

螺旋 CT 血管造影

韩 萍

螺旋 CT 血管造影(CT angiography, CTA)是根据血液循环时间在靶血管内造影剂高峰期进行螺旋扫描、采集容积资料,然后通过影像后处理如最大密度投影(MIP)等获得血管影像的方法。由于螺旋 CT 扫描速度快,故可选择性地在腹主动脉、腔静脉、肝、肾、脾等器官动脉期、静脉期分别成像。CTA 不仅是评价多种血管病变有希望的检查技术,而且由于它是 CT 与血管造影技术的结合,还可对腹部实质器官如肝脏分别进行全肝动脉期、门静脉期和实质期成像,动态观察肝脏和肝肿瘤的血流情况,达到对肝脏占位病变定性诊断和鉴别诊断的目的。

造影剂进入体内的方式有外周静脉注射法及经股动脉插管法。前者创伤小,操作简便,目前临床应用广泛,故本文着重介绍外周静脉法 CTA。

外周静脉法 CTA

外周静脉法 CTA 是经外周静脉内注射造影剂后再行 CT 扫描的方法。造影剂总量、注射流量及延迟时间在 CTA 中是相互关联的参数,直接影响血管分辨率。血管内衰减值主要和造影剂总量有关,增强的峰值主要与注射流量有关。总量大、流量快,血管内造影剂峰值高,则小血管的显示增加。适当的延迟时间对保证在靶血管最大程度强化时进行螺旋 CT 扫描及尽可能减少静脉与脏器实质的增强非常重要。①注射总量:造影剂用量取决于扫描时间与注射流量,对腹主动脉及其大分支一般为 90~150ml。国内文献则使用 100~120ml。肝脏 CTA 一般用 80~120ml 造影剂。②注射流量:以 3~5ml/s 的注射流量进行研究,延迟 17~22s 做腹部扫描,主动脉内衰减值在 4ml/s 和 5ml/s 时差异不大(200~400HU),而用 3ml/s 流量注射时略有降低(150~250HU)。过大的注射流量对病人心血管系统并非有利,故多数文献使用 3~4ml/s 的流量注射进行血管成像,2~4ml/s 的流量进行肝脏成像。为保证动脉强化的均匀性,注射时间须与扫描时间同样长。③延迟时间:通常情况下,要根据病人情况和检查目的选择延迟扫描时间,一般对腹主动脉及其大分支,典型的延迟时间为 15~25s。对肝脏动脉期延迟时间为 20~30s,显示门静脉系统一般要延迟 60~70s 左右。然而造影剂自外周到达靶血管尚受体型、心功能等因素影响,适当的扫描延迟时间需因人而异地通过小剂量试验或流量程控仪器来作出准确确定。

螺旋扫描参数

CT 血管成像前应准确确定成像的范围。先以常规的 10mm 层厚连续扫描确定兴趣血管结构的部位。

螺旋 CTA 的扫描参数根据检查目的、成像范围及病人屏气能力选择,尽可能选择薄的层厚、小的重建间距和螺距。对腹主动脉及其大分支的成像,层厚用 3~5mm,螺距 1~2,重建间距使用 1~3mm。CT 图像上纵向走行血管的分辨率要高于横向走行的血管,如果层厚大于靶血管或病灶,其清晰度将受部分容积效应的影响,故对显示腹腔动脉的分支和肾动脉宜使用 3mm 层厚。肝脏扫描可用 5~8mm 层厚, Pitch 1~1.5, 1/2 层厚的重建间距。部分重叠的影像有利于提高横断面图像的分辨率、小病灶的检出和定性以及后处理图像的质量。胰腺及肾脏的扫描范围不太大,一般取 3~5mm 层厚, Pitch 1, 1/2 层厚的重建间距。

CTA 的影像后处理

目前有四种技术用于螺旋 CTA,即最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、表面成像显示(shadow surface display, SSD)、多平面重建(Multiplanar reformation, MPR)和血管的仿真内镜技术(Virtual endoscopy, VE)。

