

3D-TOF-MRA与CE-MRA在支架辅助弹簧圈治疗颅内动脉瘤随访中的比较

李昶荣, 陈忠* (广东省江门市新会区人民医院医学影像科, 广东江门 529100)

摘要: 目的 比较3D时间飞跃磁共振血管造影(3D-TOF-MRA)和对比增强型MR血管造影(CE-MRA)在支架辅助弹簧圈治疗颅内动脉瘤随访中的应用价值。方法 23例颅内动脉瘤患者作支架辅助弹簧圈治疗, 术后采用3D-TOF-MRA、CE-MRA和DSA评估动脉瘤残留情况。结果 3D-TOF-MRA、CE-MRA对动脉瘤残留、病变血管、载瘤血管闭塞的诊断准确度均相似($P>0.05$)。结论 3D-TOF-MRA和CE-MRA对支架辅助弹簧圈治疗后动脉瘤残留的检测均具有良好的准确性。

关键词: 颅内动脉瘤支架; 支架辅助弹簧圈; MR血管造影

中图分类号: R 816

文献标志码: A

文章编号: 2096-3610(2020)04-0599-05

3D-TOF-MRA versus CE-MRA for follow-up imaging of intracranial aneurysms treated by stent-assisted coil embolization

LI Chang-rong, CHEN Zhong* (Department of Medical Imaging, Xinhui People's Hospital, Jiangmen 529100, China)

Abstract: Objective To compare 3-dimensional time-of-flight MR angiography (3D-TOF-MRA) and contrast-enhanced MRA (CE-MRA) for follow-up imaging of intracranial aneurysms treated by stent-assisted coil embolization (SACE). Methods Twenty-three patients with intracranial aneurysms were treated with SACE, and then followed up using 3D-TOF-MRA, CE-MRA and DSA. Results The diagnostic accuracy of residual aneurysm, pathological vessels, and tumor-containing vascular occlusion was comparable between 3D-TOF-MRA and CE-MRA ($P>0.05$). Conclusion Both 3D-TOF-MRA and CE-MRA are helpful to detect the residual aneurysm following SACE of intracranial aneurysms.

Key words: intracranial aneurysm; stent-assisted coil embolization; MR angiography

复发是血管内治疗颅内动脉瘤后的一个主要问题, 需定期进行影像学检查^[1-2]。数字减影血管造影(DSA)是目前诊断动脉瘤复发的金标准, 它能够清楚地检测出任何动脉内残余血流和载瘤血管的通畅性。然而, 这种侵入性方法具有不可避免的中枢神经系统疾病并发症的发生风险^[3]。由于动脉瘤治疗的持久性必须经过多次诊断检查进行确认, 因此与DSA随访相关的并发症风险会增加^[4]。为了降低这些风险, 几种非侵入性断层成像技术已用于血管内治疗脑动脉瘤的后续检查, 例如3D时间飞跃磁共振血管造影(3D-TOF-MRA)和对比增强型MR血管造影(CE-MRA)^[5]。由于支架的MR成像受到多种物理限制, 其中最重要的仍然是敏感性假象, 因此只有极少的研究评估了MRA在支架辅助弹簧圈治疗的动脉瘤随

访评估中的临床价值^[4-6]。本研究通过直接比较3D-TOF-MRA、CE-MRA和DSA, 旨在对当前的1.5T MRA序列在评估动脉瘤闭塞和载瘤动脉通畅的准确性进行深入分析。

1 资料和方法

1.1 研究对象

采用前瞻性队列研究方法, 对2016年1月至2019年1月在本院介入神经放射学科住院23例患者进行研究。纳入标准: 患者颅内存在动脉瘤, 并通过支架辅助弹簧圈治疗; 随访期间, 患者在48 h内分别接受1.5T的两种MRA序列(3D-TOF-MRA、CE-MRA)和DSA检查。随访于血管内治疗后3~6个月开始。排除标准: MRI禁忌证, 缺少其中任何一项检查(MRA或DSA), 动脉瘤破裂所致亚急性蛛网膜下腔出血患者。收集每个患者的年龄、性别和动脉瘤的数量、位置、大小、状态, 以及动脉瘤治疗与解剖评估之间的间隔时间数据。研究获得了本院伦理审查委员

