

鲤鱼肾小体和近曲小管的电子显微镜观察

王浩 秦国强 黄金生 朱洪文
(南京大学)

早在1842年Bowman就开始了肾脏的显微结构和生理功能的研究。随后,细胞学家和生理学家们对这一器官开展了广泛的研究。特别是50年代以来,由于电子显微镜(以下简称电镜)技术在细胞学和组织学上的应用,肾脏超显微结构的研究获得了不少新成果,但大多属于哺乳动物方面;而两栖类、爬行类和鸟类方面却不多见^[2,3,7,8,12,14,16,17],至于鱼类方面则尤其少见。就作者所知,只有对板鳃类和鲫鱼肾脏的研究有过报道^[14,16],而对鲫鱼的研究又仅限于肾小体部分。

鉴于鱼类肾脏超显微结构方面资料的不足,所以我们用电镜观察了鲤鱼(*Cyprinus carpio* L.)的肾小体和近曲小管,以便了解它和其他脊椎动物肾脏的超微结构究竟有什么不同。

一、材料和方法

实验以250—1500克重的活鲤鱼为材料。取肾脏组织切成1立方毫米的组织小块,用pH7.4的磷酸盐缓冲液洗去血污。以缓冲的2%戊二醛固定1小时,以磷酸盐缓冲的蔗糖液洗涤,再用缓冲的1%锇酸液固定1小时。以乙醇或丙酮脱水。环氧树脂(618)包埋。用L.K.B.超薄切片机切片,在EM6型电镜下观察并照相。另一部分肾组织,用Bouin液固定,制成石蜡切片,用H. E染色,供在光学显微镜下进行辅助性观察。

二、观察和讨论

我们观察了鲤鱼肾脏的组织切片标本,并参考了Edwards有关金鱼(*Carassius auratus*)部分肾组织的描述^[14]。

两者肾脏的组织结构基本相同。鲤鱼的肾小体分血管球和肾小囊两部分。肾小囊是肾小管顶端膨大向内凹陷而成的盲囊,内藏血管球。囊壁可分壁层和脏层。壁层在囊外,由单层扁平细胞组成。脏层包在血管球的周围,在光学显微镜下不易和血管球内皮细胞区分。颈段(相当于哺乳动物肾小囊和肾小管的连接部)很短,不易在切片标本上找到。

在电镜照相中,可看到鲤鱼肾小囊的壁层由扁平细胞组成,构造比较简单。细胞中有一巨大的椭圆形细胞核,其周围有薄层细胞质。细胞有核的部分膨大,向囊腔突出。(图版I)。

构成肾小囊脏层的足细胞(Podocyte, PC),具有巨大的核和细胞体。Buss和Krö-

nerl^[10] 最早用扫描电镜研究了大白鼠肾脏的足细胞,对足细胞复杂的形态才有所了解。鲤鱼足细胞的形态结构和 Fujita^[13] 以及 Arakawa^[6] 在大白鼠肾小囊上所观察到的是一致的,它们都有很多细的突起包在毛细血管外的基膜 (Basement membrane, BM) 上。突起 (Pedicel, P) 之间有空隙,称裂孔 (Slit, S) (图版 I)。

组成鲤鱼肾脏血管球的毛细血管内皮细胞,为单层扁平细胞,核大,且突入毛细血管腔中,(图版 I)核的周围有薄层胞质;内皮细胞的伸展部分为很薄的一层,上有许多穿孔称内皮孔 (Endothelial pore, Ep)。在足细胞和毛细血管内皮细胞之间有一共同的基膜。此外,在毛细血管中,可看到红细胞(图版 I)。

鲤鱼的近曲小管由柱状上皮细胞组成。在石蜡切片上细胞质被曙红染成红色,核呈卵圆形,位于细胞的中央或略偏基部。

电镜照相中,可看到鲤鱼肾脏近曲小管的细胞呈柱状。胞核大多位于细胞的中央。胞质中有线粒体(在我们所采用的电镜照相中未显示出来)、滑面内质网 (Smooth endoplasmic reticulum, SER) 以及溶酶体等细胞器。细胞基部的质膜 (plasma membrane),不象哺乳动物那样向细胞内部凹陷成许多基底褶。细胞的侧面也没有细胞互相嵌合的侧突。细胞和细胞之间,在靠近腔面的邻接面上可看到连接结构,并可更清楚地看到桥粒(图版 II)。

