

·临床核医学·

放射性核素显像在轻度认知功能障碍中的应用价值

袁瑛 顾兆祥

【摘要】轻度认知功能障碍(MCI)患者存在进展为痴呆的高度危险,早期发现将进展为阿尔茨海默病(AD)的MCI有重要的实验研究和临床意义。放射性核素显像已广泛应用于研究MCI脑代谢和脑血流量以及评价MCI的预后。综述了近年来放射性核素显像以及与载脂蛋白E基因型分析等其他方法联合使用对于MCI预后判断的价值。

【关键词】认知障碍;阿尔茨海默病;基因,载脂蛋白E;放射性核素显像

Applications of radionuclide imaging in mild cognitive impairment

YUAN Ying, GU Zhao-xiang

(Department of Nuclear Medicine, Huadong Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China)

【Abstract】 The risk for conversion to dementia is much higher in individuals with mild cognitive impairment (MCI). The early detection of MCI individuals who will later convert to Alzheimer disease is an important issue for both clinical and research interests. Radionuclide imaging has been broadly used to study cerebral metabolism and blood flow, as well as predicting the prognosis of MCI. This review summarizes the results of these studies assessing the predicting value of radionuclide imaging used alone and with other methods in recent years.

【Key words】 Cognition disorders; Alzheimer disease; Gene, apolipoprotein E; Radionuclide imaging

阿尔茨海默病(Alzheimer disease, AD)是老年人中最常见的痴呆类型之一,社会老龄化和人口寿命的延长都不可避免地导致AD患病率的增加。随着对控制临床病情进展的有效方法相关研究步伐的加快,及早发现AD高危人群并予以针对性的预防和治疗,将有可能在AD发病前控制病程甚至消除疾病。目前研究人员对于轻度认知功能障碍(mild cognitive impairment, MCI)的极大关注正是基于普遍认为这一痴呆前综合征是AD的前期。

1 MCI的分型及诊断标准

随着MCI相关研究的进展,研究人员对它的命名和诊断达成了一定的共识,认为MCI患者有轻度记忆或认知损害,但无痴呆症状,其病因不能由已知的疾病和神经精神障碍所解释,并认为是正常衰老与轻度AD之间的过渡状态;并不是所有的MCI都进展为AD,患者可能会保持稳定状态、恢复正常、或者发展为另外一种痴呆。

Petersen等^[1]将MCI分成三种亚型,分别是:

①遗忘型MCI(amnestic MCI, a-MCI),以神经心理学检查确定的记忆受损为特征而区别于相同年龄和教育水平的人;②多认知领域内轻度受损型MCI(multiple-domain MCI, md-MCI),以多个认知领域(如语言、执行功能、视空间技能)的损害为特征,同时有记忆功能的缺损,这类MCI可能进展成AD,也可能进展成血管性或其他痴呆及非痴呆疾病;③非认知领域内单一功能损害型MCI,是指存在非记忆的单认知领域功能障碍,可能进展成原发性进行性失语和额颞痴呆。这些亚型中没有一种必然导致AD,但是三种亚型中,aMCI危险更高,为每年15%~30%,而健康人是1%~2%。

对于MCI的诊断,目前多数参照Petersen等^[2]的诊断标准,具体包括:①以记忆减退为主诉,并由家属或知情者证实;②一般生活功能保存;③除记忆障碍外,其他认知功能相对完好或轻度受损;④客观检查有与年龄不符的记忆下降,低于正常对照组1.5倍标准差;⑤不符合痴呆的诊断标准。

2 放射性核素显像与MCI**2.1 SPECT与MCI**

SPECT脑血流灌注研究是最早用于鉴别AD的

方法之一,目前仍然是临床上最广泛使用的几种方法之一。SPECT最常用的脑血流灌注显像剂是^{99m}Tc-六甲基丙二胺肟(hexamethylpropylene amine oxime, ^{99m}Tc-HMPAO)和^{99m}Tc-双半胱氨酸二聚体(^{99m}Tc-ethylcysteinate dimer, ^{99m}Tc-ECD)。MCI的脑血流灌注显像能够显示MCI的异质性,早期局部脑血流(regional cerebral blood flow, rCBF)的降低能够预测MCI向AD的转化。

