

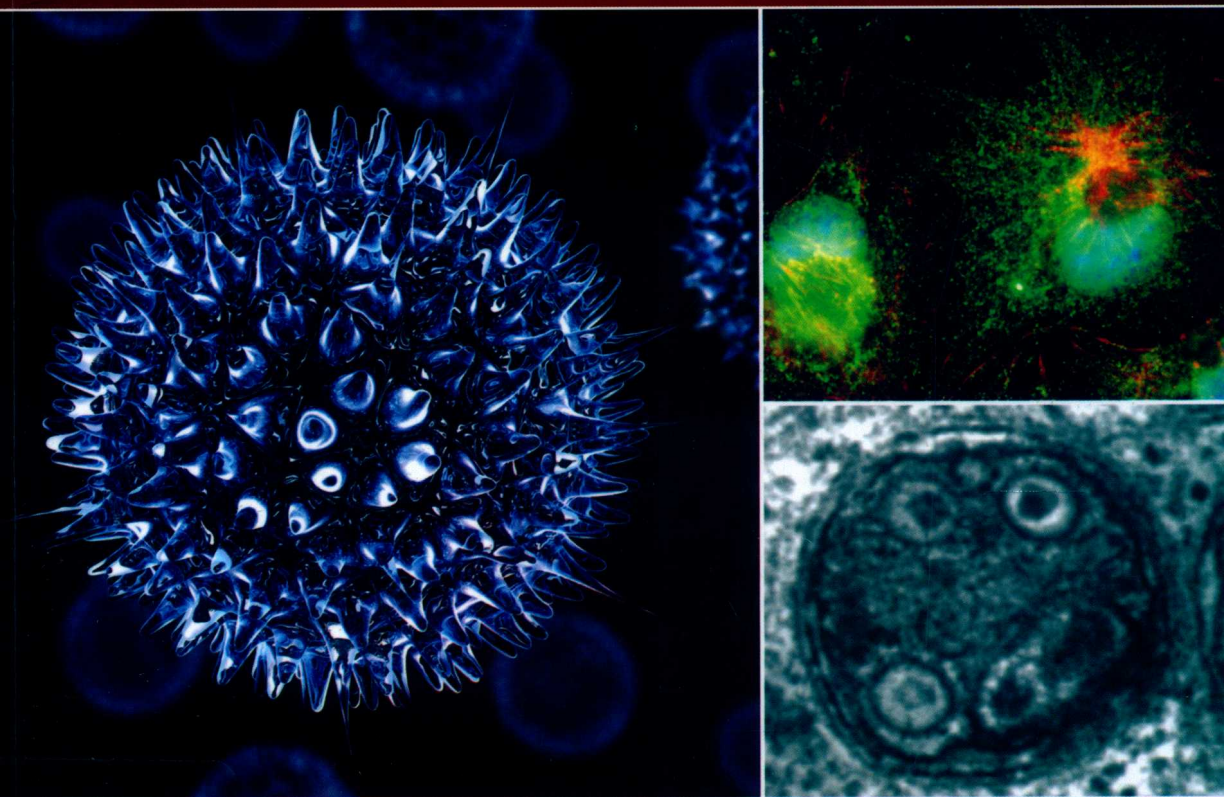
自噬、感染与免疫反应

AUTOPHAGY, INFECTION, AND THE IMMUNE RESPONSE

Edited by William T. Jackson and Michele S. Swanson

[美] 威廉·T. 杰克森 [美] 米歇尔·S. 斯旺森 编

雷晓颖 郑学星 译 于学杰 校



WILEY

山东大学出版社

自噬、感染与免疫反应

[美]威廉·T. 杰克森 [美]米歇尔·S. 斯旺森 主编

雷晓颖 郑学星 译

于学杰校

AUTOPHAGY,

INFECTION, AND THE

IMMUNE RESPONSE

Edited by William T. Jackson and Michele S. Swanson

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

自噬、感染与免疫反应/(美)威廉·T. 杰克逊,
(美)米歇尔·S. 斯旺森编;雷晓颖,郑学星译. —济南:
山东大学出版社,2018. 8

书名原文:Autophagy, Infection, and the Immune
Response

ISBN 978-7-5607-6120-6

I. ①白… II. ①威… ②米… ③于… III. ①人体细
胞学—细胞生物学—研究 IV. ①R329.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 188662 号

责任编辑:陈海军

封面设计:张 荔

出版发行:山东大学出版社

社 址 山东省济南市山大南路 20 号

邮 编 250100

电 话 市场部(0531)88363008

经 销:新华书店

印 刷:济南景升印业有限公司

规 格:787 毫米×1092 毫米 1/16

27 印张 440 千字

版 次:2018 年 8 月第 1 版

印 次:2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价:80.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

