

BASIC AND CLINIC OF  
MODERN MEDICAL IMAGING

# 现代医学影像基础与临床

李 琴 总主编



西安交通大学出版社  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

# 现代医学影像基础与临床

总主编 李 琴



西安交通大学出版社  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

---

图书在版编目 (CIP) 数据

现代医学影像基础与临床 / 李琴等编著. —西安:  
西安交通大学出版社, 2014. 4 (2015. 5重印)

ISBN 978-7-5605-6153-0

I. ①现… II. ①李… III. ①影象诊断  
IV. ①R445

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第081511号

---

书 名 现代医学影像基础与临床

总 主 编 李 琴

责任编辑 赵文娟 石 益

文字编辑 戴晓庆

---

出版发行 西安交通大学出版社

(西安市兴庆南路10号 邮政编码710049)

网 址 <http://www.xjtupress.com>

电 话 (029) 82668805 82668502 (医学分社)

(029) 82668315 (总编办)

传 真 (029) 82668280

印 刷 北京京华虎彩印刷有限公司

---

开 本 880mm×1230mm 1/16 印张 30.25 字数 915千字

版次印次 2014年5月第1版 2015年5月第2次印刷

书 号 ISBN 978-7-5605-6153-0/R·460

定 价 198.00元

---

读者购书、书店填货、如发现印装质量问题, 请通过以下方式联系、调换。

订购热线: (029) 82668805

读者信箱: [medpress@126.com](mailto:medpress@126.com)

版权所有 侵权必究

# 编委会

总主编 李 琴

主 编 李 琴 李昌明 吴海江  
何福超 武永信 李耀斌

副主编 周广立 谢运周 孙自营  
赵 鹏 李 青 李 岩

## 编 委 (按姓氏笔画排序)

马军伟 (新乡医学院第三附属医院)  
王芝文 (甘肃省嘉峪关市第一人民医院)  
孙自营 (山东省巨野县中医院)  
李 岩 (济南军区总医院)  
李 青 (山东农业大学校医院)  
李 琴 (河南省驻马店市中心医院)  
李昌明 (山东省淄博市第一医院)  
李耀斌 (山东省寿光市人民医院)  
何福超 (山东省曹县人民医院)  
吴海江 (山东省曹县人民医院)  
周广立 (山东省曹县人民医院)  
武永信 (山东省寿光市人民医院)  
赵 鹏 (新乡医学院第一附属医院)  
谢运周 (山东省曹县人民医院)

# 前 言

医学影像学是在 X 线诊断的基础上发展起来的一门新的医学学科。它包括传统的 X 线诊断、X 线电子计算机体层摄影(简称 CT)、B 型超声、磁共振成像、放射性核素成像等。近年来,由于计算机等工程技术和自然科学理论的渗透和技术交叉,使得医学影像学这一新兴学科得以飞速发展,新技术、新设备不断涌现,在临床应用中总结大量而丰富的经验,各种研究文章和新编书籍争芳斗艳。不断发展的临床医学,对医学影像学的要求也在逐渐提高。

本书前三章简要介绍了影像医学发展史、常用检查方法及介入放射学;第四章介绍了常用影像成像原理及设备的技术维护;后面的章节则详细阐述了各系统疾病的影像学诊断要点。本书的编写既简明扼要,又有一定的理论高度,将各医学影像专业的知识系统总结归类,深入浅出,便于理解,针对性、实用性均很强,以普及为主,兼顾提高,不失为一本对临床医学研究生、临床各科医务人员尤其是影像医学的工作人员及其相关研究人员均有帮助的参考用书。

由于我们的知识水平有限,对有些病种接触不多,故在图片的收录上难免有欠缺之处,行文中不乏疏漏乃至谬误,恳请广大读者予以批评指正。

《现代医学影像基础与临床》编委会

2014 年 2 月

# 目 录

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 第一章 影像医学发展史 .....          | (1)   |
| 第二章 常用检查方法 .....           | (2)   |
| 第一节 CT 检查 .....            | (2)   |
| 第二节 MRI 检查 .....           | (7)   |
| 第三节 超声诊断 .....             | (27)  |
| 第四节 核医学检查 .....            | (39)  |
| 第五节 介入影像学 .....            | (53)  |
| 第三章 介入放射学 .....            | (59)  |
| 第一节 经导管血管栓塞术 .....         | (59)  |
| 第二节 经导管药物灌注术 .....         | (64)  |
| 第三节 经皮腔内血管成形术 .....        | (69)  |
| 第四节 非血管管腔扩张术 .....         | (73)  |
| 第五节 经皮穿刺活检术 .....          | (76)  |
| 第六节 经皮穿刺引流术 .....          | (80)  |
| 第四章 常用影像成像原理及设备的技术维护 ..... | (85)  |
| 第一节 X 线成像原理 .....          | (85)  |
| 第二节 CT 成像原理 .....          | (86)  |
| 第三节 磁共振成像原理 .....          | (92)  |
| 第四节 X 线机的使用维护 .....        | (102) |
| 第五节 CT 的使用维护 .....         | (105) |
| 第六节 MRI 的使用维护 .....        | (109) |
| 第七节 超声诊断仪的使用维护 .....       | (110) |
| 第八节 核医学成像设备的使用维护 .....     | (111) |
| 第五章 中枢神经系统疾病的 CT 诊断 .....  | (113) |
| 第一节 正常头颅 CT 表现 .....       | (113) |
| 第二节 基本病变 CT 表现 .....       | (114) |
| 第三节 颅脑常见疾病 CT 诊断 .....     | (115) |
| 第六章 五官及颈部疾病的 CT 诊断 .....   | (137) |
| 第一节 正常五官及颈部 CT 表现 .....    | (137) |
| 第二节 基本病变 CT 表现 .....       | (139) |