收稿日期: 2020-02-13; 修订日期: 2020-04-30

作者简介: 李昶荣(1983-), 本科, 主治医师

通信作者: 陈忠, 本科, 主任医师

会的批准,所有患者签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 动脉内DSA的成像技术 动脉内DSA使用Innova 3100数字平板血管造影系统(美国GE公司)进行。所有DSA均在全身麻醉下进行。采用经股动脉插管,并根据动脉瘤的位置选择性地注射颈内动脉或椎动脉。获得了以下标准投影:前后视图、侧视图和工作视图。对于颈内动脉,以4 mL/s的速度注射8 mL非离子造影剂(美国GE Healthcare公司);对于椎动脉,以4~5 mL/s的速度注射8~10 mL造影剂。

1.2.2 MR血管造影 在MAGNETOM Avanto 1.5T磁共振(德国西门子公司)上进行MRA检查。TOF-MRA和CE-MRA均在同一个成像过程中使用优化参数进行。TOF-MRA使用以下参数:TE, 3.43 ms; TR, 21.0 ms; 翻转角度, 18°; 总采集时间, 3:19 min; 板数, 3; 每板切片数, 36; 切片厚度, 0.80 mm; FOV读取, 220 mm; 矩形视野(FOV相位), 90.6%; 采集矩阵, 0.87×0.57×1.60 mm; 重建体素大小, 0.3×0.3×0.8 mm。CE-MRA使用以下参数:TE, 1.26ms; TR, 3.39ms; 翻转角度, 25°; 总采集时间, 0:21 min; 板数, 1; 每板切片数, 144; 切片厚度, 0.80 mm; 视场读取, 250 mm; 矩形视野(视场相位), 81.3%; 采集矩阵, 0.89×0.71×1.33 mm; 重建体素大小, 0.7×0.7×0.8 mm。在CE-MRA检查时,通过MRI兼容的电动注射器(Medrad® Spectris Solaris® EP MR Injection System, 德国Bayer公司)以1.5~2 mL/s的速率经肘静脉注射钆类造影剂(法国Gadoterate meglumine公司)时,剂量为0.1 mmol/kg (0.2 mL/kg)。

1.2.3 图像重建与解释 所有检查均被匿名并分配到一个随机数。2名审阅者(在诊断和介入性神经放射学方面拥有5 a以上的经验)在仅了解动脉瘤位置的情况下,按随机顺序分别对所有检查进行了审阅。对3D-TF-MRA和CE-MRA进行了源图像和最大强度投影(MIP)重建分析。根据Raymond提出的3级量表(完全闭塞、瘤颈残余和动脉瘤残余)和简化的2级量表(闭塞 vs 动脉瘤残余)评估动脉瘤闭塞情况^[7]。使用改良的3级量表评估载瘤动脉的通畅状态:载瘤动脉直径没变化(通畅)、载瘤动脉直径变窄或闭塞无变化(狭窄)。使用2个简化2级量表评估血管状态^[8]:正常血管 vs 病理血管(狭窄或闭塞),开放血管(正常或狭窄) vs 闭塞血管。为了计算每种MRA技术的诊断准确度,在每种成像方式(DSA、3D-TOF-MRA和CE-MRA)中解决了2位审阅者之间的分歧并达成共识。

1.3 数据处理

定量变量描述为平均值±标准差或中位数和四分位数范围,而定性变量描述为数字和百分比。同一患者的多个动脉瘤被分开考虑进行统计分析。通过计算线性加权 κ (95%CI)来确定关于动脉瘤闭塞和血管通畅的观察者间和方法间的一致度。使用DSA作为参考标准,从2×2列联表中分别计算3D-TOF-MRA和CE-MRA的检查特性和预测值。然后使用Mc Nemar测试定量比较3D-TOF-MRA和CE-MRA对动脉瘤残留检测,载瘤动脉异常和载瘤动脉闭塞的诊断准确性。使用SPSS 22.0和MedCalc 12.0软件进行分析。

