

盐度骤降胁迫对大黄鱼血清生化组分的影响

何亮银^{1,2}, 李进寿¹, 史晓丽^{1,2}, 周逢芳^{1,2}, 黄伟卿^{1,2}

(1. 宁德师范学院 生命科学学院, 福建 宁德 352100; 2. 闽东水产品精深加工福建省高等学校工程研究中心, 福建 宁德 352100)

摘要: 以大黄鱼(*Larimichthys crocea*)为研究对象, 通过研究急性低盐度胁迫对大黄鱼血清生化组分的影响, 评估盐度骤降引起鱼体的应激反应。急性低盐度(15、8)胁迫下, 在 72 h 的实验周期中, 大黄鱼血清葡萄糖(GLU)含量整体显著下降($P<0.05$); 血清总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)及球蛋白(GLB)含量在 15 盐度胁迫下呈波动变化, 与对照组相比无显著性差异($P>0.05$), 8 盐度胁迫下, TP 含量呈显著下降后逐渐升高趋势; 血清甘油三酯(TG)和总胆固醇(CHOL)含量在 15 盐度胁迫下均在初始阶段显著变化后逐渐恢复至对照组水平, 而 8 低盐胁迫后二者含量均在实验后期(48 h 和 72 h)大幅度显著升高; 血清中的丙氨酸氨基转移酶(ALT)和天门冬氨酸氨基转移酶(AST)含量在低盐胁迫下均显著高于对照组水平, 且呈现出盐度相关性。研究结果表明, 急性低盐胁迫会引起鱼体应激反应, 实际生产中应避免养殖环境盐度的剧烈变化。

关键词: 大黄鱼; 急性低盐胁迫; 应激反应; 血清生化组分

中图分类号: S965.322

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2022)08-0032-07

DOI: 10.11759/hyxx20201028001

盐度是水生生物最重要的环境因子之一, 与渗透压密切相关, 能显著影响鱼类的存活、生长、代谢及免疫防御^[1-2]。研究发现, 养殖水体盐度变化会诱发鱼体应激反应, 导致鱼体耗氧增加, 代谢加速, 能量消耗增多^[3]。此外, 盐度变化还会降低鱼体的免疫能力^[4], 长期处于低盐度或高盐度胁迫下的养殖鱼类, 更容易受到病原侵袭, 引起鱼体疾病, 甚至死亡^[5]。大黄鱼(*Larimichthys crocea*)是我国重要的海水经济鱼类, 据中国渔业统计年鉴, 2019年大黄鱼养殖产量为 225 549 t, 已连续多年位居我国海水养殖鱼类之首^[6]。大黄鱼养殖网箱多位于东南沿海海域, 适宜生存盐度为 20~34, 养殖水体的盐度易受台风引起的暴雨及地表径流等的影响而骤降, 导致大黄鱼应激反应强烈, 渗透压紊乱和机体免疫力下降, 引起死亡^[7]。研究盐度骤降引起的大黄鱼应激反应, 将为大黄鱼的健康养殖提供参考。

血液在水产动物体内循环系统中发挥关键作用, 承担着物质运输、生理调节及免疫防御等诸多功能, 是评估鱼类等水产动物摄食与代谢、营养与健康 and 适应养殖环境最重要的生化组分, 其主要指标变化还能为评估鱼类的生理与免疫状况提供重要参考^[8-9]。鱼类主要的血液生化指标有葡萄糖(glucose,

GLU)、总蛋白(total protein, TP)、白蛋白(albumin, ALB)、球蛋白(globulin, GLB)、甘油三酯(triglyceride, TG)、胆固醇(cholesterol, CHOL)、丙氨酸氨基转移酶(alanine aminotransferase, ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(aspartate aminotransferase, AST)等。徐力文等^[10]发现军曹鱼(*Rachycentron canadum*)稚鱼在急性低盐胁迫下 GLU、AST 及 ALT 的含量出现波动, 甚至剧烈的升高或下降; 刘伟等^[11]发现大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)幼鱼在不同盐度下的 TP、GLB、ALB、GLU、TC、TG、ALT、AST 等主要血清生化指标差异显著。

收稿日期: 2020-10-28; 修回日期: 2020-11-25

基金项目: 福建省科技厅自然科学基金项目(2018J05062); 福建省中科院 STS 计划配套项目(2017T3016); 福建省教育厅中青年教育科研项目(JAT170658); 宁德市科技计划项目(20170046); 宁德师范学院校级专项资助计划科研项目(2019ZX406)

[Foundation: Natural Science Foundation of Fujian Province, No. 2018J05062; The STS project of Fujian Province, No. 2017T3016; Middle-aged and Young Scientist of Fujian Provincial Education Department of China, No. JAT170658; The Foundation of Science Committee of Ningde, No. 20170046; The Scientific Research Foundation of Ningde Normal University, No. 2019ZX406]

