の特異構造とリンパ管の有無についての光顕ならびに電顕的研究

大 場 英 之

Studies of the vessels of the periodontal membrane and the inferior alveolar canal by means of light and electron microscopy with special reference to presence or absence of lymphatic vessels and particular structure of venules.

Hideyuki OHBA

I 緒 論

口腔およびその領域におけるリンパ管系に関する研究業績はかなり多いが、そのうち歯に関係あるものとしては特に Sappey¹⁾ (1885), Ollendorf²⁾ (1898), Schweitzer³⁾¹⁴⁾ (1907, 1909), Noyes & Dewey⁴⁾ (1918), Solkower⁵⁾ (1927), があるが Schweitzer³⁾¹⁴⁾ のものが最も詳しい。またわが国における研究者の中で片山⁶⁾ (1937), 松本⁷⁾ (1955), 磯川⁸⁾⁹⁾ (1958), 高田¹⁰⁾ (1973), らの研究はその主なものである。歯髄内のリンパ管に関して、ごく近年まで歯髄内のリンパ管が存在することになっていたが、松本⁷⁾ (1955), 磯川⁸⁾⁹⁾ (1958), および高田¹⁰⁾ (1973), の光顕ならびに電顕による研究で歯髄内にはリンパ管の存在しないことが明らかとなった。しかし歯根膜においては、近年磯川⁸⁾⁹⁾ (1958) は歯髄内にはリンパ管が存在しないとしながらも、歯根膜にはリンパ管が存在するとし、また松本⁷⁾ (1955) は歯根膜のリンパ管は存在しないが下歯槽管内にはリンパ管が存在するとしている。従って歯根膜のリンパ管の存否は未だ明らかとは言えない。

またこれまで下歯槽管内には当然のごとく、リンパ管は存在するものとされており、近年でも磯川⁸⁾⁹⁾ も松本⁷⁾ も共に存在するとしているがそれぞれの論文を見るとただ模式図だけであり証明は不十分である。そこで著者は森^{11)~13)} 法である加墨汁硝酸銀水溶液動脈内注入法により、血管とリンパ管とを同時に現わす方法を用いて歯根膜および下歯槽管内のリンパ管の有無を調べる一方、さ

らにこれを確実にするために電子顕微鏡によって観察を行った。その結果、歯根膜ならびに下歯槽管についての新しい知見を得たのでここに報告する。

II 実験材料および研究方法

方法その1) 加墨汁硝酸銀水溶液動脈内注入法による実験

実験材料としてはカイウサギ7羽の切歯部および下歯槽管、イヌ39匹の犬歯部、上下顎臼歯部および下歯槽管を用いた。

まず歯根膜と下歯槽管のリンパ管を調べるためカイウサギおよび犬をエーテルで麻酔死させたのち、外頸動脈または総頸動脈に3.3%硫酸ソーダ Sodium Sulfate (等張液) を約 1,000~1,500 ml 注入し、この動脈分布領域の血液を洗い出す。硫酸ソーダを使用したのは、この後、硝酸銀水溶液を注入するため生理的食塩水では硝酸銀との間の沈殿が起こり、使用できないためである。十分に硫酸ソーダで血液を洗い流し血色が見られなくなったのちに、0.5~1.0%硝酸銀水溶液 Silver Nitrate Solution に0.3%になるように墨汁を加えて十分注入し、この液が毛細血管にまで行きわたるようにする。

その後、動物の頭部を10%ホルマリンに数日間固定した後、顎をはずし3~4cmの大きさに顎骨ごと切断し、さらに10%ホルマリンで数日間再固定、5%硝酸で脱灰、水洗し、犬歯部および臼歯部を顎骨ごと電子冷却式小型氷結ミクロトームで縦断または横断し、厚さ 50μ の連続切片とし、脱水、透明カナダバルサムで封入した。

また下歯槽管は下顎骨より骨削除して取り出した後、10%ホルマリンで数日間固定、脱水、パラフィン包埋し、縦断および横断連続切片を作成した。硝酸銀水溶液が十分組織内に浸透していれば室内に置いたままで時日と共に

東京医科大学口腔外科学教室 (主任: 内田安信教授)
Department of Oral Surgery, Tokyo Medical College
(Chief: Prof. Yasunobu Uchida)
受付日: 昭和50年6月27日

に組織全体が奇麗に黄褐色となり、後染色の必要はない。

この方法は、墨汁を加えた硝酸銀水溶液を動脈内に注入すると墨汁は粒子が大きいため血管内に残るが硝酸銀水溶液は血管から漏出して組織内に拡がり、もしリンパ管が存在すればリンパ管に入る。この際硝酸銀は還元されてリンパ管および血管の内皮細胞の輪郭を現わす。血管とリンパ管との区別は内皮細胞の形と管腔内の墨粒子の有無により判断できる。リンパ管の内皮細胞は血管の内皮細胞に比べて形が大きく、縁にギザギザが多く、しかもギザギザが円味を帯びているため、あたかも柏の葉のように見えるのが特徴である。また内皮細胞の形と内皮細胞の外側の付加構造すなわち結合組織および平滑筋の状態によって動脈、静脈、毛細血管を区別することができる。この加墨汁硝酸銀水溶液動脈内注入法は血管とリンパ管との区別が明瞭になるばかりでなく動脈、静脈の太いものから細いものに至るまで良く現わされ、また毛細血管もよく区別できるのでリンパ管と血管の位置関係も観察できるため非常に便利である。

