

水族馆养殖中华鲟血细胞指标的变化

张艳珍^{①②} 杜浩^{①*} 王彦鹏^② 栾钢^②
杨道明^② 胡维勇^② 危起伟^{①*}

① 农业部淡水生物多样性保护重点实验室 中国水产科学研究院长江水产研究所 武汉 430223;

② 北京信沃达海洋科技有限公司(北京海洋馆) 北京 100081

摘要: 血细胞是临床健康的重要指标。本文对北京海洋馆养殖的 40 尾中华鲟 (*Acipenser sinensis*) 外周血细胞组成进行研究, 研究对象包括超过 30 龄、18 龄、16 龄、15 龄、11 龄、7 龄和 4 龄共 7 个龄组, 并分析比较不同年龄、性腺快速发育前后以及处于疾病前后血细胞指标变化, 希望应用于健康评价。结果表明, 1) 外周血红细胞总数 (RBC) 平均为 $(5.56 \pm 1.19) \times 10^{11}/L$, 18 龄和 11 龄与其他龄组之间存在显著性差异 ($P < 0.05$), 超过 30 龄组血细胞比积 (HCT) 和血红蛋白 (HB) 值显著高于其他龄组 ($P < 0.05$); 2) 白细胞总数 (WBC) 平均为 $(16.53 \pm 4.94) \times 10^9/L$, 18 龄与 4 龄间存在显著差异, 且分别与其他龄组间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。3) 白细胞分类计数 (DLC) 中各类型白细胞平均所占百分比分别为, 大淋巴细胞 (LLYM) $5.26\% \pm 3.95\%$ 、小淋巴细胞 (SLYM) $77.74\% \pm 11.73\%$ 、嗜中性粒细胞 (NEU) $9.40\% \pm 7.98\%$ 、嗜酸性粒细胞 (EOS) $1.90\% \pm 2.06\%$ 和单核细胞 (MON) $5.50\% \pm 4.00\%$, 超过 30 龄和 4 龄间显著差异, 且分别与其他龄组间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。4) 性腺进入快速发育阶段后, 红细胞总数、血细胞比积和白细胞总数较发育前均显著增加 ($P < 0.05$), 血红蛋白值有增加但差异不显著。5) 疾病中华鲟白细胞总数显著增高 ($P < 0.05$) 并伴随红细胞各指标降低, 白细胞数增加幅度达 90%, 分类计数中中性粒细胞和单核细胞比例显著变化 ($P < 0.05$)。中华鲟快速发育阶段及疾病状态的血细胞组成不同, 血细胞密度的变化以及分类计数的差异可及时判断中华鲟健康状况, 结果对中华鲟的健康评价与保育研究有重要的参考意义。

关键词: 中华鲟; 血细胞组成; 应用; 健康评价

中图分类号: Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2019) 05-711-08

The Hematology of the Peripheral Blood Cells of *Acipenser sinensis* in Aquarium

ZHANG Yan-Zhen^{①②} DU Hao^{①*} WANG Yan-Peng^② LUAN Gang^②
YANG Dao-Ming^② HU Wei-Yong^② WEI Qi-Wei^{①*}

① Key Laboratory of Freshwater Biodiversity Conservation, Ministry of Agriculture of China, Yangtze River
Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223;

② Beijing Xinwoda Marine Technology Co. Ltd (Beijing Aquarium), Beijing 100081, China

基金项目 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 项目 (No. 2015CB150702);

* 通讯作者, E-mail: duhao@yfi.ac.cn, weiqw@yfi.ac.cn;

