

十分之一剂量¹⁸F-FDG 全身 PET/CT 肿瘤显像可行性的临床研究

高华萍 林禹 谭辉 郑哲 石洪成

上海市影像医学研究所、复旦大学附属中山医院核医学科、复旦大学核医学研究所,上海 200032

通信作者:石洪成, Email: shi.hongcheng@zs-hospital.sh.cn

【摘要】 目的 探讨 1/10 剂量¹⁸F-FDG 全身 PET/CT(TB PET/CT)肿瘤显像的可行性。方法 回顾性分析 2020 年 4 月至 2022 年 9 月于复旦大学附属中山医院行 1/10 剂量(按体质量 0.37 MBq/kg)¹⁸F-FDG TB PET/CT 的 34 例初诊肿瘤患者[男 30 例、女 4 例,年龄(64.0±1.6)岁]的临床及影像资料,将全身 PET 原始数据分别重建成 15 min 和起始 2 min 的 PET 图像(G15 和 G2);另外,按照病理类型匹配 34 例行全剂量(按体质量 3.70 MBq/kg)¹⁸F-FDG 常规数字化 PET/CT(C PET/CT)的初诊肿瘤患者[男 27 例、女 7 例,年龄(63.3±2.1)岁],其 PET 扫描速度为每个床位 2~3 min。比较组间信噪比(SNR)差异,以及对经手术病理证实病灶的检出率的组间差异。采用 χ^2 检验、两独立样本 *t* 检验、Mann-Whitney *U* 检验、Wilcoxon 秩和检验等进行数据比较。**结果** TB PET/CT 组和 C PET/CT 组在性别、年龄、体质量指数(BMI)、血糖水平、注射后等待时间等方面差异均无统计学意义($\chi^2 = 0.98$, *t* 值:0.08, -1.05, *z* 值:0.68, 0.41, 均 $P > 0.05$)。G15 组、C PET/CT 组和 G2 组 SNR 依次递减,分别为 16.0(11.3, 20.0)、10.5(8.2, 13.5)和 8.4±0.3,两两比较差异均有统计学意义(*z* 值:5.09, 3.31, -4.24, 均 $P < 0.05$)。对于原发病灶加肝转移灶的检出率,G15、G2 组均为 100%(37/37),C PET/CT 也为 100%(36/36)。G15、G2 组的淋巴结转移灶检出率均为 10/15,高于 C PET/CT 的 64.4%(29/45),差异有统计学意义($\chi^2 = 62.03$, $P = 0.002$)。**结论** 1/10 剂量¹⁸F-FDG TB PET/CT 显像 2 min 采集在临床实践中具有可行性。

【关键词】 肿瘤;正电子发射断层显像术;体层摄影术,X 线计算机;氟脱氧葡萄糖 F18;低剂量
DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20231105-00095

Feasibility of one-tenth dose ¹⁸F-FDG total-body PET/CT in patients with malignant tumors

Gao Huaping, Lin Yu, Tan Hui, Zheng Zhe, Shi Hongcheng

Shanghai Institution of Medical Imaging; Department of Nuclear Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University; Nuclear Medicine Institute of Fudan University, Shanghai 200032, China

Corresponding author: Shi Hongcheng, Email: shi.hongcheng@zs-hospital.sh.cn

【Abstract】 Objective To explore the feasibility of one-tenth dose ¹⁸F-FDG total-body PET/CT (TB PET/CT) in patients with malignant tumors. **Methods** A retrospective analysis was carried out on 34 preliminarily diagnosed cancer patients (30 males, 4 females, age (64.0±1.6) years) who underwent one-tenth dose (0.37 MBq/kg) ¹⁸F-FDG TB PET/CT examination between April 2020 and September 2022 in Zhongshan Hospital, Fudan University. The raw data were reconstructed into 15 min and initial 2 min PET images (G15 and G2, respectively). A matched cohort of 34 preliminarily diagnosed malignant tumor patients (27 males, 7 females, age (63.3±2.1) years) undergoing full dose (3.70 MBq/kg) ¹⁸F-FDG conventional digital PET/CT (C PET/CT) examination with a PET scan rate of 2-3 min/bed position, were analyzed in line with the same pathological types. Signal-to-noise ratios (SNR) of G15, G2 and C PET/CT groups were compared, and based on the pathological results, the detection rates of those 3 groups for lesions were also compared. The χ^2 test, independent sample *t*-test, Mann-Whitney *U* test, and Wilcoxon rank sum test were used for data analysis. **Results** The significant differences in gender, age, body mass index (BMI), blood sugar level and postinjection waiting time between TB PET/CT group and C PET/CT group were not found ($\chi^2 = 0.98$, *t* values: 0.08, -1.05, *z* values: 0.68, 0.41, all $P > 0.05$). The SNR, from G15 to C PET and G2 groups, decreased gradually, which were 16.0(11.3, 20.0), 10.5(8.2, 13.5) and 8.4±0.3 respectively (*z* values: 5.09, 3.31, -4.24, all $P < 0.05$). All primary lesions and hepatic metastases were detected by G15 and G2 imaging (100%, 37/37) as well as by C PET/CT (100%, 36/36). The detection rates for lymph node metastasis lesions were 10/15 in the G2/G15 groups, which were higher than the detection rate in the C PET/CT group (64.4%(29/45); $\chi^2 = 62.03$, $P = 0.002$). **Conclusion** One-tenth dose ¹⁸F-

