

文章编号: 1674-5566(2024)03-0635-11

DOI: 10.12024/jsou.20231004330

唇鲮成鱼脾和肾的解剖学与组织学特征

朱玲¹, 高心明¹, 刘思琪¹, 吕耀平¹, 戴庆敏¹, 胡则辉², 梅祖飞³

(1. 丽水学院生态学院, 浙江 丽水 323000; 2. 浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316100; 3. 金满水产苗种场, 浙江 丽水 323006)

摘要: 采用解剖、石蜡切片及H.E染色技术研究了唇鲮脾脏、头肾及中肾的解剖学与组织学特征。结果显示, 唇鲮脾脏单个, 暗红色, 呈扁平椭圆形, 脾实质被起自被膜的结缔组织隔膜分隔成许多小叶, 小叶内红髓与白髓界限不明显, 含红细胞、淋巴细胞及黑色素巨噬细胞等, 血管丰富。肾脏分为头肾和中肾。头肾位于体腔前端的心腹隔膜上方, 分左右两叶, 对称分布。头肾实质部分无肾单位, 主要由淋巴组织构成, 分红细胞聚集区和白细胞聚集区, 内含丰富的红细胞、淋巴细胞、粒细胞及一定数量的黑色素巨噬细胞, 在细胞组成上与脾脏有类似特征。中肾位于鱼体的胸腹段, 紧贴体腔背部脊椎两侧, 实质部分主要由肾单位、集合管及淋巴组织等构成; 淋巴组织在细胞组成上与头肾有相似之处, 含红细胞、淋巴细胞、粒细胞及黑色素巨噬细胞。研究结果表明, 唇鲮脾脏、头肾是机体重要的免疫和造血器官, 中肾除了泌尿功能外, 在免疫及造血中也发挥重要作用。

关键词: 唇鲮; 脾脏; 头肾; 中肾; 组织结构; 功能

中图分类号: S 917 **文献标志码:** A

免疫学研究是鱼类病害防治和健康养殖的生物学基础。鱼类的免疫系统由免疫器官、免疫细胞及相关免疫因子等构成^[1-2]。脾脏和头肾是鱼类重要的免疫与造血器官, 参与早期免疫反应和免疫细胞的产生及免疫因子的生成, 是鱼类免疫学研究的热点。脾脏通常位于胃大弯或肠曲附近, 形成通常晚于头肾^[3-6], 是红细胞、淋巴细胞及粒细胞等贮存和成熟的主要场所^[7], 在过滤和清除外源物质、细胞碎片及衰老的血细胞等方面发挥重要作用^[8-9]。头肾通常位于食道背面、胸腔内咽退缩肌上方两侧, 在幼体时执行排泄功能, 后特化为淋巴器官, 内含红细胞、淋巴细胞及粒细胞等^[7], 能在机体受到病原菌刺激时快速做出免疫反应^[10-11]。

中肾, 也称体肾, 位于头肾后方, 紧贴脊椎两侧, 其内含肾小体、肾小管及集合管等, 是鱼类重要的泌尿器官, 参与水、盐离子、葡萄糖等的重吸收, 是水、盐平衡, 渗透压调节研究的热门器官^[7]。

然而, 一些研究暗示中肾可能在机体免疫和造血中发挥作用。例如, 西藏墨头鱼(*Garra kempfi*)^[12]、食蚊鱼(*Ambusia affinis*)^[13]及卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)^[14]中肾存在淋巴细胞; 钟爱华等^[15]利用转录组测序技术发现黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)中肾在免疫防御中发挥重要作用。因此, 鱼类中肾的造血与免疫功能值得进一步关注。

唇鲮(*Hemibarbus labeo*)属鲤形目、鲤亚目、鲤科、鲮属(*Hemibarbus*), 在我国台湾各水系、闽江、钱塘江、长江、黄河、黑龙江等水系均有分布^[16], 其肉质鲜美, 富含营养^[17], 是重要的增养殖种, 开发利用前景广阔。目前关于唇鲮的研究已涉及肌间刺骨化机制^[18-20]、肌肉营养成分^[17, 21]、生长性能^[22-23]、分子免疫^[24-25]及群体遗传学等方面^[26-27], 但关于唇鲮脾脏和肾脏等器官的组织形态学研究未见报道。

目前, 关于脾脏与头肾组织学的比较研究已

收稿日期: 2023-10-14 修回日期: 2024-01-24

基金项目: 浙江省自然科学基金(Y3110477); 浙江省丽水市科技局项目(2018RC01); 丽水学院研究生科研创新项目(YKY24030)

作者简介: 朱玲(2000—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水产动物免疫学。E-mail: zhuling202306@163.com

通信作者: 吕耀平, E-mail: yaopinglv@163.com

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

在银鲳 (*Pampus argenteus*)^[28]、鲮 (*Mugil cephalus*)^[29]及条石鲷 (*Oplegnathus fasciatus*)^[30]中报道;关于中肾作为排泄器官的研究也已在西藏墨头鱼等^[12]中报道,但将中肾作为造血与免疫器官,并将其与鱼类典型免疫器官组织学特征的比较研究鲜有报道。本文采用解剖、石蜡切片及H.E染色技术研究了唇鲳成鱼脾脏与头肾的组织学特征;在分析中肾泌尿功能的同时,比较了中肾淋巴组织与脾脏和头肾淋巴组织的细胞组成,从而探究唇鲳脾脏、头肾、中肾在免疫与造血等方面的功能。研究结果支持中肾是鱼类重要的造血与免疫器官这一观点,并为进一步研究唇鲳的免疫机能,开发免疫防治与健康养殖技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用鱼取自丽水金满水产苗种场。2023年7月从养殖池塘中采集健康无伤,活力良好的唇鲳成鱼8尾,并迅速运回实验室。实验鱼体质量、全长及体长分别为 (133.7 ± 12.8) g、 (24.5 ± 0.6) cm及 (20.5 ± 0.5) cm。

1.2 实验方法

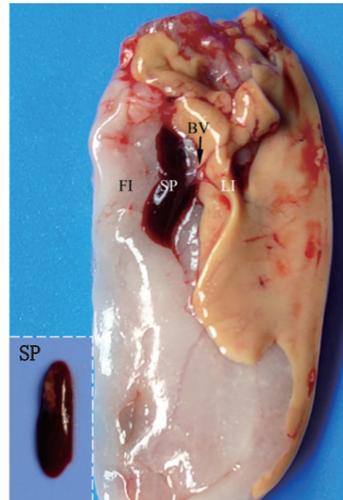
将从养殖场取回的唇鲳暂养在养殖桶中,解剖前用MS-222(50 mg/L)对唇鲳进行麻醉,在测定其体质量、全长及体长后,将唇鲳放置在冰盘上解剖,并观察脾脏和肾脏的解剖学特征;随后取适宜大小的脾脏、头肾及中肾组织固定于波恩氏液中,24 h后对固定组织进行梯度酒精脱水、石蜡包埋。包埋块经切片后制成7 μ m厚的连续切片,H.E(苏木精-伊红)染色后,利用中性树脂封片,待自然晾干后,在尼康NI-U显微镜下进行观察、分析并拍照记录;利用Image J软件和拍照后的图片测量肾小体与细胞直径。三条鱼用于测量分析,每条鱼随机选取3个视野的肾小体进行测量,取肾小体长径和短径的平均值作为直径的结果;参考SAYED等^[31]、ABDEL-AZIZ等^[32]、MOKHTAR^[33]及晋伟等^[34]的研究鉴定红细胞、淋巴细胞、粒细胞,黑色素巨噬细胞及椭圆体结构;测量细胞直径时,每条鱼随机选取10个以上细胞进行测量。