方法その2) 電子顕微鏡によるリンパ管の検索

実験材料として、イヌ11匹の犬歯、白歯の歯根膜および下歯槽管、カイウサギ3羽の下歯槽管、ヒトの犬歯、白歯の抜去歯12本を用いた。

イヌおよびウサギをエーテルで麻酔死させた後、すぐに下顎骨より歯を取り出し、歯の歯頸部近く、中間部、歯根尖部の歯根膜を安全カミソリの刃で注意深く剥離し、縦断または横断とする。また下歯槽管も同様に下顎骨を削除して取り出し縦断、横断して電顕標本用にカミソリの刃で細切する。ヒトの歯も抜歯後すぐに歯根の中間部、根尖部各部の歯根膜を剥離し、これを電顕標本作成に適するように縦断、横断に細切し各片をただちにグルタルアルデヒドとオスミウム酸によって二重固定を行った。固定後、アルコールと酸化プロピレンで脱水、エポン812でこれらの材料を包埋した。包埋したものをまず1μの厚さの切片として、トルイジンブルーまたはメチレンブルーで染色し、光顕で観察して必要な部分をtrimmingし、これを超薄切片にして電子顕微鏡で観察した。超薄切片は酢酸ウラニールおよび硝酸鉛の二重染色を施した。

なお、電子顕微鏡においてリンパ管か血管かを確実にするために、麻酔死させた動物の外頸動脈または総頸動脈へあらかじめ生理的食塩水に1.0%になるように墨汁を加えた溶液を十分に注入した。このようにすれば、たとえ血管でリンパ管に似ているものがあったとしても内腔に墨粒子が有るのでリンパ管との区別が容易に分別できる筈である。

方法その3) 歯髓内電解質または墨汁注入法による実験

実験材料として、イヌ6匹の下顎犬歯、白歯および下歯槽管を用いた。

下顎歯の歯髓に存在する内容物あるいは注入物が歯根尖から出て歯根膜あるいは下歯槽管を通り外部に運ばれる場合、血管またはリンパ管によるものか、あるいは組織間によるものかどうかを調べるために、エーテルで麻酔死させた犬の犬歯、小白歯、大白歯を歯科用ハンドエンジンでなるべく歯髓を傷つけないように歯髓を露出するまで削り、歯髓の中へ注入物質として2.0% フェリシアン化カリウム Potassium Ferricyanide $K_3Fe(CN)_6$ (赤血カリ、等張液) を注入する。その後外頸動脈または総頸動脈に4.2%の硫酸第1鉄 Ferrous Sulfate $FeSO_4$ (等張液) を細い歯髓内血管まで入るように十分注入する。歯髓から注入したフェリシアン化カリウムと動脈から注入した硫酸第1鉄とが反応して何処にペルリン青反応を生じるかを調べればフェリシアン化カリウムが通過する経路を知ることができるわけである。

またこれとは反対に歯髓に硫酸第1鉄(等張液)を注入し、動脈にフェリシアン化カリウム(等張液)を注入してもよい。注入後、数日間10%ホルマリンで固定し、さらに下顎骨をはずし、3cmほどの大きさで切出し、数日間10%ホルマリンで再固定する。固定後、5.0%硝酸で脱灰し電子冷却式小型氷結マイクロームを用いた切片にして、ヘマトキシリンエオジン染色を施し、標本を作成した。また注入物質が溶液でなく粒子の場合は磯川の方法に準じて墨汁を歯髓組織内に注入し固定、脱水、水切、染色、封入を行った。

III 研究 所 見

方法その1) 加墨汁硝酸銀水溶液動脈内注入法による所見

リンパ管は内皮細胞が血管の内皮細胞よりはるかに大型で、その形はあたかも柏の葉を思わせるような円味を帯びたジグザグの特有な内皮細胞にかこまれ、太さが大小不整、不規則な形の管である。この特有な形の内皮細胞と、管腔内には墨粒子を有しない管として、リンパ管は血管から区別され得る(写真9)。

(写真は一括して末尾に掲載)

リンパ管と特に区別する必要がある細静脈は内皮細胞の形が、リンパ管に比べて小型で、形も割合なめらかな縁を持った菱形または多角形で、管の形もスマートであるのが一般であるが、中には内皮細胞の形がリンパ管によく似ているものがあるが、内腔に墨粒子が存在することでリンパ管と区別できる(写真10)。

歯根膜は歯のセメント質と歯槽骨壁との間の100μ前後の狭い歯根膜腔をみたしている緻密な結合組織で規則正しく排列した歯根膜線維はほとんど膠原線維からできている。歯根膜線維束の間には血管網が発達しているが、これらは歯肉あるいは歯根骨髄の動脈枝および静脈枝と連絡しあっている。歯根尖部周辺は下歯槽管から歯髓に行く血管と歯根膜に行く血管とに分かれ豊富な血管網と