|                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| 第三节 常见疾病 CT 诊断 .....                  | (141)        |
| <b>第七章 消化系统疾病的 CT 诊断 .....</b>        | <b>(167)</b> |
| 第一节 正常消化道及实质脏器 CT 表现 .....            | (167)        |
| 第二节 基本病变 CT 表现 .....                  | (168)        |
| 第三节 常见疾病 CT 诊断 .....                  | (169)        |
| <b>第八章 骨关节、四肢及脊柱疾病的 CT 诊断 .....</b>   | <b>(196)</b> |
| 第一节 正常骨关节、四肢及脊柱 CT 表现 .....           | (196)        |
| 第二节 基本病变 CT 表现 .....                  | (198)        |
| 第三节 常见疾病 CT 诊断 .....                  | (202)        |
| <b>第九章 颅脑疾病的 MR 诊断 .....</b>          | <b>(221)</b> |
| 第一节 检查方法、扫描序列和图像特征 .....              | (221)        |
| 第二节 颅脑正常组织结构 MR 解剖 .....              | (223)        |
| 第三节 脑血管疾病 .....                       | (224)        |
| 第四节 肿 瘤 .....                         | (230)        |
| 第五节 先天性疾病 .....                       | (242)        |
| 第六节 脑外伤 .....                         | (250)        |
| 第七节 感染与肉芽肿性病变 .....                   | (253)        |
| 第八节 囊肿及脑脊液循环异常 .....                  | (259)        |
| 第九节 脑白质病 .....                        | (262)        |
| 第十节 伴有深部灰质受累的变性疾患 .....               | (267)        |
| <b>第十章 泌尿生殖系统及腹膜后间隙疾病的影像学表现 .....</b> | <b>(271)</b> |
| 第一节 泌尿系统 .....                        | (271)        |
| 第二节 男性生殖系统 .....                      | (287)        |
| 第三节 女性生殖系统 .....                      | (296)        |
| 第四节 肾上腺 .....                         | (307)        |
| 第五节 腹膜后间隙 .....                       | (316)        |
| 第六节 核医学在泌尿生殖系统疾病中的应用 .....            | (321)        |
| <b>第十一章 乳腺疾病的影像学表现 .....</b>          | <b>(333)</b> |
| 第一节 正常影像学表现 .....                     | (333)        |
| 第二节 异常影像学表现 .....                     | (337)        |
| 第三节 不同成像技术的临床应用 .....                 | (347)        |
| 第四节 乳腺感染性疾病 .....                     | (348)        |
| 第五节 乳腺增生 .....                        | (349)        |
| 第六节 乳腺良性肿瘤 .....                      | (353)        |
| 第七节 乳腺间叶组织肿瘤 .....                    | (359)        |
| 第八节 乳腺恶性肿瘤 .....                      | (360)        |

第十二章 呼吸系统疾病的影像学表现..... (362)

第一节 正常影像学表现..... (362)

第二节 异常影像学表现..... (368)

第三节 不同成像技术的临床应用..... (375)

第四节 气管和支气管疾病..... (376)

第五节 肺先天性疾病..... (380)

第六节 肺部炎症..... (384)

第七节 肺不张..... (389)

第八节 肺结核..... (393)

第九节 肺寄生虫病..... (397)

第十节 原因不明性肺疾病..... (402)

第十一节 肺部肿瘤..... (405)

第十二节 肺血液循环障碍性疾病..... (410)

第十三节 胸膜疾病..... (418)

第十四节 纵隔疾病..... (420)

第十五节 膈肌疾病..... (424)

第十六节 胸部外伤..... (426)

第十七节 核医学在呼吸系统疾病中的应用..... (427)

第十三章 循环系统疾病的影像学表现..... (435)

第一节 正常影像学表现..... (435)

第二节 异常影像学表现..... (444)

第三节 不同成像技术的临床应用..... (446)

第四节 先天性心脏病..... (448)

第五节 心包疾病..... (454)

第六节 大血管病变..... (456)

第七节 心脏黏液瘤..... (460)

第八节 核医学在循环系统疾病中的应用..... (461)

参考文献..... (472)

# 第一章 影像医学发展史

医学影像学是利用疾病影像表现的特点在临床医学上进行诊断的一门临床科学。医学影像学技术包括 X 线、计算机断层成像(CT)、超声成像、磁共振成像(MRI)和核素显像等。在近代高速发展的电子计算机技术推动下,医学影像学从简单地显示组织、器官的大体形态图像发展到显示解剖断面图像、三维立体图像、实时动态图像等,且不仅能显示解剖图像,还可反映代谢功能状态,使形态影像和功能影像更为有机地融合在一起。介入放射学则更进一步把医学影像学推进到了“影像和病理结合”、“诊断和治疗结合”的新阶段。医学影像学中不同的影像技术各具特点,互相补充、印证,具有精确、方便、快速、信息量大等特点,在临床诊断与治疗中发挥着巨大的作用。

从 1895 年德国物理学家伦琴发现 X 线至今已有 110 余年的历史,X 线透视和摄片为人类的健康做出了巨大的贡献。而今天影像医学作为一门崭新的学科,近 30 年来以技术的快速发展和作用的日益扩大而受到普遍的重视。在我国县级以上城市的大医院中,影像学科已成为医院的重要科室,在医院的医疗业务、设备投资、科研产出等方面具有举足轻重的地位。临床医学影像学的研究范围包括 X 线诊断、CT 诊断、MRI 诊断、DSA 诊断、超声切面成像、核素成像及介入放射学等,担负着诊断和治疗两方面的重任,已成为名副其实的临床综合学科。

影像医学的发展历程可以归纳为以下 6 个方面。第一,从单纯利用 X 射线成像向无 X 射线辐射的 MRI 和超声的多元化发展;第二,从平面投影发展到分层立体显示,如 CT、MRI 及超声切面成像均为断层图像,可以克服影像重叠的缺点;第三,从单纯形态学显示向形态、功能和代谢等综合诊断发展;第四,从胶片影像向计算机图像综合处理发展,以数字化存储传输和显像器显示代替胶片的载体功能;第五,从单纯诊断向诊断和治疗共存的综合学科发展,介入治疗正日益受到重视;第六,从大体诊断向分子水平诊断、治疗方向发展,即从宏观诊断向微观诊断和治疗方向发展,如组织器官功能成像和分子影像介入治疗等。影像医学的快速发展,既为本学科专业人员提供了良好的发展机遇,同时也提出了更高的要求。目前,影像学已逐渐分化形成神经影像学、胸部影像学、腹部影像学等二级分支学科,有利于影像科医师在充分掌握影像医学各种手段和方法后从事更加深入的医疗专业服务和科研发展。我国医学影像学发展虽起步较晚,但近 20 年的改革开放正赶上影像医学大发展时期,国家从提高人民健康水平的大局出发,加大了从国外引进的先进仪器设备的投入。我国现已拥有数十万台 CT 机、数万台 MRI 机和数以百万计的超声设备,影像医学专业人员队伍不断扩大、水平不断提高,影像医学正进入一个大发展的新阶段。

