

极北鲵消化道 6 种内分泌细胞的免疫组织化学研究

赵丽丽 任春宇 李淑兰*

哈尔滨师范大学生命科学与技术学院 哈尔滨 150025

摘要: 应用卵白素-生物素-过氧化物酶复合物 (ABC) 免疫组织化学法, 对极北鲵 (*Salamandrella keyserlingii*) 消化道 5-羟色胺 (5-HT)、胃泌素 (Gas)、生长抑素 (SS)、胰高血糖素 (Glu)、人胰多肽 (PP) 和 P-物质 (SP) 6 种内分泌细胞的分布进行了研究。文中采用 Duncan 多重比较的方法, 对消化道内分泌细胞的分布密度进行统计学分析。结果显示, 5-羟色胺细胞在消化道各部位均有分布, 胃体 (2.80 ± 0.70) 和十二指肠 (2.60 ± 0.75) 分布密度最高, 幽门最低 (0.85 ± 0.67); 胃泌素细胞仅分布于小肠, 十二指肠 (1.85 ± 0.75) 密度最高; 生长抑素细胞分布于食管、胃体、幽门、十二指肠和回肠各部位, 且幽门 (2.25 ± 0.64) 分布密度最高; 胰高血糖素细胞只见于胃贲门部和胃体, 人胰多肽细胞和 P-物质细胞在整个消化道均未检测到。各种内分泌细胞的形态多样, 呈圆形、椭圆形、锥体形和梭形等。极北鲵消化道内分泌细胞的这种密度分布和形态特点与其他两栖类动物及黑龙江产地的极北鲵相比, 既有共性又有差异, 其原因可能与物种、食性和栖息地环境等因素有关。

关键词: 极北鲵; 消化道; 内分泌细胞; 免疫组织化学

中图分类号: Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2018) 04-589-08

Immunohistochemical Study on Six Kinds of Endocrine Cells in the Digestive Tract of *Salamandrella keyserlingii*

ZHAO Li-Li REN Chun-Yu LI Shu-Lan*

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

Abstract: Distribution patterns of six kinds of endocrine cells, i.e. cells secreting 5-hydroxytryptamine (5-HT), gastrin (Gas), somatostatin (SS), glucagon (Glu), pancreatic polypeptide (PP) and substance P (SP), in the digestive tract of *Salamandrella keyserlingii* were investigated using the avidin-biotin-peroxidase complex (ABC) immunohistochemical method. Statistical analysis of distribution density of endocrine cells in the digestive tract was conducted following Duncan methods. The results showed that 5-HT cells were distributed in all parts of the digestive tract, with the highest density in gastric body (2.80 ± 0.70) and duodenum ($2.60 \pm$

基金项目 黑龙江省自然科学基金项目 (No. C201219);

* 通讯作者, E-mail: 478970204@qq.com;

第一作者介绍 赵丽丽, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物生理学; E-mail: 617118538@qq.com。

收稿日期: 2017-12-01, 修回日期: 2018-04-07 DOI: 10.13859/j.cjz.201804010

0.75), but the lowest in the pylorus (0.85 ± 0.67); Gas cells were merely distributed in small intestine with their highest density distributed in duodenum (1.85 ± 0.75); SS cells were distributed in the esophagus, stomach body, pylorus, duodenum and ileum, with their highest density distributed in pylorus (2.25 ± 0.64); Glu cells were merely found in gastric cardia and gastric body; PP and SP cells were not detected in the whole digestive tract (Table 2). The shapes of various endocrine cells were round, oval, cone-shaped and fusiform (Plate I). The density distribution and morphology of endocrine cells in the digestive tract were similar to those of *Salamandrella keyserlingii* and other amphibians inhabited in Heilongjiang province, yet unique characteristics of *S. keyserlingii* existed, and the reason of which may be due to factors such as food sources and habitats.

