

# 头颈部 CT 血管成像扫描方案与注射方案 专家共识



中华医学会放射学分会

通信作者:金征宇,中国医学科学院北京协和医学院北京协和医院放射科 100730

Email:cjr.jinzhengyu@vip.163.com

**【摘要】** CTA 具有无创、费用低及可重复性强等优点。头颈部 CTA 是目前诊断头颈部血管病变、观察血管解剖和血管病变以外疾病血供来源的重要影像方法,已经成为头颈部血管病变诊断及长期随访的首选无创影像检查方法,制定头颈部 CTA 专家共识对指导日常临床工作具有重要的意义。中华医学会放射学分会组织专家在参照 2015 年美国放射学院、美国神经放射学会、儿科放射学会最新版本头颈部 CTA 应用指南的基础上,参阅大量中、英文文献,并结合我国实际,形成了国内头颈部 CTA 扫描方案与对比剂注射方案专家共识,旨在为放射科及相关临床科室医师、技师及护士提供参考,制定合理的检查方案。共识包括头颈部 CTA 检查前准备、头颈部 CTA 扫描方案、头颈部 CTA 对比剂注射方案、头颈部 CTA 图像后处理及临床应用、头颈部 CTA 图像质量评估等主要内容。

**【关键词】** 血管造影术; 体层摄影术, X 线计算机; 头颈部检查

DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.02.001

## Expert consensus of the head and neck CT angiography scanning and injection protocols

Chinese Society of Radiology, Chinese Medical Association

Corresponding author: Jin Zhengyu, Department of Radiology, Peking Union Medical College Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100730, China, Email: cjr.jinzhengyu@vip.163.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.02.001

CTA 与介入性血管造影相比,具有无创、费用低及可重复性强等优点。头颈部 CTA 是目前诊断头颈部血管病变、观察血管解剖和血管病变以外疾病血供来源的重要影像方法。随着多层螺旋 CT 特别是 64 层 CT 在全国的普及,头颈部 CTA 技术已经成为头颈部血管病变诊断及长期随访的首选无创影像检查方法。

因此,制定头颈部 CTA 专家共识对日常临床工作至关重要。2015 年美国放射学院(American College of Radiology, ACR)、美国神经放射学会(American Society of Neuroradiology, ASNR)、儿科放射学会(Society of Pediatrics Radiology, SPR)联合发布了最新版本的头颈部 CTA 应用指南,这一指南的不断修订和完善,对 CT 从业人员起到了规范化作用。在参阅大量中、英文文献及相关专家临床经验的基础上,形成了国内头颈部 CTA 扫描方案与对比剂注

射方案专家共识,旨在为放射科及相关临床科室医师、技师及护士提供参考,制定合理的检查方案。

## 头颈部 CTA 检查前准备

### 一、适应证与禁忌证

1. 头部 CTA 适应证:(1)缺血性脑卒中、动脉血管痉挛及血栓栓塞;(2)颅脑动脉粥样硬化、血管狭窄及阻塞性疾病;(3)颅内动脉瘤、假性动脉瘤及静脉曲张;(4)颅内血管畸形、血管瘘及血管变异;(5)血管炎及胶原血管病;(6)创伤性血管损伤;(7)颅内静脉及静脉窦血栓行静脉 CT 成像(computed tomographic venography, CTV);(8)血管介入手术的评估及随访;(9)颅脑及面部肿瘤血供来源判断;(10)头颈部外科术前血管情况评估。

2. 颈部 CTA 适应证:(1)颈动脉粥样硬化、血管

狭窄及阻塞性疾病;(2)颈动脉瘤、假性动脉瘤及夹层;(3)颈血管畸形、血管瘘及血管变异;(4)血管炎及胶原血管病;(5)创伤性血管损伤;(6)血管介入手术的评估及随访;(7)颈部肿瘤血供来源判断;(8)外科手术前血管情况评估。

3. 绝对禁忌证:(1)碘对比剂过敏<sup>[1-2]</sup>;(2)过敏体质,特别是对海产品或奶制品过敏<sup>[1]</sup>;(3)哮喘病史<sup>[1-3]</sup>;(4)肾功能不全<sup>[4]</sup>;(5)严重心血管疾病,包括症状性心绞痛、充血性心力衰竭,严重的大动脉狭窄、肺动脉高压及心肌病;(6)恶液质患者。

