

鲮和鳊鳃丝的扫描电镜比较观察

李加儿^① 刘 匆^{①②} 区又君^① 黄建华^①

(^①中国水产科学研究院南海水产研究所 广州 510300; ^②上海水产大学 上海 200090)

摘要:对鲮(*Mugil cephalus*)和鳊(*Cirrhina molitorella*)的鳃丝表面结构进行了扫描电镜比较观察,结果表明,鲮鳃丝杆状部比鳊粗,鲮鳃小片高度比鳊低;两者鳃丝表面分泌孔孔径和密度不同;鲮和鳊细胞外被不同,鲮细胞外被稀疏,鳊的则致密复杂;鳃小片细胞和鳃丝表皮细胞的表面形态存在差异,文章还描述了鳃丝表皮形态特异的细胞。

关键词:鲮;鳊;鳃丝;扫描电镜

中图分类号:Q954 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3263(2005)04-74-05

Observation of Gill Filaments in Gray Mullet and Mud Carp with Scanning Electronic Microscopy

LI Jia-Er^① LIU Cong^{①②} OU You-Jun^① HUANG Jian-Hua^①

(^①South China Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Guangzhou 510300; ^②Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: The gills of seawater fish Gray Mullet (*Mugil cephalus*) and freshwater fish Mud Carp (*Cirrhina molitorella*) were observed by scanning electronic microscopy. The differences of gill fine structure were found between the two species of fishes. In *C. molitorella*, the shaft of gill filaments is thinner and the gill lamellae are taller than in *M. cephalus*. The number of the secreting holes on the shaft of the gill filaments in *M. cephalus* is much more than that in *C. molitorella*. The morphology of surface cell coat on gill filament shafts in the two species is different, being sparse in gray mullet while being dense and complicated in mud carp. The morphologies the cells on the gill filament shafts and epitheliawere also different. Cells having specific morphology on the epithelial gill lamellae are also described.

Key words: Gray Mullet(*Mugil cephalus*); Mud Carp(*Cirrhina molitorella*); Gill filament; Fine structure

鱼类的鳃作为呼吸以及调节渗透压的重要器官,其生理功能主要在鳃丝上进行^[1]。20世纪60年代以来,国外开始用电镜观察鱼类的鳃丝,并进行了一系列研究^[2-10],Rainbanishi对异囊鲌(*Heteropneustes fossilis*)鳃表面进行了扫描电镜观察并指出,大多数硬骨鱼类鳃的基本结构相似^[11]。80年代以来,国内的研究学者先后对鲤鱼(*Cyprinus carpio*)^[12]、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)^[13]、鲫鱼(*Carassius auratus*)和鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)^[14]、胡子鲇(*Clarias fuscus*)^[15]和苏氏鲃鲌(*Pangasius sutchi*)^[16]的鳃丝进行了亚显微结构的研究。另外,也报道了甲壳

类的日本沼虾(*Macrobrachium nipponensis*)^[17]、中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)^[18]的鳃亚显微结构研究结果。然而,国内尚未见对海水或咸淡水鱼类进行类似的研究报道。

本实验以海水鱼类鲮及淡水鱼类鳊为研究对象,进行扫描电镜观察,比较其两者鳃丝表面的亚显微结构特点,旨在探讨海水鱼类及淡水

基金项目 广东省重大科技兴海项目(No. A20051A03);

第一作者介绍 李加儿,男,研究员;研究方向:水产养殖基础生物学;E-mail:lje001@126.com.

