

5种胃肠激素样内分泌细胞在斜带石斑鱼稚鱼期消化道中的定位

刘志刚, 翁幼竹, 宋海霞, 方永强

(国家海洋局 第三海洋研究所, 福建 厦门 361005)

摘要: 应用免疫细胞化学SABC方法, 用5-羟色胺(5-Hydroxytryptamine, 5-HT)、生长抑素(Somatostatin, Som)、P物质(Substance P, SP)、胃泌素(Gastrin, GAS)和神经肽Y(Neuropeptide, NPY)5种特异性哺乳类胃肠激素抗血清对斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)稚鱼期的消化道进行免疫细胞化学定位。结果显示, 5-HT-和Som-样免疫活性细胞定位在斜带石斑鱼稚鱼的胃各部, 包括胃贲门部、胃体和胃幽门部; SP-、GAS-样免疫活性细胞则在胃和肠均存在, 其中SP-样细胞定位在胃体部和胃幽门部以及整个肠道, GAS-样细胞则从胃幽门部至肠道各段均存在; NPY-样免疫活性细胞仅在肠道中被检测到。根据这5种胃肠激素样内分泌细胞的形态、染色强度及其分布, 可判断其在稚鱼期已经发育成熟, 已像成鱼胃肠激素内分泌细胞一样, 调节消化道的运动和消化液的分泌。本研究结果提示, 斜带石斑鱼稚鱼死亡的原因可能与其胃肠激素样内分泌细胞的功能没有直接关系。[中国水产科学, 2009, 16(2): 199-205]

关键词: 斜带石斑鱼; 消化道; 内分泌细胞; 免疫细胞化学

中图分类号: S91

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2009)02-0199-07

斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)属鲈形目(Perciformes)、鲈亚目(Percoidae)、鲈科(Serranidae)、石斑鱼属(*Epinephelus*), 是中国名贵海水养殖鱼类。虽然现在人工繁殖已获得成功, 但苗种量仍不能满足生产需要, 究其原因主要是在仔稚鱼阶段出现大量死亡, 稚鱼期尤其是一个最薄弱的环节。为了分析稚鱼死亡的原因, 笔者曾对斜带石斑鱼仔稚鱼和幼鱼的消化道组织结构特点以及饥饿对其影响进行过研究, 发现在这些特定的发育时期, 消化道中胃体、幽门盲囊和肠前段易受饥饿的影响, 而出现结构和功能的变化, 因此推测饥饿可能是导致稚鱼期大量死亡的因素之一^[1]。此外, 由于鱼类的消化和吸收功能还受到自身胃肠道激素的调节, 因而有必要了解斜带石斑鱼稚鱼期消化道中各种胃肠激素内分泌细胞是否已发育成熟, 以及如何参与调节胃肠的各种

生理活动。有关鱼类胃肠激素内分泌细胞的研究, 现有资料都是来自成鱼的研究, 而有关稚鱼期胃肠激素细胞的研究尚未见报道。为此, 本研究采用免疫组织化学方法, 选取5种参与调节鱼类胃肠道消化和吸收关系密切的胃肠激素抗体, 研究胃肠激素在斜带石斑鱼稚鱼消化道中的免疫反应定位和分布状况, 目的在于: (1)了解这5种胃肠激素细胞在斜带石斑鱼稚鱼的分布、形态特征以及可能的生理功能; (2)了解稚鱼期这些胃肠激素细胞是否已发育成熟。本研究可为科学培育斜带石斑鱼稚鱼, 提高成活率提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 取材及样品处理

研究用斜带石斑鱼稚鱼取自福建省诏安县大华水产养殖场培育的健康苗种, 随机取10尾, 体长

收稿日期: 2008-06-27; 修订日期: 2008-09-27.

基金项目: 福建省青年科技人才创新项目(2005J062).

