临床研究

DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.000909

数字减影 CTA 对蛛网膜下腔出血中动脉瘤的诊断价值

邓小林，周帮建，刘代菊，赵　荣
（重庆市大足区人民医院放射科，重庆　402360）

【摘　要】**目的**：以三维数字减影血管造影（three-dimensional rotational digital subtraction angiography，3D-DSA）和（或）手术结果为金标准，评价数字减影 CT 血管造影（computed tomographic angiography，CTA）对自发性蛛网膜下腔出血（subarachnoid hemorrhage，SAH）中动脉瘤的诊断价值。**方法**：回顾性分析 56 例因自发性 SAH 而行数字减影 CTA 检查的影像资料，评估图像质量，确定并记录动脉瘤的有无、数量、位置、大小等，以 3D-DSA 和（或）手术结果为参考标准，计算数字减影 CTA 对颅内动脉瘤诊断的敏感性与特异性，对比数字减影 CTA 与常规 CTA 对动脉瘤的显示效果。**结果**：11 例患者没有检出动脉瘤，另外 45 例患者共发现 57 个动脉瘤。以患者例数为单位，数字减影 CTA 对 SAH 中动脉瘤诊断的敏感性与特异性均为 100%；以动脉瘤个数为单位，诊断的敏感性与特异性分别为 96.49%、100%，漏诊的动脉瘤均为隐匿性、非破裂的微小动脉瘤。数字减影 CTA 对 SAH 中动脉瘤的显示效果优于常规 CTA（P 均<0.05）。**结论**：数字减影 CTA 对自发性 SAH 中动脉瘤具有较高的检出率，可作为首选的影像检查方法。

【关键词】蛛网膜下腔出血；动脉瘤；体层摄影术，X 线计算机；血管造影术
【中图分类号】R743.35；R814.43　　【文献标志码】A　　【收稿日期】2015-09-21

Role of digital subtraction CT angiography in determining aneurysms in subarachnoid hemorrhage

Deng Xiaolin, Zhou Bangjian, Liu Daiju, Zhao Rong
(*Department of Radiology, the Peopele's Hospital of Dazu District*)

【Abstract】***Objective***: To evaluate the value of digital subtraction computed tomographic angiography(CTA) in the detection of intracranial aneurysms in subarachnoid hemorrhage(SAH) by taking three-dimensional rotational digital subtraction angiography(3D-DSA) and(or) surgical findings as reference standard. ***Methods***: The digital subtraction CTA imaging data of 56 patients with SAH were retrospectively collected and reviewed for image quality, and were evaluated for the presence or absence of an aneurysm and the number, location, size of the aneurysms. The sensitivity, specificity of digital subtraction CTA in depicting aneurysms in SAH were analyzed, with 3D-DSA or intraoperative findings or both being used as the gold standards. The diagnostic effects of digital subtraction CTA and conventional CTA on aneurysms were compared. ***Results***: No aneurysm was revealed in 11 patients and 57 aneurysms were revealed in 45 patients. The sensitivity, specificity of digital subtraction CTA for aneurysms in SAH calculated were 100% and 100% per patient, 96.49% and 100% per aneurysm. All missed diagnosed aneurysms were un-ruptured small occult aneurysms in patients harboring multiple aneurysms. The digital subtraction CTA was superior to conventional CTA in diagnosing aneurysms. ***Conclusion***: The digital subtraction CTA is excellent in detecting intracranial aneurysms in SAH. It can be used as the primary imaging method.

【Key words】subarachnoid hemorrhage; aneurysm; tomography, X-ray computed; angiography

蛛网膜下腔出血（subarachnoid hemorrhage，SAH）是神经系统常见的急症之一，具有较高的死亡风险和易发生严重并发症，首次发病死亡率就高达 20%[1-2]。因此，及时找出引起 SAH 的病因，再进行合理的治疗，显得十分迫切。

资料显示[2-3]，颅内动脉瘤破裂是引起 SAH 最常见的病因。而三维数字减影血管造影（three dimensional digital subtraction angiography，3D-DSA）技术具有较高的空间分辨率，成为诊断颅内动脉瘤的新的金标准[3-4]。但是，3D-DSA 存在侵入性和长耗时等

作者介绍：邓小林，Email：15823380958@163.com，
研究方向：分子影像学与中枢神经影像学。

优先出版：http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1046.r.20160331.1518.012.html（2016-03-31）