作者简介: 何亮银(1987—), 男, 博士, 主要从事水产动物病害与免疫学研究, E-mail: heliangyin@yeah.net; 黄伟卿(1988—), 通信作者, 男, 副教授, 主要从事水产增养殖研究, E-mail: 393634584@qq.com

以往对盐度骤降引起大黄鱼生理变化的研究主要集中在离子浓度及鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力等方面^[12], 本研究通过对急性低盐度胁迫后的大黄鱼血清生化组分进行测定和分析, 研究大黄鱼对急性低盐胁迫的适应性, 为大黄鱼的应激反应及血液生理研究提供基础数据, 也为大黄鱼的健康养殖提供参考。

1 材料与方 法

1.1 实验用 鱼与养殖 条件

实验用健康大黄鱼购自宁德富发水产有限公司, 初始平均体长(15.6±1.5) cm, 平均体质量为(46.4±3.7) g, 运抵实验场所后暂养一周, 持续充氧, 保持养殖水体溶氧量>6.0 mg/L, pH 值(7.8±0.2), 水温(16±1.5) °C, 海水盐度为 23, 暂养和实验期间每天按鱼体质量 3%投喂商品饵料, 分别于 8: 00 和 20: 00 分两次投喂, 每天使用相同盐度海水换水 1/3 左右, 吸去残饵和污物。

1.2 实验设计 与管理

实验用鱼养殖于约 350 L 的圆形塑料桶。根据福建省宁德市大黄鱼主养殖区三都澳河口沿岸网箱养殖水环境历年来受大暴雨等自然天气影响盐度变化情况, 分别设置 15 和 8 两个急性低盐度胁迫组和一个正常盐度海水(23)养殖组为对照组。每个实验组设置 3 个平行, 共 9 组, 每个平行组含大黄鱼 15 尾。养殖用水为沙滤处理后的天然海水(23), 将自来水曝气至少 48 h 以后用于盐度调整, 自来水按比例加入天然海水中并调配至实验所需盐度, 待各盐度组水体温度稳定后, 随机将暂养后大黄鱼群体直接放入目标盐度组(含对照组)中, 从实验鱼放入各盐度组水体作为起始 0 h, 分别在 3 h、6 h、12 h、24 h、48 h 及 72 h 于各盐度组中取样, 每平行每次取 2 尾。

1.3 样品采集 与血清生化 组分测定

取样前停止投喂饲料 1 次, 将大黄鱼转移至 MS-222 浓度为 50 mg/L 的对应盐度海水中约 30 s 麻醉后, 用一次性 1 mL 注射器尾静脉采血, 采集的静脉血于 4 °C 静置过夜后, 次日 3 500 r/min, 4 °C 离心 10 min, 取上清液冻存于-20 °C, 用于血清生化组分的测定。因鱼体较小, 每次每个平行取样 2 尾, 实验将同一平行 2 尾鱼的血液混合为一个样本。

用罗氏 Cobas 8000 生化分析仪对血清中生化组

分进行测定, 包括葡萄糖(GLU)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、甘油三酯(TG)、胆固醇(CHOL)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)。生化组分测定按试剂盒说明进行, 实验所需试剂盒均购自德国罗氏公司。

1.4 数据统计 与分析

实验数据采用平均值±标准差(mean±SD)表示, 采用 SPSS 19 软件对同一血清组分在不同处理组间的差异进行单因素方差(ANOVA)及 Duncan 多重比较分析, 以 $P<0.05$ 作为差异显著性标准。

2 结果

2.1 急性低盐 胁迫下大黄 鱼的活动能 力及存活 状况

实验过程中, 所有组别大黄鱼均未出现死亡情况, 表明大黄鱼具有较好的盐度调节和适应能力。胁迫初始阶段鱼体活动频繁, 体表黏液可见增多, 摄食能力明显减弱, 但在较短时间内恢复正常。

