

头颈 CT 血管成像

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002008

容积 CT 数字减影血管造影与匹配蒙片去骨法
在颅内动脉瘤头颈 CT 血管成像减影效果的比较研究

姜 雪, 李王佳, 郑婉琳, 郭浩明, 张丽娟, 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 computed tomography digital subtraction angiography, VCTDSA)与匹配蒙片去骨法(matched mask bone elimination, MMBE)对颅内动脉瘤患者头颈 CT 血管成像(CT angiography, CTA)减影的图像质量。**方法:**回顾性分析 2017 年 3 月至 2018 年 3 月于我院行头颈 CTA 检查且诊断颅内动脉瘤的 47 名患者资料。分别使用 GE AW4.6 后处理工作站 VCTDSA 减影技术与 SIEMENS Syngovia 后处理工作站 MMBE 减影技术对这 47 名患者头颈 CTA 的原始图像进行后处理,比较不同减影技术的自动减影时间、手动减影时间和总减影时间,并评价减影后的去骨情况,血管的减影效果及动脉瘤显示情况。**结果:**VCTDSA 和 MMBE 的自动减影时间、手动减影时间和总减影时间分别为 12、598、561.5 s 和 76、288、375 s,差异具有统计学意义($P<0.01$)。VCTDSA 在减影后颈内动脉颅内段和静脉窦的减影效果及动脉瘤显示情况均优于 MMBE,而其减影后的去骨情况较 MMBE 差,差异均具有统计学意义($P<0.01$)。对于颈内动脉虹吸部的动脉瘤,VCTDSA 的显示情况优于 MMBE,差异具有统计学意义($P<0.01$)。**结论:**VCTDSA 的自动去骨速度快、效果好,对头颈部血管、动脉瘤的显示优于 MMBE,有助于颅内动脉瘤的观察和诊断;MMBE 的自动去骨效果好,更节约手动减影时间,但易过度减影导致血管假性狭窄及动脉瘤显示不完整,总体减影效果差,不利于颅内动脉瘤的诊断。

【关键词】颅内动脉瘤;容积 CT 数字减影血管造影;同步匹配蒙片去骨;减影技术

【中图分类号】R743.4;R814.42

【文献标志码】A

【收稿日期】2018-09-30

Subtraction effect of volume CT digital subtraction angiography versus CT angiography with matched mask bone elimination of the head and neck in patients with intracranial aneurysm: a comparative study

Jiang Xue, Li Wangjia, Zheng Wanlin, Guo Haoming, Zhang Lijuan, Lü Fajin

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

【Abstract】Objective: To compare the subtraction effect of volume computed tomography digital subtraction angiography (VCTDSA) and computed tomography angiography with matched mask bone elimination (MMBE) of the head and neck in patients with intracranial aneurysm. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on the data of 47 patients who underwent a computed tomography angiography (CTA) of the head and neck and were diagnosed with intracranial aneurysm in our hospital from March 2017 to March 2018. The original images from the head and neck CTA of the above 47 patients were post-processed using the VCTDSA technique on a GE AW4.6 workstation and the MMBE technique on a SIEMENS Syngovia workstation, respectively; the two techniques were compared in terms of automatic subtraction time, manual subtraction time, and total subtraction time; moreover, the bone removal effect after subtraction, blood vessel subtraction effect, and aneurysm display effect were also evaluated. **Results:** There were significant differences between VCTDSA and MMBE in the automatic subtraction time, manual subtraction time, and total subtraction time (12 s vs. 76 s, 598 s vs. 288 s, and 561.5 s vs. 375 s, respectively). VCTDSA was significantly superior to MMBE in the subtraction effect of the intracranial segment and the venous sinus of the internal carotid artery as well as in the aneurysm display effect ($P<0.01$), but was significantly inferior to MMBE in the bone removal effect after subtraction ($P<0.01$). For aneurysms of the internal carotid artery siphon, VCTDSA was significantly superior to MMBE in the aneurysm display effect ($P<0.01$). **Conclusion:** VCTDSA has a high speed of automatic bone removal with a satisfactory effect, and is superior to MMBE in the display effect of blood vessels

作者介绍: 姜 雪, Email: 18883938636@163.com,

研究方向: 胸部影像学。

通信作者: 吕发金, Email: fajinlv@163.com。

优先出版: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20190312.0855.006.html>

(2019-03-13)

and aneurysms of the head and neck, which contributes to the observation and diagnosis of intracranial aneurysms. MMBE has a better automatic bone removal effect and can reduce manual subtraction time, but it may achieve a poor overall subtraction effect due to false vascular stenosis and incomplete display of aneurysms caused by excessive subtraction, which is not conducive to the diagnosis of intracranial aneurysms.

