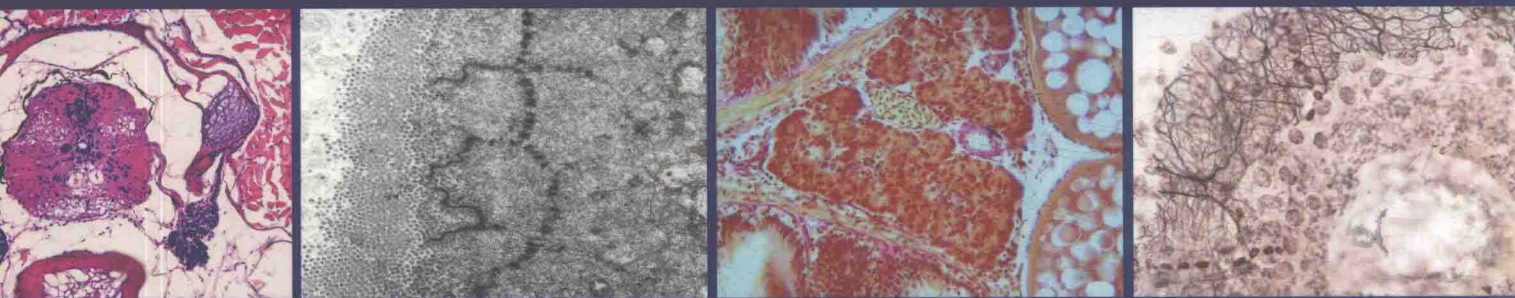


胡建华 陈秋生 林金杏
著

斑马鱼组织细胞学 彩色图谱



COLOR ATLAS OF
ZEBRAFISH HISTOLOGY
AND CYTOLOGY



上海科学技术出版社

斑马鱼组织细胞学

彩色图谱

胡建华 陈秋生 林金杏 著



上海科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

斑马鱼组织细胞学彩色图谱 / 胡建华, 陈秋生, 林金杏著.

—上海: 上海科学技术出版社, 2018.11

ISBN 978-7-5478-4205-8

I. ①斑… II. ①胡… ②陈… ③林… III. ①鲤科—组织细胞—细胞学—图谱 IV. ①Q959.46-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 220486 号

斑马鱼组织细胞学彩色图谱

胡建华 陈秋生 林金杏 著

上海世纪出版 (集团) 有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235 www.sstp.cn)

上海中华商务联合印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13 插页 4

字数 300 千字

2018 年 11 月第 1 版 2018 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-4205-8/S · 174

定价: 150.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内容提要

书中内容共分 15 章，包含 600 多幅图片，首先展示斑马鱼全鱼横切和纵切的组织学全貌，然后分章节详细解读斑马鱼的口咽、味蕾、咽喉齿、食管、肠道、肝脏、胆管、胰腺、鳃、假鳃、鳔、体肾（中肾）、头肾（前肾）、输尿管、精巢、精子、卵巢、卵子、胸腺、脾脏、脑垂体、甲状腺、后鳃腺、肾上腺、心脏、血管、皮肤、鳞、鳍、脑、脊髓、神经节、眼、耳、嗅囊、侧线、肌肉、脊柱、骨与软骨等组织器官。

本书是当今国内外较为系统地、全面地介绍斑马鱼组织学和细胞学的学术专著。书中所有的图片均来源于著者团队多年的科研积累，这些原始图片既有光镜结构（显微结构）图，也有电镜结构（超微结构）图，还包括大量（免疫）细胞化学反应和特殊染色的切片图像，并结合计算机辅助技术对主要器官进行了 3D 重构，展示了斑马鱼器官的立体形态。本书内容具有重要的形态学参考价值，有利于科研工作者直观、具体地理解斑马鱼主要脏器的形态构造和结构定位，有利于促进斑马鱼作为模式动物在生命科学领域的科学研究。

序

实验动物是生命科学领域研究的基础，也是生物医药产业的重要支撑条件。近年来，以斑马鱼为代表的鱼类实验动物成为生命科学领域研究者关注的热点。斑马鱼是一种新型的脊椎模式动物，是 ISO 认可的鱼类实验动物之一。斑马鱼以其突出的生物学特性在胚胎发育调控机制、疾病模型、免疫机制、药物筛选及环境检测等研究领域得到了有效利用。由于斑马鱼与人类基因组同源性较高、具有完整的基因组注释、易于进行基因操作等明显特点，已成为标准材料和平台工具，一些重大研究项目以斑马鱼作为模式动物开展高水平的科研工作，取得了理想的成果。与之相比，斑马鱼的组织形态和细胞结构尚缺乏系统、有效的资料，影响了体内细胞定位和结构解读，无法将分子生物学实验结果与在体结构联系起来，尤其主要脏器的组织结构和细胞定位往往出现偏差，实验的准确性大打折扣。

