

基于 Q.Flex 技术的不同重建算法对¹⁸F-FDG PET/CT 肺结节图像质量的影响

隋国庆¹ 王子阳¹ 刘建井² 岳国芳¹ 卢笛¹

王亚亚¹ 李晚莹³ 王卫¹ 郑明明¹ 戴东^{1,2}

¹天津市肿瘤医院空港医院核医学科、国家恶性肿瘤临床医学研究中心,天津 300308;

²天津医科大学肿瘤医院分子影像及核医学诊疗科、国家恶性肿瘤临床医学研究中心、天津市恶性肿瘤临床医学研究中心、天津市肿瘤防治重点实验室,天津 300060;³天津中医药大学医学技术学院,天津 301617

通信作者:戴东, Email: dongdai@tmu.edu.cn

【摘要】 目的 探讨在 Q.Flex 技术下,¹⁸F-FDG PET/CT 不同重建算法对肺结节图像质量及定量参数的影响。**方法** 横断面分析。回顾性分析 2022 年 5 月至 2023 年 8 月期间天津市肿瘤医院空港医院 75 例患者[男 40 例、女 35 例,年龄 66(57,72)岁]的 112 个肺结节¹⁸F-FDG PET/CT 图像。分别采用有序子集最大期望值迭代法(OSEM)+飞行时间(TOF)(A1)、OSEM+TOF+点扩散函数(PSF)(A2)及 Q.Clear(A3)算法重建。评估重建图像质量[视觉评分(5 分法)、信噪比(SNR)]及定量参数(病灶 SUV_{max}与 SUV_{mean}),分析不同算法结果差异,并按结节最大径(≤10 mm 与 >10~30 mm)行亚组分析。采用 Kruskal-Wallis 秩和检验(Bonferroni 校正)分析数据。**结果** A3 算法的 SNR[30.68(20.16, 40.92)]及视觉评分总和[10(8,10)分]均明显高于 A1[15.24(9.76,23.60)与 6(6,7)分]与 A2[20.81(14.32,30.70)与 8(6,8)分],差异有统计学意义(*H* 值:72.38 与 176.40,均 *P*<0.001;校正后均 *P*<0.001),亚组分析结果亦一致(*H* 值:33.86~110.26,均 *P*<0.001;校正后均 *P*<0.001)。A3 算法的 SUV_{max}[7.76(5.00,10.08)]与 SUV_{mean}[4.93(3.93,6.77)]明显高于 A1[5.70(4.12,8.04)与 3.80(2.54, 5.20)],差异均有统计学意义(*H* 值:13.94 和 16.77,校正后均 *P*<0.001)。亚组分析显示,在 ≤10 mm 小结节中,A3 算法对图像质量与定量参数的改善效果最显著(*H* 值:9.89~36.34,均 *P*<0.001);在 >10~30 mm 大结节中,各算法间定量参数差异无统计学意义(*H* 值:2.03~4.95,均 *P*>0.05)。**结论** 在采用 Q.Flex 技术的¹⁸F-FDG PET/CT 中,Q.Clear 算法能够显著提升肺结节(尤其小结节)的图像质量、SNR 及定量结果。

【关键词】 多发性肺结节;图像处理,计算机辅助;算法;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

基金项目:天津市卫生健康科技项目(TJW2023MS055,TJW2023QN105)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20250701-00226

Effects of Q.Flex-based reconstruction algorithms on pulmonary nodule image quality in ¹⁸F-FDG PET/CT

Sui Guoqing¹, Wang Ziyang¹, Liu Jianjing², Yue Yuanfang¹, Lu Di¹, Wang Yaya¹, Li Wanying³, Wang Wei¹, Zheng Mingming¹, Dai Dong^{1,2}

¹Department of Nuclear Medicine, Tianjin Cancer Hospital Airport Hospital, National Clinical Research Center for Cancer, Tianjin 300308, China; ²Department of Molecular Imaging and Nuclear Medicine, Tianjin Medical University Cancer Institute & Hospital, National Clinical Research Center for Cancer; Tianjin's Clinical Research Center for China; Key Laboratory of Cancer Prevention and Therapy, Tianjin 300060, China; ³School of Medical Technology, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China
Corresponding author: Dai Dong, Email: dongdai@tmu.edu.cn