本书由约翰威立公司于2015年首次出版。保留所有权利。

除根据1976年美国版权法第107条或108条的允许,在没有出版商事先的书面许可,或通过向版权结算中心[地址:马萨诸塞州丹弗斯市罗斯伍德大道222号,邮编01923,(978)750-8400,传真(978)750-4470,或网址 www.copyright.com]支付每一复制件的费用而取得授权外,不得以任何形式或以任何方式,电子、机械、复印、记录、扫描或其他任何方式复制本出版物的任何内容,也不得将任何部分存储于检索系统中或传播。向出版者请求许可的要求应提交到许可部门[地址:约翰威立公司新泽西州霍博肯市河街111号,邮编07030,电话(201)748-6011,传真(201)748-6008],或 <http://www.wiley.com/go/permission>。

免担保及免责声明:虽然出版商和作者已经尽了最大的努力出版这本书,他们对本书内容的准确性或完整性不作任何陈述或保证,并对适销性或特定用途的适用性不作任何保证。销售代理或者书面销售材料不能形成或者延伸为担保。此处包含的建议和策略可能不适合您的情况。你应当在适当情况下咨询专业顾问。发行人和作者均不应应对任何利润损失或任何商业损失负责,包括但不限于特殊的、附带的、必然的或其他损失。

想要获得关于我们其他产品和服务的一般信息或者技术支持,请联系我们的售后部门:美国国内:(800)762-2974;美国以外:(317)572-3993,或传真:(317)572-4002。

威立公司还以各种电子格式出版这本书。印刷的一些内容可能不能转换为电子格式。想了解更多关于威立公司产品的信息,请访问我们的网站 www.wiley.com。

美国国会图书馆出版数据编目:

Autophagy, infection, and the immune response/edited by William T. Jackson and Michele Swanson.
Includes bibliographical references and index.

ISBN 978-1-118-67764-3(cloth)

I. Jackson, William T., 1971-, editor. II. Swanson, Michele, editor.

[DNLM: 1. Autophagy-immunology. 2. Immune System Processes. 3. Immunity, Innate.

4. Virus Physiological Processes. QU 375]

QR181.7

616.07'9—dc23

2014029016

本书中文简体字版专有翻译出版权由 John Wiley & Sons, Inc. 公司授予山东大学出版社。未经许可,不得以任何手段和形式复制或抄袭本书内容。本书封底贴有 Wiley 防伪标签,无标签者不得销售。

自噬是细胞内高度保守的降解过程,该过程可以缓解多种胁迫条件对细胞的不利影响。自 20 世纪 60 年代比利时科学家克里斯汀·德·迪夫发现细胞自噬以来,由于研究手段的限制,在相当长一段时间内发展缓慢。直到 20 世纪 90 年代日本科学家大隅良典利用面包酵母找到了与自噬作用有关的关键基因,阐明酵母菌体内自噬作用的机制,并发现与之相似的复杂过程也同样存在于我们人类的细胞内。此后,细胞自噬方面的研究局面豁然开朗,人们逐渐发现自噬作用在生理学和医学领域的重要作用。大隅良典也因自噬机制的发现被授予 2016 年诺贝尔生理学或医学奖。

迄今为止,科学家们已经发现了 20 余个与自噬相关的基因(Autophagy, ATG),其中近一半基因在果蝇、线虫、哺乳动物等多细胞物种中都十分保守。近 20 年来,自噬已成为生物学、医学、植物学等领域一个快速发展的研究热点,尤其在生物医学界,研究人员发现自噬在心脑血管疾病、癌症、代谢紊乱性疾病和神经退行性病变等疾病中发挥着重要的作用。学者们研究疾病中自噬水平调控的分子机制,以期利用自噬这把“双刃剑”的分子机制为临床疾病治疗寻找新的有效靶点。

