

### 3.0 T MR 三维时间飞跃法 MR 血管成像与 DSA 检出颅内动脉瘤的比较

顾秀玲 李明华 李永东 孙贞魁 谭华桥 王武 顾斌贤 陈元畅

**【摘要】** 目的 以 DSA 为对照,研究 3.0 T MR VR 重组三维时间飞跃法(3D-TOF)MRA 诊断颅内动脉瘤的准确性。方法 411 例可疑颅内动脉瘤或其他脑血管疾病的患者在行 DSA 检查前进行 3D-TOF-MRA 检查,MRA 检查后 2 周内进行 DSA 检查,以 2D-DSA 和 VR-DSA 结果作为金标准。42 例患者被排除(6 例因运动伪影被排除,36 例因缺少 VR-DSA 数据被排除)。从每例患者有无动脉瘤、每枚动脉瘤和动脉瘤大小( $< 3$  mm、 $3 \sim 5$  mm、 $> 5 \sim 10$  mm、 $> 10$  mm)3 方面评估 VR 3D-TOF-MRA 对颅内动脉瘤诊断的准确性、敏感度和特异度。结果 在最终入选的 369 例患者中,VR-DSA 在 246 例患者中检测到 306 枚颅内动脉瘤,123 例患者无动脉瘤;3D-TOF-MRA 在 249 例患者中检测到 311 枚颅内动脉瘤,120 例患者无动脉瘤。从患者方面评估,VR 3D-TOF-MRA 对颅内动脉瘤的诊断准确性、敏感度和特异度依次为 97.6% (360/369)、99.2% (242/244)和 94.4% (118/125);从动脉瘤方面评估,VR 3D-TOF-MRA 的诊断准确性、敏感度和特异度依次为 98.3% (524/533)、99.3% (304/306)和 96.1% (220/229);基于动脉瘤大小( $< 3$  mm)的评估,VR 3D-TOF-MRA 的诊断准确性、敏感度和特异度依次为 96.4% (214/222)、98.2% (112/114)和 94.4% (102/108)。结论 VR 3D-TOF-MRA 能准确诊断颅内动脉瘤,并可以作为一种无创、无辐射和无须对比剂的检查方法来替代 DSA 诊断和筛查颅内动脉瘤。

**【关键词】** 颅内动脉瘤; 磁共振成像; 血管造影术,数字减影; 对比研究

**Comparison of three dimensional time-of-flight MR angiography at 3.0 T MR and DSA in the detection of intracranial aneurysms** GU Xiu-ling\*, LI Ming-hua, LI Yong-dong, SUN Zhen-kui, TAN Hua-qiao, WANG Wu, GU Bin-xian, CHEN Yuan-chang. Department of Interventional Imaging, the Sixth Affiliated People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200233, China \* (Present address: Department of Radiology, First People's Hospital of Pinghu, Zhejiang Province, Jiaying 314200, China) Corresponding author: LI Yong-dong, Email: dr\_liyongdong@sina.com.cn

**【Abstract】** **Objective** To investigate the diagnostic accuracy of contrast-free three dimensional time-of-flight (3D-TOF-MRA) with VR at 3.0 T in the detection of intracranial aneurysms in a large cohort of patients prospectively. **Methods** Four hundred and eleven patients with suspected aneurysms and other cerebral vascular diseases received contrast-free 3D-TOF-MRA examinations at 3.0 T MRA 2 weeks prior to DSA examination. 2D-DSA and VR-DSA were regarded as the gold standard. Six patients were excluded because of motion artifacts, and 36 patients were excluded due to lack of VR-DSA data. Accuracy, sensitivity and specificity in detecting intracranial aneurysms were determined by patient-, aneurysm-, and aneurysm size-based ( $< 3$  mm,  $3 \sim 5$  mm,  $> 5 \sim 10$  mm,  $> 10$  mm) evaluations. **Results** In 369 enrolled patients, VR-DSA revealed 306 aneurysms in 246 patients (66.7%) and no aneurysm in 123 patients; VR 3D-TOF-MRA revealed 311 aneurysms in 249 patients and no aneurysm in 120 patients. The patient-based evaluation of VR 3D-TOF-MRA at 3.0T yielded accuracy of 97.6% (360/369), sensitivity of 99.2% (242/244), and specificity of 94.4% (118/125) in the detection of intracranial aneurysms. The aneurysm-based evaluation yielded accuracy of 98.3% (524/533), sensitivity of 99.3% (304/306), and specificity of 96.1% (220/229). The evaluation based on aneurysm sizes ( $< 3$  mm) yielded accuracy of 96.4% (214/222),

