

论 著

彩色多普勒超声与CTA在颈动脉支架植入患者的术前应用研究*

廖佳奇¹ 许金仙^{2,*} 黄锦庆¹
杨 洁³ 袁 炜⁴

- 1.江西省赣州市人民医院神经外科
(江西 赣州 341000)
- 2.江西省赣南医学院护理学院
(江西 赣州 341000)
- 3.江西省赣州市人民医院超声科
(江西 赣州 341000)
- 4.江西省赣州市人民医院影像科
(江西 赣州 341000)

【摘要】目的 探讨彩色多普勒超声(CDUS)与电子计算机断层扫描血管造影(CTA)在颈动脉支架植入患者的术前评估应用价值。方法 分析49例颈动脉支架植入患者治疗前的CDUS、CTA及数字减影血管造影(DSA)影像资料,以DSA检查为标准,评价CDUS和CTA两种检查方法对不同程度颈动脉狭窄诊断的一致性,并评价两种检查方法对不同性质颈动脉斑块诊断的一致性。结果 三种检查结果显示49例患者98支血管均有不同程度的颈动脉狭窄,在中度及重度颈动脉狭窄病例,CDUS和CTA检查与DSA检查一致性较强;但是在轻度颈动脉狭窄病例,CDUS与DSA检出结果一致性不强(K=0.621),而CTA与DSA检出结果一致性较强;在颈动脉闭塞病例,CTA与DSA检出结果一致性较低(K=0.393),而CDUS与DSA检出结果一致性较强。对不同性质斑块,CDUS与CTA的检查结果一致性较强。结论 在颈动脉支架植入术前影像学检查中,CDUS与CTA检查在颈动脉狭窄程度和斑块性质上各具优势,两者结合可提高诊断的符合率。

【关键词】彩色多普勒超声;CTA;颈动脉支架植入;术前应用
【中图分类号】R445.1;R445.3
【文献标识码】A
【基金项目】江西省重点研发计划项目
(2020BBGL73107)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.06.016

Application of Color Doppler Ultrasound and CTA before Carotid Stent Implantation*

LIAO Jia-qi¹, XU Jin-xian^{2,*}, HUANG Jin-qing¹, YANG Jie³, YUAN Wei⁴.
1.Ganzhou People's Hospital, Ganzhou 341000, Jiangxi Province, China.
2.Gannan Medical College, Ganzhou 341000, Jiangxi Province, China.
3.Department of Ultrasound, Ganzhou People's Hospital, Ganzhou 341000, Jiangxi Province, China.
4.Department of Imaging, Ganzhou People's Hospital, Ganzhou 341000, Jiangxi Province, China.

ABSTRACT

Objective To investigate the application value of color Doppler ultrasound (CDUS) and computed tomography angiography (CTA) in preoperative evaluation of patients with carotid artery stenting. **Methods** analysis of 49 patients with carotid artery stenting treatment before the CDUS, CTA and digital subtraction angiography (DSA) image data, on the basis of DSA examination, evaluation of CDUS and CTA two inspection methods for different degree of consistency to the diagnosis of carotid stenosis and evaluate two inspection methods for different properties of carotid plaques in the diagnosis of consistency. **Results** The results of three kinds of examination showed that 98 vessels of 49 patients had different degrees of carotid artery stenosis. In moderate and severe carotid artery stenosis cases, CDUS and CTA examination were consistent with DSA examination. However, in the patients with mild carotid stenosis, the results of CDUS and DSA were not in good agreement (KP=0.621), while the results of CTA and DSA were in good agreement. In the patients with carotid artery occlusion, the concordant results between CTA and DSA were very low (KP=0.393), while the concordant results between CDUS and DSA were very strong. For different plaques, the results of CDUS and CTA were consistent. **Conclusion** CDUS and CTA have their own advantages in the degree of carotid stenosis and the nature of plaque in the imaging examination before carotid stenting. The combination of CDUS and CTA can improve the coincidence rate of diagnosis. **Keywords:** Color Doppler Ultrasound; CTA; Carotid Artery Stenting; Preoperative Application

