

研 究

ラットの歯根膜から下顎孔に至るリンパ管の走行経路

水川 卓磨

岩手医科大学歯学部歯科矯正学講座

(主任：三浦 廣行 教授)

(受付：2002年12月25日)

(受理：2003年1月4日)

Abstract : The route of lymphatic vessels from the periodontal ligament to the mandibular foramen was studied in five male SD rats. After the animals were killed with an overdose of anesthesia, the mandibles were fixed, decalcified and embedded in GMA resin. Serial sagittal sections were made, stained and observed in a photomicroscope. In addition, the route of the lymphatic vessels from the periodontal ligament to the mandibular canal was three-dimensionally reconstructed.

The lymphatic vessels in the periodontal ligament ran together with veins passing along the wall of the alveolus. In the apex region and the alveolar canal, they were located close to veins running together with arteries and nerves. In the alveolar part of mandibular canal, the vessels ran together with veins passing along the upper wall of mandibular canal. In the mandibular canal within the ramus of mandible, they separated from the upper wall of the mandibular canal as veins increased in diameter. The part of the mandibular foramen of the mandibular canal, the lymphatic vessels ran between veins and arteries.

We conclude that the pressure producing the lymphatic flow is generated by masticatory force and arterial pressure in the periodontal ligament, by arterial pressure in the alveolar part of the mandibular canal, and by arterial pressure and the muscular pump of the medial pterygoid muscle in the mandibular foramen of the mandibular canal. The mandibular canal within the ramus of mandible is supposed to be the transitional region between the inside and the outside of the mandibule.

Key words : lymphatic vessel, periodontal ligament, mandibular canal, three-dimensional reconstruction method

緒 言

身体の代謝産物の吸収には脈管のうち、主に静脈が担当しているが、一部はリンパ管が担っ

ている¹⁾。このリンパ管の機能を理解する上で、局所のリンパ管構築および所属リンパ節への経路を知ることが重要である。骨、歯のような硬組織からの導出路としてのリンパ管の有無に関

The route of the lymphatic vessels from the periodontal ligament to the mandibular foramen of the rat

Takuma MIZUKAWA

Department of Orthodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University. 1-3-27, Chuo-dori, Morioka, Iwate 020-8505, Japan

岩手県盛岡市中央通1丁目3-27 (〒020-8505)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 28 : 8-15, 2003

しては、古くから研究がなされているが定説はない^{2~21)}。Scweitzer^{2, 3)}, Noyesら^{4~7)}は歯根膜中のリンパ管の存在を肯定し、下顎管のリンパ管と吻合すると報告している。一方、木原⁸⁾の提唱した脈管外通液路系の考えを支持した大場⁹⁾, 松本¹⁰⁾は歯髓、歯根膜にはリンパ管は存在しないと述べた。また中村¹¹⁾, 磯川¹²⁾は歯髓にはリンパ管はないが、歯根膜にはリンパ管があると述べた。近年、下顎管内において、リンパ管の存在を肯定するという報告が相次いでなされている^{13~21)}。しかし、下顎管内リンパ管の構築については、歯根膜、歯髓、下顎管内など部位別に研究がなされているのみで、これらの系統だったリンパ管の走行に関する詳細な研究はなされていない。

リンパ管の観察法として近年酵素組織化学染色^{22, 23)}, 免疫組織化学染色²⁴⁾が開発されたことにより、リンパ管を血管と区別して染色する方法が確立された。しかし、歯根膜内のリンパ管を観察するための固定、脱灰操作が酵素活性の減少または喪失を引き起こす。そのため、組織化学的な手法を用いない方法として、藤村ら^{25, 26)}は所属リンパ節を含んだ連続薄切切片を作製し、輸入リンパ管から目的部位まで、リンパ管の走行経路と構築を明らかにする方法を確立した。

そこで本研究では、連続切片法を用いることにより、歯根膜のリンパ管構築および、歯根膜リンパ管の下顎管内リンパ管導出経路を明らかにすることを目的とした。

材料ならびに方法

1. 実験動物と飼育条件

実験動物として、生後8~10週齢、体重約250gのSD系雄性ラット（日本クレア）5匹を用いた。実験期間中、動物は岩手医科大学歯学部動物舎（温度：23±1℃、湿度：55±5%）にて飼育し、MF固形飼料（Oriental Yeast Co. LTD）と水は自由に与えた。全身および口腔内に異常のないことを確認するため、購入後一週間予備飼育を行った後実験に用いた。