Key words: *Salamandrella keyserlingii*; Digestive tract; Endocrine cells; Immunohistochemistry

消化道是脊椎动物体内最大最复杂的内分泌器官, 广泛分布有各种内分泌细胞, 内分泌细胞分泌的胃肠激素在消化过程中起整体调节作用, 如营养吸收、肠蠕动和肠血流量等 (Firmiano et al. 2017)。随着免疫组织化学技术的进步, 国内外学者曾对两栖类消化道内分泌细胞进行了定位和鉴别, 主要侧重于无尾类动物的定位研究, 如花背蟾蜍 (*Bufo raddei*) (牛鑫鑫等 2013)、泽陆蛙 (*Fejervarya multistriata*) (咸振飞等 2013)、金线蛙 (*Rana plancyi chosonica*) (Lee et al. 2014)、牛蛙 (*R. catesbeiana*) (郭慧等 2013) 等, 有尾类的研究相对较少, 如无斑肥螈 (*Pachytriton labiatum*) (张盛周等 2001)、东方蝾螈 (*Cynops orientalis*) (刘新波等 2011) 等。上述动物虽为同一纲, 但内分泌细胞分布差异却较大。还有一些学者对不同生理条件下的两栖动物消化道内分泌细胞进行了报道, 如牛蛙变态前后 (郭慧等 2013)、禁食期的东方蝾螈 (刘家举等 2011)、饥饿和冬眠期牛蛙 (陈慧等 2014) 胃肠内分泌细胞的变化等。但对于生活在不同地域中的同一物种消化道内分泌细胞的比较研究未见报道。

极北鲵 (*Salamandrella keyserlingii*) 属于两栖纲 (Amphibia) 有尾目 (Caudata) 小鲵科 (Hynobiidae) 极北鲵属。作为小鲵科中分布最北的种类, 极北鲵主要生存于高寒地带, 分布范围狭窄, 1998 年列入《中国濒危动物红皮

书》, 濒危等级为易危 (汪松 1998)。目前, 对极北鲵胃肠道 5-羟色胺 (5-hydroxytryptamine, 5-HT)、胃泌素 (gastrin, Gas) 和生长抑素 (somatostatin, SS) 细胞的胚后发生 (李淑兰等 2016, 张婷婷等 2016), 以及分布于黑龙江省海林市威虎山影视城 ($44^{\circ}50'N$, $129^{\circ}19'E$, 以下简称黑龙江产地) 成体极北鲵消化道内分泌细胞的形态和分布密度 (任春宇 2012) 已有报道。本文拟对分布于吉林省白山市的极北鲵消化道内分泌细胞进行鉴别和定位, 旨在探讨不同分布地极北鲵消化道内分泌细胞的差异。

1 材料与方法

1.1 材料

极北鲵雌雄成体各 5 只, 5 月下旬采自吉林省白山市抚松县露水河镇西林河林场 ($42^{\circ}35'N$, $127^{\circ}50'E$, 以下简称吉林产地), 采回后于实验室放在有少许水的玻璃缸中禁食 24 h, 然后用乙醚麻醉, 对消化道各段, 包括食管、胃贲门、胃体、胃幽门、十二指肠、空肠、回肠和直肠进行取材。先用 0.7% 生理盐水快速冲洗, 然后用改良的 Bouin's 液固定 24 h, 70% 酒精保存待用。

1.2 试剂及实验方法

主要试剂包括 6 种兔抗人多克隆抗血清 (表 1)。卵白素-生物素-过氧化物酶复合物 (avidin-biotin-peroxidase complex, VECTASTAIN ABC) 免疫组织化学试剂盒为美国 ZYMED 公

表 1 所用 6 种胃肠激素抗血清

Table 1 Details of the six kinds of gut hormone antisera

激素抗血清 Hormone antisera	产品代号 Code No.	稀释倍数 Dilution	来源 Source
5-羟色胺 5-hydroxytryptamine 5-HT	ZA-0231	1 : 100	
生长抑素 Somatostatin SS	ZA-0232	1 : 100	
胃泌素 Gastrin Gas	ZA-0115	1 : 100	ZYMED 公司
胰高血糖素 Glucagon Glu	ZA-0119	1 : 100	ZYMED Corp
P-物质 Substance P SP	ZA-0235	1 : 130	
人胰多肽 Pancreatic poly peptide PP	ZA-0211	1 : 80	

