

• 胸部影像学 •

能谱 CT 肺灌注缺损指数评估急性肺栓塞危险分层:与肺动脉栓塞指数的对比

杨秀娟, 凌佳龙, 李建蓉

【摘要】 目的:探讨能谱 CT 肺动脉栓塞指数(PAOI)和肺灌注缺损指数(PPDI)预测急性肺栓塞(APE)危险分层的价值。**方法:**将 102 例 APE 患者纳入研究。根据欧洲心脏病学会(ESC)APE 危险分层方法,将患者分为低危组(48 例)、中危组(30 例)和高危组(24 例)。所有患者均行能谱 CT 扫描,计算 PAOI 和 PPDI,PPDI(盲法)为单独分析肺灌注图像获得,PPDI(非盲法)通过分析 CTPA 及肺灌注图像获得。3 个指数与 APE 危险分层之间的相关性分析采用 Spearman 法。三组间 3 个指数值的比较采用单因素方差分析,进一步两两比较采用 LSD 法。采用 ROC 曲线分析 3 个指数预测中高危 APE 的诊断效能。**结果:**PPDI(非盲法)、PPDI(盲法)与危险分层均呈高度正相关($r=0.877, 0.846, P$ 值均 <0.001),PAOI 与危险分层呈中度正相关($r=0.786, P<0.001$)。三组间 PAOI、PPDI(盲法)和 PPDI(非盲法)的差异均具有统计学意义(P 值均 <0.001);进一步组间两两比较,差异亦具有统计学意义(P 值均 <0.001)。ROC 曲线分析显示 PAOI、PPDI(盲法)和 PPDI(非盲法)评估中高危 APE 的截断值分别为 37.5%、45.0%和 40.0%,敏感度分别为 81.5%、79.6%和 85.2%,特异度分别 85.4%、95.8%和 97.9%,ROC 曲线下面积(AUC)分别为 0.896、0.948 和 0.967。PPDI(非盲法)与 PAOI 之间 AUC 的差异具有统计学意义($Z=2.260, P=0.024$)。**结论:**PPDI(非盲法)与 APE 危险分层呈高度正相关,对中高危 APE 具有较高预测价值。

【关键词】 肺动脉栓塞指数;肺灌注缺损指数;急性肺栓塞;危险分层;体层摄影术,X 线计算机

【中图分类号】 R814.42;R543.2 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2020)12-1532-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2020.12.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Risk stratification of acute pulmonary embolism: comparison of pulmonary artery obstruction index and pulmonary perfusion defect index with energy spectrum CT YANG Xiu-juan, LING Jia-long, LI Jian-rong, Department of Radiology, Chongqing University Three Gorges Hospital, Chongqing 404000, China

【Abstract】 Objective: To explore and compare the value of pulmonary artery obstruction index (PAOI) and pulmonary perfusion defect index (PPDI) in predicting the risk stratification of acute pulmonary embolism (APE). **Methods:** 102 APE patients were included in the study. According to risk stratification of European Society of Cardiology (ESC), all subjects were classified into low-risk group (48 cases), intermediate-risk group (30 cases) and high-risk group (24 cases). All patients underwent energy spectrum CT scan, PAOI, PPDI (blind method), PPDI (non-blind method) were calculated. PPDI (blind method) was obtained by separately analyzing pulmonary perfusion images, and PPDI (non-blind method) was obtained by analyzing CTPA and pulmonary perfusion images. The correlation between PAOI, PPDI (blind method), PPDI (non-blind method) and risk stratification was analyzed by Spearman method. The differences of PAOI, PPDI (blind method) and PPDI (non-blind method) among the three groups were analyzed by one-way ANOVA, and the difference between the two groups was analyzed by LSD method. The cut-off of PAOI, PPDI (blind method) and PPDI (non-blind method), and corresponding sensitivity and specificity for prediction the intermediate to high risk APE were determined by ROC curve, and the area under the ROC curve (AUC) was calculated and compared. **Results:** PPDI (non-blind method) and PPDI (blind method) highly positively correlated with

