

鲤鳃表面结构扫描电镜研究

郭淑华 王良臣

(南开大学测试计算中心, 天津) (南开大学生物系, 天津)

提 要

鲤的鳃丝表面显示了由三边形—六边形不等的表皮细胞, 呈现出各种图案式的结构。

关键词 鲤, 鳃, 扫描电镜

Reiss (1881)^[10] 最先研究硬骨鱼细微结构。其后 Hughes & Grimetons (1965) 等用透射电子显微镜对鱼鳃的形态作了研究^[1-8, 11], Raibanshi^[9] 在报道异囊鮰鳃表面结构扫描电镜研究时指出大多数鱼类鳃的基本结构明显相似。对鳃的呼吸和离子交换功能已作了不少生理学研究。Wright (1974)^[11] 指出鱼类鳃的许多形态变化与水流以及鱼类的生活习性有关系。作者的研究目的是加强对鳃表面结构的了解, 认识表面结构怎样促使气体交换。

材 料 和 方 法

作者选用鲤作材料, 因为是具有代表性的淡水鱼类。取本地活鲤, 剪下鱼鳃小块, 放入 2.5% 戊二醛中, 4°C 冰箱固定 2 小时。然后于 0.1 mol/L 磷酸缓冲液 (pH 7.4) 中用超声波清洗器振荡半分钟后, 反复冲洗 3 次, 每次 15 分钟。再放入 1% 银酸中固定 1 小时。用 0.1 mol/L 磷酸缓冲液 (pH 7.4) 冲洗 3 次, 每次 15 分钟。用 50—100% 乙醇逐级脱水, 醋酸异戊酯置换, 常规临界点干燥, 离子镀膜, 最后用 SEM 在 20 Kv 下观察并照相。

结 果

(一) 鳃的解剖

鲤鳃的基本结构与其它硬骨鱼鳃的结构相似 (图 1, 2)^[1]。每一鳃弓上有两片鳃瓣又有许多鳃丝连续排列而成, 鳃丝上有数量很多的鳃小片重叠排列而成, 鳃小片是呼吸功能的基本结构单位, 每个鳃小片上都有入鳃和出鳃血管, 其血液流动方向与水流方向相反, 血液与水之间进行的交换就在鳃小片中进行。

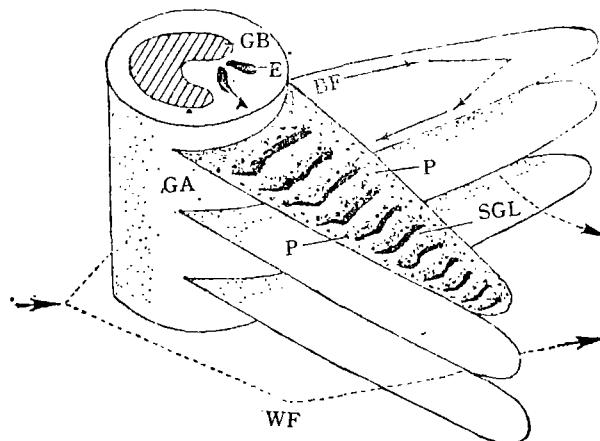


图1 具有两排鳃丝的单个鳃弓图解,示水和血液的流径

A, 入鳃动脉; BF, 血液流径; E, 出鳃动脉; GA, 鳃弓; GB, 鳃弓骨;
P, 小坑; SGL, 鳃小片; WF, 水流径

Fig. 1 Diagram of a single gill arch with two rows of filaments showing water and blood pathways

A, afferent branchial artery; BF, blood flow, E, efferent branchial artery; GA, gill arch; GB, gill bar; P, micropits; SGL, secondary gill lamella; WF, water flow

(二) 鳃表面结构电镜扫描

鳃丝的表面显示了由三边形—六边形不等的表皮细胞，呈现出各种图案式的结构。

1. 鳃弓表面结构

在鳃弓表层由环形隆嵴组成的三边形,四边形,五边形,六边形等不同形状的图案,其间散布着如同花朵一样的蓄丘。

环形隆嵴是由隆嵴环绕而成,上述不同形状的图案,隆嵴之间有间隙,形成环形沟。最大的环形图案长 $9.2\text{ }\mu\text{m}$ 宽 $6.8\text{ }\mu\text{m}$,小者长 $5.9\text{ }\mu\text{m}$ 宽 $4.5\text{ }\mu\text{m}$ 。在图案之间还有不同大小,不同形状的凹陷,大者直径为 $0.9\text{ }\mu\text{m}$ 小者为 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 。蓄丘形状象只花朵,花瓣形状的片数枚,中央如同花心(图版 I:1、2)。蓄丘在鳃弓表面分布密度 0.08 个/mm^2 。

