

CT 肺动脉成像在儿童急性肺栓塞中的应用与进展

唐春香 综述 张龙江, 卢光明 审核

【摘要】 儿童急性肺栓塞(PE)罕见,好发于新生儿期和青春期。主要的危险因素是制动、恶性肿瘤、雌激素过量、中心静脉导管置入、感染、先天性心脏病、高凝状态及静脉血栓病史。临床表现不典型常被基础疾病所掩盖易被漏诊,因此检测方法尤为重要。影像学检查,尤其是 CT 肺动脉成像(CTPA)越来越多地用于儿童 PE 的诊断。本文综述儿童 PE 的流行病学、危险因素、临床表现、CT 血管成像技术和应用以及辐射剂量问题。

【关键词】 肺栓塞; 儿童; CT 肺动脉成像; 辐射剂量

【中图分类号】 R814.42; R725.4 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)02-0199-03

肺栓塞(pulmonary embolism, PE)是继冠心病和高血压之后严重影响人类生命健康的心血管疾病。由于其临床症状的非特异性以及缺乏行之有效的实验室检查手段,影像学检查在 PE 的检出中起了很大作用。目前多层螺旋 CT 肺动脉成像(CT pulmonary angiography, CTPA)已代替了常规 DSA 和核素肺通气/灌注显像,成为 PE 首选检查方法^[1-3]。儿童 PE 在临床上虽不常见,但和成人 PE 一样,常会导致致命性结果。过去的二十多年,儿童 PE 虽已引起重视,但目前对其诊疗主要借鉴成人 PE 的经验。实际上,儿童 PE 与成人 PE 的危险因素及临床症状均不尽相同,因此充分认识并高度重视儿童 PE 是非常重要的。基于此,本文儿童 PE 的流行病学、危险因素、临床表现、CTPA 技术和应用以及相关的辐射剂量问题进行综述。

流行病学

儿童急性 PE 常合并其他基础疾病,其单独发生率非常低。文献报道急性 PE 在住院儿童中发生率为 8.6~57.1/100,000^[4],而在所有儿童中的发生率仅为 0.14~0.9/100,000^[5-6]。因 PE 临床表现不典型,而且常被基础疾病所掩盖,其实际发生率很可能被低估。近年来,部分学者^[2-3]的研究显示儿童急性 PE 的发生率为 14.0%~15.5%,远高于以往的研究数据。儿童急性 PE 在年龄上呈“双峰”式分布,第 1 个峰在新生儿期(自胎儿娩出脐带结扎时至 28d 之前),第 2 个峰在青春期^[5-6]。儿童急性 PE 的死亡率约 10%,并常与其基础疾病进展有关^[7]。

危险因素

原发性急性 PE 在儿童中不常发生^[7]。儿童急性 PE 的主要危险因素包括制动、恶性肿瘤、雌激素过量、中心静脉置管、感染、先天性心脏病、高凝状态及 PE 或深静脉血栓病史,而成人 PE 的危险因素包括长期制动、冠心病、手术、肥胖、怀孕及口服避孕药等,且常多种因素同时存在^[8]。然而亦有研究显示,口服避孕药已成为青少年血栓栓塞性疾病的重要危险因素,而肥胖对于儿童栓塞疾病的影响也不如成人^[4-5]。

临床表现

由于急性 PE 临床症状无特异性,且年龄较小的患儿不能准确描述症状,若合并其它基础疾病,PE 症状将更为隐蔽。PE 常见的临床症状及体征包括气短、胸膜性胸痛、咳嗽、低氧血症、咯血、心动过速、发热及晕厥;严重者可有肺动脉高压、右心衰竭及心跳呼吸骤停等表现^[4];若合并基础疾病,如肺炎、支气管扩张及胸部恶性肿瘤等则同时伴疾病相应的临床症状和体征。

CTPA 在儿童 PE 的应用

1. CTPA 检查技术

可用于儿童急性 PE 的影像检查技术包括核素肺通气/灌注显像、MR 肺动脉成像以及 CTPA 等。近年来 CTPA 在儿童 PE 中的价值逐步得到认识。一些学者认为 CTPA 是儿童 PE 首选的检查方法,但儿童肺动脉细小,类似于成人亚段或外周肺动脉,CTPA 检出儿童 PE 仍存在一定困难。Ghaye 等^[9]认为 CTPA 对肺段及亚段 PE 的检出能力与 CT 机型和扫描参数设置等有关;Oser 等^[10]认为横轴面 CT 图像对肺段以下水平肺动脉栓子漏诊达 30%。随着螺旋 CT 技术的进展,CT 对亚段肺动脉的显示及 PE 的检出率明显提高。Lee 等^[11]的研究显示,结合多平面重组技术的 CTPA 大大提高了年轻放射科医师诊断儿童急性 PE 的信心、提高了读者之间的一致性及诊断效率。另外,双源 CT 等高端 CT 的时间分辨率明显提高,有助于减少呼吸运动伪影,有利于亚段、亚亚段肺动脉分支内的栓子的显示,可提高外周 PE 的检出率^[12]。