2 结果

2.1 纳入患者的一般情况

23例患者和25个动脉瘤采用支架辅助弹簧圈治疗纳入研究。其中男性9名,女性14名,年龄48~66岁,中位年龄为56岁,其中动脉瘤破裂10个。动脉瘤分布情况如下:海绵窦内动脉9个,大脑中动脉4个,前交通动脉/大脑前动脉、基底动脉与椎动脉各3个,大脑后动脉或后交通动脉2个,枕上动脉1个。11个动脉瘤的最大直径小于5 mm,10个最大直径为5~10 mm,4个最大直径超过10 mm。使用支架:14个LVIS Jr(美国Microvention公司)、7个Enterprise(美国Codman公司)和4个Acclino(德国Acandis公司)。

2.2 观察员间的一致度评价

观察者之间的原始一致性和计算出的关于动脉瘤闭塞和血管通畅的一致性见表1。对于动脉瘤闭塞和通畅评估,除了3D-TOF-MRA($\kappa=0.52$)与简化2级量表(对应于瘤颈残余和动脉瘤残余之间2个动脉瘤的错误分类)有中度一致性外,观察者在Raymond 3级量表和简化2级量表评估中表现出高度一致性($\kappa=0.72\sim 1$)。

2.3 不同方法间的一致度评价

用3级量表评估动脉瘤闭塞情况,3D-TOF-MRA($\kappa=0.29$)和CE-MRA($\kappa=0.45$)间的一致性较好;用简化2级量表评估动脉瘤闭塞情况,3D-TOF-MRA($\kappa=0.28$)和CE-MRA($\kappa=0.53$)间的一致性较好(表2)。用改良的3级量表评估动脉瘤通畅情况,3D-TOF-MRA($\kappa=-0.02$)和CE-MRA($\kappa=0.13$)间的一致性较差。使用第一个简化2级量表(病理血管 vs 正常血管)评估血管通畅性,3D-TOF-MRA($\kappa=0.04$)和CE-MRA($\kappa=0.08$)间的一致性为0。这意味着两种MRA都

不能正确区分正常血管和支架内狭窄。使用第二个简化2级量表(动脉通畅 vs 闭塞)评估血管通畅性, 3D-TOF-MRA($\kappa=0.46$)与CE-MRA($\kappa=0.64$)间的一致性较高。

表1 观察员之间关于动脉瘤闭塞和血管通畅的一致性评价

	原始一致性	κ	95%CI
闭塞3级			
DSA	23/25	0.86	0.70~1.00
3D-TOF-MRA	18/25	0.74	0.55~0.94
CE-MRA	21/25	0.78	0.55~1.00
闭塞2级			
DSA	25/25	1.00	1.00~1.00
3D-TOF-MRA	21/25	0.52	0.14~0.99
CE-MRA	23/25	0.72	0.40~1.00
血管通畅3级			
DSA	25/25	0.88	0.65~1.00
3D-TOF-MRA	21/25	0.71	0.47~0.94
CE-MRA	24/25	0.78	0.56~1.00
血管通畅2级(病理 vs 正常)			
DSA	24/25	0.87	0.63~1.00
3D-TOF-MRA	21/25	0.54	0.14~0.93
CE-MRA	24/25	0.87	0.63~1.00
血管通畅2级(通畅 vs 闭塞)			
DSA	25/25	1.00	1.00~1.00
3D-TOF-MRA	23/25	0.72	0.40~1.00
CE-MRA	24/25	0.91	0.72~1.00

2.4 动脉瘤残余的诊断准确性

在2级闭塞量表评价的基础上, 3D-TOF-MRA的敏感性为91%, 特异性为50%; CE-MRA的敏感性为94%, 特异性为67%。3D-TOF-MRA和CE-MRA对动脉瘤残留的诊断准确率相似($P=0.984$)。这两种技术在检测动脉瘤残留方面都显示出很好的准确性(高灵敏度和阳性预测值)。

2.5 载瘤血管通畅的诊断准确性

在第一个简化2级血管通畅性评价量表(病理血管 vs 正常血管)的基础上, 3D-TOF-MRA的敏感性为17%, 特异性为100%; CE-MRA的敏感性为67%, 特异性为12%。3D-TOF-MRA和CE-MRA对病变血管的诊断准确率相似($P=0.682$)。在第二个简化2级血管通畅性评价量表(动脉通畅 vs 闭塞)的基础上, 3D-TOF-MRA的敏感性为100%, 特异性为88%; CE-MRA的敏感性为100%, 特异性为94%。3D-TOF-