作者单位: 404000 重庆, 重庆大学附属三峡医院放射科

作者简介: 杨秀娟(1984-), 女, 四川南充人, 硕士, 主治医师, 主要从事 CT 及 MRI 诊断工作。

通信作者: 凌佳龙, E-mail: 627912847@qq.com

基金项目: 重庆市卫生计生委医学科研项目(2017MSXM135)

risk stratification ($r=0.877, P<0.001; r=0.846, P<0.001$), and PAOI moderately positively correlated with risk stratification ($r=0.786, P<0.001$). The differences of PAOI, PPDI (blind method) and PPDI (non-blind method) among the three groups were all statistically significant (all $P<0.001$), and the difference between each two groups was statistically significant ($P<0.001$). According to the ROC curve analysis, the cutoff points of intermediate-risk and high-risk assessed by PAOI, PPDI (blind method) and PPDI (non-blind method) were 37.5%, 45.0% and 40.0%, respectively; the sensitivity and specificity were 81.5%, 79.6%, 85.2% and 85.4%, 95.8%, 97.9%, respectively; and the AUC was 0.896, 0.948 and 0.967, respectively. The difference of AUC between PPDI (non-blind method) and PAOI was statistically significant ($Z=2.260, P=0.024$). **Conclusion:** PPDI (non-blind method) has a high positive correlation with risk stratification and has a high predictive value for intermediate-risk and high-risk APE.

[Key words] Pulmonary artery obstruction index; Pulmonary perfusion defect index; Acute pulmonary embolism; Risk stratification; Tomography, X-ray computed

CT 肺动脉成像 (CT pulmonary arteriography, CTPA) 是诊断急性肺栓塞 (acute pulmonary embolism, APE) 的首选检查方法, 但其临床价值远不止于诊断或排除 APE。CTPA 能准确显示肺动脉内栓子, 通过分析还可获得反映肺动脉阻塞部位和阻塞程度的量化指标, 如肺动脉栓塞指数 (pulmonary artery obstruction index, PAOI) 等。有研究结果显示肺灌注缺损指数 (pulmonary perfusion defect index, PPDI) 可对 APE 的严重程度进行评估^[1-3], 有利于指导临床的治疗决策。随着能谱 CT 技术的发展, 其在临床的应用已越来越广泛。能谱 CT 一次扫描不仅能获得 CTPA 图像, 同时还能获得反映肺组织血流状态的灌注图像。Chae 等^[4]采用 PPDI 对肺部血流灌注缺损范围和程度进行量化评估, 发现 PPDI 与 APE 严重程度具有相关性。但目前采用 CT 能谱成像评价 APE 严重程度的相关研究相对较少^[4-5]。2008 年欧洲心脏病学会 (European Society of Cardiology, ESC) 在 APE 诊断和治疗指南中, 建议对 APE 相关的短期死亡风险进行危险分层, 以利于临床针对不同患者选择最佳的治疗方案^[6]。2014 年 ESC 进一步强调了 APE 危险分层在治疗策略中的重要价值^[7]。目前, 采用 PAOI 和 PPDI 评估 APE 危险分层的相关研究较少^[8]。因此, 本研究旨在探讨 PAOI 和 PPDI 评估 APE 危险分层的价值, 并对两个指标在评估 APE 危险分层中的价值进行比较。

材料与方法

1. 临床资料

本研究中共纳入 102 例在本院确诊的 APE 患者, 男 53 例, 女 49 例, 年龄 23~84 岁, 平均 (59.3 ± 13.3) 岁。纳入标准: ①临床确诊为 APE, 诊断标准参考《APE 诊断与治疗中国专家共识》^[9]; ②行 CT 能谱扫

描, 图像质量满足诊断要求; ③CT 检查前未行溶栓或抗凝等肺栓塞相关治疗。排除标准: ①有 CT 增强检查禁忌证; ②有严重心、肺病变 (严重先天性心脏病、风湿性心脏病、冠心病、心包大量积液、原发性肺动脉高压、严重肺气肿、肺不张、肺肿瘤、大量胸腔积液、胸膜及胸壁病变) 影响肺血流灌注者。

