

综 述

磁共振成像技术和设备
在垂体腺瘤诊疗中的研
究进展*

彭淑英 陈武标*
广东医科大学附属放射影像中心
放射科 (广东 湛江 524002)

【摘要】垂体腺瘤在颅内良性肿瘤中的发生率最高，其主要临床症状为视觉障碍和内分泌异常。磁共振成像是显示垂体腺瘤及其周围结构的首选方式；但在某些情况下，其不能反映视觉通路的微观结构损伤，也不能区分活动性肿瘤和术后组织重塑。近年来，一些磁共振成像技术和设备在垂体腺瘤的应用中展现了较多研究进展，例如弥散张量成像、超高场强磁共振、术中磁共振和分子影像等，它们在评估垂体腺瘤的诊断、治疗和预后方面具有重要作用。本文针对这些磁共振成像技术和设备在垂体腺瘤的检出、诊断及疗效评估中的应用进行简要综述。

【关键词】垂体腺瘤；弥散张量成像；
超高场强磁共振；术中磁共振；分子影像
【中图分类号】R445.2；R736.4
【文献标识码】A
【基金项目】眼动脉MRA流体力学分析联合
OCTA研究垂体腺瘤视网膜微循环
改变的机制(230830214544759)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.10.055

The Application Progress of Magnetic
Resonance Imaging Techniques and
Equipment in the Diagnosis and Treatment
of Pituitary Adenoma*

PENG Shu-ying, CHEN Wu-biao*
Radiological Imaging Center, Affiliated Hospital of Guangdong Medical University, Zhanjiang
524002, Guangdong Province, China

ABSTRACT
Pituitary adenoma is the most common benign tumor in the cranial cavity, and its main symptoms are visual impairment and endocrine hormone disorder. MRI is the preferred method to show the pituitary adenoma and its surrounding structures, but in some cases, it cannot reflect the microstructural damage of the visual pathway, nor can it distinguish between active tumor and post-treatment remodeling. In recent years, some magnetic resonance imaging techniques and equipments have shown a lot of research progress in the application of pituitary adenoma, such as diffusion tensor imaging, ultra-high field magnetic resonance imaging, intraoperative magnetic resonance imaging, and molecular imaging, etc., which have important roles in evaluating the diagnosis, treatment and prognosis of pituitary adenoma. This article briefly reviews the application of these magnetic resonance imaging techniques and devices in the detection, diagnosis and efficacy evaluation of pituitary adenoma.
Keywords: Pituitary Adenoma; Diffusion Tensor Imaging; Ultra-high Field Magnetic Resonance Imaging; Intraoperative Magnetic Resonance Imaging; Molecular Imaging

垂体腺瘤(pituitary adenoma,PA)是一种常见的颅内肿瘤，约占症状性颅内肿瘤的12%-15%^[1]，其典型的临床表现为激素分泌过多综合征和/或肿块效应。MRI在PA影像学检查中的应用最为广泛，它能清晰地显示肿瘤的位置、侵袭程度及其与邻近组织的关系^[2]。然而，像任何成像技术一样，MRI也有局限性，在某些情况下可能存在缺陷，这使得有必要开发其他成像技术。弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)能够模拟视觉通路纤维束的走向，对评估视力视野的变化非常敏感^[3]。超高场强磁共振能提高空间分辨率和信噪比，为临床提供更多解剖结构和病理信息^[4]。术中磁共振(intraoperative magnetic resonance imaging, iMRI)可以提供肿瘤的最新影像信息，有助于扩大切除范围，增加全切率，提高术后生存率^[5]。分子影像能确定小体积肿瘤的残留或复发性PA的部位，也能区分活动性肿瘤和术后组织重塑^[6]。
因此，采用以上磁共振成像技术和设备可以帮助提高PA的检出率，并更精确地评估肿瘤侵袭范围和术后转归，这对于肿瘤治疗效果和疾病预后的判断具有重要意义。

