

SHI YONG YING XIANG ZHEN DUAN XUE

实用影像诊断学

主编 孟淑春 马 磊 申长义 张 琴

天津科学技术出版社

实用影像诊断学

主编 孟淑春 马 磊 申长义 张 琴

天津科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用影像诊断学/孟淑春等主编. —天津:天津
科学技术出版社,2010.6
ISBN 978-7-5308-5786-1

I. ①实… II. ①孟… III. ①影像诊断 IV.
①R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 139016 号

责任编辑:郑东红

责任印制:王 莹

天津科学技术出版社出版

出版人:蔡 颢

天津市西康路 35 号 邮编 300051

电话 (022)23332693(编辑室) 23332393(发行部)

网址:www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

泰安开发区成大印刷厂印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张 14.5 字数 340 000

2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定价:48.00 元

主 编 孟淑春 马 磊 申长义 张 琴

副主编 (以姓氏笔画为序)

刘传照 李 勇 张丽红 姜 波 姚有岩 高维仁
黄贤会

编 委 (以姓氏笔画为序)

马 磊 申长义 刘传照 李 勇 张 琴 张丽红
孟淑春 姜 波 姚有岩 高维仁 黄贤会

前 言

当前,随着医学科学技术飞速发展,新理论、新技术、新方法不断在临床实践中得到广泛推广与应用。影像医学为近年来发展最快的学科之一,为了反映当前影像医学最新研究进展,更好的为临床制定治疗方案提供客观依据,我们在繁忙的工作之余,广泛收集国内外近期文献,认真总结自身经验,编写成《实用影像诊断学》一书。

全书共10章。第一章医学影像检查技术,简要介绍了X线、CT、MRI、超声检查技术等;第二章至第十章详细介绍了骨骼与肌肉系统、胸部、腹部与盆部、中枢神经系统等影像学检查新技术、新理论以及影像学诊断要点。希望该书的出版对国内影像医学的发展起到推动作用。

由于我们水平所限,加之时间仓促,书中难免有不妥之处,敬请各位读者批评指正。

孟淑春

2010年3月

目 录

第一章 医学影像检查技术.....	1
第一节 X线检查技术.....	1
第二节 CT检查技术.....	24
第三节 MRI检查技术.....	28
第四节 超声检查技术.....	37
第二章 骨与软组织.....	58
第一节 检查技术.....	58
第二节 正常影像学表现.....	59
第三节 基本病变影像学表现.....	62
第四节 骨骼与软组织的创伤.....	64
第五节 骨与软组织的化脓性感染.....	68
第六节 骨肿瘤与肿瘤样病变.....	71
第七节 椎间盘病变与椎管狭窄.....	76
第三章 肺与纵隔.....	79
第一节 检查技术.....	79
第二节 正常影像学表现.....	80
第三节 基本病变影像学表现.....	85
第四节 支气管扩张症.....	90
第五节 气管及支气管异物.....	91
第六节 慢性支气管炎.....	92
第七节 气管肿瘤.....	92
第八节 肺炎.....	93
第九节 肺脓肿.....	94
第十节 肺肿瘤.....	95
第十一节 肺结核.....	98
第十二节 肺不张.....	100
第十三节 气胸.....	101
第四章 心脏与大血管.....	102
第一节 检查技术.....	102
第二节 正常影像学表现.....	105
第三节 基本病变影像学表现.....	108
第四节 高血压心脏病.....	113

第五节	先天性心脏病	114
第六节	风湿性心脏病	122
第七节	肺源性心脏病	124
第八节	冠状动脉粥样硬化性心脏病	126
第九节	心肌疾病	129
第十节	心包炎	131
第五章	乳腺	134
第一节	检查技术	134
第二节	正常影像学表现	134
第三节	基本病变影像学表现	136
第四节	乳房纤维腺瘤	138
第五节	乳腺增生病	138
第六节	乳腺癌	139
第六章	食管与胃肠道	141
第一节	检查技术	141
第二节	正常影像学表现	143
第三节	基本病变影像学表现	145
第四节	食管癌	148
第五节	食管异物	148
第六节	贲门失弛缓症	149
第七节	食管其他疾病	150
第八节	慢性胃炎	151
第九节	消化性溃疡	151
第十节	胃癌	152
第十一节	溃疡性结肠炎	153
第十二节	克罗恩病	154
第十三节	大肠癌	155
第十四节	肠结核	156
第十五节	肠套叠	157
第七章	肝脏、胆系、胰腺、脾脏	159
第一节	检查技术	159
第二节	正常影像学表现	160
第三节	基本病变影像学表现	165
第四节	肝脓肿	168
第五节	肝硬化	169
第六节	肝血管瘤	170
第七节	原发性肝癌	171
第八节	转移性肝癌	174