近年来,很多学者发现自噬还可以针对胞内病原生物,包括寄生虫、细菌和病毒等,进行高度选择性的消化过程。因此,自噬也被认为是细胞自主免疫的关键组成部分。同时,在感染过程中,一些病原微生物还进化出了一些策略来躲避或操纵宿主细胞自噬来促进自身的增殖。

我们对自噬过程、特性及其在病原体感染宿主中与固有免疫信号通路的关系的理解还处于初期。对细胞自噬、感染和免疫方面的深入研究非常重要。目前,国内在此领域的研究尚处于起步阶段。这也是我们将此书介绍给国内同仁的初衷。

本书是约翰威利父子公司(*John Wiley & Sons*)出版的 *Autophagy, Infection, and the Immune Response* 的中译本,本书从自噬与感染及免疫的关系角度,不仅详细介绍了目前该领域的主要研究方法和技术,还提供了目前为止对各种病毒、细菌和寄生虫与自噬以及它们与免疫反应的关系的研究实例,为从事该领域研究的师生、科研与技术人员提供了自噬与感染及免疫关系的概况以及最新研究进展。

在翻译过程中,山东大学出版社给我们提供了珍贵的版权机会,感谢相关编辑在本书的编校和出版过程中的耐心协调和细致的文字加工及图稿处理工作,使得本书能够图文并茂地展现给读者。众多老师和同学参与了此书的翻译和校对,感谢他们的智慧和辛勤劳动!同时,感谢我们所在的机构——山东大学的支持,以及国家经费的资助,特别是国家自然科学基金项目(31570167、81401368、31402173)的资助。

译者

2017年10月

前言

自从近 20 年前发现致病菌和病毒与自噬体膜密切关联,科学家就已经确定,自噬是先天免疫和获得性免疫的重要组成部分。当然,正如宿主免疫反应的所有方面一样,一些病原体已经把自噬作用变成了自身的优势。在本书中,来自细菌学、病毒学、真菌学、寄生虫学、免疫学和细胞生物学领域的专家,将描述自噬体形成和成熟的细胞机制、它们对宿主防御机制的贡献,以及病原微生物克服和颠覆这个强大的感染屏障的机制。此外,专家们讨论了当前利用自噬途径改进疫苗设计的最新进展。因此,对宿主和病原体之间非同寻常的细胞战场的全面检查可以促进正在进行的研究,以了解和操纵自噬达到改善人类健康的目的。

威廉·T. 杰克森(William T. Jackson)
米歇尔·S. 斯旺森(Michele S. Swanson)

致 谢

本书编写者想要感谢威立·布莱克(Wiley-Blackwell),尤其感谢明蒂-小村町(Mindy Okura-Marszycki)在启动这个项目之初做出的努力,还要感谢斯蒂芬妮·多兰(Stephanie Dollan)、米歇尔·奈克(Michelle Kwok)、桑吉萨·帕塔萨拉蒂(Sangeetha Parthasarathy),感谢他们帮助我们完成这项工作。当然,我们要特别感谢所有章节的作者,感谢他们在整个编写过程中付出的巨大努力。

威廉·T.杰克森(William T. Jackson)
米歇尔·S.斯旺森(Michele S. Swanson)

撰稿人

Mehrdad Alirezaei Department of Immunology and Microbial Science, The Scripps Research Institute, La Jolla, California, USA

Pearl Bakhru Department of Pathology and Laboratory Medicine, University of Texas Health Sciences Center, Houston, Texas, USA

Christina Bell Proteomics and Mass Spectrometry Research Unit, Institute for Research in Immunology and Cancer, Département de Pathologie et Biologie Cellulaire, Université de Montréal, Montreal, Quebec, Canada

Stephen Berryman The Pirbright Institute, Woking, Surrey, UK

Grant R. Campbell Department of Pediatrics, Division of Infectious Diseases, University of California, San Diego, La Jolla, California, USA