第一作者介绍 张艳珍, 女, 助理研究员; 研究方向: 濒危物种保护及生理生态学; E-mail: zhyanzh1985@163.com。

收稿日期: 2019-05-06, 修回日期: 2019-07-30 DOI: 10.13859/j.cjz.201905012

Abstract: Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, is in extremely Critically Endangered status. The Beijing aquarium is used as the major education and ex situ base for support this conservation, where the sturgeon can be cared individually. The blood cell is an important indicator of clinical for healthy judgment. In this study, the peripheral blood cells of 40 sturgeons distributed in 7 age groups were studied, including the > 30a (from the wild samples), 18a, 16a, 15a, 11a, 7a and 4a. The changes of blood indexes at different ages, development stages and stages of disease were analyzed, in order to apply in the health evaluation. ANOVA was used to analyze the variance between different age groups. Paired-Samples *T* Test was conducted to analyze the difference before and after gonadal development and the difference before and after disease. The average concentration of erythrocytes (RBC), leukocytes (WBC) and thrombocytes were $5.56 \pm 1.19 \times 10^{11}/L$, $16.53 \pm 4.94 \times 10^9/L$ and $15.53 \pm 15.82 \times 10^9/L$ respectively. The differential leukocyte count (DLC) results showed that, the percentage of large lymphocyte (LLYM) was $5.26\% \pm 3.95\%$, small lymphocyte (SLYM) was $77.74\% \pm 11.73\%$, neutrophil (NEU) was $9.40\% \pm 7.98\%$, eosinophil (EOS) was $1.90\% \pm 2.06\%$ and monocyte (MON) was $5.50\% \pm 4.00\%$ respectively, and the results of different ages were in Table 2. The RBC of 18 age and 11 age groups showed significant differences with the rest of groups. The haematocrit (HCT) and hemoglobin (HB) of > 30 age group had significant differences with other groups ($P < 0.05$, Table 2). The WBC of 18 age had significant difference with 4 age group, and they all had significant differences with the rest of groups ($P < 0.05$, Table 2). The neutrophil and lymphocyte of > 30 age had significant differences with 4 age group, and they all had significant differences with other groups (Table 2). In the quickly development stage of gonad, the average level of HCT was changed from $27.98\% \pm 6.77\%$ to $39.67\% \pm 6.01\%$, the RBC was from $5.34 \pm 1.30 \times 10^8/ml$ to $7.50 \pm 1.37 \times 10^8/ml$, and the WBC was from $11.15 \pm 4.75 \times 10^9/L$ to $22.00 \pm 9.99 \times 10^9/L$, they were significantly increased than before ($P < 0.05$, Fig. 1), the average level of HB was from 74.32 ± 20.69 g/L to 90.71 ± 18.58 g/L and there was no significant difference. The WBC of diseased sturgeons was increased by 90%, which had significant difference with that before ($P < 0.05$, Fig. 2), and along with the decrease of RBC, HCT and HB. The differential leukocyte count (DLC) of diseased sturgeons changed significantly, primarily neutrophils and monocytes (Fig. 3). It concluded that the immune system of *A. sinensis* was mainly composed of lymphocytes, granulocytes and monocytes. The hematology of the peripheral blood cells of *A. sinensis* was different before and after the quickly gonadal development or when they were diseased, it can be used to judge the condition of *A. sinensis* in time. The results are important to the health assessment and conservation research of *A. sinensis*.

Key words: *Acipenser sinensis*; Blood cell composition; Application; Health assessment

鱼类血细胞的组成与维持体内各种生理环境的稳定性有密切关系, 形态与数量变化是鱼类健康判断、疾病诊断与预防的重要依据, 已有多种鱼类进行相关研究 (Zinkl et al. 1991, 周玉等 2001)。鲟鱼相关研究也较多, 包括大西洋鲟 (*Acipenser oxyrinchus*)、短吻鲟 (*A. brevirostrum*) (Baker et al. 2005)、欧洲鳊 (*Huso huso*) (Asad et al. 2010)、纳氏鲟 (*A. naccarii*)

(Martinez-A'lyarez et al. 2002)、高首鲟 (*A. transmontanus*)、史氏鲟 (*A. schrenckii*) 等 (刘红柏等 2006)。中华鲟 (*A. sinensis*) 作为国家 I 级保护野生动物, 目前处于极危状态, 对于中华鲟血细胞形态研究有部分报道 (Gao et al. 2007, 张艳珍等 2018)。北京海洋馆作为中华鲟重要的迁地保护和保育科教基地之一, 保存有多尾野生中华鲟和育有多尾不同龄子一代

及子二代中华鲟, 养殖中采用单尾护理的方式(张艳珍等 2014, 2017), 利于对个体研究与评价。本文通过对不同年龄、不同发育阶段, 以及处于疾病状态中华鲟的血细胞进行对比分析, 了解中华鲟血细胞的组成变化, 以便及时准确判断鱼况变化, 旨在为中华鲟的健康保育研究提供基础依据, 同时提供动物血细胞相关基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究对象

40 尾中华鲟来自中国水产科学研究院长江水产研究所中华鲟养殖基地, 在北京海洋馆长期驯养, 包括野生中华鲟 2 个年龄组, 人工繁殖子一代中华鲟 4 个龄组, 子二代中华鲟 1 个龄组(表 1)。所有中华鲟每年定期体检 4 次, 发育前或发病前数据采用症状以前最近的一次体检数据。

快速发育阶段指雌性性腺进入 II 期末、雄性性腺进入 III 期的快速发育时期(张艳珍等

2017), 本次研究中共 9 尾中华鲟进入快速发育阶段, 年龄均不低于 15 龄(表 1)。本文中“发育前”指性腺快速发育阶段前, “发育后”指性腺快速发育阶段后。