司产品。

常规石蜡切片脱蜡至水, 切片入 37 °C 的 H₂O₂-甲醇溶液孵育 15 min, 消除内源性过氧化物酶活性, 然后入蒸馏水浸洗 5 min, 0.01 mol/L PBS (pH 7.4) 浸洗 5 min, 滴加正常山羊血清 (3 : 200), 室温 (15 ~ 25 °C) 孵育 20 min, 封闭非特异性反应部位。倾去血清, 滴加一抗, 稀释倍数见表 1, 室温过夜。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 次各 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 次各 5 min, 滴加 DAB-H₂O₂ 显色后, 冷 PBS 冲洗, 冷蒸馏水冲洗。苏木素复染, 常规脱水、透明、封片。对照切片以 ABC 试剂盒中正常山羊血清代替一抗进行孵育, 其余步骤相同。

1.3 数据统计分析

用 LEICA DC500 显微成像系统对极北鲑消化道各部位的切片进行拍照, 参照文献 (郭慧等 2013, 张婷婷等 2016) 的计数方法, 对极北鲑消化道各部位的切片随机取 10 个 400 倍视野计数, 并用 SPSS18.0 统计分析软件对同一种激素细胞在不同部位的分布密度用 Duncan 多重比较进行统计学分析。文中数据均以平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果

光镜下, 极北鲑消化道内分布的 5-羟色胺

(5-HT) 细胞、胃泌素 (Gas) 细胞、生长抑素 (SS) 细胞和胰高血糖素 (Glu) 细胞显示为棕黑色或者深棕色, 细胞质被染成深棕色, 细胞核为浅棕色, 背景细胞尤其是细胞核被染成蓝色, 反差强, 易辨认。人胰多肽 (PP) 细胞和 P-物质 (SP) 细胞在整个消化道内均未检测出 (表 2)。对照呈阴性。

2.1 4 种免疫活性内分泌细胞的分布密度

5-羟色胺细胞在整个消化道内均有分布, 在胃体和十二指肠分布密度最高, 其次是空肠和直肠, 幽门部分布密度最低 ($F_{7,72} = 18.039$, $P < 0.05$); 胃泌素 (Gas) 细胞仅在小肠有分布, 在十二指肠处分布密度最高, 其次是空肠, 回肠处分布密度最低 ($F_{7,72} = 19.549$, $P < 0.05$); 生长抑素 (SS) 细胞在食管、胃体、胃幽门、十二指肠和回肠处有分布, 胃幽门部分布密度最高, 回肠分布密度最低 ($F_{7,72} = 20.781$, $P < 0.05$); 胰高血糖素 (Glu) 细胞只分布于胃贲门和胃体, 且胃体处的分布密度高于胃贲门处 ($F_{7,72} = 5$, $P < 0.05$) (表 2)。

2.2 消化道内分泌细胞的分布位置及形态

5-羟色胺 (5-HT) 细胞在极北鲑从食管到直肠的消化道中均分布, 其形态和分布位置在消化道不同部位都不相同。食管中 5-羟色胺细胞位于上皮细胞之间, 呈圆形或椭圆形 (图版 I : 1); 贲门中 5-羟色胺细胞位于上皮细胞之间, 呈三角形 (图版 I : 2); 胃体中 5-羟色胺细胞位于上皮细胞之间, 呈锥体形突起分别指向固有膜 (图版 I : 3) 和胃腔 (图版 I : 4); 幽门中 5-羟色胺细胞位于腺泡上皮之间, 呈椭

表 2 极北鲩消化道 6 种内分泌细胞的分布密度

Table 2 Distributive densities of six kinds of endocrine cells in the digestive tract of *Salamandrella keyserlingii*