在鲤鱼近曲小管细胞的游离面上有许多微绒毛,排列紧密而有规则(图版 III; 图版 IV:1, 2)。此外,在近曲小管的管腔中可看到长的纤毛束(图版 III; 图版 IV:1, 2)。在纤毛的横切面上,可看到纤毛中的微管排列呈 9+2 的模式结构(图版 III; 图版 IV:1)。

在近曲小管的细胞质中,有许多彼此平行排列的滑面内质网,从细胞的基部围绕着细胞核的周围。内质网的池很狭小。在细胞内并可看到许多颗粒状或杆状的线粒体。但在细胞基部的胞质中,没有象哺乳动物那样形成底纹的那种纵列的线粒体。有时还可以看到,细胞基部的质膜,向细胞内陷入形成很深的沟,沟和内质网的池相通(图版 II)。在细胞核的上方靠近游离面的胞质中,没有内质网,但有线粒体和较多的溶酶体。

根据鲤鱼肾脏超微结构观察到的结果,并参考过去有关这方面的文献资料,可知脊椎动物,从低等到高等,肾小体的构造大体上是相同的。就是说,从鱼类到哺乳类,肾小体都可分血管球和肾小囊两部分。在血管球的毛细血管内皮细胞层上都有小孔(图版 I)。而构成肾小囊脏层的足细胞上都有分枝的突起,突起之间形成所谓“裂孔”的空隙。血管球毛细血管的内皮细胞和足细胞的突起都附着在一共同的基膜上。因此肾小体的滤过屏障,只有毛细血管的内皮、基膜和足细胞三层。因为在毛细血管内皮细胞上,以及在足细胞的突起之间都有孔隙(图版 I),所以毛细血管内的小分子物质,很容易从血液滤过到肾小囊腔,而血细胞和一些大分子蛋白质则不能通过。

近年来,由于制片技术的改进(如应用冰冻蚀刻和冰冻断裂等方法)以及扫描电镜在生物学上的应用,对细胞表面的各种精细结构有了进一步的了解。应用这些方法,不仅在低等脊椎动物肾小管的颈部和中间部发现有大量的纤毛^[1,4,8,11,14,16],而且在鸟类^[17]和哺乳类动物^[5,6,9,10,13]的肾小管中也见到有稀少的纤毛。但一些早期的工作在光学显微镜下所观察到的纤毛只是纤毛的模糊的轮廓^[11]。应用扫描电镜虽然可以更清楚地显示出纤毛的外形,但仍不能看到纤毛内部的构造。我们在这次试验中用透射电镜观察鲤鱼肾小管的

