

8 周有氧运动对肥胖大鼠消化道嗜银细胞形态及分布密度的影响

张敏军 陈霞*

哈尔滨师范大学体育科学学院 哈尔滨 150025

摘要: 为了研究有氧运动对肥胖大鼠 (*Rattus norvegicus*) 消化道嗜银细胞形态及分布密度的影响, 本实验采用 Grimelius 银染法观察 8 周运动组 ($n=9$) 与对照组 ($n=9$) 肥胖大鼠消化道嗜银细胞形态及分布密度。结果显示, 大鼠消化道各部位均有嗜银细胞分布; 两组大鼠消化道嗜银细胞形态上无差异, 均以圆形、椭圆形、锥体形、梭形为主; 两组大鼠消化道嗜银细胞分布密度高峰均位于胃体, 而低谷有所不同, 对照组大鼠消化道嗜银细胞的分布密度低谷位于食管、贲门, 运动组大鼠位于食管、贲门、空肠、回肠、直肠; 两组相比, 食管和直肠两部位分布密度差异不显著 ($P > 0.05$), 其余各部位均有差异, 且运动组大鼠贲门、胃体、盲肠、结肠嗜银细胞分布密度极显著低于对照组 ($P < 0.01$), 幽门、空肠嗜银细胞分布密度极显著高于对照组 ($P < 0.01$), 运动组十二指肠、回肠嗜银细胞分布密度显著高于对照组 ($P < 0.05$)。两组动物嗜银细胞分泌密度的这种改变与动物机体所处不同生理状态以及消化道各部位功能有关。

关键词: 有氧运动; 肥胖大鼠; 嗜银细胞; 形态; 分布密度

中图分类号: Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2020) 06-752-08

Effects of 8 -Week Aerobic Exercise on the Morphology and Distribution Density of Argyrophilic Cells in the Digestive Tract of Obese Rats

ZHANG Min-Jun CHEN Xia*

Harbin School of Physical Education Science, Harbin normal University, Harbin 150025, China

Abstract: This experiment was designed to observe the changes in morphology and distribution density of argyrophilic cells in digestive tract of obese rats (*Rattus norvegicus*) after 8-week exercise by Grimelius silver staining. Rats in exercise group did an 8-week aerobic exercise on the treadmill. SPSS 25.0 and Duncan's multiple range test were applied to make a statistical analysis of the argyrophilic cells in digestive tract of obese rats from the exercise group and the control group. An independent sample T was applied to test the distribution density of the argyrophilic cells in the same part of the digestive tract of the two groups. The results showed that argyrophilic cells distributed in all parts of digestive tract of rats (Fig. 1), mainly in the

基金项目 哈尔滨师范大学硕士研究生创新科研项目 (No. HSDSSCX2020-35);

* 通讯作者, E-mail: chenxia1966@126.com;

第一作者介绍 张敏军, 男, 硕士研究生; 研究方向: 运动人体科学; E-mail: 1312929597@qq.com.

收稿日期: 2020-03-25, 修回日期: 2020-08-31 DOI: 10.13859/j.cjz.202006005

form of round, oval, cone and fusiform (Table 4). The highest distribution density of argyrophilic cells in gastrointestinal tract of the two groups was in body of stomach (Table 3). The density of argyrophilic cells in the body of stomach in the control group was 112.30 ± 13.42 , while that in the exercise group was 98.15 ± 12.53 . The distribution density of argyrophilic cells in digestive tract of the control group reached its lowest point in oesophagus and cardia, while in the exercise group that occurred in oesophagus, cardia, jejunum, ileum and rectum. Compared with the control group, distribution density in esophagus and rectum in exercise group was not significantly different ($P > 0.05$), while there was significant difference in the other parts. The distribution densities of argyrophilic cells in cardia, body of stomach, cecum and colon in the exercise group were significantly lower than in the control group ($P < 0.01$). The distribution densities of argyrophilic cells in the esophagus and rectum in the exercise group were significantly higher than in the control group ($P < 0.01$). The distribution densities of argyrophilic cells in the duodenum and ileum in the exercise group were significantly higher than in the control group ($P < 0.05$). There was no difference in the distribution density of argyrophilic cells in the esophagus and rectum between the two groups ($P > 0.05$). The changes in the distribution density of argyrophilic cells in the two groups are related to different physiological states and the functions of various parts of digestive tract.