4. 相对禁忌证:(1)高蛋白血症、多发骨髓瘤可能会加剧肾功能不全;(2)新生儿血容量低、渗透性高,容易导致不良心脏事件;(3)长期使用 $\beta$ 肾上腺素受体阻滞剂的患者,对比剂不良反应的发生率及严重程度都会增加,并且降低肾上腺素在治疗不良反应中的作用<sup>[4]</sup>;(4)镰状细胞贫血者,易导致病情加重<sup>[5]</sup>;(5)部分嗜铬细胞瘤患者注射对比剂后,出现一过性儿茶酚胺释放、血压升高、高血压危象<sup>[6]</sup>;(6)部分甲状腺功能亢进或其他甲状腺疾病患者使用含碘对比剂4~6周后出现碘甲状腺功能亢进,但通常可以自愈;(7)<sup>131</sup>I治疗的患者在使用碘对比剂后1周内出现碘摄取率下降,影响治疗效果,几周之内可恢复;(8)重症肌无力患者可能加重其临床症状<sup>[7]</sup>。以上情况并非使用对比剂的绝对禁忌证,需结合临床综合判断。

## 二、碘对比剂的应用

静脉注射碘对比剂的方法和风险参见对比剂使用指南<sup>[8]</sup>。

## 三、扫描前准备

严格掌握适应证与禁忌证,详细询问受检者是否有过敏史;签署对比剂知情同意书;去除扫描区域表面所有金属物与饰物;嘱受检者扫描时保持体位不动,不配合患者可适当镇静;认真向受检者解释检查事宜,告知扫描所需时间,消除受检者紧张心理,以配合检查。

## 头颈部CTA扫描方案

### 一、头部CTA扫描方案

采用64层或以上的CT扫描仪行CTA成像扫描时间短、图像质量高,能客观显示增强后血管结构的优势。

#### (一)常规CTA检查方案

患者采用仰卧位,头先进;用压束带固定好头

部和下颌,保持头颈部静止不动及平静呼吸,避免吞咽及眨眼动作。

1. 扫描范围方法:扫描范围从颅顶至下颌水平,以C3~C4为基准线。先行正位定位像,而后根据定位像确定扫描范围执行CT平扫及增强扫描。平扫目的用于观察脑实质病变、脑出血、血管钙化和ROI的解剖位置。有些情况平扫不是必需的,例如治疗效果复查,可以根据患者情况进行调整。宽度 $\geq 8$  cm的探测器设备,采用轴面扫描模式;宽度 $< 8$  cm的探测器,采用螺旋扫描模式。

2. 扫描参数:管电压120 kVp,管电流60 mA左右,扫描层厚以一个探测器单元宽度为宜。重建算法以设备说明书推荐为准。平扫重建层厚 $\leq 5$  mm。增强图像重建层厚采用设备1或2个探测器厚度,以利于CTA图像重组。

3. 对比剂增强方案:推荐使用碘浓度为320~400 mg/ml的对比剂,成人注射流率不低于3 ml/s,婴幼儿不低于2 ml/s;总剂量按含碘量150~300 mg/kg,采用高压注射器经右上肢静脉注入。对比剂使用应注意:(1)建议采用22 G留置针在检查前穿刺血管和固定好针头位置;(2)连接管与注射针连接时应排除管路中气体;(3)碘对比剂注射后,随即以相同流率注射生理盐水。对比剂的使用建议参考碘对比剂使用指南(第二版)<sup>[8]</sup>。

CTA扫描触发时间的选择可采用以下方法:(1)小剂量团注测试技术:选取与实际CTA扫描层面一致的层面作为测试点,用小剂量对比剂预注射(注射10~15 ml后以相同流率追加生理盐水20 ml),测试颈内动脉时间密度曲线,峰值点为CTA容积扫描启动时间。(2)对比剂团注追踪技术:选取颈动脉(CTA最低层面以下)为监测点,阈值为100~120 HU,达到后触发扫描。对比剂团注追踪技术不需要额外的对比剂用量,推荐作为常规方法。如果患者颈动脉狭窄严重或者钙化明显,导致颈动脉显示不清,推荐采用小剂量团注测试技术。

4. 图像重组及保存方案:根据需要重组适当层厚轴面图像、MPR、CPR或VR等。建议将扫描后重建薄层图像推送至PACS保留。如果打印重组后图像,推荐14 in $\times$ 17 in(1 in=2.54 cm)胶片打印,每张胶片不宜超过24幅图像。

#### (二)双能量或能谱CTA扫描方案

双能量或能谱CTA仅通过一次增强扫描,利用特殊的双能量或能谱CT后处理软件即可获得去骨的CTA和能满足诊断要求的头颅虚拟平扫图像、虚

拟单能谱图像,不仅可减少患者接受的辐射剂量、降低运动伪影的干扰,也可降低对比剂的用量、减少线束硬化伪影。在诊断颅内动脉瘤方面具有较高的准确性。

在 CT 设备性能允许的前提下,头部 CTA 尽可能选择能量减影的 CTA 扫描模式,以达到去除骨性结构的干扰,充分显示血管的目的。双能量或能谱扫描 CTA,两个管 X 线电压组合推荐 80、100 kV 和 80、140 kV,或者单 X 线管 80 kV 和 140 kV 快速切换。其他技术参数,如扫描体位、碘对比剂注射方案、扫描范围和图像重组方法与常规头颅 CTA 相同。

