

饥饿与再投喂对条石鲷幼鱼组织和血清中 主要代谢酶活性及糖元含量的影响

施兆鸿^{1,2*}, 彭士明¹, 宋国^{1,2}, 孙鹏¹, 尹飞¹, 王建钢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资源与生态重点实验室,上海 200090;

2. 上海海洋大学水产与生命学院,上海 201306)

摘要:为研究条石鲷幼鱼在饥饿与再投喂条件下机体各组织和血清中主要代谢酶活性和糖元含量的变化,以平均体质量为(10.0±1.0)g的条石鲷幼鱼为实验对象,实验共设5个处理组,分别为每天投喂(S0)、饥饿3d(S3)、饥饿6d(S6)、饥饿9d(S9)和饥饿12d(S12),饥饿后再恢复投喂至实验结束,整个实验同期对照30d。在实验前、饥饿处理后和再投喂后分别取样,检测血清、肝脏和肌肉中碱性磷酸酶(AKP)、酸性磷酸酶(ACP)、谷丙转氨酶(GPT)和谷草转氨酶(GOT)变化以及糖元含量。研究结果显示,饥饿与再投喂对血糖、肝糖元含量影响显著($P < 0.05$),饥饿导致血糖(S12除外)、肝糖元含量显著降低,再投喂后肝糖元含量基本恢复到饥饿前水平。然而,肌糖元含量在饥饿与再投喂过程中变化并不明显。实验期间,AKP活性和GPT活性在血清和肝脏中变化明显,且恢复投喂后血清与肝脏中的各代谢酶活性均基本恢复到初始活性水平。肌肉中AKP、ACP、GPT和GOT活性在整个饥饿与再投喂过程中变化则并不明显。分析认为,条石鲷幼鱼血糖浓度维持在(2.65±0.33)~(3.70±0.36)mmol/L是保持机体代谢活动所必须的水平;在条石鲷机体应对饥饿胁迫的过程中,血清和肝脏中主要代谢酶活性的相应变化对于保障机体在饥饿条件下的基础代谢起着至关重要的作用。

关键词:条石鲷;饥饿;再投喂;代谢酶;糖元

中图分类号:Q 493; S 917.4

文献标志码:A

鱼类在自然界中受环境变化、季节变更等因素导致食物分布不均匀,加之鱼类自身也存在个体间竞争等因素,使之经常面临饥饿胁迫。而生物往往可以通过在非胁迫时期的充分摄食,调节自身的代谢水平、能量的分配和能源的存储消耗等行为来适应环境胁迫^[1]。已有的研究表明,糖元是大多数鱼类的主要贮能物质之一,血糖浓度、肝糖元和肌糖元水平不仅反映动物糖代谢和全身组织细胞功能状态以及内分泌的机能,同时也是胁迫状态下鱼类营养状况以及肝脏机能的一个主要指标^[2-3]。此外,鱼体内的各种代谢酶与机体的代谢和营养状况密切相

关,碱性磷酸酶(AKP)和酸性磷酸酶(ACP)在动物体内广泛存在,在细胞调节和营养物质的消化、吸收及转运过程中都起着重要作用^[4-9],是评价鱼类生长和免疫机能状况的主要指标^[10-11]。谷丙转氨酶(GPT)和谷草转氨酶(GOT)的变化可以作为评价环境因子的改变、摄食水平和生长发育的指标^[12-14],以及判断肝脏功能是否受损的常规性指标。因此在饥饿胁迫的实验中对主要代谢酶活性进行量化研究具有实际意义。

条石鲷(*Oplegnathus fasctus*)属暖水性礁栖鱼类^[15]。在自然海域中活动较少,恋礁性强,不

收稿日期:2011-10-31 修回日期:2012-03-31

资助项目:浙江省公益技术研究农业项目(2010C32089);浙江省海洋与渔业种子种苗项目(201013425)

通讯作者:施兆鸿,E-mail:shizhh@hotmail.com

具备长距离巡游能力,觅食范围相对固定,因此,容易受到饥饿胁迫的影响。此外,在养殖过程中也会因投喂量不足造成饥饿胁迫。目前关于水产动物饥饿与再投喂方面的研究报道涉及了其生长^[16]、消化^[17]、非特异免疫^[18]以及相关基因的表达^[19]等多个方面,并且在条石鲷饥饿胁迫方面也开展了部分的研究工作,如仔稚鱼生长、形态和成活率^[20-21]、抗氧化酶^[22]等方面。然而,饥饿与再投喂对条石鲷主要代谢酶和糖元含量的影响尚未有系统的研究分析。本研究以代谢酶和糖元含量的变化为切入点,研究条石鲷对饥饿胁迫的适应性,探讨其对饥饿胁迫的响应机制,对分析相同习性鱼类饥饿胁迫的响应机制具有一定的借鉴作用,研究结果可为条石鲷大规模养殖生产和建立合理的投喂策略提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 实验鱼来源及规格

