乳前歯歯髓内神経の走向分布ならびに 歯髓組織との関連について

木 村 興 雄

東京医科歯科大学歯学部小児歯科学教室 (指導: 山下浩教授)

東京医科歯科大学歯学部口腔解剖学教室 (指導: 一条尚教授)

(昭和46年1月14日受付)

Nerve Distribution and its Structural Relationship with the Surrounding Tissues in Dental Pulp of Primary Anterior Teeth

Okio Kimura

Department of Pedodontics, School of Dentistry,
Tokyo Medical and Dental University
(Director: Prof. Hiroshi Yamashita)

Department of Oral Anatomy, School of Dentistry,
Tokyo Medical and Dental University.
(Director: Prof. Takashi Ichijo)

要旨: 乳歯歯髓内神経の走向分布状態を明らかにするために、肉眼的に歯根吸収のないヒトの正常乳前歯を用いて、歯髓の外形形態を観察するとともに歯髓内神経線維の走向分布ならびに歯髓を構成している神経以外の組織との関連について、根尖から歯冠歯髓先頂に到るまでの位置的な変化を組織学的に観察した。

材料は固定後、唇舌、近遠心、横断の3方向に凍結および paraffin 切片を作製し、鍍銀染色, azan-mallory 染色, H-E 染色を行なった。また歯を唇舌、近遠心的に切断し、さらに根尖から歯冠先頂に到るまでを連続的に横断して歯髓の外形形態を立体的に観察した。

- 1) 根尖孔付近の歯髓横断像はほぼ円形を呈していて、歯根歯髓では3角形となるが歯種により異なり、上顎乳中切歯では唇舌的に著しく圧平された楕円形に近い形態をしている。
- 2) 歯髓の最豊隆部は唇側面ではほぼ歯頸部付近にあり、しかも正中より近心に寄っている。舌側面ではそれよりやや歯冠側にあり正中より遠心によっている。したがって歯頸部歯髓の横断像は一般に菱形を呈する。
- 3) 歯髓の最豊隆部付近で象牙芽細胞の脊丈が最も高く、細胞稠密層は厚い。
- 4) 歯髓の根尖側から約 $\frac{2}{5}$ 領域までは神経ならびに動脈とそれらの間質を構成している密な線維性結合組織は歯髓の中央領域に集中していて、静脈は歯髓の辺縁にわずかに存在する歯髓細胞を主体とする組織内に位置している。
- 5) 同約 $\frac{3}{5}$ 領域では神経、動脈は分枝して数を増すとともに間質の線維性結合組織をとまって歯髓の辺縁に移動する。そのため歯髓の中央領域には歯髓細胞を含む組織が現れる。静脈はそれまで歯髓の辺縁にあったものが歯髓の内側へ移動する。
- 6) 同約 $\frac{4}{5}$ 領域すなわち歯頸部付近では神経、血管はさらに分枝によって数を増すとともに分散す

る。同時に間質を構成していた線維性結合組織は漸次消失し、神経、動脈の周囲のきわめて限られた部分にのみ認められる。歯髓中央領域には比較的太い神経線維束が疎に分布し、辺縁には細いものが密に分布している。

7) 末梢神経線維は歯根上半部に到って初めて歯髓表層にみられ、歯冠側に向うにつれ漸次増加する。細胞稠密層の発達した領域では末梢線維の分布量も多く、これらは主に象牙質内面に平行に密な神経叢を形成している。しかしその分布密度は歯によって異なる。

8) 歯冠歯髓先端部では歯髓中央を上行してきた太い神経線維束が分枝して複雑な神経網を形成する。

結 言

歯髓の神経については歯の知覚と関連して古くから注目され、1835年 Raschkow¹⁾ が観察を行って以来多くの研究者により各種研究法が用いられて観察されている。しかしながら、歯髓内神経の分布に関する研究は永久歯に関するものが多く、しかも一定領域の分布についてのみ観察されているにすぎない。乳歯についてのこの種の研究は、永久歯に比べてその報告はきわめて少ない。またその他わずかながら歯の発生にともなう神経の分布についての研究がある。

永久歯の歯髓内神経分布に関する従来の研究を総合すると次のように分類される。

1. 象牙芽細胞層下神経叢 (Raschkow の神経叢) について

a) 密な神経叢としてその存在を認めるもの

Owen (1845)²⁾, Tomes (1914)³⁾, Wassermann (1939)⁴⁾, 山崎 (1948)⁴⁾, Rapp ら (1957)⁶⁾, Kubota ら (1960, 1961)⁷⁾⁸⁾, Fearnhead (1961)⁹⁾

b) 密な神経叢の存在を認めないもの

Huber (1898)¹⁰⁾, Philipp (1955)¹¹⁾, Held ら (1955)¹²⁾

2. 象牙質中に神経の存在を認めるもの

Tiegs (1938)¹³⁾, Bernick (1948)¹⁴⁾, 1957¹⁵⁾, 1968¹⁶⁾, 山崎 (1948), Philipp (1955), Kubota (1960), Rapp ら (1957)

3. 象牙質内の神経の存在について

a) 存在を認めるもの

Boll (1868)¹⁷⁾, Morgenstern (1895)¹⁸⁾, Mummery (1912)¹⁹⁾, Dependort (1913)²⁰⁾, 豊田 (1934)²¹⁾, Münch (1935)²²⁾, 寺坂 (1939)²³⁾, Powers (1952)²⁴⁾,

Cocker ら (1955)²⁵⁾, Fearnhead (1956)²⁶⁾, 1957²⁷⁾, 1967²⁸⁾, 1970)²⁹⁾, Hattiyasy (1961)³⁰⁾

b) 存在を否定するもの

Retzius (1892)³¹⁾, Huber (1898), Chase (1929)³²⁾, Calderon (1931)³³⁾

歯の発生に伴う神経の分布については、可児 (1937)³⁴⁾, Wassermann (1939), 白石 (1951)³⁵⁾, Kubota (1958)³⁶⁾, 1959³⁷⁾, 佐藤 (1958)³⁸⁾, Fearnhead (1961, 1967) 高木 (1968)³⁹⁾ らのものがある。

乳歯歯髓の神経分布に関しては Bradlow (1936)⁴⁰⁾, 可児 (1937)⁴¹⁾, Mohiuddin (1950)⁴²⁾, Bernick (1952)⁴³⁾, Catania (1952)⁴⁴⁾, Fearnhead (1961), Rapp ら (1967)⁴⁵⁾ などによる研究がみられるのみで、乳歯歯髓における神経の走向分布についてはいまだ不明な点が多い。

また、従来の歯髓に関する組織学的研究では、永久歯乳歯ともに歯髓の組織学的各構成要素について部分的に詳細に研究したことが多い。歯髓はそれを構成する要素の中で、神経ならびに血管とくに神経の占める割合が他の組織に比べ非常に多いのが特徴の1つでもある。したがって、神経の走向分布状態と歯髓の他の構成要素とは密接に関連しながら歯髓を構成しているものである。しかし歯髓全体として、その神経の走向分布状態と他の構成要素との関連についての研究は殆んど見られず、特に乳歯に関しては皆無に等しい。

さらに歯髓神経の走向分布と歯髓における神経以外の他の構成要素との関連を十分に理解するためには、各歯種における歯髓の外形形態ならびにその特徴を立体的に把握する必要がある。しかし、乳歯の歯髓外形形態に関する報告はきわめて

簡単なものがあるのみで^{46) 47)}、詳細な報告は全くみられていない。

そこで著者は乳前歯を用いて、根尖孔から歯冠歯髓先頂にいたるまでの歯髓内神経線維の走向ならびに分布状態を詳細に観察するとともに、歯髓の外形形態を立体的に観察し、それらの所見をもとにして歯髓を構成する神経以外の他の組織についても、根尖から歯髓先頂までの位置的な推移変化を観察し、それらと神経の走向分布との関連について観察を行なった。

材料と研究方法

ヒトの抜去乳前歯を材料として、5才11カ月から8才8カ月までの正常乳切歯ならびに乳犬歯の中で、歯根が完成し肉眼的に歯根吸収が認められない正常歯髓を有する25歯を観察に用いた。

材料は抜歯後直ちに10% formol-alcohol もしくは10% formalin で固定し、5% formic acid で脱灰を行い、主として30 μ の凍結切片、一部は5 μ の paraffin 切片を作製した。それぞれの切片は歯の長軸に対して平行に、近遠心ならびに唇舌方向に縦断するとともに、一方では横断標本作製し、Pap の鍍銀法、hematoxylin-eosin 染色、azan-mallory 染色を施こして観察を行なった。

さらに150歯の乳前歯を資料として、歯根および歯冠の形態を観察するとともに、それらの一部をデスクにより切片と同様に唇舌断、近遠心断ならびに根尖から歯冠頂にいたるまでできるだけ薄く連続的に横断し、歯髓の外形形態について立体的観察を行なって参考とした。

研究成績

1. 乳前歯歯髓の基本的外形形態について (図1)

乳前歯歯根はその舌側に永久歯歯胚が位置するため、唇側に屈曲する場合が多い。特に上顎乳中切歯において最も著明で、ついで上顎乳犬歯、下顎乳犬歯であり、一般に下顎乳中切歯、乳側切歯と上顎乳側切歯では、比較的屈曲が弱く、なかに

はほとんど認められない場合もある。歯根が屈曲を示す場合は、歯根長のほぼ中央もしくは中央よりやや根尖よりの領域である。

乳前歯歯髓の外形は基本的には歯の外形にほぼ対応した形態を示している。乳切歯と乳犬歯とでは歯冠の外形が異なるため、それにともない歯髓の外形も異なっている。いずれの場合においても、乳前歯歯髓は歯の大きさととの比率が永久歯のそれと比較して大きいのが特徴である。根尖孔付近での歯髓は同一径の管状を呈する場合が多く、また歯髓の先頂は歯冠中央もしくは中央よりやや切縁よりに位置している。

1) 唇舌断による歯髓の外形

歯髓最豊隆部の位置は、歯種ならびに同一歯においても、唇舌、近遠心面でそれぞれ異なっている。すなわち、唇舌面では乳犬歯・乳切歯とも歯髓長の歯冠約 $\frac{1}{3}$ 付近で最も豊隆を示しているが、歯冠の最豊隆部とは一致せず、これよりやや歯根側に位置し、ほぼ歯頸部に相当している。しかし、下顎乳中切歯の唇側最豊隆部は一般に歯頸線よりも低い。

また唇側ならびに舌側面の最豊隆部の位置は同様でなく、舌側面最豊隆部は唇側面最豊隆部よりもやや歯冠側に位置しているのが普通である。乳犬歯の舌側面最豊隆部は、上下顎ともに最も強く豊隆を示している。しかし、乳切歯では比較的平滑な面をなしている。

2) 近遠心断による歯髓の外形

近遠心面の最豊隆部は乳犬歯、乳切歯とも唇舌面における最豊隆部よりも位置が高く、すなわち乳犬歯では歯頸部と歯冠外形の最豊隆部とのほぼ中間にある。また乳犬歯では最豊隆部から歯髓先頂にむかつて、歯冠の外形にほぼ対応して急速に近遠心径を減少し、尖頭をもって終っている。乳切歯は乳犬歯と異なって切縁を有するために、それら歯冠外形にはほぼ一致していて、近心および遠心面最豊隆部はそれぞれ歯髓の先頂近くに位置している。しかし、近心面と遠心面における歯髓先頂の高さは必ずしも同一でなく、乳中切歯では上下顎ともほぼ等しいか、もしくは近心の方がやや