缺点，且价格昂贵，操作程序复杂，即使由经验丰富的医生操作，患者仍然有 0.5%的风险发生永久性神经功能损害[5]。

随着多层螺旋 CT 软硬件的快速发展，常规 CT 血管造影（computed tomography angiography，CTA）对脑血管病的检出率已接近 3D-DSA 检查，成为治疗前评估破裂动脉瘤的重要检查方法。鉴于常规 CTA 易受颅骨伪影干扰，例如在显示颅底部位的动脉瘤时就容易漏诊，文献记载数字减影 CTA（简称减影 CTA）可有效克服这些缺点，在检测与颅骨相邻的动脉瘤时优于常规 CTA[6-7]，可大大提高对动脉瘤的检出效能，是否如此，本文以 3D-DSA 和（或）手术结果为金标准，评价减影 CTA 对自发性 SAH 中动脉瘤的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集 2011 年 12 月至 2015 年 2 月因自发性 SAH 在我院行减影头颈部 CTA 检查的患者 82 例，这些病例均行 CT 平扫或（和）腰穿明确诊断。将先前做过血管内介入栓塞、开颅手术、3D-DSA 或手术资料不全者及 3 例减影 CTA 图像质量较差而未达诊断要求者排除在外，共纳入本次研究者 56例，他们均在 CTA 检查后 48 h 内经 3D-DSA 或手术病理证实，其中男 21 例，女 35 例，年龄 26~74 岁，平均（55.1 ± 11.2）岁，主要临床症状为突发剧烈头痛、恶心、呕吐、肢体无力或意识丧失等。

1.2 检查方法

头颈部减影 CTA 检查采用美国 GE 公司 64 排螺旋 CT（LightSpeed VCT），扫描参数：120 kV，250~320 mA，旋转速度 0.5 s/r，螺距 0.531，矩阵 512 × 512，视野 20~23 cm，层厚 5 mm。对比剂选用优维显（370 mgI/ml），用量 0.9 ml/kg，注射速率 4.5 ml/s，通过 18 G 针头与肘正中静脉相连。扫描前固定患者头部，先经小剂量对比剂团注测试（Test—bolus）确定增强扫描延迟时间，间隔 5 min 后，注射对比剂的同时启动 CT 扫描，获得空间位置相同的平扫和增强扫描数据。扫描范围从主动脉弓至颅顶，重建薄层图像（层厚与层间距均为 0.625 mm），数据传送到 AW 4.5 工作站，利用 Add/Sub 软件，获得减影的原始数据，并得到三维容积再现（three dimensional volume rendering，3D-VR）、最大密度投影（maximum intensity projection，MIP）图像，再结合 CT 原始图像，最终确定并记录有无动脉瘤、位置、形态、大小及数量等。

DSA 检查使用飞利浦公司 Allura Xper FD20 大平板血管机，Philips INTEGRIS 3D-RA 工作站。全脑血管造影采用 Seldinger 技术，经股动脉插管后，首先对双侧颈内动脉、椎动脉常规注射对比剂，获得标准正侧位常规 2D-DSA 图像，之后对全脑血管进行旋转 DSA 检查，工作站中行 3D-DSA 重建，采用 3D-VR、MIP 等重建技术，确定并记录动脉瘤的有无、位置、形态、大小及数量等。

1.3 图像分析与评价

所有图像由 2 位神经放射学医师采用盲法评价，意见分歧时经协商讨论达成一致。参考相关文献[1,8]，根据减影质量、颈内动脉海绵窦段和眼动脉的能见度，人为确定数字减影CTA 图像质量为优秀、良好、中等 3 级，质量优秀：血管结构清晰可见，没有任何伪影或残余骨；眼动脉从颈内动脉起源处到眶区均可见；无海绵窦区静脉伪影干扰。质量良好：血管结构可见，具有一定的骨碎片，但并不影响血管结构的观察；眼动脉大部分可见；海绵窦可见部分没有影响到海绵窦段颈内动脉的评价。质量中等：血管结构是可见的，具有大的骨残余，影响血管结构的自由观察；眼动脉至少在其起源处是可见的；海绵窦是可见的，并影响到颈内动脉的直接观察。

根据相关文献[9]，以 3D-DSA 和（或）手术结果为参考标准，按大小将动脉瘤分为 3 组：<3 mm、3~5 mm、≥5 mm。减影 CTA 与常规 CTA 对动脉瘤的显示效果人为划分为 4 个等级，即 1 级：不能显示动脉瘤；2 级：显示动脉瘤的部分未达瘤体的一半；3 级：显示动脉瘤的部分超过瘤体一半；4 级：可完整显示整个动脉瘤。

