

医学影像专业必修课考试辅导教材

供医学影像专业用

梳理教材知识体系 精讲重点难点考点 揭示名校命题规律

医学影像设备 与检查技术学

王鸣鹏 主编



 科学技术文献出版社

医学影像专业必修课考试辅导教材

医学影像设备与 检查技术学

主 编 王鸣鹏
副主编 余建明 宋清伟
编 者 (以姓氏笔画为序)
牛延涛(首都医科大学同仁医院)
王鸣鹏(上海华东医院)
冯 亮(上海第六人民医院)
宋清伟(大连医学院附属第一医院)
余建明(华中科技大学同济医学院附属协和医院)
陈 悦(上海华东医院)
徐光明(安徽医科大学附属第一医院)
杨 明(华中科技大学同济医学院附属协和医院)
周进祝(上海职工医学院)
康建蕴(大连医学院附属第一医院)
雷子乔(华中科技大学同济医学院附属协和医院)

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北 京

图书在版编目(CIP)数据

医学影像设备与检查技术学/王鸣鹏主编. -北京:科学技术文献出版社,2006.2
(医学影像专业必修课考试辅导教材)

ISBN 7-5023-5227-9

I. 医… II. 王… III. ①影像诊断-医疗器械学-医学院校-教学参考资料
②影像诊断-医学院校-教学参考资料 IV. R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 002166 号

出 版 者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038
图书编务部电话 (010)58882909,(010)58882959(传真)
图书发行部电话 (010)68514009,(010)68514035(传真)
邮 购 部 电 话 (010)58882952
网 址 <http://www.stdph.com>
E-mail: stdph@istic.ac.cn
策 划 编 辑 薛士滨
责 任 编 辑 杨 光
责 任 校 对 唐 炜
责 任 出 版 王杰馨
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 北京高迪印刷有限公司
版 (印) 次 2006 年 2 月第 1 版第 1 次印刷
开 本 787×1092 16 开
字 数 557 千
印 张 19.25
印 数 1~5000 册
定 价 28.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

本书是根据卫生部教材办公室及全国高等医药院校医学影像学专业教材评审委员会所审定的医学影像设备与医学影像检查技术学的教学内容编写而成。内容包括:X线设备和检查技术、CR 成像设备和检查技术、DR、DSA 设备和检查技术、CT 设备和检查技术、MRI 成像设备与检查技术、超声设备与检查技术。每章附有典型试题分析、习题。

适合高等医药院校医学影像学专业广大师生参考使用。

科学技术文献出版社是国家科学技术部系统唯一一家中央级综合性科技出版机构,我们所有的努力都是为了使您增长知识和才干。

目 录

第一章 总论	(1)
第一节 普通 X 线成像	(1)
第二节 数字 X 线摄影	(3)
第三节 计算机体层摄影	(4)
第四节 磁共振成像	(6)
第五节 超声成像	(8)
第二章 X 线设备和检查技术	(14)
第一节 概 述	(14)
第二节 诊断用 X 线机类型及其结构	(16)
第三节 诊断用 X 线管与高压发生装置	(18)
第四节 X 线自动曝光控制系统	(22)
第五节 自动洗片机与激光相机	(23)
第六节 感光材料与照片冲洗技术	(27)
第七节 X 线摄影技术	(32)
第八节 特殊 X 线摄影	(43)
第九节 X 线对比剂	(46)
第十节 消化道造影检查技术	(49)
第十一节 泌尿系统造影检查技术	(51)
第十二节 其他部位造影检查	(53)
第三章 CR 成像设备和检查技术	(77)
第四章 DR、DSA 设备和检查技术	(103)
第一节 数字图像基础	(103)
第二节 DR 成像技术	(105)
第三节 DR 摄影的临床应用	(107)
第四节 数字减影血管造影	(107)



第五节 DSA 的系统构成	(108)
第六节 DSA 的基本原理	(110)
第七节 DSA 的图像采集	(111)
第八节 DSA 的减影方式	(112)
第九节 DSA 的成像方式	(113)
第十节 DSA 的处理技术	(115)
第十一节 DSA 的临床应用	(117)
第五章 CT 设备和检查技术	(141)
第一节 CT 的概述	(141)
第二节 CT 的成像	(149)
第三节 CT 的应用	(162)
第四节 CT 图像的质量	(170)
第六章 MRI 成像设备与检查技术	(196)
第一节 概 述	(196)
第二节 磁共振成像系统的构成	(197)
第三节 磁共振成像序列	(202)
第四节 磁共振成像的图像质量	(205)
第五节 磁共振的伪影及参数对图像质量的影响	(207)
第六节 人体正常组织和病理组织 MRI 信号特点	(210)
第七节 流动现象的补偿技术	(213)
第八节 MRI 对比剂的应用	(214)
第九节 MRI 检查的安全性	(215)
第十节 MRI 特殊成像技术及其应用	(216)
第十一节 MRI 检查技术的临床应用	(219)
第十二节 MRA 的临床应用	(221)
第十三节 MR 水成像技术及其临床应用	(223)
第十四节 MRS 及其临床应用	(224)
第七章 超声检查技术	(245)
第一节 超声检查设备	(245)
第二节 超声检查基本方法	(250)
第三节 颅脑超声	(255)
第四节 头颈部超声检查	(256)
第五节 乳腺超声检查	(259)
第六节 胸部超声检查	(260)