【Abstract】 Objective To compare the effects of different reconstruction algorithms on image quality and quantification in pulmonary nodule imaging using ¹⁸F-FDG PET/CT with Q.Flex technology. **Methods** A retrospective cross-sectional analysis was conducted on 75 patients (40 males, 35 females; age 66(57,72) years) with 112 pulmonary nodules who underwent ¹⁸F-FDG PET/CT at Tianjin Cancer Hospital Airport Hospital between May 2022 and August 2023. Images were reconstructed using ordered-subsets expectation maximization (OSEM)+time of flight (TOF) (A1), OSEM+TOF+point spread function (PSF) (A2), and Q.Clear (A3) algorithms. Image quality was evaluated using visual scored (five-point scale) and signal-to-

noise ratio(SNR). Quantitative parameters (SUV_{max} and SUV_{mean} of the lesions) were obtained. Lesions were stratified into small (≤ 10 mm) and large ($>10-30$ mm) subgroups based on the longest diameter. Statistical comparisons were performed using Kruskal-Wallis rank sum test with Bonferroni correction. **Results** The A3 algorithm demonstrated higher SNR (30.68(20.16,40.92)) and visual score sum (10(8,10)) than A1 (15.24(9.76,23.60) and 6(6,7)) and A2 (20.81(14.32,30.70) and 8(6,8)) (H values: 72.38 and 176.40, both $P<0.001$; all adjusted $P<0.001$), with consistent findings in subgroup analyses (H values: 33.86–110.26, all $P<0.001$; all adjusted $P<0.001$). SUV_{max} (7.76(5.00,10.08)) and SUV_{mean} (4.93(3.93,6.77)) were also significantly higher with A3 compared to A1 (5.70(4.12,8.04) and 3.80(2.54,5.20)) (H values: 13.94 and 16.77, all adjusted $P<0.001$). Subgroup analysis revealed that in small nodules(≤ 10 mm), the A3 algorithm provided the most significant improvement in image quality and quantitative parameters (H values: 9.89–36.34, all $P<0.001$), while no statistically significant differences were observed among algorithms in large nodules($>10-30$ mm) regarding quantitative parameters (H values: 2.03–4.95, all $P>0.05$). **Conclusion** In ^{18}F -FDG PET/CT using Q.Flex technology, the Q.Clear algorithm significantly improves image quality, SNR, and quantitative results, particular for small pulmonary nodules.

【Key words】 Multiple pulmonary nodules; Image processing, computer-assisted; Algorithms; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed; Fluorodeoxyglucose F18

Fund program: Tianjin Health Research Project (TJW2023MS055, TJW2023QN105)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20250701-00226

^{18}F -FDG PET/CT 在肿瘤的诊断、分期与疗效评估中具有重要价值^[1],而呼吸运动是导致胸部 PET/CT 图像质量下降和定量偏差的主要挑战之一^[2]。Q.Flex 是一种基于体素运动信息采集与柔性配准校正的新型运动校准技术。戴东等^[3]的研究证实,该技术可改善呼吸运动伪影,提升 SUV 量化的准确性。然而,当前尚缺乏在该技术框架下,不同重建算法对肺结节图像质量及 SUV 影响的系统评估研究。因此,本研究旨在比较在 Q.Flex 条件下 3 种常用重建算法对肺结节图像质量及 SUV 参数的影响,并探讨与 Q.Flex 技术搭配的最优图像重建方案。

资料与方法

1.研究对象及分组。本研究为横断面研究,符合《赫尔辛基宣言》的原则,经本院医学伦理委员会批准(批件号:JSK-2022-0063),所有患者签署 PET/CT 检查知情同意书。回顾性收集 2022 年 5 月至 2023 年 8 月期间于天津市肿瘤医院空港医院核医学科行 ^{18}F -FDG PET/CT 检查的 75 例肺结节患者资料,其中男 40 例、女 35 例,年龄 66(57,72)岁(范围:41~79 岁)。结节纳入标准:最大径 ≤ 30 mm 的实性肺结节,且在 ^{18}F -FDG PET/CT 上有明显代谢活跃;排除标准:结节未触发 Q.Flex 技术采集。

