

## · 综述 ·

# 肺通气/灌注显像在肺栓塞诊断中的现状及进展

王蒙 汪蕾 方纬

北京协和医学院、国家心血管病中心、中国医学科学院阜外医院核医学科 100037

通信作者:方纬, Email: nuclearfw@126.com

**【摘要】** 随着多种无创性影像技术的进步,肺栓塞的诊断准确性明显提高。肺通气/灌注显像是肺栓塞诊断的最重要检查手段,其显像技术和图像评价标准很重要。该文重点对肺通气/灌注显像在肺栓塞诊断中的应用现状、不同成像方法的比较以及新技术的研究进展等方面进行综述。

**【关键词】** 肺栓塞;通气/灌注显像;发展趋势

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20190731-00155

## Current status and progress of lung ventilation/perfusion imaging in the diagnosis of pulmonary embolism

Wang Meng, Wang Lei, Fang Wei

Department of Nuclear Medicine, Fuwai Hospital, National Center for Cardiovascular Diseases, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100037, China

Corresponding author: Fang Wei, Email: nuclearfw@126.com

**【Abstract】** With the progress of a variety of noninvasive imaging techniques, the diagnostic accuracy of pulmonary embolism has been greatly improved. Lung ventilation/perfusion imaging is still the most important examination in the diagnosis of pulmonary embolism. Its imaging technology and image interpretation criteria are very important. This article mainly reviews the application status of lung ventilation/perfusion imaging in the diagnosis of pulmonary embolism, the comparison of different imaging methods and the latest research progress of new technology.

**【Key words】** Pulmonary embolism; Ventilation/perfusion imaging; Trends

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20190731-00155

肺栓塞(pulmonary embolism, PE)主要包括急性PE(acute PE, APE)和慢性血栓栓塞性肺高压(chronic thromboembolic pulmonary hypertension, CTEPH)2种类型。APE起病突然,病情凶险,致死率和致残率高,及时、准确的诊断是成功治疗的关键。CTEPH临床表现和体征缺乏特异性,容易误诊,对以肺高压表现就诊的患者进行病因鉴别,正确诊断或排除CTEPH,直接影响着患者的治疗决策和预后。无论是APE还是CTEPH,肺通气/灌注(ventilation/perfusion, V/Q)显像一直都是公认的一线诊断方法,被广泛应用。但近年来,随着CT的不断进步,CT肺动脉造影(CT pulmonary angiography, CTPA)也已成为PE确诊的又一重要方法,由于其更为简便,在实际临床应用中,特别是APE诊断中,其普及程度超过V/Q显像。然而,V/Q显像也在不断发展,新的图像评价标准、断层显像技术,以及新的显像药物都在逐步得到应用,并受到广泛关注。本文将对近年来V/Q显像在PE诊断方面的发展变化以及未来新技术的应用趋势等进行综述。

### 一、肺V/Q显像在PE诊断中的应用现状

肺V/Q显像是基于肺通气功能及血流灌注功能进行显像,显像方法主要包括平面显像、断层显像(SPECT)和SPECT/CT显像。无论是平面还是断层显像,PE的典型征象是呈肺段或亚肺段分布的肺灌注缺损区和肺V/Q不匹配。由于V/Q显像的图像特点在PE诊断方面的复杂性,为了便于临床应用,在大规模前瞻性临床研究的基础上,国际上先后

