

四种淡水养殖鱼类血细胞的细微结构

徐 豪 张志宇

(中山大学生物系)

提 要

四种淡水鱼的血细胞形态基本相似。红血球形态与其他低等脊椎动物基本相似。淋巴球绝大部分是小淋巴球；单核球数量较少；四种鱼的嗜中性白血球形态结构差不多，胞核多为蚕豆形，很少见分叶核，分叶一般也只有二叶，这与哺乳类显然不同；嗜酸性白血球的形态结构与其他脊椎动物基本相似；在少数血涂片中看到了嗜碱性白血球。

有关脊椎动物血液中各种血细胞的显微结构和超显微结构，已有相当多的研究报道。特别是哺乳动物血细胞的研究，已深入到分子水平。如：Boyles^[3]，Hoffstein^[11]，Shibata^[19]，Tsukita^[20]，Willinger^[22]，Phillips^[16] 等人，分别对多形核白血球胞膜下的微丝、胞膜表面蛋白、红血球的细胞骨架、微管等，进行了深入的研究。Desser^[7,8]，Cohen^[4]，Daimon^[5,6]，Maxwell^[13,14]，Fawcett^[9]，Gagliardi^[10]，Hung^[12]，Pereira^[15] 等人，分别对爬行类、鸟类和哺乳类血细胞的超显微结构进行了观察。在鱼类方面，国外 Sekhon^[17] 和 Weinreb^[21] 对鳟鱼、金鱼血细胞的超显微结构有过研究。国内董元凯^[1]，林光华，赵明蔚^[2]分别开展过鳙鱼、鲫鱼、鲤鱼和草鱼血液的研究。但这些文章对血细胞的形态描述比较简单，而且没有进行超显微结构方面的工作。至于我国南方淡水养殖的鲮、鳙、鲩、鲢鱼血细胞的显微结构和超显微结构的研究，未见有报道。而血细胞对外界环境的理化刺激是特别敏感的，因此，开展鲮、鳙、鲩、鲢鱼血细胞的超显微结构的研究，对鱼类病理和环境污染等方面的研究工作，将有一定的意义。

材 料 和 方 法

选用的幼龄和成年的鲮、鳙、鲩、鲢鱼，从鱼塘捞起后，即用利剪迅速剪断尾柄，使血液逐滴滴进以 0.2M 磷酸缓冲液配制的，含 4% 蔗糖的 2.5% 戊二醛固定液中，让血自然下沉成薄血层，在 4℃ 中固定 30 分—1 小时。然后将血层切成约 1mm³ 的小块，用 0.1M 磷酸缓冲液漂洗 2—3 次，再用含 4% 蔗糖的 1% 铁酸固定 30 分—1 小时。按常规逐级脱水，苯二甲酸二丙烯酯包埋。LKB8800 III 超薄切片机切片，厚度约 500 Å，经醋酸铀和柠檬酸铅双重染色，用 H_μ-12A 电镜观察和拍片。

另外，将血液滴在载玻片上，涂成血片，稍干，用 Wright 氏法和 Giemsa 氏法染色，显微镜观察。

结 果

在四种淡水养殖鱼类的血涂片中, 红血球数量最多, 骤看下去, 好像全是红血球。在这众多的圆橄榄形的红血球之间, 有几个成堆的圆粒状的血栓细胞, 少数的单个的白血球分散在密集的红血球之间。白血球中以嗜中性白血球和淋巴球较多。

红血球呈扁椭圆形, 长径约 $12-15\mu$; 横径约 $9.5-12\mu$ 。核卵圆形, 位于细胞中央。核内有浓密的成丛的染色质, 染成深紫色。胞质丰富, 内充满血红蛋白, 染成淡红色。(图版 I:1-6)

电子显微镜观察: 红血球的切面呈长棱形、长橄榄形或椭圆形(图版 I:7), 核卵圆, 边缘有些凹入, 双层核膜在一定地段融合, 形成清晰的核孔。核内有成丛的浓染的异染色质, 在核膜内缘更为浓密, 在核的中央或稍偏一侧, 有一小的核仁。

红血球的胞质由于充满血红蛋白粒而染色较深, 其内含有数量不多的棒状或卵圆形的线粒体, 线粒体嵴是管状的(图版 I:8), 还有少量平滑型内质网。在胞核一侧, 有由几个扁平囊和一些小泡组成的高尔基体(Golgi's Body)(图版 I:9), 在胞膜下方, 可见成束的与胞膜平行排列的微管(图版 II:10)。

淋巴球比红血球和其他白血球小。直径只有 $6-7\mu$, 偶可达 8μ , 一般呈圆形。核比例大, 圆形或一侧有缺陷, 位于细胞中央。内含浓密的成丛染色质, 染成深紫色。胞质仅在核外围成窄环, 染成淡蓝色(图版 I:2)。

电子显微镜下, 细胞圆或椭圆, 向外伸出一些细长的伪足。核大, 双层核膜清晰, 可见核孔。核内异染色质浓密, 成团积聚在核膜内缘。中央有一核仁, 胞质内有少量粗面内质网和丰富的游离核蛋白粒, 含有横隔状嵴的线粒体(图版 II:11), 中等电子密度的小的溶酶体, 偶有一、二个吞饮泡。在核的凹陷处有高尔基体。

在血片中, 偶见少量的大淋巴球, 直径约 $10-15\mu$, 与单核球差不多。但在形态上与单核球不一样。大淋巴球一般圆形, 胞核圆, 位于细胞中央, 胞质不如单核球丰富。

