

“十二五”国家重点图书出版规划项目

REPRODUCTION AND
BREEDING OF RHESUS MONKEY

猕猴繁殖生物学

季维智 主编



科学出版社

内 容 简 介

猕猴是生物医学研究的重要模式动物之一,在生物医学科研和生物技术、药物开发工程中,具有不可替代的地位。本书是作者根据多年工作的积累和当前国内外研究动态编写而成。主要内容包括:①猕猴分类及生态状况,是研究者和管理人员必须了解的基本内容。②猕猴生殖系统结构与功能以及生殖生理,是从事相关研究的基础,也是猕猴生产的重要基础。③猕猴辅助生殖技术,是现代生物技术的基础,本书从超数排卵、卵细胞的成熟、体外受精和胚胎移植,包括胚胎干细胞的建系等做了系统的介绍。许多研究成果属于第一次报道,对于细胞研究、基因操作技术等都有非常重要的参考价值。④猕猴繁殖管理,是猕猴生产与应用的重要环节,是确保猕猴高效生产,研究一致性、可重复性、可塑性关键所在。其所介绍的内容都是国际现行的标准,其中有关猕猴的福利要求是人们尊重猕猴权利的重要体现,也是国内多数养殖单位所不足的方面,或是研究者不够重视的方面。

本书广泛适用于从事生物学、医学、实验动物学、林业等领域,以及猕猴开发研究企业的相关人员。

图书在版编目(CIP)数据

猕猴繁殖生物学/季维智主编.-北京:科学出版社,2013

(“十二五”国家重点图书出版规划项目)

ISBN 978-7-03-035734-2

I. ①猕… II. ①季… III. ①猕猴—繁殖—研究 IV. ①Q959.848.05

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第238522号

责任编辑:罗 静 李秀伟 王 静/责任校对:赵桂芬

责任印制:钱玉芬/封面设计:美光制版

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年1月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013年1月第一次印刷 印张:20 1/4

字数:385 000

定价:120.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

人类对科学研究的兴趣最早出于好奇心的驱动，目前更多地关注人类所面临的健康和社会问题。30 年前我有幸投入科学研究，就和灵长类动物结下不解之缘。从饲养猕猴开始，伺候其起居，对其学习事物的快捷，特别是“与人作对”的顽皮行为（不亚于调皮的顽童）颇有体会。在专注于猕猴生殖生理的研究中发现，猕猴的月经周期、排卵的内分泌调控乃至求偶行为的表现，竟与人类高度的相似。于是想把数十年对猕猴生殖生物学研究的经验和认识编写成书，企望能对我国日益发展的生命科学有所帮助，裨益于对此有兴趣的人士。

动物模型对生命科学的重要性已是共识。自 19 世纪，几乎每一次生物医学的重大突破都是来源于对动物模型研究的突破，线虫、果蝇、斑马鱼和小鼠等动物都发挥了重要的作用。然而，随着科学研究的深入发展，对生命现象复杂性的认识，以及人类面临诸如 AIDS、癌症、帕金森病、糖尿病等各种疾病的巨大医学挑战，啮齿类等动物模型远远不能满足科学发展和解决治疗人类重大疾病的需要。人们不约而同地把目光集中到自己的近亲——灵长类动物上。由于灵长类动物的神经系统、代谢系统和免疫系统与人类高度相似，它不仅是生物医学研究最理想，有时甚至是唯一的模型动物，也是研究重大疾病防治的最佳实验动物，成为联系基础研究与临床应用的不可或缺的、所谓演绎研究（translational research）或基础研究到临床应用（bench to bedside）间的桥梁。许多灵长类动物的研究成果可直接应用于人类的疾病治疗和健康保障。例如，美国新英格兰国家灵长类研究中心对猕猴视觉发育系统的研究，不仅获得 1981 年诺贝尔生理学或医学奖，而且直接改变了治疗先天性白内障等类似疾病的传统方法和观点。美国 FDA 甚至规定，一些重大疾病的药物，如治疗神经系统疾病和代谢系统疾病的药物在临床前必须用灵长类动物做安全性的检测。灵长类动物在生命科学研究中越来越凸显出重要地位。

