

# 牛蛙外周血细胞的形态学特点

龚小玲 王米雪 汪德海 鲍宝龙\*

上海海洋大学 省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室 上海 201306

**摘要:** 本研究对雌雄牛蛙 (*Rana catesbeiana*) 外周血细胞的组成、形态、大小和数量进行了观察和统计。牛蛙外周血细胞由红细胞、白细胞以及血栓细胞组成, 其中红细胞体积最大, 平均大小(长径 × 短径)为  $(25.68 \pm 1.88) \mu\text{m} \times (16.49 \pm 1.53) \mu\text{m}$ , 扫描电镜下发现红细胞表面光滑; 血栓细胞呈卵圆形或纺锤形, 其体积最小, 平均大小为  $(8.62 \pm 1.04) \mu\text{m} \times (7.47 \pm 1.11) \mu\text{m}$ ; 白细胞由淋巴细胞、单核细胞、浆细胞、嗜中性粒细胞、嗜酸性粒细胞和嗜碱性粒细胞组成, 扫描电镜下白细胞表面粗糙不平, 有许多不规则的凸起。白细胞中淋巴细胞最多, 其中小淋巴细胞约占白细胞的  $32.66\% \pm 4.29\%$ , 大淋巴细胞约占  $6.03\% \pm 1.54\%$ ; 嗜碱性粒细胞最少, 只占  $4.78\% \pm 0.83\%$ ; 浆细胞胞体大小不一, 常呈椭圆形, 平均大小为  $(23.51 \pm 0.59) \mu\text{m} \times (22.86 \pm 0.67) \mu\text{m}$ ; 此外, 牛蛙外周血细胞中单核细胞、淋巴细胞和嗜碱性粒细胞的数量比例以及淋巴细胞和嗜碱性粒细胞的大小均有性别的差异 ( $P < 0.05$ )。

**关键词:** 牛蛙; 外周血细胞; 形态; 数量

**中图分类号:** Q952 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2015) 04-591-09

## The Morphological Characteristics of the Peripheral Hematocytes in Bullfrog (*Rana catesbeiana*)

GONG Xiao-Ling WANG Mi-Xue WANG De-Hai BAO Bao-Long\*

Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquacultural Ecology, Certificated by the Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

**Abstract:** The bullfrog (*Rana catesbeiana*), which belongs to Anura, Ranidae and *Rana*, is one of the important economic farmed animals in China. The morphological of the peripheral hematocytes in the bullfrog has not yet well known. In this study, we observed the composition and morphology of the peripheral blood cells from 20 individuals (each 10 for male and female) using Wright's staining under the light microscope or the scanning electron microscopy (SEM). The diameters of various hematocytes and their nuclei in shortest and longest axes were measured using routine methods, and the experimental data were analyzed by SPSS19.0. The results showed that the peripheral hematocytes of the bullfrog were composed of erythrocytes, leukocytes, and thrombocytes. The mean size of erythrocytes in length × width was  $25.68 \pm 1.88 \mu\text{m} \times 16.49 \pm 1.53 \mu\text{m}$  (Table 1). The surface of erythrocyte was smooth under the SEM (Plate II).

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 41176108) 和上海教委创新重点项目 (No. 14ZZ145);

\* 通讯作者, E-mail: blbao@shou.edu.cn;

**第一作者介绍** 龚小玲, 女, 副教授; 研究方向: 进化生物学; E-mail: xlgong@shou.edu.cn.

收稿日期: 2014-10-05, 修回日期: 2015-02-02 DOI: 10.13859/j.cjz.201504011

Typically, thrombocyte was ovoid or spindle-like in shape (Plate I) and it was the smallest blood cell with a mean size of  $8.62 \pm 1.04 \mu\text{m} \times 7.47 \pm 1.11 \mu\text{m}$  (Table 1). Leukocytes consisted of lymphocytes, monocytes, plasmacyts, neutrophils, eosinophils and basophils. Under the SEM, the surfaces of various leukocytes were rough with many irregular protrusions (Plate II). Lymphocytes including small and large lymphocytes occupied a high percent, small lymphocytes were found to consist of approximately  $32.66\% \pm 4.29\%$  of the total leukocytes, while large lymphocytes accounted for about 6% (Table 1). The number of the basophils were the least in the leukocytes, only accounting for about  $4.78\% \pm 0.83\%$  (Table 1). Plasmacytes were typically elliptical in shape (Plate I), and their sizes varied obviously, with the mean size  $23.51 \pm 0.59 \mu\text{m} \times 22.86 \pm 0.67 \mu\text{m}$  (Table 1). In addition, the quantitative proportion of the lymphocytes, basophils and plasmacytes and the size of lymphocytes and basophils were influenced by gender ( $P < 0.05$ ).