由于MCI的异质性,只有通过纵向调查,对比随访期间转化和未转化为AD的MCI患者脑血流灌注显像的差异,才能够合理地确定基线时期的放射性核素功能显像对于MCI转化为AD的预测价值。研究通常以AD和同年龄正常认知水平的个体为对照,随访后通过评价认知水平降低的程度而进行回顾性诊断并比较基线时期SPECT表现的差异。Johnson等^[1]采用^{99m}Tc-HMPAO SPECT对105例MCI进行5年随访发现,与认知障碍进展但是尚不能诊断为AD的MCI、稳定型MCI以及健康对照相比,进展为AD的MCI均表现出前扣带回尾侧、后扣带回血流降低以及前扣带回侧血流灌注的相对增加。相对于其他各组,AD组的颞顶叶血流灌注降低最明显。Hirao等^[4]通过对76例a-MCI进行^{99m}Tc-ECD SPECT并随访3年,采用统计参数图(statistical parametric mapping, SPM) 99进行图像分析后发现,进展为AD的52例a-MCI基线时期的SPECT表现出双侧海马旁回、楔前叶、后扣带回、双侧顶叶联合皮质和右侧颞中回脑血流灌注的降低,未转化为AD的a-MCI则表现为后扣带回和右侧尾状核脑血流灌注的降低;对数回归模型显示,顶叶下部、角回和颞前叶rCBF的降低有较高的预测和鉴别价值。Ishiwata等^[5]对12例MCI采用¹²³I-安非他明SPECT,随访3年,用全自动三维定向表面投影技术进行图像分析,回顾性诊断有6例为进展型MCI、6例为稳定型MCI,进展型MCI中有5例在基线时出现不对称的海马旁回、顶叶侧部和后扣带回的脑血流灌注的降低,与轻度AD相同;AD患者与进展型MCI相比,表现出颞叶灌注降低。

国内近年也有相关研究,高平等^[6]发现,AD典型的表现是双侧颞顶叶低灌注,MCI仅在颞叶血流灌注低于认知正常组,进展型MCI的扣带回血流灌注低于稳定型MCI组。他们认为,颞叶血流

灌注降低是诊断MCI的灵敏指标,扣带回血流显著降低者易发展为痴呆。

2.2 PET与MCI

¹⁸F-氟脱氧葡萄糖(¹⁸F-fluorodeoxyglucose, ¹⁸F-FDG) PET脑功能显像可反映脑内局部葡萄糖代谢率(regional metabolic rate of glucose, rMRglc),为MCI的病理学研究及临床诊断提供了一种可靠工具,在非常早期的阶段,临床症状、皮质萎缩和神经心理缺陷尚未出现时,AD可能已经出现选择性脑区能量代谢的减低。疗效监测也将是¹⁸F-FDG PET优势之一,¹⁸F-FDG PET可通过rMRglc变化反映疗效。

AD的脑葡萄糖代谢率降低多发生在颞顶叶、额叶和后扣带回。用¹⁸F-FDG PET检测脑皮质代谢的变化不仅可鉴别AD与其他神经退行性病变,而且有利于预测进展为AD的可能。Chételat等^[7]对a-MCI行¹⁸F-FDG PET并随访18个月后发现,与10例未进展为AD的MCI者相比,7例进展为AD的MCI者右半球颞顶部代谢相对降低。

正常老化亦伴有脑神经元的丢失,但是数量少于认知障碍,识别脑内与正常老化相关的rMRglc降低区域为认知障碍如MCI的诊断提供了前提。Pardo等^[8]发现,正常老化脑内最显著的rMRglc降低发生在前扣带回或前额皮质内侧、背内侧丘脑和亚扣带回或前脑基底,其中前额皮质内侧代谢的降低程度与MCI和AD相同。一些纵向研究中采用¹⁸F-FDG PET评估正常老化的rMRglc的变化,讨论其对正常老年人转化为MCI、AD或者其他类型痴呆的预测价值。Mosconi等^[9]认为,海马rMRglc测定可能是认知障碍的敏感预测手段,他们对77例老年人进行6-14年的临床随访(平均7.2年/人),发现采用基线海马rMRglc预测正常老年人进展为AD的准确率是81%,预测进展为其他类型痴呆的准确率是77%,预测进展为MCI的准确率为71%。