超薄切片标本才清楚地看到了纤毛“9 + 2”微管排列的模式图像。

参 考 文 献

- [1] 川本信之, 福田芳生, 1969. 鱼类组织图说。石崎书店。
- [2] Anderson, E., 1958. A cytological study of the proximal convoluted tubules of the Kidney of the ‘horney toad’, *phrynosoma cornutum*. *Anat. Rec.* 130: 449.
- [3] Anderson, E. and H. W. Beams., 1958. The ultramicroscopic structure of the renal glomerulus of a lizard. *Anat. Rec.* 131: 527.
- [4] Anderson, E., 1960. The ultramicroscopic structure of a reptilian Kidney. *J. Morph.* 106: 205—241.
- [5] Andrews, P. M. and R. K. Potter., 1974. A scanning electron microscopic study of the nephron. *Am. J. Anat.* 140: 81—116.
- [6] Arakawa, M., 1970. A scanning electron microscopy of the glomerulus of normal and nephrotic rats. *Lab. Invest.* 23: 489—496.
- [7] Bergmann, W. A. Knoop and Th. H. Schiebler, 1955. Histologische, cytochemische und elektronen mikroskopische untersuchungen am nephron mit berücksichtigung der mitochondrien. *Z. f. Zellforsch* 42: 386—42.
- [8] Bishop, J. E. 1959. A histological and histochemical study of the Kidney tubule of the common garter snake, *Thamnophis sirtalis*, with special reference to the sexual segment in the male. *J. Morph.* 104: 307—357.
- [9] Bulger, R. E., F. L. Siegel and R. Pendergrass, 1974. Scanning and transmission electron microscopy of the Rat Kidney. *Am. J. Anat.* 139: 483—502.
- [10] Buss, H. and W. Krönert, 1969. Zur strukture der nieren glomerulum der ratte. rasterelektronen mikroskopische untersuchungen. *Virch. Arch. Abt. B., Zellpathol.* 4: 79—92.
- [11] Edwards, J. G. and C. Schnitter, 1933. The renal unit in the Kidney of vertebrates. *Am. J. Anat.* 53: 55—87.
- [12] Fawcett, D. W., 1958. Structural specializations of the cell surface. In *Frontiers in cytology* (S. L. Palay, ed.). Yale Univ. press, New Haven.
- [13] Fujita, T., J. Tokunaga and M. Miyoshi, 1970. Scanning electron microscopy of the podocytes of renal glomerulus. *Arch. Hist. Jap.*, 32: 99—113.
- [14] Kempton, R. T., 1962. Studies on the elasmobranch Kidney. III. The Kidney of the lesser electric ray, *Narcine brasiliensis*. *J. Morph.* III: 217—225.
- [15] Pak Poy, R. K. F. and J. S. Robertson, 1957. Electron microscopy of the avian renal glomerulus. *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 3: 183—192.
- [16] Pak Poy, R. K. F., 1958. Electron microscopy of the piscine (*Carassius auratus*) renal glomerulus. *Austral. J. Exp. Biol. and Medical Sci.* 36: 191—210.
- [17] Prestage, J. J. and H. W. Beams., 1957. The structure of renal corpuscle in the sparrow, *Passer domesticus domesticus*, as revealed by the electron microscope. *Proc. Iowa. Acad. Sci.* 64: 670—679.

THE ULTRAMICROSCOPIC STRUCTURE OF THE RENAL GLOMERULUS AND PROXIMAL TUBULES OF *CYPRINUS CARPIO*

Wang Hao Qin Guoqiang Huang Jinsheng and Zhu Hongwen
(Nanjing University)

