

儿童肺结核的影像学研究进展

赵磊 综述 刘文亚 审核

【摘要】 结核病(TB)仍是全球最致命的传染病,其发病率和死亡率均排在法定传染病第 2 位。儿童更容易感染结核杆菌从而引发严重的临床症状。影像学检查是诊断儿童肺结核的重要手段,可为该病的确诊提供有力依据。本文复习国内外关于儿童肺结核影像的相关文献,对该病的影像学进展进行综述。

【关键词】 结核;肺;儿童;体层摄影术,X 线计算机;磁共振成像

【中图分类号】 R725.639; R521; R445.2; R814.42 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2020)02-0246-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2020.02.024

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



结核病(tuberculosis, TB)是由结核杆菌引起的慢性传染病,可侵及多脏器,其中以肺部感染最常见。飞沫传播(经呼吸道)是 TB 最主要的传播途径,经消化道和皮肤等其他途径传播少见。结核杆菌感染全球四分之一的人口^[1],2016 年的相关数据显示我国依然被 WHO 认定为 TB 高负担国家^[2]。据估计,2017 年全球有 1000 万新发 TB 病例,相当于每 10 万人中有 125 例 TB 患者,其中儿童 TB 患者约 100 万,占总患病人数的 10%^[3]。在年龄<12 岁的儿童 TB 患者中,近 95% 为涂阴病例,所以采用影像学检查及时诊断儿童肺结核尤为重要。儿童正处于生长发育阶段,各组织器官及免疫功能尚未成熟和完善,容易受到结核杆菌感染而发病,是结核杆菌的主要易感者。据报道,6%~8% 的儿童患者可在 5~15 年内发展为活动性肺结核^[4]。影像学检查是儿童肺结核诊断和随访的重要手段,可为临床治疗提供有力依据。

儿童肺结核的影像检查方法

由于儿童对结核杆菌的相关免疫尚不成熟,且多数患儿属首次感染,故儿童肺结核的临床症状、发病类型及影像表现与成人存在很大差异。目前儿童肺结核的影像筛查手段仍为 X 线片,但由于胸骨的遮盖,X 线片往往不能达到理想的诊断效果,这种情况下需对患儿进行 CT 检查。文献显示 X 线片对儿童肺结核的检出率约为 78%,而 CT 可达到 92%^[5]。Arlaud 等^[6]认为对于大部分病例来说,CT 扫描可避免对患儿进行不必要的支气管镜检查。由于辐射剂量的问题,近

些年有学者提出低剂量 CT 扫描应用于儿童肺结核患者。袁劲松等^[7]认为,30mA 低剂量螺旋 CT 扫描的图像质量能达到影像学诊断要求,同时辐射剂量得到很大程度降低,可作为常规性检查手段诊断不同年龄段儿童肺结核;而 20mA 低剂量螺旋 CT 扫描所得图像质量较差,不能作为常规检查手段。FDG-PET/CT 在诊断和排除肺内外结核中亦可发挥重要作用。与以往影像检查方法相比,FDG-PET/CT 在判断结核病灶是否具有活动性方面更具优势。FDG 在活动性病灶中摄取较高,而非活动性病灶与之相反^[8,9]。MRI 检查无辐射,对儿童和孕妇来说更安全。虽然 CT 扫描在发现小结节和磨玻璃密度影方面仍优于 MRI,但 MRI 在显示纵隔和肺门淋巴结病变、胸腔积液和肺空洞方面与 CT 呈高度相关性和一致性^[10,11]。由于 MRI 检查时间较长,5 岁以内患儿需镇静后再行检查。

儿童各类型肺结核的影像表现

1. 原发性肺结核

原发性肺结核约占儿童结核的 60%~80%,主要累及纵隔和/或肺门淋巴结,影像学表现为纵隔和/或肺门淋巴结肿大,直径一般 $\geq 6\text{mm}$ ^[12],CT 增强扫描呈环形强化,当肿大淋巴结互相融合时,呈“鬼影”样改变^[13]。同时累及淋巴结和肺组织时,典型影像表现为“哑铃征”,即肺野内大片状实变影和肺门淋巴结肿大,两者之间通过条索状致密影(淋巴管炎)相连,形似哑铃。据报道,原发性肺结核普遍见于 5 岁以下儿童,影像特征为纵隔和肺门淋巴结肿大(96%),肺内实变可合并血行播散型肺结核(1%~7%)、胸腔积液(25%)和肺不张,约 4.23% 的患儿可出现支气管受压变窄的征象^[14,15]。纵隔内肿大淋巴结可压迫相邻支气管,引起支气管壁炎性改变、腔内阻塞和阻塞淋巴结病。最

