网络出版时间:2025-08-07 DOI:10.13207/j.jnwafu.2026.02.008

球虫感染对家兔小肠、盲肠和圆小囊形态结构及功能的影响

刘世洋[1],刘紫祎[1],位兰[1],吕琼霞[1],梁文军[2],刘玉梅[1],张自强[1]
(1 河南科技大学 动物科技学院,河南 洛阳 471000;2 南阳中农高盛生物工程有限公司,河南 南阳 473000)

[摘 要] 【目的】探究球虫感染对家兔小肠、盲肠、圆小囊形态结构、功能及炎性因子含量的影响。【方法】将20只未被球虫感染的35日龄家兔随机分为对照组和感染组,感染组家兔一次性灌胃 0.5×10^4 个/mL 大型艾美耳球虫卵囊的生理盐水 2 mL,对照组家兔灌胃同等剂量的生理盐水。感染后第 8 天,每组随机抽取 6 只家兔处死,采集小肠(十二指肠、空肠、回肠)、盲肠以及圆小囊组织,采用 HE 染色观察家兔小肠、盲肠和圆小囊的组织形态学的变化,采用 ELISA 试剂盒检测各组织中白介素 1β(IL-1β)、白介素 6(IL-6)、肿瘤坏死因子 α(TNF-α)等炎性因子的含量。【结果】与对照组相比,感染组家兔小肠和盲肠肠绒毛结构不完整,绒毛变短,隐窝加深等,空肠、回肠和盲肠观察到有不同发育阶段的球虫寄生;圆小囊发生炎性细胞浸润,且黏膜层有大量球虫寄生。ELISA 检测结果显示,感染组家兔小肠、盲肠和圆小囊组织中的炎性因子 TNF-α、IL-1β 以及 IL-6 的含量极显著高于对照组($P<0.01$)。【结论】大型艾美耳球虫感染可导致家兔的小肠、盲肠和圆小囊产生形态结构损伤与炎症反应,破坏家兔肠道的黏膜结构,促进炎性因子表达。

[关键词] 家兔;大型艾美耳球虫;小肠;盲肠;圆小囊;病理变化
[中图分类号] S852.72+3;S858.291 [文献标志码] A [文章编号] 1671-9387(2026)02-0078-07

Effects of coccidiosis infection on the morphological structure and function of small intestine, cecum and round cyst in rabbits

LIU Shiyang[1], LIU Ziyi[1], WEI Lan[1], LÜ Qiongxia[1],
LIANG Wenjun[2], LIU Yumei[1], ZHANG Ziqiang[1]
(1 *College of Animal Science and Technology, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan* 471000, *China*;
2 *Nanyang Zhongnong Goldman Sachs Biological Engineering Co. Ltd., Nanyang, Henan* 473000, *China*)

Abstract: 【Objective】 This research aimed to investigate the effects of coccidiosis infection on the morphology, function and inflammatory factors of small intestine, cecum and round cyst in rabbits. 【Method】 Twenty rabbits at the age of 35 days were randomly divided into control group and infection group. Rabbits in infection group were given 2 mL of physiological saline containing 0.5×10^4 *Eimeria magna* oocysts by gavage once. Rabbits in control group were given physiological saline of the same dose by gavage. On the 8th day of the experiment, 6 rabbits were randomly selected from each group and sacrificed. Small intestine (duodenum, jejunum, ileum), cecum and sacculus rotundus tissues were collected for later use. The histomorphological changes of small intestine, caecum and sacculus rotundus were observed by HE staining, and

[收稿日期] 2024-09-19 [修回日期] 2024-11-05
[基金项目] 河南省产业科技特派员服务团项目(2020LYCYTPY03);校企横向合作项目(横 20210018,横 20240012)
[作者简介] 刘世洋(1999—),男,河南南阳人,在读硕士,主要从事家兔疾病防治研究。E-mail:220320181521@stu.haust.edu.cn
[通信作者] 张自强(1978—),男,内蒙古正蓝旗人,教授,博士,硕士生导师,主要从事家兔疾病防控和技术推广及干细胞治疗和开发利用研究。E-mail:ziqiangzhang@haust.edu.cn

the contents of IL-1 β, IL-6 and TNF-α in small intestine, caecum and sacculus rotundus tissues were detected by ELISA kit. 【Result】 Compared with the control group, the villi of small intestine and cecum of rabbits in infection group were incomplete. The villi became shorter, crypts deepened, coccidia parasitized in jejunum, ileum and cecum at different development stages. The inflammatory cells infiltrated into sacculus rotundus, and a large number of coccidia parasitized in mucosal layer. ELISA results showed that the inflammatory factors TNF-α, IL-1β and IL-6 in small intestine, cecum and sacculus rotundus tissues of infected rabbits were significantly higher than those in control group ($P<0.01$). 【Conclusion】 *E. magna* infection can cause morphological structure damage and inflammatory reaction in small intestine, cecum and sacculus rotundus of rabbits, destroy mucosal structure of rabbit intestine, and promote the expression of inflammatory factors.