2. CT 检查方法

使用 GE revolution 512 层双能 CT 机, 患者取仰卧位、头先进, 扫描范围自胸廓入口至肋膈角水平。扫描参数: 能谱扫描模式, 80/140 kV, 100~200 mA, 层厚 5.0 mm, 层间距 5.0 mm, 视野 35 cm×35 cm, 矩阵 512×512。图像重建层厚 0.625 mm, 辐射剂量为 150~270 mGy·cm。使用 Medrad 双筒高压注射器注入对比剂碘海醇, 注射流率 4.0~5.0 mL/s, 总量 50~60 mL, 再以同样流率注射生理盐水 60 mL, 延迟时间 12~20 s, 采用对比剂团注智能跟踪触发技术, 监测点放置于主肺动脉干, 触发阈值为 300 HU。

3. 图像分析和数据处理

采用 120 kV 的扫描数据进行图像重建获得 CTPA 图像, 利用双能量后处理软件得到肺灌注图像, 并以伪彩显示。由两位中级以上职称的胸部亚专业影像诊断医师共同阅片。对 PAOI 的计算采用 Qanadli 评分^[2], 计算公式为:

$$\text{PAOI} = \frac{\sum (n \times d / 40)}{40} \times 100\% \quad (1)$$

其中, n 为有栓子的肺段动脉数, 双肺各 10 个肺段, 双肺上叶尖后前段, 下叶背段及前内后外基底段, 右肺中叶内、外侧段和左肺舌叶上、下舌段, 1 支肺段或亚段肺动脉栓塞记 1 分, 肺段以上肺动脉的栓塞按照其所分支的所有肺段动脉的总和来记分; d 为肺动脉栓塞程度的评分, 部分栓塞记为 1 分, 完全栓塞为 2 分, 则每例患者的最大栓塞程度为 40 分 ($20 \times 2 = 40$)。

对 PPDI 的评价方法分为盲法和非盲法, 前者为

对 PAOI 进行评分的 2 周后由一位诊断医师采用盲法仅分析灌注图像来完成 PPDI 评估,后者为在进行 PAOI 评分 4 周后由一位诊断医师通过综合分析灌注和 CTPA 图像来完成 PPDI 评分。PPDI 计算公式为^[4]:

$$PPDI = \sum (n1 \times d1 / 40) \times 100\%$$

(2)

其中,n1 为 CTPA 上显示有灌注缺损的肺段数(计数方法同 PAOI);d1 为灌注程度,0 分为正常灌注,1 分为部分灌注缺损,2 分为完全灌注缺损。

依据 2014 年 ESC《急性肺血栓栓塞症诊断治疗指南》,将 102 例 APE 患者分为分为高危(24 例)、中危(30 例)和低危(48 例)三组^[7]。出现休克或持续性低血压为高危患者;对不伴休克或持续性低血压的非高危患者,其中,肺栓塞严重指数(pulmonary embolism severity index,PESI)Ⅲ~Ⅴ级或简化 PESI≥1 伴右心功能不全和(或)心肌损伤标志物阳性为中危,PESI I~Ⅱ级或简化 PESI=0、无心功能不全、心肌损伤标志物阴性为低危。PESI 的评估中纳入年龄、性别(男性)、是否合并肿瘤、慢性心力衰竭、慢性肺部疾病、脉率≥110 次/min、收缩压<100mmHg、动脉血氧饱和度<90%、呼吸频率>30 次/分、体温<36℃和精神状态改变共 11 项指标,每项分值不同,总分≤65 分为 I 级,66~85 分为Ⅱ级,86~105 分为Ⅲ级,106~125 分为Ⅳ级,>125 分为Ⅴ级。简化 PESI 的评估则纳入了 6 项指标:年龄、肿瘤、慢性心力衰竭或肺部疾病、脉率≥110 次/min、收缩压<100mmHg 和动脉血氧饱和度<90%,每项分值为 1。

