

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2021.20.022

头颅电子计算机断层扫描血管造影和头颅磁共振血管成像 在颅内动脉瘤中诊断价值比较的回顾性研究*

王 坤 杨尚文 顾康康 张 鑫 靳 晶[△]

(南京大学医学院附属鼓楼医院医学影像科 江苏 南京 210008)

摘要 目的:研究对比头颅电子计算机断层扫描血管造影(CTA)和头颅磁共振血管成像(MRA)在颅内动脉瘤中诊断价值。**方法:**回顾性分析医院 2019 年 1 月 2 日~2020 年 12 月 15 日收治的 60 例疑似颅内动脉瘤患者资料,所有受试者均开展头颅 CTA 检查、MRA 检查以及数字减影血管造影(DSA)检查。以 DSA 检查结果为金标准,比较头颅 CTA 和头颅 MRA 诊断颅内动脉瘤的效能。此外,对比头颅 CTA 和头颅 MRA 诊断不同分级、不同部位颅内动脉瘤的符合率。**结果:**DAS 检查结果显示确诊动脉瘤患者 48 例,共检出动脉瘤 74 个,CTA 检出动脉瘤 65 个,MRA 检出动脉瘤 51 个,CTA 动脉瘤检出率高于 MRA 检出率(均 $P<0.05$)。以 DSA 结果为金标准,CTA 诊断颅内动脉瘤的灵敏度、特异度以及准确度分别为 94.20%(65/69)、60.00%(3/5)、91.89%(68/74),均高于 MRA 的 82.26%(51/62)、41.67%(5/12)、75.68%(56/74)(均 $P<0.05$)。CTA 诊断 1 级颅内动脉瘤的符合率为 13.85%(9/65),高于 MRA 的 7.84%(4/51)($P<0.05$)。各种检查方式诊断不同部位颅内动脉瘤的符合率对比均无明显差异(均 $P>0.05$)。**结论:**CTA 诊断颅内动脉瘤的灵敏度、特异度以及准确度均高于 MRA,可提高对小直径肿瘤的检出率。然而,MRA 具有无辐射、检测费用少、安全性高等优势,临床实际工作中可综合选择合理的检查方式。

关键词:颅内动脉瘤;CT 血管造影;磁共振血管成像;诊断价值

中图分类号:R739.41;R445 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2021)20-3912-05

Retrospective Study on the Diagnostic Value of Cranial Computed Tomography Angiography and Cranial Magnetic Resonance Angiography in Intracranial Aneurysms*

WANG Kun, YANG Shang-wen, GU Kang-kang, ZHANG Xin, JIN Jing[△]

(Department of Medical Imaging, Gulou Hospital Affiliated to Medical College of Nanjing University, Nanjing, Jiangsu, 210008, China)

ABSTRACT Objective: To study and compare the diagnostic value of cranial computed tomography angiography (CTA) and cranial magnetic resonance angiography (MRA) in intracranial aneurysms. **Methods:** Data of 60 patients with suspected intracranial aneurysms who were admitted to our hospital from January 2, 2019 to December 15, 2020 were retrospectively analyzed. CTA examination, MRA examination and digital subtraction angiography (DSA) examination were performed on all subjects. Using the results of DSA as the gold standard, the efficacy of cranial CTA and cranial MRA in the diagnosis of intracranial aneurysms were compared. In addition, the coincidence rate of cranial CTA and cranial MRA in different grades and different locations of intracranial aneurysms were compared. **Results:** DAS examination results showed 48 patients with confirmed aneurysm, a total of 74 aneurysms were detected, 65 aneurysms were detected by CTA, and 51 aneurysms were detected by MRA, and the detection rate of CTA aneurysms was higher than that of MRA (all $P<0.05$). Taking DSA results as the gold standard, the sensitivity, specificity and accuracy of CTA in the diagnosis of intracranial aneurysms were 94.20% (65/69), 60.00% (3/5) and 91.89% (68/74), respectively, which were higher than 82.26% (51/62), 41.67% (5/12), 75.68% (56/74) in MRA (all $P<0.05$). The coincidence rate of CTA in diagnosis of grade 1 intracranial aneurysm was 13.85% (9/65), which was higher than 7.84% (4/51) of MRA ($P<0.05$). There was no significant difference in the coincidence rate of different examination methods in the diagnosis of intracranial aneurysm in different locations (all $P>0.05$). **Conclusion:** The sensitivity, specificity and accuracy of CTA in the diagnosis of intracranial aneurysms are higher than those of MRA, and can improve the detection rate of small diameter tumors. However, MRA has the advantages of no radiation, low test cost and high safety, so a reasonable examination method can be comprehensively selected in clinical practice.

