

# 探讨影响野外小型哺乳动物免疫功能的因素

湛立新<sup>1\*</sup>, 董庭邦<sup>1</sup>, 马水仙<sup>1</sup>, 章迪<sup>2</sup>, 谢静<sup>2</sup>, 梅燕飞<sup>1#</sup>

<sup>1</sup>云南医药健康职业学院基础与药学院, 云南 昆明

<sup>2</sup>云南经济管理学院医学院, 云南 昆明

收稿日期: 2024年3月4日; 录用日期: 2024年5月2日; 发布日期: 2024年5月9日

## 摘要

动物免疫系统是在种系发生和个体发育过程中逐渐进化和完善起来的一个较晚的生理系统。免疫系统是动物防止或减少环境中的病毒、细菌、真菌等病原体攻击的有效屏障, 在动物的生命历程中扮演着重要的作用, 也是衡量动物生存能力的指标之一。生活在温带的小型哺乳动物的免疫功能会受到多种因素的影响, 常常发生可塑性变化。在野外条件下, 温度、食物、光周期、种群密度、性别、生活史、社群行为、年龄、遗传等因素都能对动物的免疫功能产生较大的影响。本文以生活于温带的小型哺乳动物为例, 讨论不同生态因子对动物的免疫功能高低的影响。

## 关键词

生态因子, 哺乳动物, 免疫功能

# Discussion on Factors Affecting Immune Function of Small Mammals in the Wild

Lixin Chen<sup>1\*</sup>, Tingbang Dong<sup>1</sup>, Shuixian Ma<sup>1</sup>, Di Zhang<sup>2</sup>, Jing Xie<sup>2</sup>, Yanfei Mei<sup>1#</sup>

<sup>1</sup>School of Basic Medical and Sciences Pharmacy, Yunnan Medical Health College, Kunming Yunnan

<sup>2</sup>Medical School, Yunnan College of Business Management, Kunming Yunnan

Received: Mar. 4<sup>th</sup>, 2024; accepted: May 2<sup>nd</sup>, 2024; published: May 9<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

The immune system of animals is a physiological system that has evolved and improved over the course of phylogenesis and individual development. It is a latecomer in terms of evolutionary history. The immune system serves as an effective barrier against attacks from pathogens such as vi-

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 湛立新, 董庭邦, 马水仙, 章迪, 谢静, 梅燕飞. 探讨影响野外小型哺乳动物免疫功能的因素[J]. 生物过程, 2024, 14(2): 43-47. DOI: 10.12677/bp.2024.142006

ruses, bacteria, and fungi present in the environment, playing a vital role in the lifecycle of animals and serving as one of the indicators of an animal's ability to survive. The immune function of small mammals living in temperate zones is subject to the influence of various factors and often exhibits plastic changes. Under wild conditions, temperature, food availability, photoperiod, population density, sex, life history, social behavior, age, and genetics can all affect the immune function of animals. This paper discusses the impacts of different ecological factors on the level of immune function in small mammals living in temperate zones.

## Keywords

Ecological Factors, Mammal, Immune Function

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在自然环境中, 野生动物的生存与发展受到内外各种因素的影响, 动物只有适应一定的环境才能更好地繁衍和生存[1]。免疫系统是维持动物正常生理活动所必需的系统之一, 机体通过完善的免疫系统来执行免疫功能。哺乳动物的免疫系统由免疫器官、免疫细胞和免疫分子三部分组成, 免疫系统除了能够识别和清除外来入侵的抗原(如病原生物)外, 还可识别和清除体内发生突变的肿瘤细胞、衰老死亡的细胞或其他有害的成分。免疫是机体各个免疫器官、系统、免疫细胞之间协调作用的结果, 也是通过识别“自己”排除“异己”和维持内环境相对稳定的一种生理性功能[1]。当动物生存的外界环境中不可控的因子发生改变时, 会损害动物的免疫功能, 并在一定程度上促进条件致病菌和寄生虫的生长, 动物的生存受到威胁[2]。野外哺乳动物的免疫功能常常受到各种因素的影响, 例如, 较低的气温、食物的供应、迁徙、种群大小、或者是捕食等[3] [4] [5]。结合目前室内外的研究现状, 本文就食物的可利用性、温度、光周期如何影响温带小型哺乳动物的免疫功能进行了探讨。

