

头颈 CT 血管成像

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002172

高级血管分析软件与容积 CT 数字减影血管造影
提高 CT 血管成像去骨效果的可靠性研究龙邦媛¹, 吕发金¹, 李康², 姜雪¹, 兰慧², 王庆平²

(1.重庆医科大学附属第一医院放射科, 重庆 400016; 2. 重庆市人民医院放射科, 重庆 400013)

【摘要】目的:评价高级血管分析软件(advanced vascular analysis,AVA)与容积 CT 数字减影血管造影(volume computed tomographic digital subtraction angiography,VCTDSA)技术在正常头颈 CT 血管成像(computed tomographic angiography,CTA)中去骨效果的可靠性。**方法:**分析重庆医科大学附属第一医院 30 名正常头颈 CT 血管成像(CT angiography,CTA)受检者的影像资料。同一操作者使用 AVA 软件和 VCTDSA 对原始图像去骨,记录自动去骨、手动去骨及总去骨时间,从血管完整性、图像质量、假性血管狭窄三方面评价 VR 和 MIP 图像。去骨时间比较用非参数 Mann-Whitney U 检验;血管完整性用配对卡方检验;图像质量和假性血管狭窄评价用相关样本的秩和检验。**结果:**VCTDSA 自动去骨、手动去骨及去骨总时间分别为 14.5(13,20.25) s、399(353.75,501.75) s 及 415.5(371.5,516) s,AVA 自动去骨、手动去骨及去骨总时间分别为 116.5(109,123.25) s、11.5(0,71.25) s 及 140(115.5,188) s,AVA 手动去骨和去骨总时间短于 VCTDSA($P<0.01$);M4~M5、大脑桥静脉、上矢状窦、横窦、乙状窦 AVA 显示率为 0,VCTDSA 显示率达 93.33%(140/150)($P<0.01$);图像质量方面,ICA2 段,VCTDSA I 级图像为 86.21%(25/29),AVA I 级图像仅为 44.83%(13/29);ICA6,VCTDSA I 级图像分别为 96.55%(28/29),AVA I 级图像仅为 58.62%(17/29),VCTDSA 优于 AVA($P<0.01$);假性血管狭窄发生率,VCTDSA 1.41%(10/711),AVA 1.13%(8/711),差异无统计学意义($P>0.01$)。**结论:**VCTDSA 技术 CTA 去骨效果可靠性更高,应作为 CTA 优选去骨方法。

【关键词】容积 CT 数字减影血管造影;体层摄影术;数字减影;X 线计算机**【中图分类号】**R445.3**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2019-03-13

Reliability study of advanced vascular analysis software and volume CT digital subtraction angiography for bone subtraction on CT angiography

Long Bangyuan¹, Lü Fajin¹, Li Kang², Jiang Xue¹, Lan Hui², Wang Qingping²

(1. Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University;

2. Department of Radiology, Chongqing General Hospital)

【Abstract】Objective: To evaluate the reliability of advanced vascular analysis(AVA) software and volume computed tomography digital subtraction angiography(VCTDSA) for bone subtraction on computed tomography angiography(CTA) of the normal head and neck. **Methods:** The imaging data of normal head and neck CTA for 30 subjects in the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University were retrospectively analyzed. The same operator used AVA software and VCTDSA for bone-subtraction in the original images, recorded the time of automatic subtraction, manual subtraction, and total subtraction, and evaluated the VR and MIP images in the aspects of vascular integrity, image quality, and false vascular stenosis. The Mann-Whitney U test was used to compare the subtraction time, the paired chi-square test was used to evaluate vascular integrity, and the rank sum test for dependent samples was used to evaluate image quality and false vascular stenosis. **Results:** The time of automatic subtraction, manual subtraction, and total subtraction of VCTDSA was 14.5(13,20.25) seconds, 399(353.75,501.75) seconds, and 415.5(371.5,516) seconds, respectively, while that of AVA was 116.5(109,123.25) seconds, 11.5(0,71.25) seconds, and 140(115.5,188) seconds, respectively. The time of manual subtraction and total subtraction of AVA was significantly shorter than that of VCTDSA($P<0.01$). The display rates of the M4 and M5 regions, intracranial bridging veins, superior sagittal sinus, transverse sinus, and sigmoid sinus for AVA and VCTDSA were 0 and 93.33%(140/150), respectively, with a significant difference ($P<0.01$). The image quality of internal carotid artery(ICA) 2 and ICA6 of VCTDSA was better than that of AVA($P<0.01$); the percentages of grade I images of ICA2 and ICA6 on VCTDSA were 86.21%(25/29) and 96.55%(28/29), respectively, versus 44.83%(13/29) and 58.62%(17/29) for AVA. The rate of false