2 结果

2.1 唇鲳脾脏的解剖学与组织学特征

2.1.1 唇鲳脾脏的解剖学特征

唇鲳脾脏单个,位于肝脏与前肠之间,有血管与肝脏相连,其表面光滑,色暗红,呈扁平椭圆形,具有两端圆滑、腹面平、背部略隆起的特征(图1)。



BV. 血管;FI. 肠上的脂肪组织;LI. 肝脏;SP. 脾脏。
BV. blood vessel; FI. fat on the intestine; LI. liver; SP. spleen.

图1 唇鲳脾脏的解剖学特征

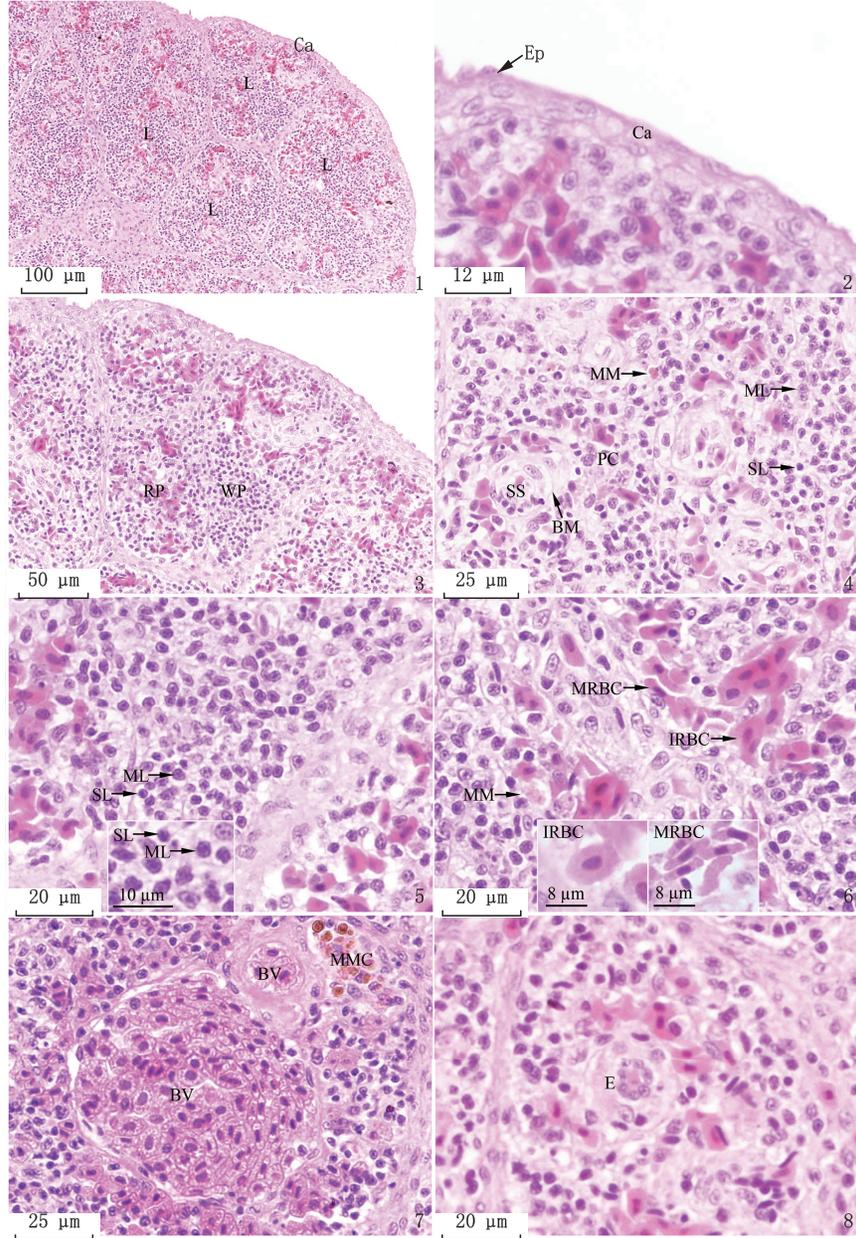
Fig. 1 Anatomical features of *H. labeo* spleen

2.1.2 唇鲳脾脏的组织学结构

显微观察发现,唇鲳脾脏外层为结缔组织形成的被膜,其外覆盖有一层扁平上皮细胞(图版 I -1,2)。被膜下为脾脏的实质,被起自被膜的结缔组织隔膜分隔成许多小叶(图版 I -1,3)。隔膜中无明显的肌纤维结构;小叶由分界不明显的红髓和白髓组成;红髓内红细胞含量较多,因其细胞质被伊红染成红色,故在组织切片中红髓部分整体常呈鲜红色;白髓主要由淋巴细胞组成,因其细胞质着色浅或不着色,故在组织切片中白髓部分整体常呈蓝色(细胞核的颜色;图版 I -3)。红髓内含脾窦和脾索,脾窦外被基底膜围绕,内衬不连续上皮,上皮细胞核明显,向窦腔内凸出,腔内含红细胞(图版 I -4)。脾窦之间为脾索区域,由红细胞、淋巴细胞等组成(图版 I -4)。白髓区域淋巴细胞数量多且密集,主要由大淋巴细胞和小淋巴细胞等组成(图版 I -5)。红细胞分为成熟红细胞和未成熟红细胞,成熟红细胞与其细胞核呈长椭圆形(图版 I -6),细胞大小约为

11.9 μm \times 3.4 μm ,未成熟红细胞与其细胞核呈椭圆形(图版 I -6),细胞大小约为 13.1 μm \times 8.6 μm ;黑色素巨噬细胞因发育阶段不同而着色深浅不一,呈棕黄色或黑色。脾实质中血管网络丰富,常能观察到血管壁较薄的静脉和分布在其旁的

管壁较厚的小动脉(图版 I -7);具有椭圆体结构(图版 I -8)。黑色素巨噬细胞游离在脾脏实质中,单个零散分布或聚集形成黑色素巨噬细胞中心,在红髓和白髓中均有出现,常能观察到在血管附近分布(图版 I -7)。



