

头颈 CT 血管成像

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002174

容积 CT 数字减影血管造影与匹配蒙片去骨法对
颅内动静脉畸形诊断价值的比较

郑婉琳, 姜 雪, 李王佳, 郭浩明, 郑伊能, 吕发金

(重庆医科大学附属第一医院放射科, 重庆 400016)

【摘要】目的:比较容积 CT 数字减影血管造影(volume CT digital subtraction angiography, VCTDSA)与匹配蒙片去骨(matched mask bone elimination, MMBE)对颅内动静脉畸形的诊断价值。**方法:**回顾性分析 2015 年 2 月至 2018 年 2 月于我院行头部或头颈 CTA 检查并经 DSA 或手术确诊为颅内动静脉畸形的 37 例患者临床及影像学资料。由同一操作者使用 VCTDSA 法与 MMBE 法对 CTA 原始图像进行重建处理, 评价病灶畸形血管团、供血动脉和引流静脉以及自动、手动减影后整体图像质量等级, 并比较两者后处理时间。**结果:**2 种技术的自动、手动及总体减影时间均具有统计学差异($P=0.000$), VCTDSA 法自动减影时间短于 MMBE 法, 而手动减影时间及总体减影时间长于 MMBE 法。37 例颅内动静脉畸形患者图像质量比较, 自动减影图像质量 MMBE 法 II 级者更多(59.5%, 22/37), VCTDSA 法 III 级者更多(62.2%, 23/37), 两者差异有统计学意义($P=0.000$); 手动减影图像质量 VCTDSA 法 I 级者更多(56.8%, 21/37), MMBE 法 II 级者更多(62.2%, 23/37), 差异有统计学意义($P=0.011$)。19 例位于浅表脑实质的动静脉畸形中, VCTDSA 法对引流静脉显示优于 MMBE 法($P=0.035$), 两者差异具有统计学意义。VCTDSA 法与 MMBE 法对 37 例患者畸形血管团、供血动脉显示差异无明显统计学意义($P=0.317, P=0.739$)。**结论:**VCTDSA 显示位于浅表脑实质的动静脉畸形效果较好, 尤其是对引流静脉的显示明显优于 MMBE, 而 MMBE 去骨更彻底, 自动减影图像质量优于 VCTDSA, 减影后处理时间更短。

【关键词】头颈部; 动静脉畸形; 体层摄影术; 血管造影术; 数字减影; 图像后处理

【中图分类号】R814.3

【文献标志码】A

【收稿日期】2018-10-31

Diagnostic value of volume CT digital subtraction angiography versus matched
mask bone elimination for intracranial arteriovenous malformation:
a comparative analysis

Zheng Wanlin, Jiang Xue, Li Wangjia, Guo Haoming, Zheng Yineng, Lü Fajin

(Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: To compare the diagnostic value of volume CT digital subtraction angiography (VCTDSA) and matched mask bone elimination (MMBE) for intracranial arteriovenous malformation (AVM). **Methods:** A retrospective analysis was performed on the clinical and imaging data of 37 patients who underwent head or head-and-neck computed tomographic angiography (CTA) and was diagnosed with intracranial AVM by digital subtraction angiography (DSA) from February 2015 to February 2018 in our hospital. The original images were reconstructed by the same operator using VCTDSA and MMBE. The image quality of malformed vessels, feeding arteries, and draining veins, and their automatic subtraction image and manual subtraction image were evaluated, and the post-processing time was compared. **Results:** There was a significant difference in the automatic, manual, and total subtraction time between VCTDSA and MMBE ($P=0.000$). VCTDSA had a shorter time of automatic subtraction than MMBE, but a longer time of manual and total subtraction than MMBE. In 37 patients with intracranial AVM, the image quality of automatic subtraction was mainly classified as grade II by MMBE (59.5%, 22/37) and grade III by VCTDSA (62.2%, 23/37); there was a significant difference between the two methods. The image quality of manual subtraction was mainly classified as grade I by VCTDSA (56.8%, 21/37) and grade II by

MMBE (62.2%, 23/37); there was a significant difference between the two methods ($P=0.011$). In 19 patients with AVM located in the superficial brain parenchyma, VCTDSA had significantly better image quality of the draining veins than MMBE ($P=0.035$). There was no significant difference in the image quality of mal-

作者介绍: 郑婉琳, Email: 916379503@qq.com,

研究方向: 神经影像学诊断。

通信作者: 吕发金, Email: fajinlv@163.com。

优先出版: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20190528.1720.008.html>

(2019-05-29)

formed vessels and feeding arteries of all the 37 patients between VCTDSA and MMBE ($P=0.317$ and 0.739). **Conclusion:** VCTDSA has better image quality than MMBE for the AVM located in superficial brain parenchyma, especially the draining veins. However, MMBE subtracts the bone thoroughly, has better image quality of automatic subtraction, and can save more time in post-processing.