1.4 统计分析

采用 MedCalc 11.4.2.0 软件进行统计分析。以患者例数、动脉瘤个数为单位，以及对不同大小的动脉瘤，采用四格表计算减影 CTA 与常规 CTA 在 SAH 中检出动脉瘤的敏感性、特异性、阳性预测值（postitive predictive value，PPV）和阴性预测值（negative predictive value，NPV）。接收者工作特征曲线（receiver operator characteristic curve，ROC）配对比较减影 CTA 与常规 CTA 对 SAH 中动脉瘤的显示效果。检验水准 α= 0.05。

2 结 果

56 例患者有 42 例顺利完成减影 CTA 与 DSA 检查，未见对比剂过敏，DSA 操作中未发生神经系统并发症；另 14 例经减影 CTA 检查诊断动脉瘤后行外科手术治疗。

2.1 图像质量评价

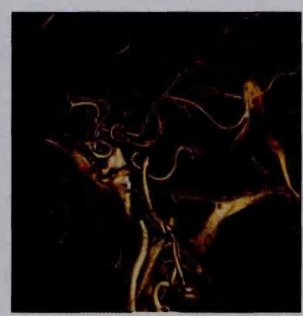
减影 CTA 图像质量优秀 47 例，良好 7 例，中等 2 例，见图 1。

2.2 动脉瘤的部位

11 例无动脉瘤（动静脉畸形 4 例；烟雾病 3 例；中脑周围非动脉瘤性蛛网膜下腔出血 4 例），另外 45 例共 57 个动脉瘤，其中 36 例为单发动脉瘤，6 例有 2 个动脉瘤，3 例有 3 个动脉瘤。按发生部位统计，位于前交通动脉 16 个、后交通动脉 20 个、颈内动脉 11 个、大脑中动脉 4 个、大脑前动脉 2 个、大脑后动脉 1 个、基底动脉 2 个、脉络膜前动脉 1 个。按动脉瘤大小统计，小于 3.0 mm 动脉瘤 14 个，3.1~5.0 mm 动脉瘤 21 个，5.0 mm 及其以上 22 个。按形态统计，54 个动脉瘤呈囊状，3 个呈梭形。



A. 质量优秀：短箭头示眼动脉，长箭头示颈内动脉海绵窦段　　B. 质量良好



C. 质量中等

图 1　减影 CTA 图像质量评价

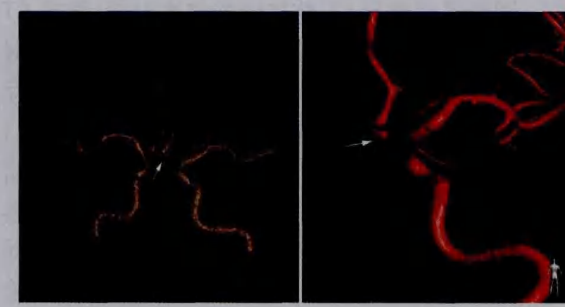
Fig.1　Quality of the images of digital subtraction CTA

2.3　减影 CTA 对 SAH 中动脉瘤的检出结果

减影 CTA 共检出 45 例患者的 55 个动脉瘤，无假阳性病例，对破裂动脉瘤全部检出（图 2）。漏诊 2 个动脉瘤，均为多发动脉瘤中隐匿性微小动脉瘤，结合 CT 原始图像判断，考虑漏诊的动脉瘤均未破裂。1 例有 3 个动脉瘤，减影 CTA 成功检出 2 个动脉瘤，但漏诊左侧脉络膜前动脉的一微小动脉瘤，大小约 2.1 mm；另外 1 例有 2 个动脉瘤，漏诊动脉瘤位于右侧后交通动脉起始处，大小约 1.8 mm。减影 CTA 对SAH 中动脉瘤的诊断效能见表 1。

2.4　减影 CTA 与常规 CTA 对 SAH 中动脉瘤的显示效果对比

以患者例数为单位，常规 CTA 检出动脉瘤的真阳性、真阴性、假阳性、假阴性例数分别为 42、11、0、3，其敏感性、特异性、PPV 与 NPV 分别为 93.33%、100%、100%、78.57%；以动脉瘤个数为单位，其真阳性、真阴性、假阳性、假阴性个数分别为 51、11、0、6，其敏感性、特异性、PPV 与 NPV 分别为 89.47%、100%、100%、64.71%。