一些研究利用PET技术进行与MCI相关的受体显像,用以反映MCI的病理变化或者与MCI的病理特征的联系。脑内表达外周型苯二氮䓬类受体的主要是活化的小胶质细胞,而AD和MCI的小胶质细胞活性可能与老年斑中的 β -淀粉样蛋白(amyloid β -protein, A β)有关。Kropholler等^[10]对10例MCI、9例AD和10名健康对照者用苯二氮

草类受体的配体 ^{11}C -(R)-PK11195 进行 PET 神经炎症显像, 支持 AD 病因与早期炎症反应有关。他们认为, 虽然 ^{11}C -(R)-PK11195 缺乏诊断的敏感性, 但是可以用于定量评价 ^{11}C -(R)-PK11195 结合度的变化以及新的治疗方案的疗效。

a-MCI 具有与 AD 相似的但是较轻微的心理症状, 这些症状可能就是由于脑内特定部位的神经退行性改变或者神经递质功能紊乱造成, 病理解剖、临床药理、动物实验和 PET 均发现, AD 患者 5-羟色胺能递质系统的功能异常。为了解释 a-MCI 是否像 AD 一样存在 5-羟色胺 2A 受体结合度的降低, Hasselbalch 等^[11]进行了相关研究, 发现 a-MCI 皮质 5-羟色胺 2A 受体结合度广泛降低, 其中新皮质 5-羟色胺 2A 受体的结合降低 20%~30%; 纹状体 5-羟色胺 2A 受体的结合降低与神经心理学抑郁和焦虑自评问卷的评分相关。他们认为, a-MCI 的 5-羟色胺 2A 受体结合减少可能与 AD 前期 5-羟色胺能功能障碍有关, 这一结果部分与 AD 的病理变化尤其是 $\text{A}\beta$ 的聚集有关, 另一解释是中缝核 (raphe nuclei) 5-羟色胺能投射功能障碍所致。

3 放射性核素显像联合其他方法预测 MCI 预后的价值

3.1 SPECT 联合神经心理学方法

同样通过纵向研究的方法, 一系列研究联合应用 SPECT 与神经心理学检查预测 MCI 转化为 AD 的可能, 认为两者结合可增加预测的敏感性和特异性。Huang 等^[12]对 39 例 MCI 行 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO SPECT, 图像分析采用多变量分析、SPM 和感兴趣区法, 结果 16 例进展为 AD 的 MCI 表现出明显的双侧顶叶前方和颞叶内侧 rCBF 的相对降低, 年进展率为 1.4%~2.9%; SPECT 数据的多变量分析和神经心理学检查对于基线进展型 MCI 和稳定型 MCI 的诊断准确率相似, 分别为 82%和 84%, 而两种方法结合后准确率上升至 92%。

同样为了评价两种方法在预测 MCI 转化为 AD 中的价值, Borroni 等^[13]对 31 例 MCI 患者行神经心理学检查以及 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD 脑灌注显像, 其后随访两年, 采用 SPM99 和 Matlab 6.1 进行图像预处理, 发现进展为 AD 的 MCI 表现出顶叶、颞叶、楔前叶和后扣带回的血流灌注降低, 主成分的典型变量分析 (canonical variate analysis) 能完全区分稳定型

MCI 和进展为 AD 的 MCI; 基线时的记忆缺损和 rCBF 的结果联合后进行典型相关分析 (canonical correlation analysis), 识别进展为 AD 的 MCI 的灵敏度和特异度均为 77.8%。

3.2 放射性核素显像联合载脂蛋白 E (apolipoprotein E, ApoE) 基因型分析

ApoE 是中枢神经系统的主要载脂蛋白, 其生理功能主要为参与胆固醇的转运及血浆脂蛋白的代谢, 同时具有神经元修复、树突生长、维持突触可塑性以及抗炎等作用。ApoE4 等位基因在 MCI 患者中的出现率介于 AD 与正常老年人之间, MCI 个体中 ApoE4 基因携带者进展为 AD 的危险性增加, 是 MCI 进展为 AD 的重要预测因子。王荫华等^[14]对 23 例 MCI 患者和 28 名健康对照者进行 ApoE 基因多态性检查发现, MCI 患者 ApoE4 基因携带率约为健康对照者的 10 倍。ApoE4 基因携带不仅增加进展为 AD 的危险, 而且降低 AD 的发病年龄, Mosconi 等^[15]对 27 例早发 AD 和 65 例晚发 AD 行 ^{18}F -FDG PET, 发现 ApoE4 基因携带者与非携带者相比, 前扣带回和额叶皮质代谢较低, 早发 AD 中的 ApoE4 携带者最明显的代谢降低发生在海马和额叶基底部, 认为可能早发年龄反映了脑储备的降低, 与 ApoE4 基因携带造成组织的损伤两者共同作用导致脑关键部位对病理生理影响的耐受下降。