Key words: Aerobic exercise; Obese rats; Argyrophilic cells; Morphology; Distribution density

消化道是人和动物体内最大的消化器官, 含有多种内分泌细胞, 主要功能是通过与神经系统和外分泌腺互相配合, 共同帮助消化吸收以及完成其他的一些基本生理过程 (Ahlmán 2001)。嗜银细胞属于胺前体摄取及脱羧系统 (amine precursor uptake decarboxylation, APUD), 是一类消化道内分泌细胞, 主要分布在消化道上皮和腺体内, 以分泌 5-羟色胺等激素为主 (邓孔昭 1980)。其分泌的各种激素对胃肠道黏膜的生长、血管扩张以及胃肠道的蠕动具有促进作用 (张志强等 2010)。其形态大体分为两类, 一类是与胃肠腔无直接接触的“封闭型”细胞, 大多呈圆形和椭圆形, 分泌物直接进入血液, 执行内分泌功能; 另一类是感受胃肠腔内成分微小变化的“开放型”细胞 (Sartori et al. 2018), 大多呈锥体形或梭形, 突起指向胃肠腔 (Wang et al. 2010), 主要作用是直接感受胃肠腔内食物成分和 pH 值刺激, 触发细胞的分泌活动, 行使外分泌功能。现阶段对于不同动物体内嗜银细胞的研究比较广泛, 在形态、分布、作用途径等方面都有详细阐述 (黄威权等 1985, 李淑兰等 1997a, b,

Wang et al. 2010, Basile et al. 2012), 也有学者报道了禁食对于不同动物的一些影响 (付雪枫等 2011, 热汗古丽·依马尔等 2019, 徐梅婷等 2019)。本实验以肥胖的大鼠 (*Rattus norvegicus*) 为研究对象, 探索 8 周有氧运动对肥胖大鼠消化道嗜银细胞形态及分布密度的影响, 旨在为进一步探讨有氧运动对大鼠消化生理学的研究提供形态学基础资料。

1 研究对象和方法

1.1 实验对象

6 周龄雄性 Wistar 大鼠 30 只, 体重为 (185 ± 15) g, 2019 年 4 月购于哈尔滨兴旺养殖场。大鼠分笼饲养, 2 只/笼, 环境温度在 $22 \sim 26$ °C 之间, 相对湿度在 45%~55% 左右, 自然光照。Wistar 大鼠在动物房内适应性喂养 7 d 后, 随机分成 2 组, 使用普通饲料喂养组为 6 只, 使用高糖高脂饲料喂养组为 24 只。饲料购自北京科澳协力饲料有限公司。

1.2 肥胖大鼠模型的建立

适应性饲养结束后, 普通组大鼠进食普通饲料 (能量为 2.90 kcal/g, 含 13% 脂肪、64%

糖、23%蛋白质)，高糖高脂组大鼠进食高糖高脂饲料（66.5%普通饲料加 20%蔗糖、10%猪油、2.5%胆固醇和 1%胆酸钠）（郭啸华等 2002）。两组大鼠都使用限制食物重量的喂养方法：开始每天 13 g/只，2 周以后加到 15 g/只，以后每周加 2 g/只，直至第 8 周达到 25 g/只，到实验结束。饲料的喂养时间为每天晚上，全部大鼠饮用自来水，自来水每天更换，水瓶定期清洗，饲料和水均每天喂一次。喂养 8 周后，根据测量体重情况将高糖高脂组大鼠体重没有超过普通组平均体重 20%的个体剔除（Chandler et al. 2005），肥胖成模率为 75%，最终高糖高脂喂养组大鼠 24 只中，成功建模的肥胖大鼠为 18 只。测量指标：大鼠体重；甘油三酯、总胆固醇、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白（表 1）。

1.3 运动干预方案

建立模型成功的肥胖大鼠共 18 只，每组 9 只随机分为对照组（control group）和运动组（exercise group）。运动组进行有氧运动干预，采用 ZH-PT 动物实验跑台（徐州利华电子科技发展有限公司），跑台设置坡度为 0°，跑台恒定速度为 20 m/min。连续进行 8 周的训练，每周训练 6 d，每天 1 次，每次跑步时间为 40 min。每天训练时间点相同，有氧运动结束后正常进食高糖高脂饮食和饮水。对照组正常进食高糖高脂饲料和自来水，不运动。

1.4 样品采集及处理

最后一次运动结束 48 h 后，采用 25%氨基甲酸乙酯（西陇科学股份有限公司）（按体重 5 ml/kg）进行腹腔注射麻醉，进行心取血。将全血放至离心管，在 37 °C 水浴锅温育 3 ~ 4 h 后，至 4 °C 冰箱过夜，之后 3 000 r/min 离心 10 min，分离血清，装入小瓶后置 4 °C 环境待测。取内脏脂肪（肠系膜脂肪、附睾脂肪、肾周脂肪等）称重。取出消化道各部位（食管、胃、十二指肠、空肠、回肠、盲肠、结肠、直肠），用 0.9% NaCl 溶液分别冲洗，最后用改良的 Bouin's 固定液固定 72 h。消化道各部位常规脱水透明，石蜡包埋，切成厚度为 6 μm 的蜡带，展片，贴片，在 37 °C 温箱中烘片 48 h。对照组与运动组同时处理，取材步骤相同。