人类使用灵长类动物的历史已有近百年。目前，世界已发现的灵长类动物有 400 余种，主要分布于亚洲、非洲和南美洲。其中，用于生命科学研究的 10 余种，多应用于生殖生物学、神经科学、免疫和病毒学方面的研究。旧大陆猴（Old World monkey）的猕猴（*Macaca mulatta*）和食蟹猴（*Macaca fascicularis*）是最常用的灵长类动物。其中猕猴是使用历史最悠久的实验灵长类动物。中国是灵长类动物资源丰富的国家之一，现生灵长类动物约 24 种，主要分布于

我国西南方。其中云南是灵长类动物种类分布最丰富的地方，有 17 种。云南也是我国最早开展灵长类研究的地方。中国科学院昆明动物研究所早在 1959 年就建立了我国第一个猕猴人工养殖基地，其时间与美国第一个灵长类研究中心（Oregon National Primate Research Center）同步。由于众所周知的原因，我国灵长类的研究远远落后于美国等发达国家。斗转星移，20 世纪中国的改革开放促进了我国的科学研究，灵长类的研究也有了长足的进步。而美国等发达国家由于宗教、伦理和经济等原因，灵长类的研究遇到了困难和阻碍。21 世纪被称为“生命科学的世纪”，生命科学是社会经济发展的主动力。因此，我国生命科学的研究应该迎头赶上世界的潮流。国际著名的科学家吴睿教授认为“灵长类动物和人之间基因组序列高度同源，因此它们是生物医学研究的最好模型；如果没有这些模型的可靠数据就不可能将实验结果应用到人的研究上；中国在对灵长类动物的研究方面有许多客观优势，探索这个领域是个千载难逢的时机”（*Supplement to Nature* vol. 426, no. 6968, December 2003）。因此，抓住机遇以灵长类动物模型开展研究，将有可能使我国生命科学的研究在短期内步入国际领先水平。

随着我国经济的发展和科学研究的进步，国家加大了相关研究的投入，越来越多的科技工作者转向灵长类的研究。然而，非人灵长类不同于其他实验动物。由于其复杂的、与人近似的生理系统，在利用其开展研究前除了要保证获得质量可靠的动物，还应对其基础信息有较系统的了解，以做到事半功倍。因此，笔者在编写本书时不仅介绍了猕猴的种类、生殖生理、饲养管理等基本知识，也介绍了转基因、干细胞等现代生物技术 in 猕猴上的进展，更注重对有关实验操作规范的描述。希望本书不仅对科研人员有价值，也能对有志于该领域的研究生或是大学生有所帮助。

本书的构思、框架设计、内容安排、索引、统稿由我完成。全书共 4 篇 17 章。第一篇共 2 章，由中国科学院昆明动物研究所蒋学龙研究员撰写，较系统地描述了猕猴属动物的分类历史沿革，其分布、生态信息及它们所面临的生存困境。第二篇介绍猕猴的生殖生理，共 5 章。第 3 章和第 4 章介绍了雌性、雄性猕猴生殖器官的组织结构和激素调控等生理特征，由昆明理工大学的杨世华教授和云南省第三人民医院的唐向辉副研究员撰写。第 5 章和第 6 章描述了精子、卵和早期胚胎的发育，由中国科学院昆明动物研究所郑萍研究员撰写。第 7 章介绍了雌性、雄性猕猴的性成熟和相关性行为，由杨世华教授撰写。第三篇介绍了包括体外受精、胚胎移植、精子冷冻、胚胎干细胞及转基因等现代生物技术在猕猴上的应用，共 5 章，分别由杨世华教授（第 8 章）、中国科学院昆明动物研究所的和协超高级实验师（第 9 章）、云南省灵长类生物医学重点实验室的司维研究员（第 10 章）、西北农林科技大学的魏强博士（第 11 章）、云南省灵长类生物医学

重点实验室的牛昱宇研究员（第 12 章）撰写。第四篇共 5 章，较系统地介绍了猕猴的生产，包括饲养管理，营养需求，疾病防治，动物福利的国际标准以及国内外相关法律、法规等，由云南省灵长类生物医学重点实验室的主任兽医王宏撰写。

