

三种内分泌细胞在极北鲵幼体胃内的发育

张婷婷 周立丽 李淑兰* 赵丽

哈尔滨师范大学生命科学与技术学院 哈尔滨 150025

摘要: 采用免疫组织化学亲和素-生物素复合物(ABC)法研究极北鲵(*Salamandrella keyserlingii*) 41至46期共6个时期幼体胃内5-羟色胺(5-HT)细胞、生长抑素(SS)细胞和胃泌素(GAS)细胞的分布位置及形态,5-羟色胺细胞和胃泌素细胞最先在41期幼体被检测出来,而生长抑素细胞发育略晚,在42期幼体才被检测到。文中采用Duncan多重比较的方法,对胃内同一种内分泌细胞不同发育时期的分布密度进行统计学分析,5-羟色胺细胞在41期分布最少,密度为 1.2 ± 0.51 ,46期分布最多,密度为 2.3 ± 0.91 ,随着胃的发育,5-羟色胺细胞密度呈递增的变化趋势;胃泌素细胞在42期分布最多,密度为 2.1 ± 0.99 ,46期分布次之,密度 1.7 ± 0.49 ,44期分布最少(密度 1.0 ± 0.00),从42期到46期呈先减后增的变化趋势;而生长抑素细胞在43期密度(2.6 ± 0.99)高于其他各期,且差异显著($P < 0.05$)。三种内分泌细胞最先均出现在胃上皮细胞之间,随着胃的不断发育,除了在上皮细胞之间分布以外,在腺泡上皮之间也有分布。不同内分泌细胞随着发育时间的不同,细胞形态也表现不同,如5-羟色胺细胞由最开始的椭圆形到后期的锥体形,胃泌素细胞由最先出现的锥体形到椭圆形再到锥体形,生长抑素细胞由锥体形到椭圆形。上述三种内分泌细胞的分布及形态学特点可能与极北鲵的生长发育以及胃的功能相适应。

关键词: 极北鲵; 胃; 5-羟色胺细胞; 胃泌素细胞; 生长抑素细胞; 幼体发育

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2016) 05-853-08

The Development of Three Kinds of Endocrine Cells in Stomach of Larval Siberian Salamander (*Salamandrella keyserlingii*)

ZHANG Ting-Ting ZHOU Li-Li LI Shu-Lan* ZHAO Li

School of Life Sciences and Technology, Harbin Normal University, Harbin 150025, China

Abstract: The study was designed to explore the distribution and shape of the 5-hydroxytryptamine (5-HT) cells, the somatostatin (SS) cells and the gastrin (GAS) cells in the stomach of Siberian Salamander (*Salamandrella keyserlingii*) during the post-embryonic development (from the stages 41 to 46) by avidin-biotin complex methods (ABC). The results indicated that the 5-hydroxytryptamine cells and the gastrin positive cells were firstly found in the stomach at the 41st stage. Then the somatostatin positive cells

基金项目 黑龙江省自然科学基金面上项目 (No. C201219);

* 通讯作者, E-mail: 478970204@qq.com;

第一作者介绍 张婷婷, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物生理学; E-mail: 1040689248@qq.com.

收稿日期: 2015-10-26, 修回日期: 2016-04-23 DOI: 10.13859/j.cjz.201605015

were detected at the 42nd stage. Statistic analysis of the same endocrine cells at different stages to in the stomach showed that the 5-hydroxytryptamine cells were found the least at the stage 41 (1.2 ± 0.51) by Duncan methods, and the most at the stage 46 (2.3 ± 0.91). With the development of stomach of Siberian Salamander, the 5-hydroxytryptamine cells showed an increasing trend. The gastrin cells were most widely distributed at the stage 42 (2.1 ± 0.99), followed by the stage 46 (1.7 ± 0.49) and the distribution quantity was the least at the stage 44 (1.0 ± 0.00). Their distribution trend from the stages 42 to 46 was first decrease and later increase. The density distribution of the somatostatin cells was the highest at the stage 43 (2.6 ± 0.99) exceeding the rest stages, with significant difference ($P < 0.05$, Table 1). Three kinds of endocrine cells firstly appeared among the epithelium cells, and with the development of stomach they distributed among the acinar epithelial cells (Plate I). The morphology of endocrine cells varied in different development stages, such as the shapes of 5-hydroxytryptamine cells were from the round to the cone, the shapes of gastrin cells were from the cone to round then to cone, and the shapes of somatostatin cells were from the cone to the ellipse. The distribution and shape characteristics of these endocrine cells may adapt to the growth and development of Siberian Salamander and the function of the stomach.

