

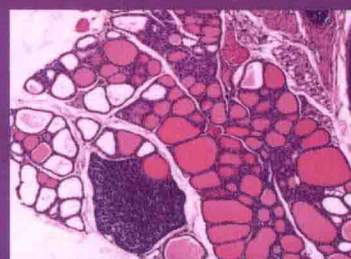
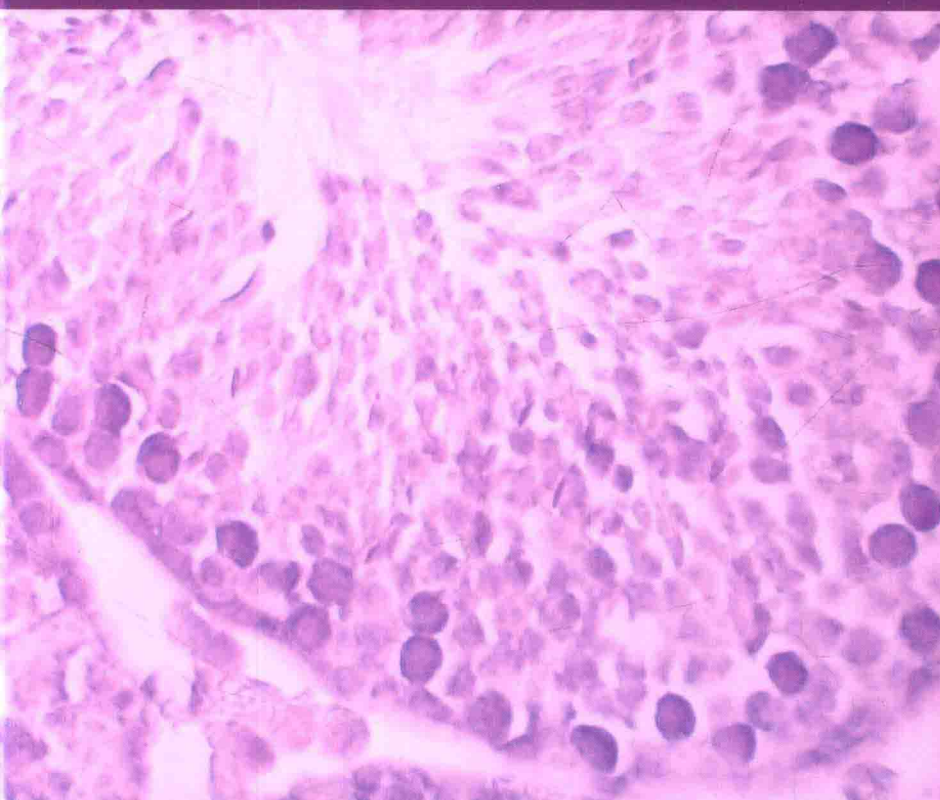
实验动物科学丛书
丛书主编 秦 川



Color Atlas of Comparative
Histology of Laboratory Animals

实验动物 比较组织学彩色图谱

秦 川 主编



科学出版社

实验动物科学丛书

丛书主编 / 秦 川

实验动物比较组织学 彩色图谱

秦 川 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书的编写基于作者长期在实验动物方面的研究实践以及多年来在 GLP 安评病理诊断中积累的经验。本书共分 10 章,对常用实验动物各脏器组织学结构和相应的功能进行了详细地描述,并进行了比较组织学分析。本书配备组织学彩色照片 700 余张,组织切片采用了 HE 染色、特殊染色、免疫组化、电镜等技术进行辅助诊断,所用动物涉及常用的小鼠、大鼠、大耳白兔和豚鼠。

本书是一部以实验动物正常组织学为主的专业书籍,理论知识丰富、内容系统全面、文字简洁明了、图片清晰准确,是一本理论与实际并重,图文并茂、实用性强的实验动物组织学指导教材,不仅对实验动物病理学研究有重要参考价值,也是临床及基础研究工作者很好的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

实验动物比较组织学彩色图谱 / 秦川主编. —北京:科学出版社, 2017.1
(实验动物科学丛书 / 秦川主编)

ISBN 978-7-03-048450-5

I. ①实… II. ①秦… III. ①实验动物 - 动物组织学 - 图谱 IV. ① Q954.6-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 119675 号

责任编辑: 罗 静 刘 晶 / 责任校对: 李 影

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 图阅盛世

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 1 月第 一 版 开本: 890×1240 A4

2017 年 1 月第一次印刷 印张: 16 1/4

字数: 520 000

定价: 180.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《实验动物比较组织学彩色图谱》

编委会名单

主 编 秦 川

副主编 邓 巍 徐艳峰

其他编者

黄 澜 朱 华 刘 颖 李彦红 于 品 代小伟 宗园媛

王晓映 贾春实 马春梅 李佳美 王海林 刘 鹏 徐玉环

序

FORWARD

实验动物科学经过百年的发展，至今已成为驱动现代科技革命的原动力，在生命科学、医学、药学、中医药、农业、军事、环境、食品和生物安全等领域起着科技支撑和重大战略保障作用。

在实验动物学不断丰富的理论知识体系当中，实验动物组织学一直占有独特的地位。它研究的内容不仅是每种实验动物各器官系统的结构层次、相互关系及其功能，更重要的是把实验动物各器官系统之间，以及与人类相应的组织之间进行比较分析，探寻异同。因而，实验动物组织学不仅是研究实验动物本身病理性改变的正常参照系，也是研究人体病理性改变的比较参照系。实验动物组织学为从事动物实验的学者提供基础资料，为实验动物病理学研究提供基础工具，为发挥实验动物学科的使命提供比较组织医学基础，为医学研究和应用等提供了丰富的组织学基础材料，对医学事业的发展具有重要的意义。

