

实用医学影像诊断 与 技 术 应 用

孙凤涛 等 主编



 江西科学技术出版社

实用医学影像诊断 与 技 术 应 用

孙凤涛 等 主编



 江西科学技术出版社

江西·南昌

图书在版编目 (CIP) 数据

实用医学影像诊断与技术应用 / 孙凤涛等主编 . --
南昌 : 江西科学技术出版社 , 2021.8
ISBN 978- 7- 5390- 7924- 0

I . ①实... II . ①孙... III . ①影像诊断 IV .
① R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 169240 号

选题序号 : KX2021075
图书代码 : B21166- 101
责任编辑 : 王凯勋

实用医学影像诊断与技术应用

SHIYONG YIXUE YINGXIANG ZHENDUAN YU JISHU YINGYONG

孙凤涛 等 主编

出版发行 江西科学技术出版社
社 址 南昌市蓼洲街 2 号附 1 号
邮编 : 330009 电话 : (0791) 86623491 86639342 (传真)
经 销 全国新华书店
印 刷 郑州华之旗数码快印有限公司
开 本 880mm× 1230mm 1/16
字 数 309 千字
印 张 10
版 次 2021 年 8 月第 1 版 2021 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978- 7- 5390- 7924- 0
定 价 88.00 元

赣版权登字 : - 03- 2021- 303

版权所有 , 侵权必究

(赣科版图书凡属印装错误 , 可向承印厂调换)

编委会

- 主 编** 孙凤涛 华北理工大学附属医院
张艳秀 连云港市第一人民医院
李 霞 中国人民解放军联勤保障部队第 940 医院第一派驻门诊部
吴格昇 莱州市妇幼保健院
张 煜 江汉大学附属湖北省第三人民医院
王嫦华 郑州人民医院
祁佩红 郑州人民医院
池 蓉 鄂尔多斯市中心医院
(内蒙古医科大学鄂尔多斯临床医学院)

- 副主编** 栗鸿宝 新乡市中心医院(新乡医学院第四临床学院)
阮卫云 新乡市中心医院(新乡医学院第四临床学院)
揭平平 西南医科大学附属中医医院
白晓琴 西南医科大学附属中医医院
白越东 山西省中医院
陆 超 深圳大学总医院
张西伟 中国人民解放军陆军第 80 集团军医院
高 平 湖北医药学院附属襄阳市第一人民医院
郭彦乐 河南省洛阳正骨医院(河南省骨科医院)
谢满英 湖北医药学院附属襄阳市第一人民医院

前 言

现代医学影像技术是随着自然科学临床医学科学的发展而发展的。科技的进步促使医学影像设备不断更新换代，相应的新技术也随之诞生，在现代临床诊断、治疗中发挥着举足轻重的作用。因此，如何更好地使用影像学设备、提供更加科学的影像学诊断，是现代医学赋予影像学工作者的重要任务。鉴于此，我们特组织一批学者编写了此书。

本书介绍了临床常见影像技术以及临床疾病诊断中的应用，通过 CT、MRI、X 线和超声等影像技术对疾病进行诊断，包含中枢系统、呼吸、循环、消化、骨与关节疾病的影像学诊断及心脏、肝胆、泌尿、血管、肌肉骨骼、妇产科疾病和一些人体器官疾病的超声诊断。本书内容丰富，涵盖面广。在编写此书时，我们参阅了大量国内外最新的文献与理论，结合影像科医师多年的临床经验，由浅入深地描述近年来医学影像技术的进步，力求做到实用与科学兼顾，希望可以给在校医学生和各个阶层的临床工作者都能提供一定的帮助和参考。

本书在编写过程中，以理论结合实践，既介绍了医学影像技术，又涵盖了影像临床诊断。但由于编写此书的编者众多，文笔风格不尽一致，书中难免出现错误和不足之处，请广大读者参阅此书时能不齐批评指正，以便再版时修改高。

编者
2021 年 8 月

目 录

第一章 医学影像学概述.....	1
第一节 X 射线成像.....	1
第二节 CT 成像.....	5
第三节 MRI 成像.....	8
第四节 超声成像.....	12
第二章 CT 检查技术.....	16
第一节 CT 检查技术的基本要求.....	16
第二节 颅脑 CT 检查技术.....	18
第三节 头颈部 CT 检查技术.....	21
第三章 中枢神经系统疾病的影像学诊断.....	31
第一节 正常影像学表现.....	31
第二节 异常影像学表现.....	34
第三节 颅脑外伤.....	36
第四章 循环系统疾病的影像学诊断.....	42
第一节 原发性心肌病.....	42
第二节 先天性心脏病.....	44
第三节 高血压性心脏病.....	49
第五章 消化系统疾病的影像学诊断.....	51
第一节 正常影像学表现.....	51
第二节 基本病变的影像学表现.....	53
第三节 食管常见疾病.....	53
第四节 胃十二指肠常见疾病.....	54
第六章 骨与关节疾病的影像诊断.....	58
第一节 关节脱位.....	58
第二节 上肢常见骨折脱位.....	59
第三节 下肢常见骨折脱位.....	72
第七章 肝胆疾病的超声诊断.....	83
第一节 肝.....	83
第二节 胆道系统.....	95



第八章 泌尿系统疾病超声诊断.....	106
第一节 肾.....	106
第二节 输尿管和膀胱.....	116
第三节 尿道.....	127
第九章 妇产科疾病超声诊断.....	131
第一节 子宫疾病超声诊断.....	131
第二节 盆腔炎性肿块超声诊断.....	135
第三节 卵巢肿瘤超声诊断.....	136
第十章 其他组织器官超声诊断.....	141
第一节 眼.....	141
第二节 体腔.....	145
第三节 肺.....	148
参考文献.....	154