共纳入 112 个触发 Q.Flex 技术采集的肺结节,病灶最大径 15(9,20) mm(范围:2~30 mm)。在肺野的分布情况:上野(肺尖至隆突上缘)22 个,中野(隆突上缘至右肺下叶支气管分叉水平)26 个,下野(右肺下叶支气管分叉以下)64 个。根据结节最大径,将其分为小结节组(≤ 10 mm)和大结节组($>10-30$ mm)。

2.图像采集与重建。患者检查前禁食 4~6 h,确保血糖水平 ≤ 11.1 mmol/L。按患者体质量静脉注射 ^{18}F -FDG(由天津原子高科股份有限公司制备提供,放化纯 $>95\%$)3~5 MBq/kg。注射后患者静息 60 min,采用美国 GE Discovery Max+ PET/CT 仪进行图像采集,扫描范围自颅顶至股骨中段,每个床位采集 1.5 min,共采集 5~7 个床位。Q.Flex 技术的 R 值设为 15,即当最大运动强度超过噪声强度 15 倍时,系统自动触发呼吸运动伪影校正采集^[3]。CT 扫描参数如下:管电压 120 kV,管电流采用自动毫安,层厚 3.75 mm。利用 CT 数据对 PET 图像进行衰减校正,生成 PET/CT 融合图像。

对采集获得的 PET 图像,基于 Q.Flex 技术分别采用 3 种重建方案:(1) A1:有序子集最大期望值迭代法(ordered-subsets expectation maximization, OSEM)+飞行时间(time of flight, TOF),Vue Point FX 重建,迭代 3 次,子集 16 个,高斯滤波 5 mm,Z 轴滤波为标准模式;(2) A2:OSEM+TOF+点扩散函数(point spread function, PSF),Vue Point FX+Sharp IR 重建,迭代 3 次,子集 16 个,高斯滤波 5 mm,Z 轴滤波为标准模式;(3) A3:Q.Clear, $\beta=450$ 。上述重建均使用 CT 数据进行衰减校正。

3.图像分析与定量参数的获取。将 3 种重建图像导入美国 GE AW 4.7 工作站,由 1 位核医学科医师使用 PET VCAR 软件,在 PET 图像中以 42% SUV_{max} 阈值为标准自动勾画肺结节的感兴趣体积(volume of interest, VOI),获取其 SUV_{max} 、 SUV_{mean} 、SUV 峰值(peak of SUV, SUV_{peak});在对应的 CT 图像上测量结节最大径。于肝脏右叶选取无病灶且摄取均匀区域,勾画直径 1 cm 的球形 VOI,测量其

SUV 标准差(standard deviation of SUV, SUV_{sd})。计算每个肺结节的信噪比(signal-to-noise ratio, SNR), 计算公式为: $SNR = \text{肺结节 } SUV_{max} / \text{肝脏 } SUV_{sd}$ 。不同重建算法间 SUV 的绝对差值记为 ΔSUV , 变化率记为 $\% \Delta SUV$, 例如 A1 与 A2 算法间 SUV_{max} 变化率计算公式为: $\% \Delta SUV_{max} = (A2SUV_{max} - A1SUV_{max}) / A1SUV_{max} \times 100\%$ 。

4. 图像质量评分。由 2 位核医学科医师采用 5 分法对图像质量进行评分, 评分标准如下: 1 分为图像伪影严重, 边界模糊, 无法识别病灶; 2 分为图像模糊, 边界不清, 勉强可辨识病灶; 3 分为图像存在中度伪影, 边界可辨, 但细节缺失; 4 分为图像仅有轻度伪影, 边界清晰, 细节可见, 不影响诊断; 5 分为图像几乎无伪影, 边界锐利, 细节显示清晰。计算 2 位医师评分总和, 行组间比较。