A. 减影 CTA 图像示前交通动脉瘤（箭头所示）　　B. 3D-DSA 图像证实减影 CTA 结果（箭头所示）

图 2　患者，女，45 岁，减影 CTA 与 3D-DSA 显示前交通动脉瘤

Fig.2　Digital subtraction CTA and 3D-DSA findings in a 45-year-old woman with anterior communicating artery aneurysm

常规 CTA 与减影 CTA 检出动脉瘤的差异在于由于颅骨的遮挡，常规 CTA 检测不到 4 例病人的 4 个位于颅底的颈内动脉瘤，其中 1 例为多发动脉瘤患者（图 3）。另 4 例 4 个颅底颈内动脉瘤在常规 CTA 仅能显示瘤体的一部分（3 例显示动脉瘤的部分未达瘤体的一半，1 例超过一半）。而减影 CTA 均能满意显示这些动脉瘤的形态、大小及位置等。对颅底颈内动脉瘤而言，减影 CTA 与常规 CTA 的检出率分别为100%与 63.64%。将 2 种方法对动脉瘤的显示效果按 4 个等级区分，采用 ROC 曲线配对比较。减影 CTA 与常规 CTA 显示颅底颈内动脉瘤的 ROC 曲线下面积（area under the ROC curve，AUC）分别为 1.000 与 0.818（图 4），说明前者对颈内动脉瘤的显示效果较优（AUC>0.9），后者价值中等（0.7<AUC≤0.9），差异具有统计学意义（z=2.390，P=0.017）；以患者例数为单位，减影 CTA 与常规 CTA 显示动脉瘤的 AUC 分别为 1.000与 0.956（图 5），差异具有统计学意义（z=2.072，P=0.038），以动脉瘤个数为单位，其 AUC 分别为 0.978 与 0.935（图 6），差异具有统计学意义（z=2.070，P=0.038）。

表 1　64 排减影 CTA 检出动脉瘤的诊断效能

Tab.1　Diagnostic performance of 64-detector digital subtraction CTA in the detection of aneurysms

检测指标	结果（n）				统计学分析（%）			
	真阳性	真阴性	假阳性	假阴性	敏感性	特异性	PPV	NPV
患者为单位（例）	45	11	0	0	100	100	100	100
动脉瘤为单位（个）	55	11	0	2	96.49	100	100	84.62
按大小分类（个）								
<3 mm	12	11	0	2	85.71	100	100	84.62
3~5 mm	21	11	0	0	100	100	100	100
≥5 mm	22	11	0	0	100	100	100	100



A. 常规 CTA（后前位）可显示右侧大脑中动脉瘤，右颈内动脉瘤由于颅骨遮挡不能显示

B. 减影 CTA（后前位）：除可显示右侧大脑中动脉瘤外，右颈内动脉瘤可清晰显示（箭头所示）

图 3 减影 CTA 与常规 CTA 比较

Fig.3 Digital subtraction CTA vs. conventional CTA

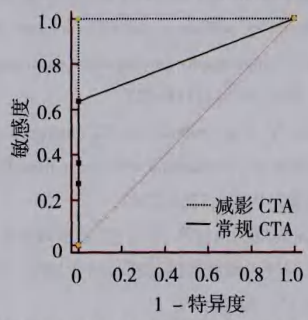
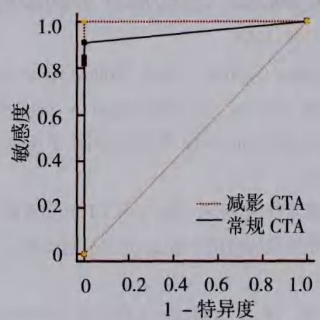


图 4 减影 CTA 与常规 CTA 对颈内动脉瘤显示效果的 ROC 曲线

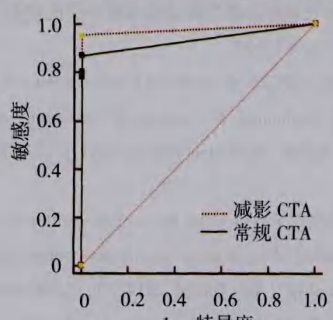
Fig.4 ROC curves of digital subtraction CTA and conventional CTA in the display of internal carotid artery aneurysms



注：患者例数为单位

图 5 减影 CTA 与常规 CTA 对颅内动脉瘤显示效果的 ROC 曲线

Fig.5 ROC curves of digital subtraction CTA and conventional CTA in the display of intracranial aneurysms per patient



