

慢性血栓栓塞性肺动脉高压患者 SPECT/CT 肺灌注体积及视觉评分与血流动力学参数的相关性研究

侯鹏¹ 林巳焱¹ 王敏¹ 陈芄灏¹ 易婧薇¹ 李宇翔¹ 黄大勇²

林杰龙³ 林峰丞⁴ 郭文亮⁴ 解承鑫⁴ 洪城⁴ 王欣璐¹

¹广州医科大学附属第一医院核医学科 510120; ²北京天思英弘信息技术有限公司技术部 100095; ³广州医科大学附属第一医院介入放射科 510120; ⁴广州呼吸健康研究院呼吸内科、呼吸疾病国家重点实验室 510120

通信作者:王欣璐, Email: 71lu@163.com; 洪城, Email: gyfyhc@126.com

【摘要】目的 探讨慢性血栓栓塞性肺动脉高压(CTEPH)患者肺灌注 SPECT/CT 显像肺灌注体积及视觉评分与右心导管血流动力学参数的相关性。**方法** 回顾性分析 2015 年 3 月至 2019 年 7 月间广州医科大学附属第一医院 51 例连续 CTEPH 患者的资料,其中男 17 例,女 34 例,年龄(59±12)岁。所有患者均行肺灌注 SPECT/CT 显像及右心导管检查。应用不同百分比阈值(15%~85%)分割法计算肺灌注体积。参照 Begic 三分法对肺灌注 SPECT/CT 图像进行视觉评分。收集右心导管检查血液动力学参数[肺动脉收缩压(PASP)、舒张压(PADP)及平均压(mPAP)、肺小动脉楔压(PAWP)、肺血管阻力(PVR)、心输出量(CO)、心指数(CI)等],并采用 Spearman 相关分析评价肺灌注体积、视觉评分和右心导管血流动力学参数间的相关性。**结果** 在 30%~70% 阈值下,双肺灌注体积与 mPAP 间存在相关性(r_s 值: -0.414~-0.302, 均 $P<0.05$)。其中 40% 和 45% 阈值下双肺灌注体积与 mPAP 间呈中等负相关(r_s 值: -0.414 和 -0.412, 均 $P<0.05$)。40% 阈值下双肺灌注体积与 PASP、PADP 呈中等负相关(r_s 值: -0.402 和 -0.440, 均 $P<0.05$),与 PVR 呈弱的负相关($r_s = -0.352, P<0.05$)。视觉评分与 PADP 间存在弱的正相关($r_s = 0.311, P<0.05$),余右心导管参数与视觉评分间无相关性(r_s 值: -0.201~0.275, 均 $P>0.05$)。**结论** 肺灌注 SPECT/CT 显像中基于阈值分割的肺灌注体积参数可较准确反映肺动脉压力等血流动力学状态,可用于评估 CTEPH 患者病情严重程度。

【关键词】 高血压,肺性;肺栓塞;体层摄影术,发射型计算机,单光子;体层摄影术,X 线计算机;99m 锝聚集白蛋白

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20191128-00279

Correlation analysis of perfused lung volumes and visual scores using perfusion SPECT/CT and hemodynamic parameters in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension

Hou Peng¹, Lin Siyan¹, Wang Min¹, Chen Penghao¹, Yi Jingwei¹, Li Yuxiang¹, Huang Dayong², Lin Jielong³, Lin Fengcheng⁴, Guo Wenliang⁴, Xie Chengxin⁴, Hong Cheng⁴, Wang Xinlu¹

¹Department of Nuclear Medicine, the First Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510120, China; ²Department of Technology, Beijing Tiansi Information Technology Co., Ltd, Beijing 100095, China; ³Department of Interventional Radiology, the First Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510120, China; ⁴Department of Respiratory Diseases, Guangzhou Institute of Respiratory Health, State Key Laboratory of Respiratory Disease, Guangzhou 510120, China

Corresponding authors: Wang Xinlu, Email: 71lu@163.com; Hong Cheng, Email: gyfyhc@126.com

