

不同阈值勾画法在¹⁸F-FDG 和¹¹C-胆碱 PET/CT 显像中评价鼻咽癌病灶范围的应用

王小利 兰晓莉 胡佳 冯舒茜 李春艳 胡帆

华中科技大学同济医学院附属协和医院核医学科、分子影像湖北省重点实验室, 武汉 430022

通信作者: 胡帆, Email: hufan1201@163.com

【摘要】目的 评价不同阈值方法勾画鼻咽癌患者术前¹⁸F-FDG PET/CT 显像病灶体积与¹¹C-胆碱 PET/CT 显像病灶体积是否存在差异, 参照增强 MRI 推荐更适于临床的阈值方法。**方法** 纳入 2015 年 10 月至 2017 年 5 月华中科技大学同济医学院附属协和医院已确诊的 37 例鼻咽癌患者[男 27 例, 女 10 例, 年龄(51.2±11.9)岁]进行回顾性研究, 所有患者行鼻咽部增强 MRI、¹⁸F-FDG PET/CT 和¹¹C-胆碱 PET/CT 显像。通过 Advantage Workstation 4.6 软件将 3 种检查图像融合; 在增强 MRI 序列上手动勾画病变轮廓, 得到肿瘤解剖体积(V_{MRI}); 在 PET 图像上分别使用绝对阈值法、相对阈值法、本底相关阈值法勾画病灶, 得到相应的肿瘤代谢体积(MTV), 并利用 Dice 相似性系数(DSC)评价不同阈值法勾画的 ROI 与 MRI ROI 的相关性。采用 Friedman 检验、重复测量方差分析(由 Greenhouse-Geisser 校正)对同一显像方法不同阈值法的 MTV 和 DSC 进行比较。采用 Wilcoxon 符号秩检验、配对 t 检验分析不同影像学检查间差异。**结果** 在¹⁸F-FDG PET/CT 结果中, 基于绝对阈值法、相对阈值法、本底相关阈值法得到的 ROI MTV 分别为 13.21(5.47, 23.16)、10.13(5.67, 16.81)和 13.68(5.77, 25.52) mm³, 差异有统计学意义($\chi^2 = 17.89, P < 0.001$); 3 种方法对应的 DSC 差异也有统计学意义(0.43±0.19, 0.38±0.17 与 0.44±0.17; $F = 16.35, P < 0.001$)。在¹¹C-胆碱 PET/CT 结果中, 基于 3 种阈值法的 MTV 差异有统计学意义[14.96(6.80, 32.27)、16.28(12.23, 32.47)和 18.97(14.38, 37.02) mm³; $\chi^2 = 10.45, P = 0.005$], DSC 差异也有统计学意义(0.52±0.21, 0.58±0.13 与 0.62±0.13; $F = 16.37, P < 0.001$)。¹⁸F-FDG 与¹¹C-胆碱组间 MTV 差异、DSC 差异均有统计学意义($Z = -3.87, t = -5.57$, 均 $P < 0.001$)。2 种显像所得 MTV 与 V_{MRI} [24.35(14.48, 36.89) mm³] 的差异均有统计学意义(Z 值: -5.03 ~ -2.59, 均 $P < 0.05$)。**结论** 鼻咽癌患者术前¹¹C-胆碱 PET/CT 显像较¹⁸F-FDG PET/CT 显像对病灶的勾画更接近于增强 MRI(“金标准”)。在 3 种阈值勾画法中, 本底相关阈值法得到的 ROI 体积与轮廓更接近于增强 MRI ROI。

【关键词】 鼻咽肿瘤; 氟脱氧葡萄糖 F18; 氟放射性同位素; 胆碱; 碳放射性同位素; 正电子发射断层显像术; 体层摄影术, X 线计算机

基金项目: 分子影像湖北省重点实验室开放基金(2023fzyx006); 湖北省重点研发计划(2023BCB016)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20241104-00381

Application of different threshold delineation methods in evaluation of nasopharyngeal carcinoma range on ¹⁸F-FDG and ¹¹C-choline PET/CT imaging

Wang Xiaoli, Lan Xiaoli, Hu Jia, Feng Shuqian, Li Chunyan, Hu Fan

Department of Nuclear Medicine, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology; Hubei Key Laboratory of Molecular Imaging, Wuhan 430022, China