第九节 脂肪肝	175
第十节 急性胆囊炎	176
第十一节 慢性胆囊炎	177
第十二节 胆石症	178
第十三节 胆囊癌	178
第十四节 急性胰腺炎	179
第十五节 慢性胰腺炎	180
第十六节 胰腺癌	181
第八章 急腹症	184
第一节 检查技术	184
第二节 正常影像学表现	185
第三节 基本病变影像学表现	186
第四节 肠梗阻	188
第五节 胃肠道穿孔	190
第六节 腹部外伤	191
第九章 泌尿系统	193
第一节 检查技术	193
第二节 正常影像学表现	195
第三节 基本病变影像学表现	197
第四节 肾及输尿管结石	198
第五节 肾结核	199
第六节 肾癌	200
第十章 中枢神经系统	202
第一节 检查技术	202
第二节 正常影像学表现	203
第三节 基本病变影像学表现	206
第四节 颅内压增高	208
第五节 颅内肿瘤	209
第六节 脑出血	213
第七节 蛛网膜下腔出血	215
第八节 脑梗死	215
第九节 颅脑损伤	216

第一章 医学影像检查技术

第一节 X 线检查技术

X 线检查技术可分为普通 X 线检查、数字 X 线成像检查、造影检查三类。

一、普通 X 线检查

(一) X 线的发现

1895 年 11 月 8 日,伟大的德国物理学家伦琴(Röntgen)在黑暗的实验室里研究阴极射线管气体放电时,偶然发现附近涂有铂氰化钡的纸板上能发出肉眼可见的荧光,并且将手置于阴极射线管与铂氰化钡板之间,在纸板上显示出手的轮廓及骨骼影像。伦琴推断这是一种特殊的射线,由于对这种射线的性质不清楚,便借用数学上代表未知数的符号“X”来代替,称之为 X 射线(X-ray)。后人为了纪念他,又称之为伦琴射线。

(二) X 线的产生

1. X 线的产生 一般说来,高速行进电子流被物质阻挡即可产生 X 线。具体讲,X 线是真空管内高速行进电子流轰击钨靶时产生的。为此,X 线发生装置主要包括 X 线管、变压器和操作台。

X 线管为一高真空的二极管,杯状的阴极内装有灯丝,阳极由呈斜面的钨靶和附属散热装置组成。变压器包括降压变压器,为向 X 线管灯丝提供电源,一般电压在 12V 以下;和升压变压器以向 X 线管两极提供高压电,需 40kV ~ 150kV。操作台主要为调节电压、电流和曝光时间而设置的电压表、电流表、时计和调节旋钮等。在 X 线管、变压器和操作台之间以电缆相连。

X 线的发生过程是向 X 线管灯丝供电、加热,在阴极附近产生自由电子,当向 X 线管两极提供高压电时,阴极与阳极间的电势差陡增,电子以高速由阴极向阳极行进,轰击阳极钨靶而发生能量转换,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。

2. X 线的性质和特性 X 线是一种波长很短的电磁波,波长范围为 $0.006 \sim 5.00 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$)。目前 X 线诊断常用的 X 线波长范围为 $0.08 \sim 0.31 \text{ \AA}$ (相当于 40 ~ 150 千伏时),X 线还具有与 X 线成像相关的下列几个特征:

(1) 穿透性: X 线波长很短,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质,并在穿透过程中受到一定程度的吸收。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 线的波长愈短,穿透力愈强;反之,电压愈低,所产生的 X 线波长愈长,其穿透力也愈弱。另一方面,X 线穿透性是 X 线成像的基础。

(2)摄影作用:X线能使摄影胶片“感光”。经过X线照射后,胶片乳胶中溴化银放出银离子,形成潜影,再经显影和定影处理,银离子还原成银粒子而呈黑色。X线照射较弱或未经X照射的部分,溴化银则由于定影液的作用而部分或全部溶解掉,呈半透明或透明,因而构成一幅反映组织密度不同的影像。

(3)荧光作用:X线能使荧光物质发生电离或处于激发状态,在其恢复原状的过程中发出微热光线,利用X线的荧光作用进行透视。

(4)感光作用:X线和普通光线一样可使感光材料感光,胶片上产生黑白效果。

(5)电离反应:X线可使空气或其他物质发生电离作用,使物质的原子电离为正负离子。X线进入人体时也产生电离作用,使人体产生生物学方面的改变,它是放射防护学与放射学治疗学的基础。