第一章 医学影像学概述

第一节 X 射线成像

一、普通 X 射线成像

(一) X 射线的产生和特性

1. X 射线的产生

X 射线是真空管内高速行进电子流轰击钨靶面时产生的，X 射线发生装置主要包括 X 射线球管、变压器和操作台。

X 射线的发生过程是向 X 射线管灯丝供电、加热，在阴极附近产生自由电子，当向 X 射线管两极提供高压电时，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，其中不足 1% 的能量转换为 X 射线，99% 以上转换为热能。

2. X 射线的特性

X 射线是电磁波，用于 X 射线成像的波长为 0.008 ~ 0.031 nm，在电磁辐射谱中，比可见光的波长短，肉眼看不见。X 射线具有以下几个方面的特性。

(1) 穿透性：X 射线波长短，具有强穿透能力。X 射线的穿透力与 X 射线球管电压密切相关：电压愈高，所产生的 X 射线波长就愈短，穿透力也愈强；反之，其穿透力也弱。X 射线成像的基础是 X 射线的穿透性。

(2) 荧光效应：X 射线能激发如硫化锌镉及钨酸钙等荧光物质，使波长较短的 X 射线转换成波长较长的可见荧光，这种转换作用叫作荧光效应。荧光效应是透视检查的基础。

(3) 感光效应：X 射线可以使感光物质如溴化银感光，而在胶片上形成潜影，经显影、定影处理，便产生了从黑至白不同灰度层次的影像。所以，感光效应是进行 X 射线摄影的基础。

(4) 电离效应：X 射线通过任何物质时都可产生电离效应，可使人体发生生物学方面的改变，从而引起生物效应。生物效应是放射治疗的基础，也是 X 射线防护的原因。

(二) X 射线成像基本原理与设备

1. X 射线成像基本原理

一方面基于 X 射线的穿透性、荧光效应及感光效应，另一方面基于人体组织结构之间有密度和厚度的差别，所以，X 射线能够使人体组织结构及病变在荧屏上或胶片上形成影像。当 X 射线透过不同结构的人体组织时，被吸收的情况不同，所以到达荧屏或胶片的 X 射线量就有差异。这样，在荧屏或 X 射线片上就形成明暗不同或黑白对比不同的影像。

由于人体组织是由不同元素组成的，依各种组织单位体积内各元素总量大小的差异而致密度的不同。当均匀的强度 X 射线穿透相等厚度、不同密度的组织结构时，由于吸收程度有差异，而出现不同情况，



这样在荧屏上（或 X 射线片上）显示出具有层次差异的、黑白对比的 X 射线图像。人体器官形态和组织结构不同，其厚度也不同，厚的部分吸收 X 射线多，透过的 X 射线就少，薄的部分则相反，于是在荧屏上或 X 射线片上就显示出明暗差别黑白对比影像。病变可改变人体组织的结构和厚度，从而使人体组织的密度发生改变，组织密度不同的病变会出现相应的病理 X 射线影像。所以，人体组织结构和器官的厚度和密度的差别，是引起组织影像对比的基础，这也是 X 射线成像的基本条件。

2. X 射线成像设备

X 射线机主要包括 X 射线球管、变压器、操作台以及检查床等基本部件而影像增强电视系统已成为 X 射线机的主要部件之一。目前使用的 X 射线机在摄影参数的选择、摄影位置的校正等方面，多已实现自动化、数字化及计算机化，可以更好地保证 X 射线摄影质量。X 射线机种类较多，除通用型外，还有适用于胃肠道、乳腺、介入技术、泌尿系统及手术室等专用的 X 射线机。

（三）X 射线图像特点

X 射线图像是由从黑到白不同灰度的影像组成的灰阶图像，它以不同的光学密度反映人体组织结构的解剖及病理状态的差异。

人体组织结构的密度是指人体组织中单位体积内物质的质量，X 射线图像上影像的密度是指 X 射线图像上所显示影像的黑白，两者概念不同。物质的密度高，比重就大，吸收的 X 射线量就多，在影像图像上呈白影。反之，物质的密度低，比重就小，吸收的 X 射线量就少，在影像图像上呈黑影。所以物质的密度与其本身的比重成正比。图像上的白影与黑影，虽然也与物质的厚度有关，但主要还是反映物质密度的高低不同。在实际工作中，通常用高密度、中等密度和低密度分别表述白影、灰影和黑影等，并以此表示物质密度的高低。当人体组织的密度由于生理或病理的原因发生改变时，则用密度增高或密度减低来表述影像上白影与黑影的变化。

X 射线图像是 X 射线束穿透不同密度和厚度组织结构的某一部位后投影的总和，是该穿透路径上相互叠加在一起的各个结构的影像。另外，X 射线束是从 X 射线球管向人体作锥形投射的，因此，X 射线影像会产生伴影，有一定程度的放大而使被照物体的形态失真，这会使 X 射线影像的清晰度有所下降。

（四）X 射线检查技术

人体组织结构的密度天然不同，这种组织结构密度上的差别，称之为自然对比，是产生 X 射线影像对比的基础。对于缺乏自然对比的组织或器官，可人为地引起对比，称之为人工对比，即人为地引入一定量的在密度上高或低于它的物质来增加对比。自然对比和人工对比是 X 射线检查的前提。

1. 普通检查

普通检查包括透视和摄影。

（1）透视：又称荧光透视，透视可转动患者体位多角度进行观察，还可了解器官的动态变化，操作简便，费用低廉，可快速得出结论；但透视的影像对比度及清晰度较差，难以观察密度差别小的病变以及密度与厚度较大的部位的病灶，缺乏客观记录。

