

文章编号:1000-0615(2006)01-0036-06

人工养殖不同年龄史氏鲟的血液学参数

章龙珍¹, 庄平¹, 张涛¹, 李大鹏², 张征³, 黄晓荣¹, 冯广朋¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;
2. 华中农业大学水产学院, 湖北 武汉 430070; 3. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 湖北 荆州 434000)

摘要:测定了5个年龄组人工养殖史氏鲟的血液学参数,其中红细胞(RBC)、红细胞比积(HCT)、血红蛋白(HGB)、平均红细胞血红蛋白含量(MCH)、平均红细胞血红蛋白浓度(MCHC)、白细胞(WBC)等随年龄的增长而上升,WBC、HCT 5年龄组与1~4龄各年龄组间有显著和极显著差异($P < 0.05$);HGB、MCH、MCHC相邻组间无显著性差异;平均红细胞体积(MCV)、血栓细胞(PLT)、血红蛋白含量分布宽度(HDW)等1~4龄变化不大,仅在5龄MCV、PLT有较显著的上升,而HDW有显著的下降;红细胞体积分布宽度(RDW)则保持相对稳定,各年龄组间无显著差异;平均血栓细胞体积(MPV)变化不显著,随年龄增长呈下降趋势。在白细胞分类计数DLC值变化中,白细胞中各类细胞比例依次为淋巴细胞(Lym) > 嗜碱性粒细胞(Baso) > 嗜中性粒细胞(Neut) > 单核细胞(Mon),随着年龄的增长,Lym的含量逐渐下降,而Baso、Neut和Mon均呈上升趋势。

关键词:史氏鲟;红细胞;血红蛋白;平均血红蛋白含量;平均血红蛋白浓度;血栓细胞;白细胞

中图分类号:S917 文献标识码:A

Hematological parameters of different age groups of cultured *Acipenser schrenckii*

ZHANG Long-zhen¹, ZHUANG Ping¹, ZHANG Tao¹,
LI Da-peng², ZHANG Zheng³, HUANG Xiao-rong¹, FENG Guang-peng¹

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

2. Fisheries College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

3. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Jingzhou 434000, China)

Abstract: Using hematology analyzer, hematological parameters of 5 age groups (1 - 5 years old) of cultured Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*, were studied. Blood samples were collected using 5 mL medical injectors from the artery or vein near the anal fin of the fish, and the samples were put into tubes with anticoagulant for examination. For each age group, 5 individuals of fish were sampled. Before blood sampling, fish was immobilized using MS-222 at the concentration of 200 mg L⁻¹. Examination data were analyzed using software STATISTICA version 6.0 (Statsoft, Inc.), and using one-way ANOVA to test the significance of group differences, using LSD for multi comparison, and using GRM for the correlative analysis. The examination results showed that red blood cell (RBC), haematocrit (HCT), hemoglobin (HGB), mean corpuscular hemoglobin (MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), white blood cell count (WBC) increased with the age. WBC and HCT of 5 years old group were significantly higher than that of 1 - 4 year-old groups ($P < 0.05$), however, there was no significant difference of HGB, MCH and MCHC among all groups. Among 1 - 4 year-old groups, there was no significant difference in mean corpuscular volume (MCV), platelet (PLT) count and hemoglobin distribution width (HDW), but the MCV and PLT of 5 years old group increased significantly

收稿日期:2004-09-21

资助项目:国家高技术研究发展计划(863计划)资助(2004AA603110);国家“十五”重点科技攻关计划资助(2004BA526B0114)

作者简介:章龙珍(1954-),女,湖北谷城人,研究员,主要从事水生动物生殖生物学和生理学研究。Tel:021-55530954, E-mail:

longzhen2885@hotmail.com

and HDW reduced significantly. RDW did not change much with the age, but mean platelet volume (MPV) slightly reduced with the age. For the change of differential leukocyte count (DLC), the proportional order of the number of different kinds of cells in the leucocyte indicated lymphocyte (Lym) > basophil (Baso) > neutrophil (Neut) > monocyte (Mon). With the increase of age and Lym reduced, however, Baso and Mono increased. Comparison with other fish species, HCT and RBC of Amur sturgeon were lower than that of most freshwater fish species. MCV of cultured Amur sturgeon was lower than those of wild ones, but MCHC of cultured Amur sturgeon was much higher than that of wild ones. This result is similar to the test of rainbow trout and tilapia. Lym number of cultured Amur sturgeon was high, so was that of the most fish species. Similarly, Baso number of cultured Amur sturgeon was high also, just below the Lym number. This is quite different from that of most freshwater fish species. MCV, PLT and HDW of 5 years old cultured Amur sturgeon were significantly different from those of 1 - 4 year-old groups. This result may imply that these parameters may be related to the age of maturation because 5 years old cultured Amur sturgeon reached maturity.

