

3 种致病弧菌感染对大黄鱼血液生化指标的影响

蔡林婷 李思源 葛明峰 胡亚萍 王国良*

(宁波大学应用海洋生物技术教育部重点实验室, 315211)

摘 要 溶藻弧菌 *Vibrio alginolyticus*、哈维弧菌 *Vibrio harveyi*、副溶血弧菌 *Vibrio parahaemolyticus* 是引起大黄鱼溃疡病的 3 种主要致病菌。本研究将试验大黄鱼随机分成 4 组, 分别腹腔注射 0.2 ml 的哈维弧菌、溶藻弧菌、副溶血弧菌和灭菌生理盐水, 在感染 20d 中的不同时间采样, 通过检测血清糖类、脂类及蛋白质代谢产物含量, 血清蛋白质含量及酶活性, 血清电解质含量等有关血液生化指标来比较 3 种致病弧菌对大黄鱼血液生化指标的影响。结果表明, 大黄鱼血液生化指标的变化主要发生在感染后的 1~4d, 主要表现为总蛋白、白蛋白、球蛋白、谷丙转氨酶、谷草转氨酶、乳酸脱氢酶、K、Fe 显著升高 ($P < 0.05$), 尿素氮、肌酐、血糖、胆固醇、Na、Cl 显著降低 ($P < 0.05$), 甘油三酯、P、Ca、Mg 无显著变化 ($P > 0.05$), 说明致病菌感染对大黄鱼组织器官的生理机能和代谢水平均产生了影响。反映鱼体受感染后从应激反应发生至生化指标变化主要出现在致病菌感染前期, 提示血清生化指标的检测可以作为大黄鱼“溃疡病”早期感染的监测指标。

关键词 大黄鱼 弧菌 血液生化指标 糖类 脂类 蛋白质

中图分类号 S941.42 **文献识别码** A **文章编号** 1000-7075(2013)02-0065-08

Effect of three pathogenic *Vibrios* on the blood biochemical parameters of *Pseudosciaena crocea*

CAI Lin-ting LI Si-yuan GE Ming-feng HU Ya-ping WANG Guo-liang*

(Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology, Ministry of Education, Ningbo University, 315211)

ABSTRACT *Vibrio alginolyticus*, *V. harveyi* and *V. parahaemolyticus* are main causes of ulcer disease for *Pseudosciaena crocea*. In this research, we set three experimental treatments of *P. crocea* which were injected with 0.2ml *V. harveyi*, *V. alginolyticus* or *V. parahaemolyticus*, respectively, while injection of normal saline at the same dose was given to the control. To study the impact of the three pathogenic *Vibrios* on the *P. crocea*'s blood biochemical parameters, contents of carbohydrate, lipid, protein, electrolyte and protein metabolism products and enzyme activity in serum were determined and compared by sampling at different time-point for 20d after infection. The results showed that the change of blood biochemical parameters occurred mainly in 1~4d after the *Vibrio* injection. Contents of TP, ALB, GLOB, ALT, AST,

教育部长江学者与创新团队项目(IRT0734)、国家公益性行业(农业)科研专项(200903029)和浙江省大学生科技创新项目(2010R405038)共同资助

* 通讯作者。E-mail: wangguoliang@nbu.edu.cn

收稿日期: 2012-03-05; 接受日期: 2012-11-14

作者简介: 蔡林婷(1989-), 女, 本科生, 主要从事水产动物病害研究。E-mail: cailinting71@163.com

LDH, K, and Fe increased significantly ($P < 0.05$), and contents of blood urea nitrogen, serum creatinine, blood sugar, cholesterol, Na, and Cl decreased significantly ($P < 0.05$), while contents of TG, P, Ca, and Mg did not change significantly ($P > 0.05$). These observations indicated that *Vibrio* infection has impacts on physiological functions and metabolic levels of *P. crocea*. The study indicates that the stress reaction to the *Vibrios* occurred mainly during the early stage after infection, and serum biochemical parameters can be used as early-warning indicators of ulcerous infection for *P. crocea*.