单核球是白血球中体积最大的细胞, 呈不规则的球形或圆梨形, 直径约 17μ , 核肾形或马蹄形, 偏居细胞一侧, 染成紫色。胞质丰富, 染成淡蓝色, 偶可见伸出一些小突起, 胞质中常有一些空泡(图版 I:3)。

在电镜图象中, 单核球胞质丰富, 内含较多的粗面内质网, 滑面内质网和游离核蛋白粒, 线粒体长卵圆形, 数量亦较多。高尔基体位于核的附近或凹陷处, 此外还有一些溶酶体和吞饮泡。核马蹄形(图版 II:12)。

血栓细胞在血片中数量较多, 一般纺锤形或扁椭圆形, 长径约 $6-7\mu$, 横径约 $3.5-5\mu$, 在血片中常多个成群。它的核比例亦较大, 内含浓密的染色质, 染成极深的紫色。胞质在核外只有极窄的一层染成很淡的紫色, 有时甚至看不清胞质(图版 I:1)。

电子显微镜下, 血栓细胞呈卵圆形或梭形, 向外伸出一些粗钝的突起, 并可见胞膜向内陷形成许多大小不一的空泡或粗管。核大, 呈扁椭圆形, 核内异染色质多, 积聚在核膜内缘, 中央有核仁。胞质电子密度大, 线粒体不多, 一般椭圆形或短杆状。高尔基体位于核的一侧。胞质内有一些游离的核蛋白粒和少量粗面内质网。此外, 还可见有许多中等电子

密度的血栓小粒和成束的微丝和微管(图版 II:13)。

嗜中性白血球呈圆形, 直径约 10—12 μ , 核的形态较多样, 有椭圆形, 半圆形、肾形或分叶。但一般很少见有分叶的。核多数偏居细胞一侧, 核内染色质染色较淡, 成红紫色。胞质染成淡紫色, 极细的灰色小粒不易看清(图版 I:4)。

在电镜图象中, 嗜中性白血球向外伸出几个小的伪足, 胞核蚕豆形或卵圆形, 偏居细胞一侧, 异染色质浓密, 没有核仁。胞质内有较丰富的游离核蛋白粒, 少量的粗面内质网和卵圆形的线粒体(图版 I:8, 9; 图版 II:10)。特殊颗粒有二种: 一种是圆杆状的小体, 在单层膜包裹的低密度的基质中, 有几条纵行的微管(图版 III:14, 16p)。一种是圆或卵圆形的大小不一的小粒, 在单层膜包裹的透明基质内, 有致密的浓黑物质(图版 III:15p)。

嗜酸性白血球数量较少。细胞圆形, 直径约 9~10 μ , 核的形态多样, 有半圆形、短腊肠形等, 偶可见分二叶的。多偏居细胞一侧, 染成红紫色。胞质内充满粗大的嗜酸性颗粒, 染成鲜红色(图版 III:15)。

电子显微镜下, 嗜酸性白血球向外伸出一些小伪足, 核内异染色质不如淋巴球浓密, 一般无核仁, 但偶可见核仁结构。胞质内有粗面和滑面内质网, 丰富的多聚核蛋白粒和少量的卵圆形的线粒体(图版 IV:19), 高尔基体多位于核的一侧。胞质内有二种特殊颗粒, 一种是粗大的、长圆形、米粒形或卵圆形的形态多样的小体, 在有膜包裹的浓密的基质内, 有一些杆状或板层状结构(图版 IV:18, 20p)。另一种是较小的圆形或长圆形的小粒, 内充满较淡的基质(图版 IV:19, 21p)。

嗜碱性白血球在血片中数量极少, 一般圆形, 直径约 7.5~10 μ , 胞核半圆形或蚕豆形, 染色淡, 呈淡红紫色。胞质内含大小不一的嗜碱性颗粒, 染成深紫色(图版 I:6)。

在电镜图象中, 细胞向外伸出一些钝圆的伪足, 核内异染色质较不浓密, 无核仁。胞质内有丰富的多聚核蛋白粒和粗面内质网, 还有一些滑面内质网和卵圆形的线粒体。特殊颗粒有两种: 一种是巨大的大小不一的圆形或卵圆形的电子浓密小体(图版 III:17p); 一种是小而圆的小粒, 在它中等电子密度的基质中, 有几个小泡(图版 III:17p)。

讨 论

从光学和电子显微镜观察的结果看来, 四种淡水养殖鱼的血细胞形态基本上是相似的, 看不出明显的差异。红血球是血细胞中数量最多, 个体较大的细胞, 它的形态与其他低等脊椎动物红血球基本相似。胞质内充满血红蛋白, 细胞器数量较少, 这是与红血球的载氧机能相适应的。红血球的线粒体, 具有纵向排列的管状线粒体嵴, 与 Weinreb(1963)^[21]在金鱼红血球中看到的一样。但他在金鱼看到有相当多的线粒体, 这点与我们看到的略有差异。在红血球胞膜下方, 我们看到有与胞膜平行排列的微管束。Goniakowska 和 Cohen^[4]曾分别在不同的鱼类红血球胞膜下方, 看到有成束的微管, 他们认为, 这些微管对红血球的形态起着支持作用(图版 I:10)。

在四种鱼的血片中, 除了看到正常大小的红血球外, 还看到有一些个体特大的较圆的红血球。有些学者认为, 这些是较年青的细胞, 因为鱼类红血球, 可在循环血流中逐渐成熟。