2. 鳃丝及鳃小片表面结构

鳃丝表面与鳃弓一样,上表皮细胞呈现出环形隆嵴环绕成的图案。其大小与鳃弓上的一样,形状也相同。在图案之间散有与鳃弓上的蓄丘不同的结构,其上具有菊花样的盘状丛,具有多层次不齐的齿状突起。盘的直径为 $3.6\text{ }\mu\text{m}$ 左右。这种结构可能具有分泌作用,有利于捕捉食物(图版 I:3、4)。

鳃小片表面结构与鳃丝表面结构不同,鳃小片上皮细胞多为六边形,从每一鳃小片来看都是边缘稍厚,向内表面凹陷。每个上皮细胞也不是平坦的而是高低不平。鳃小片一般由鳃丝的基部向端部逐渐变小,长 $62\text{--}25\text{ }\mu\text{m}$ 宽 $55.4\text{--}29\text{ }\mu\text{m}$,鳃小片侧面宽一般为

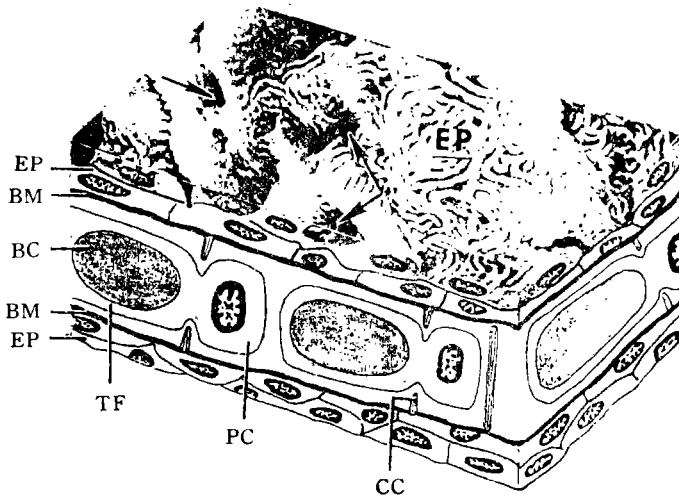


图 2 鳃小片立体示意图

EP, 上皮表面有凹陷, 小坑(箭头所示)在切面观中(黑色面积)示它们的深度。BC, 血管; BM, 基膜; CC, 胶原柱; PC, 柱细胞; TF, 柱细胞的薄凸缘

Fig. 2 Semidiagrammatic representation of the structure of secondary gill lamella

EP, from a gill filament showing surface and sectional views Note the indentations on the surface of the epithelium, micropits (arrows) show their depth in sectional view (dark areas); BC, blood channel; BM, basement membrane; CC, collagen column; PC, pillar cell; TF, thin flanges of pillar cell

3.6 μm 左右, 片间距为 5.4—4 μm (图版 I:5)。鳃小片侧面上皮细胞多是六边形, 表面多为凹凸状, 有的凹陷很深, 呈小坑状, 有的呈深沟状。两相邻表皮细胞紧密相连呈楞, 在表皮细胞表面上还有不大清晰的小棘(图版 I:6)。鳃小片两表皮细胞为不规则的长形,(长 21—5.6 μm , 宽 5.4—1.8 μm), 多为凹凸不平, 其上有明显的长形隆嵴, 长短不一, 在表皮细胞之间也有形状不同、大小各异的小洞和缝隙, 小洞明显向内伸入。小洞直径 0.6—1.8 μm 不等。这些特征对气体交换都有极为重要的作用(图版 I:7)。

