

## PET/CT 在眼部肿瘤诊断中的应用

张蕾 综述 宋国祥 审校

**【摘要】** 正电子发射断层与计算机断层成像(PET/CT)是将 PET 与 CT 2 种图像加以融合, PET 提供病灶的代谢信息, CT 显示病灶的解剖特征。利用 PET/CT 进行一次扫描可获得全身断层图像, 可以高度敏感地反映体内生理及生化过程并对其精确定位。自 1998 年 PET/CT 机用于医疗体系以来, 作为临床上重要的影像学诊断工具, 近年来已被逐渐应用于检测眼部肿瘤, 如脉络膜黑色素瘤、脉络膜转移癌、视网膜母细胞瘤、眼部淋巴瘤、泪腺腺样囊性癌等。就 PET/CT 的原理、标准摄取值(SUV)在临床中的应用价值以及 PET/CT 在眼部的临床应用进展进行综述。

**【关键词】** 正电子发射断层与计算机断层成像;  $^{18}\text{F}$ -氟代脱氧葡萄糖; 标准摄取值; 眼部肿瘤

### Application of positron emission tomography/computed tomography in the diagnosis of ocular tumors

Zhang Lei, Song Guoxiang. Tianjin Key Laboratory of Ophthalmology and Vision Science, Tianjin Eye Institute, Tianjin Eye Hospital, Clinical College of Ophthalmology, Tianjin Medical University, Tianjin 300020, China

Corresponding author: Zhang Lei, Email: zhanglei425311@163.com

**【Abstract】** Positron emission tomography and computed tomography (PET/CT) fusion combines the advantages of both imaging modalities (quantification of metabolic activity and anatomic localization of tumor). With once scan, whole-body imagings can obtain with highly sensitivity to reflect the physiological and biochemical processes of the body and accurate position about the lesions. As an important clinical imaging diagnostic tool, since the first combined PET/CT scanner introduced to the medical community in 1998, it's has been gradually applied in the detection of ophthalmic tumors in recent years, such as choroidal melanoma, choroidal metastatic carcinoma, retinoblastoma, ocular lymphoma, adenoid cystic carcinoma of lacrimal gland etc. In this paper, the principle of PET/CT, the clinical application value of standardized uptake value (SUV) and the clinical application of PET/CT in ocular tumors were summarized.

**【Key words】** Positron emission tomography and computed tomography; Fluorine-18-labeled fluorodeoxyglucose; Standardized uptake value; Ocular tumor

近十年以来, 正电子发射断层与计算机断层成像(positron emission tomography and computed tomography, PET/CT)检查广泛开展, 在人体各系统均有应用, PET/CT 是将 PET 与 CT 2 种不同成像原理的设备同机组合, 其功能并不是简单地相加, 而是在此基础上进行图像融合, 融合后的图像既有丰富的生理功能信息, 又有精细的解剖结构, 在早期诊断和准确性方面较单独的 PET 或 CT 检查均有提高。目前广泛应用于肿瘤疾病、冠状动脉粥样硬化性心脏病和神经系统疾病等方面, 尤其在肿瘤的诊断、分期和治疗方面起着至关重要的作用。近年来 PET/CT 在眼科疾患, 尤其是眼部肿瘤的检测、分期、转移和随访观察中逐渐得到重视。本文就 PET/CT 的原理、标准摄取值(standardized

uptake value, SUV)在临床中的应用价值以及 PET/CT 在眼部的临床应用进展进行概述。

### 1 PET/CT 成像原理

PET/CT 可同时提供功能显像和解剖显像, 是目前影像诊断技术中最为理想的结合。PET 是一种利用放射性核素示踪技术分析组织生物化学, 即器官功能、血流和代谢变化情况的影像学技术, 可以检查出不同病灶的代谢活性, 从而为鉴别诊断提供重要信息。葡萄糖是人体细胞能量的主要来源之一, 恶性肿瘤代谢活性高, 摄取的葡萄糖远多于其他正常组织, 利用这一特性, 在葡萄糖类化合物上标记带有放射活性的元素, 摄入人体后, 该元素便集聚在代谢水平较高的器官和病灶内。目前临床应用最广泛的显像剂是  $^{18}\text{F}$ -氟代脱氧葡萄糖(fluorine-18-labeled fluorodeoxyglucose,  $^{18}\text{F}$ -FDG), 将此显像剂注入静脉内, 经体内循环, 被代谢活性远高于正常组织细胞的恶性肿瘤摄取, 大量  $^{18}\text{F}$ -FDG 被积聚, 后者通过带有核标记的脱氧葡萄糖

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.04.019

作者单位:300020 天津医科大学眼科临床学院 天津市眼科医院  
天津市眼科研究所 天津市眼科学与视觉科学重点实验室(张蕾);  
300000 天津医科大学第二医院眼科(宋国祥)

