

文章编号: 1674-5566(2016)01-0071-07

## 低盐胁迫对褐牙鲆成鱼血浆渗透压、皮质醇、生长激素和催乳素的影响

贾倩倩, 吕为群

(上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

**摘要:** 将褐牙鲆成鱼由盐度30直接转入盐度3的低盐海水(实验组)和30的海水(对照组)中,并在转移前0 h(空白组),转移后8 h、1 d、2 d、5 d、8 d和14 d采样,分析急性低盐胁迫对血浆渗透压、血浆皮质醇(COR)、催乳素(PRL)、生长激素(GH)及离子浓度的影响。结果显示,实验期间对照组中血浆的各项指标与空白组样品无差异;盐度3实验组中,渗透压、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 均在1~2 d下降至最低且显著低于对照组,随后在该水平上波动; $\text{K}^+$ 逐渐上升,1 d到达最高值,2 d时回落但仍高于对照组,之后保持平衡;COR在转移至低盐后1 d时上升至2 d时下降并低于对照组;血浆GH在1 d时显著下降至最低,后有所回升,但低于对照组;PRL于1 d时下降至最低,2 d时逐渐上升,显著高于对照组。上述结果表明:褐牙鲆成鱼具有成熟完善的渗透压调节机制,在急性低盐环境胁迫下,COR、PRL、GH等激素的共同作用能在短期内调整机体适应盐度变化,并建立新的内环境稳态。

**关键词:** 褐牙鲆; 低盐胁迫; 渗透压; 激素; 血浆离子

**中图分类号:** S 917      **文献标志码:** A

褐牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*) 属鲽形目 (Pleuronectiformes)、鲆科 (Bothidae)、牙鲆属 (*Paralichthys*), 是主要的广盐性底栖鱼类, 主要分布于我国的黄渤海、东海及朝鲜半岛、日本、俄国远东沿岸等地区<sup>[1]</sup>。由于褐牙鲆生长速度较快、个体大、肉质细嫩、营养丰富, 因此成为国内外主要的海水增养殖鱼类之一。作为典型的广盐性鱼类, 褐牙鲆在春季繁殖时期由深海洄游至浅水海域等地区进行产卵繁殖, 常出现迁徙到河口水域的现象, 而该区域常常遭受淡水河流的冲击<sup>[2-4]</sup>, 鱼类生存水体的盐度将发生相应的改变。基于这些情况, 褐牙鲆为了保持机体内环境的稳态, 必须进行渗透压调节<sup>[5]</sup>。

广盐性鱼类耐盐性较强, 强而快速的渗透压调节能力使鱼类迅速适应各种情况引起的盐度变化<sup>[6]</sup>, 在这个过程中鱼类下丘脑-垂体-肾上腺(HPI)轴被激活, 分泌多种激素来调整机体以适应多变的生活环境。皮质醇(cortisol, COR)和

生长激素(growth hormone, GH)是鱼类适应高盐水体的重要激素, 被认为有提高硬骨鱼对海水高盐环境耐受力的作用, 促进鳃氯细胞增殖分化, 增强 $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -ATPase(NKA)、钠钾氯转运蛋白活性及对水的吸收和离子排放能力<sup>[7-8]</sup>。催乳素(prolactin, PRL)与GH均为垂体多肽激素, 具有一个共同结构, 通过与跨膜域受体结合形成二聚体发挥生物学功能, 除参与生长繁殖外, 也影响生物体内渗透压调节, 但PRL与GH在渗透压调节中的功能不同, 它是淡水及广盐性硬骨鱼类适应淡水、咸淡水生活并降低鱼体渗透性的重要调节激素<sup>[9-10]</sup>。但是目前对鱼类适应盐度变化的研究主要集中在幼鱼, 而关于成鱼在低盐适应方面的研究较少, 本实验通过探讨盐度骤降对褐牙鲆成鱼血浆中渗透压、离子含量以及激素的影响为研究广盐性鱼类在低盐环境中渗透压调节机理提供基础。

收稿日期: 2015-01-07      修回日期: 2015-06-10

基金项目: 国家自然科学基金(41376134); 高等教育博士点基金知识服务平台项目(20113104110002)