### (三) 头部常见疾病的个性化扫描及重建方案

1. 动脉瘤 CTA 检查:(1)术前评估:需要评价动脉瘤的位置、大小、瘤颈宽度以及和周围血管的关系。虽然 DSA 是诊断颅内动脉的金标准,但因其为有创性且禁忌证多,在临床应用上存在一定限制。由于头颅 CTA 在瘤颈 $>3$  mm 的动脉瘤诊断中的特异度和敏感度分别高达 83%~100% 和 79%~100%<sup>[9-10]</sup>,而在瘤颈 $\leq 3$  mm 的动脉瘤中的特异度和敏感度分别为 51%~98% 和 79%~100%<sup>[11-12]</sup>,且其检查方便、禁忌少、费用低。因此,临床上推荐将头颅 CTA 作为急性蛛网膜下腔出血患者首选的检查方法之一。常规头部 CTA 检查颅内动脉瘤存在一定不足。首先,辐射剂量及对比剂用量较大;其次,邻近骨质周围的动脉瘤不能很好显示,但数字减影 CTA 通过自动去骨技术,可显示骨质周围血管及其异常情况<sup>[12-13]</sup>。部分动脉瘤颈部狭长,内有钙化、血栓形成,造成对比剂通过速度降低,瘤体内对比剂浓度降低,容易出现假阴性。在图像重组后处理时,对可疑微小动脉瘤要以原始数据分析为基础,结合多种图像重组方法进行分析,可减少小动脉瘤漏诊率。(2)术后评估:目前,头部 CTA 作为动脉瘤栓塞术和夹闭术后主要随访检查之一,用于评价弹簧圈与残存动脉的关系。不仅可以评价手术效果,而且可以作为长期随访手段,监测动脉瘤复发。因植入弹簧圈或金属夹的线束硬化伪影干扰,使得其术后评价效果不稳定。最新的二次迭代重建算法可以有效减少金属线束硬化伪影所带来的干扰。

2. 动静脉畸形 CTA 检查:动静脉畸形分为供血动脉、畸形血管团和引流静脉。CTA 不仅可以诊断动静脉畸形,还可以显示病变空间结构信息。VR 技术可以显示供血动脉、畸形血管团和引流静脉结构及其之间的空间位置关系,为进一步手术治疗提

供依据。

3. 颅脑肿瘤 CTA 检查:对于头颅富血供肿瘤,如脑膜瘤、血管母细胞瘤及颈静脉球瘤等,头部 CTA 及 CTV 可以清晰显示肿瘤与血管关系,为诊断肿瘤及进一步手术治疗提供依据;对于与颅底关系密切的颅内肿瘤,如脑膜瘤、垂体瘤等,头颅 CTA 可用于肿瘤的术前评估,可以显示肿瘤与邻近骨质及血管之间关系,降低手术风险。

4. 静脉窦血栓 CTV 检查:脑静脉窦血栓是一种相对少见的脑血管疾病,CTV 常用于静脉窦血栓诊断,一般表现为 Delta 征(空三角征),CTV 可清晰、完整显示脑静脉及静脉窦内充盈缺损情况,多角度 MIP、MPR 可直接显示静脉窦血栓的有无及范围。

### (四) 头部 CTA 的低剂量扫描方案

根据放射防护最低的合理辐射(as low as reasonably achievable, ALARA)原则,低剂量扫描技术从机器本身性能出发,优化扫描参数,在满足诊断的基础上来控制辐射剂量,从而保护了受检者的健康。目前降低辐射剂量的方法有<sup>[14-15]</sup>:(1)降低管电流:降低管电流是目前降低辐射剂量的主要方式,也是低剂量 CT 检查的主要方法。(2)降低管电压:不仅辐射剂量下降,而且降低 X 线质量,从而降低 X 线穿透力,使吸收的辐射比例增加,因此在低剂量 CT 扫描中要考虑图像质量与射线剂量之间的平衡。有报道,与常规使用 120 kV 的扫描参数相比,使用 80 kV 管电压对于显示动脉血管的强化效果及对微小动脉血管的显示率基本相同,且可以降低 40% 以上的射线辐射剂量<sup>[16]</sup>。(3)使用迭代算法重建:以迭代算法代替以往的常规滤波反投影算法,既可大幅度降低辐射剂量,也可抑制噪声,从而获得较高质量的图像数据。婴幼儿和儿童参照 ALARA 原则,使用和患者相匹配的检查技术参数。(4)双能量 CT 虚拟平扫技术:此技术也可以降低辐射剂量。