3. 鳃耙表面结构

内侧与外侧有所差异(图版 II, 8)。外侧表皮细胞与鳃弓和鳃丝上的表皮细胞相同, 由环形隆嵴环绕而成, 近似六边形的环形刻纹图案, 在隆嵴之间是狭长的缝隙。在环形刻纹之间有较大的间隙, 多呈三角形。环形刻纹图案长 10.4—3.6 μm 间隙长 1.32—1.2 μm 。在隆嵴上有小齿, 平均不足 0.3 个/ μm (图版 II:8, 9)。鳃耙内侧有丘突, 共 5 对, 由鳃耙基部内侧向端部以两行排列。每一丘突上有 10—15 个乳突(图版 II:8)。每个乳突中央有菊花状的盘状丛, 盘状丛中有无数的齿状突。在盘状丛四周乳突表面的上皮细胞表面也是环形刻纹组成的图式。图案长一般为 4.8—2.4 μm , 是鳃弓鳃丝表面图案长度的 1/2 左右(图版 II:10)。乳突中央的盘状丛在放大后看到其内为棘突, 有两种, 一种是大而长的齿, 长型齿向端部逐渐变细; 另一种是短齿, 都围绕着长齿。其长度不足长齿的 1/3。

环形隆嵴均带有排列整齐的小棘，其密度平均为 $5.6\text{个}/\mu\text{m}$ ，较鳃弓和鳃丝表面上的隆嵴上的小棘密度大的多，约为它的19倍(图版II:11)。乳突上的盘状丛有分泌作用，长齿还能活动，这对腮耙捕捉食物有益。

讨 论

鱼类气体交换是通过鳃的表面承担。这是因为鳃具有持众多鳃小片的鳃丝，形成极大的适于气体交换的表面积。一般来说活跃鱼类与缓慢活动鱼类的鳃表面有极大的不同，其面积大小与鱼类的大小也有差异。

鲤的鳃表面结构与其它鱼类基本相似，表面都具有环形隆嵴、沟、缝、坑等结构。鲤与其它鱼类不同之处，在于鳃弓和鳃间隔基部表面上有分布均等的尤如花蕾样的蕾丘。与Wright (1974)^[11]报道的肺鱼中的胞饮囊相似，这种结构可能具有梯度渗透作用。而Raibanshi 1977^[9]在异囊鮈(*Heteropneustes Fossilis*)中没有提到这种结构。

在鳃丝间隔上有尤如菊花样的盘状丛，这种结构没有报道过，盘状丛可能是环形隆嵴的变形，能扩大与水的接触面积，可能更有利于水分子的附着。

鲤的鳃小片总的格局与基本模式与其它已报道的鱼鳃小片相似。均由近似六边形的上皮细胞构成，其形成的表面都是凹凸不平，并有沟、坑、缝等特点。但鲤鳃小片所具花纹是点状棘，而不是环形隆嵴。其侧面与正面的上皮细胞各异。侧面上皮细胞较大，点状棘稀少，正面上皮细胞较小，多为长形，上面有稠密的棘，棘为多种形状，有长形、点状及弯曲形。在乳状突的中央有菊花状盘状丛，其内有大小不同的棘状突。这种结构与鳃间隔表面上的盘状丛相似，其与鳃间隔上的盘状丛可能有不同的机能。这种长短不一的棘状突能摆动，可能有利于食物的捕捉。这是在异囊鮈上见不到的^[9]。

鲤的鳃丝、鳃小片等表面结构具有以下特点、功能：

(1) 鳃上皮表面的凹陷或突出，能促进水分子的机械附着力，能促进从血液中呼吸空气的扩散活动，也就是促使空气穿过上皮基膜及柱细胞凸缘。

(2) 鳃小片表面上的小坑、缝隙、间隙、沟、隆嵴等均为上表皮的折皱形成，其余上表皮变薄，以此增加了鳃的表面积，提高了气体交换效率。

(3) 鳃间隔上皮表面的盘状丛增强了水分子的附着力，促进了扩散能力。

(4) 鲤是缓水定居性鱼类，其鳃小片的数量和面积均远低于快游的远洋性鱼类。如鲭和油鲱鳃小片的数量和面积均为鲤等鱼类的5倍以上(Raibanshi (1977))^[9]。鳃小片的表面结构适合气体交换活动，在其上皮细胞表面沟大量线粒体集中，溶质的转送发生在这种沟的端部并有结合水离子的特性^[11]。这种沟可能有两种：①液体流出开口，建立起输送溶质的梯度运送作用；②液体流入开口，建立了相反的梯度，吸收溶质进入细胞(Wright 1974)^[11]。

本研究揭示了鲤鳃的表面结构功能，可供更深入研究鱼类的呼吸生理作参考。

参 考 文 献

[11] Bettex-Galland, M. & Hughes, G. M., 1973. Contractile filamentous material in the pillar cells of fish gills.

