DOI:10.16016/j.1000-5404.2004.21.039
第26卷第21期 第三军医大学学报 Vol. 26, No. 21
2004年11月 ACTA ACADEMIAE MEDICINAE MILITARIS TERTIAE Nov. 2004

文章编号:1000-5404(2004)21-1977-03

综述

CT透视技术的发展和放射线剂量分析

Technical development and radiation dose analysis of CT fluoroscopy

周代全,牟 玮 综述,巫北海, 崔义 审校 (第三军医大学西南医院放射科,重庆 400038)

近10年来,随着滑环扫描、亚秒旋转时间和计算机图像重建技术的进步,CT技术取得了突飞猛进的发展。今天的CT扫描机已经可以几乎实时地提供CT横断图像,这种技术被称为CT透视(CT fluoroscopy, CTF)或实时CT扫描(real-time CT),CT透视技术在非血管介入技术领域得到广泛应用,包括全身各部位的穿刺活检和部分液性病灶的引流治疗。CT透视引导下介入操作的优点是定位准确、操作时间短、与常规CT引导相比病人受照射剂量低。由于CT透视操作时放射线医师和病人同时处在扫描室内,并且CT透视使用的kVp值和mAs值都远大于常规X线透视所用的值,在相同时间内CT透视较常规X线透视产生更大的射线剂量[1],因此操作过程中病人和操作者受到射线损伤的风险加大,如何避免病人和手术操作者的射线损伤和加强射线剂量的管理已越来越受到许多学者的重视[2]。

1 设备和技术

1.1 设备的发展[3~5]

常规CT由于缺乏实时显示功能,在介入技术领域的应用自CT问世以来一直受到限制。常规CT能够确定穿刺的部位和针刺的方向、评价进针后针的位置,但它在穿刺过程中需要多次单层或螺旋扫描对操作技术进行修正而不能进行实时评估,特别是在存在生理运动的身体部位操作时更暴露了它的不足。20世纪80年代后随着滑环技术和半导体探测器灵敏度的改进以及新的重建技术和高速并行阵列处理系统的引入,使实时成像成为可能,为CT透视的发展铺平了道路。1993年,日本东芝公司最先推出实时CT扫描技术,该机扫描旋转时间为1周/s,实时软件能提供3帧/s的图像重建和显示速度,这种显示速度虽然不能和常规X线透视的瞬时显示相比,但已经能够给操作者提供足够的信息以确定操作计划。此后各个CT机制造商都开始研制和发展实时扫描系统,图像的显示速度也提高到6~12帧/s,各制造商不但是在单层螺旋CT扫描机上开发这种技术更是在多层螺旋CT机上应用这种技术,以期同时显示更多的图像,CT机扫描旋转时间也发展到亚秒级(0.5~0.7 s或更低),从而使图像质量不断提高。第1台具有CT透视功能的扫描机视野(FOV)较小,透视期间床面的位置固定。帧率3幅/s。后来的发展包括18~40 cm的FOV、1~10 mm的准直器宽度、透视期间床面可进行自动或手动移动、帧率增加到6~12幅/s,CT机72 cm的大孔径有利于方便的进行介入穿刺操作。图像通常可以显示在扫描间的监视器上,操作者用脚闸控制曝光,检查床的移动既可以通过安装在床边的操作杆控制,也可以用手直接移动浮动的床面,每一序列扫描完毕后的最后一帧图像被保留在监视器上。CT透视系统都设有类似于常规X线平板透视系统的闹钟装置进行时间限制,绝大部分机型都设置在100 s以内,闹钟装置有利于限制病人和操作者的照射剂量。

1.2 成像技术[3~6]

CT透视是专门针对非血管介入检查和治疗操作而设计的,主要用于穿刺针针尖和病灶位置的显示,不用于影像诊断,因此对图像质量的要求不高。CT透视图像无论空间分辨率还是信号噪声比都远远低于常规CT图像,它的设计思路主要是考虑降低X射线剂量和提高实时显示的帧率。