KEY WORDS *Pseudosciaena crocea* *Vibrio* Blood biochemical parameters
Sugar Lipid Protein

大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* 俗称黄花鱼, 隶属于石首鱼科, 是我国主要的经济鱼类之一, 也是浙江、福建等省网箱养殖的主要品种。随着大黄鱼养殖规模的不断扩大, 近几年来病害频繁发生且日趋严重, 尤其溃疡病仍是危害最为严重的细菌性病害, 给养殖业带来了巨大的经济损失。已有研究报道, 引起该病症的主要病原菌为副溶血弧菌 *Vibrio parahaemolyticus*、溶藻弧菌 *Vibrio alginolyticus* 和哈维弧菌 *Vibrio harveyi* (王军等 2001; 郑天伦等 2006; 王国良等 2008)。

血液病理分析是鱼类疾病诊断的重要手段, 血液中生化指标的变化往往能反应机体的生理变化情况。迄今为止, 对大黄鱼血液生化指标的影响研究报道很少, 仅见不同低温胁迫时间对大黄鱼血清生化指标的影响 (冀德伟等 2009), 大黄鱼感染哈维弧菌后血液生化指标的影响 (徐晓津等 2010) 等。

本研究通过人工感染 3 种致病弧菌后, 测定大黄鱼血清糖类、脂类、蛋白质、电解质含量和有关酶活性等血液生化指标, 探讨感染致病菌对鱼类血液生化指标的影响, 以为建立大黄鱼溃疡病早期监测、预警、预报提供理论基础和实验依据。

1 材料与方法

1.1 试验用鱼

健康大黄鱼 240 尾, 于 2011 年 6 月购自浙江宁波象山黄避岙养殖海区, 摄食正常, 每尾 250~300g。随机分为 4 组, 放养于象山黄避岙海水网箱养殖鱼排, 网箱规格 2m×2m×3m, 试验期间水温 $28 \pm 1^\circ\text{C}$, 海水盐度 28, 每组放养 60 尾, 正常投喂, 暂养 7d 后开始实验。

1.2 试验菌株

哈维弧菌、溶藻弧菌、副溶血弧菌 3 种菌株均分离自患病大黄鱼, 并经回归感染证明具有较强毒力 (王国良等 2008), 保存于本实验室。菌悬液浓度经人工感染预实验后确定感染浓度 (李思源等 2012), 哈维弧菌菌悬液调整至 1.5×10^6 CFU/ml, 溶藻弧菌和副溶血弧菌菌悬液调整至 1.5×10^7 CFU/ml, 备用。

1.3 人工感染

大黄鱼经丁香酚麻醉后, 进行腹腔注射, 实验组 I、II、III 分别注射哈维弧菌、溶藻弧菌和副溶血弧菌, 每尾注射 0.2 ml 上述对应菌悬液, 对照组 IV 每尾注射 0.2ml 灭菌的生理盐水。

1.4 样品采集

在感染后 0、1、2、4、7、10、13、16、20d 分别从各感染组及对照组随机各取 6 尾大黄鱼, 采用一次性注射器尾静脉取血, 血液置于 2.0ml 离心管中, 4°C 下静置过夜后, 4 000r/min 低温离心 10min, 收集上层血清, 为使检测所需足够样品, 将同组两尾大黄鱼的血清混合, 各组制备 3 个平行血清样本, 进行血清生化指标检测。

1.5 血清生化指标的测定

取 1ml 血清样本,直接在贝克曼(Beckman Lx20)全自动生化分析仪上完成所有生化指标测定。各指标数值:肌酐、尿酸和铁含量单位为 $\mu\text{mol/L}$,尿素氮、总胆固醇、甘油三酯、葡萄糖、钾、钠、氯、钙、镁和磷含量单位为 mmol/L ,总蛋白、白蛋白和球蛋白含量单位为 g/L ,谷丙转氨酶、谷草转氨酶、乳酸脱氢酶、 γ -谷氨酰转肽酶含量单位为 U/L 。

1.6 数据处理

数据处理使用 Excel 2003 软件,试验结果用 SPSS 13.0 统计软件进行生物统计学分析,各处理平均数之间采用 LSD 检验方法进行差异显著性比较。

2 结果与分析

2.1 血清糖类、脂类及蛋白质代谢产物含量的比较

腹腔注射后,大黄鱼血清中的糖类、脂类及蛋白质代谢产物含量有了明显的变化,体现在肌酐(Creatinine, CREA)、葡萄糖(Glucose, GLU)、尿素氮(Blood urea nitrogen, BUN)、尿酸(Uric acid, URCA)、总胆固醇(Cholesterol, CHOL)、甘油三酯(Triglycerides, TG)等指标上,其变化主要发生在感染后 1~7d 内。1d 时,实验组 III CREA 含量急剧下降,与对照组差异极显著($P < 0.01$) (图 1);各实验组 BUN 含量与对照组相比显著降低($P < 0.05$) (图 2);实验组 I URCA 含量极显著高于对照组($P < 0.01$) (图 3),实验组 III URCA 含量升高,与对照组差异显著($P < 0.05$)。2d 时,实验组 II CREA 含量持续上升,与对照组差异显著($P < 0.05$);各实验组 BUN 含量开始上升,实验组 I、III 显著高于对照组($P < 0.05$)。4d 时,各实验组 CREA 含量均明显下降,实验组 I、II 与对照组相比差异显著($P < 0.05$);各实验组 GLU 变化较明显(图 4),实验组 I、II 与对照组存在显著差异($P < 0.05$);各实验组 URCA 含量开始下降,实验组 I、II 极显著低于对照组($P < 0.01$)。7d 时,实验组 I、III CREA 含量极显著低于对照组($P < 0.01$);各实验组 GLU 含量均低于对照组,其中实验组 III 与对照组差异显著($P < 0.05$);从 URCA 含量来看,各实验组与对照组差异不显著($P > 0.05$)。感染 7d 后,CREA、GLU、BUN、URCA 的含量基本上无显著变化。