制定了多项肺V/Q显像诊断PE的图像评价标准。1990年发表的肺栓塞诊断前瞻性研究I(prospective investigation of pulmonary embolism diagnosis I, PIOPED I)提出了V/Q平面显像诊断PE的第一个图像评价标准。但根据PIOPED I图像评价标准,诊断结果中“不确定诊断”的比例较高,使其应用受限<sup>[1]</sup>。2008年发表的PIOPED II图像评价标准,改变了PIOPED I标准中按PE诊断概率的分级方法,而变为“PE阳性”“PE阴性”和“不确定诊断”等更为明确的诊断分级方法,以便于临床应用。但是,有研究显示仍有20%左右的病例归为“不确定诊断”结果<sup>[2]</sup>。此外,PIOPED I和PIOPED II都只用于平面显像,并未用于SPECT显像,因此其应用越来越受到限制。2009年欧洲核医学学会(European Association of Nuclear Medicine, EANM)发表了《肺通气/灌注显像指南》<sup>[3]</sup>,制定了更为简便、实用的图像评价标准,简称为EANM标准。与PIOPED I和PIOPED II相比,EANM标准的优势在于:首先,该标准同时适用于平面显像和SPECT显像;其次,只需要发现1个肺段或2个亚肺段的V/Q不匹配即可判断为PE阳性,而PIOPED I和PIOPED II标准中至少需要2个肺段的V/Q不匹配才能判断PE阳性;第三,采用EANM标准,“不确定诊断”结果明显降低,仅占1%~3%<sup>[4-5]</sup>。因此,EANM标准已经成为目前V/Q显像最常用的图像评价标准。

随着多模态融合SPECT/CT设备的发展,V/Q SPECT和

CT 一站式采集成为可能。有研究认为,在 V/Q SPECT 显像基础上,增加低剂量平扫 CT,可提高 PE 诊断的准确性<sup>[6]</sup>。平扫 CT 额外增加的辐射剂量很低,仅约为 1 mSv。据文献报道,V/Q SPECT 结合低剂量平扫 CT,诊断特异性从 88% 增加到 100%,准确性从 91% 增加到 99%,而灵敏度(均为 97%)无明显变化,显著提高了 PE 的诊断效能<sup>[5]</sup>。另一方面,因低剂量 CT 可清晰显示肺组织的结构异常,因此有研究提出是否可以用低剂量 CT 替代肺通气显像<sup>[7]</sup>。但目前的多数研究表明,低剂量 CT 替代通气显像尚不成熟,单独的肺灌注显像与低剂量 CT 结合诊断 PE,假阳性结果的风险较大,易造成过度诊断,同时也会降低特异性,但对于一些因病情不稳定或呼吸困难等原因无法行肺通气显像的患者,以低剂量 CT 替代通气显像也是可以接受的选择<sup>[7-8]</sup>。

## 二、肺 V/Q 显像在 CTEPH 诊疗中的应用价值

肺 V/Q 显像用于 CTEPH 的诊断有较高的灵敏度(96%~100%)和特异性(90%~95.2%)<sup>[9-10]</sup>。肺灌注显像通常表现为多发性的肺叶、肺段或亚段的放射性减低或缺损。2015 年欧洲心脏病学会和欧洲呼吸学会发表的《肺动脉高压诊断和治疗指南》<sup>[11]</sup>推荐肺 V/Q 显像为 CTEPH 诊断的首选检查,正常的 V/Q 显像能有效排除 CTEPH。其次,肺 V/Q 显像还可用于评估肺动脉血栓内膜剥脱(pulmonary endarterectomy, PEA)手术的可行性,也有助于球囊肺动脉成形术(balloon pulmonary angioplasty, BPA)目标血管的选择<sup>[12]</sup>。此外,肺 V/Q 显像还可用于抗凝<sup>[13]</sup>、BPA<sup>[14]</sup>以及 PEA<sup>[15]</sup>治疗后疗效的评估,可以定性、定量地监测治疗前后肺血流灌注的变化,证实治疗的有效性。而且研究显示肺血流灌注的改善与血流动力学变化相关,由此,应用肺灌注显像通过对肺血流灌注的评估能够在一定程度上反映肺血流动力学的变化<sup>[13]</sup>。因此,肺 V/Q 显像不仅是诊断 CTEPH 的重要影像学方法,同时在治疗决策和疗效评估方面也具有重要的临床应用价值。