4. 统计学方法

使用 SPSS 24.0 统计软件对数据进行统计分析,以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。三组间 PAOI、PPDI(盲法)和 PPDI(非盲法)的比较采用单因素方差分析,两两比较采用 LSD 法。PAOI、PPDI(盲法)和 PPDI(非盲法)与危险分层之间的相关性采用 Spearman 相关分析。通过 ROC 曲线,确定 PAOI、PPDI(盲法)和 PPDI(非盲法)评估中高危 APE 的截断值、敏感度及特异度,并比较其 ROC 曲线下面积。

结 果

1. 相关性分析

Spearman 相关分析结果见表 1。PAOI、PPDI(盲法)和 PPDI(非盲法)与危险分层均呈正相关($P<0.05$),以 PPDI(非盲法)与危险分层的相关性最高。

表 1 3 个指数与危险分层的相关性

指标	危险分层	
	r 值	P 值
PAOI	0.786	0.000
PPDI(盲法)	0.846	0.000
PPDI(非盲法)	0.877	0.000

2. 三组间各指标的比较

低危组、中危组和高危组 3 个指数的测量值及组间比较结果见表 2。随着危险程度的增加,PAOI、PPDI(盲法)和 PPDI(非盲法)的测量值呈逐渐增大的趋势,3 个指数的测量值在三组间的差异均具有统计学意义($P<0.001$);进一步进行组间两两比较,差异亦均具有统计学意义($P<0.001$)。

3. 三个指数预测中高危 APE 的 ROC 曲线分析

ROC 曲线分析结果显示,PAOI、PPDI(盲法)和 PPDI(非盲法)预测中高危 APE 的截断值分别为 37.5%、45.0%和 40.0%,敏感度分别为 81.5%、79.6%和 85.2%,特异度分别为 85.4%、95.8%和 97.9%,ROC 曲线下面积分别为 0.896、0.948 和 0.967(图 1)。三者的 ROC 曲线下面积比较:PPDI(盲法)与 PPDI(非盲法)之间、PPDI(盲法)与 PAOI 之间差异无统计学意义($Z=1.024, P=0.306; Z=1.771, P=0.077$),PPDI(非盲法)与 PAOI 之间差异具有统计学意义($Z=2.260, P=0.024$)。

讨 论

CT 作为诊断 APE 的首选检查已广泛应用于临床,具有安全、快捷和无创的优点^[9-10]。相较于传统 CT,能谱 CT 利用不同能量的射线穿透人体获得的衰减信息,可在常规肺动脉成像的同时获得反映肺组织血流情况的灌注图。本研究中所使用的 512 层 Revolution CT 机采用 16 cm 宽体探测器,球体旋转一周的时间仅 0.28 s,时间分辨率为 29 ms,在无需屏气的情况下即可获得超大范围高质量的肺动脉图像,同时此机型拥有最新的能谱成像技术,可提高对 APE 的诊断准确性。

2000 年 ESC 首次推出 APE 诊断和治疗指南,对

表 2 三组间 3 个指数测量值的组间比较

指标	低危组(A)	中危组(B)	高危组(C)	F 值	两组间均数差		
					A 与 B	A 与 C	B 与 C
PAOI	31.0%±9.5%	42.3%±9.0%	67.7%±12.2%	107.324*	11.344*	36.719*	25.375*
PPDI(盲法)	31.0%±9.7%	49.3%±9.5%	70.8%±11.1%	129.316*	18.208*	39.792*	21.583*
PPDI(非盲法)	30.7%±7.6%	47.1%±7.6%	68.4%±9.2%	179.764*	16.354*	37.708*	21.354*

