

# 家禽肠道黏膜形态结构及其调控的研究进展

王 圣<sup>1,2</sup> 李绍钰<sup>2\*</sup>

(1. 河南农业大学牧医工程学院, 郑州 450002; 2. 河南农业科学院畜牧兽医研究所, 郑州 450002)

**摘 要:** 肠道是机体营养物质消化吸收的主要场所,也是机体抵御外界病原微生物的第一道防线。因此,良好的肠道黏膜形态结构及其功能的完整性对保持家禽健康及维持正常生产性能具有重要意义。目前,肠道黏膜的屏障保护功能研究已成热点,研究发现,许多营养素及添加剂对家禽肠道黏膜形态结构和功能都具有积极作用。本文就家禽肠道黏膜形态结构及近年来对其调控的研究进展作以简单综述。

**关键词:** 家禽; 肠道黏膜; 形态结构; 紧密连接; 调控

中图分类号: S811

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)04-0699-06

作为机体营养物质消化吸收的主要场所,肠道也是机体抵御外界病原微生物的第一道防线。因此,良好的肠道黏膜形态结构及其功能的完整性对保持家禽健康及其生产性能具有重要意义。目前,针对肠道黏膜形态结构和功能的营养及非营养调控主要集中在人、小鼠和猪上,对家禽研究较少。本文旨在就家禽肠道黏膜形态结构及某些营养素和非营养添加剂对其的作用机理和影响作以简单综述,以促进对其进一步的研究应用。

## 1 肠道黏膜形态结构

肠道黏膜形态结构可看作肠道黏膜的机械屏障,是机体内外环境之间一种起机械保护作用的组织学屏障,构成了肠道黏膜屏障功能的基础。在营养物质吸收和防止微生物、毒素侵入机体方面有着非常重要的作用。肠道黏膜表面有许多环形皱襞,它是由黏膜和黏膜下层共同向肠腔内突起而形成的。黏膜面上有许多细小的绒毛状突起称为肠绒毛,它是由上皮细胞和固有层(lamina propria, LP)共同向肠腔突起而形成的。绒毛根部的上皮向固有层下陷形成管状小肠腺,称为肠隐窝。环形皱襞和肠绒毛使小肠表面积扩大了

20~30倍,有效地增强了小肠的吸收功能<sup>[1-2]</sup>。从细胞结构上讲,肠道黏膜形态结构主要由2个部分组成,即肠道黏膜上皮细胞及其侧面与底面的紧密连接(tight junction, TJ)。

### 1.1 肠道黏膜上皮细胞

肠道黏膜上皮细胞主要由吸收细胞、杯状细胞和内分泌细胞组成。其中吸收细胞最多,其主要功能是从肠腔中吸收营养物质,细胞游离面上有密集的微绒毛,极大地扩大了吸收面积;杯状细胞散在于吸收细胞之间,可以摄取葡萄糖和氨基酸,形成的糖蛋白可以分泌到管腔润滑肠道黏膜,对肠道黏膜有重要的化学保护作用<sup>[1]</sup>;潘氏细胞位于腺底部隐窝处,是小肠腺的特征性细胞,可分泌隐窝素(cryptdin)和溶菌酶,其中隐窝素是一种具有防御病原体入侵作用的广谱抗生素肽,对肠道病原微生物具有较强的杀灭作用<sup>[2]</sup>,而溶菌酶可破坏肠道细菌的细胞壁,杀灭细菌;干细胞位于肠绒毛根部小肠腺开口处,是一种分化潜力大、增殖能力强且能自我复制的未分化细胞,可向肠绒毛顶端分化迁移,补充死亡脱落的吸收细胞、杯状细胞、内分泌细胞以及小肠腺上的各种细胞<sup>[1]</sup>。

收稿日期: 2012-10-17

基金项目: 河南省农业科学院专项基金项目; 国家现代农业产业技术体系(CARS-42)

作者简介: 王 圣(1986—),男,河南新乡人,硕士研究生,从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: wangsheng65249479@163.com

