



T Basic Biology and Disease Models of Tree Shrews

树鼯 基础生物学与疾病模型

主编 郑永唐 姚永刚 徐 林

Edited by Yong-Tang Zheng, Yong-Gang Yao and Lin Xu

tree shrew

shrews

109

89

118

111

340

mouse

122

165

human

98

80

云南出版集团公司
云南科技出版社

T **Basic Biology and Disease Models of**
Tree Shrews

树鼯

基础生物学与疾病模型

主编◎郑永唐 姚永刚 徐 林



云南出版集团公司
云南科技出版社
· 昆 明 ·

图书在版编目(CIP)数据

树鼩基础生物学与疾病模型 / 郑永唐, 姚永刚, 徐林主编. -- 昆明: 云南科技出版社, 2014.10
ISBN 978-7-5416-8552-1

I. ①树… II. ①郑… ②姚… ③徐… III. ①树鼩科—生物学—研究②树鼩科—实验动物—试验模型 IV. ①Q959.848

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第249989号

责任编辑: 温 翔

赵 敏

陈明英

整体设计: 晓 晴

责任校对: 叶水金

责任印制: 翟 苑



Tree shrews

云南出版集团公司

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路609号云南新闻出版大楼 邮政编码: 650034)

昆明富新春彩色印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 31.25 字数: 820千字

2014年11月第1版 2014年11月第1次印刷

印数: 1~3500册 定价: 186.00元

T



Basic Biology and Disease Models of
Tree Shrews

内容简介 >

为解决生命科学和生物医药研究领域中的系列重大基础和临床问题，科学家们创建了不同种属的许多实验动物和动物模型，它们各自发挥着独特的重要作用。树鼩是灵长类近亲，是研究近视、心理应激和病毒性肝炎等许多人类疾病的理想模型动物。创建人类疾病的树鼩模型，树鼩的实验动物标准化和基础生物学数据是深入进行人类疾病机理研究和新药研发的必要条件。本书的各位作者多年来一直从事树鼩基础生物学与疾病模型研究工作，根据他们的最新研究成果，结合当前国内外最新进展编著而成本书。全书分为树鼩基础生物学和疾病模型两篇共28章。第一篇涵盖了树鼩的分子进化、群体遗传多样性、基因组学、免疫遗传、肿瘤相关基因、基础生理学和代谢学数据、血液生理生化、乳腺生物学、生殖生理与辅助生殖技术、共生微生物学、组织学、脑形态及脑立体定位、脑结构演化与行为、情绪相关脑区肽能神经元等树鼩基础生物学的研究内容；第二篇探讨了抑郁症、药物成瘾、情绪相关精神疾病、病毒感染、细菌感染、乳腺癌、胶质母细胞瘤、血栓疾病、代谢性疾病、转基因树鼩等模型的创建和研究。本书具有科学性、系统性和实用性，其中许多研究成果属于首次报道，对相关研究具有重要的参考价值。

本书可作为从事生物学、实验动物学、医药卫生、林业等领域的科研人员、教师、研究生和高年级大学生参考用书。

- 曹 毅 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/中国科学院昆明灵长类研究中心
- 陈策实 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/中国科学院昆明灵长类研究中心
- 陈佳琦 中国科学院昆明动物研究所/中国科学院昆明灵长类研究中心
- 陈仕毅 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 陈新文 中国科学院武汉病毒研究所病毒学国家重点实验室
- 代建昆 中国科学院武汉物理与数学研究所
- 杜廷义 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/云南省第一人民医院
- 范 宇 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 郭 静 中国科学院武汉病毒研究所病毒学国家重点实验室
- 郭 颖 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 郝 雪 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 何保丽 昆明医科大学
- 何小芹 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 季 爽 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 赖 仞 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/中国科学院昆明灵长类研究中心
- 雷 皓 中国科学院武汉物理与数学研究所
- 李 贵 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 李明泓 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 李盛安 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 李勇辉 中国科学院心理研究所心理健康院重点实验室
- 李 媛 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/昆明理工大学
- 李昀海 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 梁 斌 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/中国科学院昆明灵长类研究中心
- 廖莎莎 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 刘 杰 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 罗鹏昊 中国科学技术大学生命科学学院
- 吕龙宝 中国科学院昆明动物研究所/中国科学院昆明灵长类研究中心
- 马旭通 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
- 马玉华 中国科学院昆明动物研究所/中国科学院昆明灵长类研究中心
- 马原野 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/中国科学院昆明灵长类研究中心
- 孟肖路 中国科学院心理研究所心理健康院重点实验室
- 母 丹 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室