- J. Cell Sci.*, **13**(3): 359—370.
- [2] Hughes, G. M. & Grimstone, A. V., 1965. The fine structure of the secondary lamellae of the gills of *Gadus pollachius*. *Q. J. micr. Sci.*, **106**(3): 343—353.
- [3] Hughes, G. M. & Wright, D. E., 1970. A comparative study of the water/blood pathway in the secondary lamellae of teleost and elasmobranch fishes-benthic forms. *Z. Zellforsch* **104**: 478—493.
- [4] Morgan, M., 1974a. The development of the gill arches and gill blood vessels of the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *J. Morph.*, **142** (3): 351—364.
- [5] Morgan, M., 1974b. Development of secondary lamellae of the gills of the trout, *Salmo gairdneri* (Richardson). *Cell Tiss. Res.*, **151**(3): 509—523.
- [6] Morgan, M. & Tovell, P. W. A., 1973. The structure of the gill of the trout, *Salmo gairdneri* (Richardson). *Z. zellforsch.*, **142**: 147—162.
- [7] Munshi, J. S. D. & Singh, B. N., 1968. On the microcirculatory system of the gills of certain freshwater teleostean fishes. *J. Zool. Lond.*, **154**(3): 365—376.
- [8] Newstead, J. D. 1967. Eine structure of respiratory lamellae of teleostean gills. *Z. Zellforsch.*, **79**: 396—428.
- [9] Raibanshi V. K., 1977. The architecture of the gill surface of the catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch): SEM study. *J. Fish Biol.*, **10**(4): 325—329.
- [10] Reiss, J. A. 1881. Der Bau der Kiemenblätter bei den Knochenfischen. *Arch. Naturgesch.*, **47**(6): 518—550.
- [11] Wright, D. E. 1974. Morphology of the gill epithelium of the lungfish, *Lepidosiren paradoxa*. *Cell Tiss. Res.*, **153**(2): 356—381.

A SCANNING ELECTRON MICROSCOPICAL STUDY OF THE GILL SURFACE OF THE COMMON CARP, *CYPRINUS CARPIO*

Guo Shuhua

(*Test and Computation Centre, Nankai University, Tianjin*)

