

肺灌注断层显像评价肺动脉球囊扩张成形术对慢性血栓栓塞性肺动脉高压的疗效

武姣彦¹ 王剑锋² 姚丹丹¹ 汪薇³ 龚娟妮³ 杨媛华³ 杨敏福¹

¹首都医科大学附属北京朝阳医院核医学科,北京 100020;²首都医科大学附属北京朝阳医院介入科,北京 100020;³首都医科大学附属北京朝阳医院呼吸与危重症医学科,北京 100020

武姣彦现在北京怀柔医院医学影像科,北京 101400

通信作者:王剑锋, Email: jianfeng_wang@126.com

【摘要】 目的 探索⁹⁹Tc^m-大颗粒聚合人血清白蛋白(MAA)肺灌注断层显像评价肺动脉球囊扩张成形术(BPA)对慢性血栓栓塞性肺动脉高压(CTEPH)疗效的价值。方法 回顾性纳入2017年1月至2020年4月间于首都医科大学附属北京朝阳医院接受BPA治疗的25例CTEPH患者[男4例、女21例,年龄(56.5±12.3)岁],分析BPA干预对肺叶/肺段灌注改善的疗效,分别计算BPA干预肺叶/肺段灌注改善与未改善的比例。对BPA术前、4~6次BPA后的肺灌注断层显像的全肺灌注缺损百分比(PPDs%)进行对比分析(配对 t 检验)。分别分析BPA术前及术后PPDs%与平均肺动脉压(mPAP)间的相关性,以及BPA后PPDs%下降百分比与mPAP下降百分比间的相关性(Pearson相关分析)。结果 对于25例患者的150个肺叶,BPA术前有96.00%(144/150)的肺叶存在灌注异常并行BPA干预,术后完全改善、部分改善和未改善的肺叶分别占11.11%(16/144)、57.64%(83/144)和31.25%(45/144)。对于25例患者的450个肺段,BPA术前有62.44%(281/450)的肺段存在灌注异常并行BPA干预,术后完全改善、部分改善和未改善的肺段分别占30.60%(86/281)、37.37%(105/281)和32.03%(90/281)。BPA术后PPDs%较术前明显降低[(39.08±10.88)%与(57.88±10.46)%; $t=10.40, P<0.001$];BPA术后mPAP较术前亦明显减低[(32.36±10.57)与(49.08±10.23) mmHg;1 mmHg=0.133 kPa; $t=10.25, P<0.001$]。BPA术前和术后PPDs%与同期mPAP的相关性均无统计学意义(r 值:0.01和0.27, P 值:0.953和0.199),但BPA前后PPDs%下降百分比与mPAP下降百分比呈正相关($r=0.40, P=0.045$)。结论 BPA可显著改善CTEPH患者的肺血流灌注,降低肺动脉压;肺灌注断层显像可用于评价CTEPH患者BPA的疗效。

【关键词】 高血压,肺性;血栓栓塞;血管成形术,气囊;体层摄影术,发射型计算机,单光子;^{99m}Tc聚集白蛋白

基金项目:北京市医院管理中心临床医学发展专项“扬帆”计划(ZYLX202105)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210428-00142

Evaluation of the efficacy of balloon pulmonary angioplasty in chronic thromboembolic pulmonary hypertension using pulmonary perfusion tomography imaging

Wu Jiaoyan¹, Wang Jianfeng², Yao Dandan¹, Wang Wei³, Gong Juanni³, Yang Yuanhua³, Yang Minfu¹
¹Department of Nuclear Medicine, Beijing Chaoyang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020, China; ²Department of Interventional Radiology, Beijing Chaoyang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020, China; ³Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Beijing Chaoyang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020, China

Wu Jiaoyan is working on the Department of Radiology, Beijing Huairou Hospital, Beijing 101400, China

