

杨树宝、徐晶、张桂山, 等. 不同日龄鸡呼吸道黏膜中 IgA 分泌细胞的分布规律 [J]. 华南农业大学学报, 2021, 42(5): 27-32.
YANG Shubao, XU Jing, ZHANG Guishan, et al. Distribution of IgA secreting cells in respiratory mucosa of chicken at different day-age[J]. Journal of South China Agricultural University, 2021, 42(5): 27-32.

不同日龄鸡呼吸道黏膜中 IgA 分泌细胞的分布规律

杨树宝^{1,2}, 徐 晶¹, 张桂山¹, 张英楠^{1,3}

(1 吉林医药学院 基础医学院, 吉林 吉林 132013; 2 吉林农业大学 动物科技学院, 吉林 长春 130118;
3 长春科技学院 生命科学学院, 吉林 长春 130600)

摘要:【目的】了解鸡呼吸道黏膜不同时期的免疫状态。【方法】选择海兰白鸡鸡胚(18、20 日龄)及不同日龄(1、4、7、14、21、35 和 56 日龄)雏鸡的鼻、喉、气管和肺脏样品,利用免疫组织化学方法研究 IgA⁺分泌细胞的出现、定位分布及数量变化过程。【结果】呼吸道各个器官黏膜中胚胎时期均没有 IgA⁺细胞出现,鼻和肺脏中 1 日龄时出现,喉黏膜中 4 日龄时出现,而气管黏膜中 7 日龄时才出现。随着日龄增长,各器官呼吸道黏膜中 IgA⁺细胞数量均逐渐增加。鼻黏膜以及肺脏初级支气管和次级支气管交叉处 4 日龄时较早地形成淋巴聚集物,喉黏膜中 7 日龄时形成,气管黏膜中 35 日龄时形成。在这些淋巴聚集物中 IgA⁺细胞均主要分布于淋巴聚集物的外周。35 日龄时,在鼻、喉和气管黏膜固有层以及上皮内均存在较多的 IgA⁺细胞,从而能够更有效和直接地分泌 SIgA,执行黏膜免疫功能。56 日龄时,4 种器官的呼吸道黏膜中 IgA⁺细胞的数量达到峰值,并在黏膜底部形成生发中心,具有了黏膜相关性淋巴组织的典型特征,从而更有效地执行黏膜免疫功能。【结论】鸡呼吸道黏膜中 IgA⁺细胞的分布和数量均呈现日龄相关性变化,并且在 35 日龄时,鼻、喉、气管和肺脏中 IgA⁺细胞数量和分布部位均达到一定规模,能够为呼吸道黏膜提供免疫保护。

关键词: 鸡; 呼吸道黏膜; IgA⁺分泌细胞; 分布规律; 黏膜免疫
中图分类号: S852.165 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-411X(2021)05-0027-06

Distribution of IgA secreting cells in respiratory mucosa of chicken at different day-age

YANG Shubao^{1,2}, XU Jing¹, ZHANG Guishan¹, ZHANG Yingnan^{1,3}

(1 College of Basic Medicine, Jilin Medical University, Jilin 132013, China; 2 College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 3 College of Life Science, Changchun Sci-Tech University, Changchun 130600, China)

Abstract: 【Objective】To understand the immune status of chicken respiratory mucosa at different stages. 【Method】The embryo of Hy-line white chickens (18- and 20-day-old), and the nose, larynx, trachea and lung of chickens at different day-age (1-, 4-, 7-, 14-, 21-, 35- and 56-day-old) were selected in this study. The occurrence, location, distribution and quantity change of IgA⁺ secreting cells were studied by immunohistochemical method. 【Result】There was no IgA⁺ cell in the mucosa of each respiratory organ during the

embryonic period. IgA⁺ cells were present in the nose and lung at 1-day-old age, laryngeal mucosa at 4-day-old age, and tracheal mucosa at 7-day-old age. The number of IgA⁺ cells in the respiratory mucosa of each organ increased gradually with the increase of age. The lymphoid aggregates were formed earlier in the nasal mucosa and the intersections of the primary and secondary bronchus in the lung at 4-day-old age, and formed in the laryngeal mucosa at 7-day-old age, in the tracheal mucosa at 35-day-old age. The IgA⁺ cells in these lymphoid aggregates were all mainly distributed on the periphery of the lymphoid aggregates. At 35-day-old age, there were more IgA⁺ cells in the mucosal lamina propria and the epithelium of the nose, larynx and trachea, and thus more effective and direct secretion of SIgA could be performed for mucosal immunity. At 56-day-old age, the number of IgA⁺ cells in the respiratory mucosa of the four organs reached a peak and germinal centers were formed at the mucosal bottom, which was the characteristic of mucosal associated lymphoid tissue, thus more effectively performed mucosal immune function. 【Conclusion】 The distribution and number of IgA⁺ cells in the respiratory mucosa of chickens show age-related changes, and the number and distribution of IgA⁺ cells in the nose, larynx, trachea and lung all reach a certain scale at 35-day-old, which can provide immune protection for the respiratory mucosa.

