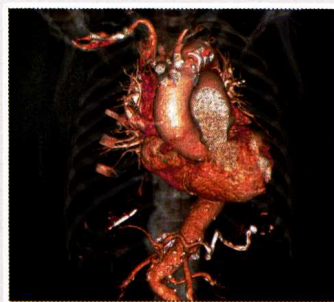
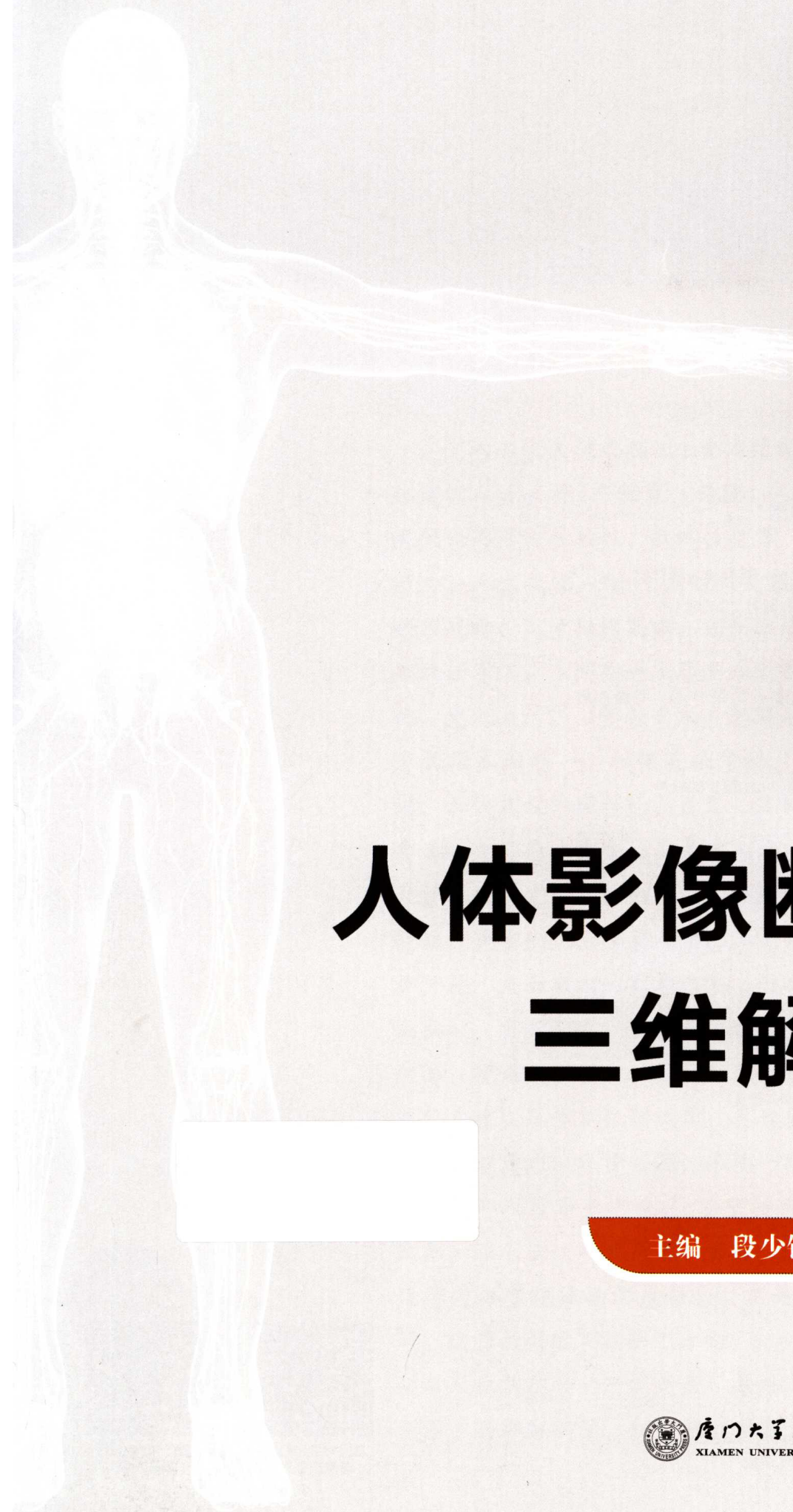


# 人体影像断层与 三维解剖学

(上)

主编 段少银 康江河 张丹彤

 厦门大学出版社 国家一级出版社  
XIAMEN UNIVERSITY PRESS 全国百佳图书出版单位



# 人体影像断层与 三维解剖学

(上)

主编 段少银 康江河 张丹彤



厦门大学出版社 国家一级出版社  
XIAMEN UNIVERSITY PRESS 全国百佳图书出版单位

## 图书在版编目(CIP)数据

人体影像断层与三维解剖学 / 段少银, 康江河, 张丹彤主编. -- 厦门: 厦门大学出版社, 2023.12  
ISBN 978-7-5615-9112-3

I. ①人… II. ①段… ②康… ③张… III. ①断面解剖学-医学摄影 IV. ①R322

中国版本图书馆CIP数据核字(2023)第178064号

---

责任编辑 眭蔚 黄雅君

美术编辑 张雨秋

技术编辑 许克华

---

出版发行 **厦门大学出版社**

社 址 厦门市软件园二期望海路 39 号

邮政编码 361008

总 机 0592-2181111 0592-2181406(传真)

营销中心 0592-2184458 0592-2181365

网 址 <http://www.xmupress.com>

邮 箱 [xmup@xmupress.com](mailto:xmup@xmupress.com)

印 刷 厦门市竞成印刷有限公司

---

开本 889 mm×1 194 mm 1/16

印张 27.5

插页 4

字数 790 千字

版次 2023 年 12 月第 1 版

印次 2023 年 12 月第 1 次印刷

定价 79.00 元(含上、下册)