なっていて、太い血管も存在している(写真5, 11)。

写真5で割合内腔の広い管腔が見られるが、これは管腔内の墨粒子の存在と内皮細胞の形で静脈であることがわかる。歯根膜には歯の長軸に沿って歯根尖部から歯根膜半ばまで縦に走るかなり太い神経が諸々に存在し(写真12)、歯根膜炎の場合の疼痛がかなり激しいこともうなずける。歯根膜のいわゆる脈管神経隙では動脈、静脈、神経がはっきりとわかる場合が多いが(写真13)、時として動脈のそばに壁が非常に薄く、形はよく分からないが内皮細胞で囲まれリンパ管に非常によく似ており、一見リンパ管を思わせるものがあるが連続切片で追及してみると管腔内に墨粒子が見られるので静脈であることがわかる(写真1, 2)。

動脈は内皮細胞が長い紡錘形で管の長軸の方向に縦に並んでいて細動脈になっても内皮細胞の外側には平滑筋が管を輪状に取り巻いている。また横断面では動脈の管腔内に墨粒子が多量に詰っている時、内皮細胞の形がはっきりしなくても壁が厚く輪廓がはっきりしているのが動脈であることがわかる(写真14)。

細静脈も多くははっきり分るが中には壁が非常に薄くて内皮細胞の形がリンパ管に似ているうえ、管腔内に墨粒子も見えないときは一見リンパ管を疑わせるものがある。しかしこれをすぐにリンパ管として決めつけることはできないので、連続切片で追及してみるとやはり管腔内に墨粒子を見出すことができる。従って細静脈であることがわかる(写真15)。また連続切片の観察によりこれらの管腔がはっきりと静脈につながることでリンパ管でないことがわかる。このようにして観察した結果、歯根膜ではリンパ管は発見できなかった。

次に下歯槽管について観察してみると、下歯槽管内は非常に脂肪組織が発達しており、脂肪組織につつまれて下歯槽動脈、静脈、神経が走っている(写真16)。脂肪組織の間をさらに下歯槽動脈枝、静脈枝、毛細血管が走る。この中で諸々に壁の薄い管腔があるが、これも連続切片で追及したところ墨粒子を見ることができるためリンパ管ではなく静脈であると判断することができる(写真17, 18)。下歯槽管の縦断標本を見ると脂肪組織の間に動脈と並んでリンパ管のような管腔と内皮細胞がところどころに見られ、一見リンパ管を疑わせる(写真3)。

しかしこれらも連続切片で観察すると管腔内に墨粒子を見つめることができる。すなわち、この管腔が静脈であると判断することができる(写真4)。

このようにして各部位の歯根膜および下歯槽管内の脈管を縦断ならびに横断し、連続切片として観察した結果、歯根膜および下歯槽管内には動脈、静脈、毛細血管、神経は存在しているが、管の一部分でなく管全体がリンパ管特有な内皮細胞を有し、さらに管腔内に連続切片で観察しても墨粒子が全く見当らない脈管は存在しなかった。すなわち、歯根膜と下歯槽管内にはリンパ管は見当らな

かった。なおこのような静脈とリンパ管との区別はさらに電子顕微鏡によって確かめることが必要であると考えた。

方法その2) 電子顕微鏡による所見

エポン包埋した電顕標本を1 μ 前後の切片にし光学顕微鏡で観察すると(写真19, 20)歯根膜では結合組織の中に壁の薄い管腔があり、静脈ともリンパ管とも言い難い。また下歯槽管では脂肪組織の間や神経束のそばにやはり大小種々のリンパ管を思わせるような間隙が見られる。このようにリンパ管とまぎらわしい部分をすべてtrimmingして電子顕微鏡で詳しく観察した。その結果、第1の方法による所見とほぼ同様な結果を得た。すなわち

1. 歯根膜における観察結果

歯根膜には結合組織で膠原線維の間に壁の薄い内腔の広い管腔がところどころに見られる(写真21, 22)。この管腔は壁が薄く不規則で、これだけ見ると赤血球も入っていないので一見リンパ管であるように思われるが内皮細胞の外側には連続した基底板が存在する。これは血管の特徴の一つである。リンパ管および毛細リンパ管であれば一般に基底板の発達は悪く、厚さが一様でなく、ところどころ部分的に欠除している。また毛細リンパ管およびリンパ管には pericyte は存在しないがこの管腔外には pericyte が見られる。中には壁が非常に薄く、かつ内皮細胞間が開いていて毛細リンパ管およびリンパ管のように見えるものもあるが基底板が連続し pericyte があり、anchoring filament がなく、また管腔をたどるとその続きに赤血球が現われることや、時には管腔壁に fenestration が見られることでこの管腔はリンパ管ではなく血管、ことに細静脈であることがわかる(写真23, 24)。また血管の内皮細胞同志の結合には接着装置を有する場合が通常で歯根膜の場合にも結合部の間隔が割合広くても、接着装置が見られる(写真25, 26)。しかし中には赤血球が入っているばかりでなく血管の特徴を備えてははっきりと血管であるとわかるものでもその壁をたどり詳しく観察して行くと内皮細胞間の結合が緩く、全く接着装置がなく、間が開いているものがある(写真27)。

2. 下歯槽管における観察結果

下歯槽管においても同様の観察を行ってみると一見リンパ管に似て見える管腔はあるが詳細に見れば歯根膜の場合と同様リンパ管ではなく細静脈である(写真28)。細静脈のうち歯根膜および下歯槽管において高田¹⁰⁾が記載した歯髓の細静脈と同様な特異構造を持っているものがあり、内皮細胞に fenestration が存在するにも拘わらず、内皮細胞間の結合が緩く接着装置を持たないものがあり、また基底板が欠けている所もある。従って壁の一部だけを電顕で観察したのでは血管であるのか、リンパ管であるのか特に赤血球の入っていない場合などは判断