1. 示被膜和小叶;2. 示被膜;3. 示红髓和白髓;4. 示脾窦和脾索;5. 示白髓、大淋巴细胞及小淋巴细胞;6. 示成熟红细胞和未成熟红细胞;7. 示血管及黑色素巨噬细胞中心;8. 示椭圆体。BM. 基膜;BV. 血管;Ca. 被膜;E. 椭圆体;Ep. 上皮细胞;IRBC. 未成熟红细胞;L. 小叶;ML. 大淋巴细胞;MM. 黑色素巨噬细胞;MMC. 黑色素巨噬细胞中心;MRBC. 成熟红细胞;PC. 脾索;RP. 红髓;SS. 脾窦;SL. 小淋巴细胞;WP. 白髓。

1. Capsule and lobule; 2. Capsule; 3. Red pulp and white pulp; 4. Splenic cord and splenic sinus; 5. White pulp, macrolymphocyte and small lymphocyte; 6. Mature and immature red blood cell; 7. Blood vessel and melano-macrophage center; 8. Ellipsoid. BM. basement membranae; BV. blood vessel; Ca. capsule; E. ellipsoid; Ep. epithelium; IRBC. immature red blood cell; L. lobule; ML. macrolymphocyte; MM. melano-macrophage; MMC. melano-macrophage center; MRBC. mature red blood cell; PC. splenic cord; RP. red pulp; SS. splenic sinus; SL. small lymphocyte; WP. white pulp.

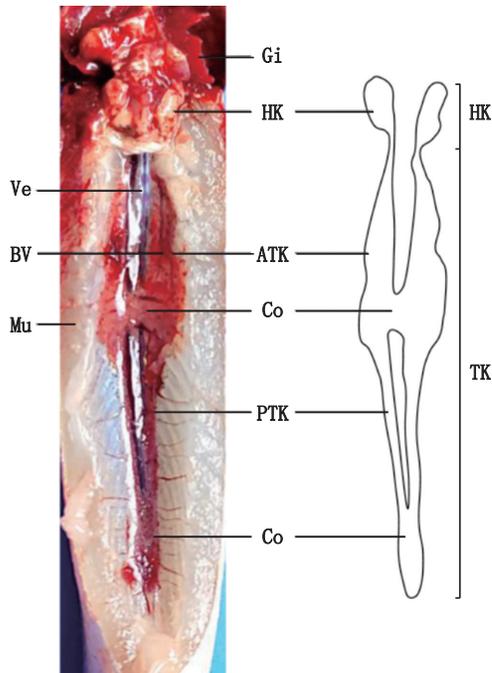
图版 I 唇鲮脾脏的组织学特征

Plate I Histological features of *H. labeo* spleen

2.2 唇鲷肾脏的解剖学与组织学特征

2.2.1 唇鲷肾脏的解剖学特征

唇鲷肾脏可明显地分为头肾和中肾(图2)。头肾位于体腔前端的心腹隔膜上方,与胸腔内咽退缩肌相连,呈浅粉黄色,扁平状,分为左右两叶,两侧对称分布,互不相连(图2)。中肾位于鱼体的胸腹段,紧贴体腔背部脊椎两侧,呈红褐色,内部血管网络发达,整个中肾为扁平长条状,左右两侧中肾在中部膨大愈合,后分叉、变窄,并再次在临近泄殖孔处愈合(图2)。



ATK. 中肾前段;BV. 血管;Co. 中肾的愈合部位;Gi. 鳃;HK. 头肾;Mu. 肌肉;PTK. 中肾后段;TK. 中肾;Ve. 脊椎。

ATK. antierius segmentum of trunk kidney; BV. blood vessel; Co. coalescent part of trunk kidney; Gi. gill; HK. head kidney; Mu. muscle; PTK. segmenta posterius of trunk kidney; TK. trunk kidney; Ve. vertebra.

图2 唇鲷肾脏的解剖学特征

Fig. 2 Anatomical features of *H. labeo* kidney

2.2.2 唇鲷头肾的组织学结构

显微观察发现,唇鲷的头肾由被膜和实质两部分构成。被膜为网状结构的结缔组织,厚度分布不均,轮廓也不规则,有的区域仅一层极薄的胶原纤维膜(图版II-1)。实质中无肾小体和肾小管,具有红细胞聚集区和白细胞聚集区,白细胞聚集区面积较大(图版II-1)。红细胞包含成熟红细胞和未成熟红细胞(图版II-2)。白细胞聚集区主要由淋巴细胞与粒细胞等组成。淋巴细胞与

粒细胞常聚集成群(图版II-3,4)。粒细胞呈椭圆形,细胞核偏位于细胞一侧,细胞质丰富,能被伊红着色,颜色较红细胞浅(图版II-3)。头肾的实质中还具有零散分布的黑色素巨噬细胞或其聚集成群形成的黑色素巨噬细胞中心;黑色素巨噬细胞中心多分布在白细胞聚集区(图版II-5)。此外,头肾中还分布着丰富的血管(图版II-6)。

2.2.3 唇鲷中肾的组织学结构

由于中肾前后较长,对其组织学特征进行了分段分析,以中间愈合部位为分界,愈合部位前的为前段,愈合部位后的为后段(图2)。对中肾前段分析发现,其最外层有被膜覆盖,为一层极薄的胶原纤维膜(图版III-1,2)。实质部分主要由肾单位、集合管及淋巴组织等构成(图版III-1)。

肾单位由肾小体和肾小管构成。肾小体直径(54.7 ± 9.8) μm ,由肾小球和外层包裹的肾小囊两部分构成,在肾中单个(图版III-3),或2-3个聚集分布(图版III-4,5)。肾小管分为颈段、近曲小管及远曲小管。颈段位于肾小管最前端,管体和管腔狭窄,由单层立方上皮细胞构成,细胞游离面刷状缘不明显(图版III-6)。近曲小管根据其细胞结构特点和连接顺序,可大致分为第一近曲小管(近曲小管前段)和第二近曲小管(近曲小管后段)。第一近曲小管前端与颈段相连,管径较颈段明显增大;仍由单层立方上皮细胞构成,细胞游离面刷状缘较颈段明显(图版III-6)。第二近曲小管结构与第一近曲小管类似,管体和管腔直径比第一近曲小管略大(图版III-6)。远曲小管位于近曲小管后,管体和管腔明显增大,细胞游离面刷状缘不发达(图版III-7)。集合管较远曲小管大,管腔刷状缘不明显(图版III-7)。

淋巴组织分布在肾单位、集合管及血管以外的区域,在细胞组成上与头肾类似,也存在红细胞聚集区和白细胞聚集区(图版III-1,3),含红细胞、淋巴细胞及粒细胞(图版III-3,8)。此外,与脾脏、头肾类似,黑色素巨噬细胞散落或聚集成黑色素巨噬细胞中心分布在中肾淋巴组织中(图版III-8)。