### 二、颈部 CTA 扫描方案

#### (一) 常规颈部 CTA 扫描方案

1. 扫描体位及范围:受检者采取头先进、仰卧位,头置于头托架内、下颌上抬,头尽量后仰,双肩尽量下垂、双上肢置于体部两侧,头颈部正中矢状面与纵向激光定位线重合,眉间线与横向定位线平行。扫描范围自胸骨角水平至外耳道平面。

2. 定位像扫描:一般采用侧位定位像,必要时可扫描正、侧位定位像。扫描参数:管电压 100~120 kVp,管电流 10~35 mA,由头向足侧扫描,扫描

长度 400 mm。

3. 颈部 CTA 扫描参数:采用螺旋扫描方式,扫描方向为从足侧向头侧扫描,常规扫描管电压采用 100~120 kVp,管电流 200~300 mA,X 线管旋转时间 0.27~0.50 s/周,螺距 1.0~1.5,FOV 为(200.00~250.00) mm×(200.00~250.00) mm,窗宽 600 HU、窗位 300 HU,采集层厚 0.50~1.00 mm,重建间隔 0.45~0.75 mm,重建矩阵 512×512,准直器宽度建议选择最宽。采用对比剂自动跟踪触发扫描技术,监测层面为主动脉弓,触发阈值 80~120 HU,标准重建算法 Standard/B30。不同探测器的 CT 扫描速度不同,探测器≤40 排、64 排、>64 排的速度分别为≥40、≥60、≥100 mm/s。

#### (二)颈部 CTA 双能量或能谱扫描方案

颈部 CTA 双能量及能谱扫描可以去除钙化及骨骼,有利于观察不稳定性斑块及去除椎体等骨骼对于血管观察的影响,提高图像质量。在设备性能允许的前提下,颈部 CTA 尽量选择能量减影的 CTA 扫描模式。双能量扫描 CTA 两个 X 线管的管电压分别是 80 kVp 和 140 kVp,能谱 CTA 扫描采用单 X 线管 80 kVp 和 140 kVp 切换,其余扫描参数与常规 CTA 基本相同。

#### (三)颈部常见疾病的个性化扫描及重建方案

1. 支架术后 CTA 检查:需要明确支架的位置和数量。颈动脉支架通常宽度较宽(≥3 mm),比较容易显示。如果为了更好地显示支架,可以增加 1 个锐利算法的薄层图像,这有利于观察支架内是否出现再狭窄。

2. 人工血管术后 CTA 检查:人工血管术后的患者需要明确人工血管的起始位置和连接位置,在平扫的时候观察图像是否将整个人工血管扫描完整,如不完整可以补充扫描范围,确保增强图像包括整个人工血管。

3. 肿瘤 CTA 检查:对于颈部肿瘤的 CTA 可加扫静脉期,明确肿瘤的范围、血供、强化程度及其与周围组织之间的关系等。

#### (四)颈部 CTA 的低剂量扫描方案

甲状腺为辐射敏感腺体,颈部扫描可使用铍屏蔽进行防护。降低颈部 CTA 辐射剂量的方法有:(1)自动管电流调制技术;(2)低电压技术,80、70 kVp 的扫描电压;(3)有条件可使用铍屏蔽防护措施;(4)使用迭代算法,推荐自动管电流技术联合低电压以及迭代算法进行颈 CTA 的低剂量扫描方案。

## 头颈部 CTA 对比剂注射方案

### 一、头部 CTA 对比剂使用方案

对比剂的使用建议参考碘对比剂使用指南(第二版)<sup>[8]</sup>,使用高压注射器,选用碘浓度为 320~400 mg/ml 的对比剂。用 22 G 静脉套管针,首选右上肢静脉(桡静脉或肘静脉)穿刺,连接高压注射器后,将患者手臂置于身体一侧,保持伸直、放松。增强扫描,推荐使用碘浓度为 320~400 mg/ml 的对比剂,成人注射流率不低于 3 ml/s,婴幼儿不低于 2 ml/s;总剂量按含碘量 150~300 mg/kg 计算。

不同类型的 CT 设备扫描速度不同,对比剂注射方案略有差异,40 层以下螺旋 CT 对比剂注射时间 12 s,64 层 CT 10 s,128 层及以上 CT 对比剂注射时间 8 s,余注射参数与 64 层 CT 相同(表 1)。