扫描参数一般为:80~140 kVp、10~90 mAs、1~10 mm的准直器宽度,0.5~1 s的扫描时间,其中最常使用的是80~120 kVp、30~50 mAs、10 mm准直器宽度。同时为了降低散射线和病人及工作人员的吸收剂量,许多生产商采用了球管射线滤过技术。球管热容量的提高和飞焦点技术的应用使连续透视的时间达到40~100 s。为了提高图像显示的速度,实时图像重建采用256~256像素矩阵,在常规CT扫描中为增加图像质量常使用的其它一些图像处理方法如插值法、数据滤过、射线硬化校正和噪声抑制等技术在实时显示重建时都被忽视了。为了提高一个序列内图像的显示帧率,需要对多帧图像显示中不存在的投影数据进行反投影,因而每一幅图像要求计算的量减少。现代CT机都普遍采用高速并行阵列数据处理系统,极大地提高了图像实时重建的速度。滑环技术和高灵敏度半导体探测器的发展使扫描架旋转时间缩短到亚秒级,在极大地降低X线剂量的同时提高了实时显示图像的质量,给使用者提供更准确更有价值的信息。

1.3 实时成像的应用

1.3.1 扫描时间计划的制订[5] 对于每一个CT增强扫描病人来讲,对比剂的注射和对比剂在各个兴趣器官内表现的时间是不同的,要达到满意的对比增强效果就需要在准确的血管期相内采集图像。使用实时CT成像能连续监测感兴趣区(主动脉),一旦感兴趣区内的平均CT值达到预设的域值就触发开始螺旋扫描,这就是众所周知的对比剂团注跟踪法,早已被证明是有效而准确的增强扫描方法。实时重建也被应用于多排螺旋CT扫描时断面图像的连续观察即图像预览,操作者可以在规定的扫描终点之前停止数据采集,例如在病人明显移动或者在预设的扫描终点前整个感兴趣区器官已经全部成像,此时终止数据采集可以减少不必要的成像和射线照射。

1.3.2 CT透视 CT透视(CTF)主要是指实时CT扫描在非血管介入操作中的应用,操作者可以通过扫描间监视器上的实时图像引导穿刺针进入患者身体的特定部位进行组织活检或介入治疗,这是实时CT成像系统发展的动力。至今CT透视引

作者简介:周代全(1963—),男,四川省成都市人,硕士,副主任技师,主要从事腹部影像学方面的研究。电话:(023)68754423

收稿日期:2004-03-02;修回日期:2004-07-21

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

导下的非血管介入技术已经广泛应用于全身多个组织系统，包括实质性病灶的组织活检、液性病灶的穿刺引流、部分病变组织的固化治疗和浅窝关节造影的CT引导[7]。Yamagami等[8]报道穿刺成功率为94.5%(取出适合组织学检查的标本)，组织学诊断的敏感性95%、特异性100%、准确性96.2%。Silverman等[9]报道穿刺活检的敏感性和阴性预测值分别是98%、86%，穿刺活检或导管引流的成功率为100%。使用CT透视引导介入操作的时间较常规CT引导的操作时间明显缩短，Silverman等报道缩短20%(29/36)，Carlson等[6]报道操作时间缩短32%(17/25)，操作时间的缩短明显减少了组织损伤和并发症的发生，同时显著降低了病人和操作医师的X射线照射剂量。