Corresponding author: Wang Jianfeng, Email: jianfeng_wang@126.com

【Abstract】 Objective To evaluate the efficacy of balloon pulmonary angioplasty (BPA) in chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH) using ⁹⁹Tc^m-macroaggregated albumin (MAA) pulmonary perfusion tomography imaging. **Methods** Twenty-five patients (4 males, 21 females; age (56.5±12.3) years) with CTEPH who underwent BPA from January 2017 to April 2020 in Beijing Chaoyang Hospital, Capital Medical University were enrolled retrospectively. Effect of BPA on the improvement of pulmonary lobe/pulmonary segment perfusion was analyzed, and the proportions of improved and unimproved pulmonary lobe/pulmonary segment perfusion by BPA were calculated. The percentages of perfusion defect scores (PPDs%) of lung perfusion tomography imaging before BPA and after 4–6 times BPA were compared and

analyzed (paired *t* test). The correlations between PPDs% and mean pulmonary artery pressure (mPAP) before BPA and after BPA were analyzed respectively, and the correlation between decreased percentage of PPDs% and decreased percentage of mPAP after BPA were also analyzed (Pearson correlation analysis).

Results Among 150 lobes of 25 patients, 96.00% (144/150) lobes showed perfusion abnormalities before BPA. After BPA, 11.11% (16/144) showed complete improvement, 57.64% (83/144) showed partial improvement, and 31.25% (45/144) showed no improvement. Among 450 pulmonary segments of 25 patients, 62.44% (281/450) showed perfusion abnormalities before BPA. After BPA, 30.60% (86/281), 37.37% (105/281), 32.03% (90/281) showed complete, partial and no improvement, respectively. The post-BPA PPDs% was significantly lower than that of pre-BPA ((39.08±10.88)% vs (57.88±10.46)%; *t*=10.40, *P*<0.001). The post-BPA mPAP was significantly lower than that of pre-BPA ((32.36±10.57) vs (49.08±10.23) mmHg; 1 mmHg=0.133 kPa; *t*=10.25, *P*<0.001). There was no significant correlation between PPDs% and mPAP either before BPA (*r*=0.01, *P*=0.953) or after BPA (*r*=0.27, *P*=0.199), but there was a positive correlation between the changes of PPDs% and mPAP (*r*=0.40, *P*=0.045). **Conclusions** BPA can significantly improve the pulmonary perfusion and reduce mPAP in CTEPH patients. Pulmonary perfusion tomography imaging can be used to evaluate the efficacy of BPA in CTEPH.

【Key words】 Hypertension, pulmonary; Thromboembolism; Angioplasty, balloon; Tomography, emission-computed, single-photon; Technetium Tc 99m aggregated albumin

Fund program: Beijing Hospitals Authority Clinical Medicine Development of Special Funding Support (ZYLX202105)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210428-00142

慢性血栓栓塞性肺动脉高压 (chronic thromboembolic pulmonary hypertension, CTEPH) 是由于肺动脉血栓未完全溶解吸收并发生机化,引起肺血管狭窄、闭塞、重塑,继而导致肺动脉压力持续性升高,最终导致右心衰竭的一类疾病^[1-2]。肺动脉内膜剥脱术 (pulmonary endarterectomy, PEA) 是目前首选的 CTEPH 根治方法^[3]。多中心研究显示,约 40% 的 CTEPH 患者无法行 PEA 手术,对于无法行 PEA 手术、PEA 术后残留或复发的 CTEPH 患者,肺动脉球囊扩张成形术 (balloon pulmonary angioplasty, BPA) 可明显改善其心肺功能,降低肺动脉压力^[4]。研究表明,核素肺灌注显像在 CTEPH 溶栓、抗凝、PEA 的疗效评价及随访中有较高价值^[5-7]。但是,利用肺灌注显像评价 BPA 疗效的研究较少^[8-9]。本研究利用⁹⁹Tc^m-大颗粒聚合人血清白蛋白 (macroaggregated albumin, MAA) 肺灌注断层显像评价 BPA 治疗 CTEPH 的疗效,现报道如下。

资料与方法

1.研究对象。本研究为回顾性研究,收集 2017 年 1 月至 2020 年 4 月于首都医科大学附属北京朝阳医院接受 4~6 次 BPA 治疗的 CTEPH 患者。纳入标准:(1)符合 2013 年肺动脉高压国际研讨会 (Word Symposium on Pulmonary Hypertension, WSPH) 发布的 CTEPH 诊断标准^[5];(2)无法行 PEA;(3)BPA 前后均持续抗凝治疗;(4)初次 BPA 术前 3 个月内及末次 BPA 后 12 个月内行⁹⁹Tc^m-MAA 肺灌注断层显像。排除标准:BPA 干预次数少于 4 次。最终纳入患者 25 例,男 4 例、女 21 例,年