影像医学的发展有其技术进步的基础和临床医疗的需求两方面的因素。首先,电子计算机技术的快速发展,使影像资料数字化,缩短了获取高质量图像的时间,并大大提高了影像的后处理能力,如图像的存储、传输、重建等。当前很多医院已实现了影像资料的计算机综合联网(PACS)。其次,特殊材料和技术的发展使 CT、MRI 和 DSA 等高精尖设备能大批量生产以供临床使用。但归根到底是临床对影像诊断需求的提高起了主导作用。影像诊断各种方法均具有无创伤的特点,且图像直观清楚,适应证广泛,使临床绝大多数患者均可通过影像诊断的方法做出定性、定位、定期和定量的细致评价,从而指导具体治疗方案的确立。因此,影像诊断方法的合理应用,可以很大程度提高综合医疗水平,从而指导临床制定正确的治疗方案。

(李耀斌)

## 第二章 常用检查方法

### 第一节 CT 检查

#### 一、CT 成像原理

CT 是利用通过准直器的 X 线束对选定的人体检查部位,并具有一定厚度的层面进行扫描,由探测器接受透过该层面的 X 线,经光电转换器将光转变为电信号,再经模/数转换器转为数字,经计算机处理后,再经数/模转换成图像,最后显示在显示屏上或打印成图像,亦可贮存在电脑中。

计算机体层成像(CT)是近代计算机技术和 X 线检查相结合的产物,是自发现 X 线成像以来具有划时代意义的成像技术。1969 年英国 EMI 公司工程师 Hounsfield 研制成功第一台头颅 CT 扫描机,于 1972 年应用于临床;1974 年美国 Georgetown 医学中心工程师 Ledley 设计了全身 CT 扫描机,于 1975 年应用于临床;1976 年 5 月在蒙特国际专题讨论会上将其命名为电子计算机体层摄影(CT)。CT 的问世开创了医学影像学数字化的先河,有力地推动了医学影像学的发展,Hounsfield 因此获得了 1979 年的诺贝尔医学奖。1989 年滑环技术出现,螺旋 CT(spiral-CT)问世。1983 年美国 Boyd 发明 EBCT,并应用于临床。1998 年多层螺旋 CT 或称多排探测器 CT(multi-detector CT,MDCT)问世后,各厂家相继推出了 4 层、8 层、16 层、64 层、254 层螺旋 CT。

#### 二、CT 检查方法和适应证

目前,近代 CT 检查可遍及全身各部位和器官,在 CT 检查前必须有较详尽的临床资料,包括病史、主要体征、检查结果、普通 X 线照片、核素、超声、各种 X 线造影和 MRI 等,这些对 CT 检查和诊断均是有用的参考资料。使 CT 检查的更为精确,使 CT 诊断中有资料相互印证和补充。要按检查部位的不同,认真做好患者的准备,例如检查前应当禁食,盆腔检查要清洁灌肠,憋尿,腹部检查前要进行胃肠非透线化准备(包括直肠和阴道等)。有部分患者检查前应作碘过敏试验。对于扫描速度较慢的 CT 机应在检查前向患者做好配合方面的思想工作。检查前已知不合作的患者可酌情给予镇静或基础麻醉或短效全麻等措施。对垂危患者一般应进行急救,待生命体征稳定后方可进行检查,如临床医师确认要先进行 CT 检查后才能作相应处理措施时,那么,CT 室内必须有一套急救设备,如氧气、吸引器、气管插管以及心肺复苏药物,而且临床医师必须到现场,以便能熟练快速采取措施。

CT 检查主要是横断面的检查,直接的冠状检查仅限于颅脑与五官。CT 的检查方法主要包括两个方面,即平扫或称普通扫描和增强扫描。某些特殊部位或器官可能需进行特殊准备后再作 CT 扫描,如非离子造影剂脑池扫描,小气脑 CPA(脑桥小脑角)CT 扫描,脊髓造影 CT 扫描,口服或静脉胆囊造影 CT 扫描,选择性动脉插管注碘靶器官 CT 扫描等。本节主要介绍常用平扫和增强扫描,以及个别较实用的特殊 CT 扫描。

##### (一)平扫 CT

平扫 CT 又称普通扫描,是指静脉内不给含碘造影剂的扫描,通常用于初次 CT 检查者,CT 平扫最重要的是掌握各个不同部位或器官以及兴趣区的层厚和层距技术,当层厚等于层距时即为连续扫描,相邻层面之间无间隙,当层厚小于层距时,两相邻层面之间留有空隙。层厚选择取决于受检部位或器官以及病灶大小而定。通常较大的器官选用层厚 1 cm,例如脑、胸部、腹部等;鼻咽、颈部、胰腺、前列腺等通常用

0.5 cm层厚;眼、喉、肾上腺通常用0.2~0.3 cm层厚;脑下垂体采用 $\leq 0.2$  cm层厚。如果在较大器官内发现了小病灶,即兴趣区,则应对该区域进行0.2~0.3 cm层厚的扫描,以精确显示病灶的大小形态和密度,克服部分容积效应的影响。如层厚大,则对同一层面内含有两种以上不同密度而又互相重叠的物质,则所得的CT值(灰度)不能如实反映其中任何一种物质的CT值。病变组织如比周围组织密度高,而病灶厚度又小于层面厚度,则测得的CT值比实际小。相反,则其CT值比实际CT值要高。由于部分容积效应的影响,层面内不同结构物体的边缘轮廓如被斜行横断,则其轮廓由于CT值的不准确而显示不清,如侧脑室顶壁,膈顶,肾脏的上下极等。

