ヤツメウナギの口腔粘膜上皮および角質歯表面 におけるマイクロリッジ

上 原 清 子

福岡歯科大学口腔解剖学第一講座（主任：三好作一郎教授）

〔受付：昭和56年7月25日〕

Microridges on the oral mucosal epithelium and the horny teeth of the lamprey, *Entosphenus japonicus*.

Kiyoko Uehara

*The First Department of Oral Anatomy, Fukuoka Dental College,
700 Ooaza-Ta, Nishi-Ku, Fukuoka 814-01
(Chief: Prof. Sakuichiro Miyoshi)*

[Accepted for publication July 25, 1981]

Key words: microridges/oral mucosal epithelium/lamprey/SEM/TEM

Abstract: The surface cytoarchitectures, named microridges, on the oral mucosal epithelium and horny teeth of the lamprey were investigated by scanning and transmission electron microscopy.

When examined with the scanning electron microscope, most of the microridges on the mucosal epithelium near the pharynx were small knob-like projections. Occasionally, they were short threads composed of a few of these projections. In the center among the horny teeth, the microridges were knob-like projections, gathered and arranged to form a rough hexagonal network. On the mucosal epithelium, a little near the horny teeth, the microridges were thread-like and formed a network. At the base of the horny teeth, the microridges were thread-like and formed a dense network. At the middle of the horny teeth, the microridges were wide and flattened so that the spaces between the ridges appeared to be micropores. At the apex of the horny teeth, the microridges became wider and more thickened and "the micropores" became smaller.

A vertical cross section of the mucosal epithelium was examined by transmission electron microscopy. The thread-like microridges were found to be composed of several knob-like projections, or microridges fused together. The knob-like and short thread-like ridges had a few projections on their lateral surfaces. The thread-like ridges that formed the networks had a few knob-like projections on the top surface. The microridges had a glycocalyx on the outer leaflet of the plasma membrane, and the cytoplasm contained plenty of filaments.

From these findings, the formation and the function of the microridges were discussed.

緒 言

脊椎動物における重層扁平上皮の自由表面には
福岡市西区大字田 700 (〒 814-01)

マイクロリッジと呼ばれる細胞質隆起が存在する。従来、これは、切片像のみで観察されていたため微絨毛として扱われてきた。しかし、走査型電子顕微鏡の発達に伴ない、この隆起は微絨毛と

は異なり、自由表面で連なり帯状に広がる隆起で、隆起の描く模様は動物の類および種によって異なることがわかってきた¹⁻⁶⁾。しかしながら、マイクロリッジの形成過程や機能についてはまだほとんど解明されていない⁷⁻⁹⁾。

ヤツメウナギは、脊椎動物で最も下等とされ、口腔には重層扁平上皮の一部が角質化してできた角質歯をもつ^{10,11)}。そこで、ヤツメウナギの口腔粘膜上皮と角質歯におけるマイクロリッジの形態を、主に走査型電子顕微鏡を用いて調べた。得られた結果から、マイクロリッジの形成過程および機能について検討した。

材料と方法

成育した体長約60cmのヤツメウナギ、*Entosphenus japonicus* を材料として使用した。まず、3%グルタルアルデヒド (0.1M カコジル酸緩衝液 pH 7.4) で灌流固定し、次に切り出した組織片を同固定液で浸潤固定した。

光学顕微鏡用として、固定された試料の一部を水洗、エタノール系列で脱水、セロイジン包埋後、切片を作成し、ヘマトキシリン・エオシンの重染色を施した。

走査型電子顕微鏡用として、試料を緩衝液で洗い2%オスミック酸で後固定、エタノール系列で脱水、酢酸イソアミルで置換後、液体二酸化炭素で臨界点乾燥を行ない、イオンスパッタリング装置で金蒸着、JSM-50AおよびJSM T-20で観察した。

さらに、透過型電子顕微鏡用としては、試料を細切し、緩衝液で洗い2%オスミック酸で後固定し、2%酢酸ウランでブロック染色エタノール系列で脱水、エポン包埋、次いで試料を薄切し、酢酸ウラン、酢酸鉛で二重染色した後、JEM-100Bで観察した。