Key words: Siberian Salamander (*Salamandrella keyserlingii*); Stomach; 5-hydroxytryptamine cells; Somatostatin cells; Gastrin cells; Larval development

消化道不仅仅是动物体内最大最主要的消化器官, 还是动物体内最大最复杂的内分泌器官, 其中广泛分布各种内分泌细胞, 由于这类细胞能够通过摄取胺的前体物质, 进而脱去羧基变为活性胺, 因此又被称为胺前体摄取及脱羧系统 (amine precursor uptake and decarboxylation, APUD) (徐革锋等 2014)。随着 20 世纪 60 年代免疫组织化学技术的出现及完善, 国内外学者利用哺乳动物抗血清对不同脊椎动物消化道内的 APUD 细胞进行鉴别和定位, 在两栖动物消化道内已发现 10 余种 (郭慧等 2013)。极北鲵 (*Salamandrella keyserlingii*) 隶属于两栖纲 (Amphibia) 有尾目 (Caudata) 小鲵科 (Hynobiidae) 极北鲵属, 其在小鲵科的系统演化和动物地理学研究中具有重要意义, 是具有一定科研价值的珍稀物种 (赵文阁 2008)。对于极北鲵胃肠道内分泌细胞胚后发生的研究仅见于陈霞等 (2014) 对嗜银细胞的报道。本文应用亲和素-生物素复合物 (avidin-biotin complex, ABC) 免疫组织化学法对极北鲵胃幼体发育过程中 5-羟色胺、胃泌素和生长抑素 3 种内分泌细胞进行观察、定位,

旨在探讨极北鲵幼体发育过程中胃内这 3 种内分泌细胞发生规律, 丰富消化道内分泌学资料, 同时也为自然种群的保护及人工养殖等提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料

极北鲵卵袋采自黑龙江省牡丹江市威虎山影视城 ($44^{\circ}50'N$, $129^{\circ}19'E$), 卵袋采回后暂养在实验室, 饲养水温保持在 $18 \sim 20^{\circ}C$ 。依据 Duellman 等 (1985) 制定的标准进行取材及固定, 选取 38 ~ 46 期健康活泼的极北鲵幼体, 每期 10 条整体于改良的 Bouin's 液中固定 24 ~ 48 h, 蒸馏水冲洗干净后置于 70% 的酒精中保存待用。常规脱水透明, 石蜡包埋, 切片厚 $6 \mu m$, 贴片烘干。

1.2 主要试剂

5-羟色胺抗血清 (兔抗人, 批号 ZA-0231)、胃泌素抗血清 (兔抗人, 批号 ZA-0115)、生长抑素抗血清 (兔抗人, 批号 ZA-0232)、ABC 免疫组织化学试剂盒, 以上试剂均购于北京中山生物技术有限公司, 由美国 ZYMED 公司生

产。5-羟色胺、胃泌素、生长抑素抗血清稀释倍数均为 1:100。

1.2 实验方法

采用亲和素-生物素复合物(ABC)免疫组织化学法观察极北鲩不同发育阶段胃内 5-羟色胺细胞、胃泌素细胞和生长抑素细胞。常规石蜡切片脱蜡复水,切片上滴加正常山羊血清(以 PBS 进行 3:200 的稀释),室温(15~25℃)孵育 20 min,封闭非特异性反应部位。倾去血清,滴加一抗(5-羟色胺、胃泌素或生长抑素抗血清稀释倍数均为 1:100),室温过夜。PBS 浸洗 3 次,每次 5 min,滴加二抗(羊抗兔 IgG 抗血清,稀释倍数 1:200),孵育 45 min, PBS 浸洗 3 次,每次 5 min。滴加卵白素-生物素-过氧化物酶(ABC)试剂(稀释倍数 1:1:100),孵育 40 min。PBS 浸洗 3 次,每次 5 min,滴加 DAB-H₂O₂ 显色后,冷 PBS 冲洗,冷蒸馏水冲洗。苏木精复染,常规石蜡脱水透明,封片。阴性对照切片以卵白素-生物素-过氧化物酶(ABC)试剂盒中正常山羊血清代替一抗进行孵育,其余步骤同上。

1.3 照相、计数与分析

在 Olympus BH-2 型显微镜下对不同时期极北鲩幼体胃内 3 种内分泌细胞进行免疫组织化学的检测,每条每种激素免疫阳性细胞随机选取 10 个 400 倍视野计数,取平均值 ± 标准差(Mean ± SD)表示内分泌细胞的分布密度,并对同一种激素细胞不同时期的分布密度用 Duncan 多重比较的方法进行统计学分析(SPSS13.0 软件)。应用 LEICA DC500 显微成像系统进行拍照。