Corresponding author: Hu Fan, Email: hufan1201@163.com

【Abstract】Objective To evaluate whether there is a difference between the lesion volumes detected by ¹⁸F-FDG PET/CT imaging and ¹¹C-choline PET/CT imaging based on different threshold delineation methods in patients with nasopharyngeal carcinoma, and to recommend a more clinically appropriate threshold method with reference to lesion volume detected by enhanced MRI. **Methods** A retrospective study was conducted on 37 patients (27 males, 10 females, age (51.2±11.9) years) with nasopharyngeal carcinoma diagnosed in Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, between October 2015 and May 2017. All patients underwent nasopharyngeal enhanced MRI, ¹⁸F-FDG PET/CT and ¹¹C-choline PET/CT scans. Advantage Workstation 4.6 software was used to fuse images of the 3 imaging

examinations. The lesion contour was sketched manually based on enhanced MRI sequences to obtain V_{MRI} , and the lesion was sketched in PET images to obtain the corresponding metabolic tumor volume (MTV) by absolute threshold method, relative threshold method and background threshold method respectively. The correlation between ROIs sketched by different threshold methods and ROI in MRI was evaluated by using the Dice similarity coefficient (DSC). Friedman test or repeated measures analysis of variance (corrected by Greenhouse-Geisser) was employed to analyze the differences of MTV or DSC obtained by using 3 threshold methods. Wilcoxon signed-rank test or paired t -test was used to compare the data of different imaging methods.

Results In ^{18}F -FDG PET/CT results, MTVs obtained by using the absolute threshold method, relative threshold method, and background threshold method were 13.21(5.47, 23.16), 10.13(5.67, 16.81), and 13.68(5.77, 25.52) mm^3 , respectively, with significant differences ($\chi^2 = 17.89$, $P < 0.001$). The corresponding DSC differences for the 3 methods were also significant (0.43±0.19, 0.38±0.17 and 0.44±0.17; $F = 16.35$, $P < 0.001$). In ^{11}C -choline PET/CT results, MTV differences based on the 3 threshold methods were significantly different (14.96(6.80, 32.27), 16.28(12.23, 32.47) and 18.97(14.38, 37.02) mm^3 ; $\chi^2 = 10.45$, $P = 0.005$), and the DSC differences were also significant (0.52±0.21, 0.58±0.13 and 0.62±0.13; $F = 16.37$, $P < 0.001$). The differences in MTV and DSC between FDG and choline groups were also significant ($Z = -3.87$, $t = -5.57$, both $P < 0.001$). The differences between MTVs of ^{18}F -FDG imaging/ ^{11}C -choline imaging and V_{MRI} (24.35(14.48, 36.89) mm^3) were all significantly different (Z values: from -5.03 to -2.59, all $P < 0.05$). **Conclusions** Compared with ^{18}F -FDG PET/CT, the preoperative ^{11}C -choline PET/CT imaging in patients with nasopharyngeal carcinoma is closer to enhanced MRI (gold standard) in the lesion delineation. Compared with ROIs of the other 2 threshold delineation methods, the ROI obtained by the background threshold method is closer to that in enhanced MRI.

【Key words】 Nasopharyngeal neoplasms; Fluorodeoxyglucose F18; Fluorine radioisotopes; Choline; Carbon radioisotopes; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed

Fund program: Hubei Province Key Laboratory of Molecular Imaging (2023fzyx006); Hubei Provincial Key Research and Development Program (2023BCB016)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20241104-00381

遗传因素、环境因素、Epstein-Barr 病毒 (Epstein-Barr virus, EBV) 感染及其三者之间的相互作用使鼻咽癌成为我国南部、东南亚国家及北非最好发的头颈部肿瘤之一^[1]。MRI 与 PET 显像在鼻咽癌影像诊断领域占据一席之地^[2]。其中,常用的 PET 显像剂 ^{18}F -FDG 因在脑组织的生理性分布和对低代谢肿瘤、微小病灶及炎性反应等的鉴别困难,存在一定的临床局限性^[3]。而 ^{11}C -胆碱 PET 在脑组织中的低摄取使其靶/本底比值 (target-to-background ratio, T/B) 更高,病灶边界显示清楚,能更好发现肿瘤对颅底、颅内和眶内的侵犯,进一步指导放疗靶区的勾画^[4]。

在 PET 图像后处理中,肿瘤代谢体积 (metabolic tumor volume, MTV) 被认为与肿瘤大小和鼻咽癌总分期具有相关性^[5]。不同阈值勾画法会得到不同的 ROI,相应的 MTV 变化显著^[6]。多数学者选用的 FDG SUV2.5 绝对阈值法得到的 MTV 往往高估了病灶体积。本研究结合前述观点并考虑到鼻咽癌病灶对 FDG 与胆碱摄取能力的差异性,采用绝对阈值法、相对阈值法与本底相关阈值法对鼻咽癌病灶进行勾画,对比病灶区域 MTV 的变化以及 PET 图像 ROI 与增强 MRI 病灶区的同一性,以推荐更适用于临床确定鼻咽癌病灶范围的阈值方法。

