

四种淡水养殖鱼肾组织的细微结构*

徐 豪 马淑懿

(生物学系)

本文探讨了我国淡水养殖鱼(鳙、鲢、鳊、鲮)肾组织的超显微结构,对开展鱼类生理和环境污染的研究工作提供了资料。

一、材料和方法

材料取自中山大学鱼塘和流溪河水库。将活鱼迅速切头剖腹,取出内脏,暴露腹腔后壁,将肾横切为几段,然后将肾组织剥离,放入生理盐水中切成小块, Bouin 氏液固定。制成 5—6 μ 的石蜡切片, H. E 染色。普通光学显微镜观察。

另取各段的小块肾组织,放在 4% 戊二醛液中切成 1mm³ 小块,按常规方法制成超薄切片后,醋酸铀和柠檬酸铅染色,电镜观察。

二、结果

淡水鱼的肾实质主要由许多肾单位和集合管组成。肾单位包括肾小体和肾小管。

1. 肾小体 由肾小球和肾小囊组成,直径约 80—92 μ , 在四种鱼中,其形态是相似的。肾小囊壁层由单层扁平上皮组成。核扁圆形,染成深紫色。胞质稀少,淡红色。电镜下,胞质内有少量内质网和游离核蛋白体。线粒体卵圆形,脏层由足细胞组成。足细胞的形态,与哺乳类的相似,胞体突出于囊腔内,胞质浅红色,胞核圆形,染成浅蓝色。电镜图象中,足细胞的胞体突入囊腔,它向毛细血管发出几条大突起,大突起再伸出许多小突起,附着于基膜上(图 1)。小突起之间的间隙,即为裂孔,其间未见有隔膜。足细胞的核为卵圆形,比例较大,有时一侧有凹陷。胞质内有电子浓密的基质,内有一些粗面和滑面内质网。线粒体卵圆形,嵴数量较少,还可看到有一些微丝。

肾小球毛细血管内皮细胞属有孔型,细胞上有许多穿孔,孔口无隔膜,有些区域内皮细胞与足细胞小突起紧贴,其间只隔一层薄的基膜(图 1)。

2. 肾小管 是一条迂曲的管道,由单层上皮细胞构成。整条肾小管可区分为数段,各段间继续移行,无明显分界。与肾小体相延续的是颈段,其后相继为近球段、间段和远球段,远球段汇入集合小管。

颈段是肾小管中最细的一段,肾小囊壁层细胞在尿极处渐变高,移行为立方或矮柱状细胞。颈段管径约 9—10 μ , H·E 染色,胞质呈很淡的红紫色,核椭圆或不规则圆形,位于细胞基部,核内异染色质浓密。电镜图象中,细胞游离缘伸出许多细长的纤

● 本文 1982 年 6 月收到

毛,挤满在管腔中。胞核呈椭圆形,边缘有凹凸,核内有电子浓密的异染色质。胞质内有许多卵圆形的线粒体,线粒体嵴不多,在它中等密度基质内有一些浓黑的小粒。在线粒体之间有一些扁平的粗面内质网池和游离核蛋白粒。顶浆中可见有中心粒。颈段末端细胞渐变高,染色转深,过渡为近球段。

近球段是肾小管中最粗最长的一段,相当于高等脊椎动物的近曲小管。此段细胞为棱柱状,胞质嗜酸性,染成红色,核圆,位于细胞基部或中央,核内异染色质少,可见核仁,细胞间界线不清楚,游离缘有刷状缘,管腔窄,管径约 $25\sim 48\mu$ 。鲑鱼近球段细胞形态较特殊,胞质稀少,染色较淡,在胞质内有一些粗大的、大小不一的淡红色颗粒。电子显微镜下,细胞核圆形,核内异染色质少,分散在核质中。双层核膜清晰,膜外附有游离核蛋白粒,可见核孔。胞核周围,有许多长圆形或卵圆形的线粒体,线粒体嵴较肥大,数量不多,嵴间充满电子浓密的基质。线粒体间有一些粗面内质网,胞核上方顶浆内,有许多电子浓密的小管和小泡、滑面内质网、溶酶体和微管(图2、3)。高尔基氏体不发达,位于核的上方。细胞游离缘有排列紧密的粗长的微绒毛,并可见其内的微丝。微绒毛基部有成丛的吞饮泡。相邻细胞之间有发达的联接复合体(图2)。细胞基部和两侧,都可见胞膜陷入形成的皱褶(图3)。