作者简介: 贾倩倩(1990—), 女, 硕士研究生, 研究方向为鱼类环境适应生理学。E-mail: jiaqianqian\_1989@163.com

通信作者: 吕为群, E-mail: wqlv@shou.edu.cn

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料及驯化

实验用褐牙鲈购自中国水产科学研究院北戴河中心实验站昌黎养殖场,为1.5年龄同一家系全雌褐牙鲈。实验前褐牙鲈暂养于圆柱形水池中,直径为7 m,高为2 m,养殖用水采用过滤海水,盐度30,水温(20±1)℃,24 h流水充氧,保持自然光照。每天下午17:00准时定点投喂鲜活杂鱼,第二天7:00清池吸除残饵,暂养1周。

### 1.2 盐度胁迫实验设计

实验挑选体型相近、健康无疾病、活力强,体重(600±100)g的褐牙鲈。实验用缸为圆柱形流水缸(直径90 cm,高60 cm)。盐度30为对照组、盐度3为实验组,盐度3的低盐海水使用曝气自来水和砂滤自然海水配置。盐度胁迫实验期间停止喂食,水质管理不变。

暂养期结束后,将褐牙鲈随机分别放入盐度30海水对照组实验缸和盐度3低盐海水实验组实验缸中,一个实验组6个平行实验缸,每个实验缸放置1条褐牙鲈。

### 1.3 样品采集与分析

在转移前0 h取空白组样品,实验开始后分别于8 h、1 d、2 d、5 d、8 d和14 d采集对照组和实验组样品。将褐牙鲈迅速捞出并擦干体表水分和粘液,断尾取血,用带有肝素钠抗凝剂的离

心管收集1 mL,4 000 r/min、4℃离心15 min,取上清液,迅速放置于-80℃冰箱中保存待测。

血浆COR、PRL、GH采用放射性免疫法(RIA)在西安核仪厂XH6080放免仪测定(试剂盒购自北京北方生物技术研究所),血浆渗透压在露点渗透压仪(VAPRO PRESSURE OSMOMETER-5200,美国)测定,血浆Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>浓度的测定使用离子色谱仪(THERMO SCIENTIFIC DIONEX ICS-900,美国)。

### 1.4 数据处理

用GraphPad Prism 5.0 Demo和SPSS 17.0软件进行数据统计分析。对实验数据进行单因子方差分析,并对不同处理间的数据进行Duncan氏多重比较,以P<0.05作为差异显著的标准,实验数据用平均值±标准误表示。

## 2 结果

### 2.1 低盐胁迫对褐牙鲈渗透压的影响

表1数据显示,0 h空白组血浆渗透压平均水平为(355.18±3.30) mmol/kg,与对照组各处理时间相比无显著性差异;在转移至盐度3的海水后,血浆渗透压即呈下降趋势,并在1 d时显著下降至最低,为(315.50±5.63) mmol/kg,渗透压在2 d时有小幅度回升,但低于对照组,并在此后维持在322~338 mmol/kg之间,且在2、5、8和14 d显著低于对照组(P<0.05)。

表1 盐度胁迫期间褐牙鲈成鱼血浆渗透压的变化  
Tab.1 Effects of low salinity stress on plasma osmolality of Japanese flounder

盐度 salinity	时间 time						
	0 h	8 h	1 d	2 d	5 d	8 d	14 d
渗透压 osmolality /(mmol/kg)	3	339.50±5.53 <sup>Aa</sup>	315.50±5.63 <sup>Ab</sup>	322.50±7.05 <sup>Ab</sup>	323.50±5.68 <sup>Ab</sup>	322.50±4.92 <sup>Ab</sup>	338.00±5.68 <sup>Ab</sup>
	30	355.18±3.38	348.18±5.70 <sup>Aa</sup>	354.83±6.67 <sup>Ba</sup>	365.17±10.90 <sup>Ba</sup>	357.00±3.51 <sup>Ba</sup>	355.17±4.42 <sup>Ba</sup>

注:同一列中含有不同大写字母或同一行中含有不同小写字母的呈显著差异(P<0.05)。

Note: Different capital letters in the same column or different lowercase letters in the same row show significant difference (P<0.05).