ABSTRACT

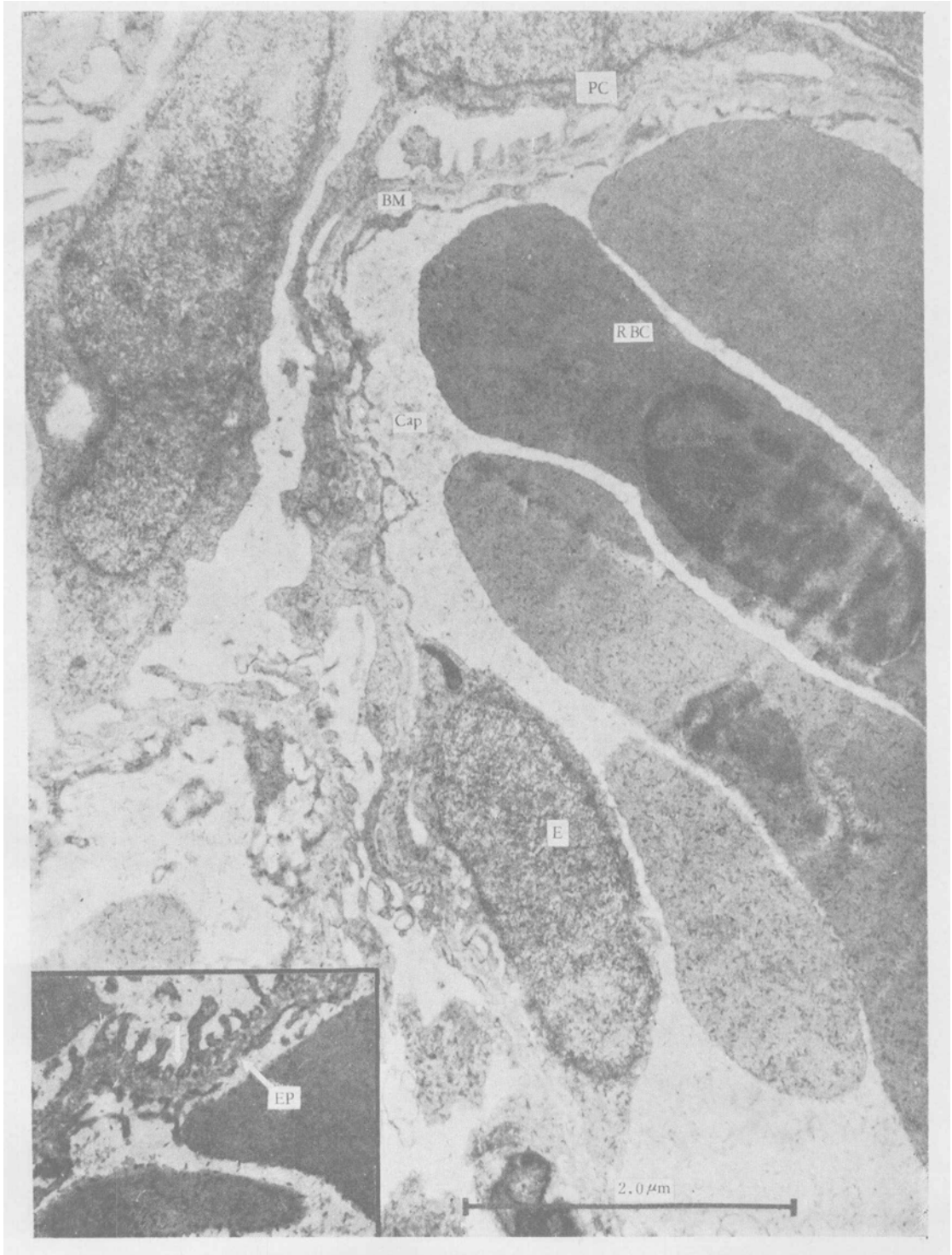
Ultramicroscopic structure of the Kidney and the Proximal tubules of *Cyprinus carpio* L. was studied under electronmicroscope. The Malpighian Corpusele has an architecture similar to that found in higher vertebrates. The parietal layer of Bowman's Capsule consists of a layer of simple squamous epithelium attached to a basal lamina. The cells of the visceral layer, called podocytes, has a cell body, from which arise several primary processes, the latter in turn give forth several secondary processes surrounding the capillaries of the glomerulus. The secondary processes are in direct contact with the basal lamina of the capillary wall, and among them are the demarcated, elongated spaces—the filtration slits.

The endothelial cells of the glomerular capillaries contain rather thin cytoplasm which becomes thicker around the nucleus. Pores of these cells are more numerous than those in the fenestrated capillaries of other organs.

Between the fenestrated endothelial cells of the capillaries and the podocytes on their external surface is a typical basal lamina which is the only continuous structure separating the capillary blood from the capsular space.