2 X射线剂量管理

2.1 CT透视操作的射线剂量分析

2.1.1 与常规CT扫描引导介入操作相比，CT透视扫描使用低mAs、操作时间缩短，从而明显降低了X线照射剂量。Teeuwisse等[10]比较两种方法引导下进行脓肿引流、组织活检和骨样骨瘤固化治疗的射线照射量，每次病人的平均有效剂量CT透视扫描(120 kVp，25 mAs)较常规CT扫描(120 kVp，285～415 mAs)低24%～62%，局部皮肤剂量CT透视为0.03～0.33 Gy、常规CT扫描为0.09～1.61 Gy，一次介入操作CT透视总的曝光时间一般低于60 s，因此皮肤剂量都远低于2 Gy的确定性皮肤损伤的域值。Carlson等[6]报道CT透视(120 kVp，10～50 mAs)引导穿刺的平均皮肤剂量是43 mGy，而常规CT扫描(120 kVp，240～280 mAs)引导穿刺的平均皮肤剂量是738 mGy。Nickoloff等[1]报道CT透视扫描(120 kVp，50 mA)的CT剂量指数(CTDI)是20.4～63.1 mGy/min，Keat等[5]报道1组扫描时间79～165 s的CT透视剂量，病人的平均有效剂量为4.7～9.9 mSv，低于“欧洲CT质量标准指导原则”关于腹部扫描11.7 mSv的有效剂量。有学者报道[4]一次单层120 kVp、300 mAs扫描的X线剂量相当于同样kVp、30 mA CT透视20 s的剂量。

2.1.2 散射线 Nawfel等[11]利用CT扫描模型测量透视扫描(120 kVp，50 mA)时的剂量，表面剂量为2.3～10.4 mGy/s，距离10cm的散射线为27 μGy/s，距离100 cm的散射线为1.2 μGy/s。Keat等[5]报道在操作者距离扫描平面40 cm时躯干的散射线是9 μGy/s、眼部为2 μGy/s。可见距离防护对于降低介入手术操作者的受照射剂量是非常重要的。

2.1.3 与常规X线透视相比，CT透视由于使用较高的kVp、mA值和旋转照射从而产生较大的X线照射剂量，但是常规透视操作时间长、照射范围大，所以总的剂量更大[4]。CT透视操作时医师和病人同时处在扫描室内，因此受到射线损伤的风险加大，同时透视扫描总是在病人的同一部位发生而导致病人的局部照射剂量增加，如何避免病人和手术操作者的这类损伤和加强射线剂量的管理已越来越受到许多学者的重视。

2.2 CT透视操作的射线防护

2.2.1 尽量选用较低的扫描参数、减少透视时间 Daly等[4]报道在80 kVp、30 mA、曝光50 s的CT透视条件下，皮肤剂量为35.3 mGy；而在同样时间、120 kVp、50 mA的条件下，皮肤剂量为198.1 mGy，剂量增加5倍以上。Nawfel等报道在120 kVp、90 mA、10 mm层厚的条件下透视80 s，病人受照射剂量为830 mGy，相当于进行心脏导管检查时病人受到常规透视20～30 min的照射剂量。可见选用较低的扫描参数，同时提高操作技术缩短检查时间是降低病人和操作者受照射剂量的简单而有效的方法。

2.2.2 介入操作时采用适当的CT透视方法 CT透视引导介入操作时根据需要可以采用实时透视法(Real time，也称连续透视法)或快速查对法(Quick check，也称间歇性透视法)，快速查对法既是在需要时进行短暂透视以确定针尖和病灶的位置，可以显著缩短曝光时间、减少操作者手部的X线照射。Silverman等[9]报道采用实时透视法平均透视时间90 s，而采用快速查对法可缩短到41 s。Paulson等[12]研究证实在120 kVp、10～50 mA透视条件下使用快速查对法，操作者受照射的有效剂量范围仅为0.007～0.048 mSv，Carlson等[6]证实操作者受照射的剂量一般低于0.1 mGy。因此使用快速查对法进行CT透视操作，病人和操作者的照射剂量都可以明显减少。

2.2.3 使用穿刺辅助装置 用穿刺辅助装置虽然对降低病人照射剂量的价值不大，但可以明显降低操作者的照射剂量。使用穿刺针支架(多用海绵钳制作)[5,13]可以保持操作者的手在主射线之外，但会降低穿刺的手感而影响操作，Solomon等[14]研制成一种通过计算机或操作杆控制，可以支持、旋转、推进穿刺针的智能化机械装置，介入操作期间医生的照射剂量可以忽略不计。

2.2.4 使用铅防护器材 操作过程中操作者穿上铅衣、戴上铅手套、铅眼镜、铅围脖等铅防护器材是非常重要的。研究表明，使用铅防护器材后在距离扫描平面10cm范围内可降低散射线达71%、在60cm范围内可降低散射线14%[11]。Nickoloff等[1]报道使用铅手套可以减少手部照射剂量11%～44%。