所 見

肉眼および光顕観察 (図1, 2)

ヤツメウナギの口裂は頭部腹側にあり、口腔は漏斗状である。口腔内には上口歯、下口歯、上唇歯、下唇歯、側歯、周縁歯と呼ばれる大小6種の角質歯がある。これらは図2のごとく粘膜上皮の

一部が角質化してできたものである。上皮は重層扁平上皮で、咽頭から口唇にむかうにつれて厚くなっている。

走査型電顕観察

咽頭粘膜上皮から角質歯先端にかけてマイクロリッジは次第に変化しており、咽頭に近い部位、角質歯に近い部位、角質歯のほぼ三カ所に分けられる。

1. 咽頭に近い部位の粘膜表面

咽頭近くにおける上皮の自由表面の大部分は単突起状のマイクロリッジで覆われている。所々で2~3コあるいは5~6コの突起が相連なって帯状になっている。細胞境界は膨らんで一本の畦のようになっており、その上にも単突起状マイクロリッジがみられる (図3)。前方にゆくにつれてマイクロリッジは密になる。

2. 角質歯に近い部位の粘膜表面

角質歯間中央部から角質歯近くにかけて、マイクロリッジは次のように変化している。上口唇歯間の中央部の粘膜表面では、マイクロリッジは単突起状であるが、密で網目状に集列している (図4)。角質歯に近づくとマイクロリッジは帯状で、網目を形成している (図5)。

さらに、角質歯基底部位近くの上皮は波状の凸凹が多く見られ、個々の細胞の接合は離れている。波状の凸部と凹部の粘膜表面ではマイクロリッジの形態は異なる。凸部では、マイクロリッジは帯状で、大小の不規則な粗い網目である。また、先端から二次突起が数多くでている (図6, **印)。凹部では、マイクロリッジは単突起状あるいは短い帯状で、疎な部分と密な部分がある (図6, *印)。

3. 角質歯表面

角質歯表面のマイクロリッジは帯状で、網目を形成している。基部では不定形な網目で、マイクロリッジ間の空間は広い。所々でマイクロリッジは膨らんで大きくなり、その空間は狭くなっている。二次突起は少ないがみられる。細胞境界には太くて長いマイクロリッジがある (図7)。先端にむかうにつれてマイクロリッジは幅広く平坦になっている。したがって、マイクロリッジ間の空間は狭くなり、微小な穴になっている (図8—中間

部、図9—先端部)。二次突起は次第に消失し、先端部ではみられない。また、先端部では先端・基底方向に長いマイクロリッジがみられる(図9←→印)。細胞境界は中間部では細い溝として見え、先端部では溝は浅くなっている。

透過型電顕観察

咽頭に近い部位と角質歯間の中央部の自由表面細胞を縦断した超薄切片像(図10a, b)を観察すると、単突起状のもの(図10a, b; P)、帯状のもの(図10a, b; T)および2~3の突起が癒合し不定形を示すもの(図10a; F)がみられる。単突起のものと2、3の突起が癒合したものでは側方に(図10a, b; 矢印)、帯状のものでは自由表面方向に(図10b; 矢頭)二次突起を出しているものがある。マイクロリッジおよびその基底部の細胞質には電子密度の高い微細な線維が含まれている。また、自由表面における細胞の形質膜には糖皮がみえる。糖皮はマイクロリッジの先端でよく発達し線維状に分岐して隣接方向にのびている。

考 察

ヤツメウナギは漏斗状口腔で他魚に吸着し、角質歯で筋肉を剥ぎとり血液を吸って生活しているといわれている。このため、角質歯先端は摩擦などの外部からの刺激を最もよく受ける部位であり、咽頭は食物や水などが流れてゆくところで刺激をあまり受けない部位である。このことから、口腔粘膜上皮の咽頭近くから角質歯先端までの自由表面でのマイクロリッジの形態の変化は、外部からの刺激の多少に対応しているように思われる。また、角質歯基底部位近くの粘膜上皮は波状の凸凹が多く、凸部と凹部とでマイクロリッジの形態が異なるものも同様に機械的刺激の多少の差に因ると考えられる。