对中肾后段进行显微观察,在组成上未发现与前段存在明显区别,也由肾单位、集合管及淋巴组织等构成。

3 讨论

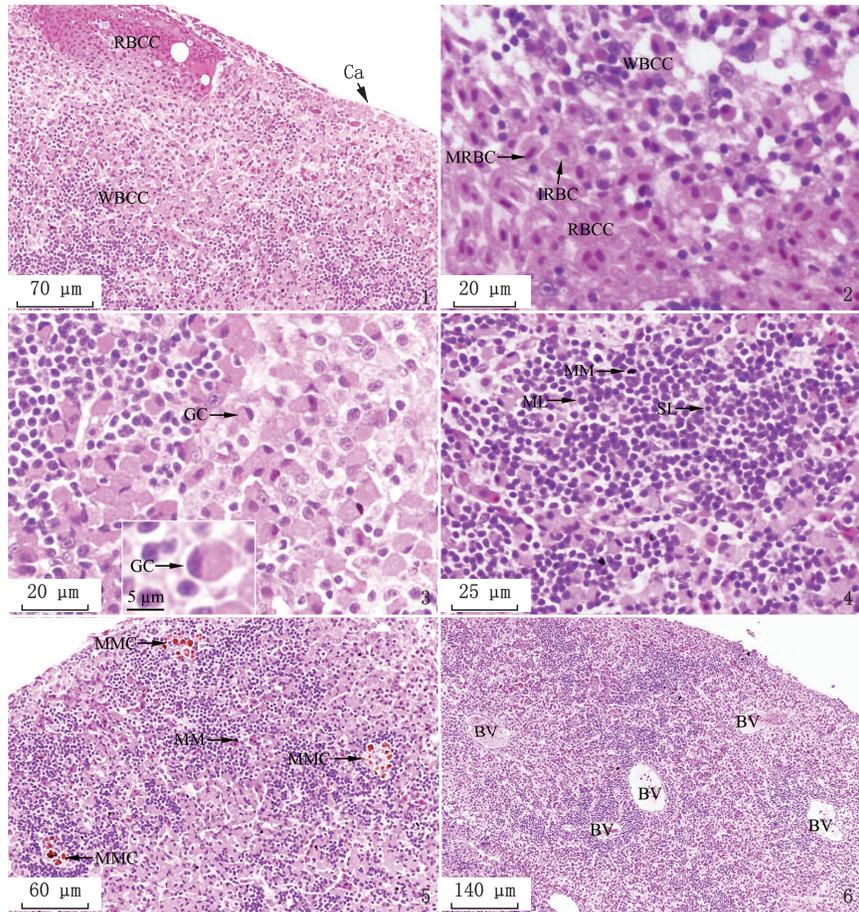
3.1 脾脏的结构特征

据研究,鱼类脾脏的组织形态存在一定差异,主要表现为被膜和红、白髓上的差异。鱼类脾脏被膜发达程度低,大多数鱼类的被膜由薄层结缔组织、单层上皮细胞或多层上皮细胞构成,如驼背鲈(*Cromileptes altivelis*)^[35]、鲮^[29]及黄颡鱼^[36]的脾脏被膜;但也有少数鱼类被膜仅由薄层结缔组织组成,如银鲳和条石鲷的脾脏被膜^[28,30]。唇鲮脾脏被膜由结缔组织形成,其外覆盖有一层单层扁平上皮细胞。脾脏实质部分常被划分为红髓和白髓,通常软骨鱼类脾脏大,主要发挥造血功能,红髓和白髓分界明显^[8];与之不同,唇鲮脾脏中红、

白髓界限不明显,符合硬骨鱼类脾脏的特点。

3.2 肾脏的结构特征与泌尿功能

鱼类的胚胎期,未发育完成的头肾具有泌尿功能,但大部分鱼类,如黄颡鱼和驼背鲈^[35-36]等成体后,头肾由淋巴组织构成,不具有肾单位,表明成鱼头肾泌尿功能已退化消失。但有些鱼类成体后仍保留肾单位,如成年弹涂鱼(*Periophthalmus koelreuteri*)体内分布有功能性肾单位,且头肾的肾单位与其中肾的典型肾单位无明显区别,暗示其成鱼头肾仍保留泌尿功能^[37];OH等^[38]在无备平鲷(*Sebastes inermis*)、许氏平鲷(*Sebastes schlegelii*)及汤氏平鲷(*Sebastes thompsoni*)成鱼头肾中也检测到丰富的肾单位。唇鲮成鱼头肾中不含肾单位,不具有泌尿功能。