## 2. 影响野外动物免疫功能的生态因子

### 2.1. 食物对动物免疫功能的影响

食物的质量和数量对动物的生存至关重要, 动物从食物中获得能量和营养物质以满足自身维持生命活动, 进行正常生长和繁殖等生理需要。对于生活在温带的小型哺乳动物来说, 面对食物分布在空间上的不均性、季节更替或气候环境多变等影响下, 常常在春季或冬季面临食物资源的缺乏并受到饥饿胁迫, 食物短缺对动物的免疫功能影响较大, 动物的免疫功能也随之发生季节性变化[6]。在实验室条件下, 食物限制降低黑线仓鼠的体重、脾脏重量、血清瘦素水平, IgM 和 Ig 浓度降低, 最终使体液免疫被抑制[7]。同时, 在白足鼠的研究中, 限食条件下降低了该物种的抗体生成 B 细胞的数目, 细胞免疫受到抑制[8]。同样, 在室内研究中, 急性食物资源短缺能显著抑制长爪沙鼠体液免疫功能, 但温和的限食对其免疫功能影响很小[9]。充足的食物质量和数量能提高机体的免疫力, 食物的质量数量较差常常抑制机体的免疫功能。少数研究发现短期食物的限制能增加某些物种的免疫功能, 如短期限食可提高短光照下黑线毛足鼠的体液免疫功能, 通过食物限制导致能量限制的同时, 会增加大鼠淋巴细胞的数目、自然杀细胞活性, 并且脾细胞对刀豆素(Con A)和脂多糖(LPS)的反应显著增强[10]。在哺乳动物中, 大量的研究表明食物限

制会对动物的生理和能量特征产生明显影响,如减少能量消耗,降低能量需求[11];体脂、体重产生变化[12];基础代谢和能量收支产生变化[13];激素含量的变化等一系列生理表现[14]。总之食物对动物免疫功能的影响涉及一系列复杂的调节机制[15]。

## 2.2. 温度对动物免疫功能的影响

环境温度是影响动物免疫功能的重要因素。在哺乳动物中,环境温度主要以多种方式共同影响哺乳动物的免疫功能。低温通常与其他环境因素相互作用,如光周期或食物。在温带和高纬度地区,冬季温度低,气候条件恶劣,食物资源匮乏,动物的新陈代谢受到影响。一方面温度引起动物体内多种激素分泌模式改变从而影响到免疫功能。如小鼠、布氏田鼠、棕背䖃的研究中揭示低温会抑制这些物种的体液免疫功能,但低温不影响黑线仓鼠[16]、拉布拉多白足鼠[17]、长爪沙鼠[18]的细胞免疫。另一方面,温度可通过改变机体的能量状态影响动物的生殖,从而引起动物在免疫功能方面的能量投入与权衡。低温会抑制生活在低纬度地区的动物的生殖功能,如白足鼠暴露于较低的环境温度时,其生殖功能会退化。同样,在短时间内饲养在较低环境温度下的草原田鼠(田鼠),其生殖功能的抑制作用明显大于在标准室温下饲养的田鼠,当环境温度大于 40 摄氏度时,大多数哺乳动物的精子活力是减弱的。对于雌性动物来说,较高的环境温度可以抑制生殖周期的过程,例如抑制排卵、胚胎流产和抑制泌乳等。总之,高于或低于动物的最佳繁殖范围温度都会引发机体一系列的应激反应干扰繁殖并影响免疫功能。温度可以通过改变机体的能量状态及内分泌激素变化和生殖活动而影响动物的免疫功能[19]。值得一提的是,众多小型哺乳动物的研究中,结论有不一致的地方,究其原因,不同的物种其免疫功能可能存在种属差异,因而还需在更多物种中深入研究。