间段:间段管径比近球段细,也较短,直径约 $14\sim 22\mu$,细胞为矮柱状或圆锥状,胞质嗜酸性,染成红色。核圆,位于细胞中央,染成蓝紫色,可见核仁,细胞间隙清晰,游离缘无刷状缘。电镜图象中,胞核圆形,核内异染色质稍浓密。胞质内充满卵圆形的线粒体,线粒体嵴较密,其间为中等电子密度的基质,在线粒体之间,有少量粗面和滑面内质网,基褶较少,游离缘只有少量微绒毛。

远球段:此段比近球段短得多,管径亦较细,约为 $14\sim 24\mu$,其中以鲑鱼的管径最细。在一张切片中,几乎充满了近球段。远球段最多只有四、五堆,每堆只有2到5个切面。细胞呈矮柱状,核圆或卵圆形,比例较大,因此看下去核较密集。胞核多位于细胞中央或近顶部,核内异染色质不多,染成紫蓝色,核仁显著。胞质微嗜硷性,特别是基部,稍带淡蓝色,与近球段明显不同。游离缘无刷状缘。电镜图象中,核椭圆形,异染色质较浓,电子密度大。胞质内充满肥大的、形状为不规则圆形的线粒体,内有稠密的线粒体嵴,其间只有少量的低密度的基质。线粒体之间,有一些内质网和游离的核蛋白粒。在细胞的基部和两侧胞膜向内陷入,形成基褶和侧褶,穿插在线粒体之间。细胞游离缘只有少量短小的微绒毛(图4)。

3. 集合管 集合管的管径比肾小管近球段还粗,管径约 $40\sim 70\mu$,管腔亦宽。细胞高柱状,胞质染成紫红色,顶浆内有粘原粒。核卵圆形,位于细胞基部。细胞间隙清晰,制片中有时收缩而至间隙较大。电镜图象中,核卵圆形,异染色质较分散。胞质内充满许多卵圆形的线粒体,其嵴排列较密,嵴间只有少量低密度的基质。粒线体之间有少量滑面和粗面内质网,细胞两侧和基部亦有深陷的褶皱(图5)。

此外,在肾小管和集合管上皮细胞之间,特别是集合管,常可见到一些形状不规则的深染的细胞,这些细胞核比例大,胞质极少,只在核外围成一环。因此看下去,象只有一个深染的紫蓝色的胞核。电镜图象中,核和细胞形状不规则,核内异染色质浓密,基质电子密度大。胞质浓染,内有少量内质网和卵圆形的线粒体(图5)。

三、讨论

硬骨鱼类的肾脏是比较原始的,属中肾,肾脏无皮质和髓质之分。肾小管结构较简单,肾小体一般在肾脏中部和后部背侧较多,与Hoar, W. S.^[1]描述的相似;但在肾脏的中央和腹侧,也常见有一些肾小体存在。看来,肾小体呈现较零散的分布,肾小管各段是逐渐过渡的,一般颈段较短,属有纤毛的类型,近球段最长,管径亦最粗,与Edwards, J. G.^[2,3,4]所描述的淡水鱼肾单位的基本结构相似。

淡水鱼和海产鱼,由于生活环境不一样,肾单位结构差异较大,海产鱼生活在高渗海水中,水份不断从体表散失,为了保持体液低的渗透压,肾单位结构较简单。有些海产鱼肾小体退化或缺乏,有些还缺少远球段^[1-5],如海产的鲈鱼^[6],肾小球毛细血管稀少,内皮细胞穿孔少;在内皮细胞和足细胞之间,有系膜细胞的突起插入,将两者隔开,至使血管腔与肾小囊囊腔之间的过滤屏障增厚,削弱了超滤的机能。淡水鱼生活在淡水中,体液渗透压比外环境高,水不断从鳃和体表进入体内,为了保持体液渗透压平衡,它必需保留原尿中的盐离子,把过多的水份排泄出去,使进入体内的水与排出的水保持动态平衡,因此,肾排出的尿液是很稀的,几乎没有 Na^+ 和 Cl^- ^[1],其氮代谢废物,亦主要通过鳃而排出,所以淡水鱼的肾脏,主要是调节体内水平衡的器官,与此机能相适应,淡水鱼肾小体发达,肾小囊脏层足细胞的形态与哺乳类的相似,有发达的足状突起,包绕在毛细血管的外面,毛细血管内皮细胞穿孔多,孔中无隔膜封闭,在内皮细胞与足细胞突起之间,常常只隔了一层极薄的基膜,很少看到系膜细胞的突起(图1)。