疾病组中华鲟为临床症状明显的 5 尾, 主要表现为体表肿包或充血, 骨板或尾柄溃烂, 严重时不进食, 微生物分析有细菌感染, 年龄均不低于 15 龄(表 1)。

1.2 养殖条件

养殖池规格 29.0 m (长) × 11.0 m (宽) × 4.4 m (高), 配置 20.0 m × 3.0 m 的展示观察窗, 两侧设置从展窗面向对面池壁的水平水流, 底部设置与展窗呈近 45°角向池体后方水流。养殖水温 21.0 ~ 22.5 °C, 溶氧 7.0 ~ 7.8 mg/L, pH 7.5 ~ 8.0, 浊度 < 0.07 NTU (水体散射浊度单位)。池体上方设置 7 盏 1 000 W 金属卤素灯照明, 光周期设定光照与黑暗时间比 10 h : 14 h, 从池体底部到水体表面, 白天照度多介于 50 ~ 4 000 lx, 夜间为全黑。养殖密度小于 2.4 kg/m³。饵料包括生鲜饵料和特制混合饵料, 投喂量占

表 1 中华鲟样本信息

Table 1 Information of the animal

类别 Groups	来源 Source	年龄 Age (year)	样本量 (尾) Number (ind)	全长 Total length (cm)	体重 Body weight (kg)
年龄组 Age groups	W	> 30	4	335.1 ± 8.2	220.1 ± 15.3
	F1	18	10	270.0 ± 13.7	134.5 ± 25.2
	F1	16	4	244.8 ± 21.6	88.0 ± 24.2
	F1	15	6	249.4 ± 19.5	102.8 ± 26.8
	F1	11	3	240.0 ± 15.4	90.0 ± 25.3
	W	7	9	197.9 ± 8.3	40.9 ± 3.7
	F2	4	4	183.5 ± 10.1	30.3 ± 5.1
性腺快速发育组 Quickly gonadal development group	W	> 30	3 ♀	337.6 ± 6.6	254.3 ± 16.7
	F1	18	3 ♀	272.5 ± 12.3	151.7 ± 15.4
	F1	18	2 ♂	217.0、230.0	87.5、59.3
	F1	15	1 ♂	231.0	71.0
疾病组 Disease group	W	> 30	1	323.0	222.5
	F1	18	2	250.0、299.2	104.0、154.2
	F1	15	2	218.0、225.0	76.0、86.2

W. 野生中华鲟; F1. 人工繁殖子一代中华鲟; F2. 人工繁殖子二代中华鲟。

W. The wild samples; F1. The first filial generation samples; F2. The second filial generation samples.

体重比约 1%，每周 3 次，采用水下单独投喂方式。

1.3 血细胞检测方法

血液采集：尾静脉采血 5 ml，注入肝素锂抗凝管中，备用。检测在采血后 2 h 内开始。红细胞计数 (red blood cell count, RBC) 采用等渗稀释液 200 倍稀释后，改良 Neubauer 计数板在 Olympus CX41 显微镜下计数。血细胞比积 (haematocrit, HCT) 采用微量管高速离心法检测。血红蛋白 (hemoglobin, HB) 采用改良沙利氏法测定含量。白细胞计数 (white blood cell count, WBC) 采用改良 Natt-Herrick 稀释液将抗凝血 100 倍稀释后，改良 Neubauer 计数板在 Olympus CX41 显微镜下计数。白细胞分类计数 (differential leukocyte count, DLC)：新鲜血液制备涂片，每个样本制备 5 个血涂片，采用 Wright-Giemsa 染色，计数 200 个白细胞内各类细胞比例 (张艳珍等 2018)。

1.4 数据统计

结果以 (平均值 ± 标准差) 表示。采用

SPSS 分析软件对数据进行分析处理。用单因素方差分析 (ANOVA) 不同阶段指标的差异，用 Paired-Samples *T* Test 分析同一个体性腺快速发育前后或者发病前后的差异，以 $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 不同年龄中华鲟血细胞