Key words: rabbit; *Eimeria magna*; small intestine; cecum; round cyst; pathological changes

兔球虫病是由多种艾美耳球虫引起的寄生虫病[1]，在世界范围内分布广泛，尤其是 3 月龄内的幼兔多发[2]，严重影响了养兔业的发展[3]。研究表明，肠艾美耳球虫是对兔致病性最强的虫种之一，虫体在入侵和发育过程中会破坏宿主肠道上皮细胞，引发肠道炎症反应，主要引起腹泻和生长缓慢，严重时可导致死亡[4]。消化系统是球虫寄生的主要部位[5]，而小肠作为重要的消化器官，是吸收营养物质的主要场所[6]。圆小囊是家兔特有的肠道相关性淋巴组织[7]，具有消化、免疫和内分泌等多种功能，位于回肠末端，也称回肠膨大，是重要的肠相关性淋巴组织[8]。盲肠和圆小囊位于消化系统末端，主要作用是参与纤维素的分解和吸收，以及代谢物的排出。这些器官在维持兔的健康和生长发育中发挥着至关重要的作用，而球虫感染会导致这些器官屏障受损，从而影响家兔的消化和吸收能力。

目前，国内外对兔肝球虫病开展了诸多研究，对感染家兔肝球虫后肝脏的病变类型及病原在胆管中的发育特点已有大量报道[9]，而关于家兔感染肠球虫后消化系统的形态结构和功能变化的研究报道较少，缺少对球虫感染家兔后小肠、盲肠和圆小囊比较病理学变化的相关研究。鉴于此，本研究建立家兔球虫感染模型，通过观察组织形态学变化和检测促炎因子表达水平，探究球虫感染对家兔小肠（十二指肠、空肠、回肠）、盲肠和圆小囊形态结构和功能的影响，旨在为家兔的健康养殖提供科学依据，对兔养殖业发展和球虫防控策略提供理论支持。

1　材料与方法

1.1　试验动物

35 只 28 日龄断奶仔兔，购于济源阳光兔业科技有限公司，体质量为（1 063±25）g/只，单笼饲养。每日 18:00 饲喂一次家兔全价颗粒饲料（饲料未添加抗球虫药），在饮水中添加体积分数 0.001% 托曲珠利混悬液，自由饮水 7 d。在攻毒试验开始前 1 周，每天随机采集 10 份试验动物粪便样品，使用饱和盐水漂浮法对粪便进行球虫检测，检测每份粪便中球虫卵囊感染强度（即每克粪便中的卵囊数量），感染强度值等于 0 即为合格。

1.2　球虫卵囊的收集与分离

大型艾美耳球虫卵囊，由本实验室从河南省某兔场自然感染球虫家兔的粪便中分离。球虫卵囊经过孵育和孢子化后，将样本放置于 25 g/L 重铬酸钾溶液中，并在 4 ℃冰箱中保存。感染前，用生理盐水洗涤 3 次并离心，以去除重铬酸钾。

1.3　球虫致病性试验分组与感染

试验家兔达到 35 日龄时，选取 20 只体质量差异不超过 50 g 的家兔随机分为感染组和对照组，感染组家兔一次性灌胃 0.5×10^4 个/mL 大型艾美耳球虫卵囊的生理盐水 2 mL[10]，对照组家兔灌胃同等剂量（2 mL）的生理盐水。在感染第 8 天，每组随机选取 6 只家兔处死，采集小肠（十二指肠、空肠、回肠）、盲肠、圆小囊等组织样本，一部分用 40 g/L 多聚甲醛溶液固定保存，用于 HE 染色；另一部分置于 −80 ℃冰箱保存，用于 ELISA 检测。

1.4　组织病理学观察

取出多聚甲醛固定的组织样品，将组织修剪后放入固定盒，脱水，透明。将透明组织在液体石蜡中包埋，使用切片机制作石蜡切片，将切片进行 HE 染色后放在光学显微镜下观察组织学病变和球虫的寄生情况，并进行显微图像采集拍照。通过 CaseViewer2.4.0 软件测定绒毛高度（villus height，VH）和隐窝深度（crypt depth，CD），计算二者的比值（VH/CD）。

1.5 炎性因子相关指标检测

采用 ELISA 法测定各组织中炎症因子白介素 1β(IL-1β)、白介素 6(IL-6)、肿瘤坏死因子 α(TNF-α)的含量。试验所有试剂盒均购自于南京建成生物工程研究所,指标具体测定方法均按试剂盒说明书进行。

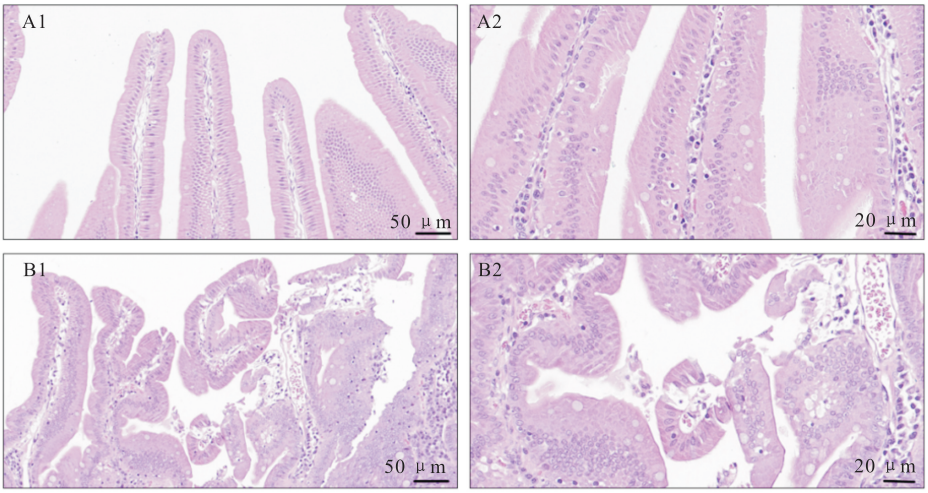
1.6 数据统计分析

试验数据采用 SPSS 27.0 统计软件进行单因素方差分析,采用 LSD 检验法进行多重比较;试验结果以"平均值±标准差"表示,以 $P<0.05$ 为差异显著判断标准;采用 GraphPad Prism8 进行图表绘制。

