

循环饥饿投喂对大鼠消化道嗜银细胞形态及分布的影响

王海梅 陈霞*

哈尔滨师范大学体育科学学院 哈尔滨 150025

摘要: 为了研究循环饥饿投喂对大鼠 (*Rattus norvegicus*) 消化道内嗜银细胞的分布密度及形态功能的影响, 本实验采用 Grimelius 银染法观察和测定循环饥饿投喂 (饥饿 1 d, 投喂 1 d, 周期为 14 d) 期间大鼠消化道嗜银细胞形态功能及密度分布。结果表明, 实验组 (即循环饥饿投喂组) 和对照组 (正常喂食组) 大鼠消化道嗜银细胞除食管外均有分布, 形态上对照组嗜银细胞以椭圆形和锥体形为主, 实验组嗜银细胞则主要以锥体形为主; 两组大鼠消化道嗜银细胞的分布密度高峰都位于胃, 密度低谷对照组位于空肠、盲肠、回肠和直肠, 实验组位于空肠到直肠各段; 实验组大鼠消化道嗜银细胞分布密度在贲门和幽门部极显著低于对照组 ($P < 0.01$), 结肠显著低于对照组 ($P < 0.05$), 说明循环饥饿投喂会明显改变消化道嗜银细胞的形态并降低细胞数量, 这可能与内分泌细胞的功能改变有关。

关键词: 循环饥饿投喂; 大鼠; 嗜银细胞; 消化道; 形态; 分布密度

中图分类号: Q954 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2020) 02-222-07

Effect of Cyclic Starvation on the Morphology and Distribution of Argyrophilic Cells in the Digestive Tract of Rats

WANG Hai-Mei CHEN Xia*

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

Abstract: This experiment used Grimelius argyrophil staining to observe and measure the effect of cyclic starvation on the morphological function and distribution density of argyrophilic cells in the digestive tract of rats (*Rattus norvegicus*). Rats were starved for one day after being fed for one day for a period of 14 days. SPSS 25.0 was used to conduct one-way ANOVA on argyrophilic cells in each part of the digestive tract in the experimental group and the control group. Moreover, a statistical analysis was conducted on the distribution density of the argyrophilic cells in the same part of the digestive tract by using the independent sample *T* test. The results showed that the argyrophilic cells were distributed in all segments of the digestive tract except for the esophagus in both groups. Morphologically, the argyrophilic cells in control group were mainly ellipse and cone-shaped (Table 1), while those in the experimental group were mainly cone-shaped (Table 1). The

基金项目 哈尔滨师范大学硕士研究生创新科研项目 (No. HSDSSCX2018-67);

* 通讯作者, E-mail: chenxia1966@126.com;

第一作者介绍 王海梅, 女, 硕士研究生; 研究方向: 运动人体科学; E-mail: 643271499@qq.com。

收稿日期: 2019-10-09, 修回日期: 2020-02-08 DOI: 10.13859/j.cjz.202002011

distribution density of argyrophilic cells in gastrointestinal tract of the two groups was the highest in stomach (Table 2). The density of arginophilic cells in the stomach in the control group was 44.95 ± 7.87 , and that in the experimental group was 42.35 ± 10.95 . Low density of arginophilic cells was found in the jejunum, cecum, ileum and rectum of control group (Table 2) and that in the experimental group was found from jejunum to rectum (Table 2). The distribution density of argyrophilic cells in the cardia and pylorus of the experimental group was very significantly lower than in the control group ($P < 0.01$), and that in the colon was significantly lower than that in the control group ($P < 0.05$). These results indicate that cyclic starvation will significantly change the morphology of argyrophilic cells and reduce the distribution density of the cells in the digestive tract, which may be related to the changes in the function of the endocrine cells.

Key words: Circulating hunger feeding; Rat; Argyrophil cells; Digestive tract; Morphology; Distribution