1 弥散张量成像

常规MRI和神经眼科检查是评估PA压迫效应和视觉受损的标准方法，但它们不能反映视觉通路的微观结构损伤，也存在一定主观性和不确定性。DTI是一种无创性磁共振成像技术，能够通过测量组织内水分子的弥散情况来探究白质纤维束结构完整性，模拟视觉通路纤维束的走向，对评估视力视野的变化非常敏感，是一种客观的工具。
DTI参数中最常用的是各向异性分数(fractional anisotropy, FA)、平均扩散率(mean diffusivity, MD)，均代表水分子弥散运动各向异性，能够反映视神经髓鞘形成和轴突数量^[7-9]，中枢神经系统组织中白质纤维或轴突膜通透性的任何改变都可以导致MD值的增加和FA值的下降。Anik等^[3]用DTI评估垂体大腺瘤患者经鼻蝶窦手术后的视觉恢复情况，发现术前FA值和MD值可以预测PA患者手术后视力的改善，这与Lilja等^[10]的研究结果一致。Omid Mohamadzadeh等^[11]研究发现术前视神经的MD值和FA值与术后视力和视野的恢复有关：即在术前视神经、视交叉较低的MD值和较高FA值的患者中，视力和视野恢复的可能性更大；此外，他们还确定了FA值和MD值的临界值，低于0.0021的MD值和高于0.1689的FA值可以预测术后视力恢复的良好预后。因此，DTI在术前预测PA患者视觉改善方面具有重要价值。
成睿等^[12]研究发现DTI可以准确地反映视神经与垂体肿瘤的相对位置，并与术中观察到的结果高度一致，这为术前提供可靠的影像学依据，有利于最大程度切除肿瘤及保障视神经的完整性。弥散张量纤维束追踪成像术可以重建脑组织中的所有神经纤维，Wang FY等^[13]利用该技术准确地显示了8例PA患者的下丘脑-垂体束的位置，其中有7例(87.5%)扩散张量成像显示垂体柄的位置与术中观察到的一致。该研究表明，扩散张量成像可以帮助外科医生在手术前确定垂体柄的位置，从而减少术后尿崩症的发生率。
光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)是一种广泛应用于视神经和视网膜疾病研究的技术，能够直接测量视网膜神经纤维层(retinal nerve fiber

【第一作者】彭淑英，女，住院医师，主要研究方向：垂体腺瘤。E-mail: 1298637411@qq.com
【通讯作者】陈武标，男，主任医师，主要研究方向：神经系统及头颈影像诊断。E-mail: 2314792704@qq.com

layer, RNFL)以及黄斑区神经节细胞层(ganglion cell layer, GCL)的厚度。庞燕华和同事^[14]联合应用DTI和OCT两种技术对非功能性垂体腺瘤患者的视路进行研究,发现视交叉的FA值与双眼RNFL平均厚度、鼻侧和颞侧视网膜环视盘神经纤维层厚度以及鼻侧、上、下象限黄斑区GCL厚度呈正相关;视神经、视交叉、视束和视放射的FA值与鼻侧、颞侧视网膜环视盘神经纤维层厚度呈正相关。因此,PA患者视路神经纤维的功能和结构异常同步出现。Menon等^[15]利用OCT评估了垂体大腺瘤患者RNFL的厚度,发现RNFL变薄与视野缺损的严重程度、PA的海绵窦侵犯、视交叉压迫、视交叉抬高和肿瘤与视交叉间的距离有显著关联。

肿瘤细胞的增殖与Ki-67有关,林帆等^[16]对弥散神经突方向离散度与密度成像(neurite orientation dispersion and density imaging, NODDI)模型参数评估垂体大腺瘤增殖性的潜在价值进行了前瞻性研究,他们根据Ki-67将病例分为高Ki-67组($\geq 3\%$)和低Ki-67组($< 3\%$),研究发现DTI模型直方图参数在两组之间无显著差异($P>0.05$),而NODDI模型得到的神经密度和各向同性间隔的体积分数的方差在两组之间有显著差异($P<0.05$)。因此,NODDI模型比DTI模型更能反映垂体腺瘤的增殖性,能够为临床预后评估提供更多有价值的信息。

简而言之,DTI是一种利用水分子弥散量探究视觉通路纤维束结构的磁共振成像技术,联合测量神经纤维信号传导的DTI和测量神经纤维厚度的OCT,可以检测视觉通路的显微结构病理变化,有利于更深层次了解整个视觉通路结构和功能的显微变化,更准确评估视觉通路的损伤。

2 超高场强磁共振

磁共振成像具有优越的软组织对比度,但是,1.5T MRI在检测小于6mm的垂体微腺瘤(如库欣病)时,由于它的空间分辨率较低,不能敏感地检测出病灶,漏诊率较高。较高场强磁共振成像系统,例如3.0 T或7.0 T MRI,能提高空间分辨率、信噪比和对比度而显著提高图像质量^[17]。