倪荣军 中国科学技术大学生命科学学院
潘姿娇 昆明医科大学
祁可可 中国科学院心理研究所心理健康院重点实验室
舒愉棉 中国科学技术大学生命科学学院
隋 南 中国科学院心理研究所心理健康院重点实验室
童耀辉 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
涂 秋 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
王建红 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/中国科学院昆明灵长类研究中心
王 静 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
王 霜 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
吴春晨 中国科学院武汉病毒研究所病毒学国家重点实验室
吴晓云 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
夏厚军 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
徐 林 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/中国科学院昆明灵长类研究中心
徐 玲 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
许 凌 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
杨 琪 中国科学院武汉病毒研究所病毒学国家重点实验室
杨世华 华南农业大学
杨跃雄 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
姚永刚 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/中国科学院昆明灵长类研究中心
张林强 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
张喜鹤 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
张晓辉 昆明理工大学
张玉茹 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
张 云 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/中国科学院昆明灵长类研究中心
张治国 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室
赵旭东 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/中国科学院昆明灵长类研究中心
郑 萍 中国科学院昆明动物研究所遗传资源与进化国家重点实验室/中国科学院昆明灵长类研究中心
郑永唐 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室/中国科学院昆明灵长类研究中心
周江宁 中国科学技术大学生命科学学院
周 霞 中国科学院昆明动物研究所动物模型与人类疾病机理院重点实验室

T序

Basic Biology and Disease Models of
Tree Shrews

实验动物和人类疾病的动物模型对理解生命科学和生物医药领域的重大基础和临床问题均产生了不可或缺的巨大贡献。由于伦理及其它问题，人类疾病机理的解析和新药、新疫苗临床前评价只能依赖于特定的动物模型。1901~2012年，共有201位科学家获得诺贝尔生理学或医学奖，其中约83%的获奖者其科研成果得益于动物模型。常用的实验动物包括线虫、果蝇、斑马鱼、非洲爪蛙、啮齿类（大、小鼠）、兔、犬、猪、非人灵长类动物等。每种实验动物具有各自的优缺点，对解决特定科学问题和疾病机理具有特殊优势。创建新种属实验动物及疾病模型是一个巨大的工程，涉及特定野生动物的实验动物化、新型实验动物和新品种（系）的培育和饲养繁殖标准化、重大疾病的动物模型创建等，一旦成功往往会极大地推动生命科学和生物医学领域的跨越式发展和创新性突破。瞄准生命科学和生物医学研究中的重大需求，基于我国丰富的特色野生动物资源，创建我国标准化的新型实验动物无疑是十分重要而又极具挑战的基础性工作。

树鼩作为一种新型实验动物，正日益受到国内外的关注和应用。树鼩属攀鼩目（Scandentia）树鼩科（Tupaiidae）。我国现生树鼩有1属1种。云南是野生树鼩分布的主要区域之一。树鼩具有体形小、生殖与发育周期短、人工饲养条件下无明显繁殖季节、孕期短、多胎等优势。树鼩作为实验动物在生命和医学领域的应用已有30多年历史。研究证明，树鼩是灵长类的近亲，特别适合于人类近视、心理应激和病毒性肝炎等疾病的模型研究。