Jeffrey D. Cirillo Department of Microbial Pathogenesis and Immunology, Texas A&M University Health Sciences Center-College of Medicine, College Station, Texas, USA

María Isabel Colombo Laboratorio de Biología Celular y Molecular, Instituto de Histología y Embriología (IHEM) — CONICET, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

Eleanor Cottam The Pirbright Institute, Woking, Surrey, UK

Frances Dang Departments of Paediatrics and Physiology, University of Toronto, Cell Biology Program, Research Institute, The Hospital for Sick Children, Toronto, Ontario, Canada

Elodie Décembre CIRI, Université de Lyon, Lyon, France; Inserm, Lyon, France; Ecole Normale Supérieure de Lyon, Lyon, France; Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon, France; CNRS, Lyon, France; LabEx Ecofect,

Université de Lyon, Lyon, France

Michel Desjardins Department of Pathology and Cell Biology, Université de Montreal, Montreal, Quebec, Canada

Subramanian Dhandayuthapani Center of Excellence for Infectious Diseases, Department of Biomedical Sciences, Paul L. Foster School of Medicine, Texas Tech Health Sciences Center, El Paso, Texas, USA

Xiaonan Dong Center for Autophagy Research and Department of Internal Medicine, University of Texas Southwestern Medical Center, Dallas, Texas, USA

Marlène Dreux CIRI, Université de Lyon, Lyon, France; Inserm, Lyon, France; Ecole Normale Supérieure de Lyon, Lyon, France; Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon, France; CNRS, Lyon, France; LabEx Ecofect, Université de Lyon, Lyon, France

N. Tony Eissa Department of Medicine, Baylor College of Medicine, Houston, Texas, USA

Mathias Faure International Center for Infectiology Research (CIRI), CNRS, Université Claude Bernard Lyon 1, Université de Lyon, Ecole Normale Supérieure de Lyon, Lyon, France

Laura K. Greenfield Departments of Paediatrics and Physiology, University of Toronto, Cell Biology Program, Research Institute, The Hospital for Sick Children, Toronto, Ontario, Canada

Marine L. B. Hillaire CIRI, Université de Lyon, Lyon, France; Inserm, Lyon, France; Ecole Normale Supérieure de Lyon, Lyon, France; Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon, France; CNRS, Lyon, France; LabEx Ecofect, Université de Lyon, Lyon, France

David W. Holden MRC Centre for Molecular Bacteriology and Infection, Section of Microbiology Imperial College London, London, UK

Terry Jackson The Pirbright Institute, Woking, Surrey, UK

Chinnaswamy Jagannath Department of Pathology and Laboratory Medicine, University of Texas Health Sciences Center, Houston, Texas, USA

Nicola L. Jones Departments of Paediatrics and Physiology, University of Toronto, Cell Biology Program, Research Institute, The Hospital for Sick Children, Toronto, Ontario, Canada

Tristan X. Jordan Department of Microbiology, The University of Chicago, Chicago, Illinois, USA

Arshad Khan Department of Pathology and Laboratory Medicine, University of Texas Health Sciences Center, Houston, Texas, USA

Daniel J. Klionsky Life Sciences Institute and Department of Molecular, Cellular and Developmental Biology, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA

Masato Koike Department of Cell Biology and Neuroscience, Juntendo University School of Medicine, Tokyo, Japan

Beth Levine Center for Autophagy Research, Department of Microbiology, Department of Internal Medicine and Howard Hughes Medical Institute, University of Texas Southwestern Medical Center, Dallas, Texas, USA

Xu Liu Life Sciences Institute and Department of Molecular, Cellular and Developmental Biology, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA

Serge Mostowy Section of Microbiology, MRC Centre for Molecular Bacteriology and Infection, Imperial College London, London, UK

Christian Münz Viral Immunobiology, Institute of Experimental Immunology, University of Zürich, Zürich, Switzerland

Ichiro Nakagawa Department of Microbiology, Kyoto University Graduate School of Medicine, Kyoto, Japan

Takashi Nozawa Department of Microbiology, Kyoto University Graduate School of Medicine, Kyoto, Japan