2. 儿童急性 PE 的 CTPA 表现

儿童急性 PE 的 CT 表现可分为两部分:肺动脉病变及肺/胸膜病变。急性 PE 主要表现为肺动脉管腔内充盈缺损,在双能量 CT 肺血管增强(Lung Vessels)软件上则被编码为红色。

肺动脉改变:与成人急性 PE CT 表现相似,即表现为数天至数周内机化的主肺动脉及左、右肺动脉血栓,平扫呈略高密度,少数机化程度高的病例可出现钙化;新鲜血栓形成时间短,含水分多,平扫密度相对周围的肺动脉低,此征象较少见。肺动脉血栓栓子在 CT 增强图像上表现为肺动脉完全、偏心性或中心性部分边界清晰的低密度充盈缺损,多平面重组可显示低密度充盈缺损延伸到分支血管内,且相关的栓塞血管常较对侧扩张^[13]。Kritsaneeapaiboon 等^[2]的研究发现栓子分布有下叶分

作者单位:210002 南京,南京军区南京总医院医学影像科
作者简介:唐春香(1988-),女,安徽天长人,研究生,住院医师,主要从事心血管影像诊断工作。
通讯作者:卢光明, E-mail: cjr_luguangming@vip.163.com
基金项目:江苏省自然科学基金(BK2009316)、江苏省第七批六大人才高峰项目(WSW-122)、江苏省医学重点人才(RC2011129)

布的倾向(右下叶>左下叶),这与成人 PE 的分布情况一致。尽管 MSCT 可显示肺动脉 6 级分支,并且可诊断部分外周性 PE,但小的外周性 PE 的漏诊率仍很高,儿童亚段 PE 漏诊率高达 80%^[2]。因为儿童 PE 在横轴面 CT 上常常漏诊,需要结合多种图像后处理技术。有些学者的研究显示,最大密度投影(MIP)图像可以辅助检测外周性 PE,但因其本身固有的限度,在利用该技术检测部分充盈缺损或中心性的 PE 时应格外谨慎^[14-15]。

先进的 CT 软、硬件系统有助于提高 PE 的诊断符合率。近年来推出的双源 CT 机架内安装了 2 套 X 线管和探测器系统,若以不同管电压运行则可进行双能量 CTPA,其已在实验和临床研究中用于 PE 的诊断,提高了常规 CTPA 技术检测外周 PE 的诊断敏感性^[16]。尽管双能量 CT 肺灌注成像(lung perfused blood volume, Lung PBV)和双能量 CT 肺血管增强软件(Lung Vessels)已用于成人 PE 的检测^[17-18],但在儿童 PE 的应用却鲜有报道^[19]。Lung Vessels 开发的目的是改善外周性 PE 的显示,能使与扫描层面平行的血管层面以及在常规 CTA 上为负 CT 值的外周性小血管很好地显示,很大程度上避免了常规 CTPA 上部分容积效应对细小动脉显示的影响。该软件对血管内的碘含量进行颜色编码(碘含量高的组织编码为蓝色,而碘含量低的组织编码为红色、碘含量介于中间的组织为灰色)来分析是否有 PE,其对于排除成人外周性 PE 有很高的阴性预测值,但 Kritsaneepaiboon 等^[2]认为相比于成人, Lung Vessels 更适合应用于儿童,这是因为儿童肺动脉细小,类似于成人的外周肺动脉,其准确性有待进一步评估。

肺部或胸膜病变表现:肺部或胸膜病变能在一定程度上提示 PE 诊断。这些异常征象包括:① Westermark's 征,即肺栓子阻塞处肺血流量减少,表现为栓子阻塞的肺动脉区域血流灌注不均匀,呈“马赛克”样密度不均匀区。② Hampton's 征,即在肺外周出现尖端指向肺门的楔形实变。该征象与 CTPA 上显示的 PE 关系密切,出现时应高度警惕^[20]。非特异性的征象包括支气管扩张及同侧胸腔积液,亦应引起重视。CT 平扫出现上述表现常提示 PE,需进一步行 CTPA 检查。