作者单位:830054 乌鲁木齐,新疆医科大学第一附属医院影像中心

作者简介:赵磊(1982—),男,北京顺义人,在读硕士,住院医师,主要从事胸部影像学研究工作。

通讯作者:刘文亚, E-mail: 13999202977@163.com

常见部位为隆突下淋巴结,右肺支气管较左侧更多见,且中间段支气管最易受累,影像学表现为狭窄支气管相应的肺组织气肿、斑片状渗出、大片状实变或不张^[16]。Sodhi 等^[17]认为联合胸部 CT 和 γ 干扰素释放试验鉴别活动性感染、潜伏感染和非感染比常规胸片和结核菌素皮肤试验更有效。

Bolursaz 等^[14]认为涂阴病例的影像学表现与涂阳病例有所不同,涂阴病例主要表现为纵隔和肺门淋巴结肿大、上叶实变与结节浸润,而涂阳病例则表现为肺实变、树芽征、上叶结节浸润和空洞,两者表现具有统计学差异。此外,约 81% 涂片阳性患儿表现为原发性肺结核的影像学特征,合并肺内空洞的概率较高,而约 58% 涂片阴性患儿表现为原发性肺结核,多呈淋巴结肿大改变。

在 FDG-PET/CT 检查中,原发综合征的肿大淋巴结表现为高摄取,但与其他高摄取的淋巴结疾病不易区分,比如淋巴瘤和结节病^[18]。骆柘璜等^[19]的最新研究发现,肺外淋巴结结核也可表现为¹⁸F-FDG 高摄取,容易与淋巴瘤混淆。即使不使用对比剂,MRI 仍可显示纵隔和/或肺门肿大淋巴结,表现为长/稍长 T₂ 信号,敏感性高于传统 X 线片。Sodhi 等^[20]的研究显示,MRI 诊断直径 > 7mm 纵隔淋巴结的敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值均为 100%。文献报道 MRI 不能显示直径 < 3mm 的结节和钙化结节^[11]。

2. 血行播散型肺结核

血行播散型肺结核又称粟粒性肺结核,属肺结核危重类型,占结核患者的 8% 左右,通常发生于年龄较小的人群(因其免疫功能不成熟)。结核杆菌在短时间一次或反复多次侵入肺静脉分支,经体循环播散到全身各脏器,以肺最常见。主要影像表现为两肺野弥漫分布、均匀大小、密度相仿的粟粒样非钙化小结节,直径约 1~3mm,部分病灶周围可见斑片状渗出;随着病情的迁延,粟粒结节分布可不均匀,以中、上肺野为著,且粟粒结节大小也可不同,部分病灶直径可达 10mm^[21]。在发病早期,25%~40% 的病例的胸部 X 线片表现正常^[22],CT 较 X 线片具有更高的敏感性。

血行播散型肺结核还可累及肺间质,影像学表现为小叶间隔增厚呈网格状改变^[23]。Veedu 等^[24]的研究表明,儿童肺结核累及间质较少见(约 15%~20%),通常在原发性感染 46 个月后发现。融合的血行播散型病灶需与支气管播散灶相鉴别,融合影越大,提示后者的可能性越大。有文献指出,支气管播散灶的直径约 0.2~5cm,边界可不清楚、部分融合,分布无明显肺叶偏向性,部分病灶边界锐利,与成人浸润型结核结节相仿^[25]。在 FDG-PET/CT 检查中,血行播散型肺结核表现为双肺弥漫性高摄取^[26]。

3. 继发性肺结核

继发性肺结核是成人肺结核的主要类型,在小儿肺结核中,所占比例并不高。继发性肺结核是指已静止的原发病灶的重新活动,少数为外源性感染或原发性肺结核的延续,好发部位为上叶的尖、后段与下叶背段^[27]。主要影像表现为双肺中上野散在结节状、斑片状实变影,周围伴纤维条索,实变中心坏死,部分病变内部可见空洞形成。继发性肺结核主要通过支气管向其他肺段播散,病理表现为细支气管壁浸润增厚扩张,其典型影像学表现为“树芽征”,随着病情的迁延,部分病灶可出现钙化,周围支气管牵拉扩张。

Ferial 等^[28]认为空洞性肺结核好发于 7 岁以上的女性患者,且好发部位为右肺上叶。但一项关于巴西青少年肺结核的研究发现,青少年女性发生空洞型肺结核较男性有轻微优势,但差异无统计学意义^[29]。在肺结核后期,少数患儿可出现双肺囊腔状或大泡状影,且极少好转,这些囊腔影的形成可能与支气管壁干酪坏死致支气管囊状扩张、肉芽肿性细支气管参与的活瓣机制、继发性细菌感染致炎性支气管壁破坏、恢复期空洞壁内衬纤毛上皮等有关^[30]。