秦川教授及其团队长期从事实验动物组织病理学专业研究和教学工作，在实验动物组织学及应用研究方面成绩斐然，且积累了丰富的组织学材料，她们历经多年的辛勤工作，编写了这本专著。这是我国实验动物学学科建设的一项基础工程，也是我国实验动物组织病理工作者近年来做出的一项重要贡献。编写一本实验动物的组织学图谱，是我从业 60 余年以来一直的愿望，因为种种原因没有实现，今天见到这本书的出版并为其作序，夙愿得偿，备感欣慰。

该书内容丰富、科学性强、准确性高、特点鲜明、重点突出、图文并茂。书中全面系统地介绍了常用实验动物各器官系统的组织学及其功能，制作了大量实验动物基本组织学的珍贵图片，更采用拍摄图片和手绘图的方式阐述了组织的功能特点并加以比较，具有内容详实、图片质量高、染色方法多、实用性强、突出组织比较性差异等特点，确实为一本难得的学术专著，具有非常实用的学术参考价值。同时，该书内容也为制定实验动物病理组织学检测国家标准奠定了组织基础。这是我们行业专业人士急需的工具书，也适合相关学科研究人员使用，相信生命科学爱好者也会对此书感兴趣。

该书的出版是我国实验动物学界的重要基础成果，将极大地推动实验动物科学的进步，也有助于发挥该学科对其他学科的支撑作用。

卢耀增

中国医学科学院医学实验动物研究所 前所长

中国协和医科大学实验动物学部 前主任

中国实验动物学会 前理事长

实验病理学家

2016年7月27日

前言

PREFACE

实验动物组织学是实验动物学的一门基础学科，是实验动物学技术体系的重要组成部分，也是比较病理学的基础学科，是开展致病机制研究和药理、毒理学研究必须具备的理论体系。

目前，大多数医学科研实验都是借助实验动物完成的，但是，实验动物在形态功能上多大程度能够代替人类？或者说通过实验动物得到的科学数据有哪些是可以借鉴给人类的？实验动物组织学是解答这一问题的重要依据。作为真实写照的图片，在组织学、病理学等形态学教学当中发挥着其他教学手段难以代替的作用。鉴于目前尚无实验动物组织学较全面系统的专著，我们特编写了这部《实验动物比较组织学彩色图谱》。

本书主要针对常用实验动物（小鼠、大鼠、豚鼠、兔）的各种组织器官，阐述其组织形态学以及器官、组织、细胞功能，并插入了大量的彩色图片，特别是针对各种实验动物之间以及实验动物与人之间的相同或相近组织器官进行比较组织形态描述和功能比较，以供实验动物学科研、药物安全评价、实验动物检测等领域以及基础医学、临床医学、药理学、毒理学等各学科的工作者参考。

本书根据不同组织器官分为十章，全面系统地介绍了常用实验动物各系统各脏器的组织学形态特点、功能描述以及比较差异。组织切片除大量采用常规的 HE 染色外，部分组织器官还进行了特殊染色方法以及针对特异抗原的免疫组织化学染色方法，力求更加全面地展示实验动物各组织的结构和功能。此外，针对一些比较难于理解且很难拍摄的结构和功能，加入了一些手绘的模式图，以方便读者的理解。在各章节的最后部分，我们还总结了实验动物间以及实验动物和人类间的比较组织学及功能方面的差异。希望本书能够对实验动物从业人员、学生以及广大的医学科研工作者有所帮助。