作者简介: 刘志刚(1984-), 男, 硕士研究生. E-mail: liuzhigang1312@163.com

通讯作者: 翁幼竹, 女, 研究员. Tel: 0592-2195908; E-mail: wengyz0592@yahoo.com.cn

2.0~2.2 cm,体质量0.285~0.336 g。麻醉后,解剖分离出消化道,按照食管、胃贲门部、胃体部、胃幽门部、前肠、中肠和后肠进行取材,放入新配制不含醋酸的Bouin氏液中固定12~16 h,梯度酒精脱水,二甲苯透明,Paraplast石蜡包埋,切片厚度5~7 μm ,在低倍显微镜下,挑选有消化道各部的切片裱贴在预先涂有多聚赖氨酸的载玻片上。

1.2 免疫细胞化学染色

切片经二甲苯脱蜡、下行梯度酒精脱水,0.3% H_2O_2 室温处理10 min以除去内源性过氧化物酶活性。然后按照免疫组织化学的链霉亲和素-生物素-过氧化物酶复合物(Streptavidin-biotin complex, SABC)技术进行免疫组织化学反应。第一抗体分别为兔抗5-羟色胺(5-HT)抗体,工作浓度1:2 000;兔抗生长抑素(Som)抗体,工作浓度1:400;兔抗P物质(SP)抗体,工作浓度1:800;兔抗胃泌素(GAS)抗体,工作浓度1:800;兔抗神经肽Y(NPY)抗体,工作浓度1:2 000。在4℃孵育24 h, PBS洗涤后加入生物素标记羊抗兔抗体(1:100),室温孵育20 min,加SABC复合物,室温孵育20 min,最后用3',3'-二氨基联苯胺(DAB)显色5~10 min。以上试剂除5-HT抗体为第四军医大学组织胚胎学教研室研制之外,其余均购自武汉博士德生物工程有限公司。每种抗体在不同部位的免疫组织化学染色均重复3~4次,以确保实验的可靠性。各部位的阴性对照切片为上述各部位染色的相邻切片,并用PBS替代一抗同步进行免疫细胞化学染色。

2 结果与分析

5-HT-、Som-、SP-、GAS-和NPY-样免疫活性内分泌细胞不同程度地定位在斜带石斑鱼稚鱼胃肠各部。

2.1 5-HT-样免疫活性细胞

免疫染色的结果显示,5-HT-样免疫活性细胞定位在稚鱼胃各部,包括胃贲门部、胃体部和胃幽门部的黏膜上皮中,细胞散在排列于单层柱状细胞之间,而在固有层的胃腺细胞间则没有5-HT阳性细

胞。大多数免疫活性5-HT-样细胞为开放型,形态多样。有的呈锥形或瓶颈形,一端胞突伸向胃腔(图版I-1);有的为长梭形,胞体略膨大,细胞两端的胞质突起分别伸向胃腔和上皮基底(图版I-1、2)。少量的免疫活性5-HT-样细胞为封闭型,位于上皮基部,呈椭圆形,基部胞突不明显或无(图版I-2)。胃体部免疫染色对照片显示免疫阴性反应(图版I-3)。而在肠道,仅在中肠检出一例阳性反应,整个肠切面仅一个阳性细胞,呈烧瓶型,顶端细小胞突伸向肠腔(图版I-4)。

2.2 Som-样免疫活性细胞

与5-HT在胃肠道的分布情况相似,Som-样免疫活性细胞也是大量散在地分布于胃各部(胃贲门部、胃体部和胃幽门部),而在肠道各部则显免疫阴性。细胞形态和分布特点是:分布于胃黏膜上皮基部与胃腺相邻处的Som-样细胞为开放型,呈锥形、梭形或长柱形,有的具有长的胞质突起伸向胃腔,有的胞质突起伸向胃腺腔(图版I-5、6)。分布于胃腺细胞之间中的Som-样细胞封闭型居多,呈卵圆形、舌形或多边形,没有胞突,仅个别Som-样细胞为具有一端胞突的开放型(图版I-7)。

2.3 SP-样免疫活性细胞

SP-样免疫活性细胞在胃体部和胃幽门部以及整个肠道均有分布。胃中SP细胞大多分布在胃黏膜层的固有膜处,少量分布在胃上皮浅表。这些细胞有的呈瓶颈形或锥形,一端有胞突,为开放型细胞;有的细胞呈不规则短棒状,没有胞突,为封闭型细胞(图版I-8)。肠中的SP细胞也有开放型和封闭型2类,前者定位在肠上皮,位于柱状细胞和杯状细胞之间,呈锥形或瓶颈形,胞突伸入肠腔;后者存在于肠的固有膜处,呈卵圆形或不规则形,没有胞突(图版I-9、图版II-1)。肠道免疫染色对照片显示为阴性反应(图版II-2)。