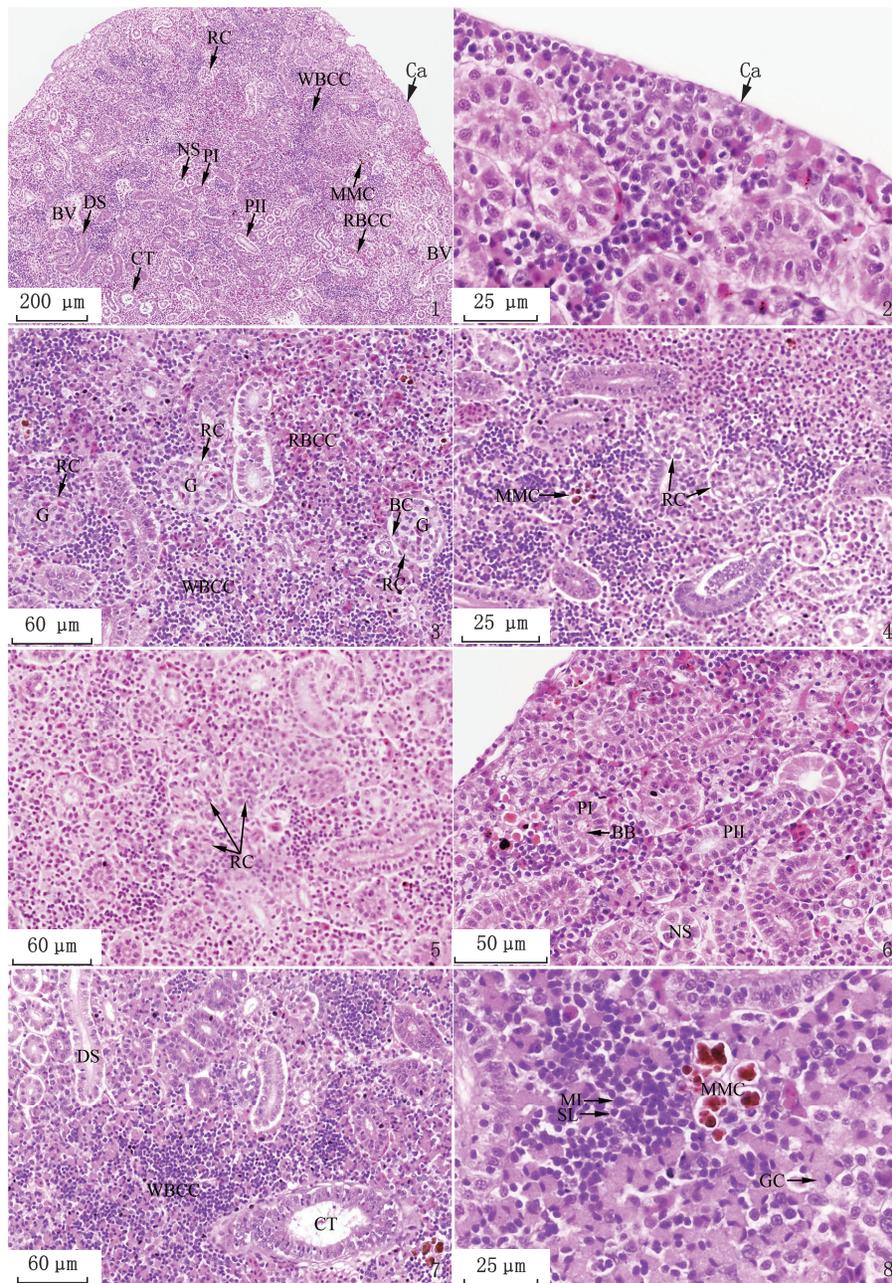


1. 示被膜和实质部分;2. 示红细胞聚集区;3. 示聚集的粒细胞;4. 示聚集的淋巴细胞;5. 示黑色素巨噬细胞中心;6. 示血管。BV. 血管;Ca. 被膜;GC. 粒细胞;IRBC. 未成熟红细胞;ML. 大淋巴细胞;MM. 黑色素巨噬细胞;MMC. 黑色巨噬细胞中心;MRBC. 成熟红细胞;RBCC. 红细胞聚集区;SL. 小淋巴细胞;WBCC. 白细胞聚集区。

1. Capsule and substantial composition of head kidney; 2. Red blood cells center; 3. Granulocyte; 4. Lymphocyte; 5. Melano-macrophage center; 6. Blood vessel. BV. blood vessel; Ca. capsule; GC. granulocyte; IRBC. immature red blood cells; ML. macrolymphocyte; MM. melano-macrophage; MMC. melano-macrophage center; MRBC. mature red blood cell; RBCC. red blood cells center; SL. small lymphocyte; WBCC. white blood cells center.

图版 II 唇鲮头肾的组织结构

Plate II Histological features of *H. labeo* head kidney



1. 示中肾被膜和实质部分;2. 示中肾被膜;3. 示单个分布的肾小体、红细胞聚集区及白细胞聚集区;4. 示2个肾小体聚集分布;5. 示3个肾小体聚集分布;6. 示颈段和近曲小管;7. 示远曲小管和集合管;8. 示淋巴细胞、粒细胞及黑色素巨噬细胞中心。BB. 刷状缘;BC. 肾小囊;BV. 血管;Ca. 被膜;CT. 集合管;DS. 远曲小管;G. 肾小球;GC. 粒细胞;ML. 大淋巴细胞;MMC. 黑色素巨噬细胞中心;NS. 颈段;PI. 第一近曲小管;PII. 第二近曲小管;RBCC. 红细胞聚集区;RC. 肾小体;SL. 小淋巴细胞;WBCC. 白细胞聚集区。

1. Capsule and substantial composition of trunk kidney; 2. Capsule; 3. Single renal corpuscle; 4. Two clustered renal corpuscle; 5. Three clustered renal corpuscle; 6. Neck segment and proximal segment; 7. Distal segment and collecting segment; 8. Lymphocyte, granulocyte and melano-macrophage center. BB. brush border; BC. bowman corpuscle; BV. blood vessel; Ca. capsule; CT. collecting segment; DS. distal segment; G. glomerular; GC. granulocyte; ML. macrolymphocyte; MMC. melano-macrophage center; NS. neck segment; PI. the primary proximal segment; PII. the second proximal segment; RBCC. red blood cells center; RC. renal corpuscle; SL. small lymphocyte; WBCC. white blood cells center.

图版 III 唇鲷中肾前段的组织结构

Plate III Histological features of antierius segmentum of trunk kidney in *H. labeo*

中肾是鱼类重要的泌尿器官,参与机体渗透压调节。本研究发现唇鲷中肾前、后段均含有丰富的肾小体、肾小管及集合管结构,与中肾作为

唇鲷泌尿器官功能相符。唇鲷肾小管腔面具有刷状缘,与已报道的鲛鱼(*Liza haematocheila*)中的发现相似^[39]。刷状缘是由丰富的微绒毛密集

排列形成的显微结构^[40-41],有利于扩大细胞的表面积。唇鲮等鱼类肾小管腔面丰富的刷状缘,表明肾小管在水分、盐离子等的重吸收方面发挥重要作用。

肾小体的大小、数量与鱼类泌尿及渗透压调节功能密切相关。据研究,海水与淡水鱼肾小体的大小、结构及数量存在较大差异;海水鱼由于生活在高渗透环境中,体内水分会向海水渗透,作为一种适应,海水鱼需要从环境中摄入水分,并减少排尿量以维持体内外水的平衡;与之相反,淡水鱼生活在低渗环境中,水分会从环境进入体内,为维持体内外渗透压平衡,淡水鱼需要从体内排出多余水分,排尿量增加;因此,海水鱼肾小体数量一般较淡水鱼少,体积较淡水鱼小^[42]。有研究认为可利用肾小体大小对鱼类分类,淡水鱼类为第一大类,肾小体直径大于或等于60 μm ,而海水鱼为第二大类,肾小体直径小于60 μm ^[42]。唇鲮为淡水鱼类,其中肾具有较丰富的肾小体,但肾小体直径为 $(54.7 \pm 9.8) \mu\text{m}$,略小于60 μm 。在淡水鱼中,这种相对较小的肾小体直径(48.5 μm)在白甲鱼(*Varicorhinus simus*)中也有报道^[43]。温龙岚等^[12]认为淡水鱼肾小体大小与体型存在一定关系,鱼体型越大,肾小体直径越小;大型淡水鱼的肾小体绝对数与体质量的比值大于小型鱼类,小型淡水鱼更趋向于增大肾小球以更好地维持水盐平衡。唇鲮相对较小的肾小体直径暗示其可能会通过增加肾小体数量以更好地维持水盐平衡。

3.3 脾脏、头肾及中肾的造血与免疫功能

脾脏与头肾被认为是鱼类的造血与免疫器官^[7]。在唇鲮中,脾脏与头肾组织中存在丰富的血细胞,如红细胞和淋巴细胞,这一结果与两器官作为造血与免疫器官相符。此外,唇鲮中肾也具有丰富的血细胞,表明中肾也是唇鲮重要的造血与免疫器官。

在唇鲮中,脾脏具有椭圆体结构,而在头肾与中肾中未观察到类似结构。椭圆体是毛细血管特化的结构,在过滤和清除衰老的血细胞中发挥作用^[8-9]。椭圆体还是重要的血脾屏障,来源于血液的异物会被椭圆体周围的巨噬细胞吞噬^[44-45];血液来源的病原体、抗原-抗体复合物,可由椭圆体经巨噬细胞传递至白髓的淋巴细胞,产生抗体^[8-9]。唇鲮脾脏存在典型的椭圆体结构,可