（2）X 射线摄影：对比度及清晰度均较好，较易使密度大、厚度较厚的部位或密度差别较小的病变显示，但是重叠影像、不能动态观察、操作较复杂及价格较高是缺点。

2. 特殊检查

特殊检查包括体层摄影、软线摄影和荧光摄影等。但由于 CT 等现代成像技术的广泛应用，只有软线摄影还在发挥作用。软线摄影采用能发射长波长的钼靶 X 射线管球，常用管电压为 22 ~ 35 kV，主要用于检查乳腺等软组织。近年来，软线摄影装备及技术有很多改进，如数字乳腺摄影等，极大地提高图像的分辨力，可以查出微小乳腺癌。

3. 造影检查

将密度高于或低于该结构或器官的物质引入器官内或其周围间隙，使缺乏自然对比的结构或器官产生对比以显影，就是造影检查。引入的物质称之为对比剂，又称造影剂。

（1）对比剂：按影像密度高低一般分为高密度对比剂和低密度对比剂两大类。高密度对比剂为原子序数高、比重大的物质，有钡剂和碘剂。低密度对比剂多为气体，已少用。钡剂为医用硫酸钡粉末，加



水和胶配制成不同浓度的钡混悬液，主要用于食管、胃及结肠等消化道检查。碘剂分有机碘和无机碘制剂两类，后者现已基本不用。水性碘对比剂分为离子型（如泛影葡胺）和非离子型（如碘海醇、碘帕醇等）两型。离子型对比剂由于具有高渗性，可引起毒副作用。非离子型对比剂，具有相对低渗性、低黏度、低毒性等优点，毒副作用少且轻，目前得到广泛应用。

（2）引入方法：有直接引入法与间接引入法，如下。

直接引入法：

- ①口服法：如食管及胃肠钡餐检查。
- ②灌注法：如钡灌肠、逆行尿路造影及子宫输卵管造影等。
- ③穿刺法：经穿刺注入或经导管直接注入器官或组织内，如心血管造影和脊髓造影等。

间接引入法：如经静脉注入后对比剂经肾排入泌尿系，而进行的静脉尿路造影。

（3）造影前准备及出现反应的处理：各种造影检查都有其相应的注意事项和检查前准备要求，必须认真对待，以保证患者的安全和检查的满意。应积极备好抢救药品和器械，以备急需之用。

（五）X 射线检查方法的选用原则

X 射线检查方法的选用，应该在了解不同检查方法的优缺点、适应证和禁忌证的基础上，根据临床初步诊断的需要来决定。应当首先选择安全、简便又经济的方法。因此，应首先用普通检查，其次为特殊检查，再考虑造影检查。但也非绝对，更不可死板，例如消化道病变就要首先考虑选择钡剂造影，甚至有时选择两三种检查方法都是必要和必需的。对于有一定危险的检查方法，在选择时更应严格掌握适应证，以免给患者带来伤害。

（六）X 射线诊断的临床应用

尽管 CT 和 MRI 等现代影像技术对疾病诊断显示出很大的优越性，但并不能取代传统 X 射线检查。一些例如胃肠道等部位的病变，仍主要使用 X 射线检查。骨与关节系统和呼吸系统也多首先应用 X 射线检查。大脑、脊髓、肝、胆、胰等器官的检查则主要靠 CT 和 MRI 等现代影像学，而 X 射线检查作用小。但由于 X 射线具有经济、简便及成像清晰等优点，所以，X 射线诊断仍然是影像诊断中使用最多、最广和最基本的方法。

（七）X 射线的防护

由于 X 射线照射人体后将产生一定的生物学效应，若接触的 X 射线量超过容许剂量，就可能产生放射性反应，严重的导致放射性损害。但是，如果 X 射线剂量在允许范围内，则影响较小。因此，不应因 X 射线检查产生疑虑或恐惧，而应注重防护。X 射线的防护包括技术方面、患者方面和放射工作人员三个方面。

1. 技术方面

技术方面可以采取屏蔽防护和距离防护原则。

（1）屏蔽防护：使用原子序数较高的物质（如铅或含铅的物质）作为屏障，以吸收掉不必要的 X 射线，如通常采用 X 射线遮光筒、滤过板、铅屏、铅玻璃、铅围裙以及铅橡皮手套等器材作为屏障。

（2）距离防护：利用的是 X 射线剂量与距离平方成反比这一原理，通过增加 X 射线源与人体间的距离以减少辐射剂量。

2. 患者方面

患者方面往往取决于医师的选择。应选择恰当的 X 射线方法，每次检查的照射部位不宜过多，也不宜在短期内进行多次重复检查（除诊治需要外）。在投照时，选择满足需要的照射范围及照射条件即可，对与照射野相邻的重要组织（如性腺、骨髓等）应用铅皮加以遮盖。

3. 放射工作人员方面

放射工作人员应严格遵照国家有关放射防护卫生标准的规定制订规范的防护措施，认真执行保健条例，定期监测放射线工作者的 X 射线剂量。加强自我防护意识，进行规范的 X 射线操作检查，直接暴露于 X 射线下时要戴铅围裙和铅橡皮手套进行屏蔽防护，充分利用好距离防护原则。



二、数字 X 射线成像

普通 X 射线成像，其影像是模拟成像，是以胶片为介质对图像信息进行采集、显示、存储和传送的。普通 X 射线摄影有诸多缺点，如摄影技术条件要求严格、曝光宽容度小、照片上影像的灰度不可调节、图像难于清晰显示各种密度不同的组织与结构、密度分辨力低及在照片的利用与管理上也有许多不便。因此，将普通 X 射线成像转变为数字 X 射线成像（digital radiography, DR）是非常有意义的。

（一）DR 成像基本原理与设备

将普通 X 射线摄影装置或透视装置同电子计算机相结合，使 X 射线信息由模拟信息转换为数字信息，从而得到数字图像，这种成像技术就是数字 X 射线成像。DR 依其结构上的差别可分为计算机 X 射线成像（computer radiography, CR）、数字 X 射线荧光成像（digital fluorography, DF）和平板探测器 DR。