Vitale等^[18]研究发现,对于促肾上腺皮质激素(adrenocorticotropin, ACTH)腺瘤,3.0 T MRI比1.5 T MRI更容易检测出病灶。有些学者研究发现7.0 T MRI相对于1.5 T MRI更能清晰地显示PA的位置、大小、形态、边界、信号特征、邻近组织侵犯情况和邻近神经血管的分布情况,为PA患者进行术前评估和规划提供了更精确的信息和指导^[4,19-21]。Lee等^[22]利用超高场强7.0 T MRI成像技术,首次分析了库欣病患者在ACTH腺瘤切除术后的大脑皮层恢复情况,发现术后患者的大脑皮层厚度和总体积明显增加,其中主要涉及额颞叶皮层灰质部分。这一研究揭示了7.0 T MRI成像技术在检测库欣病相关的认知和精神症状的方面有潜在价值。

视交叉受压的PA患者的远端视觉结构的继发性损害可能导致视觉受损,但目前相关的研究甚少。Rutland等^[23]利用7.0 T MRI技术,研究了PA压迫视交叉导致的视野缺损与初级视皮层厚度的关系。他们发现,初级视皮层厚度与视野缺损呈正相关,即视野缺损越严重,对应的初级视皮层区域越薄。这一结果揭示了后视通路的改变可能导致视功能障碍,研究后视通路在减压术后视力恢复中的作用对预测垂体大腺瘤患者术后视野预后具有潜在意义。

肿瘤的一致性决定手术方法,影响肿瘤的切除率和复发率^[24]。有学者^[25-26]利用7.0 T MRI对PA的硬度进行了直接的影像学和组织病理学的相关分析,结果显示7.0 T MRI能够准确地区分质地软、中等和硬的PA,而且与组织学特征有显著的相关性。因此,7.0 T MRI在PA的术前评估和手术管理中具有较高的临床价值。

故而,超高场强磁共振能提高空间分辨率和信噪比,从而为临床提供更多解剖结构和病理信息,为PA的手术规划和预后评估提供重要的信息。

3 术中磁共振

多项研究表明,切除范围是影响PA患者预后的重要因素之一。然而,这取决于识别肿瘤的真实范围及其邻近结构。在这种情况下,磁共振成像是主要选择的模式,但由于脑脊膜切开后

的动态脑移位现象,不能完全依赖术前MRI扫描。iMRI的使用自诞生以来已成为外科医生的重要工具,它可以在术中实时定位肿瘤范围并识别残留病灶,从而最大限度地切除肿瘤。

iMRI可以提高垂体肿瘤全切率,改善视力恢复,降低术后并发症^[27-29]。Hlavá等^[5]回顾了他们在过去十年中使用iMRI进行PA切除术的经验,发现iMRI可以提高切除范围,并简化解剖定位和风险评估;他们还评估了患者的临床症状、内分泌结果和并发症,确定了残留肿瘤体积、Knosp分级和年龄能作为无进展生存的独立预测因子。

iMRI已被证明对内窥镜和显微镜手术技术具有互补作用。Pala等^[30]回顾性分析了经鼻内窥镜或显微镜辅助下应用iMRI技术治疗复发性PA的效果。结果显示,iMRI将肿瘤全切率从33.9%提高到了49.2%;作者还比较了两种手术方式,发现内窥镜技术能更好地保留垂体功能,减少并发症的发生。Patel等^[31]比较了使用iMRI和不使用iMRI的内窥镜经鼻垂体腺瘤切除术的结果,发现使用iMRI可以显著提高肿瘤全切率,并且使用iMRI并不增加术后的抗利尿激素或氢化可的松的使用需求。因此,iMRI对于内窥镜PA手术具有很高的应用价值。

iMRI目前在高收入国家已得到了广泛应用,但由于成本限制等原因,在中低收入国家(lower-middle-income countries, LMIC)仍未推广。有研究者^[32]报道了在LMIC使用超低场便携式磁共振成像(portable magnetic resonance imaging, pMRI)进行PA经蝶入路切除术的首例成功案例。该文介绍了pMRI的优点,如小体积、低成本、易操作、低磁场(0.064 T)等,以及其能在术中提供实时解剖影像、指导肿瘤切除范围、减少术后肿瘤复发和并发症等作用。因此,pMRI是一种有前途的技术,可以提高LMIC的神经外科能力和改善患者预后。