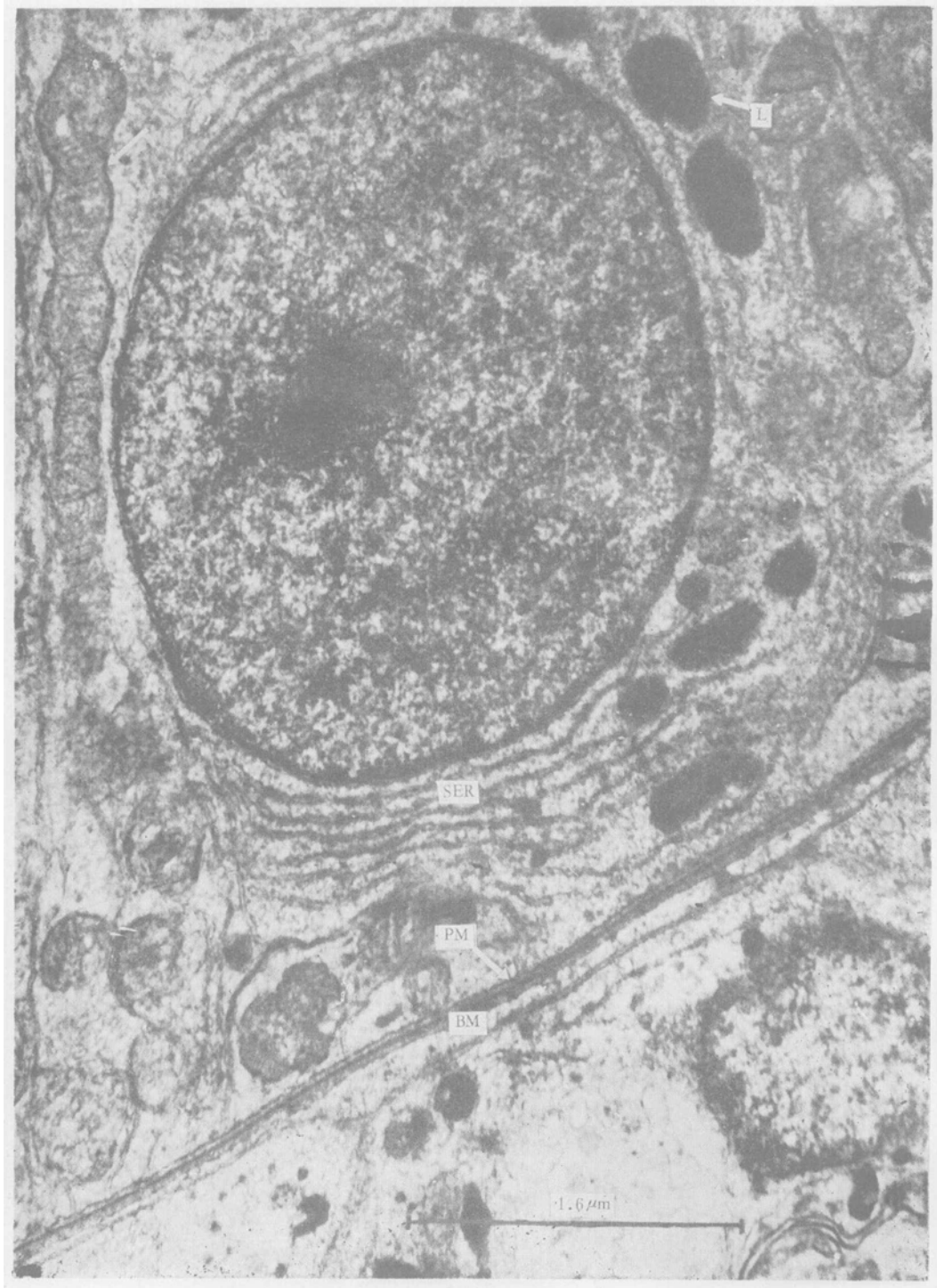
The cells of the proximal tubule consist of the ordinary cytoplasmic components, such as Golgi complex, Mitochondria, Lysosome and smooth Endoplasmic Reticulum. Unlike that demonstrated for the proximal tubule cells in mammals the basal plasma membrane shows no infolding.

On the free surface of these cells there lies a prominent brush border consisting of microvilli. Occasionally many long cilia project above the brush border into the lumen. In cross section of each cilium are, as usual, nine peripheral sets of tubules and an additional pair of tubules in the center.