2 结果与分析

2.1 球虫感染对家兔小肠、盲肠和圆小囊形态结构的影响

2.1.1 十二指肠 试验结果显示,对照组家兔的十二指肠绒毛完整,肠绒毛上皮细胞排列有序(图 1-A1、A2);感染组家兔的十二指肠绒毛排列紊乱,肠绒毛部分溶解脱落,十二指肠切片中均未发现球虫(图 1-B1、B2)。



A. 对照组;B. 感染组;下图同。A1 和 B1 放大倍数为 200×;A2 和 B2 放大倍数为 400×;图 2~4 同。

A. Control group; B. Infection group; the same below. The magnification of A1 and B1 is 200×; and the magnification of A2 and B2 is 400×; the same as in Fig. 2-4.

图 1 球虫感染对家兔十二指肠形态结构的影响

Fig. 1 Effect of coccidiosis infection on duodenum morphology and structure of rabbits

由表 1 可知,与对照组相比,感染组家兔十二指肠 VH 极显著降低了 33.13%($P<0.01$),CD 增加了 45.06%($P>0.05$),VH/CD 显著降低了 52.96%($P<0.05$)。

表 1 球虫感染对家兔十二指肠绒毛高度、隐窝深度及二者比值的影响

Table 1 Effect of coccidiosis infection on duodenal villus height, crypt depth and their ratio of rabbits

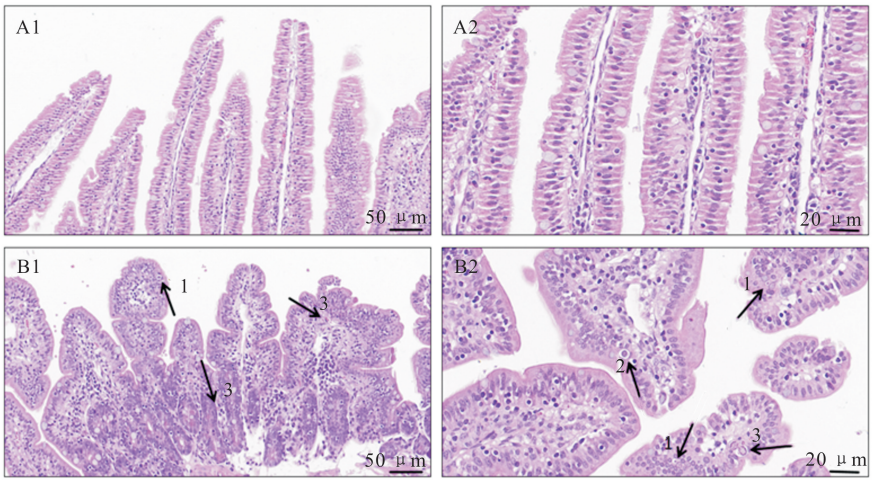
组别 Group	绒毛高度/μm VH	隐窝深度/μm CD	绒毛高度/隐窝深度 VH/CD
对照组 Control group	1 448.43	155.73	9.46
感染组 Infection group	968.56**	225.90	4.45*

注:同列数据后标 * 表示差异显著($P<0.05$),标 * * 表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。

Note: * indicates significant difference ($P<0.05$), and * * indicates extremely significant difference ($P<0.01$). The same below.

2.1.2 空 肠 试验结果显示,对照组家兔空肠结构完整,肠上皮细胞排列规则(图 2-A1、A2);感染组家兔的部分空肠上皮细胞脱落,黏膜上层和固有层有不同发育阶段的球虫寄生(图 2-B1、B2)。由表 2 可知,与对照组相比,感染组家兔空肠 VH 极显著降低了 47.57%($P<0.01$),CD 增加了 24.18%($P>0.05$),VH/CD 显著降低了 59.75%($P<0.05$)。

2.1.3 回 肠 试验结果显示,对照组家兔回肠组织结构清晰,肠绒毛结构完整(图 3-A1、A2);感染组家兔回肠绒毛边缘模糊,肠绒毛结构被破坏(图 3-B1、B2),且在回肠的黏膜上皮细胞和固有层发现有不同发育阶段的球虫(图 3-B1、B2)。由表 3 可知,与对照组相比,感染组家兔回肠 VH 显著降低了 31.75%($P<0.05$),CD 显著增加 33.37%($P<0.05$),VH/CD 显著降低了 49.43%($P<0.05$)。



箭头所指 1 为球虫滋养体，2 为配子体，3 为裂殖体。下图同。

Arrow-indicating 1 stands for coccidia trophozoites，2 for gametophytes，and 3 for merozoites. The same below.

