

医学影像数字化进展与挑战

徐文坚

(青岛大学医学院附属医院放射科, 山东 青岛 266003)

伦琴发现X线为放射学的发展奠定了基础,在其后的100余年中,随着各种新型成像技术不断出现及改进,放射学由单纯的X线成像发展到包括CT、MRI、超声、核医学、计算机放射成像(CR)、数字放射成像(DR)等各种数字化成像技术的现代影像学阶段。成像技术的改进,同时也引起了包括思维模式、工作流程、管理方式等一系列改变与挑战。20世纪70年代初期CT的问世,成为传统放射学步入现代影像学时代的革命性标志,在其后的时期里逐渐出现了各种各样的成像技术,但根本进展为影像医学的数字化,后者使得医学影像学进入了迅猛发展的时期。

1 医学影像数字化进展

1.1 CT技术进展

CT是20世纪70年代初期发展起来的新型成像技术,主要特点是:横切面、断层、数字化图像,彻底改变了近百年来传统X线图像结构重叠、信息单一的缺陷,使得成像技术和图像读取、分析方式发生了质的变革。近30年来,CT的发展一直围绕着扫描速度(数据采集速度)、图像清晰度(空间分辨率和密度分辨率)及扫描范围(数据采集范围和方位)的和谐统一而进行。初期CT采用的是间歇式进床步进式扫描的单纯层面成像方式,主要机型为常用的第1~3代CT,存在的主要问题为扫描速度慢,时间分辨率差及信息丢失、遗漏等缺陷。滑环技术的出现为螺旋扫描奠定了基础,后者采取X线球管旋转与进床同步进行的扫描方式,解决了扫描速度、图像清晰度与扫描范围之间的矛盾,使得三者得到了完善的结合。在此基础上相继开发出的双层、四层、八层及当今最先进的六十四层CT,则更加体现了成像速度快、图像清晰度高、扫描范围大的优点,使得以前不能行CT检查的部位或器官,能够进行CT检查,极大拓展了CT的应用范围,如血管成像、三维成像(仿真内窥镜)、灌注成像及心脏成像等,为活体检查提供了极具实用价值的工具。多层CT的下一个换代产品将是采用平板探测器的容积CT(Volume CT),届时CT将不再是单层或多层扫描,而是某个特定解剖范围的整体扫描。

1.2 MR技术进展

MRI自20世纪80年代中期应用于临床后,已成为现代影像学的重要成像手段之一。就成像速度、图像清晰度及临床应用范围而言,MRI进展主要表现在电子学、梯度场和射频场等方面,与此密切相关的脉冲序列和实时成像技术的发

展,极大拓宽了检查的适应证和检查深度,除常规的二维和三维成像功能外,还可进行MR血管造影(MRA)、弥散(diffusion)、灌注(perfusion)、功能成像(fMRI)、MR波谱分析(MRS)、显微成像及实时成像等。

实时成像是指在人体功能活动的同时进行成像,可显示人体功能活动时组织结构的相应变化,即所谓MR透视,可进行实时血管造影、心脏成像、介入检查和其他功能成像。

fMRI目前主要利用血氧水平依赖法(BOLD)成像,通过检测组织内血氧代谢变化(含氧血红蛋白和脱氧血红蛋白)而产生信号对比。主要用于脑皮质和脊髓功能定位,以确定肿瘤与中枢神经功能区的关系。

弥散成像反映分子水平水分子的运动状况,根据不同组织或病变内水分子弥散运动的差别产生图像对比,并可测量组织的弥散系数(ADC值),主要用于鉴别不同类型水肿(如血管源性、细胞毒性和间质性水肿)、肿瘤、炎症与梗死,以及白质纤维束的走行。

灌注成像通过测量血流通过时间(MTT)和脑血流容积(rCBV)等参数,以观察毛细血管水平血流运动及分布状况,主要用于脑血管病变及肿瘤性病变的检查。

MRS通过观察病变区域代谢产物(如乳酸盐、肌酐、胆碱等)的变化情况,分析病变的性质。目前,本技术处于初期临床应用阶段。

1.3 常规X线技术进展

常规X线检查在现代医学影像学中仍占有非常重要的地位,约占所有影像检查的48%。近年来传统X线检查方法的主要进展也是图像数字化。在X线源不断改进的同时,通过改进信息接收与处理技术,由过去的模拟数据输出转变为数字化输出。数字化图像的主要优点为可进行图像后处理及网上传输与交流。模数转换的方式包括:①传统X线胶片经扫描后变成数字图像,但有数据丢失;②影像增强器取得模拟信号,经模拟转换后,以模拟信号输出,如DSA;③CR,也称影像板放射成像技术;④DR,也称电子成像板放射成像技术。后两者为目前已广泛应用的数字X线影像技术,也使得常规X线技术成为真正数字化图像。