第七节 心脏超声检查.....	(261)
第八节 肝、胆、脾、胰、胃超声检查.....	(264)
第九节 泌尿、男性生殖系超声检查.....	(271)
第十节 妇科超声检查.....	(277)
第十一节 产科超声检查.....	(278)
第十二节 血管超声检查.....	(280)
第十三节 骨、关节及软组织超声检查.....	(281)
第十四节 介入性超声检查.....	(283)
附录 模拟试卷.....	(295)

第一章

总论

自伦琴 1895 年发现 X 线以来,医学影像学已走过 100 多年的路程。在这 100 多年中,医学影像的技术和诊断的方法都发生了翻天覆地的变化,尤其在最近半个多世纪的时间里,新的技术和影像检查方法不断出现,使医学影像技术逐步形成了一门完整、独立的学科。

20 世纪 50 年代到 60 年代,出现了超声成像与核素显像;20 世纪 70 年代和 80 年代,又相继出现了 CT、MRI 和单光子发射体层成像(SPECT);在传统的 X 线摄影领域,数字化的脚步也紧锣密鼓。

20 世纪 80 年代中期,富士公司首先推出了计算机 X 线摄影系统(CR);20 世纪 90 年代中期,又出现了数字 X 线摄影(DR);而超声设备从最初的 A 超到 B 超,又出现了多普勒超声;核医学领域也从最初的核素显像发展到近年出现的正电子发射体层成像(PET);在最早使用的数字化影像设备 CT、MRI,近年来也发展迅速。

第一节 普通 X 线成像

教学大纲要求

熟悉 X 线与医学相关的基本特性。了解 X 线质的基本概念,熟悉 X 线吸收的基本特性。掌握 X 线影像形成的 3 个基本条件。熟悉人体结构与 X 线影像形成的关系,掌握 X 线图像的特点。掌握 X 线的基本检查方法和用途。

教材内容精要

1. X 线的性质和产生

X 线属于一种电磁波。波长范围为 $0.0006 \sim 50 \text{ nm}$ 。用于 X 线诊断的波长范围为 $0.031 \sim 0.008 \text{ nm}$,相当于诊断 X 线能量范围 $40 \sim 150 \text{ kVp}$ 。在电磁波辐射范围内,X 射线的波长在 γ 射线与紫外线之间,肉眼不可见。

X 线与医学应用相关的特性是:

- 物理效应:包括穿透作用、荧光作用、电离作用等;
- 化学效应:包括感光作用和着色作用;
- 生物效应:电离辐射,对生物细胞有杀伤作用。

X 线的产生是能量转换的结果。当在 X 线管的两端加上高电压后,X 线管阴极灯丝散发出的电子获得能量,并以高速运动撞向 X 线管的阳极,由于阳极的阻止,使电子骤然减速转换为新的动能,其中约 99% 的动能产生热量,1% 的动能转换为 X 射线。

2. X 线的质与吸收

- X 线的质由 X 线的波长决定。
- X 线的波长取决于管电压的峰值,管电压越高,波长越短,穿透力越强。
- X 线量是指 X 线光子数量的多少,实际应用中常以 mAs 表示。
- X 线的强度是指垂直于 X 线束的单位面积上,在单位时间内通过的光子数量和能量乘积的总



和,或 X 线束中的光子数乘以每个光子的能量。

- X 线的距离衰减在真空传播过程中与距离的平方成反比。在实际应用中,空气的衰减极其微弱忽略不计。

- X 线穿过物质的吸收衰减受物质的原子序数、物体的密度、厚度和光子能量大小的影响。透过物质后,X 线束中的低能射线被吸收,X 线束的平均能提高。

3. X 线影像的形成

- X 线影像的形成取决于 3 个基本条件:

- (1)具有一定穿透能力的 X 射线,能够穿透人体的组织结构;

- (2)被 X 线穿过的组织结构,存在密度、厚度和质的差异;

- (3)穿过人体后的衰减射线,能被一种介质接收并转换为人眼可见的图像。

- 人体的组织结构都是由不同化学元素组成。根据不同组织和不同器官,其元素的成分、含量有所不同,形成 X 射线的天然对比。

- 人体内的组织结构根据原子序数和密度的不同可分为 3 类:

- (1)X 线显示为高密度的有骨组织和钙化病灶等;

- (2)X 线显示为中等密度的有软骨、肌肉、神经、实质器官、结缔组织和体液等;