图 2　球虫感染对家兔空肠形态结构的影响

Fig. 2　Effect of coccidiosis infection on jejunum morphology of rabbits

表 2　球虫感染对家兔空肠绒毛高度、隐窝深度及二者比值的影响

Table 2　Effect of coccidiosis infection on jejunum villus height，crypt depth and their ratio of rabbits

组别 Group	绒毛高度/μm VH	隐窝深度/μm CD	绒毛高度/隐窝深度 VH/CD
对照组 Control group	808.47	121.73	7.08
感染组 Infection group	423.87**	151.17	2.85*

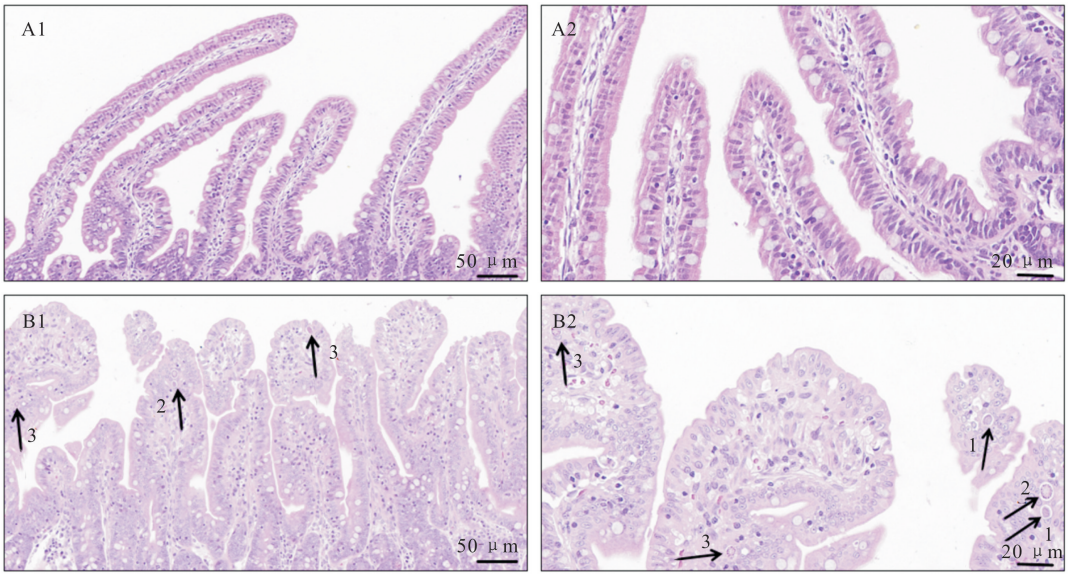


图 3　球虫感染对家兔回肠形态结构的影响

Fig. 3　Effect of coccidiosis infection on the morphological structure of ileum in rabbits

表 3　球虫感染对家兔回肠绒毛高度、隐窝深度及二者比值的影响

Table 3　Effect of coccidiosis infection on ileum villus height，crypt depth and their ratio of rabbits

组别 Group	绒毛高度/μm VH	隐窝深度/μm CD	绒毛高度/隐窝深度 VH/CD
对照组 Control group	469.0	135.83	3.50
感染组 Infection group	320.1*	181.15*	1.77*

2.1.4　盲　肠　试验结果显示，对照组家兔盲肠绒毛结构完整、排列整齐（图 4-A1、A2）；感染组家兔盲肠绒毛钝化，边界模糊，且在感染组家兔的盲肠黏膜上皮和固有层观察到少量球虫寄生（图 4-B1、