MRA和CE-MRA对载瘤血管闭塞的诊断准确度相似($P=0.992$)。两种技术在正确评估血管状态方面的准确性都很差(第1个简化量表的灵敏度和阳性预测值差)。然而, 二者均能够很好地检测到血管阻塞(第2个简化量表的高灵敏度)。

表2 不同方法间关于动脉瘤闭塞和血管通畅的一致性评价

	原始一致性	κ	95%CI
闭塞3级			
3D-TOF-MRA	22/25	0.29	0.02~0.57
CE-MRA	24/25	0.45	0.14~0.68
闭塞2级			
3D-TOF-MRA	22/25	0.29	0.05~0.79
CE-MRA	23/25	0.56	0.15~1.00
血管通畅3级			
3D-TOF-MRA	6/25	-0.02	-0.15~0.12
CE-MRA	11/25	0.13	0.03~0.26
血管通畅2级(病理 vs 正常)			
3D-TOF-MRA	8/25	0.04	-0.10~0.09
CE-MRA	11/25	0.08	0.03~0.14
血管通畅2级(通畅 vs 闭塞)			
3D-TOF-MRA	22/25	0.46	0.05~0.86
CE-MRA	24/25	0.64	0.20~1.00

3 讨论

支架辅助弹簧圈治疗动脉瘤闭塞引起瘤内血流改变是导致血栓形成的一种进行性现象, 通常可能需要数天或数周才能完成^[9]。此外, 载瘤动脉内的金属存在也可能导致支架内狭窄或血栓形成^[10]。由于这些原因, 支架辅助弹簧圈治疗后必须进行影像学随访, 以评估动脉瘤闭塞情况, 并描述潜在的支架内狭窄或血栓形成。DSA是用于支架辅助弹簧圈治疗动脉瘤的后续随访的合适成像方式, 其能够清楚地检测出任何残余的动脉瘤和载瘤血管的通畅性。然而, DSA是一种侵入性和放射技术, 与血栓栓塞以及造影剂相关的并发症相关, 这增加了在动脉瘤治疗后采用非侵入性成像技术进行随访评估的需求。在本研究纳入的采用支架辅助弹簧圈治疗的一系列动脉瘤患者中, CE-MRA和3D-TOF-MRA均能够很好地检测到血管阻塞, 但无法评估血管通畅性(几乎为零)。尽管在神经血管装置的制造方面取得了较大进展, 但由于目前的MRA序列受到诸如磁化率伪影, 法拉第笼效应以及脂肪抑制不当等物理限制, 因此支架的MR成像仍然很困难^[11-12]。

本研究通过对3种技术进行直接比较,以获得评估动脉瘤闭塞和载瘤动脉通畅性的参考值。这些物理限制中的某些限制可以通过施用T1造影剂(减少对流入的信号依赖性)和TE缩短(减少体素内移相)来避免,然而诸如磁化率伪像和法拉第笼效应等其他问题仍然存在^[13]。理论上,与3D-TOF-MRA相比,CE-MRA支持评估动脉瘤闭塞和载瘤动脉通畅性。本研究发现,在使用简化2级量表进行动脉瘤闭塞评估时,CE-MRA($\kappa=0.56$)与DSA之间的一致性优于3D-TOF-MRA($\kappa=0.29$)。尽管3D-TOF-MRA和CE-MRA技术在检测动脉瘤残余方面均显示出良好的准确性(敏感度为91%、94%),但二者中等特异性(分别为50%、67%)易被动脉瘤残余高估的风险所抵消。这可能是由于MRA技术的空间分辨率较DSA低,使审阅者无法正确地区分瘤颈残余和动脉瘤残余。关于载瘤血管评估,由于许多假阳性的狭窄病例,两个MRA都无法区分正常血管和支架内狭窄(3D-TOF-MRA的 $\kappa=0.04$, CE-MRA的 $\kappa=0.08$);但通过远端血管的良好可视化,二者可以正确地区分通畅和闭塞性动脉血管(3D-TOF-MRA为 $\kappa=0.46$, CE-MRA为 $\kappa=0.64$)。绝大多数支架可造成局部狭窄或信号完全丢失,从而导致假性狭窄或闭塞。在最小强度投影(MIP)上,这种现象尤为常见。对于两位审阅者,源图像在评估载瘤动脉通畅性方面更有用,因为以前使用Enterprise支架^[14]和分流器^[15]的研究也发现类似情况。因此,我们建议,除了MIP图像外,还必须仔细观察源图像。