【Key words】intracranial aneurysm; volume computed tomography digital subtraction angiography; matched mask bone elimination; subtraction technique

颅内动脉瘤在全球的发病率为 3.2%, 因其破裂后的高死亡率和致残率, 早期检出动脉瘤尤为重要^[1]。随着螺旋 CT 和 CTA 减影技术的发展, CTA 因其无创、便捷、敏感性高的优点逐渐成为颅内动脉瘤检查的主要方法^[2]。最新的研究表明 CTA 对较小颅内动脉瘤(包括小于 3 mm 的动脉瘤)的检出具有很高的准确性^[3], 因此 CTA 可作为颅内动脉瘤的首选检查方法。近年来, CTA 减影技术得到了极大的发展, 不同学者提出了各种不同的减影技术, 如 Van 等^[4]提出的匹配蒙片去骨法(matched mask bone elimination, MMBE)、吕发金^[5]提出的容积 CT 数字减影血管造影(volume computed tomography digital subtraction angiography, VCTDSA)。张丽娟等^[6-7]的研究已对这 2 种减影技术进行了比较, 但却是在同一后处理工作站上进行的减影, 对不同后处理工作站不同减影技术的比较未见研究。因此, 本研究拟对 GE AW4.6 后处理工作站的 VCTDSA 和 SIEMENS Syngovia 后处理工作站的 MMBE 两种减影技术进行比较, 比较两者的减影时间、减影效果及动脉瘤显示情况。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集我院 2017 年 3 月至 2018 年 3 月行头颈部 VCTDSA 检查患者的临床和影像资料。纳入标准: ①临床及 DSA 检查确诊有颅内动脉瘤的患者; ②图像扫描范围完整; ③扫描重建有薄层图像, 可兼容不同后处理工作站的减影。排除标准: ①合并有影响动脉瘤观察的其他脑血管疾病, 如动静脉瘘、动静脉畸形等; ②扫描图像有伪影, 不可用于诊断。最终, 共有 47 名患者纳入本研究。其中, 男 14 例, 女 33 例, 年龄 26~80 岁, 平均年龄(55.1±11.8)岁。47 名患者共检出 50 个动脉瘤。其中颈内动脉虹吸段动脉瘤 17 个; 前交通动脉瘤 12 个; 后交通动脉瘤 11 个; 颈内动脉交通段动脉瘤 8 个; 大脑前动

脉动脉瘤 1 个; 颈内动脉颈段动脉瘤 1 个。

1.2 仪器与方法

采用 GE Discovery CT750 HD CT, 行头颈部 VCTDSA 检查, 采用 VCTDSA 扫描模式[®], 扫描范围从主动脉弓平面至颅底。小剂量团注测试使用 370 mg/mL 优维显对比剂 4 mL, 生理盐水 20 mL, 流速 4.0 mL/s; 增强扫描使用 370 mg/mL 优维显对比剂 45~60 mL, 生理盐水 40 mL, 流速 4.0 mL/s。扫描参数: 平扫管电压 100 kV, 增强扫描管电压 120 kV; 管电流 240~450 mA, 旋转速度 0.4 s/r, 螺距 0.969, 层厚 5 mm, 扫描结束后重建层厚为 0.625 mm、重建间隔为 0.625 mm 薄层图像, 导入 2 个不同的后处理工作站。

1.3 图像后处理

将 47 名研究对象的头颈部 CTA 的薄层图像分别导入 GE AW4.6 后处理工作站和 SIEMENS Syngovia 后处理工作站。同一研究者分别在这 2 个后处理工作站上运用 VCTDSA 和 MMBE 对薄层图像进行减影, 记录自动减影时间、手动减影时间和总减影时间, 保存不同显示方式的 VR 和 MIP 图像, 并上传 PACS 系统以便于评价图像质量[®]。