---

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换



厦门大学出版社  
微信二维码



厦门大学出版社  
微博二维码

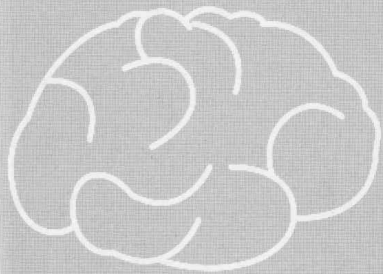
# 本书编委会

主 编：段少银 康江河 张丹彤

副主编：林清池 吕绍茂 游幼匡 黄叶明 刘元早  
杨永贵 汤琅琅 戴振火 杨 烈 钟 华

编 委：

陈 江（陆军厦门特勤疗养中心）  
陈丽芬（厦门大学附属中山医院）  
陈丽君（邵武市立医院）  
池金澄（厦门大学附属中山医院）  
戴振火（漳州市第三医院）  
邓丽珠（厦门大学附属中山医院）  
段少银（厦门大学附属中山医院）  
胡 卓（保靖县中医院）  
黄丽丹（厦门市中医院）  
黄倩文（厦门大学附属中山医院）  
黄叶明（厦门市第五医院）  
荆 晶（厦门市儿童医院）  
康江河（厦门大学附属中山医院）  
康泰山（厦门大学附属中山医院）  
蓝佐珍（厦门市儿童医院）  
黎春平（厦门市仙岳医院）  
李菊香（厦门大学附属中山医院）  
廖雪燕（福建医科大学附属龙岩第一医院）  
林清池（厦门大学附属中山医院）  
林长华（厦门市中医院）  
刘元早（铜仁市人民医院）  
吕绍茂（厦门大学附属中山医院）  
钱登豪（厦门大学附属中山医院）  
钱雅楠（厦门大学附属中山医院）  
汤琅琅（福建医科大学附属龙岩第一医院）  
吴群才（漳州正兴医院）  
吴文雪（厦门大学附属中山医院）  
杨 烈（厦门市中医院）  
杨永贵（厦门医学院附属第二医院）  
应彩云（重庆两江新区人民医院）  
游幼匡（厦门市仙岳医院）  
张丹彤（厦门大学附属中山医院）  
章 礼（中山大学孙逸仙纪念医院深汕中心医院）  
赵文俊（新乡市中心医院）  
钟 华（厦门大学附属中山医院）



## 前言

党的二十大报告指出，要实施科教兴国战略，强化现代化建设人才支撑。“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力，深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，开辟发展新领域新赛道，不断塑造发展新动能新优势……教育是国之大计、党之大计。培养什么人、怎样培养人、为谁培养人是教育的根本问题……加强基础学科、新兴学科、交叉学科建设，加快建设中国特色、世界一流的大学和优势学科……培养造就大批德才兼备的高素质人才，是国家和民族长远发展大计。功以才成，业由才广。坚持党管人才原则，坚持尊重劳动、尊重知识、尊重人才、尊重创造，实施更加积极、更加开放、更加有效的人才政策，引导广大人才爱党报国、敬业奉献、服务人民。完善人才战略布局，坚持各方面人才一起抓，建设规模宏大、结构合理、素质优良的人才队伍……深化人才发展体制机制改革，真心爱才、悉心育才、倾心引才、精心用才，求贤若渴，不拘一格，把各方面优秀人才集聚到党和人民事业中来。”要坚持系统谋划，深化人才机制改革。深刻认识人才是第一资源，深入研究和把握人才成长规律与办学规律的深度融合，不断深化人才发展与评价改革。这为教材编写指明了方向。

人体解剖学的研究是医学基础之基础，范围包括系统解剖学、局部解剖学、断层解剖学等。断层解剖学是前两者的

重要补充以及形成三维形态思维的重要条件之一，具有推动解剖学以及医学发展的重要作用。X线计算机断层成像、超声成像、磁共振成像等现代影像技术的迅速发展及其在临床的广泛应用，以及影像图像处理与三维成形等计算机技术的问世，为人体影像断层与三维解剖学发展提供了基础与条件，形成了解剖学的重要分支亚学科。人体影像断层及三维解剖学是利用影像技术、断层方法研究人体正常断面及三维形态结构、毗邻关系及其相关功能的科学，是近年来兴起的一门医学应用基础科学。本教材增加了三维解剖的内容，为断层解剖的学习增加了新的视野与视角，在人体解剖学与临床医学之间架起了桥梁，是培养学生三维形态思维的基础课程。学生在掌握系统解剖学及局部解剖学的基础上，更进一步地学习人体结构的断层解剖、三维形态及其毗邻关系，为新开设的医学相关课程提供坚实的解剖学基础，培养创新性三维思维。

本教材分为总论、颅脑、胸部、腹部、盆部与会阴、脊柱和脊髓，以及四肢几个部分，共七章。全书分上、下两册，主要供医学研究生使用。其中，上册可供医学相关专业本科生选修，同时可作为解剖学教师及临床各科医师的参考书。

本教材的编者为长期从事医学影像专业临床、教学与科研的专家和相关骨干及本院研究生或毕业研究生。在编写过程中，编者遵循少而精的原则，力求概念准确，层面连续，叙述言之有据，并适当补充了解剖学和影像技术的知识，重于满足医学相关专业研究生及本科生对解剖学知识的特殊需求，力争做到基础、临床与研究的贯通。本书的编写参考了相关领域专家的学术著作，在此一并致谢。

虽然所有编者都尽心尽力，力求使本书趋于完善，但书中难免存在不足或遗漏，敬请广大学生或读者批评指正，以便在修订或再版时进行修正。

段少银

2023年2月

# 目 录

## 上册

### 第一章 总论 / 001

- 第一节 定义、发展史和学习方法 / 001
- 第二节 X线成像 / 008
- 第三节 CT / 013
- 第四节 MRI / 016
- 第五节 超声成像 / 019
- 第六节 医学三维成像技术 / 022

### 第二章 颅脑 / 033

- 第一节 颅脑应用解剖 / 033
- 第二节 颅脑断面解剖 / 044
- 第三节 横断面连续层面展示 / 055
- 第四节 颅脑三维解剖 / 068

### 第三章 胸部 / 107

- 第一节 胸部应用解剖 / 107
- 第二节 胸部横断面解剖 / 125
- 第三节 胸部的矢状断面影像解剖 / 143
- 第四节 胸部冠状断层解剖 / 155
- 第五节 正常胸部 MRI / 160
- 第六节 胸部血管解剖 / 165
- 第七节 三维图像系列展示 / 182