注:* 对应的 P 值均<0.001。

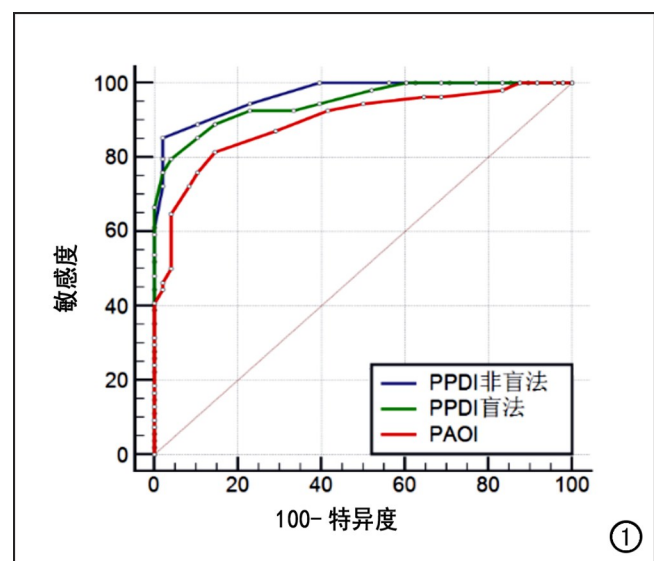


图1 PAOI、PPDI(盲法)和PPDI(非盲法)预测中高危APE的ROC曲线,以PPDI(非盲法)的AUC值最大,预测效能最佳。

推广和规范APE的诊断和治疗起到了重要作用^[11]。2008年ESC建议对APE相关的短期死亡风险进行危险分层,旨在针对不同患者选择最佳治疗方案^[6]。2014年ESC强调危险分层在治疗策略中的重要价值,并将PESI及简化PESI加入危险分层指标^[7]。然而,危险分层指标包括年龄、脉率、收缩压、右心室功能不全和心肌损伤的相关标志物及PESI等众多指标,临床医师很难及时、准确地对APE危险分层进行快速评估。

本研究中采用2014年ESC危险分层标准将患者分为高危、中危及低危组,相关性分析结果显示PAOI与危险分层之间呈中度正相关($P < 0.05$),与Guo等^[12]的研究结果不同。Guo等^[12]根据2008年ESC危险分层原则将患者分为高危组(伴低血压或休克)和低危组(无右心室功能不全及心肌损伤),其结果提示PAOI与危险分层之间无显著相关性($P > 0.05$)。Osman等^[13]和刘等^[8]分别根据2008年2014年的危险分层原则将患者分为高危、中危和低危组,结果均显示PAOI与危险分层呈显著正相关($P < 0.05$),但与本研究结果间的相关性程度存在一定差异。不同研究中获得PAOI与危险分层的相关性的程度存在差异,这种差异可能与分组标准及模式不同以及研究对象的差异等因素有关。2014年提出的危险分层标准中引入了PESI或简化PESI,使得对中危和低危患者的界定进一步清晰化,更有利于预测评估。

本研究结果显示,低危组的PAOI和PPDI均低于中危组,中危组的PAOI、PPDI低于高危组,PAOI和PPDI均与危险分层呈正相关,PAOI和PPDI的值

越大,代表肺动脉栓塞程度和肺灌注缺损范围越大,则危险程度越高,患者短期死亡的风险越大,与以往的研究结果相同。Guo等^[12]的研究结果显示低危组与高危组之间PAOI有显著差异,较高的PAOI($> 52.5\%$)预示着高危。因此,对于APE患者,PAOI值越高,危险分层越高。Osman等^[13]分析了PAOI预测短期预后的价值,结果显示以27.5%作为PAOI预测右心衰的阈值,以35.0%作为需进行ICU监护的阈值,以45%作为预测死亡的阈值。发生APE时,右心室极易受到影响,因此,右心室功能常作为判断病情严重程度及预测预后的指标,而右心室与左心室短轴最大径比(right ventricle to left ventricle maximal short axes ratio, RV/LV)是判定右心功能的可靠指标。Kong等^[14]对55例APE患者的PPDI、PAOI与RV/LV的相关性进行研究,结果显示相对于PAOI,PPDI与RV/LV具有更强的相关性($r = 0.599$, $P < 0.001$)。本研究结果显示,PAOI与危险分层呈中度正相关,而PPDI与危险分层呈高度正相关,与Kong等^[14]的研究结果基本一致。笔者分析原因,可能是CTPA仅从形态上显示栓子,而肺灌注成像尚可显示栓子导致的肺组织功能改变,能更准确地反映患者的整体状况。