淋巴球是鱼血中数量最多的白血球。它们绝大部分是小淋巴球，偶可见一、二个大淋巴球。小淋巴球的形态与其他脊椎动物是相似的，胞核大而染色特深。在电镜下，它的胞质含丰富的游离核蛋白粒和一些粗面内质网。这与哺乳类小淋巴球是不同的（哺乳类小淋巴球只有少量核蛋白粒，一般极少见有粗面内质网）。但这却与哺乳类淋巴组织中的成淋巴细胞相似，这种现象，反映了鱼类在种族发生中低等的位置。

Weinreb^[21] 描述金鱼血栓细胞与小淋巴球相似，但我们在四种鱼的血片中，都能将血栓细胞和小淋巴球区别开来，尤其是电镜图象中，血栓细胞的特点是：多个聚成群，胞核卵圆形，胞质电子密度大，外质中有大小不一的空泡。而小淋巴球是单个分散在红血球之间，胞核圆或有凹陷，胞质电子密度较小，只有一、二个吞饮泡（图版 II:11, 13）。

在哺乳类，血小板是巨核细胞脱落出来的原生质块，在血小板胞膜下方，有成束的微管起支持作用。我们观察四种淡水鱼的血栓细胞，与 Desser^[8] 在蜥蜴看到的相似，胞膜下方也有微管。但在胞质中，特别是在胞核外缘还看到有微丝。微丝在多种脊椎动物的血小板和血栓细胞胞质中是普遍存在的，据大量的研究资料证明，它与血块的收缩有关。由于这些微丝的相互作用，使血小板或血栓细胞收缩，将血块的水分挤出。

在哺乳类血小板，胞膜向细胞内凹入，形成许多小泡和小管（Bessis, Behnke 等），这些结构，被认为有增加血浆凝血因子附着面积的作用。有些认为，它们是血小板颗粒排出的通道。Maxwell, Desser 和 Daimon, 分别在家禽、蜥蜴和鳟鱼血片中，看到血栓细胞也有形态不一和大小不均的小泡^[6,8,13]，这和我们在四种鱼血栓细胞中所见相似。可能这些小泡与哺乳类血小板的小泡有同样的功能。此外，在四种鱼血栓细胞浓染的基质中，有许多小的卵圆形或圆形的致密小粒，在单层膜内，充满匀质的浓密微粒，可能相当于哺乳类的血小板颗粒，有待以后组织化学的检验。

单核球在四种鱼类血片中，数量较少。有些片子完全看不到单核球。Weinreb^[21] 在描述金鱼血细胞时，没有提及单核球。但另外一些学者，认为鱼血是有单核球的。赵明蔚^[2] 在鲤鱼和草鱼血片中，亦看到有单核球。他提到个别鱼血片中，单核球甚至可占白血球总量的 50%，这种情况我们也曾观察到。在今年四月份，我们曾先后在我校附近生产队的鱼塘购买几批鱼，在一些鳙鱼血片中，单核球数量相当多。而在我校鱼塘同龄鳙鱼血片中，却很少这种细胞。我们推测，这可能是环境污染或疾病造成的结果。据一些学者报道，寄生虫病可引起鱼血液中单核球的骤增。单核球是有机体的防御结构，对环境污染特别敏感。在形态上，单核球与其他脊椎动物的相似，也是胞核肾形或马蹄形，丰富的胞质中有一些小泡。

四种鱼的嗜中性白血球的形态结构差不多，胞核多为蚕豆形、卵圆形。很少见分叶核，分叶一般也只有二叶。而哺乳类多为分叶核。这四种鱼的嗜中性颗粒超显微结构有二种形态，一种和金鱼的差不多，在浅色的基质中央或一侧，有浓黑的小粒。一种和某些爬行类相似，在浅色的基质内，有纵行的微管，这与哺乳类的嗜中性颗粒完全不同。在哺乳类，除了葵鼠、兔子的嗜中性粒有结晶外，一般是圆而匀质的致密小粒。其中比较大的为嗜天青粒，相当溶酶体。另一些较小的，内含溶菌酶和吞噬素。淡水鱼这两种颗粒内，含有什么物质，有待今后组织化学的检验。

关于多形核白血球胞质内微丝的分布问题，近年来国外进行了大量的研究，一般认

为,在循环血流中,多形核白血球胞膜下方的外质中,很少能看到微丝。我们在这四种鱼血片中,亦未看到有微丝的存在。但根据组织培养的观察和用组织化学方法(如 Boyles 等^[31])证明在多形核白血球胞质内,确有肌动蛋白(Actin)和肌球蛋白(Myosin)单体的存在。当白血球进行变形运动或吞噬时,这些蛋白质单体聚合,在胞膜下方遂出现微丝网。

四种淡水鱼嗜酸性白血球的形态结构基本上是相似的,其超显微结构与其他脊椎动物亦基本相似。核一般分为二叶,染色质较浓密,没有核仁。线粒体数量少,高尔基体不发达。但鱼的嗜酸性白血球与其他脊椎动物不同,它的胞质内仍有少量的粗面内质网和较丰富的核蛋白粒,嗜酸性颗粒的形态亦较特殊。在两栖、爬行和鸟类,嗜酸性颗粒一般是匀质的,有些一侧有缺刻。在哺乳类和某些鱼类,嗜酸性颗粒内有不同形状的结晶,有些是板层状的圆柱体(Hung^[12]),有些呈米粒状,有些为板块状(Weinreb^[21])。有些鸟类有二种嗜酸性颗粒,一种是有结晶的,一种是匀质的(Maxwell^[13])。我们在四种鱼类嗜酸性白血球内,也看到一种是匀质的圆形小粒和一种巨大的多种形态的有结晶的颗粒。这两种颗粒哪一种是溶酶体,有待今后酶化学的证实。此外,我们看到有一个嗜酸性白血球的核内有核仁,这说明鱼血流内可能存在较幼稚的颗粒白血球。