由于笔者水平有限，编写过程中难免挂一漏万，还望有识之士不吝指教。

最后，本书的编写得到科技部重大科学研究计划重大科学问题导向项目“灵长类细胞多能性和人类重大疾病的灵长类动物模型”的支持，特此致谢。

季维智

2012 年春

目 录

前言

第一篇 猕猴属动物概况

第 1 章 猕猴属分类、分布与保护现状	3
1.1 猕猴属动物概况	3
1.2 猕猴属的分类与系统发育关系	5
1.3 猕猴属的起源与演化	6
1.4 猕猴属的地理分布及生物地理	8
第 2 章 猕猴的分类、分布与保护	10
2.1 猕猴的分类	10
2.2 猕猴的分布	11
2.2.1 地理分布	11
2.2.2 生态地理分布	12
2.3 猕猴的生态与行为	13
2.3.1 社群、群体大小与组成	13
2.3.2 家域与食性	13
2.3.3 社会行为与相互关系	14
2.4 猕猴资源的利用与保护现状	16
参考文献	20

第二篇 猕猴的生殖生理

第 3 章 雌性猕猴生殖器官解剖组织结构及生理特性	29
3.1 卵巢	29
3.1.1 猕猴卵巢组织解剖结构	29
3.1.2 卵泡发生和卵泡闭锁现象	32
3.1.3 卵巢的周期性	33
3.1.4 卵泡动力学与生殖激素	34
3.2 输卵管	43
3.3 子宫及子宫颈	44
3.4 阴道及外生殖器	44

第 4 章 雄性猕猴生殖器官解剖组织结构与生理特性	46
4.1 睾丸	46
4.1.1 睾丸解剖结构	46
4.1.2 睾丸组织细胞结构	47
4.1.3 睾丸位置的变化与性成熟	53
4.2 附睾	54
4.3 精液和精子	55
4.4 副性腺	56
4.4.1 精囊腺	56
4.4.2 前列腺	56
4.4.3 尿道球腺	57
4.5 外生殖器	57
4.5.1 阴茎	57
4.5.2 阴囊	57
4.6 雄性性腺激素	58
4.6.1 睾酮与 ICSH	58
4.6.2 抑制素 B 与 FSH	59
4.6.3 前列腺素	61
第 5 章 配子的产生	63
5.1 原始生殖细胞的特化	63
5.2 原始生殖细胞的迁移	64
5.3 原始生殖细胞的性别分化	64
5.4 精子的发生和发育	65
5.5 卵细胞的发生和发育	65
5.5.1 原始滤泡的形成	66
5.5.2 原始滤泡的激活和生长	66
5.5.3 卵母细胞的发育及成熟	67
5.6 猕猴卵母细胞的体外成熟培养	68
5.6.1 猕猴卵细胞体外成熟无血清培养体系的建立	69
5.6.2 影响猕猴卵细胞体外成熟的因子	69
5.6.3 雌性个体的年龄和生殖周期对猕猴卵细胞成熟的影响	71
5.7 排卵	72
第 6 章 着床前胚胎的发育	73
6.1 受精	73
6.1.1 精卵识别: 透明带及其在精卵识别中的功能	73
6.1.2 精子的顶体反应	74
6.1.3 卵细胞的皮层反应	74

6.2 着床前胚胎发育	75
6.2.1 母源因子对早期胚胎发育的调控	75
6.2.2 着床前胚胎发育的表观遗传特征	78
6.2.3 早期胚胎发育的细胞命运决定	78
第7章 猕猴性成熟和性行为	80
7.1 雌性猕猴的性成熟	80
7.2 性皮肤	80
7.3 性行为	82
参考文献	83