1. CR

CR 是以影像（image plate, IP）板代替 X 射线胶片作为介质的。IP 板由含有微量元素钨化合物结晶制成，透过人体的 X 射线，使 IP 板感光，在 IP 板上形成潜影。IP 板上的影像信息必须经过读取、转换、图像处理和显示等步骤，才能显示出数字图像。使用激光扫描系统读取，将 IP 板上光信号转换成电信号，再由模拟—数字转换器转换成数字影像信息经过图像处理显示成所需要的图像。数字影像信息经图像处理系统处理时，可在一定范围内进行调节图像，包括灰阶处理、窗位处理、数字减影处理等。

CR 与普通 X 射线成像比较，优点是提高了图像密度分辨力与显示能力，降低了 X 射线曝光量，曝光宽容度加大，行图像处理，增加了信息的显示功能，既可摄成照片，还可用磁盘或光盘存储，并可将数字信息转入 PACS 中。其实最重要的改进是实现了数字 X 射线成像。CR 的缺点也是明显的，包括成像速度慢、无透视功能、IP 板的寿命较短、图像质量仍不够满意及发展前景有限等。

2. 平板探测器 DR

用平板探测器将 X 射线信息转换成光信号，再经硅阵列及光电电路转换成电信号，然后转换成数字信号，整个转换过程都在平板探测器内完成。所以，平板探测器数字 X 射线成像 X 射线信息损失少、噪声小，图像质量更好。由于其成像时间短，可用于透视和实时减影的 DSA，扩大了 X 射线检查的范围。目前，可用于临床实际的平板探测器主要为无定型硅碘化铯平板探测器。与 CR 及 DF 相比，平板探测器数字 X 射线成像图像质量好成像速度快，应用前景十分广阔。

（二）DR 的临床应用

由于数字图像质量及其所含的影像信息量超过了普通 X 射线成像，并且能够对其进行图像的后处理，获得更佳的视觉效果，还有摄影条件的宽容度加大、减少了患者接受的 X 射线剂量、图像信息可用磁盘或光盘储存、可输入 PACS、可行体层成像及减影处理等优势，数字成像极大地拓展了 X 射线成像的临床应用范围。

体现数字成像的临床应用范围更宽更广的例子有：数字成像对骨结构及软组织的显示优于普通 X 射线成像，还可以行矿物盐含量的定量分析；对肺结节性病变的检出率也高于普通 X 射线成像；数字胃肠气钡双重对比造影在显示胃小区、胃小沟、微小病变及肠黏膜皱襞方面也优于普通的 X 射线造影。数字图像与普通 X 射线图像都是对所摄部位总体的叠加影像，能用普通 X 射线投照的部位也都可行数字成像，对图像的解读与诊断也与传统的 X 射线图像一致。只是数字图像是由一定数量的像素所组成的，而普通 X 射线图像是由银颗粒所组成的。

三、数字减影血管造影

数字减影血管造影（digital subtraction angiography, DSA）是利用计算机处理数字化的影像信息，消除骨骼和软组织影像，使血管显影清晰的成像技术。传统的血管造影是将水溶性碘对比剂注入血管内，突出显示血管的 X 射线检查方法，但是，由于存在其与骨骼和软组织重叠而影响了血管的显示。所以，DSA 对血管病变的价值是不言而喻的。



（一）DSA 成像基本原理

DSA 是数字成像，数字成像是 DSA 的基础。数字减影的方法常用的是时间减影法。首先经导管向血管内团注水溶性碘剂，然后在对比剂到达靶血管之前、血管内出现对比剂、对比剂浓度处于高峰及对比剂被廓清这些时间段内，使检查部位连续成像。在这些系列图像中，取一帧血管内不含对比剂的图像和一帧含有对比剂的图像将这两帧图像的数字矩阵经计算机行数字减影处理，使骨骼及软组织的数字信息相互抵消。接着，经计算机减影处理的数字矩阵再经数字 - 模拟转换器转换为图像，则此时骨骼及软组织影像已被消除掉，只留下清晰的血管影像，此称时间减影法，因为是减影图像在不同时间所得。经过不同的减影处理，可得不同期相的 DSA 图像。

（二）DSA 检查技术

根据将对比剂注入动脉或静脉分为动脉 DSA（IADSA）和静脉 DSA（IVDSA）。由于 IADSA 对比剂用量少，且血管成像清楚，所以现在临床主要用 IADSA。

（三）DSA 的临床应用

DSA 已代替了一般的血管造影。因为，DSA 没有骨骼与软组织影的重叠，使血管及其病变显示更为清楚。用选择性或超选择性 DSA，可很好地显示直径 200 μ m 以下直径的血管及小病变；DSA 可实现对血流观察的动态图像，使之成为功能检查的手段之一。

DSA 设备与技术已相当成熟，可动态的、从不同方位对血管及其病变进行形态学和血流动力学的显示及观察。DSA 非常适合于心脏大血管的检查，对心脏解剖结构的异常、主动脉瘤、主动脉夹层、主动脉发育异常以及主动脉缩窄和分支狭窄等显示清楚。DSA 显示颈段动脉和颅内动脉清楚，常用于颈段动脉狭窄或闭塞、颅内动脉瘤、动脉闭塞、血管发育异常以及颅内肿瘤供血动脉的观察与诊断。DSA 是冠状动脉的最好显示方法，常用于冠脉介入治疗前。对腹主动脉及其分支以及肢体大血管的显示，DSA 同样有很好的效果。对介入性技术，DSA 更是不可或缺的，特别是血管介入技术。