通信作者:张蕾, Email: zhanglei425311@163.com

发射正电子并与邻近组织的电子发生作用,产生一对伽玛光子,再通过仪器扫描探测并传给计算机,计算机将信号处理成可视图像,使我们可以清晰地看到病变处会有“发光”迹象,即病变细胞在集中不停地“吞噬”注射药剂,从而简单且准确地判断出病变位置和代谢水平。CT 则能对 PET 发现的病灶进一步精确解剖定位,两者有机结合,即可看出人体的各个部位是否有异常,从而达到早期诊断的目的<sup>[1]</sup>。

## 2 SUV 的测定及影响因素

SUV 是目前专用型 PET 在肿瘤诊断中常用的定量指标。计算公式为:  $SUV = \text{病灶的比活度 (uCi/mL)} / [\text{注射剂量 (mCi)} / \text{体质量 (kg)}]$ <sup>[2]</sup>。该公式描述的是病灶处对放射性药物的摄取与全身平均摄取之比,可以较客观地反映 FDG 在体内的代谢情况。

SUV 或 FDG 的摄取与葡萄糖的代谢、肿瘤增生、肿瘤组织的病理学类型及分化程度均有相关性。大多数学者将  $SUV \geq 2.5$  作为判断良恶性的相对客观指标,对结果判断有很大参考价值<sup>[3-5]</sup>。在对 461 例头颈部肿瘤患者的 PET/CT 研究中,将研究对象分为高 SUV 组和低 SUV 组进行比较,分析其总生存率、无病生存率及局部控制率,结果显示 SUV 可能是头颈部鳞癌的独立预后因素<sup>[6]</sup>。但理论上不同病理类型的肿瘤、同种病理类型不同分化程度的肿瘤,FDG 代谢不同,恶性程度越高,其 SUV 就越高,不同组织及肿瘤使用同一标准难免增加误诊率。

## 3 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 在眼科的应用

CT 是以密度表现的解剖图像,能精确地显示病变的位置和形态,但不能确定其病理生理状况。PET 显示病变的代谢水平,对病变的形态学表现不够精确。PET/CT 将 2 幅图像融合为一,提升了二者的优势,弥补了彼此的不足,提高了正确诊断率,并可显示肿瘤的恶性程度。眼及其附属器就人体而言属于小器官,病变相对较小,定性和定位诊断有一定难度。PET/CT 眼部应用主要的临床优势包括:(1)更好地定位正常和异常组织结构的代谢活动。(2)更好地识别炎性病灶以及 CT 可见而 PET 阴性的病灶(尤其是骨内病变)。(3)发现偶发异常并明确其良恶性。(4)精确定位活检及放射治疗部位<sup>[7]</sup>。

### 3.1 眼部生理性 <sup>18</sup>F-FDG 摄取及其影响因素

关于眼部组织生理性 <sup>18</sup>F-FDG 摄取值目前尚未建立标准的测量模式,然而我们需要对眼部组织生理性 <sup>18</sup>F-FDG 摄取值提供正常范围标准以与病变相鉴别。2005 年, Burrell 等<sup>[8]</sup>提出眶尖及整条眼外肌的生理性 <sup>18</sup>F-FDG 摄取值常高于眼部其他组织,2 年后 Zincirkeser 等<sup>[9]</sup>的研究与 Uematsu 等<sup>[10]</sup>的研究不谋而合,均提出眼外肌、口腔肌和咽喉肌 <sup>18</sup>F-FDG 摄取值差异。观察眼眶肿瘤时,要特别注意生理性高摄取的正常组织结构,避免与病理高集聚相混淆<sup>[11]</sup>。

最近的一项研究提出,炎症活动期会影响眼外肌 <sup>18</sup>F-FDG 的摄取,该研究将 16 例进展期 Graves 眼病患者和 35 名正常人双眼的眼外肌 SUV 进行比较,正常人上直肌、下直肌、内直肌、外直肌、上斜肌 <sup>18</sup>F-FDG 摄取值分别为  $2.01 \pm 0.61$ 、 $1.98 \pm 0.58$ 、