本研究将PPDI评价方法分为PPDI(盲法)和PPDI(非盲法),前者仅单独分析肺灌注图像而获得,与Kong等^[14]评价的方法相同,而后者为综合分析灌注成像和CTPA图像而获得。本研究结果显示,两者均与危险分层呈高度正相关,但PPDI(非盲法)与危险分层的相关性更高;而且,低危、中危和高危组的PPDI(盲法)均高于PPDI(非盲法)。分析原因,肺灌注成像的本质是反映肺实质内血流情况,只要肺实质血流发生变化,血流灌注就会显示异常,而肺栓塞仅仅是导致血流灌注异常最常见、最主要的原因,严重的心肺疾病如先天性心脏病、严重肺气肿、肺大泡、肺炎、肺实变和大量胸腔积液等也是引起肺组织血流改变的常见原因,当肺内显示有血流灌注异常时,对于导致灌注异常的原因常需要借助传统CTPA进行诊断,所以相较于PPDI(非盲法),PPDI(盲法)可出现高估的情况^[15]。

APE危险分层是治疗的基石,对于伴有休克或持续低血压等血流动力学不稳定的高危患者,需及时进行再灌注治疗。有多项研究中采用ROC曲线分析PAOI对高危APE的预测价值,显示PAOI预测高危APE的AUC值均 > 0.920 ,敏感度 $> 66.0\%$,特异度 $> 81.0\%$ ^[8,12,16]。与以往的研究不同,我们研究了PAOI、PPDI(盲法)和PPDI(非盲法)对中高危APE的预测价值。因为,对于非高危患者,出现PESIⅢ~Ⅴ级或简化PESI ≥ 1 、右心功能不全和(或)心肌损伤标志物阳性等情况时,也需住院治疗,尤其是右心功能

不全和心肌损伤标志物均为阳性的中高危患者,需密切监测,及时进行补救性再灌注治疗,因此,对中高危 APE 进行预测具有重要的临床意义。本研究结果显示,PAOI、PPDI(盲法)和 PPDI(非盲法)评估中高危 APE 的 ROC 曲线下面积分别为 0.896、0.948 和 0.967,PPDI(非盲法)的预测价值最大,而且与 PAOI 的 ROC 曲线下面积间的差异具有统计学意义。这种差异可能与两者的成像原理有关。PAOI 反映的是肺动脉栓塞的部位和程度,PPDI 反映的是肺组织的血流情况,两者为因果关系,肺组织的血流情况与肺动脉栓塞的部位和程度密切相关。肺动脉内栓子引起肺动脉不同程度的机械性堵塞,可造成栓塞动脉所供应的肺组织的血流量减少或消失,中央型肺动脉栓塞的栓子多位于肺动脉中央,且多为非完全性栓塞,血流可通过血栓周围的间隙供应相应肺组织,此外,肺组织为双重动脉供血,因而肺组织内仍可碘对比剂分布,而不显示出异常灌注表现,PPDI 呈假阴性改变;而周围型肺动脉栓塞由于周围肺动脉血管管径较小,多为完全性堵塞,容易导致相应肺组织的血流灌注异常,而受空间分辨率的限制,CTPA 对显示段、亚段及以下肺动脉分支栓塞的敏感度、特异度明显降低,尤其是当周围肺动脉分支的走行与扫描方向平行时,PAOI 可表现为假阴性。PPDI 反映的是肺组织血流灌注改变,严重的心肺疾病也可引起肺组织的血流发生改变,表现为灌注异常,而出现假阳性表现,而借助 CTPA 可进行鉴别。所以,CTPA 与肺灌注成像是两种不同的成像方法,具有不同的价值,可相互补充,不能相互取代,将 CTPA 与肺灌注成像相结合而产生的 PPDI(非盲法)作为一个新指标,可提高诊断 APE 的敏感度和特异度,对 APE 危险分层进行准确评价^[17]。

总之,PPDI(非盲法)作为一个新的评估指标,具有广泛的临床应用前景,但本研究中仅对此指标进行了初步分析,样本量较少,有些结果可能存在一定偏倚,尚需进一步扩大样本量进行多中心深入研究来论证。