部位 Location	5-羟色胺细胞 5-hydroxytryptamine (5-HT) cells	胃泌素细胞 Gastrin (Gas) cells	生长抑素细胞 Somatostatin (SS) cells	胰高血糖素细胞 Glucagon (Glu) cells	人胰多肽细胞 Pancreatic polypeptide (PP) cells	P-物质 Substance P cells
食管 Oesophagus	1.50 ± 0.51 ^c	0	1.35 ± 0.59 ^c	0	0	0
胃贲门 Cardiacus	1.45 ± 0.60 ^c	0	0	1.00 ± 0.56 ^b	0	0
胃体 Stomach	2.80 ± 0.70 ^a	0	1.75 ± 0.72 ^b	1.50 ± 0.83 ^a	0	0
胃幽门 Pyloricus	0.85 ± 0.67 ^d	0	2.25 ± 0.64 ^a	0	0	0
十二指肠 Duodenum	2.60 ± 0.75 ^a	1.85 ± 0.75 ^a	0.95 ± 0.60 ^d	0	0	0
空肠 Jejunum	2.10 ± 0.85 ^b	1.00 ± 0.56 ^b	0	0	0	0
回肠 Ileum	1.60 ± 0.68 ^c	0.70 ± 0.47 ^b	0.70 ± 0.47 ^d	0	0	0
直肠 Rectum	2.05 ± 0.60 ^b	0	0	0	0	0

同列数据上标小写字母相同的表示差异不显著 ($P > 0.05$), 小写字母不相同的表示差异显著 ($P < 0.05$)

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

圆形 (图版 I : 5); 十二指肠中 5-羟色胺细胞位于上皮细胞之间, 呈锥体形 (图版 I : 6); 空肠、回肠和直肠中 5-羟色胺细胞都位于上皮细胞之间, 呈锥体形, 突起指向肠腔 (图版 I : 7~9)。

胃泌素 (Gas) 细胞仅在小肠中被检测到, 十二指肠中胃泌素细胞位于上皮细胞之间, 呈锥体形, 突起指向肠腔 (图版 I : 10); 空肠中胃泌素细胞位于上皮基底部, 呈椭圆形 (图版 I : 11); 回肠中胃泌素细胞位于上皮细胞之间, 呈圆形 (图版 I : 12)。

生长抑素 (SS) 细胞除贲门部、空肠和直肠外, 其余消化道各段均有分布, 食管中生长抑素细胞分布于上皮基底部, 呈椭圆形 (图版 I : 13); 胃体中生长抑素细胞分布于上皮细胞之间, 呈三角形 (图版 I : 14); 幽门中生长抑素细胞分布于固有层, 呈锥体形, 突起指向幽门腔 (图版 I : 15); 十二指肠中生长抑素细胞分布于基底部, 呈椭圆形 (图版 I : 16); 回肠中生长抑素细胞分布于上皮之间, 呈锥体形, 突起指向肠腔 (图版 I : 17)。

胰高血糖素 (Glu) 细胞仅在胃贲门部和胃体中被观察到。贲门中胰高血糖素细胞位于基

底部, 呈三角形 (图版 I : 18); 胃体中胰高血糖素细胞位于腺泡之间, 呈圆形 (图版 I : 19)。

3 讨论

3.1 消化道内分泌细胞的形态学特征

内分泌细胞的形态多样, 总括起来有两种类型, 一类为开放形细胞, 该类细胞多呈梭形、锥体形、长条形或不规则形, 有较长的细胞质突起伸向胃肠腔或固有膜, 主要行使外分泌的功能; 另一类是闭合形细胞, 该类细胞多呈圆形或椭圆形, 与消化腔无直接联系, 主要执行内分泌的功能 (张志强 2013)。文中极北鲩消化道中的内分泌细胞既有开放形的, 也有闭合形的, 行使的功能既有外分泌也有内分泌, 本文并没有见到旁分泌的细胞形态。

3.2 与其他两栖动物消化道内分泌细胞分布密度的比较

两栖动物中 5-羟色胺 (5-HT) 细胞广泛分布于从食管至直肠的消化道中, 但分布特征差异较大。无斑肥螈 5-羟色胺细胞分布密度在幽门部最高, 其次是十二指肠, 直肠部最低 (张盛周等 2001); 东方蝾螈则是在十二指肠部最高, 其次是空肠, 直肠部和幽门部最低 (刘新