- (3)X 线显示为低密度的有脂肪组织以及有气体存在的组织和器官。

- 当一束一定强度的 X 线穿透厚度相同、密度不同的组织结构时,由于组织产生的 X 线吸收差,在 X 线的接收介质上(胶片或荧光屏)表现为黑与白(或明与暗)之间有层次差异的 X 线图像,或称灰阶图像。

- X 线成像过程中,X 线吸收多的组织结构(如骨骼),在照片上表现为白色;X 线吸收少的组织结构(如肺),在照片上表现为黑色;在这两者之间的组织结构,都表现为有一定灰度差的中间灰阶。

- 疾病状态下,人体的组织密度会发生变化。X 线成像就利用正常和异常人体组织密度或结构的变化,进行疾病的诊断。如,肺结核时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病灶。

4. X 线图像的特点

- X 线图像是一幅黑白程度不一的灰度图像,灰度图像是间接地、以光学密度的方式反映人体的组织结构或病理状态。

- 人体组织结构中的密度与 X 线图像上表现的密度是两个不同的概念。前者是指人体组织中构成化学元素的质量和原子序数,后者是指由 X 线的吸收衰减、通过成像介质转换后所形成的光学密度变化。

- 人体组织结构是三维的,而通过 X 线投影照射后形成的图像是一幅二维、前后重叠的图像,其在沿 X 线投射方向的路径上没有空间分辨率。

- X 线成像基本根据被照射物体的质量变化,无法区分总体质量相同而数量有所不同的变化。如一个物体体积相同,但物质的密度和原子序数不同;另一个物体密度和原子序数相同,但物体的体积不同,经 X 线照射成像后,两个物体可形成相同的灰阶。

- X 线成像时,是向着人体投影方向的一束锥形束。由于中心线束与周边线束、被照体与成像介质之间的距离,可产生一定程度的放大与失真。

5. X 线的检查方法

- X 线的检查方法可分为三大类:

- (1)普通 X 线检查(包括透视与摄影);

- (2)X 线造影检查;

- (3)X 线特殊检查。

- X 线透视检查:优点是透视时可转动病人体位,改变方向进行观察;可了解器官的动态变化;



操作方便,检查费用低;可立即得出结论。缺点是透视影像的清晰度和对比度较差;缺乏客观记录;病人的辐射剂量相对较大。

• X线摄影检查:优点是清晰度、对比度良好;能显示密度、厚度差异较小的部位;有客观记录。缺点是一幅照片只能显示一个方位,无动态影像;相对检查费用较高。

• X线造影检查:优点是可用于X线对比较差的器官或部位,扩大了X线检查的应用范围;与透视检查相结合,可动态观察X线透视和摄影无法看到病变情况。缺点是检查过程较复杂;相对检查费用较高;可引起对比剂过敏反应。

X线特殊检查:优点是可满足影像学检查方法不同的需要,作为常规X线检查方法的补充。除乳腺X线摄影、高千伏摄影外,其他一些特殊检查方法由于CT、MRI的出现已很少使用。

第二节 数字X线摄影

教学大纲要求

掌握数字X线摄影与普通X线摄影的主要差别。熟悉CR X线摄影成像介质的基本特性,掌握CR成像系统的优缺点。熟悉DF成像系统的成像介质,熟悉DF系统的基本成像过程,掌握DF系统的优缺点。了解DSA系统与DF系统之间的差异,掌握DSA减影的基本方式。熟悉DR探测器系统的种类,掌握各种DR探测器的特点,以及与CR相比的优缺点。

教材内容精要

数字X线摄影包括:计算机X线摄影(computer radiography, CR)、数字X线透视(digital fluorography, DF)、数字X线摄影(digital radiography, DR)和数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)。

1. 数字X线摄影基础

• 数字X线摄影的本质仍为X线成像。数字摄影的方法是普通X线摄影采用数字成像介质,使最终形成的图像具有数字图像的属性。

• 数字图像经处理后,用于显示的图像仍为模拟图像(胶片、监视器)。

• 普通X线成像使用胶片、影像增强器,而数字X线成像则使用成像板等探测器。

• 由于成像源、成像物体相同,数字成像的特性取决于所使用成像介质的性能。

• 根据数字成像使用的介质不同、方法不同和检查的目的不同,可有多种数字成像的类型和名称。

• 除数字X线摄影(DR)外,其他几种方式都是间接数字成像。间接数字成像需经过多次转换。

2. CR X线摄影

• CR X线摄影采用成像板(image plate, IP)代替X线胶片作为成像介质,IP上采集的影像信息由专用的读取装置读取、处理,最终显示为一幅经数字化处理的图像。