DOI:10.3760/cma.j.issn.1005.1201.2013.01.012

基金项目:国家自然科学基金资助项目(81771440)

作者单位:200233 上海交通大学附属上海市第六人民医院介入影像科(顾秀玲现在浙江省平湖市第一人民医院放射科,314200 嘉兴)

通信作者:李永东,Email:dr\_liyongdong@sina.com.cn

sensitivity of 98.2% (112/114), and specificity of 94.4% (102/108). **Conclusion** VR 3D-TOF-MRA at 3.0 T MR can detect intracranial aneurysms accurately and may replace DSA as a contrast-free, noninvasive and non-radiation-based modality for the diagnosis and screening of intracranial aneurysms.

**【Key words】** Intracranial aneurysm; Magnetic resonance imaging; Angiography, digital subtraction; Comparative study

DSA 是诊断颅内动脉瘤的金标准<sup>[1-2]</sup>。然而, DSA 具有侵入性、辐射性、耗时多、相对昂贵等缺点,且 1%~2% 患者有发生并发症的危险<sup>[3]</sup>。尽管 CTA 诊断颅内动脉瘤速度快,且具有较高的准确性与敏感度<sup>[4-7]</sup>,但 CTA 的 3D 成像往往由于颅底骨的重叠而受限<sup>[5,8]</sup>;而且,对比剂可以造成患者不适、肾损害和过敏反应,同时 CTA 也有辐射损伤<sup>[9]</sup>。

最近, MRA 和三维时间飞跃法 (3D time-of-flight, 3D-TOF) MRA 已作为颅内动脉瘤的筛检手段。但已发表的研究结果对其检出动脉瘤的准确性评价不尽相同或并无确切结果<sup>[10-26]</sup>, 主要是由以下原因造成: (1) MRI 或 MRA 的假阳性率高<sup>[11]</sup>; (2) 缺乏对照; (3) 忽略了假阳性率, 有些无标准图像的处理和评阅方法, 或缺少用以佐证的 DSA 数据。而且, 大多数研究仅在 0.5 或 1.5 T MR 系统上进行, 且只包含小样本颅内动脉瘤患者<sup>[12]</sup>。

从 2007 年 6 月起, 我们开始探讨 3.0 T MR VR 3D-TOF-MRA 诊断颅内动脉瘤的准确性, 初步的研究结果表明, 其具有很高的准确性、敏感度, 且与 VR-DSA 基本一致<sup>[13]</sup>, 但仍缺少大宗有效样本数据的支持。本研究的目的是通过大宗的有效样本数据, 前瞻性地评价 VR 3D-TOF-MRA 诊断颅内动脉瘤的准确性和敏感度。

## 资料与方法

### 一、临床资料

本研究得到医院学术审查委员会的批准 (临床试验编码: NCT01031147), 所有患者或其家属均知情并签署书面同意书。从 2007 年 6 月至 2010 年 6 月, 同时利用 MRA 和 DSA 对 411 例怀疑颅内动脉瘤或其他脑血管疾病的患者进行检查, DSA 检查在 MRA 检查后 2 周内进行。VR-DSA 从旋转 DSA (RDSA) 获得数据, 其被作为诊断颅内动脉瘤的金标准。有运动伪影和缺少 VR-DSA 数据的患者被排除。在 411 例患者中, 通过 MRA 检查, 296 例患者怀疑有未破裂动脉瘤或其他脑血管疾病; 115 例患者怀疑有动脉瘤破裂伴有蛛网膜下隙出血, 并且格拉斯哥昏迷评分 (glasgow coma score, GCS) 为 15 分。本研究 411 例患者中, 6 例患者由于运动伪影被除

外, 占总数的 1.5%; 36 例患者由于缺少 VR-DSA 数据被除外, 占总数 8.8%。因此, 最终本研究共纳入 369 例患者。

### 二、检查方法

1. MRA: 采用荷兰 Philips Achieva X 3.0 T MR 成像系统和 8 通道头颅线圈接收成像。扫描采用 3D-T<sub>1</sub> 加权快速场回波 (3D-T<sub>1</sub>-FFE) 序列, 扫描参数: TR 35 ms, TE 7 ms, 反转角 20°, FOV 250 mm × 190 mm × 108 mm; 扫描层数共 180 层, 层厚 0.8 mm, 矩阵 732 × 1024, 采集时间 8 min 56 s。将原始图像传至工作站进行三维重组, 矩阵 1024 × 1024, 通过专业的软件包处理, 所有原始图像均经最大强度投影 (MaxIP) 和后处理, 获得最终图像信息。

