研 究

鼻粘膜血管構築に関する走査

電子顕微鏡的観察

1. 係蹄状毛細血管

たかさか とものり た なか かつひこ かわもと かすとも
高坂 知節・田中 克彦*・河本 和友

は じ め に

鼻粘膜血管の形態的研究は、19世紀末の Zuckerkandl¹⁾²⁾ の報告以来、光学顕微鏡的に色素注入法や連続切片法を用いて盛んに行われており、我国でも、墨リング液灌流法を用いた佐藤（1951）³⁾ の詳細な報告がある。一方、電子顕微鏡の導入により、血管壁の微細構造が明らかにされるとともに、その神経支配様式についても種々検討が加えられ、鼻粘膜における血管の機能について、その形態と生理の両面からの研究が次第にその接点を広げつつある現状と思われる。

著者らは、従来より、光学顕微鏡と透過型電子顕微鏡を用いて、鼻粘膜病理の形態面からの検討を行うとともに、⁴⁾⁵⁾⁶⁾ 最近では、標識物質（HRP）を用いて、鼻粘膜毛細血管の透過機構に関する電子顕微鏡レベルの実験を行ってきた⁷⁾。しかしながら、光顕あるいは電顕の切片標本から得られる所見は、その断面について豊富であっても、血管群の構成する複雑多岐な構築像を全体的に把握するためには、連続切片法を用いなければならず大変な努力と時間を要することが明白であった。そこで、この欠点をおぎなうために村上（1971）⁸⁾⁹⁾ のメチルメタクリレートの鋳型作製法を用いて鼻粘膜微小循環系のキャストを作り走査電子顕微鏡下に観察する方法を追試した。この方法は、村上も指摘しているように、小腸絨毛の毛細血管のような微弱な血管も鋳型化でき、しかも走査電顕の資料として適しているので、その立体像のかかなり微細な部分まで観察できるという利点を持っている。本論文では、家兎鼻甲介の微細血管群の構築像、特に甲介の鼻腔面に特異的に存在する係蹄状毛細血管について報告し、その形態的特徴と機能について考察を加える。

実 験 方 法

家兎をネンブタール麻酔下に開胸し心臓を露 を挿入した。右心耳を開放するとともに生理的
出した後、左心室を切開し大動脈にカテーテル 食塩水を用いて十分に駆血した。次に過酸化ペ

Scanning Electron Microscopic Studies of the Fine Architecture of the Nasal Vascular Beds .

1. "Snare-Like" Capillaries.

Tomonori Takasaka, Katsuhiko Tanaka and Kazutomo Kawamoto.

東北大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：河本和友教授）

*北海道大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：寺山吉彦教授）

ンゾイル ($(C_6H_5CO) \cdot O_2$) を加えた メタクリル酸メチル (モノマー) ($CH_2 : C(CH_3)COO CH_3$) の100ml 溶液を作り、直前にN, N-ジメチルアニリン 1.5ml を加速剤として添加し、更にメチルレッドを微量加えて着色した後、同カテーテルよりゆっくり還流した。右心耳からメタクリル樹脂溶液が排出するのを確認した後断頭し、ただちに60℃恒温器内に置いた。24時間後に鼻腔を開放して甲介骨をつけた

まま甲介組織を摘出した。20% NaOH に移して軟部組織を完全に隔解した後、水道水で繰返し洗滌し濾紙上で自然乾燥した。実体顕微鏡下で観察し、目的とする部分を選択して注意深く分解し資料台上に接着した。カーボン・金の二重蒸着後、日立明石 MSM-Ⅱ型、日本電子 JSM P-15 型走査電子顕微鏡を用いて観察した。

観 察 結 果

甲介骨とともに取出した標本を、まず実体顕微鏡下に観察した。メタクリル樹脂の乾燥標本は、通常無色透明であり、このままでは光学顕

微鏡レベルの観察は極めて困難であった。そこで、還流直前にメチルレッドを微量添加しキャストを赤色にした。こうすると、40倍以下の倍

Fig. 1 家兎前鼻甲介血管構築の弱拡大像。陵線は隆起部で、やや焦点外ながら係蹄状毛細血管群が望まれ、甲介溝部に移行する下方には、平面的な毛細血管網が観察される。(250倍)