[Key words] head and neck; arteriovenous malformation; tomography; angiography; digital subtraction; image post-processing

近年来,随着多层螺旋 CT 的飞速发展,CT 血管造影(CT angiography, CTA)逐渐成为诊断颅内血管性疾病的常用检查方式^[1-4]。CTA 检查快速、方便,对人体损伤小,能够客观显示颅内血管结构细节,且多种后处理软件及方式,可多方位、多角度观察病变空间位置,为外科手术提供思路,提高手术安全性^[5-7]。目前临床常用的 2 种减影 CTA 后处理技术为容积 CT 数字减影血管造影(volume computed tomographic digital subtraction angiography, VCTDSA)和匹配蒙片去骨(matched mask bone elimination, MMBE)。由于减影原理不同,2 种技术在图像质量及血管显示情况上各自具有优缺点。MMBE 自动去骨效果好,但在显示靠近颅骨部位的血管效果欠佳;VCTDSA 减影过程方便,对头颈部血管尤其是动脉瘤显示较好^[8-10]。然而既往对这 2 种减影技术的比较研究仅局限于颅内动脉瘤及正常人头颈部血管^[8-9],对颅内其他常见血管性疾病(如动静脉畸形、静脉栓塞)的研究存在空缺。本文回顾性分析了 37 例我院近年来收治确诊的颅内动静脉畸形(arteriovenous malformation, AVM)患者的临床和影像学资料,旨在评价 VCTDSA 与 MMBE 对颅内 AVM 的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2015 年 2 月至 2018 年 2 月于我院行头部或头颈部 CTA 检查并经 DSA 或手术确诊为颅内 AVM 患者的临床及影像学资料。共纳入 37 例患者,其中男性 26 例,女性 11 例;年龄范围在 5~65 岁,平均年龄为 (36.2 ± 14.2) 岁,其中男性 (29.5 ± 10.6) 岁,女性 (52.3 ± 6.5) 岁;临床表现为头痛者 18 例,意识障碍者 4 例,四肢抽搐者 4 例,其他表现如头昏、肢体麻木等 11 例。根据颅内 AVM 所在部位将 37 例患者进行分组,其中浅表脑实质组 19 例,深部脑实质组 13 例,小脑幕下组 5 例。

1.2 仪器与方法

CTA 扫描采用 GE Discovery CT 750 HD CT。患者取仰卧位,以头部或头颈部平扫-小剂量团注测试-VCTDSA 的顺序进行扫描。扫描参数:管电压:100~120 kV;管电流:250~

335 mA;旋转速度:0.4 r/s;螺距:0.531/0.969;矩阵:512 × 512;FOV:18~24 cm;层厚及层间距:5 mm;原始数据重建后图像层厚:0.625 mm。高压注射器(Medrad Stellant)经肘静脉团注非离子型碘对比剂(优维显,370 mgI/mL),注射流速 4.0 mL/s,并以相同速率跟注生理盐水。Test-Bolus 及 CTA 检测对比剂用量分别为 4 mL 和 45~55 mL,生理盐水用量分别为 15 mL 和 40 mL。扫描范围:颈 1 椎体水平到颅顶(头部)或主动脉弓水平到颅顶(头颈部),前后 2 次扫描范围一致,由颅底向颅顶扫描^[3]。

1.3 图像后处理

将原始数据分别导入 GE AW4.6 工作站(VCTDSA 法)和西门子 Syngovia 工作站(MMBE 法),由 2 名具有脑血管重建经验的操作者同时使用 2 种不同技术对病人数据进行减影后处理并行 3D VR 及 MIP 重建。调节 VR 图像阈值及 MIP 图像窗宽、窗位,多体位、多角度旋转图像,充分显示病灶整体及局部血管影像。同时记录自动减影时间、手动减影时间及总体减影时间。