### 第四章 腹部 / 189

- 第一节 腹部应用解剖 / 189
- 第二节 腹部断面解剖对比 / 207
- 第三节 腹部血管及三维解剖 / 236
- 第四节 腹部三维图片展示 / 242

下 册

第五章 盆部与会阴 / 249

- 第一节 盆部与会阴应用解剖 / 249
- 第二节 盆部与会阴断层解剖特征 / 262
- 第三节 盆部与会阴断层解剖对比 / 275
- 第四节 盆部与会阴血管三维解剖 / 297

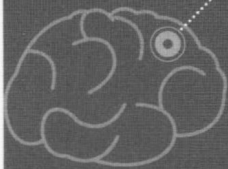
第六章 脊柱和脊髓 / 308

- 第一节 脊柱和脊髓应用解剖 / 308
- 第二节 脊柱和脊髓断面影像学 / 325
- 第三节 脊柱和脊髓血管造影解剖 / 345
- 第四节 脊柱三维图片 / 348

第七章 四肢 / 353

- 第一节 四肢应用解剖 / 353
- 第二节 四肢断面解剖 / 371
- 第三节 四肢血管造影解剖 / 398
- 第四节 四肢断面图像与三维图片 / 416

参考文献 / 434



# 第一章



## 总论

### 第一节 定义、发展史和学习方法

#### 一、定义、特点和学习目的

**定义：**人体影像断层及三维解剖学是利用影像技术、断层方法研究人体正常断面和三维形态结构、毗邻关系及其相关功能的科学，是近年来兴起的一门医学应用基础科学。

**特点：**与系统解剖学和局部解剖学相比，影像断层与三维解剖学有以下特点：①保持机体结构于原位的状态下，显示其断层形态变化及位置关系；②展示人体轴位方向的断层结构，弥补二维思维的不足；③通过追踪连续断层或借助计算机进行结构的三维重建和定量分析，形成三维思维；④密切结合医学临床与科研的需要，为疾病诊断、微创治疗与医学研究提供形态与思维基础。

**学习目的：**学习本课程的目的旨在掌握人体主要结构在连续断面上的形态结构及其变化规律，在二维系统解剖学的基础上形成三维解剖，培养三维解剖形态思维，为疾病的临床诊治与研究、微创治疗及外科手术打下坚实的解剖与思维基础。

#### 二、学科发展历史

断层解剖早在16世纪初就被用于人体解剖学的研究。当时，意大利画家达·芬奇绘制了男、女躯干部的正中矢状断面图，现代解剖学的奠基人安德烈·维萨里（Andreas Vesalius）展示了脑的横断层解剖。17世纪，一些学者分别展示了脑、眼、生殖器等的断面。18世纪，Haller, S. Soe Mmering 和 Vicq d'Azgr 绘制了脑的各种断面图，Camper 镌印了盆部的纵断面图，Scarpa 则利用盆部的断面来表现取石手术的途径。16—18世纪，由于缺乏保持尸体标本原位结构的方法，因此断层解剖的发展遇到了瓶颈。

19—20世纪是人体断层解剖学发展的重要时期——首先完善了断层解剖的方法，其次出版了许多具有重要价值的人体断层解剖学图谱。荷兰解剖学家 Riemer（1818年）率先使用冰冻法制备断层标本并出版了解剖图谱。Gerota（1895年）将5%的福尔马林溶液灌注尸体再冰冻切片，从而完善了冰冻切片法，该技术沿用至今。Huschke（1844年）利用18个月的女孩尸体发表了10幅颈、胸、腹、盆的横断面图。俄国解剖学家和外科医生 Pirogoff 于1852—1859年以天然冰冻法制备断层标本，出版了具有里程碑意义的著作——《断层解剖学》。这部巨著有五卷：其中第一卷共796页的描述资料；另四卷共213幅断面图的特大对折本，含有头部横断面，胸部横、矢状断面，男女腹部的横状、矢状、冠状断面和四肢的横断面。法国人 Gendre（1858年）用石膏包埋尸体，制备了

含有全身各部的横、矢和斜状共 25 个断面的解剖学图谱, 每个断面伴有简要的文字说明。德国人 Braune (1872 年) 完成了人体各部 3 种基本断面的解剖学图谱, 并仔细描述了器官的毗邻, 评述了前人的工作。他的著作再版两次, 并被译成英文出版。

Henke 注意到通过断面来进行结构重建的问题, 他重建了心脏并将其轮廓投影至胸壁。Rudinger (1873 年)、Dwight (1881 年) 和 Symington (1887 年) 分别研究了儿童的断层解剖。Dalton (1885 年) 出版了 3 卷脑断层解剖学图谱, 横状、矢状、冠状断面各 1 卷, 图片由离体脑断层标本黑白照片与相应线条图组成, 文字部分包括图注和断面特点的简要说明。Hart (1885 年) 编绘了女性盆部的局部和断层解剖图谱, 但断面较少, 切片甚厚。Macewen (1893 年) 出版了《头部断层解剖图谱》一书, 由 7 套头部的连续断面图组成。由于冰冻切片法日趋完善, 因此 20 世纪早期, 断层解剖学研究取得了重要进展。1903 年, Sellheim 研究了不同年龄女性盆部的 3 种断面。1911 年, 美国的 Eycleshymer 和 Schoemaker 经过 9 年的研究, 在 50 具尸体中选材, 出版了一部全身连续横断层解剖学图谱。此部图谱绘制精美, 标注细致, 是人体断层解剖学的经典之作。1924 年, Desjardins 绘制了人体躯干部横断层解剖图谱, 其特点为简洁明快, 重点突出。1944 年, Morton 制作了《人体横断层解剖学手册》, 包含人体全身各部的横断层解剖线条图。1951 年, Ludwig 研究了脑横断层解剖; 而 Singer 于 1954 年绘制了人脑矢状断层解剖图谱。1956 年, Symington 出版了人体横断层解剖图谱, 断面图均为自然大小, 绘制精良。