除上述指标外,血清中的 TG 含量在整个实验过程中无明显变化(图 5),而 CHOL 含量的变化主要出现在感染后的 7~16d (图 6)。CHOL 含量在感染后 1~4d 内,各实验组与对照组相比有所降低,但差异均不显著($P > 0.05$);感染 7~10d 内,各实验组 CHOL 含量明显升高,其中实验组 I 和 II 显著高于对照组($P < 0.05$);感染 13d,各实验组的 CHOL 含量均显著高于对照组($P < 0.05$);感染 16d,实验组 I 持续升高,与对照组差异极显著($P < 0.01$);16d 后,各组 CHOL 含量基本趋于一致。

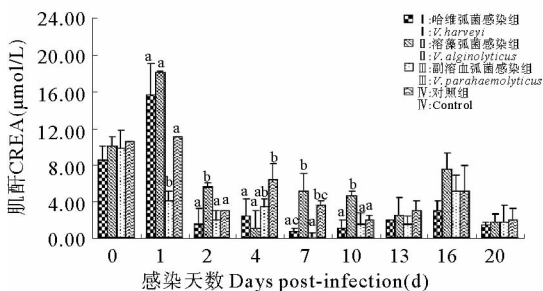


图 1 3 种致病弧菌对大黄鱼血清中肌酐含量的影响
Fig. 1 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on creatinine content in serum of *P. crocea*

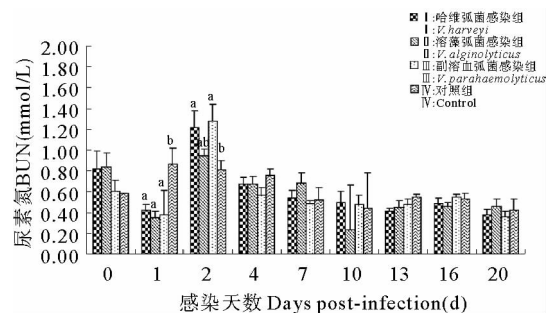


图 2 3 种致病弧菌对大黄鱼血清中尿素氮含量的影响
Fig. 2 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on blood urea nitrogen content in serum of *P. crocea*

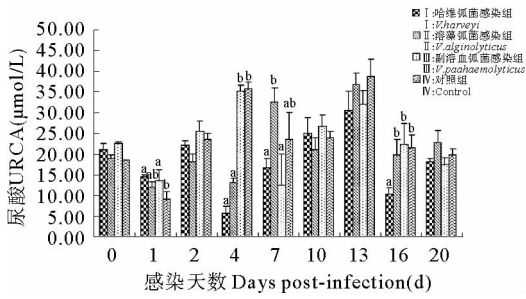


图3 3种致病弧菌对大黄鱼血清中尿酸含量的影响

Fig. 3 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on uric acid content in serum of *P. crocea*

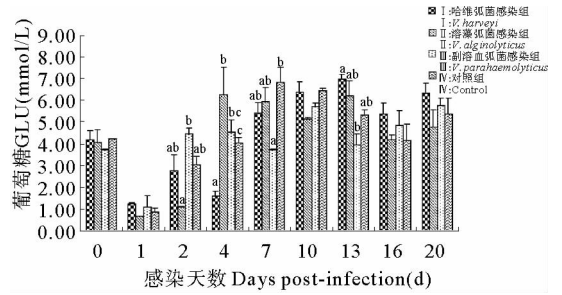


图4 3种致病弧菌对大黄鱼血清中葡萄糖含量的影响

Fig. 4 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on glucose content in serum of *P. crocea*