细胞是生命活动的基本单位，不同的组织和细胞是各种动物实验或刺激反应的靶位，是创新研究与应用不可或缺的基础资料和参考标准。缺乏对结构形态的精确认识，就会影响对发育、疾病和动物生产规律的阐释。鉴于此，著者连续完成斑马鱼主要器官形态学课题，积累了一定的形态学资料和结果，收集了大量高质量的斑马鱼组织学和细胞学的图像，这些原始图片既有大体解剖结构、显微结构，也有超微结构以及大量（免疫）细胞化学反应和特殊染色的切片图像，并结合计算机辅助技术对主要器官进行了 3D 重构，展示了斑马鱼器官的立体形态。为了系统整理和总结这些成果，研究者出版了《斑马鱼组织细胞学彩色图谱》专著。

该书是我国第一部介绍斑马鱼组织形态的专著，颇具特色，且内容系统、图文并茂。相信该书的出版有利于科研工作者直观、具体地理解斑马鱼主要脏器的形态构造和结构定位，必将有力促进斑马鱼相关领域的创新研究与实际应用。



中国科学院院士

2018 年 8 月

前言

斑马鱼 (*Danio rerio*) 属于辐鳍亚纲鲤科 *Danio* 属, 为国际标准化组织认可的实验用鱼类, 也是生命科学研究四大模式动物之一。斑马鱼具有易饲养、体型小、生长与繁殖周期短、胚胎透明、体外发育、遗传背景清晰、与人类基因组同源性高、较为完整的基因组注释以及易于进行基因工程操作等特点和优势, 已被广泛应用于发育生物学、分子生物学、细胞生物学、遗传学、免疫学、神经生物学、肿瘤学、药理学、畜牧兽医和水产学、毒理与环境检测等学科领域。斑马鱼已经成为一种重要的模式脊椎动物新星, 在生命科学和农业领域研究中扮演着越来越重要的角色。全球现有多个有关斑马鱼的大型研究计划已经完成或正在进行中: 如斑马鱼基因组测序计划、斑马鱼突变计划及相关的数据库, 以及其他斑马鱼大型研究计划及相关的数据库。这些重大计划的实施, 充分显示斑马鱼研究在生命科学中的现实意义。

在 21 世纪初, 我国的斑马鱼研究才真正开始, 但发展迅猛, 研究群体也迅速壮大。国内现有 400 多个实验室利用斑马鱼为研究对象开展有关科研工作。2012 年 10 月, 国家重大科学研究计划斑马鱼资源中心 (即国家斑马鱼资源中心, China Zebrafish Resource Center, CZRC) 在中国科学院水生生物研究所正式挂牌成立, 这无疑对我国的斑马鱼研究具有标志性意义。

在世界范围内, 斑马鱼研究领域虽然取得了长足发展, 但有关斑马鱼的组织结构和细胞形态尚缺乏系统资料, 这在一定程度上限制和阻碍了斑马鱼相关领域的深入研究。近年来, 著者依托上海市科委科研计划项目“斑马鱼器官三维重构”系列课题积累了大量形态学资料 and 结构图片, 并分析解读了其结构意义, 逐渐形成系列成果。这些有价值的实验结果将以彩色图谱的形式出版发行, 为斑马鱼的进一步实验研究和教学工作提供参考。

本专著在显微、超微和分子水平上, 通过彩色图片系统阐明斑马鱼各系统和器官的组织结构和细胞组成, 显示重要大分子物质的分布规律, 分析不同成分之间的形态关系。每幅图均附有关结构和功能意义的简要文字描述, 便于读者在参阅图片时联系理论知识, 抓住结构

特征,使抽象、枯燥的形态学知识变得形象生动和具体直观。本专著所选的 600 多幅结构照片,均为作者课题组多年的科研积累,具有原创性。涉及的斑马鱼主要器官包括消化管、肝脏、胰腺、鳃、假鳃、鳔、体肾(中肾)、头肾、胸腺、脾脏、脑垂体、甲状腺、脑、脊髓、神经节、血管、心脏、精巢、精子、卵巢、卵子、皮肤、眼、耳、味蕾、血细胞、肌肉、骨与软骨等。此外,通过计算机辅助技术,完成了斑马鱼主要器官的 3D 重构,以直观的形式展现器官立体形态。

本专著内容力求系统完整,光镜和电镜相互配合,多种技术互相验证,多方位反映细胞和组织的主要特征和重要功能意义。可为解剖学、生物学、动物医学、动物科学、水产学、发育生物学、医学和实验动物专业的研究生和科研人员参考。

在编写过程中,作者虽秉承科学严谨的态度认真撰稿,但限于专业水平和写作能力,肯定仍有疏漏、不足甚至错误之处,真诚欢迎广大读者批评指正。

著 者

2018 年 5 月

目 录

第一章 全鱼切片..... 1

第一节 纵切 3

第二节 横切 19

第二章 消化管..... 23

第一节 口咽与味蕾 24

一、口咽 24

二、味蕾 25

三、咽喉齿 26

第二节 食管 27

第三节 肠道 29

一、肠道的解剖结构 29

二、肠壁的组织结构 30

三、各段肠道的显微结构 33

四、肠道的超微结构 35

五、肠道的黏膜屏障 41

第三章 消化腺..... 45

第一节 肝脏 46

一、肝脏的解剖结构 46

二、肝组织的显微结构 46

三、肝组织的超微结构 50

第二节 胆管系统 54

一、细胞内和细胞间胆道 55

二、前胆小管 55

三、胆小管·····	57
四、胆管·····	58
五、特殊染色显示胆管系统·····	60
第三节 胰腺·····	62

第四章 呼吸器官····· 65

第一节 鳃·····	65
一、鳃的解剖结构·····	65
二、鳃的显微结构·····	66
三、鳃的超微结构·····	69
第二节 假鳃·····	71
第三节 鳔·····	72

