

潘仰栋, 刁胤轩, 蒲响林, 等. 巨型艾美耳球虫感染对鸡 Toll 样受体的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (2): 76-81.

PAN Y D, DIAO Y X, PU X L, et al. Effect of *Eimeria maxima* infection on Toll-like receptors in chickens [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (2): 76-81.

巨型艾美耳球虫感染对鸡 Toll 样受体的影响

潘仰栋, 刁胤轩, 蒲响林, 陆明敏, 徐立新, 严若峰, 李祥瑞, 宋小凯*

(南京农业大学动物医学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 为了探究巨型艾美耳球虫 (*Eimeria maxima*) 感染对宿主局部免疫组织盲肠扁桃体和系统免疫组织 (脾脏和外周血) 中 Toll 样受体 (Toll like receptor, TLR) 的影响, 用巨型艾美耳球虫感染雏鸡, 感染后第 0、3、7 和 11 天, 采集鸡盲肠扁桃体、外周血和脾脏淋巴细胞, 用实时荧光定量 PCR 检测上述组织中 8 种鸡 TLR 的 mRNA 水平变化。结果显示: TLR4 和 TLR21 mRNA 水平在 3 种组织中无显著变化; TLR2 mRNA 水平在感染后第 3 天开始在外周血和脾脏中显著下降 ($P<0.05$), 在盲肠扁桃体中第 3 和 7 天无显著变化, 在第 11 天显著上升 ($P<0.01$)。TLR1、TLR3、TLR5、TLR7 和 TLR15 mRNA 水平在 3 种组织中显著上升 ($P<0.05$), 但应答时间有所差异, 具体为 TLR1 和 TLR3 mRNA 水平在盲肠扁桃体中在第 3 天开始上升, 而在外周血和脾脏中第 7 天开始上升; TLR5 和 TLR15 mRNA 水平在外周血和脾脏中第 3 天开始上升, 而在盲肠扁桃体中第 7 天开始上升。结果表明: 巨型艾美耳球虫感染上调宿主 3 种组织中的 TLR1、TLR3、TLR5、TLR7 和 TLR15 mRNA 水平, 下调外周血和脾脏中的 TLR2 mRNA 水平; 盲肠扁桃体 TLR1 和 TLR3 mRNA 水平上升早于外周血和脾脏, 而其 TLR5 和 TLR15 mRNA 水平上升晚于外周血和脾脏。本研究为揭示鸡 TLR 在抗球虫感染中的作用提供依据, 也为揭示鸡球虫先天性免疫机制提供参考。

关键词: 巨型艾美耳球虫; Toll 样受体; 先天性免疫; 鸡球虫病

中图分类号: S855.9 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2024)02-0076-06

Effect of *Eimeria maxima* infection on Toll-like receptors in chickens

PAN Yangdong, DIAO Yinxuan, PU Xianglin, LU Mingmin, XU Lixin, YAN Ruofeng,
LI Xiangrui, SONG Xiaokai*

(College of Veterinary Medicine, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: This study was to explore the effect of *Eimeria maxima* infection on TLR in local immune tissues (cecal tonsils) and systemic immune tissues (spleen and peripheral blood) of the infected chickens. Chickens were infected with *Eimeria maxima*. On the 0, 3rd, 7th and 11th days after infection, the samples of cecal tonsils, peripheral blood and spleen lymphocytes were collected from the infected chickens, respectively. Then, the mRNA levels of 8 TLR in the tissues of the infected chicken were detected by real-time fluorescent quantitative PCR. The results showed that the mRNA levels of TLR4 and TLR21 did not exhibit significant changes in the three tissues. The mRNA level of TLR2 significantly decreased in the peripheral blood and spleen from the 3rd day after infection ($P<0.05$), but did not show significant changes in the cecal tonsils on the 3rd and 7th days, and increased significantly on the 11th day ($P<0.01$). The mRNA levels of TLR1, TLR3, TLR5, TLR7 and TLR15 increased significantly in the three tissues ($P<0.05$), but the response time was different. The mRNA levels of TLR1 and TLR3 began to rise on the 3rd day in the cecal tonsils, and on the 7th day in the peripheral blood and spleen. The mRNA levels of TLR5 and TLR15 began to rise on the 3rd day in peripheral blood and spleen, and on the 7th day in cecal tonsil. The levels of TLR1, TLR3, TLR5, TLR7 and TLR15 were up-regulated in the three tissues of the host after infection with *Eimeria maxima*, and TLR2 were down-regulated in their peripheral blood and spleen. These results indicated that the mRNA levels of TLR1 and TLR3 in the cecal tonsils increased earlier than those in the peripheral blood and spleen, while TLR5 and TLR15 increased later than those in the peripheral blood and spleen. This study laid a foundation for revealing the role of chicken TLR against coccidia infection, and provided a reference for revealing the innate immune mechanism of chicken coccidia.