参考文献:

- [1] Moore AJE, Wachsmann J, Chamarthy MR, et al. Imaging of acute pulmonary embolism: an update[J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2018, 8(3): 225-243.
- [2] Qanadli SD, El Hajjam M, Vieillard-Baron A, et al. New CT index to quantify arterial obstruction in pulmonary embolism: comparison with angiographic index and echocardiography[J]. AJR, 2001, 176(6): 1415-1420.
- [3] 邢媛媛, 赵佳佳, 曹宏伟, 等. CT 肺动脉阻塞指数在急性肺栓塞患者病情评估中的作用[J]. 山东医药, 2018, 58(20): 50-52.
- [4] Chae EJ, Seo JB, Jang YM, et al. Dual-energy CT for assessment of the severity of acute pulmonary embolism: pulmonary perfusion defect score compared with CT angiographic obstruction score and right ventricular/left ventricular diameter ratio[J]. AJR, 2010, 194(3): 604-610.
- [5] 赵艳娥, 周长圣, 唐春香, 等. 基于双能量 CT 肺灌注成的相对强化值评估肺动脉栓塞短期预后的价值[J]. 放射学实践, 2016, 31(9): 804-807.
- [6] Torbicki A, Perrier A, Konstantinides S, et al. Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism: the task force for the European Society of cardiology (ESC)[J]. Eur Heart J, 2008, 29(18): 2276-2315.
- [7] Konstantinides SV, Torbicki A, Agnelli G, et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism[J]. Eur Heart J, 2014, 35(43): 3033-3069.
- [8] 刘波, 刘成伟, 何蕾, 等. CT 肺动脉栓塞指数与危险分层的相关性分析[J]. 心肺血管病杂志, 2015, 34(6): 448-451.
- [9] 中华医学会心血管病学分会肺血管病学组. 急性肺栓塞诊断与治疗中国专家共识(2015)[J]. 中华心血管病杂志, 2016, 44(3): 197-211.
- [10] Scialpi M, Rebonato A, Cagini L, et al. Split-bolus single-pass multidetector-row CT protocol for diagnosis of acute pulmonary embolism[J/OL]. Iran J Radiol, 2016, 13(1): e19844. DOI: 10.5812/iranradiol.19844. eCollection 2016 Jan.
- [11] Torbicki A, Vail Beek EJR, Charbonnier G, et al. The task force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European society of cardiology. Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism[J]. Eur Heart J, 2000, 21(16): 1301-1336.
- [12] Guo F, Zhu G, Shen J, et al. Health risk stratification based on computed tomography pulmonary artery obstruction index for acute pulmonary embolism[J/OL]. Sci Rep, 2018, 8(1): e17897. DOI: 10.1038/s41598-018-36115-7.
- [13] Osman AM, Abdeldayem EH. Value of CT pulmonary angiography to predict short-term outcome in patient with pulmonary embolism[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2018, 34(6): 975-983.
- [14] Kong WF, Wang YT, Yin LL, et al. Clinical risk stratification of acute pulmonary embolism: comparing the usefulness of CTA obstruction score and pulmonary perfusion defect score with dual-energy CT[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2017, 33(12): 2039-2047.
- [15] 马延贺, 张洪, 杨雅朋, 等. 非肺栓塞灌注缺损的双能量 CT 肺灌注成像表现及病因分析[J]. 放射学实践, 2015, 30(3): 240-244.
- [16] Shen C, Yu N, Wen L, et al. Risk stratification of acute pulmonary embolism based on the clot volume and right ventricular dysfunction on CT pulmonary angiography[J]. Clin Respir J, 2019, 13(11): 674-682.
- [17] 耿园园, 焦亚彬, 李培秀, 等. 闭塞性与非闭塞性肺栓塞双源 CT 双能量肺灌注成像的初步研究[J]. 放射学实践, 2017, 32(11): 1148-1151.

(收稿日期: 2020-06-05 修回日期: 2020-08-22)