2.4 GAS-样免疫活性细胞

与SP样细胞在斜带石斑鱼稚鱼胃肠道的分布相似,GAS-样免疫阳性细胞存在于胃幽门部和肠道各段,且幽门部最为密集,从前肠至后肠细胞数量逐

减。位于胃幽门部开放型的GAS细胞大多数呈基部膨大、顶端胞突伸向消化腔的锥形、蝌蚪形或瓶颈形(图版Ⅱ-3、4),少数呈双向延伸的长梭形(图版Ⅱ-4);封闭型的GAS-样细胞呈椭圆形,无胞突,数量少(图版Ⅱ-3)。胃幽门部免疫染色对照片显示为免疫阴性反应(图版Ⅱ-5)。肠道中GAS-样细胞呈锥形、瓶颈形或蝌蚪形,具有单个胞突伸向肠腔,为开放型细胞(图版Ⅱ-6、7)。

2.5 NPY-样免疫活性细胞

稚鱼胃的不同部位均没有检测到NPY-样免疫活性细胞,唯有从前肠至后肠均显示强的免疫染色。NPY-样免疫活性细胞大多数分布于肠褶的中上部,极少数位于基部。开放型NPY-样免疫阳性细胞呈双向延伸的细长梭形或基部膨大的锥形,胞突伸向肠腔;封闭型NPY-样免疫活性细胞呈卵圆形或不规则多边形,分布于固有层和黏膜下层,无胞突(图版Ⅱ-8、9)。

3 讨论

动物胃肠激素内分泌细胞具有共同的化学特征和超显微结构特点,这类细胞普遍弥散地分布在胃肠黏膜中,能够摄食胺的前体物质,使其脱羧基而变为活性胺,所以又被称为APUD(Amine precursor uptake and decarboxylation)细胞。许多科学家应用免疫细胞化学技术和哺乳动物的抗血清对鱼类胃肠道中的APUD细胞进行了鉴别、定位和形态学研究^[2-6]。早在1977年,Rombout等^[7]报道了贝鲃(*Barbus conchoni*)胃肠道中的内分泌细胞。国内潘黔生等^[8]最早对几种淡水鱼类如鲤(*Cyprinus carpio*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)等的胃、肠、胰系统APUD细胞进行鉴别,定位和形态学的研究;而对于海水鱼类胃肠激素细胞的研究则是始于方永强等^[9]对欧洲鳗鲡(*Anguilla anguilla*)的研究。此外,目前查阅到的国内外文献显示,对鱼类胃肠道内分泌细胞进行免疫细胞化学鉴别和定位研究均是采用哺乳动物的抗血清,因为迄今尚未见制备出特定的鱼类胃肠激素抗体。而哺乳类和鱼类的胃肠激素具有一定的同

源性,其有效性在国内外都已经获得认可。本研究所涉及的5种胃肠激素(5-HT, Som, SP, GAS和NPY)在生物进化过程中有着很高的保守性^[10-15],因而可以保证本研究免疫染色结果的可靠性。

5种胃肠激素样免疫活性细胞在斜带石斑鱼稚鱼胃肠道各部位的定位与分布存在差异,提示不同的胃肠激素内分泌细胞在稚鱼胃肠道中所起的生理作用特点不同。5-HT-样细胞和Som-样细胞仅存在于胃的各个部位。根据现有研究资料表明,5-HT的作用是调节胃肠道平滑肌的收缩,使胃肠道张力增加,肠蠕动加快,以促进食物在胃肠道中的消化和排空^[22];Som的作用则是能抑制其他胃肠激素的分泌,有效地抑制消化道蠕动和消化酶分泌^[23],使胃肠道分泌与抑制活动达到动态平衡。SP-样细胞和GAS-样细胞这2种胃肠激素细胞虽然在斜带石斑鱼稚鱼的胃和肠道中均存在,但也有各自的生理功能。SP是世界上发现最早的脑-肠肽^[24],但仅在少数几种鱼类中做过定位研究^[19,25]。根据SP在斜带石斑鱼稚鱼的胃与中、后肠中的分布特点,与在成年鳊(*Mugil cephalus*)胃肠道^[19]所显示的SP细胞的形态和分布十分类似,推测SP物质在斜带石斑鱼稚鱼的生理作用像在成年鳊中那样,通过刺激胃肠平滑肌的收缩,促进胃肠道对食物的消化和吸收。GAS-样细胞在斜带石斑鱼稚鱼胃的数量多于在前肠和中肠,这可能与胃泌素的功能是调节胃酸、胃蛋白酶和肠消化酶等消化因子的分泌有关,以调节稚鱼胃肠的消化、吸收以及蠕动。至于神经肽Y(NPY),也是一种脑-肠肽,现已发现在许多脊椎动物的胃肠道黏膜中存在^[26-27]。本研究同样发现NPY-样免疫活性细胞分布在稚鱼肠道各段,且细胞的形态特征与前人报道类似。有学者认为,肠黏膜下层的NPY细胞能直接影响到肠上皮的吸收^[28]。因此,推测NPY在斜带石斑鱼稚鱼肠道中的生理作用可能与肠的消化、吸收以及食物排空有关。