第五章 泌尿器官····· 75

第一节 体肾·····	75
一、肾脏的解剖结构·····	75
二、体肾的组织细胞学形态·····	76
第二节 输尿管·····	79

第六章 雄性生殖腺····· 81

第一节 精巢·····	81
一、精巢的解剖结构·····	81
二、精巢的组织细胞学结构·····	82
三、精子发生的超微结构特征·····	82
第二节 精子·····	89
一、精子的显微观察·····	89
二、精子的超微结构·····	90

第七章 雌性生殖腺····· 93

第一节 卵巢·····	93
一、卵巢的解剖结构·····	93
二、卵巢的组织细胞学结构·····	94

第二节 卵母细胞与卵子	100
-------------------	-----

第八章 免疫器官..... 103

第一节 头肾	103
一、头肾的显微结构	103
二、头肾的超微结构	108
第二节 胸腺	110
一、胸腺的显微结构	110
二、胸腺的超微结构	114
第三节 脾脏	115
一、脾脏的解剖结构	115
二、脾脏的显微结构	116
三、脾脏的超微结构	117

第九章 内分泌器官..... 119

第一节 脑垂体	119
第二节 甲状腺	120
第三节 后鳃腺	121
第四节 肾上腺	122

第十章 循环与血液..... 123

第一节 心脏	123
第二节 血管	127
第三节 血细胞	129

第十一章 皮肤、鳞与鳍..... 133

第一节 皮肤	133
第二节 鱼鳞	135
一、鳞片的形态结构	135
二、鳞片色素细胞的种类和形态	136
三、鳞片的组织学结构	138
第三节 鱼鳍	139

一、鱼鳍色素细胞的种类和形态	140
二、鱼鳍的组织学结构	142

第十二章 神经系统..... 145

第一节 脊髓	145
第二节 脑	147
一、脑的解剖结构	151
二、脑的显微结构	152
三、脑的超微结构	162
第三节 神经节	167
第四节 神经纤维与神经	168

第十三章 感觉器官..... 169

第一节 眼	169
第二节 耳	174
第三节 嗅囊	176
第四节 侧线	178

第十四章 肌肉..... 179

第一节 骨骼肌	179
第二节 心肌	181
第三节 平滑肌	182

第十五章 脊柱与软骨..... 183

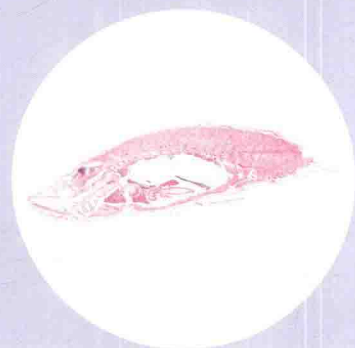
第一节 脊柱	184
第二节 软骨	185

主要参考文献	187
--------------	-----

名词索引	189
------------	-----

第一章

全鱼切片



斑马鱼的身体可分为头、躯干和尾三个部分（图 1-1）。头部是指吻端到鳃盖后缘，躯干部是指鳃盖后缘至泄殖孔一段，尾部是指泄殖孔至尾鳍基部。头部主要有口、眼、鼻和鳃等器官，躯干部和尾部体表主要有鳍和鳞片。通过大体解剖可以观察到斑马鱼心脏、肝脏、肠道、生殖器官、鳔等内脏器官（图 1-2），3D 解剖虚拟上可以清晰看到斑马鱼主要器官的立体形态（图 1-3）。

通过对斑马鱼的连续切片（H-E 染色）可以清晰地显示斑马鱼各个器官的形态结构以及彼此之间的解剖位置。本章第一节的图片为从左腹侧向右腹侧的斑马鱼纵切面的 H-E 染色图（雄性：图 1-4 至图 1-19；雌性：图 1-20 至图 1-35），第二节的图片为从头部向尾部的雌性斑马鱼横切面的 H-E 染色图（图 1-36 至图 1-55）。