B2)。由表 4 可知,与对照组相比,感染组家兔盲肠 降低了 37.58%。
VH 降低了 9.28%,CD 升高了 57.87%,VH/CD

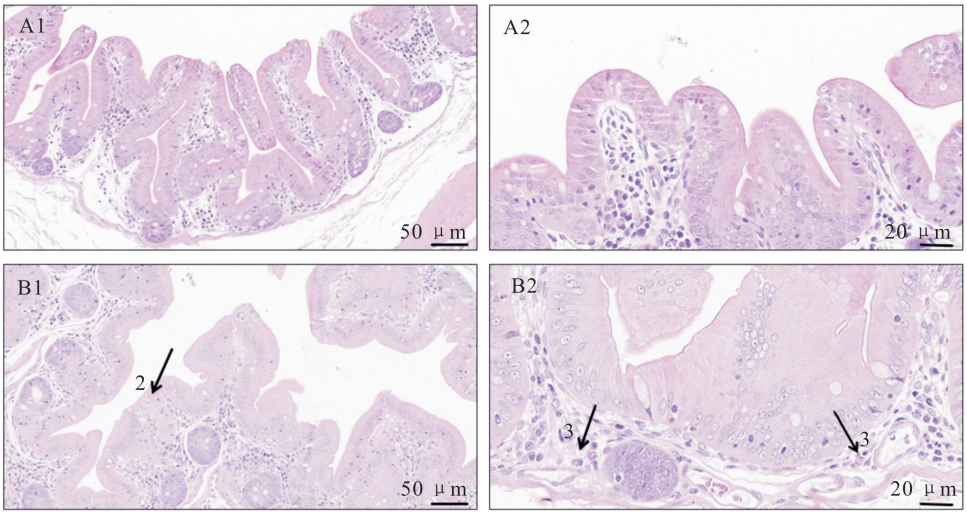


图 4 球虫感染对家兔盲肠形态结构的影响

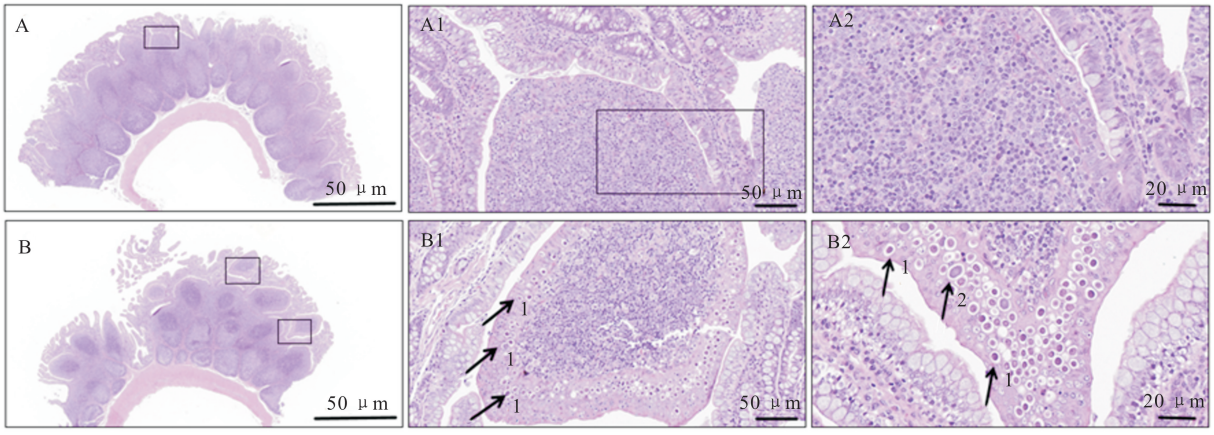
Fig. 4 Effect of coccidiosis infection on the morphological structure of caecum in rabbits

表 4 球虫感染对家兔盲肠绒毛高度、隐窝深度及二者比值的影响

Table 4 Effect of coccidiosis infection on caecum villus height, crypt depth and their ratio of rabbits

组别 Group	绒毛高度/μm VH	隐窝深度/μm CD	绒毛高度/隐窝深度 VH/CD
对照组 Control group	178.8	55.57	3.22
感染组 Infection group	162.2	87.73	2.01

2.1.5 圆小囊 家兔圆小囊的组织病理变化如图 5 所示。由图 5 可知,对照组家兔圆小囊淋巴细胞排列紧密有序,黏膜结构完整(图 5-A);与对照组相比,感染组家兔圆小囊可见明显的炎性细胞浸润,淋巴细胞增生;黏膜层绒毛上皮部分脱落,杯状细胞数目明显增多,寄生有大量不同发育阶段的球虫,其大部分为球虫滋养体和配子体;圆小囊黏膜层有大量球虫寄生,表现为球虫包围边缘性寄生并使黏膜层呈区域块状脱落(图 5-B)。



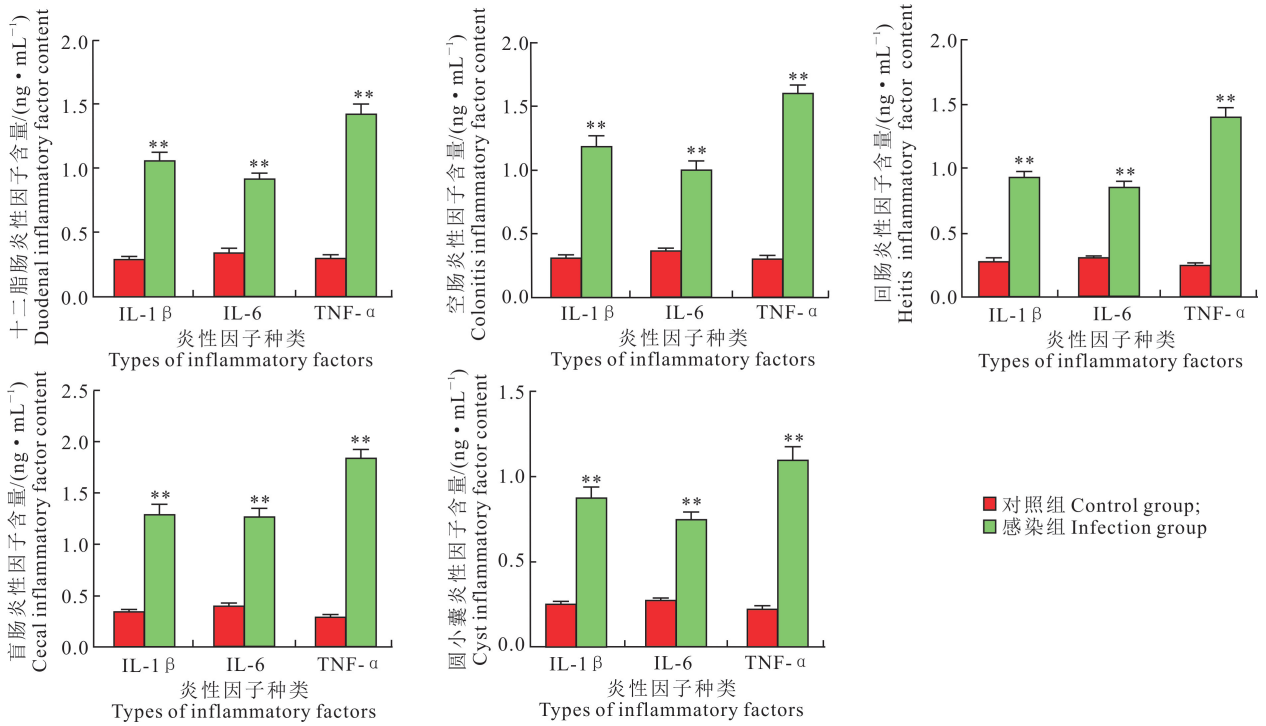
A1 为 A 图方框部分局部放大图;A2 为 A1 图方框部分局部放大图;B1 、B2 分别为 B 图上部和下部方框部分局部放大图。
A、B 图片放大倍数为 20×;A1、B1 图片放大倍数为 200×;A2、B2 图片放大倍数为 400×。
A1 is a partial enlarged block diagram of figure A; A2 is a partial enlarged block diagram of figure A1; B1 and B2 are partial enlarged block diagrams of the upper and lower parts of figure B respectively. The magnification of pictures A and B is 20×;
The magnification of pictures A1 and B1 is 200×; The magnification of pictures A2 and B2 is 400×.