这里特别要指出的是,绝大多数关于淡、海水鱼类胃肠道激素的研究都是取材于成鱼,至于海水养殖经济鱼类的仔稚鱼胃肠道激素的定位分布,可利

用资料极少,是当前研究十分薄弱的环节。本研究结果显示,这5种胃肠激素样免疫活性细胞在斜带石斑鱼稚鱼胃肠道中的形态和分布特点以及免疫染色反应强度与在其他鱼类成鱼胃肠道中的情况一致,如乌鳢(*Ophiocephalus argus*)^[16]、鳊^[9,17]、鳊(*Siniperca chuatsi*)^[18]、鲮(*Mugil cephalus*)^[19]、黄 鲮(*Monopterus albus*)^[20]、大弹涂鱼(*Boleophthalmus pectinirostris*)^[21]等,表明这些胃肠激素内分泌细胞在斜带石斑鱼的稚鱼期就已经基本发育成熟,像在成鱼中那样,能够产生和释放相应胃肠激素参与调节自身消化道的各种生理活动,包括对食物的消化和吸收,促进消化液的分泌,以及促进或抑制胃肠蠕动等,行使正常的生理作用。

综上所述,本研究首次报道了5种胃肠激素内分泌细胞在斜带石斑鱼稚鱼中的定位、分布和形态特征,还揭示了这些细胞在稚鱼期就已经发育成熟,像成鱼一样,可能已经能够担负着对胃肠道活动的调节,从而分析认为,稚鱼死亡的内在原因与这些胃肠激素内分泌细胞的发育程度和分泌功能没有直接的联系,为进一步分析稚鱼死亡原因提供新的线索,还可为稚鱼期人工配合饲料的研制,提供参考依据,因而具有重要的科学意义和潜在的应用价值。

致谢:福建省水产研究所王涵生研究员为本论文的取材提供帮助,国家海洋局第三研究所方永强教授为本文的撰写和修改提出了大量宝贵意见,在此一并表示感谢。

参考文献:

- [1] 宋海霞,翁幼竹,方琼珊,等. 斜带石斑鱼幼鱼饥饿前后胃肠道的组织学研究[J]. 台湾海峡,2008,27(1): 74–78.
- [2] Langer M, Van Noorden SV, Polak J M, et al. Peptide hormone-like immunoreactivity in the gastrointestinal tract and endocrine pancreas of eleven teleost species [J]. Cell Tissue Res, 1979, 199: 493–508.
- [3] Reifel C W, Linden R D. Endocrine cells in the gastrointestinal tracts of 3 teleostean species [J]. Anat Anz Jena, 1983, 154: 413–418.
- [4] Rombout J H W M, Lamers C H J, Hanstede J G. Enteroendocrine APUD cells in the digestive tract of larval *Barbus conchoni* (Teleostei, Cyprinidae)[J]. J Embryol Exp Morph, 1978, 47: 121–135.
- [5] Rombout J H W M, Van der Grinten C P M, Peeze Binkhorst F M, et al. Immunocytochemical identification and localization of peptide hormones in the gastro–enteropancreatic (GEP) endocrine system of the mouse and a stomachless fish, *Barbus conchoni* [J]. Histochemistry, 1986, 84: 471–483.
- [6] Abad M E, Peeze Binkhorst F M, Elbal M T, et al. A comparative immunocytochemical study of the gastro–enteropancreatic (GEP) endocrine system in a stomachless and a stomach containing teleost [J]. General and Comparative Endocrinology, 1987, 66: 123–136.
- [7] Rombout J H W M. Enteroendocrine cells in the digestive tract of *Barbus conchoni* (Teleostei, Cyprinidae)[J]. Cell Tissue Res, 1977, 185: 435–450.
- [8] 潘黔生,方之平. 鱼类胃肠胰内分泌系统APUD细胞研究的现状[J]. 水生生物学报, 1995, 19(3): 275–282.
- [9] 方永强,戴燕玉,陈蕾. 欧洲鳊鳊胃肠道激素免疫组织化学的研究[J]. 台湾海峡, 1999, 18(1): 83–86.
- [10] Elde R, Haber S, Ho R, et al. Interspecies conservation and variation in peptidergic neurons [J]. Peptides, 1980, 1 (Suppl 1): 21–26.
- [11] Kurokawa T, Suzuki T, Hashimoto H. Identification of gastrin and multiple cholecystokinin genes in teleost [J]. Peptides, 2003, 24: 227–235.
- [12] Bosi G, Giancamillo A D, Arrighi S, et al. An immunohistochemical study on the neuroendocrine system in the alimentary canal of the brown trout, *Salmo trutta* L., 1785 [J]. Gen Comp Endocrinol, 2004, 138: 166–181.
- [13] Cerdá-Reverter J M, Martínez-Rodríguez G, Zanuy, et al. Cloning the neuropeptide Y Exon2 from sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Comp Biochem Physiol, 1999, 123 B: 181–186.
- [14] Wang Y, Barton B A, Nielsen P F, et al. Tachykinins (substance P and neuropeptide γ) from the brains of the pallid Sturgeon, *Scaphirhynchus albus* and the paddlefish, *Polyodon spathula* (Acipenseriformes) [J]. Gen Comp Endocrinol, 1999, 116: 21–30.
- [15] Ku S K, Lee H S, Koh J K, et al. An immunohistochemical study on the neuropeptide–producing endocrine cells in the alimentary tract of wrinkled frog, *Rana rugosa* (Ranidae)[J]. Gen Comp Endocrinol, 2003, 131: 1–8.
- [16] 夏立群,王庆堂. 乌鳢胃肠内分泌细胞的免疫组织化学研究[J]. 动物学研究, 1994, 15(4): 15–16.
- [17] 林树根,吴德峰,王寿昆. 日本鳊鳊胃肠胰内分泌细胞的鉴别与定位[J]. 水产学报, 2003, 27(6): 513–518.
- [18] 潘黔生,方之平. 几种激素在鳊鳊胃肠道内分泌细胞中存在的免疫细胞化学证据[J]. 水生生物学报, 2001, 25(6): 565–570.
- [19] 方永强,翁幼竹,胡晓霞,等. 鳊鱼胃肠道内分泌细胞免疫组织化

- 学的定位[J]. 水产学报, 2002, 26(6): 481–485.
- [20] 方之平, 潘黔生, 赵雅心, 等. 5种肽激素在黄鳝消化道内分泌细胞中的分布特点[J]. 解剖学报, 2003, 34(5): 560–562.
- [21] 韩师昭, 叶海辉, 黄辉洋, 等. 大弹涂鱼消化道内分泌细胞的免疫组织化学研究[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2005, 44(3): 407–409.
- [22] Solcia E, Capella C, Vassallo G, et al. Endocrine cells of the gastric mucosa [J]. Int Rev Cytol, 1975, 42: 223–286.
- [23] 姚银花. 生长抑素及其研究进展[J]. 黔东南民族师专学报, 1999, 17(6): 41–43.
- [24] 朱文玉. 脑-肠肽研究的进展[J]. 生理科学进展, 1982, 13(1): 15–19.
- [25] 方之平, 山田纯三, 潘黔生. 鲤、青鱼肠黏膜内分泌细胞的免疫组织化学鉴别和定位[J]. 水生生物学报, 1991, 15(3): 212–219.
- [26] 贾友苏, 贾雪梅, 齐威琴, 等. 人空肠NPY能神经分布的研究[J]. 广东解剖学通报, 1997, 19(1): 35–37.
- [27] 翁幼竹, 方永强. 神经肽Y和 β -内啡肽内分泌细胞在鲮鱼肠道中的分布和形态[J]. 水生生物学报, 2003, 27(6): 76–81.
- [28] Billington C J, Briggs J, Grace M, et al. Effects of NPY on energy metabolism [J]. AM J Physiol., 1991, 260: 321–327.