【Abstract】Objective To investigate the correlations between perfused lung volumes, visual scores (using perfusion SPECT/CT) and right-heart catheter (RHC) hemodynamic parameters in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH). **Methods** A total of 51 consecutive CTEPH patients (17 males, 34 females, age (59±12) years) in the First Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University between March 2015 and July 2019 were retrospectively analyzed. All patients underwent lung perfusion SPECT/CT imaging and RHC examinations. Perfused lung volumes were determined using threshold-based (15%~85%) segmentation. Visual semiquantitative scoring in each lung segment was performed using Begic method. RHC hemodynamic parameters including pulmonary artery systolic pressure (PASP), pulmonary arterial diastolic pressure (PADP), mean pulmonary artery pressure (mPAP), pulmonary arte-

riolar wedge pressure (PAWP), pulmonary vessel resistance (PVR), cardiac output (CO), cardiac index (CI) were recorded. Spearman correlation analysis was used to evaluate the correlations between perfused lung volumes, visual scores and hemodynamic parameters. **Results** There were significant correlations between perfused lung volumes (30%–70% threshold) and mPAP (r_s values: from -0.414 to -0.302, all $P < 0.05$). Among them, perfused lung volumes under the threshold of 40% and 45% were moderately correlated with mPAP (r_s values: -0.414, -0.412, both $P < 0.05$). Perfused lung volume (40% threshold) was moderately negatively correlated with PASP, PADP (r_s values: -0.402, -0.440, both $P < 0.05$), and slightly negatively correlated with PVR ($r_s = -0.352$, $P < 0.05$). Visual scores were slightly positively correlated with the PADP ($r_s = 0.311$, $P < 0.05$), while there was no correlation between visual scores and other RHC hemodynamic parameters (r_s values: from -0.201 to 0.275, all $P > 0.05$). **Conclusion** Perfused lung volumes based on threshold-based segmentation in lung perfusion SPECT/CT imaging can accurately reflect hemodynamic status and may provide useful information for severity assessment of CTEPH.

【Key words】 Hypertension, pulmonary; Pulmonary embolism; Tomography, emission-computed, single-photon; Tomography, X-ray computed; Technetium Tc 99m aggregated albumin

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20191128-00279

慢性血栓栓塞性肺动脉高压 (chronic thromboembolic pulmonary hypertension, CTEPH) 是以肺动脉血栓机化、肺血管重构致血管狭窄或闭塞,肺动脉压力进行性升高,最终导致右心功能衰竭为特征的一类疾病,是急性肺血栓栓塞症的一种远期并发症,属于肺动脉高压 (pulmonary arterial hypertension, PAH) 的第 4 大类^[1-2]。目前尚无单独的影像学检查能完全准确判断患者病情和评估预后。超声心动图是临床上最常用的 PAH 筛查诊断及病情评价方法,但其对部分患者的肺动脉压力估测值误差较大。肺通气/灌注 (ventilation/perfusion, V/Q) 显像是诊断 CTEPH 的首选影像学检查方法,V/Q 显像阴性可基本排除 CTEPH^[1-2]。但 V/Q 显像针对 CTEPH 的研究大多集中在定性诊断方面,通过肺灌注显像定量评估 CTEPH 病情严重程度的研究相对较少。本研究对肺灌注显像在评估 CTEPH 病情严重程度方面的应用价值进行了探讨。

资料与方法

1. 研究对象。本研究符合《赫尔辛基宣言》的原则。回顾性分析 2015 年 3 月至 2019 年 7 月广州医科大学附属第一医院呼吸内科收治的 51 例连续 CTEPH 患者资料,其中男 17 例,女 34 例,年龄 (59±12) 岁。

入选标准:(1) 根据《中国肺高血压诊断和治疗指南 2018》中有关 CTEPH 的诊断标准选取 CTEPH 患者^[2],即充分抗凝治疗至少 3 个月,CT 肺动脉造影或 V/Q 显像或直接肺动脉造影提示存在肺栓塞征象,右心导管测定肺循环血流动力学参数符合 PAH 诊断标准,以上 3 个标准须同时满足;(2) 具有完整的临床资料、右心导管检查及 V/Q 显像数据;(3) V/Q 显像与右心导管检查的时间间隔 ≤ 7 d。