1.5 指标测试与方法

1.5.1 一般情况 所有大鼠每日称重。每天记录两组大鼠的进食和饮水情况，同时多次观察记录精神状态及外部特征。每天运动完后两组大鼠统一喂食，喂食前将前一天剩下的饲料称重并且记录。

1.5.2 血清生化指标监测 大鼠血清生化指标采用 BA-88A 半自动生化分析仪（深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司）检测，操作严格按照试剂盒（中生北控生物科技股份有限公司）说明书进行。测定甘油三酯、总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇四项指标的含量（表 2）。

表 1 8 周高糖高脂饮食对大鼠体重各项血清指标的影响

Table 1 Effect of 8-week high-sugar and high-fat diet on serum indexes of rat body weight

测量指标 Measurement indicators	普通组 (n=6) General group	高糖高脂组 (n=24) High sucrose and high fat group	t 值 t value	P 值 P value
体重 Body weight (g)	421.68 ± 11.34 ^b	529.47 ± 13.05 ^a	- 18.03	< 0.01
低密度脂蛋白 Low density lipoprotein (mmol/L)	2.47 ± 0.16 ^b	3.46 ± 0.17 ^a	- 12.52	< 0.01
高密度脂蛋白 High density lipoprotein (mmol/L)	2.35 ± 0.08 ^b	2.58 ± 0.07 ^a	- 7.20	< 0.01
总胆固醇 Total cholesterol (mmol/L)	4.34 ± 0.09 ^b	4.60 ± 0.05 ^a	- 8.92	< 0.01
甘油三酯 Triglyceride (mmol/L)	1.56 ± 0.08 ^b	1.82 ± 0.07 ^a	- 7.67	< 0.01

同一行数据上标字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)， $a > b$ 。

Different superscript letters in the same line mean significant difference, $P < 0.05$, $a > b$.

表 2 8 周有氧运动对肥胖大鼠体重、内脏脂肪和各项血清指标的影响

Table 2 Effects of 8-week aerobic exercise on body weight, visceral fat and serum indexes of obese rats

测量指标 Measurement indicators	对照组 Control group ($n=9$)	运动组 Exercise group ($n=9$)	t 值 t value	P 值 P value
体重 Body weight (g)	589.32 ± 24.10 ^a	483.99 ± 9.88 ^b	12.13	< 0.01
内脏脂肪 Visceral fat (g)	43.60 ± 6.65 ^a	22.32 ± 6.17 ^b	7.04	< 0.01
低密度脂蛋白 Low density lipoprotein (mmol/L)	2.76 ± 0.26 ^a	2.07 ± 0.32 ^b	5.02	< 0.01
高密度脂蛋白 High density lipoprotein (mmol/L)	2.11 ± 0.20 ^a	1.75 ± 0.19 ^b	3.93	< 0.01
总胆固醇 Total cholesterol (mmol/L)	5.58 ± 0.35 ^a	4.19 ± 0.62 ^b	5.86	< 0.01
甘油三酯 Triglyceride (mmol/L)	3.41 ± 0.20 ^a	2.43 ± 0.55 ^b	5.09	< 0.01

同一行中上标字母不同表示差异显著, $a > b$.

Different superscript letters in the same line mean significant difference, $a > b$.

1.5.3 Grimelius 银染法染色 将对照组和运动组大鼠消化道各部位切片进行常规脱蜡复水, 放入硝酸银染液中 5 h (60 °C), 切片再置于还原液中 15 min (60 °C), 纯化水冲洗终止还原, 乙醇脱水, 二甲苯透明, 中性树胶封片 (方福德 1995)。

1.6 嗜银细胞观察、计数、数据统计分析与拍照

对运动组和对照组肥胖大鼠消化道的各个部位银染切片在 SMART 系列生物显微镜 (物镜 40×, 目镜 10×, 重庆奥特光学仪器有限公司) 下随机取 20 个视野计数嗜银细胞。用 SPSS 25.0 软件 Duncan's 多重比较法分别对运动组和对照组肥胖大鼠消化道各部位嗜银细胞进行统计学分析。运用独立样本 t 检验对两组消化道同一部位嗜银细胞分布密度差异。数据以“平均值 ± 标准差”表示, $P < 0.01$ 表示差异极显著, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示差异不显著。应用 LEICA DC500 显微成像系统拍照。