1.4 减影效果评价

2 位放射医师共同评价减影效果, 意见不统一的经讨论后达成一致。评价的指标包括不同减影技术的减影时间, 减影效果和动脉瘤的显示情况。自动减影时间为工作站后处理软件的自动去骨减影时间, 手动减影时间为研究者手动去除杂质和残余骨质的时间, 减影总时间为自动减影时间和手动减影时间之和, 减影时间均以秒表计时, 不包括保存和上传图像的时间。由于 2 种减影技术对颅骨附近血管的减影差异很大, 因而自动减影后血管的显示分别从颈内动脉颅内段和静脉窦两个部分进行评价。减影效果的评价标准[®]如下: ①去骨情况评价: I 级: 完全去骨, 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, 有较多的高密度影残留。IV 级: 去骨效果差, 高密度影遮挡大部分血管。②自动减影血管显示: 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, 少量杂质遮挡血管或少量表面被减掉。III 级: 血管显示不完整, 中量杂质遮挡血管或中量血管表面被减掉。IV 级: 血管显示不完整, 大量杂质遮挡血管或大量血管表面被减掉。V 级: 血管被减断, 不可用于

诊断。③动脉瘤的显示: I 级:动脉瘤显示清楚完整,边缘清晰,瘤颈、瘤体展示好,与载瘤动脉关系清晰。II 级:动脉瘤显示较清楚,边缘较毛糙,瘤颈、瘤体不能充分展示,或与载瘤动脉关系不清晰。III 级:动脉瘤显示不清楚或不完整。IV 级:可疑动脉瘤或未找到动脉瘤。

1.5 统计学分析

统计学分析采用 SPSS 20.0 软件,计量资料不服从正态分布,以中位数 M (四分位间距)描述;等级资料用率描述。采用 Wilcoxon 秩和检验分析两种减影技术的减影时间、减影效果和动脉瘤显示的差异,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

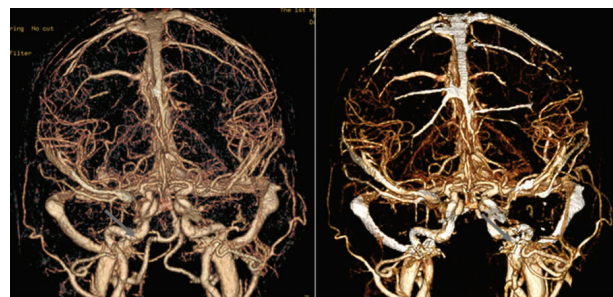
2.1 减影时间

VCTDSA 的自动减影时间、手动减影时间、总减影时间分别为 12 s (10, 14)、598 s (452, 978)、561.5 s (467, 988); MMBE 的自动减影时间、手动减影时间、总减影时间分别为 76 s (68, 86)、288 s (203, 424)、375 s (278, 515)。VCTDSA 的自动减影时间明显少于 MMBE ($P=0.000$),而 VCTDSA 的手动减影时间和总减影时间明显长于 MMBE ($P<0.01$)。2 种减影技术减影时间的比较见表 1。

2.2 减影效果评价

VCTDSA 与 MMBE 减影效果比较见表 2 至表 4。其中,有 2 个病例的静脉窦在用 2 种减影技术减影后均未显示。VCTDSA 对于颈内动脉颅内段和静脉窦的显示明显优于

MMBE ($P<0.01$),而 VCTDSA 减影后的骨质去除情况较 MMBE 差 ($P<0.01$) (图 1)。



注:图 A 血管分支显示较多,边缘光滑,完整性好,评为 I 级。图 B 血管分支显示较少,边缘较毛糙,上矢状窦、乙状窦、颈内动脉的岩段、破裂孔段、海绵窦段、床突段可见高密度影,评为 III 级。白色箭头所示为右侧颈内动脉床突上段动脉瘤,大小为 3.4 mm × 3.3 mm