表 1 不同体重受检者采用 64 层 CT 行头颅 CTA 的对比剂注射方案

| 体重(kg) | 对比剂注射流率(ml/s) | 对比剂注射时间(s) | 对比剂使用总量(ml) | 生理盐水注射流率(ml/s) | 生理盐水总量(ml) |
|--------|---------------|------------|-------------|----------------|------------|
| <65    | 4.0~5.0       | 10         | 40~50       | 3.0            | 30         |
| 65~80  | 4.5~5.5       | 10         | 45~55       | 3.5            | 30         |
| >80    | 5.0~6.0       | 10         | 50~60       | 4.0            | 30         |

### 二、颈部 CTA 对比剂使用方案

对比剂的使用建议参考《碘对比剂使用指南(第 2 版)》<sup>[8]</sup>,推荐使用碘浓度为 320~400 mg/ml 的对比剂。建议使用高压注射器,将 50~100 ml 对比剂和 30~70 ml 生理盐水分别装入高压注射器中,连接延长管,排气完毕后连接留置针等待注射。

颈部 CTA 时,注射部位选择右手臂(优于左手臂),有利于避免左头臂静脉未稀释的对比剂造成伪影。使用 20 G 或 22 G 静脉套管(留置)针穿刺手臂上粗大的静脉(桡静脉或肘静脉),必要时穿刺股静脉。连接高压注射器后,将患者手臂置于身体两侧,保持伸直、放松。

推荐使用个性化注射方案:体重达到 50 kg 患者行颈部 CTA 检查时,碘对比剂的注射流率应达到 4~5 ml/s;体重超过 50 kg 的,注射流率可适当增加,但不建议超过 6 ml/s。对比剂用量 60~100 ml,或根据体重测算(1~2 ml/kg 体重)。

64 层以上 CT 对比剂用量可减少到 50~60 ml,注射碘对比剂后应团注一定量的生理盐水。儿童使用对比剂剂量应根据体重测算,注射流率也应根据体重调整;小儿和婴幼儿应选用 24 G 或 22 G 套

管针静脉注射,注射流率 2~3 ml/s 较合适。总之,对比剂注射方案应根据患者情况进行个体化调整,既要保证 CTA 图像质量达到诊断要求,又要考虑肾脏毒性等不良反应。

### 头颈部 CTA 图像后处理及临床应用

头颈部 CTA 图像重建和后处理,由接受过培训的医生、技师或其他相关人员完成,常用的三维后处理方法包括 MPR、CPR、MIP 及 VR。

#### 一、头部 CTA 图像重建和后处理

1. 标准后处理方法:首先在横断面原始图像及 VR 图像上观察颅内动脉及分支的大致走行、形态及分布等情况,若无异常,则进行常规 MIP 和 VR 显示,若发现可疑病变,可在常规后处理基础上,对病变部位、范围、邻近组织情况进行多方位 MPR、CPR、MIP 及 VR 显示及相关测量。

VR 主要用于三维立体观察血管情况,可多方位、直观显示脑动脉与周围组织器官的空间解剖关系。通过各方位剪切颅骨,可充分暴露血管解剖细节:轴面上剪切颅顶部骨可观察颅内血管全貌、Willis 环及分支;冠状面上剪切颅面及后面颅骨,从前面可观察双侧大脑中动脉,从后面可观察大脑后动脉及椎基底动脉;矢状面剪切左、右两侧颅骨,分别观察大脑前动脉及内动脉虹吸段。VR 可较好地显示动脉瘤的形态和载瘤动脉的关系,有利于临床医师确定手术入路;还可显示动脉粥样硬化性狭窄或闭塞动脉的形态改变;对于动静脉畸形者,VR 能够显示病变与流入动脉、流出静脉邻近血管的关系等。

MPR 在二维横断面图像基础上,可以重组出冠状面、矢状面或任意层面图像,可从多角度、多方位显示靶血管的结构和形态,对病灶定位和空间关系判断有重要意义,也是目前临床上应用最广泛的后处理技术,尤其适用于观察动脉瘤的形态与载瘤动脉的关系,挑选最佳显示动脉瘤的位置图,测量瘤颈、瘤的长径和短径,指导临床手术夹闭动脉瘤。

CPR 可以直接显示血管管腔情况、血管的形态和变异、斑块性质及相应血管狭窄长度和程度,还可以进行斑块分析,测量血管狭窄率等。CPR 的提取要保证在血管的中线,常规重建颈内动脉颅内段及椎动脉颅内段全长 CPR 图像各 2 张(正交 90°)。

根据诊断需要可选择任意层厚进行 MIP,分别显示 Willis 环,大脑前、中、后动脉及各交通支。选

择不同的厚层进行 MIP,尽可能避开骨骼、钙化及增强后的软组织结构。MIP 应用于动静脉畸形方面,对显示供血动脉、畸形血管巢、引流静脉及与周围结构的三维空间关系具有重要价值;在 MIP 图上可以根据颅内肿瘤位置,选择不同角度观察肿瘤与血管的关系。