作者介绍: 龙邦媛, Email: 32367963@qq.com,

研究方向: 心血管 CT 及 MRI 成像。

通信作者: 吕发金, Email: fajinlv@163.com。

基金项目: 重庆市卫生计生委医学科研资助项目(编号: 2016MSXM065)。

优先出版: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20190529.0944.006.html>

(2019-05-29)

vascular stenosis showed no significant difference between CTDSA and AVA[1.41%(10/711) vs. 1.13%(8/711), $P>0.01$]. **Conclusion:** VCTDSA has a more reliable bone-subtraction effect than AVA on CTA, and it should be used as the preferred bone-subtraction method.

【Key words】volume computed tomography digital subtraction angiography; tomography; digital subtraction; X-ray computed

骨组织的重叠制约了头颈部 CT 血管成像(CT angiography, CTA)图像的可靠性。国内外学者提出了多种去骨技术^[1-6], 减影类技术使用广泛, 其中容积 CT 数字减影血管造影(volume computed tomographic digital subtraction angiography, VCTDSA)的图像质量被证实优于多种减影技术^[7-8]。近年来计算机自动去骨术成为研究热点^[9-10], 高级血管分析软件(advanced vascular analysis, AVA)是目前使用较广泛的计算机血管分析软件^[11-12]。目前尚无对比两者的头颈部 CTA 去骨效果的报道。另外这两项技术均可造成假性血管狭窄^[13-14]。笔者拟利用 AVA 和 VCTDSA 对 30 例正常头颈 CTA 的原始图像去骨, 对比去骨时间, 从血管完整性、图像质量、假性血管狭窄三方面研究两者在头颈部 CTA 应用上的可靠性, 探讨其价值和局限性。

1 材料与方法

1.1 研究对象

收集 2016 年 9 月到 2017 年 7 月于重庆医科大学附属第一医院行头颈 CTA 检查, 报告结果显示动静脉无狭窄、异常扩张、充盈缺损、动脉瘤及血管畸形的 30 名受检者的 CTA 原始图像。其中女性 18 名, 27~75 岁, 平均(58.72 ± 11.55)岁; 男性 12 名, 46~82 岁, 平均(59.08 ± 10.73)岁。排除标准: ①脑实质及颈脑血管疾病, 包括引起头颈部血管分布、走行、数量形态改变的肿瘤性病变、脑卒中、动脉瘤及血管畸形等; ②严重伪影干扰。

1.2 仪器和方法

采用美国 GE Discovery HD750 CT。患者仰卧位并在检查过程中行头部固定。Test-bolus 法估算扫描启动时间后按头颈 VCTDSA 的顺序进行扫描^[15]。参数设置: 管电压: (平扫) 100 kV、(增强) 120 kV, 管电流为 250~450 mA, 螺距 0.969, FOV 20 cm × 20 cm~24 cm × 24 cm。重建层厚为 0.625 mm。对比剂使用 370 mg/mL 碘普罗胺, 增强时用量 45.0~55.0 mL, 生理盐水 40 mL。

1.3 图像后处理

原始图像导入飞利浦 EBW V4.5 工作站和 GE 公司 AW 4.6 工作站, 同一操作者进行去骨, 以秒表记录工作站自动去骨和操作者手动去骨时间, 合计总去骨时间。去骨后图像按

相同范围和角度行容积再现(volume rendering, VR)和最大密度投影(maximal intensity projection, MIP)。

1.4 去骨效果评价^[16]