总之，CT技术的迅猛发展使实时CT成像、CT透视技术提高到了一个新的水平，为非血管介入技术的发展提供了一种新的手段，这种新的技术被广泛地应用于CT引导下的非血管介入检查和治疗，特别是全身各部位的穿刺活检和部分液性病灶的引流治疗，其显著的优点是定位准确、穿刺成功率高、操作时间短，明显减少了组织损伤和并发症的发生，与常规CT引导相比显著降低了病人和操作者的X射线照射剂量。美国1994年安装第1台具有透视功能的CT扫描机，FDA1996年正式批准常规使用[4]。由于CT透视较常规X线透视使用更高的曝光参数，因此操作者和病人受到射线损伤的风险加大，为此必须合理使用这种技术和加强射线剂量的管理以避免或减轻这类损伤。许多射线剂量分析研究表明，在CT透视操作过程中采用降低扫描参数、快速核对透视法以及使用专用的穿刺辅助装置，能够明显降低病人和操作者受照射的剂量，同时作为对职业工作者的保护；操作过程中操作者使用铅防护器材是非常重要的。

未来CT透视扫描技术的发展方向应该是开发更灵敏的半导体探测器以便在低剂量条件下提高图像质量、每秒图像显示帧率的增多、操作者戴上即可直接看到穿刺过程图像而不需要在病人和监视器之间来回转动的眼视镜、智能化穿刺辅助装置的发展[4]。

关键词：CT透视；放射线剂量
中图法分类号：R814.42 文献标识码：A

参考文献：

[1] Nickoloff E L，Khandji A，Dutta A. Radiation doses during CT fluoroscopy [J]. Health Phys，2000，79(6)：675—681.
[2] Wagner L K. CT Fluoroscopy：Another Advancement with Additional Challenges in Radiation Management[J]. Radiology，2000，216(1)：9—10.

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[3] Katada K, Kato R, Anno H, *et al*. Guidance with real-time CT fluoroscopy: early clinical experience[J]. Radiology, 1996, 200(3): 851—856.
[4] Daly B, Templeton P A. Real-time CT fluoroscopy: evolution of an interventional tool[J]. Radiology, 1999, 211(2): 309—315.
[5] Keat N. Real-time CT and CT fluoroscopy[J]. Br J Radiol, 2001, 74(888): 1088—1090.
[6] Carlson S K, Bender C E, Classic K L, *et al*. Benefits and safety of CT fluoroscopy in interventional radiologic procedures[J]. Radiology, 2001, 219(2): 515—520.
[7] Binkert C A, Verdun F R, Zanetti M, *et al*. CT arthrography of the glenohumeral joint: CT fluoroscopy versus conventional CT and fluoroscopy comparison of image-guidance techniques[J]. Radiology, 2003, 229(1): 153—158.
[8] Yamagami T, Iida S, Kato T, *et al*. Usefulness of new automated cutting needle for tissue-core biopsy of lung nodules under CT fluoroscopic guidance [J]. Chest, 2003, 124(1): 147—154.
[9] Silverman S G, Tuncali K, Adams D F, *et al*. CT fluoroscopy-guided abdominal interventions: techniques, results, and radiation exposure[J]. Radiology, 1999, 212(3): 673—681.
[10] Teeuwisse W M, Geleijns J, Broerse J J, *et al*. Patient and staff dose during CT guided biopsy, drainage and coagulation[J]. Br J Radiol, 2001, 74(884): 720—726.
[11] Nawfel R D, Judy P F, Silverman S G, *et al*. Patient and personnel exposure during CT fluoroscopy-guided interventional procedures[J]. Radiology, 2000, 216(1): 180—184.
[12] Paulson E K, Sheafor D H, Enterline D S, *et al*. CT fluoroscopy-guided interventional procedures: techniques and radiation dose to radiologists [J]. Radiology, 2001, 220(1): 161—167.
[13] Irie T, Kajitani M, Itai Y. CT fluoroscopy-guided intervention: marked reduction of scattered radiation dose to the physician's hand by use of a lead plate and an improved I-I device[J]. J Vas Interven Radiol, 2001, 12(12): 1417—1421.
[14] Solomon S B, Patriciu A, Bohlman M E, *et al*. Robotically driven interventions: A method of using CT fluoroscopy without radiation exposure to the physician[J]. Radiology, 2002, 225(1): 277—282.