Kerstin Radtke Département de Pathologie et Biologie Cellulaire, Université de Montréal, Montreal, Quebec, Canada

Glenn Randall Department of Microbiology, The University of Chicago, Chicago, Illinois, USA

Gabriela María Recalde Laboratorio de Biología Celular y Molecular, Instituto de Histología y Embriología (IHEM) — CONICET, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

Rebecca Roberts Department of Infection and Immunity, Sheffield University, Sheffield, UK

Sankaralingam Saikolappan Center of Excellence for Infectious Diseases, Department of Biomedical Sciences, Paul L. Foster School of Medicine, Texas Tech Health Sciences Center, El Paso, Texas, USA

Christopher R. Singh Department of Pathology and Laboratory Medicine, University of Texas Health Sciences Center, Houston, Texas, USA

Andrea Sirianni Section of Microbiology, MRC Centre for Molecular Bacteriology and Infection, Imperial College London, London, UK

Emily Soudani Department of Pathology and Laboratory Medicine, University of Texas Health Sciences Center, Houston, Texas, USA

Stephen A. Spector Department of Pediatrics, Division of Infectious Disease

ses, University of California, San Diego, La Jolla and Rady Children's Hospital, San Diego, California, USA

Carlos S. Subauste Division of Infectious Diseases and HIV Medicine, Department of Medicine, Department of Ophthalmology and Visual Sciences, Department of Pathology, Case Western Reserve University School of Medicine, Cleveland, Ohio, USA

Isei Tanida Department of Biochemistry and Cell Biology, National Institute of Infectious Diseases, Tokyo, Japan

Pierre Thibault Proteomics and Mass Spectrometry, Research Unit, Institute for Research in Immunology and Cancer, Université de Montréal, Montreal, Quebec, Canada

Teresa L. M. Thurston MRC Centre for Molecular Bacteriology and Infection, Section of Microbiology, Imperial College London, London, UK

Christophe Viret International Center for Infectiology Research (CIRI), CNRS, Université Claude Bernard Lyon 1, Université de Lyon, Ecole Normale Supérieure de Lyon, Lyon, France

Matthew Whelband Norwich Medical School, University of East Anglia, Norwich, Norfolk, UK

J. Lindsay Whitton Department of Immunology and Microbial Science, The Scripps Research Institute, La Jolla, California, USA

Tom Wileman Norwich Medical School, University of East Anglia, Norwich, Norfolk, UK

Zhigang Zhou Norwich Medical School, University of East Anglia, Norwich, Norfolk, UK

目 录

第一章 自噬与免疫	(1)
1.1 前言	(1)
1.2 自噬	(2)
1.2.1 自噬的类型	(2)
1.2.2 形态学	(3)
1.2.3 分子机制	(3)
1.2.4 生理功能	(5)
1.3 自噬和免疫	(6)
1.3.1 异自噬:细胞内微生物的自噬性清除	(6)
1.3.2 自噬和隐肽	(9)
1.3.3 自噬与模式识别受体(pattern recognition receptors, PRRs) ...	(9)
1.3.4 自噬与 MHC 抗原递呈	(10)
1.3.5 免疫信号分子的自噬调节	(11)
1.3.6 自噬、炎症和自身免疫	(11)
1.4 结论	(12)
第二章 自噬的研究技术	(23)
2.1 前言	(23)
2.2 研究自噬的试剂和工具	(25)
2.2.1 检测 LC3-II 溶酶体流的试剂	(25)
2.2.2 自噬诱导剂	(25)
2.2.3 用于抑制自噬的试剂及重组工具	(26)
2.3 免疫印记方法检测 LC3-I 和 LC3-II	(26)
2.4 免疫荧光方法分析内源性 LC3	(27)