缺血性脑卒中是指由于动脉栓塞引起脑组织血流灌注或斑块破溃后急性血栓形成引起脑细胞缺血缺氧,进而出现相应的脑组织损伤症状^[1],而引起中老年人缺血性脑卒中主要的独立危险因素是颈动脉斑块及狭窄。经皮穿刺颈动脉球囊扩张和支架植入是缺血性脑血管病二级预防的重要方法,其取得成功的关键因素是术前对颈动脉管腔狭窄程度和斑块稳定性准确的影像学评估^[2]。数字减影血管造影检查(DSA)是目前颈内动脉狭窄程度诊断的“金标准”,但是DSA检查有创伤性、价格昂贵且有一定的手术风险而影响其临床应用。因此,探讨寻找无创影像学检查技术应用于颈动脉狭窄程度的诊断及术前评估具有十分重要的意义。彩色多普勒超声(CDUS)由于无辐射、检查费用低、分辨率高,图像处理快捷简便,已经成为了颈动脉斑块筛查的重要手段^[3];电子计算机断层扫描血管造影(CTA)及其强大的影像后处理软件,能够为颈动脉狭窄提供较全面的诊断信息^[4]。然而,与DSA相比,CDUS和CTA两种无创影像学检查方法对不同程度颈动脉狭窄诊断的一致性和对不同性质颈动脉斑块诊断的一致性如何呢?本研究通过分析49例颈动脉支架植入手术患者术前的CDUS和CTA结果,探讨此两种无创影像学检查方法在颈动脉支架植入手术术前评估的应用价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料 收集南方医院附属赣州医院(赣州市人民医院)2020年8月到2022年8月期间收治的49名准备行颈动脉支架植入手术患者的临床资料,共计98支(双侧颈动脉)血管作为研究对象,男性29例、女性20例、年龄范围45-83岁(66.3±8.4岁)。本研究得到南方医院附属赣州医院伦理委员会的批准[伦理批准文号:TY-ZKY2021-007-01]。

1.2 检测方法

- 1.2.1 彩色多普勒超声检查 利用PHILIPS IU 22-2(荷兰飞利浦公司生产)彩色多普勒诊断仪,患者取头侧位,探头自胸锁关节旁向上至乳突前方探查双侧颈动脉。对于闭塞病例,通过彩色血流成像模式观察管腔内及远端管腔血流信号、多普勒频谱及起始段斑块声学特征等鉴别次全闭塞病例。
- 1.2.2 CTA检查 排除患者肾功能异常及口服二甲双胍情况后采用256排CT(美国通用公司生产),从主动脉弓向上扫描至颅骨顶部扫描完成后利用后台图像处理系统重建并剪影。
- 1.2.3 DSA检查及颈动脉支架植入治疗 在进行颈动脉支架植入前行DSA检查,使用美国GE公司产INNOVA3100型血管造影机,将单弯分别放置在双侧颈总动脉上,从多个角度获取颈动脉造影图像后对颈动脉狭窄程度进行测量和计算,并就其血流状况进行分析。对适应症明确的血管进行经皮球囊扩张和颈动脉支架植入手术。
- 1.3 诊断标准 CTA和DSA颈动脉狭窄程度参照北美症状颈动脉内膜剥脱试验法(NASCET法)^[5],将颈动脉狭窄分为4级:轻度(狭窄比率≤49%)、中度(狭窄比率≥50%,

【第一作者】廖佳奇,男,副主任医师,主要研究方向:脑血管疾病。E-mail: jiaqi1019@sina.com
【通讯作者】许金仙,女,副教授,主要研究方向:脑血管疾病。E-mail: hopestar00@126.com

≤69%)、重度(狭窄比率≥70%, ≤99%)和完全闭塞。超声的颈动脉狭窄程度判定标准参照2003年北美放射年会超声会议标准,以血液动力学参数为参考,将颈动脉狭窄分4级,为Ⅰ级(狭窄比率≤49%)、Ⅱ级(狭窄比率≥50%, ≤69%)、Ⅲ级(狭窄比率≥70%, ≤99%)和Ⅳ级(狭窄比率≥100%)。颈动脉斑块性质的彩超判断:钙化斑为伴有后壁声波的强烈反信号,软斑块为低沉的或无回声,混合斑块为斑块内不均匀混合回声。根据颈动脉斑块的CT值,分为软斑块(CT值≤50Hu)、钙化斑(CT值≥120Hu)和混合型斑块(CT值≥50, ≤120Hu)^[6]。

1.4 统计学方法 利用SPSS 20.0软件统计分析检测数据。计量数据用($\bar{x} \pm s$)表示,用配对T检查。检查结果的一致性采用Kappa检验评价。

以 $P < 0.05$ 为差值具有统计学意义, $0.75 \leq K \leq 1$ 表示一致性较强,在 $0.4 \leq K \leq 0.75$ 表示一致性中等, $K \leq 0.4$ 表示一致性较差。