Key words: chicken; respiratory mucosa; IgA⁺ secreting cells; distribution characteristic; mucosal immune

在动物呼吸过程中, 空气中的细菌、病毒等病原微生物会与呼吸道黏膜直接接触。呼吸道黏膜中的一些淋巴组织形成了机体抵御外界病原微生物入侵的第一道免疫屏障, 保护黏膜以及整个机体免受细菌和病毒等黏膜致病原的侵袭, 这些淋巴组织被称为呼吸道相关性淋巴组织, 包括支气管相关性淋巴组织、鼻黏膜相关性淋巴组织以及分布于气管和喉黏膜中的淋巴组织^[1-3]。存在于这些呼吸道相关性淋巴组织中的 T、B 淋巴细胞是最重要的免疫细胞, 对于局部及整个机体的免疫保护发挥重要作用。本研究在前期已经对不同日龄家禽的呼吸道黏膜中的淋巴组织以及其中的 CD3⁺、CD4⁺ 和 CD8⁺ T 淋巴细胞以及 Bu-1⁺ B 淋巴细胞的定位分布变化进行了报道^[4-8], 并证明呼吸道黏膜淋巴组织的组织结构以及其中的淋巴细胞类型、数量以及定位分布都随着日龄增长发生规律性变化, 而这些变化又可以反映呼吸道黏膜及机体的免疫状态。

SIgA 是由 IgA 分泌细胞分泌的蛋白分子, 是参与黏膜免疫的主要效应因子, 能够在黏膜表面形成一层保护层, 从而阻止外界病原微生物入侵黏膜及机体; 因此研究呼吸道中 IgA 分泌细胞的分布对预防呼吸道传播疾病具有重要意义^[9]。目前对于 IgA 分泌细胞分布的研究大多数是关于胃肠道黏膜中的^[10-11], 对于呼吸道 IgA 分泌细胞分布的研究较少; 而且研究对象主要是牛和猪等哺乳动物^[9, 12], 关于鸡呼吸道黏膜中 IgA 分泌细胞分布规律性的报道还比较少。

因此本研究利用免疫组织化学方法结合计算机图像分析技术观察 IgA 分泌细胞在不同生长发育阶段鸡鼻、喉、气管以及肺脏中的出现、迁移、组织定位和分布等发育过程, 从而反映不同发育时期鸡呼吸道的黏膜免疫状态变化, 为进一步研究家禽呼吸道黏膜的免疫机制奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验动物

200 枚海兰白鸡种蛋购自长春净月潭旅游开发区银河养殖场, 种蛋进行常规孵化, 雏鸡进行常规饲养。

1.2 主要试剂及仪器

冰冻切片 OCT 组织包埋液 (美国 Sakura 公司)、小鼠抗鸡 IgA 单克隆抗体 (美国 Southern Biotechnology 公司)、UltraSensitiveTM SP 超敏试剂盒 Kit-9901 (福州迈新公司), 依爱 EIF/C. DME3456 孵化机/出雏机 (广东依爱孵化机厂)、Leica CM1850 冰冻切片机 (德国 Leica 公司)、Olympus CX41 显微镜 (日本 Olympus 公司)、Pixera pro150ES 图像采集器 (美国 Pixera 公司)。

1.3 试验设计

200 枚试验用海兰白鸡种蛋进行孵化, 鸡出壳后置于动物室中常规饲养。分别选择未经过疫苗免疫的 18、20 日龄鸡胚, 1、4、7、14、21、35 和 56 日龄的雏鸡, 每个时期取 3 只鸡胚或雏鸡的新鲜鼻、喉、气管和肺等组织样品各 3 份。取材时鼻组织取鼻腔中部至鼻后孔的部分, 喉组织取喉口至气管交界处

