

文章编号: 1001-098X(2005)05-0197-04

PET-CT 中诊断性 CT 的必要性与临床应用

季仲友

摘要 PET 在肿瘤的诊断、分期、再分期、疗效监测及心肌存活评价等方面具有重要价值,但也存在 ^{18}F -氟代脱氧葡萄糖(^{18}F -FDG)PET 的假阳性、假阴性诊断,导致特异性不高。诊断性 CT 的应用,尤其是 CT 增强扫描、三维技术、CT 血管造影、CT 灌注、CT 仿真内窥镜的应用,使 PET-CT 影像中的 PET 与 CT 影像达到优势互补,成为复合影像诊断技术,在临床应用中提高了 PET-CT 诊断的敏感性、特异性和准确性。

关键词 正电子发射体层显像; 计算机体层成像; 临床肿瘤学; 诊断; ^{18}F -氟代脱氧葡萄糖
中图分类号 R814.42, R817.4 文献标识码 A

Necessity and clinical application of diagnostic CT in PET-CT scanner

JI Zhong-you

(PET/CT Room, Center of Bio-Imaging and Radiotherapy, Union Hospital, Fujian Medical University, Fuzhou 350001, China)

Abstract PET scanning has a definite clinical impact on diagnosis, initial staging, restaging, monitoring therapeutic effects of malignancies, and on assessment of myocardial viability. Whereas, PET scans has false positive diagnosis and false negative diagnosis of malignant lesions, It leads to reduce specificity in PET imaging. Application of diagnostic CT, especially applying contrast enhanced CT scans, three dimensional technique, CTA(CT angiography), CT perfusion and CT virtual endoscopy can realize dominance complementation with PET and CT, PET-CT imaging diagnosis combines with PET and CT diagnostic technique, It improves sensitivity, specificity, and accuracy in clinical application of PET-CT scanner.

Key Words positron emission tomography; computed tomography; clinical oncology; diagnosis; ^{18}F -fluorodeoxyglucose

CT 和 PET 都是诊断肿瘤的有效方法之一, PET 在肿瘤的诊断、分期、再分期及疗效监测等方面具有重要价值,在心血管疾病中的应用、引导肿瘤放疗计划的制订与实施、穿刺活检或介入性治疗等方面亦具有价值,但也存在着特异性还不高的不足。如果同机获得 PET 和 CT 两种影像,将起到相互印证的作用,无疑可以进一步提高诊断的准确性,尤其是在 PET-CT 中诊断性 CT 的应用。PET-CT 是将 PET 的高敏感特性和 CT 的高分辨率融合在一起的新型显像系统,二者的显像原理不同,各有优势和不足, PET-CT 中的多层螺旋 CT(multi-

slice computed tomography, MSCT)的装配,为实现它们的优势互补提供了设备条件,更加体现 PET-CT 的临床价值^[1,2]。

1 PET-CT 中诊断性 CT 的必要性

1.1 何谓诊断性 CT

相对于 PET-CT 中衰减校正 CT 技术参数而言,诊断性 CT 必须提供足够清晰的解剖图像,CT 管电流提高至 200~370mA,静脉注射含碘对比剂(2~3ml/s, 1.5~1.8ml/kg)的 CT 增强扫描或消化道引入对比剂(阴性或阳性)CT 扫描,以及三维技术、CT 血管造影(CT angiography, CTA)、CT 灌注、CT 仿真内窥镜等 CT 后处理技术的应用。

1.2 诊断性 CT 的必要性

PET-CT 中的 CT 不仅起到衰减校正的作用,而且弥补 ^{18}F -FDG PET 的解剖结构显示不清、特异性不够高和空间分辨率低的不足,实现了临床医生对单独核素影像的“unclear”到“clear”转变,提高了他们对 PET-CT 所示信息内涵的理解和信心。在此基础上,进一步应用诊断性 CT,能更加精确定位和定性,减少 PET 假阳性的误诊和假阴性的漏诊,提高诊断的准确性。北美核医学年会 2005 年度图像是一幅原发性肺癌并纵隔淋巴结转移的 ^{18}F -FDG 摄取的三维与气管仿真内窥镜的 PET-CT 的融合图像,这充分体现 PET-CT 中复合影像技术的应用是未来发展的方向。

1.2.1 减少 PET 假阳性的误诊

^{18}F -FDG PET 所示病灶高代谢异常浓聚可造成假阳性误诊。高代谢异常浓聚提示恶性病变可能性大,然而一些良性病变也可以有高代谢浓聚表现,如头颈部甲亢、甲状腺腺瘤、腺体炎症、胸部肺结核、肉样瘤、曲菌病,腹部胃肠道炎症、结肠良性腺瘤、良性骨肿瘤、急慢性骨髓炎等;一些正常组织(如脂肪、肌肉、胃肠道等)也可以摄取 ^{18}F -FDG 呈高代谢浓聚^[3],泌尿系、较大的血管也可有不同程度的 ^{18}F -FDG 积聚,这些高代谢影像常造成诊断困惑。若同机诊断性 CT 影像显示典型的病理解剖学特征和相应的解剖部位,将有助于鉴别诊断而避免误诊。