### 2.2 低盐胁迫对褐牙鲈血浆Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>的影响

如表2所示,转移后,对照组中血浆Na<sup>+</sup>含量随时间变化在140~180 mmol/L之间波动,与空白组相比无显著差异;而在转移至盐度3的海水后,血浆Na<sup>+</sup>含量8 h时显著下降,为(117.82±13.84) mmol/L,在随后几天保持在该水平,并呈现小幅度地上下浮动,且在1、5、8和14 d显著低于对照组(P<0.05)。

血浆K<sup>+</sup>浓度在对照组各处理间虽有差值,但组间以及与空白组无差异;转移至盐度3后血浆K<sup>+</sup>逐渐上升,并在1 d时增至最高值(0.83±0.03) mmol/L,并显著高于同时期对照组(P<0.05),在2 d时下降至0 h空白组水平且稍高于对照组,并在之后保持平衡。

对照组与空白组的血浆Cl<sup>-</sup>浓度无显著性差异;转入盐度3后,8 h时血浆Cl<sup>-</sup>浓度开始下降并在1 d下降至最低,为(116.19±3.17) mmol/L

L,随后维持稳定水平,并低于对照组,并在 1、5 度和 14 d 差异显著( $P < 0.05$ ),血浆  $\text{Cl}^-$  与  $\text{Na}^+$  浓

表 2 盐度胁迫期间褐牙鲆成鱼血浆  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  含量的变化

Tab.2 Effects of low salinity stress on plasma  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Cl}^-$  of Japanese flounder

	盐度 salinity	时间 time						
		0 h	8 h	1 d	2 d	5 d	8 d	14 d
$\text{Na}^+$ /(mmol/L)	3		117.82 ± 13.84 <sup>Aa</sup>	114.49 ± 20.29 <sup>Ba</sup>	99.96 ± 11.78 <sup>Aa</sup>	100.57 ± 12.32 <sup>Ba</sup>	117.95 ± 14.94 <sup>Ba</sup>	90.89 ± 3.38 <sup>Ba</sup>
	30	177.90 ± 10.97	141.91 ± 13.24 <sup>Aa</sup>	164.38 ± 15.82 <sup>Aa</sup>	144.97 ± 16.91 <sup>Aa</sup>	175.18 ± 6.37 <sup>Aa</sup>	173.94 ± 14.74 <sup>Aa</sup>	166.86 ± 20.89 <sup>Aa</sup>
$\text{K}^+$ /(mmol/L)	3		0.74 ± 0.02 <sup>Aa</sup>	0.83 ± 0.03 <sup>Ba</sup>	0.77 ± 0.01 <sup>Aa</sup>	0.74 ± 0.01 <sup>Aa</sup>	0.71 ± 0.03 <sup>Aa</sup>	0.74 ± 0.04 <sup>Aa</sup>
	30	0.73 ± 0.03	0.70 ± 0.03 <sup>Aa</sup>	0.66 ± 0.03 <sup>Aa</sup>	0.71 ± 0.03 <sup>Aa</sup>	0.68 ± 0.03 <sup>Aa</sup>	0.68 ± 0.05 <sup>Aa</sup>	0.69 ± 0.03 <sup>Aa</sup>
$\text{Cl}^-$ /(mmol/L)	3		125.54 ± 2.33 <sup>Aa</sup>	116.19 ± 3.17 <sup>Ba</sup>	121.71 ± 3.05 <sup>Aa</sup>	119.59 ± 2.86 <sup>Ba</sup>	121.44 ± 2.47 <sup>Aa</sup>	122.07 ± 3.75 <sup>Ba</sup>
	30	128.41 ± 3.10	131.79 ± 3.70 <sup>Aa</sup>	136.38 ± 5.36 <sup>Aa</sup>	133.74 ± 4.43 <sup>Aa</sup>	136.25 ± 3.46 <sup>Aa</sup>	128.50 ± 3.32 <sup>Aa</sup>	137.66 ± 6.68 <sup>Aa</sup>

注:同一列中含有不同大写字母或同一行中含有不同小写字母的呈显著差异( $P < 0.05$ )。

Note: Different capital letters in the same column or different lowercase letters in the same row show significant difference ( $P < 0.05$ ).