部分文献证实,FDG-PET/CT 有助于结核瘤活动性的鉴别,当 SUV_{max} > 2.5 时病变常为活动性,而 < 1.5 则代表非活动性^[26,31]。MRI 可清晰显示肺内空洞,洞壁呈长 T₂ 信号,周围渗出呈长/稍长 T₂ 信号,敏感性高于 X 线片,但肺内小结节(< 3mm)及钙化显示不清^[11]。

4. 结核性胸膜炎

依据《结核病分类(WS196-2017)》标准,结核性胸膜炎属于胸内结核的独立类型,但部分国外学者将结核性胸膜炎归纳为肺结核的并发症,约占胸内结核的 8%~22%^[32]。胸膜受累最常见原因为邻近胸膜感染或血行播散后的超敏反应,单侧多见,常发生于年龄较大的儿童和青少年。

根据病变性质可分为干性和湿性,以湿性常见。湿性结核性胸膜炎又称渗出性结核性胸膜炎,多见于年轻人,主要病理改变为浆液纤维索性炎,如治疗不当或渗出物内纤维素较多,则可形成胸膜肥厚、粘连;主要影像表现为胸膜腔积液,如积液量较大,则可引起下叶盘状不张,CT 增强扫描时,可见脏、壁层胸膜分离。干性结核性胸膜炎又称增殖性结核性胸膜炎,是由胸膜下结核灶直接蔓延所致,常发生于肺尖,且较局限,一般通过纤维化而愈合;影像表现为肺尖处胸膜增厚,胸膜下条索或结节影^[33]。

在 FDG-PET/CT 检查中,受累胸膜可表现为中到高度摄取,而胸膜腔内的积液可呈不同程度的摄取,与恶性胸水难以鉴别^[34,35]。MRI 扫描对胸水检测敏

感性高,增厚的胸膜呈等/稍长 T_2 信号^[11]。

多重耐药结核菌和艾滋病患儿的肺结核影像学

多重耐药结核病(MDR-TB)是指肺结核发生后,因治疗用药不当引发的结核杆菌对多种抗结核药物(如异烟肼,利福平)耐药的现象,是公共卫生关注的一个特殊领域,治愈率低于普通结核,而死亡率与之相反^[36],其影像学表现也与普通结核具有一定差异性。最常见的影像学表现为肺内实变(53.5%),其次是淋巴结肿大(35.6%)、支气管肺炎样渗出(33.3%)和空洞形成(31.1%);与普通儿童肺结核相比,空洞发生率有所提高,且多发生于>6岁患儿,>10岁患儿主要表现为空洞^[37]。淋巴结肿大是儿童普通型肺结核的最常见影像表现,但在多重耐药肺结核中处于次要位置,形态和好发部分与普通型肺结核无统计学差异。多重耐药肺结核合并血行播散及胸膜腔积液情况也与普通型肺结核相仿^[38]。

肺结核是艾滋病患者最常见的机会性感染之一,也是其发病和死亡的首要诱因。国内外对 HIV 携带/艾滋病患儿的肺结核影像学报道较少,也缺少大样本数据,就目前文献来看,与普通儿童肺结核有很大差异。艾滋病患儿的肺结核影像表现往往很复杂,因为合并多种疾病,如细菌性肺炎、病毒性肺炎、淋巴细胞间质性肺炎、非典型肺结核甚至肺卡波西肉瘤等^[39]。卢亦波等^[40]的报道显示艾滋病患儿的肺结核病灶广泛,形态较单一,累及双肺者多见;主要影像表现为斑片影,其次为大片状实变影和结节影,部分病例可见空洞形成;纵隔及肺门肿大淋巴结密度较均匀,增强扫描可见肿大淋巴结中心密度稍低,边缘轻度环形强化,与普通肺结核相比合并钙化者少见,且分布广泛、易融合,肺外淋巴结常受累(颈部、腋窝等)。李宏军等^[41]认为肺结核分型、累及肺段数目、胸内淋巴结肿大和结核性空洞形成等均与 $CD4+T$ 淋巴细胞水平密切相关, $CD4+T$ 淋巴细胞水平决定肺结核表现的多样性和转归。

综上所述,儿童肺结核的病理种类多样,影像表现复杂,临床诊断有一定难度。X 线片虽然简便,但征象的显示往往欠佳;低剂量 CT 扫描不仅可明确病变范围,还可对疾病类型做出判断,为进一步治疗提供有力依据;MRI 和 FDG-PET/CT 可作为 CT 的补充,为诊断提供更丰富的依据。

参考文献:

[1] Houben RM, Dodd PJ. The global burden of latent tuberculosis infection: a re-estimation using mathematical modelling [J]. Plos Medicine, 2016, 13(10): e1002152.