本章只显示斑马鱼的整体切片，第二章至第十五章将分别对斑马鱼的各个组织器官进行组织学和细胞学的详细解读。

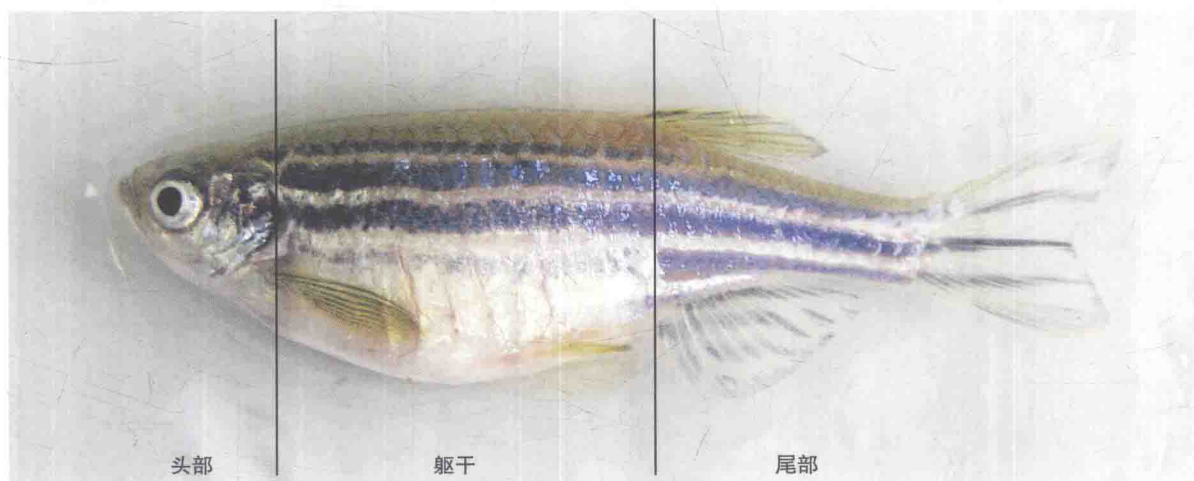


图 1-1 斑马鱼身体的分段

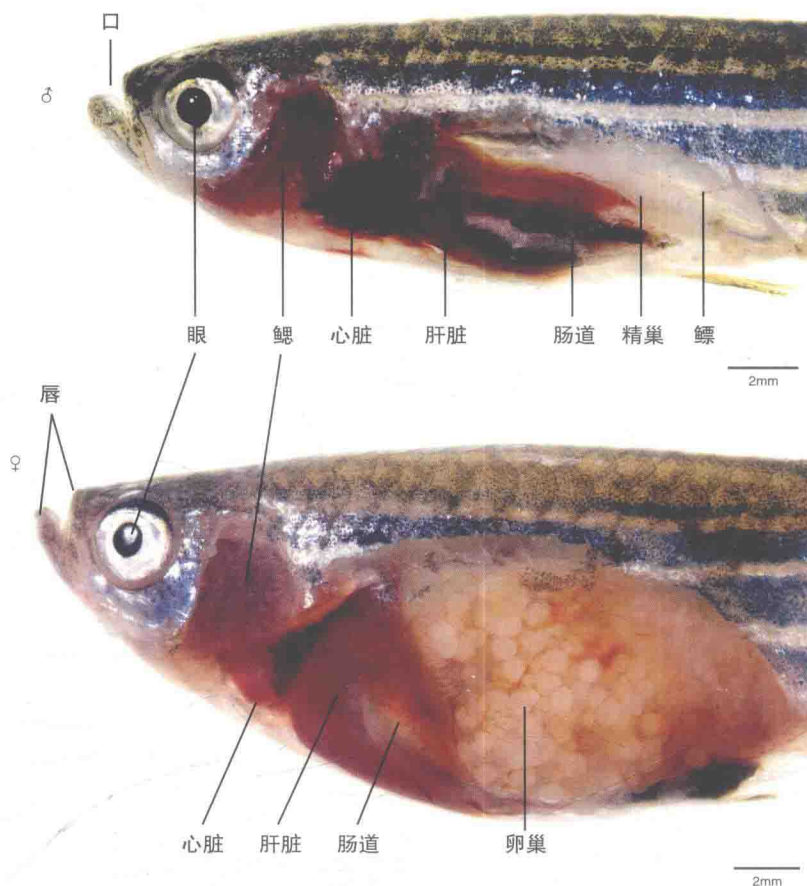


图 1-2 斑马鱼 (♂ / ♀) 整体解剖图

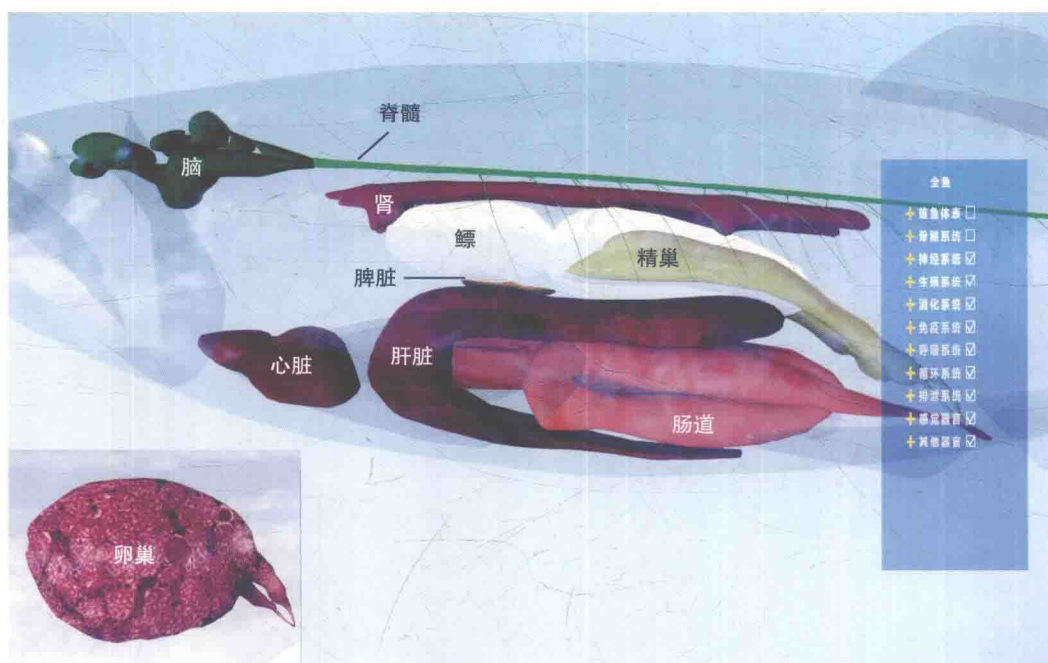


图 1-3 斑马鱼主要器官 3D 重构 (♂ / ♀)

第一节 纵切

本节共包含 32 幅斑马鱼纵切面的 H-E 染色图，雌雄各 16 幅（雄性：图 1-4 至图 1-19；雌性：图 1-20 至图 1-35），从左腹侧向右腹侧顺序依次展示，并对主要器官进行标注说明。