的部分, 气管取主支气管杈上方气管的 0.5 cm 部分, 肺脏以肺门为中心点取材。

1.4 冰冻切片及免疫组织化学染色

将上述组织按照取材和修块时的预定切面分别垂直置于冰冻切片 OCT 包埋液中包埋, 液氮速冻后进行冰冻切片。鼻、喉气管组织选择-25℃进行切片, 肺脏选择-30℃切片, 切片厚 5 μm, 每个样本连续切片 10 张, -80℃低温冰箱中保存备用。

切片经 4℃预冷的丙酮固定后, 进行免疫组化染色: 每张切片滴加 φ 为 3% 的过氧化氢溶液, 室温孵育 10 min; PBS 缓冲液洗 3 次, 每次 3 min; 除去 PBS 缓冲液, 每张切片分别滴加小鼠抗鸡 IgA 单克隆抗体工作液, 37℃孵育 1 h; PBS 缓冲液洗 3 次, 每次 3 min; 每张切片滴加 UltraSensitive™ SP 超敏试剂盒中的聚合物增强剂 (试剂 A), 室温孵育 20 min; PBS 缓冲液洗 3 次, 每次 3 min; 每张切片滴加酶标抗鼠/兔聚合物 (试剂 B), 室温孵育 30 min; PBS 缓冲液洗 3 次, 每次 3 min; DAB 显色; 苏木精复染; 自来水冲洗返蓝; 梯度乙醇溶液 (体积分数分别为 70%、80%、95% 和 100%) 脱水; 二甲苯透明; 中性树脂封片; 照相。

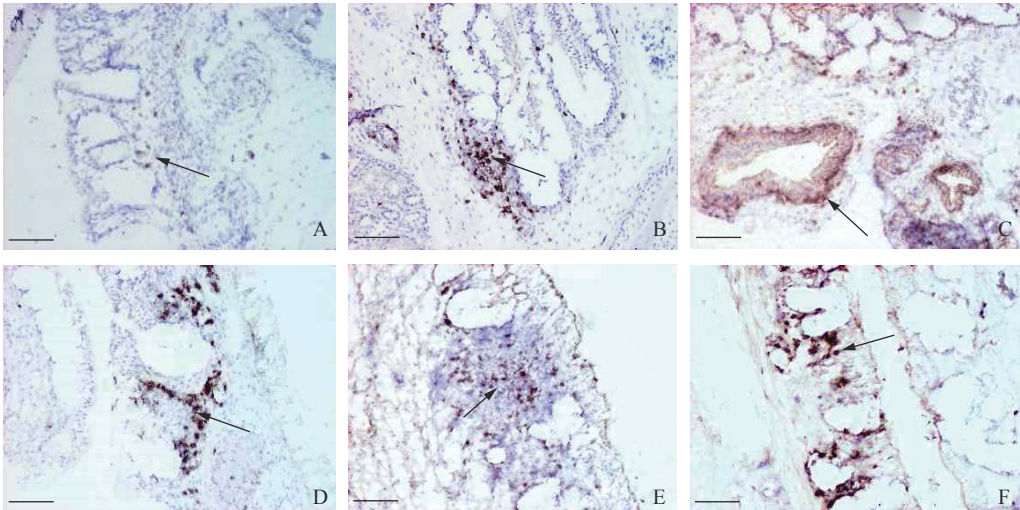
1.5 图像采集与分析

每个样本选取 3 张免疫组化染色的连续切片, 每张切片于 10 倍物镜下随机选取 3 个视野, 采用 Image-pro plus6. 0 图像分析软件对单位视野内 IgA 阳性 (IgA⁺) 细胞进行观察和分析。

2 结果与分析

2.1 鼻黏膜中 IgA⁺分泌细胞的分布规律

胚胎时期, 鼻黏膜中没有 IgA⁺分泌细胞出现。出壳后 1 日龄, 靠近鼻后孔鼻腔侧黏膜下开始出现 IgA⁺分泌细胞 (图 1A)。4 日龄时, 鼻泪管黏膜周围较早地出现淋巴聚集物, 形成鼻黏膜相关性淋巴组织, IgA⁺分泌细胞集中在淋巴组织外周 (图 1B), 另外此时也有阳性细胞分布在鼻腺周围 (图 1C)。7 日龄时, 鼻腔和鼻泪管开口处黏膜中的淋巴组织比较发达, IgA⁺细胞仍主要分布于淋巴组织外周 (图 1D)。14 和 21 日龄时, 淋巴组织特别发达, 但此时只有少量的 IgA⁺细胞分布在淋巴组织中 (1E)。35 和 56 日龄时, 在鼻黏膜固有层底层开始有生发中心出现, 浓染的 IgA⁺细胞存在于鼻黏膜单泡状黏液腺之间的柱状皱襞固有层中 (图 1F)。