龄(56.5±12.3)岁。

本研究获得首都医科大学附属北京朝阳医院伦理委员会的批准(伦理批号:2019-科-377),研究符合《赫尔辛基宣言》的原则。

2.⁹⁹Tc^m-MAA 肺灌注断层显像。采用美国 GE Hawkeye 4 型双探头 SPECT 仪,探头配备低能高分辨准直器,能量 140 keV,窗宽 20%。经患者肘静脉缓慢注射 185~370 MBq ⁹⁹Tc^m-MAA (北京原子高科股份有限公司提供,放化纯>95%) 后即刻显像,视野包含双肺,双探头旋转 360°进行采集,6°/帧,每帧采集 16 s,矩阵 128×128,放大倍数 1.6。原始数据经有序子集最大期望值迭代法重建(迭代次数 2,子集 10)后获得断层图像。

3.图像分析。(1)定性分析。由 2 名核医学科医师分别对肺灌注断层图像进行分析,意见不同时协商达成一致。依据文献^[6-7],将双肺划分为 6 个肺叶、18 个肺段(右肺 10 个肺段,左肺 8 个肺段),肺段血流灌注评分时对肺段的划分均参照同期胸部 CT 图像。分别记录 BPA 术前及末次 BPA 后肺灌注异常和改善的肺叶、肺段数及其百分比。对于 BPA 术前灌注减低的肺叶或肺段,术后血流灌注程度完全恢复正常且完全覆盖整个肺段为完全改善,术后灌注缺损程度好转但肺段血流灌注程度仍较正常肺段低或不完全覆盖整个肺段为部分改善,术后灌注缺损程度无好转或较前加重为未改善。

(2)半定量分析。根据正常双肺的肺血流分布情况,各肺叶正常肺灌注百分比分别为:右肺上叶 18%、中叶 12%、下叶 25%,左肺上叶 13%、舌叶 12%、下叶 20%^[6-7]。根据肺血流灌注减低程度,给

予双肺各叶不同系数,分为 5 级:灌注完全正常系数为 1,灌注缺损程度由小到大时系数依次为 0.75、0.50、0.25,完全缺损系数为 0。各肺叶的实际灌注百分比=各肺叶正常肺灌注百分比×系数,全肺灌注百分比(percentage of perfusion scores, PPs%)=各肺叶实际灌注百分比之和。为直观反映肺灌注缺损程度,将 PPs%转换为全肺灌注缺损百分比(percentage of perfusion defect scores, PPDs%)=1-PPs%。如果全肺血流灌注完全正常,则 PPDs%为 0;随着灌注受损程度的增加,PPDs%数值增大。

4. 肺动脉压力测定及 BPA。记录右心导管测得的 BPA 术前及末次 BPA 后的平均肺动脉压(mean pulmonary artery pressure, mPAP)。BPA 前后均给予抗凝治疗,常规股静脉穿刺,经导丝引入球囊导管至干预肺动脉,利用压力泵扩张球囊,扩张结束后复查造影明确肺动脉扩张情况。

5. 统计学处理。采用 IBM SPSS 21.0 软件处理数据。符合正态分布的定量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布的定量资料用 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,定性资料以频数和(或)百分比表示。手术前后 PPDs%和 mPAP 比较采用配对 t 检验。采用 Pearson 相关分析探讨 PPDs%与 mPAP 的相关性。 $P < 0.05$ 为差异或相关性有统计学意义。