2 结果

2.1 8 周有氧运动对肥胖大鼠消化道嗜银细胞形态分布的影响

经过 8 周的有氧运动, 采用 Grimelius 银染法染色后, 观察到运动组和对照组消化道嗜银细胞呈棕黑色或棕色, 背景细胞呈黄色, 颜色对比明显, 易于辨认。嗜银细胞在消化道各部

位均有分布。两组的消化道嗜银细胞都是以椭圆形、圆形、锥体形、梭形细胞为主要形态, 没有明显差异 (表 3, 图 1)。

2.2 8 周有氧运动对肥胖大鼠消化道嗜银细胞分布密度的影响

运动组和对照组大鼠消化道各部位均有嗜银细胞分布, 分布密度的高峰均位于胃体 (表 4), 但是低谷有所不同, 对照组大鼠消化道嗜银细胞的分布密度低谷位于食管、贲门, 运动组大鼠分布密度低谷位于食管、贲门、空肠、回肠、直肠。两组进行比较发现, 运动组大鼠贲门、胃体、盲肠、结肠嗜银细胞分布密度极显著低于对照组 ($P < 0.01$), 幽门、空肠嗜银细胞分布密度极显著高于对照组 ($P < 0.01$), 运动组十二指肠、回肠嗜银细胞分布密度显著高于对照组 ($P < 0.05$), 两组大鼠的食管、直肠嗜银细胞分布密度差异不显著 ($P > 0.05$)。

3 讨论

在不同的动物体内, 消化道嗜银细胞分布范围不同。已有研究表明, 爬行动物和大多数两栖动物从食管至直肠消化道各部位均有嗜银细胞分布 (牛鑫鑫等 2013, 华子暄等 2014, 王鸽等 2016, 于萍等 2016), 而有些鸟类和哺乳类动物, 如麻雀 (*Passer montanus*) (王春蕾等 2015)、非洲鸵鸟 (*Struthio camelus*)

表 3 运动组与对照组大鼠消化道嗜银细胞的分布位置及形态

Table 3 Distribution and morphology of silver eosinophils in digestive tract in exercise group and control group

部位 Location	对照组 Control group		运动组 Exercise group	
	位置 Distribution	形态 Morphology	位置 Distribution	形态 Morphology
食管 Oesophagus	上皮细胞之间 Epithelial cells	椭圆形 (图 1a) Ellipse (Fig.1a)	上皮细胞之间 Epithelial cells	圆形 (图 1k) Round (Fig.1k)
贲门 Cardia	上皮细胞之间 Epithelial cells	椭圆形 (图 1b) Ellipse (Fig.1b)	上皮细胞之间 Epithelial cells	椭圆形 (图 1l) Ellipse (Fig.1l)
胃体 Body of stomach	上皮细胞之间 Epithelial cells	椭圆形和锥体形 (图 1c) Ellipse and Cone-shaped (Fig.1c)	上皮细胞基部 Base of epithelial cells	椭圆形和锥体形 (图 1m) Ellipse and Cone-shaped (Fig.1m)
幽门 Pylorus	上皮细胞基部 Base of epithelial cells	锥体形 (图 1d) Cone-shaped (Fig.1d)	上皮细胞之间 Epithelial cells	圆形和锥体形 (图 1n) Round and Cone-shaped (Fig.1n)
十二指肠 Duodenum	上皮细胞之间 Epithelial cells	锥体形 (图 1e) Cone-shaped (Fig.1e)	上皮细胞之间 Epithelial cells	椭圆形和锥体形 (图 1o) Ellipse and Cone-shaped (Fig.1o)
空肠 Jejunum	上皮细胞基部 Base of epithelial cells	锥体形 (图 1f) Cone-shaped (Fig.1f)	上皮细胞基部 Base of epithelial cells	锥体形 (图 1p) Cone-shaped (Fig.1p)
回肠 Ileum	上皮细胞之间 Epithelial cells	锥体形 (图 1g) Cone-shaped (Fig.1g)	上皮细胞基部 Base of epithelial cells	锥体形 (图 1q) Cone-shaped (Fig.1q)
盲肠 Caecum	上皮细胞基部 Base of epithelial cells	锥体形和梭形 (图 1h) Cone-shaped and Fusiformis (Fig.1h)	上皮细胞之间 Epithelial cells	圆形 (图 1r) Round (Fig.1r)
结肠 Colon	上皮细胞基部 Base of epithelial cells	锥体形 (图 1i) Cone-shaped (Fig.1i)	上皮细胞之间 Epithelial cells	锥体形 (图 1s) Cone-shaped (Fig.1s)
直肠 Rectum	上皮细胞之间 Epithelial cells	锥体形 (图 1j) Cone-shaped (Fig.1j)	上皮细胞之间 Epithelial cells	锥体形 (图 1t) Cone-shaped (Fig.1t)