2. 头部 CTA 双能量后处理:颅内动脉瘤推荐使用去骨功能显示动脉瘤与脑动脉的关系。推荐使用 VR 和 MIP 图像,分别剪切后循环及前循环血管,保留前循环及后循环血管,根据动脉瘤与供血动脉的关系,采用不同角度显示。

3. 颅脑 CTV 图像重建和后处理:MPR、MIP、VR 标准后处理方法:首先观察上矢状窦、下矢状窦、直窦、双侧横窦及乙状窦及其属支的显影情况,形态、大小、分布有无异常。若无异常,则常规 MIP 和 VR 重组;若存在狭窄、闭塞、充盈缺损或畸形血管影,则对病变部位、范围、邻近组织侵犯情况进行多方位 MPR、CPR、MIP 及 VR 重组显示,应用去骨功能进行脑静脉三维重建,对目标静脉血管进行分析。目前,脑静脉 CTV 成像主要应用于脑静脉窦血栓、脑动静脉畸形、先天性异常及颅内肿瘤与邻近硬膜窦和大脑静脉的关系等方面。

MIP 在头颅 CTV 常选择厚层重组,但显示血管的同时也显示了相应范围内密度很高的骨骼、钙化及增强后的软组织结构。常采用自动去骨法、手工切除法或阈值法将骨骼等高密度影清除,消除对血管的干扰,对显示静脉及解剖变异有很高价值。临床上,MIP 应用于静脉窦血栓的检查,可清晰、完整地显示脑静脉及静脉窦内充盈缺损和周围侧支循环情况,评估血栓的范围。MIP 用于动静脉畸形方面,对供血动脉、畸形血管巢、引流静脉及与周围结构的三维空间关系显示具有重要价值。

VR 可多方位、直观显示脑静脉与周围组织器官的空间解剖关系。根据有无颅骨显示可分为带骨的容积再现技术和去骨容积再现技术。VR 应用于动静脉畸形,可多角度显示病变与邻近血管的关系,特别是对流入动脉与流出静脉的显示;但用于评估血管狭窄或病变范围时,由于 VR 受阈值影响,会高估或低估病变细节,此时需结合原始横断面图像及其他重组方式综合诊断。

#### 二、颈部 CTA 图像后处理及临床应用

标准后处理方法可以初步观察颈动脉、椎动脉的大致走行及病变(包括血管起源、颈动脉分叉和颈内动脉),再对可疑病变部位进行 MIP、MPR、

CPR 及 VR 等后处理图像重组,结合病变部位的横断面,观察血管病变的垂直切面并进行测量。

MIP 包括整体 MIP 与薄层 MIP(层厚可选择)2 种方式:整体 MIP 显示扫描范围内所有密度较高的血管,但同时也显示了相应范围内密度很高的骨骼、钙化及增强后的软组织结构;薄层 MIP 可选择性地显示其中的一部分。整体 MIP 消除骨骼、钙化等重叠的高密度方法有 2 种:(1)播种法:将高于血管密度阈值的图像播种去掉,但阈值选择要准确,否则可能将骨骼与血管一起清除掉。此方法可重复使用,直至将重叠的高密度影完全消除。(2)手工薄片清除法:将靶血管区域划分为若干薄片,逐个画 ROI 去掉不需要的组织,此法工作量较大,但效果好。

MPR 可进行冠状面、矢状面及任意斜面图像重组,尤其适用于观察夹层动脉瘤及动脉管腔狭窄伴钙化的病变,真实地反映靶血管钙化斑块垂直断面及管腔狭窄的程度。并且对比剂在此种后处理方法上显示密度最高。缺点是由于血管走行迂曲,常常不能在 1 个层面上同时显示完整血管。

CPR 可自动沿血管路径生成血管长轴的曲面重组图像,能够以血管中心为轴进行多角度旋转观察。CPR 对于显示血管腔内外病变及其支架是否通畅有优势。此方法对操作者要求较高,否则易产生血管狭窄等假象。

VR 可多方位直观地显示靶血管与周围组织器官的空间解剖关系,通过旋转可从多角度、多方位观察动脉狭窄及其支架植入的情况。如果只显示靶血管,也可以采用播种法或手工清除法去掉骨骼及周围组织结构,但应注意 VR 图像用于显示血管整体观较好,但是诊断及测量血管狭窄还必须依靠 MPR、MIP 及 CPR 技术。