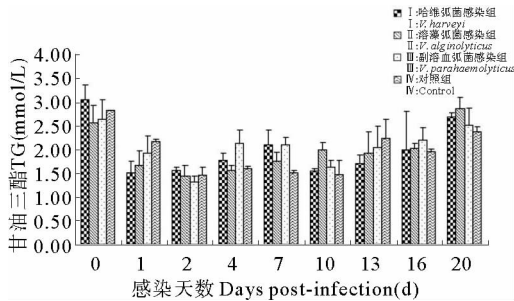


图5 3种致病弧菌对大黄鱼血清中甘油三酯含量的影响

Fig. 5 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on triglycerides content in serum of *P. crocea*

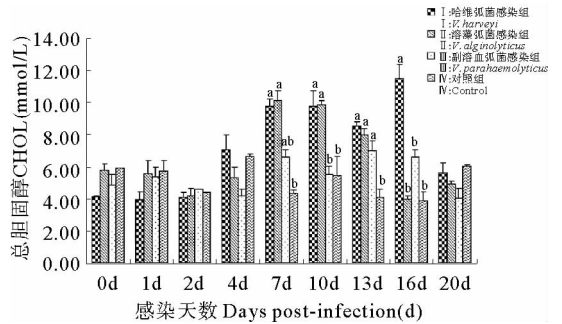


图6 3种致病弧菌对大黄鱼血清中总胆固醇含量的影响

Fig. 6 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on cholesterol content in serum of *P. crocea*

2.2 血清蛋白质含量及酶活性的比较

2.2.1 血清中蛋白质类物质含量的变化

结果显示,大黄鱼血清中蛋白质类物质含量的变化主要发生在感染后的1~4d内,2d时最明显,其余各时间除个别差异外,各组数据均没有显著差异。感染后1d,各实验组球蛋白(Globulin, GLOB)含量有所下降(图7),实验组III与对照组差异显著($P < 0.05$)。2d时,各实验组总蛋白(Total protein, TP)含量明显升高(图8),实验组I与对照组相比差异显著($P < 0.05$);各实验组白蛋白(Albumin, ALB)含量明显升高(图9),实验组I、II上升较大,与对照组差异显著($P < 0.05$);各实验组球蛋白(GLOB)含量开始升高,实验组I显著高于对照组($P < 0.05$)。4d时,各实验组总蛋白(TP)含量与对照组差异不显著。白球比例(A/G)值与白蛋白、球蛋白的变化不成正比关系(图10),感染1d时,实验组III A/G值极显著高于对照组($P < 0.01$);7d时,实验组III显著低于对照组($P < 0.05$);10d时,实验组I、III显著低于对照组($P < 0.05$)。

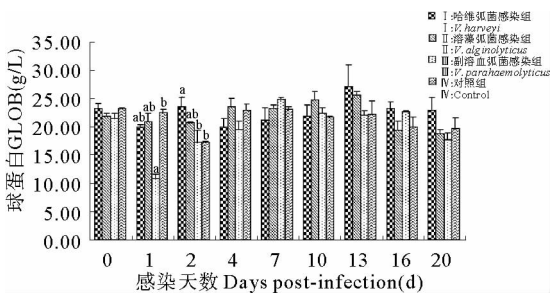


图7 3种致病弧菌对大黄鱼血清中球蛋白含量的影响

Fig. 7 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on globulin content in serum of *P. crocea*

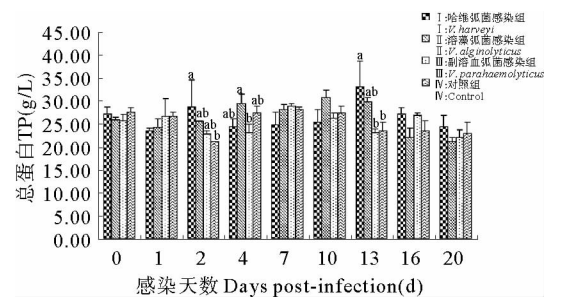


图8 3种致病弧菌对大黄鱼血清中总蛋白含量的影响

Fig. 8 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on total protein content in serum of *P. crocea*

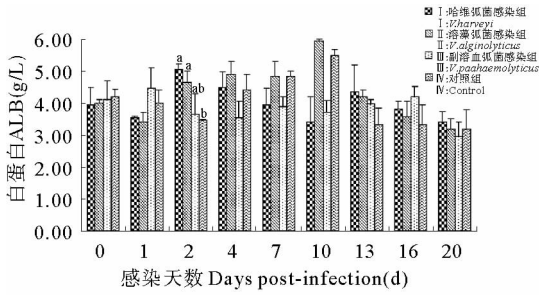


图 9 3 种致病弧菌对大黄鱼血清中白蛋白含量的影响
Fig. 9 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on albumin content in serum of *P. crocea*