2.2 急性低盐 胁迫对血清 葡萄糖(GLU) 的影响

不同低盐浓度急性胁迫下, 实验组大黄鱼血清 GLU 浓度变化趋势不尽相同, 而对照组 GLU 浓度则保持稳定。15 盐度胁迫组, GLU 浓度呈先下降再上升后下降趋势, 而盐度 8 实验组的 GLU 浓度在整个实验周期内呈现出先下降后上升趋势(图 1)。具体地, 在 15 低盐胁迫下, GLU 浓度在 3 h 和 6 h 持续下降, 且与对照组相比存在显著性差异($P<0.05$), 同时, 在这两个时间点的血清 GLU 浓度间也存在显著性差异, 胁迫 12 h 和 24 h 后, GLU 浓度又开始提升至对照组约 80%水平, 但仍与对照组存在显著性差异, 继续胁迫至 48 h 和 72 h 后, 血清中的 GLU 浓度又开始下降, 两时间点的 GLU 浓度虽与对照组相比存在显著性差异, 但二者之间差异并不显著($P>0.05$); 在 8 低盐胁迫下, 大黄鱼血清浓度在 3~48 h 区间, 除 12 h 有轻微上升外($P>0.05$), 整体呈下降趋势, 胁迫 72 h 后, 血清浓度开始增加, 且与 48 h 的 GLU 浓度相比, 存在显著性差异(图 1)。

2.3 急性低盐 胁迫对血清 总蛋白(TP)、 白蛋白(ALB) 及球蛋白(GLB) 的影响

盐度 15 和 8 胁迫下, 大黄鱼血清 TP、ALB 及

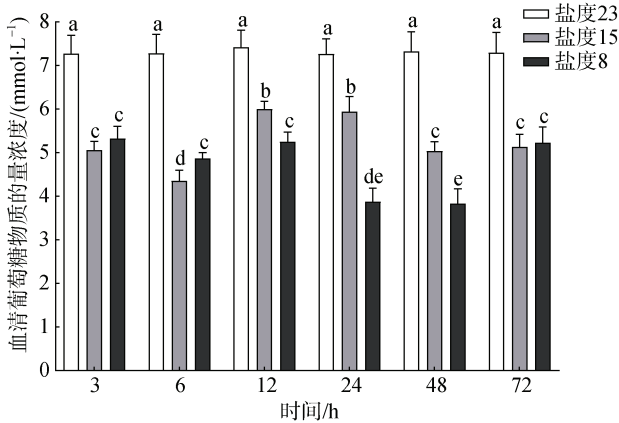


图1 急性低盐胁迫对大黄鱼血清葡萄糖浓度的影响
Fig. 1 Effects of acute low salinity stress on serum GLU in *L. crocea*

注: 不同字母代表有显著性差异($P < 0.05$); 相同则无显著差异

GLB 的浓度变化规律不同。正常海水盐度下, TP 等的浓度在整个实验周期中保持相对稳定。盐度 15 急性胁迫下, 与对照组相比, ALB 与 GLB 浓度在所有时间点均无显著性差异($P > 0.05$), 因此, TP 浓度表现为整体呈波动变化, 浓度未发生显著性变化。盐度 8 急性胁迫下, TP 浓度呈先下降后逐渐升高趋势: 胁迫 3 h 后 TP 浓度显著低于对照组水平($P < 0.05$), 在 6 h、12 h 和 24 h 又恢复至对照组水平, 然后在 48 h 和 72 h 又逐渐升高, 且显著高于对照组水平及组内其他时间点水平($P < 0.05$); 其中, ALB 浓度在 3 h 显著下降后又在 6 h 显著升高, 而后又在 12 h 和 24 h 降至对照组水平再逐渐升高, GLB 浓度则在整个实验周期中保持与对照组相近水平, 仅在 72 h 显著升高(表 1)。

表 1 急性低盐胁迫对大黄鱼血清总蛋白、白蛋白及球蛋白浓度的影响
Tab. 1 Effects of acute low salinity stress on serum TP, ALB, and GLB levels in *L. crocea*

组分/(g·L ⁻¹)	盐度	胁迫时间/h					
		3	6	12	24	48	72
总蛋白 TP	23	17.73±0.47 ^{cd}	17.83±0.37 ^{cd}	17.86±0.27 ^{cd}	17.81±0.31 ^{cd}	17.93±0.42 ^{cd}	17.78±0.34 ^{cd}
	15	18.77±0.29 ^{bc}	18.23±0.29 ^{cd}	17.33±0.35 ^{de}	17.63±0.45 ^{cd}	18.37±0.41 ^{cd}	17.87±0.55 ^{cd}
	8	16.37±0.46 ^e	17.33±0.35 ^{de}	17.83±0.53 ^{cd}	17.67±0.61 ^{cd}	19.90±1.06 ^b	22.77±0.78 ^a
白蛋白 ALB	23	5.09±0.33 ^{cde}	5.08±0.23 ^{cde}	5.13±0.35 ^{cde}	5.10±0.43 ^{cde}	5.19±0.42 ^{cde}	5.15±0.34 ^{cde}
	15	5.48±0.25 ^{bcd}	5.48±0.16 ^{bcd}	4.90±0.27 ^{def}	5.56±0.27 ^{bc}	4.76±0.36 ^{ef}	4.85±0.41 ^{def}
	8	4.32±0.24 ^f	6.04±0.21 ^b	4.46±0.25 ^{ef}	5.46±0.19 ^{bcd}	5.86±0.23 ^b	6.85±0.37 ^a
球蛋白 GLB	23	12.63±0.86 ^{bc}	12.75±0.82 ^{bc}	12.73±0.75 ^{bc}	12.71±0.81 ^{bc}	12.74±0.85 ^{bc}	12.63±0.73 ^{bc}
	15	13.30±1.47 ^{abc}	12.73±1.35 ^{bc}	12.43±1.06 ^{bc}	12.07±1.71 ^{bc}	13.60±0.78 ^{abc}	13.30±0.86 ^{bc}
	8	12.07±0.82 ^{bc}	11.30±0.90 ^c	13.37±1.59 ^{abc}	12.23±1.39 ^{bc}	14.13±0.82 ^{ab}	15.90±0.85 ^a