FDG TB PET/CT with a 2-minute acquisition is feasibility in the clinical practice.

【Key words】 Neoplasms; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed; Fluorodeoxyglucose F18; Low-dose

^{18}F -FDG PET/CT 显像被广泛应用于肿瘤诊断、分期及再分期、疗效评估、临床治疗方案选择中^[1-3]。常规数字化 PET/CT (conventional digital PET/CT, C PET/CT) 的轴向视野 (axial field-of-view, AFOV) 为 15~30 cm, 接收到的有效光子数仅为显像剂发射总量的 1%, 病灶检出率因此受到一定影响^[4-5]。全身 PET/CT (total-body PET/CT, TB PET/CT) 具有 194 cm 的 AFOV, 可同时接收来自整个人体的符合光子, 有效计数率是 AFOV 为 22 cm 的常规 PET 扫描仪的 40 倍^[6-7], 这使得低剂量 PET 显像成为可能。本研究旨在探讨按照指南推荐的成人 ^{18}F -FDG 注射剂量 (按体质量 3.7 MBq/kg)^[8] 的 1/10 行 ^{18}F -FDG TB PET/CT 显像 2 min 采集在肿瘤患者中的可行性。

资料与方法

1. 研究对象。回顾性分析 2020 年 4 月至 2022 年 9 月在复旦大学附属中山医院核医学科行 1/10 剂量 ^{18}F -FDG (按体质量 0.37 MBq/kg) TB PET/CT 检查的 34 例初诊恶性肿瘤患者的临床、影像及病理资料。另外, 按照病理类型一致匹配 34 例行全剂量 ^{18}F -FDG (按体质量 3.70 MBq/kg) C PET/CT 显像的初诊恶性肿瘤患者。入选对象排除标准: (1) 无病理诊断; (2) 注射至显像时间 <40 min 或 >95 min 者。

TB PET/CT 组中男 30 例、女 4 例, 年龄 40.0~81.0 (64.0±1.6) 岁; 单原发肿瘤 33 例, 双原发肿瘤 1 例 (肝内胆管癌), 具体病理类型: 结直肠癌 13 例、肝内胆管癌 6 例、胃癌 4 例、肝门胆管癌和胰腺癌各 3 例、混合型肝细胞-胆管细胞癌和肺癌各 2 例、肝细胞肝癌 1 例。C PET/CT 组中男 27 例、女 7 例, 年龄 34.0~83.0 (63.3±2.1) 岁; 单原发肿瘤 33 例, 双原发肿瘤 1 例 (肝细胞癌), 具体病理类型: 结直肠癌 13 例、肝内胆管癌 6 例、胃癌 4 例、肝细胞肝癌、肝门胆管癌和胰腺癌各 3 例、肺癌 2 例。本研究经复旦大学附属中山医院伦理委员会批准 (批件号: B2019-160R), 患者均签署知情同意书。

2. PET/CT 显像。患者准备和血糖控制水平等均参照欧洲指南^[8]。 ^{18}F -FDG 由本中心 (复旦大学附属中山医院核医学科) 自行生产, 放化纯 $\geq 95\%$ 。(1) 1/10 剂量显像。按患者体质量静脉注射 ^{18}F -FDG 0.37 MBq/kg 后, 应用 AFOV 为 194 cm 的 TB