总体而言,iMRI在PA经蝶手术中的应用已被证明是安全有效的,并且有望对改善肿瘤生长控制率和减少术后肿瘤复发产生更长远的影响。

4 分子影像

MRI是显示PA及其周围关键结构的主要成像技术,然而,MRI并不总是能确定小体积肿瘤的残留或复发性PA的部位,也不能区分活动性肿瘤和术后组织重塑。在这些情况下,分子影像可以帮助精确定位功能性肿瘤,以指导靶向神经外科手术切除和/或立体定向放射外科手术^[33-35]。

Gillett等^[36]探讨了使用¹¹C-甲硫氨酸PET(¹¹carbon methionine positron emission tomography, Met-PET)减影技术定位促甲状腺激素细胞腺瘤的方法和效果,发现使用小脑作为参考区域进行归一化,并在药物治疗抑制肿瘤功能后进行两次Met-PET扫描,可以提高对比噪声比,从而更清晰地显示肿瘤的位置。Bashari等^[6]研究分子影像技术在常规MRI不能精确定位PA部位情况下的应用,发现结合分子(Met-PET、⁶⁸Ga-DOTATATE PET等)和横截面MRI模式的混合成像可以检测和精确定位活动性肿瘤的部位,以指导有针对性的干预。这不仅增加了在保留正常垂体功能的情况下实现术后完全缓解的可能性,而且可以减轻长期(甚至终身)高成本药物治疗的需要。

分子成像是MRI不确定或阴性的库欣病患者中的作用已经被提出,有些小组已经报道了Met-PET在肿瘤定位中的潜在效用,包括在持续或复发的病例中^[34]。Ding等^[37]利用⁶⁸Ga-pentixafor PET对库欣综合征的诊断和治疗的有效性进行了探索,发现该方法能够区分ACTH依赖性和非ACTH依赖性库欣综合征的不同亚型,并且与垂体-肾上腺轴的激素水平有显著相关;该研究还发现,库欣综合征患者的CXCR4信号通路在垂体-肾上腺轴上被激活,而非功能性垂体腺瘤或肾上腺腺瘤则没有⁶⁸Ga-pentixafor信号。该研究为库欣综合征的分子影像学诊断提供了新的方法和见解。有学者^[38]报道了一例6岁男孩的生长激素细胞腺瘤复发的诊断过程,由于MRI无法明确区分复发的腺瘤和术后肉芽组织,他们采用¹⁸F-氟乙基-L-酪氨酸PET(¹⁸F-fluoroethyl-L-tyrosine PET, ¹⁸F-FET PET)MRI技术,发现了两个增强的结节,证实了肿瘤复发的存在。

综上所述,分子影像可以在常规影像学无法确定肿瘤位置时,指导有针对性的手术或放射治疗,指导管理和随访。

5 小 结

垂体腺瘤的症状呈现多样化,因此要求多学科协作进行治疗。临床医生需要结合磁共振成像技术、设备和眼科的视力、视野、OCT等检查,来评估患者的视路损伤、制订治疗方案及预判术后视力。磁共振成像技术和设备包括DTI、7.0T MRI、iMRI和分子影像等,它们的不断发展为垂体腺瘤的形态、一致性、侵犯范围等特征提供了更多信息,同时为是否需要手术干预、疗效评估、肿瘤是否复发以及术后视功能评估等也提供了影像学可视性,从而增加了临床诊断治疗的选择。DTI能重建视觉通路,OCT技术可以分析视网膜变化,DTI和OCT联合使用,能较全面地了解整个视路的损伤程度,为临床制定诊疗策略提供参考依据。