第二节 CT 成像

CT 是用 X 射线束对人体相应层面进行扫描，获得信息，经计算机处理后而得到的图像，是重建的数字图像而不是模拟图像。CT 所显示的断面解剖图像，密度分辨力明显优于 X 射线图像。CT 作为首先开发的数字成像技术大大促进了医学影像学的快速发展。CT 机是英国工程师 Hounsfield G.N. 于 1969 年设计成功，1972 年应用于临床的，由此 Hounsfield G.N. 获得了 1979 年的诺贝尔医学生物学奖。

一、CT 成像基本原理、设备及图像特点

（一）CT 成像基本原理

CT 是用 X 射线束从多个不同的方向对人体一定厚度层面的检查部位进行扫描的，由探测器接收透过该层面的 X 射线量，将其转变为可见光，再由光电转换器转变为电信号，经过模拟 - 数字转换器转换为数字信息，再将其输入计算机进行处理。在图像处理时，将选定层面分成若干个体积相等的立方体，称之为体素，扫描所得的数据经计算而获得每个体素的 X 射线吸收系数，再排列成所谓的数字矩阵，数字矩阵中的每个数字经数字 - 模拟转换器，转换为由黑到白不等灰度的称为像素的小方块，并按原有矩阵顺序排列起来，即构成 CT 图像所以，CT 图像是由一定数量像素组成的灰阶图像，是数字图像，是重建图像及是断层图像。

（二）CT 设备

CT 设备发展很快，性能不断改进与提高。按结构与功能可大致分为普通 CT、螺旋 CT 和电子束 CT。

1. 普通 CT

普通 CT 主要由扫描部分、计算机系统及图像显示和存储系统三部分组成。扫描部分由 X 射线球管、探测器和扫描架组成，用于对选定部位进行扫描。计算机系统主要将扫描收集到的数据信息进行运算及



存储。图像显示和存储系统主要功能是将计算机处理、重建的图像显示在显示器上，还可用照相机将图像摄于照片上，可以将数据存储于磁盘或光盘中。根据扫描方式不同，可有旋转式和固定式。

2. 螺旋 CT

螺旋 CT 是在旋转式扫描基础上实现的。应用滑环技术与扫描床连续移动，滑环技术使得 X 射线球管的供电系统只通过电刷和短的电缆，而不再是普通 CT 装置的长电缆，这样就可使 X 射线球管连续旋转并能进行连续扫描。在扫描期间，扫描床沿纵轴不间断平直移动，X 射线球管旋转和连续进床同时进行，使得 X 射线扫描的轨迹始终呈螺旋状，故而得名。由于螺旋 CT 的扫描是连续的，没有扫描间隔时间，所以，螺旋 CT 的突出优点是快速容积扫描。因为在短时间内对身体的较长范围进行了不间断的数据采集，从而为提高 CT 图像的后处理创造了良好条件。

螺旋 CT 在 CT 发展史上是一个重要的里程碑，近年开发的多层螺旋 CT，特别是 64 层 128 层及 320 层螺旋 CT，进一步提高了螺旋 CT 的性能，使扫描时间更短、扫描层厚更薄连续扫描的范围更长及连续扫描时间更长。

可以肯定，螺旋 CT，特别是 MSCT 拓宽了 CT 的应用范围，改变了对图像的显示方式，也提高了工作效率，更重要的是大大提高了诊断水平。

3. 电子束 CT

与普通 CT 和螺旋 CT 结构不同，电子束 CT 不用 X 射线球管。EBCT 是用由电子枪发射电子束轰击四个环靶所产生的 X 射线进行扫描的。轰击一个环靶可得到一帧图像，为单层扫描；依次轰击 4 个环靶，并由两个探测器环接收信号可得 8 帧图像，为多层扫描。EBCT 扫描时间更短，一个层面的扫描时间可短到 50 ms，所以可行 CT 电影。EBCT 可以不间断地采集扫描范围内的数据，可与 SCT 一样进行容积扫描。

EBCT 主要应用于循环系统，对心脏大血管检查有独到之处。造影 EBCT 可显示心脏大血管的内部结构，通过心脏血流灌注及血流动力学的情况可以评价心脏功能。但由于 EBCT 检查费用昂贵，功能上与 MSCT 及 MRI 有较大重叠，因而限制了它的广泛应用。

(三) CT 图像特点

CT 可以更好地显示有软组织结构的器官，并在良好的解剖图像背景基础上显示出病变的影像。CT 的突出优点是能显示人体软组织的密度差别，尽管人体软组织的密度差别小，吸收系数多接近于水，但也能形成对比而成像。CT 图像以不同的灰度来表示，反映组织和器官对 X 射线的吸收程度。因此，与 X 射线图像所示的黑白影像一样，黑影表示低吸收区，即低密度区，如肺组织；白影表示高吸收区，即高密度区，如骨骼组织。CT 与 X 射线图像相比，有更高的密度分辨力。CT 图像是由一定数目、从黑到白不同灰度的像素按矩阵排列所构成的灰阶图像，这些像素则是反映相应体素 X 射线的吸收系数，不同的 CT 装置所得到的图像像素的大小和数目不同，像素越小，数目越多，构成的图像就越细致，也就是空间分辨力越高。CT 图像说明其密度高低的程度具有一个量的标准，它表示组织对 X 射线的吸收系数，而在实际工作中，不直接用吸收系数，而是换算成 CT 值来说明密度，单位为 Hu。一般水的 CT 值为 0 Hu，人体中密度最高的骨皮质 CT 值为 +1 000 Hu，吸收系数最高，而空气为 -1 000 Hu，密度最低，人体中不同密度的各种组织的 CT 值则在 -1 000 ~ +1 000 Hu 的 2 000 个分度之间。人体软组织的 CT 值多与水相近，虽然密度差别小，但由于 CT 有高的密度分辨力，也可形成对比而显影良好。

