

## 滑鼠蛇肠道大小和组织学参数的增龄变化

张志强<sup>1</sup>, 姚利<sup>1</sup>, 刘溯源<sup>1</sup>, 杨会会<sup>2</sup>, 伍亮<sup>1</sup>, 高乐文<sup>3</sup>, 吴文欣<sup>1</sup>, 吴海燕<sup>1</sup>

(1. 安徽农业大学动物科技学院, 合肥 230036; 2. 安徽农业大学资源与环境学院, 合肥 230036;

3. 安徽农业大学信息与计算机学院, 合肥 230036)

**摘要:** 为探究蛇类肠道功能建立过程, 采用形态测量和苏木精-伊红染色法, 测定了出壳后 3、7~10、20、30、40 和 50 d 滑鼠蛇 (*Ptyas mucosus*) 肠道大小及组织学参数的变化。结果显示: (1) 小肠、大肠的湿重和长度指数 40 和/或 50 日龄组最高, 3 和/或 7~10 日龄组最低 ( $P<0.05$ )。 (2) 小肠前段和中段的直径、肌层厚度、绒毛高度和柱状上皮细胞长径 7~10 日龄组最低, 此后随日龄增加 ( $P<0.05$ ); 小肠后段直径 50 日龄组高于 30 日龄组 ( $P<0.05$ ), 其他组织学参数无明显变化 ( $P>0.05$ )。 (3) 大肠直径和肌层厚度 50 日龄组分别高于 3、3 和 7~10 日龄组 ( $P<0.05$ ), 其他参数无日龄差异 ( $P>0.05$ )。 50 日龄前滑鼠蛇肠道大小和多项组织学参数具有可塑性, 幼蛇的消化吸收功能尚未发育完善, 建议投喂易于消化的食物。

**关键词:** 滑鼠蛇; 胚后发育; 小肠; 大肠; 绒毛高度

中图分类号: S917.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2020)06-0901-05

### Age-related variations of intestinal size and histological parameters in *Ptyas mucosus*

ZHANG Zhiqiang<sup>1</sup>, YAO Li<sup>1</sup>, LIU Suyuan<sup>1</sup>, YANG Huihui<sup>2</sup>, WU Liang<sup>1</sup>, GAO Lewen<sup>3</sup>, WU Wenxin<sup>1</sup>, WU Haiyan<sup>1</sup>  
(1. School of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036; 2. School of Resource and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei 230036; 3. School of Computer and Information, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

**Abstract:** To explore intestinal function establishment processes in snakes, by using of morphological measurements and hematoxylin-eosin staining methods, the variations of intestinal size and histological parameters were measured for 3, 7-10, 20, 30, 40 and 50 day age groups after birth in oriental ratsnakes, *Ptyas mucosus*. The results showed that: (1) The wet mass and length indices of small intestine (SI) and large intestine (LI) reached the peak at the 40 and/or 50 day age groups, lowest at the 3 and/or 7-10 day age groups ( $P<0.05$ ); (2) The diameter, muscularis externa width, villus height, and enterocyte height in the anterior and middle segments of SI reached the lowest values at the 7-10 day age group, then was greatly increased with day ages ( $P<0.05$ ); The diameter in the posterior segment of SI was significantly higher at the 50 day age group than that of the 30 day age group ( $P<0.05$ ), but not for any other histological parameter ( $P>0.05$ ). (3) Both the diameter and muscularis externa width of LI showed the highest values at the 50 day age group, and lowest at the 3 or 3 and 7~10 day age groups, respectively ( $P<0.05$ ), but no significant differences were found for the other histological parameters ( $P>0.05$ ). Within postembryonic 50 day age periods, both intestinal size and multiple histological parameters displayed plasticity, feeding juvenile snakes with easily digestible food should be preferentially considered because the intestinal digestion and absorption function has not been well developed before 50 days of age in oriental ratsnakes.