(三)X线成像的基本原理

在医学上,X线之所以能用于疾病的诊断,首先是由于它具有穿透能力、荧光作用与摄影作用等特性。其次是由于X线通过人体各种不同组织时,它被吸收的程度不同,到达荧光屏或X线片上的X线量即有差异,因而在荧光屏或X线片上就显示出黑白不同的阴影,形成了“天然对比”。但人体各种软组织和液体的密度又大致相同,在它们之间缺乏天然对比,这就需要用人工的方法来扩大对比进行造影,才能达到诊断的目的,此种方法,即称“人工对比”。

由此可见X线图像的形成,是基于以下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;第二,被穿透的组织结构,存在着密度和厚度的差异,X线在穿透过程中被吸收的量不同,以致剩余下来的X线量有差别;第三,这个有差别的剩余X线,是不可见的,经过显像过程,例如用X线片显示,就能获得具有黑白对比、层次差异的X线图像。

传统X线检查可区分四种密度:高密度的有骨组织和钙化灶等,在X线片上呈白色;中等密度的有软骨、肌肉、神经、实质器官、结缔组织以及体液等,在X线片上呈灰白色;较低密度的有脂肪组织,在X线片上呈灰黑色;低密度的为气体,在X线片上呈黑色。病变可使人体组织密度发生改变。例如,肺结核病变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灶,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,于是在X线片和荧屏上显示出黑白对比和明暗差别的影像。所以,X线成像与组织结构和器官厚度也有关。

由此可见,密度和厚度的差别是产生影像对比的基础,是X线成像的基本条件。而密度与厚度在成像中所起的作用要看哪一个占优势。例如,肋骨密度高但厚度小,而心脏大血管系软组织,为中等密度,但厚度大,因而心脏大血管在X线胸片上影像反而比肋骨影像白。

(四)透视检查

X线通过人体受检部位到达荧光屏后产生的明暗不同的影像,即为X线透视。是X线检查中最基本、最简单和使用最广泛的一种检查方法。透视一般在暗室内进行,若有影

像增强装置和电视系统亦可在亮室内检查病人。

1. 优点 可移动患者,从各个方向进行观察;直接观察器官形态和动态情况;透视设备简单,操作方便,费用较低,可立即得出结论。

2. 缺点 对比度不足,影像欠清晰,难于观察密度与厚度差异较小的器官以及密度、厚度较大的部位,如头颅、腹部、脊柱及骨盆等;缺乏记录。

(五)普通 X 线摄影

X 线摄影也有两种方式:一种是常规摄影,在摄影床或摄影架上进行。即:被摄体在摄影床或摄影架上摆好体位后进行摄影,是日常开展较多的一种摄影方式。另一种是点片摄影,也称胃肠摄影,是在透视下,利用机器配有的点片装置对观察的部位进行及时而快速的摄影。常用于消化道、胆系造影下的摄影等。

X 线摄影的主要优点是:影像较透视清晰;图像可保存;操作人员接受的 X 线照射量少(对 X 线的防护较好);人体大部分部位均可进行,应用较为广泛。由于 X 线摄影获取的是瞬时静止像,所以不能观察器官的动态变化,不能对病变准确定位,也不能立即获得结果。

近年来广泛使用的 CR 和 DR,因其影像质量明显优于常规模拟 X 线影像,且防护较好,故有逐步取代常规模拟 X 线透视和模拟 X 线摄影的趋势。

(六)特殊摄影

在 CT、MRI 检查技术出现后,X 线特殊检查技术的应用明显减少,其中高电压摄影已成为胸部 X 线摄影的常规,体层摄影也只在没有 CT 检查的地区应用。而乳腺摄影却成为 X 线特殊检查技术的重要内容。

乳腺 X 线摄影:乳腺 X 线摄影的临床应用主要在于乳腺癌的普查和诊断。近期,我国乳腺癌的发病率呈上升趋势,在女性癌谱中仅次于肺癌列为第 2 位,部分地区已列为第 1 位。乳腺癌的死亡率列为女性全部恶性肿瘤死亡率的第 6 位。要降低乳腺癌的发病率和死亡率,推广自查和体检普查,在体检中发现可疑病变时,应立即进行 B 超或 X 线摄影检查。X 线摄影检查的正确率可达 81%~97%。年龄较大、大乳房或脂肪性乳房的 X 线摄影检查优于触诊,可发现临床触诊摸不到的肿块。但是,对年龄较轻、小乳房或致密腺体型乳腺相对较差。以上所述表明,乳腺 X 线摄影检查仍是当前乳腺癌早期诊断很重要的手段之一。因此,掌握、控制和规范乳腺摄影的技术要点,并加以惯性运行的质量管理,是提高 X 线摄影在乳腺检查利用率的前题条件。