将同时满足上述 3 条入选标准的患者纳入本研究。排除标准:(1) 近期有急性肺栓塞史;(2) 其他类型 PAH^[2];(3) 伴有肺部基础性疾病;(4) 肺灌注显像图像质量欠佳,如肺灌注图像形成“热点”。

2. 肺灌注 SPECT/CT 显像。采用德国 Siemens 公司 Symbia T16 双探头 SPECT/CT 仪,配低能高分辨型准直器。患者取仰卧位,双臂抱头,使探头尽量贴近胸部。静脉注射 148~296 MBq ^{99m}Tc^m-聚合白蛋白 (macroaggregated albumin, MAA;广州市原子高科同位素医药有限公司产品),5 min 后行肺灌注断层显像。采集过程中嘱患者平稳呼吸,每个探头旋转 180°,5.6°/帧,采集 15 s/帧,共采集 32 帧,能峰 140 keV,窗宽 20%,采集矩阵 128×128。断层显像结束后患者体位保持不动行胸部 CT 平扫,CT 采集条件:电压 120 kV,自动管电流调节,矩阵 512×512,层厚 3 mm。

3. 图像分析与视觉评分。应用 Syngo 工作站 esoft 软件处理图像。SPECT 图像采用有序子集最大期望值迭代法 (ordered-subsets expectation maximization, OSEM) 重建 (迭代次数 8,子集 16),得到横断面、冠状面和矢状面图像,再行 SPECT 与 CT 同机图像融合。

由 2 位高年资核医学科医师盲法分析图像,并达统一意见。将双肺分为 18 个肺段 [左肺 8 个 (左上肺尖后段、上肺前段、左上肺上舌段、左上肺下舌段、下肺背段、左下肺前内基底段、下肺外基底段、下肺后基底段),右肺 10 个 (上肺尖段、上肺后段、上肺前段、右中肺外侧段、右中肺内侧段、下肺背段、下肺内基底段、下肺前基底段、下肺外基底段、下肺后基底段)]。参照 Begic 三分法^[3],对肺灌注 SPECT/CT 图像进行视觉分析。根据肺血流灌注稀疏缺损程度对双肺各段的图像进行评分:0 分,放射性分布正常;1 分,亚肺段性放射性分布缺损或肺段性稀

疏;2分,肺段性缺损;最后将各个肺段评分相加。

4.测量肺灌注体积。采用不同百分比阈值分割方法定量评估肺灌注体积。根据肺灌注 SPECT/CT 图像,三维(横断面、冠状面、矢状面)人工框选择双肺作为感兴趣区(region of interest, ROI)。将双肺野内最高计数作为 100%,采用最高计数的不同百分比(15%~85%)作为阈值,由计算机自动在横断面、冠状面和矢状面勾画阈值以上的所有体素,并基于该灌注 SPECT 图像自动计算双肺放射性药物分布体积作为双肺血流灌注体积(图 1,2)。

5.右心导管及肺动脉造影检查。所有患者均按照标准方案进行静息状态下右心导管及肺动脉造影检查,采用 4 腔或 6 腔 Swan-Ganz 漂浮导管(Edwards Lifesciences Co.Ltd,美国)经右侧颈内静脉或左侧股静脉入路分别测定血流动力学参数,包括肺动脉收缩压(pulmonary artery systolic pressure, PASP)、肺动脉舒张压(pulmonary arterial diastolic pressure, PADP)及肺动脉平均压(mean pulmonary artery pressure, mPAP)、肺小动脉楔压(pulmonary arteriolar wedge pressure, PAWP)、肺血管阻力(pulmonary vessel resistance, PVR)、心输出量(cardiac output, CO)和心指数(cardiac index, CI)等。

6.统计学处理。采用 IBM SPSS 20.0 软件进行统计分析,符合正态分布的定量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,不符合正态分布的定量数据以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。采用 Spearman 相关分析评价双肺灌注体积与视觉评分间的相关性以及双肺灌注体积、视觉评分与右心导管血流动力学各参数间的相关性。 $P<0.05$ 为相关性有统计学意义。