PET/CT 仪 (uEXPLORER, 上海联影医疗科技股份有限公司) 显像。采用三维列表模式 (list mode) 采集 PET 数据 15 min, 将原始数据分别重建为 15 min 和起始 2 min 图像 (G15 和 G2)。采用有序子集最大期望值迭代法 (ordered subsets expectation maximization, OSEM) 联合飞行时间和点扩散函数重建 PET 图像, 3 次迭代, 20 个子集, 层厚 1.443 mm, 矩阵 192×192, 高斯滤波半高宽 3 mm。低剂量衰减校正 CT (attenuation-correction CT, ACCT) 扫描参数: 管电压 120 kV, 管电流 10 mA。诊断 CT 扫描参数: 躯干使用 120 kV 管电压, 管电流使用调制技术, 重建层厚 1 mm, 层间距 1 mm, 矩阵 512×512, 视野 500 mm; 头部使用 120 kV 管电压和 280 mA 管电流, 重建层厚 2 mm, 层间距 2 mm, 矩阵 512×512, 视野 300 mm。

(2) 全剂量显像。按患者体质量静脉注射 ^{18}F -FDG 3.70 MBq/kg, 应用 AFOV 为 30 cm 的 C PET/CT (uMI780, 上海联影医疗科技股份有限公司) 采集, 扫描速度为每个床位 2~3 min。PET 图像重建方法同 (1), 2 次迭代, 子集数 20, 层厚 1.34 mm, 图像矩阵 150×150, 高斯滤波函数半高宽 3 mm。CT 扫描参数: 体部采用管电压 120 kV, 管电流 140 mA, 其余参数同 (1); 头部参数同 (1)。

3. 图像判读。由 2 位经验丰富的核医学医师采用随机顺序盲法独立阅片, 意见不一致者协商解决。分别在升主动脉气管分叉水平 (避开血管壁)、肝脏右叶的均匀区域 (避开肝内病灶和大血管) 及腹部正常脂肪组织处勾画直径为 20 mm 的 ROI, 记录其 SUV_{\max} 、 SUV_{mean} 及标准差 (standard deviation, SD), 以肝脏 SUV_{mean} /肝脏 SD 计算信噪比 (signal-to-noise ratio, SNR)。将 PET 图像上非生理性的局灶性显像剂摄取高于邻近正常组织摄取的区域定义为病灶。在病灶横断面最大径处勾画感兴趣体积 (volume of interest, VOI) 并记录 SUV_{\max} 。以肿瘤 SUV_{\max} /肝脏 SUV_{mean} 计算肿瘤/肝脏比 (tumor-to-liver ratio, TLR); 以淋巴结 SUV_{\max} /脂肪 SUV_{mean} 计算淋巴结/脂肪比 (tumor-to-fatty-tissue ratio, TFR)。在诊断 CT 图像或融合图像上测量并记录所有原发灶和远处转移灶的长径 (对于结直肠癌、胃癌则记录厚度) 以及可疑转移淋巴结的短径。以手术病理结果作为病灶检出率的参考标准。

4. 统计学处理。使用 IBM SPSS 26.0 软件进行

统计学分析。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;连续变量采用两独立样本 t 检验或 Mann-Whitney U 检验进行组间比较,配对样本采用配对 t 检验或 Wilcoxon 秩和检验比较。定性资料以频数(百分比)表示,采用 χ^2 检验进行组间比较。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1.组间临床资料比较。除注射剂量外($t = -29.87, P < 0.001$),TB PET/CT 组和 C PET/CT 组患者在年龄、性别、体质量指数(body mass index, BMI)[(22.9±0.4)和(23.6±0.6) kg/m²]、血糖水平[5.3(5.0,6.1)和 5.4(5.0,6.3) mmol/L]、注射后等待时间[63.0(53.0,76.0)和 63.5(56.0,76.3) min]等方面差异均无统计学意义(t 值:0.08、-1.05, z 值:0.68、0.41, $\chi^2 = 0.98$,均 $P > 0.05$)。

2.图像半定量分析。G15 组、C PET/CT 组和 G2 组肝脏 SNR 依次减低,两两比较差异均有统计学意义(z 值:5.09、3.31、-4.24,均 $P < 0.05$);3 组间的病灶大小、SUV_{max}、TLR 和 TFR 差异均无统计学意义(t 值:-1.70~1.99, z 值:-1.48~1.39, $P > 0.05$;表 1)。