### 2.3 低盐胁迫对皮质醇、生长激素和催乳素等激素的影响

由表 3 可知,空白组血浆 COR 为(8.92 ± 0.79) ng/mL,与对照组无显著差异,且对照组 COR 含量维持在一个相对稳定的水平;转入盐度 3 的海水后,血浆 COR 在 1 d 时升至最高值,为(10.33 ± 0.98) ng/mL,但与对照组无显著性差异,在 2 d 时下降至(5.44 ± 0.38) ng/mL,显著低于对照组( $P < 0.05$ ),在随后胁迫时间里,实验组 COR 稳定在较低水平。

对照组血浆 GH 在 1 d 时显著升高并高于同期实验组,为(11.68 ± 1.24) ng/mL( $P < 0.05$ ),2

d 后逐渐回降并稳定在空白组水平;实验组中血浆 GH 在处理初期略有下降,之后稳定,除 1 d 外,实验组褐牙鲆血浆 GH 各处理时间与对照组和空白组无显著性差异。

空白组血浆 PRL 为(1 253.00 ± 84.54)  $\mu\text{U}/\text{mL}$ ,浓度虽高但与对照组各处理间相比无显著差异;而转移到盐度 3 的海水后,PRL 浓度在短时间小幅度降低,在 2 d 显著升高达到最高值后稳定,并在 2、5、8 和 14 d 显著高于相同处理时间的对照组( $P < 0.05$ ),但在 8 d 和 14 d 时血浆 PRL 与胁迫处理前期相比有小幅下降趋势。

表 3 盐度胁迫期间褐牙鲆成鱼血浆 COR、PRL、GH 含量的变化

Tab.3 Effects of low salinity stress on COR, PRL and GH of Japanese flounder

	盐度 salinity	时间 time						
		0 h	8 h	1 d	2 d	5 d	8 d	14 d
cortisol /(ng/mL)	3		9.20 ± 0.58 <sup>Aa</sup>	10.33 ± 0.98 <sup>Aa</sup>	5.44 ± 0.38 <sup>Bb</sup>	5.89 ± 0.64 <sup>Ab</sup>	6.74 ± 0.73 <sup>Aa</sup>	5.13 ± 0.48 <sup>Ab</sup>
	30	8.92 ± 0.79	7.60 ± 0.98 <sup>Aa</sup>	6.70 ± 1.02 <sup>Aa</sup>	8.61 ± 1.27 <sup>Aa</sup>	7.18 ± 0.79 <sup>Aa</sup>	7.69 ± 0.95 <sup>Aa</sup>	7.20 ± 1.19 <sup>Aa</sup>
GH /(ng/mL)	3		7.93 ± 0.34 <sup>Aa</sup>	7.04 ± 0.40 <sup>Ba</sup>	8.04 ± 0.35 <sup>Aa</sup>	8.10 ± 0.66 <sup>Aa</sup>	7.80 ± 0.34 <sup>Aa</sup>	7.29 ± 0.86 <sup>Aa</sup>
	30	8.75 ± 0.18	8.49 ± 0.62 <sup>Aa</sup>	11.68 ± 1.24 <sup>Ab</sup>	9.50 ± 0.64 <sup>Aa</sup>	9.52 ± 0.79 <sup>Aa</sup>	7.61 ± 0.84 <sup>Aa</sup>	8.84 ± 0.58 <sup>Aa</sup>
prolactin /( $\mu\text{U}/\text{mL}$ )	3		1160.68 ± 119.56 <sup>Aa</sup>	1016.51 ± 61.48 <sup>Aa</sup>	1536.80 ± 84.42 <sup>Bb</sup>	1533.41 ± 156.92 <sup>Bb</sup>	1374.56 ± 51.13 <sup>Bb</sup>	1280.95 ± 35.46 <sup>Aa</sup>
	30	1253.00 ± 84.54	1080.02 ± 133.06 <sup>Aa</sup>	1155.72 ± 102.19 <sup>Aa</sup>	988.14 ± 109.53 <sup>Aa</sup>	1180.64 ± 62.11 <sup>Aa</sup>	1001.26 ± 117.19 <sup>Aa</sup>	1116.82 ± 71.55 <sup>Aa</sup>

注:同一列中含有不同大写字母或同一行中含有不同小写字母的呈显著差异( $P < 0.05$ )。

Note: Different capital letters in the same column or different lowercase letters in the same row show significant difference ( $P < 0.05$ ).