资料与方法

1. 研究对象。回顾性分析 2015 年 10 月至 2017 年

5 月于华中科技大学同济医学院附属协和医院 1 周内均接受鼻咽部增强 MR、 ^{18}F -FDG PET/CT 和 ^{11}C -胆碱 PET/CT 检查的鼻咽癌患者 37 例 [男 27 例,女 10 例,年龄 20~73 (51.2±11.9) 岁]。纳入标准: (1) 年龄 ≥ 18 岁; (2) 肿瘤性质明确,经鼻咽镜下肿块活组织检查,或根据病史及临床随访明确诊断为鼻咽癌。排除糖尿病或空腹血糖 ≥ 11.1 mmol/L 者。本研究经华中科技大学同济医学院医学伦理委员会批准 [2016 伦审字 (S168 号)], 患者签署知情同意书。

2. PET/CT 显像。显像剂 ^{18}F -FDG 和 ^{11}C -胆碱均由本院核医学科使用医用回旋加速器 (美国 GE MINI trace) 与合成模块 (美国 GE FX-FN) 生产,放化纯 > 95%。 ^{18}F -FDG 检查前禁食 6 h 以上,经患者静脉按体质量注射 ^{18}F -FDG 3.7~7.4 MBq/kg 后 40~60 min 行 PET/CT (美国 GE Discovery VCT 型) 显像。CT 扫描参数:管电压 120 kV、管电流 110 mA、层厚 3.75 mm。PET 扫描范围从颅顶至大腿中段,采用三维模式采集,每个床位采集 3 min,依据患者体长采集 6~7 个床位。扫描结束后采用有序子集最大期望值迭代法重建 PET 图像,矩阵 512×512,层厚 3.75 mm。 ^{11}C -胆碱检查前患者禁食 4 h 以上,经静脉注射 ^{11}C -胆碱 370 MBq,注射后 5 min 行 PET/CT 显像,仪器、流程及参数同 ^{18}F -FDG 显像。

3. MRI。使用德国 Siemens Avanto 1.5 T MR 仪

采集图像,扫描范围包含整个头颈。平扫序列包括轴向脂肪抑制 T_2 加权序列 [重复时间 (repetition time, TR) 3 700 ms, 回波时间 (echo time, TE) 89 ms, 矩阵 230×200, 层厚 5 mm]; 冠状面脂肪抑制 T_2 加权序列 (TR 4 000 ms, TE 84 ms, 矩阵 280×280, 层厚 4 mm); 轴向 T_1 加权自旋回波 (TR 400 ms, TE 8.9 ms, 矩阵 230×230, 层厚 5 mm); 矢状面 T_1 加权自旋回波序列 (TR 450 ms, TE 8.9 ms, 矩阵 230×230, 层厚 5 mm); 冠状面 T_1 脂肪饱和图像 (TR 480 ms, TE 13 ms, 矩阵 280×280, 层厚 4 mm)。平扫完成后,注射钆布醇 (德国拜耳先灵医药股份有限公司),进行增强扫描。增强扫描前患者无需特殊准备。增强序列包括轴向 T_1 加权自旋回波序列 (TR 400 ms, TE 8.9 ms, 矩阵 230×230, 层厚 5 mm); 矢状面 T_1 加权自旋回波序列 (TR 450 ms, TE 8.9 ms, 矩阵 230×230, 层厚 5 mm); 冠状面 T_1 脂肪饱和图像 (TR 480 ms, TE 13 ms, 矩阵 280×280, 层厚 4 mm)。

4. 图像分析。通过美国 GE Advantage Workstation 4.6 软件将 3 种检查图像融合,由 1 位副主任医师基于 T_2 加权成像 (weighted imaging, WI) 和增强 T_1 WI 图像对原发肿瘤进行逐层轮廓勾画,得到肿瘤解剖体积 (V_{MRI})。再用 3 种阈值法分别在 ^{18}F -FDG PET/CT 和 ^{11}C -胆碱 PET/CT 图像上自动勾画病变轮廓: (1) 绝对阈值法。对于 ^{18}F -FDG 显像,选取病灶区域内 SUV>4.0 的所有体素作为 ROI,以下简称 Th SUV4.0。对于 ^{11}C -胆碱显像,选取病灶区域内 SUV>2.5 的所有体素作为 ROI,以下简称 Th SUV2.5。 (2) 相对阈值法。选取病灶区域内 SUV>42% SUV_{max} 的所有体素为 ROI,以下简称 Th 42%。 (3) 本底相关阈值法。以直径为 10 mm 的圆随机勾画 3 个不同层面的病灶对侧正常组织,得到 3 个 SUV_{max} ,其平均值即为 SUV_{bgd} ;按以下公式计算 SUV: $SUV = SUV_{bgd} + 20\% (SUV_{max} - SUV_{bgd})$,选取病灶区域内大于该 SUV 的所有体素为 ROI,以下简称 Th bgd。将基于上述 3 种阈值法得到的 MTV 与 V_{MRI} 进行对比。利用 Dice 相似性系数 (Dice similarity coefficient, DSC) 评价 PET ROI 与 MRI ROI 的相关性。DSC 的计算公式为: $2 \times (A \cap B) / (A + B)$,其中 A 和 B 分别代表 PET ROI 体积和 MRI ROI 体积, $(A \cap B)$ 代表重叠的体积, $(A + B)$ 代表 A 与 B 的绝对总和^[7]。