颈段的细胞结构,与Edward^[3]在硬骨鱼类和Bishop^[6]在爬行类所看到的差不多,即颈段细胞游离缘伸出许多长的纤毛,一直伸至近球段的管腔中。Marshall曾观察到,颈段有纤毛的现象,只存在于血压低的鱼类。他认为,淡水鱼是变温动物,血压低,滤过压亦低。纤毛的摆动,有助于在低滤过压下,肾小管内原尿向前推进^[5]。

近球段细胞的形态结构,在四种淡水鱼中基本相似。只是鲮鱼的管径特粗,细胞内有较粗的嗜酸性粒,而电镜图象却基本相似,在近球段细胞的游离缘,都有排列紧密的发达的微绒毛。说明了近球段有活跃的重吸收机能。在细胞的顶浆部份,有许多电子浓密的小管小泡。Miller和Palade等人认为,这些结构与细胞重吸收旦白质有关^[5,7,8]。

可见,近球段细胞顶浆中的电子浓密的小管小泡,是肾小管上皮细胞重吸收原尿中旦白质形成的吞饮泡。这些吞饮泡以后与溶酶体愈合,被溶酶体的水解酶消化,成为氨基酸,透过基部胞膜而重返血流。

淡水鱼近球段具有如此丰富的吞饮泡和稠密的微绒毛,使滤入肾小囊囊腔中原尿内的各种有用物质,在经过近球段时,几乎全部被重吸收。这点与哺乳类近曲小管的机能相似,近球段细胞基部和两侧,胞膜向内陷入形成许多纵走的皱褶(图3),在褶内有稠密的线粒体。这一方面增大了细胞基底面的表面面积,另一方面为物质的转运提供充裕的能量,使重吸收的各种物质,更迅速的透出细胞以返归血流。