\* 通讯作者: 李绍钰,研究员, E-mail: lsy9617@yahoo.com.cn

## 1.2 紧密连接

紧密连接属于不通透连接,普遍存在于脊椎动物体内各种上皮和内皮细胞等处,位于相邻上皮细胞侧面的顶端,形成点状、斑状或带状融合。它主要由咬合蛋白(occludin)、闭合蛋白(claudin)、连接黏附因子(JAM)3种膜蛋白和闭合小环蛋白(ZOI)组成,通常认为闭合蛋白是构成紧密连接的主要骨架蛋白。在透射电镜下观察,紧密连接处细胞膜内的膜蛋白颗粒紧密相贴,排列成2~4条线性结构,交错形成紧密相连的网络结构封闭了细胞间隙。这种结构可将细胞与细胞之间紧密固定在一起,使之形成完整的机械屏障;可以防止整合膜蛋白从侧面扩散,从而保持细胞的跨膜转运功能;正常情况下,物质必须靠扩散或主动运输通过细胞膜,而紧密连接通过调控作用可阻止肠道内细菌、毒素及炎症介质等物质透过细胞膜而进入肠道黏膜周围组织,维持肠道黏膜屏障保护功能的完整性<sup>[3]</sup>。由此可见,细胞间紧密连接在营养物质的吸收和屏障保护功能上起着十分重要的作用。

## 2 肠道黏膜形态结构的调控

肠道黏膜作为营养物质吸收的主要部位及机体第一道保护屏障,保持其结构的完整性对于维持机体健康和提高生产性能具有重要意义。现有的研究发现,谷氨酰胺、精氨酸、维生素A、短链脂肪酸等营养素及氧化锌和益生菌等非营养性添加剂对家禽肠道黏膜的生长发育、屏障保护及损伤后的修复具有积极作用。

### 2.1 谷氨酰胺

谷氨酰胺在人体中是非常普遍的游离氨基酸,而且在众多的代谢过程,如氨基酸转运和氮平衡中起着重要作用。谷氨酰胺是肠道黏膜上皮细胞和淋巴细胞快速分裂的主要物质来源。这些细胞在肠道黏膜屏障和免疫系统中发挥着重要作用。谷氨酰胺可加快饥饿后肠道黏膜细胞的更新,缓减肠绒毛萎缩,同时可增加结肠和回肠DNA含量和黏膜蛋白质含量<sup>[4]</sup>,降低腺窝深度,增加绒毛高度和数量。家禽空肠固有膜会随着家禽日龄的增加而变厚,添加外源谷氨酰胺能够防止家禽空肠固有膜变厚,保持肠道的高吸收率。Vermeulen等<sup>[5]</sup>的研究表明,谷氨酰胺可通过谷氨酰转氨酶转变为谷氨酸,谷氨酸由谷氨酸盐转运蛋

白(EAAT)转运至上皮细胞内作用于紧密连接,从而调节上皮细胞的通透性,减少细菌、毒素对机体的侵害。谷氨酰胺也是合成谷胱甘肽(GSH)的原料,在谷胱甘肽的合成中起着至关重要的作用,而谷胱甘肽是重要的抗氧化剂,能够抗氧化和抗细菌、毒素侵害,保护组织抗自由基的损伤,保护肠道黏膜正常的形态和结构功能,从而改善动物肠道的吸收功能。Denno等<sup>[6]</sup>报道,补充谷氨酰胺能使大鼠血清中的谷胱甘肽水平显著提高。李文立等<sup>[7]</sup>研究表明,基础饲料中添加谷氨酰胺显著提高了热应激条件下28日龄肉鸡肠道谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、超氧化物歧化酶(SOD)的活性,间接提高了谷胱甘肽的水平。

### 2.2 精氨酸

精氨酸是家禽的必需氨基酸,在动物体内主要以L-精氨酸的方式起作用,同时影响肠道黏膜结构及其功能。精氨酸是一氧化氮(NO)、多胺和谷氨酰胺的前体物,在生物体内可以由一氧化氮合成酶(NOS)催化生成具有生物活性的NO,NO能激活肠道黏膜上的黏着斑激酶(FAK),而黏膜上的踝蛋白、肌动蛋白等蛋白质可被FAK激活,进而参与上皮细胞的迁移,形成新的上皮细胞,促进黏膜修复<sup>[8]</sup>。精氨酸分解是多胺合成的第一步,细胞内精氨酸的浓度可以调控多胺的合成。多胺可以调节DNA和蛋白质的合成,从而协调细胞的增殖和分化,在加快细胞增殖、组织形成及细胞分化中起着重要的作用,是小肠黏膜生长、发育、成熟、适应及修复创伤必需的物质<sup>[9]</sup>。另外,精氨酸的促分泌作用也与NO的产生有很大关系,NO是肠道的促分泌物质,能够促进肠液和电解质的分泌,抑制NOS的活性则会抑制这种促分泌作用<sup>[10-11]</sup>。目前,精氨酸在猪和小鼠上的研究较多,而在家禽上的研究相对较少。研究发现,肉鸡胚胎注射L-精氨酸能在出壳后不同时间内提高不同肠段黏膜的绒毛高度,降低隐窝深度,并提高绒毛高度/隐窝深度值,促进肉仔鸡早期肠道黏膜形态学的发育,完善肠道系统<sup>[12]</sup>。刘凤菊等<sup>[13]</sup>研究发现,随着饲料精氨酸水平的提高,隐窝深度有线性降低的趋势,绒毛高度/隐窝深度值有线性增加的趋势。热应激状态下,添加适量的精氨酸可以增加蛋鸡肠道黏膜中的NO含量,从而改善肠道黏膜的微循环,增加肠道黏膜的供血供氧,减轻黏膜的损伤<sup>[14]</sup>。