表 4 运动组与对照组大鼠消化道嗜银细胞的分布密度

Table 4 Distribution density of silver cells in digestive tract of rats in exercise group and control group

部位 Location	对照组 Control group	运动组 Exercise group	t 值 t value	P 值 P value
食管 Oesophagus	2.20 ± 1.01 ^f	2.35 ± 1.31 ^f	0.41	> 0.05
贲门 Cardia	4.50 ± 1.91 ^f	2.65 ± 1.23 ^{**}	- 3.65	< 0.01
胃体 Body of stomach	112.30 ± 13.42 ^a	98.15 ± 12.53 ^{a**}	- 3.45	< 0.01
幽门 Pylorus	14.85 ± 3.23 ^b	20.70 ± 4.08 ^{**}	5.03	< 0.01
十二指肠 Duodenum	8.00 ± 2.25 ^d	9.65 ± 2.87 ^{de*}	2.03	< 0.05
空肠 Jejunum	4.95 ± 1.32 ^{de}	7.90 ± 2.13 ^{ef**}	5.28	< 0.01
回肠 Ileum	4.80 ± 1.32 ^c	6.15 ± 1.93 ^{ef*}	2.58	< 0.05
盲肠 Caecum	10.35 ± 2.28 ^c	5.80 ± 1.47 ^{**}	- 7.50	< 0.01
结肠 Colon	22.40 ± 3.65 ^c	16.35 ± 5.15 ^{b**}	- 4.29	< 0.01
直肠 Rectum	4.95 ± 1.36 ^c	6.00 ± 2.60 ^{ef}	1.60	> 0.05

同列数据肩标小写字母完全不同表示差异显著 ($P < 0.05$)，含有相同小写字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)；同一部位，与对照组比较数据肩标**表示差异极显著 ($P < 0.01$)，*表示差异显著 ($P < 0.05$)，无*表示差异不显著。表中密度数据指 400 倍视野中计数的细胞个数。

The same column data showing different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$), and the same lowercase letters indicate no significant difference ($P > 0.05$). At the same site, the data shoulder mark ** indicated very significant difference ($P < 0.01$) and * indicated significant difference ($P < 0.05$), and the absence of * indicates that the difference is not significant. Density data in the table refer to the number of cells counted in a 400-fold field of vision.