中华鲟外周血中最多的细胞是红细胞 (erythrocyte)，红细胞平均密度为 $(5.56 \pm 1.19) \times 10^{11}/L$ ，白细胞 (leukocyte) 和血栓细胞 (thrombocyte) 占少数，平均密度分别为 $(16.53 \pm 4.94) \times 10^9/L$ 和 $(15.53 \pm 15.82) \times 10^9/L$ ，血栓细胞数量波动大。白细胞中数量最多的是淋巴细胞 (lymphocyte)，平均约占白细胞总数的 83%，其中大淋巴 $5.26\% \pm 3.95\%$ ，小淋巴 $77.74\% \pm 11.73\%$ ，其次是嗜中性粒细胞 (neutrophil)、单核细胞 (monocyte)，最少的是嗜酸性粒细胞 (eosinophil) (表 2)。未见到嗜碱性粒细胞 (basophil)。

表 2 不同年龄血细胞组成比较
Table 2 The blood cell types of different ages

	年龄 Age (year)						
	> 30	18	16	15	11	7	4
红细胞计数 Red blood cell count RBC ($\times 10^{11}/L$)	6.83 ± 1.41 ^a	4.55 ± 0.95 ^b	5.61 ± 0.90 ^a	6.00 ± 1.21 ^a	4.02 ± 1.14 ^b	6.10 ± 1.18 ^a	5.78 ± 1.28 ^a
血细胞比积 Haematocrit HCT (%)	34.23 ± 7.55 ^a	23.17 ± 4.05 ^b	25.51 ± 0.75 ^c	26.86 ± 2.80 ^c	23.29 ± 4.25 ^b	29.87 ± 4.88 ^c	25.02 ± 1.98 ^c
血红蛋白 Hemoglobin HB (g/L)	91.31 ± 20.57 ^a	62.42 ± 12.57 ^b	79.78 ± 6.04 ^c	78.42 ± 11.65 ^c	65.67 ± 10.79 ^b	70.20 ± 14.45 ^c	78.75 ± 10.72 ^c
白细胞 White blood cell count WBC ($\times 10^9/L$)	10.42 ± 3.93 ^a	18.22 ± 4.75 ^b	16.22 ± 1.94 ^a	13.99 ± 2.97 ^a	10.31 ± 3.79 ^a	12.75 ± 7.03 ^a	33.81 ± 10.17 ^c
嗜中性粒细胞 Neutrophil NEU (%)	18.02 ± 11.48 ^a	7.10 ± 4.49 ^c	9.25 ± 3.80 ^c	12.75 ± 13.69 ^c	7.50 ± 3.88 ^c	8.40 ± 8.28 ^c	1.75 ± 0.96 ^b
淋巴细胞 Lymphocyte LYM (%)	70.73 ± 10.53 ^a	82.48 ± 9.42 ^c	88.53 ± 4.05 ^c	76.50 ± 18.09 ^c	87.00 ± 7.02 ^{cb}	80.30 ± 14.10 ^c	94.75 ± 1.71 ^b
嗜酸性粒细胞 Eosinophil EOS (%)	1.10 ± 0.61 ^a	2.23 ± 2.13 ^a	0.68 ± 0.54 ^a	3.63 ± 2.23 ^a	1.00 ± 1.06 ^a	3.70 ± 3.56 ^a	1.75 ± 0.96 ^a
单核细胞 Monocyte MON (%)	9.58 ± 9.21 ^a	4.68 ± 5.68 ^b	1.55 ± 1.27 ^c	7.13 ± 4.03 ^b	4.50 ± 4.56 ^b	7.60 ± 4.75 ^b	2.00 ± 2.00 ^c

同列数据后字母不同表示有显著性差异 ($P < 0.05$)。

Different letters in the same column means significant difference between the ages ($P < 0.05$).

对不同年龄中华鲟的血细胞密度及组成进行比较(表 2), 红细胞总数(RBC) 18 龄和 11 龄较低, 与其他龄组之间存在显著性差异($P < 0.05$), 其他龄组间无差异。血细胞比积(HCT)和血红蛋白(HB)含量, 超过 30 龄组显著高于其他组($P < 0.05$), 18 龄和 11 龄偏低, 与其他 4 个龄组之间存在显著性差异($P < 0.05$), 其他 4 个龄组之间无差异。白细胞总数(WBC) 18 龄、4 龄组分别与其他龄组间存在显著性差异($P < 0.05$)。白细胞分类计数(DLC)结果中, 嗜中性粒细胞(NEU)和淋巴细胞(LYM)比例均为 18 龄、4 龄分别与其他龄组间存在显著性差异($P < 0.05$), 其他龄组间无差异; 嗜酸性粒细胞(EOS)在年龄间无差异; 单核细胞(MON)为超过 30 龄组、16 龄和 4 龄组分别与其他龄组有显著差异($P < 0.05$), 18 龄、15 龄、11 龄和 7 龄组间均无差异。