$1.84 \pm 0.45$ 、 $1.86 \pm 0.44$  和  $1.77 \pm 0.48$ , Graves 眼病患者的 <sup>18</sup>F-FDG 摄取值分别为  $3.36 \pm 1.23$ 、 $3.50 \pm 1.71$ 、 $3.52 \pm 1.44$ 、 $3.04 \pm 1.55$  和  $3.63 \pm 1.23$ ,正常人与 Graves 眼病患者比较差异均有统计学意义<sup>[12]</sup>。反之,我们可以利用 PET/CT 鉴定炎症活动期与静止期,活动期的炎症反应可引起血管扩张、血流加快并导致相应局部 <sup>18</sup>F-FDG 摄取增加,而非炎症期的血管闭锁、纤维化,FDG 的摄取大大降低。Nghy 等<sup>[13]</sup>则指出脑部异常可能影响球后组织的 <sup>18</sup>F-FDG 摄取值,该研究对 15 名健康志愿者和 35 例肺癌患者(其中 14 例无脑转移,21 例脑转移,MRI 检查眼球及眼眶均无异常)进行对比研究,每位研究对象行全身 PET/CT 扫描,结果显示 15 名健康志愿者中有 14 人球后 SUV 正常(平均值为  $1.2 \pm 0.3$ ),12 例(占 86%)肺癌无脑转移者球后 SUV 亦无增高,2 个组差异无统计学意义。21 例肺癌伴脑转移者中 17 例(占 81%)患者出现球后 SUV 升高,与健康志愿者及肺癌无脑转移者比较,差异均有统计学意义。Nakamura 等<sup>[14]</sup>以 102 例头颈部恶性肿瘤患者为研究对象,比较头颈部病理性与生理性 <sup>18</sup>F-FDG 摄取值的差异,该研究指出眼外肌生理性 FDG 摄取值较高,并将  $SUV_{max} 10.0$  作为判断眼外肌生理性与病理性 FDG 摄取的临界值,但遗憾的是该研究对象为头颈部恶性肿瘤患者,而未与正常人群比较,但该研究提出同一组织的高摄取区域  $SUV_{max}$  和低摄取区域  $SUV_{max}$  比率是鉴别肿瘤的有用提示,生理性摄取比率不会大于 1.5,其中眼外肌的比率为  $1.00 \sim 1.44$ ,平均为  $1.12 \pm 0.09$ ,当比率  $\geq 1.5$  时应高度怀疑肿瘤的可能。另外,眼外肌的收缩,眼球运动,增加了葡萄糖的利用,可明显提高 SUV 值。

### 3.2 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 技术在眼内肿瘤诊断中的应用

**3.2.1 脉络膜黑色素瘤** 研究发现,黑色素瘤细胞 <sup>18</sup>F-FDG 的摄取受细胞增生率、酶活性(如己糖激酶)、细胞膜的葡萄糖转运载体等因素的影响<sup>[15]</sup>。Reddy 等<sup>[16]</sup>发现黑色素瘤体积对于 <sup>18</sup>F-FDG 摄取也有影响,该研究按照美国癌症分期联合委员会(American Joint Committee on Cancer, AJCC)制定的标准对 50 例未经治疗的脉络膜黑色素瘤进行分期并行 <sup>18</sup>F-FDG 全身 PET/CT 显像,结果发现 SUV 大于 2.5 者仅有 14 例(占 28%),T1 期黑色素瘤无一被 PET/CT 检出,而 T2 和 T3 期肿瘤中分别有 33% 和 75% 被检出,研究结论推断 PET/CT 在确诊脉络膜黑色素瘤方面并不比现有的其他临床辅助检查有优越性。而且, SUV 与年龄、性别、位置等因素无关,而与脉络膜黑色素瘤的大小呈正相关,从而无法鉴别小的脉络膜黑色素瘤与脉络膜痣。Faia 等<sup>[17]</sup>对 14 例大脉络膜黑色素瘤患者的回顾性研究得到了相似的结果, <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 在所有患者中皆有阳性发现,且肿瘤越大, SUV 越高,提示其生物活性越强;另外,该研究发现细胞类型和组织学因素也可能影响 SUV,混合细胞型以及肿瘤内部坏死导致炎症反应时, SUV 往往较高。然而也有一些研究提出与上述研究相反的结论:一项由 Beyer 等<sup>[18]</sup>开展的研究表明, <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 显像可以全部检出入选的  $0.2 \sim 1.5$  ml 的小脉络膜黑色素瘤。Romero-Aroca 等<sup>[19]</sup>报告 1 例  $16 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$  坏死性脉络膜黑色素瘤,术前 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 检查则显示为低代谢。综合上述结论, PET/CT 并非对所有原发于眼内

的黑色素瘤具有显像价值,尤其是对于微小肿瘤的检测灵敏度还有待进一步研究与证实,且目前尚缺乏一种针对脉络膜黑色素瘤分期的前瞻性或比较性研究来探讨全身 PET/CT 显像较其他影像学检查的相对优势。

**3.2.2 脉络膜转移癌** 脉络膜转移癌是常见的成人眼内恶性肿瘤,然而在临床中更为多见的却是脉络膜黑色素瘤,这是由于相当一部分脉络膜转移癌患者由于伴有身体其他部位的病灶,从而降低了眼科的就诊率<sup>[20-21]</sup>。研究表明,就诊的脉络膜转移癌患者中约 1/3 是以眼科症状为首诊,且约有 50% 的患者找不到原发灶<sup>[20,22]</sup>,新兴的 PET/CT 显像技术有望提高原发灶的确诊率和减少脉络膜转移癌的漏诊率。Donaldson 等<sup>[23]</sup>对 4 例脉络膜转移癌患者行全身 PET/CT 检查,结果发现 PET/CT 能够检测到全部的眼部病变,而其中 2 例 PET/CT 更显示了 CT 或 MRI 漏诊的原发灶。研究结果提示,PET/CT 在寻找脉络膜转移癌的原发灶方面优于其他影像学检查技术,并能适应于 MRI 禁忌证患者,但是 PET/CT 亦有假阳性和假阴性结果出现,因此检查时必须与临床检查及其他影像学检查相结合。因相关报道甚少,PET/CT 在成为脉络膜转移癌常规检查手段前仍需要进一步研究。