**Keyword:** Bullfrog (*Rana catesbeiana*); Peripheral hematocytes; Morphology; Quantity

血液是动物体内循环流动的液体组织，它在动物机体的生命活动中起着非常重要的作用（周贤君等 2008）。作为组成血液的重要成分和有形成分，血细胞是动物体内对自身生理状态变化和外界环境因子刺激非常敏感的细胞，在气体运输和机体免疫中起着重要作用（Ellis 1977）。因此，血液学经常被用来作为评估低等脊椎动物（鱼类、两栖类、爬行类）健康程度的指标（Campbell 2004）。

目前，关于低等脊椎动物血液学方面的文献报道已有许多，主要集中在在鱼类和爬行类（Work et al. 1998, 袁仕取等 1998, Fijan 2002, Azevedo et al. 2003, 张海发等 2004, Rough et al. 2005, Tavares-Dias 2006, Casal et al. 2007），在两栖动物血细胞的形态和数量方面也有一定的研究，如长趾蛙（*Rana macrodactyla*, Arserim et al. 2008）、印度树蛙（*Polypedates maculatus* Gray, Mahapatra et al. 2012）和中华大蟾蜍（*Bufo bufogargarizans*, 周庆萍等 2012）等，牛蛙（*R. catesbeiana*）作为我国引进的水产养殖品种之一，周贤君等（2010）对其血细胞做了一定的研究，但并未进行系统的分类以及积累相应的形态学数据。本文通过光镜和扫描电镜技术，较为系统地调查了雌雄牛蛙外周血细胞的组成、形态和大小等，丰富了两栖类血液学研究的内容，为牛蛙养殖产业和病害防治提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

2014年6月，实验用牛蛙从上海农工商超市购买，为江苏省金坛市永乐牛蛙养殖专业合作社饲养，体重为（ $0.23 \pm 0.28$ ）kg的健康牛蛙20只，雌雄各10只，其中雄蛙平均体重为（ $0.22 \pm 0.46$ ）kg，雌蛙平均体重为（ $0.24 \pm 0.12$ ）kg。

### 1.2 方法

**1.2.1 血细胞染色观察** 用毁髓针破坏牛蛙脊髓，昏迷后打开心腔，取心血。收集的血液立即转入加有柠檬酸钠溶液（ $0.190 \text{ mol/L}$ ）的离心管中，血液与柠檬酸钠溶液的体积比为8:1，用移液枪吹打均匀，置于 $4^\circ\text{C}$ 冰箱备用。将新鲜血液即刻制作血涂片。涂片在空气中干燥后用瑞氏染液染色5 min，再滴加pH 6.8的磷酸缓冲溶液，静置5~8 min后用蒸馏水轻轻冲洗干净，晾干封片。Nikon E200显微镜观察，拍照。

**1.2.2 扫描电镜观察** 向血液中加入2.5%戊二醛固定2 h左右，用PBS缓冲液清洗；乙醇梯度脱水：30%、50%、70%、85%、95%各1次，100%乙醇2次，每次15~20 min；醋酸异戊酯置换2次，每次20 min；放入临界点干燥仪干燥2 h左右；用导电胶将干燥后的样品粘在样品台上，放入离子溅射仪中镀金膜，最后

进行扫描电镜观察(日立扫描电子显微镜 SU3500)。

**1.2.3 各类细胞大小及白细胞分类计数** 在 Nikon Eclipse 10 × 40 倍镜下分别对雌雄个体的 30 张涂片的 300 个视野进行观察、拍照并测量细胞大小。其中,雌雄性个体的 30 张涂片分别是 10 个体的涂片,30 张涂片总计 300 个视野。每种细胞从所有涂片的所有视野随机测量 50 个细胞,求其平均值与标准差(Mean ± SD),对外周血涂片的视野中白细胞进行分类计数(differential leukocyte counts, DLC)。实验数据用 Excel 软件与 SPSS19.0 软件进行统计分析,对雌、雄牛蛙间血细胞的有关性状进行 *t* 检验。

## 2 结果

### 2.1 血细胞形态特征

**2.1.1 红细胞(erythrocyte)** 红细胞是牛蛙的外周血中最主要的组成部分,包括成熟红细胞(图版 I: 1)和未成熟的晚幼红细胞(图版 I: 1)。成熟的红细胞表面光滑,细胞核居中且呈椭圆形或圆形,核外周细胞质包围,染色质较为紧密,着色深,染色质被染成深紫红色。细胞质丰富,着色淡,呈灰蓝色。晚幼红细胞胞体比成熟红细胞略大,核较成熟红细胞的大,呈圆形,位于细胞中央,染色质结构疏松,着色较浅。另外,还见到正在分裂的红细胞(图版 I: 2),多为从核开始分裂,细胞质还是一个整体。血涂片中往往可以看到大量的核影(图版 I: 3),其形状不规则,比成熟红细胞大,染色较浅,呈粉红色,染色质极为疏松。在扫描电镜下,红细胞呈椭圆形或扁圆形,表面光滑(图版 II: 1)。

**2.1.2 血栓细胞(thrombocyte)** 在牛蛙血涂片上明显可见 2 种形态的血栓细胞, I 型胞体为梭形或纺锤形,胞核与胞体形态相似,中间处核膜与细胞膜相切,仅胞体长轴两端有少量胞质,胞核占细胞体积比例极大,染色质为深紫色,致密(图版 I: 4); II 型胞体呈圆形,