为了减少动脉覆盖, 高效识别颅内动脉瘤, 应用单根血管突显法来检测颅内动脉瘤, 即自前、后交通动脉处将颅内动脉分割为左、右颈内动脉和椎-基底动脉系统。从 MRA 扫描、三维重组到最终分割血管, 整个过程 15 min。从 6 个基本图像位置 (正面、侧面、左斜面、右斜面、头足面和足头面) 分别分析 3 组血管系统, 从不同角度分析动脉瘤的起源和形态。

2. DSA: 由神经介入医师操作完成, 在 MRA 检查后 2 周内进行。常规 2D-DSA 采用单面血管造影仪 (Axiom Artis VB22N, Siemens, 德国), 矩阵 1024 × 1024, FOV 17 cm × 17 cm ~ 20 cm × 20 cm。旋转 DSA 耗时 8 s, 旋转角 200°, 注入对比剂 (碘必乐, 370 mg L/ml) 流率 3~4 ml/s, 总剂量为 15 ml, 最终可获得 200 幅图像。矩阵 128 × 128 × 128 ~ 512 × 512 × 512, 采用 VR 重组获得三维图像。

对可疑颅内动脉瘤的患者, 用 2D-DSA 和 VR-DSA 从 2~4 个投照角度来检查患者患侧和健侧的血管。一个完整的 DSA 检查至少包括双侧颈内动脉系统和椎-基底动脉系统造影的 2D-DSA 和以上 3 组血管系统中 2 组的 VR-DSA。本研究只包含以上 3 组血管系统中 2 组行 VR-DSA 检查的患者。在本研究中, 由 2 名经验丰富的介入放射医师在未知临床病史及 MRA 检查结果的情况下共同完成读片。

### 三、图像分析

1. 颅内动脉瘤定义: (1) 从血管的侧壁或血管分叉处的突起且其顶端无血管分支; (2) 动脉圆锥

最大直径 > 3 mm。如果 2D-DSA 和 VR-DSA 显示未见颅内动脉瘤, 不管该患者有无其他脑血管疾病, 均认为其没有颅内动脉瘤。

2. MRA 图像: MRA 读片由 3 名有经验的神经放射专家在未知临床病史及 VR-DSA 结果的前提下独立完成。在 1 台脱机工作站上利用单根血管突显法从多角度进行分析。原始图像和经 MaxIP 的图像均显示在屏幕上, 这样可以考虑合适的窗宽阈值及更好区别小动脉瘤和圆锥。在诊断颅内动脉瘤时, 若 2 名读片人之间存在分歧, 将由第 3 名读片人参与, 最终诊断结果由投票决定。

颅内动脉瘤是否存在, 按照以下 5 点量化评估<sup>[16]</sup>: (1) 一定不存在; (2) 可能不存在; (3) 不能判定; (4) 可能存在; (5) 一定存在。MRA 上被诊断可能存在或肯定存在 1 枚或多枚动脉瘤视为阳性; 其他情况为阴性。血管循环系统分为 3 组: 左侧颈内动脉系统 (LICAS)、右侧颈内动脉系统 (RICAS) 和椎-基底动脉系统 (VBAS)。动脉瘤大小用二维造影时测量的最大直径表示: < 3 mm、3 ~ 5 mm、> 5 ~ 10 mm、> 10 mm。

四、数据分析

所有的统计学分析均用 SPSS 13.0 统计软件。将 3D-TOF-MRA 与 VR-DSA 的检测结果进行比较, 从 3 个方面来描述统计: 患者 (有或无颅内动脉瘤)、每枚动脉瘤、动脉瘤大小。3D-TOF-MRA 诊断颅内动脉瘤时, 所用参数与 VR-DSA 相同, 即准确性、敏感度和特异度。通过计算 ROC 曲线下面积

(AUC) 来评定 VR 3D-TOF-MRA 对颅内动脉瘤诊断的准确性。通过 Kappa 检验分别评估 3D-TOF-MRA 及 VR-DSA 各读片者间的一致性。