### 2.3 维生素 A

维生素 A 是动物必需的脂溶性维生素,在改善动物生产性能、维护肠道的生长发育以及肠上皮细胞增殖分化上起着重要的作用。维生素 A 缺乏会导致仔鸡小肠绒毛生长受阻,同时小肠绒毛杯状细胞数量减少。目前研究表明,正常情况下维生素 A 能够促进上皮细胞的分化成熟,但在一定程度上可减少上皮细胞的增殖分化。Uni 等<sup>[15]</sup>用按需要量添加的正常维生素 A 组与维生素 A 缺乏组相比,肉仔鸡肠上皮细胞增殖数量减少 50%。Takeshi 等<sup>[16]</sup>的体外研究表明,在培养液中添加维生素 A 后肠上皮细胞的增殖数量有减少趋势。但在消化道损伤修复过程中,维生素 A 能够促使肠上皮细胞从邻近区域向损伤区域的迁移生长,促进肠上皮细胞增殖。研究发现,在肠上皮细胞内存在视黄醇核受体 (RXR) 和视黄酸核受体 (RAR),它们在配体作用下,可调节肠上皮细胞增殖和分化<sup>[17]</sup>。维生素 A 的抗氧化功能可能也是影响细胞增殖分化的重要途径。维生素 A 的抗氧化功能有利于维持一个适宜肠道生长发育的氧化还原势能,可以减少肠上皮细胞遭受自由基和过氧化物的破坏,从而促进肠上皮细胞的增殖分化。Swartz-Basile 等<sup>[18]</sup>研究发现,添加维生素 A 可显著提高胶原蛋白 IV 的合成,促进肠上皮细胞迁移,从而间接调节上皮细胞的增殖。这些研究说明,正常情况下维生素 A 能够促进肠上皮细胞成熟分化,促进肠道发育,在一定程度上可减少肠道上皮细胞增殖,但在肠道损伤情况下可促使肠上皮细胞增殖,促进肠道上皮细胞向损伤区域迁移并修复肠道损伤,从而有利于肠道消化吸收功能的完善。

### 2.4 短链脂肪酸

结肠防御屏障的一个重要组分是覆盖上皮的黏膜层,主要由黏蛋白和肠三叶因子 (TFF3) 组成。肠三叶因子是几乎完全由肠杯状细胞分泌的内源性多肽,短链脂肪酸可诱导黏蛋白与三叶因子的分泌,这有助于改善黏膜层的黏弹特性,可减少炎症细胞的补充,并参与维护和修复肠道黏膜。在肠道黏膜受损情况下,丁酸可积极恢复转谷氨酰胺酶的活性水平,促使谷氨酰胺转变成谷氨酸,生成的谷氨酸可进入上皮细胞调节紧密连接,降低上皮细胞的通透性,防止有毒物质和炎性分子从外部环境进入黏膜下层和体循环。另外,短链脂

肪酸可抑制大肠杆菌等有害菌在肠道黏膜上的生长,而不影响有益菌的存在,表明短链脂肪酸可抵御肠道中的病原微生物,但其中的机理还尚不明确。Kotunia 等<sup>[19]</sup>在试验的结肠炎大鼠三硝基苯磺酸 (TNBS) 模型中肠内给予丁酸后三叶因子基因 mRNA 表达增加,间接维护了肠道黏膜。Jurkowska 等<sup>[20]</sup>认为添加丁酸钠可显著增加胃黏膜及肌膜的厚度、远侧段空肠及回肠隐窝的深度、绒毛高度及黏膜厚度,但是十二指肠黏膜厚度显著降低。王继凤等<sup>[21]</sup>报道,在饲料中添加 500 mg/kg 丁酸钠,可显著增加肉鸡小肠绒毛的高度、绒毛高度/隐窝深度值、黏膜厚度及肌层厚度,提高肉鸡小肠对营养物质吸收的能力。