核质比较大,染色质致密,被染成深蓝色(图版 I: 5)。另外图片中还发现正在分裂的血栓细胞(图版 I: 6)。

**2.1.3 白细胞(leukocyte)** 白细胞数量较红细胞少,根据细胞质有无染色颗粒分为有粒白细胞和无粒白细胞。在有粒白细胞中,根据染色反应不同及大小不等的各种颗粒,可分为嗜中性粒细胞、嗜酸性粒细胞和嗜碱性粒细胞。无粒白细胞包括单核细胞、淋巴细胞及浆细胞。

**2.1.4 嗜中性粒细胞(neutrophil)** 牛蛙的嗜中性粒细胞(图版 I: 7, 8)多呈圆形,胞核较小,偏位,呈肾形、卵圆形等,常常一侧扁平或凹陷,染色质聚集成紧密的索块状,呈深紫红色,核膜清楚,无核仁。胞质量多,染灰红色或淡蓝色,内含中等量细小、大小较一致、分布密集的中性颗粒,呈淡紫红色或淡红色。血涂片中可见许多中性分叶核粒细胞(图版 I: 9~13),其胞核呈分叶状,叶与叶之间有细核丝相连或完全断开,或虽未断开但有明显的折痕,核常分 2~5 叶。扫描电镜下嗜中性粒细胞表面凹凸不平,折痕明显(图版 II: 2)。

**2.1.5 嗜酸性粒细胞(eosinophil)** 嗜酸性粒细胞胞体呈圆形,胞核小,呈肾形或椭圆形,位于细胞中央或偏向细胞一侧;胞质中充满着橘红色的嗜酸性颗粒,有少量褐色或紫黑色的颗粒夹杂在其中。另外,其胞核或分叶,中间由核细丝连接,如三叶核的嗜酸性粒细胞(图版 I: 14)。在扫描电镜下,嗜酸性粒细胞呈簇状,折痕较嗜中性粒细胞紧凑致密(图版 II: 3)。

**2.1.6 嗜碱性粒细胞(basophil)** 胞体较嗜中性粒略小,圆形,表面伸出细小的伪足,胞核轮廓不清楚,核染色质较模糊。胞质及胞核上有数量不多、形态不一、大小不等、排列凌乱的嗜碱性颗粒,该颗粒呈深紫黑色或深紫红色(图版 I: 15)。在扫描电镜下,嗜碱性粒细胞表面起伏不平,有层次感(图版 II: 4)。

**2.1.7 淋巴细胞(lymphocyte)** 牛蛙的淋巴细胞包括大淋巴细胞(图版 I: 16)和小淋巴

细胞（图版 I：17），其中小淋巴细胞的数量要多于大淋巴细胞。小淋巴细胞胞体较小，呈圆形或椭圆形，胞核大，几乎占细胞的全部，呈圆形或有小切迹，染色质聚集紧密呈不清晰的大块状，染深紫色。胞质较少，似裸核或仅有一抹染淡蓝色或灰蓝色胞质，一般无颗粒，有时可见胞质突起。大淋巴细胞胞体与小淋巴细胞相似，胞核圆形或椭圆形，常偏位，偶有小的凹陷，核染色质呈隐约多块状，排列紧密。胞质较多，染透明淡蓝色或灰蓝色，偶有少许深紫红色嗜苯胺蓝颗粒。在扫描电镜下，淋巴细胞分二种：T 淋巴细胞（图版 II：5, 6），细胞表面凹凸不平，有微绒毛状突起；B 淋巴细胞（图版 II：7），表面相对光滑。

**2.1.8 单核细胞 (monocyte)** 胞体呈圆形或不规则形，常可见大的假钝足或小突起。胞核较大，常呈肾形、马蹄形、S 形、分叶型或花瓣状等不规则型，可见明显的扭曲折叠、凹陷或切迹，核染色质较细致，疏松呈丝网状或条索状，表面有凹凸起伏的不平感，呈淡紫红色。胞质多，染灰蓝色或略带红色，半透明如毛玻璃样，有时在胞质边缘部分染色较深，呈不甚明显的“裙边样”结构，胞质中可见许多细小、分散、灰尘样的紫红色嗜苯胺蓝颗粒，并常见有少许细小空泡（图版 I：18 ~ 22）。涂片中还发现了幼稚单核细胞（图版 I：23）。在扫描电镜下，单核细胞表面粗糙不平，有许多不规则的突起和伪足（图版 II：8, 9）。

**2.1.9 浆细胞 (plasmacyte)** 在牛蛙血涂片上还发现了浆细胞（图版 I：24），其胞体大小不一，常呈椭圆形，边缘不规则，可有刺状突出。胞核呈圆形或不规则形，多偏于细胞一侧或部分位于胞外，染色质浓密成块。胞质丰富，染深蓝色或深紫色，不透明，常有较多小空泡，呈泡沫状。

## 2.2 各类细胞大小及白细胞分类计数

由表 1 可知，牛蛙血细胞中红细胞最大，平均大小（长径 × 短径）为  $(25.68 \pm 1.88) \mu\text{m} \times (16.49 \pm 1.53) \mu\text{m}$ ，雌、雄蛙的红细胞大小