条石鲷取自浙江省舟山市水产研究所自行繁育的F₁代,选取规格相近且体质健壮的条石鲷幼鱼,体质量(10.0 ± 1.0) g。实验开始前,于28 m³的养殖池驯养7 d。

1.2 实验条件

实验用水为经48 h暗沉淀再沙滤后的海水,水温27~30℃,盐度26~28,驯养期间和实验阶段24 h不间断充气增氧,确保水体中溶解氧高于6 mg/L。驯养和再投喂阶段,每天8:00和15:00各投喂商业饲料1次,达到饱食状态。每天换水2次,日换水量100%。

1.3 实验设计与指标分析

随机将实验鱼分入15个80 cm × 60 cm × 100 cm水族箱中适应7 d,每箱30尾。实验共计30 d。实验共分5组,分别为S0(每天投喂),S3(饥饿3 d,恢复投喂27 d),S6(饥饿6 d,恢复投喂24 d),S9(饥饿9 d,恢复投喂21 d)和S12(饥饿12 d,恢复投喂18 d)。每组设3个平行,实验条件与驯养期间相同,每天投喂颗粒饲料2次,达饱食状态。在实验前、饥饿处理后和整个实验结束后分别取样,对照组同步取样,每个水族箱每次

随机取鱼3尾麻醉,从尾静脉抽取血,在冰盘上解剖,分别取肝脏和肌肉样品。

1.4 样品处理与检测方法

血液在4℃条件下8 000 r/min离心10 min,取上清液置于-20℃下保存待测;肌肉和肝脏分别用冷生理盐水漂洗,除去血液后用滤纸擦干,准确称取组织重量,按重量体积比加入9倍的生理盐水制成10%的组织匀浆,4℃条件下2 500 r/min离心10 min,取上清液置于-20℃下保存待测。

血清中葡萄糖含量、肝脏与肌肉中糖元、AKP、ACP、GPT、GOT活性均采用南京建成生物工程研究所试剂盒进行测定。具体方法按说明书中操作步骤进行,然后在酶标仪上测定吸光度值。

1.5 数据的统计分析

数据用平均值 ± 标准误(mean ± SE)表示,不同处理组数据间的差异采用单因素方差分析。对检测达到显著的平均值用Duncan氏检验。方差分析和多重比较用SPSS 13.1软件处理,P < 0.05表示差异显著。

2 结果

2.1 饥饿与再投喂对条石鲷幼鱼组织中糖元含量的影响

条石鲷幼鱼血糖含量受饥饿胁迫后与对照组(S0)相比下降显著,且显著低于同期对照组(P < 0.05)。饥饿达12 d时血糖含量回升,并高于对照组(P < 0.05);S3、S6、S9组在恢复投喂结束时血糖含量均未恢复到对照组的水平,与各自饥饿胁迫后的血糖含量相比也无显著差异(P > 0.05)。只有S12组在恢复投喂结束时的血糖含量高于其他各饥饿组,且与饥饿12 d后也有显著性差异(P < 0.05)。饥饿与再投喂过程对肝糖元含量的影响十分显著,饥饿导致肝糖元含量显著降低(P < 0.05),但恢复投喂后肝糖元均恢复至对照组的水平。对肌糖元的研究分析可知,饥饿初期肌糖元含量虽有下降趋势,但并未达到显著性水平,恢复投喂后虽然都比饥饿后含量有所增加,但除了S6组之外,均未达到差异显著的水平(P > 0.05)(图1)。