1.4 其他成像技术

SPECT、PET及超声等也已成为数字化成像技术,尤其是前二者是在CT基础上发展起来的影像技术,在采集信息的手段上明显有别于传统的核素扫描,克服了普通核素扫描定位准确性差的缺点,PET还可反映器官和组织的功能代谢信息。

1.5 图像融合技术

[收稿日期] 2005-09-12; [修订日期] 2006-03-30

[作者简介] 徐文坚(1963-),男,博士,主任医师,硕士生导师。

前瞻性地采集的多幅图像处理为一幅图像的技术,称为图像融合技术。而将所采集的多幅图像处理为一幅图像的技术,称为图像叠加技术。现有的各种成像技术,所得图像各有特点,如解剖结构和功能图像等。融合方法可由图像的单纯叠加而成,也可经两种不同设备合成一种新的单一设备而成,如 CT-PET 结合,则融合了 CT 显示解剖结构清晰与 PET 显示病变及功能异常敏感性高的优点,克服了 CT 显示病变敏感性低而 PET 显示解剖结构差的缺点。目前,已有少量该型设备成功用于临床。其他类似的融合设备技术也有应用,如 CT 血管造影、MRI 血管造影等。

1.6 图像存储与传输系统

随着影像技术的进展,尤其是能获取大量数据信息的多层 CT、MRI 等先进设备的广泛应用及各种检查方法的增多,获取的图像和信息呈几何级数增长。若这些影像资料仍停留于原始的处理方式和传统的管理方法上,已远远不能满足临床业务的需要,并可能成为阻碍医院发展的“瓶颈”。因此,有必要使用一种全新的方式来管理、存储、传输和使用这些信息。计算机网络技术的图像存储与传输系统(PACS)的诞生,使解决这一矛盾成为了可能。PACS 主要由三大部分构成:图像获取、存储与处理、显示系统。一般而言,PACS 应与放射科的各种成像设备(包括 CR/DR、CT、MRI、DSA、SPECT、PET、US 等)、放射信息系统(RIS)及医院信息系统(HIS)实现平滑连接,通过对图像及文字的存储、传输、调用等功能,达到院内信息共享、提高诊疗效率与质量、无胶片化管理、克服时间及地域限制、模拟手术、甚至远程会诊等目的。因此,PACS 应成为医院诊断链和治疗链中最重要的一环和医院实现真正数字化的基础。

2 影像数字化带来的挑战

2.1 思维方式变化

经过百余年的发展,传统放射学诊断已形成了固定的思维模式,即以 X 线片为信息载体,反映的主要是组织或器官病变的大体病理信息,诊断思维分析主要以形态学改变为依据。随着现代影像医学的发展,影像学已由二维图像转变为三维图像和动态图像,由单纯诊断转变为诊断加治疗,由过去的大体、宏观观察转变为宏观加微观(细胞、亚细胞、分子水平)和流动信息观察,由过去单纯的解剖学形态观察转变为解剖形态加功能观察,由真实影像转变为真实加虚拟影像,由单一科室转变到全院、甚至通过互联网链接全世界。所有这些变化,也必然要求影像科及临床科室医师的诊断思维模式随之发生改变,必须同时兼顾宏观与微观、静态与动态、结构与功能、形态与成分等分析。

2.2 工作流程变化

影像诊断中,现代影像学检查手段获得的呈几何级数增长的各种信息及 PACS 电子式“软拷贝”取代了传统的“硬拷贝”(照片),必然会有意或无意地受到习惯势力的阻碍。由于我国的计算机普及程度尚不广泛,大多数医务人员对计算机操作并不十分熟练,特别是老一代的医生,一般均习惯于

传统的观片灯阅片方式。尤其是在需要反复对比多幅新老图像时,使用多联观片灯最为简捷。使用 PACS 后,传统的“观片写报告”方式也将被“荧光屏+直接微机报告”或“荧光屏+口述录音+微机报告”所替代,这种新型的方式截然不同以往。另外,在信息采集与处理方面,也将出现信息采集在先,资料重组、显示及处理在后,最后只把经处理后有用的资料经 PACS 有效传输到相关科室的方式。这种工作流程的改变,也是对传统方式的一种挑战。因此,在这方面还应着力培养影像专业医师尽快更新观念和意识、增强网络意识、重新组织影像科室的诊断作业流程。