Keywords: *Eimeria maxima*; Toll-like receptors; innate immunity; chicken coccidiosis

收稿日期: 2023-04-12; 修回日期: 2023-12-11

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31972705, 32273034)

第一作者: 潘仰栋, 男, 硕士研究生

* 通信作者: 宋小凯, 博士, 教授, 研究方向为寄生虫分子与免疫学, E-mail: songxiaokai@njau.edu.cn.

鸡球虫为顶复门艾美耳属 (*Eimeria*) 肠道寄生性原虫, 公认的鸡球虫有 7 种, 其中巨型艾美耳球虫 (*E. maxima*) 是临床上危害最严重的虫种之一。鸡球虫感染引起鸡球虫病, 该病全球流行, 给全球养禽业带了巨大的经济损失, Blake 等^[1] 估算鸡球虫病 2016 年在全球范围内造成的经济损失为 104 亿英镑。

在鸡球虫入侵宿主的早期, 先天性免疫在抗球虫感染中发挥主要作用^[2-3]。Toll 样受体 (Toll like receptor, TLR) 是一种重要的模式识别受体 (pattern recognition receptor, PRR), 作为先天性免疫的重要组成部分, 它能够检测识别多种病原体相关的分子模式 (pathogen associated molecular pattern, PAMP), 如脂质、蛋白质、脂蛋白和核酸等, 启动机体的先天性免疫和获得性免疫^[4-6]。已有研究表明, 一些肠道病原体如沙门菌感染鸡后, 会引起宿主多种 TLR 发生免疫应答, 且应答水平不同^[7]; 在鸡球虫方面, 早熟艾美耳球虫 (*E. praecox*) 和柔嫩艾美耳球虫 (*E. tenella*) 感染亦可引起宿主特定 TLR 表达水平的变化^[8-9], 提示鸡 TLR 在抵抗肠道病原体感染中发挥重要作用。而有关巨型艾美耳球虫感染对宿主 TLR 的影响还未见报道。鸡球虫主要入侵肠道组织, 盲肠扁桃体是肠道中重要的局部免疫组织^[10], 外周血、脾脏则是机体重要的免疫组织。为了探究巨型艾美耳球虫感染对宿主 TLR 的影响, 本研究用巨型艾美耳球虫感染鸡后, 选取上述 3 个组织, 对其中的 TLR1、TLR2、TLR3、TLR4、TLR5、TLR7、TLR15、TLR21 等 8 种 TLR 转录水平进行检测^[7-8, 11-12], 为探究鸡 TLR 在抗球虫感染中的作用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验动物与虫株

1 日龄海兰褐雏鸡购自南京某鸡场, 未进行任何疫苗接种, 饲养于无鸡球虫卵囊环境中, 自由采食, 饲料和饮用水不含任何抗球虫药物。

巨型艾美耳球虫由南京农业大学寄生虫病实验室分离纯化, 4 °C 保存在 2.5% 重铬酸钾溶液中, 每 3 个月复苏 1 次。

1.2 试验试剂

UnionScript First-strand cDNA Synthesis Mix for qPCR (with dsDNase)、DEPC 水、TRIzol 购自诺威赞公司, GS AntiQ qPCR SYBR Green Master Mix 购自金沙公司, 三氯甲烷、异丙醇和乙醇购自 Aladdin, 外周血淋巴细胞分离液购自天津灏洋。

1.3 试验仪器

全自动样品组织研磨仪 (上海净信), 超微量紫外分光光度计 Nanodrop One (Thermo), 冷冻台式离

心机 (Eppendorf), 荧光定量 PCR 仪 (ABI Quant Studio 6 Flex)。

1.4 试验动物的分组与感染

将 14 日龄雏鸡随机分为感染组和对照组, 每组 20 只鸡。感染组每只鸡经口感染 2×10^4 个巨型艾美耳球虫孢子化卵囊, 感染组与对照组分开饲养, 对照组在无球虫环境下进行饲养。

1.5 待检样本采集与处理

分别于感染后第 0、3、7 和 11 天, 随机选取 5 只鸡, 收集其外周血、脾脏及盲肠扁桃体, 做好标记, 对照组同步采样。

1.5.1 鸡盲肠扁桃体分离

将盲肠扁桃体剪成 1 mm 左右的碎块转移至 2 mL 离心管中, 向离心管中加入 2~3 个氧化锆珠子和 1 mL TRIzol。离心管放入全自动样品组织研磨机中, 60 HZ 运行 10 min 使组织细胞充分裂解。