双能量 CT Lung PBV 目前常用于评价肺灌注状态^[19,21-22]。Lung PBV 利用 3 种物质成分(空气、软组织和碘)解析方法进行分析,可同时显示全肺的解剖和灌注信息,是 PE 一站式检查技术。Zhang 等^[16]通过研究证实双能量 CT Lung PBV 与常规 CTPA 相比,其外周性 PE 的检出敏感性更高。最近,有学者^[21]应用双能量 CT Lung PBV 及 Lung Vessels 软件分析 32 例肾病综合征患儿 PE 的检出情况,提出双能量 CT 能够提高儿童 PE 的诊断符合率,且血流灌注图像与 CTPA 结合对 PE 的诊断有帮助。此外,双能量 CT Lung PBV 所显示灌注缺损的严重程度还能间接提示右心功能不全,这对判断 PE 患者病情和预后有一定作用^[23-24]。

CTPA 在儿童 PE 的合理应用

最近的一些研究^[2-3,12,20,25]建议提高 CTPA 在临床儿童 PE 疑似患者中的应用,但其 PE 阳性发现率相对较低,提示 CTPA 在临床中的过度应用。利用血栓栓塞的危险因素评估进行 CTPA 检查的可能性已经有效应用于成人^[26],同样也适用于儿

童。Lee 等^[25]利用多元线性回归分析将临床怀疑 PE 患儿的危险因素作为 CTPA 检查的筛选因素,并提出制动、高凝状态、雌激素过量、中心静脉置管及 PE 或深静脉血栓病史与 CTPA 的儿童 PE 阳性率有很大的关系。若无这些危险因素,发生 PE 的可能性为 0。另外,D-二聚体检测结果与 CTPA 能否在临床怀疑的儿童中检出 PE 无关($P=0.14$)。综合应用 PE 危险因素评估 CTPA 的应用不但可以减少患者的检查费用,还可以降低 CT 检查所致的辐射损害。因此,儿童 PE 危险因素评估可以作为是否进一步行 CTPA 检查的首要参考方法,而且 CTPA 最适用于存在两个以上危险因素的儿童,尤其是住院的儿童。

辐射剂量问题

目前,CT 的电离辐射问题越来越引起人们的关注,尤其是对于儿童,因与成人相比,其对电离辐射所致的损害更敏感。近期的研究称患儿 CTPA 的辐射剂量为 2~26 mSv。Lee 等^[27]关于 89 名患儿的 CTPA 研究中的有效辐射剂量为 2~23 mSv。Kritsaneepaiboon 等^[2]关于 84 名患儿的 CTPA 研究中的有效辐射剂量为 2.3~26 mSv。Goo^[19]在双源 CT 的研究中显示儿童肺部扫描的有效剂量为 1.2~5.9 mSv。Zhang 等^[21]关于儿童 PE 双能量 CT 研究的有效辐射剂量为 1.1~7.1 mSv,且提示与常规 CTPA 相比,双能量 CTPA 并没有增加患儿的辐射剂量。目前 CTPA 辐射剂量的差别是因为所采用的 CT 设备及扫描方案的不同。尽管如此,最大程度地降低患儿所受辐射剂量,应是当前必须进行的工作。临床医师应充分认识到儿童 PE 危险因素在 PE 评估中的作用,对存在多个危险因素或有 PE 高度风险的患儿及早行 CTPA 检查;放射科医师也应时刻铭记低辐射剂量的警示,可通过“Child-Sizing”扫描参数为患儿制定个性化的 CT 扫描方案,以尽可能低的辐射剂量取得足够诊断的图像质量^[28]。

总之,儿童 PE 少见,临床医师应提高警惕及时作出准确诊断。CTPA 作为 PE 首选的检查方法同样适用于儿童,但因儿童肺动脉细小,常规 CTPA 存在检测缺陷。双能量 CT 能同时提供解剖学及功能信息,有较大的应用前景。临床上应根据危险因素筛查及优化扫描参数的因素,在不影响 CTPA 图像质量的情况下尽可能地降低辐射剂量。

参考文献:

- [1] Remy-Jardin M, Pistolesi M, Goodman LR, et al. Management of suspected acute pulmonary embolism in the era of CT angiography: a statement from the Fleischner Society[J]. Radiology, 2007, 245(2):315-329.
- [2] Kritsaneepaiboon S, Lee EY, Zurakowski D, et al. MDCT pulmonary angiography evaluation of pulmonary embolism in children[J]. AJR, 2009, 192(5):1246-1252.
- [3] Victoria T, Mong A, Altes T, et al. Evaluation of pulmonary embolism in a pediatric population with high clinical suspicion[J]. Pediatr Radiol, 2009, 39(1):35-41.
- [4] Biss TT, Branda LR, Kahr WH, et al. Clinical features and outcome of pulmonary embolism in children[J]. Br J Haematol, 2008, 142(5):808-818.
- [5] van Ommen CH, Heijboer H, Buller HR, et al. Venous thromboembolism in childhood: a prospective two-year registry in the