高木ら(1976)⁸⁾は、マイクロリッジの形態を調べ、分化過程を第Ⅰ型から第Ⅴ型の5段階に分類した。ヤツメウナギの口腔粘膜上皮および角質歯のマイクロリッジの形態は単突起状の第Ⅰ型から帯状の第Ⅱ型へそして網目状の第Ⅴ型へ、または、第Ⅰ型から第Ⅴ型への自由表面上での分化を示している。このことは、マイクロリッジの分化が外部から受ける機械的刺激の量と密接な関係にある

ことを示唆している。単突起状マイクロリッジがどのようにして帯状に移行するかは解明し難いが、側面に突起をもつ単突起状(図10a, b; 矢印)および2~3の突起が癒合したようなマイクロリッジ(図10a; F)はその変化の途上の形態を現わしたもののように思われる。

マイクロリッジは外部からの機械的刺激に対する防御構造であると考えられるが、超薄切片像においてマイクロリッジおよびその基底部には電子密度の高い微細な線維がつまっている。Berierter-Hahn (1971)¹²⁾はグリセリン処理した後マイクロリッジがカルシウム依存性の収縮をおこしたと報告し、また、龍田、三枝(1979)¹³⁾はコイの口腔粘膜においても同様の線維を観察し、サイトカラシンBを作用させるとマイクロリッジが消失することを報告した。更に、Berierter-Hahn ら(1979)⁹⁾は蛍光抗体法によりマイクロリッジの構成要素はアクチン細糸であろうと報告している。これらのことは、マイクロリッジ内の線維はアクチン細糸であることおよびマイクロリッジが運動性をもつ可能性があることを示唆している。更にその他、著者はムツゴロウの歯肉内縁上皮でマイクロリッジが歯の植立方向と直角に並行する像(図11)、アユの口腔粘膜でマイクロリッジが口から咽頭方向、即ち食物や水の流れに平行する像(図12)、コイの口腔粘膜でマイクロリッジ間に粘液が保持されている像(図13)を観察した。これらは、マイクロリッジの機能は機械的刺激に対する補強(Lan-zing and Higginbotham¹⁴⁾1974, Andrews⁵⁾1976)、流れをつくる(Junquerira et al.,¹⁵⁾1970)、粘液の保持と拡散(Hughes and Wright¹⁶⁾1970, Andrews⁵⁾1976, Sperry and Wasserung⁷⁾1976)などの仮説を支持している。また、マイクロリッジの表面には厚い糖皮がある。糖皮は細胞種、細胞面に依り固有な化学性質をもち、細胞認識、細胞接着、膜の透過性などを荷っているといわれている¹⁷⁾。以上のことから、マイクロリッジは機械的刺激に対する防御構造であるだけではなく、より能動的な機能をもつと考えられる。

帯状および網目状マイクロリッジから出た自由表面方向への二次突起は、単突起状マイクロリッジが癒合した時の先端部の残存の様にも考えられ

るが、透過型電顕像(図10b, 矢頭)でわかるように帯状マイクロリッジから更に突出し、単突起状のものよりも高く、癒合時の先端部の残存ではない。更に、二次突起および突起の基底部内にはマイクロリッジ同様、電子密度の高い微細な線維が含まれている。これらのことから、この二次突起はマイクロリッジから出た単突起状マイクロリッジであると考えられる。Olson and Formann¹⁸⁾ (1973) や Harding ら¹⁹⁾ (1974) はマイクロリッジはガス交換、物質透過などのために細胞表面を増加する能率化構造であろうと述べているが、マイクロリッジから更にマイクロリッジを形成することで、細胞表面は更に増加し、これらの能率を