5. 统计学处理。采用 IBM SPSS Statistics 26.0 软件进行统计学分析。不符合正态分布的定量资料采用 $M(Q_1, Q_3)$ 表示。使用 Kruskal-Wallis 秩和检验比较不同重建算法间 SUV_{max} 、 SUV_{mean} 、 SUV_{peak} 、SNR 及评分总和的差异, 组间两两比较采用 Bonferroni 法校正; 采用 Spearman 秩相关分析评估 $\% \Delta SUV$ 与结节最大径的相关性; 采用 Kappa 检验评价医师评分的一致性。以 P (或校正后 P) < 0.05 为差异、相关性或一致性具有统计学意义 (双侧检验)。

结 果

1. 重建算法对图像质量的影响。2 名医师对 3 组重建图像的评分一致性良好 (Kappa 值: 0.77~0.83, P 值: 0.012~0.020)。A1、A2、A3 组图像评分 ≥ 4 分的比例分别为 22.3% (25/112)、71.4% (80/112) 和 96.4% (108/112)。3 组算法评分总和分别为 6 (6, 7)、8 (6, 8)、10 (8, 10) 分, 3 组间差异均有统计学意义 (观察者 1: $H = 152.32$; 观察者 2: $H = 149.70$; 总评分: $H = 176.40$; 均 $P < 0.001$), 两两比较显示各组间差异均有统计学意义 (校正后均 $P < 0.001$)。3 组间 SNR 差异亦有统计学意义 ($H = 72.38$, $P < 0.001$; 表 1), 其中 A3 组 SNR 高于 A1 和 A2 组 (校正后均 $P <$

0.001)。

2. 重建算法对 SUV 参数的影响。由表 1 可知, 3 组重建算法在 SUV_{max} 、 SUV_{mean} 方面的差异均有统计学意义 (H 值: 13.94、16.77, 均 $P < 0.001$); 其中, A3 组 SUV_{max} 、 SUV_{mean} 均高于 A1 组 (校正后均 $P < 0.001$)。 SUV_{peak} 在 3 组间差异无统计学意义 ($H = 2.78$, $P = 0.390$)。

3. 重建算法对不同大小肺结节相应参数的影响。A1 和 A2、A2 和 A3、A1 和 A3 的 $\% \Delta SUV_{max}$ 分别为 15.29% (9.09%, 22.03%)、9.77% (4.62%, 19.77%) 和 24.57% (12.32%, 35.50%), $\% \Delta SUV_{mean}$ 分别为 13.08% (8.55%, 20.26%)、11.54% (5.01%, 21.85%) 和 21.04% (10.61%, 38.06%), 均与结节最大径 [15 (9, 20) mm] 呈负相关 (r_s 值: -0.680~-0.583 和 -0.645~-0.330, 均 $P < 0.001$)。

表 2 列出了不同重建算法下肺结节亚组分析结果。共有小结节 37 个, 最大径为 7 (6, 9) mm; 大结节 75 个, 最大径为 18 (15, 23) mm。小结节 A1、A2、A3 评分总和差异均有统计学意义 ($H = 70.29$, $P < 0.001$), 两两比较差异均有统计学意义 (校正后均 $P < 0.001$); SNR 在 3 组间差异亦均有统计学意义 ($H = 36.34$, $P < 0.001$; 校正后 P 值: $< 0.001 \sim 0.008$); SUV_{max} 、 SUV_{mean} 在 3 组间差异均有统计学意义 (H 值: 9.89 和 12.08, 均 $P < 0.001$), 其中 A3 组 SUV_{max} 最高 (校正后 P 值: 0.013、0.016), SUV_{mean} 高于 A1 组 (校正后 $P = 0.030$)。大结节 A1、A2、A3 评分总和差异均有统计学意义 ($H = 110.26$, $P < 0.001$; 校正后均 $P < 0.001$); SNR 亦存在各组间差异 ($H = 33.86$, $P < 0.001$; 校正后 P 值: 0.001~0.048); 3 组间 SUV_{max} 、 SUV_{mean} 、 SUV_{peak} 差异均无统计学意义 (H 值: 2.03~4.95, 均 $P > 0.05$)。图 1 展示了 1 例小结节患者代表性图像以及不同重建方法下对应的 SUV 定量数值。