衷心感谢卢耀增教授在本书编写过程中提出的宝贵建议，以及重大传染病防治专项和 863 项目对本书的大力支持。

本图谱是一部利用本单位实验动物资源获得的材料，经积累加工而成的专著，在此献给广大的

实验动物工作者。由于编写人员能力和摄影技术水平有限，敬请同仁和读者批评指正，以便再版时更臻完善。

秦川

中国医学科学院医学实验动物研究所 所长

中国协和医科大学比较医学中心 主任

中国实验动物学会 理事长

全国实验动物标准化技术委员会 主任委员

亚洲实验动物学会联合会 副主席

国际实验动物科学理事会 科学家理事

国际实验动物科学理事会 教育培训委员会主任委员

2016年5月

目 录

CONTENTS

序 // i

前言 // iii

第1章 循环系统 // 1

第一节 心脏 // 2

第二节 血管 // 11

第2章 免疫系统 // 21

第一节 淋巴结 // 23

第二节 脾脏 // 26

第三节 胸腺 // 31

第四节 骨髓 // 35

第3章 消化系统 // 39

第一节 舌 // 40

第二节 咽 // 44

第三节 食管 // 45

第四节 胃 // 49

第五节 小肠 // 55

第六节 大肠 // 61

第七节 唾液腺 // 64

第八节 肝 // 68

第九节 胆囊 // 74

第十节 胰腺 // 75

第4章 呼吸系统 // 83

第一节 鼻腔 // 84

第二节 气管和支气管 // 91

第三节 肺 // 94

第5章 泌尿系统 // 101

第一节 肾脏 // 102

第二节 输尿管 // 110

第三节 膀胱 // 111

第四节 尿道 // 113

第6章 雄性生殖系统 // 117

第一节 睾丸 // 119

第二节 附睾 // 124

第三节 精囊 // 129

第四节 前列腺 // 130

第五节 尿道球腺 // 135

第六节 阴茎 // 136

第 7 章 雌性生殖系统 // 139

- 第一节 卵巢 // 141
- 第二节 输卵管 // 146
- 第三节 子宫 // 150
- 第四节 阴道 // 156
- 第五节 乳腺 // 158

第 8 章 神经系统 // 165

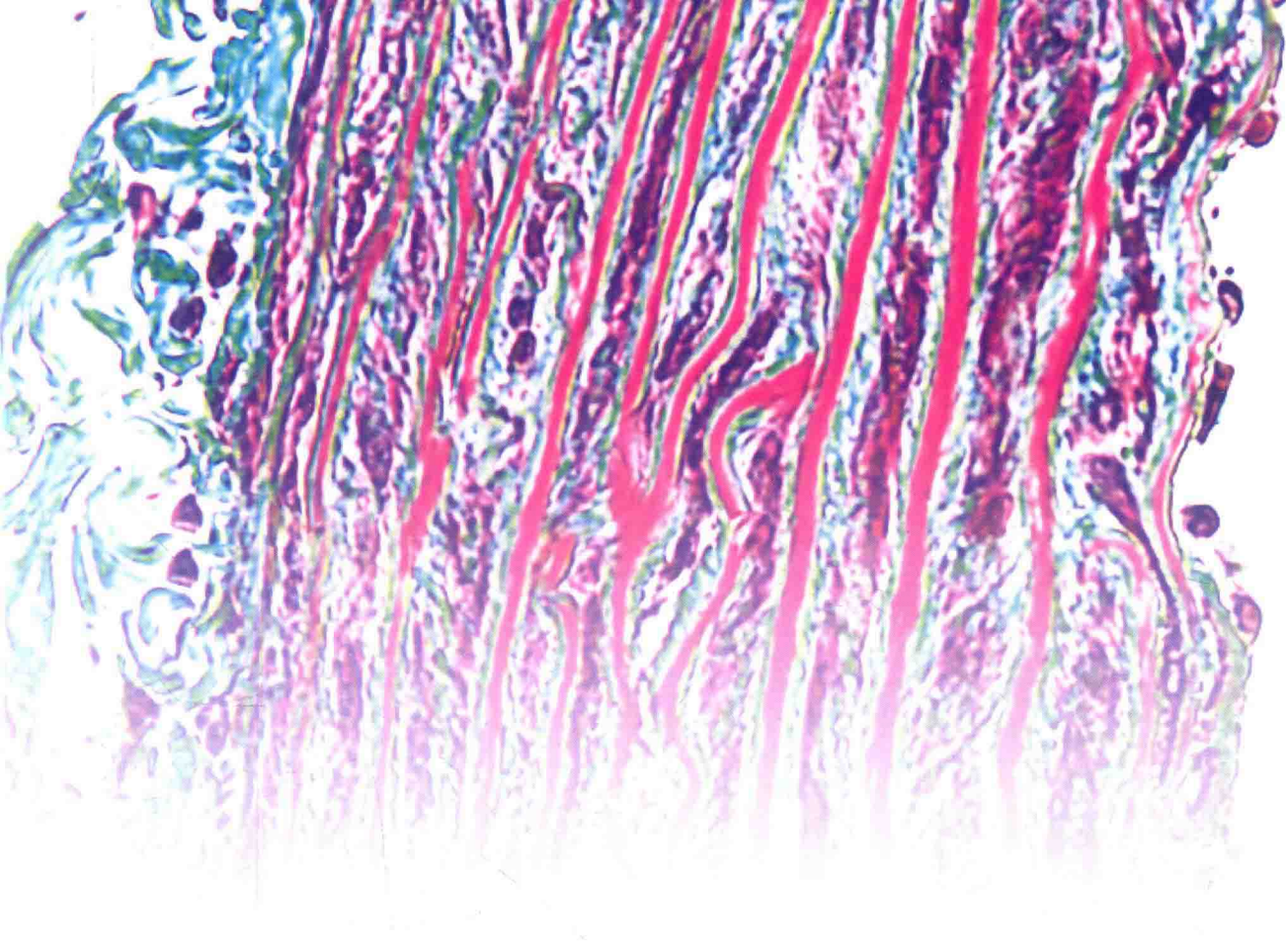
- 第一节 大脑 // 166
- 第二节 小脑 // 177
- 第三节 脑干与脊髓 // 179
- 第四节 坐骨神经 // 186

第 9 章 内分泌系统 // 189

- 第一节 垂体 // 190
- 第二节 甲状腺 // 200
- 第三节 甲状旁腺 // 205
- 第四节 肾上腺 // 206
- 第五节 松果体 // 214