2 结果

光镜下,切片背景颜色为蓝色,极北鲩胃的 5-羟色胺、胃泌素、生长抑素阳性细胞显示为棕黑色或棕色,容易辨认。阴性对照切片呈淡蓝色,未见免疫反应阳性细胞。

2.1 极北鲩胃中三种内分泌细胞的分布位置和形态

胃内 5-羟色胺细胞随着极北鲩幼体不同发育时期的变化而不同,在 41 期上皮细胞之间最先观察到 5-羟色胺细胞,且从 41 期到 46 期 5-羟色胺细胞均分布在胃上皮细胞之间,41 和 42 期 5-羟色胺细胞呈椭圆形(图版 I: 1, 2),随着极北鲩不断发育,5-羟色胺细胞的形态也发生变化,43 期 5-羟色胺细胞圆形和锥体形(图版 I: 3),44 期胃内仅观察到锥体形 5-羟色胺细胞(图版 I: 4),45 和 46 期胃内 5-羟色胺细胞既有椭圆形也有锥体形的(图版 I: 5~7),锥体形 5-羟色胺细胞突起指向胃腔。胃泌素细胞同 5-羟色胺细胞一样,最早在 41 期胃上皮细胞之间被观察到,且从 41 到 46 期胃泌素细胞也均分布在上皮细胞之间,41 期胃泌素细胞呈锥体形,突起指向胃腔(图版 I: 8),42 和 43 期仅观察到椭圆形和圆形的胃泌素细胞(图版 I: 9~11),44~46 期极北鲩胃内胃泌素细胞既有椭圆形又有锥体形(图版 I: 12~14)。生长抑素细胞出现晚于胃泌素细胞和 5-羟色胺细胞,在 42 期才被检测到,从 42 到 45 期生长抑素细胞也分布在上皮细胞之间,到了 46 期时分布在腺泡上皮细胞之间,生长抑素细胞随着胃的发育其形态也随之变化,42 期和 43 期时呈三角形和锥体形(图版 I: 15~17),44~46 期生长抑素细胞形态变为椭圆形(图版 I: 18~20)。

2.2 极北鲩胃中三种内分泌细胞的密度分布

5-羟色胺细胞在 46 期分布最多,41 期分布最少;胃泌素细胞在 42 期分布最多,44 期分布最少;生长抑素细胞则是在 43 期分布最多,其他各时期之间没有差异(表 1)。

3 讨论

3.1 三种内分泌细胞在极北鲩胃中最先出现的时间和位置

不同动物胃内 5-羟色胺细胞出现的时间和位置是不同的,如中国大鲩(*Andrias davidianus*)胃内 5-羟色胺细胞最早是在出膜第 98 天被检测到,位于黏膜上皮的基底部(李宁

表 1 极北鲵幼体发育各个时期胃内三种内分泌细胞的分布密度

Table 1 The distribution densities of three populations of endocrine cells in the stomach of Siberian Salamander at different stages of the larval development

发育时期 Development stage	5-羟色胺细胞 5-hydroxytryptamine cells	胃泌素细胞 gastrin cells	生长抑素细胞 somatostatin cells
41	1.20 ± 0.51 ^d	1.50 ± 0.51 ^b	
42	1.30 ± 0.47 ^{cd}	2.10 ± 0.99 ^a	1.90 ± 0.85 ^b
43	1.60 ± 0.59 ^{bc}	1.40 ± 0.49 ^{bc}	2.60 ± 0.99 ^a
44	1.90 ± 0.55 ^{ab}	1.00 ± 0.00 ^c	1.70 ± 0.66 ^b
45	1.90 ± 0.64 ^{ab}	1.60 ± 0.51 ^b	1.80 ± 0.77 ^b
46	2.30 ± 0.91 ^a	1.70 ± 0.49 ^b	1.90 ± 0.72 ^b

同列数据上角标中含有相同小写字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

The data in the same column with the same superscripts lowercase letter represented non-significant difference ($P > 0.05$), and with the varied superscripts lowercase letter represented significant difference ($P < 0.05$).