## 三、肺 V/Q SPECT 显像是否优于平面显像

与平面显像相比,SPECT 显像作为一种三维影像技术,避免了周围射线对深部病灶和较小病灶的影响,以及组织重叠的遮盖,从而能够精确评价放射性分布异常肺段的病变范围和程度。因此,SPECT 的优势在于提高了 PE 诊断的灵敏度和特异性,降低了“不确定诊断”的比例<sup>[16-17]</sup>,观察者间及观察者内的一致性也较平面显像结果有所提高<sup>[18]</sup>。平面与 SPECT 显像直接对比研究显示,从平面到断层,灵敏度从 64% 增加到 100%,特异性从 72% 增加到 87%,准确性从 70% 增加到 90%<sup>[19]</sup>。Reinartz 等<sup>[20]</sup>的研究也得出相似的结果,诊断灵敏度从 76% 增加到 97%,特异性从 85% 增加到 91%,准确性从 81% 增加到 94%。其次,SPECT 显像能够发现更多肺段及肺段以下的较小病灶。有研究发现,断层显像较平面显像能够使肺段缺损和亚肺段缺损的发现率分别提高 12.8% 和 82.6%<sup>[20]</sup>。此外,SPECT 图像能够与 CT 图像实现不同肺组织层面的图像融合,提高 PE 诊断准确性,而平面显像却无法实现。

尽管 SPECT 显像较平面显像在理论上存在明显优势,但在平面显像完全过渡到 SPECT 显像的过程中,仍存在诸多的问题和疑虑<sup>[21]</sup>。首先,以往平面和 SPECT 显像诊断 PE 的对比研究中,选择的图像评价标准和 PE 诊断的“金标准”

并不统一,因此研究结果可能产生偏倚<sup>[22]</sup>。其次,对于 SPECT 显像发现的较多亚肺段缺损,缺乏理想的“金标准”进行验证,并且这些亚肺段的临床意义以及是否需要治疗等诸多问题尚存争议<sup>[23-25]</sup>。此外,对于 CTEPH 的诊断,目前尚缺乏较大规模的临床试验直接比较两者的诊断效能。既往研究报道,平面显像用于 CTEPH 诊断也有较高的灵敏度(96.1%~100%)和特异性(90%~95.2%);且相比于 SPECT 显像,平面显像耗时短<sup>[9-10]</sup>。因此,虽然在 APE 诊断方面,较多研究已证实 SPECT 显像优于平面显像,但在 CTEPH 诊断方面,还有待进一步验证。

## 四、肺 V/Q 显像与 CTPA 相比所具有的优势

CTPA 可以直观显示肺段及肺段以上血管的管腔,发现腔内血栓的部位、形态以及与管壁的关系,提供 PE 诊断的直接证据。多中心前瞻性试验 PIOPED II 研究结果显示,CTPA 诊断 PE 的灵敏度为 83%,特异性为 96%,阳性预测值为 86%(其中主肺动脉及肺叶动脉水平 97%,肺段水平 68%,亚肺段水平 25%),阴性预测值 95%<sup>[26]</sup>。

但肺 V/Q 显像与 CTPA 相比,仍具有许多独特的优势。第一,在排除 PE 方面的优势。2014 年发表的欧洲心脏学会《急性肺栓塞诊疗指南》<sup>[27]</sup>指出:对于正常的肺灌注显像,无论 PE 临床患病概率评估结果如何,都可以安全排除 APE;而对于正常的 CTPA,如果临床患病概率评估较高(Wells 评分>4 分),则不能直接排除 PE 诊断,必须进行进一步的检查,如 V/Q 显像。同时,2015 年欧洲心脏病学会和欧洲呼吸学会发表的《肺动脉高压诊断和治疗指南》<sup>[11]</sup>推荐肺 V/Q 显像为 CTEPH 诊断的首选检查,若肺 V/Q 显像为阴性则能够安全排除 CTEPH,而 CTPA 阴性同样不足以排除。第二,在诊断灵敏度方面的优势。多个研究表明,肺 V/Q 显像较 CTPA 灵敏度更高,尤其在肺段及亚肺段等微小病变诊断方面更具有优势<sup>[5,20,28]</sup>。虽然多检出的亚肺段血栓对 APE 的意义尚存争议,但对 CTEPH 患者而言,准确判断 PE 的范围和程度对于手术决策及预后判断可能具有更重要的意义<sup>[29]</sup>。第三,在辐射剂量方面,V/Q 显像远低于 CTPA,可减少受试者辐射剂量<sup>[30]</sup>。第四,在检查禁忌证及失败率方面,由于 V/Q 显像不需要使用碘造影剂,且显像药物极少有过敏的现象,故严重过敏、肝肾功能不全的患者均可行进行。CTPA 检查的失败率较 V/Q 显像高,可达 5%~10%,主要原因是患者移动以及造影剂显影不良<sup>[31]</sup>。