(1)乳腺摄影体位选择:统计表明,双侧乳腺同时对照,取侧斜位,也称内、外侧斜位(medio-lateral oblique, MLO)和轴位,也称头尾位(cranio-caudal, CC),可满足 93% 临床诊断者,仅 7% 需要辅加另外体位或放大摄影。因此, MLO 位与 CC 位可作为乳腺摄影的常规体位选择,其中 MLO 位是最有效的摄影体位,能更清楚地看到乳房上外侧 1/4 位置内的组织,这个部位是乳癌最好发的部位。

(2)乳腺摄影照片的标记:乳腺摄影照片的标记是非常重要的临床资料。它必须有一个明确、统一、完整、规范的标记。这些标记必须能使诊断医生清楚地读到。

(3)乳腺摄影的质量控制:乳腺摄影的质量控制是乳腺摄影质量管理的主要内容,它涉及乳腺摄影检查中所有的技术环节,是获得稳定的高质量的乳腺 X 线照片的前提条

件。下面介绍美国放射学会(ACR)的质控要求。

1)暗室清洁:在每个工作日开始进行任何照片冲洗之前,要对暗室进行清洁,尤其是冲洗机的送片托盘要重点保洁,以防止灰尘在乳腺照片上形成粒状的白色伪影。

2)增感屏清洁:每周至少一次对乳腺摄影专用增感屏进行清洁和维护,以减少灰尘和污物导致的伪影。

3)洗片机的质控:在每个工作日进行任何照片冲洗之前,要了解洗片机的运行及药液性能的稳定性。

4)暗室灰雾:暗室灰雾检测的目的是保证安全灯的正常工作,不使乳腺照片产生灰雾,照片灰雾会降低影像的对比度。检测的方法是拍摄一张模体影像,在全黑的暗室里取出胶片,乳剂面朝上放在工作台上,用遮光板挡住胶片的一半,打开安全灯2分钟,然后冲洗照片。ACR的建议标准是有灰雾产生的密度应小于0.05(即照片两部分的密度差)。

5)屏-片密着状态:屏-片密着状态测试是将一块15.75线/厘米的铜网放在装有胶片的暗盒上进行摄影,铜网影像密度掌握在0.7~0.8之间,每半年检测一次。ACR的建议标准是:屏-片密着不良的暗区面积 $>1\text{cm}^2$ 时,暗盒不能使用。

6)压迫:压迫技术是提高乳腺摄影质量的重要措施。恰当的压迫可以减少X线照射剂量,降低散射线,改善影像的对比度、锐利度及模糊度。ACR的建议标准是:压迫系统所提供的压力应在111~200牛顿(N)之间。

7)乳腺体模成像:使用乳腺模型可对影像质量的稳定性进行监测。ACR推荐用RMI-156型乳腺体模每月测定一次,或在怀疑影像质量发生变化时对乳腺影像的密度、对比度和一致性进行评估。

二、数字X线成像检查

传统的X线透视(或影像增强器)与屏-片系统获得的是由X线透过人体内部器官和组织后形成的模拟影像(analog image)。数字X线成像检查技术是指应用计算机X线摄影(computed radiography, CR)、数字X线摄影(digital radiography, DR)和数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)等设备获得数字影像(digital image)的X线检查技术。从广义上讲,CT也属此技术。

(一)CR

CR系统最初由日本富士胶片公司于70年代开始研制,80年代初已有市售,现已几度换代,其他若干厂商也有类似产品。开发CR系统的基本动机在于使放射学领域中应用最久、也最广泛的常规X线摄影信息数字化。

1. CR系统的构造 CR系统以IP为探测器,利用现有的X线设备进行X线信息的采集来实现图像的获取。它包括X线机、影像板、影像阅读器、影像处理工作站、影像存储系统和打印机。

(1)X线机:CR系统所用的X线机与CR系统的种类有关。CR系统的激光阅读装置分为暗盒型(cassettetype)和无暗盒型(non-cassette type)两种。暗盒型阅读装置的CR需要暗盒作为载体,装载的IP经历曝光、激光扫描的过程,系统所用的X线机与传统的X线机兼容,不需要单独配置。无暗盒型CR系统的IP曝光和阅读装置组合为一体,图像向工作站传输的整个过程都是自动完成的,需要配置单独的X线发生装置。