中国科学院昆明动物研究所是我国最早开展树鼩人工驯养繁殖的单位，该所自20世纪70年代末开始，就围绕树鼩人工驯养繁殖、疾病防治和动物模型创建等开展了一系列研究，早在1991年出版了国内第一本也是目前仅有的一本《树鼩生物学》专著。该专著出版后，在学术界产生了广泛影响。昆明动物研究所通过对树鼩饲养环境及设施、微生物、寄生虫和配合饲料等不断探索改进，已形成规范的饲养管理体系，实现了树鼩的标准化人工驯养繁育，并于2012年10月通过树鼩生产和使用许可证认证，成为全国首家获得树鼩生产许可证的机构。2012年，昆明动物研究所还组织了树鼩全基因组测定和解析工作，得到了高覆盖度（79X）的基因组序列，发现树鼩在神经及免疫系统等方面与人类具有

较高的同源性，在很多方面具有可用来替代猕猴等灵长类实验动物的遗传基础，可能适合于更多的免疫学、神经生物学及代谢等生物学问题和疾病机理的研究。

实验动物的基础生物学数据收集非常重要，是利用动物模型来研究人类疾病机理和药物研发的基础和前提，也是一项烦琐费时的的工作。相对于其它成熟的实验动物如大鼠、小鼠和猕猴，树鼩缺乏基础生物学数据和专有检测试剂，遗传背景清晰、遗传成分稳定的种群或品系，这些因素限制了其广泛应用。近年来，在国家863计划、中国科学院重点部署集群项目、中国科学院基础前沿研究专项项目、中国科学院昆明动物研究所“一三五”重大专项课题等支持下，昆明动物研究所联合院内外兄弟单位开展了树鼩基础生物学与疾病模型的深入研究，取得了多项重要研究进展，在此基础上编著了《树鼩基础生物学与疾病模型》一书。该书作者均是研究一线的博士和卓有成效的中青年专家，他们结合自己的研究工作，较全面地介绍了树鼩基础生物学和疾病模型研究相关领域的最新进展与发展趋势，具有科学性、系统性和实用性，其中许多研究成果属于首次报道。

我相信《树鼩基础生物学与疾病模型》的出版将推动我国树鼩生物学研究和人类疾病树鼩模型的创建工作，实现“中国制造”的树鼩品系和疾病模型，推动树鼩在生命科学和生物医药等领域的广泛应用，培育并形成新产业。



中国科学院院士
2014年6月26日

实验动物是生命科学和医药研究中必备的基本和支撑条件之一。树鼯作为实验动物在生命科学领域已有30多年历史。由于受到资源的限制，国际上仅有德国灵长类中心、美国伯明翰阿拉巴马大学、美国圣地亚哥野生动物园、墨西哥沃尔夫繁殖中心和欧洲灵长类中心（荷兰）等少数机构饲养繁殖树鼯。目前国际上利用树鼯进行疾病机理研究和新药评价尚处于起步阶段。云南是我国树鼯基础研究及应用研究最早和最发达的地区。中国科学院昆明动物研究所是我国最早开展树鼯人工驯养繁殖、生物学特性和疾病模型研究的机构，随着树鼯在人类疾病模型方面的应用潜力被逐步认识，全国各地一些科研院所相继开展了树鼯驯养繁殖和应用的研究。