消化道是人和动物体内执行消化吸收功能的重要器官, 同时也是神经内分泌细胞广泛分布的内分泌器官(虞云等 2017), 其基本功能是消化食物、吸收营养和排出消化吸收后剩余的残渣。嗜银细胞是分布于消化道内具有还原银盐、使银盐沉着, 并能被还原剂所还原而显色的一类重要的内分泌细胞(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)。已有研究表明, 内分泌细胞的形态与功能密不可分, 根据内分泌细胞的形态特点, 有学者将内分泌细胞分为两大类: 一类是细胞大体呈锥体形或梭形, 其细胞的顶端有微绒毛伸入胃肠腔中, 可以感受胃肠腔中食物的刺激, 此类细胞为开放型细胞(open-type cell), 行使外分泌功能(Vazquez et al. 2012); 另一类细胞多呈圆形或椭圆形, 与胃肠腔无直接联系, 可能是感受局部组织内环境的变化及胃肠腔内容物的压力刺激, 此类细胞为闭合型细胞(closed-type cell), 行使内分泌功能(Wang et al. 2010)。内分泌细胞在人和动物消化系统的生理活动中起着非常重要的作用。近些年来, 许多学者对不同动物消化道嗜银细胞的分布及形态进行了大量的研究报道(Radenahmad et al. 2014, 伍亮等 2018, 热汗古丽·依马尔等 2019, 徐梅婷等 2019), 也有一些学者研究了饥饿对鱼类补偿生长的影响(苏胜彦等 2017, 王润等 2018, 王万良等 2018), 还有一些学者研究了

运动员赛前减重对身体生理机能和运动能力的影响(刘勇等 2006, 何聪 2009, 张艳秋等 2009)。本文以实验大鼠(*Rattus norvegicus*)为对象, 研究了 2 周循环饥饿对大鼠消化道嗜银细胞数量和形态的影响, 来增进对人体消化生理机能的认识, 同时也为节食减重对身体内分泌系统的影响提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 实验材料

健康雄性 Wistar 大鼠 20 只, 体重 (180 ± 15)g, 由黑龙江中医药大学实验动物中心提供, 大鼠适应性喂养 7 d 后随机取 10 只作为实验组, 剩余 10 只为正常喂食组, 两组均正常饮水, 每天同一时间段喂食。实验组处理为循环饥饿投喂处理, 处理天数为 14 d (饥饿 1 d, 投喂 1 d), 饥饿期间正常饮水。

1.2 试剂及实验方法

将大鼠用 25%氨基甲酸乙酯(西陇科学股份有限公司)按体重 4 ml/kg 腹腔麻醉, 然后立即取出消化道各部位(食管、贲门、胃、幽门、十二指肠、空肠、回肠、盲肠、结肠、直肠), 用生理盐水分别对各部位进行冲洗, 最后用 Bouin's 液固定 48 h; 常规脱水透明, 石蜡包埋, 切成厚度为 5 μm 的蜡带, 展片, 贴片, 后置于 37 $^{\circ}\text{C}$ 温箱中, 进行烘片。参照方福德(1995)方法中的 Grimelius 法对两组大鼠消化道各部位进行银染法染色。

1.3 数据统计分析

用奥林巴斯 BX53 (DP73) 生物显微镜对实验组和对照组大鼠消化道的各个部位进行观察, 并随机取 20 个视野 (400 倍) 进行嗜银细胞计数。用 SPSS 25.0 软件 Duncan's 多重比较法分别对大鼠消化道各部位嗜银细胞数量进行单因素方差分析, 同时运用该软件对两组大鼠消化道同一部位嗜银细胞分布密度进行独立样本 *t* 检验, 数据以“平均值 ± 标准差”表示。

2 结果

2.1 消化道嗜银细胞的形态学特征

大鼠消化道各部位切片经过 Grimelius 银染法染色后, 嗜银细胞呈棕黑色或棕色, 背景细胞呈黄色, 颜色对比鲜明, 反差强, 易于辨认 (图 1)。

对照组和实验组大鼠消化道, 食管无嗜银细胞分布, 其余各部位均有嗜银细胞分布。两组消化道嗜银细胞的形态有所不同, 对照组主要以椭圆形和锥体形为主, 实验组主要以锥体形为主, 具体分布位置与形态见表 1。

2.2 对照组和实验组 (循环饥饿投喂) 消化道嗜银细胞的分布密度

对照组大鼠消化道嗜银细胞的分布密度高峰位于胃, 低谷位于空肠、盲肠、回肠和直肠, 实验组大鼠消化道嗜银细胞的分布密度高峰位于胃, 低谷位于空肠到直肠各段。对照组和实验组相比, 嗜银细胞的分布密度在贲门和幽门差异极显著 ($P < 0.01$), 结肠差异显著 ($P < 0.05$), 其他部位在对照组与实验组之间差异不显著 (表 2)。

3 分析与讨论

在机体胃肠道黏膜中, 分布有 40 多种内分泌细胞。嗜银细胞是消化道内一类极其重要的内分泌细胞, 其内含有胺或使胺的前体进行脱羧反应变为活性胺的物质, 分泌的激素对调节消化道运动和消化腺分泌具有促进作用 (邓孔