注：动脉瘤个数为单位

图 6 减影 CTA 与常规 CTA 对颅内动脉瘤显示效果的 ROC 曲线

Fig.6 ROC curves of digital subtraction CTA and conventional CTA in the display of intracranial aneurysms per aneurysm

3 讨 论

由于减影 CTA 是一种无创的检查技术，扫描速度快，可避免颅骨结构对邻近血管显影干扰，且可全天 24 h 随时进行检查，在 SAH 患者的病因寻找中的应用越来越广泛。在本文的研究中，减影 CTA 均能顺利完成，无明显不良反应，成像时间较短，扫描与后处理均在几分钟内完成，为患者的治疗赢得了宝贵的时间。

要对 SAH 中动脉瘤作出准确的诊断，需要质量优良的 CTA 图像。对图像质量的评价，Ramgren 等[10]建议以增强后颈内动脉 CT 值 340 HU 来确定减影 CTA 图像质量的好坏，他们的统计显示，小于 2 mm 的动脉瘤，当 CT 值<340 HU 时，检出率为 45%，明显低于 CT 值≥340 HU 时 75%的检出率；他们还发现，对于误诊与漏诊的动脉瘤，其颈内动脉的 CT 值大多数超过 340 HU，说明还有其他因素影响诊断的准确性，如动脉瘤的位置与大小，相邻静脉的早期充盈等。本研究在减影 CTA 的图像质量评价中，按照是否存在对诊断有影响的残留骨、早显的静脉，以及反映血管充盈状态的眼动脉的清晰度来评价数字减影 CTA 图像质量，避免了这些可能的影响因素。结果显示，图像质量大多数为优秀，少数为良好，这保证了分析结果的可靠性；另 2 例图像质量为中等，考虑可能为平扫与增强扫描间隔时间较长、患者扫描时吞咽动作、头部固定欠稳定，增强扫描时间较晚等致减影 CTA 图像中静脉显影和（或）颅骨碎片残留，一定程度上增加了图像后处理时间和检出脑动脉瘤的难度。为避免获得不满意的图像，护士在扫描前可耐心安慰患者，如向患者解释，对比剂注射过程中的轻微发热现象，属于正常情况；技师扫描前牢固固定患者头部，嘱检查时避免吞咽动作，扫描时精确计算扫描间隔及延迟时间。

Kayhan 等[11]以 2D-DSA 为金标准，评价减影CTA 对非外伤性 SAH 颅内动脉瘤的诊断价值，其以患者例数和动脉瘤个数为单位，敏感性分别为 97.4%与 98%，特异性均为 100%。Lü 等[5]对 96 例病人的研究结果显示，减影 CTA 对动脉瘤诊断准确性明显优于 2D-DSA。笔者认为，2D-DSA 仅能提供二维信息，以它作为诊断动脉瘤的标准，存在明显的缺陷，而3D-DSA 提供三维信息，可任意旋转角度进行观察，对动

脉瘤诊断的准确性高于 2D-DSA[11-13]，因此，本研究采用 3D-DSA 和(或)手术结果为金标准，来研究数字减影 CTA 对 SAH 中动脉瘤的诊断价值，评价的标准更为客观真实。结果显示，若以患者例数为单位，减影 CTA 诊断的总体敏感性与特异性均为 100%，也全部正确检出≥3 mm 的动脉瘤；同时，本研究显示，减影 CTA 对动脉瘤的显示效果优于常规 CTA，特别是对于颅底颈内动脉瘤的检出，常规CTA 不但敏感性相对较低，而且对一些已检出的动脉瘤仅能显示瘤体的一部分，显示效果仅具有中等价值，影响治疗方案的制定。而减影 CTA 由于去除了颅骨的干扰，不仅可提高颈内动脉瘤的检出率，而且可清晰显示这些动脉瘤的形态、大小及位置等，显示效果较优，为制定治疗计划提供了可靠的影像依据。这样的结果说明，数字减影 CTA 用于SAH 中动脉瘤的检测，结果是相当可靠的，相关文献也显示[1,5,14-15]，对大于 3 mm 的动脉瘤，其检出率可与3D-DSA 媲美。