## 五、<sup>68</sup>Ga PET V/Q 显像技术新进展

随着<sup>68</sup>Ga 新型显像药物的应用,肺 V/Q 显像技术从 SPECT 向 PET 转变成为可能。与传统的 SPECT 技术相比,PET 具有更高的时间和空间分辨率、更好的图像质量和更完善的绝对定量评价方法。此外,PET 探测器不需要旋转,可以进行呼吸循环的实时动态采集,减少呼吸产生的伪影<sup>[32-33]</sup>。<sup>68</sup>Ga PET V/Q 显像因高质量的图像可以更精确地评估灌注异常的位置、形态和范围,以及定量分析 V/Q 的不匹配关系,从而提高 PE 的诊断效能<sup>[34]</sup>。同时,其可定量评估抗凝、溶栓及手术治疗的疗效,预测 PE 复发风险等。此外,由于<sup>68</sup>Ga PET V/Q 显像具有较高的图像分辨率和定量能力,在预测肺切除术后的残留肺功能<sup>[35-36]</sup>、优化放疗计划<sup>[37-38]</sup>等方面也发挥着重要的作用。

综上所述,在 PE 诊断方面,虽然 V/Q 显像面临着其他影像学技术的挑战,但仍具有独特的优势,并且 V/Q 显像技术仍然处在不断的完善和发展过程中。随着新技术的应用,V/Q 显像技术将会具有更广阔的应用前景。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] PIOPED Investigators. Value of the ventilation/perfusion scan in acute pulmonary embolism. Results of the prospective investigation of pulmonary embolism diagnosis (PIOPED) [J]. *JAMA*, 1990, 263(20): 2753-2759. DOI:10.1001/jama.1990.03440200057023.
- [2] Sostman HD, Miniati M, Gottschalk A, et al. Sensitivity and specificity of perfusion scintigraphy combined with chest radiography for acute pulmonary embolism in PIOPED II [J]. *J Nucl Med*, 2008, 49(11): 1741-1748. DOI:10.2967/jnumed.108.052217.
- [3] Bajc M, Neilly JB, Miniati M, et al. EANM guidelines for ventilation/perfusion scintigraphy : part 1. Pulmonary imaging with ventilation/perfusion single photon emission tomography [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2009, 36(8): 1356-1370. DOI: 10.1007/s00259-009-1170-5.
- [4] Bajc M, Olsson B, Palmer J, et al. Ventilation/perfusion SPECT for diagnostics of pulmonary embolism in clinical practice [J]. *J Intern Med*, 2008, 264(4): 379-387. DOI:10.1111/j.1365-2796.2008.01980.x.
- [5] Gutte H, Mortensen J, Jensen CV, et al. Detection of pulmonary embolism with combined ventilation-perfusion SPECT and low-dose CT: head-to-head comparison with multidetector CT angiography [J]. *J Nucl Med*, 2009, 50(12): 1987-1992. DOI: 10.2967/jnumed.108.061606.
- [6] Hess S, Frary EC, Gerke O, et al. State-of-the-art imaging in pulmonary embolism: ventilation/perfusion single-photon emission computed tomography versus computed tomography angiography—controversies, results, and recommendations from a systematic review [J]. *Semin Thromb Hemost*, 2016, 42(8): 833-845. DOI: 10.1055/s-0036-1593376.
- [7] Le Roux PY, Robin P, Delluc A, et al. Additional value of combining low-dose computed tomography to V/Q SPECT on a hybrid SPECT-CT camera for pulmonary embolism diagnosis [J]. *Nucl Med Commun*, 2015, 36(9): 922-930. DOI:10.1097/MNM.0000000000000351.
- [8] Palmowski K, Oltmanns U, Kreuter M, et al. Diagnosis of pulmonary embolism: conventional ventilation/perfusion SPECT is superior to the combination of perfusion SPECT and nonenhanced CT [J]. *Respiration*, 2014, 88(4): 291-297. DOI:10.1159/000365817.