• CR所采用IP的主要组成成分是:含有微量元素铈以及钡氟溴(或氟、碘)化合物的结晶体。

• IP中含有铈离子的氟卤化钡化合物属于光激励发光物质,具有二次激发特性。

• 该光激励发光物质同时又具有储存能量的特性,又被称为储能荧光体,其第二次被激发光的强度与第一次储存的能量成正比。

• IP读取装置的主要部件是红外线激光扫描仪和模数转换器。由激光扫描后产生的荧光,经光电倍增管转换为电信号,再由模数转换器将电信号转换为数字信号,由数字影像信息系统处理成像。



- CR 系统数字图像处理的主要方法有:灰阶(或对比度)处理、空间频率处理、动态范围控制处理和能量减影等。

- CR 系统的优点是:密度分辨率高;曝光宽容度大;可数字化处理;IP 可重复使用;重拍片率降低;可用数字格式存储图像;图像可进入网络共享。

- CR 系统的主要缺点是:空间分辨率较低,3~5 LP/mm;成像速度较慢。

3. 数字 X 线透视

- DF 采用荧光增强系统作为 X 线的成像介质。DF 将 X 线能转换为光能的物质是碘化铯荧光体。

- DF 的基本成像过程是:X 线照射荧光发光物质后,经影像增强器增强放大由高分辨率摄像机扫描摄取,得到的模拟图像再由模数转换器转换为数字图像。

- 新型的 DF 机,摄像机中的摄像管已由电容耦合器(charge coupled device, CCD)替代。

- CCD 的优点是:灵敏度更高;动态范围大;空间分辨率高(CCD 为 22 LP/cm;摄像管为 16 LP/cm);无几何失真;余辉小(CCD<2%;摄像管为 10%~20%);无老化寿命长。

- DF 的优点是:成像速度快;辐射剂量较小;有图像后处理功能;有透视功能。

- DF 的缺点是:空间分辨率较低;不能与普通 X 线装置兼容。

4. 数字减影血管造影

- 数字减影血管造影(DSA)的基本结构和成像原理与 DF 相同。

- DF 主要用于胃肠检查,可兼顾某些部位的数字摄影以及简单的图像后处理功能;DSA 主要用于血管造影,有血管造影专用的成像和后处理功能。

- 新型 DSA 机中的重要元器件摄像管现在都由数字平板探测器替代。

- 根据所采用的材料不同,数字平板探测器可分为两大类:非晶硅数字平板探测器和非晶硒平板探测器。

- DSA 的工作原理是蒙片与血管像相减,获得血管减影像。

- DSA 的主要减影方式有:时间减影;能量减影和混合减影。

5. 数字 X 线摄影

- 数字 X 线摄影(DR)主要采用四种探测器:非晶硒平板探测器;多丝正比电离室;非晶硅平板探测器和电容耦合器(CCD)。

- 最新具有代表性的平板探测器为非晶硒平板探测器,属于直接转换 X 线成像。另外,多丝正比电离室也属于直接转换 X 线成像。

- 非晶硒的主要特点是:图像质量高、时间分辨率高、曝光宽容度大。

- 非晶硅的主要特点是:成像速度快、空间和密度分辨率较高、信噪比较高。

- CCD 的主要特点是:光电灵敏度高、动态范围大、空间分辨率高、无失真、惰性极小、高性能,长寿命。

- 多丝正比电离室的主要特点是:照射剂量低、动态范围宽、直接转换数字化成像。

- DR 与 CR 比较的优点:(1)DR 图像的清晰度优于 CR;(2)DR 的信噪比优于 CR;(3)DR 的成像时间快于 CR;(4)DR 的 X 线转换效率高、DQE 高;(5)DR 探测器的寿命长,DR 约 10 年,CR 约 1 年。

第三节 计算机体层摄影

教学大纲要求

熟悉 CT 工作的基本概况和 CT 成像的基本原理。掌握 CT 结构的基本特点和各种 CT 机的成像特性。熟悉 CT 图像的基本特点。



教材内容精要

1. CT 的概况

- CT 是最早使用数字化图像的医学成像设备。
- CT 使用人体横断面成像,不同于普通 X 线摄影成像方式。
- CT 仍使用 X 射线作为成像源,其 X 射线与人体作用的相互关系与普通 X 摄影相同。
- CT 采用探测器作为成像介质,其成像性能主要取决于成像介质使用的材料。
- CT 使用数字化图像信息,具有数字化图像的属性 and 基本功能。
- CT 引入了 CT 值概念,在疾病诊断中增加了定量的尺度。
- CT 属于容积成像,所采集的图像具有三维的信息。
- CT 图像由于是三维采集,因而可进行各种三维形式的后处理成像。