早在1991年，中国科学院昆明动物研究所的彭燕章、叶智彰等就出版了国内第一本也是目前仅有的一本《树鼯生物学》，该专著较系统地总结了树鼯的生物学特性，包括树鼯分类与生态学、饲养与繁殖、寄生虫学与病理学、解剖学、神经生物学、遗传学、生物化学和免疫学等研究进展。《树鼯生物学》出版后在实验动物和生物医学界产生了广泛的学术影响。目前，国内外学者围绕树鼯生物学特性研究及疾病树鼯模型建立方面取得了大量的科研成果，尤其在病毒感染性模型、基因组学及功能基因、蛋白质组学、代谢组学、实验动物饲养和繁殖条件的标准化等方面。2012年，北京生命科学研究团队根据报道的乙型肝炎病毒（HBV）结合受体的肽段Pre-S1设计探针，以树鼯原代肝细胞为材料，发现人HBV和丁型肝炎病毒的共用受体——“钠离子-牛磺胆酸共转运多肽（NTCP）”，解析了树鼯易感HBV的分子机制。2012年，中国科学院昆明动物研究所领衔测定和解析了树鼯全基因组，得到了高覆盖度、高质量的基因组序列，从全基因组水平证实树鼯是灵长类的近亲，发现树鼯在神经和免疫系统等方面与人类具有高度的同源性，在很多方面具有可用来替代猕猴等灵长类实验动物的遗传基础，可能还适合于更多的免疫学、神经生物学及代谢等生物学问题和疾病机理研究。2010年，由昆明医学院牵头调研和编制，云南省质量技术监督局颁布了《实验树鼯 云南省地方标准》——《实验树鼯（DB53/T 328.1-328.5-2010）》，形成了实验动物树鼯的云南省地方标准。中国科学院昆明动物研究所通过对树鼯饲养环境及设施、微生物、寄生虫和配合饲料等不断探索改进，已形成规范的饲养管理体系，实现了树鼯的标准化人工驯养繁育，并于2012年10月通过树鼯生产和使用许可证认证，成为全国首家获得树鼯生产许可证的机构。

实验动物的基础生物学数据是动物模型研究人类疾病和进行药物研发的基础和前提。作为一种新型实验动物，相对于其它成熟的实验动物，缺乏树鼯的基础生物学数据和专有检测研究试剂，没有遗传背景清晰、遗传成分稳定的种群或品系，从而极大地限制了其应用。为了推动我国树鼯生物学研究和在疾病模型中应用，近年来在中国科学院重点部署集群项目、中国科学院基础前沿研究专项项目和国家863计划等支持下，中国科学院和云南省“动物模型与人类疾病机理重点实验室”联合中国科学技术大学、中国科学院心理研究所、中国科学院武汉病毒研究所、中国

科学院武汉物理与数学研究所、华南农业大学等院内外兄弟单位开展了树鼩基础生物学与疾病模型的深入研究，取得了许多重要研究成果，在此基础上编著了《树鼩基础生物学与疾病模型》一书。本书研究内容涵盖了分子进化、群体遗传多样性、基因组学、免疫遗传、病毒限制因子、肿瘤相关基因、基础代谢学和生理学数据、血液生理生化、乳腺生物学、生殖生理、微生物学、组织学、脑形态及脑立体定位、脑结构演化与行为等树鼩基础生物学研究，以及包括抑郁症、药物成瘾、情绪相关精神疾患、病毒感染、细菌感染、乳腺癌、胶质母细胞瘤、血栓疾病、代谢性疾病等的树鼩模型研究，同时介绍了树鼩转基因技术的尝试和进展。各位编著者结合自己的研究工作，重点介绍了相关领域的最新进展和发展趋势，其中许多研究成果属于首次报道。编著者均是在研究一线的青年才俊和工作卓有成效的中青年专家，其中有国家杰出青年获得者5名，中国科学院“百人计划”获得者13名，国务院政府特殊津贴获得者8名。我们希望本书的出版能拓展实验动物树鼩基础生物学和疾病模型研究国内外同行的思路，加快树鼩在疾病机理研究和新药研发中的创新性发展。我们希望本书不仅对科研人员有价值，也对有志于该领域的研究生、大学生等青年后继人才有所帮助。