结 果

纳入的 25 例 CTEPH 患者中,II 级 13 例、III 级

9 例、IV 级 3 例;6 min 步行距离(381.4 ± 101.8) m;脑钠肽 221.00(30.00, 646.00) ng/L;氨基末端脑钠肽前体 294.50(81.00, 1 934.75) ng/L。血流动力学指标中, mPAP(49.08 ± 10.23) mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa)、右房压(8.85 ± 5.65) mmHg、肺血管阻力($0.009 2 \pm 0.003 6$) $N \cdot s/cm^5$ 、心脏指数(2.17 ± 0.46) $L \cdot min^{-1} \cdot m^{-2}$ 、静脉血氧饱和度(56.3 ± 12.2)%。术前肺灌注显像距 BPA 时间为 17(12, 71) d,末次 BPA 后肺灌注显像距 BPA 术时间为(209 ± 169) d。

150 个肺叶中, BPA 术前有 96.00%(144/150) 的肺叶存在灌注异常并行 BPA 干预,术后完全改善、部分改善和未改善的肺叶分别占 11.11%(16/144)、57.64%(83/144) 和 31.25%(45/144)。450 个肺段中, BPA 共干预 333 个肺段,平均每例干预 13 个,每个肺段被干预 2(1, 3) 次; BPA 术前有 62.44%(281/450) 的肺段存在灌注异常,术后完全改善、部分改善和未改善的肺段分别占 30.60%(86/281)、37.37%(105/281) 和 32.03%(90/281)。典型患者图像见图 1。BPA 未干预但血流灌注改善的肺段占 26.50%(31/117), BPA 未干预且血流灌注无改善的肺段占 72.65%(85/117), BPA 未干预但血流灌注减低的肺段占 0.85%(1/117)。