1.2.2 减少 PET 假阴性的漏诊

^{18}F -FDG PET 所示病灶代谢不高或低代谢可造成假阴性漏诊。代谢不高的病灶一般提示良性病变的可能性大,但一些恶性病变(如肝细胞癌、肾透明细胞癌、细支气管肺癌、类癌、消化系黏液腺癌、前列腺癌、乳腺癌成骨转移、非小细胞肺癌骨转移等^[4])由于葡萄糖代谢的特殊性、瘤细胞分化程度较好(如脑胶质瘤 I、II 级、分化型甲状腺癌等)、受空间分辨率的限制和部分容积效应的影响,小于 8mm 的低代谢病灶、高血糖竞争性抑制和其他一些原因,均可因代谢不高的表现而易造成漏诊。若诊断性 CT 显示病变具有典型的病理形态影像学特征或肿瘤生物性行为的病变,无疑是对 PET 诊断的一种补充,将有助于正确诊断、减少漏诊。

2 PET-CT 中诊断性 CT 的临床应用

2.1 静脉注射含碘对比剂 CT 增强扫描及消化道引入对比剂 CT 扫描的应用

CT 增强扫描是指外周静脉以一定的速率注入含碘的对比剂,选择某一器官供血动脉或静脉的血药浓度接近峰值为时相进行 CT 扫描,获取病灶或器官的强化影像。静脉注射造影剂可以增加病变组织和正常组织间的密度差别,提高病变的检出率;显示病变组织的血供情况,有助于诊断和鉴别诊断;显示肿瘤与周围血管以及邻近器官的关系,有助于术前判断肿瘤的可切除性,为制订放疗或手术计划、穿刺活检提供资料。MSCT 的多期增强扫描有助于病变解剖结构的精确定位和定性,对 ^{18}F -FDG PET 假阴性肿瘤的诊断价值尤为明显,如原发性肝细胞肝癌、肾脏透明细胞癌等。肝细胞癌进行 CT 增强三期(动脉期、门静脉期、平衡期)扫描,具有含碘对比剂快进快出不同时相强化的特征,在肝癌诊断中有重要价值。头颈部、胸部、腹盆部的 CT 增强扫描,可以鉴别血管、腺体、肌肉摄取 ^{18}F -FDG PET 假阳性而非恶性病变摄取浓聚。在头颈部、腹盆部及纵隔受侵的病灶进行生物靶区勾画时,进行 CT 增强扫描,可以避免病灶周围对射线敏感器官的照射,达到精确适形放疗^[1]。PET-CT 中 CT 含碘对比剂增强扫描与 PET 示踪剂的联合应用无疑会提高对病变的诊断效能。

消化道引入对比剂 CT 扫描是指 CT 扫描前引入阳性(含碘低浓度水溶液)或阴性(空气、水)对比剂,低浓度含碘对比剂的引入是通常在扫描前 2h 口服 1.5%~2% 含碘水溶液 1000ml~1500ml,充盈小肠和结肠,扫描前 10min 再口服 300ml,充盈胃及十二指肠,目的是使全部肠管充盈对比剂;口服水溶液与上述相同,空气引入为在扫描前口服产气剂即可,结肠引入空气即在扫描前自肛门注入空气至腹胀止。对比剂的引入、仿真内窥镜的后处理,可帮助诊断消化道的 ^{18}F -FDG PET 生理性摄取,进一步明确病变的定位,显示管壁、病灶的轮廓,减少消化系的黏液腺癌或类癌 ^{18}F -FDG PET 假阴性的漏诊,以及良性腺瘤 ^{18}F -FDG PET 假阳性的鉴别诊断。

2.2 CT灌注成像的应用

CT灌注成像是指在周围静脉内快速注入含碘对比剂的同时,利用螺旋CT对选定的感兴趣层面进行连续的动态快速扫描和信号的采集,追踪和分析对比剂首次通过受检组织过程中每个像素的密度变化,所得的数据传至工作站,由工作站特殊的CT灌注成像软件计算,以获得每一像素的时间-密度曲线(time-density curve, TDC),从而利用TDC计算出反映组织血流灌注情况的各项参数,组成新的数据矩阵,最后通过数/模转换和伪彩色处理,获得直观、清楚的参数彩色图像,以此来评价组织器官的灌注状态。其理论基础是借用了核医学数据处理技术中的放射性示踪剂稀释原理和中心容积定律。CT灌注成像是一种功能成像(functional imaging),在显示形态学变化的同时反映生理功能的变化,其可反映活体的血流动力学变化并可进行定量或半定量分析,已开始为医学影像学界和临床所重视。MSCT灌注成像具有高时间与空间分辨率,可快速、准确、无创、三维地评价组织器官微循环内血流动力学变化。目前,MSCT脑灌注成像、MSCT肿瘤灌注成像、MSCT心肌灌注成像已开始应用于临床,显示了广阔的临床应用前景。