收稿日期:2004-12-27,修回日期:2005-05-14

鱼类鳃丝表面结构的不同与其适应环境的关系。

1 材料与方法

1.1 材料 鲮 (*Mugil cephalus*) 捕自深圳大鹏湾盐田海区, 体长 30 cm, 体重 400 g 左右。鲮 (*Cirrhina molitorella*) 购自广州下渡路鹭江农贸市场, 体长 27 cm, 体重 400 g 左右。均为活体。

1.2 实验方法及步骤 用剪刀剪取第二鳃弓的一小截(含多于 3 条鳃丝)在生理盐水中漂洗, 洗尽血污和粘液, 然后投入预冷的 2.5% 戊二醛固定液中固定, 冷藏保存。用 0.1 mol/L 磷酸缓冲液清洗 3 次, 每次 15 min; 1% 锇酸后固定在 4℃ 冰箱保存 2 h; 0.1 mol/L 磷酸缓冲液清洗 3 次, 每次 15 min; 50% ~ 100% 乙醇逐级脱水后, 用醋酸异戊酯置换, 在常规临界点干燥, 真空离子镀膜, 在 Philips EM400 型扫描电镜下观察。

2 结果

2.1 鳃丝的结构 扫描电镜观察结果表明, 鲮鱼鳃丝杆状部(rod)宽约 300 ~ 400 μm 左右, 厚约 50 ~ 60 μm 。鳃小片露出鳃丝高约 50 ~ 70 μm , 厚度约 5 ~ 6 μm 。鳃小片间距约 33 μm , 1 mm 鳃丝约有 25 ~ 30 鳃小片(图版 I : 1, 6)。鲮鱼鳃丝杆状部厚度约 30 μm , 鳃小片几乎完全露出, 伸展如羽状叶, 鳃小片露出鳃丝高约 130 μm , 厚约 10 ~ 12 μm , 鳃小片间距约 20 μm , 1 mm 鳃丝约有 30 ~ 35 鳃小片(图版 I : 2, 3), 但其鳃丝头由于生长点位于此处, 结构尚未完全分化展开, 杆状部较粗, 约为 200 μm , 鳃小片较密集(图版 I : 3)。

2.2 鳃丝表皮的微细结构 按照 Laurent 的划分^[19] 把鳃小片的表面称为鳃小片表皮, 其余表面统称为鳃丝表皮。

2.2.1 鳃丝表皮扁平细胞 鲮鱼和鲮鱼的鳃丝表皮扁平细胞由于细胞外被形态不同而在电镜下呈现很大差异。鲮的鳃丝表皮扁平细胞外被稀疏, 相对简单、规则, 为呈环形迷宫样的微嵴(图版 I : 4), 而鲮的则非常致密, 要复杂得

多, 其可分为两层, 下层为基底层, 上面一层为微嵴, 呈面条状弯曲盘绕在基底层上(图版 I : 5)。

2.2.2 孔洞 在鲮的鳃丝上皮表面, 分布有大量呈圆形、椭圆形的孔洞, 其密度约为 90 ~ 110 个/0.01 mm^2 , 其孔洞的口径也较大, 约为 2 μm (图版 I : 6), 而鲮则少得多(图版 I : 2), 约为 10 ~ 20 个/0.01 mm^2 , 只有鲮的 1/5 到 1/10, 其孔洞口径由于致密的细胞外被遮盖而小得多, 同时呈现不同的形态, 以三角锥形居多(图版 I : 5)。

2.2.3 鳃丝上形态特异的表皮细胞 鳃丝上存在两种不同形状的细胞: 一种向外突出, 有些凸起如水泡样, 表面光滑, 推测其是尚未开口的粘液细胞(图版 I : 7)。另一种为泌氯细胞, 较低矮, 分布于表皮扁平细胞间隙部分, 表面有许多微绒毛(图版 I : 7, 8)。而鲮鳃丝表皮细胞从表面看没有形态上的分化(图版 I : 9)。

2.2.4 鳃小片细胞和鳃丝表皮细胞的差异 鳃小片细胞和鳃丝表皮细胞在扫描电镜下呈现完全不同的细胞表面形态。鲮鳃丝表皮平坦, 细胞表面呈有规则的扁平状圆形或椭圆形, 上有规则的环形迷宫状花纹的细胞外被, 由于微嵴的环绕, 细胞之间有较明确的界线(图版 I : 4, 9)。而鳃小片表面凹凸不平, 表皮内折、下凹成坑状, 其上遍布楔形、新月形、长条形或各种不规则形状的小坑, 致使鳃小片血管网清晰可见, 似由小坑向外发出许多放射状的嵴状隆起和沟壑。鳃小片细胞间没有明确的界线(图版 I : 10, 11)。鲮鳃小片表面与鲮鳃小片相比较为平坦, 细胞间有明显的界线(图版 I : 7)。