昭 1980)。而且消化道各部位嗜银细胞的形态结构与动物食性及食物质量密切相关 (刘璐等 2010)。通过本实验研究发现, 经过循环饥饿处理后的实验组与对照组大鼠消化道嗜银细胞的分布密度及形态功能各有异同。

3.1 对照组和实验组 (循环饥饿投喂) 大鼠消化道嗜银细胞的分布密度

本实验研究发现, 经过循环饥饿处理的实验组与对照组大鼠消化道除食管以外其他部位均有嗜银细胞分布, 这可能是大鼠食用的饲料体积相对较小, 在食管处不需要大量的嗜银细胞进行辅助吞咽以及无需在食管处进行食物的消化吸收 (王鸽等 2016); 胃是机体消化道内行使消化功能的主要部位, 动物进食后, 胃通过分泌胃液与食物混合在一起, 并经过机械性消化形成食糜, 从而完成对食物中蛋白质的初步消化。本研究表明, 对照组和实验组大鼠消化道嗜银细胞分布密度高峰都位于胃体。这可能与食物进入胃后, 胃部嗜银细胞受到肌肉收缩刺激后, 引发大量的 5-羟色胺释放, 来促进胃的蠕动和食物的消化有关 (张盛周等 2001)。

本实验研究发现, 对照组大鼠消化道嗜银细胞分布密度低谷位于空肠、回肠、盲肠和直肠, 经过循环饥饿处理的实验组大鼠消化道嗜银细胞分布密度低谷位于空肠到直肠各段。这可能与大鼠消化道内各个部位对饥饿的反应不同有关; 机体在缺乏食物处于饥饿的状态下, 必须通过调节自身各种酶的活性来提高体内储存营养物质的利用率, 饥饿胁迫发生后, 胃蛋白酶活性会显著下降 (MaCue 2010)。动物胃肠道内嗜银细胞分泌的激素可以刺激胃酸和胃蛋白酶原的分泌, 而胃蛋白酶原本无活性, 只有在酸性条件下才能被激活成为有活性的胃蛋白酶。故经过循环饥饿处理后实验组大鼠消化道嗜银细胞的分布密度明显低于对照组, 且与对照组相比, 实验组大鼠消化道嗜银细胞分布密度在贲门和幽门部有很大差异, 数量极显著低于对照组, 结肠嗜银细胞也显著低于对照组。胃由贲门、胃体和幽门三部分组成, 大鼠