2. 実験方法

予備飼育終了後、pentobarbital sodium（Nembutal®）の過麻酔（120mg/kg）により屠殺を行い、ただちに顎下リンパ節および下顎枝内面の軟組織を損傷しないように下顎骨を摘出した。試料を10%中性ホルマリン水溶液で7日間浸漬固定し、その後、マイクロウェーブ（MI-33, Azumaya, Japan）を用いて20℃にて2週間4%EDTA-4Naにて脱灰を行った。脱灰終了後、上昇エタノール系列にて脱水を行い、通法に従い親水性樹脂（Glycol methacrylate）に包埋した²⁷⁾。回転式マイクロトーム（Jung autocut 2055, Leica Inst., Germany）を用いてタングステンカーバイト刃（Leica Inst., Germany）にて3μm厚の矢状方向連続切片を作製し、toluidine blue染色後、光学顕微鏡（E800 Nikon, Japan）にて観察した。さらに、歯根膜から下顎管に至る切片を観察し、リンパ管の三次元再構築を試みた。

三次元再構築法は藤村ら²⁵⁾の方法に準じ、組織像を冷却3CCDカメラにて捉えた二次元画像をコンピュータに取り込んだ。これらの二次元画像からリンパ管および周囲組織を抽出し、軸合わせ、閾値処理を施し、三次元構築ソフト（Voxblast®, ver. 2.33., Solution Systems）にて三次元再構築像を作製し、先に観察した組織像と整合して観察し、リンパ管構築と周囲の動・静脈との関係を検索した。

結 果

1. リンパ管の同定

顎下リンパ節を含む下顎骨試料の矢状断連続切片の光学顕微鏡観察により、顎下リンパ節の輸入リンパ管を逆行性に下顎孔までたどり、下顎孔から出現するリンパ管を検出した。顎下リンパ節の輸入リンパ管は動・静脈には伴行せず、筋隙を走行していた。下顎孔から出現するリンパ管は、内皮細胞の核が管腔に突出し、細胞質の部分が極めて薄い管腔構造として観察された（Fig. 1）。

2. 下顎管内リンパ管の走行

1) 下顎孔部下顎管内におけるリンパ管の走行

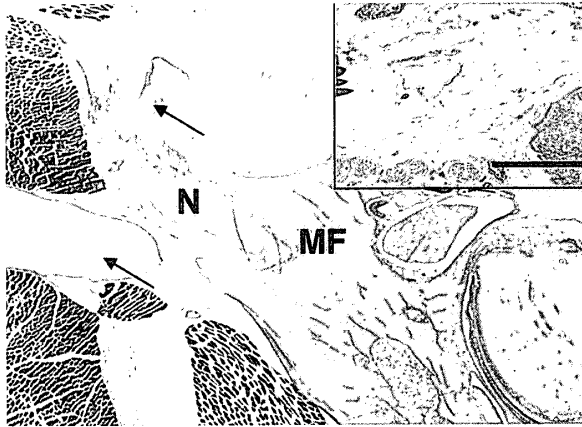


Fig. 1 The lymphatic vessels before invading the mandibular foramen. Inset : photomicrograph of the lymphatic vessels, showing a tubular structure consisting of cells with very thin cytoplasm. green : lymphatic vessel, small arrow : vein, N : inferior alveolar nerve, MF : mandibular foramen, bars : 100 μ m



Fig. 2 The lymphatic vessels after invading the mandibular canal from the mandibular foramen. The lymphatic vessels entering from the mandibular foramen run between the arteries and veins. large arrow : inferior alveolar artery

脈管と神経は結合組織線維で構成された鞘により囲まれ、脈管は下顎管上部を、神経は下顎管下部を走行しており、神経は最も太く、下顎管の約 $\frac{2}{3}$ 程を占めていた。静脈が下顎管上壁に沿って走行しており、その下を動脈が走行していた。リンパ管は、静脈と動脈の間を走行していた (Fig. 2)。