2 名高年资医师对图像盲评, 意见不一致时协商达成一致后评定。评价内容包括血管完整性、图像质量和假性血管狭窄。

1.4.1 血管完整性评价指标 按解剖习惯将头颈动脉共分为 27 段进行评价, 其中颈总动脉(common carotid artery, CCA)1 段、颈内动脉(internal carotid artery, ICA)7 段(1996 年 Bouthillier 分段法)、大脑前动脉(anterior cerebral artery, ACA)5 段、大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)5 段、椎动脉(vertebral artery, VA)5 段、大脑后动脉(posterior cerebral artery, PCA)4 段; 脑部静脉及静脉窦分为大脑桥静脉、大脑大静脉、上矢状窦、下矢状窦、直窦、横窦、乙状窦 7 段。根据每段血管显示完整与否分为^[17]血管完整显示, 血管全段完整显示; 血管不完整显示, 血管呈节段性或全部无显示(图 1)。



注: 完整显示头颈部动脉主干及分支、颅顶及颅底静脉窦, 动静脉相互无干扰

A. VCTDSA-VR 整体正面观



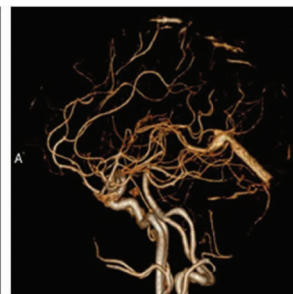
注: 邻近颅盖骨的动脉及静脉窦均无法完整显示, 断续显示的静脉窦干扰动脉图像

B. AVA-VR 整体正面观



注: 完整显示大脑深静脉及静脉窦, 显示的动脉边缘光滑, 与静脉相互无干扰

C. VCTDSA-VR 矢状位整体图

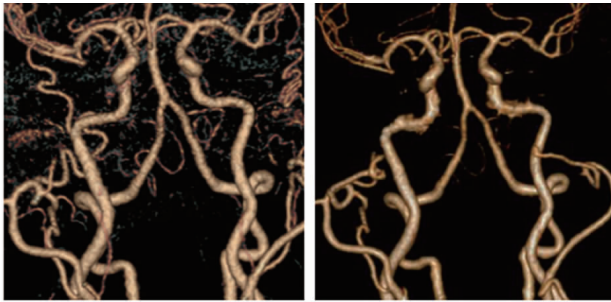


注: 仅显示脑深部静脉和直窦, 床突去骨不全, 干扰 ICA5 段显示

D. AVA-VR 矢状位整体图

图 1 血管完整性示意图

1.4.2 图像质量评价指标^[7] I:血管边缘清晰,无杂质干扰; II:血管边缘欠清晰,或有少量杂质干扰血管显示; III:血管局部显示较差,或有中量杂质干扰血管; IV:血管显示不清,无法诊断。仅统计 2 种去骨法均可显示的血管节段(图 2)。



注: 双侧 ICA1~ICA6、V2~V4、基底动脉、双侧 A1、M1 段血管边缘清晰,无杂质干扰,评为 I 分
注: 双侧 ICA2 边缘毛糙,少量岩骨残留干扰血管显示,评为 II 分

A. VCTDSA-VR 整体正面观
局部放大图

B. AVA-VR 整体正面观
局部放大图

图 2 图像质量示意图及对比

1.4.3 假性血管狭窄评价指标 采用北美症状性颈动脉内膜剥脱术试验法(NASCET)的测量标准: I:无假性狭窄; II:轻度狭窄(0~29%); III:中度狭窄(30%~69%); IV:重度狭窄和完全闭塞(70%~100%)。仅统计 2 种去骨法均可显示的血管节段。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 23.0 软件。去骨时间采用非参数 *Mann-Whitney U* 检验;血管完整性采用配对卡方检验;图像质量及假性血管狭窄采用相关样本的秩和检验。检验水准 $\alpha=0.01$ 。

2 结果

2.1 去骨时间

AVA 手动去骨时间 11.50(0.00,71.25) s 和去骨总时间 140.00(115.50,188.00) s 明显短于 VCTDSA 的 399.00(353.75,501.75) s 及 415.50(371.50,516.00) s ($P<0.01$)。见表 1。

2.2 血管完整性

M4+M5 段、大脑桥静脉、上矢状窦、横窦、乙状窦 AVA 显示率为 0, VCTDSA 则为 93.33%(140/150), 差异有统计学意义($P<0.01$)。见表 2。