虽然已确定 ApoE4 基因型是 AD 发病的危险因素, 但是基因型本身的分析并不能成功预测 MCI 向 AD 的进展, 研究表明, 将其与核素显像联用可能提高预测价值。Drzezda 等^[16]对 30 例 MCI 进行 ^{18}F -FDG PET 和 ApoE4 基因型分析, 发现基因型预测的灵敏度为 75%、特异度为 56%, ^{18}F -FDG PET 预测进展为 AD 的 MCI 的灵敏度和特异度均高于基因型预测, 分别为 92%和 89%; 将两者相结合后进行预测可有很高的特异度 (PET+并且 ApoE4+时, 灵敏度为 67%, 特异度为 100%) 或者很高的灵敏度 (PET+或者 ApoE4+时, 灵敏度为 100%, 特异度为 44%)。Mosconi 等^[17]对 37 例 MCI 患者进行 ^{18}F -FDG PET 后随访, 采用 SPM99 进行基本的图像处理 and 数据分析, 结果 8 例 MCI 转化为 AD, 与未转化 MCI 相比表现出顶叶下部 rMRglc 的降低; ApoE4 基因携带者与非携带者相比, 表现出与 AD 相似的区域 (颞顶部和后扣带回) 的 rMRglc 降低, 其中转化为 AD 的携带者还出现

额部(如前扣带回和额叶底部) rMRglc 的降低; 对于全部 MCI 而言, 顶叶下部 rMRglc 的降低预测向 AD 转化的准确率为 84%, 前扣带回和额叶下部 rMRglc 的降低对 ApoE4 基因携带者的 AD 转化预测的灵敏度为 100%、特异度为 90%、准确率为 94%, 有很强的预测与鉴别价值。

3.3 PET 联合其他方法

近年来, 有多种 PET 配体被发展用于体内淀粉样蛋白的显像, 以反映 MCI 和 AD 相关的脑内病理变化从而进行 MCI 预后的预测, N-methyl[¹¹C] 2-(4-methylaminophenyl) -6-hydroxy-benzothiazole (¹¹C-PIB) 就是其中很有前途的一种。Forsberg 等^[18] 研究了 ¹¹C-PIB 的滞留与 rMRglc、认知功能、脑脊液的生物标记以及 MCI 向 AD 的转化之间的关系, 发现额叶皮质和后扣带回的 ¹¹C-PIB 滞留与脑脊液 A β_{1-42} 明显相关; 后扣带回、额叶和颞叶的 ¹¹C-PIB 滞留与情节记忆显著负相关; rMRglc 与 ¹¹C-PIB 滞留之间未发现有关; 7 例进展为 AD 的 MCI 脑脊液中的 A β_{1-42} 低于未转化者, 且均表现出皮质 ¹¹C-PIB 高滞留, 与正常对照相比, 他们的额叶、顶叶、颞叶 ¹¹C-PIB 滞留更高, 与稳定型 MCI 相比, 表现出更高的后扣带回的滞留; 与 AD 相比, 稳定型 MCI 出现较高的皮质葡萄糖代谢率, 而转化为 AD 的 MCI 未显示与 AD 的差异。

Fellgiebel 等^[19] 应用 ¹⁸F-FDG PET 和脑脊液中磷酸化 tau 蛋白 (P-tau181) 水平的测定来预测 MCI 的痴呆进展和认知水平的下降: ¹⁸F-FDG PET 和 P-tau181 均预测了病情的进展, 相比较而言, P-tau181 对于认知下降更加敏感, ¹⁸F-FDG PET 则更利于预测 MCI 进展为痴呆; 6 例进展型 MCI 和 1 例稳定型 MCI 基线水平表现出典型的 AD 样 PET 图像或者 P-tau181 高于 65 ng/L, 灵敏度为 75%, 特异度为 88%; 所有进展为痴呆的 MCI 表现出典型的 AD 样 ¹⁸F-FDG PET 结果, 并且 P-tau181 高于 50 ng/L, 灵敏度为 100%, 特异度为 33%。