5. 统计学分析。使用 IBM SPSS Statistics 22.0 软件结合 R 语言 (版本:4.4.1) 分析数据,对定量资料行 Shapiro-Wilk 正态性检验和方差齐性检验,符

合正态分布的定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布的定量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示。采用 Friedman 检验分析相同显像方法 3 种阈值法所得 MTV 的差异,并使用 Nemenyi 检验进行多重比较;采用重复测量方差分析 3 种阈值法 DSC 的差异 (由 Greenhouse-Geisser 校正),用 Bonferroni 校正法对多重比较进行调整。分别计算 ^{18}F -FDG 和 ^{11}C -胆碱组 3 种阈值法 MTV 的均值,采用 Wilcoxon 符号秩检验分析组间及 6 组 MTV 与 V_{MRI} 是否存在差异;分别计算 ^{18}F -FDG 和 ^{11}C -胆碱组 3 种阈值法 DSC 的均值,采用配对 t 检验分析组间差异。采用双侧检验, $P < 0.05$ 或 $P < 0.017$ (Bonferroni 校正法) 为差异具有统计学意义。

结 果

1. 37 例鼻咽癌患者的 ^{18}F -FDG 显像和 ^{11}C -胆碱显像显示的代谢水平有一定差异, SUV_{max} 分别为 11.17 (9.52, 15.74) 和 6.12 (4.71, 7.72)。患者的 V_{MRI} 为 24.35 (14.48, 36.89) mm^3 ; ^{18}F -FDG 显像 3 种阈值法的 MTV 分别为 13.21 (5.47, 23.16) mm^3 (Th SUV4.0)、10.13 (5.67, 16.81) mm^3 (Th 42%) 和 13.68 (5.77, 25.52) mm^3 (Th bgd); ^{11}C -胆碱显像对应的 MTV 分别是 14.96 (6.80, 32.27) mm^3 (Th SUV2.5)、16.28 (12.23, 32.47) mm^3 (Th 42%) 和 18.97 (14.38, 37.02) mm^3 (Th bgd)。 ^{18}F -FDG 显像不同阈值法的 MTV 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 17.89, P < 0.001$), 多重比较结果显示, Th SUV4.0 组与 Th bgd 组差异无统计学意义 ($P = 0.993$), 其余两组间差异均有统计学意义 (均 $P < 0.001$)。 ^{11}C -胆碱显像不同阈值法的 MTV 差异也有统计学意义 ($\chi^2 = 10.45, P = 0.005$), Nemenyi 检验结果显示, Th bgd 组与 Th 42% 组差异有统计学意义 ($P = 0.006$), 其余两组间差异均无统计学意义 (P 值: 0.730, 0.052)。Wilcoxon 符号秩检验结果表明, ^{11}C -胆碱组 3 种阈值法 MTV 均值高于 ^{18}F -FDG 组 ($Z = -3.87, P < 0.001$), 6 组 MTV 和 V_{MRI} 差异均存在统计学意义 (Z 值: -5.03 ~ -2.59, 均 $P < 0.05$)。典型病例显像及不同阈值法勾画 ROI 示意图见图 1~3。

2. ^{18}F -FDG 显像 3 种阈值法的 DSC 分别是 0.43 ± 0.19 (Th SUV4.0)、 0.38 ± 0.17 (Th 42%) 和 0.44 ± 0.17 (Th bgd); ^{11}C -胆碱显像对应的 DSC 分别是: 0.52 ± 0.21 (Th SUV2.5)、 0.58 ± 0.13 (Th 42%)、 0.62 ± 0.13 (Th bgd), 数值最高的都是 Th bgd 组, 且胆碱组高于 FDG 组。统计学分析示, ^{18}F -FDG PET/CT 显像 3 组 DSC 差异有统计学意义 ($F = 16.35, P < 0.001$), 多重