讨 论

PET/CT 图像质量与定量准确性受多种因素影响, 包括患者状态、采集方案、重建参数等。本研究旨在 Q.Flex 技术背景下系统比较 3 种重建算法

表 1 不同重建算法对应的视觉评分总和及 SUV、SNR [$M(Q_1, Q_3)$]

重建算法	评分总和 (分)	SUV_{max}	SUV_{mean}	SUV_{peak}	SNR
A1 (OSEM+TOF)	6 (6, 7)	5.70 (4.12, 8.04)	3.80 (2.54, 5.20)	3.43 (2.09, 5.98)	15.24 (9.76, 23.60)
A2 (OSEM+TOF+PSF)	8 (6, 8)	6.56 (4.17, 9.17)	4.35 (2.67, 5.90)	3.79 (2.27, 6.49)	20.81 (14.32, 30.70)
A3 (Q.Clear)	10 (8, 10)	7.76 (5.00, 10.08)	4.93 (3.93, 6.77)	3.99 (2.41, 7.17)	30.68 (20.16, 40.92)
H 值	176.40	13.94	16.77	2.78	72.38
P 值	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.390	< 0.001

注: SNR 为信噪比, OSEM 为有序子集最大期望值迭代法, TOF 为飞行时间, PSF 为点扩散函数, SUV_{peak} 为 SUV 峰值

表 2 不同重建算法下肺结节亚组的视觉评分总和及 SNR 与 SUV[$M(Q_1, Q_3)$]

重建算法	评分总和(分)		SUV _{max}		SUV _{mean}	
	小结节	大结节	小结节	大结节	小结节	大结节
A1	6(4,6)	6(6,8)	4.23(3.55,5.47)	6.78(4.55,9.77)	3.04(2.38,3.94)	4.27(2.84,6.64)
A2	7(6,8)	8(8,8)	4.43(3.10,6.05)	7.93(5.60,10.94)	3.06(2.33,4.58)	4.88(3.39,7.19)
A3	10(8,10)	10(8,10)	6.23(3.84,8.20)	8.36(5.86,11.95)	4.38(3.02,5.73)	5.41(3.58,7.76)
H 值	70.29	110.26	9.89	4.95	12.08	4.82
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	0.084	<0.001	0.096

重建算法	SUV _{peak}		SNR	
	小结节	大结节	小结节	大结节
A1	1.82(1.41,2.40)	5.28(3.03,7.77)	9.76(6.27,15.08)	17.80(12.82,27.91)
A2	1.88(1.51,2.71)	5.56(3.31,8.02)	16.58(11.13,20.88)	23.20(17.35,36.46)
A3	2.07(1.49,2.92)	5.85(3.46,8.56)	24.52(16.98,30.94)	33.80(23.05,47.77)
H 值	1.29	2.03	36.34	33.86
P 值	0.524	0.369	<0.001	<0.001

注:小结节(最大径 ≤ 10 mm)37个,大结节(最大径 $>10\sim 30$ mm)75个;A1为有序子集最大期望值迭代法(OSEM)+飞行时间(TOF)算法,A2为OSEM+TOF+点扩散函数(PSF)算法,A3为Q.Clear算法;SUV_{peak}为SUV峰值,SNR为信噪比

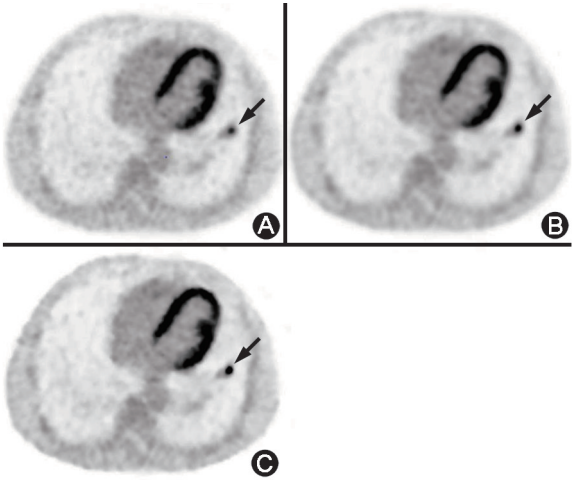


图 1 不同重建方法下的肺结节患者(男,58岁) 18 F-FDG PET 图像及病灶 SUV(箭头示左肺下叶小结节病灶,结节最大径 4.4 mm) A.有序子集最大期望值迭代法(OSEM)+飞行时间(TOF)算法[SUV_{max}:4.38,SUV_{mean}:3.52,SUV 峰值(SUV_{peak}):2.43];B.OSEM+TOF+点扩散函数(PSF)算法(SUV_{max}:5.59、SUV_{mean}:4.63,SUV_{peak}:2.77);C.Q.Clear 算法(SUV_{max}:7.77、SUV_{mean}:5.51,SUV_{peak}:3.29)