図 1 乳前歯歯髓の外形図

各図とも左から近遠心断、唇舌断、横断の順で、近遠心断は右が近心、唇舌断は左が唇側である。横断図では右が近心である、上顎では下方、下顎では上方が唇側で、歯冠中央部、歯根中央部および根尖部付近の各断面である。

高い。また乳側切歯では上下顎とも近心の方が遠心よりも高いのが普通である。

3) 横断による歯髓の外形

横断面で観察すると、歯髓はいずれの乳前歯においても、根尖孔に近い領域ではほぼ同一径の円形を呈している。

(1) 上顎乳犬歯

上顎乳犬歯の歯根は比較的唇舌的に圧平されており、歯根の横断面は一般に丸味をおびた3角形を呈している。この横断面の3面の中で、唇側面が最も長く、ついで近心面、そして遠心面が最も短い。また歯根の唇側面近心よりの領域には、根尖から歯頸部にかけて隆線状の膨隆がみられる。

歯髓の横断面は根尖に近い領域ではほぼ円形をなしている。しかし、この領域をすぎて歯頸部方向に向うにしたがい、歯根の外形に対応して順次円形から丸味をおびた3角形を呈するようになり、歯根のほぼ中央領域の歯髓形態が最も典型的に歯根外形に対応した形をとっている。しかし、さらに歯頸部に近づくにつれ、舌側遠心への豊隆が減少することによって、歯髓の形態は唇舌的に圧平された楕円形に変化してくる。

歯頸部では唇舌側面最豊隆部があるため、菱形となる。しかも歯根の唇側面ではその隆線状の高まりが唇側面近心よりに位置しているために、歯髓の唇側豊隆もそれに対応して正中よりやや近心に位置している。また舌側面においても歯根の膨隆が遠心よりに位置しているために、歯髓舌側面豊隆部もやや遠心によっている。したがって、歯頸部付近では唇側豊隆部が正中よりも近心に位置し、舌側豊隆部が遠心に位置した菱形となる。

歯冠外形における唇側面中央領域の隆線状高まりは、歯根の唇側面近心よりに位置する隆線状の高まりと位置的に連続しており、さらにそれらの隆線は歯冠尖頭にむかっている。また舌側面においても歯根の舌側面膨隆が基底結節につながり、しかも遠心よりに位置している。この基底結節からさらに中央隆線が尖頭にむかっている。

したがって、歯冠歯髓の形態はそのような歯冠

形態に対応し、その近遠心径が順次増大し唇舌膨隆度が減少するが、それにとまって横断像における唇舌側面の最大豊隆点は歯髓先頂に向うにしたがって、唇舌側ともに正中方向に移動していく。このようにして近遠心最豊隆部をすぎると、近遠心径が急激に減少していくために、その横断像は唇舌的に圧平された楕円形から歯髓の先頂では円形をなして終る。

(2) 下顎乳犬歯

下顎乳犬歯では、上顎乳犬歯とは異なり歯根が近遠心的に比較的強く圧平されているため、唇舌径が近遠心径よりも長い。また近心舌側面には溝があり、しかも遠心舌側には隆線状の高まりがみられる。そのため、歯根の横断面は全般的に遠心舌側膨隆部を頂点としてほぼ唇舌径の長い3角形をなしている。その中で近心舌側面が最も長く、遠心舌側がこれにつづき、唇側面が最も短い。

したがって、歯髓の横断面も一般にこれに対応した形態をもっている。根尖孔に近い領域ではほぼ円形をしているが、歯根の根尖側約 $\frac{1}{4}$ 付近で、近心舌側面に縦に走る溝が出現してくる領域から、歯髓の横断面は歯根の横断面の形態に対応するようになる。すなわち歯根の遠心舌側の膨隆にしたがい、歯髓においてもそれに対応する領域が膨隆しはじめ、順次遠心舌側に頂点をもつ丸味をおびた3角形を呈し始め、しかも歯根形態と同様に近遠心径よりも唇舌径の方が長い。3角形の3面のうち近心舌側面が最も長く、唇側面が最も短い。

歯頸部では唇舌側面最豊隆部に近づくにつれて、唇舌径が増大するとともに、近遠心径も増し菱形となる。しかし唇舌側面最豊隆部領域をみると、上顎の場合は唇舌径よりも近遠心径の方が優っているのに反し、下顎では唇舌径、近遠心径がほぼ同径となり、近遠心径がまさることは決してない。歯冠歯髓では上顎乳犬歯とほぼ同様で、唇舌側面最豊隆部をすぎると、唇舌側面の豊隆が順次減少するとともに、近遠心側面の最豊隆部のために、近遠心径が最大となり、したがって近遠心径の長い楕円形を呈するようになる。しかし、上

顎乳犬歯歯冠にみられるような、唇側ならびに舌側の隆線状の高まりはみられず、歯冠が細長いため、歯髓の形態も比較的単純な楕円形を示している。さらに近遠心面最豊隆部をすぎると上顎乳犬歯と同様に急激に近遠心径を減じ、丸味をおびた尖頭となって終る。

(3) 上下顎乳側切歯

上下顎乳側切歯はともに歯の外形が類似しているために、両者の歯髓形態もほぼ同様な形態を示している。歯根は近遠心的に圧平されていて、根尖に近い領域での横断面は唇舌的に長軸をむけた楕円形をなしている。しかし、歯頸部に向うにしたがって、唇側面の幅がやや増加してくるために、舌側面における根の膨隆を頂点とした細長い3角形を呈するようになる。各3面の中で近心舌側面が最も長く、ついで遠心舌側面で唇側面が最も短かいのが普通である。また根の横断面では、近心舌側面と唇側面の隅角部は鋭角をなし、遠心舌側面と唇側面との隅角部は鈍角をなしている。

このような歯の外形に対応し、歯髓の横断像も根尖から歯頸部にかけて、近遠心的に圧平された形態をもっている。根尖に近い領域では歯髓の横断像が唇舌的に長軸をむけた楕円形をしている。しかし、根尖から歯頸部方向にむかい、歯根の横断面における唇側近心隅角部が膨隆し、唇側面の幅が増大するにしたがって、歯髓横断像も唇側近心隅角部が膨隆してくる。故に、この領域では舌側面の幅がせまくなり、唇側面近心および遠心隅角が膨隆した卵円形のような外形を示すようになる。

歯頸部付近で歯髓の唇舌側面豊隆部に近づくにつれて、特に唇側面最豊隆部が唇側近心隅角部よりの領域に位置するために、歯髓横断像において唇側近心ならびに舌側に向って豊隆を示し再び楕円形となる。また歯頸部領域から歯冠へ移ると、近遠心的に圧平された歯根形態が唇舌的に圧平された歯冠形態に急激に変化を示すために、歯髓外形においてもそれに対応し、唇舌側面最豊隆部をすぎその豊隆が減少すると同時に近遠心径が増大し、菱形となった後すぐに唇舌的に圧平された楕円形に変化を示してくる。しかしその際、遠心側

よりも近心側の方が幅がまさるのが普通である。歯髓先頂においては近心側端が遠心側端よりも高い位置で終る場合が多い。

(4) 上顎乳中切歯

上顎乳中切歯では歯根が唇舌的に著しく圧平されており、そのほとんどが歯根中央付近で唇側に向って強く屈曲を示している。また歯根の横断面は3角形を呈し、唇側面が最も幅広く、遠心舌側面が最も短い。唇側面の歯根下半部に縦に走る著明な溝が認められる。この溝は根尖に近い領域では漸次消失している。一方歯頸部に向っては、その溝がまれに歯頸部にまで達しているものも認められるが、一般には歯根の中央領域における唇側への屈曲部で消失するものが多い。歯根の唇舌径は歯頸部から根尖にいたるまでゆるやかに減少しているが、その近遠心径は歯頸部から歯根中央領域までは、ほぼ同一径で変化を示さない場合が多い。

したがって、歯髓の各領域における横断像においても、このような外形に対応している。根尖孔に近い領域では円形であるが、歯根唇側面溝が出現する領域に近づくにつれ、唇舌的に圧平された楕円形を呈してくる。歯根の唇側面溝が認められる領域では、歯髓の唇側面がわずかながらゆるやかに凹面をなしている。しかし、歯根の形態が前述のごとく3角形を示してくると、それに応じて歯髓の横断面は遠心舌側よりの領域が膨出し始め、唇舌的に圧平された3角形を呈するようになる。このようにして、歯根の中央領域に達して唇側面溝の消失にともない、歯髓の唇側面は唇側にやや豊隆し丸味をおびた形態となってくる。さらに歯頸部では唇舌径が増加を示してくるが、近遠心径はほとんど同一で変らない。このようにして唇舌側面における最大豊隆部に接近すると、舌側面のみならず唇側面においてもさらに豊隆を示してくるために、全体として菱形となる。また歯根形態と関連して、歯冠の基底結節が遠心によっている関係で、歯髓舌側面の最豊隆部は正中よりもやや遠心に位置している。歯冠唇側面の歯頸部に近いところでは、その近心よりの領域が歯帯状に

隆起しているために、歯髓の唇側面でも近心よりの領域がやや膨隆を示している。

歯冠部にいたると、近遠心径は徐々に増大を示し、ほとんどの場合歯髓先頂において最豊隆部となる。一方唇舌面においては、その最豊隆部をすぎると再び豊隆が減少するとともに、歯髓先頂に向うにしたがって唇舌両面における豊隆点が歯冠の形態に一致して、ともに正中によってくる。かくして歯髓先頂部では唇舌的に著しく圧平された楕円形となる。

(5) 下顎乳中切歯

下顎乳中切歯の歯根はやや近遠心的に圧平されているが、その程度は上下顎乳側切歯ほどではなく、全般的に丸味をおびている。舌側にみられる隆線は正中よりもやや遠心に位置しているために、歯根の横断面はこれら舌側の隆線を頂点として丸味をおびた3角形をなしている。この3角形の3面のなかで、近心舌側面が最も長く、唇側面が最も短い。しかし、ことに歯根上半部においては、唇側面と遠心舌側面の長さは乳側切歯程差がみられるものではない。また歯根舌側の隆線は歯頸部に向うにしたがって、順次正中に近づいている。さらに歯根中央領域から歯頸部にかけて、各面とも丸味を増している。歯頸部では舌側の隆線がさらに丸味をおびてくるため、横断像が円形に近い状態となる。

歯髓の横断像は根尖付近では円形に近い形態をもっているが、歯根下半部では歯根の外形に対応して、上下顎乳側切歯にみられるように近遠心的にかなり圧平された3角形をなしている。この3角形の3面のうち近心舌側面が最も長く、唇側面が最も短い。これら3面の長さの差が歯根上半部のそれに比して大きい。歯根舌側隆線に対応した歯髓の舌側豊隆部を頂点とした比較的細長い3角形を呈している。