树鼩基础生物学与疾病模型的研究始终得到中国科学院副院长张亚平院士、同济大学校长裴钢院士、中国科学院昆明植物研究所孙汉董院士和周俊院士、武汉大学副校长舒红兵院士的鼓励、支持和指导。中国科学院院士、中国科学院副院长张亚平研究员高度评价和认可本专著的出版，并承蒙亲笔作序。树鼩基础生物学和疾病模型研究工作及本书的出版主要得到中国科学院基础前沿研究专项项目“树鼩基础生物学及重要生物学特性研究”（KSCX2-EW-J-23）、中国科学院重点部署项目“树鼩品系资源的创制和推广”（KSCX2-EW-R-11）、中国科学院重点部署项目“树鼩的人类疾病模型建立”（KSCX2-EW-R-12）、863计划项目“重大经济价值生物资源遗传信息数字化关键技术研究”（2012AA021801）、中国科学院昆明动物研究所“一三五”重大专项课题以及多项国家自然科学基金的资助。感谢本书编委会秘书、中国科学院和云南省动物模型与人类疾病机理重点实验室主任助理王霜女士为本书的出版付出的艰辛劳动。各位编著者花费了大量时间和精力投入此书的撰写，对他们的鼎力支持和奉献，深表感谢！

由于编著者水平有限以及撰写风格各异，本书肯定存在诸多不足和遗漏，敬请读者和同行赐教指正。我们期待更多的学者能够投身到树鼩的研究中，实现更多的树鼩实验动物和疾病动物模型的“中国制造”！

郑永唐 姚永刚 徐 林

2014年6月26日

T 目录

Basic Biology and Disease Models of
Tree Shrews

1 第一篇 树鼩基础生物学

第一章 树鼩进化分类地位的分子证据

第一节 前 言	3
第二节 树鼩的传统分类地位	4
一、树鼩归类于攀鼩目	4
二、争论不休的攀鼩目	4
第三节 基于分子证据界定树鼩的进化地位	6
一、基于分子证据界定物种进化地位的方法——系统发育研究方法	6
二、线粒体DNA数据揭示树鼩与兔形目动物是“近亲”	7
三、核基因数据分析	9
第四节 结 语	13

第二章 树鼩群体遗传多样性

第一节 前 言	17
第二节 遗传多样性概述	17
一、遗传多样性的概念	17
二、研究遗传多样性的主要指标	18
三、研究遗传多样性的主要方法	19
第三节 攀鼩目动物的系统分类与地理分布	20
第四节 树鼩表型多态性	23
第五节 群体间遗传多样性	25
一、微卫星位点的分析	25
二、线粒体DNA的研究	26

三、基于其它分子标记的研究	29
第六节 树鼯群体遗传多样性研究和资源利用与保护	29

第三章 树鼯基因组测定与特点概述

第一节 前 言	32
第二节 基因与基因组	32
第三节 树鼯基因组测序	33
一、中美测定的树鼯基因组整体质量比较	33
二、树鼯基因组测序与组装	34
第四节 树鼯基因组的特点	36
一、树鼯的转座因子与分散重复序列	36
二、蛋白质编码基因	38
三、非编码RNA	38
第五节 树鼯基因组的进化	39
第六节 树鼯的功能基因	46
一、树鼯的假基因	46
二、树鼯特有的缺失基因	51
三、树鼯与灵长类特有的共同基因	52
四、树鼯的神经系统基因	55
五、树鼯的免疫系统基因	61
六、树鼯的代谢系统基因	64
七、树鼯运动系统相关基因	66
第七节 树鼯药物靶点基因	66
一、树鼯细胞色素P450（CYP）家族	67
二、树鼯肝炎药靶基因	67
第八节 树鼯转录组学研究	68
一、树鼯转录组测序	68
二、树鼯基因表达信息	69
第九节 树鼯基因组数据库的开发	70
第十节 展 望	71

第四章 树鼯主要组织相容性复合物（MHC）的研究

第一节 前 言	76
第二节 MHC基因和分子的结构及功能	76
一、MHC基因及分子结构	77
二、MHC I 和 II 类分子的功能	79
第三节 树鼯MHC的结构	81
一、树鼯MHC I 类基因及分子结构	81

二、树鼩MHC II类基因及分子结构	84
第四节 树鼩MHC基因的遗传学特点	86
一、多态性	86
二、单倍型遗传	87
三、连锁不平衡	88
第五节 结语与展望	89