1.5.2 鸡外周血淋巴细胞分离

用无菌采血管 (含 4% 枸橼酸钠) 给雏鸡心脏采血。抗凝血与无菌 PBS 按 1:1 比例混合稀释。5 mL 稀释抗凝血沿管壁缓慢加入到含有 5 mL 淋巴细胞分离液的 15 mL 离心管中, 室温水平转子 500 g 离心 20 min。用 1 mL 枪头吸取第 2 层白色淋巴细胞层并转移到另一个无菌 15 mL 离心管中, 用无菌 PBS 洗涤 2 次, 室温水平转子 300 g 离心 10 min, 获得鸡外周血淋巴细胞^[13]。

1.5.3 鸡脾脏淋巴细胞分离

200 目滤网铺在一次性平皿上, 取处死后鸡的脾脏置于滤网上, 加入少量 PBS 研磨。滤过的细胞悬液加入到含有 3 mL 淋巴细胞分离液的 15 mL 离心管中, 室温水平转子 500 g 离心 20 min^[14]。洗涤步骤同外周血。

1.6 提取总 RNA 和反转录 cDNA

用 TRIzol 法提取细胞总 RNA^[15]。计算各 RNA 样品所需体积及 DEPC 水的体积, 向无 RNA 酶的 200 μ L PCR 管中加入以下试剂及 RNA 样品, RNA 模板 500 ng, 4 μ L UnionScript First-strand cDNA Synthesis Mix, 1 μ L dsDNase, NF Water 补至 20 μ L。反转录程序为 37 °C 2 min, 55 °C 15 min, 85 °C 5 min。

1.7 鸡不同组织中 TLR 的 mRNA 水平检测

用实时荧光定量 PCR 检测球虫感染后鸡 8 种 TLR 的 mRNA 水平, 每个样本 3 个计数重复, 最后试验结果采用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 法计算, 分析各组 TLR 的 mRNA 水平变化。实时荧光定量 PCR 反应体系为: 1 μ L cDNA 模板, 上、下游引物各 0.2 μ L, 0.2 μ L ROX Reference Dye II, 5 μ L $2 \times$ GS AntiQ qPCR SYBR Master Mix, 3.4 μ L ddH₂O, 总反应体积 10 μ L。反

应程序为：95 °C 预变性 1 min；95 °C 变性 20 s，65 °C 退火 20 s，72 °C 延伸 30 s，40 个循环。熔解曲线：95 °C 15 s，60 °C 60 s，95 °C 15 s。实时荧光定量 PCR 引物序列见表 1。

表 1 TLR 荧光定量 PCR 引物

基因名称	引物序列 (5'→3')
TLR1	F: CTGGGCAAACCCGTTCAAG
	R: TTCGCTCAAGTCTTCTGGG
TLR2	F: GGACTTGTGCTCGGGAAGT
	R: TACTTGCACCACTCGCTCTG
TLR3	F: GGTCCAGCTTCAAGAGCCT
	R: GCAACACCAGACTACCGTGA
TLR4	F: CCAACCAACCACAGTAGCAT
	R: ACCCACTGAGCAGCACCAAT
TLR5	F: GACCAGGCAGTTTCTCA
	R: GACCCAACCACTACCAT
TLR7	F: GTGAATGAATGGGTGATG
	R: TGAATGCTCTGGGAAAG
TLR15	F: AACCTGGTGCATTTGAGAACCCTGC
	R: TTTCAAGTGAGGTGCAAGACCAGA
TLR21	F: AAAGTTGGGTGTGCAGAAG
	R: GATGTCACGCCGCTCAT
β-actin	F: CGATGAGGACCACAACCGCTTC
	R: TGTTTGATGGGCACGGAGTTGAC