四种淡水鱼肾小管的间段、远球段和集合管细胞的基部和两侧,都形成许多皱褶,而且比哺乳类远曲小管和集合管细胞的皱褶还多,褶内的线粒体也更为密集,这可能反

映了淡水鱼肾小管的间段、远球段和集合管细胞的重吸收机能更为活跃。

在淡水鱼肾小管各段上皮细胞之间都穿插游走细胞, 这些与其它学者在各种低等脊椎动物肾小管中所见到的游走细胞相似。这些游走细胞机能如何? 仍未有一致的看法。

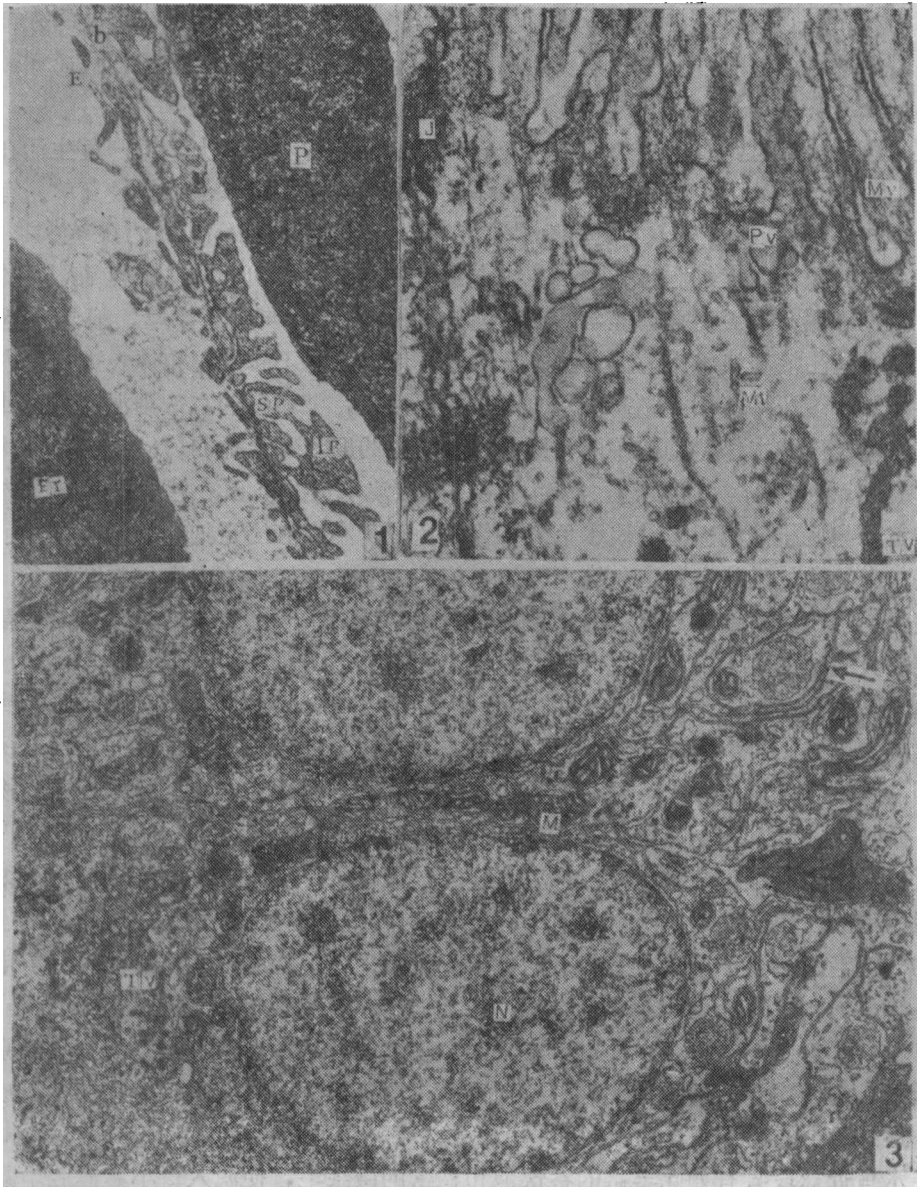


图1 鳃鱼肾小体局部电镜图象 $\times 21,000$ 图正中是细胞(P)的大突起(Lp)和小突起(Sp), 另一侧是毛细血管内皮细胞, 其上有许多穿孔(E), 在两者之间为基膜(B), 在血管腔内有红血球(Er)

图2 鳃鱼近球段细胞顶部电镜图象 $\times 50,000$ 在图的顶端是细胞顶部排列紧密的微绒毛(Mv), 它的基部有吞饮泡(Pv), 细胞顶浆部有电子浓密的小泡小管(Tv)和微管(Mt), 细胞之间有发达的联接复合体(J)。

图3 鳃鱼近球段细胞下半部电镜图象 $\times 16,000$ 图的左方是细胞顶端, 内有许多电子浓密的小泡小管(Tv), 图的右方是细胞的基部, 可见质膜形成许多基褶(↑), 内有线粒体(M), 核(N)偏于基部。

我们认为,从形态结构看来,它们与小淋巴细胞很相似。很可能,这些是浸润在上皮细胞之间的小淋巴细胞,它们如同浸润于消化道和呼吸道上皮细胞之间的淋巴球一样,具有防御的机能。