し難い。そこで一見してすぐに血管であると分らせるため、あらかじめ外頸動脈あるいは総頸動脈から生理的食塩水に墨汁を混ぜ注入した材料について、一見リンパ管のように見える管腔のすべてを観察した。

これにより今まで血管かリンパ管か判断しにくかったものが判断し易くなった (写真31)。

まず歯根膜について観察した結果、いかにリンパ管らしく見えるものでも管腔の中に墨粒子を見ることができるので血管ことに細静脈であることがわかる (写真29, 30, 31)。

毛細血管や細静脈では pericyte のほかに内皮細胞がところどころで薄くなり、時には fenestration が見られる。また内皮細胞間の結合が緩く時には開いていても内皮細胞の外側に連続した基底板があるのが通例で、これによって墨粒子が外に出るのを防いでいる (写真31)。

つぎに下歯槽管を観察すると、光顕では多量の脂肪組織の中にリンパ管のような内皮細胞を持った管腔が見られ、一見リンパ管を思わせるが (写真17) 墨汁を血管に注入した電顕標本では歯根膜と同様に管腔の中には墨粒子が認められ、また管腔壁を詳しく観察してもやはり、リンパ管と判断できるものではなく、それらはすべて細静脈 (写真32)、細動脈 (写真33) または毛細血管であった。

以上歯根膜および下歯槽管を電顕で詳細に観察した結果、1 μ 切片を光顕で観察し、リンパ管らしく見える所を trimming して超薄切片にして入念に観察したが、すべて細静脈、細動脈、毛細血管であるという結果を得た。

方法その3) 歯髓内電解質または墨汁注入法による所見

歯髓からの注入物質が歯根尖を通り、どのようにして歯根膜、下歯槽管を経て歯の外部へ運ばれて行くのかを調べるため、まず歯髓に $K_3Fe(CN)_6$ を注入した後、外頸動脈あるいは総頸動脈から $FeSO_4$ を十分に注入し、またこれとは逆に $FeSO_4$ を歯髓に注入し、 $K_3Fe(CN)_6$ を外頸動脈または総頸動脈から注入してベルリン青反応が何処にどのように生ずるかを観察してみると、ベルリン青反応は歯髓は勿論のこと歯根尖から出て、歯根尖部の歯根膜にいったん貯溜し (写真6)、そこから続いて下歯槽管の中に生じていた。その場所は下歯槽管では脂肪組織の脂肪細胞間や小葉間の結合組織と毛細血管および下歯槽動静脈の内部 (写真7) にベルリン青反応が現われており、これは歯髓に注入された電解質が毛細血管に取入れられ、血管によって運ばれるものとまた血管に吸収されないものは組織間隙を通り歯根尖より出て歯根膜から下顎骨の脈管神経隙 (写真6) および下歯槽管の組織間隙を通して外部へ出る木原の言ういわゆる脈管外通路によるものであると思われる。従って歯髓に注入された電解質が外部に出るには血管による路と脈管外通

液路と二通りあることを示している。

つぎに歯髓に注入された墨の場合には電解質と異りほとんどは血管に吸収されずに歯根尖を通して歯根膜に出るが、著者の実験による歯髓自身の組織標本を見ると歯髓内にはあまり多量には墨が入っていなかった。したがって歯根膜に出た墨の量は電解質に比べて、はなはだ少なかった。歯根尖から出た墨が外部に出る通路は歯根膜の脈管神経隙から下顎骨内フォルクマン氏管およびハーバース氏管の脈管神経隙の結合組織間隙を通して出る (写真8)。

一方、下歯槽管に入った墨粒子は下歯槽神経、動静脈間の組織間隙を通して外へ出る。

歯根膜の場合も下歯槽管の場合も墨はいずれもいわゆる脈管外通路によって外部へ出るのが主であり、この点血管による路のある電解質の場合と異なる。

IV 考 察

歯根膜および下歯槽管内のリンパ管についての従来の記載を見るとすべて光学顕微鏡による所見であり歯髓リンパ管の有無を主としたものであって歯根膜、下歯槽管のリンパ管についての研究は少なく、電子顕微鏡による所見は全く見当たらない³⁰⁾。歯根膜のリンパ管の研究で最も詳しい記載をしているのが Schweitzer³¹⁾ (1907, 1909) で氏は歯のリンパ管について実験的にまとまった研究を種々の年齢層の猿、犬あるいは新生児などを用いて行った。