- [9] Tunaru N, Gibbs SJ, Win Z, et al. Ventilation-perfusion scintigraphy is more sensitive than multidetector CTPA in detecting chronic thromboembolic pulmonary disease as a treatable cause of pulmonary hypertension [J]. *J Nucl Med*, 2007, 48(5): 680-684. DOI: 10.2967/jnumed.106.039438.
- [10] He J, Fang W, Lv B, et al. Diagnosis of chronic thromboembolic pulmonary hypertension: comparison of ventilation/perfusion scanning and multidetector computed tomography pulmonary angiography with pulmonary angiography [J]. *Nucl Med Commun*, 2012, 33(5): 459-463. DOI:10.1097/MNM.0b013e32835085d9.
- [11] Galiè 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.
- [12] Hosokawa K, Abe K, Kashihara S, et al. 3-dimensional SPECT/CT fusion imaging-guided balloon pulmonary angioplasty for chronic thromboembolic pulmonary hypertension [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2017, 10(20): e193-e194. DOI:10.1016/j.jcin.2017.07.038.
- [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] Koike H, Sueyoshi E, Sakamoto I, et al. Comparative clinical and predictive value of lung perfusion blood volume CT, lung perfusion SPECT and catheter pulmonary angiography images in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension before and after balloon pulmonary angioplasty [J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(12): 5091-5099. DOI:10.1007/s00330-018-5501-4.
- [15] 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.
- [16] Laurence JJ, Redman SL, Corrigan AJ, et al. V/Q SPECT imaging of acute pulmonary embolus—a practical perspective [J]. *Clin Radiol*, 2012, 67(10): 941-948. DOI:10.1016/j.crad.2012.04.007.
- [17] Roach PJ, Schembri GP, Bailey DL. V/Q scanning using SPECT and SPECT/CT [J]. *J Nucl Med*, 2013, 54(9): 1588-1596. DOI: 10.2967/jnumed.113.124602.
- [18] Collart JP, Roelants V, Vanpee D, et al. Is a lung perfusion scan obtained by using single photon emission computed tomography able to improve the radionuclide diagnosis of pulmonary embolism? [J]. *Nucl Med Commun*, 2002, 23(11): 1107-1113. DOI: 10.1097/00006231-200211000-00011.
- [19] Gutte H, Mortensen J, Jensen CV, et al. Comparison of V/Q SPECT and planar V/Q lung scintigraphy in diagnosing acute pulmonary embolism [J]. *Nucl Med Commun*, 2010, 31(1): 82-86. DOI:10.1097/MNM.0b013e328336747.
- [20] Reinartz P, Wildberger JE, Schaefer W, et al. Tomographic imaging in the diagnosis of pulmonary embolism: a comparison between V/Q lung scintigraphy in SPECT technique and multislice spiral CT [J]. *J Nucl Med*, 2004, 45(9): 1501-1508.
- [21] Roach PJ, Bailey DL, Schembri GP, et al. Transition from planar to SPECT V/Q scintigraphy: rationale, practicalities, and challenges [J]. *Semin Nucl Med*, 2010, 40(6): 397-407. DOI:10.1053/j.semnuclmed.2010.07.004.
- [22] Hess S, Madsen PH. Radionuclide diagnosis of pulmonary embolism [J]. *Adv Exp Med Biol*, 2017, 906: 49-65. DOI:10.1007/5584\_

2016\_105.