率でも、キャストのかなり微細な部分までの観察が可能となり、分解時の不本意な破損も予防することが出来た。家兎の鼻甲介は、矢状方向に走る隆起部と溝部が交互に並列する極めて起伏に富む構造を持ち、鼻腔前方に位置する“前鼻甲介”と後部に在る“上・中・下鼻甲介”に分けることが出来る。今回は、全ての甲介を観察せずに、特に“前鼻甲介”を中心に検討した。

走査電子顕微鏡下に、キャストを弱拡大で観察すると、甲介のひとつの隆起部とそれに接する溝部等が一望に見渡せる。(Fig. 1) その表面は、非常に豊かな毛細血管網によって被われているが、やや深部には、比較的太い血管群が

存在して、頻回に枝分れしながら複雑な走行を示していた。拡大率を上げて更に観察すると、隆起部と溝部では、表面の毛細血管の走行に違いがあることがわかった。即ち、溝部では、平面的な毛細血管網が広範囲に分布しているのに反して、鼻腔に面する隆起部の“峰”に相当する部位には、垂直方向に立上る多数の毛細血管が存在し、その多くは、いわゆる係蹄状を成し、非常に特異的な走行様式を示していた。

(Fig. 2)

高倍率で、この特異走行を示す。係蹄状毛細血管を観察すると、更に各々の微妙な曲線や角度等を詳細に知ることができた。走行上の最大の特徴は、粘膜表面にかなり接近していると思

Fig. 2 係蹄状毛細血管網。典型的な“へアピンカーブ”を描くもの、“波状”を呈するものなど、様々な迂曲像が観察される。(600倍)

われる高さまで垂直方向に立上りを示すことと、その頂点で急激な方向変換、いわゆる“ヘアピンカーブ”を描くことである。(Fig. 3)しかし浅部の細動脈から分かれて上昇を開始する時の角度は、必ずしも垂直に近いものばかりではなくて、ほぼ水平方向を維持しやがて徐々に上昇するものや、上下運動を繰返してあまり

急激な上昇を示さないもの等があり、又しばしば分枝や吻合を行なって細静脈叢に注ぐ像もあった。(Fig. 4)頂点の曲線も多様であったが、いわゆる“ヘアピンカーブ”が最も多く、(Fig. 2・3)あるものは“らせん状”に回転する構造を示し、又、あるものは一旦少し下降した後再び上昇し再度下降する“波状”走行を示

Fig. 3 典型的“ヘアピンカーブ”を示す係蹄状毛細血管の強拡大像。クレーター様の陥凹像は気泡等によるもの。(3000倍)

Fig. 4 係蹄状毛細血管の中には、分枝吻合を示すものも少なくない。矢印は、分枝点を示す。
(450倍)

Fig. 5 単純なヘアピンカーブと異なり、頂点で複雑な“ねじれ”を加えた曲線を描く係蹄状毛細血管像。(3000倍)

し、その他にも、頂点で水平に移行し急回転後下降する“横滑り”の曲線を示す像も見られた。しかも、この曲線には立体的に、“ねじれ”の要素が加えられており、従来の色素注入法では、把握できなかった像が、今回の樹脂を用いる鑄型作製法で明瞭に示された。(Fig. 5) 本法で作られた鑄型は、各々の血管の内径を間接的に表現しているもので、係蹄状毛細血管は

考 按

毛細血管網の形態学的分類としては、①一般型、②特殊型、の2つに大別される。一般型は、漿膜等の膜組織にみられる粗造な網眼を形成する疎網型と、腸管等にみられる密網型、そして本論文で述べた係蹄型の三型からなっており、特殊型の中には、豚ランゲルハンス島の血管球や、肝臓の洞様分布などがあり、臓器特異性に由来するものからなっているといわれる。(小川¹⁰⁾ (1969))

本論文では、家兎前鼻甲介粘膜固有層の毛細血管構築像を走査電子顕微鏡下に観察し、矢状に走る溝面は、いわゆる平凡な疎網型の毛細血管網を示しているのに反して、鼻腔に突出している隆起部では、係蹄状毛細血管が局所的に群生している所見を報告した。この係蹄状毛細血管群については、既に Zuckerkandl²⁾ (1885) によって “Im Innern der Leiste findet sich ein dichtes, aus zahlreichen, untereinander anastomosierenden Schlingen gebildetes Geflecht, das schliesslich das Rindennetz einmündet.” と記載されており、又 Burnham¹¹⁾ (1935) も “wave-like appearance” と表現している。一方、皮膚の毛細血管構築については、Spalteholz¹²⁾ (1927) はじめ西丸¹³⁾ (1947)、山田¹⁴⁾ (1958)、小川¹⁰⁾ (1969) らの詳細な報告があり、乳頭層の毛細血管は、単純な“係蹄状”から“Y字状”“三叉状”“迂曲状”、あるいは本論文でもしばしば述べた“らせん状”等の多彩な走行を示し、部位的にも分布状態が異なるといわれている。しかし、鼻粘