A: 1 日龄 (箭头指向鼻后孔鼻腔侧黏膜下的 IgA⁺细胞), B: 4 日龄 (箭头指向鼻黏膜相关性淋巴组织中的 IgA⁺细胞), C: 4 日龄 (箭头指向鼻腺周围的 IgA⁺细胞), D: 7 日龄 (箭头指向鼻黏膜相关性淋巴组织中的 IgA⁺细胞), E: 21 日龄 (箭头指向鼻黏膜相关性淋巴组织中的 IgA⁺细胞), F: 35 日龄 (箭头指向柱状皱襞固有层中的 IgA⁺细胞); 标尺=100 μm

A: 1-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the submucosa of the nasal cavity in the posterior nasal foramen), B: 4-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the associated lymphoid tissue of nasal mucosa), C: 4-day-old (arrow points to IgA⁺ cells around the nasal glands), D: 7-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the associated lymphoid tissue of nasal mucosa), E: 21-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the associated lymphoid tissue of nasal mucosa), F: 35-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the columnar plica lamina propria); Bar = 100 μm

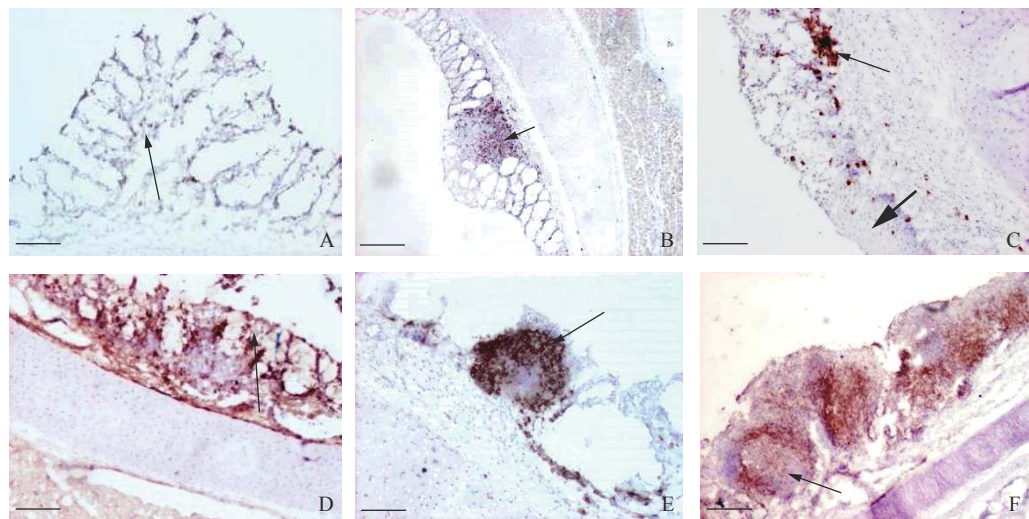
图 1 不同日龄鸡鼻黏膜中 IgA⁺分泌细胞的分布情况

Fig. 1 Distribution of IgA⁺ secreting cells in the nasal mucosa of chicken at different day-age

2.2 喉黏膜中 IgA⁺分泌细胞的分布规律

4 日龄时, IgA⁺分泌细胞开始出现在喉腔底壁的正中黏膜嵴中 (图 2A)。7 日龄时, 喉黏膜中 IgA⁺分泌细胞明显增加, 而且在正中黏膜嵴中形成

淋巴聚集物, 其表面仍被假复层柱状纤毛上皮所覆盖, 此时 IgA⁺细胞主要集中在下部区域 (图 2B)。14 日龄时, IgA⁺细胞数量有所增加, 在喉口黏膜上皮转换处, 2 种黏膜上皮 IgA⁺细胞的分布截然不



A: 4 日龄 (箭头指向喉正中黏膜嵴中的 IgA⁺细胞), B: 7 日龄 (箭头指向淋巴聚集物中的 IgA⁺细胞), C: 14 日龄 (细箭头指向喉口处喉腔侧的呼吸性假复层柱状纤毛上皮下形成的淋巴聚集物, 粗箭头指向复层扁平上皮), D: 21 日龄 (箭头指向黏膜上皮中的 IgA⁺细胞), E: 35 日龄 (箭头指向集中在淋巴聚集物外周的 IgA⁺细胞), F: 56 日龄 (箭头指向生发中心); 标尺=100 μm