波等 2011); 花背蟾蜍幽门部以上消化管的 5-羟色胺细胞明显高于肠部各段(牛鑫鑫等 2013); 而中国林蛙(*R. chensinensis*) 贲门和胃体部 5-羟色胺细胞最高, 其次是幽门和回肠, 十二指肠、空肠和直肠部最低(李淑兰等 2006); 黑眶蟾蜍(*B. melanostictus*) 回肠部最高, 其次是空肠, 十二指肠部最低(张金秋等 2005); 泽陆蛙则是直肠部最高, 十二指肠次之, 贲门和胃体最低(咸振飞等 2013)。本文吉林产地极北鲩消化道中 5-羟色胺细胞的分布范围虽然与上述两栖动物相同, 即在整个消化道中均有分布, 但分布特征不同, 其为胃体和十二指肠 5-羟色胺细胞密度最高, 空肠和直肠次之, 幽门部最低。这说明 5-羟色胺细胞在两栖类消化道中的分布特征具有种属特异性, 到目前为止并没有发现分布模式完全相同的两个物种(张志强 2013)。

胃泌素(Gas)细胞在两栖动物消化道中也有分布, 但分布范围和密度高峰也不同, 如棘胸蛙(*Paa spinosa*) (张盛周等 2003) 和中华蟾蜍(*B. gargarizans*) (张盛周等 2008) 分布于除食管以外的消化道各部, 且幽门部分布密度最高, 金线蛙(Lee et al. 2014)的幽门、十二指肠和回肠中有分布, 密度高峰也在幽门部。中国林蛙(李淑兰等 2006)和花臭蛙(*Odorrana schmackeri*) (金显文等 2009) 仅在十二指肠和空肠部有分布, 密度高峰分别位于十二指肠和空肠。本文中的极北鲩消化道中的胃泌素细胞除分布于十二指肠和空肠以外, 在回肠也有分布, 这与上述动物的研究结果都不同。这说明两栖动物消化道胃泌素细胞的分布特征具有种间差异, 同时也体现其自身分布特点。

生长抑素(SS)细胞在中华蟾蜍(张盛周等 2008)整个消化道中都有分布, 其密度分布高峰位于幽门部; 棘胸蛙(张盛周等 2003)生长抑素细胞分布于除食管以外的消化道中, 密度高峰在幽门部; 虎纹蛙(*R. rugulosa*) (张盛周等 2002)和花臭蛙(金显文等 2009)生长抑素细胞分布于除食管和直肠以外的消化道

中, 且分布密度高峰也位于幽门部; 本文中的极北鲩生长抑素细胞密度分布高峰和上述动物相同, 即在胃幽门部, 但分布范围(包括食管、胃体、幽门、十二指肠和回肠)却和上述动物不同, 说明生长抑素细胞的分布可能具有一定的种属特异性。

胰高血糖素(Glu)细胞在不同两栖动物消化道的分布范围也不同。如中华蟾蜍(张盛周等 2008)在贲门、胃体、幽门和十二指肠部位有分布; 日本林蛙(黄徐根等 2004)仅在胃体部有少量分布; 花臭蛙(金显文等 2009)和棘胸蛙(张盛周等 2003)消化道内均没有胰高血糖素细胞的分布。本文中的极北鲩消化道胰高血糖素细胞的分布与上述动物都不相同, 只在胃体部和胃贲门部有分布。人胰多肽(PP)细胞在两栖动物消化道中的分布相对较少, 棘胸蛙人胰多肽细胞在胃、小肠和直肠中有分布, 密度高峰位于十二指肠(张盛周等 2003), 本文中的极北鲩消化道内却未检测出人胰多肽细胞, 这与树蛙(*Hyla arborea japonica*) (Ku et al. 2000) 和金线蛙(Lee et al. 2014)消化道中没有人胰多肽细胞分布的结果是一致的。在极北鲩消化道中同样也没有检测到 P-物质(SP)细胞, 这与花臭蛙(金显文等 2009)、棘胸蛙(张盛周等 2003)和中国林蛙(李淑兰等 2006)的研究结果一致。