表 1 VCTDSA 与 AVA 去骨时间(中位数)

去骨技术	自动去骨时间(s)	手动去骨时间(s)	总去骨时间(s)
VCTDSA	14.50(13.00,20.25)	399.00(353.75,501.75)	415.50(371.50,516.00)
AVA	116.50(109.00,123.25)	11.50(0.00,71.25)	140.00(115.50,188.00)
Z 值	-6.663	-5.991	-5.848
P 值	0.000 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b

注: a, VCTDSA 自动去骨时间短($P=0.000$); b, AVA 手动去骨时间和总去骨时间短($P=0.000$)

表 2 VCTDSA 与 AVA 去骨图像的血管完整性对比

血管	节段	VCTDSA		AVA		P 值
		完整	不完整	完整	不完整	
ICA	ICA2	29	1	29	1	1.000 ^b
	ICA3	29	1	30	0	1.000 ^b
	ICA4	29	1	30	0	1.000 ^b
	ICA5	29	1	30	0	1.000 ^b
	ICA6	29	1	30	0	1.000 ^b
MCA	M4~M5	29	1	0	30	0.000 ^c
V	V1	29	1	29	1	1.000 ^b
	V2	29	1	30	0	1.000 ^b
	V4	30	0	29	1	1.000 ^b
静脉及静脉窦	大脑桥静脉	28	2	0	30	0.000 ^c
	大脑大静脉	30	0	29	1	1.000 ^b
	上矢状窦	29	1	0	30	0.000 ^c
	下矢状窦	24	6	24	6	1.000 ^b
	横窦	27	3	0	30	0.000 ^c
	乙状窦	27	3	0	30	0.000 ^c
其他	CCA、ICA1、ICA7	510	0	510	0	NA ^a
	ACA、M1~M3、PCA、V3、直窦					

注: a, 血管完整显示, 无法比较 P 值; b, 血管完整性显示无统计学差异; c, 血管完整性差异有统计学意义 ($P=0.000$)

2.3 图像质量

ICA2 及 ICA6, VCTDSA I 级图像分别为 86.21%(25/29) 及 96.55%(28/29), AVA I 级图像为 44.83(13/29) 及 58.62%(17/29), VCTDSA 优于 AVA ($P<0.01$)。见表 3。

2.4 假性血管狭窄

AVA 出现 1 例 IV 级假性血管狭窄, VCTDSA 则未出现中重度假性狭窄。两种方法之间假性血管狭窄发生率差异无统计学意义, 见表 4。

表 3 VCTDSA 与 AVA 去骨图像质量对比

图像质量		VCTDSA				AVA				Z 值	P 值
		I	II	III	IV	I	II	III	IV		
CCA	CCA	23	6	1	0	30	0	0	0	-2.530	0.011 ^a
ICA	ICA1	30	0	0	0	27	3	0	0	-1.732	0.083 ^a
	ICA2	25	4	0	0	13	16	0	0	-3.000	0.003 ^b
	ICA3	28	1	0	0	25	3	1	0	-1.414	0.157 ^a
	ICA4	25	4	0	0	27	2	0	0	-1.000	0.317 ^{ac}
	ICA5	28	1	0	0	24	5	0	0	-1.633	0.102 ^a
	ICA6	28	1	0	0	17	12	0	0	-3.317	0.001 ^b
	ICA7	30	0	0	0	30	0	0	0	0.000	1.000 ^c
ACA	A1 ~ A5	150	0	0	0	150	0	0	0	0.000	1.000 ^c
MCA	M1 ~ M3	90	0	0	0	90	0	0	0	0.000	1.000 ^c
V	V1	23	5	0	0	22	6	0	0	-0.333	0.739 ^a
	V2	29	1	0	0	30	0	0	0	-1.000	0.317 ^a
	V3	29	1	0	0	30	0	0	0	-1.000	0.317 ^a
	V4	29	0	0	0	29	0	0	0	0.000	1.000 ^c
P	P1 ~ P2	60	0	0	0	60	0	0	0	0.000	1.000 ^c
	P3	29	1	0	0	30	0	0	0	-1.000	0.317 ^a
	P4	27	3	0	0	27	3	0	0	0.000	1.000 ^c
静脉窦	下矢状窦	14	4	5	0	12	3	8	0	-1.000	0.317 ^a
	大脑大静脉	28	1	0	0	29	0	0	0	-1.667	0.096 ^a
	直窦	28	0	2	0	24	4	2	0	-1.081	0.279 ^a