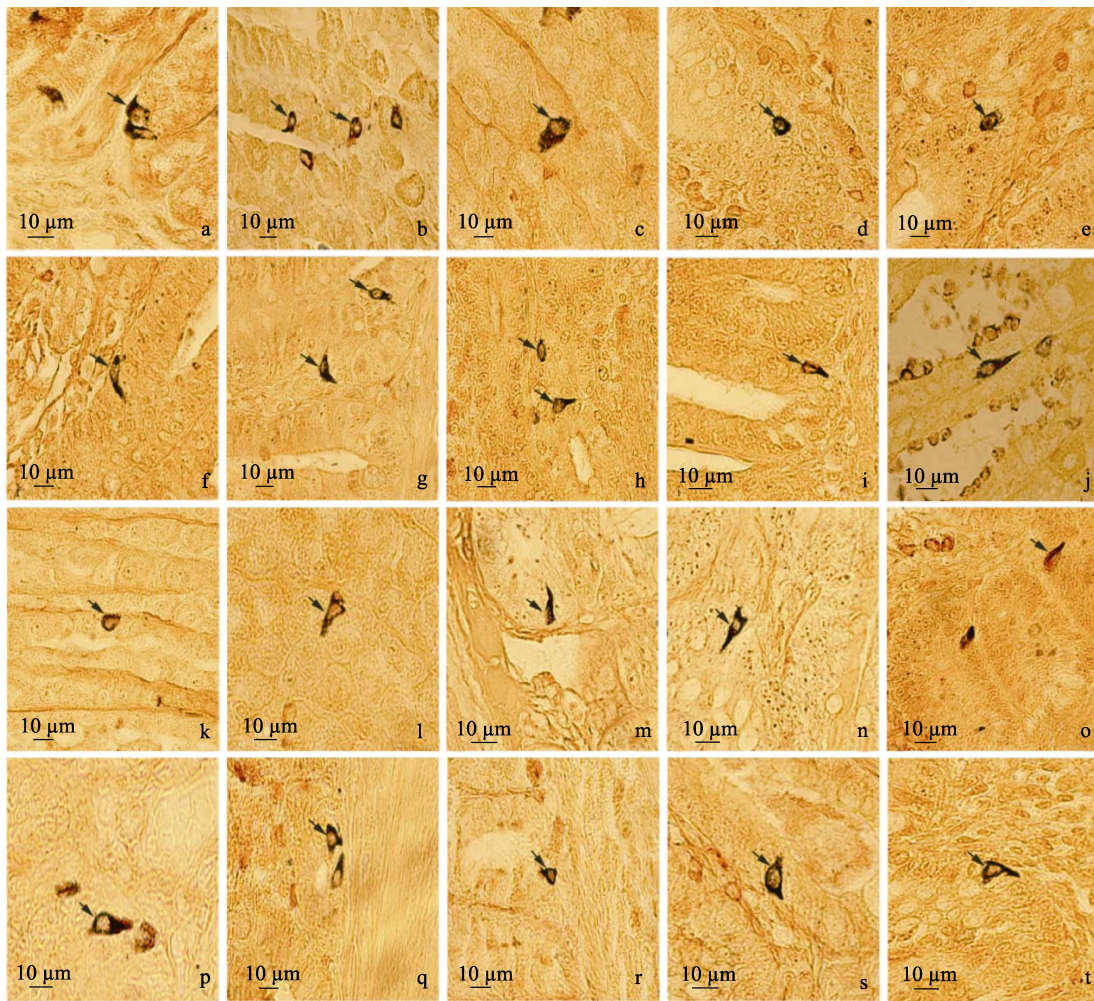


图 1 实验组（循环饥饿投喂）与对照组大鼠消化道（除食管）嗜银细胞的分布位置及形态（× 400）

Fig. 1 Distribution and morphology of argyrophil cells in the digestive tract (except esophagus) of the experimental group (cycle-starvation feeding) and control rats (× 400)

a ~ i. 对照组；j ~ t. 实验组。箭头指示嗜银细胞。a - i. Control group; j - t. Experimental group. The arrow indicate the argyrophil cells.

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

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

表 1 实验组（循环饥饿投喂）与对照组大鼠消化道（除食管）嗜银细胞的分布位置及形态

Table 1 Distribution and morphology of argyrophil cells in the digestive tract (except esophagus) of the experimental group (cycle-starvation feeding) and control rats

部位 Location	对照组 Control group		实验组 Experimental group	
	位置 Distribution	形态 Morphology	位置 Distribution	形态 Morphology
贲门 Cardiacus	腺泡上皮细胞之间 Between acinar epithelium	锥体形（图 a） Cone-shaped (Fig. a)	上皮细胞之间 Epithelial cells	锥体形（图 j） Cone-shaped (Fig. j)
胃 Stomach	腺泡上皮细胞之间 Between acinar epithelium	圆形和锥体形（图 b） Round and Cone-shaped (Fig. b)	上皮细胞之间 Epithelial cells	椭圆形（图 k） Ellipse (Fig. k)
幽门 Pyloricus	腺泡上皮细胞之间 Between acinar epithelium	锥体形（图 c） Cone-shaped (Fig. c)	上皮细胞之间 Epithelial cells	锥体形（图 l） Cone-shaped (Fig. l)
十二指肠 Duodenum	上皮细胞之间 Epithelial cells	圆形（图 d） Round (Fig. d)	腺泡上皮细胞之间 Between acinar epithelium	锥体形（图 m） Cone-shaped (Fig. m)
空肠 Jejunum	上皮细胞之间 Epithelial cells	椭圆形（图 e） Ellipse (Fig. e)	腺泡上皮细胞之间 Between acinar epithelium	锥体形（图 n） Cone-shaped (Fig. n)
回肠 Ileum	上皮细胞之间 Epithelial cells	锥体形（图 f） Cone-shaped (Fig. f)	腺泡之间 Between acinar	锥体形（图 o） Cone-shaped (Fig. o)
盲肠 Cecum	腺泡上皮细胞之间 Between acinar epithelium	锥体形（图 g） Cone-shaped (Fig. g)	腺泡上皮细胞之间 Between acinar epithelium	锥体形（图 p） Cone-shaped (Fig. p)
结肠 Colon	腺泡上皮细胞之间 Between acinar epithelium	椭圆形和锥体形（图 h） Ellipse and Cone-shaped (Fig. h)	腺泡上皮细胞之间 Between acinar epithelium	锥体形（图 q） Cone-shaped (Fig. q)
直肠 Rectum	上皮细胞之间 Epithelial cells	锥体形（图 i） Cone-shaped (Fig. i)	上皮细胞之间 Epithelial cells	锥体形（图 r） Cone-shaped (Fig. r)