图 5 球虫感染对家兔圆小囊形态结构的影响

Fig. 5 Effect of coccidiosis infection on the morphological structure of sacculus rotundus in rabbits

2.2　球虫感染对家兔小肠、盲肠和圆小囊炎性因子含量的影响

采用 ELISA 法检测家兔小肠、盲肠和圆小囊组织中 IL-1β、IL-6、TNF-α 炎性因子的含量。结果显示，与对照组相比，感染组家兔十二指肠、空肠、回肠、盲肠和圆小囊组织中 IL-1β、IL-6、TNF-α 的含量均极显著增加（$P<0.01$）。感染组家兔十二指肠的 IL-1β、IL-6、TNF-α 含量分别升高了 260%，165.7% 和 364.52%；空肠分别升高了 263.63%，163.16% 和 403.13%；回肠分别升高了 224.14%，174.19% 和 460%；盲肠分别升高了 271.43%，204.76% 和 478.13%；圆小囊分别升高了 238.46%，177.78% 和 378.26%。



图柱上标 * * 表示感染组极显著高于对照组。

* * marked on the column indicates that the infection group is significantly higher than the control group.

图 6　球虫感染对家兔小肠、盲肠和圆小囊组织中炎性因子含量的影响

Fig. 6　Effect of coccidiosis infection on inflammatory factors in small intestine, cecum and sacculus rotundus of rabbits

3　讨　论

球虫病是家兔常见的一种具有高度传染性的体内寄生虫病，特别是在幼兔中，发病率和致死率较高[11-13]。寄生虫通过吸取宿主的营养，导致宿主体质量下降，生长发育受阻，甚至死亡[14]。研究表明，家兔被大型艾美尔球虫感染后，在空肠和回肠内可观察到大量处于不同发育阶段的球虫[15]，并可见有隐窝加深、肠绒毛缩短等现象[13]。景瑾等[16]报道，家兔感染斯氏艾美耳球虫后，虽然在十二指肠没有观察到球虫的存在，但其组织结构仍被破坏，导致肠屏障受损。蒋迎晓等[17]研究发现，球虫感染后，家兔的圆小囊黏膜上的杯状细胞数量明显增加，并观察到黏膜层存在淋巴细胞增生的现象。本试验发现，家兔感染大型艾美耳球虫后小肠、盲肠和圆小囊的结构受到了破坏，肠道绒毛变短，隐窝加深，在空肠、回肠和盲肠的黏膜上层寄生有少量不同发育阶段的大型艾美耳球虫。同时，本研究还发现球虫感染家兔会大量寄生在圆小囊的黏膜层，使黏膜屏障受损。

机体免疫系统中存在着重要的炎性细胞因子[18]，其中包括 IL-1β、IL-6 和 TNF-α[19]，主要来源于巨噬细胞[20]、单核细胞[21]以及树突状细胞等免疫细胞[22]，在调节炎症过程中扮演关键角色，可刺激免疫细胞，增强炎症反应，促使其他细胞释放更多的炎性介质[23]。据相关文献报道，家兔感染肠艾美耳球虫后，回肠组织中 IL-6、IFN-γ 和诱导型一氧化氮合酶 mRNA 的表达水平显著升高，导致回肠出现炎症反应[24]。在机体的免疫应答过程中，促炎因子含量会相应增加，这是免疫系统发挥作用的表现之一，同时炎症也会影响肠道的免疫功能和组织修复能力，加剧感染后的病情[25-26]。袁旭[13]报道，家兔感染大型艾美尔球虫后，小肠中紧密连接蛋白水平下

降,TNF-α、IL-6 表达水平明显上升。本试验显示,球虫感染导致家兔小肠、盲肠、圆小囊组织中 IL-1β、IL-6 和 TNF-α 的含量极显著升高,表明球虫感染使得机体处于炎症状态。这些促炎因子含量的增加与肠道组织的病理变化呈正相关,如黏膜充血、水肿和炎症细胞浸润。

本研究发现,家兔感染球虫后,不同肠段的反应存在一定的差异,这可能是由于肠道局部生理特性存在差异,导致球虫寄生于肠道不同部位时呈现的效果不同。但球虫在肠道的特异性自我保护机制仍需进一步研究,探明该问题可全面揭示球虫感染对家兔消化系统的影响,并为开发兔球虫病的精准防控策略提供理论基础。

[参考文献]

[1] 张昕,张自强,朱欣妍,等. 河南省某兔场兔肝球虫和大肠杆菌混合感染情况及耐药性研究[J]. 家畜生态学报,2024,45(1):72-77.
ZHANG X,ZHANG Z Q,ZHU X Y,et al. Study on mixed infection and drug resistance of rabbit coccidia and *Escherichia coli* in a rabbit farm in Henan Province[J]. Journal of Domestic Animal Ecology,2024,45(1):72-77.