20 世纪 50 年代, 超声断层仪研制成功。1970 年以来, 超声波检查 (ultrasonography, USG)、计算机断层扫描 (computerized tomography, CT) 和磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 等断层影像技术相继出现并应用于临床, 从而使断层影像解剖学研究形成高潮。这些断层影像技术既需要断层解剖学为其提供详尽的诊断依据, 又成为研究活体断层解剖的有力手段。从此, 断层解剖学摆脱了以往纯尸体研究的状态, 其研究范围拓展为紧密联系着的两个方面: 解剖断层和影像断层。前者是后者的形态学基础, 后者又按临床的需要不断提出新的要求, 两者相辅相成, 共同发展成影像断层解剖学, 结合影像断层编制人体断层解剖学图谱。从研究手段上, 大致可把现代人体断层解剖学图谱分为 3 类。

### (一) 据标本断层制作图谱

1977 年, 松井孝嘉制作了脑的断层解剖图谱, 但颅骨是后配的, 难以保证颅内结构与颅骨的原位关系; Dagostino 绘制了离体脑的厚片断层图谱。1983 年, Koritke 和 Sick 制作了男女成人头颈、胸、腹和盆部的连续横状、矢状、冠状断层解剖学图谱, 对断面上的结构做了较详细的标注, 但其切片较厚 (1.5 ~ 2.5 cm)。1978—1992 年, 王永贵等利用 90 余具成年男性尸体完成了国人连续横状、矢状、冠状断层解剖学图谱, 并附有大量描述资料和统计数字。1989 年, 徐峰主编了《人体断面解剖学图谱》, 此图谱绘制精细, 但横断层标本均为上面观。同年, Lyons 编制了配有线条图的胸部、腹部、盆腔 3 种基本断面的彩色图谱。1991 年, Bergman 等出版了《人体横断层解剖学图谱》; Richter、Lierse 等编制了《新生儿断层解剖图谱》。美国科罗拉多大学的 Spitzer、Whitlock 等选择了一具男尸, 在 -70℃ 条件下使用大型冰冻切片机 (cryomacrotome) 进行铣削, 历时 9 个月, 取得了 1878 幅层厚为 1 mm 的人体全身横断层图像, 并通过计算机进行了矢状、冠状断层图像重建。这部图谱于 1998 年出版, 堪称自 1543 年 Vesalius 出版《人体构造》以来对解剖学的最大贡献。

### (二) 依影像断层制作图谱

1977 年, Ledley 制作了 CT 横断层图谱, 但其线条图中未画出心包、腹膜等。1980 年, Ell 等

出版了单光子发射计算机断层显像 (single photon emission computed tomography, SPECT) 图谱, 书中重点介绍了脑的正常及病理 SPECT 解剖图像及生理图像, 对骨、关节、心、肺、肝和脾的 SPECT 图像亦做了较详尽的介绍。Chiu 和 Schapiro 出版了人体躯干和四肢的 CT 图像。1982 年, Cosgrove 制作了正常人肝、胰和脾的横状、矢状和斜状断层超声图谱, 并附有简要描述和部分变异图像。1983 年, Wegener 依 CT 图像绘制了正常人体全身横断层图谱, 对复杂部位附加了详尽的轮廓图; Hammerschlag 出版了正常及病理眼、眶的 CT 图谱。1986 年, Bowerman 制作了正常胎儿超声解剖图谱。1990 年, El-Khoury 编著了 MRI 和 CT 断层解剖学图谱。1991 年, Merram 出版了《CT 和 MRI 放射解剖学》(CT and MRI Radiological Anatomy) 一书, 用大量图像全面介绍了人体各部的 CT 和 MRI 解剖。1992 年, Weir 和 Abrahams 使用 X 线平片、血管造影、CT、MRI 和 B 超图像制作了影像解剖学图谱。1993 年, 刘军等利用正常人 CT、MRI 图像编写了《影像断面解剖学》一书。1994 年, Wicke 所编著的著名的教科书——《放射解剖学图谱》(Atlas of Radiologic Anatomy) 第 5 版出版, 由 MRI、血管造影、CT、超声、淋巴造影、支气管镜及核医学的基本图像组成; Truwit、Lempert 等编著了《高分辨率颅神经解剖图谱》(High Resolution Atlas of Cranial Neuroanatomy) 一书。1995 年, El-khoury 等完成了《MRI 断层解剖》(Sectional Anatomy by MRI) 一书, 全面介绍了人体各部的 MRI 表现。1997 年, Kelley 和 Petersen 出版了《影像专业人员使用的断层解剖》(Sectional Anatomy for Imaging Professionals) 一书, 该书显示了人体各部的 CT 和 MRI 图像。1999 年, 郭启勇、姜树学等还分别出版了 CT 与 MRI 解剖图谱。2000 年, Jinkins 利用 X 线、CT 和 MRI 图像编制了神经系统胚胎、解剖和变异图谱; Pop 等制作了四肢和脊柱区的 MRI 图谱。这些图谱取材于活体, 正常图像与异常图像对照一目了然, 但由于受到 CT 等影像技术分辨能力的影响, 无法显示一些细微结构。