第 10 章 感觉器官 // 221

- 第一节 皮肤 // 222
- 第二节 眼 // 234
- 第三节 耳 // 241



第 1 章 CHAPTER 1 CIRCULATORY SYSTEM 循环系统

循环系统是生物体的细胞外液（包括血浆、淋巴和组织液）及其借以循环流动的管道组成的系统。循环系统是生物体内的运输系统，它将消化道吸收的营养物质和肺吸进的氧输送到各组织器官，并将各组织器官的代谢产物通过同样的途径输入血液，经肺、肾排出。它还输送热量到身体各部以保持体温，输送激素到靶器官以调节其功能。哺乳动物的循环系统是连续而封闭的分支管道系统，包括心血管系统和淋巴系统两个部分。心血管系统由心脏、动脉、毛细血管和静脉组成。心脏是推动血液流动的动力器官，动脉和静脉是输送血液的管道。毛细血管的管壁薄，血液在此与周围组织进行物质交换；静脉起始端也参与物质交换，但主要在毛细血管进行。淋巴管系统是一个辅助的循环管道，由毛细淋巴管、淋巴管和淋巴导管组成。毛细淋巴管起始于盲端，收集回流的细胞间液到淋巴管，进入毛细淋巴管的组织液称为淋巴。淋巴流经粗细不等的淋巴管，最后汇合成右淋巴导管或胸导管，导入大静脉。

| 第一节 心 脏 |

心脏（heart）主要由心肌构成，作用是推动血液流动，向器官、组织提供充足的血流量，以供应氧和各种营养物质，并带走代谢的终产物（如二氧化碳、尿素和尿酸等），使细胞维持正常的代谢和功能。体内各种内分泌的激素和一些其他体液因素，也要通过血液循环将它们运送到靶细胞，实现机体的体液调节，维持机体内环境的相对恒定。此外，血液防卫机能的实现，以及体温相对恒定的调节，也都要依赖血液在血管内的不断循环流动，而血液的循环是由于心脏“泵”的作用实现的。心脏位于胸腔内，两肺之间（图 1-1）。心脏的内腔被房间隔（interatrial septum, IAS）和室间隔（interventricular septum, IVS）分隔为左右不相通的两半。心腔可分为左心房（left atrium, LA）、左心室（left ventricle, LV）、右心房（right atrium, RA）、右心室（right ventricle, RV）四个部分（图 1-2 和图 1-3）。左心房和左心室借左房室口相通，右心房和右心室借右房室口相通，同时在左房室口周围附有二尖瓣、右房室口周围附有三尖瓣，其主要作用是防止血液从心室倒流回心房。右心房有前腔静脉（cranial vena cava）、后腔静

脉（caudal vena cava）和冠状窦的开口，左心房上有肺静脉（pulmonary vein）的开口。

心脏壁由三层膜组成，从内向外依次为心内膜（endocardium, End）、心肌膜（myocardium, My）和心外膜（epicardium, Ep）。（图 1-4 和图 1-5）。