MIP 是在容积扫描数据中对每条射线上最高密度进行编码并投射成像。因此 MIP 灰阶能够反映相对的 X 线衰减值,微小的密度变化可以得到适当的显示,可鉴别动脉硬化性斑块的钙化与腔内造影剂,可反映血管内血液流动情况(图 1)。但它仍为二维投射影像,前后血管结构重叠,缺乏立体感。通过旋转功能使图像围绕 X 轴、Y 轴、Z 轴 360°方向旋转,可产生三维立体的效果。

MIP 成像的基本方法为:①经外周静脉内注射阳性造影剂后,在血管内造影剂的高峰期螺旋扫描、采集数据;②在横断面图像上划定兴趣区;③保留靶血管的高密度影像,删除骨骼等其它高密度组织;④使用 MIP 软件进行图像重建;⑤使用旋转功能,沿 X、Y、Z 轴 360°旋转,三维地显示血管结构及病变。

表面成像显示(SSD)采用象素阈值(CT 值)的方法对器官组织的表面轮廓进行立体地重建,它将器官的表面和内部结构视为同等密度。由于这种重建方式,丧失了大量与 X 线衰减有关的信息,因而重建出的图像只能三维地显示器官外表面形态轮廓,而不能显示其内部结构,故有些资料亦称之为三维表面重建(3D surface reconstruction)。血管的 SSD 可直观显示血管外壁、血管的立体走向以及和邻近结构的空间关系,可从外观上显示动脉瘤和血管狭窄的程度及范围,但对血管的内部结构、血管壁钙化及血流情况无法显示。SSD 的主要价值不是用来进行诊断病变,而是显示病变,使病变与周围结构的空间关系更直观,为轴位图像提供补充信息(图 2、4)。使手术者对病变情况一目了然,从而协助制定手术计划,帮助实施手术。

SSD 的成像方法:①螺旋 CT 增强扫描;②选择所需要的轴

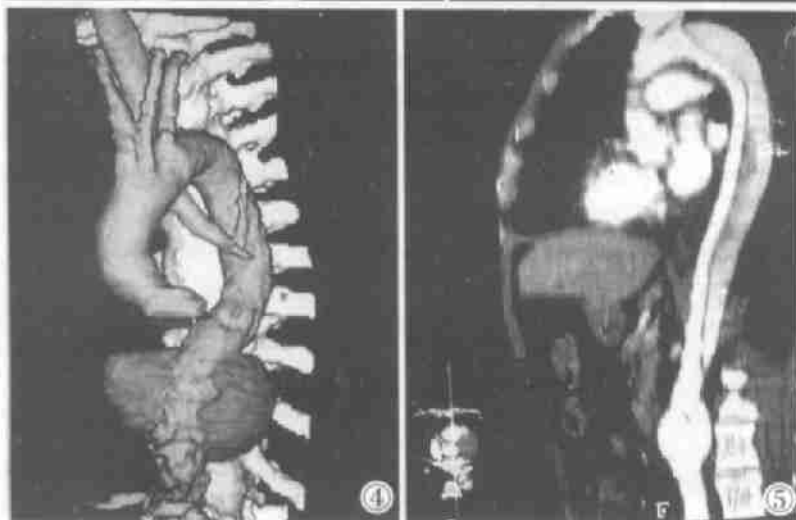
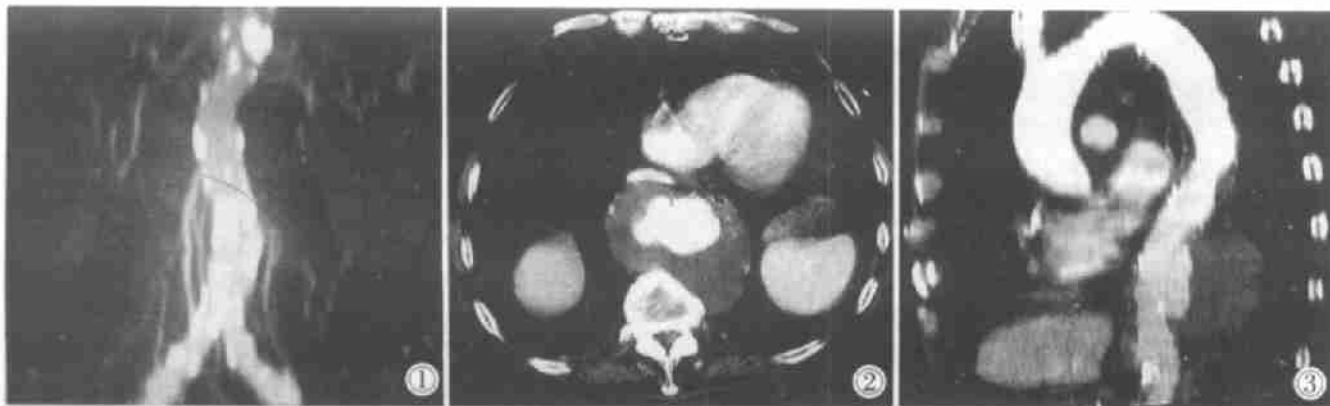