[2] Glaziou P, Floyd K, Raviglione MC. Global epidemiology of tuber-

culosis[J]. Semin Respir Crit Care Med, 2018, 39(3): 271-285.

[3] 余卫业, 谭卫国, 罗一婷, 等. 2018 WHO 全球结核报告: 全球与中国关键数据分析[J]. 新发传染病电子杂志, 2018, 3(4): 228-233.

[4] 成诗明, 杜昕, 徐敏. 1992—2004 年全国儿童新发现的痰涂片阳性肺结核监测与分析[J]. 中华儿科杂志, 2006, 44(4): 257-261.

[5] 肖岚, 毛莲. 16 排螺旋 CT 在小儿肺结核中的诊断价值[J]. 中国实用医药, 2016, 11(20): 69-70.

[6] Arlaud K, Gorincour G, Bouvenot J, et al. Could CT scan avoid unnecessary flexible bronchoscopy in children with active pulmonary tuberculosis? A retrospective study[J]. Arch Dis Child, 2010, 95(2): 125-129.

[7] 袁劲松, 赵志伟. 螺旋 CT 低剂量扫描对儿童肺结核的诊断价值分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2017, 15(3): 65-67.

[8] Skoura E, Zumla A, Bomanji J. Imaging in tuberculosis[J]. Int J Infect Dis, 2015, 32(3): 87-93.

[9] Vorster M, Sathekge MM, Bomanji J. Advances in imaging of tuberculosis: the role of ^{18}F -FDG PET and PET/CT[J]. Curr Opin Pulm Med, 2014, 20(3): 287-293.

[10] Zeng J, Liu Z, Shen G, et al. MRI evaluation of pulmonary lesions and lung tissue changes induced by tuberculosis[J]. Int J Infect Dis, 2019, 82(5): 138-146.

[11] Sodhi KS, Sharma M, Saxena AK, et al. MRI in thoracic tuberculosis of children[J]. Indian J Pediatr, 2017, 84(3): 670-676.

[12] Peng SF, Chan PC, Chang YC, et al. Computed tomography of children with pulmonary Mycobacterium tuberculosis infection [J]. J Formos Med Assoc, 2011, 110(12): 744-749.

[13] 丁浩, 何玲. 儿童肺结核的 CT 研究进展[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2018, 16(2): 212-214.

[14] Bolursaz MR, Mehrian P, Aghahosseini F, et al. Evaluation of the relationship between smear positivity and high-resolution CT findings in children with pulmonary tuberculosis[J]. Pol J Radiol, 2014, 79(5): 120-125.

[15] Mehrian P, Moghaddam AM, Tavakkol E, et al. Determining the lymphadenopathy characteristics of the mediastinum in lung CT scan of children with tuberculosis[J]. Int J Mycobacteriol, 2016, 5(3): 306-312.

[16] Goussard P, Gie R. Airway involvement in pulmonary tuberculosis[J]. S Afr Med J, 2007, 97(10 Pt 2): 986-988.

[17] Sodhi KS, Bhalla AS, Mahomed N, et al. Imaging of thoracic tuberculosis in children: current and future directions[J]. Pediatr Radiol, 2017, 47(10): 1260-1268.

[18] Mukherjee A, Sharma P, Karunanithi S, et al. Lymphoma and tuberculosis: temporal evolution of dual pathology on sequential ^{18}F -FDG PET/CT[J]. Clin Nucl Med, 2014, 39(8): 736-737.

[19] 骆柘璜, 骆晓燕, 金爱芳, 等. PET/CT 类似淋巴瘤的淋巴结核 2 例报告[J]. 新发传染病电子杂志, 2018, 3(4): 225-227.

[20] Sodhi KS, Khandelwal N, Saxena AK, et al. Rapid lung MRI in children with pulmonary infections: time to change our diagnostic algorithms[J]. J Magn Res Imaging, 2016, 43(5): 1196-1206.

[21] 刘新忠. 粟粒性肺结核 43 例的影像学征象及演变[J]. 临床肺科杂志, 2012, 17(11): 2027-2029.