第三篇 猕猴的辅助生殖技术

第8章 猕猴的体外受精与胚胎移植	97
8.1 精子采集	97
8.1.1 精液采集的方法与原理	97
8.1.2 电刺激采集猕猴精液	98
8.1.3 精液液化	99
8.2 超数排卵	99
8.2.1 灵长类超数排卵的研究历史	100
8.2.2 影响超数排卵的几种因素	101
8.2.3 超数排卵中的巨型卵泡的影响	110
8.2.4 预知超数排卵失败的因素	111
8.2.5 卵供体动物的选择和超数排卵处理最佳方案	113
8.2.6 猕猴超数排卵失败的几种原因	114
8.2.7 超数排卵和卵母细胞采集的流程	115
8.3 猕猴卵母细胞体外成熟培养方法	119
8.3.1 卵巢中分离未成熟卵母细胞的分离培养	119
8.3.2 超数排卵未成熟卵母细胞分离培养及操作要点（腹腔镜介导取卵）	121
8.4 体外受精、单精子注射、孤雌激活	122
8.4.1 猕猴的体外受精技术	123
8.4.2 单精子注射	126
8.4.3 孤雌激活	129
8.5 猕猴胚胎移植	131
8.5.1 胚胎移植受体的选择	132
8.5.2 胚胎移植的部位与方法	133
8.5.3 猕猴早期妊娠诊断	134
8.5.4 猕猴妊娠后的阴道流血	135
附件1 猕猴超数排卵计划和任务书编写内容	136
附件2 猕猴超数排卵实时记录表	137

第 9 章 胚胎分割	138
9.1 胚胎分割的研究简史	138
9.2 胚胎分割的应用	139
9.3 灵长类胚胎分割的研究进展	139
9.4 胚胎分割的原理和方法	140
9.4.1 胚胎分割的原理	140
9.4.2 胚胎分割的方法	141
9.4.3 分割胚胎的培养与发育	142
9.4.4 影响分割胚发育的因素	143
9.5 猕猴胚胎分割技术	145
9.5.1 桑椹胚和囊胚期胚胎分割	145
9.5.2 猕猴胚胎	146
9.5.3 胚胎分割方法	146
9.5.4 分割胚的体外培养	147
9.5.5 分割胚的移植	147
9.5.6 猕猴早期胚胎卵裂球分割(分离)	148
第 10 章 种质细胞冷冻保存	151
10.1 猕猴种质资源冷冻保存的意义和研究进展	151
10.2 种质细胞冷冻保存的原理	154
10.2.1 细胞冷冻保存的原理	154
10.2.2 细胞冷冻损伤的假说	155
10.2.3 冷冻保护剂的种类和作用	157
10.3 猕猴精子的冷冻保存	163
10.3.1 猕猴精子的低温生物学特征	163
10.3.2 渗透性冷冻保护剂的浓度和种类对猕猴冷冻复苏精子功能的影响	164
10.3.3 非渗透性冷冻保护剂——糖对猕猴冷冻复苏精子功能的影响	165
10.3.4 猕猴精子冷冻保存的方法	167
10.4 猕猴卵母细胞和胚胎的冷冻保存	169
10.4.1 卵母细胞的低温生物学特征	169
10.4.2 猕猴卵母细胞冷冻保存的方法	170
10.4.3 猕猴胚胎冷冻保存的方法(慢速冷冻和玻璃化冷冻法)	170
第 11 章 猕猴胚胎干细胞	173
11.1 猕猴胚胎干细胞的分离与鉴定	173
11.1.1 非人灵长类胚胎干细胞的分离建系	173
11.1.2 非人灵长类胚胎干细胞的鉴定	178
11.1.3 非人灵长类胚胎干细胞培养体系的改进	182
11.1.4 胚胎干细胞分离技术的改进	184