3.病灶检出率。G2 和 G15 中均检出原发灶 35 个[大小为 18.5(15.4,31.8) mm,范围:9.3~69.3 mm]

和肝脏转移灶 2 个(大小为 52.8 和 25.1 mm),检出率为 100%(37/37);TLR 分别为 4.5、4.0(G2)和 4.4、4.2(G15)。C PET/CT 组共检出原发灶 35 个[大小为 21.1(15.7,52.0) mm,范围:9.4~129.5 mm]和肝脏转移灶 1 个(大小为 15.3 mm,TLR 为 2.4),检出率为 100%(36/36)。

G2 和 G15 均识别出 15 个转移淋巴结(病理诊断)中的 10 个(10/15),检出转移淋巴结大小为 6.2~16.9(10.3±1.2) mm;TFR 分别为 2.5~12.8(6.1±1.1)和 2.4~18.0(7.5±1.6)。C PET/CT 组识别出经病理诊断为转移淋巴结中的 64.4%(29/45),转移淋巴结大小为 6.4~12.6(9.1±0.6) mm;TFR 为 2.8(2.3,4.0),范围:1.7~7.4。G2、G15 组与 C PET/CT 组淋巴结检出率差异具有统计学意义($\chi^2 = 62.03, P = 0.002$)。典型病例图像见图 1 和 2。

讨 论

常规 PET/CT 受限于 15~30 cm 的 AFOV,按照 3.70 MBq/kg(按体质量)的标准注射¹⁸F-FDG,采集时间约为每个床位 2~3 min,如果按照 5 个床位计算,采集时间约为 10~15 min。如果注射剂量固定,则理论上采集时间与图像质量呈正相关。如果采集时间超出患者的耐受范围,则会导致呼吸运动伪影和移动伪影,影响图像质量、病灶探测和诊断^[9]。具

表 1 3 组¹⁸F-FDG PET/CT 显像半定量参数比较[$\bar{x} \pm s$ 或 $M(Q_1, Q_3)$]

组别	例数	肝脏 SUV _{max}	肝脏 SUV _{mean}	SNR	原发灶大小(mm)
G15	34	3.1±0.1	2.8(2.4,3.0)	16.0(11.3,20.0)	18.5(15.4,31.8)
G2	34	3.5(3.1,3.8)	2.7±0.1	8.4±0.3	18.5(15.4,31.8)
C PET/CT	34	2.9±0.1	2.4±0.1	10.5(8.2,13.5)	21.1(15.7,52.0)
检验值 ^a		-4.92	-0.06	5.09	-
P 值 ^a		<0.001	0.950	<0.001	1.000
检验值 ^b		-3.92	2.81 ^d	3.31	1.39
P 值 ^b		<0.001	0.006	0.001	0.166
检验值 ^c		1.57 ^d	-2.87	-4.24	1.39
P 值 ^c		0.121	0.004	<0.001	0.166

组别	例数	原发灶 SUV _{max}	TLR	淋巴结大小(mm)	淋巴结 SUV _{max}	TFR
G15	34	10.9(8.0,20.1)	4.7(3.0,7.9)	10.3±1.2	5.5±1.3	7.5±1.6
G2	34	10.4(6.3,21.7)	4.3(2.6,7.4)	10.3±1.2	4.5±0.9	6.1±1.1
C PET/CT	34	11.3±1.2	4.8±0.5	9.1±0.6	2.2(1.6,3.7)	2.8(2.3,4.0)
检验值 ^a		0.84	1.04	-	-1.70 ^d	1.99 ^d
P 值 ^a		0.399	0.295	1.000	0.123	0.077
检验值 ^b		-0.99	-0.55	1.22 ^d	-1.30	-1.09
P 值 ^b		0.321	0.595	0.249	0.196	0.286
检验值 ^c		-1.31	-0.99	1.22 ^d	-1.48	-1.19
P 值 ^c		0.190	0.321	0.249	0.145	0.245

注:G15 和 G2 组为 1/10 剂量(按体质量 0.37 MBq/kg)¹⁸F-FDG PET/CT 显像患者 PET 数据分别重建为 15 min 和起始 2 min 图像的组,C PET/CT 组为常规剂量(按体质量 3.70 MBq/kg)¹⁸F-FDG PET/CT 显像组;^a表示 G15 组与 G2 组比较,^b表示 G2 组与 C PET 组比较,^c表示 G15 组与 C PET 组比较;^d表示 t 值,其余检验值为 z 值;-表示 2 组相同数据比较;TFR 为淋巴结/脂肪比,TLR 为肿瘤/肝脏比,SNR 为信噪比