结 果

从患者、动脉瘤和动脉瘤大小 3 方面评估 VR 3D-TOF-MRA 对颅内动脉瘤诊断的准确性、敏感度和特异度, 具体见表 1~4。

一、以患者为基础的评价

VR 3D-TOF-MRA 测得 249 例患者至少有 1 枚颅内动脉瘤, 占 67.5%; VR-DSA 测得 246 例患者至少有 1 枚颅内动脉瘤, 占 66.7% (表 1)。VR-DSA 显示 2 例患者在 VR 3D-TOF-MRA 检查时为假阴性 (例 8, 9), 7 例 (例 1~7) VR 3D-TOF-MRA 诊断动脉瘤为假阳性 (表 2)。具体原因: 圆锥 5 例, 血管过度迂曲 3 例, 虹吸段的突然转弯 1 例。从患者方面评估, 不同研究者诊断颅内动脉瘤的可信度为 0.91, AUC 为 0.97。VR 3D-TOF-MRA 诊断颅内动脉瘤的典型病例见图 1~8。

二、以动脉瘤为基础的评价

VR-DSA 显示 369 例患者中 246 例共 306 枚动脉瘤; 其中 9 例患者均测得 3 枚动脉瘤, 42 例患者均测得 2 枚动脉瘤, 195 例患者均测得 1 枚动脉瘤。VR 3D-TOF-MRA 共显示 311 枚动脉瘤, 其中 7 枚动脉瘤是假阳性, 2 枚动脉瘤是假阴性。从动脉瘤方面评估, 不同研究者诊断颅内动脉瘤的可信度为 0.95, AUC 为 0.98 (表 3)。

表 1 从患者角度评估 3.0 T VR 3D-TOF-MRA 诊断颅内动脉瘤的准确性分析

患者情况	TP(例)	TN(例)	FP(例)	FN(例)	K 值	AUC	敏感度 (%)	特异度 (%)	准确性 (%)
总数	242	118	7	2	0.91	0.97	99.2	94.4	97.6
男性	101	74	2	1	1.00	0.97	99.0	97.4	98.3
女性	141	44	5	1	0.86	0.97	99.3	89.8	96.9
蛛网膜下隙出血	95	19	0	1	0.93	0.97	98.9	100.0	99.1
非蛛网膜下隙出血	147	99	7	1	0.90	0.98	99.3	93.4	96.9

注: 3D-TOF-MRA; 三维时间飞跃法 MRA; TP: 真阳性; TN: 真阴性; FP: 假阳性; FN: 假阴性; AUC: 曲线下面积

表 2 3D-TOF MRA 检测动脉瘤的假阳性与假阴性病例

例序	年龄 (岁)	性别	动脉瘤位置	动脉瘤大小 (mm)	假阳性、假阴性动脉瘤产生原因
1	59	男	右侧颈内动脉第 4 段	> 3	颈内动脉第 4 段 虹吸段突转弯
2	58	女	右后交通动脉段	< 3	圆锥
3	66	女	左后交通动脉段	< 3	圆锥
4	67	女	左后交通动脉段	< 3	血管过于迂曲
5	54	女	右后交通动脉段	< 3	血管过于迂曲
6	49	女	右侧大脑中动脉第 1 段	< 3	血管过于迂曲
7	64	男	左侧颈内动脉第 4 段	< 3	圆锥
8	64	女	右颈内动脉第 6 段	< 3	圆锥
9	65	男	右颈内动脉第 5 段	< 3	圆锥

### 三、以动脉瘤大小为基础评价

直径 < 3 mm 的动脉瘤 VR-DSA 诊断 114 枚, VR 3D-TOF-MRA 诊断 118 枚;最大直径为 3 ~ 5 mm 的动脉瘤 VR-DSA 诊断 98 枚, VR 3D-TOF-MRA 诊断 99 枚;最大直径 5 ~ 10 mm 的动脉瘤均为 72 枚;最大直径 > 10 mm 的动脉瘤均为 22 枚。VR 3D-TOF-MRA 测得最大直径 < 3 mm 的 6 枚动脉瘤, 3 ~ 5 mm 的 1 枚动脉瘤为假阳性。2 例患者多发动脉瘤其中的 1 枚均在 VR 3D-TOF-MRA 中显示为假阴性。从动脉瘤大小 (< 3 mm) 方面评估, AUC 为 0.95(表 4)。

## 讨 论

### 一、本研究主要成果

本研究中,通过比较 3.0 T MR 3D-TOF-MRA 与 VR-DSA 对颅内动脉瘤或其他脑血管疾病的诊断,我们发现,VR 3D-TOF-MRA 诊断动脉瘤具有高度准确性。AUC > 0.95 表明 3.0 T MR 3D-TOF-MRA 对颅内动脉瘤具有极强的识别能力,可取代 VR-DSA 来诊断颅内动脉瘤。