目前,临床使用的绝大多数 CR 系统均是暗盒型阅读装置 CR,不需要单独购置新的 X 线机,工作流程也传统的屏-片系统基本相同。

(2)影像板:IP 是 CR 成像系统的关键元件,作为记录人体影像信息、实现模拟信息转化为数字信息的载体,代替了传统的屏-片系统。它既适用于固定式 X 线机,也可用于移动式床边 X 线机,既可用于普通的 X 线摄影,也可用于特殊摄影和造影检查,具有很大的灵活性和多用性,可以重复使用。

IP 的规格尺寸与常规胶片一致,一般有 35cm × 43cm (14ft × 17ft)、35cm × 35cm (14ft × 14ft)、25cm × 30cm (10ft × 12ft) 和 20cm × 25cm (8ft × 10ft) 四种规格。根据不同种类的摄影技术,IP 可分为标准型(ST)、高分辨型(HR)、减影型及多层体层摄影型。

新型的成像板改善了敏感度、清晰度和坚韧性,同时与旧的成像板兼容。电子束处理外涂层用于保护成像板免于机械磨损和化学清洁剂的损伤。在正常条件下,成像板的使用寿命为 10000 次。

(3)影像阅读器:影像阅读器是阅读 IP、产生数字影像、进行影像简单处理并向影像处理工作站或激光打印机等终端设备输出影像数据的装置。它具有将曝光后的 IP 由暗盒中取出的结构,取出的 IP 等待激光扫描仪的扫描过程。

在激光扫描仪中,数字化影像被送到灰度和空间频率处理的内部影像处理器中,然后送至激光打印机或影像处理工作站。影像读取完成后,IP 的潜影被消除,重新装入暗盒。

(4)影像处理工作站:影像处理工作站具有影像处理软件,可提供不同解剖成像部位的多种预设影像处理模式,实现影像的最优化处理和显示,并且进行影像数据的存储和传输。影像处理工作站以进行可影像的查询、显示与处理(如放大、局部放大、窗宽窗位调节、旋转、边缘增强、添加注解、测量和统计等),并可把处理结果输出或返回影像服务器。

(5)监视器:监视器主要用于显示经影像阅读处理器处理过的影像。

(6)存储装置:存储装置用于存储经影像阅读处理器处理过的数据,有磁盘阵列、磁带阵列等等。

2. CR 的成像原理

(1)CR 影像的形成过程

1)成像板放于暗盒内,利用传统设备曝光,X 线穿透被照体后与 IP 发生作用,形成潜影。

2)潜影通过激光扫描进行读取,IP 被激励后,以紫外线形式释放出存储的能量。这种现象叫光激励发光(photostimulable luminescence, PSL)。

3)利用光电倍增管,将发射光转换成电信号,并给予放大。

4)电信号在计算机屏幕上重建成可见影像,并根据诊断的特性要求进行影像的后处理。

影像读取过程完成后,IP 的影像数据可通过施予强光来消除,以便 IP 可重复使用。

(2)CR 系统的工作流程

1)信息采集:传统 X 线摄影中使用增感屏/胶片组合系统的成像方式已众所周知,在 X 线照片上最终形成的影像无法直接数字化。CR 系统解决的关键问题之一即是开发了一种既可接受模拟信息,又可实现模拟信息数字化的信息载体,即成像板(IP)。这样,采

集的信息则可应用数字图像信息处理技术进一步处理,实现数字化处理、贮存与传输。

2) 信息转换(transformation of information):CR 系统中,IP 经 X 线照射后被激发(第一次激发)。经第一次激发的 IP 上贮存有空间上连续的模拟信息,为使该信息数字化,IP 要由激光束扫描(第二次激发)读出。CR 系统的读出装置中的激光发生器发射激光束(氦-氖[He-Ne]激光束波长为 633nm,半导体激光束波长为 670~690nm),在与 IP 垂直的方向上依次扫描整个 IP 表面。IP 上的荧光体被二次激发后发生光激发发光或称光致发光(photostimulated luminescence,PSL)现象,产生荧光。荧光的强弱与第一次激发时的能量精确成比例,即呈线性正相关。该荧光由沿着激光扫描线设置的高效光导器采集和导向,导入光电倍增管,被转换为相应强弱的电信号。继而,电信号被馈入模拟/数字(A/D)转换器转换为数字信号。至此,CR 系统完成了模拟信号到数字信号的转换。

事实上,FCR 系统的读出装置是依据 IP 上成像层内晶体的 PSL 特征设计的。FCR 系统中的信息转换部份主要是由激光扫描器、光电倍增管和 A/D 转换器组成的。