## 3 讨论

硬骨鱼对盐度骤变的适应主要分为两个过程:一是被动地对外界环境进行适应阶段,这一过程将诱导激发鱼类机体渗透压调节生理机制的改变;二是神经内分泌系统参与其中,从而对渗透压进行主动调节<sup>[11]</sup>。渗透压调节至稳态所

需时间因物种、个体发育时期及盐度变化范围不同而有所差异<sup>[11-13]</sup>,银鲳幼鱼(*Pampus argenteus*)由盐度 36 进入低盐度 25 及 14 水体后,血浆渗透压在 2~3 d 内稳定,且随着水体盐度的下降而下降,盐度变化与渗透压呈正相关<sup>[12]</sup>,在对军曹鱼(*Rachycentron canadum*)稚鱼的急性盐度胁迫过程中,由盐度 37 的海水进入到

盐度5以及淡水后,在3 h内渗透压下降后并经过一个小幅度的回升后降至一个稳定的水平<sup>[13]</sup>。在本实验中褐牙鲈成鱼在从盐度为30转移至3的急性降盐过程中,褐牙鲈未出现死亡现象,并随着盐度的下降,渗透压随之下降,并在1 d下降后同样经过一个小幅度回升的主动适应后达到稳定水平,与上述军曹鱼低盐胁迫实验所得结果相似。潘鲁青<sup>[11]</sup>在对褐牙鲈幼鱼急性盐度实验亦有此变化规律,但褐牙鲈幼鱼在经过3 d的应激期后又经过3 d调整后最终达到稳定状态,而本实验褐牙鲈成鱼在经过2 d的适应调整后就达到了一个稳态,说明褐牙鲈成鱼相对幼鱼具有更强的渗透压调节能力。

硬骨鱼机体在应对环境变化时,平衡机体渗透压主要是通过水与 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 等离子的摄入与排出<sup>[14]</sup>,且大多数硬骨鱼体内 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ 含量同环境盐度和渗透压的变化趋势相似<sup>[15-17]</sup>。发现广盐性雀鳊鱼(*Atractosteus spatula*)幼鱼分别在盐度0、8、16和24的水体中养殖30 d后,血浆 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ 含量随盐度增高而显著增加<sup>[17]</sup>。而当广盐性海水鱼类进入淡水后,鱼鳃的NKA活性降低,减少了细胞内 $\text{Na}^+$ 的泵出及 $\text{K}^+$ 的吸收,从而维持内环境与外界水体中盐离子浓度平衡<sup>[14]</sup>。军曹鱼(*R. canadum*)稚鱼在急性低盐胁迫过程中,血清渗透压、 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ 浓度与盐度呈线性正相关, $\text{K}^+$ 浓度呈负相关<sup>[13]</sup>,在本次褐牙鲈成鱼的急性低盐胁迫过程中也呈现出相同趋势, $\text{Na}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ 随盐度下降而降低,并随着时间的延长趋于稳定,而血浆 $\text{K}^+$ 浓度也在盐度3的海水1 d时显著高于对照组,但施氏鲟幼鱼在高盐度15和20组的 $\text{K}^+$ 浓度基本保持不变<sup>[17]</sup>。因此大多数广盐性硬骨鱼类体内 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ 随环境水体盐度变化而变化,并与渗透压相似,但 $\text{K}^+$ 浓度的波动则因鱼种属差别、盐度耐受性不同而出现不同结果。

当鱼体遭受外界环境压力时,HPI被激活,引起COR等应激激素的合成与释放,因而COR能反映生物体受到的应激刺激<sup>[18]</sup>。此外,COR作为鱼类适应海水环境的一个重要调节激素,能够促进鳃细胞的盐度耐受力 and 增殖分化、增强鳃NKA活性以及NKA $\alpha$ -subunit的基因表达<sup>[7-8]</sup>。高盐和低盐适应的金头鲷(*Sparus aurata*)经注射COR后,鳃NKA活性显著增加,血浆离子和渗透压显著降低,而转移到低盐水体24 h后渗透压显

著降低<sup>[19]</sup>。本实验显示褐牙鲈成鱼在由高盐海水进入低盐海水时血浆COR先上升后下降并趋于稳定,由于受到应激,HPI轴分泌COR至血液并于8~24 h内明显上升并达到最大值,随着时间延长和褐牙鲈对水体的适应,COR的含量下降至 $(5.44 \pm 0.38)$  ng/mL并低于对照组,表明机体在减少分泌并清除COR,因此鳃内的NKA活性降低,离子的交换吸收能力下降,达到机体内环境平衡。班红琴<sup>[20]</sup>对虹鳟(*Oncorhynchus masou*)盐度驯化过程中也发现将虹鳟转移至高盐时血清COR含量先上升后有所下降,但高于淡水。说明鱼体在盐度变化后首先应对受到的外界环境压力,后又转化为渗透压调节机制来适应水体盐度,与本实验的COR变化趋势一致,但本实验为低盐适应,所以COR的含量稳定后,显著低于海水对照组。