赵明蔚认为,草鱼嗜酸性白血球数量极少^[2]。但我们在成年鱼血涂片中,几乎都能看到嗜酸性白血球。而在幼鱼血片中,嗜酸性白血球和嗜中性白血球都极少。根据苏联一些学者报道,在幼龄鱼白血球数量较少。一龄鲤鱼血液内才出现嗜中性白血球;二龄才有嗜酸性白血球(戈洛介茨)。我们看到的情况与他们报道的相似。幼鱼较易感染寄生虫病,是否与血液内嗜酸性白血球较少有关?这点值得探讨。

四种鱼的嗜碱性白血球的形态结构,基本上与其他脊椎动物相似。胞质内充满粗大的、大小不一的卵圆形或圆形的嗜碱性颗粒,单层的膜包裹着电子浓密的基质。但另外还有一种较小的颗粒在它浓密的基质内,有一些小泡。这种颗粒在其他脊椎动物中还未见有报道过。在哺乳类,嗜碱性颗粒内含有肝素、组织胺等化学物质。从形态看,鱼类嗜碱性白血球的粗大颗粒,与哺乳类的嗜碱性颗粒相似,而另一种小圆粒,与溶酶体相似。

嗜碱性白血球不是所有的脊椎动物都具有。有些动物,如猫和小鼠血液中,就缺少这种血球。有些学者(Watson)认为,鱼血嗜碱性白血球的颗粒很易在水中溶解,因此很难看到。赵明蔚亦未提及嗜碱性白血球。但我们在淡水鱼血涂片的少数片子中,看到有嗜碱性白血球,在超薄切片中亦可找到。说明鱼血液中有嗜碱性白血球,只是数量极少而已。

综观鱼类颗粒白血球的结构,与哺乳类是有差异的。鱼类三种颗粒白血球的胞核一般是不分叶的,分叶核较少见。一般无核仁,但亦偶可见有核仁。胞质内有较多的粗面内质网和线粒体,并有较丰富的游离核蛋白粒。糖元和脂滴较少见。而哺乳类颗粒白血球是高度分化的细胞,核一般是分叶的,无核仁。胞质内无粗面内质网,线粒体少,核蛋白粒稀少,而含较多的糖元和脂滴。鱼类颗粒白血球的形态,与哺乳类骨髓内正在发育的颗粒髓细胞相似。有些学者认为,鱼类血细胞在肾成血组织中未完全成熟就可以进入血流,在血流中继续发育成熟,然后迅速穿出血管,进入全身组织中。因此血流内大部分是幼稚的颗粒髓细胞。另一些学者认为,鱼类血细胞的这种形态,反映了鱼类在种族发生中的低等的位置。

参考文献

- [1] 董元凯, 1963. 武汉大学学报 1963(2):13。
- [2] 赵明蔚, 1979. 水生生物学集刊 6(4):453—463。
- [3] Boyles, J., 1979. *J. Cell Biol.*, 82: 347—367.
- [4] Cohen, W. N., 1978. *J. Cell Biol.*, 78: 261—273.
- [5] Daimon, T., 1977. *J. Anat.*, 123: 553—560.
- [6] ———, 1978. *J. Anat.*, 128: 11—21.
- [7] Desser, S. S., 1979. *Tissue and Cell*, 11: 703—715.
- [8] ———, 1979. *Tissue and Cell*, 11: 717—726.
- [9] Fawcett, D. W., 1959. *Anat. Rec.*, 133: 319—325.
- [10] Gagliardi, S., 1979. *Am. J. Anat.*, 154: 267—277.
- [11] Hoffstein, S., 1978. *J. Cell Biol.*, 78: 769—781.
- [12] Hung, K., 1972. *Anat. Rec.*, 174: 165—174.
- [13] Maxwell, M. H., 1974. *J. Anat.*, 117: 69—80.
- [14] ———, 1978. *Tissue and Cell*, 10: 303—315.
- [15] Pereira, G., 1974. *Am. J. Anat.*, 140: 601—608.
- [16] Phillips, D. R., 1980. *J. Cell Biol.*, 86: 77—86.
- [17] Sekhon, S. S., 1978. *Am. J. Anat.*, 152: 353—368.
- [18] Senda, N. H., 1975. *Exp. Cell Res.*, 91: 393—407.
- [19] Shibata, N., 1975. *Biochem. Biophys. Acta*, 400: 222—231.
- [20] Tsukita, S., 1980. *J. Cell Biol.*, 85: 567—576.
- [21] Weinreb, E., 1963. *Anat. Rec.*, 147: 219—238.
- [22] Willinger, M., 1979. *J. Cell Biol.*, 82: 32—44.

THE FINE STRUCTURE OF BLOOD CELLS IN FOUR SPECIES OF FRESH WATER FISHES

Xu Hao, Zhang Zhiyu

(*Department of Biology, Zhongshan University*)

Abstract

This paper is a study of the fine structure of peripheral blood cells in four species of fresh-water fish with electron microscopy and light microscopy.

The erythrocytes are oval or ellipsoid in shape. The nucleus contains electron-dense clumps of chromatin and a small nucleolus. The cytoplasm is filled with finely granular matrix. The rod-like mitochondria contain longitudinally oriented tube-shaped cristae. Under the plasmolemma, bundles of microtubules can be seen.