Schweitzer³¹⁾ (1907) は色素注入により歯髓および歯根膜のリンパ管の存在を証明し、ついで Noyes & Dewey⁴⁾ (1918) も歯髓および歯根膜の結合組織に色素注入を行い Schweitzer³¹⁾ の成績を確認した。それ以来 Mayer¹³⁾ (1932)、片山³²⁾ (1937)、中村¹⁶⁾ (1956)、磯川³³⁾ (1958)、の諸氏は歯根膜のリンパ管を当然のこととして Schweitzer³¹⁾ の祖述にならって、現われたリンパ管らしきものをすべてリンパ管と見なしている。ただ松本⁷⁾ (1955) だけは歯根膜のリンパ管の存在を否定し、注入液は歯根膜線維間を流れるとしている。また下歯槽管内のリンパ管の存在についても今までのすべての人はその存在を当然のこととしていて歯根膜内のリンパ管の存在を否定した松本⁷⁾ すら下歯槽管内のリンパ管を認めている。しかしながら以上の人々の方法は直接リンパ管注入にせよ間接に結合組織内を通じるリンパ管注入にせよ、いずれも色素または墨の穿刺注入法によった所見で外観がリンパ管らしく見えることでリンパ管としている³¹⁻³³⁾。磯川³³⁾ は血管を傷つけないように歯髓を露出し、そこから墨を吸収させて歯根尖孔およびその付近の歯根膜で内腔に墨粒子を持って現われた管をリンパ管としている。しかしながら歯髓では毛細血管は象牙芽細胞間に分布しているので、血管を傷つけないように歯髓を露出することは至難のことであり、このようにして血管

によらずして墨を吸収させたと称しても毛細血管内に墨が入らないという保証はない。

また高田¹⁰⁾ (1973)によれば歯髄内の細静脈には内皮細胞間が開いたものもあり、また場所により基板を欠いているものがあると言うことから、たとえ血管に吸収されずに歯髄内結合組織に墨が入ったとしても歯髄内でも細静脈内に墨粒子が入り得ることは当然考えられる。したがって、管腔内に墨粒子が存在するからと言ってこれをリンパ管と断定することはできない。ことに磯川⁸⁾⁹⁾の図を見ればその形はリンパ管と言うより、むしろ静脈の形に似ている。

一方、歯根膜の静脈には色素血管注入だけでなく著者の行った加墨汁硝酸銀水溶液動脈内注入によっても静脈でありながらその形はリンパ管に非常によく似ているものが少なからずある。ことに上述の著者達のすべては、色素または墨の注入によって現われた形がリンパ管らしく見えることをもって、リンパ管と見なしているのであってリンパ管と言う確かな証拠にはならない。^{8)4)7)~9)17)18)}

著者の加墨汁硝酸銀水溶液動脈内注入法によって現わされたリンパ管は特有な内皮細胞の形と管腔内に墨粒子が存在しないことをもって血管から区別するうに、なお、連続切片で観察するのであるから、ただ管の形または磯川⁸⁾⁹⁾のように血管には墨粒子が入っていないと言う前提で行った実験で管腔内に墨粒子が発見されたことをもってリンパ管と見なすものに比べて、はるかに確実である。ただし、この加墨汁硝酸銀水溶液動脈内注入法で得た所見でも管腔の一部分だけを見れば血管であっても墨粒子が存在せず壁が非常に薄く、内皮細胞の形がリンパ管と区別が困難な場合があっても、これを連続切片で追及すると管腔内に墨粒子が現われたり、またははっきり静脈とわかるものに続いていることが判明して、静脈と断定できた場合が少なからずあった。

このようにして著者は加墨汁硝酸銀水溶液動脈内注入により、リンパ管を現わす方法を用いて歯根膜内のリンパ管を検索した結果、歯根膜内には毛細血管、動脈、静脈、神経以外にリンパ管の存在を全く認めることができなかった。リンパ管らしく見えるものは、すべて静脈であった。

下歯槽管内においても従来のすべての研究者はリンパ管の存在を認め、ことに Noyes^{4)17)~19)}は下歯槽管内のリンパ管として血管周囲リンパ腔と神経周囲リンパ腔を認めているが、松本⁷⁾はこれを下歯槽動脈静脈ならびに同名神経幹の色素浸潤と記載し、これとは別に動脈静脈間において管壁周囲に網を形成するリンパ管の出現を認めたと言っている。しかし著者の色素注入によっても、また加墨汁硝酸銀水溶液動脈内注入によっても下歯槽動脈静脈間にリンパ管の存在を認めることができなかった。

従来の研究者ならびに著者の以上の所見は、すべて光学顕微鏡による所見であり、著者は歯根膜においても下

歯槽管においても、リンパ管の存在を否定したが、電子顕微鏡による検索では、あるいはリンパ管が存在するかも知れないと考えたので、さらに著者は、歯根膜および下歯槽管内のリンパ管の有無を実証する目的で電子顕微鏡によって調べた。

電子顕微鏡では拡大が大きすぎて、ただちに電子顕微鏡で検査したのではリンパ管の存在を見出すことは困難であるので、まず電顕用に包埋した歯根膜および下歯槽管の標本を1 μ の切片に作り、光学顕微鏡で調べてリンパ管らしく見えるものをすべて選り出し、これを超薄切片にして電子顕微鏡で、果してリンパ管であるか否かを確認する方法をとった。その結果、光学顕微鏡と同様に電子顕微鏡で検索しても歯根膜および下歯槽管についても、ついにリンパ管を発見することはできなかった。

そこでこれらの部分にリンパ管が無いとすると歯根膜および下歯槽管内を物質が脈管としては血管によって運ばれる以外には方法がないわけである。それならば他に如何なる通路によって運ばれるかを検討しなければならぬ。そこで粒子の小さいものとしては電解質を、粒子の大きいものとしては墨を用い、歯髄に注入し、これらの物質が歯根膜および下歯槽管においてどのような経路をとるか調べた。