Key words: Intracranial aneurysm; CT angiography; Magnetic resonance angiography; Diagnostic value

Chinese Library Classification(CLC): R739.41; R445 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2021)20-3912-05

* 基金项目:江苏省自然科学基金项目(BK20161599);江苏省南京市卫生科技发展基金项目(YKK19055)

作者简介:王坤(1984-),男,本科,主管技师,研究方向:CT 成像技术,E-mail: wangkun1049@163.com

[△] 通讯作者:靳晶(1982-),男,本科,主管技师,研究方向:CT/MR 成像技术,E-mail: jj13382763112@163.com

(收稿日期:2021-03-16 接受日期:2021-04-10)

前言

在临床上,颅内动脉瘤属于神经外科较为常见的一种疾病,主要是指动脉壁因局部病变朝外膨出所形成的永久性局限性扩张,可能对患者生命安全造成极大威胁^[1-3]。有研究表明,该病患病率几乎 2%~5%之间,且多见 40 岁以上人群,严重威胁患者的生命健康安全^[4-6]。数字减影血管造影(DSA)是目前国际上所公认的诊断该病的"金标准",其所获取的病灶相关影像可真实反映病灶部位、形态以及穿支动脉等信息,有助于医生直观判断,同时判定假性动脉瘤情况,其诊断准确率接近 100%^[7-9]。然而,该检查手段存在操作难度较大以及对患者造成的创伤较大等特点,难以推广普及。故此,寻求一种操作简便、诊断准确率较高的检查手段显得尤为重要。随着近年来影像学技术的飞速发展,头颅电子计算机断层扫描(CT)血管造影(CTA)^[10,11]和头颅磁共振血管成像(MRA)^[12-14]开始被广泛应用于颅内动脉瘤的诊断中,均有一定的价值,前者微创、后者无创,均由较高的图像质量,且操作简便。然而,关于上述两种检查手段的优劣尚且存在一定的争议。鉴于此,本文通过研究对比头颅 CTA 和头颅 MRA 在颅内动脉瘤中的诊断价值,以期为临床颅内动脉瘤的诊断提供一种科学有效的方案,现作以下报道。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析医院 2019 年 1 月 2 日~2020 年 12 月 15 日收治的 60 例疑似颅内动脉瘤患者资料。其中男性 39 例,女性 21 例;年龄 46~77 岁,平均(60.03±5.97)岁;病程 3~12 h,平均(6.10±0.71)h。入组标准:(1)发病至就诊时间≤24 h;(2)均经头颅 CT 诊断确诊为蛛网膜下腔出血;(3)临床症状有意识障碍、呕吐、恶心等;(4)临床病历资料完整;(5)所有入组对象均能在 CTA、MRA 检查后 7 d 内完成 DSA 检查。剔除标准:(1)神志异常或伴有精神疾病者;(2)无法完成相关检查者;(3)正参与其它研究者。入组人员的家属均已知情,并于同意书上签字,伦理委员会获悉并核准。