3) 信息的处理与记录(processing and recording of information)

信息的处理:CR 的信息处理可分为谐调处理、空间频率处理和减影处理。

①谐调处理(gradation processing),谐调处理涉及的是影像的对比。传统的增感屏/胶片摄影系统中,最后显示的影像在很大程度上取决于 X 线曝光量,当曝光量过高和过低时,均不会得到有诊断价值的影像。CR 系统中,X 线剂量和/或能量改变(曝光宽容度)的允许范围则较大,在适当设置的范围内曝光均可读出影像的信号。

在谐调处理中,其中有四个参数决定谐调处理状况的非线性转换曲线,即谐调类型、旋转中心、旋转量和谐调曲线移动量。谐调类型是四个参数中最基本的参数,它规定非线性转换曲线的基本形式。FCR 系统有 15 个以上谐调类型的形式,在 FCR 照片上,由字母 A 到 P 中的一个字母标明。其中选择某一种谐调类型,则可实现影像的黑/白翻转;在曲线围绕某一特定的中心点旋转时,依赖旋转中心点的位置和旋转程度均可得到不同的影像对比;当谐调曲线移动时,即可改变影像的总体光学密度。

①空间频率处理(spatial frequency processing):空间频率处理是指对频率响应的调节,从而影响影像的锐度。在增感屏/胶片系统,随着空间频率的增加,频率响应变小,即是说影像内高频率成份的对比将减小。CR 系统中,可通过空间频率处理调节频率响应,如提高影像中高频率成份的频率响应,来增加此部分的对比。

③减影处理:减影大多是数字减影血管造影(DSA)设备的功能,但 CR 系统尚可完成血管造影与非造影影像的减影职能。在时间减影血管造影方式中,CR 系统同样可以摄取蒙片和血管显影照片,并经计算机体件功能实施减影。

④信息的记录:FCR 系统的信息是存贮在光盘中的。如光盘的一面存贮量为 1GB,而一幅 CR 影像的存贮空间为 4MB,则每面光盘可存贮 250 幅图像。但是,资料管理系统可提供压缩,如压缩率为 1/20,则每面光盘的存贮量可扩充到 5000 幅影像。

为满足临床诊断目的,FCR 系统信息的记录方式有三种主要类型:a. 激光打印胶片;b. 热敏打印胶片;c. 热敏打印纸。激光打印胶片是常规的记录方式,CR 信息传输到激光打印机,打印机还可同时联接其它成像设备,如 CT、MR、DSA 等,形成网络。

(3) CR 的影像记录

1) CR 的影像采集:光激励荧光体晶体结构“陷阱”中存储了吸收的 X 线能量,故也称做“存储”荧光体。在光激励发光过程中,以适当波长的附加可见光能量的激励下,这种俘获的能量能够被释放出来。

采集到的数字化原始数据的影像送入计算机处理,对有用的影像相关区域进行确定,按照用户选择的解剖部位程序,将物体对比度转换成模拟胶片的灰阶影像。最后,影像在胶片上记录或在影像监视器上观察。

2) CR 探测器的特性:CR 成像是基于光激励发光的原理。当一个 X 线光子在 PSP 材料中积存能量时,有三种不同的物理过程在能量转换中发生。能量首先以可见光的形式释放荧光,这个过程是传统 X 线摄影增感屏成像的基础。PSP 材料在晶体结构缺陷中存储绝大部分积存的能量,因而得名存储荧光体。这种存储的能量形成潜影,随着时间推移,潜影会由于磷光的产生而自然消退。如果用适当波长的可见光激励,激励发光的过程可以立即释放出部分俘获的能量,发出的可见光通过光电转换为数字化影像信号。

许多化合物具有 PSL 的特性,但具有 X 线摄影所需要特性的却为数不多,即普通激光可以产生与激励-吸收波峰相匹配的波长,它具有普通光电倍增管输入荧光体容易吸收的激励发射波峰以及潜影稳定性(不会因荧光产生而引起信号明显损失)。适合这些要求的化合物是碱土卤化物,商品名有 $\text{Rb}-\text{Cl}$ 、 $\text{BaFBr}:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{BaF}(\text{Brl}):\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{BaSrFBr}:\text{Eu}^{2+}$ 。

