

◁腹部影像学▷

治疗中期 ^{18}F -FDG PET/CT 代谢参数联合中期临床指标对淋巴瘤患者末期疗效的预测价值

贾启琛,吴丽迎,高宇,张志华,刘玉鹏,王爱辉

(承德医学院附属医院,河北承德 067000)

[摘要] 目的:探讨中期 ^{18}F -FDG PET/CT 代谢参数联合中期临床指标对淋巴瘤患者末期疗效的预测价值。方法:回顾性分析 60 例经病理确诊淋巴瘤患者的临床及影像学资料,根据末期 Lugano 疗效评估标准分为完全缓解组(CR)组和非完全缓解(NCR)组。采用 Mann-Whitney U 检验、卡方检验和 Fisher 检验对临床特征、实验室指标及 PET 参数进行组间比较,采用多因素逐步 logistic 回归分析末期 NCR 组独立危险因素,根据筛选结果建立 logistic 回归模型,并采用 ROC 曲线分析诊断效能。并用外部验证数据($n=15$)对该模型进行检验。结果:60 例淋巴瘤患者中,CR 组 23 例(38.3%),NCR 组 37 例(61.7%),CR 组与 NCR 组的中期疗效评估(CR/PR)、最大标准摄取值(SUV_{max})、平均标准摄取值(SUV_{avg})、峰值标准摄取值(SUV_{peak})、最大瘦体质量标准摄取值(SUL_{max})、平均瘦体质量标准摄取值(SUL_{avg})、峰值瘦体质量标准摄取值(SUL_{peak})比较差异均有统计学意义($\chi^2/z=-4.64\sim 14.59$, P 均 <0.05)。建立回归模型。SUL_{peak}、CR/PR 及回归模型 AUC 分别为(0.836;0.729;0.913, $P<0.05$),回归模型对 NCR 的预测准确性达 78.3%(47/60),外部验证数据检验回归方程的准确性为 73.3%(11/15)。结论:中期 PET/CT 代谢参数 SUL_{peak} 联合中期疗效评估(CR/PR)对淋巴瘤患者末期疗效有较高预测价值。

[关键词] 淋巴瘤;氟脱氧葡萄糖 F18;正电子发射断层显像计算机体层摄影术

[中图分类号] R733.4;R817.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-1062(2024)11-0787-05

DOI:10.12117/jccmi.2024.11.006

Prognostic value of intermediate ^{18}F -FDG PET/CT metabolic parameters combined with intermediate clinical indicators for end-stage efficacy in patients with lymphoma

JIA Qi-chen, WU Li-ying, GAO Yu, ZHANG Zhi-hua, LIU Yu-peng, WANG Ai-hui
(The Affiliated Hospital of Chengde Medical University, Chengde Hebei 067000, China)

Abstract: Objective: To investigate the predictive value of intermediate ^{18}F -FDG PET/CT metabolic parameters combined with intermediate clinical indicators in the end-stage efficacy of lymphoma patients. **Methods:** Clinical and imaging data of 60 patients with pathologically confirmed lymphoma were retrospectively analyzed, and they were divided into complete response group(CR) and incomplete response group(NCR) according to the evaluation criteria of end-stage Lugano. Comparison of clinical features, laboratory indicators and PET parameters was conducted using Mann-Whitney U test, Chi-square test and Fisher test. Multivariate stepwise logistic regression was used to analyze independent risk factors of end-stage NCR group, and logistic regression model was established based on the screening results. The diagnostic efficiency was analyzed by ROC curve. The model was tested with external validation data ($n=15$). **Results:** Of the 60 patients with lymphoma, 23 cases (38.3%) were in CR group and 37 cases (61.7%) in NCR group. There were significant differences in the interim efficacy evaluation(CR/PR), SUV_{max}, SUV_{avg}, SUV_{peak}, SUL_{max}, SUL_{avg} and SUL_{peak} between the CR group and the NCR group($\chi^2/z=-4.64\sim 14.59$, $P<0.05$). Regression model was established. Interim efficacy evaluation (CR/PR), SUL_{peak} and regression model AUC were(0.836; 0.729; 0.913, $P<0.05$), the prediction accuracy of NCR by regression model reached 87.7%, and the accuracy of regression equation tested by external validation data was 11/15. **Conclusion:** Mid-term PET/CT metabolic parameter SUL_{peak} combined with interim efficacy evaluation(CR/PR) has a high predictive value for the end-stage efficacy of lymphoma patients.