2) 下顎枝部下顎管内におけるリンパ管の走行

臼歯歯根膜に向かう神経、血管は、この部位において、すでにオトガイ孔に向かう本幹から分岐して下顎管上壁に向かって走行していた。

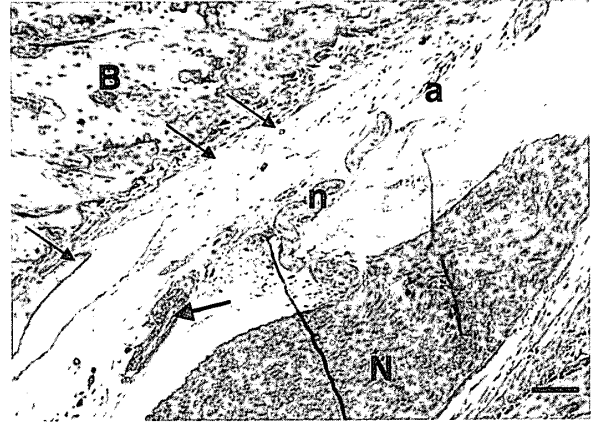


Fig. 3 The lymphatic vessels in the mandibular canal within the ramus of the mandible. The veins passing close to the upper wall of the mandibular canal repeatedly branch and decrease in diameter. The lymphatic vessels run together with the veins. In contrast to the veins and lymphatic vessels, the arteries and nerves ramify into branches that pass towards the upper wall of the mandibular canal within the ramus of the mandible. B : bone surface, a : branch of inferior alveolar artery passing towards molars, n : branch of inferior alveolar nerve passing towards molars

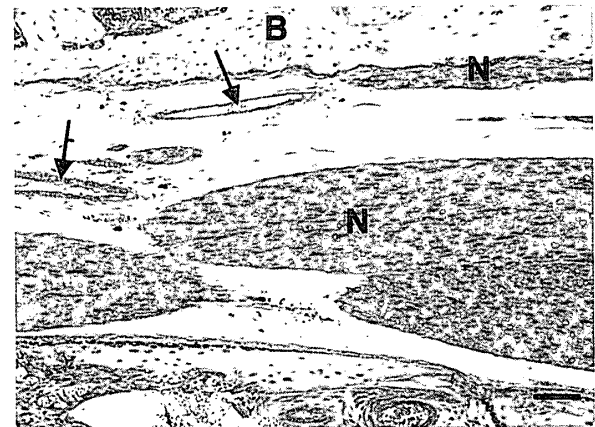


Fig. 4 The alveolar part of the mandibular canal. The branches of the arteries and nerves diverge already in the segment part within the ramus of the mandible and run towards the upper wall of the mandibular canal.

下顎孔部下顎管において下顎管上壁に沿って走行していた静脈は、下顎枝部下顎管では、次第に分岐することにより管径が細くなっていた。そのため、静脈の下方を伴行していたリンパ管は、より下顎管上壁に近接した位置を走行するようになっていた (Fig. 3)。

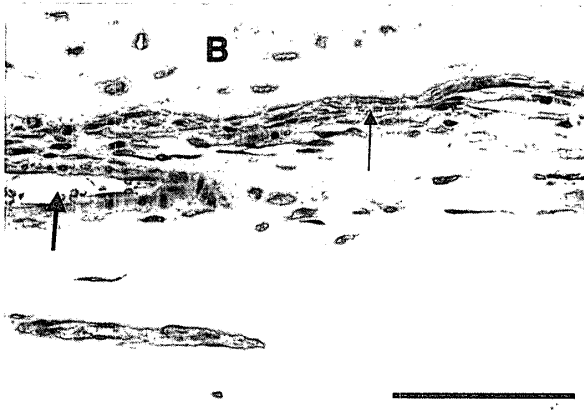


Fig. 5 The lymphatic vessels in the alveolar part of the mandibular canal. The arteries run close to the lymphatic vessels and veins passing along the upper wall of the mandibular canal.

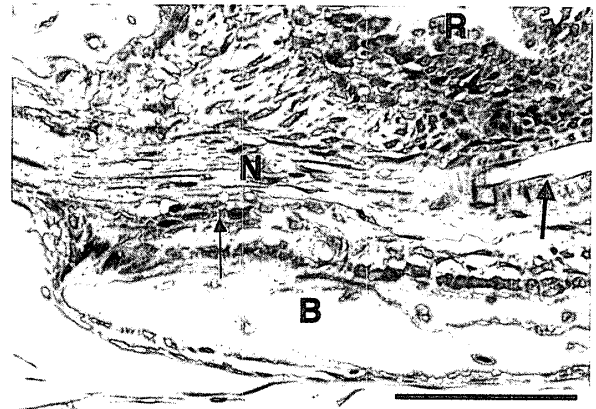


Fig. 7 The alveolar canal that the lymphatic vessels invade. The lymphatic vessels are seen to invade the alveolar canal (70 μ m in diameter) along with the arteries, veins and nerves.