### (三) 断层标本结合影像断层制作图谱

将断层标本同 CT、MRI 或 USG (ultrasonogram, 超声图) 图像直接进行对照研究, 临床实用价值较大, 也弥补了前两类图谱的不足。1978 年, Wyman 编绘了人体胸部、腹部、盆腔的横断层图谱。1979 年, Binder 等制备了脑的横状、矢状、冠状断层解剖学图谱, 书中强调了脑冠状断面的重要性, 但其所用材料为离体脑标本, 失去了与颅骨的对照。1980 年, Bo 等制作图谱, 对各断层结构的解剖特点和临床意义做了较详细的描述和探讨, 但其所用标本在脑实质内有一较大的梗死灶, 胸部也有病变。该书不断修订, 分别于 1990 年和 1998 年出版了第 2 版和第 3 版。1982 年, Wagner 和 Lawson 制作了含有全身各部的横状、矢状、冠状断层的正常断层解剖图及部分病理解剖图的图谱, 各断层均附有相应的 CT 和 B 超图像, 并有显示该断层在整体位置的定位图, 且较有意义或细微的部位还附有放大图。这部图谱的另一特点在于以局部器官制作连续断层图, 具有明确的目的性。1984 年, 苏济豪等先将尸体标本做 CT 扫描, 再按扫描层面做断层标本, 然后将断层标本拍成 X 线片。因此, 其图谱同时提供了同一尸体的断层标本照片、X 线图片及 CT 图像。1985 年, Schnitzlein、Murtagh 等利用 CT 及 MRI 图像、整体标本和断层标本制作了头部和脊柱区的断层解剖图谱, 经修订后, 该书于 1990 年出版了第 2 版。1986 年, Isaacson 等制作了婴儿断层解剖与超声和 MRI 对照图谱。1987 年, Staudach 利用活体超声图像和胎儿断层标本编制了胎儿断层解剖与超声图像对照图谱。1988 年, Nelson 等制备了 20 ~ 36 周胎儿的断层标本与 B 超图像对照图谱, 图片精美, 并有断层标本的 X 线照片。吴德昌等编绘了《人体断层解剖学 (横断层)》, 描述资料翔实, 标注细致, 在我国临床影像诊治和断层解剖学教学中发挥了重要作用; 作者又于 1994 年编著了该书的姊妹篇《人体断层解剖学 (矢冠斜状断层)》。1988 年, 国外出版了一批断层解剖学图谱, 其中, Milis 等主编了头部、颈部和脊柱区的断层标本与 MRI 对照图谱。Gerhardt 和

Frommhold 编制了人体头部和躯干部的断层解剖与 CT、MRI 对照图谱,其标本部分均为线条图。Christoforidis 等利用 11 具尸体(其中 9 具为新鲜尸体)制作了全身各部的横状、矢状、冠状断层标本与 CT、MRI 对照图谱,但其断层标本层厚 2 cm 左右。Sick 和 Burguet 编制了膝部断层解剖图谱,由冠状、矢状和横断层标本的黑白照片与 CT、MRI 图像组成。Sick 和 Veillon 使用 8 个 7 月龄后的胎尸颞骨,经脱钙和石蜡包埋,切制了 10~12 μm 的颞区横状、矢状、冠状断层标本,配上成人 CT 图像后出版。1989 年, Middleton 和 Lawson 制作了全身关节的断层标本彩色照片与 MRI 对照图谱。韩国的 Han 和 Kim 出版了《CT 和 MRI 人体断层解剖》(*Sectional Human Anatomy Correlated With CT and MRI*)第 2 版,将断层标本彩色照片与 CT、MRI 图像相对照。该书 1995 年出版了第 3 版,但其头部标本不佳,脑室明显扩大。1991 年, Ellis 等出版了横断层标本彩色照片与 CT 图像对照图谱,由于其断层数目较少,因此比较适合初学者。Swobodnik 等编著了《超声解剖图谱》(*Atlas of Ultrasound Anatomy*)一书,由断层标本彩色照片及其线条图和 B 超图像及其线条图组成,并附有较详细的文字说明。Meals 和 Seeger 主编了前臂和手的横断层标本彩色图片与 CT、MRI 图像对照图谱。1992 年, Hagens 以生物塑化技术制备了《可见的人体:一部断层解剖学图谱》一书,透明的断层标本用环氧树脂塑化而成,厚 2~4 mm,个别部位还附有 CT 或 MRI 图像。在 Wagner 和 Lawson 制作的胸部影像图谱中,横状、矢状、冠状断层标本与相应的 MRI 及 CT 图像相对照,既系统又完整,是胸部断层解剖学图谱中较好的一本。Lane 和 Sharfaei 编著的《现代断层解剖学》由全身各部的横状、矢状、冠状断层标本和 MRI 图像组成,使用了部分塑化标本,但标注不够详细。1993 年,在 Mink 等主编的《膝部 MRI》一书中,横状、矢状、冠状断层标本彩色照片与相应的 MRI 相对照,把膝关节的解剖特征展示得淋漓尽致。1994 年, Litteton 和 Durizch 以断层标本与 CT、MRI 相对照,制备了胸部横状、矢状、冠状、左后斜和右后斜断层解剖学图谱。Lillie、Romrell 等还分别出版了头部、颈部断层解剖与影像学对照图谱,其中后者使用生物塑化断层标本。1996 年,张绍祥等编著的《人体颅底部薄层断面 MRI、CT 对照图谱》使用了生物塑化薄层断层标本与 MRI 进行对照,是我国第一部用生物塑化技术制备的断层解剖学图谱。1997 年,姜均本主编了《人体断面解剖学彩色图谱与 CT、MRI 应用》一书,主要由头部、颈部、躯干部横状、矢状、冠状断层标本彩色照片组成,配有详尽的文字描述。1998 年,姜树学编著了《断面解剖与 CT、MRI、ECT 对照图谱》,标注较为详细。Cahill 等出版了《人体断层解剖学图谱》一书,由断层标本线条图和 CT、MRI 图像组成。1999 年, Duvernoy 编著了人脑三维断层解剖学图谱,标本制作精良,标注详细, MRI 图像清晰,是难得的断层解剖学佳作。Ellis 等编制了《人体断层解剖学》第 2 版,由头颈部与大关节横状、矢状、冠状断层标本及躯干部横断层标本的彩色照片和 CT、MRI 图像组成,并配有 CT、MRI 图像线条图。2000 年, Dean 和 Herbener 制作了人体横断层标本及其线条图与 CT、MRI 图像对照图谱,线条图绘制精良,是一本很好的断层解剖学教科书。2002 年,刘树伟等编著并出版了人体各部断层标本彩色照片与 CT、MRI 图像对照图谱,图片清晰,标注细致。断层解剖学图谱不但被应用于西医临床,还被应用于中医经穴研究,严振国于 1983—1990 年相继出版了四肢、头颈和胸部的经穴断层解剖学图解,为祖国医学的发展做出了巨大贡献。