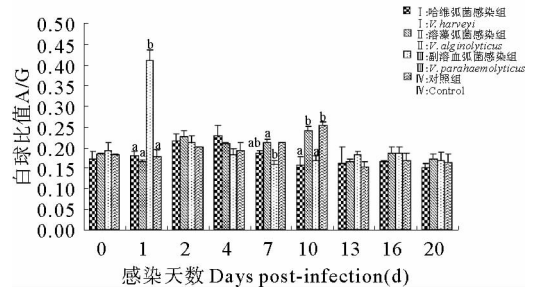


图 10 3 种致病弧菌对大黄鱼血清中白球比值的影响
Fig. 10 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on the ratio of albumin and globulin in serum of *P. crocea*

2.2.2 血清酶类物质活性的变化

大黄鱼血清中几种酶活性的变化主要发生在感染后的 1~10d,谷丙转氨酶(Alanine aminotransferase, ALT)、谷草转氨酶(Aspartate aminotransferase, AST)、乳酸脱氢酶(Lactate dehydrogenase, LDH)变化较显著,γ-谷氨酰转肽酶(Glutamyl peptidase, GGT)变化不大。1d时,各实验组 AST(图 11)和 LDH(图 12)含量有所上升,实验组 I 上升较快,与对照组差异极显著($P < 0.01$)。2d 时,AST 活性持续上升,实验组(I、II、III)均极显著高于对照组($P < 0.01$);ALT 含量明显升高(图 13),实验组 I 极显著高于对照组($P < 0.01$),实验组 II、III 与对照组差异显著($P < 0.05$);LDH 含量也显著升高,实验组 I 上升幅度较大,与对照组差异极显著($P < 0.01$),实验组 III 与对照组相比差异显著($P < 0.05$)。4d 时,实验组 I AST 含量显著高于对照组($P < 0.05$),实验组 II、III 极显著高于对照组($P < 0.01$);ALT 活性呈持续上升趋势,实验组 II、III 与对照组差异极显著($P < 0.01$);LDH 含量显著上升,各实验组与对照组相比,都差异极显著($P < 0.01$);GGT 活性发生变化(图 14),各实验组均低于对照组,其中实验组 III 与对照组差异显著($P < 0.05$)。7d 时,各实验组 AST 活性仍均极显著高于对照组($P < 0.01$);实验组 II、III LDH 活性依旧显著高于对照组($P < 0.05$),实验组 I LDH 活性有所下降,与对照组差异不显著($P > 0.05$)。10d 时,实验组 I AST 活性显著低于对照组($P < 0.05$);ALT 活性升高,实验组 I 与对照组差异显著($P < 0.05$),实验组 III 与对照组差异极显著($P < 0.01$);LDH 活性实验组 II 显著高于对照组($P < 0.05$),而实验组 I 显著低于对照组($P < 0.05$)。

2.3 血清电解质含量的比较

大黄鱼血清中电解质的含量变化主要发生在感染后的 1~4d,表现为高钾(K)、铁(Fe),低钠(Na)、氯(Cl),而磷(P)、钙(Ca)、镁(Mg)无明显变化。感染 1d 时,各实验组 K 含量上升(图 15),实验组 III 上升较快,与

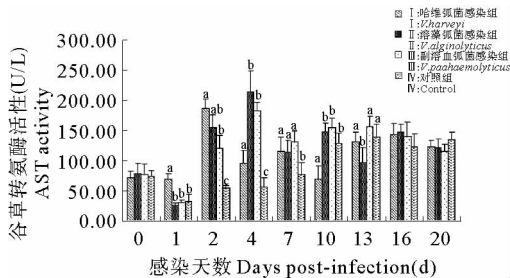


图 11 3 种致病弧菌对大黄鱼血清中谷草转氨酶活性的影响
Fig. 11 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on aspartate aminotransferase activity in serum of *P. crocea*

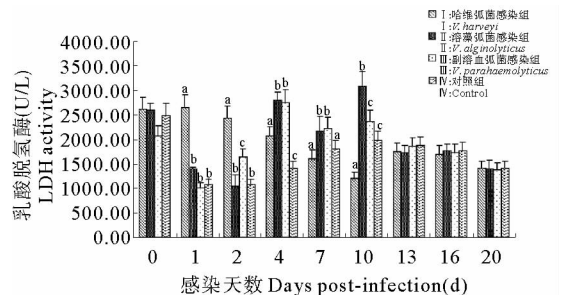


图 12 3 种致病弧菌对大黄鱼血清中乳酸脱氢酶活性的影响
Fig. 12 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on lactate dehydrogenase activity in serum of *P. crocea*