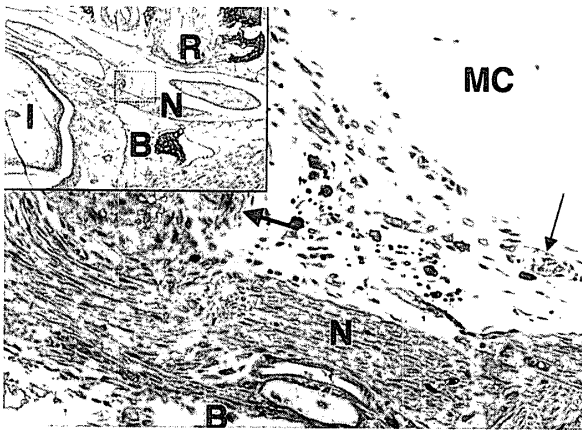


Fig. 6 The lymphatic vessels run passing towards the periodontal ligament of incisor along with the vessels and nerves. High magnification of dotted square in inset. inset : photomicrograph of the whole image. MC : mandibular canal, R : root of tooth, I : incisor

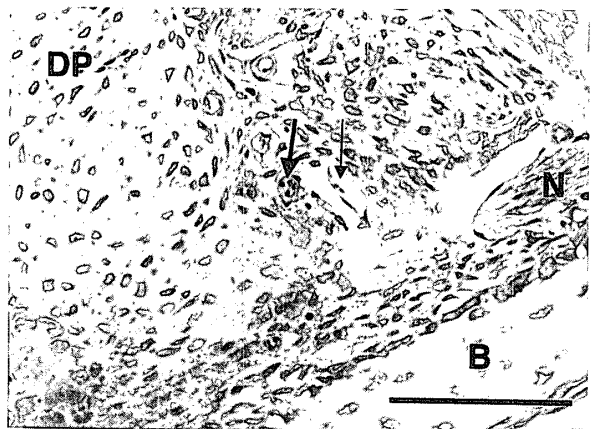


Fig. 8 The lymphatic vessels in the root apex region of the periodontal ligament. The lymphatic vessels in the periodontal ligament ramify into branches that pass towards the dental pulp. DP : dental pulp

3) 歯槽部下顎管内におけるリンパ管の走行

臼歯歯根膜に向かう動脈、神経は徐々に下顎管上壁付近を走行するようになっていた (Fig. 4)。さらに近心側になると、動脈は下顎管上壁付近を走行するため、静脈とリンパ管は骨壁と動脈の間に挟まれた状態になっていた (Fig. 5)。また歯槽部下顎管内より切歯歯根膜に向かって血管、神経が走行しており、リンパ管も伴行していた (Fig. 6)。

4) 歯槽管内におけるリンパ管の走行

歯根1根に対して種々の太さの10数本の歯槽管が歯根膜に開口しており、リンパ管は下顎管

からこの小管を経て歯根膜に侵入していた。歯槽管の中には血管のみが侵入するものが認められた。リンパ管が侵入する歯槽管には、動・静脈、神経も侵入していた (Fig. 7)。

5) 歯根膜におけるリンパ管の走行

歯槽管を動・静脈、神経とともに歯根膜内に侵入したリンパ管は、根尖部において歯髄に向かうリンパ管と分岐していた (Fig. 8)。また、この部位よりリンパ管は次第に動脈、神経と分かれて静脈に伴行するようになり (Fig. 9)、歯槽壁に沿って上行していた (Fig. 10)。また、動脈はセメント質寄りを上行していた。三次元再構築像の観察から、歯槽管を通過したリンパ管は根尖部で網目を構成し、この網目から歯槽

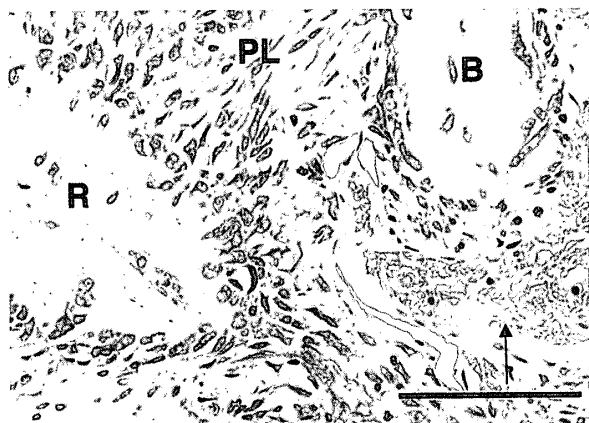


Fig. 9 The lymphatic vessels in the root apex region of the periodontal ligament. The lymphatic vessels distributed in the periodontal ligament diverge from the arteries and nerves in the apical region and run along with the vein. PL : periodontal ligament