しかし、歯根の中央領域をすぎると前述のような歯根形態の変化に対応し、歯髓の各面は丸味をおびてくるとともに近遠心径が増す。さらに歯頸部にむかうと、歯根の舌側形態に対応して舌側豊隆部が遠心から正中方向に移動するとともに、一

層丸味をおびてくる。また歯髓唇側面最豊隆部は唇側歯頸線のやや下方に位置している場合が多いが、この最豊隆部に近い領域の歯髓横断面は唇側面が一段と丸味をおびてくるために、ほぼ円形に近い形態を呈する。しかし、歯髓唇側面最豊隆部をすぎると、すぐに歯冠形態に対応して唇側面は丸味を失い平坦になるが、舌側面では豊隆部があるため丸味をなした半円形となる。

このようにして舌側面最豊隆部をすぎて、歯冠歯髓にいたると、歯髓舌側面における豊隆が減少するとともに、その豊隆点が近心に移動するために、歯髓横断面は遠心面が細く近心面が太い卵円形となる。

2. 乳前歯歯髓における組織学的構造の位置的变化について

乳歯の歯髓は歯髓細胞を主体とする組織がその主たる構成要素であるが、歯髓全般にわたってその構成がすべて均一なものではなく、その時期および部位によってかなり組織学的構造が異なっている。乳歯の歯根形成が完了してまもない若い乳歯を除いては、歯髓細胞を主体とする組織は総体的に歯髓の歯冠部から歯頸部に多く存在している。しかし歯頸部に近い領域から根尖側に向うにしたがって、歯髓中央領域に膠原線維を主体とする線維性結合組織が増加し、歯髓細胞を主体とした組織は漸次減少し、その根尖部領域ではほとんど認められない。

1) 象牙芽細胞層および細胞稠密層(図3, 4)

象牙芽細胞は前項で述べた歯髓の最豊隆部付近で細胞の背丈が最も高く、歯髓の最豊隆部から歯髓先頂に向うにしたがって、細胞の背丈も減少している。しかし歯髓先頂部においても象牙芽細胞の背丈が高く発育を示している場合が認められる。これは歯髓先頂部では、特に第2象牙質の形成がさかんであり、それに関連があるものと思われる。

一方歯根における象牙芽細胞は、歯髓の最豊隆部から根尖側に向うにしたがって、歯髓先頂方向へと同様に、漸次背丈が減少し短円柱形から立方形となり、次いで扁平な形態となって象牙質の内

面に接し、ついには消失している場合が多い。象牙芽細胞が消失する位置は歯によって異なるが、歯髄長の根尖側約 $\frac{1}{10}$ 領域を越えることは少なく、その領域においては象牙芽細胞はほとんど認められないのが普通である。しかし根尖側に向って象牙芽細胞が消失する位置は、同一歯においても歯髄の唇舌、近遠心側面によって同一でなく、歯髄の近遠心側では最も早く消失し、次いで舌側面がこれにつづき、歯髄の唇側面においては最も長く残存しているのが普通である (図 7)。

乳歯においても永久歯と同様に細胞稠密層ならびに細胞稀薄層が認められ、これらは象牙芽細胞の状態に密接な関連を有し、歯髄の唇舌近遠心側面ともに最豊隆部付近で最も発育し層が厚く (図 4, 10, 11), 最豊隆部から遠ざかるにつれて減少し、ついには消失する。また歯冠部における細胞稠密層は歯髄の最豊隆部から先頂に向うにつれ減少するのが普通である。したがって、歯髄先頂領域に細胞稠密層が認められる場合は、歯髄先頂の象牙芽細胞が比較的発育を示すものに限られ、象牙芽細胞の発育が低下して、その背丈が低い場合には細胞稠密層は認められない。

2) 結合組織線維を中心とした歯髄組織について

歯髄の組織は根尖孔を通じて歯根膜につながっている。根尖孔の外部に接続する組織は比較的細胞成分の多い、繊細な線維性結合組織からなり、根尖孔内の歯髄組織に連絡している。しかし、根尖孔のすぐ外方では、歯根膜の Sharpey 線維が歯槽骨と連絡するために、歯根膜線維を構成する太い膠原線維が存在している。

根尖孔の開口部に近い領域の根管は、前述のごとくわずかな領域であるが同一径の管状をなす場合が多く、それらの根尖孔の開口部付近では、細胞成分の比較的多い繊細な線維性結合組織が血管および神経線維束とともに根尖孔から歯髄内に進入している。しかし、根尖孔付近の象牙質内面はほとんどの場合セメント質および第 2 象牙質が形成されており、それらの状態によっては比較的大い Korff の線維および膠原線維が密に配列する

場合も認められる。

さらに根尖孔につながる同一径の管状領域では、歯髄中央に太い膠原線維が出現し始め、漸次その数を増し、歯根歯髄が太くなり始める領域になると、前述の繊細な線維性結合組織は、わずかに象牙質に接する歯髄辺縁部領域に限られ、その他の中央領域は太い膠原線維が密に配列した線維性結合組織におきかえられるようになる (図 6, 7)。これら中央領域の線維性結合組織の中に、神経線維束ならびに血管、特に動脈が配列している。しかし、太い静脈は歯髄の辺縁部に多く象牙質内面に近い領域で、繊細な線維性結合組織が存在する領域に位置している (図 7)。

このように歯髄の中央領域に存在する線維性結合組織は比較的太い密な膠原線維によって構成されているが、それらの膠原線維は主として歯の長軸方向に配列し、神経ならびに動脈の間質を構成して、これらをまとめている。なかでもそれらの中央領域に位置する膠原線維は特に太く、辺縁に向うにしたがって線維は比較的細くなり、その辺縁で細胞成分の多い繊細な結合組織に移行している。

歯頸部方向に向い歯髄腔の径が増すにつれ、それにとまって歯髄中央領域に存在する密な線維性結合組織が占める範囲も増大していく。歯髄長の根尖側から約 $\frac{1}{5}$ 領域までは両者が同時に平行して増大するために、歯髄周辺に存在する繊細な線維性結合組織層の幅は一般に変化がみられない。しかし、根尖側から約 $\frac{2}{5}$ 領域に達すると (図 8)、歯髄腔と歯髄中央の密な線維性結合組織との間にやや増大の差が生じ、両者の間隙が徐々に開いてくる。それにとまない歯髄周辺に存在していた細胞成分の多い繊細な線維性結合組織は象牙質に接する領域から本来の歯髄細胞を主体とする歯髄組織に置換されてくる。また根尖側から約 $\frac{2}{5}$ 領域では、神経線維束ならびに血管が漸次分岐してややその数を増すとともに、歯髄中央領域の密な結合組織線維も一般にその太きならびに密度が多少減少してくる。

さらに根尖側から約 $\frac{3}{5}$ 領域にいたると (図 3,

9), 神経線維束ならびに動脈はさらに分岐して数が増加するとともに, 密な間質結合組織をともなあって歯髓中央部からやや辺縁に向って移動するため, 歯髓中央領域には神経, 血管が非常に疎になり, 歯髓細胞を主体とする歯髓組織が出現してくる。この領域にいたると, それまで歯髓の周辺に位置していた比較的太い静脈は(図8), 神経, 動脈ならびにこれらの間質を構成する密な線維性結合組織層をつらぬいて, 順次それらの内層に位置するようになる(図3, 9)。したがってこの領域における歯髓表層に配列する末梢血管からの細い静脈は, これら線維性結合組織をつらぬいて太い静脈に合流するようになる。

さらに歯冠側に向い歯髓の約 $\frac{4}{5}$ 領域(図10)にいたると, 神経および血管は分枝によって一般に細くなり, 数が増加し, これらの間質を構成する線維性結合組織は一層減少し, 象牙芽細胞およびそれにともなあって細胞稠密層が良く発達する領域に達すると, 神経, 動脈の間質を構成していた線維性結合組織は消失し, 歯髓細胞を主体とする組織によって構成されるようになる。しかし, 神経および動脈の周囲のごく限られた部分には膠原線維が残っている。

このように神経, 動脈の間質線維性結合組織が消失する頃, それまで結合組織の内層に位置していた太い静脈はさらに歯髓の中央領域に位置をかわる。動脈も分枝によって数を増すが, 比較的太い動脈が中央領域に移動してくる。そのためこの領域に達すると, すでに中央に存在していた太い神経線維束と前述の静脈および動脈の3者が歯髓中央に位置し, それらが互いに接近したり, あるいは接して伴行する状態も認められる。しかし全体としては, 歯髓の中央領域では神経, 血管が疎であり, 歯髓周辺に向うにしたがって細くまた密な配列を示している。

このように象牙芽細胞, 細胞稠密層が発達する領域で神経および動脈の間質結合組織が消失するが, この領域から歯髓最豊隆部を中心として, さらに歯冠部に向って象牙芽細胞ならびに細胞稠密層が最も発育した領域の歯髓中央部では, 他の領

域におけるよりも, 歯髓細胞の配列が一般に疎になる場合が多い。しかし, 歯髓の細胞成分は歯髓の先頂に向うにしたがって, 次第に密になり, 歯髓先頂領域においては, 細胞成分の密度はかなり増加を示すことが多い(図4)。

3. 乳前歯歯髓内神経の走向と分布について

歯髓に分布する神経は根尖部領域の歯根膜をへて, 根尖孔より歯髓内に進入し, 歯冠側に向うにしたがって何度か分枝を繰り返して, その末梢神

図2 乳前歯における神経の走向・分布

神経線維は主として 歯冠部歯髄表層に分布し、稀ではあるが一部は象牙前質内に進入している。末梢神経線維は特に細胞稠密層が存在する領域ならびに歯髄先頂部領域に多く分布し、これらの領域で密な神経網を形成する場合が多い。歯髄内の神経線維束は根尖部領域を除き、一般に歯髄中央に太い神経線維束が位置し、歯髄表層にむかうにしたがって神経線維束が細くなり、その分布密度も増加している。なお一般に歯髄中央を走る神経線維束は遠隔の場所、すなわち歯髄先頂部に分布するもので、歯髄中央から離れて表層に位置する線維束はど末梢に近いものである。これらがさらに分枝することによって、個々の末梢神経線維となり、その付近の歯髄表層部に分布している。

また、神経線維束は一般に動脈と伴行することが非常に多い。その際神経線維束と動脈が近接するばかりでなく、動脈が神経線維束の中に位置し、神経線維にその周囲を完全にとりまかれている場合も認められる。このように神経線維束は動脈とともに分枝し、動脈にもなつて末梢に向うものが多い。しかし、静脈は神経線維束ならびに動脈とは無関係に別な径路をたどるのが通常である。神経線維束は末梢に向って樹状に分枝するものばかりでなく、分枝した神経線維束の一部がもとの神経線維束に再び合流したり、あるいは隣在する他の神経線維束に合流することもかなり認められるなど複雑な走向を示している。このような場合には、動脈が合流する神経線維束と伴行することは少なく、単に神経線維束のみが合流する場合が多い。しかし総体的には前述のごとく漸次分枝して末梢に向う。

1) 根尖孔付近 (図5)