3.3 两产地极北鲩消化道内分泌细胞的异同

吉林产地极北鲩消化道内分泌细胞与黑龙江产地(任春宇 2012)的相比既有相同点又有不同之处, 相同点在于(1) 5-羟色胺(5-HT)细胞在其整个消化道中均有分布;(2) 在消化道中, 生长抑素(SS)细胞和胰高血糖素(Glu)细胞的分布范围及密度高峰均一致, 人胰多肽(PP)细胞均没有分布;(3) 消化道内有分布的内分泌细胞的形态没有差异。不同之处在于(1) 黑龙江产地的极北鲩 5-羟色胺细胞在食管和幽门部密度最高, 在十二指肠最低(任春宇 2012), 吉林产地此细胞在胃体和十二指肠部最高, 幽门部最低;(2) 胃泌素(Gas)细胞,

黑龙江产地极北鲩只分布于十二指肠和空肠中（任春宇 2012），而吉林产地的极北鲩除分布于十二指肠和空肠以外，还在回肠部有分布；（3）黑龙江产地的极北鲩只在胃体部检测到 P-物质（SP）细胞（任春宇 2012），而吉林产地极北鲩却没有检测到 P-物质细胞。

两地极北鲩生活的自然环境不同，黑龙江省海林市年平均气温 4.2 °C、年平均降雨量 536.3 mm、平均海拔 400 ~ 500 m，吉林省白山市年平均气温 4.6 °C、年平均降雨量 883.4 mm、平均海拔 800 ~ 1 200 m，两地极北鲩消化道内分泌细胞相同点的原因可能与物种特异性有关，而不同可能与两地的生境差异有关。

参 考 文 献

- Firmiano E M S, Cardoso N N, Sales A. et al. 2017. Immunohistochemical study of the six types of endocrine cells in the enteropancreatic system of the lizard *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae). *The European Zoological Journal*, 84(1): 266–276.
- Ku S K, Lee H S, Lee J H. 2000. Immunohistochemistry of endocrine cells in the alimentary tract of the Tree Frog, *Hyla arborea japonica*. *Korean Journal of Biological Sciences*, 4(1): 95–100.
- Lee J E, Lee H S, Choi S H, et al. 2014. The regional distribution and frequency of in the Korean golden frog, *Rana plancyi chosonica*: an immunohistochemical study. *Animal Cells and Systems*, 18(4): 250–258.
- 陈慧, 郭慧, 方翔, 等. 2014. 饥饿和冬眠期牛蛙胃肠胰系统内分泌细胞的变化. *水生生物学报*, 38(1): 187–192.
- 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, 吴海龙, 吴孝兵, 等. 2004. 日本林蛙胃肠道内分泌细胞的免疫组织化学. *动物学杂志*, 39(2): 19–25.
- 金显文, 黄山, 吴孝兵. 2009. 花臭蛙消化道 6 种激素阳性细胞的免疫组织化学定位. *中国组织化学与细胞化学杂志*, 18(3): 333–338.
- 李淑兰, 赵文阁, 冷超, 等. 2006. 中国林蛙消化道 4 种内分泌细胞的免疫组织化学定位. *解剖学杂志*, 29(3): 296–298.
- 李淑兰, 周立丽, 张婷婷. 2016. 极北鲩肠内 5-羟色胺、胃泌素和生长抑素内分泌细胞胚后发育. *中国组织化学和细胞化学杂志*, 25(4): 335–338.
- 刘家举, 张志强. 2011. 禁食对东方蝾螈胃肠道 5-羟色胺细胞形态和分布型的影响. *中国组织化学与细胞化学杂志*, 20(3): 246–251.
- 刘新波, 曹雷, 李淑兰. 2011. 东方蝾螈消化道 5-羟色胺免疫活性细胞的分布与形态学观察. *四川动物*, 30(3): 409–411.
- 牛鑫鑫, 咸振飞, 金晨晨, 等. 2013. 花背蟾蜍消化道 5-羟色胺细胞的分布及形态学特征. *动物学杂志*, 48(6): 912–918.
- 任春宇. 2012. 极北鲩消化道组织学及其内分泌细胞的研究. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学硕士学位论文, 20–27.
- 汪松. 1998. 中国濒危动物红皮书: 两栖类和爬行类. 北京: 科学出版社.
- 咸振飞, 黄淑丽, 曹双凤, 等. 2013. 泽陆蛙消化道 5-羟色胺细胞的免疫组化定位. *四川动物*, 32(3): 402–405.
- 张秋金, 陈友铃, 耿宝荣, 等. 2005. 黑眶蟾蜍和黑斑蛙消化道 5-羟色胺免疫活性细胞的免疫组织化学. *动物学杂志*, 40(4): 17–21.
- 张盛周, 陈冬生, 张志强, 等. 2001. 无斑肥螈消化道五羟色胺免疫活性细胞的分布与形态学观察. *动物学杂志*, 36(3): 13–16.
- 张盛周, 黄徐根, 吴孝兵. 2003. 棘胸蛙消化道内分泌细胞的免疫组织化学定位. *动物学报*, 49(6): 858–864.
- 张盛周, 吴孝兵, 陈壁辉. 2002. 虎纹蛙消化道两种内分泌细胞的免疫组织化学定位. *解剖学杂志*, 25(3): 275–278.
- 张盛周, 张帅, 刘婷婷, 等. 2008. 中华蟾蜍消化道内分泌细胞的分布与形态. *解剖学杂志*, 31(4): 519–521.
- 张婷婷, 周立丽, 李淑兰, 等. 2016. 三种内分泌细胞在极北鲩幼体胃内的发育. *动物学杂志*, 51(5): 853–860.
- 张志强. 2013. 两栖类消化道嗜银细胞和 5-羟色胺细胞的研究进展. *中国组织化学与细胞化学杂志*, 22(2): 172–175.