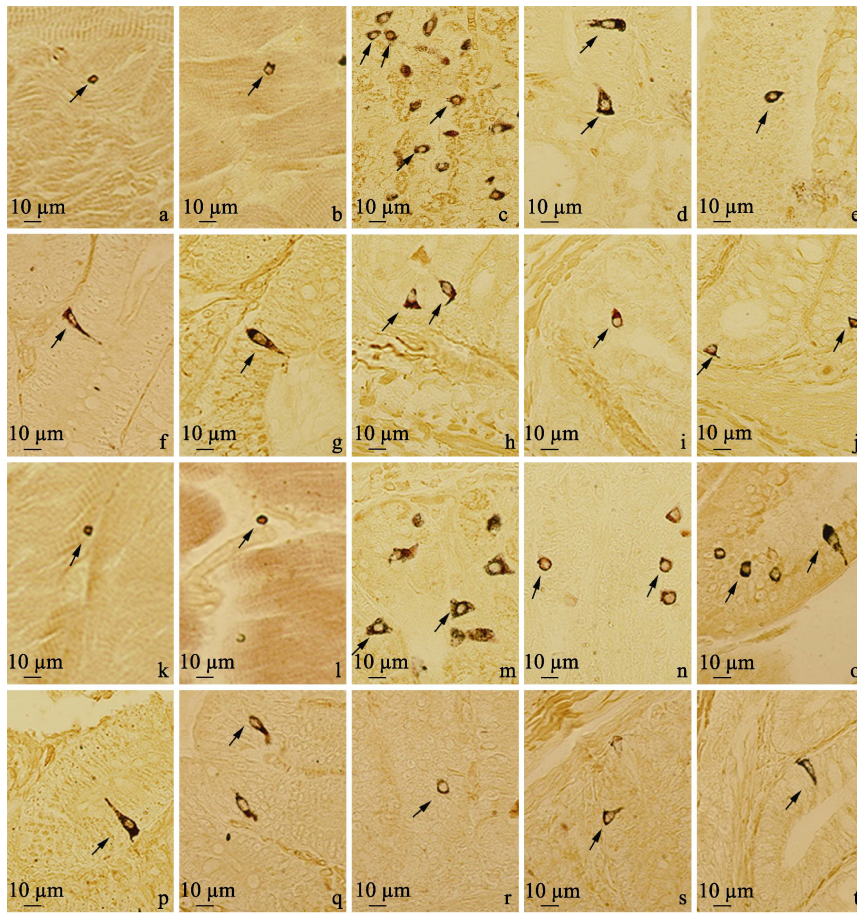


图 1 运动组与对照组肥胖大鼠消化道嗜银细胞的分布及形态 (银染法染色)

Fig. 1 Distribution and morphology of eosinophils in digestive tract of fat rats in exercise group and control group (silver staining)

a~j. 对照组; k~t. 实验组。×400; 箭头指嗜银细胞。

a. 食管椭圆形的嗜银细胞; b. 贲门椭圆形的嗜银细胞; c. 胃体椭圆形和锥体形的嗜银细胞; d. 幽门锥体形的嗜银细胞; e. 十二指肠锥体形的嗜银细胞; f. 空肠锥体形的嗜银细胞; g. 回肠锥体形的嗜银细胞; h. 盲肠锥体形和梭形的嗜银细胞; i. 结肠锥体形的嗜银细胞; j. 直肠锥体形的嗜银细胞; k. 食管圆形的嗜银细胞; l. 贲门椭圆形的嗜银细胞; m. 胃体椭圆形和锥体形的嗜银细胞; n. 幽门圆形和锥体形的嗜银细胞; o. 十二指肠椭圆形和锥体形的嗜银细胞; p. 空肠锥体形的嗜银细胞; q. 回肠锥体形的嗜银细胞; r. 盲肠圆形的嗜银细胞; s. 结肠锥体形的嗜银细胞; t. 直肠锥体形的嗜银细胞。

a - j. Control group; k - t. Exercise group. ×400; The arrow points to the argyrophilic cells.

a. Ellipse argyrophilic cells in the oesophagus; b. Ellipse argyrophilic cells in the cardia; c. Ellipse and cone-shaped argyrophilic cells in the body of stomach; d. Cone-shaped argyrophilic cells in the pylorus; e. Cone-shaped argyrophilic cells in the duodenum; f. Cone-shaped argyrophilic cells in the jejunum; g. Cone-shaped argyrophilic cells in the ileum; h. Cone-shaped and fusiform argyrophilic cells in the caecum; i. Cone-shaped argyrophilic cells in the colon; j. Cone-shaped argyrophilic cells in the rectum; k. Round argyrophilic cells in the oesophagus; l. Ellipse argyrophilic cells in the cardia; m. Ellipse and cone-shaped argyrophilic cells in the stomach; n. Round and cone-shaped argyrophilic cells in the Pylorus; o. Ellipse and cone-shaped argyrophilic cells in the duodenum; p. Cone-shaped argyrophilic cells in the jejunum; q. Cone-shaped argyrophilic cells in the ileum; r. Round argyrophilic cells in the caecum; s. Cone-shaped argyrophilic cells in colon; t. Cone-shaped argyrophilic cells in the rectum.

(Wang et al. 2010)、中国黄羽鹌鹑 (*Coturnix aponica*) (李沛等 2012)、小鼠 (*Mus musculus*) (王鸽等 2016)、加卡利亚仓鼠 (*Phodopus sungoris sungoris*) (曹悦等 2018) 等动物消化道食管处没有嗜银细胞分布。本实验中, 运动组和对照组大鼠从食管至直肠消化道各部位均有嗜银细胞分布, 这与上述哺乳动物小鼠 (王鸽等 2016) 和加卡利亚仓鼠 (曹悦等 2018) 消化道嗜银细胞的分布不同。