能也是重要的血脾屏障,在滤血、抗原提呈、启动特异性免疫过程中发挥重要作用。

脾脏、头肾、中肾都具有丰富的血细胞,但脾脏红细胞含量较头肾和中肾丰富。脾脏除了是造血器官外还是重要的贮血器官^[7-8],这可能是唇鲮脾脏观察到较多红细胞的重要原因。本研究观察到红细胞具有两种典型的形态,一种是细胞和细胞核均呈椭圆形,属未成熟红细胞^[34],另一种是细胞和细胞核呈长椭圆形,体积更小,为成熟红细胞^[34]。与哺乳动物不同,鱼类成熟红细胞通常含细胞核^[34],唇鲮成熟红细胞也具这一特点。

本研究在头肾和中肾观察到丰富的粒细胞,脾脏粒细胞不如头肾和中肾丰富,暗示(非免疫条件下)唇鲮头肾和中肾是粒细胞产生的主要场所。粒细胞是细胞质中具有颗粒性物质的一类白细胞,分为中性粒细胞、嗜酸性粒细胞及嗜碱性粒细胞^[7,34]。鱼类粒细胞通常以中性粒细胞为主,嗜酸性与嗜碱性粒细胞通常较少^[7,34]。本研究根据细胞形态、细胞核形态、位置、核质比初步鉴定出头肾与中肾具有丰富的粒细胞,这些粒细胞胞质被伊红着色,颜色较红细胞略浅。根据鱼类粒细胞主要以中性粒细胞为主的特点,判断这些细胞多为中性粒细胞。中性粒细胞具有趋化性,能参与炎症反应,吞噬病原体^[7,34]。唇鲮头肾与中肾的这些粒细胞可能在病原入侵时通过吞噬作用参与机体免疫。

淋巴细胞是唇鲮脾脏白髓的主要成分,并在头肾与中肾中也大多成群分布。淋巴细胞是参与机体免疫应答的重要成员,参与抗体生成、分泌细胞因子^[46],可能在唇鲮遭受病原体入侵时发挥重要作用。

唇鲮脾脏、头肾、中肾的另一特点是具有黑色素巨噬细胞与黑色素巨噬细胞中心。黑色素巨噬细胞经H.E染色后呈黄色或黑色,这种颜色的呈现可能与黑色素巨噬细胞内含有黑色素、脂褐素和含铁血黄素有关^[8-9]。黑色素巨噬细胞具有吞噬胞外异物、细胞碎片的功能,并能将抗原提呈至淋巴细胞^[8-9]。本研究在唇鲮脾脏、头肾、中肾中观察到丰富的黑色素巨噬细胞进一步说明这些器官在机体免疫中的重要作用。

中肾常被作为鱼类泌尿器官进行研究^[12-14],但是一个明显的特征是,肾单位之间分布有丰富

的血细胞及黑色素巨噬细胞。考虑到中肾体积一般较头肾大,中肾血细胞与黑色素巨噬细胞总量可能不少于头肾。因此,中肾是不容忽视的造血与免疫器官。与此观点相符,在黄颡鱼中,*CCL25*、*C5*、*C9*、*RIG-I*及*IL-17RC*等免疫相关基因在中肾的表达量甚至显著高于头肾^[15];在虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)中,病毒感染下,中肾具有强烈的免疫反应^[47]。这些结果支持中肾是鱼类重要的免疫与造血器官这一观点,值得在研究鱼类免疫学时重点关注。

4 结论

器官的结构与其功能密切适应,研究器官的解剖学和组织学特征可为揭示其功能提供重要参考。本文系统研究了唇鲮脾脏和肾脏的解剖学和组织学特征。唇鲮脾脏单个,位于肝脏与前肠之间,实质部分被起自被膜的结缔组织隔膜分隔成许多小叶,由界限不明显的红髓和白髓构成,内含丰富的红细胞和淋巴细胞,并存在较多的黑色素巨噬细胞,是唇鲮重要的免疫和造血器官。肾脏分为头肾和中肾。头肾无肾单位,实质部分主要由红细胞和白细胞聚集区构成,内含丰富的红细胞、淋巴细胞、粒细胞及一定数量的黑色素巨噬细胞,不具泌尿功能,但在机体免疫和造血中发挥重要作用。中肾实质部分包含丰富的肾小体及肾小管,是唇鲮的泌尿和渗透压调节器官;与头肾类似,中肾也具有淋巴组织,其内含红细胞、淋巴细胞、粒细胞及黑色素巨噬细胞,表明中肾还是唇鲮重要的免疫与造血器官,值得在研究免疫学时关注。

本研究首次报道唇鲮脾脏和肾脏的形态和组织学特征,系统揭示了两器官的结构和细胞组成,为唇鲮的免疫学和渗透压调节机制研究提供了形态学基础,从而为唇鲮病害防治和健康养殖研究提供了有用参考。

参考文献:

- [1] BILLER-TAKAHASHI J D, URBINATI E C. Fish Immunology. The modification and manipulation of the innate immune system: Brazilian studies [J]. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 2014, 86(3): 1483-1495.
- [2] DE MELO SOUZA D, DOS SANTOS M C, CHAGAS E C. Immune response of teleost fish to helminth parasite infection [J]. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, 2019, 28(4): 533-547.
- [3] 佟雪红,徐世宏,刘清华,等. 大菱鲆早期发育过程中免疫器官的发生[J]. *海洋科学*, 2011, 35(6): 62-67.
TONG X H, XU S H, LIU Q H, et al. Ontogeny of immune organs during early developmental stages of turbot [J]. *Marine Sciences*, 2011, 35(6): 62-67.
- [4] 蔡文超,区又君,李加儿,等. 卵形鲳鲹免疫器官的早期发育[J]. *南方水产科学*, 2012, 8(5): 39-45.
CAI W C, OU Y J, LI J E, et al. Development of immune organs at early stages of *Trachinotus ovatus* [J]. *South China Fisheries Science*, 2012, 8(5): 39-45.
- [5] 徐革锋,刘洋,牟振波,等. 细鳞鲑早期发育过程中免疫器官发生[J]. *中国水产科学*, 2012, 19(4): 568-576.
XU G F, LIU Y, MOU Z B, et al. Ontogeny of immune organs during early developmental stages of *Brachymystax lenok* [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2012, 19(4): 568-576.
- [6] 万玉芳,邸军,田波,等. 中华鲟免疫器官的早期发育[J]. *中国水产科学*, 2019, 26(6): 1096-1104.
WAN Y F, DI J, TIAN B, et al. Ontogeny of immune organs during early developmental stages of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2019, 26(6): 1096-1104.
- [7] 李霞. 水产动物组织胚胎学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
LI X. *Histoembryology of aquatic animals* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [8] FÄNGE R, NILSSON S. The fish spleen: structure and function [J]. *Experientia*, 1985, 41(2): 152-158.
- [9] ZAPATA A G. The fish spleen [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2024, 144: 109280.
- [10] SONG Y T, DONG X Z, HU G B. Transcriptome analysis of turbot (*Scophthalmus maximus*) head kidney and liver reveals immune mechanism in response to *Vibrio anguillarum* infection [J]. *Journal of Fish Diseases*, 2022, 45(7): 1045-1057.
- [11] MAEKAWA S, WANG P C, CHEN S C. Differential expression genes of the head kidney and spleen in *Streptococcus iniae*-infected East Asian fourfinger threadfin fish (*Eleutheronema tetradactylum*) [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023, 24(4): 3832.
- [12] 温龙岚,石禹,王志坚. 西藏墨头鱼泌尿系统结构[J]. *重庆师范大学学报(自然科学版)*, 2008, 25(4): 8-11.
WEN L L, SHI Y, WANG Z J, et al. The structure of the urinary system of *Garrakempi hora* [J]. *Journal of Chongqing Normal University (Natural Science)*, 2008, 25(4): 8-11.
- [13] 车静,张耀光,岳兴建,等. 食蚊鱼泌尿系统结构[J]. *西南农业大学学报*, 2002, 24(1): 50-53, 56.
CHE J, ZHANG Y G, YUE X J, et al. Structure of the