A: 4-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the mid-laryngeal mucosa cristae), B: 7-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the lymphoid aggregates), C: 14-day-old (thin arrow points to the lymphatic aggregates formed under respiratory pseudostratified columnar ciliated epithelium at the laryngeal opening, thick arrow points to the stratified flattened epithelium), D: 21-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the mucosal epithelium), E: 35-day-old (arrow points to IgA⁺ cells concentrated around the lymphoid aggregates), F: 35-day-old (arrow points to the germinal center); Bar = 100 μm

图 2 不同日龄鸡喉黏膜中 IgA⁺分泌细胞的分布情况

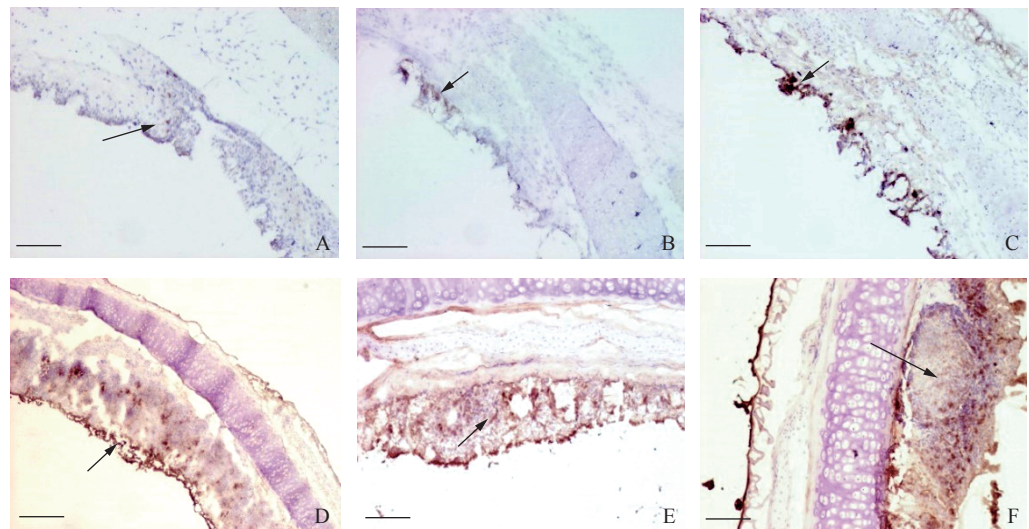
Fig. 2 Distribution of IgA⁺ secreting cells in the laryngeal mucosa of chicken at different day-age

同, 口腔侧的复层扁平上皮几乎没有 IgA⁺细胞存在, 而在喉腔侧的呼吸性假复层柱状纤毛上皮聚集了较多 IgA⁺细胞, 并形成淋巴聚集物 (图 2C)。21 日龄时, IgA⁺细胞数量较 14 日龄明显增加, 此时, IgA⁺细胞分布于整个喉黏膜中, 另在黏膜上皮中也有阳性细胞存在 (图 2D)。35 日龄时, 在喉黏膜中出现较大的淋巴聚集物, 而且其中 IgA⁺细胞数量

较多, 并集中在淋巴聚集物外周 (图 2E)。56 日龄时, IgA⁺细胞明显增多, 黏膜固有层底端出现主要由 IgA⁺细胞构成的生发中心 (图 2F)。

2.3 气管黏膜中 IgA⁺分泌细胞的分布规律

直至出壳后 7 日龄, 气管黏膜中才有 IgA⁺分泌细胞出现 (图 3A)。与 7 日龄比较, 14 和 21 日龄时气管黏膜厚度均变化不大, 其中的 IgA⁺细胞数量和



A: 7 日龄 (箭头指向气管黏膜固有层中的 IgA⁺细胞), B: 14 日龄 (箭头指向气管黏膜中的 IgA⁺细胞), C: 21 日龄 (箭头指向气管黏膜中的 IgA⁺细胞), D: 35 日龄 (箭头指向黏膜上皮中的 IgA⁺细胞), E: 35 日龄 (箭头指向散布在整个黏膜固有层中的 IgA⁺细胞), F: 56 日龄 (箭头指向生发中心); 标尺 = 100 μm

A: 7-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the lamina propria of tracheal mucosa), B: 14-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the tracheal mucosa), C: 21-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the tracheal mucosa), D: 35-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the mucosal epithelium), E: 35-day-old (arrow points to IgA⁺ cells scattered throughout the lamina propria of mucosa), F: 56-day-old (arrow points to the germinal center); Bar = 100 μm

