

硬骨鱼类的渗透压调节*

STUDIES ON TELEOST OSMOREGULATION

陈惠群 王国良

(宁波大学 生命科学与生物工程学院 315211)

生活在淡水或海水中的各种硬骨鱼类, 它们体液的渗透浓度是比较接近和稳定的, 但它们所生活的外界水环境的盐度却相差很大, 鱼类为了维持体内一定的渗透浓度必须进行渗透压调节, 鱼类调节渗透压能力的大小, 决定了它们对水环境盐度变化的耐受力。研究鱼类的渗透压调节机能对生产实践有一定的指导意义。譬如通过研究不同种鱼生长与盐度的关系, 可以在水产养殖中根据当地水环境的盐度特征选择适当的养殖品种, 也可以对广盐性鱼类进行盐度驯化并选择最适宜生长的盐度环境; 通过对海洋与江河之间洄游的鱼类如鲑科鱼类在不同盐度水域中渗透压调节机能的研究可以了解它们适宜的繁殖环境及苗种生长环境, 利于提高繁殖率与苗种存活率; 而通过研究内分泌与鱼类渗透压调节的关系可以进一步了解鱼类耐盐力的原因并在生产中尝试用激素来改善鱼类的耐盐力, 提高养殖效益。本文主要报道了关于硬骨鱼类渗透压调节近 10 a 来的研究进展。

1 硬骨鱼类渗透压调节的机制

迄今研究探明, 淡水硬骨鱼与海水硬骨鱼的渗透压调节机制是不一样的。淡水中, 由于鱼体液对周围水环境来说是高渗的, 水将不断地由鳃和体表进入鱼体内, 同时消化道也会吸收一部分水分。为了

维持体内的高渗透压, 淡水硬骨鱼的肾脏排出过多的水分并大量吸收各种离子, 排出大量稀薄的尿液, 同时鳃主动吸收 Na^+ 和 Cl^- 。而海水硬骨鱼体液对周围水环境来说是低渗的, 海水硬骨鱼为了抵抗体内水分由鳃和体表丢失, 通过大量吞饮海水, 并且由鳃丝上的氯细胞排出大量的 NaCl , 肾脏排出大量的 Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} 及极少量的水分来维持体内的低渗透压。无论淡水硬骨鱼的高渗调节还是海水硬骨鱼的低渗调节, 它们的肾脏和鳃是主要的渗透压调节器官。此外, Nielsen 等对褐鲑 (*Salmo trutta*) 的渗透压调节研究发现其幽门盲囊可能也参与渗透压调节^[6]。

2 不同盐度下硬骨鱼渗透压调节的变化

有关鱼类渗透压调节的研究主要集中在广盐性鱼类耐受盐度变化的能力及洄游鱼类由海洋入江河或由江河入海洋过程中渗透压调节的变化等方面。研究中一般采用观察鳃丝形态变化, 测定鳃丝、肾、肠的 Na^+ , K^+ -ATP 酶活性及血浆 Na^+ 浓度等一系列方法了解渗透压调节器官的活动状况及鱼的离子调节能力。

对于洄游鱼类来说, 其渗透压调节随水中盐度的变化而变化。Persson 等 1998 年研究了成熟的大西洋鲑 (*Salmo salar*) 从海洋到江河产卵洄游过程中各阶段的渗透压调节状况, 发现河口捕获的鲑鱼鳃

Na^+ , K^+ -ATP 酶活性不高, 表明鱼已适应了低渗环境, 在河上游捕获的鲑鱼鳃 Na^+ , K^+ -ATP 酶活性更低, 表明鲑鱼在淡水中鳃丝渗透调节能力已受到抑制, 也就是说大西洋鲑进入淡水后, 鳃丝氯细胞活动大大降低, 即低渗调节活动下降^[7]。Nielsen 等在不同季节将淡水孵化的褐鲑 (*S. trutta*) 的幼鱼移入海水, 发现 4 月份移入海水的幼鲑鳃丝 Na^+ , K^+ -ATP 酶活性最高, 表明该阶段 (3~5 月) 幼鲑的低渗调节能力最强, 对海水的适应能力最高, 认为幼褐鲑的低渗调节能力与季节有关^[6]。

对广盐性鱼类进行盐度的驯化, 可以了解它们的耐盐性及最适宜生长的盐度环境。Avella 等在 1993 年的工作中将丽科鱼类 *Oreochromis aureus* 及 *O. niloticus* 放入盐度为 10~30 的水中, 发现在低盐度水中, 两种鱼鳃丝上有少量氯细胞; 水中盐度上升, 氯细胞增多, 鳃丝 Na^+ , K^+ -ATP 酶活性增强, 在水盐度变化过程中鱼血浆 Na^+ 离子浓度变化较小, 表明这两种鱼自身离子平衡调节能力强, 对水盐度变化的耐受性强。Miyazak 等将淡水中