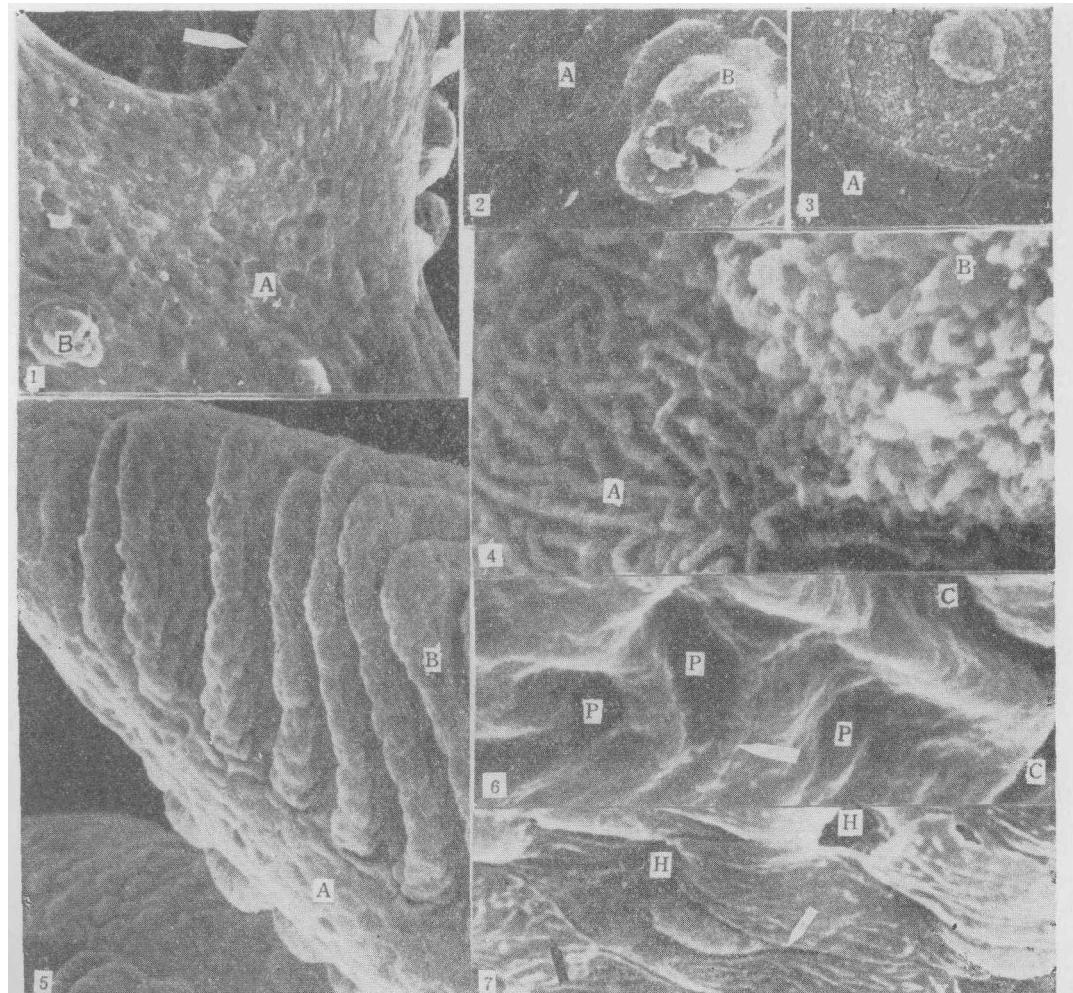
Wang Liangchen

(*Department of Biology, Nankai University, Tianjin*)

Abstract

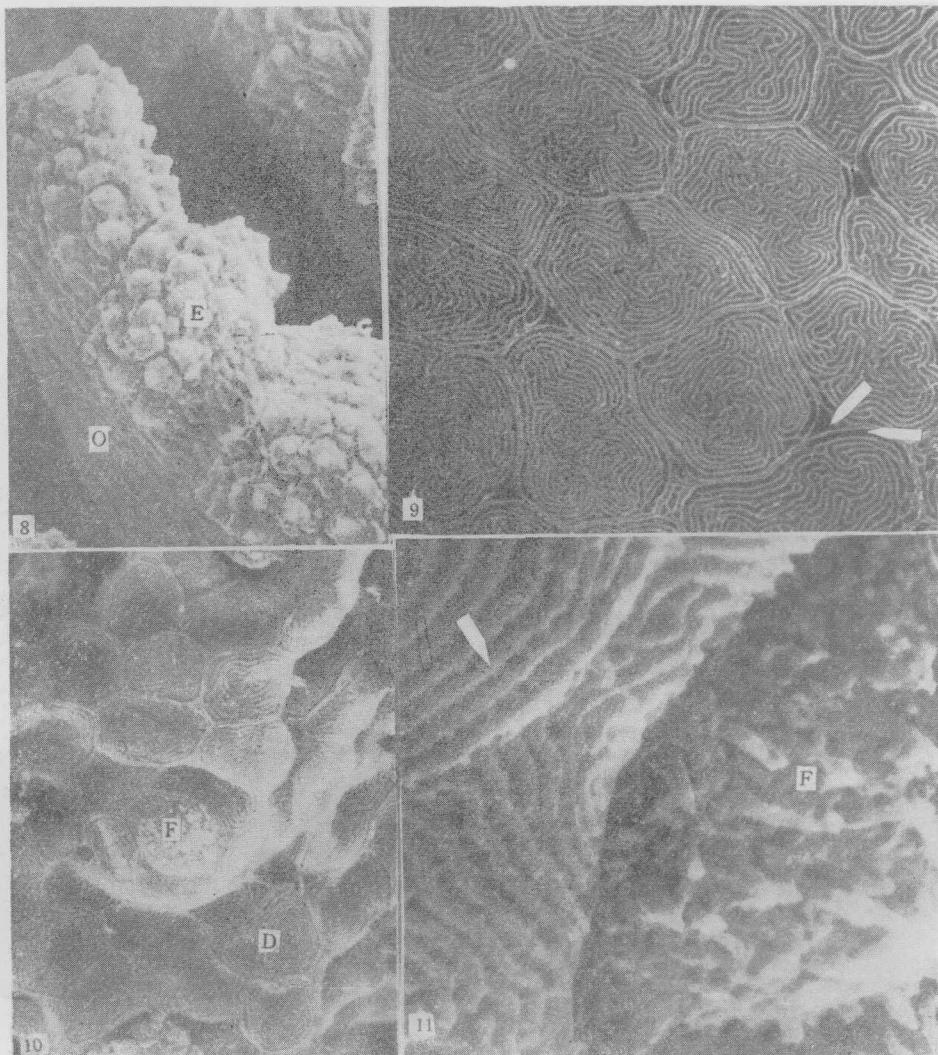
The result of scanning electron microscopical examination of the gill of *Cyprinus carpio* is described. The external structures of the gill filaments and the gill lamellae showed the presence of various features such as indentations, micropits and crevices. The possible functions of these morphological characteristics in relation to physiology of fish gill are discussed.