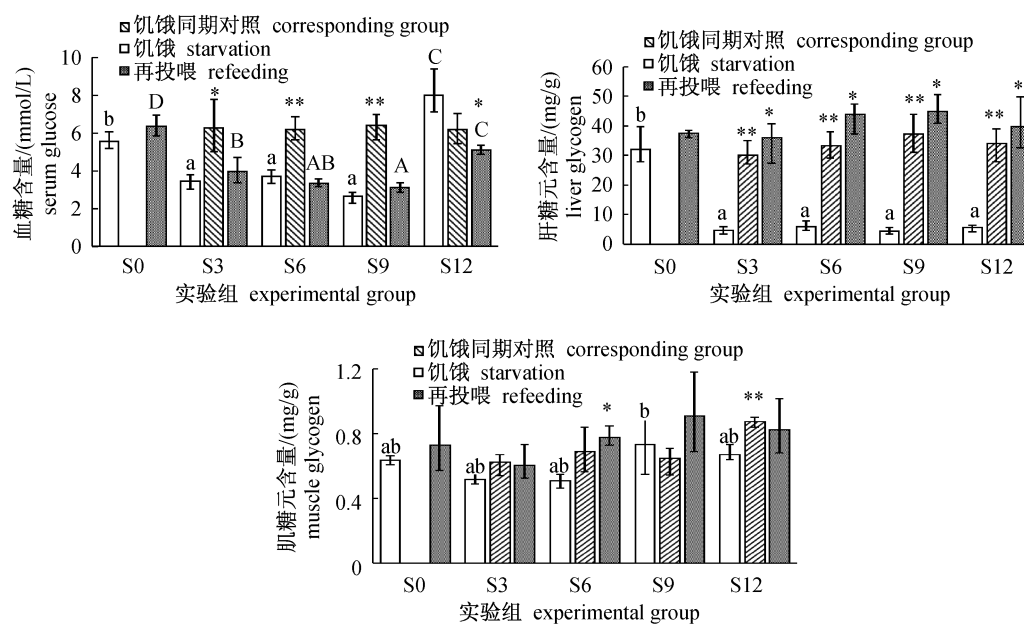


图1 饥饿与再投喂对条石鲷幼鱼组织中糖元含量的影响

* 表示同一组内恢复投喂后与饥饿后具有显著性差异 ($P < 0.05$), ** 表示饥饿同期对照组与饥饿组有显著性差异 ($P < 0.05$); 饥饿各组上方不同的小写字母表示不同组间具有显著性差异 ($P < 0.05$), 恢复投喂各组上方不同的大写字母表示不同组间具有显著性差异 ($P < 0.05$)。下图注释同此。

Fig. 1 Effects of starvation and refeeding on glycogen contents of tissues in *O. fasciatus*

* means that there was significant difference between the starvation and refeeding within the same group ($P < 0.05$), ** means that there was significant difference between the starvation and corresponding group ($P < 0.05$); Bars with different lowercase letters at the starvation groups denote significant difference at ($P < 0.05$), Bars with different capital letters at the refeeding groups denote significant difference at ($P < 0.05$). The same as the following.

2.2 饥饿与再投喂对条石鲷幼鱼组织中 AKP 和 ACP 活性的影响

AKP 活性受饥饿胁迫时在血清中呈先降后升的走势,且饥饿 3~9 d 后的活性与对照组和饥饿 12 d 差异显著 ($P < 0.05$),恢复投喂结束后各组均恢复至对照组水平。AKP 活性在肝脏中随饥饿时间延长呈先升后降的递变规律,再投喂后 AKP 活性基本稳定在 $(26.56 \pm 6.66) \sim (41.15 \pm 0.98)$ U/g (图 2)。在肌肉中,AKP 活性不论饥饿与再投喂时间长短,差异均不显著 ($P > 0.05$),但再投喂后同组中的 AKP 活性均高于饥饿后的活性水平,且在 S12 组再投喂后 AKP 活性显著高于饥饿后的水平 ($P < 0.05$)。

血清中的 ACP 活性随饥饿时间的延长呈不

规则的波浪变化,但均比对照组有所下降,饥饿 3 d、9 d 与对照组有显著性差异 ($P < 0.05$)。S3 组再投喂后 ACP 活性显著高于对照组,但 S6、S9 和 S12 组再投喂后 ACP 活性与对照组之间无显著性差异 ($P > 0.05$)。肝脏中的 ACP 活性随饥饿时间的延长呈先降后升的变化趋势,饥饿 6 d 与对照组和饥饿 12 d 组都差异显著 ($P < 0.05$),再投喂后各实验组与对照组之间均无差异。S6 和 S9 同组中饥饿与再投喂之间差异显著,即再投喂后 ACP 活性显著升高。肌肉中的 ACP 活性在饥饿过程中差异不显著,再投喂后也差异不显著,但同实验组中饥饿与再投喂之间差异均十分显著 ($P < 0.05$)。