2.5	利用带荧光标签的 LC3 检测自噬	(27)
2.6	使用电镜对自噬小体及自噬溶酶体进行形态学分析	(29)
2.6.1	试剂或储备溶液	(30)
2.6.2	细胞颗粒及微生物的树脂包埋	(31)
2.6.3	对生长在玻璃瓶和塑料盖玻片上的细胞进行平面嵌入	(32)
2.7	免疫电镜技术	(32)
第三章	自噬对体内 DNA 病毒感染的作用	(41)
3.1	概述	(41)
3.2	在植物和无脊椎动物体内自噬与 DNA 病毒的相互作用	(42)
3.3	在脊椎动物体内自噬与 DNA 病毒的相互作用	(43)
3.3.1	自噬是一种必要的抗病毒机制,能保护机体不感染 HSV-1	(43)
3.3.2	自噬与 HBV 在体内的相互作用:病毒利用和肿瘤抑制之间的 平衡	(49)
3.3.3	自噬可能抑制 γ -疱疹病毒的持续感染	(51)
3.4	结论	(51)
第四章	RNA 病毒与体内自噬的研究	(61)
4.1	简介	(61)
4.2	植物及无脊椎动物体内 RNA 病毒与自噬的相互作用	(62)
4.2.1	植物	(62)
4.2.2	无脊椎动物	(62)
4.3	脊椎动物体内自噬与 RNA 病毒之间的相互作用	(63)
4.3.1	披膜病毒科	(63)
4.3.2	杯状病毒科	(63)
4.3.3	正黏病毒科	(64)
4.3.4	黄病毒科	(65)
4.3.5	小 RNA 病毒科	(66)
4.4	结论	(74)
第五章	自噬与小 RNA 病毒的感染	(81)
5.1	简介	(81)
5.2	选择性自噬与自噬受体和 LC3 相互作用的区域相关	(83)
5.3	病毒感染激活自噬	(83)
5.4	小 RNA 病毒和自噬	(83)
5.4.1	脊髓灰质炎病毒	(84)
5.4.2	柯萨奇病毒	(86)
5.4.3	人肠道病毒 71	(87)
5.4.4	脑心肌炎病毒	(87)

5.4.5	口蹄疫病毒	(87)
5.4.6	人鼻病毒	(89)
5.5	有关解释自噬诱导的 LC3 点聚集和 DMVs 的注意事项	(89)
5.5.1	LC3 点聚集	(89)
5.6	结论与展望	(91)
第六章	黄病毒与自噬	(97)
6.1	简介	(97)
6.1.1	自噬	(97)
6.2	黄病毒	(99)
6.3	登革热病毒	(102)
6.3.1	自噬是否是复制的平台	(103)
6.3.2	脂质代谢调节	(103)
6.3.3	自噬相关蛋白 USP10 和 USP13 在 DENV 病毒颗粒成熟过程中的作用	(104)
6.3.4	细胞保护性的自噬	(105)
6.3.5	自噬在 ADE 单细胞感染的模型中作用	(105)
6.3.6	DENV 感染小鼠后的自噬	(106)
6.4	其他黄病毒	(106)
6.4.1	日本脑炎病毒	(106)
6.4.2	莫多克病毒	(107)
6.4.3	西尼罗病毒	(107)
6.5	结论	(108)
第七章	自噬:丙肝病毒重组之源	(125)
7.1	简介	(125)
7.1.1	自噬	(125)
7.1.2	丙型肝炎病毒(HCV)基因组、复制及其引起的疾病	(127)
7.2	HCV 诱导促病毒性自噬	(134)
7.3	HCV 如何触发胞质囊泡积聚	(134)
7.4	自噬引起的动态膜重排	(136)
7.5	自噬与固有免疫反应互联	(137)
7.6	自噬与细胞死亡	(138)
7.7	通过自噬排除异常的沉淀及细胞器:慢性 HCV 对肝损伤的影响	(139)
7.7.1	自噬与脂质新陈代谢	(139)
7.7.2	线粒体自噬与 HCV 持续感染	(140)
7.8	结论及展望	(140)
第八章	调节自噬以治疗人类 I 型免疫缺陷病毒	(155)
8.1	介绍	(155)