本研究结论与我们之前所得结论一致,即 3.0 T VR 3D-TOF-MRA 诊断颅内动脉瘤与 VR-DSA 一样准确<sup>[13]</sup>。大样本的研究数据显示,VR 3D-TOF-MRA 用于诊断颅内动脉瘤时并不比 VR-DSA 差。本研究是一个包含了临床上怀疑颅内动脉瘤患者的大样本研究,且用公认的和标准化的 MRA 和 DSA 技术来对比诊断颅内动脉瘤,因此我们的结果将可以直接应用于临床实践。

### 二、3D-TOF-MRA 优势

本研究结果与之前发表的初步研究结果类似,但优于一些大规模研究<sup>[10-20]</sup>。3.0 T 3D-TOF-MRA

诊断动脉瘤准确性的提高取决于以下几个因素:

(1)依赖于技术发展,先进的 3.0 T MR 与 1.5 T MR 相比,有更强的信噪比和更高的背景抑制,这样能更好地显示血管壁的轮廓,提高动脉瘤的显示,使得动脉瘤相对于其周围小血管得到更好显影<sup>[21-22]</sup>。(2)专业的三维后处理技术使得颅内血管更清晰可见。这样对动脉瘤的形态得以充分显示,尤其对于分叶状动脉瘤。而且,使得 MRA 判读更容易,且能更好地识别解剖异常与变异<sup>[23]</sup>。(3)在诊断颅内动脉瘤时,标准化的后处理方法十分重要,即获得单根动脉(通过消除不相关的动脉,从而减少动脉覆盖),我们可以更容易地检测目标血管以及动脉瘤,这样大大提高了对颅内小动脉瘤的检出率。

从理论上讲,增强 CTA 由于扫描时间短 (< 1 min),应成为颅内动脉瘤的有效诊断方法,且能清晰显示较大动脉瘤的外形<sup>[24]</sup>。然而,研究表明,增强 CTA 诊断颅内动脉瘤并不优于无对比剂的 3D-TOF-MRA<sup>[25-26]</sup>。并且,对比剂可致患者不适、肾损害、发生过敏反应、费用高等<sup>[9]</sup>。

### 三、动脉瘤大小对 3D-TOF-MRA 诊断的影响

由于小动脉瘤比大动脉瘤更难检测到,所以动脉瘤大小成为影响诊断准确率的重要因素之一。曾有报道,在测定直径 < 3 mm 动脉瘤时,敏感度为 0% ~ 31%,准确性为 66% ~ 77%;而测定大动脉瘤时,敏感度为 83% ~ 100%,准确性为 92% ~ 100%<sup>[17]</sup>。在另一报道中,研究者发现在检测直径 > 3 mm 动脉瘤时,敏感度为 68% ~ 89%;而测定直径 < 3 mm 动脉瘤时,敏感度只有 38% ~ 55%<sup>[20]</sup>。本研究中,306 枚动脉瘤中有 114 枚是小动脉瘤 (< 3 mm),占 37.2%,然而,检测的敏感度为 98.2%,准确性为 96.4%,因此我们并不认为 3 mm

表 3 从动脉瘤角度评估 3.0 T VR 3D-TOF-MRA 诊断颅内动脉瘤的准确性分析

动脉瘤	TP(枚)	TN(枚)	FP(枚)	FN(枚)	K 值	AUC	敏感度(%)	特异度(%)	准确性(%)
总数	304	220	7	2	0.95	0.98	99.3	96.9	98.3
单个	194	199	5	1	0.95	0.98	99.5	97.5	98.5
多个	110	21	2	1	1.00	0.98	99.1	91.3	97.8

注:单个动脉瘤:1 例患者仅有 1 个动脉瘤;多个动脉瘤:1 例患者有 2 个或 2 个以上动脉瘤;TP:真阳性;TN:真阴性;FP:假阳性;FN:假阴性;AUC:曲线下面积

表 4 从动脉瘤大小方面评估 3.0 T VR 3D-TOF-MRA 诊断颅内动脉瘤的准确性分析

动脉瘤直径(mm)	TP(枚)	TN(枚)	FP(枚)	FN(枚)	K 值	AUC	敏感度(%)	特异度(%)	准确性(%)
< 3	112	102	6	2	0.96	0.95	98.2	94.4	96.4
3 ~ 5	98	88	1	0	1.00	0.99	100.0	98.9	99.5
5 ~ 10	72	66	0	0	1.00	1.00	100.0	100.0	100.0
> 10	22	22	0	0	1.00	1.00	100.0	100.0	100.0