差异不显著。白细胞中，淋巴细胞数量最多，其中小淋巴细胞约占  $32.66\% \pm 4.29\%$ ，大淋巴细胞约占  $6.03\% \pm 1.54\%$ ；其次为单核细胞、嗜中性粒细胞和嗜酸性粒细胞，嗜碱性粒细胞数量最少，只占  $4.78\% \pm 0.83\%$ 。淋巴细胞中小淋巴细胞的数量要多于大淋巴细胞。小淋巴细胞数量为雌蛙高于雄蛙 ( $P < 0.05$ )，但雌蛙的小淋巴细胞及其胞核的长径和短径均显著小于雄蛙 ( $P < 0.05$ )；大淋巴细胞数量为雌蛙高于雄蛙 ( $P < 0.05$ )，雌蛙的大淋巴细胞及其胞核的长径和短径均显著大于雄蛙 ( $P < 0.05$ )；雌蛙的单核细胞数量要低于雄蛙 ( $P < 0.05$ )，但细胞大小无显著性差异；雌、雄蛙嗜中性粒细胞和嗜酸性粒细胞的数量以及细胞大小均无显著性差异；雌蛙的嗜碱性粒细胞少于雄蛙 ( $P < 0.05$ )，但雌蛙的嗜碱性粒细胞长径和短径均显著大于雄蛙 ( $P < 0.05$ )；相比于其他类型的血细胞，血栓细胞最小，雌蛙的血栓细胞长径和短径均显著大于雄蛙 ( $P < 0.05$ )；雌、雄蛙的浆细胞大小无显著性差异。

## 3 讨论

红细胞是牛蛙外周血细胞中数量最多的血细胞，在涂片中发现大量核影存在，核影的形成过程多数与红细胞有关，红细胞核扩散，同时细胞形态由椭圆变为不规则，出现细胞膜破裂，细胞质扩散，最后只剩下逐渐扩散的细胞核。

对脊椎动物而言，进化程度越高等的种类，其红细胞体积越小，数量也越多（周庆萍等 2011）。实验测得的牛蛙红细胞大于绝大多数爬行动物的红细胞（吴孝兵等 1998），而爬行动物的红细胞又比哺乳动物的红细胞大（周贤君等 2008）（人类成熟红细胞直径  $7 \mu\text{m}$  左右，唐锦治 1984），符合进化规律。

由于两栖类动物体内缺乏像哺乳动物体内的骨髓和淋巴结那样完善的造血器官，因此在牛蛙外周血涂片中，可以发现成熟的红细胞和未成熟的晚幼红细胞，甚至直接分裂的红细胞，

表 1 牛蛙白细胞分类计数和各类细胞大小 (平均值 ± 标准差)

Table 1 Differential leukocyte counts (DLC) and the sizes of different blood cells of bullfrog (Mean ± SD)

	性别 Gender	样本量 (n) Sample size	白细胞分类计数 (%) Differential leukocyte counts (DLC)	细胞大小 Cell size	核大小 Nucleus size
				长径 (μm) × 短径 (μm) Long diameter (μm) × short diameter (μm)	长径 (μm) × 短径 (μm) Long diameter (μm) × short diameter (μm)
红细胞	♀	10		(26.18 ± 2.00) × (16.93 ± 1.39)	(9.23 ± 0.83) × (5.93 ± 0.65)
Erythrocyte	♂	10		(25.17 ± 1.70) × (16.06 ± 1.67)	(9.22 ± 0.60) × (5.94 ± 0.77)
小淋巴细胞	♀	10	33.30 ± 4.12*	(10.01 ± 0.83) × (9.34 ± 0.92) *	
Small lymphocyte	♂	10	32.36 ± 4.46*	(11.11 ± 0.66) × (9.69 ± 1.31) *	
大淋巴细胞	♀	10	6.54 ± 1.76*	(14.45 ± 1.02) × (12.68 ± 1.43) *	(14.09 ± 0.82) × (11.98 ± 1.20) *
Large lymphocyte	♂	10	5.40 ± 1.32*	(13.41 ± 0.94) × (11.87 ± 0.74) *	(13.13 ± 0.96) × (10.91 ± 0.86) *
嗜中性细胞	♀	10	17.17 ± 2.37	(17.31 ± 0.87) × (16.02 ± 0.76)	(14.57 ± 0.64) × (9.78 ± 0.73)
Neutrophil	♂	10	18.43 ± 2.06	(16.06 ± 0.91) × (15.41 ± 0.61)	(14.51 ± 0.71) × (9.79 ± 0.64)
嗜酸性粒细胞	♀	10	12.16 ± 2.18	(17.72 ± 1.07) × (15.87 ± 0.91)	
Eosinophil	♂	10	11.65 ± 2.24	(18.21 ± 0.97) × (16.93 ± 1.01)	
嗜碱性粒细胞	♀	10	4.51 ± 0.76*	(13.16 ± 0.51) × (11.9 ± 0.34) *	
Basophil	♂	10	5.05 ± 0.91*	(12.60 ± 0.55) × (10.76 ± 0.64) *	
单核细胞	♀	10	26.32 ± 2.87*	(15.81 ± 0.92) × (14.34 ± 0.90)	(12.14 ± 0.58) × (7.06 ± 0.88)
Monocyte	♂	10	27.11 ± 3.11*	(14.01 ± 0.77) × (11.87 ± 0.81)	(11.92 ± 0.83) × (7.56 ± 0.94)
血栓细胞	♀	10		(9.14 ± 1.17) × (8.14 ± 1.03) *	
Thrombocyte	♂	10		(8.11 ± 0.91) × (6.81 ± 1.19) *	
浆细胞	♀	10		(23.58 ± 0.56) × (22.97 ± 0.71)	(18.51 ± 0.48) × (15.97 ± 0.52)
Plasmacyte	♂	10		(23.43 ± 0.62) × (22.76 ± 0.62)	(17.98 ± 0.73) × (15.34 ± 0.47)