[2] 姜龙龙. 兔肠道球虫感染对肠道菌群的影响及其病理学观察[D]. 河南洛阳:河南科技大学,2023.
JIANG L L. Effect of coccidia infection on intestinal flora in rabbits and its pathological observation[D]. Luoyang,Henan:Henan University of Science and Technology,2023.

[3] LI C,TAO G R,GU X L,et al. Selection and identification of a precocious line of *Eimeria intestinalis* with enlarged oocysts and deletion of one generation of schizogony[J]. Parasitology Research,2019,118(3):969-976.

[4] 陈浩,郝哥,蒲家艳,等. 肠艾美耳球虫重组微线蛋白 2 对家兔免疫保护效果评价[J]. 畜牧兽医学报,2024,55(6):2588-2598.
CHEN H,HAO G,PU J Y,et al. Evaluation of the immune protective effect of recombinant MIC2 from *Eimeria intestinalis* in rabbits [J]. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica,2024,55(6):2588-2598.

[5] 关琛,方素芳,崔平,等. 常山红藤汤加减治疗兔球虫病的疗效试验[J]. 中兽医医药杂志,2023,42(2):48-51.
GUAN C,FANG S F,CUI P,et al. Therapeutic effect of changshan hongteng decoction on rabbit coccidiosis[J]. Journal of Traditional Chinese Veterinary Medicine,2023,42(2):48-51.

[6] MARTINEZ-GURYN K,HUBERT N,FRAZIER K,et al. Small intestine microbiota regulate host digestive and absorptive adaptive responses to dietary lipids[J]. Cell Host & Microbe,2018,23(4):458-469.

[7] 何洪炳,蔡明成,梁小虎,等. miR-130b 靶向 STAT3 参与家兔非特异性消化道紊乱型肠炎的调节[J]. 西南农业学报,2018,31(5):1081-1087.
HE H B,CAI M C,LIANG X H,et al. miR-130b modulates rabbit nonspecific gastrointestinal disorder enteritis via targeting STAT3[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences,2018,31(5):1081-1087.

[8] 卢选成,丁叶,余锐萍,等. 大肠埃希菌感染对家兔圆小囊组织结构及 VIP 表达的影响[J]. 动物医学进展,2010,31(S1):94-99.
LU X C,DING Y,SHE R P,et al. Effects of *E. coli* infection on tissue structure and VIP expression in sacculus rotundus of rabbit[J]. Progress in Veterinary Medicine,2010,31(S1):94-99.

[9] LICOIS D,COUDERT P,BAHAGIA S,et al. Endogenous development of *Eimeria intestinalis* in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*)[J]. Journal of Parasitology,1992,78(6):1041-1048.

[10] 李国良. 兔大型艾美耳球虫感染调查及其潍坊株分离鉴定与早熟选育研究[D]. 广州:华南农业大学 2016.
LI G L. Investigation of *Eimeria maxima* infection in rabbits and study on isolation and identification of Weifang strain and early breeding[D]. Guangzhou:South China Agricultural University,2016.

[11] DAWOD A,FATHALLA S,EL-SEEDI H R,et al. Efficacy of *Ficus sycomorus* (*Sycamore fig*) extract on intestinal coccidiosis in experimentally infected rabbits[J]. Life,2022,12(6):917.

[12] EL-ASHRAM S A,ABOELHADID S M,ABDEL-KAFY E M,et al. Prophylactic and therapeutic efficacy of prebiotic supplementation against intestinal coccidiosis in rabbits[J]. Animals,2019,9(11):965.

[13] 袁旭. 大型艾美尔球虫与肠艾美尔球虫感染对兔小肠黏膜屏障、抗氧化及粪便代谢物的影响[D]. 南昌:江西农业大学,2022.
YUAN X. Effects of *Eimeria maxima* and *Eimeria enterica* infection on intestinal mucosal barrier,antioxidation and fecal metabolites in rabbits[D]. Nanchang:Jiangxi Agricultural University,2022.

[14] EL-GHONEIMY A,EL-SHAHAWY I. Evaluation of amprolium and toltrazuril efficacy in controlling natural intestinal rabbit coccidiosis[J]. Iranian Journal of Veterinary Research,2017,18(3):164-169.

[15] 陈浩. 兔大型艾美耳球虫重组微线体蛋白 2 和微线体蛋白 3 对兔的免疫保护效果评价[D]. 四川雅安:四川农业大学 2023.
CHEN H. Evaluation of the immune protection effect of recombinant mitochondrial protein 2 and mitochondrial protein 3 of *Eimeria maxima* in rabbits[D]. Yaan,Sichuan Sichuan:Sichuan Agricultural University,2023.

[16] 景瑾,宋鸿雁,蒋荧梅,等. 兔斯氏艾美耳球虫感染模型的建立及病理学初步研究[J]. 中国兽医学报,2017,37(3):461-465.
JING J,SONG H Y,JIANG Y M,et al. Establishment of *Eimeria stiedai*-infected rabbits model and observation of pathology preliminary[J]. Chinese Journal of Veterinary Science,2017,37(3):461-465.