Key words: *Acipenser schrenckii*; red blood cell (RBC); hemoglobin (HGB); mean corpuscular hemoglobin (MCH); mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC); platelet; white blood cell (WBC)

血液是动物体内的一种极其重要的组织,正常的血液指标值能反映物种的属性和动物的正常生理状态。鱼类的血液学指标受许多内在和外在因素的影响,如取样和检测方法、季节变化、鱼体大小、个体发育、遗传因素、性别、养殖密度、地理学分布、栖息环境、环境压力等^[1-3]。因而,鱼类血液学指标,被广泛运用于评价鱼类的健康状况、营养状况及对环境等的适应状况^[4],是重要的生理、病理和毒理学指标^[5]。对鱼类血液学的研究,不仅在鱼类血液生理学上有重要的理论意义,而且在鱼类的人工养殖、鱼病防治等方面也有着广泛的实用价值^[6]。史氏鲟(*Acipenser schrenckii*)原产于黑龙江流域,是一种优良的淡水养殖新对象,已成为当今重要的水产养殖品种之一。关于该鱼的生物学特征及养殖技术等已有许多报道^[7,8],但迄今尚未见对其血液学方面的研究报道。为此,作者对人工养殖史氏鲟的血液生理学指标进行了较为系统的研究,以期丰富史氏鲟生物学资料,为完善史氏鲟的养殖技术提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究材料

实验用史氏鲟为人工繁殖培育所得,1997 - 2001年繁殖的史氏鲟苗种在同一人工养殖条件下饲养,投喂相同的人工配合饲料。养殖池为3 m × 2.5 m × 1 m的长方形水泥池,水泥池正中有一排污出水口,养殖水位保持在0.8 m。养殖用水为曝气后地下深井水,每日换水2次,日换水量为池中水量的50%,池中溶氧保持为5.5 ~ 6.5 mg L⁻¹,pH 7.3 ~ 7.5,水温13 ~ 25^[9]。

1.2 血样的采集与测定

2002年8月,分别取1997年5龄史氏鲟3尾,1~4龄各5尾采血。被采血的史氏鲟首先放入MS-222浓度为200 mg L⁻¹的水族箱中进行麻醉,待30 s内完全麻醉后,用5 mL一次性无菌注射器臀鳍后方尾静脉或尾动脉抽血,取完血后,拔下针头,将血液注入加有肝素钠抗凝剂的采血管中。采集的血样立即用Bayer ADVIA 120型血细胞分析仪进行各种血液细胞的组成和含量等指标的测定,每个血样均重复测定两次取其平均值。

1.3 统计分析

试验数据通过STATISTICA (Version 6.0) 统计软件(StatSoft, Inc.)进行处理分析,利用方差分析(One-Way ANOVA)来检验各年龄组指标间的显著性,利用最小极差法(LSD)进行多重比较,运用一般回归模型(GRM)对各参数进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 红细胞、血栓细胞的总数和平均体积

不同年龄史氏鲟血液生理参数见表1,随着年龄的增长,红细胞(red blood cell, RBC)呈逐渐上升趋势,2~4龄组间的差异不显著;平均红细胞体积(mean corpuscular volume, MCV)1~4龄差异不显著,而5龄明显增大,与1~4龄组差异极显著($P < 0.01$)。血栓细胞(platelet, PLT)变化趋势与MCV类似,1~4龄间无显著性差异,但5龄与1、3、4龄差异显著,且组内变异系数最大(CV = 67.56%);平均血栓细胞体积(mean platelet volume, MPV)随年龄增长呈逐渐下降趋势,变化范围也逐渐加大。