图1 CTA MIP重建方式:可见腹主动脉、双侧髂动脉的钙化斑块。并可多角度旋转图像,观察主动脉分支的形态及走向。图2 腹主动脉瘤 CTA 轴位图像:显示主动脉呈瘤样扩张及环形血栓形成,主动脉腔不规则。图3 CTA 多平面重建(MPR):(同图2病例)图像显示主动脉腔不规则,除胸、腹主动脉交界处有一大的血栓外还可见胸主动脉段有一些小的血栓形成。图4 CTA 三维表面重建(SSD):(同图2病例)图像直观显示主动脉瘤的外形、扩张程度、范围及与周围结构的关系,但不能显示血管腔内形态。

图5 主动脉夹层 CTA 多平面重建(MPR):斜位重建片上可见撕裂的内膜瓣片呈线状低密度影,位于真腔(腹侧)和假腔(背侧)之间,于主动脉弓及腹主动脉处可见上下两个内膜撕裂口。此外,腹主动脉还显示一小的动脉瘤。

位层面和标记三维成像的靶器官进行自动或手动重建。自动或手动方式的选择根据重建器官与周围组织密度差的大小而定。密度差大,则可采用自动方式重建,所需要的重建时间也短。密度差小,则需采用手动标记方式重建,所需要的重建时间较长;③选择合适的重建阈值。阈值的选择根据欲重建器官组织密度的高低决定;④通过 SSD 软件进行立体重建和三维显示。早期的 SSD 软件只能以黑白颜色显示三维图像。目前的 SSD 软件具有伪彩色功能,还具有实时旋转、电影显示、三维切割、透射组织等功能,能使立体结构的前、后、左、右各个面清楚显示出来。

多平面重建(Multiplanar reformation, MPR)是将扫描范围内所有的轴位图像叠加起来,再对某些标线指定的组织进行冠状位、矢状位、任意角度斜位及曲面的切层及图像重组(图3、5)。其中以斜面、曲面重建多用于血管成像。该方法简便快捷,2-3min即可成像。重建的平面位置、层厚及间隔可根据观察的需要来选择。MPR图像上的灰阶代表X线衰减值,因此它与MIP相似,可以显示血管腔内血流情况,区别血管壁钙化与腔内造影剂(图5)。MPR还可显示动脉瘤的附壁血栓而MIP则难以显示,这是因为MIP主要是对最大密度的结构如含高密度造影剂

的血管进行投影,而附壁血栓为软组织密度,明显的低于血管腔内造影剂密度(图3),此外前后血管影像的重叠也妨碍了附壁血栓的观察。由于MPR是某个平面上的体层图像,故没有前后结构的重叠,但如此同时它不能象MIP那样显示血管的延伸与走向。此外,曲面重建非常依赖于操作者的技巧与认识水平,曲面勾划不准确可误导图像分析,因此,曲面重建应与横断面图像和其它后处理方法一起观察。