参考文献

- [1] Karipidis K, Baaken D, Loney T, et al. The prevalence of pituitary adenomas: a systematic review[J]. *Cancer*, 2004, 101(3): 613-619.
- [2] 廖磊, 汤韬, 王良敏. MRI对垂体瘤的诊断及鉴别价值[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2019, 17(12): 8-10.
- [3] Anik I, Anik Y, Cabuk B, et al. Visual outcome of an endoscopic endonasal transsphenoidal approach in pituitary macroadenomas: quantitative assessment with diffusion tensor imaging early and long-term results[J]. *World Neurosurgery*, 2018, 112: e691-e701.
- [4] De Rotte AA, van der Kolk AG, Rutgers D, et al. Feasibility of high-resolution pituitary MRI at 7.0 tesla[J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(8): 2005-2011.
- [5] Hlavá M, Knoll A, Mayer B, et al. Ten years' experience with intraoperative MRI-assisted transsphenoidal pituitary surgery[J]. *Neurosurg Focus*, 2020, 48(6): E14.
- [6] Bashari WA, Senanayake R, MacFarlane J, et al. Using Molecular imaging to enhance decision making in the management of pituitary adenomas[J]. *J Nucl Med*, 2021, 62(Supplement 2): 57S-62S.
- [7] Song SK, Yoshino J, Le TQ, et al. Demyelination increases radial diffusivity in corpus callosum of mouse brain[J]. *NeuroImage*, 2005, 26(1): 132-140.
- [8] Mahmoud OM, Tominaga A, Amaty VJ, et al. Role of PROPELLER diffusion-weighted imaging and apparent diffusion coefficient in the evaluation of pituitary adenomas[J]. *Eur J Radiol*, 2011, 80(2): 412-417.
- [9] Cauley KA, Filippi CG. Diffusion-tensor imaging of small nerve bundles: cranial nerves, peripheral nerves, distal spinal cord, and lumbar nerve roots—clinical applications[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2013, 201(2): W326-W335.
- [10] Lilja Y, Gustafsson O, Ljungberg M, et al. Visual pathway impairment by pituitary adenomas: quantitative diagnostics by diffusion tensor imaging[J]. *J Neurosurg*, 2017, 127(3): 569-579.
- [11] Mohamadzadeh O, Sadrehosseini SM, Tabari A, et al. Can preoperative diffusion tensor imaging tractography predict the visual outcomes of patients with pituitary macroadenomas? A prospective pilot study[J]. *World Neurosurgery*, 2023, 172: e326-e334.
- [12] 成睿, 王文雄, 耿新, 等. 弥散张量成像描记视神经辅助垂体腺瘤手术[J]. *中国药物与临床*, 2021, 21(6): 911-913.
- [13] Wang FY, Wang P, Yang CX, et al. Correlation between the position of the pituitary stalk as determined by diffusion tensor imaging and its location as determined at the time of surgical resection of pituitary adenomas[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2020, 63(4): 504-512.
- [14] Pang Y, Tan Z, Mo W, et al. A pilot study of combined optical coherence tomography and diffusion tensor imaging method for evaluating microstructural change in the visual pathway of pituitary adenoma patients[J]. *BMC Ophthalmol*, 2022, 22(1): 115.
- [15] Menon S, Nair S, Kodnani A, et al. Retinal nerve fiber layer thickness and its correlation with visual symptoms and radiological features in pituitary macroadenoma[J]. *J Neurosci Rural Pract*, 2022, 14: 41-47.
- [16] 林帆, 梁丽红, 张海飞, 等. 弥散NODDI模型评估垂体大腺瘤增殖潜能的研究[J]. *临床放射学杂志*, 2021, 40(9): 1682-1686.
- [17] Stobo DB, Lindsay RS, Connell JM, et al. Initial experience of 3 Tesla versus conventional field strength magnetic resonance imaging of small functioning pituitary tumours: 3T MRI of small pituitary tumours[J]. *Clin Endocrinol*, 2011, 75(5): 673-677.
- [18] Vitale G, Tortora F, Baldelli R, et al. Pituitary magnetic resonance imaging in Cushing's disease[J]. *Endocrine*, 2017, 55(3): 691-696.
- [19] PATEL V, LIU C S J, SHIROISHI M S, et al. Ultra-high field magnetic resonance imaging for localization of corticotropin-secreting pituitary adenomas[J]. *Neuroradiology*, 2020, 62(8): 1051-1054.