## 2.3. 光周期对动物免疫功能的影响

光周期是一个重要的生态因子,在光周期的节律性下,哺乳动物的生长、发育、繁殖和各项生理功能都会受到影响。在长期的进化和自然选择的过程中,动物形成了迁徙、冬眠、换毛等各项行为活动[20][21],同时,这些活动对野生动物的免疫功能也产生较大的影响。光周期对一方面改变哺乳动物的激素水平从而影响免疫功能,尤其表现在内分泌激素等方面。短光照影响褪黑激素的分泌合成,长光照的影响下分泌会减少,研究发现,褪黑激素可以通过调控免疫器官的重量、影响免疫因子的活性和数量以及影响体内抗体的产生来影响免疫功能,褪黑激素作为联系神经系统和免疫系统的重要因子调节机体的免疫机能[22]。值得注意的是一些来自野外研究的数据揭示出尽管动物的免疫功能在季节性的影响下会出现有规律的波动,但其变化趋势因物种而产生差异。周期性改变光照时间,可以使褪黑激素水平发生周期性的变化,这种变化与自然状态下季节性节律相似。光周期的季节性变化可通过神经-内分泌轴作用于身体的各个系统从而影响动物的生长、发育和繁殖等活动。1996 年, Demas 和 Nelson 提出“冬季免疫能力增强假说”,该假说认为冬季短光照能增强动物的免疫功能[23]。在布氏田鼠、西伯利亚仓鼠、黑田鼠、黑线仓鼠等物种的研究中揭示出短日照下免疫功能增强,这些结果在一定程度上支持“冬季免疫增强假说”[24]。

## 3. 总结与展望

动物发挥免疫功能是一个复杂的生理过程,免疫作用也往往是通过神经系统、内分泌系统以及免疫系统之间的相互协调来实现的。野外哺乳动物面临复杂多样的环境,影响动物免疫功能的高低的因素也是多种多样的。动物免疫功能受到外界环境(食物、温度、光周期等)和内在生理作用(生殖活动、生活史)以及种群密度等的共同影响。当前野生动物免疫功能的研究依然面临诸多问题与挑战。例如:1) 哺乳动物的免疫系统从机制上划分可分为天然免疫和适应性免疫,适应性免疫又包括细胞介导的免疫和体液免疫,免疫功能的评价本身就是一个复杂的问题,如何选择或量化评估野外动物的免疫力的参数指标? 2)

野生动物生活的复杂性和不确定性不同于室内实验室研究,野外条件下究竟选择哪些免疫学测定也是值得考虑的问题。3) 如何突破室内条件限制?生态免疫学的研究更关注自然条件下野生动物免疫功能的变化,动物的免疫功能不是静态的,而是会随环境的变化而发生变化,由于大多研究基于室内或只考虑了单一或较少的因素对动物免疫的影响。目前,来自野外条件下探索动物免疫功能变化的数据较少。