2. CT 的基本原理

- CT 采用 X 射线,从人体各个方向进行扫描,扫描后的衰减射线由探测器接收,并将 X 射线转换为可见光再进行光电转换,最后经模数转换后由计算机作数字图像处理成像。
- 数字图像以矩阵方式表示。矩阵中的每一个方格称之为像素。
- 接收了衰减射线的像素,具有图像形式的基本要素——灰度。
- 灰度的变化取决于已接收衰减射线的强弱。
- 模数转换器的位深决定了灰阶的大小,该灰阶可调节以适应人眼视觉和诊断的需要。
- CT 中,像素的灰度值又被赋予了 CT 值定义。CT 值是根据包含人体所有组织射线衰减系数计算确定的。

3. CT 的构成特点

CT 有两种不同的扫描模式:序列扫描模(逐层扫描)式和容积扫描模式(螺旋扫描)。

螺旋扫描机以前的 CT 机共分为五代,都为序列扫描模式。

螺旋扫描机有单层和多层螺旋,同时有序列和容积扫描模式。

CT 机中的重要部件是探测器和阵列处理计算机。

螺旋扫描机是今后 CT 机的发展主流。与螺旋扫描有关的新成像参数是:螺距和重建间隔(或增量)。

在螺旋扫描方式中,螺距与 CT 的成像质量有关。螺距增加,图像质量降低,螺距减小,图像质量改善。

多层螺旋的扫描层厚更薄、扫描时间更短、图像分辨率更高。最薄扫描层厚达 0.5 mm;最短扫描时间每周 0.33 s;最高横向、纵向分辨率 0.3 mm 和 0.4 mm。

4. CT 图像的特点

CT 的图像是人体横断面的图像,与普通 X 线图像完全不同。因横断面解剖关系的变化,形成了横断面解剖学。

CT 是容积扫描采集的图像数据,可用各种三维后处理图像的形式显示图像。

CT 的图像是数字灰阶图像,但 CT 数字图像矩阵中的每一个像素又包含和反映了相应体素的 X 线吸收系数。

CT 图像的密度分辨率比普通 X 线摄影甚至数字 X 线摄影更高。普通 X 线摄影的动态范围是 1:100;CR 摄影的动态范围是 1:10 000;CT 的动态范围是 1:1 000 000。

X 线摄影图像(包括数字 X 线摄影)有灰度或密度变化,但没有量的概念;CT 可采用 CT 值定量测量感兴趣的组织结构。



第四节 磁共振成像

教学大纲要求

熟悉 MRI 的基本原理,掌握 MRI 的基本概念。掌握 MR 成像的基本方法,掌握脉冲序列和成像参数对成像的意义。掌握 MRI 图像的特点。

教材内容精要

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)是一种非创伤性的成像方法。它不像常规 X 线成像是利用电离辐射显示人体内部的解剖结构,而是利用一定频率的射频信号在一外加磁场内,产生任意人体平面的断面图像。

1. MRI 的基本原理

• 人体由很多分子组成。分子由原子核和周围的电子组成,而原子核又由带电荷的质子和不带电荷的中子组成。

• 从理论上讲,很多元素都可以用核磁共振方法来成像,即任何一个原子核,只要其所含的质子或中子的任何一个为奇数时,就具备了磁性,也即可产生磁共振信号。

• 在医学上, MRI 主要利用氢原子核来成像。其主要原因是:(1)氢原子核对磁共振信号的敏感性高;(2)它在自然界含量丰富,如在人体中氢原子广泛存在于水和脂肪中;(3)氢原子产生的磁共振信号要比其他原子高 1 000 倍。

• 氢原子核有两个特性:(1)氢原子核有一个不在原子核中心的正电荷;(2)氢原子核具有角动量或自旋。

• 自旋氢原子核的正电荷沿着一个近似圆形的路线运动,从而在其周围产生一个磁场。该微观的磁场被称为磁体偶极子。

• 共振是日常生活中的一种自然现象。如在听力检测中使用的音叉,经敲击后音叉产生震动,同时使空气产生震动发出声波。又如将一个指南针用手指敲击,可使指针来回摆动,最后停止于一个方向,这种现象都被称为共振。指南针的共振是由于指南针本身处于地球这个大磁场,最后指针停止的方向与地球磁场方向有关。共振时震动速度的快慢,称为共振频率。在 MRI 成像中,共振的频率与外磁场的强度成正比。

• 氢原子核中的质子(磁体偶极子)在没有外加磁场的影响下,它的磁距是任意指向、杂乱无章排列的。在外加磁场作用下,质子群本身的磁距会沿静磁场的方向定向排列。在静磁场中,略超过半数 and 略少于半数的质子相反排列。低能量级的质子(平行与静磁场方向)与高能量级的质子(反平行与静磁场方向)的能量相互抵消,产生平衡的磁化量 M_0 。

• 具有自旋特性的氢质子在外加静磁场的作用下,静磁场可对质子本身自旋的磁距产生扭转,使质子顺着外加静磁场的旋转轴旋转,这种物理现象称为进动。进动的速度称为进动频率,或称共振频率,或称 Larmor 频率。进动频率取决于外加静磁场的场强,场强越大,进动频率越高。