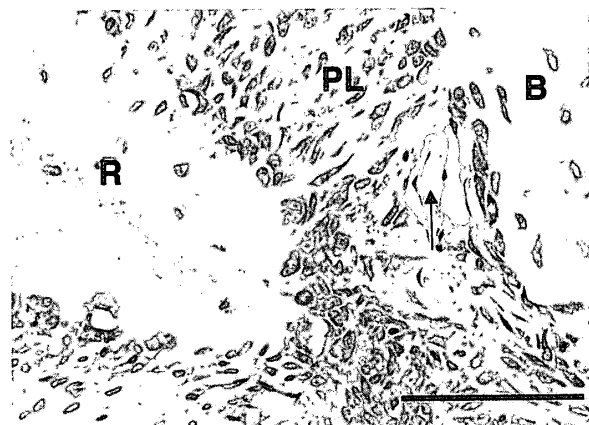


Fig. 10 The lymphatic vessels in the periodontal ligament. The lymphatic vessels passing upwards in the periodontal ligament run along with the vein close to the wall of the alveolus.

壁に沿って上行する静脈に伴行して上行するリンパ管と歯髄に向かうリンパ管が分岐していた (Fig. 11)。

3. 下顎骨内のリンパ管の区分

前述の下顎孔から歯根膜までのリンパ管の走行経路、静脈との位置関係、下顎管壁との距離から、下顎孔部下顎管、下顎枝部下顎管、歯槽部下顎管、歯槽管、歯根膜の5つの部位に区分した。

考 察

1. 連続切片法によるリンパ管の検出法について

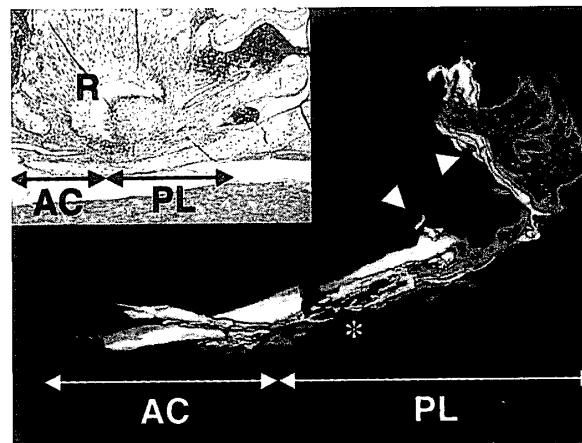


Fig. 11 Three-dimensional reconstruction of the course of the lymphatic vessels from the mandibular canal to the periodontal ligament. Inset : two-dimensional photomicrograph of a histological section, showing the course of the lymphatic vessels from the mandibular canal to the periodontal ligament via the alveolar canal. After passing the alveolar canal, the lymphatic vessels form a network(*) in the apical region of the periodontal ligament. From this network the lymphatic vessels bifurcate into the lymphatic vessels passing upwards along with the ascending veins and those passing towards the dental pulp. white arrow head : lymphatic vessels passing towards dental pulp, yellow arrow head : lymphatic vessels passing towards periodontal ligament (three-dimensional reconstruction image. red : artery, blue : vein, green : lymphatic vessel)

て

リンパ管を観察する方法として色素の組織内注入法があるが¹²⁾末梢部の毛細リンパ管の観察が困難となる。血管とは異なり、中枢側からリンパ管へ、色素をリンパの流れと逆行性に注入することは、弁の存在からも不可能である。その欠点を補うため、森²⁸⁾によって開発された加墨汁硝酸銀水局所動脈内注入法を用いて、塚本¹⁴⁾はイヌ乳歯歯根膜を観察し、松本¹⁰⁾は墨汁およびベルリン青飽和水溶液を用いて、下顎管を走行するリンパ管について観察を行っている。しかしながら、歯根膜から下顎孔までの全経路の描出はなされていない。

切片法としては、加藤^{22, 23)}は酵素組織化学染色として5'-nucleotidase-alkaline phosphatase

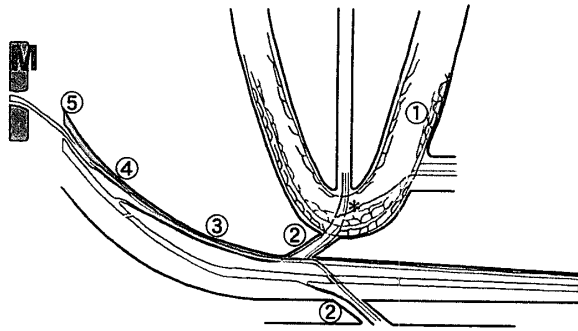


Fig. 12 Schematic drawing of the routes of the lymphatic vessels, arteries, veins and nerves from the periodontal ligament to the mandibular foramen. green : lymphatic vessel, red : artery, blue : vein yellow : nerve ① : The part of periodontal ligament ② : The alveolar canal ③ : The alveolar part of the mandibular canal ④ : The mandibular canal within the ramus of mandible ⑤ : The part of mandibular foramen * : The network in the apical region of the periodontal ligament