歯髄に分布する神経は根尖の歯根膜を経て、根尖孔に到達するが、その際神経線維束は漸次合流し、数本となつて根尖孔を進入する。神経線維束は薄い神経周膜によって取りかこまれ、合流した神経線維束はさらに神経内膜によって区画されている。根尖孔付近では動脈も神経に伴行して合流することが多い。したがって、動脈は神経内膜により区画された各神経線維束の中に位置して、そ

れらの神経線維に取りまかれていることも多く、その他神経周膜に接して伴行するものも認められる。また根尖孔から歯髄に進入する動脈は数本であり、一方静脈は大小2～3本であることが多い。

前述した根尖孔付近の歯髄の同一径管状領域を通過する時には、太い静脈がほぼその中央に位置し、神経線維束と動脈は辺縁、ことに舌側方に位置していることが多く、あまり規則的な配列はみられない。この際神経内膜によって神経線維が区画されているものは認められなくなる。また根尖孔から進入するときには、神経内膜によって区画された一部の神経線維束はそのまま分枝していく場合も認められる。根尖孔付近の管状領域を通過する際に神経線維束は一部分枝し、また一部は合流するが、総体的には神経線維束の数はやや増加を示す。

2) 歯髄の根尖側から約 $\frac{1}{3}$ 領域 (図6, 7)

根尖孔付近の管状領域をすぎると歯髄は漸次その太さを増していくが、この領域になるとそれまでは歯髄の中央に位置していた太い静脈が歯髄の周辺部に移動し、これに反して神経線維束および動脈は漸次歯髄の中央領域に位置を変えとともに、まとまってくる。そして前項で述べた比較的太い膠原線維からなる密な線維性結合組織が出現し始める。これら結合組織線維は最初神経線維束ならびに動脈の周囲に、ほぼ縦走する膠原線維として現われ、やがて神経線維束、動脈がまとまってくるにつれ、膠原線維は増加し、あるいは互いに接合して歯髄中央領域で神経、動脈を全体としてまとめそれらの間質を構成する様になる。

各神経線維束はやや蛇行を示す場合もあるが総体的には分枝や合流により漸次神経、血管の数が増加を示すとともに、なかでも太い神経ならびに動脈は歯髄の中央に位置するようになる。その際太い動脈の周囲を神経線維がとりまくことにより、動脈が神経線維束の中央に位置し、全体として太い神経線維束を構成している場合も多く認められる (図16)。また比較的細い動脈が神経線維にとりまかれている場合には、これらの動脈は神経

線維束の中央ばかりでなく 扁心位をとることが多い (図17)。

3) 歯髓の根尖側から約 $\frac{2}{5}$ 領域 (図8)

この領域にいたると、神経ならびに血管は蛇行などによって位置の変動が多くなり、また分枝も多くなるために、それらの数が一般に増加を示す。ことに動脈は分枝するものが多く、それにより細い動脈が増加し、全体として動脈の数が神経に比べてかなり多く、また神経とは無関係に単独で配列するものも多く認められるようになる。また神経線維束内に位置する動脈も増加を示し、1本の神経線維束中に3～4本の動脈が認められる場合も観察される (図17)。この領域では神経や血管の位置移動が多いため、太い神経線維束ならびに動脈が必ずしも歯髓中央に位置するものとは限らないが、細い神経、血管特に細い動脈が漸次それらの辺縁部に出現してくる。一方静脈は特に蛇行が強く、数も増加を示している。

4) 歯髓の根尖側から約 $\frac{3}{5}$ 領域 (図9)

歯髓の $\frac{3}{5}$ 領域に到ると、神経および血管は徐々に規則的な配列にもどり、歯髓の中央領域には太い神経線維束と動脈が配列し、歯髓の辺縁寄りには多くの分枝によって生じた細い神経線維束、血管が位置するようになる。やがて歯髓中央領域では、順次神経線維束と血管の配列が疎になり、歯髓が太くなるにつれて神経線維束の本幹を除き、分枝して細くなった神経線維束、動脈が膠原線維性の間質をともなって歯髓の辺縁方向に徐々に移動していく。そのために歯髓中央領域には漸次歯髓細胞を主体とする組織が増加する。このように間質の線維性結合組織をともなって歯髓の辺縁側に移動した神経線維束と動脈は、それらの分枝によって総体的に太さを減少している。

また、それまで歯髓周辺部に位置していた比較的大い静脈は、神経線維束、動脈およびそれらの間質結合組織層をつらぬいて、その内側に接した領域に移動してその位置を変え、一部は動脈と伴行するものも認められるようになる。

一方動脈は分枝により数の増加を示し、その中で比較的大い動脈は間質線維性結合組織の内層よ

りに位置するが、一部はそれらの内側で前述の静脈と伴行するものが認められる。一般には細い動脈は膠原線維性間質の辺縁に位置しているものが多い。

神経線維束の本幹は歯髓中央に位置し、分枝した神経は動脈と伴行するものが多く、静脈が間質結合組織層をつらぬくときは神経線維束、動脈に伴行することがしばしばある。また神経線維束と動脈が伴行する際に、両者間の太さには関係なく神経線維束が太い場合もあり、また動脈の方が太い場合もあり一定していない。しかしこの領域の歯根歯髓では神経線維束の分枝にともない、少数の神経線維によって構成された細い神経線維束も現われ、これらは一般に膠原線維性間質の辺縁部に多く認められ、なかでも1～2本の神経線維が細動脈に伴行している像がしばしば認められる。

この細動脈に伴行した1～2本の神経線維がさらに細動脈から分れ、単独の末梢線維として歯髓の表層に向うものが出現してくる。これらの末梢線維は歯軸に直角方向に歯髓表層に向うものが多く、なかには一度根尖側に反回した後歯髓表層に向うものも認められる。このように、歯髓の末梢神経線維は歯根歯髓のこの領域すなわち歯根歯髓の上半部から初めて現われる。したがってこれよりさらに根尖部近くで歯髓表層に向う末梢神経線維が出現することは非常に稀なことであるといえる。

5) 歯頸部付近の領域 (図10)

歯髓の根尖側から約 $\frac{4}{5}$ 領域のこの部では、神経と血管はさらに分枝してその数を増し、しかも分散して象牙芽細胞層に近い領域にまで広がってくる。それにともなって膠原線維性の間質は消失して、神経、血管の間質は歯髓細胞を主体とする組織に置換されてくる。このような組織像の変化にしたがい、細胞稠密層が出現しはじめ、比較的大い静脈は漸次中央領域に集まって、歯髓の中央に位置している神経線維束の本幹に近ずいてくる。また中央に存在する本幹の神経線維束は分枝するがまだ比較的大く、中央領域にまばらに配列している。しかし、歯髓辺縁領域に存在する神経

線維束、血管は分枝して細く密に分布するようになる。さらに細胞稠密層に接近して、1～2本の神経線維が伴行したきわめて細い動脈の数が増加し、それらから分れて細胞稠密層に分布する末梢神経線維の数が徐々に増加を示してくる。

6) 歯髓最豊隆部付近(図11)

歯髓の最豊隆部に近づくにつれ、神経と血管の走向はかなり複雑な状態を示し、分枝や合流が多くなる。歯髓中央領域では神経線維束は分枝することによって総体的に太さを減少し、その分布状態も歯髓全体に広がる。動静脈の配列も不規則となる。また神経線維束と動脈が伴行するばかりでなく、静脈と伴行する場合も認められ、さらに動脈、静脈、神経の3者が伴行する状態もしばしば認められるようになる。しかし、総体的には太い神経線維束と血管が歯髓の中央領域に疎に配列し、歯髓の辺縁部には細い神経線維束ならびに血管が密に配列している。また細胞稠密層内に細い血管が多数進入し複雑な走向をなしている。一方神経も、その末梢線維が細胞稠密層に数多く進入して密な神経線維叢を構成している(図14)。

7) 歯冠部歯髓(図12)

歯髓は最豊隆部から歯髓先頂に向って漸次縮小し、神経線維束は最豊隆部に到るまでに多くの末梢枝を分枝するために、この領域では総体的にその数が減少する。しかし、この領域でも神経はまだかなり多く存在し、その配列状態は歯頸部から歯髓の最豊隆部にかけてみられる基本的な状態と変りがなく、血管とともに比較的太いものは中央領域に、細いものは辺縁領域に位置している。歯髓の辺縁部に存在する神経線維束の中でも、特に歯髓表層に近く位置するごく細い神経線維束は末梢神経線維に移行し、その多くは細胞稠密層内に分布している。

歯髓が漸次縮小される歯髓の形態変化にともない、中央領域の比較的太い神経線維束はさらに中央に集まる傾向を示す。また最豊隆部から歯髓先頂に向って細胞稠密層が減少するにともない。辺縁に位置する末梢に近い細い神経線維束は末梢枝を出すため漸次その数を減じる。それにかわっ

て、歯髓中央部に位置していた比較的太い神経線維束が分枝して辺縁に向って広がっていく。そのため歯髓辺縁にはきわめて細い神経線維束の他、個々の独立した神経線維が増加し、それらが細胞稠密層にも多くの末梢神経線維を送って複雑な走向を示す神経線維網を形成している。

8) 歯髓における末梢神経線維

歯髓内における末梢神経線維は歯根歯髓の下半部にはほとんど観察されず、歯根歯髓の上半部すなわち歯根中央部領域から出現しはじめる。この領域にみられる末梢線維の走向は歯軸に対しほぼ直角に歯髓表層に向うものが多く、なかには一度根尖側に反回したのち歯髓表層に向うものもみられる。細胞稠密層がまだ存在しない歯根歯髓中央部では表層に向った末梢線維は、直接象牙芽細胞層に近すぎ、なかには象牙前質内にまで進入するものも稀にみとめられる。しかしながら、この領域における末梢線維の数はきわめて少数である。

歯頸部に向うにしたがい細胞稠密層が現われるようになると、末梢線維の数もしだいに増加を示し、しかもこれらの線維は斜走して歯髓表層に向うものが多い。

歯髓の最豊隆部から歯髓先頂にかけては象牙芽細胞層、細胞稠密層が良く発達しているが、この領域になると歯髓表層における末梢線維の数が非常に増加し、特に細胞稠密層内に密な神経叢を形成する。これらの神経叢を形成する末梢線維は歯髓の辺縁に存在している細い神経線維束から単独に分枝してくるもの、細動脈を介して表層に分布するものなどがみられる。細胞稠密層において密な神経叢を構成する神経線維は、主として歯の長軸方向すなわち象牙質の内面に平行に配列するものが最も多い(図14, 15)。この神経叢が最も発達した領域では、末梢神経線維が細胞稀薄層にまでおよんでおり、さらに象牙芽細胞層に進入するものもや象牙前質内にまで進入するものも稀に存在する。

歯髓先頂付近では歯頸部付近より歯髓細胞の配列が密な場合が多く、これらの領域では歯髓全体に広く末梢線維が分布し、不規則で複雑な神経網

を形成している(図4, 13)。また細胞稠密層は減少消失する場合が多く、このような場合には細胞稠密層内の神経叢は上記の神経網に移行している。

しかしながら、これら細胞稠密層内における神経線維網は歯によって形成状態の差が多く、それを構成する神経線維が非常に密なものから、比較的疎なものまで変化に豊んでいるようである。