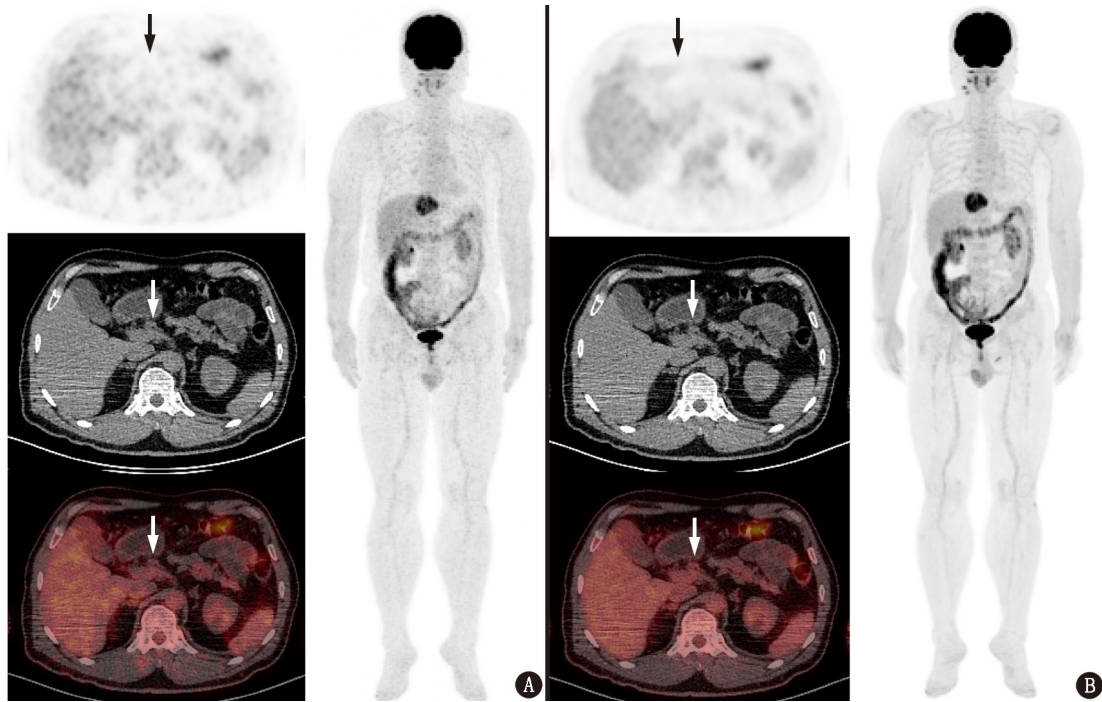


图 1 肝内胆管癌患者(男,54 岁)1/10 剂量(按体质量 0.37 MBq/kg)¹⁸F-FDG 全身 PET/CT(TB PET/CT) 显像图。A. 2 min 数据重建图像(G2)中箭头所示淋巴结(位于肝十二指肠韧带附近)大小为 15.3 mm×11.0 mm,SUV_{max} = 1.1,淋巴结/脂肪比(TFR)= 3.4;B. 15 min 数据重建图像(G15)中该淋巴结(箭头示)SUV_{max} = 1.4,TFR = 4.4