CT 图像通常是横断面或称轴面的断层图像，是以显示整个器官的多帧连续的断层图像，且通过 CT 设备上图像重组技术的应用，可重组出冠状位和矢状位的断面图像来。

二、CT 检查技术

(一) 普通扫描

患者卧于检查床上摆好合适的位置，选好扫描范围与层面厚度，然后使扫描部位伸入扫描孔内，即可进行扫描。扫描时患者要制动，胸、腹部扫描要屏气，因为轻微的移动都可以造成伪影，从而影响图像质量。扫描大都用横断面，层厚为 5 mm 或 10 mm，如需要薄层可选用 1 mm 或 2 mm。CT 检查一般分平扫、对比增强和造影扫描。



1. 平扫

平扫是指不使用对比增强剂或造影的普通扫描。几乎都是先行平扫筛选。

2. 对比增强扫描

对比增强扫描是经静脉注入水溶性有机碘对比剂后再行扫描的检查方法，较常应用。由于血管内注入碘对比剂后，器官与病变内碘的浓度可以产生差别，从而形成密度差将可能使病变显影更为清楚。常用方法为在十几秒内将全部对比剂迅速注入静脉的团注法。

3. 造影扫描

造影扫描是先行结构或器官的造影，然后再行扫描的检查方法。例如向脑池内注入空气或碘剂进行脑池造影，然后进行扫描的方式，称之为脑池造影 CT 扫描。但由于 MRI 及 MR 水成像技术的出现，造影 CT 临床应用有限。

在普通 CT、螺旋 CT 和电子束 CT 上，上述三种扫描均可进行，特别是前两种，是 CT 检查的基本扫描方法。

(二) 高分辨 CT 扫描

高分辨力 CT (high resolution CT, HRCT) 是指获得良好空间分辨力 CT 图像的扫描技术。在螺旋 CT 装置上不难完成。如用普通 CT 装置，则要求短的扫描时间、薄的扫描层厚图像重建用高分辨力算法及矩阵不低于 512×512 。高分辨力 CT，可清楚显示微小的组织结构，如肺间质的次级肺小叶间隔，小的器官如内耳与听骨等。对显示小病灶及病变的轻微变化优于普通 CT 扫描。

(三) CT 新技术

随着高档 CT 其扫描时间的缩短、成像速度加快、扫描范围加长、获得连续数据及计算机功能的强大，使得 CT 新技术应运而生。

1. 再现技术

再现技术一般有三种，即表面再现、最大密度投影 (MIP) 和容积再现技术。再现技术可获得三维立体的 CT 图像，使被检查器官的影像有立体感，通过旋转还可在不同方位上观察。主要用于骨骼全貌的显示和 CT 血管造影 (CT angiography, CTA)。

(1) 容积再现技术：是利用全部体素的 CT 值，行表面遮盖法并与旋转技术相结合，再加上假彩色编码技术和不同程度的透明化技术，使表面与深部组织结构同时立体地显示，例如在胸部可用于气管、支气管、肺、肋骨及血管的成像。

(2) CTA：是通过 CT 技术立体地显示血管影像的检查方法，是经静脉注入对比剂后行血管造影 CT 扫描的图像重组技术。目前 CTA 主要用于脑血管、肾动脉、肺动脉和肢体动脉等血管的显示，对中小血管包括冠状动脉也显示出强大优势。由于 CTA 所得到的信息多、不需要插管、创伤小及只需静脉注入一定量的对比剂等优点，所以已成为很实用的血管检查方法。

(3) 组织容积与切割显示技术：使用显示特定组织的软件 (如肿瘤软件) 可行肿瘤的定量判断与追踪观察。切割显示软件根据感兴趣区组织结构的 CT 值，可分离显示如肺、纵隔和骨性胸廓等彼此重叠的结构。

2. 仿真内镜显示技术

仿真内镜显示技术是计算机技术与 CT 或 MRI 结合而开发出的仿真内镜功能的一种技术。把容积数据同计算机领域的虚拟现实相结合，通过如管腔导航技术或漫游技术可模拟内镜检查的过程，可从一端向另一端逐步显示器官管腔的内腔，再加上假彩色编码，使内腔显示更为逼真。目前有仿真血管镜、仿真支气管镜、仿真鼻窦镜、仿真喉镜、仿真结肠镜和仿真胆管镜等。但不足的是受伪影的影响较明显，而且不能进行活检。

(四) CT 功能成像

CT 功能成像较成熟的是 CT 灌注成像。CT 灌注成像是经静脉团注有机水溶性碘对比剂后，对感兴趣器官 (例如脑或心脏) 在固定的层面进行连续扫描，得到多帧图像，通过对不同时间影像密度的变化绘制出每个像素的时间 - 密度曲线，而计算出对比剂到达病变时的平均通过时间、峰值时间、局部脑血



流量和局部脑血容量等参数，再经过假彩色编码处理后可得四个参数图，通过分析这些参数及参数图像，可了解感兴趣区毛细血管的血流动力学情况，即血流灌注状态。可以看出，CT 灌注成像是—种功能成像。目前主要用于急性或超急性脑缺血的判断和脑梗死及缺血半暗带的判定，也用于通过对脑肿瘤新生血管的观察来区别脑胶质瘤的恶性程度，近来也有人应用于对肺、肝、肾和胰等血流灌注的研究，是一项有发展前途的成像技术。

三、CT 的临床应用

CT 检查与诊断，已广泛应用于临床。

(一) 头颈部及五官

在中枢神经系统 CT 有很高的价值，目前几乎普遍应用于所有疾病，特别是颅脑。由于螺旋 CT 可获得比较精细和清晰的颅脑 CTA 图像，而且能做到三维实时显示，所以颅脑 CTA 技术在临床应用日趋广泛。