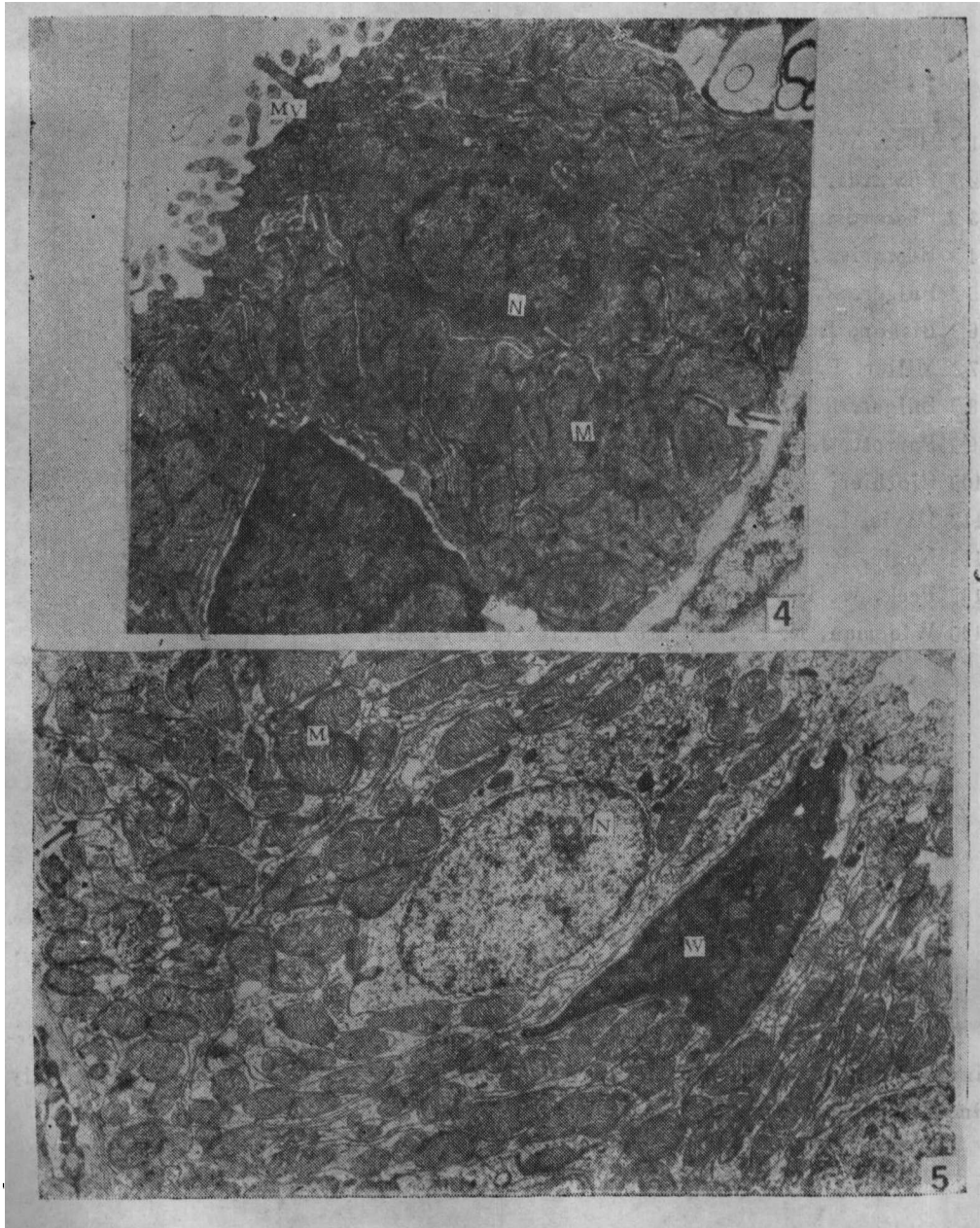


图4 鳙鱼远球段细胞全貌的电镜图象 $\times 12,000$ 远球段细胞核(N)位于细胞中央偏顶部,细胞游离缘只有稀疏的短小微绒毛(MV)。细胞的基部和两侧都有褶(↑)、内有线粒体(M)。

图5 鳊鱼集合管细胞电镜图象 $\times 8,000$ 图右上角是高柱状细胞的顶端,其上没有微绒毛。核(N)位于中部。细胞的基部和两侧亦有褶(↑),胞质内线粒体(M)有排列紧密的嵴。在集合管细胞之间,穿插有深色的游走细胞(W)。

总的看来,四种淡水鱼肾组织的细微结构是相似的,与其它脊椎动物肾的结构亦基本相似⁽⁹⁻¹⁴⁾。所不同的是在发生上较为原始,分化程度较低,而且它既是调节体内水平衡的器官,又是成血组织,在弯曲的肾单位之间,填满各种正在发育的血细胞。

参 考 文 献

- [1] Hoar, W. S., *Fish physiology*, vol. 1, chapter 2.
- [2] Edwards, J. G., *Am. J. Anat.*, 42 (1928) 75.
- [3] Edwards, J. G., *Am. J. Anat.*, 53 (1933), 55.
- [4] Edwards, J. G., *Anat. Rec.*, 63 (1935), 263.
- [5] Bulger, R. E., *Am. J. Anat.*, 123 (1968), 195.
- [6] Bishop, J. E., *J. Morph.*, 104 (1959), 307.
- [7] Miller, F. & Palade, G. E., *J. Cell Biol.*, 23 (1964), 519.
- [8] Bulger, R. E., *Am. J. Anat.*, 117 (1965), 171.
- [9] Barrett, J. M., *Am. J. Anat.*, 151 (1978), 487.
- [10] Clothier, R. H., *J. Anat.*, 127 (1978), 491.
- [11] Davis, L. E., *J. Morph.*, 149 (1976) 279.
- [12] Nagle, R. B., *Am. J. Anat.*, 161 (1981), 33.
- [13] Peek, W. D., *Am. J. Anat.*, 154 (1979), 103.
- [14] Wideman, R. F., *J. Morph.*, 168 (1981), 249.

The Fine Structure of the Renal Tissue in Four Species of Fresh-water Fish

Xu Hao Ma Shuyi

Abstract

The renal tissue of fresh-water fish is composed mainly of nephrons and collecting tubules embeded in hematopoietic tissue. Their fine structure is essentially similar to those of other vertebrates.