(下转第 94 页)

[91] LUO W T, MA W, SONG L, et al. Compensatory dynamics drive grassland recovery from drought [J]. Journal of Ecology, 2023, 111(6): 1281-1291.

[92] STAUDE I R, WEIGELT A, WIRTH C. Biodiversity change in light of succession theory [J]. Oikos, 2023, 2023(11): e09883.

[93] OLIVEIRA B F, MOORE F C, DONG X L. Biodiversity mediates ecosystem sensitivity to climate variability [J]. Communications Biology, 2022, 5(1): 628.

[94] HOPPING K A, KNAPP A K, DORJI T, et al. Warming and land use change concurrently erode ecosystem services in Tibet [J]. Global Change Biology, 2018, 24(11): 5534-5548.

[95] LIU P P, LÜ W W, SUN J P, et al. Increased frequency of extreme climatic events weakens the community stability of natural grassland under directional climate changes by reducing resilience [J]. Global Ecology and Biogeography, 2024, 33(6): e13824.

[96] MACKIE K A, ZEITER M, BLOOR J M G, et al. Plant functional groups mediate drought resistance and recovery in a multisite grassland experiment [J]. Journal of Ecology, 2019, 107(2): 937-949.

[97] XU Q N, YANG X, SONG J, et al. Nitrogen enrichment alters multiple dimensions of grassland functional stability via changing compositional stability [J]. Ecology Letters, 2022, 25(12): 2713-2725.

[98] CHEN L T, JIANG L, JING X, et al. Above- and belowground biodiversity jointly drive ecosystem stability in natural alpine grasslands on the Tibetan Plateau [J]. Global Ecology and Biogeography, 2021, 30(7): 1418-1429.

[99] ZHANG C, LEI S L, WU H Y, et al. Simplified microbial network reduced microbial structure stability and soil functionality in alpine grassland along a natural aridity gradient [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2024, 191: 109366.

[100] MA F F, YAN Y J, SVENNING J C, et al. Opposing effects of warming on the stability of above- and belowground productivity in facing an extreme drought event [J]. Ecology, 2024, 105(1): e4193.

[101] DELGADO-BAQUERIZO M, ELDRIDGE D J, OCHOA V, et al. Soil microbial communities drive the resistance of ecosystem multifunctionality to global change in drylands across the globe [J]. Ecology Letters, 2017, 20(10): 1295-1305.

(责任编辑:温晓平 刘茹)

(上接第84页)

[17] 蒋迎晓,焦海宏. 球虫感染后兔圆小囊病理组织学变化[J]. 塔里木大学学报,2011,23(3):19-23.
JIANG Y X, JIAO H H. Histopathology of sacculus rotundus of rabbits infected with coccidiosis [J]. Journal of Tarim University, 2011, 23(3): 19-23.

[18] GANESHAN K, CHAWLA A. Metabolic regulation of immune responses [J]. Annual Review of Immunology, 2014, 32: 609-634.

[19] LIU S Y, DENG Z H, CHEN K, et al. Cartilage tissue engineering: from proinflammatory and anti-inflammatory cytokines to osteoarthritis treatments (review) [J]. Molecular Medicine Reports, 2022, 25(3): 99.

[20] KAKNI P, TRUCKENMÜLLER R, HABIBOVIĆ P, et al. A microwell-based intestinal organoid-macrophage co-culture system to study intestinal inflammation [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2022, 23(23): 15364.

[21] OLINGY C E, DINH H Q, HEDRICK C C. Monocyte heterogeneity and functions in cancer [J]. Journal of Leukocyte Biology, 2019, 106(2): 309-322.

[22] GEISSMANN F, MANZ M G, JUNG S, et al. Development of monocytes, macrophages, and dendritic cells [J]. Science, 2010, 327(5966): 656-661.

[23] 周志彪. 博落回散对鸡柔嫩艾美耳球虫的作用效果研究[D]. 长沙:湖南农业大学 2022.
ZHOU Z B. Study on the effect of *Macleaya cordata* powder on *Eimeria tenella* in chickens [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2022.

[24] ABDEL-HALEEM H M, ABOELHADID S M, SAKRAN T, et al. Gene expression, oxidative stress and apoptotic changes in rabbit ileum experimentally infected with *Eimeria intestinalis* [J/OL]. Folia Parasitologica, 2017, 64: 2017. 012 [2017-04-19]. https://pubmed. ncbi. nlm. nih. gov/28443823/. DOI: 10. 14411/fp. 2017. 012.

[25] 蒲家艳. 大型艾美耳球虫表面抗原 SAG10、SAG11 的原核表达及其对兔的免疫保护效果初步评价[D]. 四川雅安:四川农业大学,2023.
PU J Y. Prokaryotic expression of surface antigens SAG10 and SAG11 of *Eimeria maxima* and preliminary evaluation of their immune protection effect on rabbits [D]. Ya'an, Sichuan: Sichuan Agricultural University, 2023.

[26] 王卉,林青,战美娜,等. 柔嫩艾美耳球虫杨凌株 SO7 基因的克隆表达与保护性试验[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(8):40-46.
WANG H, LIN Q, ZHAN M N, et al. Cloning, expression and protective test of SO7 gene of *Eimeria tenella* Yangling strain [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2010, 38(8): 40-46.

(责任编辑:马秋明)