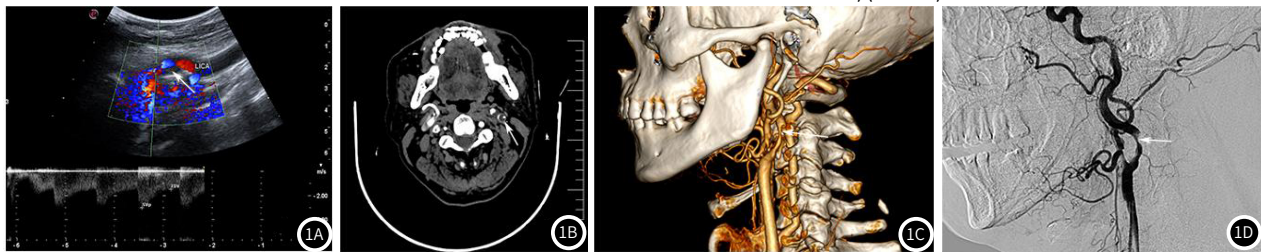


图1A 彩色多普勒超声检查图像显示左侧颈内动脉起始段狭窄处花色血流及频谱,收缩期最大血流速度为250cm/s,白色箭头所指为管腔内低回声斑块。图1B CT扫描显示管腔重度狭窄,白色箭头所指为管腔内低密度斑块。图1C CTA白色箭头所指为左侧颈内动脉起始部重度狭窄。图1D DSA白色箭头所指为颈内动脉起始部重度狭窄。

表1 三种检查方法对颈动脉狭窄检出情况比较(支%)

方法	血管数	轻度	中度	重度	闭塞
CDUS检查	98	19(19.38)	28(28.57)	47(47.95)	4(4.08)
CTA检查	98	32(32.65)*	18(18.36)*	38(38.77)*	10(10.20)
DSA检查	98	34(34.69)	20(20.41)	41(41.84)	3(3.06)

注: *表示与DSA检查比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)

3 讨论

颈动脉粥样硬化性狭窄病变的主要手术方式之一是颈动脉支架植入^[7]。然而,准确判断颈动脉狭窄程度和斑块性质是作出合适诊疗计划的前提^[8]。与DSA相比,无创影像学检查技术因其无创、费用低、并发症少等优点,在颈动脉狭窄程度的诊断和颈动脉支架植入术前评估逐渐得到应用。同时,脑血管事件是颈动脉支架植入手术的主要并发症,为减少该并发症的发生,斑块的性质也应作为围手术期风险判断的重要因素来评估^[9]。

目前,临床常用的影像学检查包括彩色多普勒超声、CT血管造影、核磁共振等,可对颈动脉狭窄、粥样硬化特性进行诊断。颈动脉超声波可以从脉冲多普勒观察血液流动动力学参数,发现收缩阶段的峰值流速、狭窄段与狭窄远心端的峰值流速比率和搏动指数等,并对血管管腔、内膜和斑块进行了二维切面观察,从而判断出颈动脉狭窄或闭塞位置和程度。该方法具有低费用、较高灵敏度和可重复等优点,因此,在脑卒中高危人群的筛选及其颈动脉狭窄术前评价中,彩色多普勒超声被广泛应用^[10]。本研究显示在颈动脉轻度狭窄病例,CDUS与DSA检查的诊断上一致性不高($K=0.621$),可能与彩色多普勒超声在检查轻度颈动脉狭窄病例时更容易受设备信噪比、仪器调节、操作人员主观判断的影响,从而高估了颈动脉狭窄程度,与潘源^[11]等学者报道的结果一致。在颈动脉闭塞方面,彩色多普勒超声与DSA检查的诊断上一致性较强,这与国内部分早期文献报道不一致^[12],但与刘欢颜等^[13]报道的情况一致。这可能与本研究重点关注的是颈动脉闭塞的病例,并通过综合的方法鉴别次全闭塞和完全闭塞,最大的程度地提高了颈动脉闭塞检测的准确率。

CTA扫描具有速度快、辐射剂量低、成像时间短、图像清晰等优点,可定量分析血管病变狭窄程度,有利于颈内动脉狭窄的诊断和支架植入手术的评估^[14],临床上应用比较广泛。我们的研究结果表明,在轻、中及重度颈动脉狭窄病例,CTA与DSA检出

2 结果

2.1 彩色多普勒超声检查、CTA检查及颈动脉支架植入前的DSA检查(见图1)