2.2 性腺快速发育后中华鲟血细胞变化

对 9 尾性腺进入快速发育阶段的中华鲟发育前后血细胞指标进行检测。红细胞总数(RBC)由 $(5.34 \pm 1.30) \times 10^{11}/L$ 显著上升至 $(7.50 \pm 1.37) \times 10^{11}/L$ ($P < 0.05$)。血细胞比积(HCT)值由 $27.98\% \pm 6.77\%$ 显著上升至 $39.67\% \pm 6.01\%$ ($P < 0.05$)。血红蛋白(HB)值由 $(74.32 \pm 20.69)g/L$ 上升到 $(90.71 \pm 18.58)g/L$ 。白细胞总数(WBC)值由 $(11.15 \pm 4.75) \times 10^9/L$ 上升至 $(22.00 \pm 9.99) \times 10^9/L$, 存在显著性差异($P < 0.05$)。各指标变化趋势见图 1。对 9 尾进入快速发育中华鲟不同性别之间进行比较, 发育后白细胞总数(WBC)值有显著差异($P < 0.05$), 其他指标无显著差异, 均为雄性值低于雌性。

2.3 疾病中华鲟血细胞变化

对 5 尾疾病中华鲟血细胞指标检测(图 2), 对比发病前的指标, 白细胞总数(WBC)值显著增加($P < 0.05$), 平均增加幅度达 90.0%。红细胞总数(RBC)和血红蛋白(HB)值均显著降低($P < 0.05$), 平均降低幅度分别为 26.5%

和 18.0%, 血细胞比积(HCT)降低。对白细胞分类计数(图 3), 嗜中性粒细胞和单核细胞比例变化显著, 不同疾病个体波动不同。对大淋巴细胞和小淋巴细胞分别计数, 疾病中华鲟大淋巴细胞平均比例由发病前 $5.40\% \pm 3.24\%$ 增加至 $13.81\% \pm 6.29\%$ ($P < 0.05$), 并变形或吞噬异物现象更多。

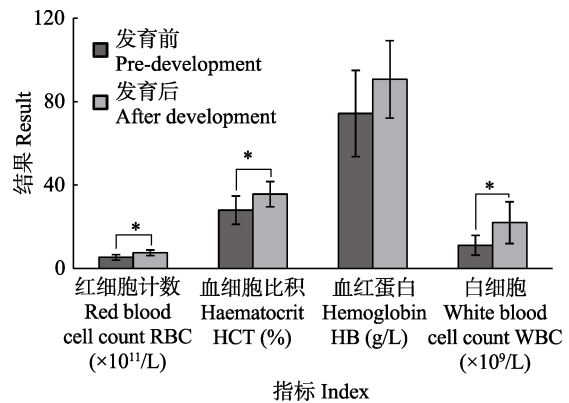


图 1 性腺发育前后血细胞组成变化

Fig. 1 The blood cells of the different gonadal development

* 表示性腺发育前后该指标有显著性差异 ($P < 0.05$)。

* means significant difference between Pre-development and After stages ($P < 0.05$).

3 讨论

3.1 血细胞的组成

血细胞的组成和数量受到鱼体大小、发育、营养、环境、应激以及采血过程等多种因素影响(Barton et al. 1991)。本实验所有个体已养殖多年, 并经过长时间的亲和训练和捕捞训练以减小应激, 血液采集过程严格控制, 同时对样本进行血清皮质醇检测, 结果无大幅波动(张艳珍等 2018)。

鱼类的血细胞一般包括红细胞、血栓细胞、淋巴细胞、嗜中性粒细胞、嗜酸性粒细胞、嗜碱性粒细胞以及单核细胞 7 大类(周玉等 2001)。本结果显示, 中华鲟外周血中包括除了嗜碱性粒细胞以外的 6 类细胞, 各类型白细胞