图 1-4 斑马鱼雄鱼纵切面 (1) H-E

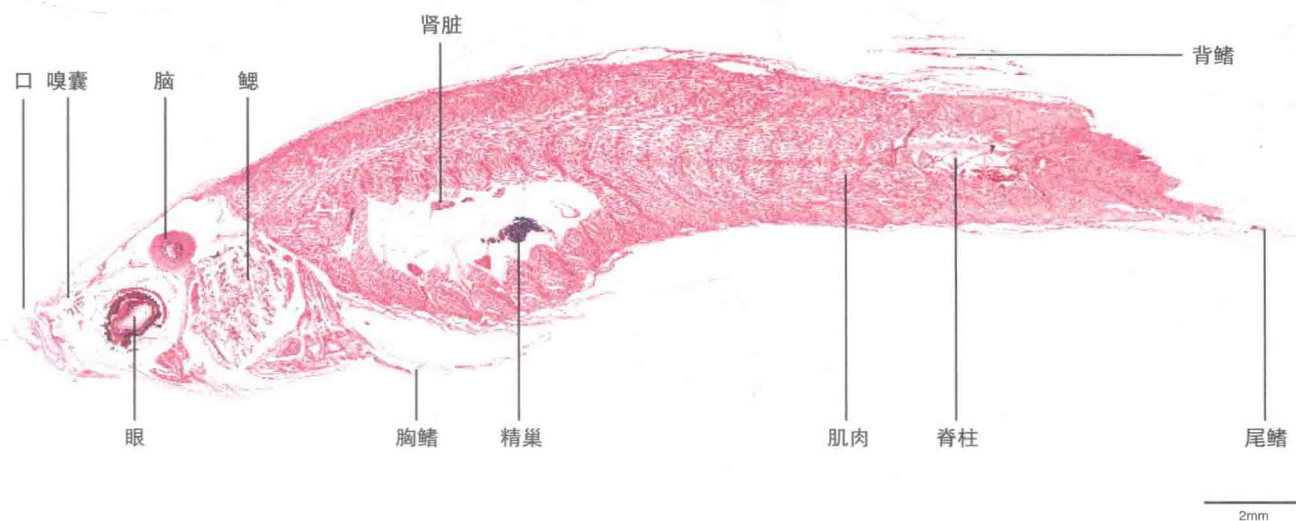


图 1-5 斑马鱼雄鱼纵切面 (2) H-E

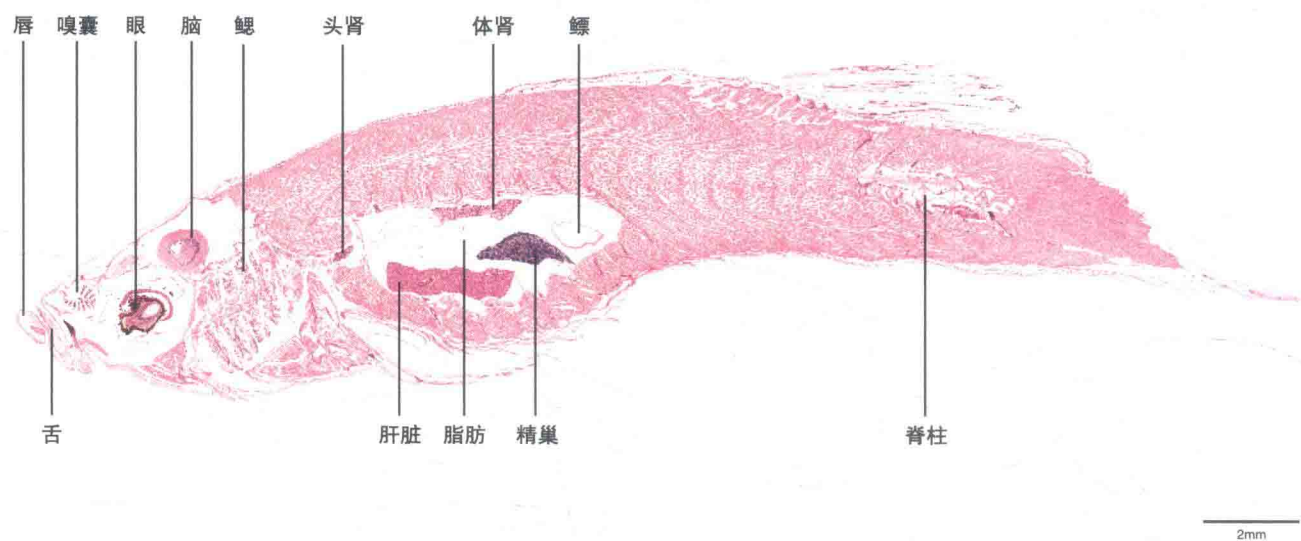