表1 不同年龄组史氏鲟血液生理参数的比较

Tab.1 Comparison of haematological parameters among different age groups of *Acipenser schrenckii*

参数 parameters	年 龄 age				
	1	2	3	4	5
RBC(10^9 L^{-1})	924.00 ±150.27 ^a	710.00 ±91.92 ^b	782.00 ±108.49 ^{bc}	814.00 ±51.77 ^{bc}	943.33 ±158.22 ^c
HGB(g L^{-1})	39.80 ±13.83 ^a	56.20 ±13.61 ^{ab}	78.80 ±12.32 ^{bc}	93.40 ±9.99 ^{cd}	108.00 ±40.73 ^d
HCT(%)	6.26 ±1.98 ^a	8.04 ±0.47 ^b	10.04 ±0.90 ^c	9.92 ±0.50 ^c	12.53 ±2.15 ^d
MCV(fl)	118.46 ±5.45 ^a	120.54 ±4.47 ^a	120.62 ±4.10 ^a	121.72 ±2.55 ^a	132.37 ±2.71 ^b
MCH(pg)	74.92 ±4.99 ^a	83.62 ±14.86 ^a	94.78 ±12.10 ^{ab}	114.88 ±13.87 ^b	112.47 ±33.36 ^b
MCHC(g L^{-1})	632.60 ±35.09 ^a	695.40 ±135.36 ^{ac}	785.00 ±90.46 ^{ab}	944.00 ±117.96 ^b	846.33 ±233.61 ^{bc}
RDW(%)	24.02 ±2.81 ^a	24.06 ±3.03 ^a	23.42 ±2.19 ^a	22.96 ±1.88 ^a	23.97 ±1.79 ^a
HDW(g L^{-1})	92.04 ±4.07 ^{ab}	91.32 ±2.63 ^a	94.34 ±1.68 ^{ab}	95.34 ±0.86 ^b	76.10 ±2.55 ^c
PLT(10^9 L^{-1})	3.40 ±1.67 ^a	5.80 ±1.30 ^{ab}	4.40 ±1.95 ^a	5.00 ±1.22 ^a	9.00 ±6.08 ^b
MPV(fl)	9.80 ±0.80 ^a	8.66 ±0.63 ^{ab}	7.90 ±1.64 ^b	8.36 ±1.37 ^{ab}	7.83 ±2.42 ^{ab}
WBC(10^9 L^{-1})	428.86 ±107.75 ^a	529.68 ±27.06 ^b	623.28 ±53.86 ^b	601.80 ±22.59 ^b	783.40 ±132.05 ^c
Neut(%)	0.98 ±0.66 ^a	1.56 ±0.61 ^a	7.36 ±3.49 ^{bc}	4.36 ±3.10 ^{ab}	9.77 ±7.24 ^c
Lym(%)	88.34 ±5.51 ^a	77.48 ±7.50 ^{ab}	57.22 ±7.97 ^c	67.82 ±13.99 ^{bc}	57.73 ±7.12 ^c
Mon(%)	0.56 ±0.23 ^a	2.30 ±1.80 ^{ab}	3.60 ±1.12 ^b	3.78 ±3.15 ^b	4.27 ±0.75 ^b
Eos(%)	0.00 ±0.00 ^a	0.00 ±0.00 ^a	0.00 ±0.00 ^a	0.00 ±0.00 ^a	0.00 ±0.00 ^a
Baso(%)	1.96 ±1.86 ^a	14.18 ±15.62 ^{ab}	27.36 ±23.67 ^b	29.10 ±12.10 ^b	16.53 ±2.15 ^{ab}
Luc(%)	10.12 ±4.61 ^a	18.64 ±6.05 ^b	31.82 ±4.72 ^c	24.04 ±9.11 ^{bc}	28.23 ±0.76 ^c

注:同一行中参数上方字母不同代表有显著性差异($P < 0.05$),相同则无显著性差异;

Notes: The different letters on the parameters in one row stand for significant difference ($P < 0.05$); otherwise, the same ones stand for no significant difference