在选择层距时最好是层厚等于层距,因平扫CT层距大于层厚有可能遗漏病灶。

进行腹部或盆腔检查前,口服阳性造影剂使肠道非透线化,应该作为CT检查前的常规准备,但该技术不属于增强扫描,其主要目的在于用造影剂标志胃肠道空腔器官,使胃肠和实性器官的界限清晰,又能使正常胃肠器官与病变组织或器官的界限清楚。口服造影剂的浓度为1.3%~3.5%的胃影葡胺或1%~3%泛影葡胺均可。上腹部非透线化准备:口服稀释后造影剂250~500 mL,于扫描前15~30 min分次服下,直至扫描开始。全腹部CT扫描宜全腹非透线化,最好是口服和灌肠法相结合,效果较为理想,我们是在患者检查前一天下午开始,分次服下800~1000 mL稀释碘水,次日上午检查前清洁灌肠后保留灌肠稀释碘水150 mL,再加扫描前15~30 min口服稀释碘水250~500 mL,这样可使全消化道,达到理想的非透线化准备。腹部平扫的非透线化准备亦适用于腹部增强扫描。对于衰竭患者亦不必强求。已知有心衰者,应禁服大量低渗溶液,以免增加心脏负荷。

## (二)增强CT扫描

它是系静脉内注射一定剂量的含碘水溶性造影剂同时或紧接的CT扫描检查方法,虽然平扫CT比普通X线检查的密度分辨率高得多,但是仍有某些病变在CT平扫上呈等密度改变,或者已显示在平扫CT上的病灶,而不能明确其血供是否丰富,则有必要借助于造影增强病变。造影剂进入体内后在各部位的数量和分布,常依各不同组织器官及其病变的内部结构(主要为血管结构)的特点呈现一定的密度和形态差异,临床实践充分证明,增强扫描显著地改善了某些器官CT检查的分辨率和诊断准确率,以颅脑CT检查为例,平扫CT的准确率为82%,增强扫描的准确率上升到92%~95%。

国内常用的CT增强造影剂为60%泛影葡胺(上海信谊制药厂,含碘量292 mg/mL),成人用量通常在60~100 mL,我们选用80 mL,儿童用量按每公斤体重60%泛影葡胺1.5 mL计算,均能获得满意的增强效果。

注药方法大多采用一次性注入法,全量大约在1.5 min左右注射完毕,立即扫描,其主要优点是操作简便,短期内体内造影剂浓度高,故易于显示大血管的结构及其病变,多适于快速扫描。随着CT压力注射器的使用,静脉点滴输入法增强扫描亦渐淘汰。CT压力注射器用于静脉增强CT扫描,在发达国家已普遍使用,根据我院的应用经验,认为它是目前最理想的静脉增强CT扫描法,它可以在计算机设置的程序下控制注射药物的总剂量,分期剂量及速度,精确控制注射多长时间开始扫描(即延迟扫描),其最大的优点是患者注射后恶心呕吐的副作用基本消失,且增强效果好。目前发达国家基本上用非离子碘造影剂取代离子型碘造影剂,碘造影剂的副作用亦明显下降,但非离子型造影剂的碘过敏休克反应仍然存在,决不能轻视。有关碘造影剂的不良反应处理原则等将在第6章中讨论或介绍。

## (三)其他

脑池造影CT扫描,用于检测小脑桥脑角池微小肿瘤,主要是小听神经瘤。嘱患者坐于CT床的一侧,按常规进行腰穿。穿刺针进入蛛网膜下腔后,(针芯内有CSF滴出),将患者被检侧头部向上倾斜45°,同时缓慢经腰穿针向蛛网膜下腔注入滤过空气或氧气5~6 mL,当被检者眶后,耳后或颞部有轻微胀痛感时,提示气体已达小脑桥脑角池。在保持相似的位置下,然后进行定位扫描,自内听道下缘开始向上作2 mm或1 mm的连续扫描,可清楚地显示小脑桥脑角池内的神经和血管,以及内听道结构,一般在检查后卧床休息1天即可。

脊髓造影CT扫描(CTM),实际上是经腰穿或颈椎1、2侧方穿刺达到蛛网膜下腔后把非离子型碘水

5~8 mL,注射到脑脊液内,故其确切含意应是脊髓蛛网膜下腔造影 CT 扫描,对椎管内占位病变、炎症和外伤等蛛网膜下腔粘连均能较好地显示,条件许可应进行常规 X 线脊髓造影照片,有助于造影剂在较短时间内弥散于脑脊液中(变动体位后),亦有助于兴趣区的确定,使做到 CT 扫描能抓住重点。一般在检查后按腰穿要求平卧 6~8 h。

口服法胆囊造影和静脉法胆道造影 CT 扫描,目的是显示 CT 平扫上未能显示胆囊和胆道内的病灶或占位病变。根据我们的经验,扫描前一天下午 5 点钟口服碘番酸 0.5~1.0 g,即能达到良好胆囊造影增强效果。但个别情况中,服常规量的碘番酸(3 g)也未见增强,要求对胆囊进行 3 mm 层厚的扫描,造影良好者应作宽窗位观察和照片。静脉法胆道造影 CT,其方法与常规静脉胆囊造影一样,对兴趣区宜作 5 mm 层厚扫描,必要时 3 mm 层厚扫描或容积扫描。

#### (四)适用范围

CT 检查的适用范围在其他章节中将有详细论述,本节仅是在总体上给予大概的评价,CT 适合于全身各部位新生物即肿瘤的检出,小部分肿瘤的定性诊断,肿瘤分布范围,浸润和转移以及 CT 引导下的活检;适合于全身多数部位炎症检出及其范围大小的确定,如脑、眶、鼻窦、纵隔、肝(细菌或原虫等炎症或脓肿)胰以及骨骼等部位的炎症;适用于全身各部大血管病变(血管畸形,血管瘤,血管闭塞及出血)等的检出和定性诊断;对确定重要脏器外伤出血有定量及定性的重要价值,对多种外伤异物定位亦非常有价值,对某些部位钙化或结石的检出非常敏感。CT 还适用于某些器官变性或先天异常的检出,如肝脏脂肪变性和中枢神经系统先天异常等。

### 三、CT 诊断的临床应用

#### (一)CT 影像的观察

##### 1. CT 图像是从患者足侧向上看的横断面像

一般患者为仰卧位检查,所以,患者右侧为观察者的左侧。俯卧位及侧卧位时,也同样是从患者足侧向上看的横断面像。因而,左、右不难判断。目前,许多装置自动标有左、右侧记号,很便利。