注: 不同字母代表有显著性差异($P < 0.05$); 相同则无显著差异

2.4 急性低盐胁迫对血清甘油三酯(TG)和总胆固醇(CHOL)的影响

对照组大黄鱼血清 TG 浓度在整个实验周期内保持相对稳定, 而实验组的 TG 浓度变化趋势在不同低盐胁迫下不同。盐度 15 胁迫下, 血清 TG 浓度在 3 h 显著下降后很快恢复至接近对照组水平($P > 0.05$)并保持; 盐度 8 胁迫下, TG 浓度呈先升高再逐渐下降后突然大幅升高趋势, 胁迫 3 h 后血清 TG 浓度显著升高后开始下降并在 24 h 内保持相对稳定, 而后在 48 h 大幅升高至对照组的 1.8 倍并保持(图 2)。

不同低盐急性胁迫下大黄鱼 CHOL 浓度变化趋势也不同。胁迫盐度为 15 时, CHOL 表现为先短暂升高后逐渐恢复至对照组水平, 仅在 3 h 时显著高于对照组($P < 0.05$), 并从 6 h 开始到实验结束期间均

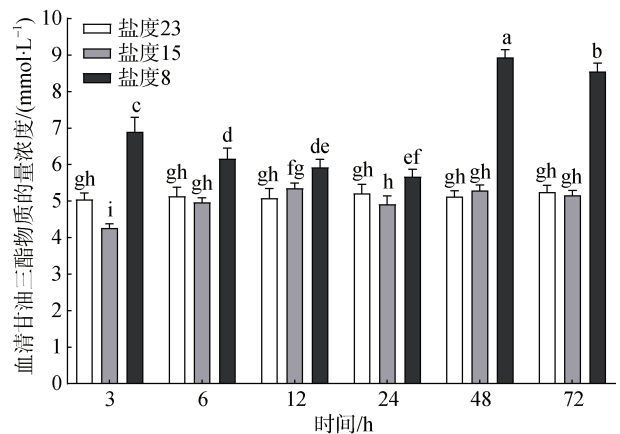


图 2 急性低盐胁迫对大黄鱼血清甘油三酯浓度的影响
Fig. 2 Effects of acute low salinity stress on serum TG in *L. crocea*

注: 不同字母代表有显著性差异($P < 0.05$); 相同则无显著差异

维持在对照组水平($P>0.05$); 胁迫盐度为 8 时, CHOL 浓度呈先升高后降低再升高趋势, 具体地, 胁迫初期(0~6 h)CHOL 浓度逐渐升高, 6 h 的浓度显著高于对照组($P<0.05$), 而后降低至对照组水平, 并在 48 h 显著提升并保持(图 3)。

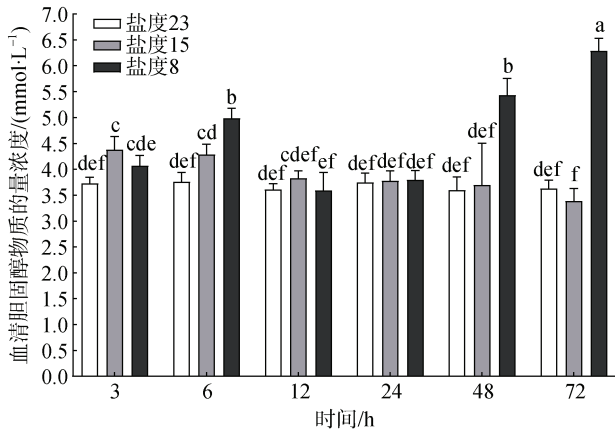


图 3 急性低盐胁迫对大黄鱼血清胆固醇浓度的影响
Fig. 3 Effects of acute low salinity stress on serum CHOL in *L. crocea*