A. VCTDSA 减影图像

B. MMBE 减影图像

图 1 右侧颈内动脉床突上段动脉瘤

2.3 动脉瘤显示

47 名患者共检出 50 个动脉瘤,主要位于颈内动脉虹吸部 (34%)、前交通动脉 (24%)、后交通动脉 (22%)、颈内动脉交通段 (16%)。VCTDSA 减影后,动脉瘤均显示完整,边缘较光滑;MMBE 减影后的动脉瘤大多边缘毛糙,其中有 5 例颈内动脉虹吸部的动脉瘤显示不完整 (图 2)。VCTDSA 对颈内动脉瘤的显示明显优于 MMBE ($P<0.01$),见表 5。其中,颈内动脉虹吸部动脉瘤的显示差异较大,VCTDSA 对颈内动脉虹吸部的动脉瘤显示明显优于 MMBE ($P<0.01$),见表 6。

表 1 2 种减影技术减影时间的比较

减影技术	自动减影时间	手动减影时间	总减影时间
VCTDSA[s, $M(P_{25}, P_{75})$]	12 (10, 14)	598 (452, 978)	562 (467, 988)
MMBE[s, $M(P_{25}, P_{75})$]	76 (68, 86)	288 (203, 424)	375 (278, 515)
χ^2 值	-5.971	-5.916	-5.970
P 值	0.000	0.000	0.000

表 2 2 种减影技术的去骨情况 ($n, \%$)

减影技术 / 骨质去除	I 级	II 级	III 级	IV 级	χ^2 值	P 值
VCTDSA	2 (4.3)	13 (27.7)	25 (53.2)	7 (14.9)	-5.900	0.000
MMBE	19 (40.4)	26 (55.3)	2 (4.3)	0 (0.0)		

表 3 颈内动脉颅内段的减影效果 ($n, \%$)

减影技术 / 减影血管评价	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	χ^2 值	P 值
VCTDSA 颈内动脉颅内段	27 (57.4)	9 (19.1)	3 (6.4)	6 (12.7)	2 (4.3)	-5.489	0.000
MMBE 颈内动脉颅内段	0 (0.0)	3 (6.4)	12 (25.5)	15 (31.9)	17 (36.2)		

表 4 静脉窦的减影效果 ($n, \%$)

减影技术 / 减影血管评价	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	χ^2 值	P 值
VCTDSA 静脉窦	20 (44.4)	13 (28.9)	4 (8.8)	2 (4.4)	6 (13.3)	-4.543	0.000
MMBE 静脉窦	2 (4.4)	5 (11.1)	21 (46.7)	12 (26.7)	5 (11.1)		

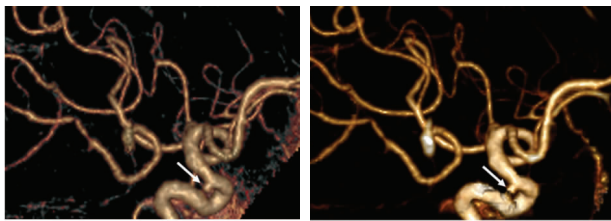
表 5 动脉瘤的显示情况 ($n, \%$)

减影技术 / 动脉瘤显示	I 级	II 级	III 级	IV 级	χ^2 值	P 值
VCTDSA	42 (84)	5 (10)	1 (2)	2 (4)	-4.523	0.000
MMBE	25 (50)	16 (32)	5 (10)	3 (6)		

表 6 颅内动脉不同部位动脉瘤的显示情况 ($n, \%$)

减影技术 / 动脉瘤显示	I 级	II 级	III 级	IV 级	P 值
颈内动脉虹吸部	VCTDSA	16 (94.1)	1 (5.9)	/	0.001 (-3.176)
	MMBE	5 (29.4)	7 (41.2)	5 (29.4)	/
颈内动脉交通段	VCTDSA	7 (87.5)	1 (12.5)	/	0.157 (-1.414)
	MMBE	5 (62.5)	3 (37.5)	/	/
前交通动脉	VCTDSA	10 (83.3)	1 (8.3)	1 (8.3)	1.000 (0.000)
	MMBE	9 (75.0)	3 (0.25)	/	/
后交通动脉	VCTDSA	8 (72.7)	1 (9.1)	/	0.157 (-1.414)
	MMBE	6 (54.5)	3 (27.3)	/	/
颈内动脉颈段	VCTDSA	/	1	/	/
	MMBE	/	/	1	/
大脑前动脉	VCTDSA	1	/	/	/
	MMBE	1	/	/	/