CT脑灌注成像主要集中在急性脑缺血早期诊断和一过性脑缺血发作的诊断。通过CT脑灌注成像,可以得到CT灌注峰值时间、峰值、平均通过时间、局部脑血容量、局部脑血流量等定量分析参数、曲线和图像。与核素显像比较,CT灌注成像有较好的空间分辨率和时间分辨率,且检查方便、迅速,适合急诊患者;但脑CT灌注成像仅能反映脑组织血流灌注的生理或病理生理状况,不能反映脑组织或神经元的代谢状况,尤其是对脑缺血半暗区(可恢复的缺血灶)和梗死区的判断有较大困难,而核素显像可以弥补CT灌注成像代谢信息缺乏的不足。

CT灌注成像在肿瘤病变中的临床应用广泛:

(1) CT灌注成像对肿瘤鉴别诊断及恶性肿瘤分级有重要意义。因肿瘤组织内有大量的促血管形成因子,它们促进肿瘤血管生成,而且这些微血管的血管壁内皮细胞是不完整的,细胞间隙较大,引起对比剂外渗,使肿瘤灌注不同于正常组织的灌注^[5]。尽管各脏器实质性肿瘤血供的不同而引起灌注参数

计算方法的不同,但是恶性肿瘤灌注均表现为高灌注、血流量及血容量增加、肿瘤染色消退时间延长的特点。不同性质的肿瘤及性质相同而恶性程度不同的肿瘤灌注表现也不同。CT灌注成像可以了解肿瘤间质内血管分布情况,而血管是肿瘤生长和发展过程中极为重要的成分,同时血管生成也是肿瘤侵袭和转移的重要条件。免疫组化测定证实,肿瘤内微血管密度与肿瘤的恶性度密切相关,评价肿瘤微血管密度计数对肿瘤的良恶性区分、分级及预后具有重要参考价值^[6]。

(2) CT灌注成像可用于了解肿瘤术后复发情况,特别是区分肿瘤复发和瘢痕及了解经动脉介入化疗栓塞后肿瘤的供血情况。栓塞使肿瘤大部分发生凝固性坏死,但发生完全性坏死者少见(残留肿瘤细胞可引起复发),一般表现为栓塞后新生血管在肿瘤内分布不均匀,中央少,周边包膜下则较密集。新生血管的通透性较大,易引起对比剂渗漏,可在灌注成像上识别^[5]。

(3)不同灌注的肿瘤对化疗或放疗的敏感程度不同。高灌注的肿瘤对放疗敏感,这对指导治疗有一定价值。总之,灌注参数能较准确地反映肿瘤内血管变化和血流动力学的改变,可为诊断和治疗方案的选择提供有价值的信息,是PET-CT评价肿瘤生物学行为的又一补充。

MSCT心肌灌注成像用心电门控触发成像,其时间分辨率可达到亚秒级,配合药物负荷(如潘生丁负荷)可明确诊断心肌缺血,临床结果与核素心肌灌注显像有极好的相关性,且图像分辨率优于核素显像,前壁和下壁病变不受乳腺和膈肌的影响。心肌MSCT的灌注是对PET-CT心肌灌注和心肌代谢显像的补充,二者的互补可更加准确地评价心肌的缺血情况。

2.3 多层螺旋CT血管造影(multislice computed tomography angiography, MSCTA)

MSCTA是利用CT容积扫描技术采集流经血管内腔对比剂信息的血管成像技术。其包括两个步骤,即首先采集对比剂高峰期时相的血管影像容积数据,然后利用计算机三维图形图像处理软件进行三维影像后处理重建,以获得类似数字减影血管成像的血管图像。