注:TP:真阳性;TN:真阴性;FP:假阳性;FN:假阴性;AUC:曲线下面积

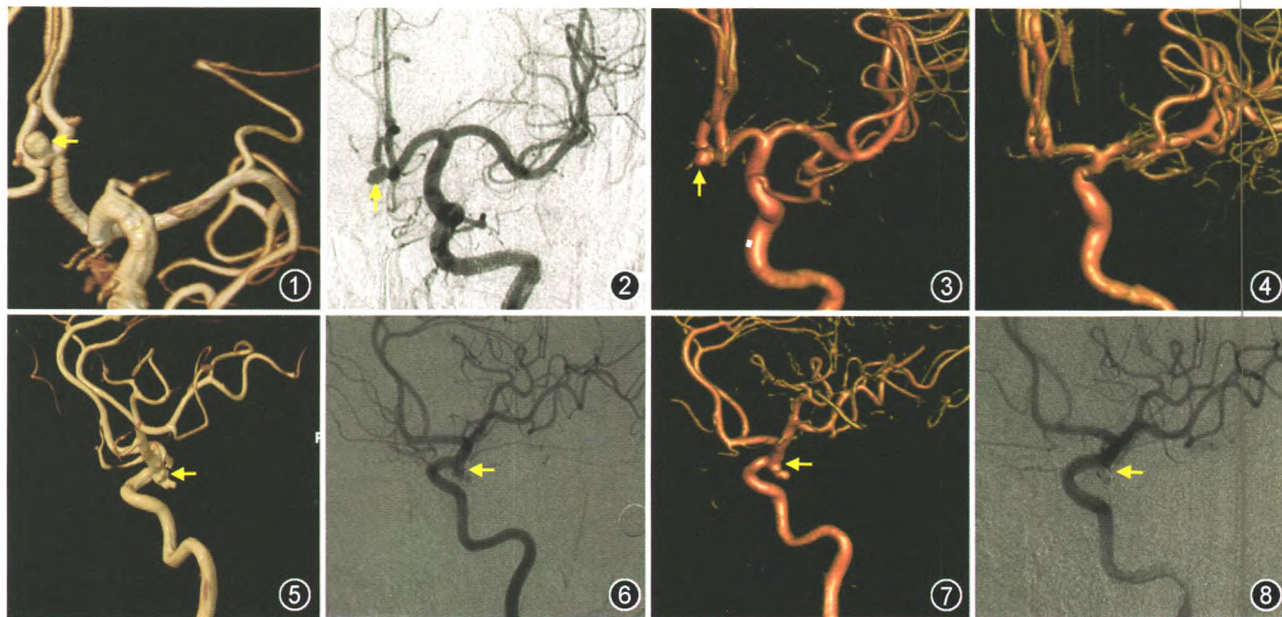


图 1~4 男,45 岁,左前交通动脉处动脉瘤伴蛛网膜下隙出血,格拉斯哥昏迷评分(GCS)15 分。三维时间飞跃法 MRA(3D-TOF-MRA, 图 1)、DSA(图 2)、VR-DSA(图 3)显示左前交通动脉处 1 枚动脉瘤(箭),经弹簧圈栓塞后,VR-DSA 显示动脉瘤腔完全闭塞(图 4) 图 5~8 男,51 岁,左后交通动脉处动脉瘤伴蛛网膜下隙出血,GCS 15 分。3.0 T VR 3D-TOF-MRA(图 5)、DSA(图 6)、VR-DSA(图 7),显示左右交通动脉处 1 枚动脉瘤(箭),经弹簧圈栓塞后,DSA 显示动脉瘤腔完全闭塞(图 8 箭)

为颅内动脉瘤大小的诊断瓶颈<sup>[26]</sup>。

#### 四、假阳性和假阴性

由于存在假阳性和假阴性,VR 3D-TOF-MRA 在诊断颅内动脉瘤时并不能获得 100% 的准确率。最终的 VR-DSA 结果显示,7 例可疑颅内动脉瘤在 VR 3D-TOF-MRA 上为假阳性。位于后交通段(2 例)和 M1 段(1 例)的 3 例假阳性动脉瘤是由于分支血管迂曲与颈内动脉或大脑中动脉重叠,被误认为小动脉瘤;另 3 例位于后交通段(2 例)和 C4 段(1 例)的假阳性动脉瘤由于圆锥顶端的血管极细而在 3D-TOF-MRA 上不能显示,也被误认为动脉瘤;剩下的 1 例假阳性动脉瘤是由于 C4 段虹吸管处突然转弯,在 VR 3D-TOF-MRA 上类似 1 枚小动脉瘤。回顾性分析 VR 3D-TOF-MRA 诊断的 2 例 C6 段和 C7 段的假阴性动脉瘤,均为血流信号的缺失而被误认为了圆锥。