## 基金项目

云南省教育厅科学研究基金项目(编号:2022J1908);云南医药健康职业学院中药学骨干特色专业建设编号(编号:2022J1101)。

## 参考文献

- [1] 张鹏,于琦.影响野生动物保护的因素与对应策略研究[J].现代畜牧科技,2020(7):2-4.
- [2] 曹雪涛.医学免疫学[M].北京:人民卫生出版社,2013:24-27.
- [3] 徐德立,胡晓凯,田玉芬,等.雌性黑线仓鼠免疫功能的变化[J].兽类学报,2021,41(2):11-13.
- [4] Xu, D.L. and Xu, L.X. (2015) Effect of Food Restriction on Immune Function in the Striped Hamster. *Acta Ecologica Sinica*, **24**, 22-26.
- [5] Nelson, R.J., Demas, G.E. and Klein, S.L. (2002) Seasonal Patterns of Stress, Immune Function, and Disease: Seasonal Changes in Immune Function. *Frontiers in Neuroendocrinology*, **22**, 36-38.
- [6] 徐德立,徐来祥.食物限制对黑线仓鼠免疫功能的影响[J].生态学报,2015,35(6):9-11.
- [7] Bilbo, S.D. and Nelson, R.J. (2004) Photoperiod Influences the Effects of Exercise and Food Restriction on an Antigen-Specific Immune Response in Siberian Hamsters. *Endocrinology*, **14**, 556-564. <https://doi.org/10.1210/en.2003-1035>
- [8] Martin, L.B., Navara, K.J. and Weil, Z.M. (2007) Immunological Memory Is Compromised by Food Restriction in Deer Mice. *American Journal of Physiology Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, **92**, 316-320. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00386.2006>
- [9] 陈竞峰,钟文勤,刘伟,等.食物蛋白含量对雄性长爪沙鼠社会行为和某些生理特征的影响[J].兽类学报,2007,27(3):9-11.
- [10] Pahlavani, M.A., Vargas, D.A., Evans, T.R., et al. (2022) Melatonin Fails to Modulate Immune Parameters Influenced by Calorie Restriction in Aging Fischer 344 Rats. *Experimental Biology and Medicine*, **227**, 201-207. <https://doi.org/10.1177/153537020222700308>
- [11] 杨盛昌,朱万龙,黄春梅,等.食物限制对雄性大绒鼠能量代谢特征的影响[J].兽类学报,2013,33(1):8-11.
- [12] 杨盛昌,朱万龙,郑佳,等.限食程度对大绒鼠体重和产热特征的影响[J].四川动物,2013(4):7-9.
- [13] 朱万龙,陈金龙,叶芳艳,等.限食条件下下丘脑神经肽基因表达量对中华树鼩体重质量调节的影响[J].四川动物,2016(3):5-8.
- [14] 高文荣,朱万龙,曹能,等.禁食和重喂食对大绒鼠体重、产热和血清瘦素的影响[J].兽类学报,2013,33(2):7-9.
- [15] Zysling, D.A., Garst, A.D. and Demas, G.E. (2009) Photoperiod and Food Restriction Differentially Affect Reproductive and Immune Responses in Siberian Hamsters *Phodopus sungorus*. *Functional Ecology*, **23**, 979-988. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2009.01572.x>
- [16] 陈可新.温度对于黑线仓鼠能量代谢和氧化应激的影响[D]:[硕士学位论文].聊城:聊城大学生命科学学院,2023.
- [17] Thomason, C.A., Hedrick-Hopper, T.L. and Derting, T.L. (2013) Social and Nutritional Stressors: Agents for Altered Immune Function in White-Footed Mice (*Peromyscus leucopus*). *Canadian Journal of Zoology*, **91**, 313-320. <https://doi.org/10.1139/cjz-2012-0319>
- [18] 张继舫.低温和光周期长爪沙鼠免疫功能的影响[D]:[硕士学位论文].北京:北京师范大学生命科学学院,2001.
- [19] Dausmann, K.H., Glos, J. and Ganzhorn, J.U. (2004) Physiology: Hibernation in a Tropical Primate. *Nature*, **9**, 825-826. <https://doi.org/10.1038/429825a>
- [20] Prendergast, B.J., Zucker, I. and Nelson, R.J. (2009) Seasonal Rhythms of Mammalian Behavioral Neuroendocrinology. *Hormones Brain and Behavior*, **13**, 507-538. <https://doi.org/10.1016/B978-008088783-8.00014-0>
- [21] 张强.黑线仓鼠 KiSS-1/GPR54 系统在季节性繁殖与光周期调控中的作用[D]:[硕士学位论文].济宁:曲阜师范大学,2013.

- 
- [22] 魏涛, 唐粉芳, 张鹏, 等. 褪黑激素调节免疫和改善睡眠作用的研究[J]. 食品科学, 2003(3): 124-126.
- [23] Nelson, R.J. and Demas, G.E. (1996) Seasonal Changes in Immune Function. *Quarterly Review of Biology*, **71**, 512-548.  
<https://doi.org/10.1086/419555>
- [24] 张知斌, 王德华. 长爪沙鼠免疫功能、体脂含量和器官重量的季节变化[J]. 兽类学报, 2006(4): 55-56.