结 果

1.一般临床资料。纳入的 51 例 CTEPH 患者,体质量指数(23 ± 3) kg/m^2 , N 末端 B 型利钠肽原(N-terminal pro-B-type natriuretic peptide, NT-proBNP) $1\ 449(471, 3\ 369)$ ng/L , WHO 心功能分级 I~IV 级分别为 15、9、26 和 1 例。右心导管参数为:mPAP (47 ± 11) mmHg ($1\ \text{mmHg}=0.133\ \text{kPa}$), PASP (78 ± 20) mmHg , PADP $25(21, 33)$ mmHg , PAWP (8 ± 5) mmHg , CO $3.1(2.6, 3.7)$ L/min , CI $1.9(1.6, 2.4)$ $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, PVR (13 ± 5) Wood U。

2.肺灌注 SPECT/CT 显像定量评估结果。双肺灌注视觉评分范围为 6~29 分,中位视觉评分为 19(17,23)分;右肺灌注视觉评分范围为 4~20 分,中位视觉评分为 13(10,15)分;左肺灌注视觉评分范

围为 2~16 分,中位视觉评分为 8(5,9)分。51 例患者共 918 个肺段,其肺灌注视觉评分情况为:0 分 135 个,1 分 558 个,2 分 225 个。不同百分比阈值(15%~85%)下的双肺灌注体积见表 1。

3.双肺灌注体积与不同参数的相关性分析结果(表 1)。(1)与视觉评分的相关性。15%~50% 阈值下,双肺灌注体积与视觉评分间呈弱的负相关(r_s 值: $-0.399\sim -0.307$,均 $P<0.05$);余百分比阈值(55%~85%)下双肺灌注体积与视觉评分间的相关性均无统计学意义(r_s 值: $-0.238\sim -0.206$,均 $P>0.05$)。

(2)与右心导管 mPAP 的相关性。在 30%~70% 阈值下,双肺灌注体积与 mPAP 间均存在相关性(r_s 值: $-0.414\sim -0.302$,均 $P<0.05$)。其中 40% 和 45% 阈值下双肺灌注体积与 mPAP 间呈中等负相关(r_s 值: -0.414 和 -0.412 ,均 $P<0.05$)。30%、35%、50%、55%、60%、65% 和 70% 阈值下双肺灌注体积与 mPAP 呈弱的负相关(r_s 值: $-0.393\sim -0.302$,均 $P<0.05$);余百分比阈值下双肺灌注体积与 mPAP 间的相关性均无统计学意义(r_s 值: $-0.270\sim -0.144$,均 $P>0.05$)。CTEPH 患者 40% 阈值下双肺灌注体积 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MAA SPECT/CT 显像图见图 2。

4.肺灌注 SPECT/CT 显像定量分析与右心导管血流动力学参数的相关性分析。分析阈值 40% 下双肺灌注体积(与 mPAP 之间相关系数最高)与右心导管血流动力学参数的相关性。除了 mPAP,40% 阈值下双肺灌注体积与 PASP、PADP 呈中等负相关(r_s 值: -0.402 和 -0.440 ,均 $P<0.05$),与 PVR 呈弱的负相关($r_s=-0.352, P<0.05$)。PAWP、CO、CI 与 40% 阈值下双肺灌注体积间无相关性(r_s 值: $-0.096\sim -0.170$,均 $P>0.05$)。视觉评分与 PADP 间存在弱的正相关($r_s=0.311, P<0.05$);余右心导管参数与视觉评分间无相关性(r_s 值: $-0.201\sim 0.275$,均 $P>0.05$)。

另外,肺灌注显像中,视觉评分和双肺灌注体积与 NT-proBNP 间的相关性均无统计学意义(r_s 值: 0.044 和 -0.146 ,均 $P>0.05$)。

讨 论

CTEPH 患者自然预后较差,未经治疗的 CTEPH 患者中位 2~3 年的生存率低至 10%~20%,mPAP >50 mmHg 者 5 年生存率仅为 10%^[4-5]。肺动脉内膜切除术和最近兴起的球囊肺血管成形术(balloon pulmonary angioplasty, BPA)与内科药物相