3 讨论

3.1 鲮和鲮的鳃丝与鳃小片结构及功能 鲮和鲮的鳃丝结构大体相似。鲮的鳃丝杆状部较厚, 基本包被住鳃小片, 对鳃小片有良好的保护作用, 但对水流在鳃小片的流动不利。而鲮的羽状叶形鳃丝, 水流较易通过, 但由于杆状部细, 基本上完全裸露的鳃小片得不到保护, 易受损伤, 同时杆状部位细也容易断折。鲮和鲮的鳃丝结构与大多数的硬骨鱼类的鳃丝基本相

似。鲮的鳃丝杆状部较厚,鳃小片突起高度大约是鲮的一半,1 mm 鳃丝上鳃小片的数量鲮小于鲮,如果鳃小片的宽度相同,这意味着鲮的鳃小片的有效呼吸面积要比鲮的小得多,但鲮鳃小片的厚度约是鲮的一半,其鳃小片表皮细胞的凹凸不平,充满坑洞的结构,增大了鳃小片的表面积,使其同水的接触面积增大,同时也增加了对水的阻力,延缓了水流通过时间,从而提高其摄氧效率。而两者具体的呼吸摄氧效率的高低,则有待进一步的实验测定。鲮和鲮鳃丝结构的细微差异可能与其生活环境、生活习性的长期演变相关。

3.2 鲮和鲮的鳃丝表皮细胞结构与功能 鲮和鲮的鳃丝表皮细胞表面由微嵴(microridge)环绕而成迷宫样或其他形状的图案,细胞之间常出现孔洞,这与国内外学者对鳃丝扁平上皮细胞的描述相似^[7,12~16]。郭淑华等认为鲤鳃丝上皮表面的凹陷和突起,能促进水分子的机械附着力,促进从血液中呼吸空气的扩散活动^[12]。邢维贤等认为胡子鲶鳃丝表皮细胞表面的微嵴结构大大增强了细胞表面积,提高了气体交换率^[15]。Laurent 认为鱼类的鳃也许在渗透能力的调节和离子运输中起重要作用^[19]。鲮和鲮的鳃丝扁平上皮细胞外被有很大差异,鲮的鳃丝表皮细胞外被稀疏,细胞膜半裸露。而鲮的则致密复杂,细胞膜无裸露。细胞外被不仅有作为机械屏障的物理隔绝作用,而且对物质有更强的选择吸收功能。这两者的形态差异,可能是由于长期适应不同水体的盐度或溶氧状况演化形成。鲮生活于海水中,盐度大,而溶氧稳定;鲮生活在淡水河流和湖泊中,盐度低,相对于海洋水体溶氧变化较大。由于细胞外被存在分子识别(molecular recognition)、抗原性(antigenicity)、过滤(filtration)、微环境(microenvironment)和酶功能^[20],故鲮的稀疏型细胞外被和鲮的致密型细胞外被在物质运输性能方面可能存在差异,因为无论小分子物质如无机盐、氧气、CO₂、NH₄⁺、H₂S、氨基酸,或大分子如蛋白质等,其跨膜转运受到细胞外被的影响,对自由扩散的小分子物质而言通过薄而稀疏的细胞外被渗透更快、更强。但

对选择性吸收的小分子物质和大分子物质如蛋白质等,其影响机制要复杂得多,细胞外被对物质有更强的选择吸收功能,在外被区域,有更多的选择性吸收形成的胞饮小泡和微胞饮小泡。因此,鲮的致密型细胞外被比鲮的稀疏型细胞外被机械屏障功能和对物质吸收的选择能力更强。