MCI 的诊断是建立在临床以及实验室检查的基础上的, 不可否认的是, 放射性核素显像对于 MCI 分型和预后有一定的预测价值, 然而将多种评估手段联用, 可进一步增加预测的可靠性。

参 考 文 献

[1] Petersen RC. Mild cognitive impairment as a diagnostic entity[J]. J Intern Med, 2004, 256(3): 183-194.

[2] Petersen RC, Doody R, Kurz A, et al. Current concepts in mild cognitive impairment[J]. Arch Neurol, 2001, 58(12): 1985-1992.

[3] Johnson KA, Moran EK, Becker JA, et al. Single photon emission computed tomography perfusion differences in mild cognitive impairment [J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2007, 78(3): 240-247.

[4] Hirao K, Ohnishi T, Hirata Y, et al. The prediction of rapid conversion to Alzheimer's disease in mild cognitive impairment using regional cerebral blood flow SPECT [J]. Neuroimage, 2005, 28(4): 1014-1021.

[5] Ishiwata A, Sakayori O, Minoshima S, et al. Preclinical evidence of Alzheimer changes in progressive mild cognitive impairment: a qualitative and quantitative SPECT study [J]. Acta Neurol Scand, 2006, 114(2): 91-96.

[6] 高平, 秦绍森, 蔡晓杰, 等. Alzheimer 病与轻度认知功能障碍的脑 SPECT 显像[J]. 中华核医学杂志, 2006, 26(4): 213-215.

[7] Chételat G, Desgranges B, de la Sayette V, et al. Mild cognitive impairment: Can FDG-PET predict who is to rapidly convert to Alzheimer's disease?[J]. Neurology, 2003, 60(8): 1374-1377.

[8] Pardo JV, Lee JT, Sheikh SA, et al. Where the brain grows old: decline in anterior cingulate and medial prefrontal function with normal aging[J]. Neuroimage, 2007, 35(3): 1231-1237.

[9] Mosconi L, De Santi S, Li J, et al. Hippocampal hypometabolism predicts cognitive decline from normal aging [J]. Neurobiol Aging, 2008, 29(5): 676-692.

[10] Kropholler MA, Boellaard R, van Berckel BN, et al. Evaluation of reference regions for (R)-[¹¹C]PK11195 studies in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment [J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2007, 27(12): 1965-1974.

[11] Hasselbalch SG, Madsen K, Svarer C, et al. Reduced 5-HT_{2A} receptor binding in patients with mild cognitive impairment [J]. Neurobiol Aging, 2008, 29(12): 1830-1838.

[12] Huang C, Eidelberg D, Habeck C, et al. Imaging markers of mild cognitive impairment: multivariate analysis of CBF SPECT [J]. Neurobiol Aging, 2007, 28(7): 1062-1069.

[13] Borroni B, Anchisi D, Paghera B, et al. Combined ^{99m}Tc-ECD SPECT and neuropsychological studies in MCI for the assessment of conversion to AD[J]. Neurobiol Aging, 2006, 27(1): 24-31.

[14] 王荫华, 陈晓红, 汤哲, 等. 轻度认知功能障碍的神经心理学研究和 ApoE 基因多态性分析[J]. 中国康复理论与实践, 2005, 11(3): 202-205.

[15] Mosconi L, Herholz K, Prohovnik I, et al. Metabolic interaction between ApoE genotype and onset age in Alzheimer's disease: implications for brain reserve[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2005, 76(1): 15-23.

[16] Drzezga A, Grimmer T, Riemenschneider M, et al. Prediction of individual clinical outcome in MCI by means of genetic assessment and ¹⁸F-FDG PET[J]. J Nucl Med, 2005, 46(10): 1625-1632.

[17] Mosconi L, Perani, D, Sorbi S, et al. MCI conversion to dementia and the APOE genotype: a prediction study with FDG-PET [J].

Neurology, 2004, 63(12): 2332-2340.