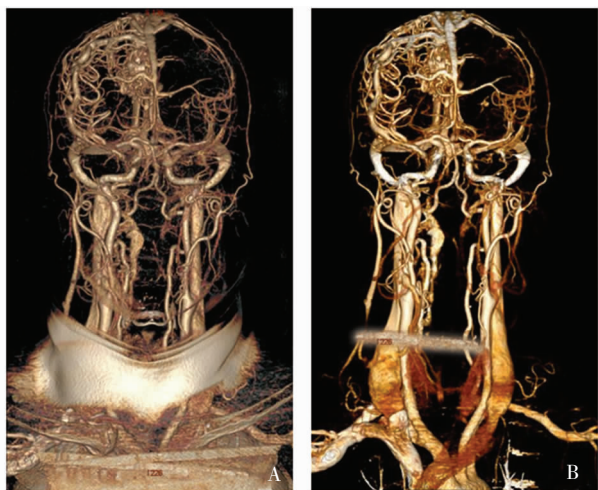
1.4 图像评价及时间指标

2 位有经验的神经放射学医师采用盲法评价,分别对同一图像进行质量评价,意见不统一经共同讨论达成一致。图像评价总体分为图像质量和病灶显示情况 2 个部分。

1.4.1 图像质量评价 自动减影图像质量评价标准:Ⅰ级,去骨完全,无明显高密度影残留;Ⅱ级:基本去骨,有少量高密度影残留;Ⅲ级:去骨不完全,有较多高密度影残留;Ⅳ级:去骨效果差,高密度影遮挡大部分血管。手动减影后图像质量评价标准:Ⅰ级,血管显示完整、真实,无杂质干扰或过度减影;Ⅱ级:血管边缘毛糙,少量血管被杂质遮挡或血管表面被剪掉而呈高密度影;Ⅲ级:血管显示不完整,或中量的血管被杂质遮挡或血管表面被剪掉而呈高密度影,尚能进行影像诊断;Ⅳ级:血管显示不完整,大量血管被杂质遮挡或血管表面被剪掉而呈高密度影;Ⅴ级:减影失败,图像不可用于诊断(图 1)。

1.4.2 AVM 血管显示情况 Ⅰ级:血管团、供血动脉或引流静脉均显示清楚,边缘清晰;Ⅱ级:局部血管边缘毛糙或呈高密度伪影;Ⅲ级:血管团、供血动脉或引流静脉显示不清或连续性中断;Ⅳ级:未找到病灶(图 2)。

1.4.3 减影时间评价标准 自动减影时间 VCTDSA 定义为开始采用 add/sub 软件自动去骨所耗时间,MMBE 定义为进入后处理软件后系统自动去骨所耗时间;手动减影时间定义为操作者手动去除软件自动减影后图像残余软组织与骨质所耗时间;总体减影时间为自动减影与手动减影时间之和,所有时间均不包括导入数据、存图与上传图像所耗时间。



注:男,44岁,右侧额叶 AVM。图 A 为 VCTDSA 法自动减影后图像,由于残留骨及皮肤较多,被评为Ⅲ级;图 B 为 MMBE 法自动减影后图像,颈部及双侧锁骨下有少许骨质残留,被评为Ⅱ级

图 1 VCTDSA 及 MMBE 自动减影后图像

1.5 统计学处理

采用 SPSS 20.0 软件分析。计量资料不服从正态分布,以中位数 M (四分位间距) $[M(Q_1, Q_3)]$ 描述。自动减影时间、手动减影时间及总减影时间均不完全符合正态分布,采用 Wilcoxon 秩和检验;2 种减影技术的图像质量等级评价采用 Wilcoxon 秩和检验;检验水准 $\alpha=0.05$ 。采用 $Kappa$ 分析评估 2 名操作者间手动减影图像质量的一致性, <0.4 为一致性较差, $0.4\sim 0.8$ 为中至高度一致性, >0.8 为几乎完全一致^[11]。