BPA 前后的 PPDs%分别为(57.88 ± 10.46)% 和 (39.08 ± 10.88)%, 差异有统计学意义($t = 10.40, P <$

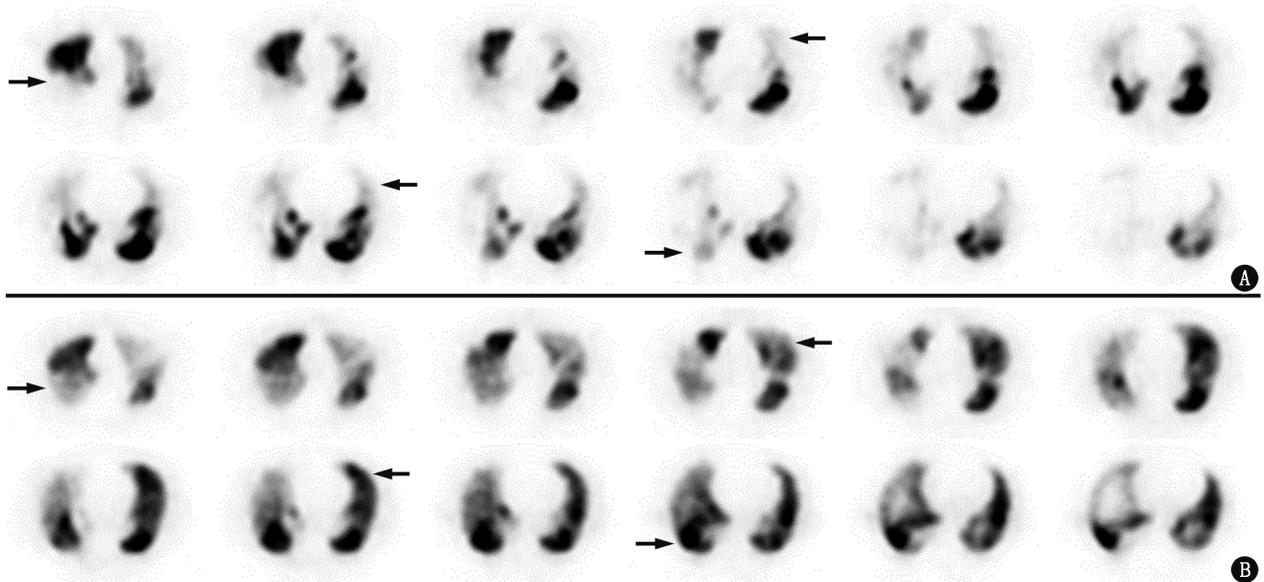


图 1 慢性血栓栓塞性肺动脉高压患者(女,54 岁)球囊扩张成形术(BPA)前(A)及 5 次 BPA 后(B) $^{99}Tc^m$ -大颗粒聚合人血清白蛋白(MAA)肺灌注断层显像图。可见双肺多发肺段血流灌注减低~缺损(A),BPA 后双肺多个肺段血流灌注明显改善(B),图 A 箭头示右肺上叶后段、下叶各基底段及左肺上叶前段、舌段血流灌注减低,图 B 箭头示以上肺段在 BPA 后灌注明显改善;平均肺动脉压(mPAP)由 40 mmHg 降低至 18 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),全肺灌注缺损百分比(PPDs%)由 66%降至 31%

0.001); 术后较术前下降了 (18.80 ± 9.04)%, 下降百分比为 (32.48 ± 15.62)%。BPA 前后的 mPAP 分别为 (49.08 ± 10.23) 与 (32.36 ± 10.57) mmHg, 差异有统计学意义 ($t = 10.25, P < 0.001$); 术后较术前下降了 (16.72 ± 8.16) mmHg, 下降百分比为 (34.07 ± 16.63)%。患者术前 PPDs% 与术前 mPAP、术后 PPDs% 与术后 mPAP 的相关性均无统计学意义 (r 值: 0.01 和 0.27, P 值: 0.953 和 0.199); 但 PPDs% 下降百分比与 mPAP 下降百分比的相关性有统计学意义 ($r = 0.40, P = 0.045$)。

讨 论

CTEPH 可使肺动脉压力持续或进行性升高, 最终可导致患者右心功能衰竭甚至死亡^[10]。BPA 采用球囊扩张狭窄或梗阻的肺动脉分支, 使其血流灌注恢复, 降低肺动脉压, 是有效治疗 CTEPH 的方法。

核素肺灌注显像可直观显示双肺血流灌注的变化^[11-13], 但目前应用肺灌注显像评价 BPA 疗效的报道较少。本研究 25 例患者的 450 个肺段中, 281 个肺段 BPA 术前存在灌注异常, 术后 67.97% (191/281) 的肺段血流灌注改善 [完全改善占 30.60% (86/281), 部分改善占 37.37% (105/281)], 提示 BPA 可有效改善肺血流灌注, 故肺灌注显像能够用于评价 BPA 的局部和整体疗效。肺灌注改善的原因复杂, 包括抗凝药物使用的合理性、患者自身原因、肺灌注缺损的严重程度、BPA 球囊直径的选择等, 肺灌注显像虽无法鉴别灌注改善的原因, 但可准确评估 BPA 后肺血流灌注改善的情况。

丁新华等^[8]利用 SPECT/CT 肺灌注显像评价 18 例 CTEPH 患者 BPA 术前及术后 1~3 个月肺灌注缺损及改善情况, 并以肺动脉造影结果作为肺动脉受累和改善的参考标准。结果显示, 肺灌注显像检出 BPA 术前灌注异常的灵敏度高于检出 BPA 后灌注改善的灵敏度。但是, 该研究没有明确如何利用肺动脉造影评价肺灌注缺损以及肺灌注改善情况。另外, 肺动脉造影显示的肺血流灌注能否作为肺灌注评价的“金标准”, 目前的观点也尚不统一。

本研究分析了肺灌注异常程度与肺动脉压力的关系, 结果显示 BPA 术前或术后, 肺灌注显像提示的灌注异常程度均与同期 mPAP 无明确的相关性。这提示, 造成 CTEPH 患者肺动脉压力增高的因素除了肺血流减少之外还有其他因素, 肺灌注缺损评分不能完全体现患者的肺动脉压力, 不能有效评估病情严重程度^[13]。但既往多项研究提示, 多种情况

下, CTEPH 患者的 PPDs% 均与肺动脉压力有一定的相关性^[14-15]。本研究与既往研究的差异可能与患者选择差异相关, 需进一步探讨。关键的是, 本研究发现 BPA 前后肺灌注改善程度与 mPAP 下降程度有关 ($r = 0.40, P = 0.045$), 表明 BPA 术后 PPDs% 及 mPAP 均较术前明显下降, mPAP 的降低是反映 BPA 疗效的重要指标^[9], 故 PPDs% 的减低亦可反映 BPA 对 CTEPH 的疗效, 可有效评估病情的改善程度, 这与既往 PEA 报道的结果一致^[6-7]。