- urinary system of *Gambusia affinis* [J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2002, 24(1): 50-53, 56.
- [14] 区又君, 李加儿, 蔡文超. 卵形鲳鲹肾脏的显微和超微结构观察[J]. 海洋渔业, 2015, 37(5): 434-441.
- QU Y J, LI J E, CAI W C. Observation on microstructure and ultrastructure of kidney in *Trachinotus ovatus* [J]. Marine Fisheries, 2015, 37(5): 434-441.
- [15] 钟爱华, 代小新. 黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)成体造血器官头肾和体肾转录组比较研究[J]. 海洋与湖沼, 2021, 52(6): 1486-1495.
- ZHONG A H, DAI X X. Comparative transcriptome analysis of the head kidney and trunk kidney in adult yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2021, 52(6): 1486-1495.
- [16] 陈宜瑜. 中国动物志: 硬骨鱼纲 鲤形目(中卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 237-239.
- CHEN Y Y. Fauna sinica: osteichthyes: cypriniformes II [M]. Beijing: Science Press, 1998: 237-239.
- [17] 吕耀平, 曹明富, 姚子亮, 等. 花鲮和唇鲮的含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 水生生物学报, 2007, 31(6): 843-848.
- LYU Y P, CAO M F, YAO Z L, et al. The dressing rate and nutritional composition of muscle in spotted steed (*Hemibarbus maculatus*) and skin carp (*Hemibarbus labeo*) [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2007, 31(6): 843-848.
- [18] 吕耀平, 陈洁, 鲍宝龙, 等. 唇鲮肌间小骨的骨化过程[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(4): 549-553.
- LYU Y P, CHEN J, BAO B L, et al. The ossification process of the intermuscular bones in *Hemibarbus labeo* [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2012, 21(4): 549-553.
- [19] LYU Y P, YAO W J, CHEN J, et al. Newly identified gene muscle segment *homeobox C* may play a role in intermuscular bone development of *Hemibarbus labeo* [J]. Genetics and Molecular Research, 2015, 14(3): 11324-11334.
- [20] YU J, GUO L, ZHANG S H, et al. Transcriptomic analysis of intermuscular bone development in barbel steed (*Hemibarbus labeo*) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics, 2022, 44: 101030.
- [21] 李军, 骆小年, 李敬伟, 等. 鸭绿江水系唇鲮肌肉营养成分与品质的评价[J]. 沈阳农业大学学报, 2011, 42(1): 59-64.
- LI J, LUO X N, LI J W, et al. Evaluation of nutritive quality and nutrient components in the muscle of *Hemibarbus labeo pallas* [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2011, 42(1): 59-64.
- [22] 黄金善, 王裕玉, 陈伟兴, 等. 不同动植物蛋白比饲料对重唇鱼生长性能以及氮、磷排泄的影响[J]. 饲料工业, 2014, 35(17): 125-128.
- HUANG J S, WANG Y Y, CHEN W X, et al. Effects of animal and plant protein percentage on growth performance and nutrient excretion of *Hemibarbus labeo* [J]. Feed Industry, 2014, 35(17): 125-128.
- [23] 李军, 骆小年, 金广海, 等. 网箱养殖唇鲮的生长性能与生长模型[J]. 广东海洋大学学报, 2015, 35(1): 99-103.
- LI J, LUO X N, JIN G H, et al. Growth performance and models of *Hemibarbus labeo* cultured in net cages [J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2015, 35(1): 99-103.
- [24] CHEN J, LYU Y P, DAI Q M, et al. Host defense peptide LEAP-2 contributes to monocyte/macrophage polarization in barbel steed (*Hemibarbus labeo*) [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2019, 87: 184-192.
- [25] CHEN J, JIANG W, XU Y W, et al. Sequence analysis of hepcidin in barbel steed (*Hemibarbus labeo*): QSHLS motif confers hepcidin iron-regulatory activity but limits its antibacterial activity [J]. Developmental & Comparative Immunology, 2021, 114: 103845.
- [26] 蓝昭军, 范明君, 黄小林, 等. 基于线粒体 *Cyt b* 基因的中国南方唇鲮(*Hemibarbus labeo*)和间鲮(*Hemibarbus medius*)种群分化及亲缘地理研究[J]. 生态学报, 2016, 36(19): 6091-6102.
- LAN Z J, FAN J M, HUANG X L, et al. Population diversity and phylogeography of *Hemibarbus labeo* and *Hemibarbus medius* in South China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(19): 6091-6102.
- [27] SUN Y T, WANG Q L, REN J F, et al. Identification and phylogenetic analysis of the mitochondrial genome of *Hemibarbus labeo* BML (Cypriniformes: Cyprinidae) [J]. Mitochondrial DNA Part B: Resources, 2020, 5(3): 2655-2657.
- [28] 季益平, 匡思雯, 袁子, 等. 银鲮脾脏和头肾的形态与组织学特征[J]. 宁波大学学报(理工版), 2020, 33(4): 1-5.
- JI Y P, KUANG S W, YUAN Z, et al. Morphological and histological characteristics of spleen and head-kidney of *Pampus argenteus* [J]. Journal of Ningbo University (Natural Science & Engineering Edition), 2020, 33(4): 1-5.
- [29] 曹守花, 李加儿, 区又君, 等. 鲮脾脏和头肾的形态学与组织学研究[J]. 海洋渔业, 2013, 35(3): 249-256.
- CAO S H, LI J E, QU Y J, et al. On the morphology and histology of spleen and head-kidney in *Mugil cephalus* [J]. Marine Fisheries, 2013, 35(3): 249-256.
- [30] 胡玲玲, 李加儿, 区又君, 等. 条石鲷头肾和脾脏的显微结构观察[J]. 南方水产, 2010, 6(3): 41-45.
- HU L L, LI J E, OU Y J, et al. Study on microstructure of head-kidney and spleen of *Oplegnathus fasciatus* [J]. South