表 2 实验组（循环饥饿投喂）与对照组大鼠消化道嗜银细胞的分布密度

Table 2 Distribution density of argyrophil cells in the digestive tract of the experimental group (cycle-starvation feeding) and control rats

部位 Location	对照组 Control group	实验组 Experimental group	部位 Location	对照组 Control group	实验组 Experimental group
贲门 Cardiacus	21.15 ± 2.20 ^b	15.25 ± 2.48 ^{b**}	回肠 Ileum	2.45 ± 1.09 ^e	2.70 ± 1.33 ^e
胃 Stomach	44.95 ± 7.87 ^a	42.35 ± 10.95 ^a	盲肠 Cecum	3.75 ± 1.40 ^e	4.30 ± 1.78 ^{de}
幽门 Pyloricus	14.90 ± 2.91 ^c	10.45 ± 2.85 ^{c**}	结肠 Colon	6.55 ± 3.06 ^d	4.35 ± 2.32 ^{de*}
十二指肠 Duodenum	7.35 ± 1.92 ^d	6.20 ± 1.98 ^d	直肠 Rectum	2.40 ± 0.99 ^e	2.20 ± 0.95 ^e
空肠 Jejunum	4.30 ± 1.45 ^e	3.80 ± 1.23 ^{de}			

同列数据上标有相同小写字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)，小写字母完全不同表示差异显著 ($P < 0.05$)；同一部位，与对照组比较，数据上标 ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$)，数据上标 * 表示差异显著 ($P < 0.05$)，无 * 表示差异不显著。

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 ($P < 0.05$); In the same position, compared with the control group, the data superscript ** indicates that the difference is extremely significant ($P < 0.01$), the data superscript * indicates that the difference is significant ($P < 0.05$), and the absence of * indicates that the difference is not significant.

在饥饿状态下，没有食物进入胃，胃蛋白酶活性会显著下降，功能也会随之降低。因此不需要大量的嗜银细胞分泌激素来帮助消化吸收，所以贲门和幽门部嗜银细胞会显著降低。结肠嗜银细胞减少，可能是大鼠应对饥饿的一种适

应策略，以便在环境好转时快速提升自身的消化吸收速率，尽快适应新的环境。可见饥饿状态下消化道嗜银细胞密度降低和分泌活动减弱与消化生理机能状态相适应。

已有研究结果表明，消化道的损伤和食性

会对嗜银细胞的分布有影响。如徐梅婷等(2019)研究禁食对东方铃蟾(*Bombina orientalis*)消化道嗜银细胞的影响时发现, 对照组嗜银细胞在空肠分布最多, 经过 5 d 禁食处理后, 禁食组嗜银细胞在十二指肠和回肠部分布最多; 热汗古丽·依玛儿等(2019)研究禁食对豚鼠(*Cavia procellus*)消化道嗜银细胞的影响时发现, 对照组豚鼠消化道嗜银细胞在盲肠、结肠和直肠分布最低, 禁食组豚鼠消化道嗜银细胞在回肠、盲肠和直肠分布最低; 赵思琦等(2016)研究发现, 在给小鼠(*Mus musculus*)喂不同剂量诃子藏医药后, 小鼠消化道的嗜银细胞数量会明显增多, 且与低剂量的诃子藏医药相比, 高剂量的小鼠消化道嗜银细胞数量高于低剂量组。本实验研究发现, 对照组大鼠嗜银细胞密度低谷位于空肠、盲肠、回肠和直肠, 经过 2 周循环饥饿处理, 实验组嗜银细胞密度低谷位于空肠到直肠各段。本实验结果不同于已有研究成果中有关禁食对动物消化道嗜银细胞分布及形态的影响, 这可能与动物的种属特异性以及不同的饥饿条件对动物消化道嗜银细胞的影响不同有关。