##### 2. CT 诊断学是以人体各部位的横断面影像为基础的

所以,必须对人体各部位的横断面解剖,各脏器的不同横断面形态、大小及位置关系非常熟悉,即建立横断面解剖的概念。

个别加以纵断面及不同轴线的断面解剖。

##### 3. 利用 CT 具有高度密度分辨率的特点

有利于仔细观察病变的内部结构,以明确诊断。如肿瘤内产生坏死,存在气体、脂肪组织、钙化等,都可根据 CT 值测定而判断。

##### 4. 选择合适的窗宽,避免遗漏病变

窗宽表示一定的 CT 值范围,若窗宽选择不合适,属其 CT 值以外的病变和组织在 CT 图像上则显示为黑影或白影,会被遗漏。因此,为防止遗漏病变,应根据观察病变的组织、器官和病变情况,选择合适的窗宽和窗位,得到最佳状态的图像。

#### (二)检查前准备

##### 1. 消化道准备

(1)检查前禁食:凡 CT 检查需作造影加强者,应于检查前禁食。一般若上午检查则禁早餐,下午检查禁午餐。可根据具体检查时间给与少量水份补充。

(2)腹部及盆腔 CT 检查:应作肠道准备。让患者于检查前一日进少渣饮食,尽量减少肠道内气体及内容物。这样,可减少因气体产生的影像干扰。同时,肠内容物少,管径细小,相邻脏器的轮廓则变得清晰。

##### 2. 管腔脏器造影

CT 检查时,除需经血管途径注入造影剂增强效果以外,于消化管等管腔脏器内注入阳性或阴性造影剂,也是广义上的造影增强 CT。它有助于影像的分析,在 CT 诊断中有着重要意义。概括起来,有以下

几种:

(1)上部消化管造影:口服或经胃管注入3%(2%~5%)泛影葡胺400~600 mL,或用1.5%硫酸钡溶液。用于腹部脏器CT检查,有利于胰腺轮廓的衬托,以及肠攀与病变的鉴别诊断。也可用于消化管本身病变的检查。此外,也可于胃内注入空气,或服发泡散使之产气膨胀。

(2)全消化道造影:于扫描前1小时服3% Urografin 1000~1500 mL,并可在扫描前半小时再追加300 mL。目的让胃、小肠全部充以造影剂,用于腹部、盆腔CT检查,以及消化管本身病变检查。

(3)结肠、直肠造影:用于肠管本身病变检查以及盆腔检查。

①经肛门注入3% Urografin、水、空气或橄榄油等阴性造影剂;②口服法:检查前24小时服用3% Umgrafin 600~1000 mL。

(4)膀胱造影:①显示膀胱内腔:可经静脉注入造影剂,但要注意造影剂浓度过高会产生干扰影像,妨碍病变的显示;②显示膀胱壁:让患者饮水后不排尿,膀胱内充满尿液即可。若要了解膀胱壁的伸缩调节功能,需行逆行性膀胱造影,注入适量的造影剂,可为3% Urografin、空气、生理盐水或橄榄油。注意无菌操作。

(5)阴道显示:正常状态时,不能清楚地显示阴道壁。可于阴道内放一相应的塞子,有助于壁的显示。但要注意不要造成阴道的过度伸展状态,从而失去了与周围组织的正常解剖关系。

### 3. 其他造影

(1)腹膜造影:Dunnick 等认为,为了解腹膜内液体分布情况,可于CT检查前行腹膜造影。并对癌性腹膜炎患者可同时于造影剂中加入抗癌剂及透析液,其应用价值有限。

(2)脊髓造影:于普通腰穿后,注入含1.5~3.0 g 碘的水溶性中枢神经系造影剂(即非离子型水溶性碘剂),如碘苯六醇等,再行CT扫描,因脊髓腔显影,能更好地显示脊髓形态及病变。

(3)关节造影:①肩关节造影:关节穿刺成功后,注入60%泛影葡胺3~4 mL,并可加入0.3 mL 1:1000肾上腺素,然后注入空气10 mL。拔针后,轻压穿刺点约1分钟;②肘关节造影:关节穿刺成功后,抽吸关节液,再注入60%泛影葡胺0.5~1 mL,并可加0.3 ml 1:1000 肾上腺素,然后注入空气10~15 mL。应限制关节运动,以防关节囊破裂或造影剂迅速吸收;③腕关节造影:穿刺成功后,注入60%泛影葡胺1.5~2 mL 或空气5~8 mL;④髋关节造影:穿刺成功后,注入35%泛影葡胺或碘肽葡胺2~5 mL。拔针后,压迫穿刺部位时间约1分,同时转动关节使造影剂均匀分布;⑤膝关节造影:穿刺成功后,将75%泛影葡胺4~5 mL 与等量0.5%普鲁卡因混合注入膝关节,随后注入10~20 mL 空气。有的作者认为应注入60 mL 空气。拔针后压迫穿刺点数分钟。嘱患者充分活动膝关节,以促使造影剂扩散和涂布。若注入气体较多,关节囊膨胀较充分,应注意不作剧烈活动,以防关节囊破裂;⑥踝关节造影:穿刺成功后,注入35%碘肽葡胺6~10 mL。拔针后,嘱患者充分活动踝关节,以利造影剂扩散。

### 4. 解痉剂的应用

使用解痉剂的目的为:①抑制胃肠道蠕动,减少伪影,使影像更为清晰;②在胃肠蠕动停止的条件下,可行胃肠道CT检查。于CT扫描前静脉注射高血糖素(Glucagon)1 mg 效果较好。

### (三)造影增强

与普通X线检查相比,CT扫描最大优点是其密度分辨率高。不使用造影剂可以显示各脏器结构及其病变。但某些病变平扫时,不能表现出与正常部份的CT值差别,则有必要借助于造影剂增强病变部位效果,以清楚地显示病变。这种方法称之为造影增强。以下概述CT检查所应用的造影增强方法。

#### 1. 水溶性泌尿系统造影剂

(1)静脉点滴法:在CT装置初期阶段,因扫描时间长,则以静脉点滴法为主体。

普通量点滴法:其目的让所检查脏器能较长时间得到造影增强。以25 mL/分的速度,将250 mL 60% Urografin 于10分内点滴完。在点滴了7分钟以后开始扫描,检查时间以5~8分为宜。用这种方法,血液的增强效果很差,注入10分钟以后,CT值最高达75 HU(Hounsfield Unit,简称HU),且只维持5~10分钟。肝、胰增强效果不良。只有肾实质能得到较好的增强效果。因而可以说本方法主要适用于