2011)。中国林蛙 (*Rana chensinensis*) 胃内 5-羟色胺细胞则是在第 39 期最先被检测到, 分布在胃固有层中 (李倩 2008)。牛蛙 (*Rana catesbeiana*) 主要是在变态前期胃的上皮细胞之间被发现 (郭慧等 2013)。扬子鳄 (*Alligator sinensis*) 受精卵孵育到第 30 天胃的上皮层中被检测到 (李堃 2002)。在出生 1~10 天的籽鹅 (*Anser cygnoides var. domestica*) 胃各部未观察到 5-羟色胺细胞, 到了 30 日龄仅在胃幽门部的幽门腺偶见 5-羟色胺细胞 (张磊 2009)。本实验观察发现, 极北鲵胃中 5-羟色胺细胞最早在 41 期被检测到, 分布在上皮细胞之间, 其最早出现的时间较中国林蛙 (李倩 2008) 和牛蛙 (郭慧等 2013) 晚, 最早出现的位置与上述多种动物不同, 只与牛蛙相同, 即最先出现在胃上皮细胞之间, 这体现了不同物种之间既存在相似性也存在差异性。

生长抑素细胞最早出现的时间和位置也因动物不同而有差异。大菱鲆 (*Scophthalmus maximus*) 29 日龄时胃中检测到生长抑素细胞, 主要分散于胃腺的颈部, 而牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*) 在 40 日龄的胃中检测到生长抑素细胞, 主要分布在胃腺及胃腺颈部周围 (刘扬

2005)。牛蛙在变态前期就已观察到生长抑素细胞, 主要分布在上皮细胞之间, 固有层中偶见 (郭慧等 2013)。扬子鳄则在孵化后第 8 天就已观察到生长抑素细胞 (李堃 2002)。在 10 日龄籽鹅胃中检测到生长抑素细胞, 集中分布在胃幽门部, 位于深层复管腺的上半部和幽门腺内 (张磊 2009)。在 12 日龄鸡 (*Gallus gallus domesticus*) 的腺胃和幽门区检测到生长抑素细胞, 肌胃中并未发现, 主要分布于上皮中 (Alison 1989)。梁文姝等 (1999) 在 1 日龄大鼠 (*Rattus norvegicus*) 胃中观察到生长抑素细胞的分布, 主要分布在胃表面上皮及腺上皮细胞之间。本实验发现, 极北鲵胃中生长抑素细胞出现时间较 5-羟色胺细胞和胃泌素细胞晚, 即在 42 期胃上皮细胞之间首次观察到生长抑素细胞, 比牛蛙 (郭慧等 2013) 出现时间晚, 其最早分布位置与牛蛙 (郭慧等 2013) 一致, 但与以上其他动物研究结果不同。

胃泌素细胞也因物种不同而不同, 中国林蛙胃内胃泌素细胞与 5-羟色胺细胞均是在第 39 期被最先检测到, 靠近腔面 (李倩 2008); 牛蛙 (郭慧等 2013) 和扬子鳄 (李堃 2002) 胃中胃泌素细胞较 5-羟色胺细胞和生长抑素细胞

出现晚, 牛蛙在变态高峰期胃贲门部和幽门部的固有层中被检测到(郭慧等 2013), 而扬子鳄受精卵在孵育到第 55 天胃幽门的幽门腺中被发现(李堃 2002)。籽鹅(张磊 2009)胃内胃泌素细胞最早是在出生后 1 天被检测到, 比 5-羟色胺、生长抑素细胞出现得早, 主要分布于肌胃盲囊部的黏膜腺和幽门部的幽门腺中。小鼠(*Mus musculus*)在胚胎第 17 天时, 仅在胃窦部出现胃泌素细胞, 常单个分散于黏膜上皮(蔡玉瑾 2002)。本实验发现, 极北鲩胃中胃泌素细胞最早在 41 期被检测到, 较生长抑素细胞出现早, 这一特点与籽鹅(张磊 2009)相类似, 且与牛蛙(郭慧等 2013)最早出现的时间相同, 均在 41 期被观察到; 极北鲩胃内胃泌素细胞最早分布于上皮细胞之间, 这一点与上述几种动物最早被发现的位置都不相同。

3.2 三种内分泌细胞在极北鲩胃中的分布密度

5-羟色胺细胞在中华蟾蜍(*Bufo gargarizans*)(潘洪珍等 2010)变态发育各个时期消化道中均有分布, 变态高峰期至幼蟾期, 贲门 5-羟色胺细胞的密度增加非常显著。牛蛙胃肠道中 5-羟色胺细胞在变态前期已出现, 此时胃各个部位无明显差异, 到了变态高峰期和变态后期, 5-羟色胺细胞亦在胃内各部分均有分布, 但贲门中 5-羟色胺细胞密度显著增加(郭慧等 2013)。中国林蛙胃内 5-羟色胺细胞在整个蝌蚪期均有分布, 随着个体发育呈现递增趋势(李倩 2008)。扬子鳄胃中 5-羟色胺细胞在受精卵孵育第 30 天就能检测到, 从第 30 天到第 55 天, 5-羟色胺细胞呈现递增趋势, 第 55 天时胃贲门部分布最多(李堃 2002)。籽鹅胃内 5-羟色胺细胞仅在胃幽门部被检测到, 5-羟色胺细胞开始出现在籽鹅幽门部的幽门腺中, 随着日龄的增长有逐渐增多的趋势(张磊 2009)。本实验研究发现, 5-羟色胺细胞从 41 期到 46 期胃内均有分布, 且呈递增趋势, 到 46 期分布最多。此结果与上述几种动物相同, 即随着动物的生长发育其胃内 5-羟色胺细胞分布密度都