[OSEM+TOF(A1)、OSEM+TOF+PSF(A2)及Q.Clear($\beta=450$;A3)]对肺结节图像质量及定量结果的影响,并探讨其在不同大小肺结节亚组中的表现差异。

在图像质量评估方面,3组重建方法间存在差异,其中Q.Clear算法图像质量评分及SNR均最高。亚组分析亦有相同结果,表明Q.Flex算法在提升图像质量方面具有普适性。在定量评估方面,A3算法显著提高了SUV_{max}和SUV_{mean},而SUV_{peak}受重建算法影响较小。值得注意的是,% Δ SUV_{max}与% Δ SUV_{mean}均与结节最大径呈负相关,提示重建算法对小尺寸病

灶的定量结果影响更大。亚组分析显示,在小结节亚组中,A3算法SUV_{max}显著高于A1与A2,SUV_{mean}亦高于A1。在大结节亚组中,3种算法间SUV差异均无统计学意义。该结果进一步证实了重建算法对小病灶定量影响的敏感性,而SUV_{peak}则受重建算法影响较小,且与病灶尺寸无关。

OSEM作为临床常用的重建算法,其多次迭代易引入噪声,影响图像质量与病灶识别;而减少迭代次数虽可抑制噪声,却会降低定量准确性。Q.Clear算法基于PSF建模,并引入惩罚项(β 值)控制噪声,实现在保持图像高质量的同时确保定量准确性^[4]。Rogasch等^[5]的小球模体研究表明,在 $\beta=450$ 时,Q.Clear算法的SNR显著高于常规算法,且小球活度恢复峰值(contrast recovery peak, CR_{peak};对标SUV_{peak})与其他算法无明显差异,与本研究结果一致。然而,该研究显示在直径 ≥ 10 mm的小球中,Q.Clear($\beta=450$)的CR_{max}低于OSEM+TOF、OSEM+PSF+TOF结果。而本研究在大结节亚组未观察到类似差异,可能与迭代次数、子集个数、滤波参数及是否采用呼吸运动校正等因素有关。Wu等^[6]和Liu等^[7]的研究均证实,Q.Clear算法可显著提升小病灶的SUV_{max}、SUV_{mean},且% Δ SUV与病灶尺寸呈负相关,与本研究结论一致。尽管上述研究未采用呼吸运动校正,但其结果提示,Q.Clear对小病灶的定量优化效果在Q.Flex技术背景下得以保持。

呼吸运动是导致PET/CT图像质量下降与定量偏差的重要因素。Q.Flex技术通过全肺体素信息的采集及柔性校准,有效改善了图像的清晰度及SUV的准确性^[8]。Liberini等^[9]在 ^{68}Ga -1,4,7,10-四氮杂

环十二烷-1,4,7,10-四乙酸-*D*-苯丙氨酸 1-酪氨酸 3-苏氨酸 8-奥曲肽 (1,4,7,10-tetraazacyclododecane-1,4,7,10-tetraacetic acid-*D*-Phe1-Tyr3-Thr8-octreotide, DOTATATE) PET/CT 中结合运动校正与 Q.Clear ($\beta=1\ 000$) 重建,亦发现其可显著提高 SUV_{max} 与 SUV_{mean} ,提示本研究结论可能在不同示踪剂中亦有指导价值,值得进一步验证。

本研究尚存在一些局限性。首先,回顾性单中心设计可能存在选择偏倚;其次,小病灶样本量有限,且未纳入最大径 $>30\text{ mm}$ 的病灶。未来需通过前瞻性、多中心、大样本研究,进一步完善研究设计,系统评估重建参数在不同尺寸病灶中的表现。