**Key words:** *Ptyas mucosus*; postembryonic development; small intestine; large intestine; villus height

从器官、组织、细胞和分子角度整合分析两栖爬行动物对不同环境条件的适应机理是动物生理生态学研究的核内容之一<sup>[1-2]</sup>, 但关于消化器官大小

和组织学参数变化的研究较少<sup>[3-6]</sup>。消化系统是脊椎动物感知外界环境条件变化最为敏感的系统之一<sup>[7]</sup>, 小肠等消化器官的大小(质量和长度)可随季节<sup>[3,6]</sup>、

收稿日期: 2020-03-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(31170379), 安徽农业大学 2018 年国家级(201810364005)和校级(XJDC2018068)大学生创新创业训练计划项目创新训练项目共同资助。

作者简介: 张志强, 博士, 教授。E-mail: zhangzq@ahau.edu.cn

禁食和重喂食<sup>[8-11]</sup>等因素而变化,具有可塑性(plasticity)。蛇类囫圇吞食猎物且能长期耐受饥饿胁迫,是研究表型可塑性的理想动物类群<sup>[11]</sup>。然而,关于蛇类出壳后各组织器官是否具有发育可塑性的研究较少。最近发现,1月龄内虎斑颈槽蛇(*Rhabdophis tigrinus*)的小肠组织学参数<sup>[12]</sup>、50日龄内滑鼠蛇(*Ptyas mucocis*)消化道5-羟色胺细胞的形态和分布密度在开口前后变化较大<sup>[13]</sup>。此外,王锦蛇(*Elaphe carinata*)<sup>[14-15]</sup>和滑鼠蛇血液中各型白细胞百分比和血清杀菌能力也随日龄而波动<sup>[16]</sup>。

滑鼠蛇俗名水律蛇等,是一种性情较为凶猛的无毒蛇,喜食鼠类、蟾蜍、蛙、蜥蜴和其他蛇类等动物<sup>[17]</sup>。本研究在此前对滑鼠蛇50日龄内消化道5-羟色胺细胞和血液指标变化的基础上<sup>[16]</sup>,取出壳后3、7~10(首次蜕皮)、20、30、40和50d的幼蛇,测定了小肠和大肠大小以及肠道组织学参数的变化情况,旨在建立特定生活史阶段滑鼠蛇肠道功能分化的形态学和组织学基础,为该物种的保护和人工养殖提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物

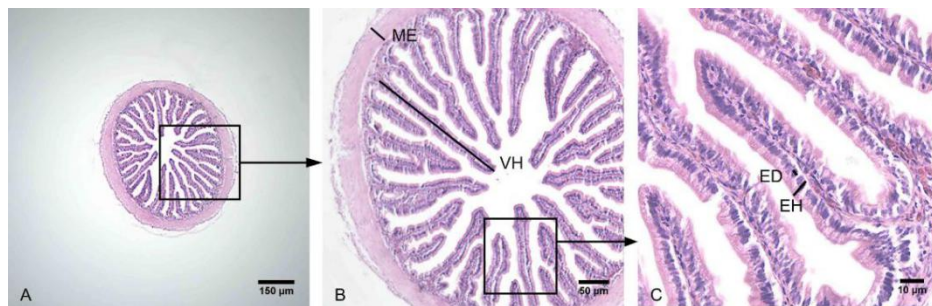
试验用出壳后3、7~10(首次蜕皮)、20、30、40和50d的滑鼠蛇幼蛇均来自安徽省池州市龙井山蛇类驯养专业合作社,每一日龄组取样8条幼蛇。饲养条件与此前对滑鼠蛇的血液学研究相同<sup>[16]</sup>。蛇房的室温为(30±1)℃,相对湿度为70%~75%,自然光照,水自取,首次蜕皮后,开口食物为活体幼蛙,开口后喂食脱毛后的鸡雏,每天上午9:00喂食,同时清理食物残渣和剩水。