• 氢质子的共振频率非常重要:(1)人体的 MRI 检查必须采用该频率的电磁波(即 RF 脉冲)才能激励氢原子核;(2)MRI 成像的接收器也必须调节至该频率范围,才能接收来自于病人的信号。

• 当在一个静磁场中的氢原子核受到相匹配的射频脉冲激发后,质子吸收能量,同时将吸收的能量以相同频率的电磁波形式释放,该吸收能量的过程称为激励,释放能量的过程称为核磁共振。

• 人体中磁共振成像的信号强度取决于质子的数量或质子的密度。人体中脂肪、肌肉、血液以



及骨骼的质子含量各不相同,决定了成像后各种组织信号的强弱和对比差。

• 磁共振成像中,除了组织的质子含量多少对成像信号的强弱有关以外,对于磁共振成像信号更为重要的影响是:组织磁化的弛豫时间。

2. MRI 的基本概念

• 与 X 线和 CT 的成像原理不同, MRI 没有 X 线辐射,其主要是利用了质子密度和质子弛豫时间(T_1 和 T_2)的差异成像。人体中质子之间的差异一般为 10%,而弛豫时间的差异和可达数百倍。

• 弛豫是在静磁场作用下,物质接受射频脉冲和去除射频脉冲,从高能状态回落到低能状态的恢复过程。

• 氢原子核质子的 T_1 弛豫时间。质子在受到射频脉冲激励后,吸收能量,射频脉冲停止,纵向磁化开始恢复,质子释放能量。此时,在线圈中产生射频信号。纵向磁化的恢复率是以纵向弛豫时间(T_1)表示的。 T_1 就是沿静磁场方向的纵向恢复约 2/3(63%)所需的时间。人体中不同的组织具有不同的 T_1 值,如脂肪为 150~250 ms,脑脊液为 2~3 s。故 T_1 弛豫又称纵向弛豫。

• 氢原子核质子的 T_2 弛豫时间。射频脉冲激励停止后,最初阶段的质子进动频率是一致的,或称相位一致,此时的 MR 信号最强,很快在静磁场中质子的横向磁化迅速衰减为零,使接收器线圈中的信号减少,以致完全丧失。衰减 63%的横向磁化所需的时间,亦即横向磁化衰减至原有值 37%所需的时间,称为 T_2 弛豫时间。 T_2 弛豫时间与下述 3 个因素有关:(1)由于外加静磁场的强度是不均匀的;(2)医用 MRI 扫描仪存在空间定位所需的梯度磁场,使一个体素内质子的进动频率发生变化,结果使质子失去其相位的一致性,或称失相位。上述两个因素为体外因素;(3)由于人体内已磁化质子之间的相互作用,以及由于分子和巨分子所建立磁环境的相互作用,也可导致相位不一致,或失相位。

3. MRI 的成像方法

• 由外加磁场和射频脉冲激发的磁共振信号是一个三维体积信号,如不是作三维体积成像,则需要在静磁场内附加一个梯度磁场。梯度磁场通过 X、Y 和 Z 三个方向的定位,最终确定所需成像的层面和每一个体素。

• 横断面的 MR 成像是沿着人体长轴(Z 轴)方向在静磁场内加上一个梯度磁场,由于 z 轴梯度磁场的作用,使磁场强度从足侧向头侧逐渐增强。如将受检者的头部置于 1.0 T 的静磁场中央,施加 42.6 MHz 的射频脉冲,则静磁场内的头部只有在 1.0 T 处的一个层面内的质子能受到激励,而邻近层面内的质子不受激励,从而使被检部位的层面分开。

• 层面确定后,在静磁场内沿着人体 X 轴方向再叠加一个梯度磁场,使磁场强度从右至左逐渐增强,根据层面选择的原理,人体横断面可再分成众多的纵列依次进行磁共振信号的检测,该方法在磁共振成像中被称为“频率编码”。频率编码是层面受到脉冲激励后开始启动的。

• 频率编码后,在静磁场内沿着人体 Y 轴方向再叠加一个梯度磁场,使磁场强度从人体的前方向后方逐渐减弱,由于磁场的强度不同和相位的不同,人体横断面可被分成横行的编码位置,这种方法被称为“相位编码”。通过层面选择、频率编码和相位编码后,人体某一层面和层面内的每一个体素点被确定,采集到的磁共振信号可由计算机重建成横断面图像。