### 3.3 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 技术在眼附属器肿瘤中的应用

**3.3.1 视网膜母细胞瘤眼外期** Moll 等<sup>[24]</sup>在尝试利用 PET 诊断眼内期视网膜母细胞瘤 (retinoblastoma, RB) 的研究中发现,PET 对平均直径为 11.7 mm 眼内 RB 显像价值极有限。对于国际视网膜母细胞瘤分期系统 (International Retinoblastoma Staging System, IRSS) III 期的 RB 患儿,临床一般采用 CT 联合 MRI 来观察眼眶和脑部病灶的疗效,但眼眶和脑部 CT 联合 MRI 检查不能兼顾非中枢神经系统的转移病灶。采用 PET/CT 可以减少头部以外 RB 转移灶的漏诊,但尚未发现两者的比较性研究。Radhakrishnan 等<sup>[25]</sup>针对 IRSS III 期的 RB 患儿采用 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 进行分期和化学疗法疗效评估的前瞻性研究,25 例 IRSS III 期 RB 患儿行化学疗法治疗前行全身 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT1 检查,其中 21 例患儿在 3 个周期的化学疗法治疗后行 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT2 检查。将化学疗法治疗前 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT1 分期结果与常规分期方法进行比较,采用欧洲癌症治疗研究组织制定的准则对化学疗法治疗后 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT2 检查结果进行疗效评估,结果显示除了 5 例双侧 RB 外(一眼是眼外期,另一眼为眼内期,眼内期的肿瘤未显示 FDG 摄取增加,似乎 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 对眼内 RB 的检测并不敏感),所有患儿的眼外肿瘤病灶均显示 FDG 摄取值增加。22 例 IRSS III A 期的患儿临床检查未发现颈部淋巴结转移,行 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT1 发现 3 例有颈部淋巴结 FDG 摄取增加。3 例病理学检查确诊颈部淋巴结转移的 IRSS III B 期的患儿中有 2 例 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT1 未能显示相应受累淋巴结有 <sup>18</sup>F-FDG 摄取。但统计学分析结果显示,使用常规分期和使用 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT1 分期的 IRSS III A 期和 III B 期患儿无病生存率和总体生存率差异均无统计学意义。8 例 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT1 检查有视神经 FDG 摄取的患儿其无病生存率及总体生存率低于 17 例无视神经摄取的患儿。21 例行 PET/CT2 检查的疗效评估中,17 例显示完全或部

分有效患儿的无病生存率和总体生存率高于 4 例病情恶化的患儿。研究结果提示,对于 IRSS III 期的 RB 患儿,视神经的 <sup>18</sup>F-FDG 摄取值对于化学疗法的疗效观察有一定的帮助,进行 PET/CT 检查可提供有效的疗效及预后评估。

**3.3.2 淋巴瘤** 淋巴瘤是常见的成人眼眶原发性恶性肿瘤<sup>[26]</sup>,眼球及附属器均可受累,眼部淋巴瘤常发生于泪腺和结膜,约占结外淋巴瘤的 8%,研究显示 PET 可用于淋巴瘤(包括霍奇金和非霍奇金类型)的分期、疗效评估、复发、制定活检及放射疗法方案<sup>[27-29]</sup>。眼部淋巴瘤常见的亚型是黏膜相关性淋巴瘤 (mucosa-associated lymphoid tissue, MALT) 淋巴瘤,恶性程度低,通常来说 <sup>18</sup>F-FDG FDG 摄取较低,所以可能会导致假阴性结果,临床上通常使用体格检查、血液检查、增强 CT、MRI 和骨髓穿刺等<sup>[30]</sup>手段检查,但有研究发现在眼眶淋巴瘤和其他结外淋巴瘤检测全身病灶方面,<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 的敏感度优于 CT<sup>[31]</sup>。Matsuo 等<sup>[32]</sup>报道应用 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 可以检测到结膜细小的 MALT 淋巴瘤病灶。Suga 等<sup>[33]</sup>在眼附属器 MALT 淋巴瘤的研究中发现,<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 优于 MRI,能够检测到眶内及胃部病变。Roe 等<sup>[30]</sup>报道了 4 例眼眶 MALT 淋巴瘤,其中 3 例(占 75%)可以检测到眶内病变,2 例(占 50%)可以检测到全身其他部位的病灶,推断 PET/CT 有助于对眼附属器淋巴瘤的诊断、分期和再分期,并有助于鉴别非典型淋巴性增生、MALT 淋巴瘤和其他侵袭性更强的淋巴瘤分型。滤泡性淋巴瘤是另一种好发于眼部的淋巴瘤亚型,属于低恶性度 B 细胞淋巴瘤,首诊约 42% 的患者伴随眶外病灶,研究证实 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 有助于评估眶内滤泡性淋巴瘤的病灶大小,并有助于检测眶外病灶<sup>[34]</sup>。可以预见,全身 PET/CT 对诊断原发眼附属器恶性肿瘤的价值将日益突显,尤其有助于早期发现全身病灶,利于肿瘤分期和预后评估。