### 1.2 取材

电子天平称量幼蛇的体重(福州华志科学仪器有限公司,型号:HZK-FA210,精确至0.001g),直尺测量体全长(精度0.1cm)后,断头处死幼蛇,解剖取出小肠和大肠,剔除附着在其上的结缔组织,测量小肠和大肠的长度及去除内容物后的湿重。小肠(或大肠)湿重指数(%)=小肠(或大肠)湿重(g)×100/体重(g);小肠(或大肠)长度指数(%)=小肠(或大肠)长度(cm)×100/体全长(cm)。横断截取小肠前段、中段和后段及大肠各约1cm长, Bouin's液固定16~24h后,常规脱水、透明、浸蜡、包埋,切片厚5μm,经改良的Harris苏木精染液染色<sup>[18]</sup>、伊红复染、梯度乙醇脱水和二甲苯透明后,用中性树脂封片,40℃烘干备用。

### 1.3 组织学参数测定

使用数码显微镜(Motic BA210Digital)观察切片,并拍照;通过Motic Images Plus 2.0软件,以显微测微尺为参照物,测量和换算每条蛇小肠前段、中段和后段及大肠的组织学参数(直径、肌层厚度、绒毛高度、肠道柱状上皮细胞短径和长径)。以小肠中段为例,在放大倍数为40×、100×和400×的条件下,分别测定直径(图1A)、肌层厚度和绒毛高度(图1B)及柱状上皮细胞短径和长径(图1C)的大小。取每条幼蛇小肠中段部位组织结构完整的切片1张,重复测量任一组织学参数3次,计算其平均值,以该平均值代表该条幼蛇的测量值,每日龄组共测量8条幼蛇。组织学参数的实测值(μm或mm)=显微测微尺的实测值(μm或mm)×组织学参数的测量值/显微测微尺的测量值。小肠前段、后段和大肠组织学参数的测定方法与小肠中段相同。



A. 直径(40×); B. 肌层厚度(ME)和绒毛高度(VH, 100×); C. 肠道柱状上皮细胞短径(ED)和长径(EH, 400×)。

A. diameter (40×); B. muscularis externa width (ME) and villus height (VH, 100×); C. enterocyte diameter (ED) and height (EH, 400×)。

图1 滑鼠蛇小肠中段组织学参数的测定

Figure 1 Measurements of histological parameters from the middle segment of small intestine in *Ptyas mucocis*

### 1.4 统计分析

用SPSS软件包(SPSS 19.0 for windows)对数据进行统计分析处理。用单因素方差分析(one way

ANOVA)比较不同日龄组体重、体全长、小肠及大肠湿重指数和长度指数,以及肠道任一部位组织学参数的组间差异。文中数值均以平均值±标准误

(Mean±SE) 表示,  $P<0.05$  为差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 滑鼠蛇体重、体全长和肠道大小的增龄变化

由表 1 可知, 体重 ( $F_{5, 42}=127.126, P<0.05$ ) 和体全长 ( $F_{5, 42}=72.630, P<0.05$ ) 均随日龄而显著增加, 至 50 日龄组达到最高值。小肠湿重指数 40 与 50 日龄组显著高于其他日龄组, 20 与 30 日龄组其次, 但

与 3 日龄组差异不显著, 而显著高于 7~10 日龄组 ( $F_{5, 42}=15.646, P<0.05$ ); 大肠湿重指数 30、40 和 50 日龄组都显著高于 3 和 7~10 日龄组 ( $F_{5, 42}=8.374, P<0.05$ ), 20 日龄组与其他日龄组均无显著差异。小肠长度指数 40 日龄组显著高于 7~10 日龄组 ( $F_{5, 42}=3.269, P<0.05$ ), 其他日龄组间无显著差异; 大肠长度指数 40 和 50 日龄组无显著的组间差异, 但都显著高于其他日龄组 ( $F_{5, 42}=23.761, P<0.05$ )。

表 1 滑鼠蛇体重、体全长、小肠和大肠湿重指数及长度指数的增龄变化

Table 1 Age-related changes of body mass (BM), total body length (TBL), and the wet mass and length indices of small intestine (SI) and large intestine (LI) in *Ptyas mucosus*