2.2 对49例患者98支血管一周内先后行CDUS和CTA检查 颈动脉支架植入前行DSA检查,三种检查方法的结果显示,所有颈动脉均有不同程度的狭窄。其中,在轻、中、重度颈动脉狭窄病例,CTA与DSA检查检出结果无明显差异,不具有统计学意义($P > 0.05$);在颈动脉闭塞病例,CTA检出颈动脉闭塞10例,而DSA检出为3例,CTA与DSA检查结果一致性较低($K=0.393$)。在轻度颈动脉狭窄病例,CDUS与DSA检查结果一致性中等($K=0.621$),然而在中、重度狭窄及闭塞的颈动脉病例,CDUS与DSA检出结果上一致性较强($K=0.763$, $K=0.864$, $K=0.852$)(见表1)。

2.3 彩色多普勒超声和CTA均能分辨斑块的性质 DSA不能分辨斑块性质,只能检出病变部位充盈缺损。CDUS与CTA在软化斑、钙化斑块及混合型斑块的检出结果上有很强的一致性($K=0.893$, $K=0.886$, $K=0.959$)(见表2)。

表2 彩色多普勒超声和CTA诊断粥样硬化斑块结果比较(个%)

斑块性质	CDUS检查	CTA检查	K值
软斑块	26(26.53)	23(23.47)	0.893
钙化斑块	30(30.61)	34(34.69)	0.886
混合斑块	42(42.85)	41(41.84)	0.959

率上并无明显区别,CTA能够为颈动脉支架植入手术作出准确的评估。文献研究表明,对于颈动脉狭窄率大于90%的病例,CTA与DSA诊断的一致性较高^[15]。然而在实际工作中CTA往往有高估颈动脉狭窄程度的现象,尤其在颈动脉管腔全闭塞时。我们的研究结果显示,在颈动脉闭塞病例,CTA的检查结果与DSA一致性较低。我们分析其原因为当管腔全闭塞时,通过血管的对比剂较少,周围骨骼或管壁的广泛钙化遮蔽了血管管腔,进而夸大了血管闭塞的诊断率。

虽然MRI具有优越的软组织分辨率和多序列成像的特点而被广泛用于颈动脉斑块易损性的评估^[16],但是其明显缺点是血流速度快慢及血流方式的改变(如层流,涡流等)可能会造成信号的缺失而导致狭窄程度被夸大,在显示钙化方面也有一定的局限性,同时高分辨MRI费用贵、成像时间长,因此本组病例没有把高分辨MRI作为常规检查。彩色多普勒超声从斑块的位置、大小、内部回声的不同切面和角度等方面进行了分析,以确定斑块性质;CTA具有较高的密度和空间分辨率,可根据狭窄部位的CT值来显示粥样硬化斑块软硬程度。Nguyen等^[17]的研究中提到,采用CTA对颈动脉粥样硬化斑块进行扫描,结果显示根据CT值的不同,能准确判断出斑块的类型。本研究显示彩色多普勒超声与CTA检查在软斑、钙化斑块及混合性斑块的检出上一致性较强。

综上所述,在颈动脉支架植入术前影像学检查中,在中度及重度颈动脉狭窄病例,CDUS和CTA检查与DSA检查一致性较强。但是在轻度颈动脉狭窄病例,CDUS与DSA检查检出结果一致性不强,而CTA与DSA检查结果一致性较强;在颈动脉闭塞病例,CTA与DSA检查诊断上一致性较低,而CDUS与DSA检查颈动脉闭塞的诊断上一致性较强。两种检查方法在斑块性质检出的一致性较强。因此,在颈动脉支架植入术前影像学检查中,CDUS与CTA检查在颈动脉狭窄程度和斑块性质上各具优势,两者结合可提高诊断的符合率。

(下转第60页)