近期的研究表明VE能显示血管内壁的情况、内腔狭窄程度、血管分支开口处形态等,但它不能显示血流情况,对细微结构的显示没有二维图像好。

CTA的临床应用

CTA的临床应用归纳为2类:①血管性病变的诊断;②肿瘤血供及与邻近血管关系的评价。近期的几项研究表明:CTA对腹主动脉瘤的评价具有特殊价值,优于血管造影。腹主动脉瘤术前CTA评价,对择期手术和手术方式的选择很重要。CTA可确定动脉瘤的大小、累及近远端的程度、解剖异常的存在、是否有动脉周围炎和纤维化、以及动脉腔的开放情况。CTA还可显示动脉夹层中真腔与假腔压迫的情形。当假腔内无血栓形成

时,分隔真假腔之间的内膜瓣片能清楚显示。此外,CTA 也是评价血管移植术、重建术或支架放置术后有价值的方法,易于肯定重建血管的通畅性,对显示金属植入物内面及确定有无动脉内膜增生或支架变形非常有价值。

髂动脉 CTA 的扫描范围从腹主动脉远端到股动脉。初步研究表明,CTA 可诊断髂动脉硬化性狭窄且无假阳性,并可显示来自髂内动脉、腰动脉、肋间动脉与对侧髂动脉的侧支循环。CTA 还是评价股动脉支架脱落及术后并发症的极佳手段。

文献报导 CTA 很适于显示腹腔动脉与肠系膜动脉开口,可正确评价肠管动脉血供的其它侧支。为改善腹腔动脉与肠系膜动脉开口的分辨力,CTA 须使用 2~4mm 层厚及 <1 的螺距。

CTA 的应用还体现在腹部实质器官肿瘤血供的评价方面。螺旋 CT 双期扫描则是其典型的应用实例。双期扫描是目前检测肝脏肿瘤最敏感的技术之一,尤其是它提高了小肝癌的检出率和定性准确率。肝脏的血供大约 75%~80% 来自门脉,20%~25% 来自肝动脉。与此相反,肝癌的血供约 90% 来自肝动脉,因此,注射造影剂后在肝动脉期扫描,小肝癌往往表现为高密度影,而在门脉期常常表现为低密度。常规 CT 的床进式动态扫描由于扫描速度的限制,不能控制扫描时相。经外周静脉注入造影剂后开始扫描,大多数层面落在门静脉期或实质期,此时肝癌病灶的密度下降而正常肝实质的密度上升,因此小肝癌往往呈低密度或等密度,而不易与其它肝脏占位性病变相鉴别或不能被检出。普通 CT 对病灶的定性有时需要多次同层动态扫描,如果肝内有多个病灶且上下距离较远时,则很难兼顾,使得病灶的检出和定性均有一定困难。而螺旋 CT 扫描速度极快,能在动脉期和门静脉期分别完成全肝扫描,且容积式扫描避免了小病灶的遗漏,其对小肝癌的检出敏感性达到 90% 以上,定性准确率达到 95%。Takayasu 的研究表明,螺旋 CT 门脉造影(CTAP)对小肝癌检出率达 97%,其中直径大于 1cm 的肝细胞肝癌检出率达 100%,直径小于 1cm 的原发性小肝癌检出率为 80%,对直径小于 5mm 的癌灶检出率较低。

此外螺旋 CT 双期扫描特别是 CTAP,用来检测肝转移瘤的敏感率可与术中超声类似。Soyer 用螺旋 CTAP 技术对肝转移瘤的检出率平均为 94%,而经静脉增强扫描的敏感度仅有 63%~71%。肝恶性肿瘤切除前用螺旋 CT 进行门脉期扫描(CTAP)结合多平面和三维重建能准确进行肝肿瘤的肝段定位和评价肿瘤与门脉及肝静脉的关系,并能通过体积分析评估术后肝体积,以提高肝切除术的安全性。肝静脉、肝内门脉系统的三维图像还可用于 TIPSS 术前制定计划并于手术后确定门-腔静脉之间分流道的通畅性。