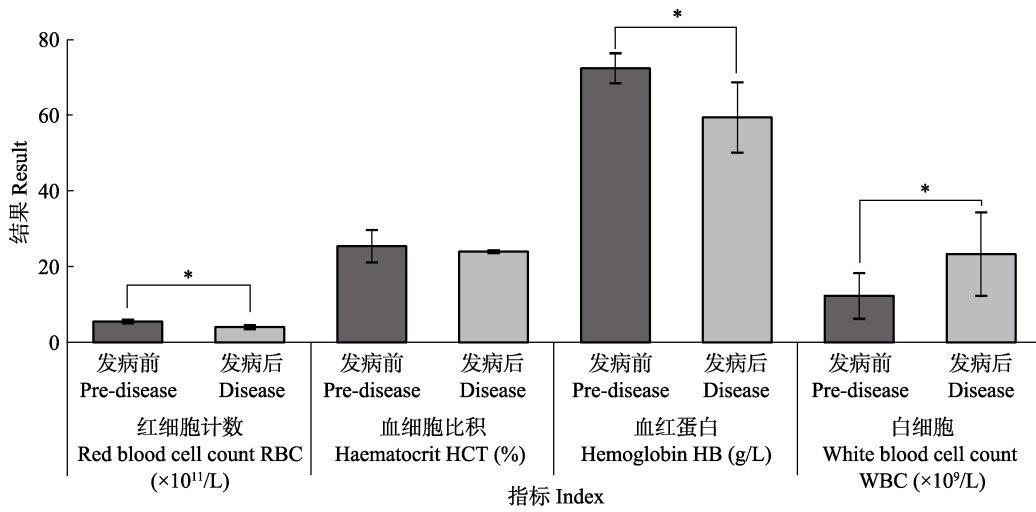


图 2 疾病前后血细胞组成变化

Fig. 2 The blood cells of the disease sturgeons

* 表示该指标在发病前后有显著性差异 ($P < 0.05$)。* means significant difference between Pre-disease and Disease ($P < 0.05$).

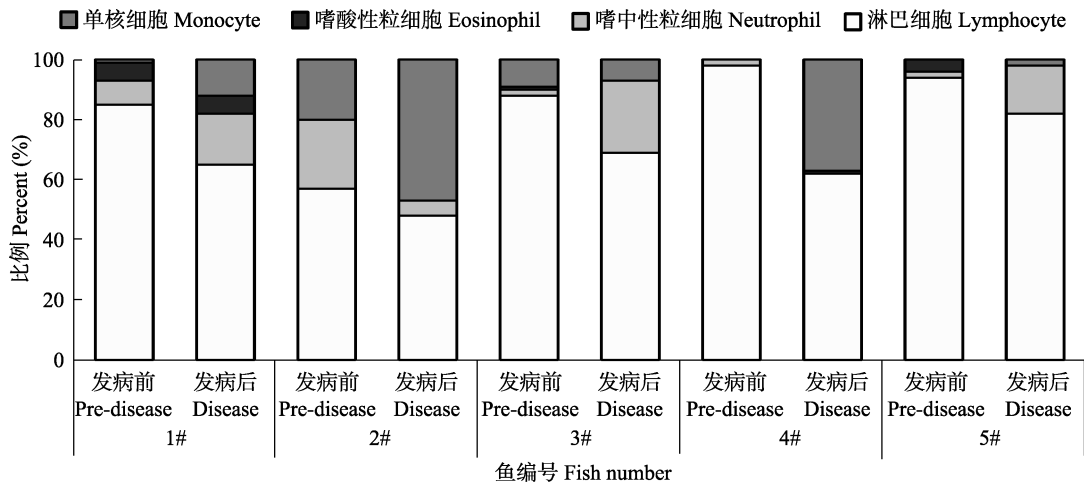


图 3 五尾鱼疾病前后白细胞分类计数比例变化

Fig. 3 The differential leukocyte count (DLC) result of the 5 disease sturgeons

分别有多种细胞核形态。白细胞中以淋巴细胞为主，比例最高，其次是中性粒细胞和单核细胞，酸性粒细胞数量极少，这与林光华等 (1998) 对鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 和鳙 (*Aristichthys nobilis*) 的研究结果一致。白细胞中未发现嗜碱性粒细胞，这与达氏鳇 (*H. dauricus*) (周玉等 2006)、高首鲟 (Zinkl et al. 1991)、史氏鲟 (刘红柏等 2006)、淡水石斑

(*Cichlasoma managuense*) (顾曙余等 2008) 等结果一致；而美国红鱼 (*Sciaenops ocellatus*) (陈刚等 2006)、犬牙缙虾虎鱼 (*Amoya caninus*) (叶宁等 2013)、斑点叉尾鲟 (*Ictalurus punctatus*)、长鳍裸颊鲷 (*Lethrinus erythropterus*) (师尚丽等 2014) 的外周血液中均发现嗜碱性粒细胞。有学者认为，嗜碱性粒细胞的嗜碱性颗粒极易溶于水，制片过程中易解体故难见到