注: 不同字母代表有显著性差异($P<0.05$); 相同则无显著差异

2.5 急性低盐胁迫对血清丙氨酸氨基转移酶(ALT)和天门冬氨酸氨基转移酶(AST)的影响

经不同幅度、不同持续时间的胁迫后, 15 和 8 组大黄鱼血清 ALT 活性均整体显著升高($P<0.05$), 在实验周期内两个组均呈现先显著上升再显著下降的趋势($P<0.05$), 其峰值均出现在 12 h 时, 含量分别为 16.67 和 25.83 U/L, 表现出盐度相关性, 即突降盐度幅度越大, ALT 含量升高幅度也越大, 而对照组 ALT 含量在整个实验周期内未见显著变化(图 4)。

经不同幅度、不同持续时间的低盐胁迫后, 15 和 8 两个组大黄鱼血清 AST 活性均整体显著升高($P<0.05$), 也表现为先显著上升再显著下降的趋势($P<0.05$), 并表现出盐度相关性, 但二者的峰值出现时间不同, 分别为 24 h 和 12 h, 其含量分别为对照组的 2.3 和 3.1 倍(图 5)。

3 讨论

3.1 盐度骤降对大黄鱼血清 GLU 浓度的影响

葡萄糖是动物组织能量代谢的主要来源, 维持血糖浓度的相对恒定对机体的正常生命活动至关重

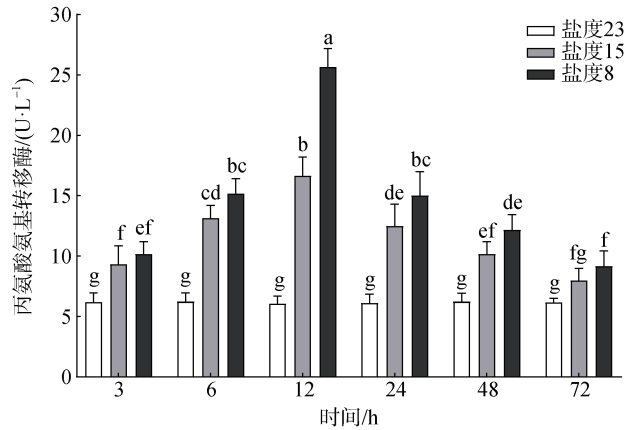


图 4 急性低盐胁迫对大黄鱼血清丙氨酸氨基转移酶含量的影响
Fig. 4 Effects of acute low salinity stress on serum ALT in *L. crocea*

注: 不同字母代表有显著性差异($P<0.05$); 相同则无显著差异

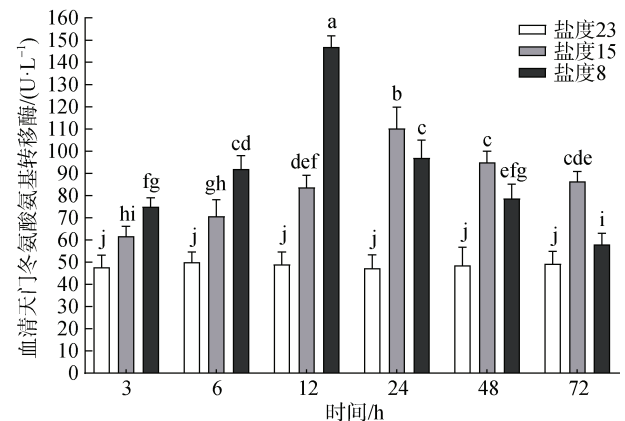


图 5 急性低盐胁迫对大黄鱼血清天门冬氨酸氨基转移酶含量的影响
Fig. 5 Effects of acute low salinity stress on serum AST in *L. crocea*

注: 不同字母代表有显著性差异($P<0.05$); 相同则无显著差异

要^[13]。盐度胁迫下, 鱼体通过渗透压调节系统维持内环境的稳定, 而这些调节过程都需要消耗大量的能量, 其主要由血糖代谢等提供^[14]。本研究中大黄鱼血清 GLU 浓度均在低盐胁迫后整体显著下降, 且随着胁迫时间的延长, 盐度 8 实验组比盐度 15 组有更大的降幅, 这与 Imsland 等^[2]的研究结果相似, 大西洋比目鱼(*Hippoglossus hippoglossus* L.)在 25 和 15 盐度胁迫下血糖浓度随时间推移呈下降趋势, 这可能是由于低盐度胁迫导致鱼体增加能量消耗以调节渗透压, 血清中的 GLU 浓度被快速消耗。另外, 本研究中两个实验组中大黄鱼血清 GLU 浓度均在初始阶段下降后出现小幅升高, 这与施氏鲟^[15](*Acipenser schrenckii*)