螺旋 CT 双期扫描还成功地用于胰腺的成像。快速胰腺增强扫描突出了正常胰腺与肿瘤的区别,并可更为详细的评价胰腺疾病的动脉、静脉情况。Lu Dsk 对胰腺癌病人进行胰腺双相增强螺旋扫描,第一时相在静脉注射造影剂后 40~70s 扫描,第二时相在静脉注射造影剂后 70~100s 扫描。肿瘤与胰腺实质的 CT 值差值在第一时相与第二时相分别为 $67 \pm 19\text{HU}$ 和 $39 \pm$

16HU。在血管增强方面,动脉和静脉(包括腹主动脉、肠系膜上动脉和静脉、门静脉)强化在第一时相比第二时相清晰。在增强最显著的时相进行 CT 扫描,能提高对胰腺癌累及血管的评价能力,能将正常胰腺实质与少血管性肿瘤区别开。

CTA 与其他影像学方法比较

选择性血管造影(DSA)是血管系统成像的传统方法,并视为与其他影像技术相比较的“金标准”。但操作复杂,创伤大,射线辐射也大,血管显示好而周围结构显示差,插管方向及导管到达的平面不同,显示的血管内容也不同。螺旋 CTA 经外周静脉注射造影剂,方便、安全、无创伤,可同时显示扫描区域不同的血管(动、静脉)及脏器。随着近几年来螺旋 CTA 在主动脉及其大分支血管的应用渐趋成熟,在一定程度上已替代血管造影。但由于外周靶血管内相对低的造影剂浓度,故对小血管的分辨率没有血管造影(DSA)的分辨率高。窄准直(即薄层扫描)的应用可提高 CT 影像分辨力,但限制了扫描范围。MRA 成像无需造影剂,成像范围大,可显示胸腹主动脉全貌,但不能显示管壁的钙化,金属移植物存在时会影响检查,且检查时间长。CTA 能很好地显示血管壁的钙化,适用于体内有金属物患者,尤其适用于 TIPSS 术后评价门-腔静脉分流通道的通畅性。

参考文献

- 曹永胜,顾瑛,周康荣.螺旋 CT 血管造影及三维重建的临床应用.中华放射学杂志,1997,31:96-100.
- 赵绍宏,高育璇,蔡祖龙.肝细胞癌的双时相螺旋 CT 扫描.中华放射学杂志,1997,31:242-245.
- 严福华,曹蒙苏,周康荣.螺旋 CT 双期动态扫描在小肝癌诊断中的价值.中华放射学杂志,1996,30:829-832.
- Rubin GD, Dake MD, Semba CP. Current status of three-dimensional spiral CT scanning for imaging the vasculature. Radiologic Clinics of North America, 1995, 33(1):51-69.
- Blumen DA, Cham TP. Spiral CT angiography: an alternative to conventional angiography. Radiology, 1995, 195:317-319.
- Freney PC, Nghiem HV, Winter TC. Helical CT during arterial portography: optimization of contrast enhancement and scanning parameters. Radiology, 1995, 194:83-90.
- Lu DSK, Vedantham S, Krasny RM, et al. Two-phase helical CT for pancreatic tumors: pancreatic versus hepatic phase enhancement of tumor, pancreas and vascular structures. Radiology, 1996, 199:697-701.
- Chopra S, Ghiatas AA, Encarnacion CE, et al. Transjugular intrahepatic portosystemic shunts: assessment with helical CT angiography. Radiology, 1997, 202:277-280.
- Soyer P, Blumen DA, Bliss DF, et al. Surgical segmental anatomy of the liver: demonstration with spiral CT during arterial portography and multiplanar reconstruction. AJR, 1994, 163(1):99-103.
- Zeman PK, Silverman PM, Vieco PT, et al. CT angiography. AJR, 1995, 165(5):1079-1088.

(1999-06-15 收稿)