单核细胞和血栓细胞由于形态各异, 以数量最多的算。雌、雄蛙血细胞各参数相比, \* 代表  $P < 0.05$ 。

Due to different patterns of monocytes and thrombocytes, we calculated with the largest number. A symbol "\*" means  $P < 0.05$ .

这种血细胞在外周血液继续成熟的现象, 在许多硬骨鱼类如齐口裂腹鱼 (*Schizothorax prenanti*) (杨淞等 2011) 和黑鲷 (*Sparus macrocephalus*) (梅景良等 2008) 等中也有报道, 这说明外周血液不仅是牛蛙等两栖动物及硬骨鱼类血液执行功能的场所, 也是血细胞发育和继续成熟的场所。

与印度树蛙 (Mahapatra et al. 2012)、长趾蛙 (Arserim et al. 2008) 和中华大蟾蜍 (周庆萍等 2012) 等两栖动物相似, 牛蛙白细胞分为无粒型白细胞和有粒型白细胞。无粒型白细胞包括淋巴细胞和单核细胞及浆细胞; 有粒型白细胞包括嗜酸性粒细胞、嗜碱性粒细胞和嗜中性粒细胞。淋巴细胞是牛蛙外周血中最常见的白细胞之一, 其细胞大小变化较大。通常根

据其细胞形态和大小将其分为大淋巴细胞和小淋巴细胞 2 种, 小淋巴细胞胞体呈圆形, 胞质较少, 细胞表面有伪足。虽然不同淋巴细胞之间大小存在着较大差异, 但外形却基本一致, 而且与其他脊椎动物的淋巴细胞极为相似。可见淋巴细胞作为免疫防御的基础, 其结构在动物物种的系统发生过程中变化不大 (郭宪光等 2002)。

浆细胞是牛蛙血液比较少见的一类白细胞, 它是机体受到抗原刺激后, 由淋巴细胞增殖产生, 具有参与机体的体液免疫反应与合成、贮存和分泌抗体的功能 (楼允东 2000)。一般认为浆细胞多见于消化道和呼吸道固有膜的结缔组织中。

牛蛙的血栓细胞又称凝血细胞, 类似于哺

乳动物的血小板, 是一种非常不稳定的成分, 在流出的血液里它们会很快地解体, 因此它们的大小和形状很不一致(周庆萍等 2010)。由于其染色结果跟红细胞很相似, 并且胞质中未出现白细胞中颗粒状物, 因此有学者认为血栓细胞保留了红细胞的 structural 特点, 但有了功能分化, 具有凝血作用(郭宪光等 2002)。根据观察到的血栓细胞的形态特点, 笔者认为牛蛙血栓细胞是红细胞的衍生物。

性别不同的牛蛙外周血细胞的形态相似, 但是其中部分细胞的大小以及所占的比例却略有差别, 这说明牛蛙的部分血细胞的数量及大小受到性别的影响, 但具体原因还有待进一步研究。