- Netherlands[J]. J Pediatr, 2001, 139(5):676-681.
- [6] Stein PD, Kayali F, Olson RE. Incidence of venous thromboembolism in infants and children; data from the National Hospital Discharge Survey[J]. J Pediatr, 2004, 145(4):563-565.
 - [7] Dijk FN, Curtin J, Lord D, et al. Pulmonary embolism in children[J]. Paediatr Respir Rev, 2012, 13(2):112-122.
 - [8] Rajpurkar M, Warrier I, Chitlur M, et al. Pulmonary embolism-experience at a single children's hospital[J]. Thromb Res, 2007, 119(6):699-703.
 - [9] Ghaye B. Peripheral pulmonary embolism on multidetector CT pulmonary angiography[J]. JBR-BTR, 2007, 90(2):100-108.
 - [10] Oser RF, Zuckerman DA, Gutierrez FR, et al. Anatomic distribution of pulmonary emboli at pulmonary angiography implications for cross-sectional imaging[J]. Radiology, 1996, 199(1):31-35.
 - [11] Lee EY, Zucker EJ, Tsai J, et al. Pulmonary MDCT angiography: value of multiplanar reformatted images in detecting pulmonary embolism in children[J]. AJR, 2011, 197(6):1460-1465.
 - [12] Krissak R, Henzler T, Reichert M, et al. Enhanced visualization of lung vessels for diagnosis of pulmonary embolism using dual energy CT angiography[J]. Invest Radiol, 2010, 45(6):341-346.
 - [13] Wittram C, Kalra MK, Maher MM, et al. Acute and chronic pulmonary emboli; angiography-CT correlation[J]. AJR, 2006, 186(6 Suppl 2):S421-S429.
 - [14] Jeong YJ, Lee KS, Yoon YC, et al. Evaluation of small pulmonary arteries by 16-slice multidetector computed tomography: Optimum slab thickness in condensing transaxial images converted into maximum intensity projection images[J]. J Comput Assist Tomogr, 2004, 28(2):195-203.
 - [15] Brunot S, Corneloup O, Latrabe V, et al. Reproducibility of multidetector spiral computed tomography in detection of subsegmental acute pulmonary embolism [J]. Eur Radiol, 2005, 15(10):2057-2063.
 - [16] Zhang LJ, Zhao YE, Wu SY, et al. Pulmonary embolism detection with dual-energy CT: experimental study of dual-source CT in rabbits[J]. Radiology, 2009, 252(1):61-70.
 - [17] Kang MJ, Park CM, Lee CH, et al. Dual-energy CT: clinical applications in various pulmonary diseases[J]. Radiographics, 2010, 30(3):685-698.
 - [18] Ko JP, Brandman S, Stember J, et al. Dual-energy CT: concepts, performance, and thoracic applications[J]. J Thorac Imaging, 2012, 27(1):7-22.
 - [19] Goo HW. Dual-energy lung perfusion and ventilation CT in children[J]. Pediatr Radiol, 2013, 43(3):298-307.
 - [20] Lee EY, Zurakowski D, Diperna S, et al. Parenchymal and pleural abnormalities in children with and without pulmonary embolism at MDCT pulmonary angiography[J]. Pediatr Radiol, 2010, 40(2):173-181.
 - [21] Zhang LJ, Wang ZJ, Zhou CS, et al. Evaluation of pulmonary embolism in pediatric patients with nephrotic syndrome with dual energy CT pulmonary angiography[J]. Acad Radiol, 2012, 19(3):341-348.
 - [22] Thieme SF, Johnson TR, Reiser MF, et al. Dual-energy lung perfusion CT: a novel pulmonary functional imaging method[J]. Semin Ultrasound CT MR, 2010, 31(4):301-308.
 - [23] 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.
 - [24] Zhang LJ, Lu L, Bi J, et al. Detection of pulmonary embolism comparison between dual energy CT and MR angiography in a rabbit model[J]. Acad Radiol, 2010, 17(12):1550-1559.
 - [25] Lee EY, Tse SK, Zurakowski D, et al. Children suspected of having pulmonary embolism: multidetector CT pulmonary angiography—thromboembolic risk factors and implications for appropriate use[J]. Radiology, 2012, 262(1):242-251.
 - [26] Mamlouk MD, van Sonnenberg E, Gosalia R, et al. Pulmonary embolism at CT angiography: implications for appropriateness, cost and radiation exposure in 2003 patients[J]. Radiology, 2010, 256(2):625-632.
 - [27] Lee EY, Kritsaneeapaiboon S, Zurakowski D, et al. Beyond the pulmonary arteries: alternative diagnoses in children with MDCT pulmonary angiography negative for pulmonary embolism[J]. AJR, 2009, 193(3):888-894.
 - [28] Strauss KJ, Goske MJ, Kaste SC, et al. Image gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients[J]. AJR, 2010, 194(4):868-873.

(收稿日期:2013-04-10 修回日期:2013-08-13)