目前,关于支架辅助弹簧圈治疗后用于跟踪动脉瘤的非侵入性方法的数据很少。本研究观察到的动脉瘤残留结果与Dündar等^[16]将CE-MRA和DSA进行支架辅助弹簧圈治疗的随访结果相似,并且在CE-MRA上观察到明显的支架载瘤动脉狭窄常常是假象。同样,Akkaya等^[17]发现3D-TOF-MRA和CE-MRA对动脉瘤闭塞状态的检测与DSA有很强的一致性,并且CE-MRA在显示支架内信号方面优于3D-TOF-MRA。此外,其他研究评估了用分流器治疗患者的MRA,结果表明,CE-MRA在动脉瘤残留检测和载瘤动脉状况方面比3D-TOF-MRA具有更高的准确性;但是,腔内评估仍然存在许多假象^[15]。这可以通过支架和分流器之间的成分、孔隙率、金属覆盖率和孔密度差异来解释。而且,支架和分流器在组成方面也有很大不同。颅内支架通常由镍钛合金(镍钛合金)和不同比例的镍组成,这会导致敏感性伪像发生变化^[18]。

支架辅助弹簧圈治疗颅内动脉瘤后,3D-TOF-MRA和CE-MRA对动脉瘤残余的检测具有良好的准确性。即使CE-MRA与DSA的一致性更好,但3D-TOF-MRA与CE-MRA之间的准确性也没有统计学差异。两种MRA序列均不能提供血管异常的精确评估,只能检测到载瘤血管闭塞。因此,有必要寻求对当前MRA序列的技术改进或使用不同的MRA序列。

参考文献:

- [1] 何旭英,赖凌峰,曾文贤,等. 血管内栓塞治疗颅内未破裂动脉瘤的临床分析[J]. 中华神经外科杂志, 2017, 33(8): 780-784.
- [2] 马宁,张宝瑞,冯欣,等. 血管内治疗未破裂椎-基底动脉夹层动脉瘤的疗效分析[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(27): 2176-2179.
- [3] 于嘉,邓剑平,张登文,等. 大脑后动脉夹层动脉瘤血管内治疗的中长期随访[J]. 中华神经外科杂志, 2018, 34(8): 787-790.
- [4] 魏凡策,周小兵,赵业禹,等. 高分辨率磁共振血管壁成像在椎-基底动脉夹层动脉瘤血管内治疗后随访中的初步应用[J]. 中华神经外科杂志, 2018, 34(8): 801-805.
- [5] 钱金甲,李军. 三维时间飞越法磁共振血管成像对颅内动脉瘤的筛查价值[J]. 影像研究与医学应用, 2018, 2(17): 155-157.
- [6] 高欣,刘士远. 脑动脉瘤血管内治疗后的血管造影CT随访评价:与DSA和TOF-MRA的比较研究[J]. 国际医学放射学杂志, 2018, 32(2): 205-205.
- [7] RAYMOND J, GUILBERT F, WEILL A, et al. Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils[J]. Stroke, 2003, 34(6): 1398-1403.
- [8] CLOFT H J, KAUFMANN T, KALLMES D F. Observer agreement in the assessment of endovascular aneurysm therapy and aneurysm recurrence[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2007, 28(3): 497-500.
- [9] 王璐瑶,冯欣,张宝瑞,等. LVIS及Enterprise两种支架辅助弹簧圈治疗椎动脉夹层动脉瘤的疗效分析[J]. 中华医学杂志, 2019, 99(9): 685-689.
- [10] 于嘉,邓剑平,张登文,等. LVIS支架辅助栓塞颅内未破裂动脉瘤的临床疗效[J]. 中华神经外科杂志, 2017, 33(8): 775-779.
- [11] SOIZE S, GAWLITZA M, RAOULT H, et al. Imaging follow-up of intracranial aneurysms treated by endovascular means[J]. Stroke, 2016, 47(5): 1407-1412.
- [12] MATOUK C C, KADERALI Z, TERBRUGGE K G, et al.