更によくすると考えられる。

結 論

ヤツメウナギの口腔粘膜上皮の自由表面に存在するマイクロリッジを走査型および透過型電子顕微鏡を用いて観察した。その結果、マイクロリッジの構造は、咽頭粘膜上皮から角質歯先端にかけて単突起状から帯状に、さらに網目状へと連続的に変化していることがわかった。

謝 辞

本研究の一部は、文部省科学研究費、昭和55年度奨励研究A577035の補助による。

抄録：重層扁平上皮の自由表面には、マイクロリッジと呼ばれる細胞質隆起がある。マイクロリッジの形成過程および機質について検討するため、ヤツメウナギの口腔粘膜上皮および角質歯の自由表面におけるマイクロリッジの形態を走査型および透過型電子顕微鏡を用いて観察し、次の結果を得た。1) 咽頭近くの粘膜表面では単突起状マイクロリッジが多く、所々で帯状のものがみられた。前方にゆくにつれて徐々に密になっていた。2) 角膜歯間の中央部の粘膜表面では単突起状マイクロリッジが網目状に集列していた。3) 角膜歯基部近くの粘膜表面では帯状マイクロリッジが網目を形成していた。4) 角質歯表面ではマイクロリッジは網目状で、先端ほど幅広く平坦になっていた。5) 側面および自由表面方向に二次突起をもつマイクロリッジがみられた。これらの結果から、形成過程および機能について検討した。

参 考 文 献

- 1) WHITTAKER, D. K. and ADAMS, D.: The surface layer of human foetal skin and oral mucosa: A study by scanning and transmission electron microscopy. *J. Anat.*, **108**: 453-464, 1971.
- 2) FAHRENCZY, A. and RICHARD, R. M.: Scanning electron microscopy of the cervical transformation zone. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, **115**: 151-157, 1973.
- 3) HAWKES, J. W.: The structure of skin. General organization. *Cell Tiss. Res.*, **149**: 147-158, 1974.
- 4) FAHRENBACH, W. H. and KNUTSON, D. D.: Surface adaptations of the vertebrate epidermis to friction. *J. Invest. Dermatol.*, **65**: 39-44, 1975.
- 5) ANDREWS, P. M.: Micropricæ: Characteristic ridge-like folds of the plasmalemma. *J. Cell Biol.*, **68**: 420-429, 1976.
- 6) ARVIDSON, K.: Scanning electron microscopy of fungiform papillae on the tongue of man and monkey. *Acta. Otolaryngol.*, **81**: 496-502, 1976.
- 7) SPERRY, D. G. and WASSERUNG, R. J.: A proposed function for microridges on epithelial cells. *Anat. Rec.*, **185**: 253-258, 1976.
- 8) 高木知道, 斎藤 博, 安蘇規子: 微小堤の分化機構, ヒトの舌の上皮細胞表面形態の走査型電子顕微鏡による観察. 歯基礎誌, **18**: 418-434, 1976.
- 9) BEREITER-HAHN, J., OSBORN, M., WEBER, K. and VOTH, M.: Filament organization and formation of microridges at the surface of fish epidermis. *J. Ultrastruct. Res.*, **69**: 316-330, 1979.
- 10) GREGORY, W. K.: Face from Fish to Man, G. P. Putnam's Sons, New York, 1929. 次記より引用, 三枝 博, 日高秀子, 藤 英俊: スナヤツメの歯について. 福歯大誌, **4**: 329-336, 1977.
- 11) SOGNAES, R. F. and LUSTIG, L.: Histochemical reaction of the lamprey mouth. *J. Dent. Res.*, **34**: 132-142, 1955.
- 12) BEREITER-HAHN, J.: Licht-und elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Funktion von Fishen. *Cytobiologie*, **4**: 73-102, 1971.