注: / 表示没有数据



注:图 A 动脉瘤显示较清晰,边缘较光滑,完整性好,与邻近动脉关系清楚,邻近血管边缘光滑、完整,评为 I 级。图 B 动脉瘤显示不完整,边缘较毛糙,颈内动脉海绵窦段、床突段的血管边缘毛糙,不完整,且与邻近血管关系不太清楚,评为 III 级。白色箭头所示为左侧颈内动脉床突上段动脉瘤,大小为 5.4 mm × 4.5 mm

A. VCTDSA 减影图像

B. MMBE 减影图像

图 2 左侧颈内动脉床突上段动脉瘤

3 讨 论

随着螺旋 CT 的发展,头颈 CTA 广泛应用于动脉瘤的筛查,不同学者提出不同的减影技术以提高动脉瘤的检出^[9-10]。SIEMENS Syngovia 后处理工作站 CTA 采用的是 MMBE 减影技术,通过预先设定的阈值从平扫数据中提取一组骨蒙片,然后将平扫数据和增强数据相匹配从而减去蒙片得到去骨而保留血管和软组织的影像^[11];而 GE AW4.6 后处理工作站则采用 VCTDSA 减影技术,该技术通过先获得起始位置、空间数据相同的平扫和增强数据,再应用

Add/Sub 软件,用增强后的像素减去增强前的像素直接得到血管影像^[9]。本研究则对不同减影技术的减影时间及减影效果进行比较。

3.1 减影时间的比较

本研究表明 VCTDSA 自动减影时间明显短于 MMBE,而 VCTDSA 手动减影时间、总减影时间明显长于 MMBE。这是由于 MMBE 需要预先提取骨蒙片,再将平扫数据与增强数据进行匹配后再减影;而 VCTDSA 则是直接用增强数据减去平扫数据从而得到减影图像,因而更节省自动减影时间。与此同时,MMBE 减影技术因其将平扫数据和增强数据进行匹配,从而能很好地校正头部运动的影响,手动减影时间明显缩短^[12];而 VCTDSA 受患者头部运动影响较大,对患者自身要求较高,轻微移动(如吞咽动作)会造成减影过程像素错配进而产生不同程度的伪影,使得手动减影时间明显增加^[13]。本研究中,大多数患者因轻微移动导致 VCTDSA 自动减影效果不好,无法完全去除软组织和骨质,使手动减影时间大大增加。

3.2 减影效果评价

本研究表明 VCTDSA 减影后血管显示明显优于 MMBE。VCTDSA 减影后血管边缘光滑、完整,而 MMBE 减影后血管边缘多毛糙、不完整,易导致假性血管狭窄。这是由于 MMBE 通过设定阈值提取蒙片,高于阈值将被认为是骨组织而去掉,所以减影

后的血管显示受所设定的阈值影响很大。本研究中,MMBE 的减影图像大多在颈内动脉颅内段,上矢状窦、横窦和乙状窦可见高密度影,可能是由于颈内动脉颅内段和静脉窦靠近颅骨,CT 值接近或高于阈值从而被误认为骨组织减掉而呈高密度影,导致血管边缘毛糙、不完整,不利于血管显示^[8]。同时,颅内静脉多位置表浅,紧贴或位于颅骨内,而动脉则多远离颅骨,两者解剖位置不同,其 CT 值也不相同,因而所设定的阈值也应不同。尤云峰等^[14]的研究表明,骨蒙片阈值设定为 145HU 时颅内动脉血管显示最佳,而骨蒙片阈值设定为 160HU 时颅内静脉显示最佳,因此观察不同血管所设定的骨蒙片阈值也应该是不同的。这就表明 MMBE 不能同时完整的显示脑动静脉,而 VCTDSA 则能够很好地减去骨组织及脑组织,获得单纯的脑血管图像,同时显示脑动静脉。本研究结果表明,VCTDSA 的去骨效果不如 MMBE,这是由于 VCTDSA 受患者因素影响较大,仅仅轻微的移动就可能导致减影图像上有骨质残留。然而,尽管 MMBE 去骨效果较好,但其常过度减影导致血管显示不完整。因此,VCTDSA 总体减影效果明显优于 MMBE,有助于更好地观察、评估脑血管。