图 3 不同日龄鸡气管黏膜中 IgA⁺分泌细胞的分布情况

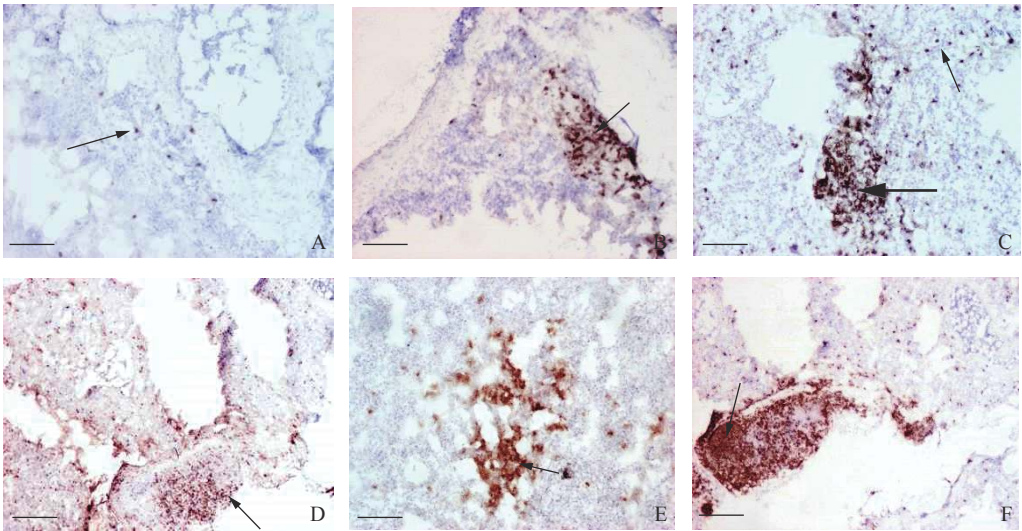
Fig. 3 Distribution of IgA⁺ secreting cells in the tracheal mucosa of chicken at different day-age

分布也都无明显变化(图 3B、3C)。35 日龄时, 在气管黏膜中形成淋巴聚集物, 浓染的 IgA⁺细胞分布在淋巴聚集物中, 在黏膜上皮中也分布有阳性细胞(图 3D); 另外, 此时在没有淋巴聚集物的气管黏膜中, IgA⁺细胞散布在整个黏膜固有层和上皮内(图 3E)。56 日龄时, 气管黏膜中形成了许多淋巴聚集物, 特别是在黏膜固有层底端开始形成生发中心, IgA⁺细胞主要分布在生发中心的中上部区域(图 3F)。

2.4 肺脏中 IgA⁺分泌细胞的分布规律

1 日龄时, 肺脏组织中开始出现 IgA⁺细胞, 并主要分布于大血管周围(图 4A)。4 日龄时, 在初级支气管与次级支气管交汇处形成了明显的支气管相

关性淋巴组织, 此时 IgA⁺细胞主要存在于这些淋巴组织中(图 4B)。7 和 14 日龄时, IgA⁺细胞除了分布于支气管相关性淋巴组织中之外, 也较多地分布在三级支气管肺脏实质中(图 4C)。21 日龄时, 肺脏中支气管相关性淋巴组织特别发达, 其中 IgA⁺细胞数量明显增加, 分布也更为密集, 并主要集中在支气管相关性淋巴组织靠近管腔一侧(图 4D)。35 日龄时, 无论是支气管相关性淋巴组织中, 还是肺小叶中 IgA⁺细胞的数量都持续增加, 在房间隔上也存在大量阳性细胞(图 4E)。56 日龄时, 大量 IgA⁺细胞集中在支气管相关性淋巴组织中, 并且在支气管相关性淋巴组织底部形成生发中心(图 4F)。



A: 1 日龄 (箭头指向大血管周围的 IgA⁺细胞), B: 4 日龄 (箭头指向支气管相关性淋巴组织中的 IgA⁺细胞), C: 14 日龄 (细箭头指向肺脏实质中的 IgA⁺细胞, 粗箭头指向支气管相关性淋巴组织中的 IgA⁺细胞), D: 21 日龄 (箭头指向集中在支气管相关性淋巴组织靠近管腔一侧的 IgA⁺细胞), E: 35 日龄 (箭头指向房间隔上的 IgA⁺细胞), F: 56 日龄 (箭头指向生发中心); 标尺 = 100 μm