图 1-6 斑马鱼雄鱼纵切面 (3) H-E

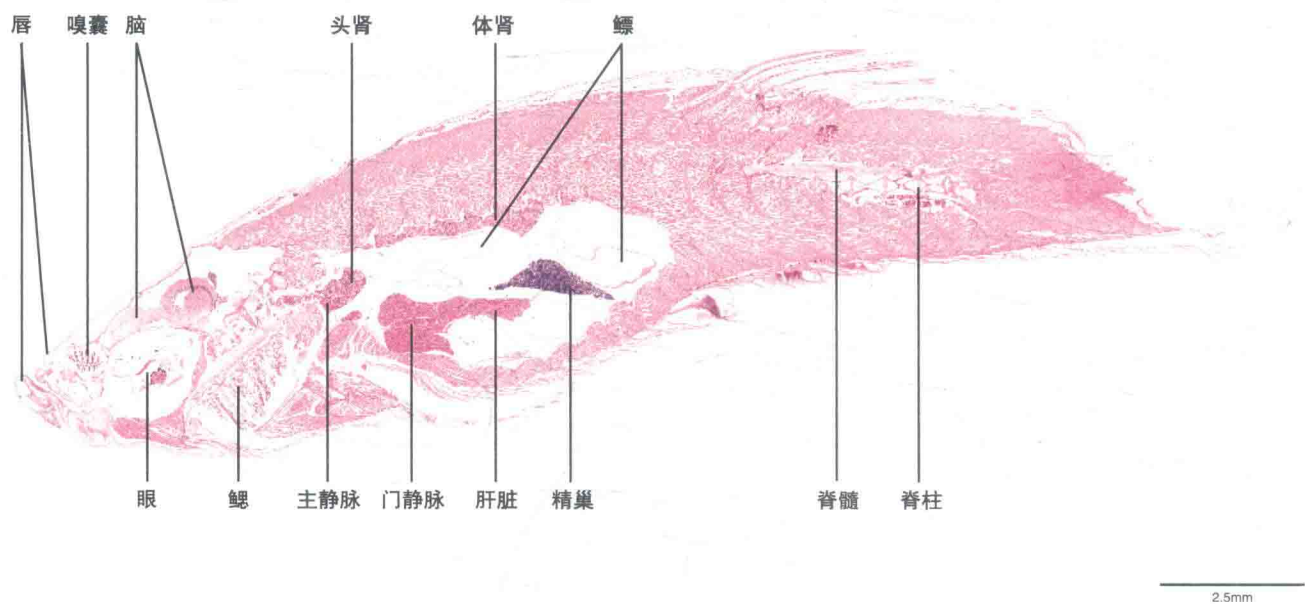


图 1-7 斑马鱼雄鱼纵切面 (4) H-E

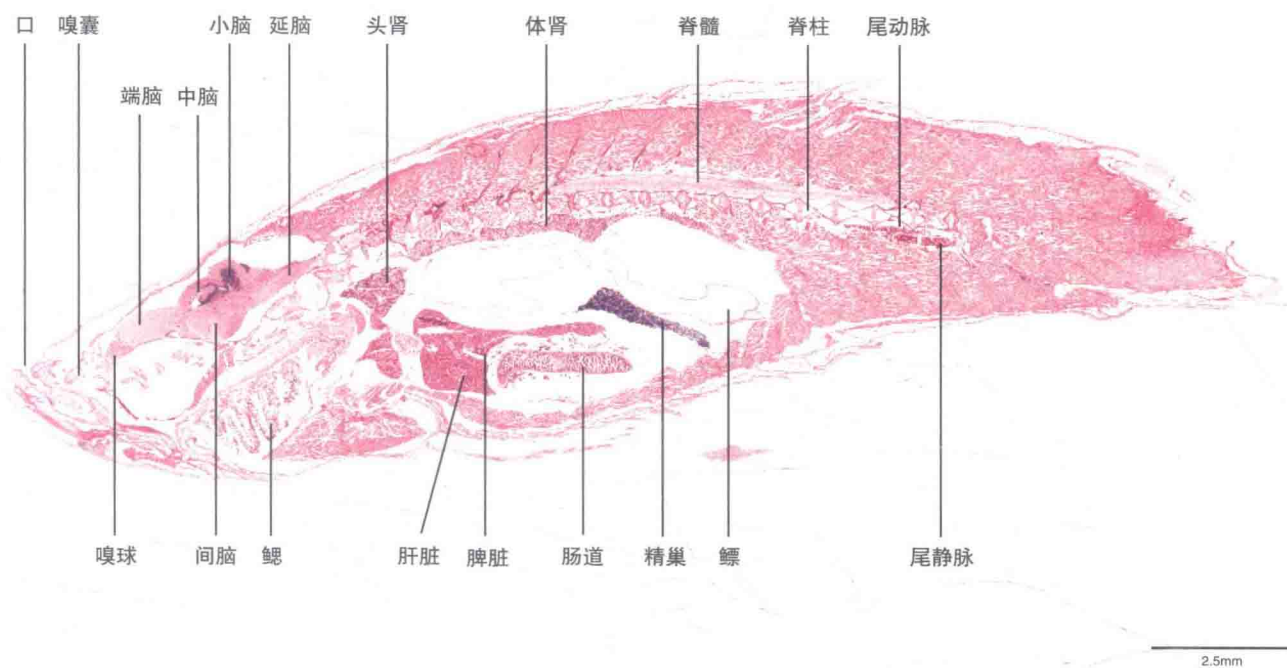