及斜带石斑鱼^[16](*Epinephelus coioides*)上的相关研究结果相似,这可能与盐度胁迫导致鱼体组织对葡萄糖的利用率降低同时肝脏糖原异生作用增强有关,具体机制仍需后续进一步研究。

3.2 盐度骤降对大黄鱼血清蛋白的影响

血清中的总蛋白在维持血浆胶体渗透压和 pH 值中发挥着重要作用,还兼具免疫、运输及营养等功能^[17],总蛋白包括白蛋白和球蛋白两类,其中,白蛋白主要发挥营养作用^[18]。有研究表明,盐度胁迫会导致大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)幼鱼血清的 TP 含量降低^[11]。本研究中大黄鱼血清 TP、ALB 及 GLB 含量在 15 低盐胁迫下均保持相对恒定,而胁迫盐度达到 8 时,ALB 和 GLB 含量均发生变化并导致 TP 含量呈先下降后逐渐升高趋势,表明大黄鱼对轻度盐度胁迫有较好的耐受能力,此时主要通过消耗 GLU 来抵御盐度胁迫,对 TP 含量影响较小,而较强度的盐度胁迫对大黄鱼影响较大,除了大量的 GLU 外,还有部分蛋白质用作供能物质被消耗,导致 TP 含量下降,随着时间的延长,鱼体血清中 GLU 含量开始回升并主要用于能量供给,此时 TP 的含量开始逐渐升高。

3.3 盐度骤降对大黄鱼血清甘油三酯和胆固醇的影响

甘油三酯是鱼类能量储存的主要形式^[19]。研究表明,饥饿^[19]、温度^[9]及盐度^[20]胁迫下水生动物的 TG 含量均在初始阶段出现下降,后逐渐恢复正常水平。本研究中大黄鱼血清 TG 含量在 15 盐度胁迫组呈下降后逐渐恢复至对照组水平,这与以上研究结果相似,而 8 盐度组在胁迫后期 TG 含量显著高于对照组,这可能与脂肪的糖异生途径有关,组织中的 TG 通过血液进入肝脏中以用作能源物质被消耗。胆固醇主要通过肝肠循环在肝脏内发生酯化反应,是血液中脂蛋白的重要组成部分,起到运输蛋白质的作用^[21]。本研究中大黄鱼血清 CHOL 含量在盐度 15 胁迫下基本维持在对照组水平,而盐度 8 胁迫组整体呈上升趋势,这可能与鱼体的蛋白质糖异生作用增强有关,引起血液中起运输功能的 CHOL 明显增多。

3.4 盐度骤降对大黄鱼血清丙氨酸氨基转移酶和天门冬氨酸氨基转移酶的影响

丙氨酸氨基转移酶和天门冬氨酸氨基转移酶

被广泛用作机体在环境胁迫下损伤程度的评价指标^[22]。鱼类血液中的 ALT 和 AST 含量在正常生理状态下都较低,胁迫引起组织损伤时分别由肝细胞和心肌细胞中释放^[10, 22]。本研究中大黄鱼在急性低盐胁迫下血清中的 ALT 和 AST 含量均显著高于对照组,表明鱼体组织受到了明显损伤,这与杨宇晴等^[16]在斜带石斑鱼上的研究结果相似,此外,盐度胁迫下的大黄鱼血清 ALT 和 AST 含量均在显著升高后显著下降,这可能与鱼体逐渐适应盐度变化及网状内皮系统对二者的清除有关^[16]。血清中 ALT 和 AST 含量虽在实验后期显著下降,但仍显著高于对照组水平,表明急性低盐胁迫对鱼体造成了长时间的细胞损伤。实验周期内,所有组别大黄鱼均未出现死亡,表明急性低盐胁迫 72 h 内尚未超出其生理耐受及调控范围。

4 结论

大黄鱼血清主要生化组分在急性低盐胁迫下的含量变化表明:急性低盐胁迫下大黄鱼应激反应强烈,部分生化指标发生显著差异,实际养殖生产中应避免盐度骤降;整个胁迫周期内大黄鱼均未出现死亡,且部分指标在实验后期逐渐恢复至对照组水平,显示大黄鱼对盐度变化有较好适应能力,具备低盐养殖的理论基础。

参考文献:

- [1] SAOUD I P, KREYDIYYEH S, CHALFOUN A, et al. Influence of salinity on survival, growth, plasma osmolality and gill $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$ activity in the rabbitfish *Siganus rivulatus*[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2007, 348(1/2): 183-190.
- [2] IMSLAND A K, GUSTAVSSON A, GUNNARSSON S, et al. Effects of reduced salinities on growth, feed conversion efficiency and blood physiology of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.)[J]. Aquaculture, 2008, 274(2/4): 254-259.
- [3] 边平江, 邱成功, 徐善良, 等. 盐度对暗纹东方鲀生长、非特异性免疫和抗氧化酶活力的影响[J]. 水生生物学报, 2014, 38(1): 108-114.
BIAN Pingjiang, QIU Chenggong, XU Shanliang, et al. effects of salinity on growth, activity of non-specific immune and antioxidant enzymes in obscure puffer *Takifugu obscurus*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2014, 38(1): 108-114.
- [4] ATWOOD H L, YOUNG S P, TOMASSO J R, et al. Resistance of cobia, *Rachycentron canadum*, juveniles to

- low salinity, low temperature, and high environmental nitrite concentrations[J]. *Journal of Applied Aquaculture*, 2004, 15(3/4): 191-195.
- [5] 廖雅丽, 张晨捷, 彭士明, 等. 盐度对云纹石斑鱼抗氧化酶及溶菌酶活性的影响[J]. *上海海洋大学学报*, 2016, 25(2): 169-176.
LIAO Yali, ZHANG Chenjie, PENG Shiming, et al. Effects of salinity on activities of liver antioxidant enzymes and plasma lysozyme of *Epinephelus moara*[J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2016, 25(2): 169-176.
- [6] 农业农村部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020: 22.
Fisheries and Fisheries Administration of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs. China fishery statistical yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020: 22.
- [7] 李兵, 王帅, 张伟, 等. 室内低盐度饲养大黄鱼的初步研究[J]. *上海海洋大学学报*, 2012, 21(4): 524-529.
LI Bing, WANG Shuai, ZHANG Wei, et al. Studies on the indoor circulating culture of *Pseudosciaena crocea* at low salinity[J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2012, 21(4): 524-529.
- [8] 周玉, 郭文场, 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.
ZHOU Yu, GUO Wenchang, YANG Zhenguang, et al. Advances in the study of haematological indices of fish[J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2001, 10(2): 163-165.
- [9] 管标, 温海深, 刘群, 等. 急性温度胁迫对虹鳟血细胞和血清生化组分的影响[J]. *海洋湖沼通报*, 2014(3): 63-68.
GUAN Biao, WEN Haishen, LIU Qun, et al. The Effects of acute temperature stress on blood cells and serum biochemical components in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2014(3): 63-68.
- [10] 徐力文, 苏友禄, 刘广锋, 等. 急性盐度胁迫下军曹鱼稚鱼应激反应的血清学指标[J]. *华南农业大学学报*, 2007, 28(2): 91-94.
XU Liwen, SU Youlu, LIU Guangfeng, et al. Serological parameters of *Rachycentron canadum* juveniles subjected to abrupt salinity shock[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2007, 28(2): 91-94.
- [11] 刘伟, 支兵杰, 战培荣, 等. 盐度对大麻哈鱼幼鱼血液生化指标及肝组织的影响[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(9): 2411-2417.
LIU Wei, ZHI Bingjie, ZHAN Peirong, et al. Effects of salinity on haematological biochemical indices and liver tissue in juvenile *Oncorhynchus keta*[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(9): 2411-2417.
- [12] 王涛, 苗亮, 李多云, 等. 突降盐度胁迫对大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*)血清生化及鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活性的影响[J]. *海洋与湖沼*, 2013, 44(2): 421-426.
WANG Tao, MIAO Liang, LI Mingyun, et al. Effects of abrupt salinity decrease on serum physiology, biochemistry and gill Na^+/K^+ -ATPase activity of the large yellow croaker *Pseudosciaena crocea*[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2013, 44(2): 421-426.
- [13] SOENGAS J L, BARCIELA P, ALDEGUNDE M, et al. Gill carbohydrate metabolism of rainbow trout is modified during gradual adaptation to sea water[J]. *Journal of Fish Biology*, 1995, 46(5): 845-856.
- [14] MARTÍNEZ-ALVAREZ R M, HIDALGO M C, DOMEZAIN A, et al. Physiological changes of sturgeon *Acipenser naccarii* caused by increasing environmental salinity[J]. *Journal of Experimental Biology*, 2002, 205(23): 3699-3706.
- [15] 童燕, 陈立侨, 庄平, 等. 急性盐度胁迫对施氏鲟的皮质醇、代谢反应及渗透调节的影响[J]. *水产学报*, 2007, 31(S1): 38-44.
TONG Yan, CHEN Liqiao, ZHUANG Ping, et al. Cortisol, metabolism response and osmoregulation of juvenile *Acipenser schrenckii* to ambient salinity stress[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2007, 31(S1): 38-44.
- [16] 杨宇晴, 余德光, 谢骏, 等. 急性盐度胁迫对斜带石斑鱼 Na^+/K^+ -ATP 酶及血清应激指标的影响[J]. *热带海洋学报*, 2010, 29(4): 160-164.
YANG Yuqing, YU Deguang, XIE Jun, et al. Effects of acute salinity stress on Na^+/K^+ -ATPase activity and plasma indicators of *Epinephelus coioides*[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2010, 29(4): 160-164.
- [17] LUKIANENKO V I, LUKIANEKO V V, KHABAROV M V. Heterogeneity and polymorphism of functionally specialized blood proteins in migratory fish: the case study of the north caspian population of the russian sturgeon during sea and river periods of life. 1. albumins[J]. *Biology Bulletin*, 2002, 29(3): 293-299.
- [18] 冯广朋, 庄平, 章龙珍, 等. 温度对中华鲟幼鱼血液生化指标的影响[J]. *生态学杂志*, 2010, 29(10): 1973-1978.
FENG Guangpeng, ZHUANG Ping, ZHANG Longzhen, et al. Effects of water temperature on biochemical parameters of juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) blood[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(10): 1973-1978.
- [19] 徐浩, 张东玲, 陈庆凯, 等. 低温下饥饿胁迫对大黄鱼血清生化指标的影响[J]. *生物技术通报*, 2015, 31(6): 195-199.
XU Hao, ZHANG Dongling, CHEN Qingkai, et al. Ef-