- [20] Rutland JW, Delman BN, Feldman RE, et al. Utility of 7 tesla MRI for preoperative planning of endoscopic endonasal surgery for pituitary adenomas[J]. *J Neurol Surg B Skull Base*, 2021, 82(03): 303-312.
- [21] Eisenhut F, Schmidt MA, Buchfelder M, et al. Improved Detection of Cavernous Sinus Invasion of Pituitary Macroadenomas with Ultra-High-Field 7 T MRI[J]. *Life*, 2022, 13(1): 49.
- [22] Lee J, Li C, Liu CJ, et al. Ultra-high field 7 T MRI localizes regional brain volume recovery following corticotroph adenoma resection and hormonal remission in Cushing's disease: a case series[J]. *Surg Neurol Int*, 2022, 13: 239.
- [23] Rutland JW, Delman BN, Huang KH, et al. Primary visual cortical thickness in correlation with visual field defects in patients with pituitary macroadenomas: a structural 7-Tesla retinotopic analysis[J]. *J Neurosurg*, 2019, 18: 1-11.
- [24] 郭强, 翟海程, 蒋继虎. MR预测不同质地垂体腺瘤可靠性及其与胶原含量相关性研究[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2022, 20(6): 26-28.
- [25] Yao A, Rutland JW, Verma G, et al. Pituitary adenoma consistency: direct correlation of ultrahigh field 7T MRI with histopathological analysis[J]. *Eur J Radiol*, 2020, 126: 108931.
- [26] Rutland JW, Loewenstern J, Ranti D, et al. Analysis of 7-tesla diffusion-weighted imaging in the prediction of pituitary macroadenoma consistency[J]. *J Neurosurg*, 2021, 134(3): 771-779.
- [27] 谢森, 孟祥辉, 缪国专, 等. 术中磁共振成像在内镜经鼻蝶手术治疗复发性垂体腺瘤中的应用[J]. *中华神经外科杂志*, 2019, 35(2): 161-165.
- [28] Hlavá M, Knoll A, Etzrodt-Walter G, et al. Intraoperative MRI in transsphenoidal resection of invasive pituitary macroadenomas[J]. *Neurosurg Rev*, 2019, 42(3): 737-743.
- [29] Scherer M, Zerweck P, Becker D, et al. The value of intraoperative MRI for resection of functional pituitary adenomas—a critical assessment of a consecutive single-center series of 114 cases[J]. *Neurosurg Rev*, 2022, 45(4): 2895-2907.
- [30] Pala A, Knoll A, Schneider M, et al. The benefit of intraoperative magnetic resonance imaging in endoscopic and microscopic transsphenoidal resection of recurrent pituitary adenomas[J]. *Curr Oncol*, 2022, 29(1): 392-401.
- [31] Patel A, Dastagirzadeh Y, Benjamin C, et al. The value of intraoperative magnetic resonance imaging in endoscopic endonasal resection of pituitary adenoma[J]. *J Neurol Surg B Skull Base*, 2022, 83(6): 646-652.
- [32] Altaf A, Baqai MWS, Urooj F, et al. Intraoperative use of ultra-low-field, portable magnetic resonance imaging – first report[J]. *Surg Neurol Int*, 2023, 14: 212.
- [33] Koulouri O, Steuwe A, Gillett D, et al. A role for 11C-methionine PET imaging in ACTH-dependent Cushing's syndrome[J]. *Eur J Endocrinol*, 2015, 173(4): M107-M120.
- [34] Koulouri O, Kandasamy N, Hoole AC, et al. Successful treatment of residual pituitary adenoma in persistent acromegaly following localisation by 11C-methionine PET-CT co-registered with MRI[J]. *Eur J Endocrinol*, 2016, 175(5): 485-498.
- [35] Bashari WA, Senanayake R, Koulouri O, et al. PET-guided repeat transsphenoidal surgery for previously deemed unresectable lateral disease in acromegaly[J]. *Neurosurg Focus*, 2020, 48(6): E8.
- [36] Gillett D, Senanayake R, MacFarlane J, et al. Localization of TSH-secreting pituitary adenoma using 11C-methionine image subtraction[J]. *EJNMMI Res*, 2022, 12(1): 26.
- [37] Ding J, Tong A, Hacker M, et al. Usefulness of 68Ga-Pentixafor PET/CT on diagnosis and management of Cushing syndrome[J]. *Clin Nucl Med*, 2022, 47(8): 669-676.
- [38] Veldhuijzen van Zanten SEM, Neggers SJCM, Valkema R, et al. Positive [18F] fluoroethyltyrosine PET/MRI in suspected recurrence of growth hormone-producing pituitary adenoma in a paediatric patient[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 49(1): 410-411.

(收稿日期: 2023-11-09)

(校对编辑: 韩敏求)