The lymphocytes are spherical cells, with an intensely staining round or slightly indented nucleus and a thin rim of cytoplasm. Some slender pseudopods project from the cells. The cytoplasm contains abundant ribosomes, rough endoplasmic reticulum and several mitochondria. The Golgi apparatus is located opposite the indentation of the nucleus.

The thrombocytes occur in aggregates and are round or oval in shape. The nucleus, which occupies most of the cell, contains densely clumped chromatin. The cytoplasmic matrix is electrondense and various vacuoles occur in the ectoplasm.

The monocytes are easily identified by their kidney-shaped nuclei and several vacuoles located in extensive cytoplasm.

All the granulocytes contain only few organelles and an eccentric nucleus of various forms. The neutrophil contains two types of specific granules. Some are spherical and contain electron-dense material among the limpid matrix. Others are hollow cylinders which contain 1—3 parallel microtubules in their transparent matrix. The eosinophilic granules are characterized by the moderately electron-dense matrix enclosing a pleomorphic crystalloid body. The basophilic granules are large, oval or spherical, with electron-dense matrix.

Besides the description of the fine structure of the blood cells, we also compare the morphology of the blood cells of fresh-water fish with those of other vertebrates.

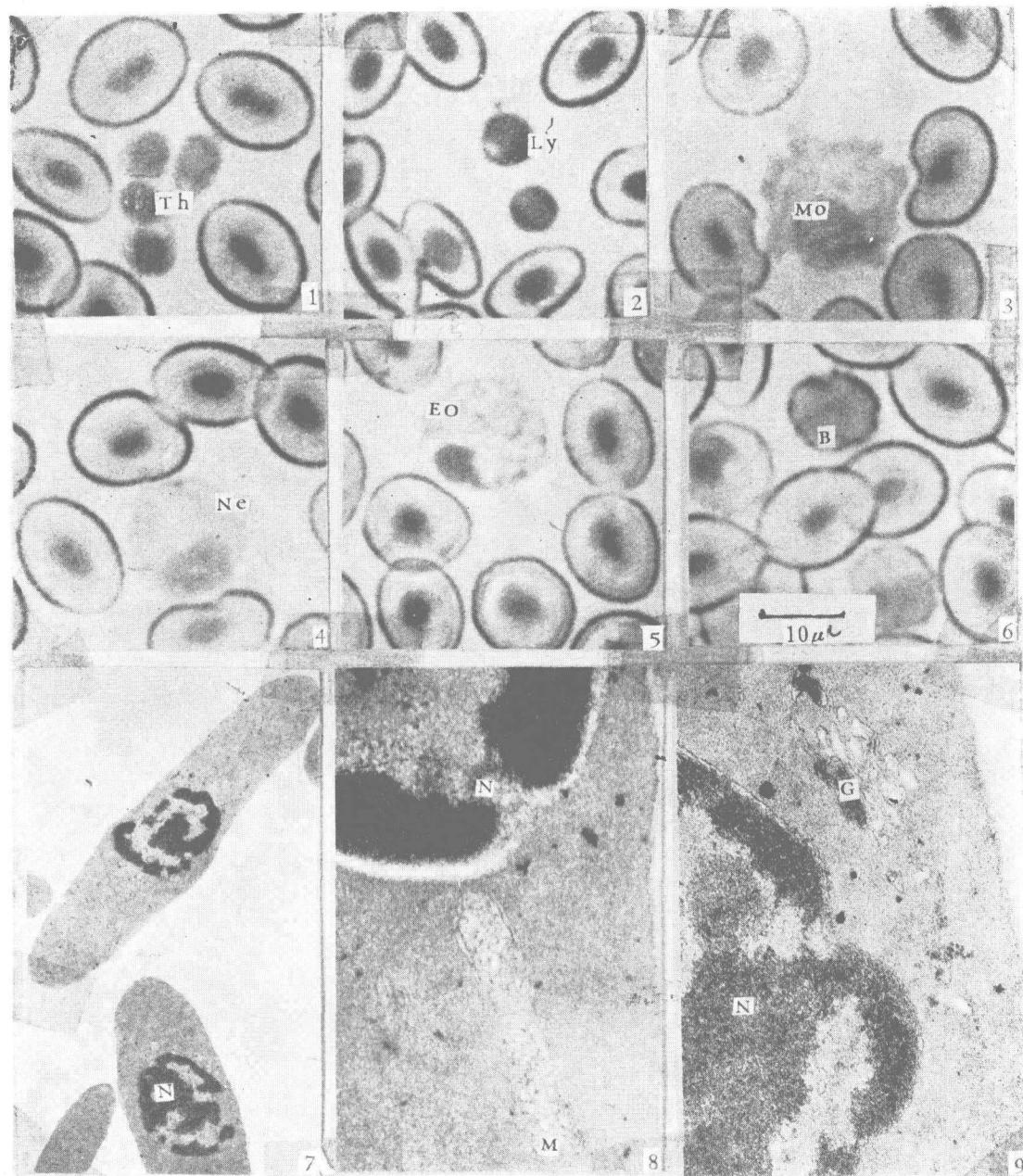


图1 鲔鱼红血球和血栓细胞(Th) 图2 鲔鱼淋巴细胞(Ly) 图3 鲔鱼单核细胞(Mo) 图4 鲔鱼嗜中性白血球(Ne) 图5 鲶鱼嗜酸性白血球(Eo) 图6 鲔鱼嗜硷性白血球(B) 图7 鲔鱼红血球电镜图象 $\times 8,000$ 图8 鲔鱼红血球局部放大电镜图象, 示线粒体(M) $\times 60,000$. 图9 鲔鱼红血球局部放大电镜图象, 示高尔基体(G), $\times 40,000$