（编辑 汪勤俭）

文章编号：1000-5404(2004)21-1979-02

综述

小肠 CT 灌肠的临床应用及进展

Clinical application of CT enteroclysis of small bowels

蔡 萍 综述，王 健，* 杜义 审校 （第三军医大学西南医院放射科，重庆 400038）

小肠 CT 灌肠为一种通过鼻肠管注入造影剂，使远端小肠适度扩张并完全显影后，得到接近横断面影像的检查方法[1]。它克服了常规 CT 或螺旋 CT 和小肠灌肠的各自缺陷，结合了两种技术的优点。并较内窥镜检查的侵入性小，是诊断小肠疾病非常可行的一种检查方法。

1 CT 灌肠的检查方法

1.1 术前准备

检查前禁食禁饮 12 h，无需其他特殊的肠道准备。

1.2 造影剂

造影剂种类繁多，如中性造影剂甲基纤维素，阳性造影剂 4%～15%水溶性泛影酸钠盐或 1%的稀钡[1]。小肠内使用中性造影剂同时结合静脉造影剂增强可适合于检出某些小肠病变，而阳性造影剂可适合于其他小肠病变。目前尚未找到最理想的造影剂。

1.3 检查过程

透视引导下将鼻肠管置于十二指肠空肠曲。用机械泵将造影液以适当的速度注入，静脉内注入低张药物（怀疑肠梗阻者禁用），使整个小肠均匀扩张。需行增强扫描者，1 min 后，以 3 s/min 的速度静脉内注入造影剂（2 ml/kg），延迟 45 s，以 6 L/min 的速度以面罩给氧，60 s 屏气后得到螺旋 CT 扫描数据。准直 5 mm，螺距为 1，重建间隔 3 mm（2 mm 重叠）。然后将数据转到工作站。

1.4 后处理技术

采用多平面重建（MIP）和多曲面重建（MCP）成像技术，有利于显示瘘管以及无柄的腺瘤，并与正常的粘膜皱襞鉴别[2]。采用电影循环回放的方式，有利于观察小肠的病理改变。利用轴位成像获取的数据，采用小肠腔内导航技术，得到类似肠镜的观察效果，使空间定位更准确，提高空间分辨率[3]。

2 CT 灌肠的临床应用

2.1 小肠梗阻

常规 CT 不能准确估计梗阻的严重程度，以及不能排除轻度梗阻[4]。而小肠钡剂灌肠可能加重梗阻的程度，在随后的手术中钡剂可能溢入腹腔，为外科医生所恐惧。CT 灌肠利用二者的优点，可以解决临床科室和放射科之间的分歧[5]。最初的研究表明，对疑有低位小肠梗阻的病人，CT 灌肠的可信度与小肠灌肠一致，敏感性 99%，特异性 82%。对不全性肠梗阻的敏感性和特异性较常规 CT 高，分别为 89%和 100%[1]。对腹部恶性病变时，CT 灌肠较常规 CT 更可靠。除利用横断面成像的特点外，CT 灌肠还利用肠道充盈液体的特点显示梗阻的原因，研究表明，CT 灌肠是显示肠粘连的类型和解剖部位的最好方法之一。而且能够准确客观地判断小肠梗阻的严重程度。所置入于十二指肠曲的鼻肠管具多种用途，除灌肠进行诊断外，不

作者简介：蔡 萍（1970— ），女，四川省阆中市人，硕士，主治医师，主要从事影像诊断方面的研究，发表论文 5 篇。电话：(023)68765430

收稿日期：2004-03-02；修回日期：2004-07-18

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net