第五章 树鼩病毒限制因子TRIM5 α /TRIMCyp的研究

第一节 病毒限制因子TRIM5 α	91
一、宿主限制因子TRIM5 α 的发现	91
二、TRIM5基因及其转录本结构	92
三、TRIM5 α 各个结构域的功能	92
四、TRIM5 α mRNA的组织分布	93
五、TRIM5 α 限制逆转录病毒的可能机制	93
六、TRIM5 α 以物种特异性的方式限制逆转录病毒	94
七、TRIM5的进化特征	94
八、TRIM5 α 参与天然免疫通路	95
第二节 病毒限制因子TRIMCyp	96
一、亲环素A及其逆转座子	96
二、灵长类动物TRIMCyp	97
第三节 树鼩TRIM5的研究	99
一、树鼩TRIM5基因及其转录本结构	99
二、树鼩TRIM5的组织分布和功能	100
第四节 树鼩TRIMCyp的研究	102
一、树鼩TRIMCyp形成模式	102
二、树鼩TRIMCyp在攀鼯目与灵长目/皮翼目分化后产生并固定	104
三、树鼩TRIMCyp的组织分布	105
四、树鼩TRIMCyp的RBCC结构域与TRIM5的RBCC结构域所受选择压力不同	106
五、树鼩TRIMCyp不能限制HIV-1和SIVmac	106
六、树鼩TRIMCyp参与天然免疫调控	108
第五节 结语与展望	109

第六章 树鼩肿瘤相关基因介绍

第一节 前 言	114
第二节 树鼩肿瘤相关基因比较分析	114
一、肿瘤相关基因来源及比较方法	114
二、同源性比对结果	115
三、树鼩-人同源性比小鼠-人同源性高10%以上的基因介绍	120

四、树鼯特有同源基因介绍	133
五、树鼯特有同源基因及树鼯-人同源性较高的肿瘤相关基因信号通路聚类分析	140
第三节 肿瘤动物模型情况概述	143
第四节 结语与展望	143

第七章 树鼯的脑形态

第一节 树鼯脑的大体形态	146
第二节 树鼯脑的演化	147
第三节 树鼯脑中一些特化较大的结构	148
一、树鼯脑的皮层下结构	148
二、大脑及大脑皮层	149
第四节 树鼯脑功能解剖	150
一、视觉系统	150
二、听觉系统	152
三、体感系统	152
四、树鼯的锥体和锥体外运动系	153

第八章 树鼯脑活体T₂加权MRI立体定位图谱

第一节 前言	156
第二节 T ₂ 加权MRI树鼯大脑核团与白质结构标定	156
一、动物准备与数据采集	156
二、数据处理	157
三、树鼯脑MRI的表面解剖	157
四、主要核团和白质结构标注	158
第三节 结语	163

第九章 树鼯脑结构的演化与行为

第一节 前言	165
第二节 脑结构、功能及其演化	166
一、脑外观的基本形态和结构	166
二、树鼯脑的演化地位	167
第三节 感知觉及相关行为	168
一、视觉	168
二、痛觉与行为	169
三、嗅觉和听觉	169
第四节 学习与记忆	170
第五节 应激及情绪行为	172

第六节 昼夜节律·····	173
---------------	-----

第十章 树鼩情绪相关脑区肽能神经元分布

第一节 树鼩情绪相关脑区的解剖结构·····	175
一、下丘脑·····	175
二、内侧前额叶和扣带回皮层·····	177
三、杏仁核体·····	177
四、海马结构·····	178
五、隔 区·····	179
六、终纹床核·····	179
第二节 树鼩情绪相关脑区中肽能神经元分布·····	180
一、加压素神经元在情绪相关脑区中分布·····	180
二、催产素神经元在情绪相关脑区中分布·····	184
三、促肾上腺皮质激素释放激素神经元在情绪相关脑区中分布·····	188
四、血管活性肠肽神经元在情绪相关脑区中分布·····	192
五、神经肽Y神经元在情绪相关脑区中分布·····	194