项目 Item	3 日龄 Day 3	7~10 日龄 Day 7-10	20 日龄 Day 20	30 日龄 Day 30	40 日龄 Day 40	50 日龄 Day 50
体重/g BM	17.338 ± 0.864 <sup>d</sup>	19.611 ± 0.990 <sup>d</sup>	22.201 ± 0.677 <sup>cd</sup>	27.822 ± 0.652 <sup>c</sup>	45.061 ± 0.971 <sup>b</sup>	56.417 ± 2.866 <sup>a</sup>
体全长/cm TBL	42.4 ± 1.0 <sup>c</sup>	45.3 ± 1.5 <sup>c</sup>	51.1 ± 1.2 <sup>b</sup>	53.4 ± 0.7 <sup>b</sup>	61.5 ± 0.8 <sup>a</sup>	65.1 ± 0.8 <sup>a</sup>
肠道湿重指数/% Intestinal wet mass index						
小肠 SI	0.47 ± 0.07 <sup>bc</sup>	0.42 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.77 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.99 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.16 ± 0.14 <sup>a</sup>	2.81 ± 0.30 <sup>a</sup>
大肠 LI	0.04 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.04 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.12 ± 0.03 <sup>ab</sup>	0.17 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.40 ± 0.05 <sup>a</sup>
肠道长度指数/% Intestinal length index						
小肠 SI	48.45 ± 6.08 <sup>ab</sup>	42.38 ± 5.50 <sup>b</sup>	49.87 ± 4.43 <sup>ab</sup>	55.78 ± 3.57 <sup>ab</sup>	64.09 ± 2.13 <sup>a</sup>	58.58 ± 2.81 <sup>ab</sup>
大肠 LI	2.82 ± 0.32 <sup>b</sup>	2.81 ± 0.33 <sup>b</sup>	4.43 ± 0.49 <sup>b</sup>	4.38 ± 0.62 <sup>b</sup>	8.55 ± 0.74 <sup>a</sup>	8.89 ± 0.71 <sup>a</sup>

注: 数据表示为平均值±标准误。同一行上标不同小写字母表示日龄间的组间差异显著 ( $P<0.05, a>b>c>d$ ), 下同。

Notes: The data are expressed as mean±SE. The different superscript lowercase letters in the same line represent significant differences among day age groups ( $P<0.05, a>b>c>d$ ), and the same below.

表 2 滑鼠蛇小肠和大肠组织学参数的增龄变化

Table 2 Age-related changes of histological parameters (HP) in the small intestine (SI) and large intestine (LI) of *Ptyas mucosus*