Fig. 1 Erythrocytes and thrombocytes (Th) from *Aristichthys nobilis*. Fig. 2 Lymphocytes (Ly) from *Ctenopharyngodon idellus*. Fig. 3 Monocyte (Mo) from *Aristichthys nobilis*. Fig. 4 Neutrophil leukocyte (Ne) from *Hypophthalmichthys molitrix*. Fig. 5 Eosinophil leukocyte (Eo) from *Cirrhinus molitorella*. Fig. 6 Basophil leukocyte (B) from *Aristichthys nobilis*. Fig. 7 Electron micrograph of an erythrocyte from *Ctenopharyngodon idellus*. $\times 8000$. Fig. 8 Electron micrograph of a part of erythrocyte at higher magnification from *Ctenopharyngodon idellus*, showing a mitochondrion (M). $\times 60,000$. Fig. 9 Electron micrograph of a part of erythrocyte at higher magnification from *Ctenopharyngodon idellus*, showing a Golgi's body (G). $\times 40,000$.

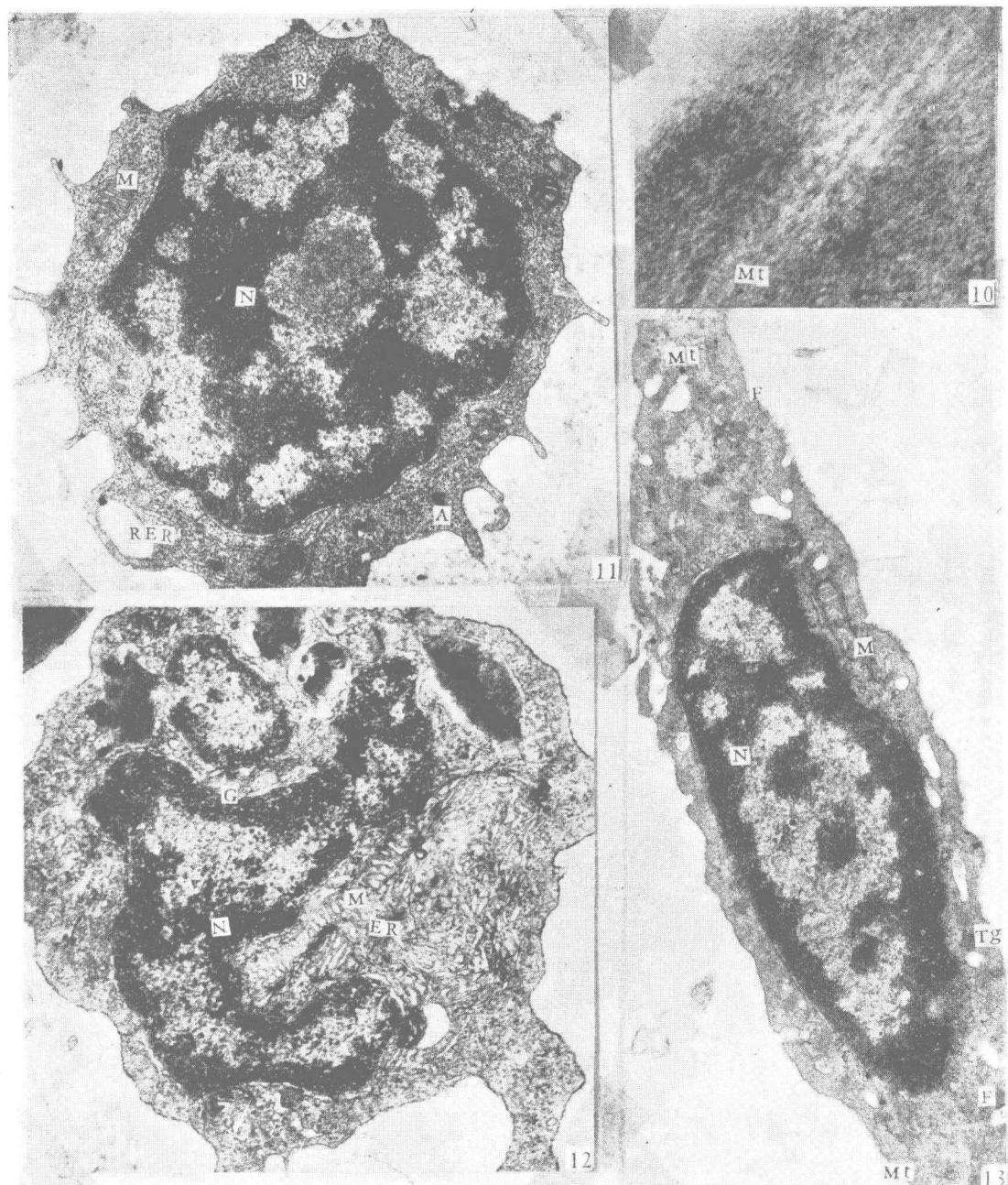


图 10 鲫鱼红血球局部电镜图象,示微管(Mt). $\times 160,000$ 图 11 鲫鱼淋巴细胞电镜图象,示大的胞核(N), 胞质内含有粗面内质网(RER), 核蛋白体(R), 线粒体(M)和嗜天青粒(A). $\times 30,000$ 图 12 鲢鱼单核球电镜图象,显示马蹄形的核(N),线粒体(M), 内质网(ER)和高尔基体(G). $\times 24,000$ 图 13 鲢鱼血栓细胞电镜图象, 示卵圆形的胞核 (N), 线粒体 (M), 血栓颗粒 (Tg), 微丝(F)和微管 (Mt). $\times 24,000$