1.2 研究方法

(1)头颅 CTA 检查:其中 50 例患者病情较重,存在磁共振禁忌,故采取 CTA 检查。使用仪器为飞利浦 128 排 CT 机,选用德国拜耳 medrad 高压注射器。检查前对所有受试者均实施常规碘过敏试验,以碘海醇作为造影剂进行团注,剂量为 50 mL,流速以 4.5 mL/s 为宜。之后取 30 mL 浓度为 0.9%的生理盐水注入,数量为 4.0 mL/s 为宜。自造影剂达峰时开始进行扫描,扫描范围取颈动脉分叉处直至颅顶。相关参数设置如下:螺距 0.375,层间距 1 mm,层厚 1 mm,管电压 120 kV,管电流 250 mA。扫描结束,将获取图像传输至相关后处理站。对平扫及增强数据均开展下述处理:①数字减影;②最大密度投影;③容积再现重建;④多平面重组。(2)MRA 检查:使用仪器为飞利浦 3.0T 磁共振扫描仪,参数设置:TE 取 12 ms,TR 取 36 ms,矩阵取 256×256,单次采集。FOV 取 240 mm×240 mm,128 层采集,层厚取 1.25 mm。扫描范围自基底动脉起直至颅顶。原始图像通过西门子控制台内建操作软件完成最大密度投影重建,按照

具体情况实施局部重建。(3)DSA 检测:使用仪器为 FD20/20 双 C 臂数字减影血管造影机,对比剂选用碘海醇。选择右侧腹股沟区进行常规消毒铺巾处理,局麻处理后选择股动脉 Seldinger 穿刺,实施全脑血管造影。

1.3 阅片方式

由医院 3 名经验丰富的放射科医师通过盲法独立阅片,阅片结果出现争议时通过讨论确定最终结果。其中颅内动脉瘤分级如下^[15]:直径≤3 mm 为 1 级;3~6 mm 为 2 级;6~9 mm 为 3 级;≥9 mm 为 4 级。

1.4 观察指标

对比两组检查结果,分析两种检查方式诊断颅内动脉瘤的效能,对比两种检查方式诊断不同分级、不同部位颅内动脉瘤的符合率。灵敏度=真阳性/(真阳性+假阴性)×100%,特异性=真阴性/(假阳性+真阴性)×100%,准确度=(真阳性+真阴性)/总例数×100%。

1.5 统计学处理

设计数据的分析借助 SPSS26.0 统计软件完成。计数资料以频数(百分比)描述,行 χ^2 检验。当 $P<0.05$ 时,表示两组差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两种检查结果对比及影像学特征

DAS 检查结果显示确诊动脉瘤患者 48 例,共检出动脉瘤 74 个,CTA 检出动脉瘤 65 个,MRA 检出动脉瘤 51 个,CTA 动脉瘤检出率高于 MRA 检出率(均 $P<0.05$),见表 1。典型病例影像学特征:患者男性,年龄 65 岁,CTA 检查结果:图像质量较佳,双侧颈内动脉海绵窦段可见多发钙化斑块影,左侧管腔轻度狭窄;右侧椎动脉颅内段可见钙化斑块影,管腔轻度狭窄,见图 1。MRA 检查结果:图像质量较佳,右侧大脑前动脉 A1 段末端局部瘤样突起,长径 7 mm 左右;左侧大脑前动脉、两侧大脑中动脉以及后动脉均无明显狭窄或突起性病变。见图 2。DSA 检查结果:图像质量尚可,两侧大脑半球对称,右侧岛叶和额顶叶深部、双侧基底节、放射冠以及半卵圆中心可见点片状低密度灶,左侧侧脑室是后角周围呈小片状高密度影,两侧侧脑室旁白自密度对称性减低,脑室系统扩大,脑沟裂池增宽加深,右侧蝶窦内可见软组织影。见图 3。

2.2 两种检查方式效能对比

以 DSA 结果为金标准,CTA 诊断颅内动脉瘤的灵敏度、特异度以及准确度分别为 94.20%(65/69)、60.00%(3/5)、91.89%(68/74),均高于 MRA 的 82.26%(51/62)、41.67%(5/12)、75.68%(56/74)(均 $P<0.05$),见表 2。

2.3 诊断不同分级颅内动脉瘤的符合率对比

CTA 诊断 1 级颅内动脉瘤的符合率为 13.85%(9/65),高于 MRA 的 7.84%(4/51)($P<0.05$),见表 3。

2.4 不同部位颅内动脉瘤的符合率对比

各种检查方式诊断不同部位颅内动脉瘤的符合率对比均无明显差异(均 $P>0.05$),见表 4。

3 讨论

颅内动脉瘤病因较为复杂,可能和先天血管壁发育不良、

表 1 两种检查结果对比(n,%)