对五官疾病 CT 也很有诊断价值。例如，对眶内占位病变、鼻窦癌、听骨破坏与脱位、中耳小胆脂瘤、内耳骨迷路破坏、先天发育异常以及鼻咽癌的早期发现等。

(二) 胸部

对胸部疾病 CT 已逐渐显示出它的优势来。对平片较难显示的病变，例如心脏大血管重叠病变、磨玻璃样病变及微小结节等病灶的显示，CT 具有明显优越性。CT 对肺癌和纵隔肿瘤等的发现与确定很有价值。应用低剂量 CT 扫描可对重点人群进行肺癌的普查。对肺间质性病变 CT 也可以得到很好的显示。对胸壁、膈肌及胸膜病变 CT 也能清楚显示。

CT 对心及大血管疾病的诊断价值取决于 CT 设备，普通 CT 其价值有限，而多层螺旋 CT 或 EBCT 就很有价值。对于钙化性病灶，如心瓣膜、大血管壁及冠状动脉的钙化等，CT 检查就可以很好地显示。要显示冠状动脉的软斑块，可通过多层螺旋 CT 或 EBCT 进行 CTA 图像重建。要通过显示心腔及大血管，对先天性心脏病心内外分流、大血管狭窄以及瓣膜疾病做出诊断，则需要心血管造影 CT 检查。

(三) 腹部及盆部

对于腹部及盆部器官与结构，如肝、胆、胰、脾、腹膜腔、腹膜后间隙、肾上腺及泌尿生殖系统疾病的显示和诊断，CT 检查也有重要价值。胃肠道病变向腔内外生长、向邻近组织侵犯及远处转移等，CT 检查也有较大价值。当然，如进行了合理的胃肠道充填，结合 MSCT 多平面重建功能，对于沿管壁浸润的病变也能较好地显示。

(四) 骨骼及肌肉

使用 CT 检查骨骼肌肉系统疾病应用较少，但 CT 对显示如骨质破坏与增生的细节等骨质变化较 X 射线成像优越，而 CT 三维重建对复杂结构的骨折等病变显示效果好。

第三节 MRI 成像

磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 是通过利用原子核在磁场内所产生的信号而重建成像的一种新的影像技术。早在 1946 年 Block 和 Purcell 就发现了物质的磁共振现象并将其应用于化学分析上，而形成了磁共振波谱学。1973 年 Lauterbur 发表了关于 MRI 成像技术，使磁共振应用于临床医学领域。

一、MRI 成像基本原理、设备及图像特点

(一) MRI 成像基本原理

所有含奇数质子的原子核在其自旋过程中均产生自旋磁动量，也称磁矩，它具有方向性和力的效应，故用矢量来描述。磁矩的大小是原子核固有的特性，它决定 MRI 信号的敏感性。氢的原子核最为简单，只有一个单一的质子，故具有最强的磁矩，也最易受外来磁场的影响，并且氢质子在人体中含量最高、分布最广，所以医用 MRI 均选用 ^1H 为靶原子核可以把人体内的每一个氢质子视作为一个小磁体，在正



常情况下，这些小磁体自旋轴的排列和分布是杂乱无序的，若将人体此刻置入在一个强大磁场中，这些小磁体的自旋轴就会按磁场磁力线的方向重新排列。此时的磁矩有两种取向：大部分顺磁力线方向排列，它们的位能较低，状态稳定；小部分逆磁力线方向排列，其位能较高。两者的差称为剩余自旋由剩余自旋产生的磁化矢量称之为净磁化矢量，又称平衡态宏观磁化矢量 M_0 。在绝对温度不变的情形下，两种方向质子的比例取决于外加磁场的强度。

在 MR 的坐标系中，顺主磁场方向称为 Z 轴或纵轴，垂直于主磁场方向称为 XY 平面或水平面，当平衡态宏观磁化矢量 M_0 绕 Z 轴以 Larmor 频率自旋时，如果额外再对 M_0 施加一个同样以 Larmor 频率的射频脉冲，就会使之产生共振，此时 M_0 就将偏离 Z 轴向 XY 平面运动，形成横向磁化矢量，而其偏离 Z 轴的角度称为翻转角。翻转角的大小是由射频脉冲的大小来决定的，能使 M_0 翻转 90° 至 XY 平面的脉冲称为 90° 脉冲。在外来射频脉冲的作用下， M_0 除产生横向磁化矢量外，这些质子还同向运动，使相位趋向一致。当外来射频脉冲停止后，由 M_0 产生的横向磁化矢量在环境磁场的作用下，将由 XY 平面逐渐恢复到 Z 轴状态，同时以射频信号的形式释放出能量，其质子自旋的相位一致性也逐渐消失，而恢复到原来的状态。这些被释放出的、进行了三维空间编码的射频信号被体外的线圈所接收，经过计算机处理后重建成图像，这就是 MRI 成像基本原理。要深入掌握 MRI 成像原理，还需了解以下几个概念。

1. 弛豫

弛豫是指磁化矢量恢复到平衡状态的过程，磁化矢量越大，MRI 探测到的信号就越强，反之就越弱。

2. 纵向弛豫

纵向弛豫又称自旋 - 晶格弛豫或 T_1 弛豫，是指 90° 射频脉冲停止后纵向磁化逐渐恢复平衡的过程，可定义为纵向磁化矢量从最小值恢复至平衡状态 63% 所经历的时间。

3. T_1 加权图像

通过采集部分饱和的纵向磁化产生的 MR 信号，具有 T_1 依赖性，其重建的图像使组织 T_1 时间的不同得以显示，称为 T_1 加权图像。

4. 横向弛豫

横向弛豫又称为自旋 - 自旋弛豫或 T_2 弛豫。横向弛豫的实质是在射频脉冲停止后，质子又逐渐恢复到原来各自相位上的过程，这种横向磁化衰减的过程称为 T_2 弛豫。 T_2 等于横向磁化由最大值衰减至 37% 时所经历的时间，它为横向弛豫时间常数。