2 结果

2.1 减影时间

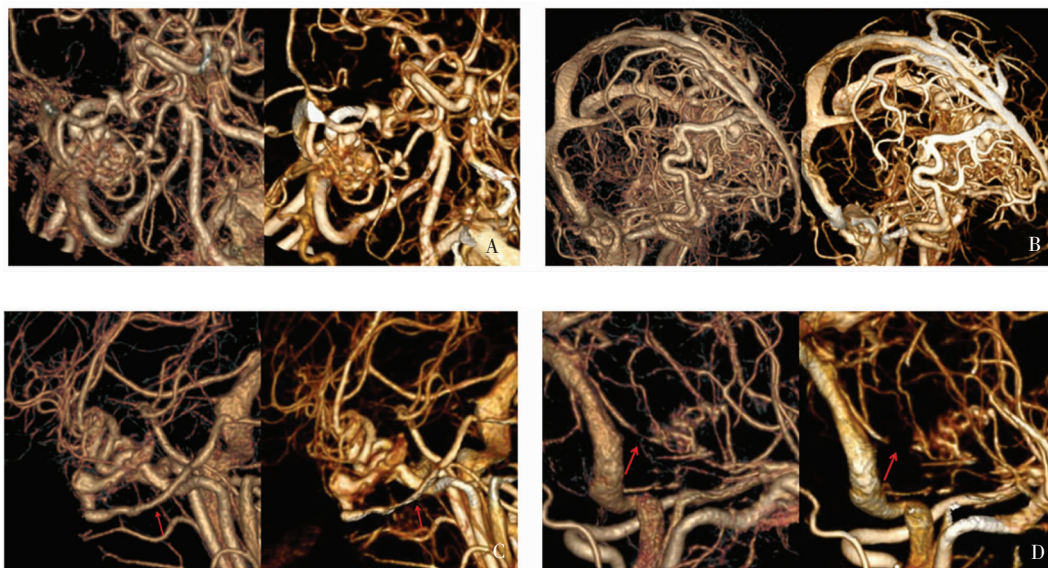
VCTDSA 和 MMBE 两种减影方法的自动、手动及总体减影时间均有统计学差异 ($P=0.000$) (表 1)。其中, VCTDSA 自动减影时间要明显短于 MMBE, 而手动减影时间及总体减影时间长于 MMBE。

2.2 图像质量

自动减影后, VCTDSA 图像质量 I 至 IV 级者分别有 0 例、9 例、23 例及 5 例, MMBE 分别有 14 例、22 例 1 例及 0 例。2 种技术手动减影图像质量差异有统计学意义 ($P<0.05$) (表 2)。2 名操作者采用这 2 种减影方法后处理图像质量的 $Kappa$ 系数分别为 0.615 ($P<0.001$) 及 0.727 ($P<0.001$), 操作者间一致性较好。自动减影 MMBE 去骨情况优于 VCTDSA, 手动减影 VCTDSA 比 MMBE 显示血管情况更优。

2.3 病灶血管显示情况

VCTDSA 与 MMBE 减影后图像质量评价具体情况见表 3。VCTDSA 对位于浅表脑实质的动静脉畸形 (包括血管团、供血动脉及引流静脉) 的显示优于 MMBE, 两者差异具有统计学意义 ($P=0.012$)。2 种减影技术对引流静脉的显示差异具有统计学意义 ($P=0.035$), VCTDSA 优于 MMBE。采用 VCTDSA 与 MMBE 对 37 例患者畸形血管团及供血动脉的显示差异无统计学意义。总体病灶的显示 2 种方法差异无统计学意义 ($P=0.135$)。



注:图 A. 男,52岁,左侧小脑半球 AVM, VCTDSA (左) 及 MMBE (右) 减影图像对血管团、供血动脉及引流静脉显示清楚,边缘清晰,均被评为Ⅰ级。图 B. 男,44岁,左侧额叶 AVM, VCTDSA (左) 减影图像血管团、供血动脉及引流静脉显示清楚,边缘清晰,均被评为Ⅰ级;MMBE (右) 减影图像对脑表面增多粗大的引流静脉显示较差,伪影明显,引流静脉图像被评为Ⅱ级。图 C. 男,19岁,左侧额叶 AVM, VCTDSA (左) 减影图像血管团、供血动脉及引流静脉显示清楚,边缘清晰,均被评为Ⅰ级;MMBE (右) 减影图像血管团及供血动脉显示清楚,被评为Ⅰ级,局部引流静脉假性狭窄 (箭头),被评为Ⅱ级。图 D. 男,52岁,右侧小脑半球 AVM, VCTDSA (左) 减影图像局部引流静脉纤细尚连续;MMBE (右) 减影图像引流静脉纤细处连续性中断 (箭头),引流静脉图像被评为Ⅲ级

图 2 病灶局部特写图

表 1 VCTDSA 和 MMBE 两种方法减影时间 (s)