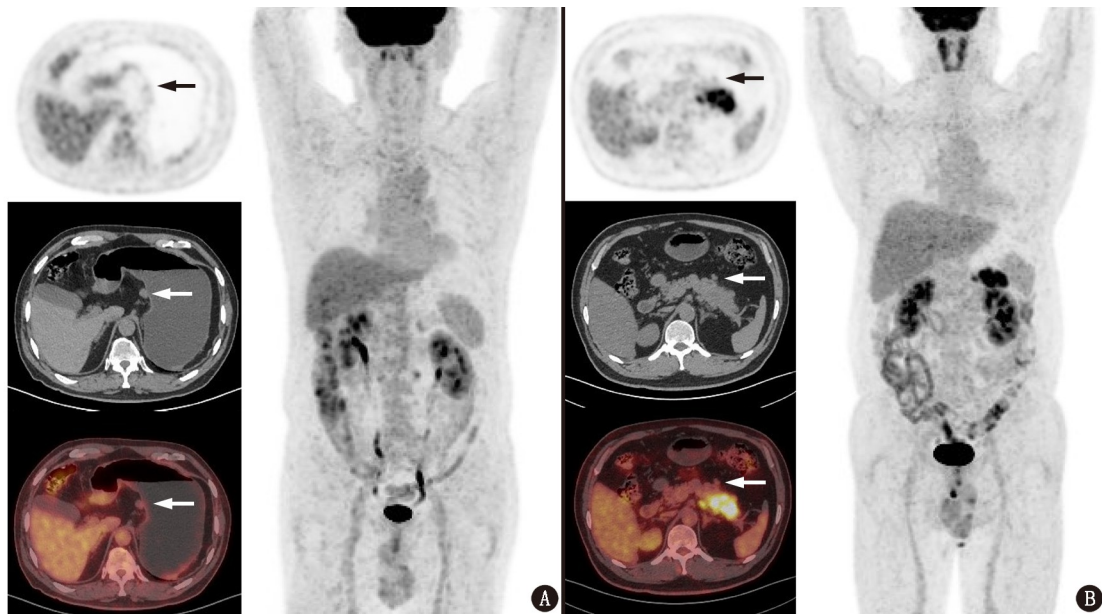


图 2 肿瘤患者全剂量(按体质量 3.70 MBq/kg)¹⁸F-FDG 常规数字化 PET/CT(C PET/CT) 显像图。A. 胃癌患者(男,71 岁),箭头所示淋巴结位于胃小弯侧,大小为 14.5 mm×10.6 mm,SUV_{max} = 1.5,TFR = 2.6; B.胰腺癌患者(男,48 岁),箭头所示淋巴结位于胰腺原发灶周围,大小为 9.9 mm×6.4 mm,SUV_{max} = 2.1,TFR = 2.3

有 194 cm AFOV 的 TB PET/CT 的有效计数率和灵敏度明显提高,能够在保证图像质量的前提下,实现低剂量扫描或者快速扫描^[10-13]。研究表明,在肺癌患者中半剂量(按体质量 1.85 MBq/kg)¹⁸F-FDG TB PET/CT 采集 2 min 可以获得优于全剂量(按体质量

3.70 MBq/kg) C PET/CT 图像质量的图像^[14]。常规剂量¹⁸F-FDG TB PET/CT 采集 30 s,也可以在一定程度上满足特定人群的诊断需求^[11]。本研究以病理诊断为参考标准,对比分析 TB PET/CT 2 min、15 min 采集及 C PET/CT(每个床位采集 2~3 min)

图像的病灶检出率。

本研究中 TB PET/CT 组与 C PET/CT 组患者在年龄、性别、BMI、血糖水平、注射后等待时间等方面差异没有统计学意义(均 $P>0.05$),提升了 2 组数据的可比性。研究结果显示,G15 的 SNR 高于 G2 组和 C PET 组,具有更优的图像质量,表明即使是低剂量,按照 C PET/CT 显像的时间完成 15 min 采集也可以获得明显更优的高质量图像,体现了 TB PET/CT 的高灵敏度优势。但是,常规的 15 min 左右的采集时间对于部分患者可能难于接受,能否实现 TB PET/CT 1 个床位采集 2 min 完成低剂量的快速扫描? 本研究结果显示,G2、G15 组和 C PET/CT 组对原发灶和肝脏转移灶的检出率、TLR、TFR 差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),表明 1/10 剂量 TB PET 采集 2 min 在临床实践中具有可操作性。本研究中,原发灶和肝转移灶的径线相对比较大,且 TLR 较高,可能不足以充分体现各组间探测效能的差异。因此,本研究进一步探索了对手术病理确认有转移的淋巴结的检出情况,结果显示 G2 组的病灶检出率为 10/15,稍高于 C PET/CT 组的 64.4%(29/45; $\chi^2 = 62.03, P = 0.002$);在小病灶与低摄取病灶的探测中,G2 组探测到最小病灶的大小为 6.2 mm,最低 TFR 为 2.5,与 C PET/CT 组的 6.4 mm 和 1.7 相当。上述结果进一步表明 1/10 剂量 TB PET/CT 2 min 图像采集在病灶探测方面非劣效于 C PET/CT,具有较好的解决临床实际问题的能力。