2.3 影像检查手段的合理使用与医疗费用问题

影像检查消费与检查所用设备、检查内容及方法等密切相关。传统放射学主要基于 X 线检查(如正位、侧位平片),检查手段单一、简单,耗时及耗材较少,诊断分析相对容易。尽管普通 CT 获取的信息数据量明显多于 X 线平片,但仍以二维断层切面为依据,用少量普通胶片即可承载其所有图片信息。因此,上述二者的使用及相关费用并不太高。但螺旋 CT、MRI 及 CR/DR 等数字设备应用后,尽管其能在短时间内用不同的方法、从不同的方位(如矢状位、冠状位、横轴位)、不同的层次(如大体解剖水平、分子水平、流动信息等)获得大量的图像信息,利于诊断和治疗,但这些图像信息也带来了相应的挑战。一是如此大量的图像若仍由传统沿用的“X 线片”作为载体,将引起极大的资源浪费,也增加了病人的费用。如一次颅脑 MRI 平扫加增强扫描,若同时使用多序列、多方位检查,将一次性产生几百幅图像。若病人同时应用 CT、CR/DR 或核素扫描,甚至 CT、MRI 三维扫描及重建,产生的图像将更多。若病人因病需要多次复查,其产生的图像及相关费用将难以想象。二是尽管 PACS 的实施使无胶片放射学成为可能,但病人仍需一份自带片以备外诊使用,但如此大量的“X 线片”图像将给诊断分析、携带及保存带来困难。因此,检查手段的合理使用与组合为现代医学影像学所面临的另一个挑战,这要求影像科及临床医生必须熟知各种影像学检查手段的适应证与禁忌证(即比较影像学),根据不同病变或同一病变的不同时期,采用最佳的影像学检查手段,如急性或超急性期脑梗死以 MRI 检查最为敏感,急性期脑出血则以 CT 检查更敏感。影像学医师还需清楚如何选择检查的最佳方位(如横轴位、冠状位或矢状位等)及最佳方法(如增强扫描、动态扫描、灌注成像、弥散成像等)。如此,可在充分满足医、教、研需要的同时,最大限度地缩短检查时间,节省病人开支,避免无谓的资源浪费。

2.4 保密性与安全性问题

PACS 作为电子交换系统,改变了以往封闭的工作方式,但其保密性与安全性自然也成为一个问题。虽然对医院外而言它是一个内部封闭网,但也存在医疗档案被偷窃或篡改的可能性。为此,可用授权资料认证及口令密码为主要技术方法,保障医疗档案在网络传输中的安全及维护病人的隐私权。此外,应用数字认证协议,以电子识别方式验证资格的“公共密钥基础结构技术”将作为 (下转第 288 页)

辨而表现为局限性浓集。病程较早,“线样征”远侧区尚未出现修复性成骨。

(5)股骨头或头颈部弥漫性浓集虽亦对应 MRI 上的“线样征”及其包绕区和远侧区,但多见于病变较晚期。随病程进展,“线样征”所在区的修复性肉芽组织向所包绕的坏死区大量浸透,修复区范围进一步扩大。“线样征”远侧区继发性反应更明显,成骨亦更趋活跃。“线样征”区成骨活跃程度与其包绕区和周围区差别减少,难以为空间分辨率和对比分辨率均较低的核素扫描所区分而表现为弥漫性浓集。少数 MRI 上呈弥漫性长 T_1 长 T_2 信号而无“线样征”的坏死股骨头在核素扫描上亦表现为弥漫性浓集。其确切机制有待进一步探讨。

(6)正常表现对应 MRI 上呈“线样征”及其远侧区正常的缺血坏死股骨头,见于病程极早期或病变范围较小者。早期成骨活动较弱或与局限性稀疏区并存,不足以显示肉眼可见的浓集或稀疏。因前后重叠及较低的空间分辨率,较小的病变亦难以为核素扫描所显示而呈现假阴性^[3]。

3.2 核素扫描和 MRI 对早期成人 FHN 诊断价值

本组资料统计结果表明,在 48 例 72 髋中,核素扫描和 MRI 诊断 FHN 的灵敏度分别为 95.83% 和 100.00%,核素扫描诊断早期成人 FHN 的灵敏度与 MRI 相当。MRI 能较早地反映 FHN 骨髓组织内