* 浙江省自然科学基金资助项目 396269 号。

第一作者: 陈惠群, 出生于 1964 年, 硕士, 讲师, 主要从事鱼类生理学等研究课题。

收稿日期: 2001-06-22;

修回日期: 2001-10-15

的莫桑比克罗非鱼的胚胎和孵化 2~10 d 大的仔鱼移入海水后,发现胚胎的通透力很低,而仔鱼饮水率急剧上升,且离子转换率也明显提高,显示广盐性的莫桑比克罗非鱼的仔鱼就有类似成鱼的渗透调节能力^[5]。据 Cataldi 等 1995 年、Birrell 等 2000 年、Tytier 等 1994 年报道,同样具有强渗透调节能力的广盐性鱼类如意大利幼鲟,欧洲鳗幼鳗,幼鲑及大菱鲆幼鱼的渗透调节器官的活动也得到了研究,结果认为这些广盐性鱼类均适宜人工养殖^[1]。在广盐性鱼类人工养殖中,可能采用与鱼体液等渗的盐度更适宜鱼的生长。Woo 等将尼罗罗非鱼饲养在不同盐度的水中,发现在与鱼体液等渗盐度(盐度为 15)的水中,鱼血清中甲状腺素浓度最高,肠内胰蛋白酶活性最强,鱼生长最快,认为水中盐度可影响罗非鱼消化道内酶活性及甲状腺素分泌,影响其生长率^[8]。

3 渗透压调节与内分泌的关系

在研究鱼类渗透压调节的过程中已发现可的松、生长素、甲状腺素、类胰岛素生长因子 I (IGF-I) 与催乳素与渗透压调节有一定关系。其中可的松与水环境中盐度变化引起的渗透压调节改变关系密切,可以认为是水盐度变化引起鱼类应激反应的一种表现;生长素与 IGF-I 可增强广盐性鱼类在海水中的低渗调节能力;催乳素的效应则表现为与生长素相拮抗,即增强鱼在淡水中的高渗调节能力但降低鱼在海水中的低渗调节能力;而甲状腺素与鲑鱼的成熟洄游有关但与其他广盐性鱼类渗透调节关系尚不清楚。

Mancera 等将广盐性底鲮 (*Fundulus heteroditus*) 在半咸水(盐度为 10)中进行驯化,将它们分别

注射不同激素后移入海水,观察了渗透调节器官的活动并与未注射鱼进行了对照。研究发现,注射可的松及牛生长素可改善维持血浆渗透稳定性并增强鳃 Na^+ , K^+ -ATP 酶活性, IGF-I 可增强盐度耐受力但不影响鳃 Na^+ , K^+ -ATP 酶活性,而注射甲状腺素则对耐盐力与鳃 Na^+ , K^+ -ATP 酶活性没有影响^[4]。Kelly 等将海水硬骨鱼平鲷 (*Rhabdosargus sarba*) 由盐度为 33 的海水移入盐度为 6 的低渗水中 1 h 后,平鲷血清可的松含量增加了 2 倍,12~24 h 后回到起始水平;血清甲状腺素在 3 h 后上升,6 h 后又回到原先的低水平^[3]。Claireaux 等 2000 年将淡水嘉鱼 (*Salvelinus fontinalis*) 移入海水后发现鱼血浆可的松与血糖浓度升高,水温越高,可的松与血糖浓度升高越显著,鱼的渗透调节能力也越强;低温则该反应能力差,鱼的死亡率上升^[2]。Woo 等在 1995 年报道将广盐性的主刺盖鱼 (*Pomacanthus imperator*) 分别浸泡在盐度为 15~22 的水中,发现盐度升高,血清可的松含量下降,而血清甲状腺素含量上升,显示这种鱼在低盐度中应激反应增强。Persson 等 1998 年研究了性成熟的大西洋鲑 (*Salmo salar*) 从海洋入江河时血浆甲状腺素与生长素水平的变化,发现从海洋入江河的过程中,无论雌雄血浆甲状腺素 (T_3 与 T_4) 均上升,且 T_3/T_4 比例下降,血浆生长素含量上升,认为大西洋鲑渗透调节与甲状腺素及生长素有关^[7]。Youngson 等在 1993 年对大西洋鲑成熟洄游的跟踪研究也发现,河口或海湾捕获的鱼血清 T_3 水平最高,淡水中血清 T_3 水平较低,说明大西洋鲑成熟洄游与甲状腺素有关。Oisen 等在 1993 年报道将大西洋鲑幼鲑从淡水放入海水,也能发现血浆可的松含量上升,鳃 Na^+ , K^+ -ATP 酶活性升高,渗透调节能力加强。