### 2.5 氧化锌

研究表明,紧密连接中的 ZO1 具有维持和调节上皮栅栏的功能,还参与调节细胞物质转运、维持上皮极性等重要过程,闭合蛋白的功能涉及细胞间黏附、移动及调节细胞的通透性。添加高剂量氧化锌一方面可以提高闭合蛋白和 ZO1 的基因表达量,促进闭合蛋白和 ZO1 的生成从而维持肠道黏膜的屏障功能;另一方面可抑制细菌在肠道黏膜上的黏附,减少致病性细菌引起的肠屏障损伤。Li 等<sup>[22]</sup>研究发现,饲料添加高剂量氧化锌可以缓解早期断奶引起的仔猪肠形态的变化,显著提高了 21 日龄断奶仔猪断奶后小肠前段和中段绒毛高度,显著减少了小肠后段隐窝深度,总体显著提高了小肠段绒毛高度/隐窝深度值。Roselli 等<sup>[23]</sup>研究发现,用 Caco-2 作为模型的肠道细胞,使用高剂量氧化锌可增加其紧密连接的渗透性。目前,氧化锌对肠道黏膜形态的影响主要集中在猪与小鼠上,对家禽肠道黏膜形态的影响还未见报道,有待进一步试验研究。

### 2.6 益生菌

肠道黏膜损伤可使炎症因子大量进入机体,会导致炎症肠病 (IBD),甚至是全身性炎症反应综合征 (SIRS) 和多器官功能衰竭 (MOF),而益生菌黏附于肠道黏膜上,其发酵不同植物纤维产出的抗氧化剂能够抑制细胞核因子  $\kappa$ B (NF- $\kappa$ B) 的基因表达,减少促炎性因子的释放,间接促进了损伤黏膜的再生作用<sup>[24]</sup>。同时,益生菌可改善紧密连接的结构变化及闭合蛋白的表达分布,对致病性细菌引起的肠屏障损伤具有保护作用。益生菌能够调节肠道上皮黏膜细胞 (IEC) 内蛋白激酶 C (pro-

tein kinase C, PKC) 的活性, PKC 通过紧缩和松动细胞周围肌动球蛋白环 (PAMR) 来调节细胞紧密连接通透性, 从而增强肠上皮紧密连接, 减少细菌易位, 抑制 IEC 的凋亡, 从而达到保护肠道黏膜屏障的效果<sup>[25-26]</sup>。Mogilner 等<sup>[27]</sup>发现, 与对照组相比, 在饮水中添加益生菌可明显减少短肠综合征大鼠肠系膜、肝脏、血液 3 个靶器官的细菌移位, 显著增加其空肠、回肠黏膜 DNA 表达与蛋白质含量, 并且显著减少空肠、回肠上皮细胞凋亡。这表明益生菌对维持家禽肠道形态结构的完整性和屏障功能的完整性有积极影响。对 AP 大鼠补充益生菌可显著增加小肠和大肠跨膜结合蛋白的基因表达, 维持肠上皮的紧密连接, 纠正肠道菌群紊乱, 减少细菌易位, 达到保护肠道黏膜屏障的效果<sup>[28]</sup>。另外, 益生菌一方面诱导表皮生长因子受体的磷酸化水平来促进受损肠道的恢复; 另一方面, 益生菌通过调节鸟氨酸脱羧酶的基因表达, 调节丁二胺、精胺等聚胺类物质的分泌, 从而促进肠道上皮细胞的增殖、迁移、分化<sup>[29]</sup>。Awad 等<sup>[30]</sup>发现在饲料中添加益生菌与合生元可显著增加 35 日龄肉鸡空肠、回肠的绒毛高度和绒毛高度/隐窝深度值, 体重也有显著提升。Smirnov 等<sup>[31]</sup>报道, 饲料中添加复合益生菌能显著增加鸡胚胎后期小肠杯状细胞的数量, 显著提高空肠黏蛋白基因 mRNA 的表达量, 进而改变肠道黏液素动力学, 影响肠道养分的吸收。以上研究表明, 益生菌可以增加肠绒毛高度, 降低肠隐窝深度, 改善肠黏液分泌, 增强上皮细胞的紧密连接, 调节肠道上皮细胞增殖与分化, 从而修复受损肠道, 维持良好的肠道黏膜形态结构与屏障功能的完整性。