考 察

1. 乳前歯歯髓の基本的形態について

乳前歯歯髓における神経の走向分布の状態をみると、各歯種とも基本的には大体同じような様相を示している。しかし詳細に観察してみると末梢神経線維が密に分布している細胞稠密層の存在位置は、前述したように歯髓の最豊隆部と密接な関連があり、しかもその位置は歯種によってかなり異なるばかりでなく、同一歯においても唇舌、近遠心面において多少異なっているものである。

このように神経の走向や末梢神経分布は歯髓の形態と密接な関連を有するものである。したがって乳前歯歯髓における神経の基本的な走向分布、さらにそれらと歯髓における他の構成要素との関連について観察を行なうためには、各歯種における歯髓の形態を十分に把握する必要がある。しかし乳歯の歯髓形態に関する詳細な報告は今日まで全く認められないのが現状である。そこで各歯種についてそれらの歯髓形態ならびにその特徴を理解するために、各歯種別に多くの歯を用いてその歯髓形態に関して詳細に立体的観察を行なった。

歯髓の外形は一般に歯の外形に対応した形態をもっている。いずれの前歯においても根尖孔領域の歯髓はほぼ同一径の管状をなし、その横断面は円形に近い形態をしている。しかし根尖孔領域をすぎてもそれに近い領域では、その横断面はほぼ同様に円形をなすが、順次その径を増すとともに歯根形態の特徴に対応した形態をとるようになる。

歯根歯髓では一般に歯根形態を反映し、上顎乳中切歯を除き、その横断面は3角形をなしてい

る。しかし、歯根の根尖側半部では3角形を示すが、歯頸側半部では漸次丸味をおびてくるのが普通である。いずれにしてもこれら3角形の3辺の中で舌側近心面が最も長く、唇側面が最も短い。上下顎乳側切歯の歯根は近遠心的に強く圧平されているために、各歯種の中で歯髓の唇側面が最も短く、唇舌的に細長い3角形を呈している。また下顎乳中切歯歯根の根尖側半部も比較的近遠心的に圧平されているが側切歯ほどではない。乳犬歯では一般に他の歯種に比して唇側面の長さや遠心舌側面の長さが接近している。これに反して、上顎乳中切歯の歯髓では歯根形態の特徴にしたがって唇舌的に著しく圧平されている。

歯髓の最豊隆部は、唇側面において下顎乳中切歯が歯頸線よりやや下方にあるが、一般にはほぼ歯頸部に相当しており、しかもその豊隆部は正中よりもやや近心よりに位置している。また舌側面最豊隆部は一般に唇側におけるそれよりも豊隆が著明であり、しかも歯頸線より歯髓先頂側に位置しているものが多い。この傾向は特に犬歯において強く、下顎乳中切歯ではその豊隆が弱く、しかもほぼ歯頸線上に位置している。また舌側面の豊隆は唇側面とは逆に一般には正中よりもやや遠心よりに位置している。したがって歯頸部における歯髓の横断像は唇舌側面の豊隆のために、一般に歯髓の遠心唇側面と近心舌側面の長い菱形を呈するようになる。そのためこの領域では歯の外形と一致しないのが普通である。しかし下顎乳中切歯ではこれらの豊隆があまり著明でないため、ほぼ円形に近い状態となる。

歯髓の近遠心面最豊隆部は全ての歯において、唇舌面の最豊隆部よりも歯髓先頂側に位置しており、乳犬歯では歯頸線と歯冠外形の最豊隆部とのほぼ中間に位置し、乳切歯ではさらに歯髓の先頂に近い領域にある。また歯髓の近遠心面の最豊隆部は乳側切歯・乳犬歯においては近心面が高く、上下顎乳中切歯では両面ほぼ同一の高さのものが多い。

歯冠歯髓における歯髓形態は、切歯では歯冠形態に対応して唇舌的に圧平されているが、近心面

の方が遠心面よりも広いのが普通である。また乳犬歯においては唇側面が膨隆した形態となりその先頂は円形に終る。

歯髓先頂の位置は歯冠の中央もしくは中央よりやや歯冠の先頂側に位置しているが、下顎乳中切歯では歯冠の中央よりやや低く終っている場合が多い。

2. 神経の走向分布と歯髓組織について

1) 神経ならびに血管と間質結合組織

歯髓の組織学的構造については Baume (1890)⁴⁸⁾, Tomes (1914), Pord & Euler (1920)⁴⁹⁾, Mummery (1924)⁵⁰⁾, Möllendorf (1936)⁵¹⁾などを初め、多くの研究者によって観察されている。しかし、それらの研究は歯髓細胞を中心として、象牙芽細胞層、細胞稠密層など、いわゆる歯髓組織の構成要素について観察がなされたもので、歯髓全般にわたって神経、血管ならびにその他の構成要素の相互位置関係を基にして、歯髓の構造に関する位置的な推移変化について総合的に観察を行なった記載はみられない。

大河原 (1960)⁵²⁾はマウスの歯髓では一般に膠原線維束はできないが、太い神経束の周囲にのみ、膠原線維束をみることができると述べている。Stanley ら (1962)⁵³⁾はヒトの永久歯歯髓における結合組織線維について、年齢的あるいは歯種、部位による量的な比較をし、歯根歯髓においては歯冠部に比し、束状に配列する太い膠原線維が多く認められ、その多くは神経線維束に平行に配列しているという。さらに Bödecker (1882)⁵⁴⁾, Graf & Björlin (1951)⁵⁵⁾も神経線維束の周囲に結合組織線維が存在することを認めている。このように歯髓内における結合組織線維については、ただ単に神経線維束の周囲に存在することを認めているのみで、歯髓全体としての分布ならびに他の構成要素との関連については観察されていない。

これらの結合組織線維は、歯髓の各部によっても異なり、以上の研究者が記載しているように、単純に神経の周囲にのみ存在するものではない。すなわち、歯根の下半部においては、歯頸部ならびに歯冠部歯髓に向う神経と血管が非常に多く存

在し、それらが全体として密な線維性結合組織によってたばねられ歯髓のほとんどを占めている。これらの線維性結合組織は主として比較的太い密な膠原線維からなり、神経ならびに血管に対しほぼ平行に縦走し、それらの間を密に埋め、全体として神経と血管を束ねて、これらの間質を構成している。またこの膠原線維は中央領域には太い線維が多く密集し、辺縁部に向うにしたがって、細い線維が多くなるのも特徴の1つである。

しかし歯頸部に近づくにしたがって、神経ならびに血管が順次分枝し、一般に細くなり数を増すとともに、それらは間質線維性結合組織をともなあって、歯髓辺縁部に移動するため、歯髓中央領域には太い神経が位置するのみで、神経ならびに血管の配列が疎になり、歯髓細胞を主体とする組織が出現する。さらに歯頸部付近で神経ならびに血管の細分枝にともなあって、間質結合組織が減少消失し、それより歯冠側の歯髓においては、歯髓細胞を主体とする組織に置換される。このように歯髓細胞を主体とする組織が存在する領域においては、神経ならびに血管の周囲のごく限られた範囲にのみ、線維性の結合組織が存在するにすぎない。

また歯髓特有な基礎組織は、多くの研究者によって観察されているように、歯髓細胞を主体とする組織からなるが、この組織の存在は根尖孔から歯冠歯髓先頂にいたるまで、歯髓全般にわたって一様に存在するものではなく、前述のごとく神経ならびに血管の間質結合組織の存在によって異なり、歯頸部から歯冠歯髓にかけて多く認められる。

大河原 (1960) はさらに、マウスで歯根膜の線維は甚だ太いが、根尖から歯髓内へ移行すると細くなると述べている。しかしヒトの乳前歯においては、根尖孔の外側側方では Sharpey 線維を構成する太い結合組織が存在しているが、歯根膜の根尖孔に接続する領域では、歯根膜の Sharpey 線維は区画されて、比較的細胞成分の多い繊細な線維性結合組織からなり、それらの組織が根尖孔を通じて、歯髓内へ進入しており、大河原のいうように歯根膜の太い線維が根尖から歯髓内へ移行

すると細くなるものではない。しかしこれらの繊細な結合組織は、歯髓内に分布する神経および血管にともなって進入するものであり、根尖孔から歯髓内に入るとまもなく、前述のごとく神経と動脈が歯髓中央にまとまり、太い密な間質線維性結合組織によって束ねられるために、繊細な結合組織は歯髓辺縁にのみ存在するようになる。それらもまもなく歯髓の辺縁部で、歯髓細胞を主体とする歯髓組織に置換するため、繊細な線維性結合組織の存在は、根尖孔にごく近い領域にのみ限られるものである。

2) 根尖孔付近の神経の走向

根尖孔より歯髓内に進入する神経線維束について、Tomes (1914) はヒトの永久歯で、1本の太い束と3～4本の細い束がみられると述べている。また Philipp (1955), Bernick (1957) は神経が根尖孔を通過する際、いくつかの神経線維束がまとまり、全体として1本の神経を構成していると述べている。

著者の観察においては、根尖部の歯根膜において神経線維束が根尖孔に向い吻合と分枝をなしつつ集結し、数本の神経線維束がまとまり、それらがさらにわずかな結合組織によって束ねられたり、また個々の神経線維束のまま根尖孔に進入し、さらに神経線維束の吻合と分枝をくり返しつつ、根尖孔を通過している。しかしこの場合、根尖孔およびそれに近い歯髓内領域では、それらの神経線維束は比較的散在し、その走向も不規則で歯髓の辺縁部に多く、顕微鏡的には Philipp, Bernick らがいうように1本にまとまるものではない。また Tomes のいうように必ずしも1本の太い束と3～4本の細い神経線維束によって構成されているものとは限らず、神経線維束相互の吻合と分枝のために、その断面によって異なり、神経線維束は大小さまざまな形態を有し一定していない。

3) 神経と動脈

歯髓に関する従来の研究者は、そのほとんどが神経と血管の走向について、根尖孔から歯髓内に入った神経線維束と血管は互いに密接な関係を保

ち、歯根歯髓においては、歯の長軸にほぼ平行に配列して歯冠歯髓に向うと述べている。しかしながら、それらの報告は以上のごとく総体的な表現にとどまり、具体的に記載したものはほとんどない。それらの中で Bödecker (1882), Tiegs (1938), Graf & Björclin (1951) などは神経線維が血管をとりまいて存在することを認め、なかでも Graf らは血管をとりまくこれらの神経線維は vasomotor に関与しているのだと述べている。さらに Scheinin & Light (1969)⁵⁶⁾ はラットの歯を蛍光顕微鏡を用いて観察し、根尖部に有髓神経とともに細い神経線維が存在し、これが歯髓内の血流を根尖部で調整しているのではないかと述べている。

著者の観察によれば、神経と血管特に動脈が神経と伴行することは多く、それらがともに分枝して伴行しつつ末梢に向う場合が多い。このさい根尖に近い領域の太い動脈においては、神経線維がそれらの動脈をとりかこんで1～2列に配列している状態もみられる。しかし本幹から分枝した動脈では、太い動脈の場合と異なり、1～2列ではなく多数の神経線維がこれを取りかこんでいることが多い。これらの動脈は神経線維束の中央に位置しているとは限らず、その辺縁部もしくは神経線維束に隣接して伴行する場合が多く認められる。さらに分枝して末梢に近くなると、1本の細い動脈に数本の神経線維束が伴行し、さらには1本の神経線維が隣接し伴行する状態もみられる。これらの神経はいずれにしても末梢枝となり、ついには血管とは独立してそれぞれの領域に分布している。