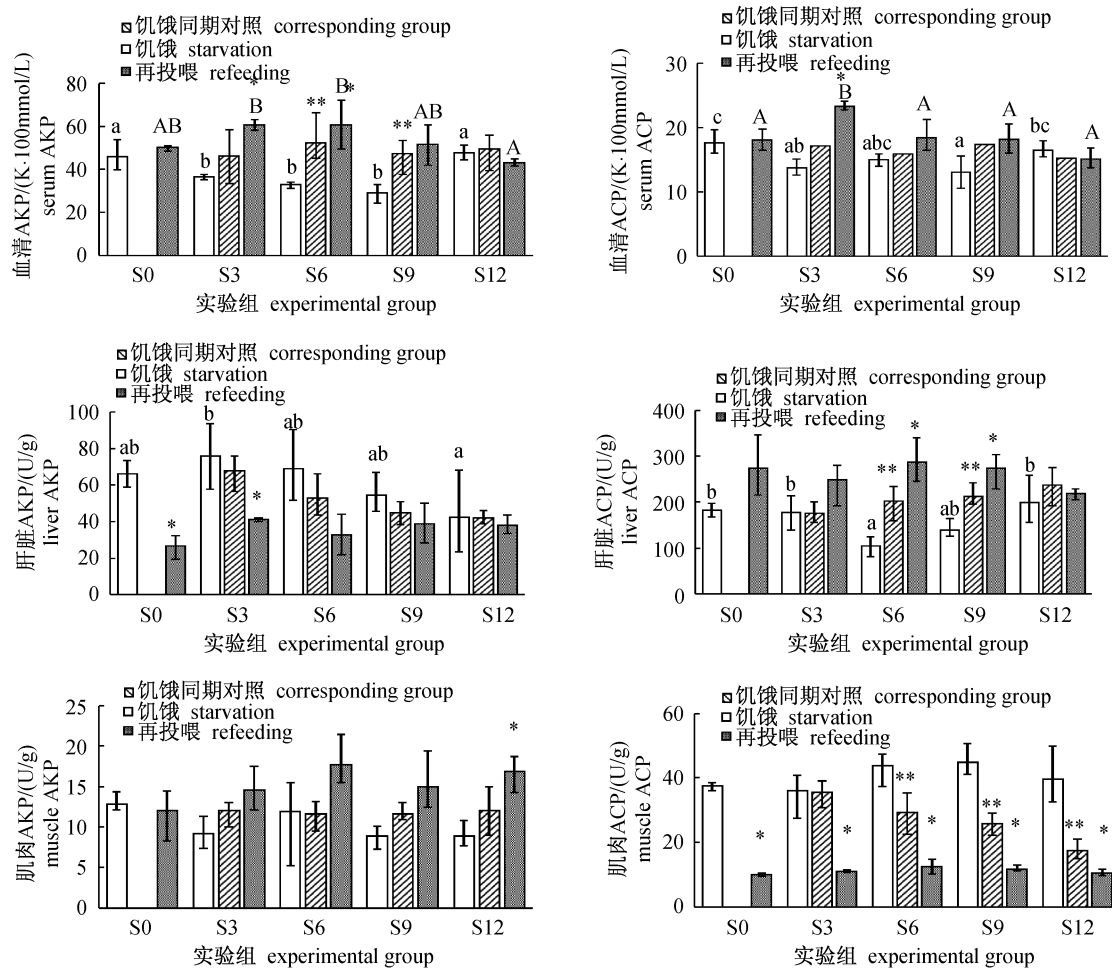


图 2 饥饿与再投喂对条石鲷幼鱼组织中 AKP 与 ACP 活性的影响

Fig. 2 Effects of starvation and refeeding on AKP and ACP activities of tissues in *O. fasciatus*

2.3 饥饿与再投喂对条石鲷幼鱼组织中 GPT 和 GOT 活性的影响

GPT 活性在血清中随饥饿时间的延长明显上升,在饥饿 9 d 达到最高,之后又迅速回落,相邻实验组之间都具有显著性差异 ($P < 0.05$),再投喂后 GPT 活性显著下降,各实验组之间差异并不明显 (S6 组除外),但各实验组中饥饿与再投喂之间都差异显著 ($P < 0.05$)。肝脏中的 GPT 活性饥饿后均显著下降 ($P < 0.05$),并基本稳定在 $(41.78 \pm 6.85) \sim (53.86 \pm 4.76)$ U/g,再投喂后 GPT 活性显著上升,与饥饿后所检测的活性相比均有显著性差异,其中 S12 组上升最多,达到 (193.92 ± 19.53) U/g。肌肉中的 GPT 活性随饥饿时间的延长呈下降趋势,且在饥饿 9 d 后与对照组之间达到显著性差异 ($P < 0.05$),再投喂后