1.8 统计分析

使用 SPSS 22.0 统计分析软件对试验数据进行单

因素方差分析，采用 One-way ANOVA 法进行差异性分析，用 GraphPad Prism 8.0 作图。试验数据以“平均值±标准差”表示。

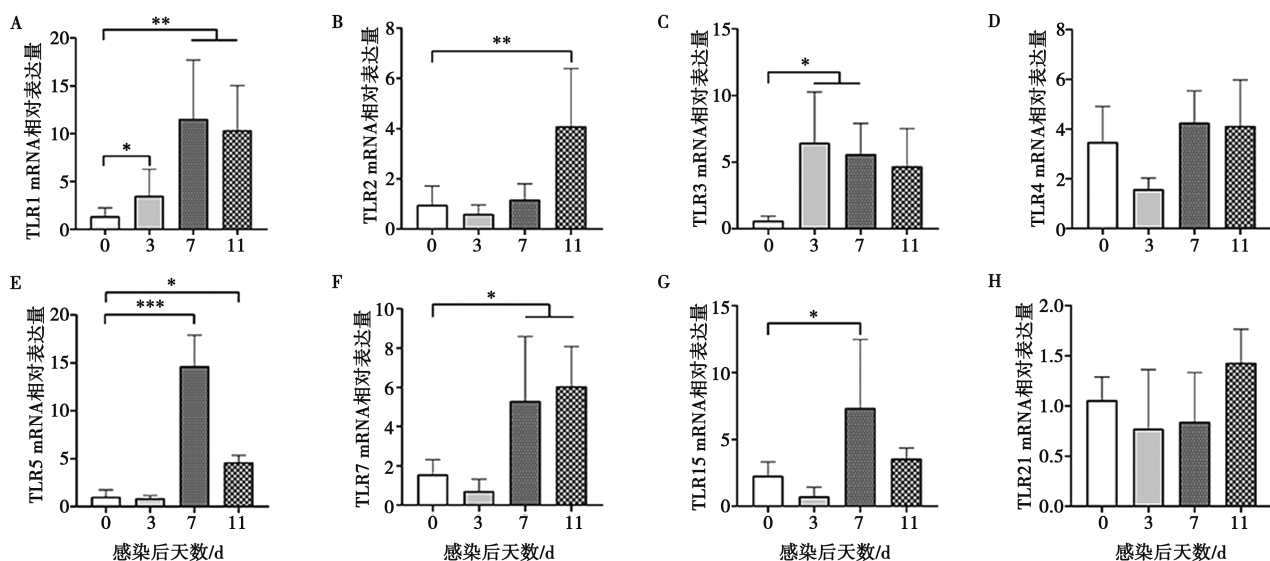
2 结果与分析

2.1 鸡盲肠扁桃体 TLR 的 mRNA 水平变化

用实时荧光定量 PCR 检测球虫感染后第 0、3、7、11 天鸡盲肠扁桃体 TLR 的 mRNA 水平。结果如图 1 所示，感染后盲肠扁桃体 TLR4 和 TLR21 mRNA 水平无显著差异。TLR1 和 TLR3 mRNA 水平显著上调 ($P < 0.05$)。TLR2 mRNA 水平在第 3 和第 7 天无显著差异，在第 11 天显著上调 ($P < 0.01$)。TLR5 和 TLR7 mRNA 水平在第 7 和 11 天显著上调 ($P < 0.05$)。TLR15 mRNA 水平在第 7 天显著上调 ($P < 0.05$)，第 11 天时下降。

2.2 鸡外周血 TLR 的 mRNA 水平变化

用实时荧光定量 PCR 检测球虫感染后第 0、3、7、11 天后鸡外周血 TLR 的 mRNA 水平。结果如图 2 所示，感染后鸡外周血 TLR4 mRNA 水平无显著差异，TLR21 mRNA 水平在第 3 和第 7 天无显著差异。TLR1 mRNA 水平在第 7 天显著上调 ($P < 0.001$)。TLR2 的 mRNA 水平在感染后 3、7、11 天显著下调 ($P < 0.05$)。TLR3 mRNA 水平只有第 7 天显著上调 ($P < 0.001$)。TLR5 和 TLR15 mRNA 水平在第 3 天显著上调 ($P < 0.001$)。TLR7 mRNA 水平在第 7 和第 11 天显著上调 ($P < 0.01$)。TLR21 mRNA 水平在 11 天时显著上调 ($P < 0.01$)。