嗜银细胞在不同动物消化道中分布密度高峰不同, 有的动物分布密度高峰在幽门, 如凹耳蛙 (*Odorrana tormota*) (马雪龙等 2012) 和胎生蜥蜴 (*Lacerta vivipara*) (华子暄等 2014); 有的在空肠, 如加卡利亚仓鼠 (曹悦等 2018) 和版纳鱼螈 (*Ichthyophis bannanica*) (李家洲等 2009); 还有的在直肠, 如极北鲵 (*Salamandrella keyserlingii*) (任春宇等 2011)。本实验结果表明, 运动组和对照组肥胖大鼠消化道嗜银细胞分布密度高峰均位于胃体, 这与李淑兰等 (1997a) 对小鼠的研究结果相似, 这可能是因为食物进入胃后, 胃部的肌肉加强收缩进而刺激嗜银细胞, 导致大量的 5-羟色胺释放, 促进了胃蠕动和食物消化吸收 (张盛周等 2001)。运动组和对照组肥胖大鼠消化道嗜银细胞分布密度低谷部位有所差异, 对照组低谷位于食管、贲门, 运动组低谷位于食管、贲门、空肠、回肠和直肠, 其原因可能与有氧运动对肥胖大鼠消化道各部位功能的影响不同有关。两组相比, 运动组肥胖大鼠贲门、胃体、盲肠、结肠嗜银细胞分布密度极显著低于对照组 ($P < 0.01$), 而幽门和小肠段嗜银细胞密度显著高于对照组 ($P < 0.05$)。机体由于长时间高糖高脂饮食, 缺乏膳食纤维, 所以会导致肠道蠕动减慢, 进而引发消化不良、便秘等症状 (曾霞娟 2011), 而有氧运动后大鼠的胃排空速率和小肠推进比升高 (常保荣等 2016), 食物在胃部停留时间短, 不需要大量的嗜银细胞分泌激素来帮助消化吸收; 而盲肠和结肠嗜银细胞减少, 则是由于运动促进胃肠蠕动, 大肠内的食

物残渣残留减少, 不需要大量的嗜银细胞分泌激素来帮助排便。已有研究表明, 小肠是动物消化和吸收的主要场所, 有氧运动后小肠各部位嗜银细胞数量均显著增加, 说明有氧运动后食物的消化吸收功能有所增强, 嗜银细胞所分泌的 5-羟色胺等激素可促进小肠黏液分泌、平滑肌收缩以及血管扩张, 进而提高小肠对营养物质的消化和吸收。可见两组动物嗜银细胞分布密度的这种改变与动物机体所处不同生理状态以及消化道各部位功能有关。

嗜银细胞作为一种内分泌细胞可以将其形态大体分为两类, 一类是与胃肠腔无直接接触的“封闭型”细胞, 另一类是感受胃肠腔内成分微小变化的“开放型”细胞 (Sartori et al. 2018)。本实验中, 运动组和对照组肥胖大鼠消化道嗜银细胞的形态基本没有变化, 均位于上皮细胞基部或上皮细胞之间, 且消化道内都观察到了这两种内分泌细胞, 以锥体形和梭形为主的“开放型”细胞, 直接感受胃肠腔内食物成分和 pH 值刺激, 触发细胞的分泌活动, 行使外分泌功能; 以椭圆形和圆形为主的“封闭型”细胞, 分泌物直接进入血液, 行使内分泌功能。还有一些嗜银细胞呈梭形, 有两个突起, 这种细胞兼具有内、外分泌两种功能。但嗜银细胞是否具有旁分泌功能还有待于进一步研究。

现如今随着人们生活水平提高, 肥胖人群占比越来越大, 由于肥胖引发的疾病也越来越多。通过运动减肥已经成为健康有效的方法, 在这一趋势的引领下涌现出几种典型的大众有氧健身方式, 比如太极拳、慢跑、游泳、骑行、跳绳等, 其中慢跑由于成本较低、简便、易操作等特点被大多数人所喜爱。本文通过研究发现, 经过跑台有氧运动后的肥胖大鼠消化道嗜银细胞分布密度与对照组在多个位置具有显著差异, 该结果表明, 通过跑步运动可以改善肥胖大鼠消化道的消化吸收功能, 可能与消化道各部位嗜银细胞分布密度的改变有关。因此, 对于肥胖人群来说, 适度的有氧运动不仅有益