指标	自动减影时间	手动减影时间	总体减影时间
VCTDSA	18.0 (12.9, 23.8)	397.0 (239.0, 532.5)	419.0 (260.0, 553.8)
MMBE	61.2 (28.7, 67.2)	202.0 (88.0, 327.0)	265.4 (136.8, 385.5)
P 值	0.000	0.000	0.000

表 2 VCTDSA 和 MMBE 2 种方法手动减影后图像质量评价

指标	VCTDSA					MMBE					P 值
	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	
操作者 A	21	11	3	1	1	6	23	8	0	0	0.011
操作者 B	21	13	1	1	1	3	27	7	0	0	0.002

表 3 VCTDSA 和 MMBE 2 种减影方法对 AVM 血管显示情况评价

指标	VCTDSA				MMBE				P 值
	I 级	II 级	III 级	IV 级	I 级	II 级	III 级	IV 级	
浅表脑实质									
血管团	13	3	3	0	12	3	4	0	0.157
供血动脉	12	3	3	1	11	4	3	1	0.564
引流静脉	15	3	1	0	8	10	1	0	0.035
合计	40	9	7	1	31	17	8	1	0.012
深部脑实质									
血管团	7	4	2	0	8	2	3	0	1.000
供血动脉	7	1	2	3	8	1	2	2	0.414
引流静脉	8	1	1	3	8	2	1	2	0.705
合计	22	6	5	6	24	5	6	4	0.427
小脑幕下									
血管团	3	1	1	0	2	2	1	0	0.317
供血动脉	3	0	1	1	3	0	1	1	1.000
引流静脉	4	0	1	0	3	0	2	0	0.317
合计	10	1	3	1	8	2	4	1	0.180
总计									0.135

3 讨 论

近年来,多层螺旋 CT 快速发展使减影 CTA 诊断颅内 AVM 的价值越发显著。目前临床广泛应用的减影技术主要有 2 种:Venema 等^[12]、Venema 和 den Heeten^[13]和 Romijn 等^[14]提出的 MMBE 是在通过设定阈值在原始图像上提取骨蒙片,再由增强图像减去骨蒙片获得血管图像;Philipp 等和 Li 等^[3,15]提出的 VCTDSA 通过控制球管曝光起始点获得平扫及增强图像,用后者减去前者获得血管图像。

本研究中,自动减影后 MMBE 去骨情况优于 VCTDSA,分析原因为 MMBE 通过自动校正匹配,去骨更彻底。而 VCTDSA 受头动影响较明显,患者检查过程中头动明显导致自动减影后残余组织较

多,直接增加了手动减影时间,导致手动减影及总体减影耗时增加。本研究中 1 例患者运动明显,使用 VCTDSA 自动减影后仍残留有大量软组织及骨质,最终导致手动减影失败,图像不能用于诊断。VCTDSA 手动减影后显示血管质量优于 MMBE,这与张丽娟等^[8]和姜雪等^[9]的结果一致。由于 MMBE 骨蒙片的提取有赖于阈值的设定,靠近颅骨的血管腔内密度较高时常被误认为是骨结构而与邻近骨质一同被去掉。姜雪等^[9]研究显示,正常人中 MMBE 显示紧贴骨质结构的血管(如颈内动脉破裂孔段、海绵窦段、床突段及上矢状窦等)效果较差,且当颈内外静脉充盈较好时,邻近的锁骨下动脉也可能受影响而被减去部分。张丽娟等^[8]研究显示 VCTDSA 对颅内动脉瘤检出率(96.23%)明显高于 MMBE (86.79%),MMBE 易漏诊贴近颅底骨的微小动脉瘤。

由于这 2 种减影方法在显示靠近骨结构的血管情况存在明显差异,本研究将颅内 AVM 分为浅表脑实质组、深部脑实质组及小脑幕下组,以评价两者对颅内不同部位的 AVM 显示情况。研究结果显示,VCTDSA 对位于脑实质浅表部位的 AVM 的显示优于 MMBE,特别是其引流静脉图像质量 I 级者 VCTDSA 明显多于 MMBE。其原因如上所述,MMBE 会导致紧贴颅骨的病灶血管被误认为是骨结构而去掉,尤其当病灶位置较浅时常伴有大脑表面增多、增粗、迂曲的引流静脉时,采用 MMBE 减影程度轻者导致血管边缘显示毛糙,但并不明显影响对病灶情况的判断,部分被过度减影者血管可出现假性狭窄甚至连续性中断^[6]。2 种减影技术显示畸形血管团及供血动脉情况并无明显差异。