## 参考文献

- Arserim S K, Mermer A. 2008. Hematology of the Uludağ Frog, *Rana macrocnemis* Boulenger, 1885 in Uludağ National Park (Bursa, Turkey). *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 25(1): 39–46.
- Azevedo A, Lunardi L O. 2003. Cytochemical characterization of eosinophilic leukocytes circulating in the blood of turtle (*Chrysemys dorsibignih*). *Acta Histochemica*, 105(1): 99–105.
- Campbell T W. 2004. Hematology of lower vertebrates // Proceedings of the 55th Annual Meeting of the American College of Veterinary Pathologists & 39th Annual Meeting of the American Society of Clinical Pathology. Madison. Middleton WI, USA: American College of Veterinary Pathologists & American Society for Veterinary Clinical Pathology, 15–20.
- Casal A B, Orós J. 2007. Morphologic and cytochemical characteristics of blood cells of juvenile loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Research in Veterinary Science*, 82(2): 158–165.
- Ellis A E. 1977. The leucocytes of fish: a review. *Journal of Fish Biology*, 11(5): 453–491.
- Fijan N. 2002. Morphogenesis of blood cells lineages in channel catfish. *Journal of Fish Biology*, 60(4): 999–1014.
- Mahapatra B B, Das M, Dutta S K, et al. 2012. Hematology of Indian rhacophorid tree frog *Polypedates maculatus* Gray, 1833 (Anura: Rhacophoridae). *Comparative Clinical Pathology*, 21(4): 453–460.
- Rough K M, Nowak B F, Reuters R E. 2005. Haematology and leukocyte morphology of wild caught *Thunnus maccoyii*. *Journal of Fish Biology*, 66(6): 1649–1659.
- Tavares-Dias M A. 2006. A morphological and cytochemical study of erythrocytes, thrombocytes and leukocytes in four freshwater teleosts. *Journal of Fish Biology*, 68(6): 1822–1833.
- Work T M, Raskin R E, Balazs G H, et al. 1998. Morphologic and cytochemical characteristics of blood cells from Hawaiian green turtles. *American Journal of Veterinary Research*, 59(10): 1252–1257.
- 郭宪光, 张耀光, 王志坚, 等. 2002. 中华蟾蜍血细胞的观察. *四川动物*, 21(4): 211–214.
- 楼允东. 2000. 组织胚胎学. 北京: 中国农业出版社, 111–113.
- 梅景良, 王寿昆, 祁保民, 等. 2008. 黑鲷外周血细胞的显微和超微结构观察. *热带海洋学报*, 27(2): 45–53.
- 唐锦治. 1984. 如何正确观察和分析周围血涂片. *中级医刊*, 19(9): 36–38.
- 吴孝兵, 杨红. 1998. 16种爬行动物血细胞形态学参数研究. *动物学杂志*, 33(1): 29–32.
- 杨淞, 杨世勇, 肖拉, 等. 2011. 养殖齐口裂腹鱼外周血细胞显微观察. *四川动物*, 30(2): 202–206.
- 袁仕取, 张永安, 姚卫建, 等. 1998. 鳊鱼外周血细胞显微和亚显微结构的观察. *水生生物学报*, 22(1): 39–47.
- 张海发, 王云新, 林鑫, 等. 2004. 斜带石斑鱼血液性状及生化指标的研究. *华南师范大学学报: 自然科学版*, (1): 102–107.
- 周庆萍, 黄倩. 2011. 环颈雉红细胞的显微结构观察. *河南师范大学学报: 自然科学版*, 39(1): 172–174.
- 周庆萍, 李松, 黄倩. 2010. 双团棘胸蛙血细胞的显微观察. *西北师范大学学报: 自然科学版*, 46(4): 87–90.
- 周庆萍, 周雪林, 韦国彬. 2012. 水城产中华大蟾蜍血细胞的显微观察. *河南师范大学学报: 自然科学版*, 39(4): 136–137.
- 周贤君, 代应贵, 王开功, 等. 2008. 低等脊椎动物血细胞研究概况. *水利渔业*, 28(2): 9–12.
- 周贤君, 代应贵, 王开功, 等. 2010. 不同季节牛蛙血细胞变化的研究. *贵州农业科学*, 38(7): 129–131.

## 图版 I 说明

牛蛙外周血细胞的显微图

1. 红细胞 (Er) 和晚幼红细胞 (Ore) ( $\times 200$ ) ; 2. 正在分裂的红细胞 (Die) ( $\times 200$ ) ; 3. 核影 (Ns) ( $\times 200$ ) ; 4. 梭形血栓细胞 (Th) ( $\times 200$ ) ; 5. 血栓细胞 (Th) ( $\times 400$ ) ; 6. 正在分裂的血栓细胞 (Th) ( $\times 400$ ) ; 7. 嗜中性粒细胞 (Ne) ( $\times 400$ ) ; 8 - 13. 嗜中性粒细胞 (分叶) (Sne) ( $\times 400$ ) ; 14. 嗜酸性粒细胞 (Eo) ( $\times 400$ ) ; 15. 嗜碱性粒细胞 (Ba) ( $\times 400$ ) ; 16. 大淋巴细胞 (Ll) ( $\times 200$ ) ; 17. 小淋巴细胞 (Sl) ( $\times 400$ ) ; 18 - 20. 单核细胞 (分叶) (Sm) ( $\times 400$ ) ; 21 - 22. 单核细胞 (M) ( $\times 200$ ) ; 23. 幼稚单核细胞 (Pr) ( $\times 400$ ) ; 24. 浆细胞 (P) ( $\times 400$ ) ; 标尺 =  $10 \mu\text{m}$ 。

## Explanation of Plate I

Microstructure of the peripheral hematocytes in bullfrog

1. Erythrocyte (Er) and Orthochromatic normoblast (Ore) ( $\times 200$ ); 2. Diving erythrocyte (Die) ( $\times 200$ ); 3. Nuclear shadow (Ns) ( $\times 200$ ); 4. Spindle-shaped thrombocyte (Th) ( $\times 200$ ); 5. Thrombocyte (Th) ( $\times 400$ ); 6. Diving thrombocyte (Th) ( $\times 400$ ); 7. Neutrophil (Ne) ( $\times 400$ ); 8 - 13. Neutrophilic segmented granulocyte (Sne) ( $\times 400$ ); 14. Eosinophil (Eo) ( $\times 400$ ); 15. Basophil (Ba) ( $\times 400$ ); 16. Large lymphocyte (Ll) ( $\times 200$ ); 17. Small lymphocyte (Sl) ( $\times 400$ ); 18 - 20. Monocytic segmented granulocyte (Sm) ( $\times 400$ ); 21 - 22. Monocyte (M) ( $\times 200$ ); 23. Promonocyte (Pr) ( $\times 400$ ); 24. Plasmacyte (P) ( $\times 400$ ); Bar =  $10 \mu\text{m}$ .