均已基本恢复至对照组水平 (图 3)。

饥饿对血清中 GOT 活性的影响只有当达到 12 d 时才表现出来,饥饿 12 d 后其活性显著高于其他各实验组。再投喂后各实验组之间的差异除 S3 组外均未达到显著性水平,再投喂后 GOT 活性基本稳定在 $(6.01 \pm 0.68) \sim (8.56 \pm 1.00)$ U/L。同一实验组中饥饿与再投喂之间均达到显著性差异的水平。肝脏中的 GOT 活性在饥饿和再投喂过程中差异均不显著。同样,饥饿对肌肉中的 GOT 活性也没有形成显著性影响,恢复投喂后各实验组之间同样没达到差异显著性水平,但 S6、S9 和 S12 组恢复投喂后 GOT 活性均分别显著高于各组在饥饿后的 GOT 活性水平 ($P < 0.05$)。

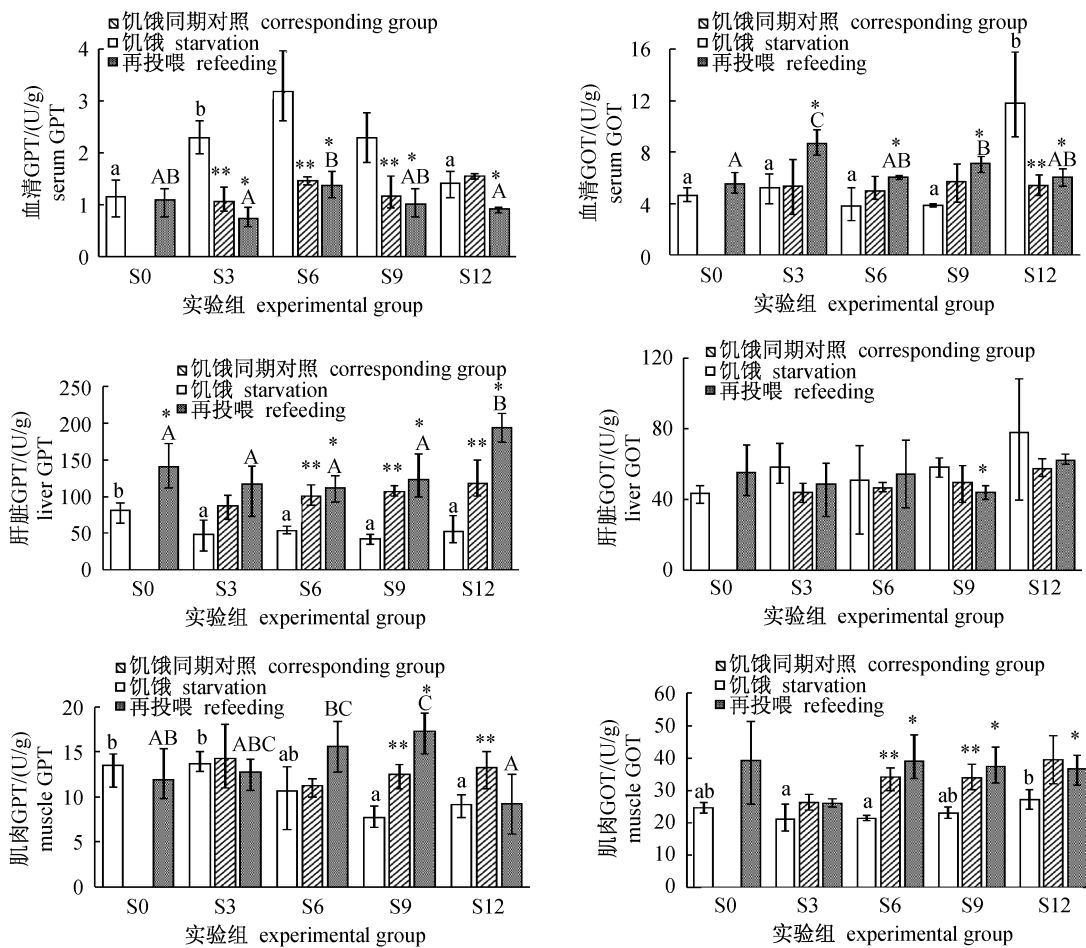


图3 饥饿与再投喂对条石鲷幼鱼组织中GPT与GOT活性的影响

Fig. 3 Effects of starvation and refeeding on GPT and GOT activities of tissues in *O. fasciatus*

3 讨论

3.1 饥饿与再投喂对条石鲷幼鱼组织中糖元含量的影响

本实验中血清葡萄糖含量受饥饿胁迫呈下降趋势,但在饥饿3~9 d期间血糖含量却始终维持在一个较恒定的水平,处于 $(2.65 \pm 0.33) \sim (3.70 \pm 0.36)$ mmol/L,这可以认为是条石鲷幼鱼维持基础代谢活动血糖所必须的水平。已有的研究报道指出,鱼类在饥饿时其糖异生作用明显提高^[23],这表明鱼类在饥饿胁迫下,由于不能从食物中得到能量,维持能源供给的血糖主要靠糖异生作用生成。但本实验中饥饿组与同期对照相比并无显著性差异;在不同饥饿时间胁迫下恢复投喂后血糖含量却与饥饿时所测得的含量相似,均未达到初始浓度;而肝脏中糖元含量在恢复投喂后却均显著高出了初始含量。上述现象表明条