综上所述,断层解剖学发展到现在,经历了断面画图、标本断层、影像断层、标本+影像断层解剖学,以及三维解剖学;从线条黑白图、黑白图片到彩色图片,从标本断层、影像断层到标本断层与影像断层对比,再到超声、CT、MRI 图像对比;标本断层厚度从 2.5 cm、1.0 cm、0.5 cm,最薄达到了 0.1 cm。影像断层已经做到了 10 mm、5 mm、1 mm、0.625 mm、0.5 mm、0.3 mm,图像清晰,解剖结构显示非常清楚。三维图像的应用为医学研究与临床诊治提供了可靠保障。

### 三、课程常用术语与学习方法

#### (一) 解剖学术语

##### 1. 方位术语

方位术语包括：①上、下；②前、后（腹侧、背侧）；③内侧、外侧，前臂尺侧和桡侧，小腿胫侧和腓侧；④浅、深；⑤近侧、远侧（适用于空腔结构）；⑥内、外。

(1) 上 (superior) 和下 (inferior)：按解剖学姿势，头居上，足在下；近头侧为上，远头侧为下。在比较解剖学或胚胎学中，由于动物和胚胎体位的关系，常用颅侧 (cranial) 代替上，用尾侧 (caudal) 代替下。

(2) 近侧 (proximal) 和远侧 (distal)：四肢则常用近侧和远侧描述部位间的关系，即靠近躯干的根部为近侧，而相对距离较远或末端的部位为远侧。

(3) 前 (anterior) 和后 (posterior)：靠身体腹面者为前，靠背面者为后；比较解剖学上通常称为腹侧 (ventralis) 和背侧 (dorsalis)；描述手时则常用掌侧 (palmar) 和背侧 (opisthenar)。

(4) 内侧 (medialis) 和外侧 (lateralis)：以身体的中线为准，距中线近者为内侧，离中线相对远者为外侧；描述上肢的结构时，由于前臂尺骨和桡骨并列，尺骨在内侧，桡骨在外侧，故可以用尺侧 (ulnar) 代替内侧，用桡侧 (radial) 代替外侧；下肢小腿胫骨和腓骨并列，胫骨在内侧，腓骨居外侧，故可用胫侧 (tibial) 和腓侧 (fibular) 称之。

(5) 内 (interior) 和外 (exterior)：用于表示某些结构和腔的关系，应注意与内侧和外侧区分。

(6) 浅 (superficial) 和深 (deep)：靠近体表的部分称为浅，相对深入潜居于内部的部分称为深。

##### 2. 切面术语

切面术语包括轴和面 (图 1-1-1)。

(1) 轴 (axis)：以解剖学姿势为准，可将人体设为 3 个典型的互相垂直的轴。矢状轴为前后方向的水平线；冠状 (额状) 轴为左右方向的水平线；垂直轴为上下方向与水平线互相垂直的垂线。轴多用于表达关节运动时骨的位移轨迹所沿的轴线。

(2) 面 (plane)：按照轴线可将人体或器官切成不同的切面，以便从不同角度观察某些结构。

① 矢状面 (sagittal plane)：沿矢状轴方向所做的切面，是将人体分为左、右两部分的纵切面，若该切面恰好通过人体的正中矢状面 (median sagittal plane)。

② 冠状面 (coronal plane) 或额状面 (frontal plane)：沿冠状轴方向所做的切面，是将人体分为前、后两部分的纵切面。

③ 水平面 (horizontal plane) 或横切面 (transverse plane)：沿水平线所做的横切面，将人体分为上、下两部分，与上述两个纵切面相垂直。需要注意的是，器官的切面一般不以人体的长轴为准，而以其本身的长轴为准，即沿其长轴所做的切面叫作纵切面 (longitudinal section)，而与长轴垂直的切面叫作横切面 (transverse section)。