Key words: Lymphoma; Fluorodeoxyglucose F18; Positron Emission Tomography Computed Tomography

淋巴瘤分为霍奇金淋巴瘤(Hodgkin's lymphoma,HL)和非霍奇金淋巴瘤(non-Hodgkin's lymphoma,NHL)。化疗是淋巴瘤患者的主要治疗方式,不同病理类型的淋巴瘤对应不同的化疗方案,由

于淋巴瘤异质性很大,即使同一类型淋巴瘤在接受相同化疗方案后,其预后也有较大差异,所以化疗后准确的疗效评估对于制定治疗方案和改善预后十分重要^[1]。

[收稿日期] 2024-02-01;**[修回日期]** 2024-04-02

[作者简介] 贾启琛(1996-),男,河北沧州人,在读硕士研究生。E-mail:1528149579@qq.com

[通信作者] 王爱辉,承德医学院附属医院核医学科,067000。E-mail:15633142634@163.com

[基金项目] 河北省自然科学基金资助项目(H2022406041)。

在淋巴瘤 PET/CT 疗效评估中, 基于多维尔评分(Deauville score, DS)标准的 Lugano 疗效评估已经取得了共识并写入了标准^[2-4]。HL 推荐 2 个周期后进行中期评估, NHL 推荐 4 个周期后进行中期评估。虽然目前临床淋巴瘤疗效评估中, 中期 PET/CT 疗效评估已经得到了临床医生的普遍认可, 然而仍然有一些病人的结果与预期不符合^[5-6]。有研究^[7]指出淋巴瘤患者单一的中期 Lugano 疗效评估不能区分化疗耐药淋巴瘤患者, 不能用于指导预后的治疗。

淋巴瘤患者化疗的中期评估对其今后治疗方案的调整至关重要, 探讨淋巴瘤患者中期 Lugano 疗效评估为完全缓解(CR)及部分缓解(PR)的患者临床特征、中期实验室指标及中期氟代脱氧葡萄糖(¹⁸F-FDG)PET/CT 参数对末期 Lugano 疗效评估的影响因素及预测价值。

1 资料和方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2020 年 1 月—2023 年 4 月我院经病理确诊的淋巴瘤患者的临床及 PET/CT 资料。60 例淋巴瘤患者中, 男 35 例, 女 25 例; 年龄 7~74 岁, 平均(52.23±15.92)岁, 中位年龄为 55 岁。纳入标准: ①病理确诊淋巴瘤并有明确分型; ②患者治疗中期(HL 患者 2~4 周期, NHL 4~6 周期评估)在我院行 PET/CT 检查; ③患者化疗中期评价为 PR 或者 CR; ④患者均进行常规方案治疗; ⑤患者化疗中期在我院进行相关实验室检查。排除标准: ①患者中期评估后未进行治疗; ②淋巴瘤患者化疗结束后(HL 患者 4~6 周期, NHL 6~8 周期评估)未进行 PET/CT 或增强 CT 检查。

分析其中期 PET 参数及临床资料与化疗结束后疗效评价的关系。观察指标包括 PET/CT 代谢参数、性别、年龄、Ann Arbor 分期、有无 B 症状(B 症状包括体温>38°C, 在过去的 1 月内反复夜间盗汗, 6 月内不明原因体质量下降 10%)、有无包块、病理类型、中期 Lugano 疗效评估、结外受累数量、有无骨髓受累、乳酸脱氢酶(LDH)、 β 2-微球蛋白、白蛋白、血红蛋白、白细胞计数、淋巴细胞计数。本研究已获得承德医学院附属医院伦理委员会批准(批准号: CYFYLL2021245)。

1.2 中期及末期疗效评估

采用 Lugano 淋巴瘤疗效评估标准, 60 例患者行中期 PET/CT 及骨髓活检, 化疗结束后行 PET/CT (或)增强 CT 和骨髓活检检查进行疗效评估。末期疗效评估分为 CR 组和 NCR 组(PR、疾病稳定(SD)和疾病进展(PD))。中期疗效评估分为 CR 组与 PR 组。

1.3 PET/CT 检查

检查前空腹 6 h 以上, 指尖血糖 4.0~7.0 mmol/L, 仪器采用 Discovery 710 Clarity PET/CT 系统(美国 GE 公司), 检查前静脉注射 ¹⁸F-FDG (放射化学纯度>98%, 0.1 mCi/kg 体质量)后, 饮用含 1% 碘海醇水溶液 500 mL, 休息 1 h, 行常规剂量 CT、全身 PET 图像扫描, 从头部扫描至大腿中部, CT 扫描参数: 管电压 120 kV, 自动管电流, 矩阵 512×512, 球管旋转速度 0.4 s/周。PET 扫描采用 3D 采集, 头部采集时间 4 min/床位, 体部采集时间 2.5 min/床位, 层厚 3.75 mm。

1.4 图像分析

于病变处手动勾画感兴趣区(ROI), 仪器自带软件自动计算最大标准摄取值(SUVmax)、最小标准摄取值(SUVmin)、平均标准摄取值(SUVavg)、峰值标准摄取值(SUVpeak)、最大瘦体质量标准摄取值(SULmax)、最小瘦体质量标准摄取值(SULmin)、平均瘦体质量标准摄取值(SULavg)、峰值瘦体质量标准摄取值(SULpeak)、肿瘤代谢体积(MTV)及病灶糖酵解总量(TLG)。标准摄取值(SUV)勾画: 在每例患者 PET/CT 图像多(单)发病灶 ROI 中, 选择 SUVmax 最高的部位进行勾画。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析: 非正态分布用 M(Q1, Q3)进行统计描述, 采用 Mann-Whitney U 检验进行组间比较。计数资料以频数(百分比)进行统计描述, 采用 χ^2 检验和 Fisher 精确概率进行组间比较。采用多因素逐步 Logistic 回归分析 NCR 风险因素并构建风险预估模型, 并采用 ROC 曲线分析诊断效能。且用本院 15 例患者作为外部验证资料, 检验回归模型预测 NCR 的准确性。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 CR 组与 NCR 组临床资料差异性分析