* 表示 $P < 0.05$ ，** 表示 $P < 0.01$ ，*** 表示 $P < 0.001$ ， $n = 5$ 。下同。

图 1 巨型艾美耳球虫感染鸡后盲肠扁桃体 TLR 的 mRNA 水平变化

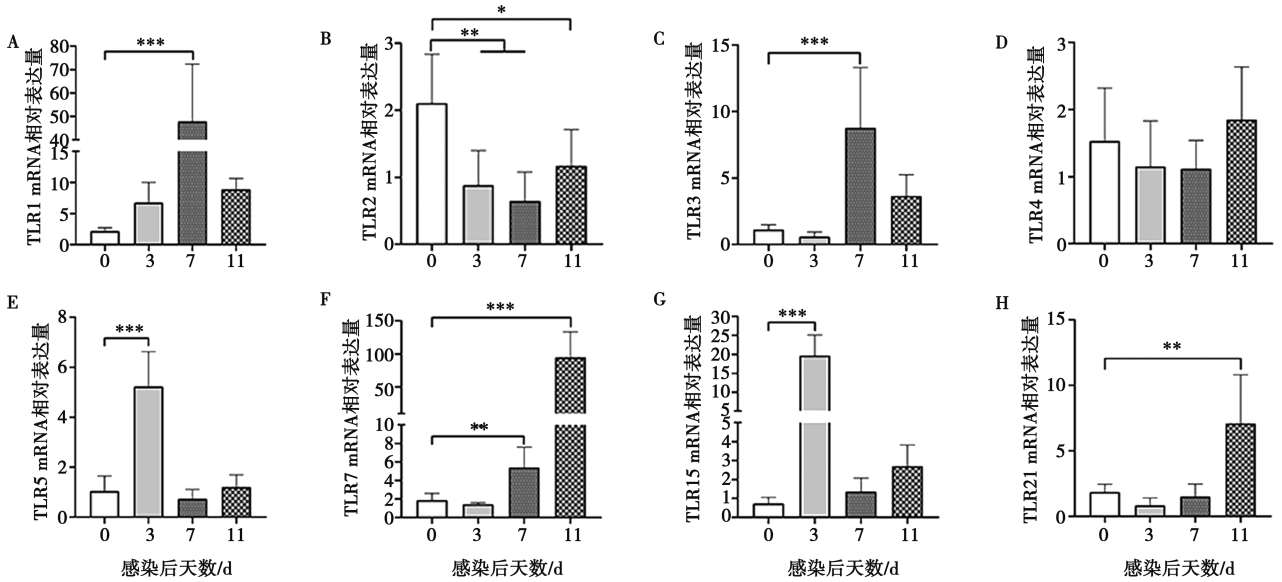


图2 巨型艾美耳球虫感染鸡外周血 TLR 的 mRNA 水平变化

2.3 鸡脾脏 TLR 的 mRNA 水平变化

用实时荧光定量 PCR 检测球虫感染后第 0、3、7、11 天后鸡脾脏 TLR mRNA 水平变化。结果如图 3 所示，感染后脾脏 TLR4 和 TLR21 mRNA 水平无显著

差异。TLR1、TLR3 和 TLR5 mRNA 水平在第 7 天显著上调 ($P < 0.01$)。TLR2 mRNA 水平在感染后显著下调 ($P < 0.01$)。TLR7 和 TLR15 mRNA 水平在第 3 天显著上调 ($P < 0.01$)。