**3.3.3 泪腺腺样囊性癌** Baek 等<sup>[35]</sup>研究指出,PET/CT 可以同时识别泪腺腺样囊性癌的原发灶和远处转移灶,该研究还指出,在眶周恶性肿瘤淋巴结转移的探测上,<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 的敏感性、阳性预测值、阴性预测值及诊断正确率均高于 CT。<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 更高的灵敏度使其对于评价局部淋巴结转移,尤其在眶周恶性肿瘤随访过程中或能成为不可或缺的影像学手段。Wild 等<sup>[36]</sup>则提出,在复发性低分化泪腺腺样囊性癌中,与 MRI 相比,PET/CT 在检出局部复发灶方面并无优势。

**3.3.4 眼睑皮脂腺癌** 检测眼睑皮脂腺癌转移的方法有很多,包括 CT、针吸穿刺活检、前哨淋巴结活检等<sup>[37]</sup>。Krishna 等<sup>[38]</sup>报道了 2 例采用 PET/CT 对眼睑皮脂腺癌进行成功分期的报道,其中 1 例下眼睑皮脂腺癌患者,<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 检查发现下颌骨、锁骨上、纵隔、腹膜后淋巴结的高摄取。Baek 等<sup>[35]</sup>报道了 15 例眶周恶性肿瘤,其中 5 例为上睑皮脂腺癌,4 例皮脂腺癌局部淋巴结受累,<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 全部检出,研究结果提示检测眼睑皮脂腺癌局部淋巴结是否受累,<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 较 CT 更有优势。

**3.3.5 结膜鳞状细胞癌** 关于 <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 在眼睑或结膜鳞状细胞癌 (squamous cell carcinoma, SCC) 的应用方面研究甚少,Abdelmalik 等<sup>[39]</sup>进行的病例报告重点介绍了 <sup>18</sup>F-FDG



PET/CT 对于球结膜 SCC 的检测,结果显示下颌、纵隔后和腹部淋巴结<sup>18</sup>F-FDG 摄取值增高。该病例报告阐述了<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 能够检测原发结膜 SCC 和局部转移,但并未进一步与其他检查手段进行比较研究。在一项对 82 例复发性头颈部 SCC 的研究中发现,在检测远处转移方面,<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 敏感度可达到 86%,特异性达 84%<sup>[40]</sup>。在一项头颈部 SCC 的病例-对照研究中发现,使用<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 进行初次分期制定治疗计划的患者,其生存率明显高于未使用<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 的患者<sup>[41]</sup>。

**3.3.6 结膜黑色素瘤** Kurli 等<sup>[42]</sup>报道了<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 在 14 例局部浸润性结膜黑色素瘤中的应用,包括 13 例 T3 期和 1 例 T4 期患者,半数患者治疗前接受了 PET/CT 检查,半数在手术切除联合辅助性冷冻和/或化学疗法后接受<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 检查。T4 期患者治疗后进行<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 检查,结果显示为累及肝脏的全身广泛转移,利用<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 检查该患者分期可精确到 T4N1M4。然而,其余 13 例 T3 期患者的<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 检查均提示阴性结果,作者推断<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 在结膜黑色素瘤初步诊断分期的作用不大,但可能有助于再分期和随访。Baek 等<sup>[35]</sup>报道的 2 例结膜黑色素瘤患者的随访中,使用<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 可成功识别局部淋巴结转移,该研究又对 1 例上睑黑色素瘤患者行<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 检查未发现全身其他病灶,眶内容手术联合放射疗法 15 个月复查<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 提示局部复发,但与其他临床检查手段相比无明显优势。