组织学参数 HP	部位 Position	3 日龄 Day 3	7~10 日龄 Day 7-10	20 日龄 Day 20	30 日龄 Day 30	40 日龄 Day 40	50 日龄 Day 50
直径/mm Diameter	ASSI	2.40 ± 0.26 <sup>ab</sup>	2.22 ± 0.15 <sup>b</sup>	2.33 ± 0.15 <sup>ab</sup>	2.61 ± 0.16 <sup>ab</sup>	2.92 ± 0.15 <sup>ab</sup>	3.06 ± 0.15 <sup>a</sup>
	MSSI	2.01 ± 0.31 <sup>bc</sup>	1.78 ± 0.22 <sup>c</sup>	2.29 ± 0.15 <sup>abc</sup>	2.22 ± 0.14 <sup>abc</sup>	2.63 ± 0.12 <sup>ab</sup>	3.02 ± 0.12 <sup>a</sup>
	PSSI	2.04 ± 0.14 <sup>ab</sup>	2.04 ± 0.18 <sup>ab</sup>	2.42 ± 0.07 <sup>ab</sup>	2.02 ± 0.16 <sup>b</sup>	2.42 ± 0.10 <sup>ab</sup>	2.59 ± 0.14 <sup>a</sup>
	LI	1.93 ± 0.14 <sup>b</sup>	2.18 ± 0.14 <sup>ab</sup>	2.16 ± 0.24 <sup>ab</sup>	2.05 ± 0.17 <sup>ab</sup>	2.61 ± 0.19 <sup>ab</sup>	2.74 ± 0.17 <sup>a</sup>
肌层厚度/ $\mu$ m Muscularis externa width	ASSI	133.33 ± 21.50 <sup>a</sup>	57.78 ± 6.27 <sup>b</sup>	106.02 ± 21.94 <sup>ab</sup>	90.77 ± 14.35 <sup>ab</sup>	145.62 ± 16.84 <sup>a</sup>	128.89 ± 15.41 <sup>ab</sup>
	MSSI	101.67 ± 13.02 <sup>ab</sup>	48.98 ± 5.42 <sup>b</sup>	86.37 ± 13.61 <sup>ab</sup>	97.62 ± 12.12 <sup>ab</sup>	170.17 ± 39.25 <sup>a</sup>	119.61 ± 16.89 <sup>ab</sup>
	PSSI	95.41 ± 13.73 <sup>a</sup>	76.59 ± 6.77 <sup>a</sup>	112.03 ± 22.10 <sup>a</sup>	87.28 ± 18.53 <sup>a</sup>	74.45 ± 7.95 <sup>a</sup>	101.97 ± 13.82 <sup>a</sup>
	LI	76.04 ± 6.17 <sup>b</sup>	61.95 ± 9.76 <sup>b</sup>	83.21 ± 8.50 <sup>ab</sup>	105.27 ± 15.53 <sup>ab</sup>	90.42 ± 13.91 <sup>ab</sup>	130.75 ± 15.86 <sup>a</sup>
绒毛高度/ $\mu$ m Villus height	ASSI	0.58 ± 0.09 <sup>ab</sup>	0.47 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.64 ± 0.05 <sup>ab</sup>	0.70 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.75 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.81 ± 0.05 <sup>a</sup>
	MSSI	0.51 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.42 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.58 ± 0.05 <sup>ab</sup>	0.56 ± 0.04 <sup>ab</sup>	0.70 ± 0.09 <sup>ab</sup>	0.83 ± 0.09 <sup>a</sup>
	PSSI	0.53 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.60 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.67 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.51 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.54 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.60 ± 0.09 <sup>a</sup>
	LI	0.57 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.54 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.58 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.69 ± 0.06 <sup>a</sup>
柱状上皮细胞 短径/ $\mu$ m Enterocyte diameter	ASSI	4.39 ± 0.24 <sup>a</sup>	4.01 ± 0.19 <sup>a</sup>	4.06 ± 0.24 <sup>a</sup>	4.33 ± 0.17 <sup>a</sup>	4.49 ± 0.23 <sup>a</sup>	3.88 ± 0.11 <sup>a</sup>
	MSSI	4.20 ± 0.30 <sup>a</sup>	4.02 ± 0.14 <sup>a</sup>	4.12 ± 0.19 <sup>a</sup>	4.52 ± 0.23 <sup>a</sup>	4.19 ± 0.28 <sup>a</sup>	4.40 ± 0.21 <sup>a</sup>
	PSSI	3.66 ± 0.23 <sup>a</sup>	3.90 ± 0.09 <sup>a</sup>	3.92 ± 0.26 <sup>a</sup>	3.92 ± 0.22 <sup>a</sup>	4.27 ± 0.15 <sup>a</sup>	3.97 ± 0.17 <sup>a</sup>
	LI	4.03 ± 0.09 <sup>a</sup>	3.53 ± 0.15 <sup>a</sup>	4.05 ± 0.18 <sup>a</sup>	4.08 ± 0.18 <sup>a</sup>	4.04 ± 0.20 <sup>a</sup>	3.87 ± 0.26 <sup>a</sup>
柱状上皮细胞 长径/ $\mu$ m Enterocyte height	ASSI	24.89 ± 1.40 <sup>c</sup>	24.34 ± 1.30 <sup>c</sup>	28.66 ± 3.75 <sup>bc</sup>	33.04 ± 1.21 <sup>abc</sup>	40.23 ± 4.40 <sup>a</sup>	36.35 ± 0.56 <sup>ab</sup>
	MSSI	26.91 ± 3.97 <sup>bc</sup>	25.94 ± 1.81 <sup>c</sup>	37.27 ± 2.68 <sup>ab</sup>	31.87 ± 3.06 <sup>abc</sup>	34.66 ± 0.17 <sup>abc</sup>	38.20 ± 1.84 <sup>a</sup>
	PSSI	29.79 ± 3.60 <sup>a</sup>	31.70 ± 2.25 <sup>a</sup>	34.22 ± 2.51 <sup>a</sup>	36.85 ± 2.83 <sup>a</sup>	35.19 ± 1.35 <sup>a</sup>	40.04 ± 2.51 <sup>a</sup>
	LI	31.54 ± 0.78 <sup>a</sup>	33.92 ± 1.69 <sup>a</sup>	34.85 ± 3.30 <sup>a</sup>	33.09 ± 1.64 <sup>a</sup>	35.88 ± 3.09 <sup>a</sup>	39.09 ± 3.24 <sup>a</sup>