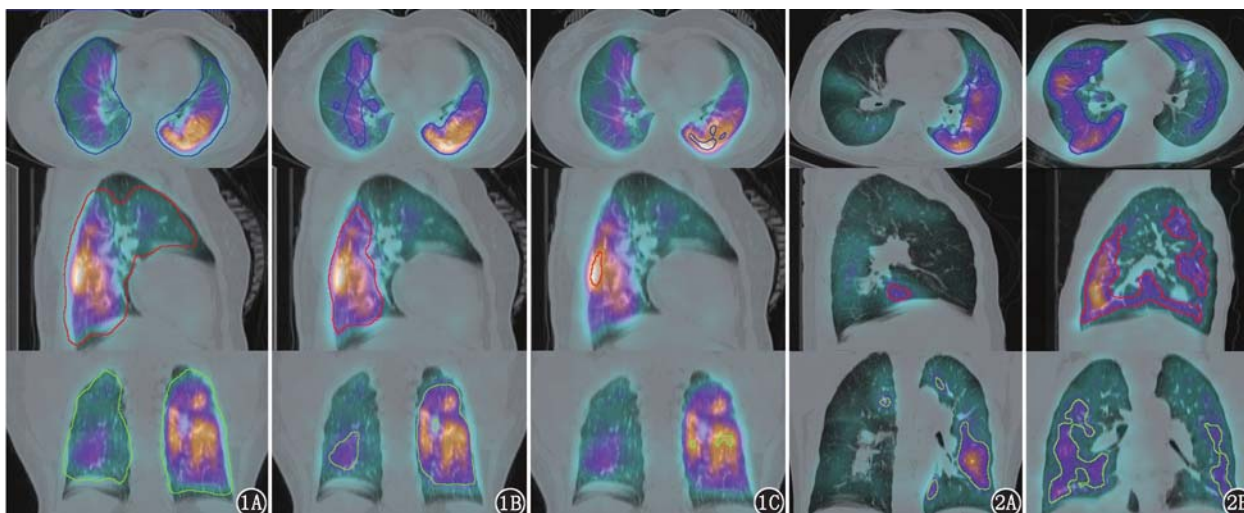


图 1 不同百分比阈值下双肺灌注体积⁹⁹Tc^m-聚合白蛋白(MAA)肺灌注 SPECT/CT 显像图(曲线标注范围)。1A. 15% 阈值;1B. 40% 阈值;1C. 85% 阈值 图 2 慢性血栓栓塞性肺动脉高压(CTEPH)患者 40% 阈值下双肺灌注体积⁹⁹Tc^m-MAA SPECT/CT 显像图。2A. 患者女,59 岁,双肺灌注体积 454.99 cm³,肺动脉平均压(mPAP) 61 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),肺动脉收缩压(PASP) 105 mmHg,肺动脉舒张压(PADP) 38 mmHg,肺血管阻力(PVR) 17.20 Wood U;2B. 患者男,30 岁,双肺灌注体积 1 020.64 cm³,mPAP 29 mmHg,PASP 41 mmHg,PADP 19 mmHg,PVR 3.99 Wood U

表 1 肺灌注 SPECT/CT 显像不同百分比阈值下双肺灌注体积及其与视觉评分、右心导管 mPAP 的相关性(n=51)

阈值	双肺灌注体积 (cm ³)		灌注体积与视觉评分的相关性		灌注体积与右心导管 mPAP 的相关性	
	M(P ₂₅ ,P ₇₅)	范围	r _s 值	P 值	r _s 值	P 值
15%	1 895(1 524,2 418)	1 082~5 422	-0.338	0.015	-0.144	0.312
20%	1 521(1 193,1 945)	883~4 443	-0.393	0.004	-0.188	0.185
25%	1 218(947,1 571)	662~3 858	-0.389	0.005	-0.224	0.114
30%	971(786,1 287)	505~3 250	-0.399	0.004	-0.302	0.031
35%	763(625,1 035)	392~2 307	-0.398	0.004	-0.366	0.008
40%	620(449,811)	303~1 766	-0.386	0.005	-0.414	0.003
45%	473(352,626)	186~1 312	-0.353	0.011	-0.412	0.003
50%	363(250,454)	99~1 074	-0.307	0.028	-0.393	0.004
55%	259(172,327)	56~874	-0.238	0.093	-0.384	0.005
60%	171(112,240)	32~677	-0.215	0.130	-0.362	0.009
65%	109(67,165)	18~464	-0.225	0.112	-0.326	0.020
70%	73(41,98)	9~319	-0.206	0.147	-0.310	0.027
75%	39(22,59)	5~182	-0.226	0.110	-0.270	0.055
80%	24(11,32)	2~70	-0.237	0.094	-0.258	0.067
85%	11(6,16)	1~60	-0.233	0.100	-0.219	0.122