深部脑实质内病灶 MMBE 图像质量 I 级者多于 VCTDSA,其血管团、供血动脉及引流静脉显示情况整体略优于 VCTDSA,原因可能在于后者通过去除背景骨与软组织,保留强化后呈高密度的血管,使得血管的对比度提高,3~4 级分支小血管显示较多,遮挡深部病灶从而影响医师对病灶的判断^[3]。此外,深部脑实质组中有 1 例 VCTDSA 后期减影失败导致图像不能用于诊断而被诊断为 V 级。本研究中 VCTDSA 及 MMBE 均不存在漏诊。

总而言之,VCTDSA 和 MMBE 对颅内 AVM 均有较高诊断效能。VCTDSA 能更加真实、可靠地显示位于浅表脑实质的 AVM 血管情况,尤其是对引流静脉的显示明显优于 MMBE。对于扫描配合较差患者,MMBE 可以弥补 VCTDSA 去骨不全导致的手动减影时间增加及图像质量差甚至减影失败的缺点。

参 考 文 献

- [1] 吕发金,谢 鹏,罗天友,等. 数字减影 CT 血管成像在蛛网膜下腔出血诊断中的价值[J]. 中国医学影像技术,2007,23(1):45-48.
- [2] 肖 艳,吕发金,蔡吉勇. 容积 CT 数字减影血管造影在脑动静脉畸形诊断中的价值[J]. 重庆医学,2018,47(5):688-690.
- [3] Philipp LR, McCracken DJ, McCracken CE, et al. Comparison Between CTA and Digital Subtraction Angiography in the Diagnosis of Ruptured Aneurysms[J]. Neurosurgery, 2017, 80(5):769-777.
- [4] 吴静泽,陈建军. 64 排螺旋 CT 血管造影及三维重建技术对脑血管病变的诊断分析[J]. 医学影像学杂志,2016,26(11):2107-2108.
- [5] Gross BA, Frerichs KU, Du R. Sensitivity of CT angiography, T2-weighted MRI, and magnetic resonance angiography in detecting cerebral arteriovenous malformations and associated aneurysms[J]. J Clin Neurosci, 2012, 19(8):1093-1095.
- [6] Yang ZL, Ni QQ, Schoepf UJ, et al. Small intracranial aneurysms: diagnostic accuracy of CT angiography[J]. Radiology, 2017, 285(3):941-952.
- [7] 黄 新,姚 霖,祝 斐,等. CT 血管成像指导下急诊手术治疗脑动静脉畸形并颅内血肿[J]. 生物医学工程与临床,2017,21(2):151-154.
- [8] 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.
- [9] 姜 雪,李王佳,郭浩明,等. 容积 CT 数字减影血管造影与匹配蒙片去骨法对正常人头颈 CT 血管成像减影效果的比较[J]. 中国医学影像学杂志,2018,26(7):499-504.
- [10] 林 伟,汤化民,张波莉,等. SSD-CTA 与 VCTDSA 对脑动静脉畸形诊断价值的对照研究[J]. 重庆医学,2016,45(11):1508-1510, 1514.
- [11] Kraemer HC, Periyakoil VS, Noda A. Kappa coefficients in medical research[J]. Statistics in Medicine, 2002, 21(14):2109-2129.
- [12] Venema HW, Hulsmans FJ, Den Heeten GJ. CT angiography of the circle of Willis and intracranial internal carotid arteries: maximum intensity projection with matched mask bone elimination—feasibility study[J]. Radiology, 2001, 218(3):893-898.
- [13] Venema HW, den Heeten GJ. Subtraction helical CT angiography of intra- and extracranial vessels: technical considerations and preliminary experience—rediscovery of matched mask bone elimination? [J]. American Journal of Neuroradiology, 2003, 24(7):1491-1492.
- [14] Romijn M, Gratama van Andel HA, van Walderveen MA, et al. Diagnostic accuracy of CT angiography with matched mask bone elimination for detection of intracranial aneurysms: comparison with digital subtraction angiography and 3D rotational angiography[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2008, 29(1):134-139.
- [15] Li Q, Lv 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.
- [16] 吕发金,张丽娟,房文皓,等. 减影 CTA 和 64 层 VCTDSA 对颅内动脉瘤诊断价值的比较[J]. 重庆医科大学学报, 2008, 33(10):1222-1226.

(责任编辑:唐秋姗)