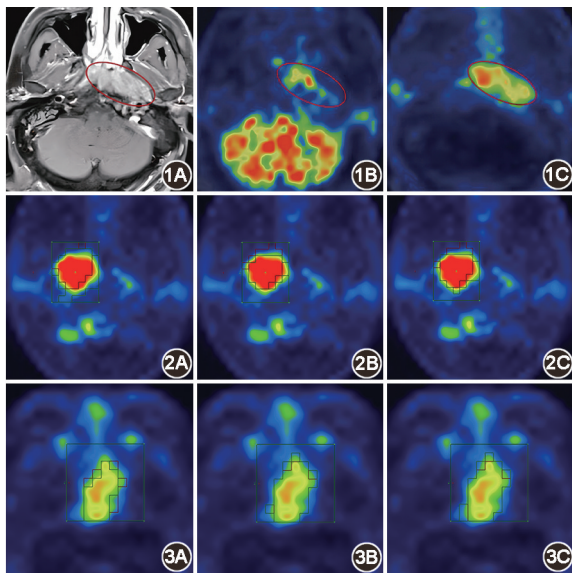


图 1 鼻咽癌患者(男,31岁)影像学检查图。1A~1C.依次为MRI、 ^{18}F -FDG PET 显像、 ^{11}C -胆碱 PET 显像图,可见 ^{18}F -FDG 显像图中有明显的脑部摄取,而 ^{11}C -胆碱显像图则无脑部显像剂干扰(红色椭圆区域为不同检查模式下的鼻咽癌病灶) **图 2** 鼻咽癌患者(男,45岁) ^{18}F -FDG PET 显像不同阈值法勾画 ROI 示意图。2A~2C.依次为绝对阈值法(Th SUV4.0)、相对阈值法(Th 42%)、本底相关阈值法(Th bgd),图中红色区域为鼻咽癌病灶,周边不规则线条表示不同方法勾画 ROI **图 3** 鼻咽癌患者(女,48岁) ^{11}C -胆碱 PET 显像不同阈值法勾画 ROI 示意图。3A~3C.依次为绝对阈值法(Th SUV2.5)、Th 42%、Th bgd 法,图中橙黄色区域为鼻咽癌病灶,周边不规则线条表示不同方法勾画 ROI

比较结果显示, Th SUV4.0 组与 Th bgd 组差异无统计学意义(Bonferroni 校正 $P=1.000$), 其余两组间差异均有统计学意义(均 Bonferroni 校正 $P<0.001$); ^{11}C -胆碱 PET/CT 显像 3 组 DSC 差异有统计学意义($F=16.37, P<0.001$), 多重比较结果显示, 3 种阈值法两两之间差异均有统计学意义(均 Bonferroni 校正 $P<0.017$); 配对 t 检验结果表明, 胆碱组 3 种阈值法 DSC 均值高于 FDG 组($t=-5.57, P<0.001$)。

讨 论

实体肿瘤在时间和空间的双重异质性使得侵入性活组织检查不能保证获得全面的病变信息。影像学方法具有非侵入性和可重复性, 尤其 PET 显像可在分子水平显示病灶的异质性^[8]。相关指南提出放疗仍是鼻咽癌的首选治疗方式, 强调鼻咽癌靶区勾画必须将 MRI 作为基本的影像学参照, 并结合 PET 影像才能全面了解肿瘤的侵犯范围^[9]。因此, PET 影像的评估至关重要^[10]。

MTV 不仅能反映肿瘤的体积和代谢活性, 也可

能与鼻咽癌的生存率密切相关^[11]。一些研究表明 MTV 有望成为预后标志物^[12], 但由于影像的肿瘤边界不清楚, 手动进行肿瘤体积的勾画存在固有的分割不确定性^[13]。自动勾画可能会减少差异, 但基于 SUV_{\max} 百分比或固定 SUV 的方法也会受到 SUV 自身差异性 or 过高本底勾画的影响^[14]。

既往研究大多采用绝对阈值法或相对阈值法来勾画 ROI。章钰梅等^[2]推荐使用 SUV4.0 作为鼻咽癌 PET 图像的首选阈值法。Tian 等^[15]发现, 基于 SUV 的本底相关阈值法对鼻咽癌转移性病变的检出率更高。Geng 等^[16]试图利用模体和计算机模型计算出阈值公式, 以更客观地描绘生物靶体积。以上研究均基于 ^{18}F -FDG PET 图像。吴湖炳等^[4]提出 ^{11}C -胆碱可以更好地确定鼻咽癌的肿瘤边界并指导放疗靶区的勾画。本研究结合前述论文观点并考虑到鼻咽癌病灶对 ^{18}F -FDG 与 ^{11}C -胆碱摄取能力的差异性, 采用 3 种阈值法对鼻咽癌病灶进行勾画, 对比病灶区域 MTV 的变化以及 PET ROI 与增强 MRI ROI 的同一性。