注:mPAP 为肺动脉平均压

结合,可明显改善患者预后^[6-7]。目前,临床常用的评估患者病情的方法均存在一定不足。因此,有必要寻找能够准确评估患者病情严重程度和预后的指标。

右心导管检查是诊断 CTEPH 及评估其严重程度“金标准”^[8],但其属有创性检查,会对患者机体造成一定损伤^[9]。通常将 6 min 步行试验(6-minute walking test, 6MWD)和 NT-proBNP 水平作为评估 PAH 严重程度的非侵入性测量指标^[10-11]。然而,6MWD 受其他物理条件的影响,B 型利钠肽(B-type natriuretic peptide, BNP)水平受年龄、性别和所

用分析系统的影响^[12]。肺灌注显像作为一种无创性影像学检查,灵敏度高,可反映肺血流灌注的变化情况,在定量评估病情严重程度上具有一定优势。

肺灌注显像定量评估血栓栓塞性疾病阻塞严重程度的方法主要有视觉分析和半定量指标分析。(1)视觉分析。主要有应用于肺灌注平面显像的 Meyer 法及应用于肺灌注断层显像的 Begic 法等^[3,13-14]。视觉分析操作简便、易懂,但耗时且主观性较强,易受观察者的知识水平等自身因素影响,评价结果往往不稳定。国外文献报道肺灌注 SPECT/

CT 显像视觉评分结果(三分法)与 mPAP($r_s=0.60$, $P<0.01$)及 PVR($r_s=0.43$, $P=0.02$)相关^[15],本研究纳入了更多的 CTEPH 患者,但未发现视觉评分与 mPAP 及 PVR 有相关性。笔者认为,该差异可能与入组患者的病情严重程度及病程长短有关,具体原因还需进一步研究。

(2)半定量指标分析。包括应用于肺灌注平面显像的肺血流灌注分布指数(简称 P 指数)、应用于肺灌注断层显像的肺灌注体积及灌注指数等。P 指数定量分析法的实质是反映肺血流灌注分布异质性程度。刘辰等^[16]对特发性 PAH 患者进行研究,发现 P 指数与 mPAP($r=0.541$, $P<0.01$)及全肺阻力有相关性($r=0.573$, $P<0.01$)。基于不同百分比阈值的肺灌注体积及灌注指数定量分析法由 Derlin 等^[15]首先应用于 CTEPH 的研究,他们发现在 40%~60%的阈值下,双肺灌注体积和灌注指数与右心导管 mPAP 间有更好的相关性,可用于评估病情的严重程度。本研究发现,15%~50%阈值下双肺灌注体积与视觉评分存在相关性,表明双肺灌注体积的量化结果与视觉评分在一定程度上一致,使用双肺灌注体积测量方法定量评估肺灌注的变化情况是可行的;30%~70%阈值下,双肺灌注体积与 mPAP 间存在相关性,且 40%阈值下的肺灌注体积与 PASP、PADP、PVR 相关,表明通过对肺血流灌注的评估,肺灌注体积能在一定程度上反映肺动脉压力等血流动力学变化,可作为评估 PAH 严重程度的无创性检查方法。与以往研究^[15]类似,本研究未发现双肺灌注体积与 NT-proBNP 具有相关性,推测可能与纳入研究对象较少有关,相关原因需要进一步探讨。肺灌注断层显像中,基于阈值分割的方法较此前的定量方法更为精确、全面及合理,可能是一种真正的定量参数(以 cm^3 为单位),能更好地反映疾病的病理生理学改变。该定量参数对评估药物治疗或外科、BPA 治疗效果具有一定的临床意义。未来的研究应探讨 SPECT/CT 肺灌注体积测量对 CTEPH 患者预后的预测价值。