その結果、電解質ではその大部分は血管に吸収され血管によって歯髄から歯根膜および下歯槽管を通して外に運ばれるが、血管に吸収されない電解質は歯髄の結合組織間隙を通して歯根尖から出てその付近の歯根膜にいったん多量に貯溜し、その後、一部分は歯根膜上方に、一部は下歯槽管に入る。その後歯根膜では血管周囲の組織間隙、下歯槽管では下歯槽動脈静脈周囲や脂肪組織の組織間隙を通して外へ運ばれることを認めた。

墨の場合は主として歯根膜の脈管神経隙および下歯槽管の組織間隙を通る木原³⁰⁾の言ういわゆる脈管外通路路によって外部へ運ばれる。粒子の小さい電解質では血管に吸収されて外部に出る場合を主とするのに対し、粒子の大きい墨のような物質の通路は、脈管外通路路によって外部に出るのを主とする。直接墨を注入した歯髄と異なり、墨は血管に吸収されて運ばれることはまずないと考えられる。その理由は、たとえ歯根膜および下歯槽管の細静脈には内皮細胞間の結合が緩く、中には内皮細胞間が開いているものがあるとしても基板の存在する場合が普通であるから外部からの墨粒子は基板に阻止されて細静脈の内部には吸収されない^{11)12)22)~24)}。ごくまれに細静脈に内皮細胞間が開いていて基板の欠けているものがあるとしても、リンパ管に比べてその場合がはなはだ少ないし、また歯根膜および下歯槽管の組織間隙にある墨粒子は著者の実験結果では極少量であるから特殊構造の細静脈に墨が吸収されるとしてもきわめて微々たるもので全体に影響を与えるほどのことはないからである。

歯根膜および下歯槽管内にはリンパ管を見出すことは

出来なかった。しかし電子顕微鏡で観察すると細静脈のなかには内皮細胞壁が非常に薄く、管腔が不整形で、壁の一部分を見れば薄い内皮細胞間の結合が緩く、中には接着装置を持たず、時には内皮細胞間が開いたものもあった。基底板は大抵は存在するが中には所々欠けているものもまれにあった。

このように一部分を見ればリンパ管との区別がはなはだ困難であっても壁をたどって観察して行くと内皮細胞の内腔面には細かい絨毛が多く、また内皮細胞の外面は凹凸が少なく、内皮細胞間の結合は固く、連続した基底板を有していたり、fenestration が有ったり、pericyte があつたり、また anchoring filament が見られないなど、血管の特徴を備えている。

電子顕微鏡で見る毛細リンパ管およびリンパ管の特徴は一般に細静脈に比べて遙かに内皮細胞が薄く、内皮細胞の内腔面には絨毛が少なく、かつ周囲組織に向かって凹凸が多く管腔の断面は不規則であり、内皮細胞間の結合は緩く、ところどころ内皮細胞が開いている。また内皮細胞の外側の基底板の発達が悪く、しばしば欠如している。内皮細胞と周囲結合組織とは anchoring filaments あるいは collagenous fibrils によって結合されており pericyte は存在しない。さらに毛細血管のように fenestration を持っていない¹¹⁾¹²⁾²³⁾²⁴⁾。

これらのことを基に、あらかじめ血管に墨を注入した電顕標本で観察すると、リンパ管に非常に似たものでもリンパ管ではなく、細静脈であることがわかった。このような細静脈は高田¹⁰⁾によれば歯髓内部にも存在する。従って歯根膜および下歯槽管の細静脈の壁の一部分には歯髓と同様、特殊な構造を持ったものの存在を窺知できると考える。

V 結 論

歯根膜および下歯槽管の脈管ことにリンパ管の有無について、光顕ならびに電顕の研究を行った。光顕による方法としては従来は色素穿刺注入法により、形がリンパ管らしく現われたものをもってリンパ管と見なしていた傾向があるが、これをリンパ管と断定することは非常に困難なため、著者は加墨硝酸銀水溶液動脈内注入法により、内皮細胞の形によって細動脈、細静脈、毛細血管を区別し、また内皮細胞の形と内腔の墨粒子の有無により、なおその上連続切片により観察して血管とリンパ管との区別を行った。さらに電顕によって歯根膜および下歯槽管内のリンパ管の有無を検索すると共に、これとまぎらわしい歯根膜と下歯槽管内の細静脈の微細構造を検索した。その結果、

1. 歯根膜および下歯槽管で色素または墨の穿刺注入により現わされたリンパ管は、通常の組織標本では、細静脈との区別が非常に困難である。
2. 従来の色素穿刺注入法で見ると壁が薄く、かつ外

見からリンパ管とされていたものも加墨汁硝酸銀水溶液動脈内注入法で調べてみると、内皮細胞の形と、連続切片の追及により管腔内に墨粒子が現われることですべて細静脈であり、さらに明らかに静脈であるものに接続しているものもあった。したがって歯根膜および下歯槽管内にはリンパ管は認められなかった。

3. 歯根膜の動脈、静脈および毛細血管に関しては Schweitzer⁸⁾¹⁴⁾, Noyes^{6)17)~18)}らの記述と大差はなかった。ただし、彼等がリンパ管と称していたものも細静脈に他ならなかった。