Location of 5 types of gastrointestinal hormone endocrine cells in digestive tract of juvenile *Epinephelus coioides*

LIU Zhi-gang, WENG You-zhu, SONG Hai-xia, FANG Yong-qiang

(Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China)

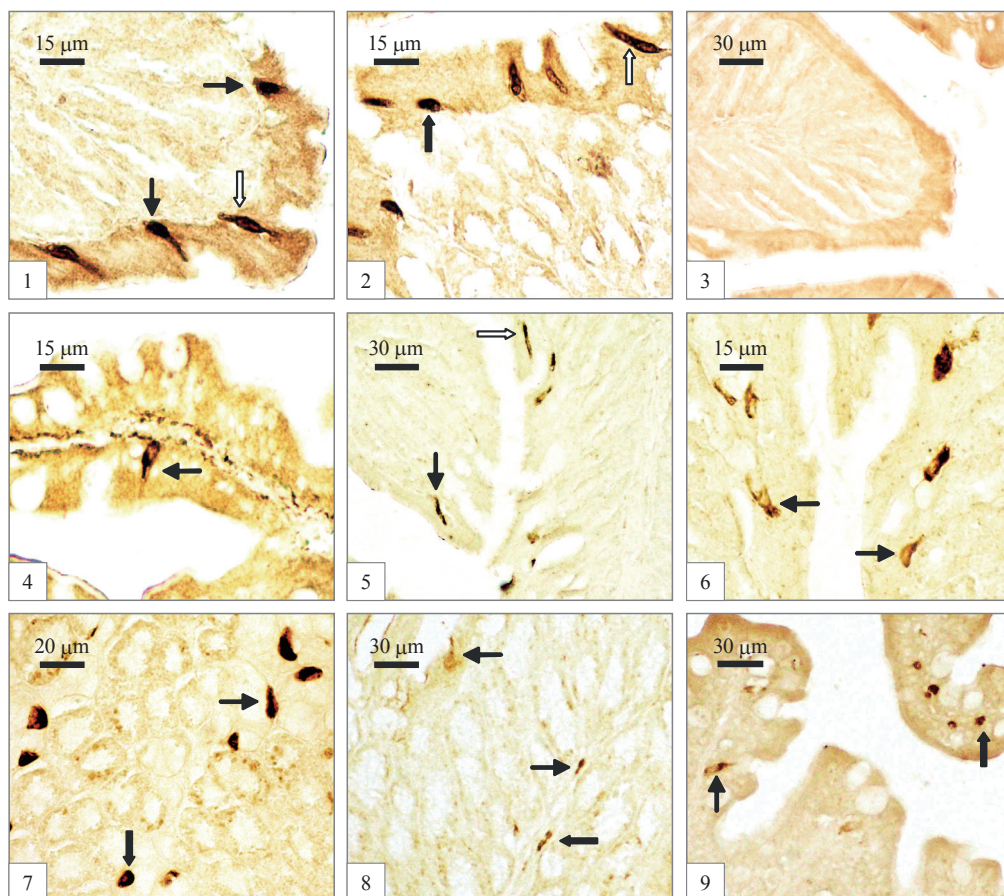
Abstract: Five kinds of mammalian antisera—5-hydroxytryptamine (5-HT), somatostatin (Som), substance P (SP), gastrin (GAS) and neuropeptide Y (NPY) —were used to locate the endocrine cells in the digestive tract of juvenile *Epinephelus coioides* by immunocytochemical SABC method. The results showed that 5-HT immunoreactive (-ir) and Som-ir cells were located in various parts of stomach, including stomachus cardiacus, stomachus fundus and stomachus pyloricus; SP-ir and GAS-ir cells were found in both stomach and gut; SP-ir cells were located in stomachus fundus, stomachus pyloricus and whole intestine; GAS-ir cells could be found from stomachus pyloricus to different parts of gut. NPY-ir cells were only detected from foregut to hindgut. Based on the shape, staining intensity and localization of these 5 kinds of gastrointestinal hormone endocrine cells, it is indicated that these cells in juvenile *Epinephelus coioides* might have developed and matured and could be involved in regulation of gastrointestinal motor and secretion of digestive juice as those in adult fish. These results suggest for the first time that death of juvenile *Epinephelus coioides* might have no relationship with the function of gastrointestinal hormone secreting cells, and thus provided a new clue for tracing the reason of the death in juvenile stage. In addition, the possible physiological functions of these cells were discussed in this paper. [Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(2): 199–205]