Table 1 Comparison of the two kinds of examination results(n,%)

Examination methods	n	DSA		Total
		Positive	Negative	
CTA	Positive	65(87.83)	2(2.71)	67(90.54)
	Negative	4(5.41)	3(4.05)	7(9.46)
	Total	69(93.24)	5(6.76)	74(100.00)
MRA	Positive	51(68.92)	7(9.46)	58(78.38)
	Negative	11(14.86)	5(6.76)	16(21.62)
	Total	62(83.78)	12(16.22)	74(100.00)

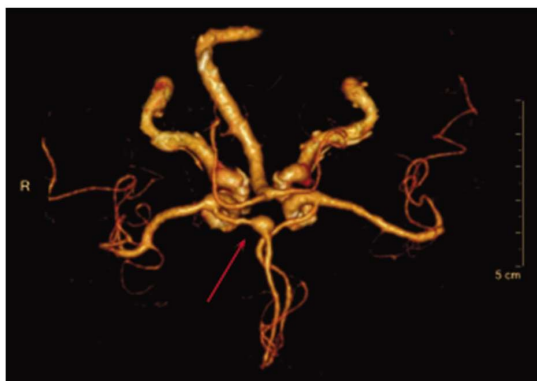


图 1 CTA 检查

Fig.1 CTA examination

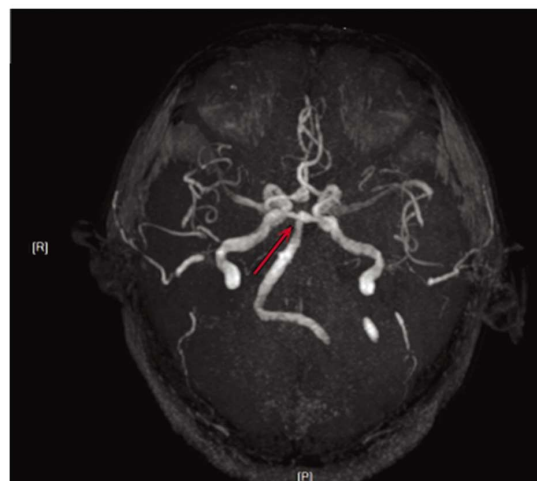


图 2 MRA 检查

Fig.2 MRA examination

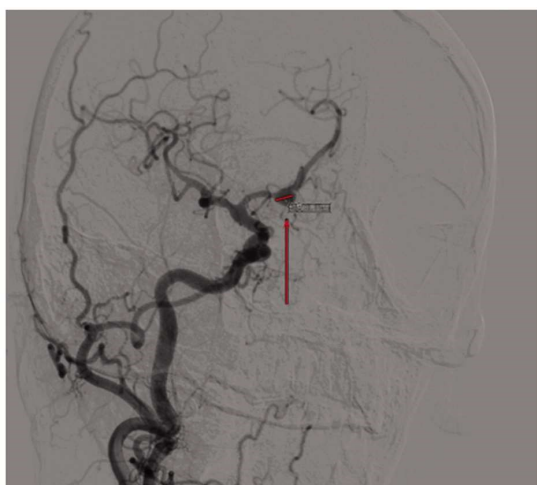


图 3 DSA 检查

Fig. 3 DSA examination

先天或后天因素相互作用、退行性病变所致血管破坏等密切相关^[16-18]。患者首发症状主要为颅内自发出血,致残率以及致死率均较高,预后极差。因此,早期进行准确的诊断显得尤为重要,亦是改善患者预后转归的关键。DSA 作为该病的诊断金标准,但存在创伤较大以及操作复杂等不足之处,且对周围结构显示效果不佳,存在导管损伤瘤体、血栓脱落等风险,从而导致其临床应用存在一定的局限性^[19-21]。CT 以及核磁共振成像(MRI)均是颅内动脉瘤的常见诊断手段,然而,因受颅内动脉瘤发病部位的影响,常规 CT 扫描效果不佳,或难以检出较小的病灶^[22-24]。MRI 对颅内动脉瘤的诊断优势主要是可检出合并瘤内血栓的