本研究结果中, 从数值看, ^{18}F -FDG 显像 Th bgd 勾画得到的 MTV 和 DSC 高于 Th SUV4.0 和 Th 42%, 3 种阈值法勾画得到的 MTV 和 DSC 差异均有统计学意义($\chi^2=17.89, F=16.35$, 均 $P<0.001$)。在近年研究中, 多数学者会选择 SUV2.5 作为 FDG 图像的截断值, 这种方法高估了鼻咽癌病灶的靶体积。考虑到患者病灶 FDG 摄取较多[SUV_{\max} 11.17(9.52, 15.74)], 本研究绝对阈值法选用 SUV4.0, 缩小了不同阈值法间 MTV 及 DSC 的差异。本研究 ^{11}C -胆碱显像示, Th bgd 勾画同样得到最大的 MTV, Th 42% 的 MTV 最小, Th SUV2.5 的 MTV 与 Th 42% 的接近, 3 种方法间差异有统计学意义($\chi^2=10.45, P=0.005$); 在病灶轮廓和体积精准度判定中, Th bgd 法获得了更高的 DSC, 而 Th 42% 法得到的 DSC 大于 Th SUV2.5, 组内差异有统计学意义($F=16.37, P<0.001$)。这表明 MTV 值的大小并不能体现病灶轮廓的差异性, 在临床研究中应该结合病种特征考虑。2 种显像方法中 3 种阈值法的差异表明, 选用不同的勾画方法对评价鼻咽癌病灶的范围有一定影响。另外, ^{11}C -胆碱显像 3 种阈值法的 DSC 值均比 ^{18}F -FDG 组高($t=-5.57, P<0.001$), 表明 ^{11}C -胆碱 PET 显像病灶活性区域与增强 MRI 病灶范围的同一性更好, 这与 Jiang 等^[17]的研究相同。2 种 PET 显像得到的 MTV 与 DSC 差异较大, 或许是因为鼻咽癌代谢具有异质性及 2 种显像剂的摄取机制不同。FDG 通过葡萄糖

转运载体大量进入肿瘤细胞^[18],只反映糖代谢水平。胆碱参与肿瘤细胞膜磷脂的合成,摄取速率可以反映肿瘤细胞增殖的速度。尽管细胞增殖带来的一定的代谢挑战,但细胞获取和代谢营养物质的方式取决于特定环境。转移性克隆在进入新的组织时,往往会重新调整代谢^[19]。而鼻咽癌大多为低分化鳞状细胞癌,生长、扩散速度快,因此在肿瘤边界会产生摄取差异。此外,本研究提示 Th bgd 是鼻咽癌¹¹C-胆碱 PET 显像病灶勾画的首选阈值勾画法,这与 Li 等^[20]的结论一致。本研究组也推荐将 Th bgd 作为鼻咽癌¹⁸F-FDG 显像的首选阈值勾画法。

需说明,本研究样本量较少,为单中心研究,存在一定的局限性。未来需要多样本多中心验证,也需要进行模型模拟和临床试验探讨¹¹C-胆碱 PET 显像、Th bgd 对鼻咽癌分期、疗效和预后的影响,进一步提升其临床意义。

总之,鼻咽癌患者术前进行¹¹C-胆碱 PET/CT 显像较¹⁸F-FDG PET/CT 显像对病灶的显示更接近于增强 MRI(“金标准”)。本研究设定的 3 种阈值勾画法中 Th bgd 勾画得到的 ROI 与增强 MRI ROI 的同源性更好。对于¹⁸F-FDG PET 显像,笔者同样更推荐 Th bgd。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 王小利:图像处理、论文撰写;兰晓莉、胡佳:研究指导、论文审阅;冯舒茜、李春艳:图像处理;胡帆:数据整理、统计学分析