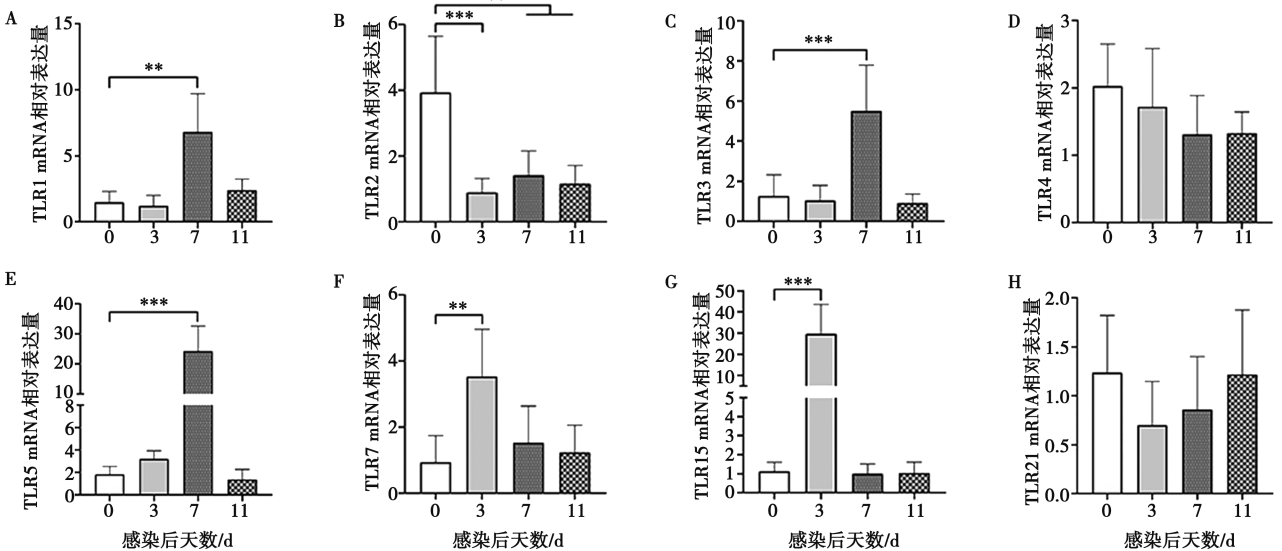


图3 巨型艾美耳球虫感染鸡脾脏 TLR 的 mRNA 水平变化

3 讨论

鸡感染球虫后，机体会自动产生一系列相关的防御反应，以抵抗球虫的入侵。在感染早期，先天性免疫反应发挥主要的抗感染作用，先天性免疫的激活需要模式识别受体的参与^[2-3]。TLR 是模式识别受体的重要组成部分，也是连接先天性免疫与获得性免疫的桥梁^[5,16-17]，因此，研究鸡球虫感染对宿主 Toll 样受

体的影响，对于阐明其在抗球虫感染中的作用具有重要意义。

本研究检测了巨型艾美耳球虫感染对鸡 3 种组织中 8 种 Toll 样受体水平的影响。已有文献报道，TLR1 和 TLR2 主要参与细菌性抗原的识别作用^[18-19]，本研究中 TLR1 水平在 3 种组织中均上调，这与鸡感染沙门菌后脾脏和盲肠的变化趋势一致，提示 TLR1 可能也参与鸡巨型艾美耳球虫抗原的识别^[7]。TLR2

水平在盲肠扁桃体中无显著变化，而在外周血与脾脏中显著下调，这与沙门菌感染后鸡脾脏 TLR2 中水平下调相似，TLR2 水平降低可下调 IL-1、IL-8、INF- β 等促炎性细胞因子的表达量，从而抑制炎症反应^[20-21]，推测巨型艾美耳球虫可通过抑制系统免疫中 TLR2 的表达来利于在鸡体内中的增殖。TLR3、TLR7 和 TLR21 主要识别病原核酸成分。在本研究中，TLR3 和 TLR7 mRNA 水平在 3 种组织中均显著上调，这与一些沙门菌感染和早熟艾美耳球虫感染结果相似，提示 TLR3 和 TLR7 可能参与对巨型艾美耳球虫抗原的识别^[8]。TLR4 可以识别脂多糖、甘露聚糖、锥虫糖基磷脂酰肌醇等多种抗原，但在本研究中 TLR4 的水平在巨型艾美耳球虫感染后未表现出显著的变化趋势。这与 Sumners 等^[8]报道的结果相似，但与 Li 等^[22]报道沙门菌感染的结果不一致，推测这可能与 TLR 识别抗原的时间有关，需要对采样时间进一步细分研究。TLR5 主要识别细菌的鞭毛蛋白^[23]。本研究中 TLR5 的 mRNA 水平在 3 种组织中均表现出上调，提示 TLR5 可能也参与鸡对巨型艾美耳球虫抗原的识别。TLR15 是禽类特有的 TLR。本研究中 TLR15 的 mRNA 水平在 3 种组织中均表现出上调，提示 TLR15 可能也参与鸡对巨型艾美耳球虫抗原的识别。

本研究还发现 TLR1、TLR3、TLR5、TLR7 和 TLR15 mRNA 水平在 3 种组织中都显著上升，但免疫应答时间有一些差异，具体体现在：盲肠扁桃体中 TLR1 和 TLR3 的 mRNA 水平在感染后第 3 天就显著上升，这比外周血和脾脏的免疫应答时间更早，提示盲肠扁桃体中 TLR1 和 TLR3 在局部免疫中可能更早发挥抗巨型艾美耳球虫作用；相反外周血和脾脏中 TLR5 和 TLR15 mRNA 水平的上调则早于盲肠扁桃体，这提示 TLR5 和 TLR15 可能在系统免疫中优先发挥抗巨型艾美耳球虫作用。

4 结论

本研究结果表明，巨型艾美耳球虫感染后，TLR2 在外周血和脾脏中呈现下降趋势，TLR1、TLR3、TLR5、TLR7 和 TLR15 mRNA 水平显著上升，TLR1 和 TLR3 mRNA 水平在盲肠扁桃体上升早于外周血和脾脏，而其 TLR5 和 TLR15 mRNA 水平上升晚于外周血和脾脏。本研究为揭示鸡 TLR 在抗球虫感染中的作用提供了依据，也为探索鸡球虫先天性免疫机制提供了参考。