4. 脉冲序列和扫描参数

• 磁共振成像需要了解组织的特性,包括局部 T_1 、 T_2 弛豫时间、质子密度等,单个脉冲序列不能解决这些问题,往往需要采用一个组合的脉冲。

• 一系列不同强度的射频脉冲组合称之为脉冲序列。

• 脉冲序列中每个脉冲之间的间隔时间被称为重复时间。

• 磁共振信号不但取决于脉冲信号的强度,还取决于各个脉冲间的时间间隔和脉冲的组成方式。

• 可由操作者改变的参数被称为扫描参数,如改变组织 T_1 、 T_2 弛豫的时间或组织间的信号对



比等参数。

• 目前临床上常用的脉冲序列有部分饱和序列、反转恢复序列、自旋回波序列和梯度回波序列等。

5. MRI 图像的特点

• 目前已知决定 MR 图像的组织参数有 3 个:(1)被检组织的质子密度;(2) T_1 弛豫时间;(3) T_2 弛豫时间。

• 氢原子核是由单一质子组成,所以单位体积内氢质子数目越多,产生的 MR 信号越强。而含氢质子较少的组织或区域(如含气的脏器),不产生 MR 信号或信号很弱。

• 人体的大部分组织中,质子密度相差不是很多,其所产生的 MRI 信号的差别形成的灰阶很难用肉眼区别,因而质子密度成像与 T_1 、 T_2 成像比较,意义较小。

• T_1 弛豫时间短的组织,纵向磁化恢复得快; T_1 弛豫时间长的组织,纵向磁化恢复得慢。纵向磁化恢复得多及快的组织产生的 MRI 信号强,反之则弱。

• T_1 弛豫过程是在主磁场作用下进行,因而 T_1 弛豫时间的长短与主磁场的磁场强度和所采用的发射、接收频率有关。

• T_2 弛豫时间长的组织,横向磁化衰减得慢、信号强,反之,弛豫时间短的组织,横向磁化衰减得快、信号弱。

• 流动效应或称流空效应是指正常流速的血液(大于 10 cm/s)不产生或只产生很低的信号,其与其他一些组织有非常好的对比。

• 三维傅立叶变换成像方法是磁共振成像中一种特殊的采集和重建方法,其采集的是人体组织的三维原始数据,但最终重建的是二维平面图像。

• 三维傅立叶变换成像采用一个频带很宽的“非层面选择性脉冲”,一次将整个成像范围的体积同时激励,然后启动两个方向的梯度磁场(Y、Z)同时进行相位编码,最后采集平面数据时由读出梯度磁场(X)作频率编码。

• 三维傅立叶成像图像的信噪比大大提高,是一个容积的数据采集,重建后的各层之间无数据遗漏,一次数据采集可重建各种多方位图像。该成像方法的主要缺点是采集的数据量大,重建耗时多,使检查时间延长。

• MRI 虽然对很多病变的发现和鉴别起了重要的作用,但对某些病变仍缺乏特异性。利用磁共振波谱分析,可对病变的定性起到一定的作用。利用 MRI 所得到的解剖学和病理学信息,结合 MR 波谱分析所反映的生物化学信息来进行综合分析。

第五节 超声成像

教学大纲要求

掌握超声波成像的基本概念。熟悉与超声波成像有关的基本物理量。掌握超声波的基本物理特性以及超声诊断的声场。熟悉超声在人体中的几种生物效应。掌握人体组织和液体的不同回声强度。

教材内容精要

超声检查是利用超声波的物理特性和人体器官的组织声学特性相互作用后产生的信息,并将其接收、放大和处理后形成图形、曲线或其他数据,借此进行疾病诊断的检查方法。



1. 超声波的基本概念

• 超声波是指频率超过人耳听觉范围(20~20 000 Hz)的高频声波,或频率大于20 000 Hz的机械(振动)波。

- 超声波属于声波范畴,它具有声波的共同物理性质。
- 声波必须通过弹性介质进行传播,在液体、气体和人体软组织中的传播方式为纵波(疏密波)。
- 声波具有反射、折射、衍射和散射特性。
- 声波在不同介质中(空气、水、软组织)分别具有不同的声速和衰减。
- 诊断最常用的超声频率是2~10 MHz(1 MHz=10⁶ Hz)。

2. 超声波的基本物理量

• 超声有3个基本物理量。即频率(f)、波长(λ)和声速(c)。三者的关系如下:

$$\lambda = c/f$$

频率不同的声波在同一介质中的传播速度(c)基本相同,因此超声波的波长(λ)与频率(f)成反比,即频率越高,波长越短。

• 在不同的介质中,声速有很大的差别:空气(20℃)344 m/s,水(37℃)1 524 m/s,肝脏1 570 m/s,脂肪1 476 m/s,颅骨3 360 m/s。