A: 1-day-old (arrow points to IgA⁺ cells around the great vessels), B: 4-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the bronchial associated lymphoid tissue), C: 14-day-old (thin arrow points to IgA⁺ cells in the lung parenchyma; thick arrow points to IgA⁺ cells in the bronchial associated lymphoid tissue), D: 21-day-old (arrow points to IgA⁺ cells concentrated near the luminal side of bronchial associated lymphoid tissue), E: 35-day-old (arrow points to IgA⁺ cells in the atrial septum), F: 56-day-old (arrow points to the germinal center); Bar = 100 μm

图 4 不同日龄鸡肺脏中 IgA⁺分泌细胞的分布情况

Fig. 4 Distribution of IgA⁺ secreting cells in the lung of chicken at different day-age

3 讨论与结论

鼻黏膜是动物吸气时最先与微生物以及悬浮颗粒接触的部位。虽然这些物质能够初步被鼻腔黏液机械性地移除, 但是其中的病原微生物需要鼻黏膜中的相关性淋巴组织来负责识别、处理和清除^[8]。本研究发现, 在鼻黏膜、鼻腺以及鼻泪管内均存在 IgA⁺分泌细胞, 并且在 4 日龄时都形成了成型的鼻黏膜相关性淋巴组织, 其中以存在于鼻泪管开口处的鼻黏膜相关性淋巴组织最为发达, 分析原因可能是: 鼻泪管是联系鼻腔和眼睛的重要通道, 鼻泪管开口处的黏膜内含有丰富的血管系统即静脉丛, 这是淋巴细胞循环的重要结构基础, 淋巴细胞

会随着血液以及淋巴循环运送至此处并定植; 另外, 眼泪能够从眼睛周围的泪腺排入鼻腔, 因此混于泪液中的抗原会随泪液一起进入鼻腔, 更易刺激鼻泪管开口处黏膜中 IgA 分泌细胞的增殖^[13]。IgA 分泌细胞存在于这些部位, 能够及时分泌产生 SIgA, 从而发挥黏膜免疫功能。

喉突出于消化道和呼吸道共同组成的交叉通道——咽, 食物和吸入的空气均会经由此处, 同时会有大量病原微生物通过黏液或气体进入喉口和喉腔, 因此喉定位的特殊性和重要性使其成为黏膜免疫的关键部位。本研究发现, 鸡喉黏膜中 4 日龄时开始出现 IgA⁺分泌细胞, 而且主要分布于喉腔底壁的正中黏膜嵴中, 具有这种分布特点的原

因可能是正中黏膜嵴在喉腔内的位置较低,喉黏膜分泌的黏液更容易汇集于底壁,从而会黏附空气中的病原菌和颗粒物;另外正中黏膜嵴在此处突出,会与进入喉腔的气体频繁接触,接触病原的机率较大,使 IgA⁺分泌细胞更易于此处定植,从而行使黏膜免疫功能。与本研究相似,Kracke 等^[14]研究发现,在儿童和成人喉黏膜中有发达的淋巴组织存在,这些淋巴组织具有黏膜相关性淋巴组织的一般形态学特征,比如黏膜上皮中有较多淋巴细胞浸润,固有层中有淋巴细胞密集分布的淋巴聚集物;因此这些淋巴组织可以称为喉相关性淋巴组织,这些淋巴组织中的淋巴聚集物主要由 IgA⁺ B 淋巴细胞组成,其中也含有少量 CD4⁺ T 淋巴细胞。

本研究发现,鸡气管中 IgA⁺分泌细胞的出现比鼻、喉和肺脏都晚,直至出壳后 7 日龄,气管黏膜中才有部分 IgA⁺分泌细胞出现。从 35 日龄开始,在气管黏膜上皮中也分布有 IgA⁺分泌细胞。气管黏膜上皮在出壳后为假复层柱状纤毛上皮,在这种上皮内有泡状黏液腺,存在于上皮细胞上的纤毛是家禽呼吸道抵抗感染的重要防线,可以黏附和移除病原和颗粒;IgA⁺分泌细胞分布于此,能够及时分泌 SIgA 免疫分子,从而与纤毛和黏液共同执行黏膜免疫功能。