3) 稀土的添加和吸收过程:微量的 Eu^{2+} 混杂物加在 PSP 中,以改变它的结构和物理特性。微量的混杂物也叫做活化剂,替代了晶体中的碱土,形成了发光中心。由于 X 线吸收而发生的电离在 PSP 晶体中产生电子/空穴对。一个电子/空穴对将一个 Eu^{2+} 跃迁到激发态 Eu^{3+} ,当 Eu^{3+} 返回到基态 Eu^{2+} 时会产生可见光,以俘获电子的形式存储能量形成潜影。

随着时间的推移,俘获的信号会通过自发荧光呈指数规律消退。一次曝光后,典型的成像板会在 10 分钟到 8 小时之间损失 25% 的存储信号,这个时间段之后逐渐变慢。信号消退给输出信号带来不确定性,可通过固定曝光和读出时间间隔来固定存储信号的衰退,以消除这种不确定性。

(4) CR 的影像读取

1) 影像板阅读仪:影像板阅读仪是读出成像板所记录影像的设备,它的技术指标将直接影响所输出影像的质量。

2) 激励和发射:通常用氦氖 (HeNe) ($\lambda = 633\text{nm}$) 和“二极管”($\lambda \cong 680\text{nm}$) 产生的激光。一次激光的能量激发荧光体中位于局部 F 中心的电子。按照 vonSeggern 的理论,在荧光体矩阵中可能出现两种能量轨迹,一种是无逸脱返回 F 中心位置,另一种是“开隧道”到邻近的 Eu^{3+} 复合物,后者更有可能发生,这时电子进入中间能态并释放出非可见光的辐射“声子”。一个 3eV 能量的可见光光子立即跟随此电子经过 Eu^{3+} 复合物的电子轨道落入更稳定的 Eu^{2+} 能级。

3) 读出过程

① 激光扫描:经过 HeNe 或二极管发出的激光束,再由几个光学组件后对荧光板进行扫描。首先,激光束分割器将激光的一部分输出到监视器,通过参照探测器的应用来补偿

强度的涨落。被激励可见光的强度取决于激励激光源的强度。激光束的大部分能量被扫描镜(旋转多角反射镜或摆动式墙面反射镜)反射,通过光学滤过器、遮光器和透镜装置,提供一个同步的扫描激光束。

激光束横越荧光体板的速度,要根据激励后发光信号的衰减时间常数来确定(BaF-Br:Eu^{2+} 约为 0.8ms),这是限制读出时间的主要因素。激光束能量决定着存储能量的释放,影响着扫描时间、荧光滞后效果和残余信号。较高的激光能量可以释放更多的俘获电子,但后果是在荧光体层中激光束深度的增加和被激发可见光的扩散而引起空间分辨率降低。

②PSL 信号的探测器转换:PSL 从荧光屏的各个方向发射出来,光学采集系统(沿扫描方向上位于激光-荧光体界面的镜槽或丙烯酸可见光采集导向体)捕获部分发射的可见光,并将其引入一个或多个光电倍增管(PMT)的光电阴极。从光电阴极发射出的光电子经过一系列 PMT 倍增电极加速和放大。增益(也就是探测器的感度)的改变可通过调整倍增电极的电压来实现,以获得输出电流满足适宜影像质量的曝光量。PMT 输出信号的动态范围比荧光板高得多,在整个宽曝光范围上可获得高信号增益。

大多数 PSP 阅读仪系统用模拟对数放大器或“平方根”放大器对 PMT 输出信号进行放大。对数转换为一次 X 线曝光量和输出信号幅度之间提供一种线性关系,平方根放大为量子噪声与曝光量提供线性关系。无论哪种情况,信号的总体动态范围被压缩,以保护在整个有限离散灰阶的数字化精度。

③数字化:数字化是将模拟信号转换成离散数字值的一个过程,信号必须被采样和量化。采样确定了 CR 探测器上特定区域中 PSL 信号的位置和尺寸,量化则确定了在采样区域内信号幅度的平均值。

(5)四象限理论:在 X 线采集条件不理想的情况下,往往过度曝光或曝光不足,但 CR 系统能把它变成具有理想密度和对比度的影像,实行这种功能的装置就是曝光数据识别器(exposure data recognizer, EDR)。EDR 结合了先进的图像识别技术,如分割曝光识别、曝光野识别和直方图分析。

1)EDR 的基本原理:EDR 是利用每种成像采集菜单(成像部位和摄影技术)中 X 线影像的密度和对比度具有自己独特的性质实现的,EDR 数据来自于 IP 和成像菜单,在成像分割模式和曝光野的范围被识别后,就得出了每一幅图像的密度直方图。对于不同的成像区域和采集菜单,直方图都有不同的类型相对应。