除COR参与到鱼类高盐环境中的渗透调节之外,GH、IGF-I、甲状腺素等激素也直接或间接发挥作用<sup>[19,21-23]</sup>。由于GH的促生长作用,GH能增强NKA及钠钾氯协同转运蛋白能力及鳃细胞体积及数量,进一步促进了鱼类对海水的适应。注射GH(0.02~0.2  $\mu\text{g/g}$ )能够显著降低莫桑比克罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)血浆渗透压,增加鳃NKA活性<sup>[24]</sup>。同时在高盐环境适应7 d及更长时间的金头鲷、斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)和尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)分泌到血液中的GH也高于低盐或淡水环境中的含量<sup>[19,25-26]</sup>。曾霖等<sup>[16]</sup>对大菱鲈(*Panalichthys lethostigma*)幼鱼在不同盐度下驯化的结果也表明GH在36盐度组最高,12盐度组最低。本实验结果血浆GH含量在1 d出现显著性差异,且有低盐水体中低于高盐水体的趋势,说明GH能在高渗环境适应中发挥重要的作用,在低盐度的水体中功能有所退化。

PRL与前两种激素的作用有所不同,它是广盐性鱼类适应淡水生活的重要调节激素,并且在鱼类适应海水环境时与COR和GH等激素形成拮抗作用<sup>[19]</sup>。PRL在降低NKA酶的活性,防止体内离子的流失和体外水分的进入,降低体内器官的渗透性等方面起到重要的作用<sup>[19,19]</sup>。对广盐性鱼类金头鲷体外注射绵羊PRL后发现,无论在盐度40还是盐度5的海水中,金头鲷鳃NKA活性均降低<sup>[19]</sup>。而长期适应淡水的罗非鱼血浆

PRL、脑垂体 PRL mRNA 和鳃组织中 PRL 受体的表达量同样显著高于盐水环境<sup>[27-28]</sup>。将海水适应的罗非鱼由海水转移至淡水后,血浆 PRL 随时间逐渐上升在 1 h 和 24 h 显著高于海水组<sup>[29]</sup>。本实验褐牙鲈血浆 PRL 自 2 d 后高于对照组,并在 2、5 和 8 d 时有显著性差异,与上述结果一致。PRL 在褐牙鲈成鱼的低盐适应过程中起着重要作用。而在进入低盐 8 h 和 1 d 时浓度较低可能是由于褐牙鲈机体处于应激状态,HPI 轴起着更重要的作用,下丘脑垂体分泌的 PRL 暂被抑制,这种情况在上述的莫桑比克罗非鱼 (*O. mossambicus*) 低盐胁迫实验中也存在。