注: 小肠前段, ASSI; 小肠中段, MSSI; 小肠后段, PSSI; 大肠, LI。

Notes: ASSI, the anterior segment of SI; MSSI, the middle segment of SI; PSSI, the posterior segment of SI; LI, large intestine.

## 2.2 滑鼠蛇肠道组织学参数的增龄变化

由表2可知, 小肠前段 ( $F_{5,42}=3.833, P<0.05$ )、中段 ( $F_{5,42}=5.369, P<0.05$ ) 和大肠 ( $F_{5,42}=3.305, P<0.05$ ) 的直径均在50日龄组最高, 分别在7~10日龄组、3和7~10日龄组及3日龄组最低, 小肠后段直径50日龄组高于30日龄组 ( $F_{5,42}=3.344, P<0.05$ ), 其他组间未见明显差异。小肠前段的肌层厚度3和40日龄组高于7~10日龄组 ( $F_{5,42}=3.706, P<0.05$ ), 中段40日龄组高于7~10日龄组 ( $F_{5,42}=4.077, P<0.05$ ), 大肠50日龄组高于3和7~10日龄组 ( $F_{5,42}=3.918, P<0.05$ ), 小肠后段无明显的增龄变化 ( $F_{5,42}=0.979, P>0.05$ )。小肠前段 ( $F_{5,42}=4.982, P<0.05$ ) 和中段 ( $F_{5,42}=4.160, P<0.05$ ) 的绒毛高度分别在50和40及50日龄组最高, 7~10及3和7~10日龄组最低; 小肠后段 ( $F_{5,42}=1.237, P>0.05$ ) 和大肠 ( $F_{5,42}=0.957, P>0.05$ ) 的绒毛高度均无明显的增龄变化。

由表2可知, 小肠前段 ( $F_{5,42}=1.450, P>0.05$ )、中段 ( $F_{5,42}=0.636, P>0.05$ )、后段 ( $F_{5,42}=0.992, P>0.05$ ) 和大肠 ( $F_{5,42}=1.322, P>0.05$ ) 的柱状上皮细胞短径均不随发育进程而明显增加。小肠前段的柱状上皮细胞长径40与50和30日龄组接近, 20日龄组其次, 3和7~10日龄组最低 ( $F_{5,42}=6.315, P<0.05$ ), 小肠中段50与20、30和40日龄组接近, 显著高于3和7~10日龄组 ( $F_{5,42}=4.137, P<0.05$ ); 小肠后段 ( $F_{5,42}=1.976, P>0.05$ ) 和大肠 ( $F_{5,42}=1.095, P>0.05$ ) 均无明显的增龄变化。

## 3 讨论与结论

蛇类是终生生长的爬行动物, 除早期生活史阶段和繁殖时期外, 在食物资源丰富的情况下, 均可快速增长<sup>[17]</sup>。成年蛇的肠道大小能耐受饥饿胁迫, 并对变化的食物资源表现出较强的可塑性<sup>[2, 5, 7]</sup>。滑鼠蛇出壳后50日龄内涉及出壳、首次蜕皮、开口和生长等关键生活史过程, 其小肠湿重和长度指数均在7~10日龄、而非出壳后的3日龄最低, 随开口摄食又迅速回升, 表现出可塑性, 这种变化与首次蜕皮前依赖胚胎时期存贮在肠道周围的脂肪存活, 而在开口后能从食物中获取能量有关。大肠湿重和长度指数从3至7~10日龄维持稳定, 滞后于小肠大小的改变, 但此后也逐渐增加, 这可能与食物在消化道中被水解成可利用的营养物质, 进而形成食物残渣的过程耗时较长有关<sup>[17]</sup>。与本研究相似, 直接发育的扬子鳄 (*Alligator sinensis*) 的肠道长度指数从出壳至8月龄逐渐下降, 此后从8月龄至2龄