不同的处理参数可能导致肺灌注体积测量存在差异。国外同类研究采用的处理参数为 OSEM 2 次迭代 8 个子集,本研究采用的处理参数为 OSEM 8 次迭代 16 个子集。OSEM 中迭代次数与子集数采用何值得到的肺灌注体积最准确,目前尚无定论。一般来说,子集和迭代次数的乘积越大,对部分容积效应的修正程度越高。下一步研究将探讨不同重建方法对于肺灌注体积测量的影响。

本研究存在一定的局限性:(1)样本量较少,且样本来自同一家医院,代表性不足。(2)未计算双肺灌注指数(双肺灌注体积与双肺 CT 体积的比值),国外同类研究发现灌注指数与灌注体积在评估 CTEPH 病情严重程度大致相似^[15]。(3)图像分析时仅行衰减校正,而散射校正、系统分辨率恢复等物理校正均会影响图像处理后的计数分布。以上会在进一步研究中予以完善。

综上,肺灌注 SPECT/CT 显像中基于阈值分割的肺灌注体积参数可较准确地反映肺动脉压力等血流动力学状态,可用于评估 CTEPH 患者病情严重程度,在预后及疗效评估方面具有较好的应用前景。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 中华医学会呼吸病学分会肺栓塞与肺血管病学组,中国医师协会呼吸医师分会肺栓塞与肺血管病工作委员会,全国肺栓塞与肺血管病防治协作组.肺血栓栓塞症诊治与预防指南[J].中华医学杂志, 2018, 98(14): 1060-1087. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.14.007.
- [2] Pulmonary Embolism and Pulmonary Vascular Diseases Group of Chinese Thoracic Society, Pulmonary Embolism and Pulmonary Vascular Disease Working Committee of Chinese Association of Chest Physicians, National Pulmonary Embolism and Vascular Disease Collaborative Group. The guideline for the diagnosis and treatment and prevention of pulmonary thromboembolism[J]. Natl Med J China, 2018, 98(14): 1060-1087. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.14.007.
- [3] 中华医学会心血管病学分会肺血管病学组,中华心血管病杂志编辑委员会.中国肺高血压诊断和治疗指南 2018[J].中华心血管病杂志, 2018, 46(12): 933-964. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.12.006.
- [4] Working Group on Pulmonary Vascular Diseases of Chinese Society of Cardiology of Chinese Medical Association, Editorial Board of Chinese Journal of Cardiology. Chinese guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension 2018[J]. Chin J Cardiol, 2018, 46(12): 933-964. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.12.006.
- [5] Begic A, Jögi J, Hadziredzepovic A, et al. Tomographic ventilation/perfusion lung scintigraphy in the monitoring of the effect of treatment in pulmonary embolism; serial follow-up over a 6-month period[J]. Nucl Med Commun, 2011, 32(6): 508-514. DOI:10.1097/MNM.0b013e328344dfd5.
- [6] Mehta S, Helmersen D, Provencher S, et al. Diagnostic evaluation and management of chronic thromboembolic pulmonary hypertension: a clinical practice guideline[J]. Can Respir J, 2010, 17(6): 301-334. DOI:10.1155/2010/704258.
- [7] Taniguchi Y, Brenot P, Jais X, et al. Poor subpleural perfusion predicts failure after balloon pulmonary angioplasty for nonoperable chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Chest, 2018, 154(3): 521-531. DOI:10.1016/j.chest.2018.03.059.
- [8] Mayer E, Jenkins D, Lindner J, et al. Surgical management and outcome of patients with chronic thromboembolic pulmonary hyper-