ほぼ $2.5\mu\sim 10\mu$ の間にあったが、一定の傾向はみられず、曲部でやや太くなるところもあった。しかし、カーボンと金蒸着のための増加分と還流時の収縮あるいは拡張等の影響を考えると、この計測値は、絶対値としての意味は無く、むしろ相対的なものとして取扱うべきであろう。

膜固有層の血管構築に皮膚と類似のものがある事実を指摘した論文は少なく、特に前にも引用した佐藤 (1951) は内耳¹⁵⁾、中耳¹⁶⁾、咽頭¹⁷⁾、舌¹⁸⁾ など耳鼻咽喉科領域の微細血管分布について精力的な検索結果を報告しているにもかかわらず、係蹄状毛細血管が鼻粘膜に存在する点については否定的であり、猫の甲介粘膜直下の毛細血管網は、“骨膜部のものよりも緻密ではあっても類円形の網眼を持つ一層の平面的分布を示す”と記載している。更に、当時としては画期的な技術と写真撮影法を駆使して見事な結果を報告した Swindle¹⁹⁾ (1935) も、係蹄状毛細血管については触れていない。このように、鼻粘膜の毛細血管構築様式については、現在も研究者の観察結果の間に相違点があり、皮膚等に比して動物間の組織学的差異が顕著である可能性や観察方法の相違等による影響を十分に考慮する必要があるであろう。

今回、著者らの用いた方法は、村上の報告したメチルメタクリレート還流による鑄型作製法であり、この方法では、家兎の前鼻甲介粘膜に明らかに2種の毛細血管分布像が存在し、特に外気に最も触れ易い甲介の隆起部に限局性に係蹄状毛細血管の密集帯を観察することができた。急角度上昇を示す典型的な係蹄状毛細血管については、山田¹⁴⁾ (1958) が皮膚において観察したものと類似し、“ヘアピンカーブ状”、“波状”“らせん状”等の千変万化の曲線を示し、Y字状に分岐するものもあったが、特に今回の観察で初めて明らかにされた知見として、

迂曲する毛細血管群は、その全行程の数個所（特に曲部）において、しばしば捻転することが確認された。この様な三次元的変化は、従来の色素注入法による平面的観察では把握し難く、鋳型作製後に走査電子顕微鏡で拡大し、立体的に観察を行って初めて得られたというのも当然のことかもしれない。

以上の様な解剖学的特徴を持つ係蹄状毛細血管の密集帯では、壁抵抗の増大によって血流が著じるしく遅滞することが想像され、ひとつには多量の血液を末梢に滞留させることになり、ふたつには外気との接触時間を延長することに

なるであろう。このことは、血管が分枝するたびに全体としての管の直径が増加し、末梢毛細血管の部位において最大となることを考え合わせると、水平分布に比して垂直分布をする係蹄状毛細血管群は、鼻粘膜の生理的機能としての加温・加湿能に、より合目的性を持った構築様式であるということが出来る。特に、係蹄状毛細血管群が、最も外気と接触し易い前鼻甲介の隆起部粘膜上皮層下に特異的に見出された事実も、“局所の機能に合致した血管分布”という推察を裏付けるに十分であろう。

ま と め

1. メチルメタクリル樹脂還流法を用いて、家兎前鼻甲介の血管構築鋳型を作製し、日立—明石 MSM-Ⅱ型並びに日本電子 JSM P-15型走査電子顕微鏡で観察した。
2. 家兎の前鼻甲介は、矢状方向に走る隆起部と溝部が交互に並列する構造を示す。
3. 隆起部と溝部の末梢毛細血管網の構築様式は異なり、前者には、垂直方向に立上る係蹄状毛細血管群が存在しているのに反して、後者には、平凡な平面的毛細血管網が広く分布していた。
4. 係蹄状毛細血管は、細動脈から分岐後、垂直方向に急角度を描いて立上り、頂点に達すると、いわゆる“ヘアピンカーブ”状に急回転し下降するものが多いが、その走行様式は極めて多様で、“波状”、“らせん状”“水平移行横滑り状”等、千変万化の曲線を示した。又、しばしば、分枝吻合像も認めた。
5. 今回の観察で得られた新知見として、上記の曲線に加えて、立体的な“ねじれ”の要素があることが確認された。この様な、三次元的変化をとらえるには、本実験で用いた方法が最もすぐれていると考える。
6. 上記の様な解剖学的特徴を持つ係蹄状毛細血管領域では、壁抵抗の増大等による血流遅滞が予想され、その結果としてより多量の血液を粘膜表面に近い部位に滞留させることになるであろう。この様な現象は、鼻粘膜の生理的機能である、加温・加湿能により合目的性を持っていると考える。