#### 4 PET/CT 眼部应用的展望和限制

综上所述,PET/CT 作为眼部诊断、分期和疗效评估的一项新兴影像学诊断方法,用于检测原发性眼部肿瘤似乎并无太大优势,Hui 等<sup>[43]</sup>在研究 PET/CT 对眼内及眼眶原发肿瘤诊断和分期的应用中强调,PET/CT 可以检测到常规影像学检查不能检出的远处转移病灶,但 PET/CT 对于眼内及眼眶原发肿瘤的应用价值不一定会比常规影像学检查更有优势,在实际的眼科临床工作中,PET/CT 应当与临床资料及其他影像学信息相结合进行综合分析。另一方面,当我们手术发现恶性肿瘤后,迫切想要确定有无转移,这关系到术后治疗,同样患者也经常追问这一问题。为了解有无转移,我们往往行多种影像学检查,如胸部 X 射线片、腹部彩色多普勒超声、颅脑 MRI 和骨骼系统 ECT 检查;如能进行 PET/CT 扫描,一次检查全身显像,通过定量分析,能提供有价值的功能和代谢方面的信息,尤其适用于代谢旺盛的高度恶性肿瘤,同时可提供精确的解剖信息,帮助确定和查找肿瘤的精确位置,其检查结果比单独的 PET 或 CT 检查有更高的准确性。对于怀疑眼部转移癌患者,PET/CT 检查有助于确立诊断,以减免不必要的眼球摘除,即便摘除眼球得到眼部转移癌的病理诊断,利用 PET/CT 找到原发灶和其他转移灶,对以后处理也是必要的。

在恶性肿瘤的治疗方面,多年来尽管人们一直在坚持不懈地努力寻找更为有效、不良反应更少的治疗措施和方案,放射疗法和化学疗法仍然是继手术之后的主要治疗手段。如何在

恶性肿瘤治疗的前、中、后过程中,对放射疗法和化学疗法等的疗效进行及时而准确的评估,从而做出更为准确的选择,维持或更改治疗方案,对患者的疾病控制和生存质量提高均十分重要。PET/CT 的出现使得人们能够从细胞代谢活性角度来观察和预测放射疗法、化学疗法的疗效,其优越性正在逐渐引起人们越来越多的重视,使用 PET/CT 可以在治疗前预测肿瘤对放射疗法或化学疗法的近期反应和远期疗效,协助选择更好的治疗方案;可在治疗过程中对疗效进行早期预测,以避免不必要的无效治疗,及时更改治疗方案;判断治疗后病灶有无残留或复发,以指导是否需要进一步治疗。

使用 PET/CT 也有一些不足:(1)对小病灶的显示不足受部分容积效应影响,PET/CT 可能对 FDG 摄取值的测定偏低,从而降低敏感性,另一方面,肿瘤的高 FDG 摄取常造成肿瘤和正常或非存活组织之间的高对比,这种高对比显示较 CT 图像明显,可造成分辨率差异效应的过补偿,使 PET 的整体检测敏感性偏高。(2)非特异性摄取 由于 FDG 的高摄取并不是肿瘤细胞的特异性改变,有时也可见于炎性细胞和巨噬细胞,造成局部炎症区的假阳性,限制了 PET/CT 检查的特异性。(3)评价 FDG 摄取的指标众多 目前尚无研究表明这些方法对疗效评估是否具有相同的敏感性,各种方法均受不同影响因素的制约,需要寻找更为切实可行、方法简便且与组织学改变和临床预后相关性更好的指标<sup>[44]</sup>。

#### 参考文献

- [1] Bomanji JB, Costa DC, Eu PJ. Clinical role of positron emission tomography in oncology[J]. Lancet Oncol, 2001, 2(3): 157-164. doi: 10.1016/S1470-2045(00)00257-6.
- [2] Finger PT, Chin K, Jacob CE. 18-Fluorine-labelled 2-deoxy-2-fluoro-D-glucose positron emission tomography/computed tomography standardized uptake values: a non-invasive biomarker for the risk of metastasis from choroidal melanoma[J]. BJO, 2006, 90(10): 12263-12266. doi: 10.1016/j.j.fss.2006.01.005.
- [3] Bunyaviroch T, Coleman RE. PET evaluation of lung cancer[J]. Nucl Med, 2006, 47(3): 451-469.
- [4] Blodgett T, Meltzer CC, Townsend DW. PET/CT: form and function[J]. Radiology, 2007, 242(2): 360-385. doi: 10.1148/radiol.2422051113.
- [5] Fletcher JW, Djulbegovic B, Soares HP, et al. Recommendations on the use of <sup>18</sup>F-FDG PET in oncology[J]. J Nucl Med, 2008, 49(3): 480-508. doi: 10.2967/jnumed.107.047787.
- [6] 李明耀, 朱小东, 徐国增, 等. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 显像 SUV 值与头颈部鳞癌预后关系的 Meta 分析[J]. 中国癌症防治杂志, 2010, 2(4): 290-295. doi: 10.3969/j.issn.1674-5671.2010.04.12.
- [7] Griffith LK. Use of PET/CT scanning in cancer patients: technical and practical considerations[J]. BUMC Proc, 2005, 18(4): 321-330.
- [8] Burrell SC, van den Abbeele AD. 2-deoxy-2-[<sup>18</sup>F-18] fluoro-D-glucose-positron emission tomography of the head and neck: an atlas of normal uptake and variants[J]. Mol Imaging Biol, 2005, 7(3): 244-256. doi: 10.1007/s11307-005-4112-z.
- [9] Zincirkeser S, Sahin E, Halac M, et al. Standardized uptake values of normal organs on 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography and computed tomography imaging[J]. J Int Med Res, 2007, 35(2): 231-236.
- [10] Uematsu H, Sadato N, Yonekura Y, et al. Coregistration of FDG PET and MRI of the head and neck using normal distribution of FDG[J]. J Nucl Med, 1998, 39(12): 2121-2127.
- [11] Shreve PD, Anzai Y, Wahl RL. Pitfalls in oncologic diagnosis with FDG