颅内动脉瘤,但其检查费用相对昂贵,且对部分病灶难以有效显示。随着近年来影像学技术的日益发展,CTA 以及 MRA 的应用实现了无创脑血管成像,且对血管细微结构显示效果较佳,为颅内动脉瘤的诊断提供了新的手段^[25-27]。

本研究结果发现,CTA 诊断颅内动脉瘤的灵敏度、特异度以及准确度均高于 MRA,这在肖寄余等人的研究报道中加以佐证^[28]:以 DSA 检查结果为金标准,CTA 诊断该病的灵敏度以及准确度分别为 95.24%、91.94%,均高于 MRA 的 75.00%、77.78%,提示了 CTA 用以诊断颅内动脉瘤的价值更高,可能具有更高的临床推广应用价值。分析原因,CTA 技术所实施的容积重建以及斜面重建有助于病灶结构、形态及其和载瘤动脉关系的清晰显示,多层面容积重建的开展则可避免金属伪影,因此可为医生提供多角度的病灶情况,大大降低了漏诊率^[29,30]。同时,CTA 可实现双侧显像,即一次扫描即可完成双侧相关动脉扫描,且重建图像不会受颅内出血的干扰,特别适用于急性蛛网膜下腔出血患者,这亦是其诊断灵敏度以及准确度高于 MRA 的关键性原因之一^[31,32]。然而,上述研究发现两项检查方式的特异度差别无统计学意义,这和本研究结果存在一定差异,而导致上述差异的可能原因在于研究样本量较少,从而引起了结果的偏颇。故此,增加样本量开展多中心对照试验是今后研究的方向,以获取更为可靠的数据。另有相关研究报道显示^[33],CTA 更有利予显示微小动脉瘤,因此其对颅内动脉瘤的

表 2 两种检查方式效能对比

Table 2 Comparison of the effectiveness of the two examination methods

Groups	n	Sensitivity	Specificity	Accuracy
CTA	74	94.20%	60.00%	91.89%
MRA	74	82.26%	41.67%	75.68%
χ^2	-	4.595	4.444	7.161
P	-	0.032	0.035	0.000

表 3 两种检查方式诊断不同分级颅内动脉瘤的符合率对比(n,%)

Table 3 Comparison of the coincidence rates of two examination methods in the diagnosis of intracranial aneurysms of different grades(n,%)

Examination methods	n	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4
CTA	65	9(13.85)	24(36.92)	19(29.23)	13(20.00)
MRA	51	4(7.84)	20(39.22)	16(31.37)	11(21.57)
DSA	74	12(16.22)	27(36.49)	21(28.38)	14(18.92)
χ^2	-	4.711	1.164	0.985	1.287
P	-	0.029	0.168	0.257	0.116

表 4 不同部位颅内动脉瘤的符合率对比(n,%)

Table 4 Comparison of coincidence rates of intracranial aneurysms in different locations(n,%)

Examination methods	n	Vertebral basilar artery	Internal carotid artery	Anterior communicating artery	Posterior communicating artery	Other
CTA	65	12(18.46)	17(26.15)	11(16.92)	21(32.31)	4(6.15)
MRA	51	11(21.57)	13(25.49)	9(17.65)	15(29.41)	3(5.88)
DSA	74	15(20.27)	18(24.32)	12(16.22)	23(31.08)	6(8.11)
χ^2	-	0.174	0.007	0.012	1.650	0.004
P	-	1.652	3.621	2.419	0.127	3.924

病灶分级相较于 MRA 更有优势。然而,本研究结果发现两种检查方式诊断不同分级颅内动脉瘤的符合率对比均不明显。究其原因,本研究纳入的 1 级颅内动脉瘤例数相对较少有关。临床体会:CTA 空间分辨率相对于 DSA 较低,因此难以有效显示血流动力学信息,有待进一步研究改进。此外,动脉瘤处于血管分叉起始部时会增加检出难度,继而引起漏诊,因此,无论是开展 CTA 亦或是 MRA 检查时需重点关注血管分叉部位,以达到降低漏诊率的目的。