有所增加。

生长抑素细胞在中华蟾蜍变态高峰期开始出现, 且仅在胃体和十二指肠偶有分布, 在幼蟾期, 生长抑素细胞密度显著增加, 且细胞分布不均匀(潘洪珍等 2010)。牛蛙胃中生长抑素细胞在变态前期已出现, 胃各部分均有分布, 且各部分分布密度无显著性差异; 变态高峰期和变态后期, 生长抑素细胞在贲门和胃体密度显著增加(郭慧等 2013)。10 日龄时在籽鹅胃和幽门处检测到生长抑素细胞, 随着日龄的增长, 胃体和幽门部的生长抑素细胞开始逐渐增加, 到 90 日龄达到最高峰(张磊 2009)。本实验研究发现, 生长抑素细胞分布密度呈先增后减再到平稳的趋势, 在第 43 期分布最多, 与上述几种动物的分布型不同。

胃泌素细胞在中华蟾蜍胃内出现时间较前二种细胞晚, 在幼蟾期才出现, 细胞分布不均(潘洪珍等 2010)。而牛蛙胃内胃泌素细胞从变态高峰期才开始出现, 变态后期分布于贲门、幽门且无显著性差异(郭慧等 2013)。胃泌素细胞广泛分布在不同时期籽鹅的肌胃和幽门部位, 在 1 日龄至 10 日龄阶段, 肌胃分布的胃泌素细胞增长迅速, 尤以 10 日龄时增加显著, 在以后各阶段增长开始趋于平缓, 在出生后 90 天数量达高峰(张磊 2009)。本实验研究发现, 极北鲩胃内胃泌素细胞则是在第 42 期分布最多, 之后呈递减趋势, 到 44 期分布最少, 之后再次出现增加趋势。胃泌素细胞在不同脊椎动物发育中其分布型存在差异。

5-羟色胺能刺激胃肠黏液的分泌、平滑肌收缩和血管扩张, 促进胃肠蠕动(丁健华等 2005, Wang et al. 2007); 胃泌素能刺激胃酸、胃蛋白酶原的分泌, 促进胃窦收缩, 使胃血流量增强, 胃环形肌收缩, 胃肠黏膜的生长(邹继红等 1995); 生长抑素能抑制性调节其他内分泌细胞的分泌作用, 使消化道各段不同种类胃肠激素的分泌与消化道各段的消化吸收功能相适应(黄徐根等 2003)。根据 Duellman (1985) 所拟定的分期方法, 极北鲩在第 40 期

孵化出膜，口裂已经形成，可以摄取少量的食物（如蛋黄），到了 44 期，极北鲩的口已经完全形成，此时捕食活动开始旺盛，除了蛋黄外，还可捕食正在游动的水蚤。随着摄取食物由单一到复杂的转变，极北鲩胃内 5-羟色胺细胞数量从 44 ~ 46 期达到顶峰，5-羟色胺可增强胃的蠕动，同时使幽门括约肌舒张，使更多的食物由胃进入到小肠中。在第 43 期时生长抑素细胞显著增多，由于生长抑素对胃泌素的合成和分泌具有抑制作用，因此在 43 和 44 期胃泌素细胞数量最少，随着个体的不断发育，到了 45 期以后胃泌素细胞又开始显著增多，胃泌素可促进胃酸和胃蛋白酶原的分泌，从而促进胃对食物的初步消化。