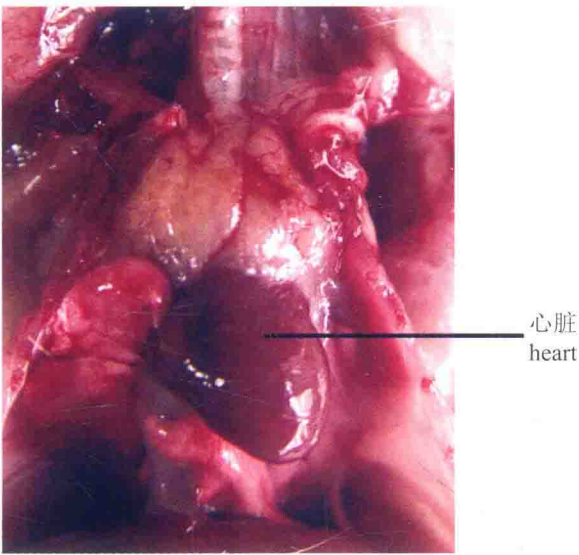


图 1-1

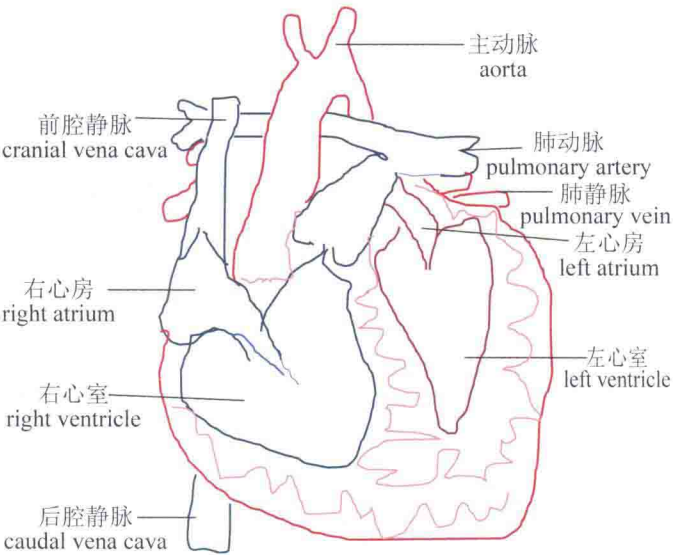


图 1-2

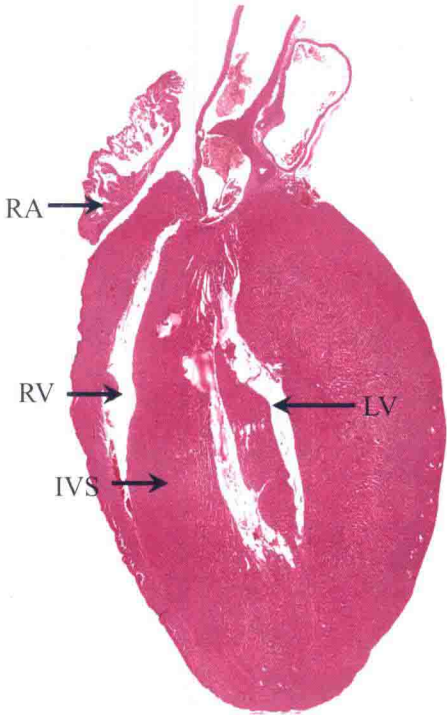


图 1-3

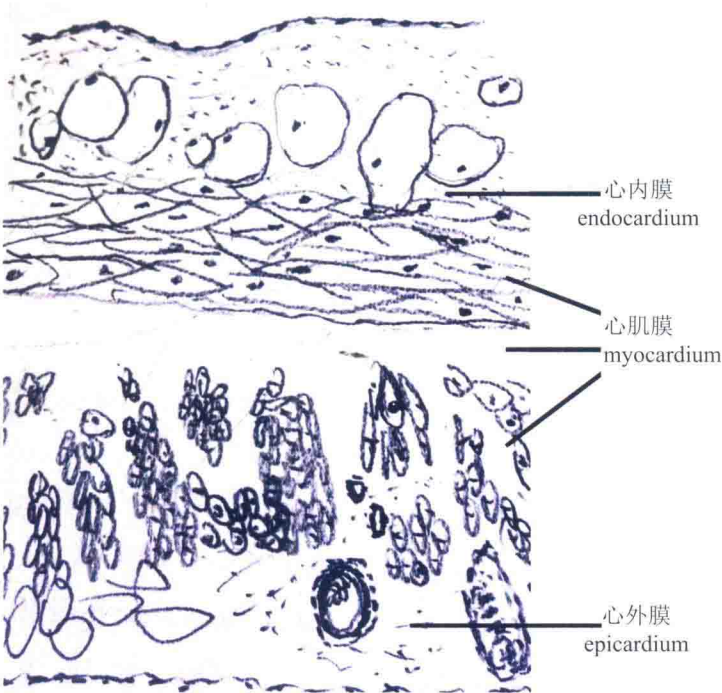


图 1-4

图 1-1 KM 小鼠心脏的解剖结构
图 1-2 心脏示意图
图 1-3 SD 大鼠心脏矢状切面 (HE, 40×)
图 1-4 心脏壁结构示意图

RA/ 右心房
RV/ 右心室
IVS/ 室间隔
LV/ 左心室

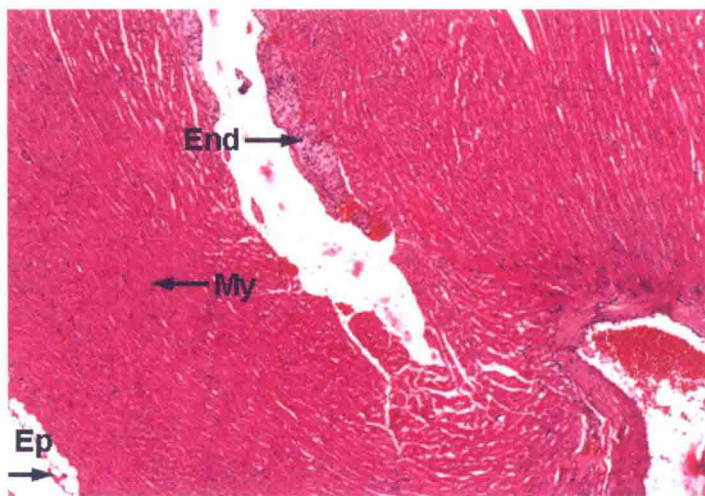


图 1-5 SD 大鼠心壁各层 (HE, 100×)

End/ 心内膜
My/ 心肌膜
Ep/ 心外膜

(一) 心内膜

心内膜 (endocardium) 表面是内皮 (epithelium), 它是一层不规则的多角形内皮细胞 (endothelial cell, EC), 胞核为椭圆形, 与大血管的内皮相连续, 位于薄层连续的基膜上。心内膜的内皮细胞在不同部位的密度和大小有差异, 可能与其不同的功能状态有关。心的各瓣膜均是由心内膜向内腔折叠而成。心室和心耳的内膜较薄, 主动脉口和肺动脉口处的最厚。内皮下为内皮下层 (subendothelial layer, StL)。组成内皮下层的结缔组织可分为内、外两层。内膜薄, 是由成纤维细胞、胶原纤维、弹力纤维构成的致密结缔组织, 含少量平滑肌束。

内皮下层与心肌膜之间是心内膜下层 (subendocardial layer, ScL), 由较疏松的结缔组织组成, 其中含血管和神经 (图 1-6A)。Masson 染色可见心内膜下红染的平滑肌组织和蓝绿色的结缔组织。心内膜下层与心肌膜的结缔组织相连。在乳头肌和腱索处没有心内膜。心室的心内膜下层还有心脏传导系的分支——浦肯野纤维 (Purkinje fiber, PF) (图 1-6B)。生理学研究证明, 此种细胞能快速传导冲动。房室束分支末端的细胞与心室肌纤维相连, 将冲动传到心室各处。