催乳素 (PRL) 对渗透调节的影响表现为淡水中鱼体内含量高,海水中低。Lwama 等在 1997 年报道将罗非鱼放入高盐度水中其血浆 PRL 显著降低。Young 等在 1989 年研究了激素与鲑的盐度适应关系后认为 PRL 有助于淡水适应,减少膜的可渗透性,鱼进入海水后,低渗调节能力越强,血浆可的松及生长素浓度越高, PRL 浓度越低, PRL 在鱼的渗透调节方面表现为与生长素相拮抗。

鱼类的内分泌激素如生长素,甲状腺素等与鱼的生长代谢,个体发育关系密切,还能改善鱼的渗透压调节,因此广泛开展对鱼类内分泌的研究,对鱼类学的基础研究及指导生产实践均有重要意义。

参考文献

- 1 Birrell L., Cramb G., Hazon N.. Osmoregulation during the development of glass eels and elvers, *J. Fish Biol.*, 2000, **56**(6): 1 450 ~ 1 459
- 2 Claireaux G., Audet C.. Seasonal changes in the hypo-osmoregulatory ability of brook charr: the role of environmental factors, *J. Fish Biol.*, 2000, **56**(2): 347 ~ 373
- 3 Kelly S. P., Woo N. Y. S.. The response of sea bream following abrupt hyposmotic exposure, *J. Fish Biol.*, 1999, **55**(4): 732 ~ 750
- 4 Mancera J. M., McCormick S. D.. Influence of cortisol, Growth hormone, insulinlike growth factor I and 3, 3', 5-triiodo-thyronine on hypoosmoregulatory ability in the euryhaline teleost *Fundulus heteroditus*, *Fish Physiol. Biochem.*, 1999, **21**(1): 25 ~ 33
- 5 Miyazak H., Kaneko T., et al.. Developmental changes in drinking rate and ion and water permeability during early life stages of euryhaline tilapia, *Oreochromis mossambicus*, reared in fresh water and seawater, *Fish Physiol. Biochem.*, 1998, **18**(3): 277 ~ 284



- 6 Nielson C., Madsen S. S., *et al.*. Changes in branchial and intestinal osmoregulatory mechanisms and growth hormone levels during smolting in hatchery-reared and wild brown trout, *J. Fish Biol.*, 1999, **54**(4): 799~818
- 7 Persson P., Sundell K., *et al.*. Calcium metabolism and osmoregulation during sexual maturation of river running Atlantic salmon, *J. Fish Biol.*, 1998, **52**(2): 334~349
- 8 Woo N. Y. S.. Enhancement of growth of tilapia *Oreochromis niloticus* in iso-osmotic medium, *Aquac. Abst.*, 1998, **15**(2): 721~734
- 2 Cataldi E., Ciccotti E., *et al.*. Acclimation trials of juvenile Italian sturgeon to different salinities: morpho-physiological descriptors, *J. Fish Biol.*, 1995, **47**(4): 609~618
- Lwama G. K., Takemura A., *et al.*. Oxygen consumption rates of tilapia in fresh water, sea water, and hypersaline sea water, *J. Fish Biol.*, 1997, **51**(5): 886~894
- Oisen Y. A., Reitan L. J., *et al.*. Gill Na^+ , K^+ -ATPase activity, plasma cortisol level, and non-specific immune response in Atlantic salmon (*Salmo salar*) during parr-smolt transformation, *J. Fish Biol.*, 1993, **43**(4): 559~573
- Sakamoto T., Hirano T.. Growth hormone receptors in the liver and osmoregulatory organs of rainbow trout: characterization and dynamics during adaptation to seawater, *J. Endocrinol.*, 1991, **130**(4): 425~433
- Tytier P., Lreland J.. Drinking and water absorption by the larvae of herring (*Clupea harengus*) and turbot (*Scophthalmus maximus*), *J. Fish Biol.*, 1994, **44**(1): 103~116
- Woo N. Y. S., Chung K. C.. Tolerance of *Pomacanthus imperator* to hypoosmotic salinities changes in body composition and hepatic enzyme activities, *J. Fish Biol.*, 1995, **46**(1): 70~81
- Young G., Bjoernsson B. T., *et al.*. Smoltification and seawater adaptation in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*): plasma prolactin, growth hormone, thyroid hormones, and cortisol, *Gen. Comp. Endocrinol.*, 1989, **74**(3): 335~345
- Youngson A. F., Webb J. H.. Thyroid hormone levels in Atlantic salmon during the return migration from the ocean to spawn, *J. Fish Biol.*, 1993, **42**(2): 293~300

辅助参考文献

Avella M., Berhaut J., Bornancin M.. Salinity tolerance of two tropical fishes, *Oreochromis aureus* and *O. niloticus*. Biochemical and morphological changes in the gill epithelium, *J. Fish Biol.*, 1993, **42**(2): 243~254

(本文编辑:刘珊珊)