3.3 内分泌细胞的形态及功能

根据内分泌细胞与胃肠腔有无直接联系和基部有无胞质突起，杨贵波等（1995）将其分为 4 种类型，A 型仅有顶端胞质突起，B 型仅有基部胞质突起，AB 型兼具两种胞质突起，NP 型不具胞质突起。其中，A 和 AB 两型即为通常所指的开放型内分泌细胞，执行外分泌功能，另外两型即为闭合型内分泌细胞，执行内分泌功能。本实验中观察到 5-羟色胺细胞在发育早期多为 NP 型，随着个体的不断发育，其胃内 5-羟色胺细胞的形态也由 NP 型变为 A 型，到了发育的后期其形态既有 NP 型又有 A 型，体现 5-羟色胺细胞的功能由内分泌至外分泌又至内、外两种分泌功能的演变，胃泌素细胞从发育早期到后期的变化是由 A 型至 NP 型再到 A 型和 NP 型，其功能是由外分泌至内分泌再到内、外两种分泌功能的转变，而生长抑素细胞在此过程中的变化是由 A 型至 NP 型，其功能是由外分泌至内分泌功能的转变。三种内分泌细胞的形态及功能的这些变化是与极北鲩发育过程中所需食物由单一性到复杂性变化过程相适应的。

通过对极北鲩幼体发育各时期胃内三种内分泌细胞的分布位置、密度以及形态研究发现，5-羟色胺细胞、胃泌素细胞和生长抑素细胞在

发育过程中与其他脊椎动物相比，既有相似性又有差异性，其原因还有待于进一步研究。

参 考 文 献

- Alison B C. 1989. The distribution and ontogeny of gastrin/CCK-, somatostatin- and neurotensin-immunoreactive cells in the gastrointestinal tract of the chicken. *Histology and Histopathology*, 4(1): 55-62.
- Duellman W E, Trueb L. 1985. *Biology of Amphibians*. New York: McGraw-Hill, 127-131.
- Wang S H, Dong L, Luo J Y, et al. 2007. Decreased expression of serotonin in the jejunum and increased numbers of mast cells in the terminal ileum in patients with irritable bowel syndrome. *World Journal of Gastroenterology*, 13(45): 6041-6047.
- 蔡玉瑾. 2002. 发育中小鼠胃肠道胃泌素细胞的形态学研究. 太原: 山西医科大学硕士学位论文, 1-18.
- 陈霞, 任春宇, 李淑兰. 2014. 极北鲩消化道嗜银细胞的胚后发生. *动物学杂志*, 49(4): 546-551.
- 丁建华, 傅传刚, 赵荣华. 2005. 五羟色胺在胃肠道功能性疾病中的研究现状. *世界华人消化杂志*, 13(20): 2405-2408.
- 郭慧, 周乃珍, 赵帅, 等. 2013. 牛蛙变态发育前后消化道内分泌细胞的变化. *水生生物学报*, 37(3): 541-546.
- 黄徐根, 吴孝兵, 张志强, 等. 2003. 两种爬行动物胃肠道内分泌细胞的免疫组织化学比较研究. *中国组织化学与细胞化学杂志*, 12(4): 433-440.
- 李莹. 2002. 扬子鳄胚胎消化系统内分泌细胞发生的免疫组化研究. 芜湖: 安徽师范大学硕士学位论文, 11-13.
- 李宁. 2011. 中国大鲵胃肠道的胚后发育及其 5-HT 细胞的发生. 西安: 陕西师范大学硕士学位论文, 23-27.
- 李倩. 2008. 中国林蛙 (*Rana chensinensis*) 消化管的胚后发育及 5-HT 和 GAS 细胞的发生. 西安: 陕西师范大学硕士学位论文, 20-21.
- 梁文妹, 石爱荣. 1999. 大鼠生后发育期间胃肠道生长抑素、5-羟色胺及胃泌素免疫反应细胞的分布及形态学观察. *解剖科学进展*, 5(3): 266-269.
- 刘扬. 2005. 鲟鳇类生长抑素的研究. 青岛: 中国海洋大学硕士学位论文, 52-56.
- 潘洪珍, 陈洪洪, 李洋, 等. 2010. 中华蟾蜍变态发育过程中消化道内分泌细胞的演变. *解剖学报*, 41(4): 565-571.
- 徐革锋, 刘洋, 姜旭阳, 等. 2014. 6 种胃肠激素样内分泌细胞在细鳞鲑消化道的定位. *中国水产科学*, 21(5): 944-953.

- 杨贵波, 陈茂生, 邓泽沛, 等. 1995. 大熊猫胃肠道内分泌细胞的形态学研究. 北京大学学报, 31(6): 732-738.
- 赵文阁. 2008. 黑龙江省两栖爬行动物志. 北京: 科学出版社, 27-32.
- 张磊. 2009. 生长期籽鹅消化道内分泌细胞的免疫组织化学定位. 大庆: 黑龙江八一农垦大学硕士学位论文, 12-31.
- 邹继红, 李金瑞, 张忠平. 1995. 胃泌素研究的新进展. 放射免疫学杂志, 8(4): 251-253.