- PET imaging: physiologic and benign variants [J]. *Radiographics*, 1999, 19(1): 61-77.
- [12] García-Rojas L, Adame-Ocampo G, Alexánder E, et al. 18-Fluorodeoxyglucose uptake by positron emission tomography in extraocular muscles of patients with and without Graves' ophthalmology [J/OL]. *J Ophthalmol*, 2013, 2013: 529187 [2014-04-23]. <http://www.hindawi.com/journals/joph/2013/529187/>. doi:10.1155/2013/529187.
- [13] Nghi C, Isin A, Mohamed S, et al. Increased <sup>18</sup>F-FDG uptake in the posterior ocular bulb is associated with brain metastasis: A Retrospective Study [J]. *AJR*, 2008, 191(6): 268-274. doi:10.2214/AJR.07.3547.
- [14] Nakamura S, Okochi K, Murata Y, et al. [F-18] Fluorodeoxyglucose-PET/CT differentiation between physiological and pathological accumulations in head and neck [J]. *Nucl Med Commun*, 2009, 30(7): 498-503. doi:10.1097/MNM.0b013e3283299a52.
- [15] Yamada K, Brink I, Bisse E, et al. Factors influencing [F-18] 2-fluoro-2-deoxy-D-glucose (F-18 FDG) uptake in melanoma cells; the role of proliferation rate, viability, glucose transporter expression and hexokinase activity [J]. *J Dermatol*, 2005, 32(5): 316-334. doi:10.1111/j.1346-8138.2005.tb09093.x.
- [16] Reddy S, Kurli M, Tena LB, et al. PET/CT imaging: detection of choroidal melanoma [J]. *Br J Ophthalmol*, 2005, 89(10): 1265-1269. doi:10.1136/bjo.2005.066399.
- [17] Faia U, Pulido JS, Donaldson MJ, et al. The relationship between combined positron emission tomography/computed tomography and clinical and light microscopic findings in choroidal melanoma [J]. *Retina*, 2008, 28(5): 763-769. doi:10.1097/IAE.0b013e3181631937.
- [18] Beyer T, Pietrzyk U, Knoess C, et al. Multi-modality imaging of uveal melanomas using combined PET/CT, high-resolution PET and MR imaging [J]. *Nuklearmedizin*, 2008, 47(2): 73-79. doi:10.3413/nukmed-0128.
- [19] Romero-Aroca P, Montero-Jaime M, Intriago B, et al. <sup>18</sup>F-FDG-PET/CT assessing the absence of cell viability and excluding metastatic disease in a case of necrotic choroidal melanoma [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2012, 22(2): 288-292. doi:10.5301/ejo.5000016.
- [20] Singh AD. *Clinical ophthalmic oncology* [M]. Philadelphia: WB Saunders Co, 2007: 314-358.
- [21] Shields JA, Shields CA. *Intraocular tumors: Atlas and textbook* [M]. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008: 198-227.
- [22] Shields CL, Shields JA, Gross NE, et al. Survey of 520 eyes uveal metastases [J]. *Ophthalmology*, 1997, 104(8): 1265-1276. doi:10.1016/S0161-6420(97)30148-1.
- [23] Donaldson MJ, Pulido JS, Mullan BP, et al. Combined positron emission tomography/computed tomography for evaluation of presumed choroidal metastases [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2006, 34(9): 846-851. doi:10.1111/j.1442-9071.2006.01364.x.
- [24] Moll AC, Hoekstra OS, Imhof SM, et al. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography (PET) to detect vital retinoblastoma in the eye: preliminary experience [J]. *Ophthalmic Genet*, 2004, 25(1): 31-35. doi:10.1076/opge.25.1.31.29001.
- [25] Radhakrishnan V, Kumar R, Malhotra A, et al. Role of PET/CT in staging and evaluation of treatment response after 3 cycles of chemotherapy in locally advanced retinoblastoma: a prospective study [J]. *J Nucl Med*, 2012, 53(2): 191-198. doi:10.2967/jnumed.111.095836.
- [26] Freeman C, Berg JW, Cutler SJ. Occurrence and prognosis of extranodal lymphomas [J]. *Cancer*, 1972, 29(1): 252-260. doi:10.1002/1097-0142.
- [27] Tatsumi M, Miller JH, Wahl RL. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT in evaluating non-CNS pediatric malignancies [J]. *J Nucl Med*, 2007, 48(12): 1923-1931. doi:10.2967/jnumed.107.044628.