本实验结果显示,作为广盐性鱼类代表褐牙鲈成鱼在急性低盐胁迫环境下,神经内分泌参与调节,分泌的 COR、PRL、GH 等激素共同作用能迅速调整机体渗透压,Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、K<sup>+</sup> 等机体内环境指标能够在 1~2 d 的短时间内适应低盐水体,且相对于幼鱼具有更加成熟完善的渗透压调节机制和渗透压调节能力,说明褐牙鲈成鱼能够应对并适应环境中由于各种原因造成的环境水体盐度的下降并生存下来,但其渗透压调节的机制及在低盐水体中生存生长状态仍需进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 朱元鼎,张春霖,成庆泰. 东海鱼类志[M]. 北京:科学出版社,1963: 277-278.  
ZHU Y D, ZHANG C L, CHENG Q T. Fishes Annals of East China Sea [M]. Beijing: Science Press, 1963: 277-278.
- [2] MINAMI T. The early life history of a flounder *Paralichthys olivaceus* in Wakasa bay, Japan Sea, Japan [J]. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 1982, 48(11): 1581-1588.
- [3] TOMIYAMA T, YAMASHITA Y, TANAKA M. Occurrence of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in brackish estuaries [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2009, 85(4): 661-665.
- [4] BOLASINA S N, TAGAWA M, YAMASHITA Y. Changes on cortisol level and digestive enzyme activity in juveniles of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, exposed to different salinity regimes [J]. Aquaculture, 2007, 266(1/4): 255-261.
- [5] BRETT J R. 10 Environmental factors and growth [J]. Fish Physiology, 1979, 8: 599-675.
- [6] 谢志浩. 鱼类的渗透压调节 [J]. 生物学通报, 2002, 37(5): 22-23.  
XIE Z H. Fish osmoregulation [J]. Bulletin of Biology, 2002, 37(5): 22-23.
- [7] PELIS R M, MCCORMICK S D. Effects of growth hormone and cortisol on Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-2Cl<sup>-</sup> cotransporter localization and abundance in the gills of Atlantic salmon [J]. General and Comparative Endocrinology, 2001, 124(2): 134-143.
- [8] MCCORMICK S D. Endocrine control of osmoregulation in teleost fish [J]. American Zoologist, 2001, 41(4): 781-794.
- [9] SAKAMOTO T, MCCORMICK S D. Prolactin and growth hormone in fish osmoregulation [J]. General and Comparative Endocrinology, 2006, 147(1): 24-30.
- [10] SAKAMOTO T, AMANO M, HYODO S, et al. Expression of prolactin-releasing peptide and prolactin in the euryhaline mudskippers (*Periophthalmus modestus*): prolactin-releasing peptide as a primary regulator of prolactin [J]. Journal of Molecular Endocrinology, 2005, 34: 825-834.
- [11] 潘鲁青,唐贤明,刘泓宇,等. 盐度对褐牙鲈 (*Paralichthys olivaceus*) 幼鱼血浆渗透压和鳃丝 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase 活力的影响 [J]. 海洋与湖沼, 2006, 37(1): 1-6.  
PAN L Q, TANG X M, LIU H Y, et al. Effects of salinity on plasma osmolality and gill Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase activity of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2006, 37(1): 1-6.
- [12] 施兆鸿,张晨捷,彭士明,等. 盐度对银鲈血清渗透压、过氧化氢酶及鳃离子调节酶活力的影响 [J]. 水产学报, 2013, 37(11): 1697-1705.  
SHI Z H, ZHANG C J, PENG S M, et al. Effects of salinity on serum osmolality, catalase and gill ion-regulatory enzyme activities in silver pomfret [J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(11): 1697-1705.
- [13] 徐力文,刘广锋,王瑞旋,等. 急性盐度胁迫对军曹鱼稚鱼渗透压调节的影响 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(7): 1596-1600.  
XU L W, LIU G F, WANG R X, et al. Effects of abrupt salinity stress on osmoregulation of juvenile *Rachycentron canadum* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(7): 1596-1600.
- [14] SAKAMOTO T, UCHIDA K, YOKOTA S. Regulation of the ion-transporting mitochondrion-rich cell during adaptation of teleost fishes to different salinities [J]. Zoological Science, 2001, 18(9): 1163-1174.
- [15] LEBRETON G T O, BEAMISH F W H. The influence of salinity on ionic concentrations and osmolality of blood serum in lake sturgeon, *Acipenser fulvescens* [J]. Environmental Biology of Fishes, 1998, 52(4): 477-482.
- [16] 曾霖,雷霖霖,刘滨,等. 盐度对大菱鲆幼鱼鳃 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase 活力、血清离子浓度和激素水平的影响 [J]. 动物学杂志, 2014, 49(3): 407-414.  
ZENG L, LEI J L, LIU B, et al. Effects of salinity on Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase activity in gills, and concentrations of ions and hormones in serum of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. Chinese Journal of Zoology, 2014, 49(3):