Fig. 10 Electron micrograph of a part of erythrocyte at higher magnification from *Cirrhinus molitorella*, showing microtubules (Mt). $\times 160,000$ Fig. 11 Electron micrograph of lymphocyte from *Hypophthalmichthys molitrix*, showing the large nucleus(N)and cytoplasm comprising RER, ribosomes(R), mitochondria(M) and azurophil granules(A). $\times 30,000$ Fig. 12 Electron micrograph of monocyte from *Aristichthys nobilis*, showing a hoof-shape nucleus (N), mitochondria (M), endoplasmic reticulum (ER) and Golgi's body(G). $\times 24,000$ Fig. 13 Electron micrograph of thrombocyte from *Ctenopharyngodon idellus*, showing an oval nucleus (N), mitochondria (M), thrombocytic granules (Tg), microfilaments(F) and microtubules(Mt). $\times 24,000$

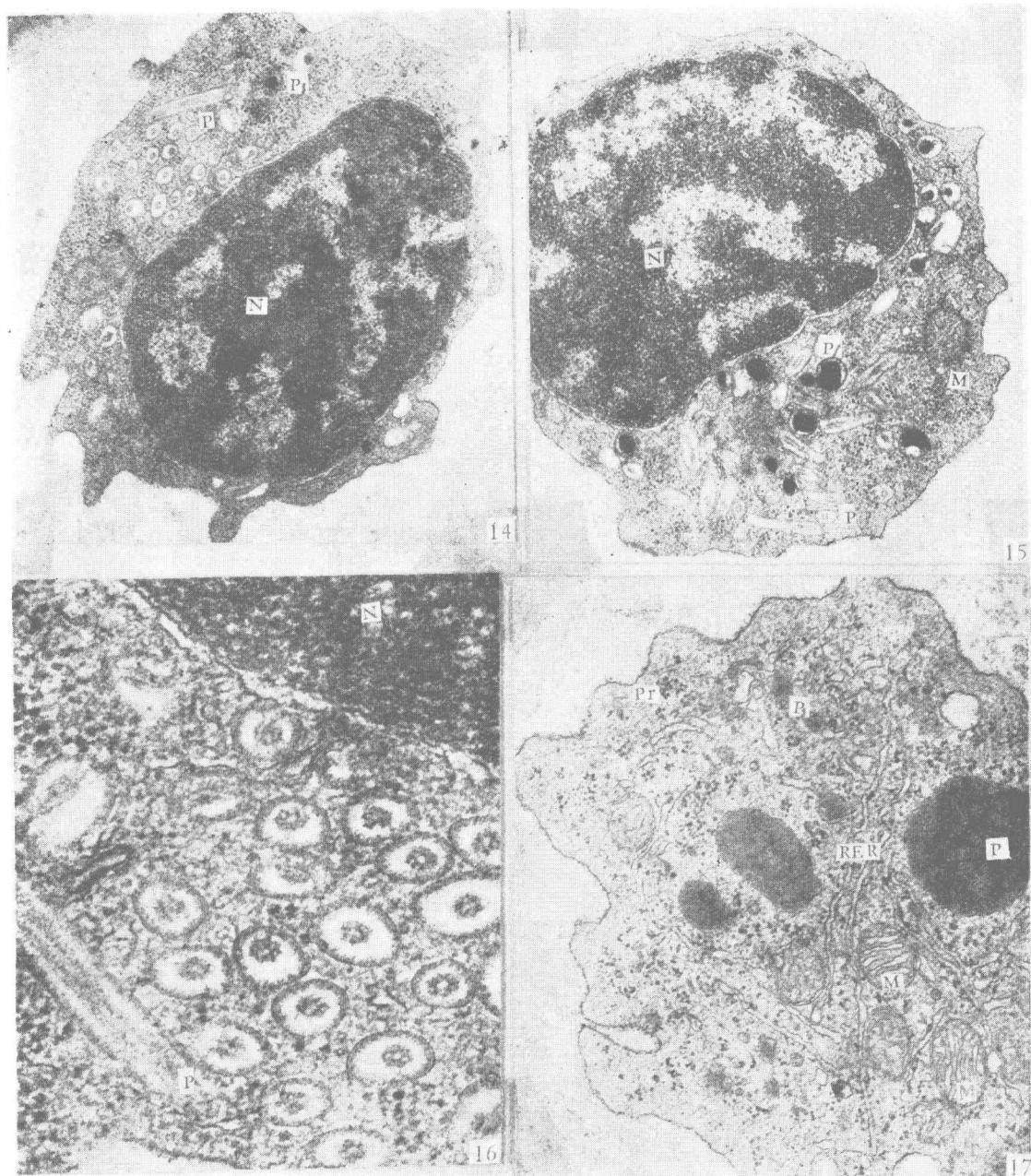


图 14 鲢鱼嗜中性白血球电镜图象。示两种特殊颗粒。(P) (P₁)。×24,000 图 15 鲢鱼嗜中性白血球电镜图象示两种特殊颗粒。(P) (P₁)。×24,000 图 16 图 14 局部放大电镜图象, 示特殊颗粒 (P)。×90,000 图 17 鲔鱼嗜硷性白血球电镜图象, 清楚地看到两种特殊颗粒 (P) (P₁), 一些线粒体 (M), 多聚核蛋白体(Pr)和 RER. ×30,000