本研究以动脉瘤个数为单位，发现减影 CTA 检出 SAH 中动脉瘤的总体敏感性与特异性分别为 96.49%、100%，对<3 mm 的动脉瘤，其敏感性和特异性分别为 85.71%、100%。尽管仍未完全避免漏诊的情况发生，但具体分析发现，漏诊的 2 个动脉瘤均是多发动脉瘤患者，减影 CTA 均成功检出了导致 SAH 的破裂动脉瘤；而漏诊的动脉瘤均是隐匿的、非破裂的微小动脉瘤，不需要外科夹闭或介入栓塞[16]。Chen 等[17]认为，CTA 对动脉瘤检测具有较高的准确性与特异性，对疑似动脉瘤性 SAH 的患者，当 CTA 检出了动脉瘤时，除非行动脉瘤栓塞治疗，否则DSA 检查是不必要的。

总之，本研究结果显示，数字减影 CTA 对自发性 SAH 中动脉瘤的检出具有较高的敏感性与特异性，加上本技术安全、快速、价廉，可作为首选的影像检查方法。

参 考 文 献

[1] Kayhan A, Koc O, Keskin S, et al. The role of bone subtraction computed tomographic angiography in determining intracranial aneurysms in non-traumatic subarachnoid hemorrhage[J]. Iran J Radiol, 2014, 11(2): e12670.

[2] 薛 哲，孙正辉，许百男，等. 三维 CT 血管造影对动脉瘤性蛛网膜下腔出血诊断的可靠性研究[J]. 解放军医学院学报，2013，34(7)：715-718.

[3] 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.

[4] 高志梅，曾勇明，杨靖捷，等. 低注射速率、低剂量对比剂 3D-DSA 脑血管造影[J]. 中国介入影像与治疗学，2015，12(5)：312-316.

[5] Lü F, Li Q, Liao J, et al. Detection and Characterization of Intracranial Aneurysms with Dual-Energy Subtraction CTA: Comparison with DSA[J]. Acta Neurochir Suppl, 2011, 110(Pt 2): 239-245.

[6] 谭芳欢，管学春. 常规 CTA 与减影 CTA 对脑动脉瘤诊断的对比研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志，2014，12(9)：109-112.

[7] Luo Z, Wang D, Sun X, et al. Comparison of the accuracy of subtraction CT angiography performed on 320-detector row volume CT with conventional CT angiography for diagnosis of intracranial aneurysms [J]. Eur J Radiol, 2012, 81(1): 118-122.

[8] Li Q, Lv F, Li Y, et al. Subtraction CT angiography for evaluation of intracranial aneurysms: comparison with conventional CT angiography [J]. Eur Radiol, 2009, 19(9): 2261-2267.

[9] 张丽娟，吕发金，欧阳羽，等. 容积 CT 数字减影血管造影与同步匹配蒙片去骨法对颅内动脉瘤的诊断价值比较[J]. 中国介入影像与治疗学，2015，12 (2)：84-88.

[10] Ramgren B, Siemund R, Nilsson OG, et al. CT angiography in non-traumatic subarachnoid hemorrhage: the importance of arterial attenuation for the detection of intracranial aneurysms[J]. Acta Radiol, 2015, 56(10): 1248-1255.

[11] Zhang H, Hou C, Zhou Z, et al. Evaluating of small intracranial aneurysms by 64-detector CT Angiography: a comparison with 3-dimensional rotation DSA or surgical findings[J]. J Neuroimaging, 2014, 24(2): 137-143.

[12] 游梦星，虞希祥，林永胜，等. 三维 CT 血管造影与平板 DSA 对颅内动脉瘤诊断价值的对比分析[J]. 介入放射学杂志，2011，20 (9)：676-680.

[13] 郭建新，冒 平，牛 刚，等. 3D-CTA、2D-DSA 及 3D-DSA 对颅内动脉瘤诊断价值的对比研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志，2011，9 (5)：21-23,38.

[14] 李剑秋，陈 莉，姚开情，等. 容积 CT 数字减影血管造影和三维数字减影血管造影诊断颅内动脉瘤的价值比较[J]. 中国老年学杂志，2015，35(3)：691-693.

[15] Wang H, Li W, He H, et al. 320-detector row CT angiography for detection and evaluation of intracranial aneurysms: comparison with conventional digital subtraction angiography[J]. Clin Radiol, 2013, 68 (1): e15-20.

[16] Li Q, Lyu F, Yao G, et al. 64-section multidetector CT angiography for evaluation of intracranial aneurysms: comparison with 3D rotational angiography[J]. Acta Radiol, 2014, 55(7): 840-846.

[17] Chen L, Xu M, Zou Y, et al. Clinical study of the role of 64-slice CT cerebra angiography in aneurysmal subarachnoid hemorrhage[J]. Cell Biochem Biophys, 2014, 69(3): 573-575.

（责任编辑：冉明会）