二重染色法（以下、5'-Nase-ALPase）で特異的にリンパ管を染める方法を確立した。その後、この方法を用いて各器官におけるリンパ管の分布が明らかにされてきた^{13, 16, 21, 29}。しかし、歯根膜は歯と歯槽骨の2つの硬組織に囲まれた軟組織であるため、組織標本作製の際に長期間の固定、脱灰操作を必要とし、その結果、酵素活性が減少または喪失する。また非脱灰硬組織における数百枚の凍結切片作製は技術的に不可能である。

藤村ら²⁵は脱水による変形を除去するため親水性樹脂包埋試料の連続切片法により、マウスを用いて顎下リンパ節の輸入リンパ管から下顎孔までの経路を確認し、報告している。

そこで本研究のラットにおいても、この親水性樹脂包埋による連続薄切切片を用い、染色はHE染色に比べて内皮細胞の描出にコントラストが良い toluidine blue 染色を施すことで下顎孔部下顎管から歯根膜に至るまでのリンパ管を追求した。さらに、これらの連続薄切切片から、コンピュータグラフィック三次元再構築を行うことにより、リンパ管構築の立体的な観察が可能となった。

2. リンパ管の経路

1) 歯根膜および歯槽管

歯根膜におけるリンパ管の存在は、否定する報告^{9, 10}と肯定^{2~7, 11~18}する報告があり、長い間議論の対象となっていた。これらの報告は、単なる形態学的な観察で、血管との鑑別が不確実である可能性が高い。最近の報告では、歯根膜のリンパ管の存在を肯定する報告が多いが、その構築、全経路は明らかにされていない。塚本¹⁴は、幼犬の歯根膜内リンパ管は根尖側の方が歯頸側より数が多く、血管と伴行していたと述べ、奈良ら¹⁶も血管に伴行するリンパ管を確認している。藤村¹³はハムスターの歯根膜において疎なリンパ管網が根分岐部に存在する小管を通過して骨髄に侵入することを報告している。Rubenら¹⁷は、リンパ管は歯根膜中において歯槽骨壁側を走行すると述べている。Barnetら¹⁸は歯根膜内において静脈と伴行するリンパ管を確認し、歯根の中央で歯槽骨のリンパ管と連絡していると報告している。本研究におけるラットにおいても、歯根膜のリンパ管は歯槽壁に沿って走行する静脈に伴行していた。

リンパ管の走行はリンパ管の輸送機構と深く関係していることが考えられる。リンパ管の輸送機構には受動的なものと能動的なものがある。今回認められた歯根膜から下顎管内を走行するリンパ管は平滑筋を持つような太い集合リンパ管はなく、そのため、受動的輸送機構によってリンパ流が派生していると考えられる。受動的リンパ輸送機構には筋肉運動（筋ポンプ）、呼吸運動、動脈の拍動、静脈圧および重力³⁰などがあり、歯根膜内においては咀嚼圧も関与していると考えられる。歯根膜は咀嚼によって圧迫を受ける組織であり、歯根と歯槽骨の2つの硬組織に囲まれているため、その圧力は歯根膜線維にかかるテンションとして脈管に影響を与える。動脈と比較して静脈とリンパ管は管壁が薄く外力による影響を受けやすい。歯根膜において動脈が歯根側を、静脈が歯槽骨側を走行しており^{31, 32}、その中でリンパ管が静脈とともに歯槽壁寄りを行くことは、咀嚼圧がかからない時でも動脈圧を効率良く受け取る

ためであると考えられた。

三次元再構築像の観察では、歯槽壁に沿って走行するリンパ管は骨髄にも交通枝を出しており、歯根膜からの導出路を複数確保していることが明らかとなった。この歯槽壁に沿って下行するリンパ管は根尖部で歯髄からのリンパ管と合流して網目を構成していた。歯根膜からの導出路としての歯槽管は細く、血管のみを含有するものが多いが、リンパ管が侵入する歯槽管には動・静脈、神経がともに侵入していた。リンパの流れは歯槽管の太さに加え、血管の太さにも影響を受けるため、一定量以上は流れないものと考えられた。すなわち、歯根膜根尖部に認められたリンパ管の網目は咀嚼圧がかかった際の一時的な緩衝の場となる可能性が考えられる。