又显著增加<sup>[19]</sup>; 与本研究不同, 变态发育的花背蟾蜍 (*Pseudepidalea raddei*) 蝌蚪的小肠湿重38期蝌蚪显著高于42期, 从28至46期表现出先升后降, 之后再上升的可塑性变化<sup>[4]</sup>。这些结果说明, 变温动物肠道大小的发育可塑性可能与直接发育或间接发育状态有关。

除肠道大小外, 50日龄内滑鼠蛇的小肠、大肠的组织学参数也发生了适应性改变。蛇类小肠由十二指肠和回肠组成, 无空肠<sup>[17]</sup>; 本研究将滑鼠蛇小肠分为前段、中段和后段, 全面解析了早期生活史阶段其组织学特征的发育过程, 总体上小肠前段和中段组织学参数变化较大, 后段变化不明显。与成体蛇相同, 滑鼠蛇幼蛇的肠道组织学结构也由黏膜层、黏膜下层、肌肉层和浆膜层组成<sup>[20]</sup>。滑鼠蛇小肠前段和中段的直径、肌层厚度、绒毛高度和柱状上皮细胞长径等参数均在首次蜕皮的7~10日龄达到最低值, 之后随日龄逐渐增加, 这些特点与小肠大小的增龄变化趋势一致, 7~10日龄组织学参数的下降与禁食状态成年蛇的表现相似, 有利于节约能量<sup>[1, 8]</sup>。蛇类肠道对化学、温度和机械刺激非常敏感, 肠道平滑肌的伸展程度与食物刺激和食物体积有关, 7~10日龄狭窄的管径、紧缩的平滑肌层、缩减的绒毛高度和柱状上皮细胞长径为开口摄食做好了组织学储备, 有利于开口后扩充小肠容积, 促进小肠蠕动, 提高对肠腔内营养物质的利用效率。研究表明, 虎斑颈槽蛇小肠的肌层厚度和绒毛高度也在开口前、后变化较大<sup>[12]</sup>, 而扬子鳄肠道的直径、绒毛高度和肌层厚度却随年龄增加而增大<sup>[19]</sup>。滑鼠蛇小肠后段除50日龄组的直径高于30日龄组外, 其他组织学参数无明显改变, 扩充的直径与其后的大肠相连, 这可能与小肠后段趋弱的消化吸收能力有关, 也可能参与食物残渣的排出过程, 但肌层厚度未见明显改变。

成年蛇大肠的管壁极薄, 但组织学结构与小肠一致<sup>[20]</sup>, 主要执行外排食物残渣和重吸收水分的功能<sup>[17]</sup>。滑鼠蛇大肠直径和肌层厚度的增龄变化趋势与小肠相似, 随日龄而增加, 这有助于暂时贮存开口摄食后逐渐增多的食物残渣; 与之相适应, 促进肠道平滑肌蠕动的5-羟色胺细胞的数量也随发育进程而增多, 这可能有利于食物残渣的外排<sup>[13]</sup>。此外, 50日龄内滑鼠蛇大肠的绒毛高度及柱状上皮细胞的长径和短径的变化均不明显, 说明出壳后大肠就已具有较稳定的重吸收水分的功能, 该功能是否在出生时就已发育完善, 尚需研究确认。

综上所述, 滑鼠蛇肠道大小和多项组织学参数

表现出了发育可塑性, 虽然肠道容积增加明显, 但肠道的消化吸收能力和排出食物残渣的功能尚未发育完善, 建议 50 日龄前可根据滑鼠蛇的适口性投喂体积小、硬度低和易于消化的食物。