Key words: *Epinephelus coioides*; digestive tract; endocrine cells; immunocytochemistry

Corresponding author: WENG You-zhu. Tel: 0592-2195908; E-mail: wengyz0592@yahoo.com.cn

刘志刚等: 5种胃肠激素样内分泌细胞在斜带石斑鱼稚鱼期消化道中的定位

LIU Zhi-gang et al: Location of five types of gastrointestinal hormone endocrine cells in the digestive tract of juvenile *Epinephelus coioides*



图版 I

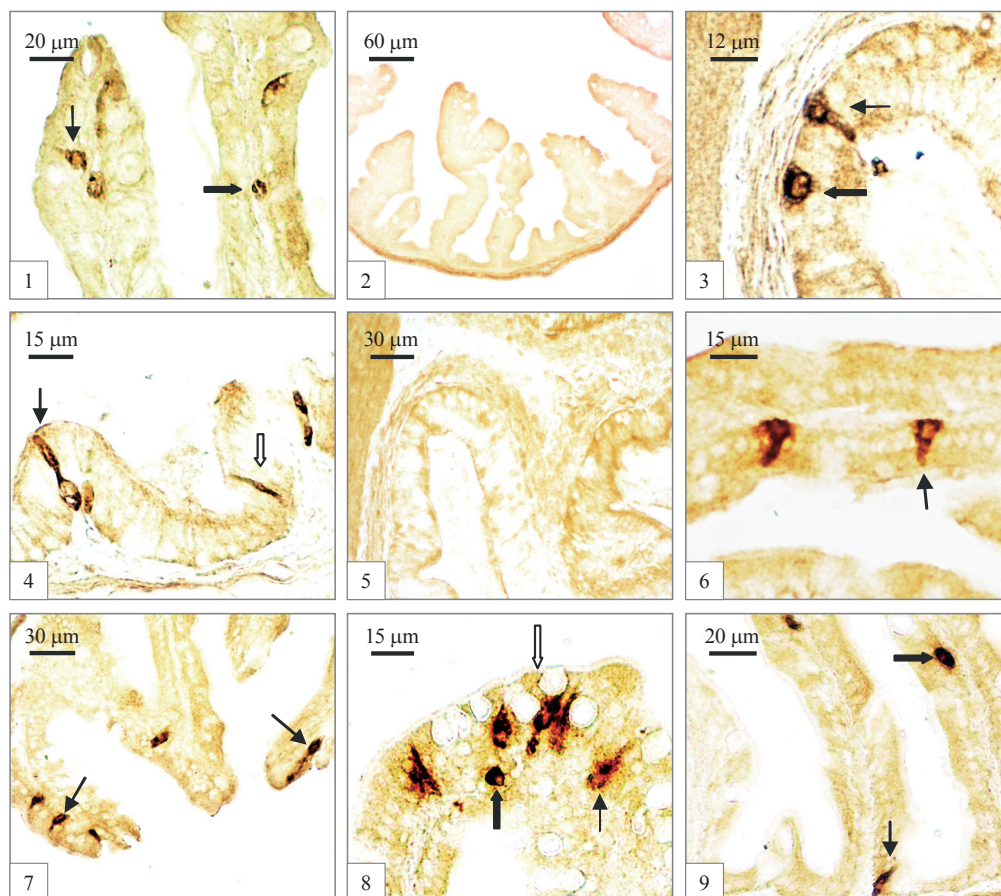
1、2. 胃体部5-HT细胞: 开放型细胞有的呈瓶颈形或锥形,具有一端胞突(♣),有的呈梭形,具有两端胞突(⌘),封闭型细胞则为椭圆形,胞突不明显或无(♠); 3. 胃体部阴性对照片; 4. 后肠5-HT细胞(♣); 5、6. 胃上皮Som细胞: 示短瓶颈形、一端胞突伸向胃腺腔(♣); 示长梭形、具两端胞突(⌘); 7. 胃腺细胞间的Som细胞: 多数为卵圆形、舌形或不规则形、无胞突的封闭型细胞(♠),个别为单胞突的开放型细胞(♣); 8. 胃体部SP细胞: 示瓶颈形或锥形、具有单个胞突的开放型细胞(♣); 示短棒状、无胞突的封闭型细胞(♠); 9. 中肠SP细胞: 示瓶颈形、胞突伸向肠腔的开放型细胞(♣); 示卵圆形、无胞突的封闭型细胞(♠)。