## 头颈部 CTA 图像质量评估

### 一、头部 CTA 图像质量评估

1. 强化质量:(1)清晰显示大脑前、中、后动脉,基底动脉和前、后交通动脉;(2)清晰显示颈内动脉和椎动脉颅内段的走行和充盈缺损情况;(3)清晰显示头部动脉与邻近器官的位置关系;(4)扫描区域内头部动脉的横断面影像中 CT 值不低于 200 HU;(5)扫描区域内颅内静脉的横断面影像中 CT 值不超过 150 HU;(6)颅内静脉高浓度对比剂伪影对 Willis 环不产生明显影响。

2. 重组图像质量:(1)无体外金属异物产生的明显影响动脉显示效果的线束硬化伪影;(2)无运动位移等造成的运动伪影;(3)MPR、VR、MIP、CPR 等多种图像后处理方法对头部动脉显示清晰;(4)CPR 影像重组层面应置于血管管径中心,且以不同角度旋转,管径及腔内病变显示清晰;(5)VR 图像中血管边界平滑,应与 MPR 图像中的动脉边界相符合;(6)MPR 图像层厚、间隔分别为 5 mm、4~5 mm,窗宽 350 HU、窗位 50 HU。

3. 照片质量:(1)14 in×17 in 照片分格推荐 20 幅,最多不超过 24 幅;(2)VR 图像尽量使用彩色打印照片。我国由于降低耗材和成本情况,现在很多单位的图像采用在线阅读储存,无胶片化将成为以后的趋势。

### 二、颈部 CTA 图像质量评估

1. 强化质量:(1)清晰显示主动脉弓、头臂干、左颈总动脉和左锁骨下动脉;(2)清晰显示颈总动脉、颈内动脉、椎动脉起始段的走行和充盈缺损情况;(3)清晰显示颈部动脉与邻近器官的位置关系;(4)扫描区域内颈部动脉的横断面影像中 CT 值在 300~350 HU 范围内;(5)扫描区域内颈部静脉的横断面影像中 CT 值不超过 150 HU;(6)右侧锁骨下静脉高浓度对比剂伪影对头臂干的显示不产生明显影响。

2. 重组图像质量:(1)无假牙等金属异物产生的明显影响动脉显示效果的线束硬化伪影;(2)无呼吸、吞咽等造成的运动伪影;(3)MPR、VR、MIP、CPR 等多种图像后处理方法对颈部动脉显示清晰;(4)CPR 影像重组层面应置于血管管径中心,且以不同角度旋转,管径及腔内病变显示清晰;(5)VR 图像中血管边界平滑,应与 MPR 图像中的动脉边界相符合;(6)MPR 图像层厚 5 mm、层间距 4~5 mm,窗宽 350 HU、窗位 50 HU。

3. 照片质量:(1)14 in×17 in 照片分格推荐 20 幅,最多不超过 24 幅;(2)VR 图像尽量使用彩色打印照片。

综上所述,头颈 CTA 是一项快速、无创的检查方法,是诊断及鉴别血管疾病及显示血管解剖的有利工具。CTA 检查具有离子辐射,应该在经过培训的医师指导下完成。CTA 应该被用于特定的检查目的,采用最小辐射剂量方案,并且保证满足诊断所必需的图像质量。头部 CTA 和颈部 CTA 具有不同的适应证,扫描方案及重建方法存在一定差异,因此需要分开进行。如果病变范围较大,可以适当

扩大扫描范围。双能量及能谱扫描可以去除钙化及骨骼,有利于观察不稳定性斑块及去除椎体等骨骼对于血管图像的影响。在设备性能允许的前提下,尽量选择能量减影的CTA扫描模式。低剂量扫描技术从设备本身性能出发,优化扫描参数,在满足诊断的基础上来控制辐射剂量。头、颈部CTA图像重建和后处理,应由接受过培训的医师、技师或其他相关人员完成,若发现可疑病变,可在常规后处理基础上,对病变部位、范围、邻近组织情况进行多方位MPR、CPR、MIP及VR显示及相关测量。头颈CTA的局限性在于当管壁钙化明显,或者血管周围存在高密度物质时,例如动脉瘤夹、弹簧栓或血肿将影响管壁显示。此外对于颅内血管管壁显示也有一定限制。

**专家共识协作组成员**(按姓氏拼音排序):陈敏(北京医院放射科);陈钰(中国医学科学院北京协和医学院北京协和医院放射科);高宏(中华放射学杂志编辑部);高剑波(郑州医科大学附属第一医院放射科);洪楠(北京大学人民医院放射科);胡道予(华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科);黄仲奎(广西医科大学第一附属医院放射科);金征宇(中国医学科学院北京协和医学院北京协和医院放射科);李子平(中山大学附属第一医院放射科);梁长虹(广东省人民医院放射科);刘挨师(内蒙古医科大学附属第一医院影像诊断科);刘士远(上海长征医院放射科);马祥兴(山东大学齐鲁医院放射科);王小宜(中南大学湘雅医院放射科);鲜军舫(首都医科大学附属北京同仁医院放射科);薛华丹(中国医学科学院北京协和医学院北京协和医院放射科);杨健(西安交通大学第一附属医院放射科);于薇(首都医科大学附属北京安贞医院放射科);张辉(山西医科大学第一医院放射科);张惠茅(吉林大学第一医院放射科);张龙江(东部战区总医院放射科);朱斌(南京市鼓楼医院放射科)