2) 歯槽部下顎管

歯槽部下顎管内においてリンパ管は、動脈、神経が次第に下顎管下方に移動していくのには伴行せずに、下顎管上壁に沿って走行する静脈に伴行していた。これは歯根膜におけるものと同様に動脈の圧力を効率良く受けるために下顎管上壁付近を走行しているものと考えられた。

3) 下顎枝部下顎管および下顎孔部下顎管

下顎枝部下顎管において静脈が直径を増していくと、それに平行してリンパ管は次第に下顎管上壁から離れ、下顎孔付近では静脈と動脈の間を走行していた。下顎孔付近になるとリンパ流を派生するものとして、動脈圧の他に下顎孔周囲の内側翼突筋による筋ポンプの作用が加わるため、下顎管上壁から離れても十分なリンパ流が得られることが考えられた。

今回解明できたリンパ管経路から (Fig. 12)、歯根膜ではリンパ流を派生するのは動脈圧と咀嚼圧であり、歯槽部下顎管では動脈圧であり、下顎孔部では動脈圧と内側翼突筋による筋ポンプによるものと考えられた。下顎枝部下顎管は、リンパ流を派生する圧力が動脈圧および咀嚼圧によるものから、動脈圧および内側翼突筋による筋ポンプによるものへと変換する移行部であることが考えられた。

以上のことから、リンパ流を発生する構造の少ない顎骨内においても、リンパ流が効率良く発生することが考えられる。

結 論

生後8~10週齢のSD系雄性ラットの歯根膜から下顎孔に至るまでのリンパ管の走行を、連続切片法により観察し、次の所見が得られた。

1. 歯根膜内のリンパ管は歯槽壁に沿って走行する静脈に伴行し、根尖部において歯髄からのリンパ管と合流していた。
2. 歯槽管には血管、神経が単独で侵入するものも認められたが、リンパ管が侵入する歯槽管には、動・静脈、神経が密集して伴行していた。
3. 歯槽部下顎管においてリンパ管は次第に下行していく動脈と神経には伴行せずに下顎管上壁に沿って走行する静脈の下方を伴行していた。
4. 下顎枝部下顎管においてリンパ管は次第に直径を増す静脈の下方を走行することにより骨壁から離れて走行し、下顎孔部下顎管においても骨壁から離れて静脈と動脈の間を走行していた。

謝辞: 稿を終えるにあたり、本研究の機会を与えていただき研究の遂行に終始ご懇篤な教示と校閲を賜りました岩手医科大学歯学部歯科矯正学講座三浦廣行教授に深甚なる感謝の意を表します。また、ご懇切なる内閲、補閲を賜りました本学口腔解剖学第一講座野坂洋一郎教授に感謝の意を表します。また、ご懇切なる教導、披閲を賜りました本学口腔解剖学第二講座名和橙黄雄教授に感謝の意を表します。さらに研究の細部にわたり種々のご助言とご指導をいただきました本学口腔解剖学第一講座藤村朗助教授ならびに小野寺政雄博士に感謝の意を表します。最後に、本研究の遂行にご協力をいただきました歯科矯正学講座、口腔解剖学第一講座の諸先生方に厚くお礼申し上げます。

本論文の要旨の一部は、第60回日本矯正歯科学会大会(平成13年10月)、第44回歯科基礎医学

会学術大会(平成14年10月)において発表した。

本研究は、日本私立学校振興、共済事業団の特別補助、ならびに文部省私立大学ハイテク・リサーチセンター事業補助金を受けた岩手医科大学先進歯科医療研究センターの補助を受けたものである。