[22] Concepcion NDP, Laya BF, Andronikou S, et al. Standardized radiographic interpretation of thoracic tuberculosis in children[J]. Pediatr Radiol, 2017, 47(10): 1237-1248.

[23] Jamieson DH, Cremin BJ. High resolution CT of the lungs in a-

- cute disseminated tuberculosis and a pediatric radiology perspective of the term “miliary”[J]. *Pediatr Radiol*, 1993, 23(5): 380-385.
- [24] Veedu PT, Bhalla AS, Vishnubhatla S, et al. Pediatric vs adult pulmonary tuberculosis: a retrospective computed tomography study[J]. *World J Clin Pediatr*, 2013, 2(4): 70-76.
- [25] Sharma SK, Mohan A, Sharma A. Challenges in the diagnosis & treatment of miliary tuberculosis[J]. *Indian J Med Res*, 2012, 135(5): 703-730.
- [26] Pelletier-Galarneau M, Martineau P, Zuckier LS, et al. ^{18}F -FDG-PET/CT imaging of thoracic and extrathoracic tuberculosis in children[J]. *Sem Nucl Med*, 2017, 47(3): 304-318.
- [27] 谢丽璇, 李国雄, 刘志军, 等. 33 例肺良性病变的 ^{18}F -FDG PET/CT 误诊原因分析[J]. *放射学实践*, 2014, 29(5): 541-544.
- [28] Ferial L, Payam M. Assessment of cavitory pulmonary tuberculosis in children[J]. *Arch Pediatr Infect Dis*, 2016, 4(2): e35919.
- [29] Sant'Anna CC, Schmidt CM, March Mde F, et al. Radiologic findings of pulmonary tuberculosis in adolescents[J]. *Braz J Infect Dis*, 2011, 15(1): 40-44.
- [30] Periwal P, Khanna A, Gothi R, et al. Bronchocentric granulomatosis with extensive cystic lung disease in tuberculosis: an unusual presentation[J]. *Lung India*, 2016, 33(3): 320-322.
- [31] Demura Y, Tsuchida T, Uesaka D, et al. Usefulness of ^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography for diagnosing disease activity and monitoring therapeutic response in patients with pulmonary mycobacteriosis[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2009, 36(4): 632-639.
- [32] Tomà P, Lancella L, Menchini L, et al. Radiological patterns of childhood thoracic tuberculosis in a developed country: a single institution's experience on 217/255 cases[J]. *Radiol Med*, 2017, 122(1): 1-13.
- [33] 张晓萍, 马红霞, 郭佑民. 儿童肺结核 CT 影像分析[J]. *中国防痨杂志*, 2013, 35(2): 116-119.
- [34] Sun Y, Yu H, Ma J, et al. The role of ^{18}F -FDG PET/CT integrated imaging in distinguishing malignant from benign pleural effusion[J]. *PloS One*, 2016, 11(8): e0161764.
- [35] Ceylan KC, Akpinar Deniz, et al. Accuracy of ^{18}F -FDG-PET/CT in the differential diagnosis of malignant and benign pleural diseases[J]. *Int J Hematol Oncol*, 2013, 23(2): 124-129.
- [36] Seddon JA, Hesselink AC, Willemse M, et al. Culture-confirmed multidrug-resistant tuberculosis in children: clinical features, treatment, and outcome[J]. *Clin Infect Dis*, 2012, 54(2): 157-166.
- [37] Manikkam S, Archary M. Chest X-ray patterns of pulmonary multidrug-resistant tuberculosis in children in a high HIV-prevalence setting[J]. *SA J Radiol*, 2016, 20(1): 1-6.
- [38] Donald PR, Ball JB, Burger PJ, et al. Bacteriologically confirmed pulmonary tuberculosis in childhood-clinical and radiological features[J]. *S AFR Med J*, 1985, 67(15): 588-590.
- [39] Dramowski A, Morsheimer MM, Frigati L, et al. Radiology services for children in HIV- and TB-endemic regions: scope for greater collaboration between radiologists and clinicians caring for children[J]. *Pediatr Radiol*, 2009, 39(6): 541-544.
- [40] 卢亦波, 宋树林, 覃春乐, 等. 38 例儿童艾滋病合并肺结核的临床及影像学特征分析[J]. *中国防痨杂志*, 2013, 35(12): 1013-1019.
- [41] 李宏军, 张玉忠, 程敬亮. 艾滋病合并肺结核的 CT 表现多样性与 CD4+T 淋巴细胞计数的关系[J]. *放射学实践*, 2009, 24(9): 959-963.

(收稿日期: 2019-02-16 修回日期: 2019-06-13)