MSCT空间分辨力高,可做更长段的容积扫

描,多种后处理技术更加完善,证明其在心肌成像尤其是CT冠状动脉造影方面是切实有效的,结合效价比,MSCT在心肌成像中更有发展前景。在回顾性心电门控的基础上,利用可变速扫描技术(variable scan technique)和多扇区重建(multi sector reconstruction)技术,其时间分辨率显著提高,明显改善心肌尤其冠状动脉分支的显示,也使MSCT用于心肌功能成像如心肌灌注成像和心肌动态电影成像成为可能^[7,8]。Wang ZQ等^[9]对70例患者进行了MSCT冠状动脉成像与数字减影冠状动脉造影的对比研究,MSCT显示中度或中度以上狭窄(>50%)的灵敏度和特异度分别为85.9%和96.9%,阳性和阴性预测值分别为80.9%和97.9%;MSCT显示高度狭窄(>75%)或闭塞的灵敏度和特异度分别为90.9%和98.9%,阳性和阴性预测值分别为85.7%和99.3%。在冠状动脉CT影像质量能够满足影像学评价的情况下,MSCT对有临床意义的冠状动脉狭窄(>50%)显示具有优良价值,基本能满足冠心病初步诊断的需要。MSCT对冠状动脉中、高度狭窄或完全闭塞的阴性预测值很高,有助于避免冠状动脉正常或不需介入治疗(指无临床意义的冠状动脉狭窄)的患者做创伤性的导管检查。冠脉CTA与心肌PET-CT的代谢、灌注影像的三维融合,直观显示受损心肌的情况,对指导临床决定是否实施冠脉搭桥术具有重要意义。

2.4 CT仿真内窥镜的应用

CT仿真内窥镜成像是利用计算机软件功能,将螺旋CT容积扫描获得的图像数据进行后处理,重建出空腔器官内表面积立体图像,类似纤维内镜所见^[10]。目前利用此技术不但获得鼻腔、鼻窦、喉、气管、支气管、胃肠道、血管等空腔器官的仿真内窥镜图像,而且获得非腔器官(如脊髓腔)的内窥镜影像,还可获得外窥镜的影像,可获得腔内、腔壁和腔外组织结构透明化显示,清晰显示病变侵犯范围,测量更加准确。在空腔器官(如胃、结肠等)肿瘤的诊断与鉴别诊断,可与纤维内窥镜相媲美,大血管腔内斑块的诊断是冠脉造影、PET-CT心肌显像的重要补充。

3 结语

PET-CT在肿瘤的诊断、分期、再分期及疗效监测等方面具有重要价值,同时其在引导肿瘤放疗计划的制订与实施、穿刺活检或介入性治疗及心血管疾病中的应用等方面亦具有价值,但¹⁸F-FDG PET的假阳性、假阴性也是在所难免,近年来,随着MSCT的后处理软件的完善和应用,对PET所具有的优势在一定程度上是一个互补。在PET-CT的临床应用中,重视PET多种示踪剂的研发应用的同时,也应重视诊断性CT的临床应用,尤其是MSCT的三维技术、CTA、CT灌注、CT仿真内窥镜等后处理软件的应用,使PET能够与MSCT诊断技术形成优势互补,达到复合影像诊断技术目的,更好地发挥PET-CT的效能。

参 考 文 献

- 1 Antoch G, Freudenberg LS, Beyer T, et al. To enhance or not to enhance? ¹⁸F-FDG and CT contrast agents in dual-modality ¹⁸F-FDG PET/CT[J]. J Nucl Med, 2004, 45(suppl): 56-65.
- 2 Beyer T, Townsend DW, Brun T, et al. A combined PET/CT scanner for clinical oncology[J]. J Nucl Med, 2000, 41(8): 1369-1379.
- 3 Cohade C, Osman, M, Pannu HK, et al. Uptake in supraclavicular area("USA-Fat"): description on ¹⁸F-FDG PET/CT[J]. J Nucl Med, 2003, 44: 170-176.
- 4 An YS, Yoon JK, Lee MH, et al. False negative ¹⁸F-FDG PET/CT in nonsmall cell lung cancer bone metastases [J]. Clin Nucl Med, 2005, 30(3): 203-204.
- 5 Pardie TG, Henderson E, Lee TX. Functional CT imaging of angiogenesis in rabbit VX2 soft-tissue tumor[J]. Phys Med Biol, 2001, 46(12): 3161-3175.
- 6 Hermans R, Lambin P, Van dercoten A, et al. Tumoral perfusion as measured by dynamic computed tomography in head neck carcinoma [J]. Radiother Oncol, 1999, 53(2): 105-111.
- 7 Ohnesorge B, Flohr T, Becker C, et al. Cardiac imaging by means of electrocardiographically gated multisection spiral CT: initial experience[J]. Radiology, 2000, 217(2): 560-571.
- 8 Roper D, Ulzheimer S, Wenkel E, et al. Investigation of aortocoronary artery bypass grafts by multislice spiral computed tomography with electrocardiographic-gated image reconstruction[J]. Am J Cardiol, 2001, 88(7): 792-795.
- 9 Wang ZQ, Zhu H, Xia K, et al. The value of MSCT in detection of coronary artery stenoses[J]. J Comput Assist Tomogr, 2001, 10(1): 16-18.
- 10 Hara AK, Johnson CD, Reed JE, et al. Reducing atsizeand radiation dose for CT colonography[J]. Am J Roentgenol, 1997, 168(5): 1181-1184.