图 1-8 斑马鱼雄鱼纵切面 (5) H-E

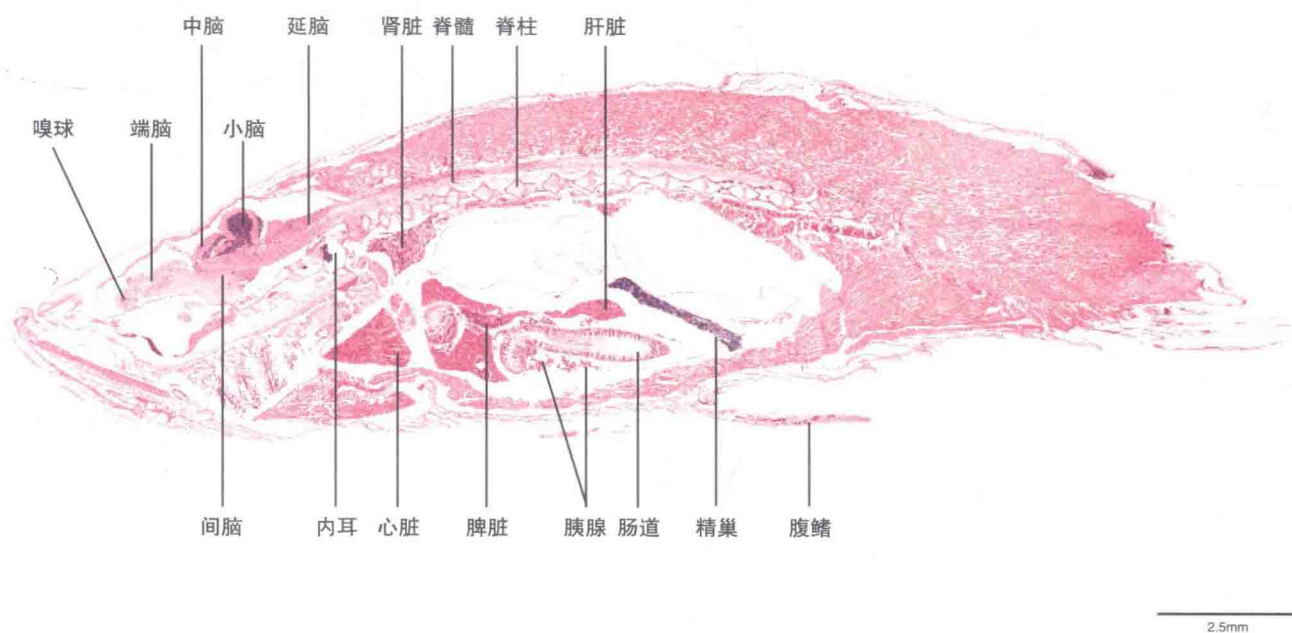


图 1-9 斑马鱼雄鱼纵切面 (6) H-E