EDR 的功能和 CR 系统运作原理将归纳为四个象限来进行描述。

①第一象限:显示入射的 X 线剂量与 IP 的光激励发光强度的关系。

②第一象限:显示 EDR 的功能,即描述了输入到影像阅读装置(image reader device, IRD)的光激励发光强度(信号)与通过 EDR 决定的阅读条件所获得的数字输出信号之间的关系。CR 系统的特征曲线根据 X 线曝光量的大小和影像的宽容度可以相应改变,以保证稳固的密度和对比度。由于在第一象限中 IP 性质的固有性和在第二象限的自动设定机制,最优化的数字影像信息被输送到第三象限的影像处理装置中。

③第三象限:显示了影像的增强处理功能(谐波处理、空间频率处理和减影处理),它使影像能够达到最佳的显示,以求最大限度地满足放射和临床的诊断需求。

④第四象限:显示输出影像的特征曲线。横坐标代表了入射的 X 线剂量,纵坐标(向下)代表胶片的密度。

曝光后 IP 上采集的影像数据,通过分割曝光模式识别、曝光野识别和直方图分析,后来确定影像的最佳阅读条件,此机制就称为曝光数据识别(EDR)。

2) EDR 的方式

①自动方式:自动调整阅读宽度和敏感度。

②半自动方式:阅读宽度固定,敏感度自动调整。

③固定方式:阅读宽度和敏感度均固定,如同屏-片体系中的 X 线摄影。

4. CR 系统的特殊价值 在临床上 CR 系统的特殊价值主要表现在以下方面:

(1)X 线剂量:CR 系统设计的初衷之一是减少 X 线剂量。投照 X 线剂量的降低与 IP 的性能、检测(读出)设备的敏感性、投照部位及投照时的技术参数等多种因素有关。已有的材料证实,应用 FCR 系统成像的 X 线剂量,在胸部投照时为常规 X 线摄影的 $1/20 \sim 1/7$;在胃肠道造影检查时为 $1/20$;泌尿与盆腔检查时为 $1/8 \sim 1/2$ 。X 线剂量还与 IP 使用的期限有关,事实上超过额定曝光次数的 IP 通常仍可使用,但 X 线曝光剂量将提高,才可继续得到可满足诊断要求的影像。

(2)体检及高危人口的 X 线检查:适龄妇女的乳腺定期体检目前已相当普及,但积累的 X 线剂量过高自身即为一个致癌的危险因素。CR 系统的低 X 线剂量成像则极有利于乳腺普查及其他类似目的体检。此外,对辐射尤其敏感的孕妇及儿童,使用 CR 系统代替传统 X 线摄影则可大大放宽 X 线检查的内容与次数的限度。

(3)国民 X 线剂量:为一个衡量某一国家或地区的人口接受的平均 X 线剂量的参数。这个概念涉及两层含义:一是一般意义上的剂量;二是诱发白血病意义上的剂量。如在日本 1978 年,一般意义上的 X 线摄影的国民 X 线剂量为 $10.3\text{mrad}/\text{人}^{-1}/\text{年}^{-1}$,透视者为 $5.0\text{mrad}/\text{人}^{-1}/\text{年}^{-1}$;诱发白血病意义上的 X 线摄影的国民剂量为 $29.9\text{mrad}/\text{人}^{-1}/\text{年}^{-1}$;透视者为 $52.3\text{mrad}/\text{人}^{-1}/\text{年}^{-1}$ 。若采用 CR 系统,假定 X 线剂量平均下降到常规 X 线检查的 $1/5$,则一般意义上的国民 X 线剂量为 $2.1\text{mrad}/\text{人}^{-1}/\text{年}^{-1}$;诱发白血病意义上的国民 X 线剂量为 $6.0\text{mrad}/\text{人}^{-1}/\text{年}^{-1}$ 。这样,具有遗传学意义的 X 线剂量仅为天然辐射剂量的 $2\% \sim 3\%$,诱发白血病意义的剂量将下降到天然辐射剂量的 10% 。

5. CR 系统的优点

CR 系统有以下优点:

①X 线剂量比常规 X 线摄影显著降低。

②可与原有的 X 线摄影设备匹配工作,放射技师不需特殊训练即可操作。

③具有多种后处理功能,如测量(大小、面积、密度)、局部放大、对比度转换、对比度反转、影像边缘增强、双幅显示以及减影等。

④显示的信息易为诊断医生阅读、理解,且质量更易满足诊断要求。

⑤可数字化存贮,利于并入网络系统;可节省部分胶片,也可节约片库占用的空间及经费。

6. CR 影像的不足

①时间分辨率差,不能满足动态器官的影像显示。