動脈の周囲に1～2列に配列した神経線維は明らかに有髓線維によって構成されている。自律神経が一般に無髓線維であることを考えれば、特にこれらが全て vasomotor に関与しているとは思われない。したがってこれらの線維は Graf その他がいうような自律神経線維ではなく、末梢に向う知覚性の線維であると考えられる。

4) 神経と静脈

Kramer (1960)⁵⁷⁾, Bennett, Kelln & Biddin-

gton (1965)⁵⁸⁾ は永久歯における、歯髄内の血管について、動脈はかなり細くまっすぐなコースをとるが、静脈は太くしかも歯冠部象牙芽細胞層下に形成された capillary plexus から多くの静脈が斜めに歯髄中央部へ向い。歯髄の中央近くを通過して根尖部へ向うと述べている。これらの所見では、静脈が歯髄のどの領域で歯髄の中央部を通るのか明らかではない。

いずれにしても太い静脈は歯髄の全領域を通じて、その中央部に位置するものではなく、静脈の走行は前述のごとく、神経、動脈ならびにそれらの間質線維性結合組織の存在と関連し、歯冠歯髄、歯根歯髄各領域によって配列が異なっている。歯冠歯髄辺縁に存在している毛細血管網はしだいに吻合しつつ歯髄の中央に進み、太い静脈に合流する。このように歯冠部、歯頸部歯髄にかけては、比較的太い静脈が歯髄の中央領域に位置している。しかし歯髄の根尖側約 $\frac{3}{5}$ 領域で、歯髄の辺縁部より神経ならびに動脈にともなう密な結合組織が出現する部位にいたると、太い静脈は歯髄中央からそれら間質結合組織の内側へ接近する。さらに歯根部に向うと、間質結合組織が神経、血管とともに歯髄の中央にまとまるが、そのやや歯冠よりの位置で、太い静脈は順次間質結合組織内を通過してその外側に位置を変える。したがって歯髄の根尖側から約 $\frac{2}{5}$ 領域においては、太い静脈が神経と動脈ならびにその間質結合組織の外側、すなわち歯髄の辺縁部に位置するようになる。そのため歯根部においては歯髄辺縁に配列する末梢血管からの細い静脈は、これら間質結合組織をつらぬいて太い静脈に合流するようになる。根尖孔付近では密な間質結合組織が減少消失するにしたがって、太い静脈は2～3本に合流して規則的な配列を失うが、一般に辺縁から歯髄の中央部にかけて散在し、根尖孔を通過して歯髄を去る。

このように、歯冠部から歯頸部にかけて、太い静脈が歯髄の中央、もしくは神経ならびに動脈の間質結合組織を通過して歯髄辺縁に位置を変えるまでは、神経と動脈に伴行する状態がしばしば認

められるが、歯根歯髄の辺縁部にいたると、この静脈は神経、動脈とは全く無関係な経路をとるものである。

5) 歯根歯髄の神経の走向分布

永久歯の歯根歯髄において、Tomes (1914), 寺坂 (1939), Wassermann (1939), Bernick (1957), 内田 (1959)⁵⁹⁾ らは、歯髄の辺縁に向う神経線維の分枝はほとんど認められないと述べている。これに反して Huber (1898), Engström ら (1960)⁶⁰⁾ らは、同じく永久歯の歯根歯髄において、太い神経線維束が歯髄中央に位置し、それらの周辺に比較的細い神経束が存在しており、これらから末梢に向う神経の分枝が認められることがあると述べている。さらに Philipp (1955), Fearnhead (1961) は歯根歯髄においても、神経束から分枝した単独の末梢線維が、象牙芽細胞層や象牙前質にまで分布していると述べている。

乳歯の歯根歯髄については、Catania (1952) は神経線維束の太い分枝はなく、それらから直接末梢枝すなわち単独の末梢線維が分枝するといひ、一方 Rapp ら (1967) は歯根歯髄においてはめったに分枝することはないとしている。

しかし著者の観察においては、歯根歯髄における神経線維束は Catania の所見と異なり、その経過中大小さまざまな分枝ならびに再合流が多く認められる。また神経線維束の配列も基本的には Huber らがいうように、太い神経線維束が歯髄中央に位置しているが、前述のごとく歯根歯髄のなかでも根尖孔領域から歯頸部まで一様なものでなく、その領域によって配列状態にはかなりの差が認められる。

すなわち歯根においても歯冠においても、歯髄における神経線維の走向は全般的に末梢線維の分布に密接な関係を有し、根尖から歯根の中央部(歯髄の根尖側から約 $\frac{2}{5}$ 領域)までは、神経は一般に比較的太い神経線維束によって構成され、それらは歯髄の中央領域に位置しているが、歯髄の根尖側から約 $\frac{3}{5}$ 領域にいたると、末梢線維が出現し始めるために、その領域から歯冠歯髄にいたるまで一般に歯髄中央に比較的太い神経線維束が

配列し、歯髄の辺縁に向うにしたがって、それらから分枝した細い神経線維束が配列するようになる。

歯根歯髄における末梢神経線維については、Catania, Huber らはあくまでもごく簡単な記載にとどまっているが、著者の観察によれば、末梢線維の分布についても歯根歯髄の各領域によってかなりの差が認められる。すなわち、歯根歯髄の下半部においては歯髄辺縁に向う末梢線維は観察されないが、歯根歯髄の中央領域にいたると、歯髄辺縁に向う末梢線維が出現する。しかしこれらは比較的数が少ないが、歯頸部に向うにしたがって漸次その数が増加し、細胞稠密層が出現する領域に達すると末梢線維の数はさらに増加を示す。これらの末梢線維は神経線維束から分枝後、斜め上方もしくは歯軸に対して直角方向に、あるいは根尖側に1度反回して末梢に向っている。また乳歯においても、Philipp, Fearnhead などの永久歯における所見と同様に、末梢神経線維の1部が象牙芽細胞層に達しているが、さらに象牙前質内に進入する線維もきわめてわずかではあるが認められる。

6) 歯冠歯髄の神経の走向分布

歯冠歯髄内神経の走向については、Mummery (1924), Brashear (1936)⁶¹⁾, 山崎 (1948), Philipp (1955), Fearnhead (1961) らの行った永久歯についての所見では、ただ単に神経線維はしだいに分枝して末梢線維となっていくという非常に簡単な表現にとどまっているにすぎない。乳歯についても可児 (1937), Bernick (1952), Rapp ら (1967) らが永久歯における同様な記載をしているのみである。Bernick はサルの乳歯で歯冠歯髄内には3～5本の太い神経線維束がみられると述べている。以上のように歯冠歯髄の神経の走向分布については従来詳細な観察は全く試みられていない。

歯髄内で比較的遠隔な領域すなわち歯冠先頂側に分布する神経は、比較的太い神経線維束を構成して歯髄の中央領域に配列しているが、末梢分布領域が近づくにつれ、神経の分枝にともなって順

次細くなって歯髄の辺縁部に位置するようになり、それらから末梢線維が分枝してそれぞれ歯髄表層の末梢領域に分布していく。したがって歯髄中央領域に位置する太い神経線維束は、歯髄先頂に向うにしたがって神経線維を末梢に送るために順次分枝して、総体的にその太さを減少していくとともに、数も減少する。また末梢線維は前述のごとく歯根中央領域から出現し始め、歯頸部から歯冠部領域に向って細胞稠密層の発達にともなって増加を示し、歯髄最豊隆部表層から歯髄の先頂領域にかけて最も密に分布している。そのために歯頸部領域から歯冠部領域にかけて、歯髄辺縁領域に位置する細い神経線維束の数が一段と増加を示してくる。このようにして歯髄先頂付近の領域に近づく、比較的細い神経線維束のみが数多く配列するようになり、歯髄の末端である歯髄先頂領域においては末梢線維が密に配列して神経網を構成する。

7) Raschkow の神経叢

Raschkow (1835) がヒトの歯で歯冠先頂部に密な神経網を形成しているのを認めて以来、歯冠部象牙芽細胞層下に存在する密な神経叢を一般にRaschkowの神経叢といっている。前述のように永久歯においてはOwen, Orban その他多数の研究者によってその存在が認められているが、他方Huber その他はその存在を否定している。また乳歯におけるRaschkowの神経叢については可児, 白石, Catania, Fearnhead はヒトで、Mohiuddin はネコでその存在を認めているが、Bernick はサルの乳歯ではこれを認めていない。

Raschkowの神経叢の存在部位についてReschkow自身は歯冠先頂部にあると述べ、山崎, Wassermann, Tiegs, Retzius, Huber, 可児らは髄角部にあるといっている。一方、Rapp, Orban⁶²⁾, Mummery, Kubota らは象牙芽細胞層下にあると記載している。

著者の観察においてもRaschkowの神経叢が認められ、これらは歯頸部ならびに歯冠部における象牙芽細胞層下で主として細胞稠密層に、また神経叢における末梢神経線維の分布が密な場合に

は一部細胞稀薄層にもみられる。特に歯冠先頂部領域では広く密な神経網を形成している。

Catania は神経叢を構成する神経線維の配列状態について象牙質の内面に対し平行なもの、扇状のもの、花飾状のもの、網状配列をなすものがあると述べ、さらに象牙質内面に平行に配列する線維は歯冠の辺縁部に多く認められ、その他のものは前歯の切縁や臼歯の咬合面にみられると述べている。

著者の観察においても Catania の所見とほぼ同様な所見が得られ、歯髄辺縁部における神経叢ではそれを構成する神経線維が一般に象牙質内面および歯軸に対してほぼ平行に配列するものが多く、なかには斜走するものも認められる。しかし歯髄先頂における神経線維は Catania が表現しているように扇状あるいは花飾状と言うよりは、むしろ緻密かつ不規則な網状配列をなしている。

8) 象牙前質内の神経分布

永久歯において末梢神経線維が歯髄から象牙前質ならびに象牙質内に進入する所見は、前述のように Toyoda その他多くの研究者によって認められている。

乳歯に関して Mohiuddin はネコを材料として観察し、象牙前質ならびに象牙質に進入する神経線維はきわめて稀であると述べている。しかし Bernick はサルの乳歯で、Rapp らはヒトを材料としてその存在を否定している。また可見はヒト乳歯の歯胚発育の後期における神経線維についてそれらは、象牙前質、象牙質さらにエナメル象牙境にまで認められると述べている。

著者の観察においては Raschkow の神経叢からさらに象牙芽細胞層に進入する神経線維は少数認められたが、象牙前質内にまで進入する神経線維は非常に少なかった。

9) その他

正常乳歯においても第2象牙質の形成が認められる場合が多いが、第2象牙質と神経分布との関連については、乳歯歯根吸収にともなう神経分布の変化に関する問題とともに目下観察中である。乳歯における知覚について Bernick はサルの乳