11.2 猕猴胚胎干细胞的分离建系与培养	185
11.2.1 小鼠胚胎成纤维细胞的培养	185
11.2.2 小鼠胚胎成纤维细胞的冻存	187
11.2.3 小鼠胚胎成纤维细胞的辐照处理	188
11.2.4 小鼠胚胎成纤维细胞的复苏	189
11.2.5 小鼠胚胎成纤维细胞的丝裂霉素处理和饲养层细胞的准备	190
11.2.6 猕猴着床前胚胎的体外培养	191
11.2.7 猕猴胚胎干细胞的分离	191
11.3 猕猴胚胎干细胞的鉴定	201
11.3.1 猕猴胚胎干细胞的形态学观察	201
11.3.2 猕猴胚胎干细胞免疫荧光染色的鉴定	202
11.3.3 猕猴胚胎干细胞核型的鉴定	204
11.3.4 猕猴胚胎干细胞的体外分化	207
11.3.5 猕猴胚胎干细胞的体内分化	211
第 12 章 猕猴转基因技术	214
12.1 引言	214
12.2 转基因动物的原理和技术方法	215
12.2.1 显微注射法	216
12.2.2 反转录病毒载体导入法	217
12.2.3 体细胞核移植法	218
12.2.4 人工染色体介导法	218
12.2.5 性腺转基因方法	219
12.2.6 定点制作转基因动物的方法	219
12.3 转基因猕猴制备技术	221
12.3.1 制备高滴度的 VSV-G 假型慢病毒	221
12.3.2 病毒滴度测定	222
12.3.3 实验动物: 供体和受体的选择	223
12.3.4 超排和取卵	223
12.3.5 卵周隙注射慢病毒	223
12.3.6 体外培养	224
12.3.7 辅助孵化	224
12.3.8 受体猴的选择及胚胎移植	224
12.3.9 怀孕的确认和监测	225
12.3.10 新生猴的护理	225
12.3.11 新生动物的转基因确认	225
12.3.12 基因组 DNA 提取、PCR 分析和 Southern 杂交分析	226
12.3.13 转基因猕猴组织的免疫组织化学分析	226
12.4 转基因猕猴的应用与展望	226
参考文献	228

第四篇 猕猴的繁殖管理

第 13 章 猕猴的饲养与管理	247
13.1 饲养环境	247
13.1.1 动物笼舍	247
13.1.2 温度	250
13.1.3 相对湿度	250
13.1.4 光照	250
13.1.5 噪声	250
13.2 猕猴的饲养管理	251
13.2.1 检疫猴群管理	251
13.2.2 繁殖猴群管理	255
13.2.3 幼猴的人工抚育	257
13.2.4 其他猴群饲养管理	259
第 14 章 猕猴的营养需求	261
14.1 猕猴的习性	261
14.1.1 猕猴的食性	261
14.1.2 消化	261
14.2 猕猴的营养需要与饲养标准	261
14.2.1 维持需要	262
14.2.2 生产需要	263
14.2.3 猕猴的饲养标准	263
14.3 猕猴饲料配方设计	265
14.3.1 正确选择猕猴的饲养标准	265
14.3.2 采用合理的饲料配方设计方法	265
14.3.3 添加剂预混料配方设计	266
14.3.4 原料选择	267
14.3.5 实验验证, 确定合理配方	267
第 15 章 猕猴常见疾病及其防治	269
15.1 细菌性疾病	269
15.1.1 沙门菌病	269
15.1.2 细菌性痢疾	269
15.1.3 细菌性肺炎	270
15.1.4 结核病	271
15.2 病毒性疾病	271
15.2.1 猴疱疹病毒感染	271
15.2.2 猴 D 型反转录病毒感染	272

15.2.3 猴免疫缺陷病毒感染	273
15.2.4 猴痘	274
15.2.5 猴出血热	274
15.2.6 猴麻疹	275
15.3 寄生虫病	276
15.3.1 阿米巴病	276
15.3.2 结肠小袋纤毛虫	276
15.3.3 毛首鞭形线虫	277
15.3.4 鞭毛虫	277
15.3.5 粪类圆线虫病	277
第 16 章 猕猴的福利管理	278
16.1 动物福利概述	278
16.2 我国动物福利现状	278
16.3 猕猴福利管理	280
16.3.1 饲养环境福利	280
16.3.2 猕猴营养	282
16.3.3 猕猴的检疫与疾病治疗	283
16.3.4 饲养环境的多样性	286
16.3.5 生物医学研究中猕猴的福利	286
第 17 章 国内外有关实验动物的法律法规	289
17.1 中国	289
17.2 欧洲	290
17.3 美国	291
17.4 日本	292
参考文献	294
附录 缓冲液和培养液配制表	295
索引	300