参考文献：

- [1] BLAKE D P, KNOX J, DEHAECK B, et al. Re-calculating the cost of coccidiosis in chickens [J]. *Vet Res*, 2020, 51 (1): 115.
- [2] WEI Z, ZHAO Y, ZHANG N, et al. *Eimeria tenella* induces the release of chicken heterophil extracellular traps [J]. *Vet Parasitol*, 2019, 275: 108931.
- [3] SUN L, DONG H, ZHANG Z, et al. Activation of epithelial proliferation induced by *Eimeria acervulina* infection in the duodenum may be associated with cholesterol metabolism [J]. *Oncotarget*, 2016, 7 (19): 27627.
- [4] BROWNLIE R, ALLAN B. Avian toll-like receptors [J]. *Cell Tissue Res*, 2011, 343 (1): 121-130.
- [5] SWIDERSKA Z, SMIDOVA A, BUCHTOVA L, et al. Avian Toll-like receptor allelic diversity far exceeds human polymorphism: an insight from domestic chicken breeds [J]. *Sci Rep*, 2018, 8 (1): 17878.
- [6] REHMAN M S, REHMAN S U, YOUSAF W, et al. The potential of Toll-Like receptors to modulate avian immune system: exploring the effects of genetic variants and phytonutrients [J]. *Front Genet*, 2021, 12: 671235.
- [7] ABASHT B, KAISER M G, LAMONT S J. Toll-like receptor gene expression in cecum and spleen of advanced intercross line chicks infected with *Salmonella enterica* serovar Enteritidis [J]. *Vet Immunol Immunopathol*, 2008, 123 (3/4): 314-323.
- [8] SUMNERS L H, MISKA K B, JENKINS M C, et al. Expression of Toll-like receptors and antimicrobial peptides during *Eimeria praecox* infection in chickens [J]. *Exp Parasitol*, 2011, 127 (3): 714-718.
- [9] ZHOU Z, WANG Z, CAO L, et al. Upregulation of chicken TLR4, TLR15 and MyD88 in heterophils and monocyte-derived macrophages stimulated with *Eimeria tenella* in vitro [J]. *Exp Parasitol*, 2013, 133 (4): 427-433.
- [10] WON K H, SONG K D, PARK J E, et al. Identification of gene expression signatures in the chicken intestinal intraepithelial lymphocytes in response to herb additive supplementations [J]. *Asian-Australas J Anim Sci*, 2016, 29 (10): 1515-1521.
- [11] HIGUCHI M, MATSUO A, SHINGAI M, et al. Combinational recognition of bacterial lipoproteins and peptidoglycan by chicken Toll-like receptor 2 subfamily [J]. *Dev Comp Immunol*, 2008, 32 (2): 147-155.
- [12] ZHANG L, LIU R, MA L, et al. *Eimeria tenella*: expression profiling of toll-like receptors and associated cytokines in the cecum of infected day-old and three-week old SPF chickens [J]. *Exp Parasitol*, 2012, 130 (4): 442-448.
- [13] LAVOIE E T, GRASMAN K A. Isolation, cryopreservation, and mitogenesis of peripheral blood lymphocytes from chickens (*Gallus domesticus*) and wild herring gulls (*Larus argentatus*) [J]. *Arch Environ Contam Toxicol*, 2005, 48 (4): 552-558.
- [14] PANEBRA A, KIM W H, HONG Y H, et al. Research note: characterization of monoclonal antibodies and development of sandwich ELISA for detecting chicken IL7 [J]. *Poult Sci*, 2021, 100 (3): 100940.
- [15] MANOHARAN V K, VARGHESE B P, PALDURAI A, et al. Effect of fusion protein cleavage site sequence on generation of a genotype VII Newcastle disease virus vaccine [J]. *PLoS One*, 2018, 13 (5): e0197253.
- [16] CHEN S, CHENG A, WANG M. Innate sensing of viruses by

pattern recognition receptors in birds [J]. *Vet Res*, 2013, 44 (1): 82.

[17] ANSARI A R, ARSHAD M, MASOOD S, et al. *Salmonella* infection may alter the expression of toll like receptor 4 and immune related cells in chicken bursa of Fabricius [J]. *Microb Pathog*, 2018, 121: 59-64.

[18] TEMPERLEY N D, BERLIN S, PATON I R, et al. Evolution of the chicken Toll-like receptor gene family: a story of gene gain and gene loss [J]. *BMC Genomics*, 2008, 9: 62.

[19] KEESTRA A M, DE ZOETE M R, VAN AUBEL R A, et al. The central leucine-rich repeat region of chicken TLR16 dictates unique ligand specificity and species-specific interaction with TLR2 [J]. *J Immunol*, 2007, 178 (11): 7110-7119.

[20] YANG X, ARSLAN M, LIU X, et al. IFN- γ establishes interferon-stimulated gene-mediated antiviral state against Newcastle disease virus in chicken fibroblasts [J]. *Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai)*, 2020, 52 (3): 268-280.