石鲷幼鱼在饥饿胁迫下会自行调整其糖代谢,以应对外界的限食胁迫。本实验中肝糖元由饥饿前的 (32.13 ± 6.55) mg/g下降至饥饿后的 (5.92 ± 1.74) mg/g以下,而再投喂后恢复至 (36.01 ± 7.44) mg/g以上;以及肌糖元在饥饿与再投喂前后均未见显著性差异,这些结果表明条石鲷幼鱼在饥饿过程中能量供给主要是通过肝糖元的异生作用来维持血糖浓度,肌糖元则相对稳定。这与刘永坚等^[24]报道的饥饿胁迫下草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)肝糖元首行被利用和吴蒙蒙^[25]等报道的金鳊(*Oncorhynchus mykiss*)在贮存能源物质时是优先积累肝糖元的研究结果相吻合。

3.2 饥饿与再投喂对条石鲷幼鱼组织中AKP和ACP活性的影响

本实验中血清的AKP和ACP活性在饥饿的3~9 d期间均较对照组有所下降,说明饥饿胁迫

对条石鲷体内 AKP 和 ACP 产生了抑制作用,磷酸酶活性下降可能阻碍了机体内磷钙代谢的正常进行,反映出机体内蛋白质代谢受阻,从而影响到条石鲷幼鱼的生长。再投喂后血清的 AKP 和 ACP 活性都增加并超过未饥饿时的活性,此与杜启艳等^[23]在泥鳅(*Misgurnus anguilli caudatus*)中得到的结果相一致。这些现象可以理解为条石鲷幼鱼对外界胁迫的自我调节机制。同时,本实验结果也印证了 Mehner 等^[26]在研究饥饿对欧洲鲈(*Perca fluviatilis*)影响时提出的鱼类在长期饥饿状态下,对自身储存能量的利用上有两方面的适应:一方面是降低代谢水平以调节能量消耗;另一方面是尽可能将能量代谢保持在一定水平上,以保证在重新获得食物供应或受到其它环境危害时能产生一定的自身调控反应。

饥饿导致肝脏中的 AKP 和 ACP 活性受到一定影响,但在再投喂结束后各组间肝脏中的 AKP 与 ACP 活性并无显著性差异,表现出相对较高的稳定性,表明肝脏中 AKP、ACP 在维持机体代谢稳定性和机体内的物质转运方面起着至关重要的作用。然而,同一组内再投喂后 ACP 活性与饥饿胁迫后的活性相比则有明显的回升,此现象间接地证明了孙虎山等^[9]研究所得出的结论,即 ACP 是参与细胞内消化的重要水解酶。同时,这也揭示了在恢复投喂后条石鲷之所以能够生长加快的内在原因之一。

3.3 饥饿与再投喂对条石鲷幼鱼组织中 GPT 和 GOT 活性的影响

已有研究表明,GPT 是机体内能量代谢的关键酶之一^[12-14]。本实验中血清 GPT 活性在饥饿前期阶段(6 d)呈现升高趋势,但随饥饿时间的延长,在 12 d 时血清中 GPT 活性下降,血清葡萄糖含量在饥饿 12 d 时却升至本实验的最高值。这表明条石鲷幼鱼在饥饿 6 d 内可能主要是利用体内的蛋白质作为能量代谢的来源,而后则主要通过糖异生作用为机体提供能量。这与 Mehner 等^[26]的观点相同,其认为 GPT 活性的下降会导致蛋白质分解速率降低,从而导致机体在饥饿胁迫下转向利用体内的糖元,促进机体的糖异生作用。本实验结果显示,GPT 主要存在于肝脏中,肌肉与肝脏中 GOT 活性在饥饿过程中变化并不十分明显。有报道认为,GPT 在肝细胞受损时会释放到血液中,血清中 GPT 活性的相对增加能反