8.2	HIV 利用自噬促进自身复制	(157)
8.3	HIV 在感染过程中抑制自噬,诱导细胞自噬可抑制 HIV 感染	(157)
8.4	HIV 诱导 CD4 ⁺ T 细胞自噬	(158)
8.5	对自噬的调节是引起 HIV 相关神经认知损伤的一种机制	(160)
8.6	如何利用自噬控制和清除 HIV 病毒	(162)
第九章	感染细胞内的自噬现象:来源于致病菌的理解认识	(173)
9.1	前言	(173)
9.2	细胞自噬和细菌的相互作用	(173)
9.2.1	鼠伤寒沙门菌	(174)
9.2.2	结核分枝杆菌	(175)
9.2.3	嗜肺军团菌	(176)
9.2.4	单核细胞增多性李斯特菌	(177)
9.2.5	志贺杆菌	(179)
9.2.6	海洋性结核菌	(180)
9.3	结论	(181)
第十章	Rab 蛋白在自噬中的作用:链球菌模型	(191)
10.1	绪论	(191)
10.2	Rab GTP 酶	(191)
10.3	Rab GTP 酶参与饥饿诱导的自噬	(192)
10.4	Rab 蛋白在链球菌感染自噬中的定位	(193)
10.5	Rab7 参与了 GcAV 形成的起始	(194)
10.6	Rab23 是 GcAV 形成的必备条件	(195)
10.7	Rab9A 促进 GcAV 增大及与溶酶体的融合	(196)
10.8	结论与展望	(197)
第十一章	自噬控制的幽门螺杆菌感染	(203)
11.1	幽门螺杆菌	(203)
11.2	幽门螺杆菌及其逃逸宿主免疫应答	(209)
11.3	自噬	(211)
11.4	急性幽门螺杆菌感染:胃上皮细胞中诱导自噬	(212)
11.5	慢性幽门螺杆菌感染:在胃上皮细胞中抑制自噬	(217)
11.6	幽门螺杆菌在免疫细胞中诱导的自噬	(217)
11.7	宿主遗传学影响幽门螺杆菌被自噬的清除	(218)
11.8	幽门螺杆菌破坏自噬和胃癌	(219)
11.9	幽门螺杆菌的治疗:自噬是竞争者吗?	(220)
11.10	结论	(221)

第十二章 沙门菌和自噬系统的相互作用	(243)
12.1 概述	(243)
12.2 沙门菌在宿主内的生命周期	(243)
12.3 沙门菌在恶劣的细胞内环境中的存活	(244)
12.4 研究沙门菌感染的模型	(245)
12.5 沙门菌自噬的机制	(246)
12.5.1 沙门菌是抗细菌自噬的靶点	(246)
12.5.2 抗细菌自噬的诱导	(247)
12.5.3 抗细菌自噬中的吃掉我(eat-me)信号	(248)
12.5.4 自噬受体具有特异性	(250)
12.6 体内实验沙门菌的自噬	(251)
12.7 细菌的反抗策略	(251)
12.7.1 沙门菌能抵抗自噬作用吗?	(251)
12.7.2 潜在的自噬回避机制	(252)
12.7.3 SseL 将自噬靶向蛋白聚合体去泛素化	(252)
12.7.4 沙门菌抑制选择性的抗细菌自噬吗?	(253)
12.8 展望	(253)
第十三章 自噬抗刚地弓形虫的宿主因素	(263)
13.1 前言	(263)
13.2 CD40 自噬和溶酶体对刚地弓形虫的降解	(264)
13.3 参与刺激自噬的 CD40 下游事件	(266)
13.4 体内感染刚地弓形虫的自噬相关性	(268)
13.5 刚地弓形虫感染中的 TFN- γ 和 ATG5	(269)
13.6 刚地弓形虫操纵宿主细胞信号抑制 LC3 结构的靶定并保持 纳虫泡的非融合性	(271)
13.7 刚地弓形虫体内自噬机制	(272)
13.8 结论	(273)
第十四章 结核分枝杆菌和自噬通路	(281)
14.1 结核分枝杆菌是一种存活于自己裁制的间隔区域以逃避宿主 免疫细胞消灭的病原体	(281)
14.2 ESX-1 分泌系统	(283)
14.3 海分枝杆菌是结核分枝杆菌的近亲,其在细胞质中逃避消灭 并形成肌动蛋白尾	(283)
14.4 分枝杆菌调控自噬	(284)
14.5 结核分枝杆菌,一种可以逃入细胞浆的病原体	(287)
14.6 结论	(288)