4. 歯髓内に取り入れられた物質のうち、粒子の小さい溶液（たとえば電解質）は大部分は血管に吸収され、血管によって歯根膜および下歯槽管を通して外部へ運び出されるが、一部分は血管周囲、また下歯槽管の同名動脈周囲、脂肪組織の組織間隙を通りいわゆる木原の脈管外通路²⁰⁾により外部へ運び出される。しかし粒子の大きい物質（たとえば墨粒子）は主として歯根膜の脈管神経間隙および下歯槽管の結合組織間隙すなわち脈管外通路路を通して外部へ運び出される。

5. 電顕では歯根膜および下歯槽管の細静脈には歯髓の細静脈と同様な特異構造を持ったものがある。すなわち壁の一部で内皮細胞が非常に薄く、内皮細胞間の結合が緩かったり、まれに開いているものがある。また大抵は基底板は存在するが、極くまれには基底板の欠けているものがある。しかし fenestration があつたり、pericyte が存在することや anchoring filament が見られないことで細静脈であることが分かる。また直接には血管に墨注入を十分行った標本の電顕での検索によっても、これらのものはリンパ管ではないと判断できた。

6. 以上、歯根膜および下歯槽管内で従来リンパ管らしく見えたものを、電顕で詳しく精査すると、これらはすべて細静脈であり、リンパ管ではなかった。したがって歯根膜および下歯槽管内にはリンパ管は存在しない。

このことは加墨汁硝酸銀水溶液動脈内注入法による結果と一致する。

稿を終るに臨み、終始ご懇篤なる御指導と御校閲とを賜った恩師内田安信教授に深甚なる感謝の意を捧げます。また解剖学において御教示と御鞭撻を頂きました本学解剖学教室第一講座森堅志教授に厚く御礼申し上げます。更に御協力下さった口腔外科学教室の諸先生ならびに第一解剖学教室の諸先生、石井、橋本両技手に対し、心からなる謝意を表します。

なお、本研究の一部は、第27回日本口腔科学会総会（昭和48年6月23日、於札幌）、および第28回日本口腔科学会総会（昭和49年4月14日、於久留米）において口演発表した。

付 図

略号 V: 静脈 A: 動脈 PM: 歯根膜 B: 血管
 N: 神経 P: pericyte E: 内皮細胞 C:
 膠原線維 IS: 組織間隙 IAC: 下歯槽管
 F: fenestration T: 歯 I: 墨

写真1～5, 写真9～18 はすべて加墨汁硝酸銀水溶液
 動脈内注入法による。

写真1 犬の歯根膜(縦断) 動脈の横に大きな管腔が見られるが墨粒子が存在しない場合リンパ管と間違えられる。×100

写真2 写真1の連続標本, 管腔を連続切片で追及すると墨粒子(↑印)が現われるのでリンパ管でなく静脈であることが分かる。×100

写真3 犬の下歯槽管(縦断). 動脈に沿って管腔が存在し, リンパ管に類似した内皮細胞が見える。×100

写真4 写真3を連続切片で追及すると管腔内に墨粒子(↑印)が現われるので静脈とわかる。×150

写真5 犬の歯根膜根尖部(縦断). 血管は管腔内に墨粒子が入っている。一見リンパ管らしいものも連続切片により墨粒子が現われ, 又内皮細胞の形から静脈と分かる。×50

写真 6 犬の歯根膜。歯髄へ FeSO_4 溶液を注入した後、動脈へ $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ を注入して FeSO_4 の通路を見得る様にした。電解質は血管に吸収される他に、組織間隙を通して運ばれる。(H-E 染色) $\times 50$