PET/CT 的临床应用,应该以获得高质量图像为第一选择,以提升病灶的探测效率。但是在临床实践的过程中,需要兼顾患者的配合度、流量以及临床科室所需等诸多因素。基于个性化需求实施合理的采集方式,满足患者的不同需求,也是提升核医学临床服务能力的具体体现。1/10 剂量 TB PET/CT 2 min 图像采集就是满足低剂量和快速扫描双重需求的 1 种可选择的解决方案。

本研究的局限性在于:首先,这是 1 项单中心、小样本研究,研究结果只反映 1 种趋势,更为精准的结论需要大样本、多中心的研究;其次,本研究 TB PET/CT 与 C PET/CT 的对比分析并非头对头研究,结果可能存在偏倚;此外,本研究中使用的 1/10 注射剂量方案是基于 TB PET/CT 的特性以及本中心前期一系列的探索性研究,此方案在其余长轴 PET/CT 及常规短轴 PET/CT 上是否适用尚需进一步验证。

总之,本研究结果表明,1/10 剂量¹⁸F-FDG TB PET/CT 采集 2 min 的临床应用具有可操作性。

志谢 本课题得到了国家临床重点专科和工信部相关课题经费的支持

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 高华萍:研究实施、论文撰写、统计学分析;林禹:研究实施、论文修改;谭辉、郑哲:数据采集;石洪成:研究指导、论文修改、经费支持

参 考 文 献

- [1] Groheux D, Cochet A, Humbert O, et al. ¹⁸F-FDG PET/CT for staging and restaging of breast cancer[J]. J Nucl Med, 2016, 57 Suppl 1: 17S-26S. DOI:10.2967/jnumed.115.157859.
- [2] Volpi S, Ali JM, Tasker A, et al. The role of positron emission tomography in the diagnosis, staging and response assessment of non-small cell lung cancer[J]. Ann Transl Med, 2018, 6(5): 95. DOI:10.21037/atm.2018.01.25.
- [3] 郭仲秋,王涛,左长京. ¹⁸F-FDG PET/CT 对结肠癌临床预后中的应用价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2018, 38(4): 287-290. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.04.01. Guo ZQ, Wang T, Zuo CJ. Clinical value of ¹⁸F-FDG PET/CT for the prognosis of colorectal cancer[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2018, 38(4): 287-290. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.04.017.
- [4] Cherry SR, Jones T, Karp JS, et al. Total-body PET: maximizing sensitivity to create new opportunities for clinical research and patient care[J]. J Nucl Med, 2018, 59(1): 3-12. DOI:10.2967/jnumed.116.184028.
- [5] Prenosil GA, Sari H, Fürstner M, et al. Performance characteristics of the biograph vision quadra PET/CT system with a long axial field of view using the NEMA NU 2-2018 standard[J]. J Nucl Med, 2022, 63(3): 476-484. DOI:10.2967/jnumed.121.261972.
- [6] 蔡丹杰,石洪成.全身 PET/CT 临床研究的现况与展望[J].中华核医学与分子影像杂志, 2022, 42(1): 41-43. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210209-00031. Can DJ, Shi HC. Total-body PET/CT current research and future perspectives[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 42(1): 41-43. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210209-00031.
- [7] Badawi RD, Shi H, Hu P, et al. First human imaging studies with the EXPLORER total-body PET scanner[J]. J Nucl Med, 2019, 60(3): 299-303. DOI:10.2967/jnumed.119.226498.
- [8] Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2015, 42(2): 328-354. DOI:10.1007/s00259-014-2961-x.
- [9] Liu C, Pierce LA 2nd, Alessio AM, et al. The impact of respiratory motion on tumor quantification and delineation in static PET/CT imaging[J]. Phys Med Biol, 2009, 54(24): 7345-7362. DOI:10.1088/0031-9155/54/24/007.
- [10] Tan H, Gu Y, Yu H, et al. Total-body PET/CT: current applications and future perspectives[J]. AJR Am J Roentgenol, 2020, 215(2): 325-337. DOI:10.2214/AJR.19.22705.
- [11] Zhang Y, Hu P, He Y, et al. Ultrafast 30-s total-body PET/CT scan: a preliminary study[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 49(8): 2504-2513. DOI:10.1007/s00259-022-05838-1.
- [12] 迪丽比热·阿迪力,蔡丹杰,曹炎焱,等. ¹⁸F-FDG 全身 PET/CT 动态采集对肝脏恶性肿瘤诊断的增益价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2022, 42(12): 724-728. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220930-00298. Adili D, Cai DJ, Cao YY, et al. Added value of ¹⁸F-FDG total-

body PET/CT dynamic imaging in the diagnosis of liver malignant tumors[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 42(12): 724-728. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220930-00298.