謝辞：渡辺勝男氏の写真に関する技術的協力に深謝する。

本論文の要旨は、第76回日耳鼻総会並びに第14回日本鼻副鼻腔学会に於いて発表した。

文 献

- 1) Zuckerkandl, E.: Die Schwellgewebe der Nasenschleimhaut und dessen Beziehungen zum Respirationsspalt. Wiener Medizinische Wochenschrift, 38: 1121—1125, 1884.
- 2) Zuckerkandl, E.: Über den Circulations-Apparat in der Nasenschleimhaut. Denkschrift—ten der Akademie der Wissenschaften, 49: 121—152, 1885.
- 3) 佐藤保信：耳鼻咽喉科領域における微細血管分布の研究。3. 鼻腔壁における所見，東京慈大誌 66: 175—178, 1951.
- 4) Takasaka, T.: Fine structure of the infiltr—

- rative cells in the lamina propria of the human nasal mucosa in allergy. *Tohoku J. exp. Med.*, 105: 281—299, 1971.
- 5) 高坂知節, 他: アレルギー鼻粘膜上皮層の電子顕微鏡的観察, *耳鼻臨床* 8: 999—1016, 1972.
 - 6) Takasaka, T. et al.: Human mast cells in the allergic nasal mucosa. *Tohoku J. exp. Med.*, 110: 247—261, 1973.
 - 7) 高坂知節, 他: 鼻粘膜毛細血管の微細構造とその透過性, *耳鼻* 20: 221—233, 1974.
 - 8) Murakami, T.: Application of the scanning electron microscope to the study of the fine distribution of the blood vessels. *Arch. histol. jap.*, 32: 445—454, 1971.
 - 9) Murakami, T. et al.: Glomerular vessels of the rat kidney with special reference to double efferent arterioles. A scanning electron microscope study of corrosion casts. *Arch. histol. jap.*, 33: 179—198, 1971.
 - 10) 小川義雄: 生理学大系 III 循環の生理学, 医学書院, 1969.
 - 11) Burnham, H. H.: An anatomical investigation of blood vessels of the lateral nasal wall and their relation to turbinates and sinuses, *J. Laryng. Otol*, 50: 569—593, 1935.
 - 12) Spalteholz, W.: Blutgefäße der Haut. *Handbuch der Haut und Geschlechts Krankheiten*. Vol. 1, Part 1, 379—386, 1927.
 - 13) 西丸和義, 他: 皮膚並びに皮下組織における微細血管分布の研究. *日新医学* 34: 242—243, 1947
 - 14) 山田泰夫: 人皮膚における微細血管分布の研究, *横浜市大紀要* 83: 1—28, 1958.
 - 15) 佐藤保信: 耳鼻咽喉科領域における微細血管分布の研究, 1. 内耳における所見, *東京慈大誌* 66: 167—171, 1951.
 - 15) 佐藤保信: 耳鼻咽喉科領域における微細血管分布の研究. 2. 中耳における所見. *東京慈大誌* 66: 172—174, 1951.
 - 17) 佐藤保信: 耳鼻咽喉科領域における微細血管分布の研究. 5. 咽頭粘膜における所見. *東京慈恵大誌* 66: 182—184, 1951.
 - 18) 佐藤保信: 耳鼻咽喉科領域における微細血管分布の研究. 4. 舌粘膜における所見. *東京慈恵大誌* 66: 179—181, 1951.
 - 19) Swindle, P. F.: The architecture of the blood vascular networks in the erectile and secretory lining of the nasal passages. *Ann. Otol*, 44: 913—932, 1935.

原稿到着: 昭和50年12月5日

別刷請求先: 高坂知節

〒980 仙台市星陵町1の1

東北大学医学部耳鼻咽喉科学教室