3.2 对照组和实验组(循环饥饿投喂)大鼠消化道嗜银细胞的形态功能

内分泌系统是人體內重要的调节系统, 它是由身体不同部位和不同构造的内分泌腺和内分泌组织构成, 具有调节机体的新陈代谢、生长发育和对外界环境适应的作用。而内分泌功能的亢进或低下均可引起机体的功能紊乱(谢敏豪等 2008)。动物体胃肠道内分泌细胞的形态与功能密切相关, 本实验研究发现, 对照组大鼠消化道嗜银细胞主要以行使内分泌和外分泌功能的椭圆形及锥体形嗜银细胞为主, 而实验组主要以行使外分泌功能的锥体形嗜银细胞为主。推测实验组大鼠面对循环饥饿时, 消化系统会出于自我保护, 通过消耗自身组织储存的能量物质作为生理性适应调节, 减少了椭圆形闭合型的嗜银细胞, 抑制了胃肠的内分泌功能, 从而可能造成身体机能出现一定的紊乱。

随着人们生活水平的提高, 超重和肥胖人群越来越多, 由此带来的健康或社会问题也越来越严重。节食减肥方式被越来越多的人所采取。而这种不合理的节食虽然能在短期内快速降低体重, 但是也会导致机体的基础代谢率和生理机能降低。此外, 在一些运动项目中, 运动员会按照体重级别参加比赛, 比如柔道、摔跤、举重、拳击、赛艇轻量级、健美健体等。为了参加低一级别比赛, 一些运动员为了达到快速降体重的目的会选择禁食这种不安全的减体重措施, 会对身体造成潜在的伤害。通过本研究发现, 循环饥饿会使大鼠消化道各部位嗜银细胞的分布密度降低, 而嗜银细胞又是消化道内行使消化功能最主要的内分泌细胞, 嗜银细胞减少, 会使促进胃肠蠕动的激素分泌量降低, 胃肠道内分泌功能低下, 进而可能造成内分泌紊乱, 这会给机体生理机能和运动能力带来不利影响。运动员应该在比赛的前期, 保证训练量和维持原有的训练强度, 不影响运动能力的前提下, 通过适度限制饮食和中等程度的增加运动来达到比赛时所需的理想体重, 以期取得优异的成绩。

参 考 文 献

- McCue M D. 2010. Starvation physiology: Reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 156(1): 1–18.
- Radenahmad N, Boonyoung P, Kamkaew K, et al. 2014. Effects of young coconut juice on the numbers of argyrophil endocrine cells in the gastrointestinal tract of male rats: novel preliminary findings. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 36(6): 599–606.
- Vazquez N, Senos R, Perez W. 2012. Anatomy of the gross intestine of the capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 7(2): 92–95.
- 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.
- 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.
- 何聪. 2009. 运动员减、控体重期间的营养措施. 中国体育教练员, 17(2): 30-31.
- 刘璐, 徐金会, 孔杰, 等. 2010. 三种鼠类消化道长度和重量的比较. 曲阜师范大学学报: 自然科学版, 36(2): 109-112.
- 刘勇, 周正宏. 2006. 摔跤运动员赛前慢速减重结合快速减重训练期间身体机能变化的研究. 体育科学, 26(7): 40-46.
- 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.
- 苏胜彦, 盘文静, 张希昭, 等. 2017. 饥饿循环处理对黄河鲤新品系幼鱼补偿生长性能的影响. 上海海洋大学学报, 26(5): 699-705.
- 虞云, 曹坤, 刘龙伟, 等. 2017. 花鲢消化道嗜银细胞的分布及形态学观察. 黑龙江畜牧兽医, 11(21): 253-255, 308.
- 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, 10(12 上): 207-209.
- 王润, 王晓龙, 田相利, 等. 2018. 不同循环饥饿-投喂策略对珍珠龙胆石斑鱼生长和水质的影响. 海洋湖沼通报, 163(4): 66-73.
- 王万良, 王建银, 周建设, 等. 2018. 饥饿和恢复投喂对亚东鲑幼鱼的补偿生长. 水产科学, 37(1): 100-104.
- 伍亮, 赵秋平, 吴颖, 等. 2018. 花背蟾蜍消化道嗜银细胞形态和分布密度的增龄变化. 中国组织化学与细胞化学杂志, 27(6): 548-552.
- 谢敏豪, 冯炜权, 严翊. 2008. 运动内分泌学. 北京: 北京体育大学出版社, 1-3.
- 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, 14(7): 133-135.
- 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.
- 张艳秋, 张琴英. 2009. 运动员降控体重方法对运动能力的影响. 科技信息, (5): 394, 318.
- 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.
- 赵思琦, 何敏, 梁晓霞, 等. 2016. 诃子藏医炮制品对小鼠消化道嗜银细胞形态学及分布规律的影响. 中国兽医科学, 46(8): 1048-1056.