参 考 文 献

- [1] 邓颖,陈冬平.鼻咽癌家族聚集现象[J].国际医药卫生导报, 2021, 27(21): 3433-3436. DOI:10.3760/cma.j.issn.1007-1245.2021.21.039.
Deng Y, Chen DP. Familial clustering of nasopharyngeal carcinoma [J]. Int Med Health Guid News, 2021, 27(21): 3433-3436. DOI:10.3760/cma.j.issn.1007-1245.2021.21.039.
- [2] 章钰梅,巩贵忠,曹秀娟,等.基于 CT/MRI/PET-CT 进行鼻咽癌大体肿瘤区及淋巴结勾画的对照研究[J].中华放射医学与防护杂志, 2021, 41(9): 653-658. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.09.003.
Zhang YM, Gong GZ, Cao XJ, et al. A comparative study on the delineation of gross tumor volume and lymph nodes of nasopharyngeal carcinoma patients using CT/MRI/and PET-CT [J]. Chin J Radiol Med Prot, 2021, 41(9): 653-658. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.09.003.
- [3] 段影,于亚斌,赵建秀,等.¹⁸F-FDG PET/MR 在鼻咽癌分期中的价值研究及半定量分析[J].临床放射学杂志, 2023, 42(9): 1403-1408. DOI:10.13437/j.cnki.jcr.2023.09.021.
Duan Y, Yu YB, Zhao JX, et al. The value and semi-quantitative analysis of ¹⁸F-FDG PET/MR in staging of nasopharyngeal carcinoma [J]. J Clin Radiol, 2023, 42(9): 1403-1408. DOI:10.13437/j.cnki.jcr.2023.09.021.
- [4] 吴湖炳,王全师,韩彦江,等.¹¹C-胆碱对¹⁸F-FDG PET/CT 显像诊断鼻咽癌和肝细胞肝癌的补充价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2013, 33(3): 161-166. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2013.03.001.
Wu HB, Wang QS, Han YJ, et al. Complementary value of ¹¹C-choline PET/CT to ¹⁸F-FDG PET/CT for diagnosing nasopharyngeal and hepatocellular carcinoma [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2013, 33(3): 161-166. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2013.03.001.
- [5] Ghibid A, Cherkaoui Salhi G, El Alami I, et al. Pretreatment [¹⁸F] FDG PET/CT and MRI in the prognosis of nasopharyngeal carcinoma [J]. Ann Nucl Med, 2022, 36(10): 876-886. DOI:10.1007/s12149-022-01770-4.
- [6] Trada Y, Lin P, Lee MT, et al. Impact of tumour region of interest delineation method for mid-treatment FDG-PET response prediction in head and neck squamous cell carcinoma undergoing radiotherapy [J]. Quant Imaging Med Surg, 2023, 13(5): 2822-2836. DOI:10.21037/qims-22-798.
- [7] 王为,周晴,蒋马伟.形变配准在螺旋断层治疗联合近距离治疗宫颈癌剂量叠加中的应用[J].中华放射肿瘤学杂志, 2022, 31(1): 59-64. DOI:10.3760/cma.j.cn113030-20201206-00589.
Wang W, Zhou Q, Jiang MW. Application of deformable image registration in radiotherapy dose accumulation of helical tomotherapy combined with brachytherapy for cervical cancer [J]. Chin J Radiat Oncol, 2022, 31(1): 59-64. DOI:10.3760/cma.j.cn113030-20201206-00589.
- [8] 王蕊萍,兰晓莉.鼻咽癌中的影像组学研究:当前进展和挑战 [J].中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(7): 433-436. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220324-00087.
Wang RP, Lan XL. Radiomics in nasopharyngeal carcinoma: current progress and challenges [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2023, 43(7): 433-436. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220324-00087.
- [9] 中国医师协会放射肿瘤治疗医师分会,中华医学会放射肿瘤治疗学分会.中国鼻咽癌放射治疗指南(2022 版) [J].中华肿瘤防治杂志, 2022, 29(9): 611-622. DOI:10.16073/j.cnki.cjcp.2022.09.01
Radiation Oncology Physicians Branch of Chinese Medical Doctor Association, Chinese Society for Therapeutic Radiation Oncology. Guidelines for radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma in China (2022 edition) [J]. Chin J Cancer Prev Treat, 2022, 29(9): 611-622. DOI:10.16073/j.cnki.cjcp.2022.09.01.
- [10] Tamal M. Intensity threshold based solid tumour segmentation method for positron emission tomography (PET) images: a review [J]. Heliyon, 2020, 6(10): e05267. DOI:10.1016/j.heliyon.2020.e05267.
- [11] Chan SC, Yeh CH, Chang JT, et al. Combining MRI perfusion and ¹⁸F-FDG PET/CT metabolic biomarkers helps predict survival in advanced nasopharyngeal carcinoma: a prospective multimodal imaging study [J]. Cancers (Basel), 2021, 13(7): 1550. DOI:10.3390/cancers13071550.
- [12] 洗伟均,冯彦林,王颖,等.¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数预测局部复发鼻咽癌放疗预后的价值及与外周血炎症反应指标的相关性[J].中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(1): 31-35. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210624-00206.
Xian WJ, Feng YL, Wang Y, et al. Prognostic value of ¹⁸F-FDG PET/CT metabolic parameters in locally recurrent nasopharyngeal carcinoma receiving chemoradiotherapy and their relationships with peripheral blood inflammation markers [J]. Chin J Nucl Med Mol