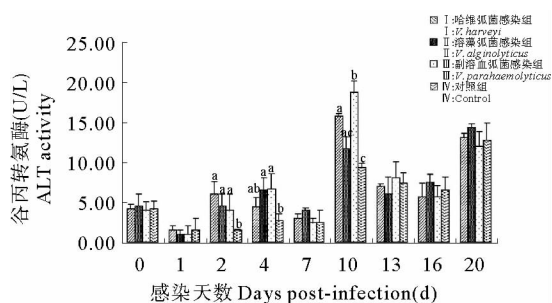


图 13 3种致病弧菌对大黄鱼血清中谷丙转氨酶活性的影响

Fig. 13 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on alanine aminotransferase activity in serum of *P. crocea*

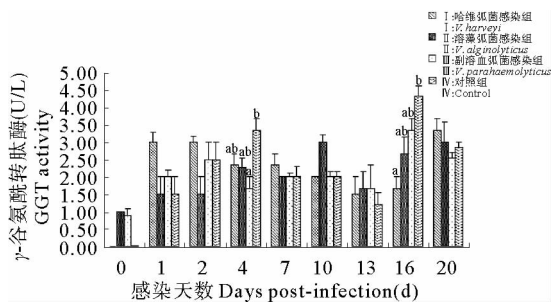


图 14 3种致病弧菌对大黄鱼血清中γ-谷氨酰转肽酶活性的影响

Fig. 14 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on glutamyl peptidase activity in serum of *P. crocea*

对照组差异显著($P < 0.05$);实验组 II Fe 含量升高,与对照组差异极显著($P < 0.01$)(图 16),实验组 III 与对照组差异显著($P < 0.05$)。2d 时,各实验组 K 含量持续上升并达到峰值,实验组 I 与对照组差异显著($P < 0.05$),实验组 II 与对照组差异极显著($P < 0.01$);各实验组 Na 含量有所升高(图 17),实验组 I 上升较快,与对照组差异显著($P < 0.05$);各实验组 Cl 含量发生变化(图 18),实验组 I 极显著高于对照组($P < 0.01$),实验组 II 显著高于对照组($P < 0.05$)。4d 时,各实验组 K 含量变化不显著,Na 和 Cl 含量急剧下降,均与对照组差异极显著($P < 0.01$);Mg 含量实验组 I 显著低于对照组($P < 0.05$)(图 19);Fe 含量持续升高,实验组 I 与对照组差异显著($P < 0.05$),实验组 II 与对照组差异极显著($P < 0.01$)。7d 后,大黄鱼血清中各电解质的含量变化不大,只在 10 d 和 13d 有 1~2 个电解质含量出现个别差异,其余各时间各组数据均没有显著差异。

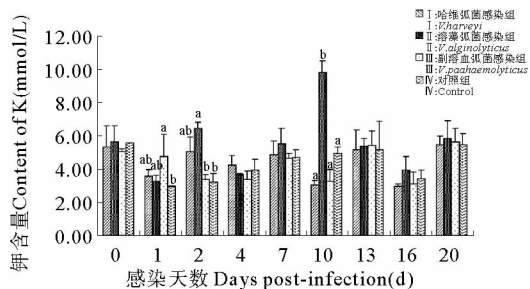


图 15 3种致病弧菌对大黄鱼血清中钾含量的影响
Fig. 15 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on K content in serum of *P. crocea*

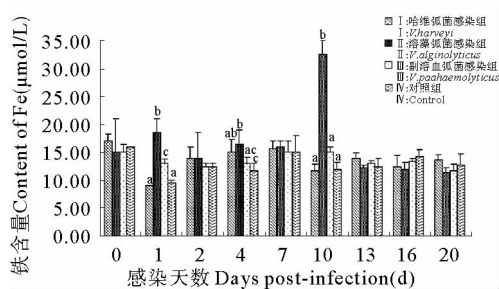


图 16 3种致病弧菌对大黄鱼血清中铁含量的影响
Fig. 16 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on Fe content in serum of *P. crocea*

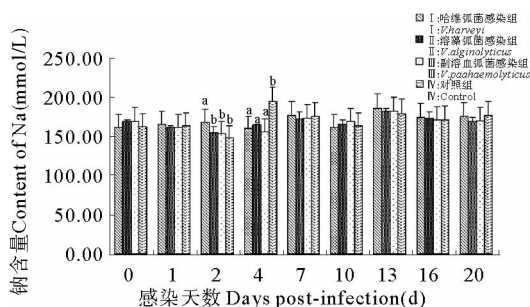


图 17 3种致病弧菌对大黄鱼血清中钠含量的影响
Fig. 17 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on Na content in serum of *P. crocea*