- tension; results from an international prospective registry [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2011, 141(3): 702-710. DOI:10.1016/j.jtcvs.2010.11.024.
- [7] Sugimura K, Fukumoto Y, Satoh K, et al. Percutaneous transluminal pulmonary angioplasty markedly improves pulmonary hemodynamics and long-term prognosis in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Circ J, 2012, 76(2): 485-488. DOI:10.1253/circj.cj-11-1217.
- [8] Kim NH, Delcroix M, Jenkins DP, et al. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. J Am Coll Cardiol, 2013, 62(25 Suppl): D92-99. DOI:10.1016/j.jacc.2013.10.024.
- [9] Hoepfer MM, Lee SH, Voswinckel R, et al. Complications of right heart catheterization procedures in patients with pulmonary hypertension in experienced centers[J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 48(12): 2546-2552. DOI:10.1016/j.jacc.2006.07.061.
- [10] Richter MJ, Milger K, Tello K, et al. Heart rate response during 6-minute walking testing predicts outcome in operable chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. BMC Pulm Med, 2016, 16(1): 96. DOI:10.1186/s12890-016-0260-y.
- [11] Jin Q, Luo Q, Yang T, et al. Improved hemodynamics and cardiopulmonary function in patients with inoperable chronic thromboembolic pulmonary hypertension after balloon pulmonary angioplasty [J]. Respir Res, 2019, 20(1): 250. DOI:10.1186/s12931-019-1211-y.
- [12] Redfield MM, Rodeheffer RJ, Jacobsen SJ, et al. Plasma brain natriuretic peptide concentration: impact of age and gender[J]. J Am Coll Cardiol, 2002, 40(5): 976-982. DOI:10.1016/s0735-1097(02)02059-4.
- [13] 杨冬竹, 吴大勇, 马荣政, 等. 应用核素肺通气/灌注显像评估慢性血栓栓塞性肺动脉高压抗凝治疗疗效[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2018, 38(7): 481-484. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.07.006.
- Yang DZ, Wu DY, Ma RZ, et al. Evaluation of anticoagulant therapy by pulmonary ventilation/perfusion imaging in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2018, 38(7): 481-484. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.07.006.
- [14] Yamada N, Hirayama A, Maeda H, et al. Oral rivaroxaban for Japanese patients with symptomatic venous thromboembolism—the J-EINSTEIN DVT and PE program[J]. Thromb J, 2015, 13: 2. DOI:10.1186/s12959-015-0035-3.
- [15] Derlin T, Kelting C, Hueper K, et al. Quantitation of perfused lung volume using hybrid SPECT/CT allows refining the assessment of lung perfusion and estimating disease extent in chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Clin Nucl Med, 2018, 43(6): e170-e177. DOI:10.1097/RLU.0000000000002085.
- [16] 刘辰, 方伟, 何建国, 等. 肺灌注显像定量分析评价特发性肺动脉高压[J]. 中华核医学杂志, 2010, 30(2): 90-93. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9780.2010.02.006.
- Liu C, Fang W, He JG, et al. Quantitative analysis of lung perfusion in patients with idiopathic pulmonary arterial hypertension[J]. Chin J Nucl Med, 2010, 30(2): 90-93. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9780.2010.02.006.

(收稿日期:2019-11-28)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

2021 年本刊可直接用缩写的常用词汇

ATP(adenosine-triphosphate), 三磷酸腺苷

CI(confidence interval), 可信区间

CT(computed tomography), 计算机断层摄影术

CV(coefficient of variation), 变异系数

DNA(deoxyribonucleic acid), 脱氧核糖核酸

HAV(hepatitis A virus), 甲型肝炎病毒

Hb(hemoglobin), 血红蛋白

HBsAg(hepatitis B surface antigen), 乙型肝炎表面抗原

HBV(hepatitis B virus), 乙型肝炎病毒

HCV(hepatitis C virus), 丙型肝炎病毒

MRI(magnetic resonance imaging), 磁共振成像

PCR(polymerase chain reaction), 聚合酶链反应

PET(positron emission tomography), 正电子发射断层摄影术

PLT(platelet count), 血小板计数

RBC(red blood cells), 红细胞

RNA(ribonucleic acid), 核糖核酸

SPECT(single photon emission computed tomography), 单光子发射计算机断层摄影术

WBC(white blood cells), 白细胞

WHO(World Health Organization), 世界卫生组织

本刊编辑部