3.3 动脉瘤的显示

本研究结果显示 VCTDSA 对动脉瘤的完整性、边缘、与邻近血管关系的显示明显优于 MMBE。MMBE 减影后的动脉瘤大多边缘毛糙,甚至有 5 例颈内动脉虹吸部的动脉瘤在减影后显示不完整,不利于动脉瘤的观察;这是由于颈内动脉虹吸部邻近蝶骨、床突,受邻近骨质影响所致,不利于观察动脉瘤与载瘤动脉、周围血管的关系。因此,VCTDSA 对动脉瘤的显示优于 MMBE,尤其是颈内动脉虹吸部的动脉瘤。

综上所述,VCTDSA 减影后的图像质量更好、更加真实,对颅内血管和颈内动脉虹吸部的动脉瘤显示更清晰,更有利于临床诊断;同时,自动减影时间短,有利于节约自动减影时间。但需要注意的是,扫描过程中一定要嘱咐患者不要移动以保证去骨效果,有利于缩短手动减影时间。MMBE 减影去骨较好,能够节约手动减影时间;但其常过度减影导致邻近骨质的血管和颈内动脉虹吸部动脉瘤显示不

完整,因此不建议用于临床动脉瘤的筛查。

参 考 文 献

- [1] Vlak MH, Algra A, Brandenburg R, et al. Prevalence of unruptured intracranial aneurysms, with emphasis on sex, age, comorbidity, country, and time period: a systematic review and meta-analysis[J]. *Lancet Neurol*, 2011, 10(7): 626–636.
- [2] 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 Radiologica*, 2014, 55(7): 840–846.
- [3] Yang ZL, Ni QQ, Schoepf UJ, et al. Small intracranial aneurysms: diagnostic accuracy of CT angiography[J]. *Radiology*, 2017, 285(3): 941–952.
- [4] Van SM, Venema HW, Streekstra GJ, et al. Removal of bone in CT angiography of the cervical arteries by piecewise matched mask bone elimination[J]. *Med Phys*, 2004, 31(10): 2924–2933.
- [5] 吕发金. 脑血管容积 CT 数字减影血管造影研究[D]. 重庆: 重庆医科大学, 2007.
- [6] 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): 84–87.
- [7] 张丽娟, 吕发金, 谢惠, 等. 同步匹配蒙片去骨技术 CT 减影血管造影的实验研究[J]. *中国医学影像技术*, 2010, 26(2): 201–204.
- [8] 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.
- [9] Mocanu I, Van Wette M, Absil J, et al. Value of dual-energy CT angiography in patients with treated intracranial aneurysms[J]. *Neuroradiology*, 2018[Epub ahead of print]. DOI: 10.1007/s00234-018-2090-5.
- [10] Cheng B, Cai W, Sun C, et al. 3D bone subtraction CT angiography for the evaluation of intracranial aneurysms: a comparison study with 2D bone subtraction CT angiography and conventional non-subtracted CT angiography[J]. *Acta Radiol*, 2015, 56(9): 1127–1134.
- [11] Venema HW, Hulsman FJH, 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.
- [12] Majoi CB, Va SM, Venema HW, et al. Multisection CT venography of the dural sinuses and cerebral veins by using matched mask bone elimination[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2004, 25(5): 787–791.
- [13] 吕发金, 谢鹏, 房文皓, 等. 头部运动对容积 CT 数字减影血管造影图像质量的影响[J]. *重庆医科大学学报*, 2009, 34(3): 346–349.
- [14] 尤云峰, 吕富荣, 吕发金, 等. 脑静脉系统 64 层螺旋 CT 血管成像研究[J]. *实用放射学杂志*, 2009, 25(10): 1485–1489.

(责任编辑: 唐秋姗)