图 版 说 明

极北鲟消化道内分泌细胞的分布位置及形态

1. 食管部呈圆形或者椭圆形的 5-羟色胺细胞；2. 贲门部呈三角形的 5-羟色胺细胞；3. 胃体部呈锥体形的 5-羟色胺细胞；4. 胃体部呈锥体形的 5-羟色胺细胞；5. 幽门部呈椭圆形的 5-羟色胺细胞；6. 十二指肠部呈锥体形的 5-羟色胺细胞；7. 空肠部呈锥体形的 5-羟色胺细胞；8. 回肠部呈锥体形的 5-羟色胺细胞；9. 直肠部呈锥体形的 5-羟色胺细胞；10. 十二指肠部呈锥体形的胃泌素细胞；11. 空肠部呈椭圆形的胃泌素细胞；12. 回肠部呈圆形或椭圆形的胃泌素细胞；13. 食管部呈椭圆形的生长抑素细胞；14. 胃体部呈三角形的生长抑素细胞；15. 幽门部呈锥体形的生长抑素细胞；16. 十二指肠部呈椭圆形的生长抑素细胞；17. 回肠部呈锥体形的生长抑素细胞；18. 胃贲门部呈三角形的胰高血糖素细胞；19. 胃体部呈圆形的胰高血糖素细胞；20. 阴性对照；标尺 = 20 μm 。

Explanation of Plate

The distribution and morphology of endocrine cells in the digestive tract of *Salamandrella keyserlingii*