映肝功能障碍,是肝细胞坏死最具有特异性和最广泛应用的一个指示性指标^[26]。本实验中肝脏中的 GPT 活性并未受饥饿而出现显著性差异,表明在本实验的饥饿周期内并未对条石鲷机体产生严重的损伤,但在恢复投喂后 GPT 活性的显著升高有何生理学意义尚不清楚,是否与其生长周期存在相关性尚有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Ehrlich K F, Blaxter J H S, Pemberton R. Morphological and histological changes during the growth and starvation of herring and plaice larvae [J]. *Marine Biology*, 1976, 35(2): 105-118.
- [2] 赵万鹏,刘永坚,潘庆,等. 草鱼摄食后血糖和肝糖原质量分数的变化[J]. *中山大学学报:自然科学版*, 2002, 41(3): 64-67.
- [3] 彭士明,施兆鸿,李杰,等. 运输胁迫对银鲳血清皮质醇、血糖、组织中糖元及乳酸含量的影响[J]. *水产学报*, 2011, 35(6): 831-837.
- [4] 何海琪,孙凤. 中国对虾酸性和碱性磷酸酶的特性研究[J]. *海洋与湖沼*, 1992, 23(5): 555-560.
- [5] 陈清西,张吉,庄总来,等. 锯缘青蟹碱性磷酸酶分离纯化及部分理化性质研究[J]. *海洋与湖沼*, 1998, 29(4): 362-367.
- [6] 陈瑛,邱子健,隋淑光,等. 棘尾虫酸性磷酸酶的定位及诱导表达[J]. *动物学报*, 2003, 49(2): 218-223.
- [7] Meyran J C, Graf F. Ultra histochemical localization of $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATPase, Ca^{2+} -ATPase and alkaline phosphatase activity in a calcium-transporting epithelium of a crustacean during moulting [J]. *Histochemistry*, 1986, 85(4): 313-320.
- [8] Polstra K, Bakker W W, Klok P A, et al. Dephosphorylation of endotoxin by alkaline phosphatase *in vivo* [J]. *American Journal Pathology*, 1997, 151(4): 1163-1169.
- [9] 孙虎山,李光友. 栉孔扇贝血淋巴中 ACP 和 AKP 活性及其电镜细胞化学研究[J]. *中国水产科学*, 1999, 6(4): 6-9.
- [10] Goldemberg A L, Paron L, Crupkin M. Acid phosphatase activity in pre- and post-spawning hake (*Merluccius hubbsi*) [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 1987, 87(4): 845-849.
- [11] Matusiewicz M, Dabrowski K. Utilization of the bone/liver alkaline phosphatase activity ratio in blood plasma as an indicator of ascorbate deficiency in

- salmonid fish [J]. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 1996, 212 (1): 44 - 51.
- [12] Alexin M N, Papoutsoglou E P. Aminotransferase activity in the liver and white muscle of Mugil capito fed diets containing different levels of proteins and carbohydrates [J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 1986, 83(1): 245 - 249.
- [13] Samsonova M V, Minkova N O, Lapteva T I, et al. Aspartate- and alanine-aminotransferase in early development of keta [J]. Ontogenez, 2003, 34 (1): 19 - 23.
- [14] Jurss K, Bittorf T H, Volkler T H, et al. Effects of temperature, food deprivation, and salinity on growth, RNA/DNA ratio and certain enzyme activities in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 1987, 87(2): 241 - 253.
- [15] 朱元鼎, 张春霖, 成庆泰, 等. 东海鱼类志 [M]. 北京: 科学出版社, 1963.
- [16] 区又君, 刘泽伟. 千年笛鲷幼鱼的饥饿和生长 [J]. 水产学报, 2007, 31(3): 323 - 328.
- [17] 章承军, 刘健, 陈锦辉, 等. 饥饿再投喂对缙蛭消化酶活性和抗氧化能力的影响 [J]. 水产学报, 2010, 34(7): 1106 - 1112.
- [18] 楼宝, 史会来, 毛国民, 等. 饥饿与恢复投喂过程中花鲈肌肉组成及非特异免疫水平的变化 [J]. 水产学报, 2008, 32(6): 929 - 938.
- [19] 吉红, 苏尚顺, 刘茜, 等. 草鱼 LPL 基因的表达及饥饿和再投喂对其影响 [J]. 水产学报, 2009, 33(6): 980 - 986.
- [20] 彭志兰, 柳敏海, 罗海忠, 等. 条石鲷仔鱼饥饿实验及不可逆点的确定 [J]. 水产科学, 2010, 29(3): 152 - 155.
- [21] 孙中之, 柳学周, 徐永江, 等. 饥饿对条石鲷仔稚鱼生长发育的影响 [J]. 渔业科学进展, 2009, 30(4): 8 - 13.
- [22] Nam Y K, Cho Y S, Cho B N, et al. Alteration of antioxidant enzymes at the mRNA level during short-term starvation of rockbream *Oplegnathus fasciatus* [J]. Fisheries Science, 2005, 71(6): 1385 - 1387.
- [23] 杜启艳, 王萍, 王友利, 等. 长期饥饿和再投喂对泥鳅不同组织糖原、酸性磷酸酶和碱性磷酸酶的影响 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2008, 32(4): 488 - 493.
- [24] 刘永坚, 陈竹. 草鱼对葡萄糖的代谢研究 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 1999, 38(Suppl): 99 - 103.
- [25] 吴蒙蒙, 李吉方, 韩照峰, 等. 饥饿和恢复投喂对金鳊体组分和糖原含量的影响 [J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2009, 39(1): 56 - 60.
- [26] Mehner T, Wieser W. Energetic and metabolic correlates of starvation in juvenile perch (*Perca fluviatilis*) [J]. Journal Fish Biology, 1994, 45(3): 325 - 333.
- [27] Kaplan A, Ozabol L. Clinical chemistry, interpretation and technique [M]. London: Henry Kumnton Publishers, 1979: 109 - 111.