于减肥,而且可能会通过影响胃肠道内分泌细胞的分布密度,从而改善胃肠道的消化吸收功能。

参 考 文 献

- Ahlman H, Nilsson O. 2001. The gut as the largest endocrine organ in the body. *Annals of Oncology*, 12(Suppl 2): 63–68.
- Basile D R S, Novaes R D, Marques D C S, et al. 2012. Analysis of the morphology and distribution of argentaffin, argyrophil and insulin-immunoreactive endocrine cells in the small intestine of the adult opossum *Didelphis aurita* (Wied-Neuwied, 1826). *Tissue & Cell*, 44(5): 301–307.
- Chandler P C, Viana J B, Oswald K D, et al. 2005. Feeding response to melanocortin agonist predicts preference for and obesity from a high-fat diet. *Physiology & Behavior*, 85(2): 221–230.
- Sartori S S R, Peixoto J V, Lopes V D P G, et al. 2018. Neuroendocrine structures of the small intestine of the capybara *Hydrochoerus hydrochaeris* (Mammalia, Rodentia). *Animal Biology*. 68(1): 89–104.
- Wang J X, Peng K M, Liu H Z, et al. 2010. Distribution and morphology of argyrophilic cells in the digestive tract of the African ostrich. *Tissue and Cell*, 42(1): 65–68.
- 曹悦, 孙明翰, 李淑兰, 等. 2018. 加卡利亚仓鼠消化道嗜银细胞的分布和形态学观察. *黑龙江畜牧兽医*, (9): 187–188, 191, 251.
- 常保荣, 王小梅. 2016. 有氧运动对老年大鼠胃肠动力及血清中胃促生长素、瘦素水平的影响. *中国应用生理学杂志*, 32(4): 331–333.
- 邓孔昭. 1980. 胃肠道内分泌细胞及其激素. *生理科学进展*, 11(2): 113–119.
- 方福德. 1995. 现代医学实验技巧全书. 北京: 北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社, 51–52.
- 付雪枫, 张志强. 2011. 禁食对东方蝾螈胃肠道嗜银细胞形态和分布密度的影响. *动物学杂志*, 46(2): 114–119.
- 郭啸华, 刘志红, 李恒, 等. 2002. 高糖高脂饮食诱导的 2 型糖尿病大鼠模型及其肾病特点. *中国糖尿病杂志*, 10(5): 290–294.
- 华子暄, 高歌, 赵文阁, 等. 2014. 饥饿对胎生蜥蜴消化道嗜银细胞形态和分布密度的影响. *黑龙江畜牧兽医*, (3): 155–156, 159, 211.
- 黄威权, 黄荫乔, 王文超, 等. 1985. 大鼠小肠嗜银、亲银细胞的分布及形态学观察. *解剖学报*, 16(4): 412–416, 457.
- 李家洲, 李桂芬, 贺华丽, 等. 2009. 版纳鱼螈消化道解剖学和组学观察. *动物学杂志*, 44(6): 96–102.
- 李沛, 何敏, 郭红瑞, 等. 2012. 中国黄羽鹌鹑消化道嗜银细胞胚胎发育的分布及形态学观察. *动物学杂志*, 47(5): 101–109.
- 李淑兰, 孙庆玲. 1997a. 小鼠胃肠道嗜银细胞的分布及形态学观察. *生物技术*, 7(4): 27–29, 41.
- 李淑兰, 吴恒梅. 1997b. 中华大蟾蜍消化道嗜银细胞的分布及形态学观察. *生物技术*, 7(1): 23–25, 28.
- 马雪珑, 唐鑫生, 吴仁红, 等. 2012. 凹耳蛙消化道组织学和嗜银细胞形态观察. *动物学杂志*, 47(1): 9–15.
- 牛鑫鑫, 金晨晨, 咸振飞, 等. 2013. 北方狭口蛙消化道嗜银细胞的分布与形态. *四川动物*, 32(2): 246–249.
- 热汗古丽·依马尔, 李淑兰, 陶建雄, 等. 2019. 禁食对豚鼠消化道嗜银细胞形态及分布密度的影响. *黑龙江畜牧兽医*, (7): 136–138.
- 任春宇, 曹雷, 李淑兰, 等. 2011. 极北鲑与东北小鲑消化道嗜银细胞的比较. *中国农学通报*, 27(11): 46–49.
- 王春蕾, 王冰莹, 张婷婷, 等. 2015. 麻雀(*Passer montanus*)消化道嗜银细胞的分布及形态学观察. *黑龙江畜牧兽医*, (5): 190–191, 236.
- 王鸽, 李洋洋, 李淑兰. 2016. 饥饿对小鼠胃肠道嗜银细胞形态和分布密度的影响. *黑龙江畜牧兽医*, (12): 207–209, 300.
- 徐梅婷, 李淑兰, 刘玉玲, 等. 2019. 禁食对东方铃蟾消化道嗜银细胞形态及分布密度的影响. *黑龙江畜牧兽医*, (7): 133–135, 172.
- 于萍, 李淑兰. 2016. 黑龙江草蜥(*Takydromus amurensis*)消化道嗜银细胞的研究. *黑龙江畜牧兽医*, (4): 226–228, 290.
- 曾霞娟, 刘家鹏, 严梅娣, 等. 2011. 膳食纤维对胃肠道作用的研究进展. *微量元素与健康研究*, 28(1): 52–55, 59.
- 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.
- 张志强, 吴孝兵. 2010. 爬行类消化道 5-羟色胺细胞免疫组化研究进展. *中国组织化学与细胞化学杂志*, 19(5): 508–511.