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参 考 文 献

- [1] Katayama H, Yamaguchi K, Kozuka T, et al. Adverse reactions to ionic and nonionic contrast media. A report from the Japanese Committee on the Safety of Contrast Media[J]. Radiology, 1990, 175(3):621-628. DOI 10.1148/radiology.175.3.2343107.
- [2] 杨旭, 黄晓青, 华璐, 等. 52例冠状动脉造影患者非离子型含碘对比剂过敏反应不良反应分析[J]. 中国循环杂志, 2015, 30(8):741-743. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2015.08.006.
- [3] Shehadi WH. Adverse reactions to intravascularly administered contrast media. A comprehensive study based on a prospective survey[J]. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl

Med, 1975, 124(1):145-152.

- [4] Katzberg RW. Urography into the 21st century: new contrast media, renal handling, imaging characteristics, and nephrotoxicity[J]. Radiology, 1997, 204(2): 297-312. DOI 10.1148/radiology.204.2.9240511.
- [5] Morcos SK. Review article: acute serious and fatal reactions to contrast media: our current understanding[J]. Br J Radiol, 2005, 78(932):686-693. DOI 10.1259/bjr/26301414.
- [6] Mukherjee JJ, Peppercorn PD, Reznick RH, et al. Pheochromocytoma: effect of nonionic contrast medium in CT on circulating catecholamine levels[J]. Radiology, 1997, 202(1): 227-231. DOI 10.1148/radiology.202.1.8988215.
- [7] Somashekar DK, Davenport MS, Cohan RH, et al. Effect of intravenous low-osmolality iodinated contrast media on patients with myasthenia gravis[J]. Radiology, 2013, 267(3): 727-734. DOI 10.1148/radiol.12121508.
- [8] 中华医学会放射学分会对比剂安全使用工作组. 碘对比剂使用指南(第2版)[J]. 中华放射学杂志, 2013, 47(10):869-872. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2013.10.001.
- [9] Lu L, Zhang LJ, Poon CS, et al. Digital subtraction CT angiography for detection of intracranial aneurysms: comparison with three-dimensional digital subtraction angiography[J]. Radiology, 2012, 262(2): 605-612. DOI 10.1148/radiol.11110486.
- [10] Li Q, Lv F, Li Y, et al. Evaluation of 64-section CT angiography for detection and treatment planning of intracranial aneurysms by using DSA and surgical findings[J]. Radiology, 2009, 252(3): 808-815. DOI 10.1148/radiol.2523081911.
- [11] Yang ZL, Ni QQ, Schoepf UJ, et al. Small intracranial aneurysms: diagnostic accuracy of CT angiography[J]. Radiology, 2017, 285(3): 941-952. DOI 10.1148/radiol.2017162290.
- [12] Zhang LJ, Wu SY, Poon CS, et al. Automatic bone removal dual-energy CT angiography for the evaluation of intracranial aneurysms[J]. J Comput Assist Tomogr, 2010, 34(6): 816-824. DOI 10.1097/RCT.0b013e3181eff93c.
- [13] Chen Y, Xue H, Jin ZY, et al. 128-slice accelerated-pitch dual energy CT angiography of the head and neck: comparison of different low contrast medium volumes[J]. PLoS One, 2013, 8(11):e80939. DOI 10.1371/journal.pone.0080939.
- [14] Luo S, Zhang LJ, Meinel FG, et al. Low tube voltage and low contrast material volume cerebral CT angiography[J]. Eur Radiol, 2014, 24(7):1677-1685. DOI 10.1007/s00330-014-3184-z.
- [15] Chen Y, Zhang X, Xue H, et al. Head and neck angiography at 70 kVp with a third-generation dual-source CT system in patients: comparison with 100 kVp[J]. Neuroradiology, 2017, 59(11):1071-1081. DOI 10.1007/s00234-017-1901-4.
- [16] Ni QQ, Chen GZ, Schoepf UJ, et al. Cerebral CTA with low tube voltage and low contrast material volume for detection of intracranial aneurysms[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2016, 37(10): 1774-1780. DOI 10.3174/ajnr.A4803.

(收稿日期:2018-06-30)

(本文编辑:高宏)