Plate I

1&2: 5-HT cells in gastric body, some open-typed cell was bottleneck-shaped or conical with one cytoplasmic protrusion (♣), the other was spindle-shaped with cytoplasmic protrusion on two ends (⌘); close-typed cells was elliptic without cytoplasmic protrusion (♠). 3: negative control section of gastric body. 4: 5-HT cell in hindgut (♣). 5&6: SS cells in gastric epithelium: short bottleneck-shaped cell with one cytoplasmic protrusion extended to gastral cavity (♣); long spindle-shaped cell with cytoplasmic protrusion on two ends (⌘). 7: SS cells among the gastric gland cells in gastric body: most cells were ovoid, tongue-shaped or anomalous cells without cytoplasmic protrusion (♠), and individual cell was open-typed with one cytoplasmic protrusion (♣). 8: SP cells in gastric body: bottleneck-shaped or conical open-typed cells with one cytoplasmic protrusion (♣); short rod-like close-typed cells without cytoplasmic protrusion (♠). 9: SP cells in midgut: bottleneck-shaped open-typed cells with one cytoplasmic protrusion extended to intestinal cavity (♣); ovoid cells without cytoplasmic protrusion (♠).

刘志刚等: 5种胃肠激素样内分泌细胞在斜带石斑鱼稚鱼期消化道中的定位

LIU Zhi-gang et al: Location of five types of gastrointestinal hormone endocrine cells in the digestive tract of juvenile *Epinephelus coioides*



图版 II

1. 后肠SP细胞: 示锥形、胞突伸向肠腔的开放型细胞(♂), 示卵圆形封闭型细胞(♀); 2. 中肠阴性对照片; 3. GAS细胞在胃幽门部: 开放型细胞呈烧瓶形、单个胞突伸向胃腔(♂); 椭圆形封闭型细胞(♀); 4. GAS细胞在胃幽门部: 细胞呈长梭型、胞突双向延伸(♂), 细胞呈烧瓶形、单个胞突伸向胃腔(♂); 5. 胃幽门部阴性对照片; 6. 前肠GAS细胞: 锥形或烧瓶形、单个胞突伸向肠腔(♂); 7. 中肠GAS细胞: 瓶颈形或蝌蚪形、单个细长胞突伸向肠腔(♂); 8. 中肠NPY细胞: 示梭形、胞突双向延伸(♂)和瓶颈形、单个胞突伸向肠腔(♂)的开放型细胞, 示卵圆形、无胞突的封闭型细胞(♀); 9. 后肠NPY细胞: 示瓶颈形、单个胞突伸向肠腔的开放型细胞(♂), 示卵圆形的封闭型细胞(♀).

Plate II

1: SP cells in hindgut, conical open-typed cells with one cytoplasmic process extended to intestinal cavity (♂); ovoid cells without cytoplasmic protrusion (♀). 2: negative control section of midgut. 3: GAS cells in stomachus pyloricus: open-typed cells was flask-shaped with one cytoplasmic protrusion extended to gastral cavity (♂), and elliptic close-typed cells (♀). 4: GAS cells in stomachus pyloricus: long spindle-shaped cell with cytoplasmic processes on two ends (♂); flask-shaped cell with one cytoplasmic protrusion extended to gastral cavity (♂). 5: Negative control section of stomachus pyloricus. 6: GAS cells in foregut: conical or flask-shaped cells with one cytoplasmic protrusion extended to intestinal cavity (♂). 7: GAS cells in midgut: bottleneck-shaped or tadpole-shaped cells with one cytoplasmic protrusion extended to intestinal cavity (♂). 8: NPY cells in midgut, some open-typed cell was spindle-shaped with cytoplasmic processes on two ends (♂) and the other was bottleneck-shaped with one cytoplasmic protrusion extended to intestinal cavity (♂); close-typed cells was ovoid without cytoplasmic protrusion (♀). 9: NPY cells in hindgut: bottleneck-shaped cells with one cytoplasmic protrusion extended to intestinal cavity (♂), showing ovoid cell (♀).