综上,在采用 Q.Flex 技术的 ^{18}F -FDG PET/CT 显像中,Q.Clear 算法能够显著提升图像质量、SNR 及定量准确性,且该优势在小结节中尤为明显。本研究为临床优化肺结节 PET/CT 重建策略提供了重要依据,有助于提高诊断准确性和可靠性。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 隋国庆:研究设计、论文撰写;王子阳:数据采集、统计学分析;刘建井:研究指导;岳园芳、卢笛、王亚亚、李晚莹、王卫、郑明明:图像重建及分析;戴东:数据分析、论文审阅

参 考 文 献

- [1] Maman A, Çiğdem S, Kaya i, et al. Diagnostic value of FDG PET-CT in differentiating lung adenocarcinoma from squamous cell carcinoma[J]. EJNMMI Rep, 2024, 8(1): 1. DOI:10.1186/s41824-024-00187-8.
- [2] Lopci E, Kobe C, Gnanasegaran G, et al. PET/CT variants and pitfalls in lung cancer and mesothelioma[J]. Semin Nucl Med, 2021, 51(5): 458-473. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2021.04.002.

- [3] 戴东,刘建井,卢笛,等. Q.Flex 技术提高肺结节 PET/CT 图像质量和定量准确性的临床研究[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2024, 44(2): 98-103. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20221105-00334.
- Dai D, Liu JJ, Lu D, et al. Clinical investigation of Q.Flex for improvement of PET/CT image quality and quantitative accuracy of pulmonary nodules[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2024, 44(2): 98-103. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20221105-00334.
- [4] Howard BA, Morgan R, Thorpe MP, et al. Comparison of Bayesian penalized likelihood reconstruction versus OS-EM for characterization of small pulmonary nodules in oncologic PET/CT[J]. Ann Nucl Med, 2017, 31(8): 623-628. DOI:10.1007/s12149-017-1192-1.
- [5] Rogasch JM, Suleiman S, Hofheinz F, et al. Reconstructed spatial resolution and contrast recovery with Bayesian penalized likelihood reconstruction (Q.Clear) for FDG-PET compared to time-of-flight (TOF) with point spread function (PSF) [J]. EJNMMI Phys, 2020, 7(1): 2. DOI:10.1186/s40658-020-0270-y.
- [6] Wu Z, Guo B, Huang B, et al. Phantom and clinical assessment of small pulmonary nodules using Q.Clear reconstruction on a silicon-photomultiplier-based time-of-flight PET/CT system[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 10328. DOI:10.1038/s41598-021-89725-z.
- [7] Liu Y, Gao MJ, Zhou J, et al. Changes of [^{18}F] FDG-PET/CT quantitative parameters in tumor lesions by the Bayesian penalized-likelihood PET reconstruction algorithm and its influencing factors [J]. BMC Med Imaging, 2021, 21(1): 133. DOI: 10.1186/s12880-021-00664-7.
- [8] Wang Z, Liu J, Lu D, et al. Evaluation of a motion correction algorithm in lung cancer PET/CT: phantom validation and patient studies[J]. Med Phys, 2025, 52(7): e17846. DOI:10.1002/mp.17846.
- [9] Liberini V, Kotasidis F, Treyer V, et al. Impact of PET data driven respiratory motion correction and BSREM reconstruction of ^{68}Ga -DOTATATE PET/CT for differentiating neuroendocrine tumors (NET) and intrapancreatic accessory spleens (IPAS) [J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 2273. DOI:10.1038/s41598-020-80855-4.

(收稿日期:2025-07-01)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊有关文章涉及课题基金项目的标注要求

论文所涉及的课题如取得国家或部、省级以上基金或属攻关项目,应列出(双语著录),如“基金项目:国家自然科学基金(30271269,81273264);国家重点研发计划(2020YFC2008200)”及“Fund program: National Natural Science Foundation of China (39570835)”。中英文基金项目分别置于中文关键词、英文 Key words 下方。获得基金资助产出的文章作者需提供印有基金项目名称和项目编号的证明类文件复印件。

本刊编辑部