• 人体软组织的平均声速为1 540 m/s,与水的声速接近。骨骼的声速最高,相当于软组织平均声速的2倍以上。

3. 超声波的声场

• 超声波的声场是指发射超声在介质中传播时其能量所能达到的空间。超声波的声场简称声场或声束。

• 超声声束的形状、大小及声束的能量分布,与所用探头的形状、大小、阵元素及其排列、工作频率、有无聚焦以及聚焦方式的不同有很大的关系。

• 声束还受人体组织不同吸收衰减、反射、折射和散射等因素的影响。

• 声束由一个大的主瓣和一些小的旁瓣组成。超声成像主要依靠探头发射高度指向性的主瓣并接收回波。旁瓣的方向性有偏差,易产生伪像。

• 声场可分为近场和远场两部分。近场声束集中,呈圆柱形。远场声束扩散,呈喇叭形。

• 超声波指向性优劣的指标是近场长度和扩散角。超声频率越高、波长越短,则近场越长、扩散角越小,声束的指向性越好。

• 采用聚焦技术,可使聚焦区超声束变细,减少远场声束扩散,改善图像的横向分辨率。

4. 超声波的物理特性

• 束射性或指向性是诊断用超声的主要物理特性。超声波与一般声波不同,由于频率高、波长短,在介质中呈直线传播,具有良好的束射性或指向性。

• 超声在介质中传播时可发生反射、折射和散射。超声在介质中的传播与介质的声阻抗密切相关。

• 声阻抗是声波传递介质中某点的声压与该点速度的比值,等于密度与声速的乘积。

• 超声束在相同阻抗、比较均匀的介质中呈直线传播。超声束在传播过程中遇到大于波长和不同声阻抗的界面时,部分声束发生折射进入介质,部分声束发生反射。

• 超声束遇到远小于声波波长和不同阻抗界面时(如红细胞),向各个方向产生散射。

• 声波在介质内传播过程中,声能随距离的增加而减弱被称为衰减。

• 衰减还与超声的频率有关,频率高,衰减显著。衰减的主要原因有:声波的吸收、散射和声束扩散。

• 人体组织衰减的一般规律是:骨>软骨>肌腱>肝、肾>血液>尿液、胆汁。

• 组织、体液中蛋白成分尤其是胶原蛋白成分越高,衰减越显著;反之,组织、体液中水分含量越



多,衰减越少。组织中钙质成分越多,衰减也越多。

- 超声的分辨率是指超声在人体组织中传播时,显示器上能够区分声束中两个细小物体的能力或两者之间的距离。

- 超声的分辨率受多种因素的影响,它们是:超声波的频率、脉冲的宽度、声束的宽度、声场的远近、能量的分布、探头的类型和仪器的性能。

5. 超声的生物学效应

- 超声波在生物组织内的传播过程中,会使物质的分子微粒发生高频的机械振荡,产生生物效应。

- 热效应:由于组织的黏滞吸收效应,可使部分超声能量转换为热能,导致局部温度升高。

- 空化作用:在强功率超声照射下,局部组织产生压力增大和降低的交替变化,液体可“断裂”引起气体微泡形成。

- 高强度聚焦超声:高强度的聚焦超声对生物组织有强大的破坏作用。利用其热凝固和杀灭肿瘤细胞的作用,可用于肿瘤的治疗。利用其机械振荡作用,可用于碎石治疗。

6. 人体不同组织和体液回声强度

- 人体组织和体液回声强度一般可分为:高水平回声(强回声)、中等水平回声、低水平回声和无回声四级,或简称为高、中、低和无回声。在四个分级之前也可冠以形容词,如极高、极低、中高中低,以示四个级别之间的区别。

- 均质性液体如胆汁、尿液为无回声;某些均质的固体如透明软骨、小儿肾锥体可无回声或接近无回声。

- 均质性液体如尿液中混有血液和沉淀,囊肿合并出血或感染,液体内回声增加;软骨等均质固体如纤维化、钙化,则由原来无回声变为有回声。

- 均质性液体如血液、脓液混有许多微气泡,可使回声增强;新鲜的出血、血肿、静脉内血栓形成,可使回声增多、增强。

- 组织的病理形态中,结石、钙化的回声最强;纤维化、纤维平滑肌瘤、脂肪瘤次之;典型的淋巴瘤回声最低,甚至接近无回声。

- 正常人体组织的回声强度:皮肤高或较强回声;皮下脂肪组织低回声;肝、脾实质典型的中等回声或称等回声;肾皮质等回声,比肝脾实质回声略低;肝、脾、肾的包膜高回声;胸膜-肺组织极高回声,伴有多次反射和声影。

典型试题分析

(一) 单项选择题

1. 下述关于 X 线质的叙述,正确的是:

- A. 波长越短,射线越软 B. 千伏越高,波长越短 C. 毫安决定射线束的波长 D. 毫安越高,波长越短 E. 千伏乘以毫安等于波长

答案:B

考点:本题主要考对 X 线成像基本概念的掌握,即决定 X 线性质的主要因素。根据我们已掌握的知识,X 线的性质由 X 线的波长决定,波长越短,射线越硬,强度或穿透力越大。而波长的长短和强度与毫安无关。

2. 下述关于 CT 成像的叙述,错误的是:

- A. CT 是容积成像 B. CT 图像的像素包含灰阶 C. CT 是直接数字成像 D. CT 成像使用了 X 线源 E. CT 主要采用横断面成像