2.2 血红蛋白、红细胞比积、平均血红蛋白含量和浓度

血红蛋白(hemoglobin, HGB)随年龄的增长而上升,但相邻年龄组间差异不显著;红细胞比积(haematocrit, HCT)除3龄与4龄间无显著性差异外,其余各组间差异性显著,总体趋势也是随年龄增长而上升;平均血红蛋白含量(mean corpuscular hemoglobin, MCH)与平均血红蛋白浓度(mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC)变化趋势十分相似,1~4龄随年龄增长而上升,5龄组较4龄组稍有下降,但差异不明显,两者之间相关性极显著 $MCHC = 81.59 + 7.32 \times MCH$ ($r = 0.977$, $P < 0.01$)。

2.3 红细胞体积分布宽度和血红蛋白含量分布宽度

5个年龄组的红细胞体积分布宽度(red blood cell volum distribution width, RDW)无显著性差异,说明各年龄组红细胞体积差异不大,大小较为稳定;血红蛋白含量分布宽度(hemoglobin distribution width, HDW)1~4龄间差异不显著,但5龄组的HDW值明显小于1~4龄组,且有显著性差异。

2.4 白细胞数量和组成

史氏鲟白细胞数(white blood cell, WBC)随年

龄的增长而上升,2~4龄组间无显著性差异,1龄和5龄与其余各年龄组均有显著性差异;从白细胞分类计数(differential leukocyte count, DLC)值看出,各年龄中含量最高的为淋巴细胞(lymphocyte, Lym),其次是嗜碱性粒细胞(basophil, Baso)、嗜中性粒细胞(neutrophil, Neut)和单核细胞(monocyte, Mon),1~5龄组不含嗜酸性粒细胞(eosinophil, Eos)。1~2龄Lym含量最高,为88.34%和77.48%,而Baso、Neut、Mon分别为1.96%和14%、0.98%和1.56%、0.56%和2.3%。从第3龄开始,Baso、未着色细胞(Luc)上升比例较大,分别达到27.36%和31.82%。随着年龄的增长,Lym逐渐降低,而Baso、Neut和Mon均呈上升趋势。总体来说,史氏鲟属于以Lym为主,系Baso较高的鱼类。

3 讨论

3.1 史氏鲟血液生理指标的特点

在本研究所涉及的11个血液学指标中,史氏鲟的RBC、HCT、HGB、MCH、MCHC、WBC等6项主要指标均随年龄的增长而上升,MCV、PLT、HDW等3项指标1~4龄变化不大,仅在5龄MCV、PLT有较显著的上升,而HDW有显著的下降,RDW则保持相对稳定,各年龄组间无显著性

差异。HDW 是反映红细胞内血红蛋白浓度异质性改变的参数,1~4 龄 HDW 值大,但组间差异不显著,说明史氏鲟生长期红细胞间血红蛋白浓度变化比较大,而 5 龄 HDW 值明显小于 1~4 龄,且有显著性差异,说明 5 龄红细胞间的血红蛋白浓度变化较小,相对稳定。RDW 是反映周围血细胞体积异质性参数,它能客观地反映红细胞大小不等的程度。五个年龄组的 RDW 无显著性差异,说明各年龄组红细胞体积差异不大。

性成熟的史氏鲟,具有较高的 HGB ($80 \sim 140 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$),较多的 RBC [$(0.9 \sim 1.5) \times 10^9 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$]和较大的 HCT ($34\% \sim 45\%$),反映了鲟在生殖洄游期间需要高能量和高水平的氧化代谢^[10]。把 HGB、RBC 和 HCT 的增大视为性成熟的一个指标,5 龄史氏鲟 HGB、RBC 分别达到了 ($108 \pm 40.73 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) 和 [$(0.94 \pm 1.58) \times 10^9 \cdot \text{mL}^{-1}$]与之相当,HCT [$(12.53 \pm 2.15)\%$]略低。从不同年龄血液指标的变化看,这 3 个指标都是随着年龄的增长而逐步增大,没有发生显著的变化,除了 HGB、RBC 和 HCT 以外,血液中 MCV、PLT、HDW 在 5 龄时有非常显著变化,这可能与性成熟有关,因为人工养殖条件下 5 龄史氏鲟雄性即已发育成熟^[11],MCV、PLT、HDW 有可能成为进一步确定性腺发育成熟的关键指标。