- [23] Glassroth J. Imaging of pulmonary embolism: too much of a good thing? [J]. JAMA, 2007, 298(23): 2788-2789. DOI: 10.1001/jama.298.23.2788.
- [24] Hoffman JR, Cooper RJ. Overdiagnosis of disease: a modern epidemic[J]. Arch Intern Med, 2012, 172(15): 1123-1124. DOI: 10.1001/archinternmed.2012.3319.
- [25] Goodman LR. Small pulmonary emboli: what do we know? [J]. Radiology, 2005, 234(3): 654-658. DOI: 10.1148/radiol.2343041326.
- [26] Stein PD, Fowler SE, Goodman LR, et al. Multidetector computed tomography for acute pulmonary embolism [J]. N Engl J Med, 2006, 354(22): 2317-2327. DOI: 10.1056/NEJMoa052367.
- [27] 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, 3069a-3069k. DOI: 10.1093/euroheartj/ehu283.
- [28] Soler X, Kerr KM, Marsh JJ, et al. Pilot study comparing SPECT perfusion scintigraphy with CT pulmonary angiography in chronic thromboembolic pulmonary hypertension [J]. Respirology, 2012, 17(1): 180-184. DOI: 10.1111/j.1440-1843.2011.02061.x.
- [29] Thistlethwaite PA, Mo M, Madani MM, et al. Operative classification of thromboembolic disease determines outcome after pulmonary endarterectomy[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2002, 124(6): 1203-1211. DOI: 10.1067/mtc.2002.127313.
- [30] Isidoro J, Gil P, Costa G, et al. Radiation dose comparison between V/P-SPECT and CT-angiography in the diagnosis of pulmonary embolism[J]. Phys Med, 2017, 41: 93-96. DOI: 10.1016/j.ejmp.2017.04.026.
- [31] Jones SE, Wittram C. The indeterminate CT pulmonary angiogram: imaging characteristics and patient clinical outcome[J]. Radiology, 2005, 237(1): 329-337. DOI: 10.1148/radiol.2371041520.
- [32] Bailey DL, Eslick EM, Schembri GP, et al. <sup>68</sup>Ga PET ventilation and perfusion lung imaging-current status and future challenges[J]. Semin Nucl Med, 2016, 46(5): 428-435. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2016.04.007.
- [33] Le Roux PY, Hicks RJ, Siva S, et al. PET/CT lung ventilation and perfusion scanning using Galligas and Gallium-68-MAA [J]. Semin Nucl Med, 2019, 49(1): 71-81. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2018.10.013.
- [34] Hofman MS, Beauregard JM, Barber TW, et al. <sup>68</sup>Ga PET/CT ventilation-perfusion imaging for pulmonary embolism: a pilot study with comparison to conventional scintigraphy [J]. J Nucl Med, 2011, 52(10): 1513-1519. DOI: 10.2967/jnumed.111.093344.
- [35] Le Roux PY, Siva S, Steinfort DP, et al. Correlation of <sup>68</sup>Ga ventilation-perfusion PET/CT with pulmonary function test indices for assessing lung function[J]. J Nucl Med, 2015, 56(11): 1718-1723. DOI: 10.2967/jnumed.115.162586.
- [36] Eslick EM, Bailey DL, Harris B, et al. Measurement of preoperative lobar lung function with computed tomography ventilation imaging: progress towards rapid stratification of lung cancer lobectomy patients with abnormal lung function[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2016, 49(4): 1075-1082. DOI: 10.1093/ejcts/ezv276.
- [37] Siva S, Devereux T, Ball DL, et al. Ga-68 MAA perfusion 4D-PET/CT scanning allows for functional lung avoidance using conformal radiation therapy planning[J]. Technol Cancer Res Treat, 2016, 15(1): 114-121. DOI: 10.1177/1533034614565534.
- [38] Siva S, Thomas R, Callahan J, et al. High-resolution pulmonary ventilation and perfusion PET/CT allows for functionally adapted intensity modulated radiotherapy in lung cancer[J]. Radiother Oncol, 2015, 115(2): 157-162. DOI: 10.1016/j.radonc.2015.04.013.

(收稿日期:2019-07-31)

## · 读者 · 作者 · 编者 ·

### 关于投稿提供伦理委员会批准文件及受试对象知情同意书的通告

根据中华医学杂志社的相关规定,当论文的主体是以人为研究对象的试验时,作者应该说明其遵循的程序是否符合负责人体试验的委员会(单位性的、地区性的或国家性的)所制定的伦理学标准,并提供该委员会的批准文件(注明批准文件号)及受试对象的知情同意书。

本刊编辑部