5. T_2 加权图像

MR 信号主要依赖 T_2 而重建，使组织 T_2 时间的不同得以显示的图像，称为 T_2 加权图像。

(二) MRI 设备

磁共振成像设备主要包括五个系统：磁体系统、射频系统、梯度系统、计算机处理系统以及辅助设备部分。

1. 磁体系统

磁体分为常导型、永磁型和超导型三种，目前常用的有超导型磁体和永磁体。常导型磁体的磁场强度可达 $0.15 \sim 0.3 \text{ T}$ ；永磁型的磁场强度最高可达 0.3 T ；超导型的磁场强度一般为 $0.35 \sim 3.0 \text{ T}$ 。

2. 射频系统

射频系统由发射与接收两部分组成，主要用来发射射频脉冲并接收信号，使磁化的氢质子吸收能量而产生共振。

3. 梯度系统

梯度系统由梯度放大器及 X、Y、Z 三组梯度线圈组成，它的作用是修改主磁场，产生的梯度磁场为人体 MRI 信号提供了空间定位三维编码的可能。

4. 计算机处理系统

MRI 设备中的计算机系统主要包括模 - 数转换器、阵列处理机及用户计算机等。其数据采集、处理和图像显示与 CT 设备非常相似。



（三）MRI 图像特点

人体不同器官的正常组织与病理组织的 T_1 值、 T_2 值是相对固定的，而且它们之间有一定的差别，这种组织间弛豫时间上的差别，是磁共振成像的诊断基础。应该注意的是，MRI 的影像虽然也以不同的灰度来显示，但其反映的是 MRI 信号强度不同或弛豫时间 T_1 与 T_2 的长与短，而不像 CT 图像灰度反映的是组织的密度。普遍情况是，组织信号强，图像相应的部分就亮，组织信号弱，图像相应的部分就暗，由组织反映出的不同信号强度的变化，就构成了组织器官之间、正常组织之间、正常组织和病理组织之间及病理组织之间图像明暗的对比。

如果 MRI 的图像主要反映组织间 T_1 参数特征时，为 T_1 加权像 (T_1WI)，它反映组织间 T_1 的差别， T_1WI 有利于观察组织的解剖结构。若主要反映组织间 T_2 参数特征时，则为 T_2 加权像 (T_2WI)， T_2WI 对显示病变组织较好。还有一种称之为质子密度加权像 (PdWI) 的图像，简称质子加权像，其图像的对比主要依赖组织的质子密度。

由于 MRI 是多参数成像，因此，在 MRI 成像技术中，采用不同的扫描序列和成像参数就可获得组织的 T_1 加权像、 T_2 加权像和质子加权像。

二、MRI 检查技术

MRI 成像技术不仅可行横断面，还可行冠状面、矢状面及任意斜面的直接成像。同时还可获得多种类型的图像，如 T_1WI 、 T_2WI 等。所以，其有别于 CT 扫描。但是，要获取这些图像就必须选择合适的脉冲序列和成像参数。

（一）序列技术

MRI 成像的高敏感性尽管是基于正常组织与病理组织弛豫时间 T_1 及 T_2 的不同，但受质子密度、脉冲序列的影响，目前常用的脉冲序列有以下几种。

1. 自旋回波 (SE) 序列

SE 序列为 MRI 的基础序列，采用“ $90^\circ - 180^\circ$ ”脉冲组合构成。其特点为可消除因磁场不均匀所致的去相位效应，磁敏感伪影小，重 T_2 加权时信噪比较低，而采集时间尤其是 T_2 加权像较长。

2. 快速自旋回波 (FSE) 序列

FSE 序列采用“ $90^\circ - 180^\circ - 180^\circ - \dots$ ”脉冲组合形式构成。其图像对比性特征与 SE 相似，成像速度加快，磁敏感性更低，射频吸收量增大。与 SE 序列的最大区别是 T_2 加权像中脂肪呈高信号现象。

3. 反转恢复 (IR) 序列

IR 序列采用“ $180^\circ - 90^\circ - 180^\circ$ ”脉冲组合形式构成。其特点为具有较强的 T_1 对比，短反转时间 (TI) 的反转恢复序列同时具有强的 T_2 对比，还可根据需求设定 T_1 ，饱和特定组织而产生具有特征性的对比图像，如短 T_1 反转恢复 (STIR) 及液体衰减反转恢复 (FLAIR) 等序列。

4. 梯度回波 (GRE) 序列

在梯度回波技术中，使用一对极性相反的去相位梯度磁场及相位重聚梯度磁场，激励脉冲 $< 90^\circ$ ，翻转脉冲不使用 180° ，方法与 SE 中频率编码方向的去相位梯度及读出梯度的相位重聚方法相同，其数据采集周期变短，同时提高了成像速度。其最常用的两个序列是快速小角度激发 (FLASH) 序列和稳态运动快速成像 (FISP) 序列。

5. 平面回波成像 (EPI)

EPI 技术是目前最快的 MRI 成像技术，它是在一次射频脉冲激励后在极短的时间内连续采集一系列梯度回波，用于重建一个平面的 MRI 图像。EPI 技术已广泛的应用于临床，单次激发 EPI，以弥散成像、灌注成像及脑皮层功能成像为主要的应用领域，多次激发 EPI 则在血管造影、心脏快速成像、心脏电影及腹部快速成像等方面取得进展。

（二）MR 对比增强技术

MRI 影像尽管具有良好的组织对比及分辨能力，但正常与异常组织的弛豫时间仍有较大重叠，其特异性仍有限。如果人为地改变组织的 MRI 特征性参数，即缩短弛豫时间，就可以提高 MRI 影像的对比度，