Fig. 14 Electron micrograph of neutrophil leukocyte from *Ctenopharyngodon idellus*. Notice the two types of special granules (P) (P₁). ×24,000 Fig. 15 Electron micrograph of a neutrophil leukocyte from *Hypophthalmichthys molitrix*, showing two types of special granules (P) (P₁). ×24,000 Fig. 16 Electron micrograph of a part of Fig. 14 at higher magnification, showing the special granules (P). ×90,000 Fig. 17 Electron micrograph of basophil leukocyte from *Aristichthys nobilis*. Clearly, there are two types of special granules (P) (P₁), some mitochondria (M), polyribosomes (Pr) and RER. ×30,000

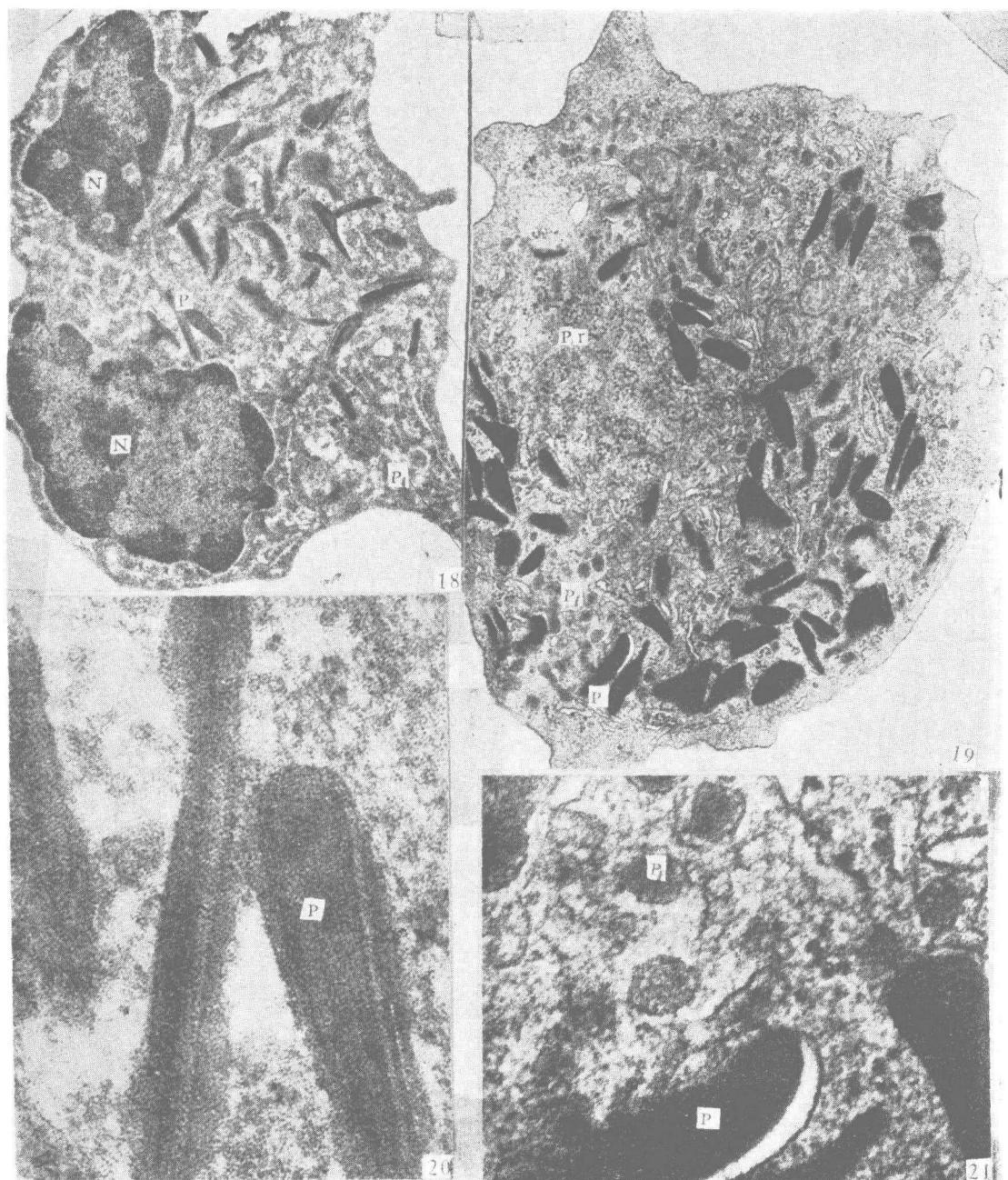


图 18 鲫鱼嗜酸性白血球电镜图象, 示分叶的胞核 (N), 和特殊颗粒 (P₁) (P). $\times 24,000$ 图 19 鳊鱼嗜酸性白血球电镜图象。示丰富的多聚核蛋白体(Pr)和特殊颗粒 (P) (P₁) 图 20 图 18 局部放大电镜图象。示特殊颗粒 (P) 图 21 图 19 局部放大电镜图象。示二种特殊颗粒 (P) (P₁). $\times 120,000$

Fig. 18 Electron micrograph of an eosinophil leukocyte from *Aristichthys nobilis*, showing the lobular nucleus(N) and the special granules (P) (P₁). $\times 24,000$ Fig. 19 Electron micrograph of an eosinophil leukocyte from *Ctenopharyngodon idellus*. Notice the abundant polyribosomes (Pr) and the special granules (P) (P₁). $\times 30,000$ Fig. 20 Electron micrograph of a part of Fig. 18 at higher magnification, showing the special granules (P). $\times 200,000$ Fig. 21 Electron micrograph of a part of Fig. 19 at higher magnification showing the two types of special granules (P) (P₁). $\times 120,000$