率为49.15%(29/59),恶性SPN血管束征出现率显著高于良性SPN。恶性与良性SPN均可见钙化,本研究中,恶性与良性SPN在钙化方面未显示出统计学差异,与牟干^[14]报道一致。在SPN病灶内出现的点状透亮影,直径约为1~2mm,被定义为空泡征,研究认为,空泡征可作为判断SPN为恶性征象,且多见于肺腺癌^[15]。而本研究显示,59例恶性SPN中,17例出现此征象,出现率为28.81%(17/59),41例良性SPN中8例出现此征象,出现率为29.27%(8/41);良性组、恶性组空泡征出现率无显著差异,这可能与样本量差异有关。空洞主要由病灶内部出现缺血性坏死所形成,有学者认为,空洞征可以作为SPN良恶性判断的一个指标^[16]。本研究结果显示,29.27%(12/41)的良性SPN见空洞征,显著高于恶性组6.78%(4/59),与上述结果一致,这可能是由于恶性SPN血供非常丰富的原因。结节大小是鉴别SPN良恶性的重要指标之一,研究认为,SPN直径越大,恶变风险就越大^[17]。本研究结果表明,恶性SPN的结节直径8 mm < D≤30 mm比例显著高于良性组(P<0.05),与先前报道类似。目前,关于SPN位于上叶是否为恶性SPN危险因素尚存在争议。有学者指出,肺上叶结节癌变风险显著高于其余位置,可能与呼吸时上叶支气管气流较大,吸入空气中致癌物较多有关^[18]。也有研究认为,肺叶位置与SPN良恶性无关^[19]。本研究显示,恶性SPN更多见于肺上叶,与相关报道肺癌多见于肺上叶相符。因此,肺上叶SPN怀疑恶性征象时,应给予充分重视。

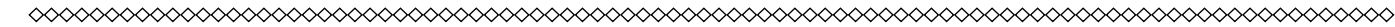
采用薄层CT进行SPN良恶性鉴别诊断时,应考虑肺癌高危因素,包括年龄、吸烟史、慢性肺部疾病、家族史等^[20-21]。高龄、吸烟被认为是肺癌主要危险因素,本研究也发现,恶性SPN患者吸烟史比例(45.76%)高于良性SPN患者(24.39%),年龄大于良性SPN患者。但良恶性SPN患者慢性肺部疾病比例、家族史比例无显著差异,可能与样本量小有关,有待后续大样本数据进一步研究。

智能医学在未来医学的发展过程中扮演着非常重要的作用,就目前的发展趋势而言,医学影像将会是AI技术在未来医学中发展的重要应用之一^[22]。本研究中,AI辅助薄层CT定性诊断SPN的敏感度为79.66%(47/59),特异度为90.24%(37/41),准确度为84.00%(84/100),提示薄层CT对SPN良恶性的诊断具有较高的准确性,进而为肺癌早期筛查提供参考。

综上所述,当SPN薄层CT特征表现为毛刺征、分叶征、血管束征、位于肺上叶及分叶征象>3比例、毛刺数>3、直径>8 mm时,应高度警惕恶性结节的可能,AI辅助薄层CT在SPN定性诊断中具有重要应用价值,值得临床推广。

参考文献

[1]王启俊,祝伟星,关炜库.北京市肺癌发病率、死亡率和生存率分析[J].中华流行病学杂志,1991,12(4):205-207.



(上接第51页)

参考文献

[1]朱林.256层螺旋CTA对颈动脉狭窄及颈动脉粥样硬化斑块形态的评估价值[J].中国CT和MRI杂志,2017,15(06):12-14.
[2]Yoshida K,Endo H,Sadamasa N,et al.Evaluation of carotid artery atherosclerotic plaque distribution by using long-axis high-resolution black-blood magnetic resonance imaging[J].J Neurosurg,2008,109(6):1042-1048.
[3]黎计明,罗伟良.血管内超声在颈动脉粥样硬化中的应用现状[J].中国医学影像学杂志,2015,26(2):156-160.
[4]Gupta A,Mtui EE,Baradaran H,et al.CT angiographic features of symptom-producing plaque in moderate-grade carotid artery stenosis[J].AJNR Am J Neuroradiol,2015,36(2):349-354.
[5]North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators.Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high grade carotid stenosis[J].J Engl j med 1991,325(7):445-453.
[6]跃勇,邹利光,陈林,等.多层螺旋CT血管成像在颈内动脉起始部介入治疗中的应用价值[J].介入放射学杂志,2007,16(10):652-655.
[7]陈爱国.基于随机森林算法的颈动脉支架植入术后残留预测模型构建分析[J].卒中与神经疾病,2022,29(04):338-343.
[8]张伟生,陈景南.CT与MRI对颈动脉狭窄和粥样硬化斑块特征的评估价值[J].医学影像学杂志,2022,32(05):765-768.
[9]刘晓伟,陈科宇,徐学君.颈动脉支架植入术中低血流动力学紊乱相关危险因素[J].中国介入影像与治疗学,2022,19(02):65-69.