(顾曙余等 2008), 也可能与处于生活史的不同时期或生活环境有关, 对此需进一步研究。中华鲟血细胞密度远低于黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*) (Barton et al. 1991)、尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) (傅丽容等 2008)、军曹鱼 (*Rachycentron canadum*) (陈刚等 2005)、斜带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*) (张海发等 2004)、革胡子鲶 (*Clarias gariepinus*) (Olufayo 2009) 等。红细胞密度较达氏鳇 (周玉等 2006)、欧洲鳇 (Bahmani et al. 2001)、纳氏鳇 (Martinez-A'lyarez et al. 2002) 等鲟鱼低, 与史氏鳇接近 (刘红柏等 2006), 研究认为鱼类活动能力越强, 红细胞数比较高, 这与它们的生活习性相一致 (林光华等 1998)。而白细胞的密度较上述几类鲟鱼均低, 是否表明其抵抗力相对较弱, 可进一步研究。本结果显示, 血栓细胞数量个体间波动极大, 受操作过程影响明显, 且未见明显的吞噬作用, 因此在白细胞分类计数时未予列入。

不同年龄中华鲟血细胞组成结果显示, 超过 30 龄组的红细胞指标均高于其他龄组; 超过 30 龄组与 4 龄中华鲟的白细胞组成存在显著差异, 并分别与其他龄组显著差异, 分析以上差异可能与来源有关, 超过 30 龄组为野生成体, 4 龄组为人工繁殖子二代, 是否表明野生成熟个体与人工繁殖子代个体血细胞免疫机能存在差别, 而子二代中华鲟因技术、种质等因素免疫力更弱 (危起伟等 2013), 这也为我们养殖中如何提高鱼体免疫提出更高要求。18 龄中华鲟多个血细胞指标与其他龄组有差异, 可能与其接近性成熟或处于性腺快速发育时期有关, 该阶段特殊营养需求及能耗水平导致血细胞组成差异性 (Zinkl et al. 1991, 周玉等 2001)。11 龄血细胞差异性可能与样本数量少有关, 需进一步研究。本文研究对象中因小于 11 龄个体未做性别鉴定, 在年龄间比较时未对性别进行分析, 未来将做进一步研究。对 9 尾快速发育中华鲟不同性别间进行比较, 显示发育后雄性白细胞总数显著低于雌性, 其他指标

无差异, 性腺发育后个体因生理水平差异可能导致性别之间差异性变化, 因本文中发育后雄性个体较少 (仅 3 尾), 该结果是否与样本数量有关, 需进一步证实。

3.2 血细胞功能与应用

本文结果显示, 性腺发育后红细胞相关指标有显著升高, 表明携氧能力提高, 这与以往关于性腺发育后中华鲟游泳速度变快和呼吸频次增加的结果相一致 (张艳珍等 2017)。性腺发育后中华鲟的白细胞总数增加幅度显著, 可能与细胞总数增加有关, 也可能与特殊时期生理调控和免疫力水平波动有关 (林浩然 2004), 需要进一步研究。

鱼类各类白细胞的作用与其他动物较一致, 本次对 5 尾表现疾病中华鲟的白细胞分类计数结果显示, 中华鲟在免疫期间中性粒细胞、单核细胞数量有显著变化。以往研究显示, 中性粒细胞具有吞噬性, 存在于所有硬骨鱼类血液中, 能做变形运动, 参与机体的炎症反应, 其功能可能是产生细胞因子和补充免疫细胞到达损伤处 (陈刚等 2005, Rombout et al. 2005, 赵凤岐等 2007)。单核细胞担负着非特异性免疫的重要作用, 中华鲟单核细胞的胞核形状多样, 有较强的变形与吞噬能力 (张艳珍等 2018)。淋巴细胞是免疫细胞的重要组成部分, 中华鲟的淋巴细胞分为大淋巴细胞和小淋巴细胞 2 大类, 大淋巴细胞在免疫作用中的活跃性更高 (张艳珍等 2018), 这与本次结果中疾病鱼大淋巴细胞数量均有增加相一致。一般认为嗜酸性粒细胞与应激反应刺激肾上腺皮质系统有关, 在寄生虫感染和变态反应性疾病中, 还可能与吞噬异物有关 (吴敏秋 2009)。本次结果中酸性粒细胞变化较小, 疾病症状中也未见有寄生虫感染。白细胞数量的增加表明身体处于免疫时期, 不同类型白细胞比例的变化预示着免疫的不同时期, 进而在分析鱼体健康状况以及疾病鱼的预后判断方面起着重要的作用。而疾病组中华鲟红细胞指标的减少则是对贫血或营养水平低等症状的预示 (吴敏秋 2009)。