注: a, 图像质量差异无统计意义 ($P>0.01$); b, 图像质量有统计学差异 ($P<0.01$); c, 图像质量无统计学差异 ($P=1.000$)

表 4 VCTDSA 与 AVA 去骨图像假性血管狭窄对比

图像质量		VCTDSA				AVA				Z 值	P 值
		I	II	III	IV	I	II	III	IV		
CCA	CCA	30	0	0	0	30	0	0	0	0.000	1.000 ^a
ICA	ICA1	30	0	0	0	29	1	0	0	-1.000	0.317 ^b
	ICA2	24	5	0	0	26	3	0	0	-0.816	0.414 ^b
	ICA3	28	1	0	0	29	0	0	0	-1.000	0.317 ^b
	ICA4 ~ ICA7	117	0	0	0	117	0	0	0	0.000	1.000 ^a
	A1 ~ A5	150	0	0	0	150	0	0	0	0.000	1.000 ^a
ACA	M1 ~ M3	90	0	0	0	90	0	0	0	0.000	1.000 ^a
MCA	V1	27	1	0	0	27	1	0	0	0.000	1.000 ^a
V	V2	29	1	0	0	30	0	0	0	-1.000	0.317 ^b
	V3	30	0	0	0	29	1	0	0	-1.000	0.317 ^b
	V4	28	0	0	0	27	0	0	1	-1.000	0.317 ^b
	P1 ~ P2	60	0	0	0	60	0	0	0	0.000	1.000 ^a
P	P3	29	1	0	0	30	0	0	0	-1.000	0.317 ^b
	P4	29	1	0	0	29	1	0	0	0.000	1.000 ^a

注: a, 假性血管狭窄差异无统计学意义 ($P=1.000$); b, 假性血管狭窄有差异无统计学意义 ($P>0.01$)

3 讨论

3.1 AVA 与 VCTDSA 的图像共性

在无颅骨干扰区域,去骨技术的优劣与血管显示相关性不强,故两者血管显示性均较高;血管假性狭窄率两者差异无统计学意义,最好发节段均为 ICA2。

3.2 AVA 的优势和局限性

无须平扫,X 线受照剂量低,手动去骨和去骨总用时明显短于 VCTDSA。本研究中半数无须手动去骨,节省时间成本。

陈荣云等的研究^[9]认为 2 种技术的颈部 CTA 图像质量无明显差异,但实际临床工作中往往需要同时评估头部和颈部血管,且该研究未涉及去骨后图像血管完整性评价,本研究发现 VCTDSA 技术血管完整性明显高于 AVA。

AVA 技术 ICA2 和 ICA6 的图像质量明显低于 VCTDSA,这是因为增强后的 ICA2 和相邻骨组织的 CT 值接近去骨阈值,易出现去骨不全或过度去骨,这也是造成 AVA 在 ICA2 出现血管假性狭窄的主要原因;鞍底及鞍背 CT 值常低于 AVA 去骨阈值,残留骨干扰 ICA6 的显示。

AVA 出现 1 例 IV 级假性血管狭窄,考虑系血管纤细且邻近斜坡,过度去骨所致。

仅依靠 AVA 的 VR 和 MIP 图像,无法对临床诊疗作出正确指导,需结合原始图像。

3.3 VCTDSA 的优势和局限性

VCTDSA 保留了具有增强效应的组织和结构,保障了血管显示的完整性,血管显示率 97.68% (967/990),高于 AVA 83.84% (830/990),其中 M4+M5 段、浅表静脉及静脉窦的完整显示率 VCTDSA 达 93.33 (140/150),AVA 仅为 0, VCTDSA 更能满足临床诊疗的需要。