图 版 说 明

极北鲑胃内三种内分泌细胞

1. 41 期胃内 5-羟色胺细胞分布在上皮细胞之间, 呈椭圆形; 2. 42 期胃内 5-羟色胺细胞分布在上皮细胞之间, 呈椭圆形; 3. 43 期胃内 5-羟色胺细胞分布在上皮细胞之间, 呈圆形或锥体形, 其突起指向胃腔; 4. 44 期胃内 5-羟色胺细胞分布在上皮细胞之间, 呈锥体形, 其突起指向胃腔; 5. 45 期胃内 5-羟色胺细胞分布在上皮细胞之间, 呈锥体形, 其突起指向胃腔; 6. 45 期胃内 5-羟色胺细胞分布在上皮细胞之间, 呈椭圆形; 7. 46 期胃内 5-羟色胺细胞分布在上皮细胞之间, 呈椭圆形或锥体形, 其突起指向胃腔; 8. 41 期胃内胃泌素细胞分布在上皮细胞之间, 呈锥体形, 其突起指向胃腔; 9. 42 期胃内胃泌素细胞分布在上皮细胞之间, 呈椭圆形; 10. 42 期胃内胃泌素细胞分布在上皮细胞之间, 呈圆形; 11. 43 期胃内胃泌素细胞分布在上皮细胞之间, 呈椭圆形; 12. 44 期胃内胃泌素细胞分布在上皮细胞之间, 呈椭圆形或锥体形, 其突起指向胃腔; 13. 45 期胃内胃泌素细胞分布在上皮细胞之间, 呈锥体形, 其突起指向胃腔; 14. 46 期胃内胃泌素细胞分布在上皮细胞之间, 呈椭圆形或锥体形, 其突起指向胃腔; 15. 42 期胃内生长抑素细胞分布在上皮细胞之间, 呈三角形, 其突起指向胃腔; 16. 42 期胃内生长抑素细胞分布在上皮细胞之间, 呈锥体形, 其突起指向胃腔; 17. 43 期胃内生长抑素细胞分布在上皮细胞之间, 呈锥体形, 其突起指向胃腔; 18. 44 期胃内生长抑素细胞分布在上皮细胞之间, 呈椭圆形; 19. 45 期胃内生长抑素细胞分布在上皮细胞之间, 呈椭圆形; 20. 46 期胃内生长抑素细胞分布在腺泡上皮之间, 呈椭圆形。箭头指示阳性细胞, 标尺 = 10 μm 。

Explanation of Plate

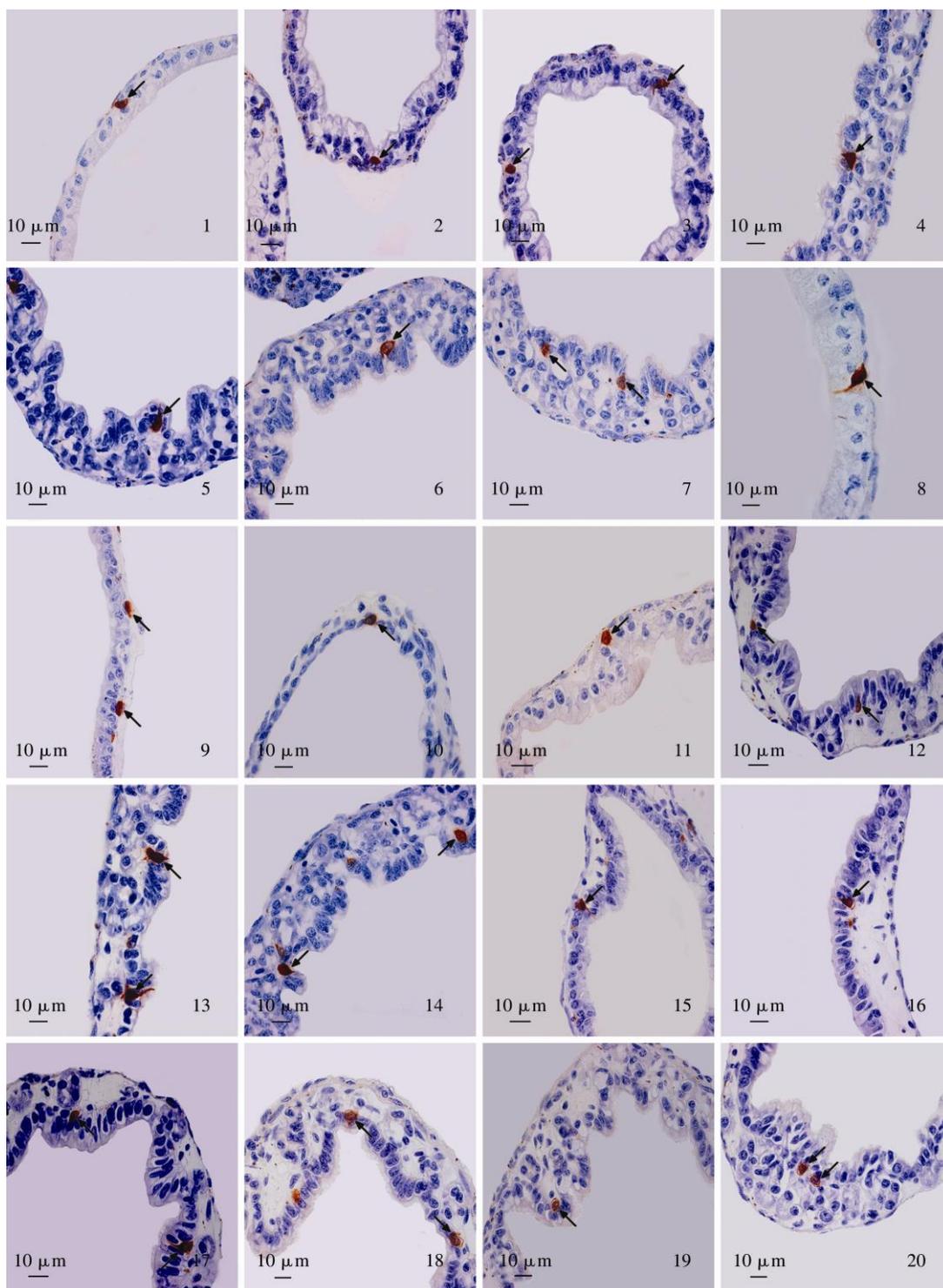
Three kinds of endocrine cells in the stomach of Siberian Salamander (*Salamandrella keyserlingii*)