[2]Ordridge KL,Gandy N,Arshad MA,et al.Interobserver agreement of the visual Herder scale for the assessment of solitary pulmonary nodules on 18F Fluorodeoxyglucose PET/computed tomography[J].Nucl Med Commun,2020,41(3):235-240.
[3]马宁,赵铭,田蓉蓉,等.对比基于PET/CT的不同方法定性诊断孤立性肺结节的效能[J].中国介入影像与治疗学,2020,17(4):233-237.
[4]Chilet-Rosell E,Parker LA,Hernández-Aguado I,et al.The determinants of lung cancer after detecting a solitary pulmonary nodule are different in men and women,for both chest radiograph and CT[J].PLoS ONE,2019,14(9):e0221134.
[5]陈国强,苏福,王卫星,等.18F-FDG PET/CT联合薄层螺旋CT三维重建诊断孤立性肺结节[J].中国医学影像技术,2020,36(1):86-90.
[6]Venkadesh KV,Setio A,Schreuder A,et al.Deep Learning for Malignancy Risk Estimation of Pulmonary Nodules Detected at Low-Dose Screening CT[J].Radiology,2021,300(2):438-447.
[7]刘海玲,陈国萍,陶景山,等.CT薄层影像特征制定的肺结节分级评估系统区分良恶性肺结节的应用价值[J].临床肺科杂志,2022,27(1):102-105,123.
[8]Xiaofeng L,Han J,Zhiyong P,et al.Lung Cancer and Granuloma Identification Using a Deep Learning Model to Extract 3-Dimensional Radiomics Features in CT Imaging[J].Clin lung cancer,2021,22(5):e756-e766.
[9]Tu SJ,Wang CW,Pan KT,et al.Localized thin-section CT with radiomics feature extraction and machine learning to classify early-detected pulmonary nodules from lung cancer screening[J].Phys Med Biol,2018,63(6):65005.
[10]牟干,官莉,马潇霖,等.薄层CT扫描联合血清肿瘤标志物在孤立性肺结节良恶性诊断中的应用价值研究[J].实用心脑血管病杂志,2021,29(5):104-108.
[11]盛翠云,陈斌,高德宏,等.孤立性肺结节患者血清CEA、NSE、Cyfra21-1水平与结节直径的关系及联合高分辨率CT的诊断价值研究[J].现代生物医学进展,2021,21(14):2708-2712.
[12]Yang L,Zhang Q,Bai L,et al.Assessment of the cancer risk factors of solitary pulmonary nodules[J].Oncotarget,2017,8(17):29318-29327.
[13]孔芳,段艳华,宋学林,等.高分辨率CT鉴别诊断良、恶性实性孤立性肺结节[J].中国医学影像技术,2021,37(8):1168-1172.
[14]牟干.薄层CT联合肿瘤标志物及髓鞘菌荚膜抗原在肺结节良恶性鉴别诊断中的临床研究[D].湖北:三峡大学,2021.
[15]刘智,张帆,蒋宇婷,等.孤立性肺结节的良恶性与临床及高分辨率CT特征相关性分析[J].实用放射学杂志,2020,36(12):1928-1932.
[16]Cui S,Ming S,Lin Y,et al.Development and clinical application of deep learning model for lung nodules screening on CT images[J].Sci Rep,2020,10(1):13657.
[17]李宗,朱远,朱辉,等.99mTc-MIBI SPECT/CT单独及其联合MSCT在孤立性肺结节定性诊断中的应用价值[J].广西医学,2020,42(6):694-697,744.
[18]李勇平,雷微利,李文革,等.应用MSCT三维重建提高对良、恶性孤立性肺结节诊断准确率研究[J].中国CT和MRI杂志,2022(2):51-52,92.
[19]肖景兴,王东,叶静,等.18F-FDG PET/CT联合HRCT及血清肿瘤标志物诊断孤立性肺结节的价值[J].临床放射学杂志,2020,39(2):303-307.
[20]Ricciardi S,Davini F,Manca G,et al.Radio-guided surgery,a cost-effective strategy treating solitary pulmonary nodule:20-year experience of a single centre[J].Clin Lung Cancer,2020,21(5):e417-e422.
[21]周森,马学进,江林,等.增强CT扫描和99mTc-MIBI-SPECT/CT同机融合显像鉴别孤立性肺结节的临床研究[J].临床放射学杂志,2021,40(7):1303-1307.
[22]Mastouri R,Khlifa N,Neji H,et al.Deep learning-based CAD schemes for the detection and classification of lung nodules from CT images:A survey[J].X-Ray Sci Technol,2020,28(4):591-617.

(收稿日期:2022-09-25)

(校对编辑:谢诗婷)

(收稿日期:2022-10-28)

(校对编辑:谢诗婷)