本研究发现,4 日龄时,在鸡肺脏的初级支气管与次级支气管交汇处形成明显的支气管相关性淋巴组织;56 日龄时,支气管相关性淋巴组织中形成主要由 IgA⁺分泌细胞构成的的生发中心,因此 56 日龄时支气管相关性淋巴组织基本发育成熟,具备了参与肺脏局部黏膜免疫的成熟结构基础。目前对于肺脏实质免疫系统的结构和功能性的关系还所知甚少。本研究也发现,在肺小叶间结缔组织、三级支气管管壁和肺房的房间隔中都存在 IgA⁺分泌细胞,大量的 IgA⁺细胞分布于肺脏实质中,从而能够分泌 SIgA,并分布于肺内各级支气管以及换气区域,从而有效发挥黏膜免疫功能。Lawrence 等^[15]的研究也证实肺脏实质内大量的 IgA 分泌细胞是肺内黏膜表面 SIgA 的主要来源。

综上所述,鸡呼吸道黏膜中 IgA⁺细胞的分布和数量均呈现日龄相关性变化,并且在 35 日龄时,鼻、喉、气管和肺脏中 IgA⁺细胞数量和分布部位均达到一定规模,能够为呼吸道黏膜提供免疫保护。

参考文献:

[1] SMIALEK M, TYKALOWSKI B, STENZEL T, et al.

Local immunity of the respiratory mucosal system in chickens and turkeys[J]. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 2011, 14(2): 291-297.

[2] INVERNIZZI R, LLOYD C M, MOLYNEAUX P L. Respiratory microbiome and epithelial interactions shape immunity in the lungs[J]. *Immunology*, 2020, 160(2): 171-182.

[3] DE GEUS E D, REBEL J M J, VERVELDE L. Induction of respiratory immune responses in the chicken; Implications for development of mucosal avian influenza virus vaccines[J]. *Veterinary Quarterly*, 2012, 32(2): 75-86.

[4] 张英楠, 杨树宝. 不同日龄蛋鸡肺脏组织结构及其淋巴组织发育的研究[J]. *中国家禽*, 2019, 41(6): 11-15.

[5] 杨树宝, 冯小刚, 于丹, 等. 鸡鼻黏膜及其淋巴组织发育的组织学观察[J]. *中国兽医杂志*, 2014, 50(11): 7-9.

[6] 张英楠, 徐晶, 栾维民, 等. 不同日龄鸡肺脏中 CD4⁺、CD8⁺ T 淋巴细胞分布规律[J]. *中国畜牧兽医*, 2019, 46(10): 3052-3057.

[7] 张英楠, 杨树宝, 单春兰, 等. 不同日龄蛋鸡气管黏膜中免疫细胞分布的变化规律[J]. *中国兽医科学*, 2016, 46(9): 1147-1152.

[8] 杨树宝, 张英楠, 马馨, 等. 不同日龄鸡鼻相关性淋巴组织中 T 和 B 淋巴细胞分布规律[J]. *中国预防兽医学报*, 2014, 36(6): 483-486.

[9] 李乙江, 杨晶晶, 牛自兵, 等. 黄牛呼吸道 IgA 分泌细胞和淋巴组织分布的研究[J]. *南京农业大学学报*, 2017, 40(6): 1100-1104.

[10] FARSTAD I N, CARLSEN H, MORTON H C, et al. Immunoglobulin A cell distribution in the human small intestine: Phenotypic and functional characteristics[J]. *Immunology*, 2000, 101(3): 354-363.

[11] POTOCKOVA H, SINKOROVA J, KAROVA K, et al. The distribution of lymphoid cells in the small intestine of germ-free and conventional piglets[J]. *Developmental and Comparative Immunology*, 2015, 51(1): 99-107.

[12] 李鹏成, 刘志学, 高君恺, 等. 猪呼吸道 IgA 和 IgG 分泌细胞的分布[J]. *畜牧兽医学报*, 2010, 41(7): 873-877.

[13] VAN GINKEL F W, GULLEY S L, LAMMERS A, et al. Conjunctiva-associated lymphoid tissue in avian mucosal immunity[J]. *Developmental and Comparative Immunology*, 2012, 36(2): 289-297.

[14] KRACKE A, HILLER A S, TSCHERNIG T, et al. Larynx-associated lymphoid tissue (LALT) in young children[J]. *Anatomical Record*, 1997, 248(3): 413-420.

[15] LAWRENCE E C, ARNAUD-BATTANDIER F, KOSKI I R, et al. Tissue distribution of immunoglobulin-secreting cells in normal and IgA deficient chickens[J]. *Journal of Immunology*, 1979, 123(4): 1767-1771.

【责任编辑 李庆玲】