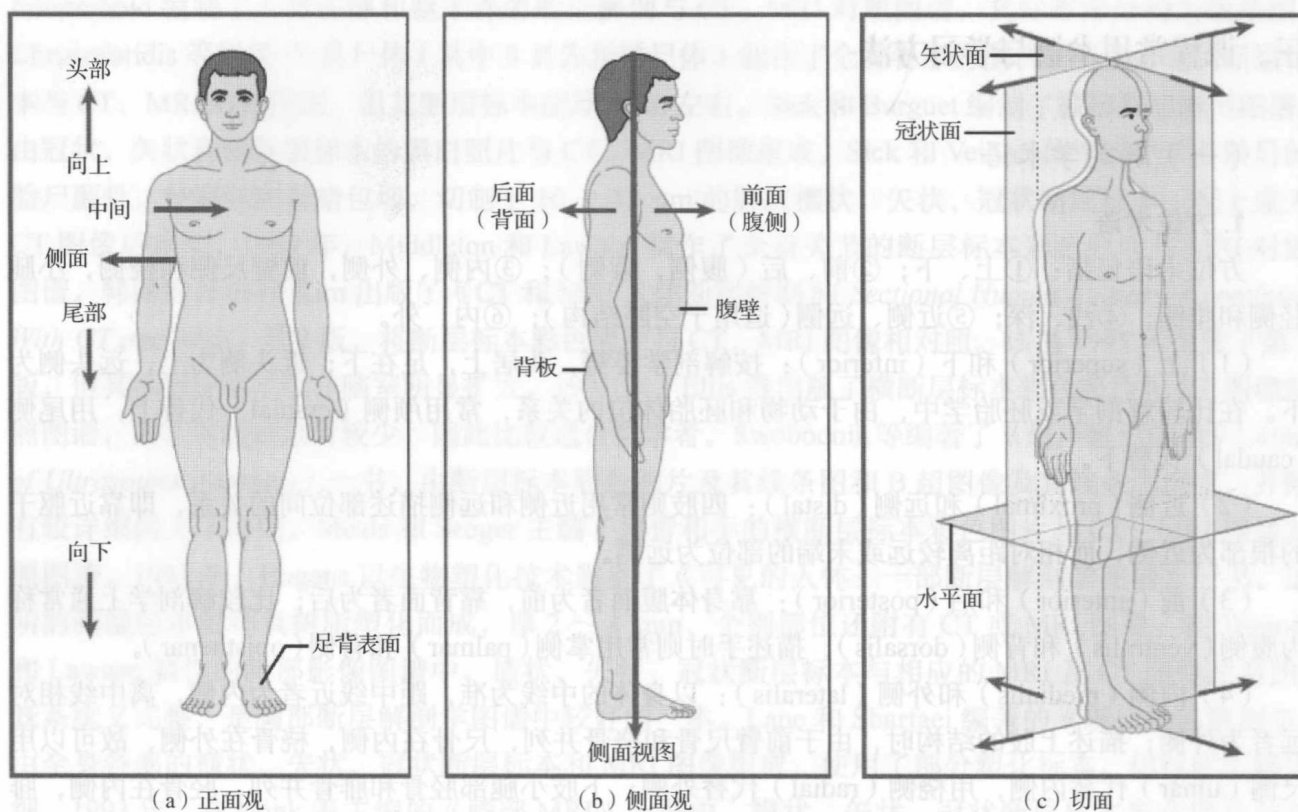


图1-1-1 轴和面

### 3. 影像技术常用术语

- (1) 断层 (cross section): 具有一定厚度的标本或图像。
- (2) 断面 (section): 断层的表面。
- (3) 横断面 (transverse plane): 亦称水平面 (horizontal plane), 即垂直于人体长轴的断层或断面。
- (4) 矢状面 (sagittal plane): 按前后方向将人体分为左、右两部分, 与横断面垂直的断层或断面。
- (5) 冠状面 (coronal plane): 又称额状面 (frontal plane), 按左右方向将人体分为前、后两部分, 同时垂直于矢状面和横断面的断层或断面。
- (6) 回声 (echo): 超声波传经两种声阻抗不同的相邻介质界面时, 如果界面的线度 (物体从各个方向来测量时的最大的长或宽度) 大于波长, 则产生反射和折射现象, 这种反射和折射回来的超声波称为回声。
- (7) CT 值 (CT value): 利用不同组织对 X 线的吸收系数计算出的相对值, 反映组织密度的高低, 单位为 HU (hounsfield unit)。
- (8) 空间分辨力: 成像体系区分空间结构大小的能力, 单位是长度单位 (mm) 或面积单位 ( $\text{mm}^2$ ), 如乳腺计算机 X 射线摄影 (computed radiography, CR) 的 50 mm。
- (9) 空间分辨率: 在单位长度和面积内所能分辨的成像单元的数量。由于空间分辨率必须在高对比的状况下观察, 因此其又称为高对比分辨率, 如乳腺 CR 的 10 LP/mm。
- (10) 空间分辨力与空间分辨率的关系: 空间分辨率和空间分辨力之间可以用公式进行换算, 但并不准确, 因为它是在均匀采样的情况下计算的, 但在实际工作中几乎全是不均匀采样。
- (11) 密度分辨力: 成像体系可以分辨的最小密度差异的能力, 单位是光学密度单位。数字化图像取决于量化的灰阶级数。
- (12) 密度分辨率: 在单位光学密度差内所能分辨的光学密度的数量。由于密度分辨率必须在

低对比的状况下观察，因此其又称为低对比分辨率。数字化影像取决于量化的灰阶级数。

(13) 密度分辨力与密度分辨率的关系：密度分辨力和密度分辨率之间不能进行简单换算，因为几乎所有的图像在进行图像后处理时均会采用分均匀量化。

(14) 窗宽：图像上 16 个灰阶所包含的 CT 值范围，在此范围内的组织均以不同的模拟灰度显示，而高于和低于此范围的组织则分别被显示为白色和黑色，窗宽的大小直接影响图像的对比度。

(15) 窗位：图像窗宽的中心位置，一般应选择观察组织的 CT 值为中心。

(16) T1 加权成像 (T1-weighted imaging, T1WI)：反映组织间 T1 弛豫时间差别的 MRI 图像，称为 T1WI。体内组织或结构 T1 弛豫时间较短时，在 T1WI 上呈白色，称为短 T 信号 (或高信号)，如脂肪；反之，在 T1WI 上呈黑色，称为长 T 信号 (或低信号)，如脑脊液。

(17) T2 加权成像 (T2-weighted imaging, T2WI)：反映组织间 T2 弛豫时间差别的 MRI 图像，称为 T2WI。体内组织或结构 T2 弛豫时间较短时，在 T2WI 上呈黑色，称为短 T2 信号 (或低信号)，如急性期出血；反之，在 T2WI 上呈白色，称为长 T2 信号 (或高信号)，如脑脊液。

(18) 部分容积效应：当 CT 图像中同一体素内含有不同密度组织时，该像素所显示的密度或测得的 CT 值是一个均值，并不能真实地反映其中某一组织，此现象称为部分容积效应 (partial volume effect)。

(19) 周围间隙现象 (peripheral space phenomenon)：在同一层面内，与层面垂直的两个相邻且密度不同的物体，其物体边缘部的 CT 值不能准确测得，结果在 CT 图像上也不能清晰地分辨出两者的交界。这种现象亦称为边缘效应 (edge effect)。

(20) 流空效应 (flowing void effect)：心血管内的血液由于流动迅速，使发射 MR 信号的氢原子核离开接受范围，因此测不到 MR 信号，在 T1WI 或 T2WI 中均呈黑影，即流空效应。这一效应可用于心腔和血管的显影。

#### 四、学习方法

(1) 通过学习断面解剖知识形成三维形态思维，从整体到断面，再从断层回归整体，重塑整体的思维观，学会两者相结合的思维方式。

(2) 属于应用性形态学范畴，在大课讲授每章节的基本理论知识的基础上，加强实践课的学习，注意局部器官结构与周围结构的关系，进行影像连续层面观察，完成整体与断面的转化。

(3) 教学过程一定要理论联系实际，结合断层标本与断层影像的学习，让学生实地观察断层标本，同时与断层影像进行比较与对照。

## 第二节 X线成像

### 一、X线成像基本原理

#### (一) X线的产生

X线是由高速行进电子群撞击物质突然受阻时产生的。它的产生必须具备3个条件:①自由运动的电子群;②电子群以高速运行;③电子群在高速运行时突然受阻。X线的发生过程:向X线管灯丝供电、加热,在阴极附近产生自由电子,在X线管两极加以高压电(40~150 kV),则电子群以高速由阴极向阳极行进,轰击阳极靶面而发生能量转换,其中1%以下的能量转换为X线,99%以上转换为热能。X线主要由X线管窗口发射,热能由散热设施散发。