第一篇 猕猴属动物概况

第 1 章 猕猴属分类、分布与保护现状

1.1 猕猴属动物概况

猕猴属(*Macaca* spp.)动物是现生灵长类中分布范围最广(41°21'N~11°S, 10°W~128°E) (Napier and Napier, 1967)、适应能力最强(从海平面到海拔 4000 m)的一个类群。现生猕猴有 22 种,分布于亚洲和非洲(表 1.1)。非洲尽管是猕猴起源地,但现生猕猴只有 1 种(叟猴 *M. sylvanus*),仅分布于非洲西北部(摩洛哥、阿尔及利亚),与亚洲呈现出巨大的间断分布格局;在亚洲有 21 种,猕猴属动物分布范围很广:西至阿富汗东部,向南分布至印度与斯里兰卡,向东沿喜马拉雅南麓扩散分布至中国和日本,且在整个东南亚地区具广泛分布(Fooden, 1980; Groves, 2001, 2005)。

表 1.1 现生猕猴属 (*Macaca*) 动物及其地理分布 (物种名按 Groves, 2005)

中文名	拉丁名	英文名	地理分布
叟猴组 <i>Macaca sylvanus</i> group			
叟猴	<i>Macaca sylvanus</i>	Barbary macaque	阿尔及利亚、摩洛哥
豚尾猴组 <i>Macaca nemestrina</i> group			
狮尾猴	<i>Macaca silenus</i>	Lion-tailed macaque	印度西南部
北豚尾猴	<i>Macaca leonina</i>	Northern pig-tailed macaque	印度东北部、孟加拉国、缅甸、泰国北部、老挝、中国云南
南豚尾猴	<i>Macaca nemestrina</i>	Southern pig-tailed macaque	泰国南部、马来半岛、印度尼西亚
明打威豚尾猴	<i>Macaca pagensis</i>	Mentawai macaque	明打威群岛
苏拉威西猴组 <i>Sulawesi</i> group			
摩尔猕猴	<i>Macaca maura</i>	Moor macaque	苏拉威西西南部
哥伦打洛猕猴	<i>Macaca nigrescens</i>	Gorontalo macaque	苏拉威西北部—哥伦打洛以东
黑猴	<i>Macaca nigra</i>	Celebes crested macaque	苏拉威西北部博郎 Onggak Dumoga 河以东
黄褐猕猴	<i>Macaca ochreata</i>	Booted macaque	苏拉威西北部
黑克猕猴	<i>Macaca hecki</i>	Heck's macaque	苏拉威西北部—东北部到哥伦打洛

续表

中文名	拉丁名	英文名	地理分布
西比路猕猴	<i>Macaca siberu</i>	Siberut macaque	西比路岛
汤基猕猴	<i>Macaca tonkeana</i>	Tonkean macaque	苏拉威西中部
食蟹猴组 <i>Macaca fascicularis</i> group			
短尾猴	<i>Macaca arctoides</i>	Stump-tailed macaque	印度阿萨姆至中国南部、马来半岛北部
食蟹猴	<i>Macaca fascicularis</i>	Crab-eating macaque	缅甸、印度支那、印度尼西亚、菲律宾
猕猴组 <i>Macaca mulatta</i> group			
台湾猴	<i>Macaca cyclopis</i>	Formosan macaque	中国台湾
猕猴	<i>Macaca mulatta</i>	Rhesus monkey	阿富汗、巴基斯坦、印度、尼泊尔、缅甸，向东至中国，向南至泰国北部、老挝、越南北部
日本猴	<i>Macaca fuscata</i>	Japanese macaque	日本
头巾猴组 <i>Macaca sinica</i> group			
斯里兰卡猴	<i>Macaca sinica</i>	Toque macaque	斯里兰卡
帽猴	<i>Macaca radiata</i>	Bonnet macaque	印度南部与西部
熊猴	<i>Macaca assamensis</i>	Assam macaque	尼泊尔至越南北部、中国
藏酋猴	<i>Macaca thibetana</i>	Tibetan macaque	中国东部和西部
达旺猴	<i>Macaca munzula</i> *	Munzula macaque	中国西藏南部

* 为 2005 年发表的新种。

猕猴营群体生活，栖息范围广泛，从热带雨林、季雨林及近海平面的湿地红树林到喜马拉雅的高山山地森林及中国北方与日本的温带森林，也出现于草地与干旱的灌丛区域。猕猴为昼行性动物，营半树栖与半地栖生活，善攀爬，也会游泳，通常在树上睡觉以避免被捕食，但也经常在悬崖和岩石上过夜。通常以果实、植物的根茎与嫩叶为食，也取食昆虫、蟹类及软体动物，有时也会盗食水果及农作物，如玉米、土豆、甘蔗等。