The effects of starvation and refeeding on tissue and serum metabolic enzyme activities and glycogen contents of barred knifejaw (*Oplegnathus fasciatus*)

SHI Zhao-hong^{1,2*}, PENG Shi-ming¹, SONG Guo^{1,2}, SUN Peng¹, YIN Fei¹, WANG Jian-gang¹

(1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

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

Abstract: The aim of this study was to investigate the effects of starvation and refeeding on tissue and serum metabolic enzyme activities and glycogen contents of *Oplegnathus fasciatus* with an average weight of (10.0 ± 1.0) g. Five experimental groups were designed, i. e. fed twice daily for 30 d (S0, control group), starved for 3d and refed for 27 d (S3), starved for 6d and refed for 24 d (S6), starved for 9d and refed for

21 d(S9),starved for 12 d and refed for 18 d(S12). The samples(serum,liver and muscle) were collected at the initial experiment,after starvation and refeeding,and the alkaline phosphatase(AKP),acid phosphatase(ACP), glutamic-pyruvic transaminase(GPT), glutamic-oxaloacetic transaminase(GOT) activities and glycogen contents of tissues were analyzed. The results showed that,serum and liver glycogen contents were significantly affected by the starvation and refeeding,and serum glycogen(except S12 group) and liver glycogen contents were reduced significantly as a result of starvation,while the liver glycogen contents returned to the level of control group after refeeding. However,only a little effect on the muscle glycogen contents was found during the starvation and refeeding. During the period of experiment,the AKP and GPT activities of serum and liver were significantly affected by starvation,and after refeeding,both enzymes activities returned to the levels of control group. However,during the whole experimental period,the effects of starvation and refeeding on muscle AKP,ACP,GPT and GOT activities were very little. In conclusion,the serum glycogen content with a level of $(2.65 \pm 0.33) - (3.70 \pm 0.36)$ mmol/L was essential to maintain the stabilization of body metabolism. The main metabolic enzymes in serum and liver were very important in maintaining the basic metabolism of *O. fasciatus* under the condition of starvation.

Key words: *Oplegnathus fasciatus*; starvation; refeeding; metabolic enzyme; glycogen

Corresponding author: SHI Zhao-hong. E-mail:shizhh@hotmail.com

欢迎订阅 2013 年《水产科学》

《水产科学》杂志是由辽宁省水产学会主办的水产科技期刊,辽宁省一级期刊,1982 年创刊,是中文水产、渔业类核心期刊和全国农业系统优秀期刊之一,被多种国内外权威文献库收录。杂志主要刊载渔业资源、海淡水捕捞、水产养殖与增殖、水产生物病害及防治、水产饲料与营养、水产品保鲜与加工综合利用及水产基础科学等方面研究的新进展、新技术、新方法等。设有研究与应用、综述与专论栏目。读者对象为水产科技工作者,大中专院校水产、生物、环保等专业师生,渔业行政、事业和企业单位有关管理和技术人员及广大知识渔民。

本刊为月刊,A4 开本,64 页,每月 25 日出版,定价 6.00 元/期,全年 72.00 元。中国标准连续出版物号:ISSN 1003-1111 CN 21-1110/S,邮发代号:8-164。订阅者请到邮局订阅,也可直接汇款至编辑部订阅,还可通过银行信汇订阅。

开户行:建行大连高新园区支行,账号:21201501900059000315,户名:辽宁省海洋水产科学研究院,请注明订阅《水产科学》。国内外发行。

地址:大连市沙河口区黑石礁街 50 号,辽宁省海洋水产科学研究院《水产科学》编辑部(邮编:116023)

电话、传真:0411-84679512

E-mail:shchxkbj@yahoo.com.cn