脊椎动物的心内膜与大血管的内膜形态上连续, 功能上相似, 但发生上来源不同: 心内膜位于心脏原基的边缘并受前内胚层的影响, 被包绕在初始的心血管内。

(二) 心肌层

心肌层 (myocardium) 是心脏的主体, 主要由心肌构成。心房的心肌较薄, 在年龄较大的心房可观察到微小的区域性心肌纤维缺失, 只剩内、外膜相贴。心室的心肌较厚, 其中左心室比右心室厚 2~3 倍。心肌纤维呈螺旋状排列, 大致可分为内纵、中环和外斜三层。心肌纤维多集成束, 肌束间有较多的结缔组织和丰富的毛细血管。心房向心腔内突出的肌束呈网格状, 较细小, 命名为界嵴或梳状肌。心室侧比较粗大, 被称为肉柱、乳头肌或节制索。心房肌位于纤维环上方, 心室肌附着于纤维环下面,

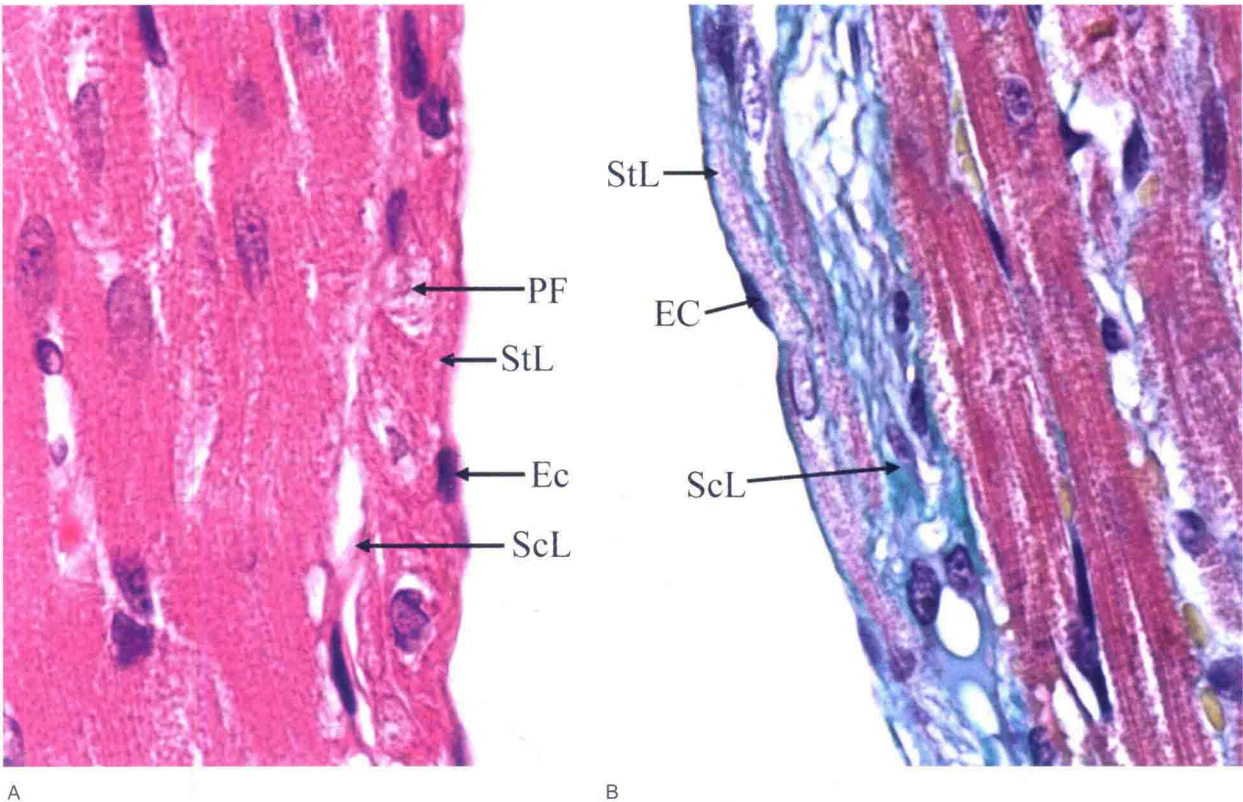


图 1-6 心内膜

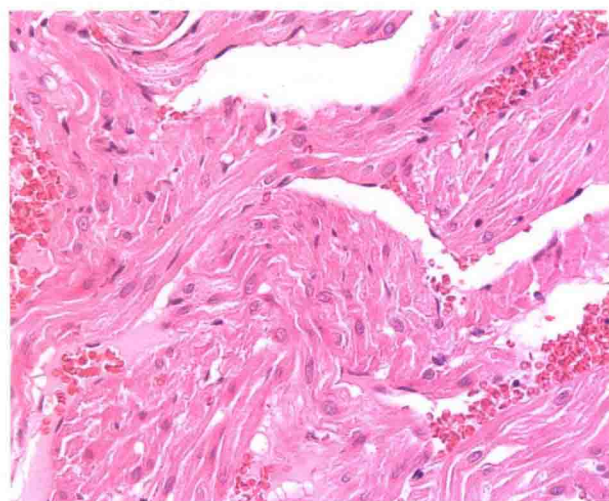
A. F344 大鼠心内膜 (HE, 400×)
B. F344 大鼠心内膜 (Masson, 400×)