## 图版 II 说明

牛蛙外周血细胞的扫描电镜图

1. 红细胞 (Er) ( $\times 2000$ ) ; 2. 嗜中性粒细胞 (Ne) ( $\times 3000$ ) ; 3. 嗜酸性粒细胞 (Eo) ( $\times 2000$ ) ; 4. 嗜碱性粒细胞 (Ba) ( $\times 3000$ ) ; 5. T 淋巴细胞 (Tl) ( $\times 3000$ ) ; 6. T 淋巴细胞 (Tl) ( $\times 5000$ ) ; 7. B 淋巴细胞 (Bl) ( $\times 5000$ ) ; 8. 单核细胞 (M) ( $\times 5000$ ) ; 9. 单核细胞 (M) ( $\times 2000$ ) ; 标尺 =  $10 \mu\text{m}$ 。

## Explanation of Plate II

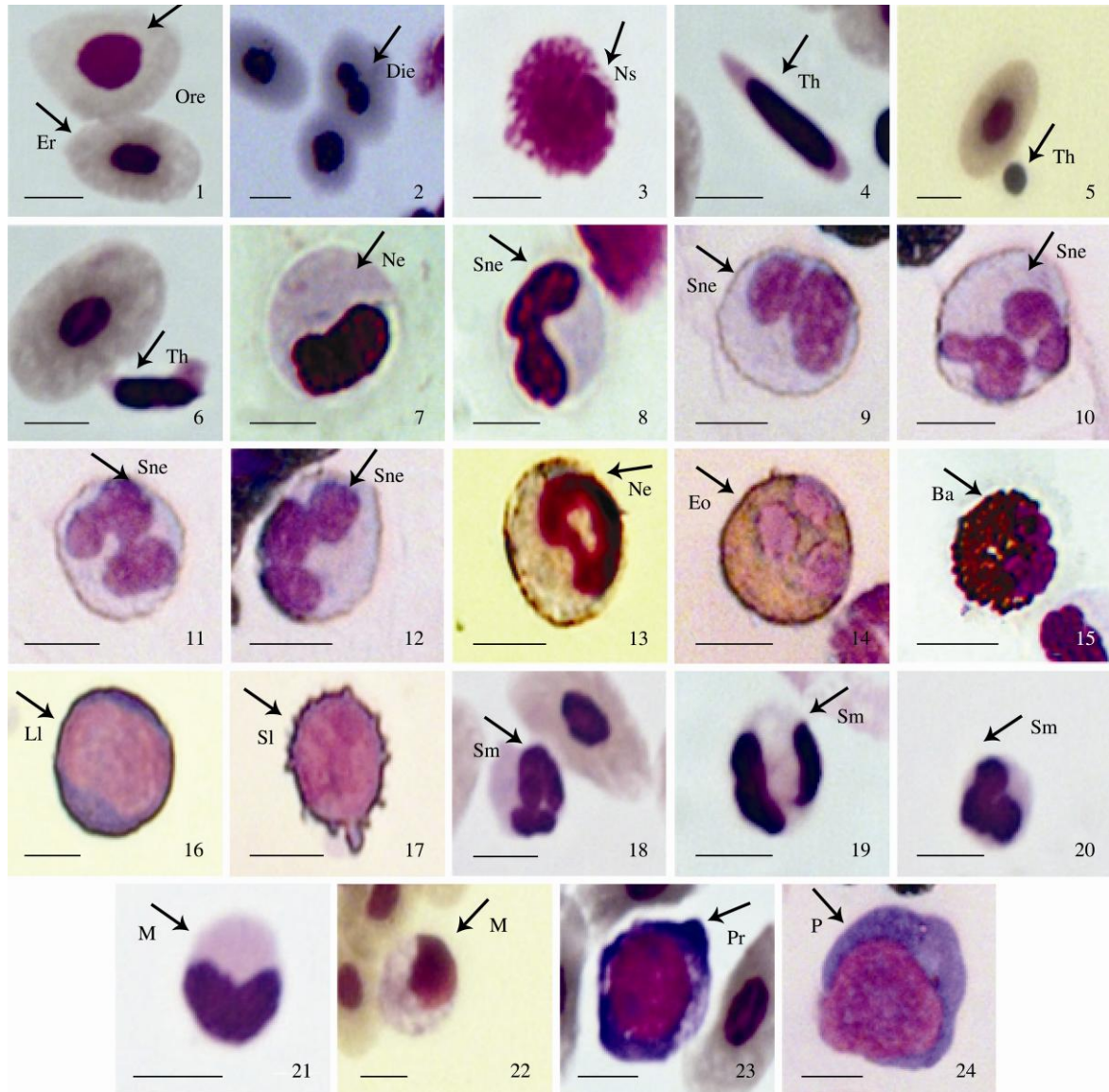
SEM figure of the peripheral hematocytes in bullfrog