[21] OVEN I, RESMAN RUS K, DUSANIC D, et al. Diacylated lipopeptide from *Mycoplasma synoviae* mediates TLR15 induced innate immune responses [J]. *Vet Res*, 2013, 44 (1): 99.

[22] LI P, XIA P, WEN J, et al. Up-regulation of the MyD88-dependent pathway of TLR signaling in spleen and caecum of young chickens infected with *Salmonella* serovar Pullorum [J]. *Vet Microbiol*, 2010, 143: 346-351.

[23] KEESTRA A M, DE ZOETE M R, VAN AUBEL R A, et al. Functional characterization of chicken TLR5 reveals species-specific recognition of flagellin [J]. *Mol Immunol*, 2008, 45 (5): 1298-1307.

· 信息 ·

21种畜牧、兽医科学类核心期刊中《畜牧与兽医》 综合评价总分排名第10

《2023年版中国科技期刊引证报告（核心版）自然科学卷》以《中国科技论文与引文数据库》（CSTPCD）为基础，采用科学客观的研究方法与评价方式，遴选中国自然科学领域各学科分类重要期刊作为统计来源期刊。《2023年版中国科技期刊引证报告（核心版）自然科学卷》共收录了中国（不含港澳台）正式出版的1996种中文期刊和155种英文期刊，共2151种中国科技核心期刊（中国科技论文统计源期刊）。其中畜牧、兽医科学类期刊共收录21种，包括19本中文期刊和2本英文期刊，《畜牧与兽医》综合评价总分排名第10。21种期刊主要指标详见附表。

附表 2023年畜牧、兽医科学类期刊主要指标

序号	刊名	核心总被引频次			核心影响因子			综合评价总分		学科扩散指标	学科影响指标	红点指标
		数值	排名	离均差率	数值	排名	离均差率	数值	排名			
1	ANIMAL NUTRITION	591	19	-0.66	1.160	4	0.29	43.6	6	4.95	0.76	0.00
2	JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY	958	14	-0.45	1.451	2	0.61	48.3	2	6.67	0.86	0.00
3	蚕业科学	618	18	-0.64	0.475	20	-0.47	30.5	15	7.48	0.29	0.14
4	动物医学进展	1540	9	-0.11	0.644	16	-0.29	41.7	7	16.24	0.86	0.58
5	动物营养学报	7147	1	3.12	2.100	1	1.33	77.6	1	15.00	1.00	0.80
6	家畜生态学报	1253	11	-0.28	0.827	12	-0.08	39.3	9	8.48	0.95	0.47
7	经济动物学报	259	21	-0.85	0.583	18	-0.35	29.7	16	4.14	0.67	0.48
8	粮食与饲料工业	823	15	-0.53	0.633	17	-0.30	28.8	19	7.48	0.67	0.22
9	饲料工业	2088	6	0.20	0.885	9	-0.02	41.0	8	10.33	0.90	0.74
10	饲料研究	2872	4	0.66	1.169	3	0.30	29.1	17	10.14	0.90	0.70
11	畜牧兽医学报	2391	5	0.38	1.041	7	0.15	44.6	5	11.90	0.95	0.58
12	畜牧与兽医	1487	10	-0.14	0.699	15	-0.22	38.7	10	10.24	0.90	0.60
13	畜牧与饲料科学	741	16	-0.57	0.502	19	-0.44	32.8	13	8.52	0.86	0.48
14	中国动物传染病学报	654	17	-0.62	1.071	5	0.19	28.3	20	5.76	0.76	0.55
15	中国家禽	1877	8	0.08	0.866	10	-0.04	33.9	12	7.71	0.86	0.58
16	中国兽药杂志	524	20	-0.70	0.418	21	-0.54	24.3	21	8.33	0.81	0.30
17	中国兽医科学	1007	13	-0.42	0.786	13	-0.13	31.3	14	7.00	0.90	0.54
18	中国兽医学报	1924	7	0.11	0.832	11	-0.08	38.1	11	11.24	0.86	0.56
19	中国畜牧兽医	3203	3	0.85	0.984	8	0.09	46.9	3	14.86	0.95	0.60
20	中国畜牧杂志	3301	2	0.91	1.052	6	0.17	45.5	4	13.33	0.95	0.65
21	中国预防兽医学报	1171	12	-0.32	0.755	14	-0.16	28.9	18	6.43	0.81	0.48
21种期刊平均值		1735			0.902							

注：数据来自中国科学技术信息研究所《2023年版中国科技期刊引证报告（核心版）自然科学卷》。