歯を用いて組織学的に研究し、永久歯では象牙前質やさらに象牙質内にまで神経線維の分布が認められるが、乳歯においては殆んど神経終末は象牙芽細胞層下にあり、わずかの神経線維が象牙芽細胞層に入るのみであるから、そのため乳歯は永久歯より知覚が鈍であるのであろうと述べている。また白石、Rapp らも乳歯の方が永久歯よりも全体的に神経の分布量が少ないと述べている。さらに Fearnhead は歯根完成時の乳歯では永久歯のような完成した Raschkow の神経叢を認めることができないと述べ、これは象牙質の形成開始から歯根完成までに永久歯では6～9年を要するのに対し、乳歯では12～16カ月という短期間で完成するから、この歯根形成に要する時間の差が結果的に永久歯と乳歯の神経分布の差として現れてくるのであろうと述べている。

著者の観察では Raschkow の神経叢における神経線維の分布密度は、同一歯種ならびに同一歯においてもその部位によって非常に密に分布する場合と分布が比較的疎な場合が観察され、かなりの個体差がみられる。また従来の永久歯における象牙前質、象牙質内神経分布と比較すると、その分布量はかなり少ないように思われる。

しかし、歯の知覚に対する機序が明らかでない現状において^{63) 64) 65)} 神経の分布ならびにその密度あるいはその他の組織学的所見からのみでこれらの問題を理解することは困難である。今後さらに生理学的方面からの研究にあわせて電子顕微鏡学的研究その他形態学的研究によらなければならないと思われる。

結 論

肉眼的に歯根吸収がみられないヒトの正常乳前歯を用い、歯軸に対し唇舌断、近遠心断、ならびに横断の3方向に凍結切片および paraffin 切片を作製し、鍍銀法、H-E 染色、azan-mallory 染色を行ない、歯髄内神経の走向分布ならびに歯髄の形態と歯髄における他の構成要素との関連について根尖から歯髄先頂に到るまでを順次観察したものである。また歯髄の立体的形態を確認する補助

手段として、前歯の各歯種について歯軸を通る唇舌断ならびに近遠心断、さらに根尖から歯髄先頂にいたるまでの各横断標本を作製して歯髄腔の立体的観察を行なった結果次のような結論が得られた。

1. 歯髄の外形

1) 歯髄の外形は一般に歯の外形に対応した形態をしているが、根尖孔付近では、いずれの乳前歯においても歯髄の横断面は円形である。

2) 歯根歯髄においては一般にその横断面は近遠心的に圧平された3角形を呈しているが歯種によってその形に差がある。この3角形のうち近心舌側面が最も長く、唇側面が最も短い。しかし上顎乳中切歯では唇舌的に著しく圧平されているため、唇側面より遠心舌側面が短い。

3) 歯髄唇側面の最豊隆部はほぼ歯頸部に相当するが、下顎乳中切歯ではそれより根尖側に位置する。

4) 舌側面の最豊隆部は唇側面におけるそれよりも一般に歯冠側に位置していて、唇側の場合より豊隆が強い。

5) 全ての前歯において、唇側面最豊隆部は正中よりもやや近心よりに位置し、舌側面のそれは正中よりもやや遠心に寄っている。したがって歯頸部における唇舌側面最豊隆部付近の歯髄横断面は、それぞれ歯髄の遠心唇側面と近心舌側面の長い菱形となり、歯冠歯髄に移行する領域であることから、歯の外形にあまり一致しない。しかし下顎乳中切歯ではほぼ円形に近い。

6) 歯髄の近遠心面最豊隆部は唇舌面のそれよりも歯髄先頂領域に位置していて、乳犬歯では歯頸線と歯冠の豊隆部とのほぼ中間に、乳切歯では歯髄先頂近くにあり、一般に近心の方が高い場合が多い。

7) 歯冠歯髄の形態は乳切歯では唇舌的に圧平されているが、近心面が広く遠心面が狭い。乳犬歯では唇側面が膨隆しており、その先頂は円形をしている。

8) 歯髄先頂の位置は歯冠の中央もしくはそれよりやや歯冠切縁側にあるが、下顎乳中切歯では

やや低い。

2. 歯髄の組織学的構成と神経の走向分布

1) 象牙芽細胞層、細胞稠密層は歯髄の最大豊隆部付近で最も発達している。

2) 歯髄の組織学的構成は歯髄全体を通じて一様なものではなく、歯根歯髄では神経、血管ならびにこれらの間質を構成する膠原線維性結合組織が多く、歯頸部から歯冠部にかけては歯髄細胞を主体とする組織が多い。

3) 歯髄の唇舌面最豊隆部が存在する領域の歯髄中央部では、歯髄細胞の配列は比較的疎であるが、歯髄先頂にいくにしたがい密な場合が多い。

4) 多数の神経線維束が数本の神経線維束となつて動静脈とともに根尖孔に進入する。

5) 根尖孔付近においては、太い静脈がほぼ歯髄の中央に位置し、神経と動脈は辺縁に位置することが多く、余り規則的な配列はみられない。

6) 動脈と神経線維束は伴行するものが多く、そのさい動脈は神経線維束と隣接するもの、または神経線維束に取り囲まれているものがあり、太い動脈の周囲には1～2列の神経線維があり、細い動脈は数本が神経線維束中に存在することが多い。

7) 歯髄の根尖側から約 $\frac{2}{3}$ 領域までは、神経線維束と動脈は密な膠原線維性結合組織にとりまかれ、歯髄の中央領域に位置している。したがって、歯髄細胞を主体とする組織は歯髄辺縁にわずかに存在するのみであり、静脈もまたこのような歯髄辺縁部に位置している。

8) また約 $\frac{3}{5}$ 領域にいたると、神経ならびに動脈とこれらの間質を構成する線維性結合組織は歯髄の辺縁に向って移動していく。それに代って、歯髄中央領域には歯髄細胞を主体とする組織が出現してくる。そのような歯髄の組織構成の変化にともなう、静脈は歯髄辺縁部から漸次神経、動脈ならびにそれらの間質結合組織をつらぬいて内層に位置を変える。

9) 歯頸部に近づくにつれ、神経ならびに動脈は分枝により細くなって数を増し、分散する。それにともない、間質結合組織は漸次減少消失し、

神経と動脈の周囲のきわめて限られた部分にのみわずかに認められる。

10) この領域では一般に比較的太い神経、血管が歯髄中央に疎に配列し、これらは歯髄先頂方向に向う。また歯髄辺縁に位置するものほど細く密で、漸次歯髄表層に末梢線維となって分布する。

11) 静脈においては神経、動脈の間質結合組織の内層から歯髄中央に出現し、神経や動脈と伴行するようになる。

12) 歯冠歯髄では分枝によって総体的に神経線維束と血管の数および太さが減少する。また末梢枝を多く分布するために、歯髄辺縁に位置する細い神経と血管はその数を減じ、中央領域の比較的太い神経線維束が歯髄に広く散在するようになり、動静脈ならびに神経の3者が伴行する状態も多く観察される。

13) 歯根歯髄における末梢枝は歯根下半部には認められず、歯根歯髄の中央領域から出現し始め歯頸部に向うにしたがい漸次増加を示している。これらの末梢枝は歯の長軸に直角な方向に、あるいは1度根尖側に反回した後歯髄表層に向っている。また一部象牙前質内に進入する末梢枝も認められる。

14) 末梢神経線維は細胞稠密層が発達するにともなってその数が増加し、細胞稠密層内で密な神経叢を形成する。

15) 神経叢を構成する神経線維は一般に各種方向に交錯しているが、その中で象牙質内面ならびに歯軸に対して平行方向に配列する線維が最も多い。

16) これらの神経叢が最も発達した領域では細胞稠密層から細胞稀薄層、さらに象牙芽細胞層にまで達する場合も認められ、まれではあるが一部象牙前質内に進入するものもある。

17) 歯冠歯髄先頂部では歯髄中央を上行してきた比較的太い神経線維束が急速に分枝をなし、それらから末梢枝が枝分れして複雑な走向をもった密な神経線維網を形成している。

18) 細胞稠密層において神経叢を構成する神経線維の分布密度は歯によってその差が多く、非常

に密なものから比較的疎なものまで存在していて、一定していない。

謝 辞

稿を終るにのぞみ、御指導御校閲をいただきました山下浩教授に謹んで感謝の意を表します。また終始、懇切丁寧な御指導御教授をいただきました本学解剖学教室、一条尚教授に深く感謝の意を表します。さらに小児歯科および解剖学教室員各位に心から御礼申し上げます。

文 献

- 1) Raschkow, I.: 28) より引用.
- 2) Owen, R.: 28) より引用.
- 3) Tomes, C. S.: A manual of dental anatomy, human and comparative, Philadelphia, 1914, P. Blakiston's Son & Co., p. 107.
- 4) Wassermann: The innervation of the teeth, J. A. D. A., 26: 1097, 1939.
- 5) 山崎城之助: 人間歯髄の神経分布について, 東北医学雑誌, 38: 1, 昭23.
- 6) Rapp, R., Avery, J. K., Rector, R. A.: A study of the distribution of nerves in the human tooth, J. Canad. dent. Ass., 23: 447, 1957.
- 7) Kubota, K., Kubota, J., Kuroe, J.: A contribution to the problem of dentin innervation in man, Okajimas Folia Anatomica Japonica, 34: 419, 1960.
- 8) Kubota, K., Kubota, J.: On the formation of the so-called cell-rich zone in the human dental pulp, 37: 29, 1961.
- 9) Fearnhead, R. W.: The neurohistology of human dentine, Proc. R. Soc. Med., 54: 877, 1961.
- 10) Huber, G. C.: The innervation of the tooth-pulp, Dent. Cosm., 40: 797, 1898.
- 11) Philipp, J. J.: Extent of distribution of nerve fibers in the human tooth, J. A. D. A., 50: 22, 1955.
- 12) Held, A. J., Baud, C. A.: The innervation of the dental organ, O. S., O. M., O. P., 8: 1262, 1955.
- 13) Tiegs, D. W.: Further remarks on the terminations of the fibers in human teeth, J. Anat., 72: 234, 1938.
- 14) Bernick, S.: Innervation of the human tooth, Anat. Rec., 101: 81, 1948.
- 15) Bernick, S.: Innervation of teeth and periodontium after enzymatic removal of collagenous elements, O. S., O. M., O. P., 10: 323,