综上所述,相较于 MRA 而言,CTA 诊断颅内动脉瘤可获得更高的灵敏度、特异度以及准确度,在小直径肿瘤方面的诊断优势更大。MRA 则具有无创、经济的优势,可综合具体情况选用合理的检查方式。

参考文献(References)

- [1] Ellis JA, Nossek E, Kronenburg A, et al. Intracranial Aneurysm: Diagnostic Monitoring, Current Interventional Practices, and Advances[J]. Curr Treat Options Cardiovasc Med, 2018, 20(12): 94-95
- [2] Chen X, Liu Y, Tong H, et al. Meta-analysis of computed tomography angiography versus magnetic resonance angiography for intracranial aneurysm[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(20): e10771-10772
- [3] Fingerlin TJ, Rychen J, Roethlisberger M, et al. Long-term, aneurysm, recurrence and de novo, aneurysm, formation after surgical treatment of unruptured, intracranial, aneurysms: a cohort study and systematic review[J]. Neurol Res, 2020, 42(4): 338-345
- [4] Tanoue S, Uchiyama Y, Hirohata M, et al. Follow-up non-contrast MRA after treatment of intracranial aneurysms using microcoils with prominent metallic artifact: a comparative study of TOF-MRA and Silent MRA[J]. Jpn J Radiol, 2020, 38(9): 853-859
- [5] Akimoto Y, Yanaka K, Onuma K, et al. Spontaneous Disappearance of an, Intracranial, Small Unruptured, Aneurysm, on Magnetic Resonance Angiography: Report of Two Cases [J]. Asian J Neurosurg, 2020, 15(4): 1055-1058
- [6] Acar T, Karakas AB, Ozer MA, et al. Building Three-Dimensional Intracranial Aneurysm Models from 3D-TOF MRA: a Validation Study [J]. J Digit Imaging, 2019, 32(6): 963-970
- [7] 吕涛, 刘亮, 马亚玲. 三维 CT 血管成像与数字减影血管造影对出血性脑血管病诊断价值的对比研究[J]. 中国药物与临床, 2021, 21(5): 746-748
- [8] Songsaeng D, Sakarunchai I, Mongkolnaowarat S, et al. Detection and Measurement of Intracranial Aneurysm Compared between Magnetic Resonance Intracranial Black Blood Vessel Imaging and Gold Standard Cerebral Digital Subtraction Angiography [J]. J Neurosci Rural Pract, 2020, 11(4): 545-551
- [9] 邓喜青, 王炜, 李一辉, 等. 双源双能量 CTA 与 DSA 测量颅内动脉瘤几何参数 Bland-Altman 一致性分析 [J]. 实用放射学杂志, 2020, 36(13): 2024-2027