[18] Forsberg A, Engler H, Almkvist O, et al. PET imaging of amyloid deposition in patients with mild cognitive impairment[J]. Neurobiol Aging, 2008, 29(10): 1456-1465.

[19] Fellgiebel A, Scheurich A, Bartenstein P, et al. FDG-PET and CSF phospho-tau for prediction of cognitive decline in mild cognitive impairment[J]. Psychiatry Res, 2007, 155(2): 167-171.

(收稿日期: 2007-11-22)

¹⁸F-氟脱氧葡萄糖 PET-CT 在非小细胞肺癌临床分期及经治患者疗效评价中的应用

曹霞 谢爱民 莫逸 彭翔

【摘要】目的 评价 ¹⁸F-氟脱氧葡萄糖 (¹⁸F-FDG) PET-CT 在非小细胞肺癌临床分期和经治患者中的应用价值。方法 (1) 比较 32 例初诊患者 CT 与 PET-CT 在临床分期上的差别。(2) 观察肿瘤大小与最大标准化摄取值 (SUV_{max}) 相关性。(3) 比较 30 例经治患者 CT、PET-CT 发现残留、新发病灶数的差异。结果 (1) PET-CT 上调及下调分期各 7 例, 分期改变率 43.8% (14/32)。PET-CT 改变 NM 分期例数的差别无统计学意义。(2) SUV_{max} 与肿瘤大小呈正相关 ($r_s=0.426, P<0.05$)。(3) PET-CT 较 CT 多发现残留病灶 3 个 ($Z=-0.520, P>0.05$), 新发病灶数 19 个 ($Z=-2.871, P<0.05$)。结论 ¹⁸F-FDG PET-CT 对确定非小细胞肺癌临床分期具有优势; 有助于对经治患者新发病灶的检出。

【关键词】 癌, 非小细胞肺; 氟脱氧葡萄糖 F18; 体层摄影术, 发射型计算机; 体层摄影术, X 线计算机; 肿瘤分期

The application of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose PET-CT in staging and curative effect evaluation of accepted therapy cases of non-small cell lung cancer

CAO Xia¹, XIE Ai-min², MO Yi², PENG Xiang²

(1. Department of Radiation Oncology, Hunan Tumor Hospital, Changsha 410013, China; 2. PET-CT Center, Hunan Tumor Hospital, Changsha 410013, China)

【Abstract】 Objective To assess the use value of ¹⁸F-FDG PET-CT in non-small cell lung cancer.

Methods (1) The CT and PET-CT image of 32 cases non-small cell lung cancer cases were compared in staging. (2) The relativity between tumor size and SUV_{max} was observed. (3) Thirty cases with accepted therapy were compared to find the differences of remains and new outbreak lesions. **Results** (1) Seven cases were upstaged and 7 cases were downstaged. Changing rate in staging by PET-CT was 43.8% (14/32). The difference of altered stage lymph node and metastasis in number was not in statistical significance by ¹⁸F-FDG PET-CT. (2) Spearman grade correlation coefficient r_s was 0.426. There were positive correlation between SUV_{max} and the tumor size ($P<0.05$). (3) PET-CT found 3 more remain lesions ($Z=-0.520, P>0.05$) and 19 more new outbreak lesion ($Z=-2.871, P<0.05$) than that of CT. **Conclusion** ¹⁸F-FDG PET-CT had superiority in determining staging of non-small cell lung cancer, and was conducive in cheaking new outbreak lesions of accepted therapy cases.

【Key words】 Carcinoma, non-small cell lung; Fluorodeoxyglucose F18; Tomography, emission-computed; Tomography, X ray-computed; Neoplasm staging

肺癌发病率、病死率居癌症首位, 非小细胞

肺癌的准确临床分期、有效的疗效检测对预后的判断具有重要意义。¹⁸F-氟脱氧葡萄糖 (¹⁸F-fluorodeoxyglucose, ¹⁸F-FDG) PET-CT 与 CT 在非小细胞肺癌定期诊断及疗效监测方面的价值比较是目前国内外

作者单位: 1. 410013 长沙, 湖南省肿瘤医院放疗科(曹霞); 2. 410013 长沙, 湖南省肿瘤医院 PET-CT 中心(谢爱民, 莫逸, 彭翔)
通讯作者: 曹霞 (E-mail: hncscx@163.com)