- 407 - 414.
- [17] SCHWARZ D E, ALLEN P J. Effects of salinity on growth and ion regulation of juvenile alligator gar *Atractosteus spatula* [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 2014, 169: 44 - 50.
- [18] WENDELAAR-BONGA S E. The stress response in fish[J]. *Physiological Reviews*, 1997, 77(3): 591 - 625.
- [19] MANCERA J M, CARRIÓN R L, DEL PILAR MARTÍN DEL RÍO M. Osmoregulatory action of PRL, GH, and cortisol in the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) [J]. *General and Comparative Endocrinology*, 2002, 129(2): 95 - 103.
- [20] 班红琴, 吴垠, 李阳, 等. 盐度驯化过程中虹鳟血清渗透压、激素水平及离子组成的变化[J]. *大连海洋大学学报*, 2010, 25(6): 551 - 555.  
BAN H Q, WU Y, LI Y, et al. The changes in osmotic pressure, concentrations of hormones, and ion composition in serum of rainbow trout during salinity acclimation[J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2010, 25(6): 551 - 555.
- [21] MCCORMICK S D, REGISH A, O'DEA M F, et al. Are we missing a mineralocorticoid in teleost fish? Effects of cortisol, deoxycorticosterone and aldosterone on osmoregulation, gill  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -ATPase activity and isoform mRNA levels in Atlantic salmon [J]. *General and Comparative Endocrinology*, 2008, 157(1): 35 - 40.
- [22] MADSEN S S, NISHIOKA R S, BERN H A. Seawater acclimation in the anadromous striped bass, *Morone saxatilis*: strategy and hormonal regulation [C]//MCCORMICK S, SHERIDAN M, PATINO R. *The Physiology of Migratory Fish: Symp Proc Int Congr on the Biology of Fishes*. San Francisco: American Fisheries Society, 1996: 167 - 174.
- [23] SHIMOMURA T, NAKAJIMA T, HORIKOSHI M, et al. Relationships between gill  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -ATPase activity and endocrine and local insulin-like growth factor-I levels during smoltification of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) [J]. *General and Comparative Endocrinology*, 2012, 178(2): 427 - 435.
- [24] SAKAMOTO T, SHEPHERD B S, MADSEN S S, et al. Osmoregulatory actions of growth hormone and prolactin in an advanced teleost [J]. *General and Comparative Endocrinology*, 1997, 106(1): 95 - 101.
- [25] DRENNON K, MORIYAMA S, KAWAUCHI H, et al. Development of an enzyme-linked immunosorbent assay for the measurement of plasma growth hormone (GH) levels in channel catfish (*Ictalurus punctatus*): assessment of environmental salinity and GH secretagogues on plasma GH levels [J]. *General and Comparative Endocrinology*, 2003, 133(3): 314 - 322.
- [26] BREVES J P, HASEGAWA S, YOSHIOKA M, et al. Acute salinity challenges in Mozambique and Nile tilapia: Differential responses of plasma prolactin, growth hormone and branchial expression of ion transporters[J]. *General and Comparative Endocrinology*, 2010, 167(1): 135 - 142.
- [27] TINE M, DE LORGERIL J, PANFILI J, et al. Growth hormone and prolactin - 1 gene transcription in natural populations of the black-chinned tilapia *Sarotherodon melanotheron* acclimated to different salinities [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 2007, 147(3): 541 - 549.
- [28] PIERCE A L, FOX B K, DAVIS L K, et al. Prolactin receptor, growth hormone receptor, and putative somatolactin receptor in Mozambique tilapia: Tissue specific expression and differential regulation by salinity and fasting[J]. *General and Comparative Endocrinology*, 2007, 154(1/3): 31 - 40.
- [29] SEALE A P, FIESS J C, HIRANO T, et al. Disparate release of prolactin and growth hormone from the tilapia pituitary in response to osmotic stimulation[J]. *General and Comparative Endocrinology*, 2006, 145(3): 222 - 231.

## Effects of low salinity stress on plasma osmolality, cortisol, prolactin and growth hormone of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*

JIA Qianqian, LÜ Weiqun

(College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Transferring adult Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) directly from salinity 30 into salinity 3 and 30, effects of abrupt low salinity stress on plasma osmolality, cortisol (COR), prolactin (PRL), growth hormone (GH) were studied after 0 h, 8 h, 1 d, 2 d, 5 d, 8 d and 14 d, and the changes of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Cl}^-$  in the plasma were also monitored. Results showed that, all plasma indicators had no significant changes between control group and 0h blank group; after transfer to salinity 3, plasma osmolality decreased in 8 h, continued to decline in 1 d, and then rose slightly in 2 d and then kept stable; the levels of  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  showed similar changes, decreased in 8h – 1d, then stabilized;  $\text{K}^+$  gradually increased after transferring into salinity 3, then rose to the highest level in 1 d, while in 2 d it dropped to the level that was slightly higher than control group; the concentration of COR in plasma rose to the highest value in 1 d, then declined in 2 d, significantly lower than control group; PRL level reduced firstly then elevated 2 d, and it was significantly higher than the value in 30‰ seawater. Plasma GH in experimental group decreased in 1 d and then remained the lower level. As a euryhaline fish, Japanese flounder has strong adaptability to abrupt low salinity stress, and it could increase or decrease hormones rapidly, such as COR, PRL, GH, to re-establish a new internal environment homeostasis.

**Key words:** *Paralichthys olivaceus*; low salinity stress; plasma osmolality; hormone; plasma ion