- [10] Ozpeynirci Y, Braun M, Schmitz B. CT Angiography in Occlusion Assessment of Intracranial Aneurysms Treated with the WEB Device [J]. J Neuroimaging, 2019, 29(4): 481-486
- [11] Mehan WA, Stapleton CJ, Raymond SB. Does including neck CTA in work-up of suspected intracranial hemorrhage add value[J]. Emerg Radiol, 2019, 26(2): 139-143
- [12] Ryu KH, Baek HJ, Moon JI, et al. Usefulness of Noncontrast-Enhanced Silent Magnetic Resonance Angiography (MRA) for Treated Intracranial Aneurysm Follow-up in Comparison with Time-of-Flight MRA[J]. Neurosurgery, 2020, 87(2): 220-228
- [13] Nael K, Drummond J, Costa AB, et al. Differential Subsampling with Cartesian Ordering for Ultrafast High-Resolution MRA in the Assessment of Intracranial Aneurysms [J]. J Neuroimaging, 2020, 30(1): 40-44
- [14] Faron A, Sichtermann T, Teichert N, et al. Performance of a Deep-Learning Neural Network to Detect Intracranial Aneurysms from 3D TOF-MRA Compared to Human Readers [J]. Clin Neuroradiol, 2020, 30(3): 591-598
- [15] 梁满球, 陈妙玲, 徐文, 等. 3D-CTA 在急性破裂颅内动脉瘤诊断和治疗中的应用价值分析[J]. 中国数字医学, 2019, 14(12): 76-79
- [16] Tian Q, Dong W, Zhang W, et al. Embolization with Stent-Assisted Technique for Wide-Necked Extremely Small Intracranial Aneurysm with Diameter no more than 2 mm [J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2020, 29(12): 105388-105389
- [17] 黄波, 刘耀华, 潘磊, 等. 颅内动脉瘤夹闭术、血管内栓塞术治疗颅内动脉瘤的疗效及安全性研究 [J]. 现代生物医学进展, 2020, 20(9): 1788-1792
- [18] Sichtermann T, Faron A, Sijben R, et al. Deep Learning-Based Detection of Intracranial Aneurysms in 3D TOF-MRA[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2019, 40(1): 25-32
- [19] Zhu C, Wang X, Eisenmenger L, et al. Surveillance of Unruptured Intracranial Saccular Aneurysms Using Noncontrast 3D-Black-Blood MRI: Comparison of 3D-TOF and Contrast-Enhanced MRA with 3D-DSA[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2019, 40(6): 960-966
- [20] 安红俭, 李勇毅. 脑动脉 CTA 与 MRA 对颅内动脉瘤的诊断价值分析[J]. 贵州医药, 2019, 43(12): 1966-1967
- [21] 王茂雪, 李明泉, 罗松. Meta 分析评价双能量头颅 CTA 诊断颅内动脉瘤准确性[J]. 中国医学影像技术, 2018, 34(1): 35-38
- [22] 冯峰. 多层螺旋 CT 血管造影在颅内动脉瘤诊断中的应用价值[J]. 中国基层医药, 2018, 25(13): 1681-1684
- [23] 李强, 朱敏, 姜华, 等. CTA 与 2D?DSA、3D?DSA 在颅内动脉瘤检出率和动脉瘤颈可见度中的应用价值 [J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(5): 1084-1086
- [24] Wang X, Benson J, Jagadeesan B, et al. Giant Cerebral Aneurysms: Comparing CTA, MRA, and Digital Subtraction Angiography Assessments[J]. J Neuroimaging, 2020, 30(3): 335-341
- [25] Shahzad R, Pennig L, Goertz L, et al. Fully automated detection and segmentation of intracranial aneurysms in subarachnoid hemorrhage on CTA using deep learning[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 21799-21800
- [26] D'Argento F, Pedicelli A, Ciardi C, et al. Intra- and inter-observer variability in intracranial aneurysm segmentation: comparison between CT angiography (semi-automated segmentation software stroke VCAR) and digital subtraction angiography (3D rotational angiography)[J]. Radiol Med, 2021, 126(3): 484-493
- [27] Vaphiades MS, Cure J, Kline L. Management of intracranial aneurysm?causing a third cranial nerve palsy: MRA, CTA or DSA[J]. Semin Ophthalmol, 2008, 23(3): 143-150
- [28] 肖寄余, 喻红. CTA 和 MRA 对颅内动脉瘤的诊断价值比较[J]. 中国医师杂志, 2020, 22(11): 1727-1729
- [29] Dündar TT, Aralaşmak A, Özdemir 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, 18(1): 5149-5150
- [30] Shi Z, Chen GZ, Mao L, et al. Machine learning-based prediction of small intracranial aneurysm rupture status using CTA-derived hemodynamics: a multicenter study [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2021, 42(4): 648-654
- [31] Kapsas G, Budai C, Toni F, et al. Evaluation of CTA, time-resolved 4D CE-MRA and DSA in the follow-up of an intracranial aneurysm treated with a flow diverter stent: Experience from a single case[J]. Interv Neuroradiol, 2015, 21(1): 69-71
- [32] Caton MT Jr, Wiggins WF, Nunez D. The "connecting vessel" sign: an imaging biomarker to differentiate ruptured infected (mycotic) intracranial aneurysm mimicking the CTA spot sign [J]. Emerg Radiol, 2020, 27(3): 259-268
- [33] 林志军. MRA 与 CTA 在诊断腹部内脏动脉瘤中的应用 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2019, 17(4): 130-133