3.3 鲮和鲮鳃丝表面的孔洞 鲮单位面积鳃丝上的孔洞数目远远大于鲮,这些孔洞作为分泌细胞的开口,主要是泌氯细胞和粘液细胞在鳃丝表皮细胞之间的开口。这与黄建华等对海水的鲑点石斑鱼和淡水的大眼鲷的泌氯细胞的观察结果一致,海水的鲑点石斑鱼鳃上的泌氯细胞明显比淡水的大眼鲷的多^[21]。鲮和鲮鳃丝表面的孔洞数目的这种差异,可能与鲮生活于咸水或半咸淡水的生活环境是一种高渗溶液,需要其具有较强的离子代谢能力,以维持体内的渗透压平衡相关。鲮鱼泌氯细胞的表面由密集而纤细的微绒毛构成(图版 I:7,8),这与王志余等对鲢和鲫鱼的泌氯细胞的观察^[14],黄建华等对大眼鲷的泌氯细胞的观察^[21],以及 Laurent 等对淡水鱼泌氯细胞的观察得到的总的结果是一致的^[19]。鲮鳃丝上一种向外突出,有些凸起如水泡样,表面光滑形态特异的表皮细胞,据王志余等^[14]推测,是尚未开口的粘液细胞,当在不良环境刺激下,其中游离表面破裂,短时间内排放出大量粘液,以保护鳃丝。

参 考 文 献

- [1] 孟庆闻,苏锦祥,李婉端. 鱼类比较解剖. 北京:科学出版社,1987,193.
- [2] Bettex-galland M, Hughes G M. Contractile filamentous material in the pillar cells of fish gills. *J Cell Science*, 1973, **13**(3): 359 ~ 370.
- [3] Wright D E. Morphology of the gill epithelium of the lungfish, *Lepidosiren paradoxa*. *Cell Tissue Research*, 1974, **153**(2): 356 ~ 381.
- [4] Newsread J D. Fine structure of respiratory lamellae of teleostean gills. *Z Zellforsch*, 1967, **79**: 396 ~ 428.
- [5] Hughes G M, Grimstone A V. The fine structure of the secondary lamellae of the gills of *Gadus pallachius*. *Q J Mic Sci*, 1965, **106**(3): 343 ~ 353.

- [6] Munshi J S D, Singh B N. On the microcirculatory system of the gills of certain freshwater teleostean fishes. *J Zool Lond*, 1968, **154**(3): 365 ~ 376.
- [7] Hughes G M, Wright D E. A comparative study of the water/blood pathway in the secondary lamellae of teleost and elasmobranch fishes-benthic forms. *Z Zellforsch*, 1970, **104**: 478 ~ 493.
- [8] Morgan M, Tovell P W A. The structure of the gill of the trout, *Salmo gairdneri* (Richardson). *Z Zellforsch*, 1973, **142**: 147 ~ 162.
- [9] Morgan M. The development of the gill arches and gill blood vessels of the rainbow trout, *Salmo gairdneri* (Richardson). *J Morph*, 1974a, **142**(3): 351 ~ 364.
- [10] Morgan M. The development of the secondary lamellae of the gills of the trout, *Salmo gairdneri* (Richardson). *Cell Tissue Research*, 1974b, **151**(3): 509 ~ 523.
- [11] Rajbanshi V K. The architecture of the gill surface of the catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch): SEM study. *J Fish Biol*, 1977, **10**(4): 325 ~ 329.
- [12] 郭淑华, 王良臣. 鲮鳊表面结构扫描电镜研究. 水生生物学报, 1988, **12**(1): 54 ~ 59.
- [13] 韩桢铎, 宋学君, 岳丙宜. 草鱼鳃扫描电镜研究. 南开大学学报, 1992, **15**(2): 12 ~ 17.
- [14] 王志余, 董双林. 鲮鳊鳃丝的扫描电镜观察. 大连水产学院学报, 1990, **5**(2): 69 ~ 73.
- [15] 邢维贤, 安利国, 杨柱文等. 胡子鲇鳃扫描电镜观察. 水产学报, 2000, **24**(2): 101 ~ 103.
- [16] 方展强, 郑文彪, 肖智等. 苏氏鲈鳃超微结构观察. 水产学报, 2001, **25**(6): 489 ~ 491.
- [17] 卢建平. 日本沼虾鳃细胞的超微结构. 东海海洋, 2001, **19**(3): 19 ~ 24.
- [18] 顾志峰, 王文, 杜开河等. 中华绒螯蟹鳃的组织及超微结构. 湖泊科学, 2000, **12**(2): 182 ~ 185.
- [19] Laurent P. Gill internal morphology. In: Hoar W S, Randall D J eds. *Fish Physiology*, Vol. 10A: Gills. New York: Academic Press, 1984, 148 ~ 151.
- [20] 郑国锡编著. 细胞生物学. 北京: 高等教育出版社, 1992, 87.
- [21] 黄建华, 李加儿, 刘匆等. 鲮点石斑鱼和大眼鳊的扫描电镜观察. 动物学研究, 2005, **26**(1): 82 ~ 88.