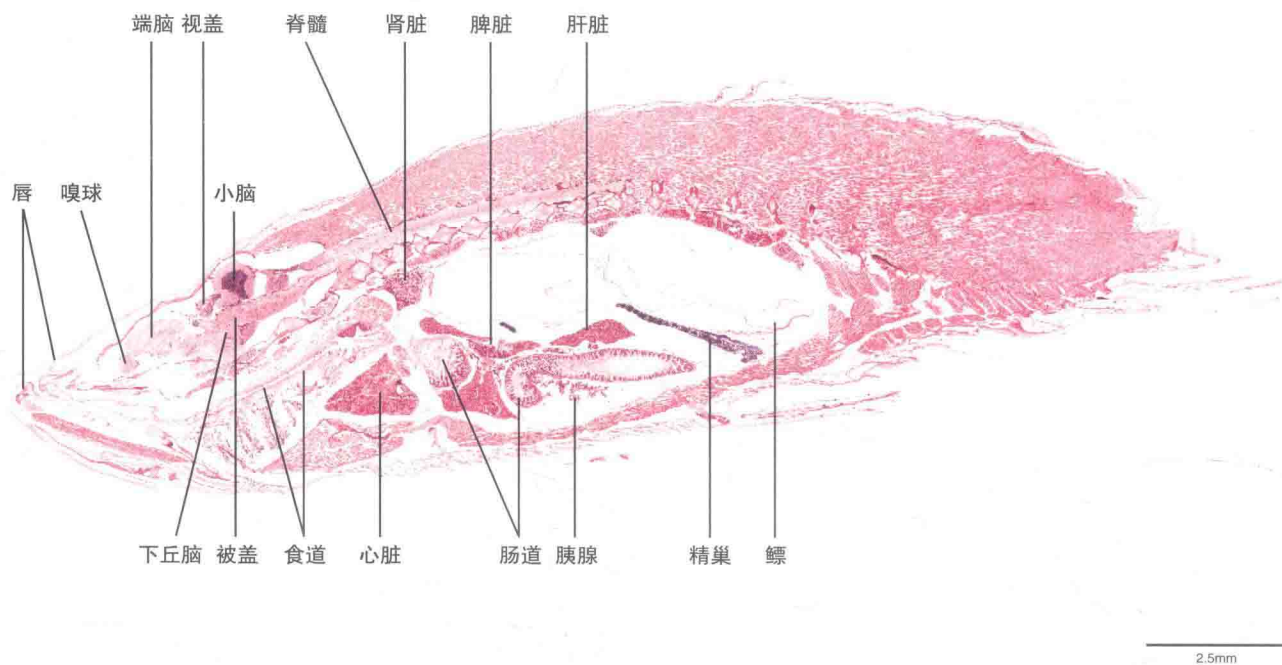


图 1-10 斑马鱼雄鱼纵切面 (7) H-E

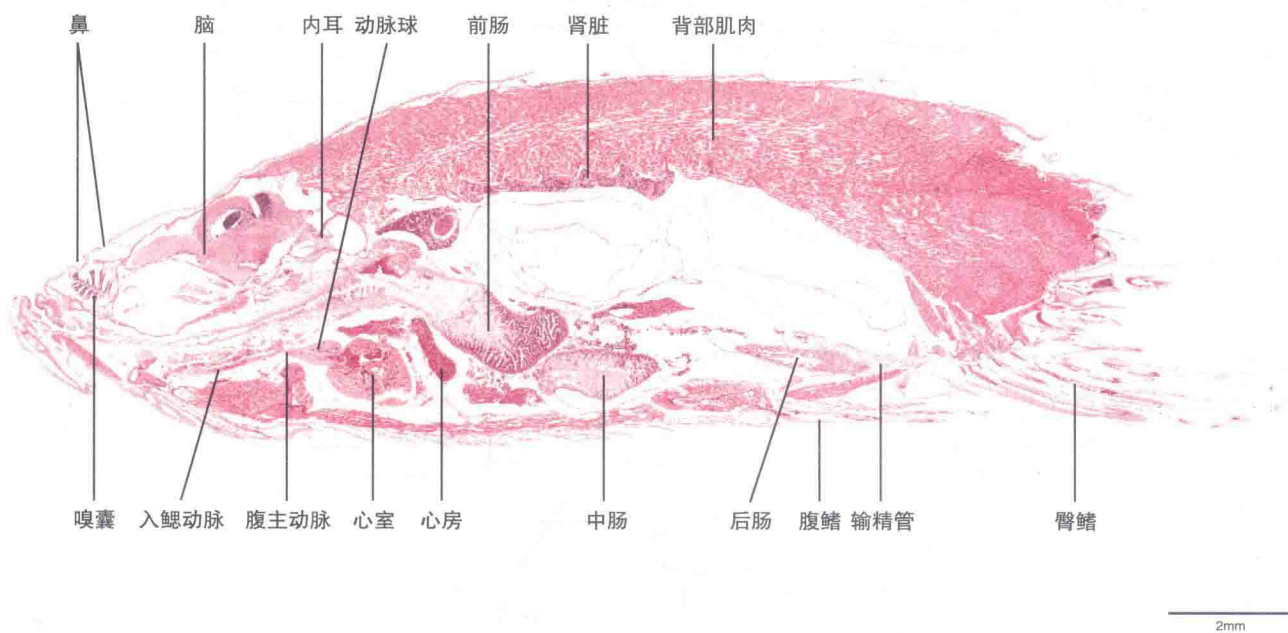


图 1-11 斑马鱼雄鱼纵切面 (8) H-E