ScL/ 心内膜下层
PF/ 浦肯野纤维
StL/ 内皮下层
EC/ 内皮细胞

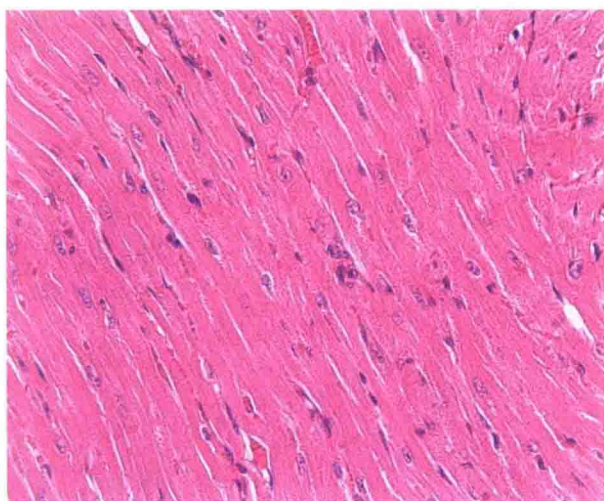
二者不直接相连，保证了心房和心室的各自收缩。而且心房入口的心肌比心室多，尤其是右心房有上、下腔静脉口和冠状静脉窦口，左心房有四条肺静脉入口，增加了心房肌排列的复杂性，可能是心房纤颤电折返的解剖学基础（图 1-7A, B）。

心房与心室肌的结构有一定的差异。心房肌纤维较细短 $[(6 \sim 8) \mu\text{m} \times (20 \sim 30) \mu\text{m}]$ ，无分支；心室的肌纤维较粗较长 $[(10 \sim 15) \mu\text{m} \times 100\mu\text{m}]$ ，有分支。一般光镜下心房肌比心室肌染色稍淡，可能与心房肌的细胞器较少有关。心房和心室的肌纤维内部都有丰富的肌原纤维，具有收缩功能。Masson 染色显色，肌纤维内部有丰富的肌原纤维（红色）以及肌纤维间少量的胶原纤维（蓝绿色）。相邻心房肌纤维侧面的细胞膜彼此之间有连接，构成桥粒和缝管连接；另外，心房肌纤维比较细，横小管较少，这些特点可能与其具有的较快传导速率和较高内在节律有关（图 1-7）。

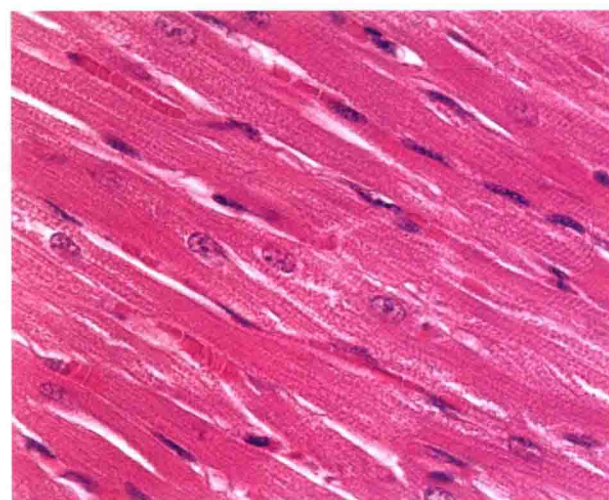
心钠素又称心房钠尿肽（atrial natriuretic peptide, ANP），是近年来发现的一种多肽，具有抑制血管升压素和血管紧张素的作用，并可调节垂体激素的释放与儿茶酚胺的代谢，有利尿、排钠、扩张血管、降低血压等作用，是参与机体水、盐代谢调节的物质。其主要分布在心房和心室的心肌纤维内，心房含量最高，室间隔内较低。免疫组化染色显示心钠素为位于心肌细胞核周围的棕黄色颗粒，核的两极处较多（图 1-8）。



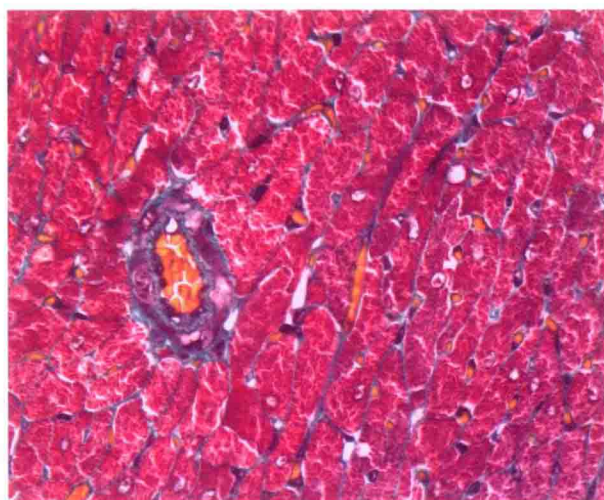
A



B



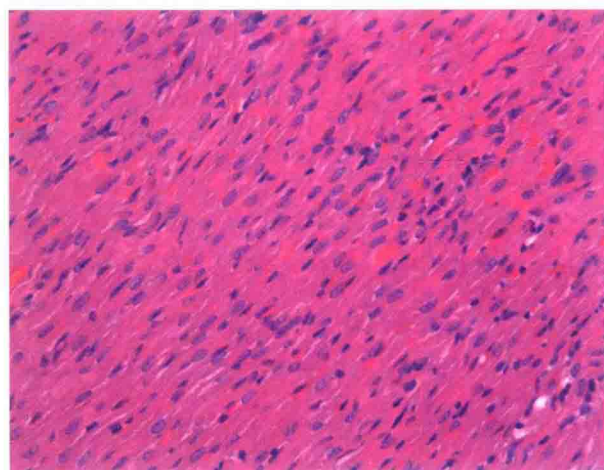
C



D



E



F

图 1-7 心肌

A. SD 大鼠心房心肌 (HE, 200 $\times$); B. SD 大鼠心室心肌 (HE, 200 $\times$); C. SD 大鼠心室心肌有分支 (HE, 400 $\times$)
D. SD 大鼠心肌间质 (Masson, 400 $\times$); E. 兔心室心肌 (HE, 200 $\times$); F. 豚鼠心室心肌 (HE, 200 $\times$)