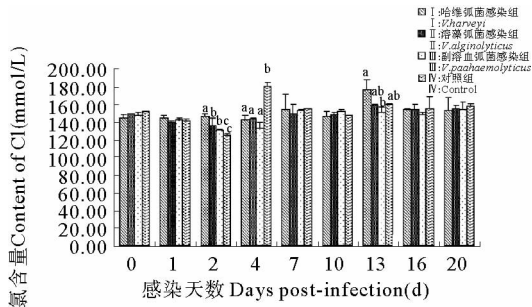


图 18 3种致病弧菌对大黄鱼血清中氯含量的影响
Fig. 18 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on Cl content in serum of *P. crocea*

3 讨论

糖、脂肪和蛋白质是鱼类能量的根本来源,血液中各项物质的相对稳定对鱼类正常的生命活动有着十分重要的作用。从本研究结果看,大黄鱼受感染后与对照组相比,各实验组在多项血清生化指标上均发生了显著的变化。主要表现为,TP、ALB、GLOB、ALT、AST、LDH、K、Fe 显著升高;CREA、BUN、GLU、CHOL、Na、Cl 显著降低;TG、P、Ca、Mg 无显著变化,表明致病菌感染对大黄鱼组织器官的生理机能和代谢水平产生影响。由于本研究的感染浓度和剂量是以试验鱼体受感染但无明显外部症状和死亡为原则设计,以探讨鱼体感染后的应激反应及其反应过程,所以并未造成其肝脏、肾脏等器官的严重病变,试验期间也未见批量发病鱼和死亡鱼的出现。

血清中蛋白质分为两种,白蛋白(清蛋白)和球蛋白,合计称之为血清总蛋白。血清蛋白可以用来诊断鱼类的健康、营养和疾病情况。本研究中蛋白质类物质含量的变化主要发生在感染后的 2d,TP、ALB、GLOB 值都有升高的趋势,这与周玉等(2002)的研究结果相似,具体的病理意义有待于进一步的研究。

ALT 和 AST 是生物体正常生命活动不可缺少的酶类。血清中 ALT 和 AST 的含量因鱼种类的不同而有一定的差异,在正常状态下,它们主要存在于细胞中,在血清中活性一般较低且相对恒定。当组织细胞受损时,大量转氨酶逸入血液,血清中 ALT 和 AST 的含量会迅速上升。国外有学者曾调查了鳗鲡血清中 ALT 和 AST 的活性对肝脏的影响(尾崎久雄 1983);国内也曾报道欧洲鳗鲡患“狂游病”后,转氨酶含量显著升高,认为是肝脏组织受到损伤引起(周玉等 2002)。本研究中血清酶类的含量变化发生在感染后的 1~7d,ALT、AST、LDH 等酶含量在感染后出现不同程度的上升,而 GLU、CHOL 等含量有所下降。这些变化表明大黄鱼受感染后,肝、肌肉等组织受到了损伤,细胞内酶大量逸出,机体糖、脂肪、蛋白质等物质代谢发生障碍,导致血清中酶的含量上升(陈寅儿等 2005;徐晓津等 2010)。

血清中的 BUN、CREA、K⁺、Na⁺、Cl⁻ 等的含量是肾功能指标。TP、BUN、CREA 等含量的上升,显示鱼体严重脱水、血液浓缩、肾脏机能发生障碍(尾崎久雄 1982;周玉等 2001)。患败血症的鲢血清中 BUN 和 CREA 显著增加,而 K、Na、氯化物浓度极显著降低,患溶血性腹水病的异育银鲫血清中 CREA 显著增加,而 Na 和氯化物浓度极显著降低,均表现出肾功能减退或肾功能不全的症状(米瑞芙等 1993;黄琪炎等 1992)。本研究中,各实验组大黄鱼血清中 BUN 和 CREA 含量并没有显著增加,在感染后 1d BUN 略上升,与对照组差异不明显,其余时间各感染组基本成下降趋势,略低于对照组,说明本研究中各实验组感染大黄鱼并未出现严重的肾组织损伤或肾功能衰退。K⁺、Na⁺、Cl⁻ 等含量的变化反映了肾小球的滤过与重吸收功能变化,当机体处于肾脏功能减退时,会引起血清中电解质含量的变化(陶义训等 1979;梁之彦等 1990)。本研究中,各感染组血清中 K、Na、Cl 等电解质离子在感染后的 1~4d 内发生了变化,主要表现为高 K、Fe,低 Na、Cl、P、Ca、Mg 无显著变化,说明本研究中各实验组大黄鱼在受到感染后的 1~4d 内肾脏机能有所减弱,但肾功能并没有衰退。在感染 7d 后各组含量趋于一致,无显著差异,说明鱼体可以通过自身免疫系统的作用清除致病菌,逐渐恢复肾功能。这与研究鲈鱼感染溶藻弧菌后肝、肾、肌肉等组织严重受损以及大黄鱼“溃疡病”的研究结果有所出入(陈寅儿等 2005;郑天伦等 2006),可能与感染的剂量和浓度不同致使致病程度不同有关。