写真 7 犬の下歯槽管の神経、動静脈の傍に、歯から出て来た電解質が結合組織間隙を通る所謂脈管外通液路が見られる。 $\times 150$

写真 8 犬の歯根膜。電解質のような溶液でなく粒子の大きい物質として墨を注入した所、墨は主として脈管外通液路を通る。

H-E 染色 $\times 200$

写真 9 ウサギの耳下腺リンパ管 (特有な形の内皮細胞) $\times 400$

写真 10 犬の歯根膜内静脈 (リンパ管とは異なる内皮細胞) $\times 200$

写真 11 犬の歯根膜。根尖部 (縦断) 動静脈と神経。 $\times 40$

写真 12 犬の歯根膜（縦断）歯の長軸に平行にかなり太い神経が存在する。×100

写真 13 犬の歯根膜（横断）．脈管神経隙．×100

写真 14 犬の歯根膜（縦断）動脈内皮細胞．（長い紡錘形で墨粒子を混えた縦線に見えている）、と筋線維（横線）．×200

写真 15 犬の歯根膜（縦断）静脈．リンパ管の内皮細胞に類似し、非常に粉らわしいが管腔内に墨粒子（↑印）の存在により静脈とわかる．×200

写真 16 ウサギの下歯槽管（横断）．脂肪組織が豊富でその組織に包まれて同名動静脈，神経が存在する．×40

写真 17 ウサギの下歯槽管（横断）．下歯槽静脈と細い動脈の間にリンパ管に類似した管腔が見える．×100

写真 18 写真17の管腔を連続切片で追及すると管腔内に墨粒子(↑印)が現われるため静脈であることがわかる。×200

写真 19 犬の歯根膜(電頭用にエポン包埋したもの)の厚さ1μの横断切片の光顕像。これだけではリンパ管か静脈か判断がつかない。トルイジンブルー染色。×100

写真 20 犬の下歯槽管(電頭用)の厚さ1μの横断切片の光顕像。神経束周囲の管腔は電頭によらないとリンパ管か否か分からない。トルイジンブルー染色。×50

写真 21 犬の歯根膜の細静脈電顕像。×3200

写真 22 犬の歯根膜の細静脈電顕像。×4800

写真 23 犬の歯根膜の細静脈の拡大。内皮細胞が開いていてリンパ管に似ているが連続した基底板と pericyte が存在し管腔に赤血球が存在する。×4000

写真 24 犬の歯根膜の細静脈壁（写真22）の拡大図。管腔に fenestration（↑印）が見られる。×9000

写真 25 犬の歯根膜の細静脈壁拡大図。結合部の間隔が広いが接着装置が見られる（↑印）。×10000

写真 26 犬の歯根膜の細静脈壁拡大図。接着装置（↑印）。×15000

写真 27 ヒトの歯根膜の細静脈壁拡大図。内皮細胞間の結合が開いている（↑印）。×6000

写真 28 犬の下歯槽管細静脈電顕像。×1800

写真 29 犬の歯根膜細静脈壁拡大図。墨粒子（↑印）が管腔内に存在するので静脈と断定できる。×9000

写真 30 犬の歯根膜の細静脈壁拡大図。管腔内に墨粒子(↑印)が存在する。×12000

写真 31 犬の歯根膜細静脈。内皮細胞間の結合が開いていてリンパ管に似ているが血管注入した墨粒子が存在するのでリンパ管ではない。×9000

写真 32 犬の下歯槽管の細静脈壁拡大図。×6000

写真 33 犬の下歯槽管の細動脈。管腔内に墨粒子(↑印)が存在する。×3600

文 献

- 1) Sappey, Ph. C. : Description et iconographie des vaisseaux lymphatiques considerées chez l'homme et les vertébrés. Delahaye, Paris, 1885.
- 2) Ollendorf, A. : Über den Zusammenhang der Schwellungen der regionären Lymphdrüsen zu den Erkrankungen der Zähne. Dtsch Mschr Zahnheilk 16 : 249 1898.
- 3) Schweitzer, G. : Über die Lymphgefäesse des Zahnfleisches und der Zähne beim Menschen und beim Säugetieren. Arch Mikrosk Anat 69 : 807 1907.
- 4) Noyes, F.B., Dewey, K. : The lymph of the dental region. JAMA 71 : 1179 1918.
- 5) Solkower, F.A. : Zur Frage über das Vorhandensein in von Lymphgefäessen in der Zahnpulpa. Anat Anz 64 : 73 1927.
- 6) 片山武夫 : 口腔およびその付近のリンパ管系統の解剖学的研究。日歯会誌 30 : 647 739 1937.
- 7) 松本謙一 : 歯髓より発するリンパ道の経路並に歯

髓内脈管外通路系に就いて。熊本医会誌 29 : 1122 1955.

- 8) Isokawa, S. : Über das Lymphsystem des Zahnes. Z Zellforsch Mikrosk Anat 52 : 140 1960.
- 9) 磯川宗七 : 歯のリンパ管系に関する知見補遺, 解剖誌 33 : 295 1958.
- 10) 高田徳也 : 歯髓脈管の構造の光顕ならびに電顕的研究。解剖誌 48 : 118 1973.
- 11) Mori, K. : Identification of lymphatic vessels after intraarterial injection of dyes and other substances. Microvasc Res 1 : 268 1969.
- 12) 森 堅志 : リンパ管の構造。日臨 28 : 2 1970.
- 13) 森 堅志 : リンパ管の研究。日脈管会誌 14 : 481 1974.
- 14) Schweitzer, G. : Über die Lymphgefäesse des Zahnfleisches und der Zähne beim Menschen und beim Säugetieren. Arch Mikrosk Anat 74 : 927 1909.
- 15) Mayer, W. Normale Histologie und Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen. J.F. Lehmanns Verlag, München, 1932, p 99.

- 16) 中村正雄：歯牙系の淋巴管について. 日歯医師会誌 9 : 372 1956.
 - 17) Noyes, F. B. : A review of the work on the lymphatics of dental region. J A D A 14 : 714 1927.
 - 18) Noyes, F. B. : Lymphatics of the dental region. J A D A 15 : 1911 1928.
 - 19) Noyes, F. B., Ladd, R. L. : The lymphatics of the dental region. Dent Cosmos 71 : 1041 1929.
 - 20) 木原卓三郎：脈管外通液路の研究. 解剖誌 33 : 295 1958.
 - 21) 片山武夫：歯牙周囲組織の淋巴管系. 日歯口腔会誌 19 : 48 1937.
 - 22) Takada, M., Mori, K. : Spontaneous separation of the endothelial cell junctions of the venules in the large salivary glands of the intact mouse. Microvasc Res 3 : 204 1971.
 - 23) Takada, M. : Electron microscopic observations on the passage of electrolyte solutions and trypan blue fluid through the walls of venules and capillaries of the venous side. Nagoya Med J 9 : 113 1963.
 - 24) 小谷正彦：リンパ管の構造と機能. 血液と脈管 1 : 1325 1970.
 - 25) Rhodin, J. A. G. : Ultrastructure of mammalian venous capillaries, venules, and small collecting vein. J Ultrastr Res 25 : 452 1968.
 - 26) 藤田恒太郎：歯の組織学. 第1版, 医歯薬出版, 東京, 昭和48年, 194頁.
-