#### 五、不足与展望

本研究存在一些不足<sup>[13]</sup>:(1)本研究只是单中心研究。(2)我们高估了动脉瘤大小对诊断结果的影响;且远端动脉瘤在 VR 3D-TOF-MRA 显示为假阴性。对于不能很好地耐受 MR 检查的急性蛛网膜下隙出血的患者,由于 CTA 扫描时间短,可以成为较好的诊断方法。由于血流相关信号缺失,大动脉瘤(直径 $\geq 10$  mm)的轮廓在 VR 3D-TOF-MRA 不能清晰显示。考虑到假阳性的发生,我们应该谨慎诊

断起于动脉分叉或颈内动脉颅内段及其分支的小动脉瘤。(3)缺乏正常人群的纳入,这也是本研究结果的假阳性率低于其他研究的可能原因之一。(4)在某些情形下,MRA 检查不能完成,如:患者不配合、金属物或起搏器植入。

综上所述,本研究证实 3.0 T VR 3D-TOF-MRA 可以较准确诊断颅内动脉瘤,并且可以作为一种无创、无辐射和无须对比剂的检查方法来替代 DSA 诊断和筛查颅内动脉瘤。

#### 参 考 文 献

- [1] Velthuis BK, Rinkel GJ, Ramos LM, et al. Subarachnoid hemorrhage; aneurysm detection and preoperative evaluation with CT angiography. *Radiology*, 1998, 208:423-430.
- [2] Anxionnat R, Bracard S, Ducrocq X, et al. Intracranial aneurysms: clinical value of 3D digital subtraction angiography in the therapeutic decision and endovascular treatment. *Radiology*, 2001, 218:799-808.
- [3] Cloft HJ, Joseph GJ, Dion JE. Risk of cerebral angiography in patients with subarachnoid hemorrhage, cerebral aneurysm, and arteriovenous malformation; a meta-analysis. *Stroke*, 1999, 30:317-320.
- [4] McKinney AM, Palmer CS, Truwit CL, et al. Detection of aneurysms by 64-section multidetector CT angiography in patients acutely suspected of having an intracranial aneurysm and comparison with digital subtraction and 3D rotational angiography. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2008, 29:594-602.
- [5] Jayaraman MV, Mayo-Smith WW, Tung GA, et al. Detection of intracranial aneurysms: multi-detector row CT angiography compared with DSA. *Radiology*, 2004, 230:510-518.
- [6] Korogi Y, Takahashi M, Katada K, et al. Intracranial aneurysms: detection with three-dimensional CT angiography with volume