- 13) 龍田清子, 三枝 博: 魚類・円口類の口腔粘膜上皮における microridges の微細構造. 解剖学雑誌, 54: 177-178, 1979.
- 14) LANZING, W. J. R. and HIGGINBOTHAM, D. R.: Scanning electron microscopy of surface structure of *Tilapia mossambica* (Peters) scales. *J. Fish Biol.*, 6: 307-310, 1974.
- 15) JUNQUERIA, L. C. U., TOLODO, A. M. S. and PORTER, R. K.: Observation on the structure of the skin of the teleost *Fundulus heteroclitus* (L). *Arch. histo. jap.*, 32: 1-15, 1970.
- 16) HUGES, G. M. and WRIGHT D. E.: A comparative study of the water-blood pathway in secondary lamellae of teleost and elasmobranch fishes-benthic forms. *Z. Zellforsch.*, 104: 478-493, 1970.
- 17) COOK, G. M. W. and STODART, R. W.: (監訳者 内海耕健) 細胞表面の糖質と機能, 追補版, 257-270, 学会出版センター, 東京, 1978.
- 18) OLSON, K. R. and FROMM, P. O.: A scanning electron microscopic study of secondary lamellae and chloride cells of rainbow trout (*Salmo gairdnei*). *Z. Zellforsch.*, 143: 439-449, 1973.
- 19) HARDING, C. V., BAGCHI, M., WEINSIEDER, A. and PETER, V.: A comparative study of coeneal epithelial cell surface utilizing the scanning electron microscope. *Invest. Ophthalmol.*, 13: 906-912, 1974.

Exaplanation of Figures

Fig. 1, 3-9, 11-13 Scanning electron microscopy

Fig. 2 Light microscopy

Fig. 10 Transmission electron microscopy

Fig. 1 A part of the lamprey mouth. The marginal teeth(MT) and the upper labial teeth(UT) are seen. They are appear to put out of the oral mucosal epithelium (Epi). $\times 45$

Fig. 2 Vertical section of the oral mucosal epithelium(Epi) and the horny tooth(T). The horny teeth have the represent horny caps. This horny teeth has the primary (HC1) and the secondary (HC2) horny caps. P : connective tissue papilla. Stained by Hemotoxyline and Eosin. $\times 65$

Fig. 3 Free surface of the mucosal epithelium near the pharynx. Occasionally, the short threads are seen (arrow). The cell boundaries (CB) are swollen. $\times 3,200$

Fig. 4 Free surface of the mucosal epithelium on the center among the horny teeth. The cell boundaries (CB) are swollen. $\times 3,700$

Fig. 5 Free surface of the mucosal epithelium a little far the center among the horny teeth. $\times 3,700$

Fig. 6 Free surface of the mucosal epithelium a little near the horny teeth. The mucosa in this place has crests (***) and toroughs (*). Several knob-like forms are seen on the top of the microridges (arrow). $\times 2,500$

Fig. 7 Free surface of the base of the horny teeth. Occasionally, the microridges are thickened, and the spaces between ridges are narrow (large arrow). Several knob-like forms are seen on the top of the microridges (small arrow). A long and wide microridges are seen on the cell boundaries (CB). $\times 6,200$

Fig. 8 Free surface of the middle of the horny teeth. The cell bouudaries (CB) are thin grooves. $\times 6,200$

Fig. 9 Free surface of the apex of the horny teeth. Occasinally, the microridges are oriented vertically ($\longleftrightarrow$). The cell boundaries (CB) are thin shallow grooves. $\times 6,200$

Fig. 10 Vertical cross section of the mucosal epithelium near the pharynx (Fig. 10a) and the center among the horny teeth (Fig. 10b). The knob-like (P), thread-like (T) and fused (F) microridges are seen. The knob-like and fused ridges have a few projections on their lateral surface (arrow). The thread-like ridges have a few knob-like projections on the top surface (arrow head). Fig. 10a. $\times 14,100$, Fig. 10b. $\times 16,300$

Fig. 11 Vertical cut surface of the tootn (T) and the gum (Epi) of the gobby. The microridges (Mr) run perpendicularly to the tooth standing. $\times 1,800$

Fig. 12 Free surface of the pharynx of the young Ayu. The microridges (Mr) run paralle to the line of the mouth and the pharynx. $\times 2,000$

Fig. 13 Free surface of the oral mucosa of the carp. The mucus droplets (M) anchor on the microridges (Mr). $\times 4,900$