在白细胞分类计数方面,随着年龄的增长,Lym 的含量逐渐下降,而 Baso、Neut 和 Mon 均呈上升趋势。米瑞英^[6]研究过草鱼的部分血液指标值,1 龄草鱼的 Lym 比 2 龄的高,差异显著,草鱼 Lym 也表现出随着年龄的增加而下降的趋势,史氏鲟与之相同。除 2 龄史氏鲟 Mon 含量大于 Neut 外,其余各年龄组白细胞中各种类细胞比例依次为 Lym > Baso > Neut > Mon。

已有的研究表明,在主要淡水鱼类中,白细胞以淋巴细胞为主是普遍规律,在此前提下,DLC 值表现出共同的规律性:(1) Neut 高而 Mon 低;(2) Mon 高而 Neut 低,(3) Neut 和 Mon 均高而 Lym 偏低^[12]。史氏鲟白细胞中 Lym 含量占多数,这与一般鱼类相同,而不同的是史氏鲟白细胞中含有大量 Baso,仅次于 Lym 而居第 2,白细胞中不含 Eos。Baso 仅在革胡子鲶^[13]、尼罗罗非鱼^[14]、鲢^[6]等少数几种鱼中发现极少量,在其它鱼类中均未发现,而 Eos 仅在草鱼^[6,15]、鲢^[6]、鲤^[6]、兴国红鲤^[16]、尼罗罗非鱼^[17]有少量的发现。林光华

等^[12]根据 Lym 和 Neut 含量高,Eos、Baso 的含量少或者无来推断细胞分化的过程,认为 Lym 和 Neut 分化较 Eos、Baso 早。史氏鲟 Lym、Baso 比 Neut、Mon 高,是否意味着史氏鲟白细胞的分化是 Lym 和 Baso 要比 Neut 和 Mon 早,有关这一点还需进一步研究,也许 Baso 含量高正是鲟鱼这类古老鱼血液的一个特征。

史氏鲟 DLC 值属于 Lym、Baso 较高,而 Neut、Mon 较低鱼类,在白细胞的分类上不属于上述 3 类中的任何一类,因此,可考虑白细胞分类计数有第 4 种类型,即以 Lym 为主,Neut 和 Mon 均低而 Baso 含量高的类型。另外,运用本方法检测,还有很大一部分 Luc 细胞,这部分细胞究竟是什么类型的细胞,还有待今后的试验加以证实。

3.2 史氏鲟血液生理学指标与其它鱼类的比较

已有的研究表明,运动较快的鱼类 RBC、HCT 和 HGB 较运动缓慢的种类高,肉食性为主的鱼类的血液生理指标大于草食性鱼类,草食性为主的鱼类大于杂食性的鱼类^[12]。通过与草鱼^[6]、鲢^[6,18]、鲤^[19]、鳙^[20]、尼罗罗非鱼^[21]、虹鳟^[22]、白斑狗鱼^[23]、额河银鲫^[24] 8 种主要淡水养殖鱼类及俄罗斯鲟、闪光鲟和杂交鲟^[10]等 3 种鲟的上述血液指标的比较(表 2),史氏鲟 HCT 较低 (12.53%),远远低于其它淡水鱼类 ($25.84\% \sim 45.57\%$),而高于 3 种鲟鱼 ($3.7\% \sim 4.5\%$),HGB 值差别不大,RBC 除额河银鲫外也较其它鱼类低,但也高于其它 3 种鲟。

实验的结果显示,5 龄史氏鲟的 MCV 体积最大,但与杂交鲟和其它的淡水鱼相比 MCV 体积为最小,MCH 除额河银鲫相同外,高于其它的淡水鱼和杂交鲟,而低于闪光鲟和俄罗斯鲟,MCHC 与 3 种鲟和 8 种淡水鱼相比最高。通过比较可以看出,史氏鲟 MCV 最小,而 MCHC 最高。在脊椎动物进化过程中,进化程度越高的动物,血液中的红细胞就越小,数量就越多。鲟是古棘鱼类的后裔,现代脊椎动物中起源最早的生物类群之一,血液中 RBC 数量少和 HCT 比值低与它的进化地位相符合,而较小的 MCV 与它的进化地位却不相符。史氏鲟 MCV 较小,而 MCHC 较其它高出许多,这可能是由于生活的环境,如水温、食物等条件不同而造成的,这与虹鳟和尼罗罗非鱼的研究结果一致^[17,25];另外,MCHC 是血液携氧能力的重要指标,较高的 MCHC 值有利于在较小的 HCT