文 献

- 1) Seki, K., Yamane, Y., Shinoura, A., Koide, K., Uechi, M., Mori, K., Nagasaka, M. and Yositosi, Y. : Experimental and clinical study on the lymph circulation. *Am. Heart J.* 75 : 620-629, 1968.
- 2) Schweitzer, G. : Über die Lymphgefäße des Zahnfleisches und der Zähne beim Menschen und bei Säugetieren. *Arch. Mikrosk. Anat.* 69 : 927-999, 1907.
- 3) Schweitzer, G. : Über die Lymphgefäße des Zahnfleisches und der Zähne beim Menschen und bei Säugetieren. *Arch. Mikrosk. Anat.* 74 : 807-908, 1909.
- 4) Noyes, F. B. and Dewey, K. : The lymphatics of the dental resion. *J. A. M. A.* 71 : 1179-1185, 1918.
- 5) Noyes, F. B. : A review of the work on the lymphatics of dental origin. *J. A. D. A.* 14 : 714-719, 1927.
- 6) Noyes, F. B. : Lymphatics of the dental region. *J. A. D. A.* 15 : 1911-1913, 1928.
- 7) Noyes, F. B. and Ladd, R. L. : The lymphatic of the dental region. *Dent. Cosmos.* 71 : 1041-1047, 1929.
- 8) 木原卓三郎：脈管外通液路系の研究，解剖誌，26 : 7-16, 1951.
- 9) 大場英之：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並びに電顕的研究，日口外誌，21 : 528-540, 1975.
- 10) 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液路系について，熊本医会誌，25 : 1122-1134, 1955.
- 11) 中村正雄：歯牙系の淋巴系について，日歯医師会誌，9 : 372-376, 1956.
- 12) 磯川宗七：歯のリンパ系に関する知見補遺，解剖誌，33 : 295-308, 1958.
- 13) 藤村 朗：口腔領域における毛細リンパ管構築，リンパ学，22 : 21-26, 1999.
- 14) 塚本暁子：乳歯歯根膜における毛細リンパ管の分布ならびにその構造について，小児歯誌，36 : 804-817, 1998.
- 15) Box, K. F. : Evidence of lymphatics in the periodontium. *J. Canad. Dent. Assoc.* 15 : 8-19, 1949.
- 16) Nara, E., Osawa, T., Liang, J.-C., Wang, Y. and Nozaka, Y. : Enzyme-histochemical demonstration of lymphatic vessels in the golden hamster periodontium. ; an attempt to reactivate the 5'-nucleotidase activity with Mg⁺⁺ion supply. *Journal of Electron Microscopy* 49 : 387-391, 2000.
- 17) Ruben, M. P., Prieto-Hernabdez, J. R., Gott, F. K., Kramer, G. M. and Bloom, A. A. : Visualization of lymphatic microcirculation of oral tissues II Vital retrograde lymphography. *J. periodont.* 42 : 774-784, 1971.
- 18) Levy, B. M. and Bernick, S. : Studies on the biology of the periodontium of marmosets. V. lymphatic vessels of the Periodontal ligament. *J. Dent. Res.* : 1166-1170, 1968.
- 19) Marchetti, C., Calligaro, A. and Casasco, A. : Lymphatic vessels in the healthy human dental pulp. *Acta. Anat.* 140 : 329-334, 1991.
- 20) Marchetti, C., Calligaro, A. and Casasco, A. : Lymphatic vessels of the human dental pulp in different conditions. *Anat. Rec.* 234 : 27-33, 1992.
- 21) 青山洋子, 吉田重光, 野田坂佳伸, 鈴木正嗣, 小口春久：ヒト歯髓のリンパ管に関する酵素組織化学的研究，歯基礎誌，37 : 437-446, 1995.
- 22) 加藤征治：酵素組織化学的方法によるリンパ管の確定法，リンパ学，12 : 13-21, 1989.
- 23) Kato, S. : Histochemical localization of 5'-nucreotidase in the lymphatic endothelium. *Acta Histochem. Cytochem.* 23 : 613-620, 1990.
- 24) Ezaki, T.: Immunohistochemical identification of rat lymphatic capillaries using a monoclonal antibody. *Progress in Lymphology*-VIII : 21-24, 1992.
- 25) 藤村 朗, 小野寺政雄, 塚本暁子, 野坂洋一郎：マウス下顎骨内部のリンパ管構築(抄)，歯基礎誌，40 : 468, 1998.
- 26) Fujimura, A. and Nozaka, Y. : Analysis of the three-dimensional lymphatic architecture of the periodontal tissue using a new 3D Reconstruction. *Microscopy Research And Technique.* 56 : 60-65, 2002.
- 27) 泉 恵子：非脱灰骨の親水性樹脂包埋による薄片の伸展とTRAP(酒石酸抵抗性酸性フォスファターゼ)染色の検討，実験病理組織技術研究会誌，7 : 41-45, 1998.
- 28) 森 堅志：末梢リンパ管の形態学的研究法，微細構造，並びに血管との位置関係，解剖誌，54 : 1-20, 1979.
- 29) Fujimura, A., Seki, S., M-Y. Liao, Hu, X., Onodera, M. and Nozaka, Y. : Three dimensional architecture of lymphatic vessels in the tongue. *Lymphology* 36 (in press)
- 30) 大橋俊夫：リンパ管の吸収と輸送機構，大谷修, 加藤征治, 内野滋雄 編集：リンパ管，西村書店，新潟，211-224ページ，1997.
- 31) 岩渕 通：歯根膜血管網の立体的観察，神奈川歯学，17 : 165-184, 1982.
- 32) 安藤彰彦：歯根膜の微細血管分布構造に関する研究，歯科学報，69 : 1369-1406, 1969.