细胞成分变化,并可进行多方位成像,是目前诊断早期 FHN 的最理想检查手段。核素扫描虽能较为灵敏地反映骨代谢异常,但核素扫描中前后组织的重叠和光子散射效应所致的低空间分辨率可影响病灶范围的判定及早期诊断。此外,多种疾病均可影响股骨头放射性核素的吸收而使核素扫描的特异性较差。股骨头中心稀疏、外围部环形浓集(典型“炸面圈征”)和股骨头上方轻度浓集、基底部和(或)颈部明显浓集(不典型“炸面圈征”)对股骨头 FHN 诊断虽具有特异性,但其出现率较低^[4]。另外,核素扫描其他征象亦可见于一过性骨质疏松、滑膜炎和髋关节退行性变等其他疾病,因而缺乏特征性。本组 72 髋中仅 35 髋出现典型“炸面圈征”和不典型“炸面圈征”。

[参考文献]

- [1] FICAT R P, ALERT J. Necrosis of the femoral head[M]// HUNGERFORD D S. *Ischemia and necrosis of bone*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1980;53-62.
- [2] 袁文,戴力扬,周维江,等. MRI 对股骨头缺血坏死的诊断价值[J]. 中华骨科杂志, 1996,16:485-488.
- [3] 刘吉华,高振华,徐爱德,等. 早期成人股骨头缺血坏死的影像学对比研究及其检查途径的探讨[J]. 中华放射学杂志, 2004, 38(3):244-248.
- [4] 毛克亚,王继芳,王义生,等. 酒精性股骨头缺血坏死核素骨显像的早期变化[J]. 中华核医学杂志, 2000,20:41-42.

(本文编辑 厉建强)

(上接第 284 页)更可靠的方式推广使用。另外,主服务器、备份服务器及前置服务器的相互备份,可以确保信息资料不会因火灾、水淹等而造成损失。

2.5 影像科管理问题

医院所有科室、所有人员都面临着“以病人为中心”服务观念的挑战,包括提高医疗质量,改善服务态度,降低医疗成本和处处方便病人等方面。同时,医学影像科作为占医院固定资产 1/3 强的大科,无疑面临着资源合理利用的卫生经济学管理理念的挑战。在这方面,国际放射学界已成立了专门的学术组织,专门研究医学影像学的质量-效益关系。后者包括直接创收所得的经济效益和科研、教学所取得的直接或间接效益,这些效益的取得,与现代影像学科的合理管理密不可分。传统放射学由于设备及检查手段单一,设备利用与人员分工相对简单、易行。现代影像学在新设备、新方法层出不穷的今天,必然带来工作流程重新设计,人员和设备的重组与合理搭配,正确处理医教研关系等方面的挑战。工作流程的改变已如前述,相信经过一定时间的适应与磨练,不难完成。人员和设备的重组与合理搭配则成为影像学科的管理重点,管理恰当与否将直接影响科室建设和医教研工作。目前,国内尚无成功模式可供借鉴,在设备方面,有分散

管理、自成一体者,如普通放射科、CT 科、MR 科等,也有各种设备统一集中管理者,尤以后者更具合理性。欧美发达国家则更以后一种模式居多,主要原因为影像设备统一管理与调配,有利于设备资源的充分利用和开发,有利于人力资源的合理配备,更有利于教学与科研。在医疗方面,设备相对集中,容易在院内形成“岛式”效应,便于各科室病人的检查。对同一病人,可在同一地点完成不同项目的检查或治疗,避免了病人的往返奔波。对疑难病人,可随时、灵活使用适当的检查方法进行鉴别诊断或检测,如超急性脑梗死病人 CT 扫描阴性,可立即进行 MRI 检查,若阳性,又可立即进入导管室行介入溶栓治疗,之后可再进行 MRI 复查。在教学与科研方面,医疗设备的相对集中,利于按专业(而不是设备)进行影像科重组,利于教学与科研的开展及人才的培养。

总之,数字化为医学影像学带来了质的飞跃,但同时也带来了一些挑战,如果能在观念、制度、技术、服务和管理等方面有所创新,数字化将带给我们无限的益处。

[关键词] 放射学信息系统;计算机;述评

[中图分类号] R841 [文献标识码] C

[文章编号] 1672-4488(2006)04-0283-03

(本文编辑 马伟平)