肾脏。

大剂量点滴法:为较长时间维持血管内的造影增强作用,应于检查中给与维持量。所以,检查时间长,造影剂用量也相应增大。先用 60% Urografin 100 mL 于 3~5 分内点滴完毕,再以 6 mL/min 的速度维持。于开始点滴 3~5 分后开始扫描,检查时间适于 20 分钟以内。

(2)大剂量快速静脉注射法(Bolus 法):第 3、4 代 CT 应用以来,此法最为普遍,效果也较满意。将 60 mL Urografin 于 1~2 分内注入静脉,立即开始扫描。也可再于扫描中以 8 mL/min 的速度,静脉点滴维持。检查时间适于 20 分以内。这种方法血管腔与脏器实质增强效果好。

(3)动态扫描:①Bolus CT:首先在平扫基础上选出有病变层面,再快速静脉注入造影剂。以 1 mL/kg 的剂量(一般用 60 mL),最高注入速度 8 mL/秒。注入后立即于同一层面行快速连续扫描;②Angio CT:于血管造影检查后,经血管导管注入造影剂后(仍可利用高压注射器),于同一层面行快速连续扫描。

(4)上述方法的比较:注入造影剂后,组织内密度明显增高,即产生增强效果。其效果与注入造影剂量成正比。当然动脉注入法的增强效果更明显。

上述方法中,单纯静脉点滴法效果不如其他方法满意,且不可能了解病变部位的血流动态情况。而动态 CT(包括 Bolus CT 及 Angio CT)可对任一脏器、任何区域的造影剂运行及排泄进行测量,了解其机能状态。能显示动脉、毛细血管及静脉之不同时相,可了解肿瘤部位的血流动态,有助于病变的诊断及鉴别诊断。此外,动态 CT 还适合于心脏的 CT 检查,一次性大剂量快速注射后,最初的层面显示右室,其后显示左室。

当然,Angio CT 的效果比 Bolus CT 效果更好。但它只能适用于血管造影检查后的患者,决不可为了 Angio CT,而给患者插入血管导管。同时,Bolus CT 掌握得好,可获得近似 Angio CT 的效果,并且对患者无创伤,方法简便。

## 2. 水溶性胆系造影剂

由于副作用比泌尿系统造影剂发生率高,不作为一般 CT 检查之造影增强应用。造影剂对胆系有选择性造影作用,在肝细胞内,不与血清蛋白相结合,而被排泄至胆管内。据报告可利用此机制诊断肝内肿瘤,某些肿瘤平扫及一般造影增强未能肯定,用胆系造影剂后得以确诊。因病变部位肝细胞和细胆管被肿瘤侵蚀破坏,静脉注入胆系造影剂后,无增强。而其他功能正常肝组织明显增强,造成肿瘤与正常组织 CT 值的明显差异,清楚地显示了病变。

此造影剂也用于螺旋 CT 胆道造影检查。

## 3. 造影剂应用注意事项

CT 检查造影增强时,血管内注入较大剂量水溶性含碘造影剂,应对碘造影剂的不良反应给以充分重视,特别是有过敏反应者。常见的反应有恶心、呕吐、荨麻疹、呼吸紧迫感、喘息、肺水肿、喉头水肿、血压降低、休克、心律失常直至心跳骤停、死亡。也有的表现为痉挛、意识丧失、寒战及发热,呼吸骤停等。据统计,造影剂致死的严重反应占几万分之一。Lalli 对 228 例血管内注入含碘造影剂致死的病例进行了分析,得知任何一种轻微的反应都可能是其最初症状。最后导致心脏疾患及肺水肿在死亡原因中占重要地位。因此,应用造影剂要小心、谨慎。须注意:

(1)用前详细询问有无过敏史。

(2)碘过敏试验:一般认为没有必要行碘过敏皮内试验。而应于造影增强前静脉注入 1 mL 同型号低浓度造影剂,观察 15 分钟。没有反应方可进行造影增强。

(3)造影剂中加入少量考的松类药物:防止特异性反应,阻止免疫和非免疫性溶血作用有一定效果。

(4)注射过程中和注射后严密观察患者:发现有过敏反应出现,立即停止注射,并密切观察,给以相应处理。即使轻微症状也不可忽视。

(5)急救措施:CT 室内应备抢救药品及必要的急救措施,并置放有条、取用方便。

目前,造影剂的研究与应用也在不断发展,非离子型造影剂的问世是碘造影剂发展中的一个突破性进展。根据国内外大量调查研究资料与临床实践经验证明,非离子型(低渗)制剂的副反应包括严重反应均

明显低于离子型(高渗)制剂,而更为安全、可靠。但因其价格较贵,结合我国目前情况,对以下情况者可予选择性应用以下几种:①60~65 岁以上高龄者及 1 岁以下婴儿;②有心脏病及心功能障碍者;③有肾功能障碍者;④既往有哮喘、枯草热、荨麻疹等过敏性疾病者;⑤有造影剂过敏史以及其他药物过敏史;⑥有糖尿病、多发性骨髓瘤及失水状态者;⑦脊柱 CT 检查同时行椎管造影者(即行 CTM 检查),必须应用非离子型造影剂。

(吴海江)

第二节 MRI 检查

一、磁共振成像原理

生物体组织能被电磁波谱中的短波成分(如 X 线)穿透,但能阻挡中波成分如紫外线、红外线及微波。令人惊异的是,人体组织允许磁共振产生的长波成分如无线电波穿过,这是磁共振能用于临床的基本条件之一。

磁共振(MR)实际上是指核磁共振(NMR)。由于害怕“核”字引起某些人的误解与疑惧,目前通称为磁共振(MR)。核子自旋运动是自然界的普遍现象,也是核磁共振的基础。1946 年美国科学家 Bloch 与 Purcell 几乎同时独立地完成了核磁共振试验,这一科研成果获得了 1952 年诺贝尔物理学奖。自从揭示了“化学位移”现象以来,磁共振学迅速发展起来。1967 年 Jasper Jackson 在活的动物身上首次获得 MR 信号,1972 年 Lauterbur 利用水模成功地获得了氢质子二维的 MR 图像,从 20 世纪 80 年代开始 MR 进入了医学临床应用阶段。