研究表明,实验期间大黄鱼血液中生化指标的显著变化主要发生在致病菌感染前期,虽对大黄鱼组织器官的生理机能和代谢水平产生影响,但未造成其肝脏、肾脏等器官的严重病变,鱼体能够通过自身免疫系统的作用和调节来防御致病细菌感染,最终修复损伤并恢复生理机能。此外,3 种致病弧菌在血清生化指标变化趋势上虽然基本一致,但各种菌在病程时效和变化程度上有所差异。哈维弧菌在感染后 1~2d 内血清中 AST、ALT、LDH、K、Na、Cl 等含量已发生了显著变化,而溶藻弧菌及副溶血弧菌主要在 2~4d 内出现相关指标的增加或

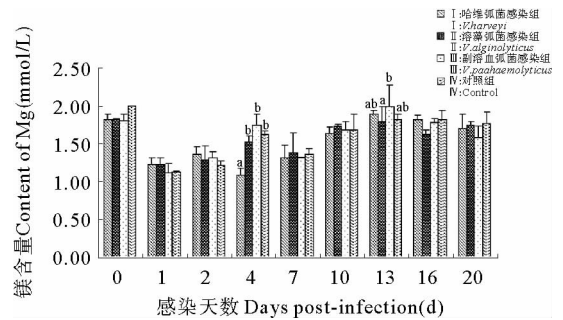


图 19 3 种致病弧菌对大黄鱼血清中镁含量的影响

Fig. 19 Impact of three pathogenic *Vibrio* species on Mg content in serum of *P. crocea*

降低,说明哈维弧菌的毒性较强,能引起鱼体急性反应。本研究显示,血清生化指标的检测可以作为大黄鱼“溃疡病”致病弧菌早期感染的监测指标。

参 考 文 献

- 王 军,苏永全,张朝霞,李 沫,张蕉南,鄢庆枇. 2001. 闽南地区养殖大黄鱼细菌性疾病的病原生物学研究. 厦门大学学报(自然科学版), 40(1): 85-91
- 王国良,祝璟琳,金 珊. 2008. 养殖大黄鱼3种致病弧菌的分子鉴定及其系统发育分析. 海洋与湖沼, 39(2): 162-167
- 李思源,葛明峰,胡亚萍,蔡林婷,王国良. 2012. 三种致病弧菌感染对大黄鱼非特异性免疫功能的影响. 台湾海峡, 31(2): 202-209
- 米瑞英,陶炳春,王晓梅,谢宝华. 1993. 鲢败血症血液生理指标的变化. 淡水渔业, 23(4): 16-19
- 陈寅儿,金 珊,王国良. 2005. 鲈鱼溶藻弧菌病的血液生理生化指标研究. 台湾海峡, 24(1): 104-108
- 郑天伦,王国良,黄家庆,金 珊,何中央,林如意. 2006. 养殖大黄鱼溃疡病的病原菌及其防治药物. 浙江大学学报(理学版), 33(5): 573-577
- 周 玉,郭文场,杨振国,张 凯,邹尔新. 2002. 欧洲鳗鲡“狂游病”血液生化指标研究. 水生生物学报, 26(3): 314-316
- 周 玉,郭文场,杨振国,张 凯. 2001. 鱼类血液学指标研究的进展. 上海水产大学学报, 10(2): 163-165
- 陶义训. 1979. 临床生化检验(上). 上海:上海科学技术出版社,106-223
- 徐晓津,徐 斌,王 军,苏永全,张之文,陈 心. 2010. 大黄鱼感染哈维氏弧菌后血液生化指标的变化及组织病理学观察. 水产学报, 34(4): 618-624
- 梁之彦. 1990. 生理生化. 上海:上海科学技术出版社,441-442
- 黄琪炎,刘丽燕,范丽萍. 1992. 异育银鲫溶血性腹水病的病理生理研究. 水产学报, 16(4): 316-321
- 冀德伟,李多云,王天柱,张呈念,徐 镇,徐万土. 2009. 不同低温胁迫时间对大黄鱼血清生化指标的影响. 水产科学, 28(1): 1-4
- 尾崎久雄. 1983. 鱼类消化生理. 上海:上海科技出版社,2552-2580
- 尾崎久雄. 1982. 鱼类血液与循环生理. 上海:上海科学技术出版社,67-131