- rendering. Comparison with conventional angiographic and surgical findings. *Radiology*, 1999, 211:497-506.
- [7] 乐维婕, 李明华, 李文彬, 等. 颅颈部血管多层螺旋减影 CTA 与 DSA 的比较研究. 介入放射学杂志, 2007, 16:307-311.
- [8] Yoon DY, Lim KJ, Choi CS, et al. Detection and characterization of intracranial aneurysms with 16-channel multidetector row CT angiography: a prospective comparison of volume-rendered images and digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2007, 28:60-67.
- [9] Mnyusiwalla A, Aviv RI, Symons SP. Radiation dose from multidetector row CT imaging for acute stroke. *Neuroradiology*, 2009, 51:635-640.
- [10] Atlas SW, Sheppard L, Goldberg HI, et al. Intracranial aneurysms: detection and characterization with MR angiography with use of an advanced postprocessing technique in a blinded-reader study. *Radiology*, 1997, 203:807-814.
- [11] Schwab KE, Gailloud P, Wyse G, et al. Limitations of magnetic resonance imaging and magnetic resonance angiography in the diagnosis of intracranial aneurysms. *Neurosurgery*, 2008, 63:29-34.
- [12] Wardlaw JM, White PM. The detection and management of unruptured intracranial aneurysms. *Brain*, 2000, 123:205-221.
- [13] Li MH, Cheng YS, Li YD, et al. Large-cohort comparison between three-dimensional time-of-flight magnetic resonance and rotational digital subtraction angiographies in intracranial aneurysm detection. *Stroke*, 2009, 40:3127-3129.
- [14] Tang PH, Hui F, Sitoh YY. Intracranial aneurysm detection with 3 T magnetic resonance angiography. *Ann Acad Med Singapore*, 2007, 36:388-393.
- [15] White PM, Wardlaw JM, Easton V. Can noninvasive imaging accurately depict intracranial aneurysms: a systemic review. *Radiology*, 2000, 217:361-370.
- [16] Raaymakers TW, Buys PC, Verbeeten B Jr, et al. MR angiography as a screening tool for intracranial aneurysms: Feasibility, test characteristics, and interobserver agreement. *AJR Am J Roentgenol*, 1999, 173:1469-1475.
- [17] White PM, Teasdale EM, Wardlaw JM, et al. Intracranial aneurysms: CT angiography and MR angiography for detection prospective blinded comparison in a large patient cohort. *Radiology*, 2001, 219:739-749.
- [18] Korogi Y, Takahashi M, Mabuchi N, et al. Intracranial aneurysms: Diagnostic accuracy of three-dimensional, Fourier transform, time-of-flight MR angiography. *Radiology*, 1994, 193:181-186.
- [19] 张鹤, 李明华, 方淳, 等. 3.0 T 时间飞跃法 MRA 诊断颅内动脉瘤: 与 DSA 对照. 介入放射学杂志, 2008, 17:618-622.
- [20] Okahara M, Kiyosue H, Yamashita M, et al. Diagnostic accuracy of magnetic resonance angiography for cerebral aneurysms in correlation with 3D-digital subtraction angiographic images: a study of 133 aneurysms. *Stroke*, 2002, 33:1803-1808.
- [21] 吴倩, 李明华, 张佳胤, 等. 应用四维动态 MR 血管成像与三维时间飞跃法 MR 血管成像诊断脑动脉瘤的比较研究. 中华放射学杂志, 2012, 46:435-440.
- [22] Bernstein MA, Huston J 3rd, Lin C, et al. High resolution intracranial and cervical MRA at 3.0 T: technical considerations and initial experience. *Magn Reson Med*, 2001, 46:955-962.
- [23] Mallouhi A, Felber S, Chemelli A, et al. Detection and characterization of intracranial aneurysms with MR angiography: comparison of volume-rendering and maximum-intensity-projection algorithms. *AJR Am J Roentgenol*, 2003, 180:55-64.
- [24] Suzuki IM, Matsui, Ueda F, et al. Contrast-enhanced MR angiography (enhanced 3-D fast gradient echo) for diagnosis of cerebral aneurysms. *Neuroradiology*, 2002, 44:17-20.
- [25] 汪璇, 李明华, 方淳, 等. 颅颈部动脉狭窄的增强 MRA 与 DSA 比较研究. 介入放射学杂志, 2005, 14:468-471.
- [26] Nael K, Villablanca JP, Saleh R, et al. Contrast-enhanced MR angiography at 3 T in the evaluation of intracranial aneurysms: a comparison with time-of-flight MR angiography. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2006, 27:2118-2121.

(收稿日期:2012-04-16)

(本文编辑:张琳琳)

## 第十二届头颈部影像学进展学术研讨会征文通知

由《中华放射学杂志》编辑部和中华医学会放射学分会头颈学组共同主办的第十二届头颈部影像学进展学术研讨会, 将于 2013 年 3 月 8 日至 10 日在北京召开。会议将邀请国内著名专家进行专题讲座, 内容涉及头颈部影像诊断进展、新技术的临床应用等。本次会议为国家级继续教育项目, 授予国家级 I 类继续教育学分。

征文内容: 凡未正式公开发表过的有关头颈部影像技术、诊断与鉴别诊断、介入治疗和新进展等方面的论文以及个案报道、疑难病例讨论均可投稿。

投稿要求: (1) 论文必须是未公开发表过的资料; (2) 要求科学性强、数据可靠、重点突出、文字简练; (3) 请附 1000 字以内论文摘要一份, 内容包括目的、方法、结果和结论; (4) 稿件一律采用 Word 格式, 通过网上投稿, 网址 <http://www.chinaradiology.org>; (5) 截稿日期: 2013 年 2 月 1 日。

具体事宜联系人: 胡凌 (电话: 18601955009)。

(本刊编辑部)