1. The ellipse 5-hydroxytryptamine cells among the epithelium in the stomach at the 41st stage; 2. The ellipse 5-hydroxytryptamine cells among the epithelium in the stomach at the 42nd stage; 3. The round or cone shape 5-hydroxytryptamine cells among the epithelium in the stomach at the 43rd stage, and the projection pointed to the stomach cavity; 4. The cone-shape 5-hydroxytryptamine cells at the bottom of epithelial cells in the stomach at the 44th stage, the projection pointed to the stomach cavity; 5. The cone-shape 5-hydroxytryptamine cells among the epithelium cells in the stomach at the 45th stage, and the projection pointed to the stomach cavity; 6. The ellipse 5-hydroxytryptamine cells among the epithelium cells in the stomach at the 45th stage; 7. The ellipse or cone shape 5-hydroxytryptamine cells among the epithelium cells in the stomach at the 46th stage, the projection pointed to the stomach cavity; 8. The cone-shape gastrin cells among the epithelium in the stomach at the 41st stage, and the projection pointed to the stomach cavity; 9. The ellipse gastrin cells among the epithelium cells in the stomach at the 42nd stage; 10. The round gastrin cells among the epithelium cells in the stomach at the 42nd stage; 11. The ellipse gastrin cells among the epithelium cells in the stomach at the 43rd stage; 12. The ellipse or cone-shape gastrin cells among the epithelium cells in the stomach at the 44th stage, and the projection pointed to the stomach cavity; 13. The cone-shape gastrin cells among the epithelium cells in the stomach at the 45th stage, and the projection pointed to the stomach cavity; 14. The ellipse or cone-shape gastrin cells among the epithelium cells in the stomach at the 46th stage, and the projection pointed to the stomach cavity; 15. The triangle somatostatin cells among the epithelium cells in the stomach at the 42nd stage, and the projection pointed to the stomach cavity; 16. The cone-shape somatostatin cells among the epithelium cells in the stomach at the 42nd stage, and the projection pointed to the stomach cavity; 17. The cone-shape somatostatin cells among the epithelium cells in the stomach at the 43rd stage, and the projection pointed to the stomach cavity; 18. The ellipse somatostatin cells among the epithelium cells in the stomach at the 44th stage; 19. The ellipse somatostatin cells among the epithelium cells in the stomach at the 45th stage; 20. The ellipse somatostatin cells among the acinar epithelium cells in the stomach at the 46th stage. Arrows indicated positive cells, Bar = 10 μm .

张婷婷等: 三种内分泌细胞在极北鲑幼体胃内的发育

图版 I

ZHANG Ting-Ting *et al.*: The Development of Three Kinds of Endocrine Cells in The Stomach of Larval Siberian Salamander (*Salamandrella keyserlingii*) Plate I



图版说明见文后