- fects of starvation on serum biochemical indexes in large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) at low temperature[J]. *Biotechnology Bulletin*, 2015, 31(6): 195-199.
- [20] 马金武, 吕建建, 刘萍, 等. 盐度胁迫对三疣梭子蟹“黄选1号”血清部分生化指标的影响[J]. *水产学报*, 2017, 41(4): 506-511.
- MA Jinwu, LÜ Jianjian, LIU Ping, et al. Effects of salinity stress on serum partial biochemical indicators of “Huangxuan No.1” *Portunus trituberculatus*[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2017, 41(4): 506-511.
- [21] 常玉梅, 曹鼎臣, 孙效文, 等. 低温胁迫对鲤血清生化指标的影响[J]. *水产学杂志*, 2006, 19(2): 71-75.
- CHANG Yumei, CAO Dingchen, SUN Xiaowen, et al. Changes of serum biochemical indices of common carp affected by cold temperatures[J]. *Chinese Journal of Fisheries*, 2006, 19(2): 71-75.
- [22] 王媛, 杨康健, 吴中, 等. 氯氰菊酯对鲫鱼血清中谷丙转氨酶及谷草转氨酶活力的影响[J]. *水产科学*, 2005, 24(9): 8-10.
- WANG Yuan, YANG Kangjian, WU Zhong, et al. Effect of beta-cypermethrin on glutamic-pyruvic transaminase and glutamic-oxaloacetic transaminase activities in crucian carp[J]. *Fisheries Science*, 2005, 24(9): 8-10.

Effects of a sudden drop in salinity on serum biochemical components in *Larimichthys crocea*

HE Liang-yin^{1, 2}, LI Jin-shou¹, SHI Xiao-li^{1, 2}, ZHOU Feng-fang^{1, 2}, HUANG Wei-qing^{1, 2}

(1. College of Life Science, Ningde Normal University, Ningde 352100, China; 2. Engineering Research Center of Mingdong Aquatic Product Deep-Processing, Ningde 352100, China)

Received: Oct. 28, 2020

Key words: *Larimichthys crocea*; acute low salinity stress; stress response; serum biochemical components

Abstract: Serum biochemical components were investigated to evaluate the stress response of *Larimichthys crocea* to acute low salinity shock. *L. crocea* was exposed to 15‰ and 8‰ salinity stress, at different time points (3, 6, 12, 24, 48, and 72 h) and compared with a control group. Serum glucose levels decreased significantly in the 15‰ and 8‰ groups of *L. crocea* within 72 h ($P < 0.05$) compared to the 23‰ group. The total protein (TP), albumin, and globulin levels in the 15‰ group fluctuated during the 72 h and were not significantly different from the control, whereas the TP level dropped significantly in 3 h ($P < 0.05$) but increased gradually under the 8‰ salinity stress. Triglyceride (TG) and cholesterol (CHOL) levels changed significantly during the initial stage, then gradually returned to the control level in the 15‰ group; however, the levels of TG and CHOL increased significantly during the later period under the 8‰ salinity stress. Alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase levels were significantly higher than those in the control group under the low salinity stress, and a correlation with salinity was observed for both components. These results suggest that acute low salinity stress causes a stress response in *L. crocea*; thus, drastic changes in salinity should be avoided during farming practices.

(本文编辑: 杨悦)