本研究的不足: (1) 样本量少, BPA 在国内开展的例数较少, 有待积累更多的病例; (2) 对患者的随访集中在 6~12 个月, 对于肺灌注显像在 BPA 术后更长期疗效评价中的价值还需进一步研究。综上, BPA 可明显改善 CTEPH 患者的肺血流灌注, 降低肺动脉压; 肺灌注断层显像可显示 BPA 前后的肺血流分布情况, 可有效评估 CTEPH 患者 BPA 的术后疗效。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 武姣彦、姚丹丹、汪薇: 研究实施、论文撰写; 王剑锋、杨媛华、杨敏福: 研究指导、论文修改、经费支持; 龚娟妮: 统计分析

参 考 文 献

- [1] Galie N, Humbert M, Vachiery JL, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: the Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS); Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT) [J]. Eur Heart J, 2016, 37 (1): 67-119. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv317.
- [2] 丁媛, 龚娟妮, 王剑锋, 等. 肺动脉球囊扩张成形术治疗慢性血栓栓塞性肺动脉高压的疗效观察 [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2020, 43 (12): 1049-1054. DOI: 10.3760/cma.j.cn112147-20200116-00025.
Ding Y, Gong JN, Wang JF, et al. A retrospective study of balloon pulmonary angioplasty for chronic thromboembolic pulmonary hypertension [J]. Chin J Tuberc Respir Dis, 2020, 43 (12): 1049-1054. DOI: 10.3760/cma.j.cn112147-20200116-00025.
- [3] Edward JA, Mandras S. An update on the management of chronic thromboembolic pulmonary hypertension [J]. Curr Probl Cardiol, 2017, 42 (1): 7-38. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2016.11.001.
- [4] Ogawa A, Matsubara H. After the dawn-balloon pulmonary angioplasty for patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension [J]. Circ J, 2018, 82 (5): 1222-1230. DOI: 10.1253/circj.CJ-18-0258.
- [5] Papamtheakis DG, Poch DS, Fernandes TM, et al. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension; JACC focus seminar [J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 76 (18): 2155-2169. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.08.074.
- [6] 方纬, 史蓉芳, 刘秀杰, 等. ^{99m}Tc-MAA 肺灌注显像评价肺动脉血栓内膜剥脱术疗效 [J]. 中华核医学杂志, 2006, 26 (6): 334-337. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2006.06.004.