图 版 说 明

1. 鲮鳊鳃丝及鳃小片 × 220; 2. 鲮鳊鳃丝及鳃小片 × 200; 3. 鲮鳊鳃丝头 × 61; 4. 鲮鳊鳃丝表皮细胞外被形态, 表面为环形微嵴 (microridge) (箭头所指) × 10 000; 5. 鲮鳊鳃丝表皮细胞外被形态, 表面微嵴呈不规则的弯曲盘绕, 箭头所指为孔洞 × 8 000; 6. 鲮鳊鳃丝表面分泌开孔, 箭头所指为孔洞; 黑点处 × 212; 7. 鲮鳊鳃丝表面特殊形态的表皮细胞, 示粘液细胞、泌氯细胞。鳃小片细胞界线清晰 × 2 620; 8. 鲮鳊鳃丝泌氯细胞表面有许多微绒毛 × 8 000; 9. 鲮鳊鳃丝表面超微结构 × 2 500; 10. 鲮鳊小片表面超微结构 × 2 000; 11. 鲮鳊小片细胞表面凹凸不平, 表皮在柱状细胞部位内折、下凹成坑状, 其上遍布楔形、圆形、新月形、长条形或各种不规则形状的小坑 × 10 000。
FL: 鳃丝; SL: 鳃小片; OP: 孔洞; CLC: 氯细胞; MC: 粘液细胞。

Explanation of plate

1. The gill filaments and secondary gill lamellae of *Mugil cephalus* × 220; 2. The gill filaments and secondary gill lamellae of *Cirrhina molitorella* × 200; 3. The head of gill filaments of *Mugil cephalus* × 61; 4. Scanning electron micrograph of the surface of gill filaments of *Mugil cephalus*, showing circular microridge (arrow). The surface of epithelium is highly engraved × 10 000; 5. Scanning electron micrograph of the surface of gill filaments of *Cirrhina molitorella* showing irregular and sinuous writhing microridge. The surface of epithelium is highly engraved. Arrows OP, micropits × 8 000; 6. The orifices of surface architecture of gill filament of *Mugil cephalus* (arrows) × 212; 7. Epithelial gill cell morphology and distribution of *Cirrhina molitorella*, MC: mucous cells; CLC: chloride cells; the surface of secondary gill lamellae showing clear definition of cell boundaries × 2 620; 8. The surface architecture of chloride cells of *Cirrhina molitorella* showing a lots of microvilli × 8 000; 9. Scanning electron micrograph of the surface of gill filaments of *Mugil cephalus* × 2 500; 10. Scanning electron micrograph of the surface of secondary gill lamellae of *Mugil cephalus* × 10 000; 11. Scanning electron micrograph of the surface of secondary gill lamellae of *Mugil cephalus* showing infoldings (micropits) in various irregular natural forms: cuniform, oval, crescent-shaped, elongated. Their surface is concave × 10 000.
FL: gill filaments; SL: secondary gill lamellae; OP: open or micropits; CLC: chloride cells; MC: mucous cells.

李加儿等 鲮和鲮鳊鳃丝的扫描电镜比较观察

图版 I

LI Jia-Er *et al.* Observation of Gill Filaments in Gray Muller and Mud Carp with Scanning Electronic Microscopy

Plate I