#### (二) X线的特性

X线属于电磁波,波长范围为0.0006~50 nm。目前,医学上用于X线成像的波长为0.008~0.031 nm(相当于40~150 kV)。在电磁辐射谱中,它在射线与紫外线之间,比可见光的波长短,肉眼看不见。除以上一般物理特性外,X线还具有以下与X线成像和X线检查相关的特性。

##### 1. 穿透性

X线波长极短,具有很强的穿透力,能穿透一般可见光不能穿透的各种不同密度的物体,在穿透过程中有一定程度的吸收,即衰减。X线的穿透力与X线管电压密切相关,电压愈高,所产生的X线波长愈短,穿透力愈强;反之则穿透力愈弱。同时,X线穿透力还与被照物体的密度和厚度相关。X线穿透性是X线成像的基础。

##### 2. 感光效应

感光效应亦称摄影效应,指涂有溴化银的胶片经X线照射后感光而产生潜影,经显、定影处理,感光的溴化银中的银离子( $\text{Ag}^+$ )被还原成金属银(Ag),并沉积于胶片的胶膜内,此金属银的微粒在胶片上呈黑色。而未感光的溴化银在定影及冲洗过程中,从X线胶片上被洗掉,因而显出胶片片基的透明本色,依金属银沉积的多少,产生了从黑至白不同灰度的影像。所以,感光效应是X线摄影的基础。

##### 3. 荧光效应

X线能激发荧光物质(如硫化锌镉、钨酸钙等),使波长极短的X线转换成波长较长的可见荧光,这种转换叫作荧光效应。荧光效应是进行透视检查的基础。

##### 4. 电离效应

X线通过任何物质而被吸收时都会产生电离效应,使组成物质的分子分解成正负离子。空气的电离程度与空气所吸收X线的量成正比,因而通过测量空气电离的程度可测得X线的量。X线射入人体也会产生电离效应,可引起生物学方面的改变,即生物效应,是放射治疗的基础,也是进行X线检查时需要注意防护的原因。

#### (三) X线成像基本原理

X线之所以能使人体组织结构在荧光屏上或胶片上形成影像,一方面是基于X线的穿透性、荧

光效应和感光效应，另一方面是基于人体组织结构之间有密度和厚度的差别。由于存在这种差别，X 线透过人体不同组织结构时被吸收的程度不同，因此到达荧光屏或胶片上的 X 线量就会有差异。这样，在荧光屏或 X 线片上就形成了黑白对比不同的影像。

人体组织结构根据密度不同可归纳为 3 类：高密度的为骨组织和钙化灶等；中等密度的为软骨、肌肉、神经、实质脏器、结缔组织、体液等；低密度的为脂肪组织以及有气体存在的呼吸道、胃肠道、鼻窦、乳突气房等。

当强度均匀的 X 线穿透厚度相等、密度不同的组织结构时，由于吸收程度不同，因此在 X 线片上（或荧光屏上）会出现具有黑白（或明暗）对比、层次差异的 X 线图像。病变可使人体组织密度发生改变，如肺结核可在低密度的肺组织内产生中等密度的纤维化改变和高密度的钙化影，在胸片上，于肺的黑影的背景上出现代表病变的灰影和白影。因此，组织密度不同的病变可产生相应的病理 X 线影像。

人体组织结构和器官形态不同，厚度也不一样。厚的部分，吸收 X 线多，透过的 X 线少，薄的部分则相反，故而在 X 线片和荧光屏上就会显示出黑白对比和明暗差别的影像。因此，X 线成像与组织结构和器官的厚度也有关。

综上所述，X 线图像的形成基于以下 3 个基本条件：首先，X 线具有一定的穿透力，能穿透人体的组织结构；其次，被穿透的组织结构必须存在着密度和厚度的差异，X 线在穿通过程中被吸收的量不同，剩余的 X 线量也有差别；最后，有差别的剩余 X 线仍是不可见的，还必须经过显像过程。

## 二、数字 X 线成像原理

### （一）计算机 X 线摄影

计算机 X 线摄影（CR）是 X 线摄影的发展。随着计算机的应用发展，到 20 世纪 80 年代 CR 才逐渐发展起来。CR 的基本工作原理是 X 线透过人体后，射到影像板上并形成潜影，再将照过的影像板置入激光扫描机内扫描，将图像信号通过模数转换器转变为数字信号输入计算机处理，然后通过数模转换器转变成图像。此图像可用 3 种方法显示出来：①通过监视器（荧光屏）直接阅读；②用多幅照相机直接将影像照到胶片上；③用激光照相机直接将影像信号记录在胶片上。

影像的储存可采用光盘、磁带和磁盘，但以光盘储存最好，因为光盘储存的信息 20 年以上也不会发生影像质量变化。

（1）影像板的一般构造：①表面保护层，可防止荧光层受损伤，多采用聚脂树脂类纤维；②辉尽性荧光物质层，在接受 X 线后产生辉尽性荧光，并形成潜影，采用的辉尽性荧光物质等与多聚体溶液混匀，均匀涂布在基板上，表面覆以保护层；③基板，相当于 X 线片基，既是辉尽性荧光物质的载体，又是保护层，多采用聚脂树脂做成纤维板，厚度在 200～350 mm，基板为黑色，背面常加一层吸光层；④背面保护层，其材料和作用与表面保护层相同。据国外经验，一张影像板大约可用 2000 次。

（2）CR 的优点：①空间分辨力高；②灵敏度高；③射线量少，只是平片的 1/20～1/5；④处理速度快而无须暗室处理；⑤储存方便，可靠，时间长。预计随着影像板、光电系统和计算机处理程序的不断改进，CR 会越来越受到重视。

### （二）数字 X 线荧光成像

数字 X 线荧光成像（digital fluorography, DF）是用影像增强电视系统（image intensify television, IITV）代替 X 线胶片或 CR 的 IP 板作为介质。影像增强电视系统荧屏上的图像用高分辨力摄像管进