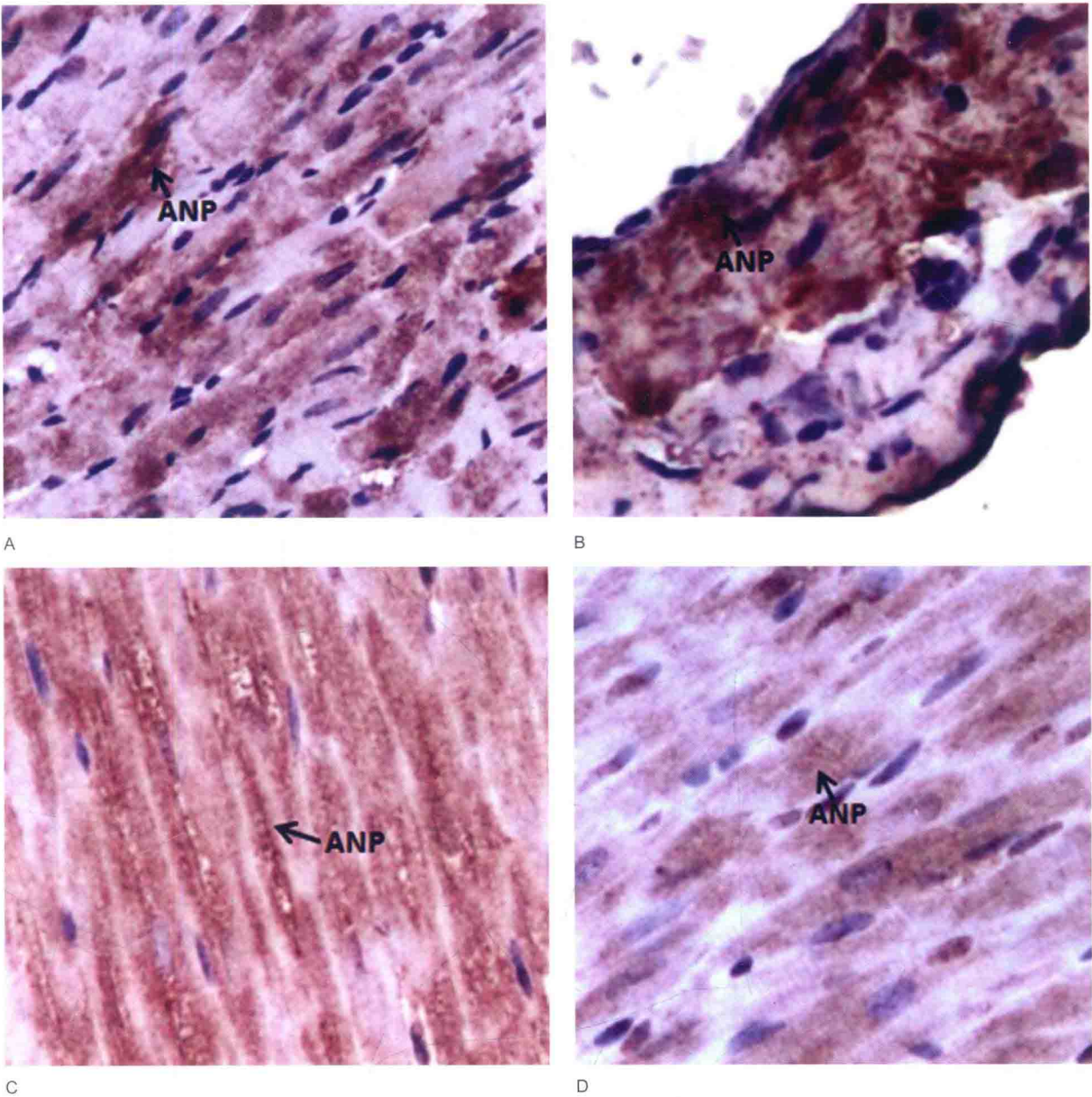


图 1-8 心钠素 (ANP) 的表达 | ANP/ 心房钠尿肽

A. F344 大鼠心室 (IHC, 400×); B. KM 小鼠心房 (IHC, 400×)
C. 心室 (IHC, 400×); D. 豚鼠心室 (IHC, 400×)

(三) 心外膜

心外膜 (epicardium) 是心包膜的脏层, 其结构为浆膜 (serous membrane), 它的表层是间皮 (mesothelium cell, MC), 间皮下面是薄层结缔组织, 与心肌膜相连。心外膜中含血管和神经, 并常有脂肪组织。心外膜可分为 5 层, 最表层为扁平上皮细胞构成的间皮; 第二层是基膜; 下面三层分别为浅胶原纤维、弹力纤维和深胶原纤维。心外膜中的胶原纤维走向有上下、左右、斜行、与间皮垂直等, 这种互相穿插的复杂走向, 结合弹力纤维, 形成保护性网络, 对防止心脏过度扩张、帮助心肌回弹有重要意义 (图 1-9)。