Key words Carp, gill, Scanning electron microscopy



1. 鳃弓表面观: A. 鳃弓表面上表皮的环形隆嵴; B. 鳃弓表面上的蓄丘;白色箭头示鳃丝。 $\times 300$; 2. 鳃弓表面放大: A. 环形隆嵴; B. 鳃弓表面的蓄丘。 $\times 800$; 3. 鳃丝表面结构: A. 鳃丝表面环形刻纹; B. 菊花盘状丛。 $\times 1500$; 4. 鳃丝表面局部放大: A. 环形刻纹放大; B. 盘状丛放大。 $\times 10\,000$; 5. 鳃丝上的鳃小片: A. 鳃丝, B. 鳃小片。 $\times 500$; 6. 鳃小片侧面表皮细胞: C. 沟, P. 小坑, 细胞连接(箭头示)。 $\times 5\,000$; 7. 鳃小片表面表皮细胞: 黑箭头示隆嵴; 白箭头示缝隙; H. 小洞。 $\times 3\,000$;

1. The surface of the gill arch: A. Annular ridge of the surface of the epithelium of the gill arch, B. Bud-hillock of the surface of the gill arch. White arrow showing gill filament. $\times 300$. 2. The surface of gill arch (enlarged): A. Annular ridge. B. Bud-hillock of surface of the gill arch. $\times 800$; 3. The structure of the surface of the gill filaments: A. The annular carv lines of the surface of gill lamella. B. Chrysanthemum tray thicket $\times 1500$; 4. Part of the surface of the gill filaments (enlarged): A. The annular carv lines. B. The tray thicket $\times 10\,000$; 5. The lamella of the gill filaments: A. Gill filament. B. gill lamella. $\times 500$; 6. The epithelium of the lateral side of the gill lamella. C. Channels P. micropits. Cellular junction (arrow) $\times 5\,000$; 7. The epithelium of the flat side of the gill lamella, dark arrow showing ridges, white arrow showing crevice. H. Small hole. $\times 3\,000$



8. 鳃耙: O. 鳃耙外侧; E. 鳃耙内侧及丘突。 $\times 200$; 9. 鳃耙外侧环形刻纹: 黑色箭头示隆嵴白色箭头示缝隙。 $\times 1500$; 10. 鳃耙内侧丘突及乳突; F, 盘状丛 D. 环形嵴。 $\times 1500$; 11. 乳突: F, 盘状丛, 白箭头示嵴齿 $\times 10000$;

8. The gill raker: O. The outside of the gill raker. E. The insideside of the gill raker, with hillocks. $\times 200$; 9. The annular carvings on the outside of the gill raker: Dark arrow showing ridges white arrows showing crevice. $\times 1500$, 10. The hillock and papilla of the gill raker: F. Tray grow thickly, D. The annular ridges. $\times 1500$; 11. Papilla: F. Tray grow thickly, white arrow showing teeth of the ridges. $\times 10000$.