和较少 RBC 的条件下提高红细胞的携氧能力,是一种生理上的补偿作用^[4]。天然和养殖条件下史

氏鲟运动较为迟缓,比较的结果与其生活习性特点较为一致。

表 2 几种不同鱼类血液学指标的比较

Tab. 2 Comparison of haematological parameters of different species of fishes

项目 item	HCT (%)	HGB (g L ⁻¹)	RBC (10 ¹² L ⁻¹)	MCV (fL)	MCH (pg)	MCHC (g L ⁻¹)	文献 references
史氏鲟 (1 龄) <i>A. schrenckii</i> (age 1)	6.26 ±1.98	39.80 ±13.83	0.52 ±0.15	118.46 ±5.45	74.92 ±4.99	632.60 ±35.09	本文 this paper
史氏鲟 (5 龄) <i>A. schrenckii</i> (age 5)	12.53 ±2.15	108.00 ±40.73	0.94 ±0.16	132.37 ±2.71	112.47 ±33.36	846.33 ±233.61	本文 this paper
闪光鲟 <i>A. stellatus</i>	4.50	-	0.48	-	156.80	-	[10]
俄罗斯鲟 <i>A. gueldenstaedtii</i>	4.20	-	0.26	-	162.30	-	[10]
杂交鲟 (1 龄) hybrid sturgeon (age 1)	5.10	17.90	0.36	448.2	81.50	160.00	[10]
杂交鲟 (3 龄) hybrid sturgeon (age 3)	3.70	28.90	0.83	324.5	99.00	305.00	[10]
虹鳟 <i>Salmo irideus</i>	45.57 ±5.76	78.13 ±14.15	1.19 ±0.24	384.08 ±72.57	65.59 ±18.40	177.40 ±34.50	[25]
白斑狗鱼 <i>Esox lucius</i>	32.57 ±5.17	79.76 ±10.56	1.57 ±0.37	194.20 ±24.4	47.42 ±8.44	258.40 ±29.30	[23]
额河银鲫 <i>Carassius auratus gibelio</i>	29.23 ±3.82	99.69 ±10.70	0.86 ±0.12	332.70 ±66.10	115.90 ±17.10	347.90 ±27.90	[24]
尼罗罗非鱼 <i>Tilapia nilotica</i>	33.00 ±3.28	88.26 ±9.34	2.13 ±0.56	165.22 ±42.97	43.62 ±11.26	269.20 ±26.70	[21]
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	25.84 ±3.04	69.12 ±7.50	1.62 ±0.56	162.09 ±17.05	43.10 ±6.32	270.90 ±25.00	[6]
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	35.11 ±4.81	99.25 ±10.50	1.91 ±0.44	190.58 ±20.80	54.35 ±4.35	27.94 ±2.68	[18]
鳙 <i>Aristichthys nobilis</i>	30.19 ±3.20	93.38 ±9.86	1.67 ±0.37	187.33 ±18.73	58.03 ±7.60	307.40 ±35.50	[20]
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	45.57 ±5.76	109.78 ±11.52	1.84 ±0.33	264.33 ±52.37	61.48 ±12.77	232.20 ±23.90	[19]

史氏鲟在天然条件下主要摄食小鱼、小虾、小蟹及贝类等,是以肉食性为主的杂食性鱼类,人工养殖条件下,史氏鲟摄食人工配合饲料^[26],摄食人工饲料的史氏鲟血液中 RBC、HCT 比肉食性鱼类、草食性鱼类和杂食性鱼类都低,但高于其它 3 种鲟。说明鲟这种古老鱼类即使摄食天然的活性饵料其血液中主要生理指标也低于其它进化程度高的鱼类。

参考文献:

- [1] Danilo W F, Gunther J E, Gilson K. Comparative hematology in marine fish [J]. Comp Biochem Physiol, 1992, 102A:311 - 321.
- [2] Macey D J, Potter I C. Measurements of various blood cell parameters during the life cycle of the southern hemisphere lamprey, *Geotria australis* Gray [J]. Comparative Biochemistry and Physiology (Part A: Physiology), 1981, 69(4):815 - 823.
- [3] Potter I C, Beamish F W H. Changes in haematocrit and haemoglobin concentration during the life cycle of the anadromous sea lamprey, *Petromyzon marinus* L. [J]. Comparative Biochemistry and Physiology (Part A: Physiology), 1978, 60 (4):431 - 434.
- [4] 周 玉,郭广场,杨振国,等. 鱼类血液学指标研究的进展 [J]. 上海水产大学学报,2001,10(2):163 - 165.
- [5] 李 懋,黄二春,魏于生,等. 淡水鲟六项血液指标的测定及血细胞结构的显微观察 [J]. 淡水渔业,1992, (3):20 - 23.
- [6] 米瑞英. 草鱼、鲤和鲢血液学指标的测定 [J]. 淡水渔业,

- 1982, (4) :10 - 16.
- [7] Zhuang P, Boyd K, Zhang L Z, *et al.* Overview of biology and aquaculture of Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*, in China [J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2002, 18 :659 - 664.
- [8] 庄平,李大鹏,王明学,等. 不同养殖密度对史氏鲟稚鱼生长的影响[J]. *应用生态学报*,2002,13(6) :735 - 738.
- [9] 庄平,张征,章龙珍,等. 史氏鲟南移驯养及生物学的研究 V. 鱼池水质的变化与管理[J]. *淡水渔业*,1999,29(12) :3 - 6.
- [10] 郑永华. 幼鲟的血液学特征[J]. *国外水产*,1990, (4) :31 - 34.
- [11] 章龙珍,庄平,张涛,等. 人工养殖施氏鲟性腺发育观察[J]. *中国水产科学*,2002,9(4) :323 - 327.
- [12] 林光华,张丰旺,洪一江,等. 二龄鲢和鳙血液的比较研究[J]. *水生生物学报*,1998,22(1) :9 - 16.
- [13] 林光华,张丰旺. 革胡子鲶血液常数值的周年变化[J]. *动物学报*,1991,36(3) :341 - 342.
- [14] 张贤刚. 水温对尼罗罗非鱼几种血液指标影响的初步研究[J]. *淡水渔业*,1991, (2) :15 - 17.
- [15] 林光华,林琼,翁世骢. 草鱼血液的研究[J]. *动物学报*,1985,31(4) :336 - 343.
- [16] 林光华,张丰旺. 兴国红鲤血液的研究—白细胞百分式和细胞大小的测定[J]. *江西大学学报(自然科学版)*,1987,11(1) :41 - 48.
- [17] 林光华,张丰旺. 尼罗罗非鱼血液的研究[J]. *江西大学学报(自然科学版)*,1992,15(2) :103 - 107.
- [18] 贝念湘. 白鲢生理生化血液流变学常值研究[J]. *新疆农业科学*,1996, (2) :93 - 94.
- [19] 魏杉,贝念湘. 野鲤生理生化血液流变学常值的研究[J]. *新疆农业大学学报*,1997,20(1) :34 - 38.
- [20] 贝念湘,刘志强. 花鲢生理生化血液流变学常值测定研究[J]. *新疆农业科学*,1997, (2) :89 - 90.
- [21] 贝念湘. 尼罗罗非鱼生理生化血液流变学常值的研究[J]. *中国血液流变学杂志*,1995,5(3) :1 - 4.
- [22] 贝念湘,魏杉. 虹鳟鱼生理生化血液流变学常值测定研究[J]. *新疆农业大学学报*,1995,18(1) :9 - 13.
- [23] 刘志强,刘栓,杨红建,等. 白斑狗鱼血液生理,生化指标值和血液流变学常值的研究[J]. *动物学报*,1999,45(4) :398 - 403.
- [24] 贝念湘,杨红建,李新平,等. 额河银鲫血液生化及血液流变学参数[J]. *中国兽医学报*,1999,19(1) :43 - 45.
- [25] Dewilde M A, Houson A H. Haematological aspect of the themno acclimatory processs in the rainbow trout, *Salmo gairdner* [J]. *J Fish Res Bd Can*, 1967, 27A :2267 - 2281.
- [26] 庄平,章龙珍,张涛,等. 史氏鲟南移驯养及生物学的研究 . 1 龄鱼的生长特性[J]. *淡水渔业*,1998,28(4) :6 - 9.