- China Fisheries Science, 2010, 6(3): 41-45.
- [31] SAYED R K A, ZACCONE G, CAPILLO G, et al. Structural and functional aspects of the spleen in molly fish *Poecilia sphenops* (Valenciennes, 1846): synergistic interactions of stem cells, neurons, and immune cells[J]. Biology, 2022, 11(5): 779.
- [32] ABDEL-AZIZ E S H, ABDU S B S, ALI T E S, et al. Haemopoiesis in the head kidney of tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae): a morphological (optical and ultrastructural) study [J]. Fish physiology and Biochemistry, 2010, 36(3): 323-336.
- [33] MOKHTAR D M. Histological and ultrastructural studies of the unique hemopoietic-endocrine organ of the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844)[J]. Microscopy and Microanalysis, 2020, 26(6): 1264-1273.
- [34] 晋伟, 刘逸尘, 张树花, 等. 鱼类血细胞研究进展[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(12): 27-30.
- JIN W, LIU Y C, ZHANG S H, et al. Research progress on fish haemocyte [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2018, 46(12): 27-30.
- [35] 区又君, 刘江华, 李加儿, 等. 驼背鲈头肾和脾脏的形态组织学观察[J]. 南方农业学报, 2015, 46(11): 2034-2039.
- OU Y J, LIU J H, LI J E, et al. Morphology and histology of head-kidney and spleen in *Cromileptes altivelis* [J]. Journal of Southern Agriculture, 2015, 46(11): 2034-2039.
- [36] 祁保霞. 黄颡鱼脾脏和头肾的显微结构观察[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2010, 25(3): 304-306.
- QI B X. Microstructure of head-kidney and spleen in yellow catfish[J]. Journal of Inner Mongolia University for Nationalities, 2010, 25(3): 304-306.
- [37] SAFER A M A, TYTLER P, EL-SAYED N. The structure of the head kidney in the mudskipper, *Periophthalmus koelreuteri* (Pallas)[J]. Journal of Morphology, 1982, 174(1): 121-131.
- [38] OH H Y, SHIN S R, PARK J J, et al. Distribution of nephrons in the head kidney of three species of *Sebastes* (Teleostei: Scorpaenidae) [J]. Journal of Fish Biology, 2023, 103(5): 965-973.
- [39] 区又君, 陈四海, 李加儿. 珠江口池养梭鱼肾脏显微和超微结构观察[J]. 生态科学, 2014, 33(4): 686-690.
- OU Y J, CHEN S H, LI J E. Structural observation on kidney of *Liza haematocheila* in captivity on the coast of Pearl River estuary[J]. Ecological Science, 2014, 33(4): 686-690.
- [40] MOKHTAR D M. The structural and ultrastructural organization of the cellular constituents of the trunk kidney of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [J]. Microscopy Research and Technique, 2021, 84(3): 537-547.
- [41] FLEROVA E A, MOROZOV A A, YURCHENKO V V, et al. Unique and ancestral features in trunk kidney microanatomy and ultrastructure of omul *Coregonus migratorius* [J]. Journal of Fish Biology, 2022, 100(6): 1407-1418.
- [42] 李培伦, 刘伟, 鲁万桥, 等. 放流前大麻哈鱼幼鱼头肾和脾脏的组织学观察[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(12): 116-119, 127.
- LI P L, LIU W, LU W Q, et al. Histological observation of head kidney and spleen of juvenile *Oncorhynchus keta* before release[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2022, 61(12): 116-119, 127.
- [43] 钟明超. 白甲鱼、大鳍鱮和斑鳅肾的比较组织学研究[J]. 水产学报, 1996(1): 76-80.
- ZHONG M C. Comparative and histological studies on the kidneys of *Varicorhinus sinus*, *Mystus macropterus* and *Siniperca scherzeri*[J]. Journal of Fisheries of China, 1996(1): 76-80.
- [44] HE Y, WANG E L, WANG K Y, et al. Morphology of the spleen in *Oreochromis niloticus*: splenic subregions and the blood-spleen barrier[J]. Animals, 2021, 11(10): 2934.
- [45] 贺扬, 戴旭平, 樊威, 等. 台盼蓝活体染色法观察瓦氏黄颡鱼血脾屏障研究[J]. 南方水产科学, 2021, 17(2): 44-50.
- HE Y, DAI X P, FAN W, et al. Location of blood-spleen barrier of *Pelteobagrus vachelli* by Trypan blue staining[J]. South China Fisheries Science, 2021, 17(2): 44-50.
- [46] SCAPIGLIATI G. Functional aspects of fish lymphocytes [J]. Developmental & Comparative Immunology, 2013, 41(2): 200-208.
- [47] SUN R H, WANG Q, HUANG Z Y, et al. Comparative study on immune function of the head and trunk kidney in rainbow trout responding to IHNV infection [J]. Viruses, 2022, 14(12): 2663.

Anatomical and histological characteristics of spleen and kidney in adult *Hemibarbus labeo*

ZHU Ling¹, GAO Xinming¹, LIU Siqi¹, LYU Yaoping¹, DAI Qingmin¹, HU Zehui², MEI Zufe³

(1. College of Ecology, Lishui University, Lishui 323000, Zhejiang, China; 2. Zhejiang Marine Fisheries Research Institute, Zhoushan 316100, Zhejiang, China; 3. Jinman Aquatic Seedling Farm, Lishui 323006, Zhejiang, China)

Abstract: The anatomical and histological characteristics of spleen, head kidney and trunk kidney of *Hemibarbus labeo* were studied by dissection, paraffin sections and H.E staining. The results showed that the spleen is single with dark red. It is appanate and oval, and is separated into many lobes by the connective tissue diaphragm from the capsule. The boundary between red pulp and white pulp in the lobes is not obvious. The spleen contains many of the red blood cells, lymphocytes and melano-macrophages, and the blood vessels are rich. The kidney can be obviously divided into the head kidney and the trunk kidney. The head kidney is located above the diaphragm of the back of the heart at the front end of the body cavity, divided into left and right lobes, and distributed symmetrically. The parenchyma of the head kidney has no nephron, and is mainly composed of lymphoid tissue, including red blood cell centers and white blood cell canters. The head kidney also contains many of red blood cells, lymphocytes, granulocytes, and a certain number of melano-macrophages, which are similar to the spleen. The trunk kidney is located in the thoracic and abdominal segments of the fish body, and close to the two sides of the spine on the back of the body cavity. Its parenchymal part is mainly composed of nephron, collecting segment and lymphoid tissue. Many of red blood cells, lymphocytes, granulocytes, and melano-macrophages can be observed in the lymphatic tissue. These results indicated that the spleen and head kidney are important immune and hematopoietic organs, and the trunk kidney also plays an important role in immunity and hematopoiesis in addition to urinary function in *H. labeo*.

Key words: *Hemibarbus labeo*; spleen; head kidney; trunk kidney; tissue structure; function