中华鲟血栓细胞形态多样, 参与凝血功能(张艳珍等 2018), 异常中华鲟外周血中, 血栓细胞数量多并多以聚集形式存在, 本次实验未深入研究。

鱼类的血液学指标值与鱼的种类、生活环境和营养有关, 还与发育和健康状况有关, 本次结果可为中华鲟的健康监测以及保育研究提供基础数据。

参 考 文 献

- Asad M Z, Mohammad A J, Mohammad S, et al. 2010. Hematology of great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juvenile exposed to brackish water environment. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36(3): 655–659.
- Bahmani M, Kazemi R, Donskava P. 2001. A comparative study on hematological features in young reared sturgeons (*Acipenser persicus* and *Huso huso*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 24(2): 135–140.
- Baker D W, Wood A M, Lityak M K, et al. 2005. Hematology of juvenile *Acipenser oxyrinchus* and *Acipenser brevirostrum* at rest and following forced activity. *Journal of Fish Biology*, 66(1): 208–221.
- Barton B A, Iwama G K. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Review of Fish Diseases*, 1(1): 3–26.
- Gao Z X, Wang W M, Yang Y, et al. 2007. Morphological studies of peripheral blood cells of the Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 33(3): 213–222.
- Martinez-A'lyarez R M, Hidalgo M C, Domezain A, et al. 2002. Physiological changes of sturgeon, *Acipenser naccarii*, caused by increasing environmental salinity. *Journal of Experimental Biology*, 205(23): 699–706.
- Olufayo M O. 2009. Haematological characteristics of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) juveniles exposed to derris elliptica root powder. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 9(3): 920–933.
- Rombout J M, Huttenhuish B T, Picchiatti S, et al. 2005. Phylogeny and ontogeny of fish leucocytes. *Fish and Shellfish Immunology*, 19(5): 441–455.
- Zinkl J G, Cox W T, Kono C S. 1991. Morphology and cytochemistry of leucocytes and thrombocytes of six species of fish. *Comparative Clinical Pathology*, 1(4): 187–195.
- 陈刚, 周晖, 叶富良, 等. 2006. 美国红鱼血细胞观察. *热带海洋学报*, 25(2): 59–65.
- 陈刚, 周晖, 张健东, 等. 2005. 军曹鱼血液指标及血细胞发生的观察. *水生生物学报*, 29(5): 564–570.
- 傅丽容, 陈学光, 黎学春, 等. 2008. 两种罗非鱼外周血细胞显微结构比较观察. *湖北农业科学*, 47(9): 1065–1068.
- 顾曙余, 杜寅. 2008. 淡水石斑鱼血细胞发生的观察. *水产科学*, 27(4): 179–183.
- 林光华, 张丰旺, 洪一江, 等. 1998. 二龄鲢和鳙血液的比较研究. *水生生物学报*, 22(1): 9–16.
- 林浩然. 2004. 鱼类生理学. 广州: 广东高等教育出版社.
- 刘红柏, 华育平, 曲秋芝, 等. 2006. 史氏鲟外周血细胞的显微及超微结构. *水生生物学报*, 30(2): 214–220.
- 师尚丽, 曹伏君, 陈思, 等. 2014. 长鳍裸颊鲷外周血细胞的显微结构. *海洋渔业*, 36(5): 418–423.
- 危起伟, 李罗新, 杜浩, 等. 2013. 中华鲟全人工繁殖技术研究. *中国水产科学*, 20(1): 1–11.
- 吴敏秋. 2009. 兽医实验室诊断手册. 江苏: 江苏科学技术出版社: 63–64.
- 叶宁, 罗杰, 曹伏君, 等. 2013. 犬牙繸虾虎鱼外周血细胞的显微结构. *水产养殖*, 34(1): 32–36.
- 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*, 36(1): 102–107.
- 张艳珍, 王彦鹏, 危起伟, 等. 2018. 中华鲟外周血细胞组成及形态观察. *水生生物学报*, 42(2): 327–333.
- 张艳珍, 张晓雁, 王彦鹏. 2014. 养殖中华鲟鲜饵细菌分布及灭菌效果的研究. *淡水渔业*, 44(3): 90–94.
- 张艳珍, 张晓雁, 王彦鹏, 等. 2017. 水族馆不同年龄与发育状况的中华鲟呼吸频率及自发游速的观察. *动物学杂志*, 52(4): 680–684.
- 赵凤岐, 曹谨玲. 2007. 硬骨鱼血细胞发生的研究进展及经济前景分析. *中国渔业经济*, (3): 30–33.
- 周玉, 郭文场, 杨振国. 2001. 鱼类血细胞研究进展. *动物学杂志*, 36(6): 55–57.
- 周玉, 潘风光, 李岩松, 等. 2006. 达氏鳇外周血细胞的形态学研究. *中国水产科学*, 13(3): 480–484.