### 3 小结

综上所述, 家禽肠道黏膜形态结构及功能的完整性对家禽健康和家禽生产具有重要意义, 通过营养素及非营养性添加剂的调节可以促进家禽肠道黏膜的发育及损伤的修复, 从而使家禽更好地发挥其生产性能。然而, 其中一些营养素和非营养性添加剂的调控作用机制尚不完全清楚, 有待进一步探讨, 一些试验性研究结果要应用于家禽生产还需做更多的研究工作。

### 参考文献:

- [ 1 ] LUNQUEIRA L C. 组织学与胚胎学[M]. 高茂英译. 北京: 科学出版社, 2005: 177 - 178.
- [ 2 ] 徐昌芬, 陈永珍. 组织胚胎学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2006: 91 - 92.
- [ 3 ] NUSRAT A, PARKOS C A, VERKADE P, et al. Tight junctions are membrane microdomains[J]. Journal of Cell Science, 2000, 113(10): 1771 - 1781.
- [ 4 ] SALLOUM R M, HERSKOWITA K A, SOUBA W W. Dietary modulation of small intestinal glutamine transport in intestinal brush border membrane vesicles of rats[J]. Journal Surgical Research, 1990, 48(6): 635 - 638.
- [ 5 ] VERMEULEN M A, DE JONG J, VAESSEN M J, et al. Glutamate reduces experimental intestinal hyper permeability and facilitates glutamine support of gut integrity[J]. World Journal of Gastroenterol, 2011, 17(12): 1569 - 1573.
- [ 6 ] DENNO R, ROUNDS J D, FARIS R, et al. Glutamine enriched to talparenteral nutrition enhances plasma glutathione in the resting state[J]. Journal Surgical Research, 1996, 61(1): 35 - 38.
- [ 7 ] 李文立, 路静, 孙振钧. 谷氨酰胺对热应激肉鸡抗氧化性能的影响[J]. 动物营养学报, 2011, 23(4): 695 - 702.
- [ 8 ] TURNER P J, SCADDING G K, FOREMAN J C. Icatibant, a bradykinin B2 receptor antagonist, inhibits antigen-induced hyper responsiveness in subjects with seasonal allergic rhinitis[J]. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 2001, 107(1): 105 - 113.
- [ 9 ] ZHAO Y J, XU C Q, ZHANG W H, et al. Role of polyamines in myocardial ischemia/reperfusion injury and their interactions with nitric oxide[J]. European Journal of Pharmacology, 2007, 562(3): 236 - 246.
- [ 10 ] MOURAD F H, DOELL J O, ANDRE E A. L-arginine, nitric oxide, and intestinal secretion; studies in rat jejunum[J]. Cutis, 1996, 39: 539 - 544.
- [ 11 ] MOURAD F H, BARADA K A, ABDEL-MALAK N, et al. Interplay between nitric oxide and vasoactive intestinal polypeptide in inducing fluid secretion in rat jejunum[J]. The Journal of Physiology, 2003, 550: 863 - 871.
- [ 12 ] 师昆景, 谭荣炳, 吴灵英. 胚胎注射 L-精氨酸和 L-鸟氨酸对肉仔鸡早期肠道发育的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2009, 45(1): 24 - 28.
- [ 13 ] 刘凤菊, 芮于明, 王磊. 1~3 周龄雌性肉仔鸡精氨酸需要量[J]. 动物营养学报, 2011, 23(4): 571 - 577.
- [ 14 ] 张灿菲. 精氨酸对急性热应激鸡肠道粘膜免疫的影响[D]. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学, 2008:

- 18-20.
- [15] UNI Z, ZAIGER G, GAL-GGARBER O. Vitamin A deficiency interferes with proliferation and maturation of cells in the chicken small intestine[J]. *British Poultry Science*, 2000, 41: 410-415.
- [16] TAKESHI N, KAZUHITO R, KAYO N. Vitamin A up-regulates expression of bonetype alkaline phosphatase in a rat small intestinal crypt cell line and fetal rat small intestine[J]. *The Journal of Nutrition*, 1998, 128: 1869-1877.
- [17] PETKOVICH M. Regulation of gene expression by vitamin A; the role of nuclear retinoic acid reports[J]. *Annual Review of Nutrition*, 1992, 12: 443-471.
- [18] SWARTZ-BASILE D A, WANG L H, TANG Y Z, et al. Vitamin A deficiency inhibits intestinal adaptation by modulating apoptosis, proliferation, and enterocyte migration[J]. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 2003, 285(2): 424-432.
- [19] KOTUNIA A, WOLINSKI J, LAUBITZ D, et al. Effect of sodium butyrate on the small intestinal development in neonatal piglets feed by artificial sow[J]. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 2004, 55: 59-68.
- [20] JURKOWSKA M, WOLINSKI J, NIZIO A, et al. Effect of sodium butyrate on small intestinal tunica mucosa histology in neonatal piglets[J]. *Folia Universitatis Agriculture Stetinensis Zootechnica*, 2003, 45: 21-24.
- [21] 王继凤, 李芙燕, 陈耀星. 3种饲料添加剂对肉鸡小肠形态结构的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2008, 39(8): 1111-1115.
- [22] LI B T, VAN KESSEL A G. CAINE W R, et al. Small intestinal morphology and bacterial population in ileal digesta and feces of newly weaned pigs receiving a high dietary level of zinc oxide[J]. *Canadian Journal of Animal Science*, 2001, 81: 511-516.
- [23] ROSELLI M, FLANAMORE A, GARAGUSO I, et al. Zinc oxide protects cultured enterocytes from the damage induced by *Escherichia coli*[J]. *The Journal of Nutrition*, 2003, 133(12): 4077-4082.
- [24] BENGMARK S. Aggressive management of surgical emergencies[J]. *Annals of the Royal College of Surgeons England*, 2006, 88(7): 624-629.
- [25] ZHOU Y, QIN H, ZHANG M, et al. *Lactobacillus plantarum* inhibits intestinal epithelial barrier dysfunction induced by unconjugated bilirubin[J]. *British Journal of Nutrition*, 2010, 104(3): 390-401.
- [26] HANG M, WANG X Q, ZHOU Y K, et al. Effects of oral *Lactobacillus plantarum* on hepatocyte tight junction structure and function in rats with obstructive jaundice[J]. *Molecular Biology Reports*, 2010, 37(6): 2989-2999.
- [27] MOGILNER J G, SRUQO L, LURIE M, et al. Effect of probiotics on intestinal regrowth and bacterial translocation after massive small bowel resection in a rat[J]. *Journal of Pediatric Surgery*, 2007, 42(8): 1365-1371.
- [28] 范小兵, 杭晓敏. 益生菌对急性胰腺炎大鼠肠道微生态及紧密连接的影响[J]. *中国临床营养杂志*, 2006, 14(2): 82-85.
- [29] LAM E K, YU L, WONG H P, et al. Probiotic *Lactobacillus rhamnosus* GG enhances gastric ulcer healing in rats[J]. *European Journal of Pharmacology*, 2007, 565(1/2/3): 171-179.
- [30] AWAD W A, GHAREEB K, ABDEL-RAHEEM S, et al. Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights and intestinal histomorphology of broiler chickens[J]. *Poultry Science*, 2009, 88(1): 49-56.
- [31] SMIRNOV A, TAKO E, FERKET P R. Mucin gene expression and mucin content in the chicken intestinal goblet cells are affected by in ovo feeding of carbohydrates[J]. *Poultry Science*, 2006, 85: 669-673.

## Research Advances in Intestinal Mucosal Morphology and Its Regulation in Poultry

WANG Sheng<sup>1,2</sup> LI Shaoyu<sup>2\*</sup>

(1. College of Livestock Husbandry and Veterinary Engineering, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;  
2. Institute of Animal Science, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The gut is the primary place for animals to digest and absorb nutrients, and also is the first defense barrier to resist external pathogenic microorganisms. Therefore, it is of great significance to maintain the integrity of intestinal mucosal morphology and functions for poultry health and production. Currently, researches on the functions of the intestinal mucosal barrier have become a hot topic. It was found that some nutrients and additives had positive effects on poultry intestinal mucosal morphology. In this paper, a simple review was made from the recent studies about poultry intestinal mucosal morphology and its regulation. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(4):699-704]

**Key words:** poultry; intestinal mucosal; morphology; tight junction; regulation

\* Corresponding author, professor, E-mail: lsy9617@yahoo.com.cn