猕猴体形中等到较大，身体粗壮，且体形大小具显著的性二型。雄性体重 3.5~18 kg，雌性体重 2.5~16.3 kg (Napier and Napier, 1967)；四肢几乎等长或后肢稍长于前肢，强健有力；尾长变化很大，随物种不同而有差异，或长于头体长，或短于头体长，有些物种甚至仅呈痕迹状，如黑猴 (*Macaca nigra*) 的尾只有 20 mm；吻部圆而中等向前突出；鼻部不长于上唇，鼻孔由一狭窄的鼻中隔分布，并向前、向下开口；耳裸露，耳壳后上缘呈尖形；除了雄性摩尔猕猴

(*M. maurus*)，臀部由皮肤增厚形成的胼胝体明显，且不在中部愈合；具颊囊，在充满食物时明显可见。在猕猴属中，各物种被毛颜色与质地、面部颜色、尾及外生殖器特征呈现出显著的差异；在一些个体中，其毛色和面部颜色甚至表现出个体的差异，如短尾猴 (*M. arctoides*)。

猕猴的胃呈一简单的囊；盲肠小，无阑尾；结肠长而弯曲，呈囊状，并具肠隔膜。小脑大，并具扩大的侧叶。齿式为： $2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3/2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3=32$ ，中央门齿较大；犬齿具显著的性二型，在雄性中显著发达，常呈獠牙状；前臼齿具双尖，且唇侧齿尖较大，下前臼齿适应于上犬齿，呈切割状；臼齿均具4个齿尖，除了下第三臼齿在跟尖上有一附尖。乳齿齿式为： $2 \cdot 1 \cdot 2/2 \cdot 1 \cdot 2=20$ 。头骨眶上嵴发达，常形成粗壮的眉弓；部分物种雄性的矢状嵴发达，明显突出，如藏酋猴和短尾猴。

在猕猴属所有物种中，其染色体数目 ($2n$) 均等于42。

1.2 猕猴属的分类与系统发育关系

猕猴属 (*Macaca*) 隶属于灵长目 (Primates) 猴亚目 (Haplorrhini) 狭鼻小目 (Catarrhini) 猴超科 (Cercopithecoidea) 猴科 (Cercopithecidae) 猴亚科 (Cercopithecinae) 狒狒族 (Papionini) 猕猴亚族 (*Macacina*) (Groves, 2001, 2005)，是猴亚科11属中在亚洲的唯一代表，是狒狒族中最为保守的类群 (Caldecott, 1980)。

关于猕猴属物种的正式记载，虽然早在250年前即已开始，见于林奈 *Systema Natura* 第十版对 *M. sylvanus* 和 *M. silenus* (原属名为 *Simia*) 的描述，然而到了2005年，在喜马拉雅南麓 (西藏南部) 又发现一新种——达旺猕猴 (*M. munzala*) (Sinha et al., 2005)。目前采用 Groves (2005) 的分类系统，认为猕猴有22个物种 (表1.1)。

新物种发现与描述达到一定程度后，分类学家试图寻找一些自然属性对已定名物种进行分类、归并，将已有物种归并到不同的类群中。猕猴属也不例外，其亚属或种组的划分就始于20世纪初。早期的研究者曾通过一些形态特征分析将现生猕猴划分为几个“自然类群”，分别称之为属、亚属或种组 (Allen, 1916; Pocock, 1921, 1926, 1939)。然而由于一些不稳定特征的应用，在分类归并上存在着诸多不一致的现象。后来在相当长的一段时间内虽有人做过大量研究，但直到70年代随着系统发育研究与生物地理分析的发展 (Fooden, 1976, 1980; Hayasaka et al., 1996; Morales and Melnick, 1998; Tosi et al., 2000, 2003a, 2003b)，猕猴属的分类系统才有新的进展。在过去近100年的时间内，猕猴属的系统分类简史大致可分为3个阶段：①20世纪50年代以前。早期研究