1. Erythrocyte (Er) ( $\times 2000$ ); 2. Neutrophil (Ne) ( $\times 3000$ ); 3. Eosinophil (Eo) ( $\times 2000$ ); 4. Basophil (Ba) ( $\times 3000$ ); 5. Thymus-dependent lymphocyte (Tl) ( $\times 3000$ ); 6. Thymus-dependent lymphocyte (Tl) ( $\times 5000$ ); 7. Bursa oriented cells (Bl) ( $\times 5000$ ); 8. Monocyte (M) ( $\times 5000$ ); 9. Monocyte (M) ( $\times 2000$ ); Bar =  $10 \mu\text{m}$ .

龚小玲等: 牛蛙外周血细胞的形态学特点

图版 I

GONG Xiao-Ling *et al.*: The Morphological Characteristics of the Peripheral Hematocytes in Bullfrog  
(*Rana catesbeiana*)  
Plate I



图版说明见文后

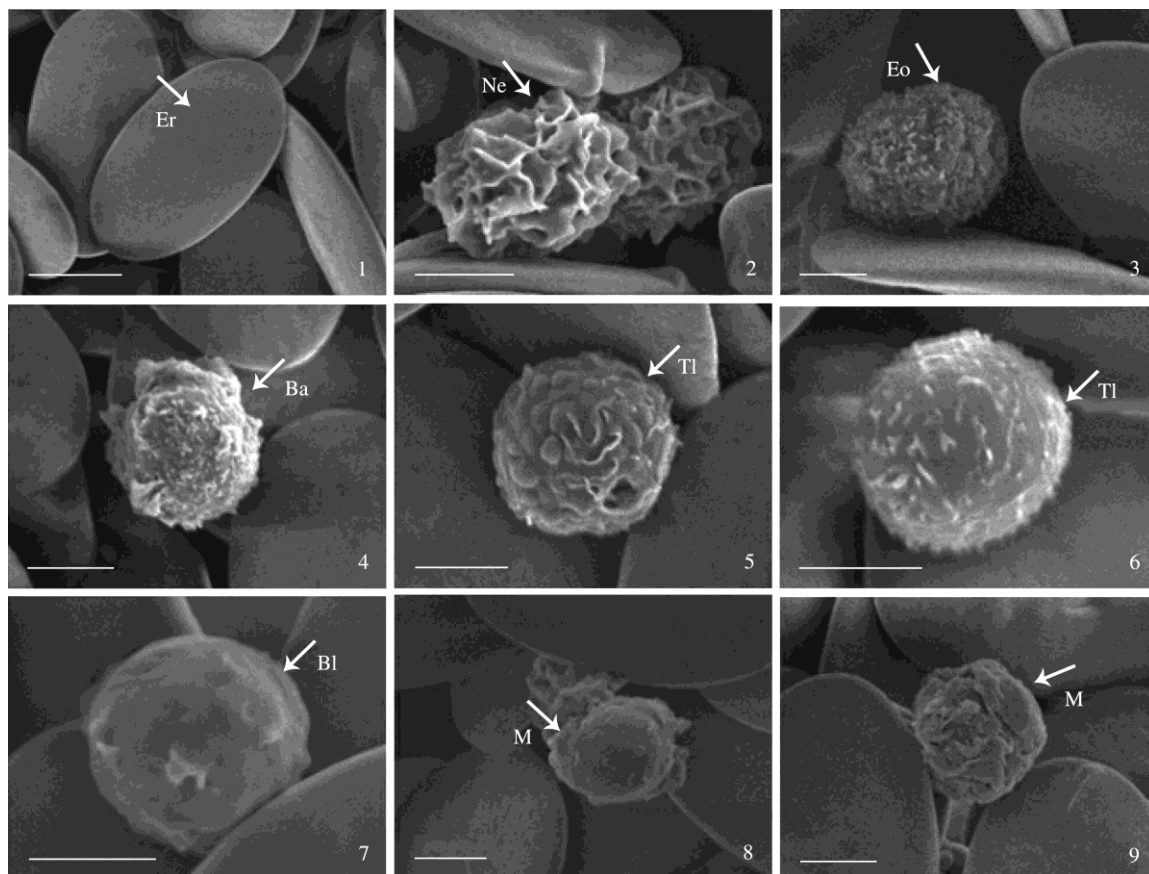


龚小玲等：牛蛙外周血细胞的形态学特点

图版 II

GONG Xiao-Ling *et al.*: The Morphological Characteristics of the Peripheral Hematocytes in Bullfrog  
(*Rana catesbeiana*)

Plate II



图版说明见文后