- Imaging, 2023, 43(1): 31-35. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210624-00206.
- [13] Yang PF, Xu L, Cao ZZ, et al. Extracting and selecting robust radiomic features from PET/MR images in nasopharyngeal carcinoma [J]. Mol Imaging Biol, 2020, 22(6): 1581-1591. DOI:10.1007/s11307-020-01507-7.
- [14] Soret M, Bacharach SL, Buvat I. Partial-volume effect in PET tumor imaging[J]. J Nucl Med, 2007, 48(6): 932-945. DOI:10.2967/jnumed.106.035774.
- [15] Tian Y, Bakari KH, Liao S, et al. Prognostic value of volume-based positron emission tomography/computed tomography in nasopharyngeal carcinoma patients after comprehensive therapy [J]. Contrast Media Mol Imaging, 2018, 2018: 1384281. DOI: 10.1155/2018/1384281.
- [16] Geng J, Luo F, Tian J, et al. A formula to calculate the threshold for radiotherapy targets on PET images: simulation study[J]. Front Oncol, 2020, 10: 550096. DOI:10.3389/fonc.2020.550096.
- [17] Jiang J, Wu HB, Huang MY, et al. Variability of gross tumor volume in nasopharyngeal carcinoma using ^{11}C -choline and ^{18}F -FDG PET/CT [J]. PLoS One, 2015, 10(7): e0131801. DOI: 10.1371/journal.pone.0131801.
- [18] 付蕾, 刘建井, 李小凤, 等. ^{18}F -FDG PET/CT 对鼻咽癌与鼻咽淋巴瘤的鉴别诊断价值[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2022, 42(10): 588-592. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20210705-00221.
- Fu Q, Liu JJ, Li XF, et al. Value of ^{18}F -FDG PET/CT in the differential diagnosis of nasopharyngeal carcinoma and nasopharyngeal lymphoma[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 42(10): 588-592. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210705-00221.
- [19] Brunner JS, Finley L. Metabolic determinants of tumour initiation [J]. Nat Rev Endocrinol, 2023, 19(3): 134-150. DOI:10.1038/s41574-022-00773-5.
- [20] Li C, Yang Y, Hu F, et al. Evaluation of ^{11}C -choline PET/CT for T staging and tumor volume delineation in nasopharyngeal cancer patients in comparison to ^{18}F -FDG PET/CT [J]. Clin Nucl Med, 2023, 48(7): 563-573. DOI:10.1097/RLU.0000000000004645.
- (收稿日期:2024-11-04)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊对形态学图片的质量和制作要求

作者提供给杂志用的形态学图片既要为论文的出版用,也为论文的评审和编辑用,除图片要足够的大小外,图像要能真实反映形态的原貌和特征。基本要求如下。

1. 图片要清晰、层次分明、影调适中、无杂乱背景;对比度好,良好的黑白度比较应是黑白分明、境界清晰;色彩正常。
2. 图片必须是原始图像或由原始图像加工成的照片,影像图应标注左右,图像要能显示出形态特征,必要时需加提示或特指符号(如箭头等)。
3. 数码图像的分辨率应为 300 dpi 或以上,总像素至少要在 150 万像素或以上,图像文件用 JPG 或 TIF 格式。
4. 图像要有简明扼要、规范的形态描述,但不能简单到只写“电子显微镜形态改变”之类。引用或改编已发表的图需注明出处,并提供版权所有人同意使用该图的书面材料。
5. 病理图应注明染色方法、放大倍数(或低倍、中倍、高倍),电子显微镜图可在左下角或右上角加注标尺,显微照片中使用的符号、箭头或字母应与背景有很好的对比度;实物照片涉及尺寸者应附有表示目的物尺寸大小的标度;人体照片只需显示必要部位,但应能看出是人体的哪一部分。颜面或全身照片,若不需显示眼部或阴部,应加以遮盖;X 线片需部位明确,肢体照片应带上一端关节,胸片应包括肺尖或肋膈角、横膈;家族性染色体图谱或基因图谱是患者或家属的隐私材料,投稿时要提供患者或家属的书面知情同意书。
6. 插入到文本文件中的图片,在调整其大小时要保持原图像的宽/高比例(即先按下计算机的 shift 键,再进行缩放操作)。

本刊编辑部