根据 19 世纪的 Gauss 学说,电与磁是一回事,可统称为电磁。电荷沿一导线运动或质子沿轴自旋即可产生磁场,而导线切割磁力线又可产生电流。自然界任何原子核的内部均含有质子与中子,统称核子,都带正电荷。核子像地球一样具有自旋性,并由此产生自旋磁场。具有偶数核子的许多原子核其自旋磁场相互抵消,不能产生核磁共振现象。只有那些具有奇数核子的原子核在自旋中才能产生磁矩或磁场,如<sup>1</sup>H(氢)、<sup>13</sup>C(碳)、<sup>19</sup>F(氟)、<sup>31</sup>P(磷)等。因此,可被选用为核磁共振成像术中的靶子,而氢原子更是其中的佼佼者。氢原子是人体内数量最多的物质,原子核中只含 1 个质子而不含中子,最不稳定,最易受外加磁场的影响而发生核磁共振现象,所以现阶段临床应用的磁共振成像主要涉及氢质子。氢质子带 1 个正电荷,又能自旋,其周围自然形成一个小磁场,整个氢原子核实际上是一个自旋的小磁体。“核”的意思是指核磁共振成像主要涉及到原子核(尤其是氢原子核),与核周围的电子层关系不大。“磁”有两个含义:①磁共振过程发生在一个巨大外磁体的孔腔内,它能产生一个恒定不变的强大的静磁场( $B_0$ );②在静磁场上按时叠加另外一个小的射频磁场以进行核激励并诱发核磁共振( $B_1$ );还要叠加一个小的梯度磁场以进行空间描记并控制成像。“共振”是借助宏观世界常见的自然现象来解释微观世界的物理学原理。例如一个静止的音叉在另一个振动音叉的不断作用下即可能引起同步振动,先决条件是两个音叉固有的振动频率相同。核子间能量的吸收与释放亦可引起共振,处于低能级的氢质子吸收的能量恰好等于能级差即跃迁到高能级水平,释放的能量恰好等于能级差又可跌落回低能级水平,核子这种升降波动是在一个磁场中进行的,故称之为“核-磁共振”。

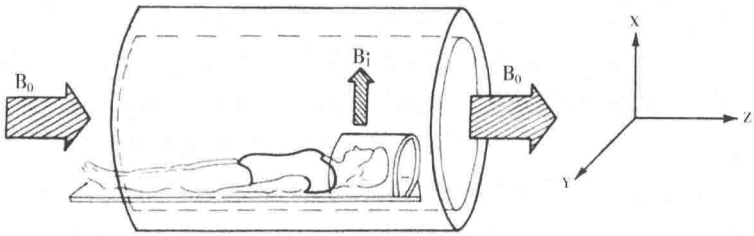


图 2-1 磁共振示意图

从人体进入强大的外磁场( $B_0$ ),到获得清晰的 MR 图像,人体组织与受检部位内的每一个氢质子都经历了一系列复杂的变化。①氢质子群体的平时状态:在无外磁场  $B_0$  的作用下,平常人体内的氢质子杂乱无章地排列着,磁矩方向不一,相互抵消;②在外加磁场中的氢质子状态:人体进入强大均匀的外加磁场  $B_0$  中,体内所有自旋的混乱的氢质子,其磁矩将重新定向,按量子力学规律纷纷从杂乱无章状态变成顺着外磁场磁力线的方向排列,其中多数与  $B_0$  磁力线同向(处于低能级),少数与  $B_0$  磁力线逆向(处于高能级),最后达到动态平衡;③通过表面线圈从与  $B_0$  磁力线垂直的方向上施加射频磁场(RF 脉冲),受检部位的氢质子从中吸收了能量并向 XY 平面上偏转;④射频磁场(RF 脉冲)中断后氢质子放出它们吸收的能量并回到 Z 轴的自旋方向上;⑤释出的电磁能转化为 MR 信号;⑥在梯度磁场(由梯度线圈发出)辅助下 MR 信号形成 MR 图像。

(一)氢质子群体的平时状态

某些原子核(如氢原子核)可以看成是一个具有自旋能力的小星球,因为它带有电荷,自旋进动必然产生磁矩, $\vec{U}$  代表着该原子核周围小磁场的大小与方向。由这种磁偶极产生的小磁场颇似一个旋转着的小磁棒(图 2-2)。平时人体内的氢原子核处于无规律的进动状态,无数的氢原子核杂乱无章地进动着,漫无方向地排列着,其磁矩与角动量相互抵消,整个人体不显磁性(图 2-3, A)。

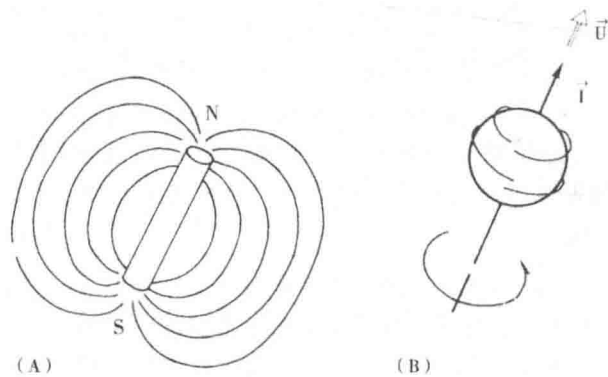


图 2-2 磁偶极产生的小磁场示意图

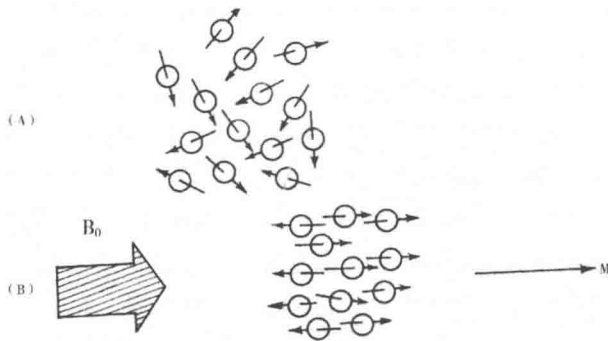


图 2-3 原子活动示意图

(二)在外加静磁场中的氢质子状态

人体进入强大均匀的磁体空腔内,在外加静磁场  $B_0$  的作用下,原来杂乱无章的氢原子核一齐按外磁场方向排列并继续进动,整个人体组织处于轻度磁化状态(图 2-3, B)。由于氢质子的自旋量子数  $I=1/2$ ,只有两种基本的排列方向,一是顺向排列(向上自旋),二是逆向排列(向下自旋),前者与静磁场磁力线方向相同,相应的磁化量子数  $m=+1/2$ ,处于低能级状态;后者与静磁场磁力线方向相反,相应的量子数  $m=-1/2$ ,处于高能级状态。在静磁场中氢质子自旋矢量的方位角  $\theta=\arccos m/\sqrt{I(I+1)}$ 。