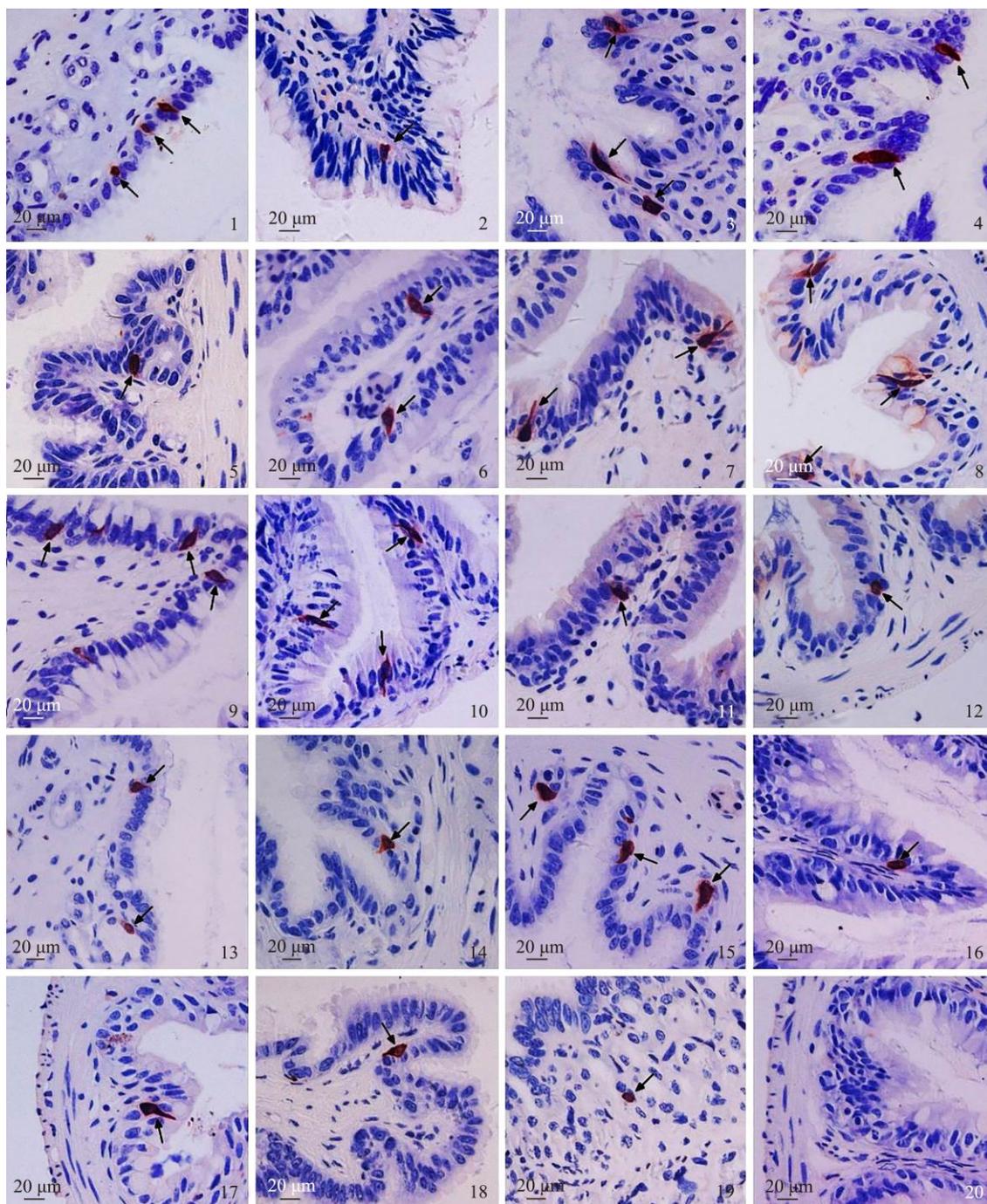
1. The round 5-HT cells in the esophagus; 2. The triangular 5-HT cells in the cardia; 3. The cone shaped 5-HT cells in the stomach; 4. The cone shaped 5-HT cells in the stomach; 5. The round 5-HT cells in the pylorus; 6. The cone shaped 5-HT cells in the duodenum; 7. The cone shaped 5-HT cells in the jejunum; 8. The cone shaped 5-HT cells in the ileum; 9. The cone shaped 5-HT cells in the rectum; 10. The cone shaped Gas cells in the duodenum; 11. The round Gas cells in the jejunum; 12. The round Gas cells in the ileum; 13. The round SS cells in the esophagus; 14. The triangular SS cells in the stomach; 15. The cone shaped SS cells in the pylorus; 16. The round SS cells in the duodenum; 17. The cone shaped SS cells in the ileum; 18. The triangular Glu cells in the cardia; 19. The round Glu cells in the stomach; 20. Negative control; Bar = 20 μm .

赵丽丽等: 极北鲵消化道 6 种内分泌细胞的免疫组织化学研究

图版 I

ZHAO Li-Li *et al.*: Immunohistochemical Study on Six Kinds of Endocrine Cells in the Digestive Tract of *Salamandrella keyserlingii*

Plate I



图版说明见文后