- 1957.
- 16) Bernick, S.: Biology of the dental pulp organ, A symposium, Alabama, 1968, University of Alabama Press, p. 285.
 - 17) Boll, F.: Untersuchungen über die Zahnpulpa, Arch. mikros. Anat., 4: 73, 1868.
 - 18) Morgenstern, M.: Beitrag zur Kenntnis der Nerven in den Zähnen, Dtsch. Mtschr. f. Zhk., 14: 349, 1896.
 - 19) Mummery, J. H.: On the distribution of the nerves of the dental pulp, Brit. J. D. Sc., 55: 292, 1912.
 - 20) Dependorf, L.: Beiträge zur Kenntnis der Innervierung der menschlichen Zahnpulpa und des Dentins, Dtsch. Mtschr. f. Zhk., 31: 689, 1913.
 - 21) 豊田実: 再び人類歯牙象牙質の神経主宰に就て, 日本歯科学会雑誌, 27: 2, 昭9.
 - 22) Münch, J.: Die feinere Nervenversorgung der Zähne des Menschen, Dtsch. Zahn-, Mund-, u. Khk., 2: 735, 1935.
 - 23) 寺坂卯吉: 人類歯牙特に象牙質内神経線維に関する研究補遺, 歯科学報, 44: 1, 昭14.
 - 24) Powers, M. M.: The staining of nerve fibers in teeth, J. Dent. Res. 31: 383, 1952.
 - 25) Cocker, R. and Hatton, J.: A note on the innervation of human dentine, J. Anat., 89: 189, 1955.
 - 26) Fearnhead, R. W., Linder, J. E.: Observations on the silver impregnation of nerve fibers in teeth, J. Anat., 90: 228, 1956.
 - 27) Fearnhead, R. W.: Histological evidence for the innervation of human dentine, J. Anat., 91: 267, 1957.
 - 28) Fearnhead, R. W.: Structural and chemical organization of teeth, New york, London, 1967, Academic press, p. 247.
 - 29) Fearnhead, R. W., 平井五郎訳: 歯の知覚に関する私の意見, 歯界展望, 35: 1499, 昭45.
 - 30) Hattiyasy, D.: Continuous regeneration of the dental nerve-endings, Nature, 189: 72, 1961.
 - 31) Retzius, G.: Zur Kenntnisse der Nervenendigungen in den Zähnen, Biol. Untersuch., 4: 65, 1892.
 - 32) Chase, S. W.: The nerve fibers and von Korff's fibers of the dental pulp, J. Dent. Res., 9: 287, 1929.
 - 33) Calderon, L.: The innervation of the dental pulp, Dent. Rec., 51: 309, 1931.
 - 34) 可児一郎: 歯牙神経の発生学的研究, 大阪医学会雑誌, 36: 27, 昭12.
 - 35) 白石景夫: 人歯齦ならびに歯牙の神経分布に関する組織学的特に発生学的研究, 東北医学雑誌, 45: 92, 昭26.
 - 36) 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, 1958.
 - 37) Kubota, J.: Some contribution to the relation of the nerve distribution to the human tooth germ, Okajimas Folia Anatomica Japonica, 32: 133, 1959.
 - 38) 佐藤幸男: ラッテ歯髄に於ける神経線維の発生について, 口病誌, 25: 665, 1958.
 - 39) 高木正郎: 歯系の神経に関する研究 (3), 歯胚の發育にともなう神経分布, 歯科基礎医学雑誌, 10: 13, 1968.
 - 40) Bradlow, R.: Innervation of tooth, Proc. Roy. Soc. Med., 29: 507, 1936.
 - 41) 可児一郎: 人類乳歯歯根吸収時に於ける歯髄腔内神経線維の消長に就て, 日本之歯界, 17: 10, 昭12.
 - 42) Mohiuddin, A.: The fate of the nerves of the deciduous teeth, J. Anat., 84: 319, 1950.
 - 43) Bernick, S.: Innervation of the primary tooth and surrounding supporting tissues of monkeys, Anat. Rec., 113: 215, 1952.
 - 44) Catania, V.: Nervenendigungen und Nervenzellen in der Pulpa der Milchzähne, Österreich. Ztschr. f. Stomatol., 49: 363, 1952.
 - 45) Rapp, R., Avery, J. K., Strachan, D. S.: The distribution of nerves in human primary teeth, Anat. Rec., 159: 89, 1967.
 - 46) 柴田信, 黒河内敏三: 臨床歯牙形態図説, 東京, 昭17, 吐鳳堂, 171頁.
 - 47) Finn, S. B.: Clinical pedodontics, Philadelphia, London, 1965, Saunders, p. 76.
 - 48) Baume, R.: Lehrbuch der Zahnheilkunde, Leipzig, 1890, Arthur Felix. p. 70.
 - 49) Port & Euler: Lehrbuch der Zahnheilkunde, München, Wiesbaden, 1920, p. 119.
 - 50) Mummery, J. H.: The microscopic & general anatomy of the teeth, human and comparative, Oxford, 1924, Oxford Medical Publications, p. 193.
 - 51) Möllendorff, W.: Handbuch der Mikroskopischen Anatomie des Menschen, Verdauungsapparat, Atmungsapparat, Berlin, 1936, Julius springer, p. 628.
 - 52) 大河原真城: 歯髄の結合組織線維の発生, 解剖学雑誌, 35: 64, 1960.
 - 53) Stanley, H. R., Ranney, R. R.: Age changes in the human dental pulp, 1. The quantity of collagen, O. S., O. M. & O. P., 15: 1397, 1962.
 - 54) Bödecker, C. F. W.: The minute anatomy, physiology, pathology and therapeutics of

- the dental pulp, *Dent. Cosm.*, 24 : 292, 1882.
- 55) Graf, W., Björlin, G. : Diameters of nerve fibers in human tooth pulps, *J.A.D.A.*, 43 : 186, 1951.
 - 56) Scheinin, A., Light, E. I. : Innervation of the dental pulp, I, II, *Acta Odont. Scand.*, 27 : 301, 1969.
 - 57) Kramer, I. R. H. : The vascular architecture of the human dental pulp, *Archs oral Biol.*, 2 : 177, 1960.
 - 58) Bennett, C. G., Kelln, E. E., Biddington, W. R. : Age changes of the vascular pattern of the human dental pulp, *Archs oral Biol.*, 10 : 995, 1965.
 - 59) 内田仙 : 歯髄の有髄神経線維，とくに髄鞘に関する病理組織学的研究, *口病誌*, 26 : 721, 昭34.
 - 60) Engström, H., Öhman, A. : Studies on the innervation of human teeth, *J. D. R.*, 39 : 799, 1960.
 - 61) Brashear, A. D. : Innervation of the teeth, *J.A.D.A.*, 23 : 662, 1936.
 - 62) Orban, B. J. : *Orban's oral histology and embryology*, by Sicher, H, Saint Louis, 1966, Mosby Co. p. 127.
 - 63) Rapp, R. & Avery, J. K. : An investigation of the mechanism of neural impulse transmission in human teeth, *O.S., O. M. & O. P.*, 12 : 190, 1959.
 - 64) Verchese, M. : Dentin innervation, *Rev. Franc. Odontostomato.*, 15 : 1315, 1968, (*Oral. Res. Abst.*, 5 : 196, 1970).
 - 65) 河村洋二郎 : 象牙質知覚をめぐる諸問題, *歯界展望*, 36 : 197, 昭45.

付 図 説 明

- A: artery
 C: collagenous fiber
 CF: cell free zone
 CR: cell rich zone
 D: dentine
 N: nerve bundle
 NF: nerve fiber
 NP: nerve plexus
 O: odontoblast
 P: pulp tissue
 PD: predentine
 V: vein

図 3. 歯根歯髓の縦断像

歯根歯髓の下部では神経線維束および動脈が歯髓中央領域に位置し、膠原線維性結合組織によって全体として密に束ねられているが、それらは上行するにつれ、ロート状に広がり歯髓の辺縁に位置するようになり、歯髓中央に歯髓細胞を主体とする歯髓組織が出現している。それにともない歯根の下部で密な線維性結合組織の外側に位置していた静脈は、これを貫いて歯髓の内側に位置をかえている。azan-mallory 染色 ×20.

図 4. 歯頸部および歯冠歯髓縦断像

歯髓中央部の神経線維束は太く、辺縁に向うに従って細く密になり、順次象牙芽細胞層下神経叢に移行している。歯髓先頂部においては分枝した神経が複雑な神経網を形成している。鍍銀染色 ×20.

図 5. 根尖孔の横断像

太い静脈が中央に存在し、神経線維束は歯髓の辺縁に位置している。動脈は神経線維束に接しているものが多い。H-E 染色 ×100.

図 6, 7 図 5 よりやや上方部の横断像

数本の神経線維束および動脈は、しだいに歯髓の中央領域に集中し、これらの間には密な結合組織線維が存在している。動脈を取り囲むように存在する神経線維も認められる。静脈は歯髓の辺縁に位置し、歯髓細胞よりなる組織は歯髓の辺縁にわずかに認められるにすぎない。鍍銀染色 図 6 ×140. 図 7 ×100.

図 8. 歯髓の根尖側から約 $\frac{2}{5}$ 領域の横断像

神経線維束および動脈を含む密な線維性結合組織は前図とほぼ同様であるが、根管が太くなるため歯髓周辺に歯髓細胞を主体とする組織が増加している。神経線維束および動静脈は分枝し数の増加を示し、太い静脈は密な線維性結合組織領域より外側に位置している。鍍銀染色 ×70

図 9. 歯髓の根尖側から約 $\frac{3}{5}$ 領域の横断像

神経線維束、動静脈は分枝し数の増加を示すとともに、密性結合組織をともなって歯髓のやや外方に移動し、中央部領域には歯髓細胞を主体とする組織が出現し、その中央に太い神経線維束が存在している。静脈は前段階と異なり、歯髓の辺縁部から内方へ移動しつつあるのがみとめられる。鍍銀染色 ×40

図 10. 歯頸部の横断像

神経線維束、血管は分枝により全般的に数を増すとともに細くなっている。歯髓中央部領域には太い神経束が疎に配列し、辺縁にむかうにしたがって細く密になっている。神経血管の間質を構成する膠原線維性結合組織は減少している。鍍銀染色 ×28

図 11. 歯冠歯髓中央部の横断像

中央領域に位置する神経、血管は太く、辺縁にむかうにしたがって細く密になる。神経、動脈の間質結合組織線維は消失し、比較的太い静脈が歯髓中央領域に存在し、神経、動脈と伴行しているのが認められる。鍍銀染色 ×28

図 12. 歯冠歯髓先頂に近い領域の横断像

神経線維束・血管は一般に細く歯髓全般にわたって広く散在し、細胞稠密層の内層には細い神経・血管が多く認められる。鍍銀染色 ×70

図 13. 歯冠歯髓先頂の横断像

分枝した神経線維が数多く不規則な配列をなし、複雑な神経網を形成している。鍍銀染色 ×140

図 14. 歯冠歯髄辺縁の縦断拡大像

歯髄辺縁で分枝した神経線維は細胞稠密層ならびに細胞稀薄層に進入し、ほぼ歯の長軸および象牙質内面に平行に配列して密な神経叢を形成している。鍍銀染色 ×200

図 15. 歯冠歯髄辺縁部の横断像強拡大

象牙芽細胞層下神経叢を形成する神経線維がほぼ縦走するために、細胞稠密層および細胞稀薄層に神経線維の横断像が多数観察される。鍍銀染色 ×400

図 16. 動脈および神経線維束の横断像強拡大

本幹の太い動脈の周囲に神経線維が 1 ～ 2 列に配列している。鍍銀染色 ×400

図 17. 神経線維束の横断像強拡大

本幹から分枝した比較的細い動脈は神経線維束の中に存在するもの、線維束に接するもの、独立して配列するものがみとめられる。これらの周囲を密な線維性結合組織が取りまいている。鍍銀染色×400