- Long-term clinical and imaging follow-up of complex intracranial aneurysms treated by endovascular parent vessel occlusion[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2012, 33(10): 1991-1997.
- [13] 李瑗, 张继, 田为中, 等. 磁共振血管造影和数字减影全脑血管造影诊断颅内动脉瘤的价值观察[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(11): 29-31.
- [14] CHO Y D, KIM K M, LEE W J, et al. Time-of-flight magnetic resonance angiography for follow-up of coil embolization with enterprise stent for intracranial aneurysm: usefulness of source images[J]. Korean J Radiol, 2014, 15(1): 161-168.
- [15] ATTALI J, BENAÏSSA A, SOIZE S, et al. Follow-up of intracranial aneurysms treated by flow diverter: Comparison of three-dimensional time-of-flight MR angiography (3D-TOF-MRA) and contrast-enhanced MR angiography (CE-MRA) sequences with digital subtraction angiography as the gold standard[J]. J Neurointerv Surg, 2016, 8(1): 81-86.
- [16] DÜNDAR T T, ARALAŞMAK A, ÖZDEMİR H, et al. Comparison of TOF MRA, contrast-enhanced mra and subtracted cta from ctp in residue evaluation of treated intracranial aneurysms[J]. Turk Neurosurg, 2017, 28(4): 1-10.
- [17] AKKAYA S, AKCA O, ARAT A, et al. Usefulness of contrast-enhanced and TOF MR angiography for follow-up after low-profile stent-assisted coil embolization of intracranial aneurysms[J]. Interv Neuroradiol, 2018, 24(6): 655-661.
- [18] AHMED S U, MOCCO J, ZHANG X N, et al. MRA versus DSA for the follow-up imaging of intracranial aneurysms treated using endovascular techniques: A meta-analysis[J]. J NeuroInterv Surg, 2019, 11(10): 1-8.

嗜铬细胞瘤和副神经节瘤61例临床分析

洪小瑜, 戴亚丽, 吴佩娴, 韩令川, 彭卫群, 范艳飞, 卢东晖, 谢 谦, 陈 说 (北京大学深圳医院, 广东深圳 518000)

摘 要: **目的** 总结嗜铬细胞瘤和副神经节瘤(PPGL)的临床特点。**方法** 回顾性分析61例PPGL患者的临床资料。**结果** 男女比例为1.3:1, 诊断年龄为22~74岁。肿瘤位于肾上腺 52例(85.2%)、肾上腺外9例(14.8%)。高血压为最常见症状(39例, 63.9%), 19例(31.2%)无明显症状。甲氧基去甲肾上腺素检测阳性率为100.0%。**结论** 高血压是PPGL最常见症状, 甲氧基去甲肾上腺素诊断阳性率高。

关键词: 嗜铬细胞瘤; 副神经节瘤; 甲氧基去甲肾上腺素

中图分类号: R 58

文献标志码: A

文章编号: 2096-3610(2020)05-0603-03

Clinical characteristics of 61 cases of pheochromocytoma and paraganglioma

HONG Xiao-yu, DAI Ya-li, WU Pei-xian, Han Lin-chuan, PENG Wei-qun, FAN Yan-fei, LU Dong-hui, XIE Qian, CHEN Shuo (Shenzhen Hospital of Peking University, Shenzhen 518000, China)

Abstract: **Objective** To summarize the clinical features of pheochromocytoma and paraganglioma (PPGL). **Methods** The clinical data of 61 patients with PPGL were retrospectively analyzed. **Results** Male/female ratio was 1.3:1, and diagnostic age was 22-74 years. There were 52 adrenal (85.2%) and 9 extra-adrenal PPGLs. The most common symptom was hypertension ($n=39$, 63.9%), while 19 cases (31.2%) were asymptomatic. The positive rate of methoxynoradrenaline was 100%. **Conclusion** Hypertension is the most common symptom and diagnostic rate of methoxynoradrenaline is high in PPGL.

Key words: pheochromocytoma; paraganglioma; methoxynoradrenaline

收稿日期: 2019-10-16; 修订日期: 2020-04-14

作者简介: 洪小瑜(1985-), 女, 硕士, 主治医师