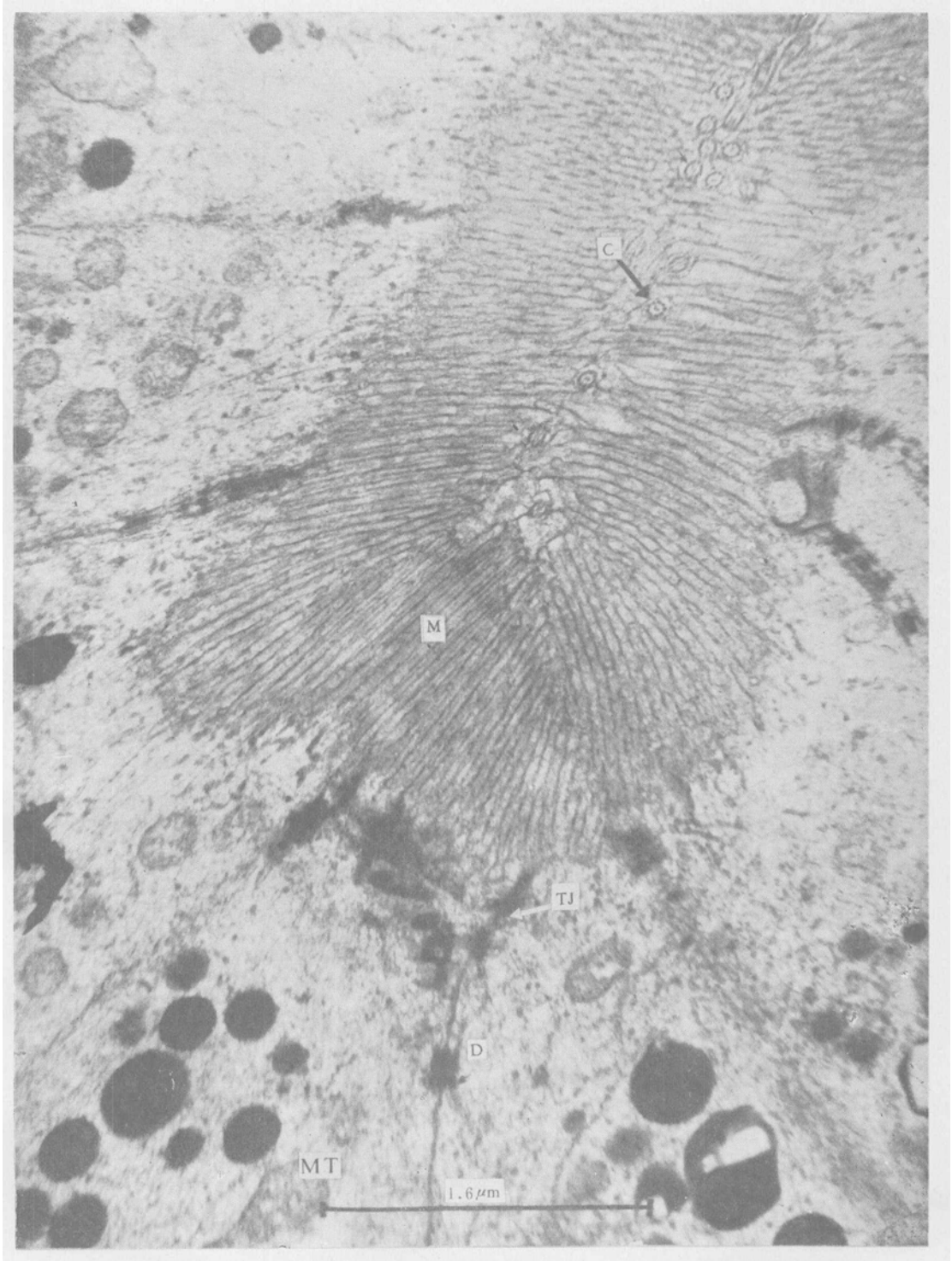
鲤鱼肾小体

EP——内皮孔 P——足细胞的突起 BM——基膜 S——裂孔 E——内皮细胞
RBC——红血细胞 PC——足细胞 Cap——毛细血管腔



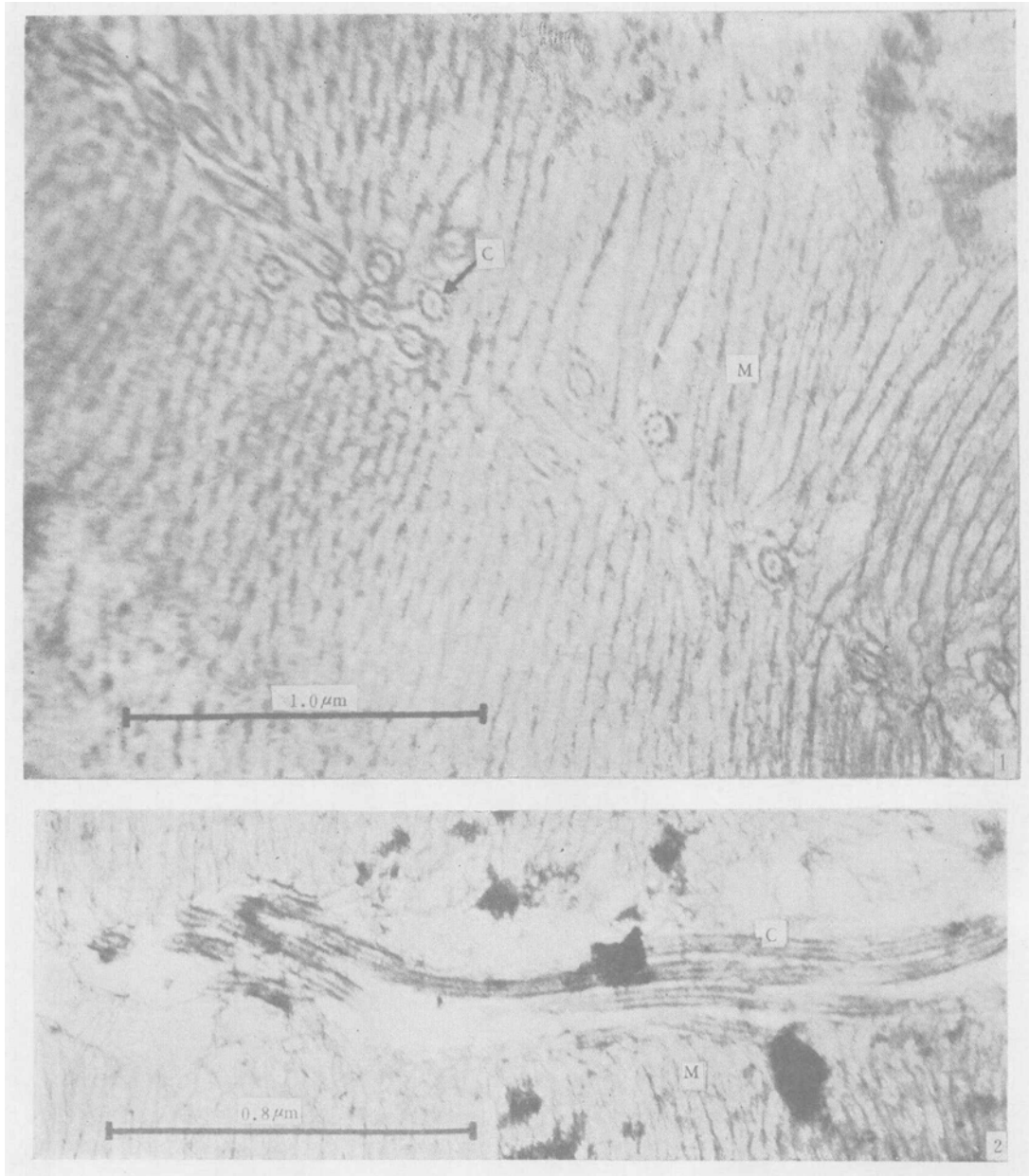
鲤鱼肾近曲小管上皮细胞基部质膜陷入的深沟和内质网相通

N——核 MT——线粒体 SER——滑面内质网 L——溶酶体 PM——质膜 BM——基膜



近曲小管管腔内纤毛的横断面

M——微绒毛 C——纤毛 MT——线粒体 TJ——紧密连接 D——桥粒 L——溶酶体



1. 鲤鱼肾近曲小管管腔内的纤毛横断面 2. 鲤鱼肾近曲小管管腔中的纤毛纵切面

C——纤毛 M——微绒毛