[13] Hu Y, Liu G, Yu H, et al. Diagnostic performance of total-body ¹⁸F-FDG PET/CT with fast 2-min acquisition for liver tumours: comparison with conventional PET/CT[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging,

2022, 49(10): 3538-3546. DOI:10.1007/s00259-022-05772-2.

[14] Tan H, Sui X, Yin H, et al. Total-body PET/CT using half-dose FDG and compared with conventional PET/CT using full-dose FDG in lung cancer[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 48(6): 1966-1975. DOI:10.1007/s00259-020-05091-4.

(收稿日期:2023-11-05)

《中华核医学与分子影像杂志》第十一届编辑委员会成员名单

顾问:安锐 何志礼(中国香港) 黄钢 匡安仁 李方 李晓峰(美国) 王铁
阎紫宸(中国台湾) 张永学 Hiroshi Toyama(日本)
Arturo Chiti(意大利) Heinrich R. Schelbert(美国)

名誉总编辑:李亚明

总编辑:李思进

(按姓氏汉语拼音为序)

副总编辑:包建东 丁虹 何作祥 霍力 兰晓莉 刘建军 罗全勇 田捷 汪静
杨志

编辑委员:安建平 包建东* 陈跃 陈皓鋆 陈小元(美国)* 程震* 丁虹* 丁重阳
杜进 樊卫 方纬* 冯彦林 付鹏 付占立 高永举 高再荣 管一暉*
韩星敏* 何作祥* 胡硕 黄蕤 霍力* 贾强* 娟谷清刚(日本) 康飞
兰晓莉* 李彪* 李娟 李林* 李剑明 李思进* 李小东 李雪娜* 梁颖
梁英魁 林承赫 林建国 林岩松* 刘爽(加拿大) 刘建军* 刘志博 楼岑*
卢洁 罗全勇* 罗亚平 吕中伟* 马超 马庆杰* 缪蔚冰* 莫昇萍(中国澳门)
倪建明 倪以成(比利时) 庞华 施匡宇(瑞士) 石洪成* 石怡珍* 宋少莉*
田捷* 田蓉 汪静* 王凡* 王峰 王辉* 王茜* 王明华 王任飞
王瑞民 王雪鹃 王雪梅* 王跃涛* 王云华 王振光 韦智晓 吴华* 吴湖炳
武志芳* 谢文暉 辛军 徐浩* 徐白萱* 杨敏* 杨志* 杨吉刚 杨敏福*
杨卫东 杨小丰 姚雅明* 于丽娟 余飞 郁春景 袁耿彪 张宏* 张国旭
张锦明* 张明荣(日本) 张祥松 张晓丽* 赵军* 赵长久* 赵晋华* 赵新明*
郑海荣* 朱宝 朱小华 朱朝晖 左长京* 左传涛 Humayun Bashir(巴基斯坦)

(*为本届常务编委)

通讯编委:陈则君 程登峰 程祝忠 杜雪梅 方雷 关锋 关志伟 郝新忠 何玉林
黄克敏 蒋皆恢 康磊 李丹 李因 李建南 李素平 李天女 林志春
刘斌 刘刚 陆克义 马温惠 孟召伟 乔文礼 覃春霞 阮新忠 邵小南
石峰 苏新辉 孙洪赞 唐毅 王芳 王瑞华 王相成 王欣璐 王叙馥
王艳丽 卫华 闫朝武 杨吉琴 杨忠毅 张建 张俊 张伟 张春银
张宏涛 张万春 张卫方 章斌 赵骏 赵铭 赵春雷 赵红光 赵银龙
郑薇 郑泓明 郑玉民 朱华 朱静 朱高红

特约审稿专家:白侠 边艳珠 陈文新 程木华 耿建华 蒋宁一 金刚 刘兴党 刘增礼
谭建 谭丽玲 唐军 唐明灯 王俊杰 王全师 肖国有 徐文贵 杨辉
杨爱民 杨国仁 尹雅芙 张遵城