第十一章 树鼩基础生理学数据

第一节 前 言·····	207
第二节 驯养树鼩常规形态和解剖学数据·····	208
一、体尺指标数据·····	208
二、主要脏器指标数据·····	210
三、脑容量数据·····	211
第三节 驯养树鼩的基础生理学指标·····	212
一、基础身体指标·····	212
二、脑 电·····	214
三、生理节律·····	215
四、糖代谢指标·····	215
五、应激内分泌学指标·····	216
第四节 存在问题与展望·····	217

第十二章 树鼩基础生理代谢

第一节 树鼩基础生理代谢·····	220
一、树鼩体重、空腹血糖、性别和年龄的关系·····	220
二、树鼩肥胖与糖脂代谢·····	223
三、温度和季节对树鼩生理代谢的影响·····	224
第二节 树鼩肝脏和肌肉蛋白质组学·····	224

第三节	树鼩脂代谢相关基因研究	225
一、	树鼩脂代谢基因比较基因组学	225
二、	树鼩FABP家族	227
三、	硬脂酰辅酶A去饱和酶基因	228

第十三章 树鼩的血液生理生化

第一节	树鼩的常用血液生物化学指标	233
第二节	树鼩的常用血液学指标	237
一、	骨髓细胞形态学分析	237
二、	外周血细胞数量检测	241

第十四章 树鼩乳腺生物学

第一节	树鼩乳腺的正常发育	245
一、	树鼩乳腺的特征	245
二、	树鼩乳腺发育过程中的激素变化	250
第二节	树鼩乳腺相关疾病	251
一、	树鼩乳腺自发肿瘤	251
二、	树鼩乳腺寄生虫	255
第三节	树鼩乳腺相关基因克隆和分析	255
一、	激素受体ESR基因	255
二、	生长因子受体	257
三、	原癌基因和抑癌基因信号途径	259

第十五章 树鼩共生微生物

第一节	微生物与微生物学基础理论	265
一、	微生物与微生物学	265
二、	微生物的种类与分布	265
三、	微生物的特点	266
第二节	动物与微生物的关系	267
一、	有益微生物	267
二、	条件致病微生物	267
三、	病原微生物	267
第三节	树鼩共生微生物情况分析	267
一、	体表共生微生物	268
二、	口腔共生微生物	269
三、	呼吸道共生微生物	269
四、	肠道共生微生物	270

五、肛门共生微生物·····	271
第四节 树鼩共生微生物对树鼩资源的开发利用与标准化研究的意义·····	272
一、人工驯养繁殖对树鼩共生微生物的影响·····	272
二、树鼩的共生微生物研究推进其实验动物化进程·····	273
三、树鼩的人工驯养繁殖和实验树鼩标准化的推进·····	273

第十六章 树鼩正常组织学及图解

第一节 神经系统·····	275
第二节 循环系统·····	278
第三节 呼吸系统·····	279
第四节 消化系统·····	281
一、消化管·····	281
二、消化腺·····	281
第五节 泌尿系统·····	287
第六节 生殖系统·····	289
第七节 内分泌系统·····	291
第八节 免疫系统·····	293
第九节 肌肉、皮肤和脂肪·····	295

第十七章 树鼩生殖生理与辅助生殖

第一节 树鼩生殖器官解剖结构及生理特性·····	297
一、雄性生殖器官解剖结构及生理特性·····	297
二、雌性生殖器官解剖结构及生理特性·····	302
第二节 树鼩生殖内分泌学研究·····	309
一、妊娠期孕酮的分泌范型·····	309
二、雄性树鼩发育中雄激素分泌的范型·····	309
第三节 树鼩人工辅助生殖技术·····	310
一、树鼩精液采集和冷冻保存·····	310
二、胚胎移植·····	324

第十八章 树鼩规范化人工繁育

第一节 树鼩饲养环境和设备·····	330
一、饲养环境·····	330
二、树鼩的饲养笼具·····	331
第二节 树鼩的饲料和饮水·····	332
一、饲料和饮水·····	332
二、应用效果·····	333