在静磁场中自旋(磁动量)矢量有一个转矩或电偶,它们环绕静磁场的纵轴进动,其速率可用 Larmor 公式算出:

$$f = \omega / 2\pi = \gamma B_0 / 2\pi$$

其中  $f$  为共振频率(Hz),  $\omega$  为每秒的角频率(弧度),  $\gamma$  为旋磁比,  $B_0$  为静磁场。对每一种原子核来说  $\gamma$  是一个常数。

一大群原子核在静磁场中进动, 每一个原子核的磁矩其位相是杂乱无章的。也就是说, 它们在进动的圆环中其磁化矢量的顶端处于不同的位置, 但联合起来可形成一个总的磁矩  $\vec{M}$ 。这个净磁矩  $\vec{M}$  是接收线圈产生 MR 信号的根据。

对 MR 成像作用最大的核子是质子, 尤其是氢质子。因为它在人体内数量最大, 其重量小而磁动量大, 在水溶液中氢原子核的数量级为  $10^{23}/\text{cm}^3$ , 其中半数以上与静磁场  $B_0$  的磁力线方向相同, 处于低能级状态。每个氢原子核磁矩的总矢量( $\Sigma$ )可用以下公式计算:

$$\vec{M} = \Sigma P_i \mu_i$$

公式中  $\vec{M}$  为净磁矩,  $\mu_i$  为氢原子核的磁矩,  $P_i$  为氢原子核的数量。由于能量差极小, 因此在两个能级状态中自旋 = 1/2 的氢原子核数目基本相等。例如在 1.5T 的静磁场中处于同向低能级状态的氢原子核比处于逆向高能级状态者仅多  $1 \times 10^{-5}$ 。

在低能级与高能级状态之间根据静磁场场强大小与当时的温度, 势必要达到动态平衡, 称为“热平衡”状态。此时从低能级转入高能级的氢原子数恰好等于从高能级转入低能级的氢原子数, 最后的磁化状态  $M$ , 称为“平衡”状态或“静息”状态。

### (三) 施加射频(RF)脉冲后的氢质子状态

MR 信号的产生分两个步骤, 一是磁共振的激励过程, 二是磁共振的弛豫过程。如前文所述, 氢质子是一群处于一定能量级与方向上不断自旋进动的微粒, 它们类似于一般磁体, 具有磁性、角动量与旋转性。在 MR 扫描机的孔腔内, 人体内所有的氢质子小磁体都将顺着强大静磁场  $B_0$  的方向排列, 其中较多的氢质子其磁矩方向与静磁场  $B_0$  相同(处于低能级), 较少的氢质子其磁矩方向与静磁场  $B_0$  相反(处于高能级)。人体内大量氢质子的小磁极相加, 形成一个微弱的小磁场, 其总磁化矢量  $M$ (图 2-3)仅为静磁场  $B_0$  的几百万分之一, 但方向相同。在常温的“热平衡”状态下顺静磁场  $B_0$  排列的氢质子数毕竟比逆向排列者多  $10^6$  倍, 因此人体磁化矢量  $M$  与静磁场  $B_0$  方向一致。

通过射频(RF)线圈中的电流对 MR 孔腔中的人体组织施加一个垂直方向的交变磁场  $B_1$ , 诱发氢质子产生核磁共振, 这就是磁共振的激励过程。交变磁场  $B_1$  是由射频线圈发出的, 所以  $B_1$  又称为射频磁场。 $B_1$  交变地发出与中断, 按磁共振所需要的频率工作, 所以又称为射频脉冲。射频磁场  $B_1$  与静磁场  $B_0$  有两点不同: ①  $B_1$  十分微弱, 为  $B_0$  的万分之一, 例如  $B_0$  的场强为 1.0T, 而  $B_1$  仅为 0.0001T 即足以诱发核磁共振; ② 静磁场  $B_0$  不仅强大, 而且恒定, 其磁力线方向与 MR 扫描机的孔腔平行。 $B_1$  磁场迅速交变, 其磁力线方向总是与静磁场方向垂直。

$B_1$  磁场的交变振动频率具有严格的选择性, 必须准确地选择  $B_1$  磁场的频率, 使之相当于 Larmor 共振频率, 才能诱发受检组织内氢质子的磁共振现象。Rabi 发现, 在静磁场  $B_0$  的垂直方向上施加一个交变磁场  $B_1$ , 只有在 Larmor 频率时, 交变磁场的能量才会突然大量地被吸收, 这种现象称为共振吸收现象。按照量子力学理论, 氢质子在磁场中只能采取两种能级状态: 高能级与低能级(图 2-4)。通过原子间的热运动相互碰撞, 能量相互传递, 氢质子可在 2 个能级间跃迁; 通过吸收电磁场的光子氢质子也能从低能级跃迁到高能级, 因为光子只能整个地被吸收, 所以在一定的场强下能级差也是一定的, 射频磁场  $B_1$  发射的电磁能(射频能量)必须恰好等于能级差才会被处于低能级状态的氢质子吸收, 并借助于这个射频能量跃迁到高能级状态。在一定的场强条件下射频磁场的交变频率必须符合 Larmor 频率, 它所发出的射频电磁能才恰好等于能级差。

所谓核磁共振就是指氢质子在两种能级上相互转换, 当按照 Larmor 频率施加射频能量时, 迫使氢质子的磁矩从  $m = +1/2$  低能级跃迁到  $m = -1/2$  高能级状态。二者的能级差  $E_{1/2} - E_{-1/2} = \hbar \gamma B_0$ ,  $\hbar \gamma B_0$  ( $= h/2\pi$ ) 是一个常数。