- Fang W, Shi RF, Liu XJ, et al. Evaluation of thromboendarterectomy by pulmonary perfusion imaging in patients with chronic pulmonary thromboembolic hypertension[J]. Chin J Nucl Med, 2006, 26(6): 334-337. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2006.06.004.
- [7] 席笑迎, 陈碧希, 高伟, 等. 肺灌注断层显像评价肺动脉血栓内膜剥脱术对慢性血栓栓塞性肺动脉高压的疗效[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(8): 1148-1152. DOI: 10.13929/j.1003-3289.201703004.
- Xi XY, Chen BX, Gao W, et al. Evaluating efficacy of pulmonary thromboendarterectomy in treatment of chronic thromboembolic pulmonary hypertension using pulmonary perfusion tomography [J]. Chin J Med Imaging Technol, 2017, 33(8): 1148-1152. DOI: 10.13929/j.1003-3289.201703004.
- [8] 丁新华, 王海军, 王道英, 等. SPECT/CT 肺灌注显像评价肺动脉球囊扩张成形术治疗慢性血栓栓塞性肺动脉高压效果[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(7): 1022-1026. DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2020.07.019.
- Ding XH, Wang HJ, Wang DY, et al. SPECT/CT pulmonary perfusion imaging in evaluating efficacy of pulmonary balloon dilatation for treatment of chronic thromboembolic pulmonary hypertension [J]. Chin J Med Imaging Technol, 2020, 36(7): 1022-1026. DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2020.07.019.
- [9] Maruoka Y, Nagao M, Baba S, et al. Three-dimensional fractal analysis of ^{99m}Tc -MAA SPECT images in chronic thromboembolic pulmonary hypertension for evaluation of response to balloon pulmonary angioplasty: association with pulmonary arterial pressure[J]. Nucl Med Commun, 2017, 38(6): 480-486. DOI: 10.1097/MNM.0000000000000673.
- [10] Phillips JJ, Straiton J, Staff RT. Planar and SPECT ventilation/perfusion imaging and computed tomography for the diagnosis of pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis of the literature, and cost and dose comparison[J]. Eur J Radiol, 2015, 84(7): 1392-1400. DOI: 10.1016/j.ejrad.2015.03.013.
- [11] 侯鹏, 林巴焱, 王敏, 等. 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[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(2): 82-87. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20191128-00279.
- Hou P, Lin SY, Wang M, et al. Correlation analysis of perfused lung volumes and visual scores using perfusion SPECT/CT and hemodynamic parameters in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 41(2): 82-87. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20191128-00279.
- [12] Wang L, Wang M, Yang T, et al. A prospective, comparative study of ventilation-perfusion planar imaging and ventilation-perfusion SPECT for chronic thromboembolic pulmonary hypertension [J]. J Nucl Med, 2020, 61(12): 1832-1838. DOI: 10.2967/jnumed.120.243188.
- [13] Moradi F, Morris TA, Hoh CK. Perfusion scintigraphy in diagnosis and management of thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Radiographics, 2019, 39(1): 169-185. DOI: 10.1148/rg.2019180074.
- [14] Derlin T, Keltling 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.00000000000002085.
- [15] Cherniavskii AM, Aliapkina EM, Terekhov IN, et al. Dynamics of lung perfusion after pulmonary thromboendarterectomy in patients with chronic postembolic pulmonary hypertension[J]. Angiol Sosud Khir, 2013, 19(1): 118-123.

(收稿日期: 2021-04-28)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊有关论文中法定计量单位的书写要求

本刊法定计量单位执行 GB 3100/3101/3102—1993《国际单位制及其应用/有关量、单位和符号的一般原则/(所有部分)量和单位》的有关规定,具体执行可参照中华医学会杂志社编写的《法定计量单位在医学上的应用》第 3 版(人民军医出版社 2001 年出版)。正文中时间的表达,凡前面带有具体数据者应采用 d、h、min、s,而不用天、小时、分钟、秒。注意单位名称与单位符号不可混合使用,如 $\text{ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{天}^{-1}$ 应改为 $\text{ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$;组合单位符号中表示相除的斜线多于 1 条时应采用负数幂的形式表示,如 $\text{ng}/\text{kg}/\text{min}$ 应采用 $\text{ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 的形式;组合单位中斜线和负数幂亦不可混用,如前例不宜采用 $\text{ng}/\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$ 的形式。在叙述中,应先列出法定计量单位数值,括号内写旧制单位数值;但如同一计量单位反复出现,可在首次出现时注出法定计量单位与旧制单位的换算系数,然后只列法定计量单位数值。凡是涉及人体及动物体内的压力测定,可使用 mmHg 或 cmH_2O 为计量单位,但首次使用时注明与 kPa 的换算系数。原子量改为相对原子质量 (A_r)。分子量改为相对分子质量 (M_r)。关于浓度,只有“B 的物质的量浓度”(B 代表物质的基本单元)可以称为“B 的浓度 (c_B)”,定义为“B 的物质的量除以混合物的体积”,单位为“ mol/m^3 ”或“ mol/L ”。正确使用以下量的名称:(1)以 B 的体积分数 (φ_B) 取代习用的 B 的体积百分浓度 (V/V);(2)以 B 的质量分数 (ω_B) 取代习用的 B 的质量百分浓度 (W/W 或 m/m);(3)以 B 的质量浓度 (ρ_B) 取代习用的以“ W/V ”或“ m/V ”表示的浓度,单位为“ kg/L ”或“ kg/m^3 ”。量的符号一律用斜体字,如吸光度(旧称光密度)的符号为 A ,“ A ”为斜体字。

本刊编辑部