VCTDSA 同步减影去除无强化效应的骨质和钙化,干扰少,ICA2 和 ICA6 段图像质量高于 AVA。但 VCTDSA 保留了具有增强效应的组织,因此人工去骨时需要去除的组织较多,缺乏时间优势。且因需同步减影,故其后处理时,图像显示的完整度与可靠性均受制于患者制动情况。无运动伪影情况下 VCTDSA 去骨法去骨效果优势明显。运动伪影主要干扰邻近骨组织的动静脉,包括颈内动脉和部分静脉窦,同时也可能影响图像去骨准确度,造成假性血管狭窄。本研究 VCTDSA 血管出现 II 级假性狭窄均与轻微运动伪影有关,良好制动和缩短扫描时间可以提高 VCTDSA 去骨的效果。

总之,AVA 虽辐射剂量小,人工去骨时间及总去

骨时间短,但 VR 和 MIP 图像无法可靠反映头颈部血管的真实形态;VCTDSA 不论显示血管完整性、图像质量均更胜一筹,且不造成中重度假性血管狭窄,VCTDSA 去骨图像可靠性更高,为头颈部 CTA 检查优选技术。

参考文献

- [1] Horsch AD, Weale AR. Imaging in vascular disease[J]. Surgery (Oxford), 2018, 36(6): 272-278.
- [2] Fuchs A, Kuhl JT, Chen MY, et al. Subtraction CT angiography improves evaluation of significant coronary artery disease in patients with severe calcifications or stents—the C-Sub 320 multicenter trial[J]. European Radiology, 2018, 28(10): 4077-4085.
- [3] Cao H, Chen JZ, Cao JY. Development and evaluated for intracranial aneurysm imaging reconstruction algorithms by 320 slice dynamic volume CT[C]. Xi'an: IEEE International Conference on Orange Technologies, 2014.
- [4] 冯屹, 林惠岚, 李斌, 等. 头颈部 CTA 能谱成像与头颈部 DSA 对微小动脉瘤筛查及诊治的比较研究[J]. 影像研究与医学应用, 2018, 2(7): 85-86.
- [5] 黎国春, 林惠岚, 邱昭平, 等. 能谱 CTA 三维重组自由角度技术在颅内动脉瘤诊疗中的应用价值[J]. 影像研究与医学应用, 2019, 3(6): 101-102.
- [6] 邓小林, 周帮建, 刘代菊, 等. 数字减影 CTA 对蛛网膜下腔出血中动脉瘤的诊断价值[J]. 重庆医科大学学报, 2016, 41(5): 516-520.
- [7] 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.
- [8] 陈卓, 翟争峰, 蒲立新. 头部 CTA 一键去骨算法研究[J]. 中国数字医学, 2016, 11(4): 79-82.
- [9] 陈荣云, 彭伟, 王玮, 等. 一键去骨法在颈部 CTA 中的应用: 与减影法对照[J]. 临床医药文献电子杂志, 2018, 5(18): 74-75.
- [10] 陈国平, 闫昆, 张宏彬. 颈部动脉 DE-CTA 不同去骨模式的成像差异[J]. 医学影像学杂志, 2016, 26(9): 1570-1572.
- [11] 黄挺, 尹伟, 陆涛, 等. 256 层螺旋 CT 两种去骨技术在脑血管成像中的对比研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2017, 15(11): 63-66.
- [12] 张德军, 马春, 张祖建, 等. 卷积核算法对高级血管分析软件半自动追踪血管曲面重组的影响[J]. 海南医学, 2014, 25(21): 3163-3166.
- [13] Korn A, Bender B, Schabel C, et al. Dual-source dual-energy CT angiography of the supra-aortic arteries with tin filter[J]. Academic Radiology, 2015, 22(6): 708-713.
- [14] 陈钰, 薛华丹, 金征宇, 等. 双能 CT 血管成像对颈内动脉狭窄及闭塞的诊断[J]. 中国医学科学院学报, 2009, 31(2): 215-220.
- [15] 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.
- [16] 胡高军, 张红琴. 去骨减影 CTA 在脑动脉瘤诊断中的价值[J]. 现代医用影像学, 2016, 25(5): 817-820.
- [17] 胡鑫, 刘倩, 戴贵东, 等. MSCT 自动去骨与减影技术对头颈部血管成像质量影响的对照研究[J]. 医学影像学杂志, 2017, 27(6): 1036-1038, 1045.

(责任编辑:唐秋姗)