### 参考文献:

- [1] SECOR S M. Evolutionary and cellular mechanisms regulating intestinal performance of amphibians and reptiles [J]. *Integr Comp Biol*, 2005, 45(2): 282-294.
- [2] ANDREW A L, CARD D C, RUGGIERO R P, et al. Rapid changes in gene expression direct rapid shifts in intestinal form and function in the Burmese python after feeding [J]. *Physiol Genom*, 2015, 47(5): 147-157.
- [3] 金晨晨, 张志强. 黑斑侧褶蛙消化道重量及长度的性别和季节差异 [J]. *动物学杂志*, 2014, 49(2): 207-214.
- [4] 连丽燕, 高慧清, 孙嘉璐, 等. 变态前后花背蟾蜍蝌蚪消化器官大小及各型白细胞百分比的适应性变化 [J]. *生态学杂志*, 2018, 37(4): 1204-1210.
- [5] STARCK J M, BEESE K. Structural flexibility of the small intestine and liver of garter snakes in response to feeding and fasting [J]. *J Exp Biol*, 2002, 205(10): 1377-1388.
- [6] NAYA D E, VELOSO C, BOZINOVIC F. Physiological flexibility in the Andean lizard *Liolaemus bellii*: seasonal changes in energy acquisition, storage and expenditure [J]. *J Comp Physiol B*, 2008, 178(8): 1007-1015.
- [7] STARCK J M. Structural flexibility of the gastro-intestinal tract of vertebrates-implications for evolutionary morphology [J]. *Zool Anz*, 1999, 238(1): 87-101.
- [8] SECOR S M, CAREY H V. Integrative physiology of fasting [J]. *Compr Physiol*, 2016, 6(2): 773-825.
- [9] SECOR S M, STEIN E D, DIAMOND J. Rapid up-regulation of snake intestine in response to feeding: a new model of intestinal adaptation [J]. *Am J Physiol*, 1994, 266(4): G695-G705.
- [10] SECOR S M, DIAMOND J M. Evolution of regulatory responses to feeding in snakes [J]. *Physiol Biochem Zool*, 2000, 73(2): 123-141.
- [11] SECOR S M, DIAMOND J. A vertebrate model of extreme physiological regulation [J]. *Nature*, 1998, 395(6703): 659-662.
- [12] 李金花. 虎斑颈槽蛇小肠发育的组织学研究 [J]. *生物技术世界*, 2012, 9(10): 3.
- [13] 刘溯源, 伍亮, 姚利, 等. 滑鼠蛇消化道 5-羟色胺细胞形态和分布密度的增龄变化 [J]. *中国组织化学与细胞化学杂志*, 2019, 28(6): 514-518.
- [14] 孙嘉璐, 高慧清, 连丽燕, 等. 王锦蛇出生至 1 月龄白细胞百分比的变化模式及其适应意义 [J]. *生态学杂志*, 2017, 36(8): 2246-2251.
- [15] 高慧清, 刘溯源, 王锡飞, 等. 食物蛋白浓度对王锦蛇生长和血液学参数的影响 [J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2019(1): 143-148.
- [16] 张志强, 陈可为, 彭兵龙, 等. 滑鼠蛇出生至 50 日龄身体大小和免疫功能的变化 [J]. *安徽农业大学学报*, 2019, 46(4): 618-622.
- [17] 劳伯勋, 邹兴淮, 温爱国. *中国养蛇学*[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2011.
- [18] 李继军. Harris 苏木精染液配制改良法 [J]. *诊断病理学杂志*, 2001, 8(4): 238-239.
- [19] 张盛周, 吴孝兵, 陈壁辉, 等. 2 龄前扬子鳄肠道的年龄结构变化 [J]. *动物学杂志*, 1999, 34(5): 30-33.
- [20] 胡明玥, 武东怡, 付贞, 等. 滑鼠蛇胃肠道组织结构 [J]. *经济动物学报*, 2018, 22(4): 221-224.