- [28] Depas G, De Barys C, Jerusalem G, et al. <sup>18</sup>F-FDG PET in children with lymphomas [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2005, 32(1): 31-38. doi:10.1007/s00259-004-1604-z.
- [29] Stauss J, Franzius C, Pfluger T, et al. Guidelines for <sup>18</sup>F-FDG PET and PET-CT imaging in paediatric oncology [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2008, 35(8): 1581-1588. doi:10.1007/s00259-008-0826-x.
- [30] Roe RH, Finger PT, Kurli M, et al. Whole-body positron emission tomography/computed tomography imaging and staging of orbital lymphoma [J]. *Ophthalmology*, 2006, 113(10): 1854-1858. doi:10.1016/j.ophtha.2006.04.029.
- [31] Ilica AT, Kocacelebi K, Savas R, et al. Imaging of extranodal lymphoma with PET/CT [J]. *Clin Nucl Med*, 2011, 36(10): 127-138. doi:10.1097/RLU.0b013e31821e99cd.
- [32] Matsuo T, Ichimura K, Tanaka T, et al. Conjunctival lymphoma can be detected by FDG PET [J]. *Clin Nucl Med*, 2012, 37(5): 516-519. doi:10.1097/RLU.0b013e31823ea96d.
- [33] Suga K, Yasuhiko K, Hiyama A, et al. F-18 FDG PET/CT findings in a patient with bilateral orbital and gastric mucosa-associated lymphoid tissue lymphomas [J]. *Clin Nucl Med*, 2009, 34(9): 589-593. doi:10.1097/RLU.0b013e3181b06c03.
- [34] Chan-Kai BT, Yen MT. Combined positron emission tomography/computed tomography imaging of orbital lymphoma [J]. *Am J Ophthalmol*, 2005, 140(3): 531-513. doi:10.1016/j.ajo.2005.02.044.
- [35] Baek CH, Chung MK, Jeong HS, et al. The clinical usefulness of (18) F-FDG PET/CT for the evaluation of lymph node metastasis in periorbital malignancies [J]. *Korean J Radiol*, 2009, 10(1): 1-7. doi:10.3348/kjr.2009.10.1.1.
- [36] Wild D, Eyrich GK, Ciernik IF, et al. In-line (18) F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography with computed tomography (PET/CT) in patients with carcinoma of the sinus/nasal area and orbit [J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2006, 34(1): 9-16. doi:10.1016/j.jcms.2005.08.001.
- [37] Husain A, Blumenschein G, Esmali B. Treatment and outcomes for metastatic sebaceous cell carcinoma of the eyelid [J]. *Int J Dermatol*, 2008, 47(3): 276-279. doi:10.1111/j.1365-4632.2008.03496.x.
- [38] Krishna SM, Finger PT, Chin K, et al. 18-FDG PET/CT staging of ocular sebaceous cell carcinoma [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2007, 245(5): 759-760. doi:10.1007/s00417-006-0497-x.
- [39] Abdelmalik AG, Fajnwaks P, Osman MM, et al. Squamous cell carcinoma of the bulbar conjunctiva seen on F-18 FDG PET/CT [J]. *Clin Nucl Med*, 2010, 35(12): 962-964. doi:10.1097/RLU.0b013e3181f9d9e.
- [40] Yi JS, Kim JS, Lee JH, et al. (18) F-FDG PET/CT for detecting distant metastases in patients with recurrent head and neck squamous cell carcinoma [J]. *J Surg Oncol*, 2012, 106(6): 708-712. doi:10.1002/jso.23185.
- [41] Haerle SK, Soyka MB, Schmid DT, et al. Improved treatment outcomes with (18) F-FDG PET/CT for patients with advanced head and neck squamous cell carcinoma [J]. *Head Neck*, 2011, 34(9): 1205-1211. doi:10.1002/hed.21887.
- [42] Kurli M, Chin K, Finger PT. Whole-body <sup>18</sup>F-FDG PET/CT imaging for lymph node and metastatic staging of conjunctival melanoma [J]. *Br J Ophthalmol*, 2008, 92(4): 479-482. doi:10.1136/bjo.2007.124339.
- [43] Hui K, Pfeiffer ML, Esmali B, et al. Value of positron emission tomography/computed tomography in diagnosis and staging of primary ocular and orbital tumors [J]. *Saudi J Ophthalmol*, 2012, 26(4): 365-371. doi:10.1016/j.sjopt.2012.08.008.
- [44] 刘庆伟, 刘奇. PET/CT 肿瘤学 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 338-339.

(收稿日期: 2014-09-04)

(本文编辑: 刘艳)