60 例淋巴瘤患者, 治疗结束后 CR 组 23 例(38.3%), 治疗 NCR 组 37 例(61.7%); 病理类型为弥漫大 B 细胞淋巴瘤 24 例, HL 12 例, 滤泡性淋巴瘤 5 例, 套细胞淋巴瘤 4 例, 结外 NK/T 细胞淋巴瘤 3 例, 外周 T 细胞淋巴瘤 1 例, 血管免疫母细胞 T 细胞淋巴瘤 2 例, CD5-CD10-小 B 细胞淋巴瘤 2 例, T 淋巴母细胞淋巴瘤 1 例, 边缘区淋巴瘤 1 例, 伯基特淋巴瘤 1 例, 单行性嗜上皮性小肠 T 细胞淋巴瘤 1 例, 高级别 B 细胞淋巴瘤 1 例, 滤泡淋巴瘤伴弥漫大 B 细胞淋巴瘤转化型 1 例, 黏膜相关性淋巴组织淋巴瘤 1 例。CR 组与 NCR 组中期疗效评估(CR/PR)比较, 差异有统计学意义($\chi^2=14.59$, P 均<0.05)。

CR 组与 NCR 组年龄、性别构成、病理类型、Ann 分期、骨髓浸润、治疗方案、有无包块、有无 B 症状、结外受累数量 ($\leq 3, \geq 4$) 比较, 差异均无统计学意义 ($\chi^2/z=-1.05\sim 3.19, P$ 均 >0.05)。

2.2 CR 组与 NCR 组实验室检查指标的差异性分析

CR 组与 NCR 组 LDH、 $\beta 2$ -微球蛋白、白蛋白、血红蛋白、白细胞计数、淋巴细胞计数比较差异均无

统计学意义 ($z=-1.22\sim -0.06, P$ 均 >0.05)。

2.3 CR 组与 NCR 组 PET/CT 参数差异性分析

CR 组与 NCR 组的 SUVmax、SUVavg、SUVpeak、SULmax、SULavg、SULpeak、TLG 比较差异均有统计学意义 ($z=-4.64\sim -2.33, P<0.05$)。CR 组与 NCR 组 SUVmin、SULmin、MTV 比较, 差异均无统计学意义 ($z=-0.50\sim -0.04, P>0.05$), 见表 1。

表 1 CR 组与 NCR 组 PET/CT 参数对比

	SUVmax	SUVmin	SUVavg	SUVpeak	MTV
CR 组 (23 例)	2.40(1.50, 3.75)	0.45(0.35, 0.86)	1.40(0.90, 2.00)	1.66(1.22, 2.53)	4.83(1.89, 8.56)
NCR 组 (37 例)	4.50(3.53, 7.02)	0.58(0.33, 0.91)	2.85(2.15, 4.08)	3.50(2.36, 4.98)	4.41(1.78, 11.00)
检验值	-4.129	-0.502	-4.638	-4.546	-0.190
P 值	<0.001	0.616	<0.001	<0.001	0.853
	SULmax	SULmin	SULavg	SULpeak	TLG
CR 组 (23 例)	1.94(1.23, 2.79)	0.36(0.29, 0.70)	1.09(0.69, 1.56)	1.26(0.92, 1.99)	7.34(1.38, 14.30)
NCR 组 (37 例)	3.79(2.50, 5.67)	0.48(0.22, 0.69)	2.29(1.67, 3.23)	2.69(1.79, 4.17)	19.97(6.58, 51.84)
检验值	-4.029	-0.038	-4.493	-4.349	-2.326
P 值	<0.001	0.970	<0.001	<0.001	<0.001

2.4 多因素 Logistic 回归分析

以化疗结束 Lugano 疗效评估是否为 CR 为因变量, 以 SUVmax、SUVavg、SUVpeak、SULmax、SULavg、SULpeak、TLG 及中期疗效评估 (CR/PR) 结果为自变量, 采用多因素逐步 Logistic 回归分析, 结果显示 SULpeak (OR=3.48, 95%CI: 1.45~8.35, $P=0.005$)、中期疗效评估 (CR/PR) (OR=4.81, 95%CI: 1.10~21.04, $P=0.037$) 是 NCR 的独立危险因素。并构建回归模型。

2.5 ROC 曲线分析及诊断效能

将 SULpeak、CR、PR 及回归模型纳入 ROC 曲线分析, 三者的 AUC 分别为 0.836; 0.729; 0.913, P 均 <0.05), 见图 1。回归模型对本文 60 例患者的诊断效能为 78.3%(47/60), 当 $Y \geq 0.58$ 时为 NCR, $Y < 0.58$ 时为 CR。见图 2, 3。

2.6 外部验证组的资料分析

在 15 例外部验证患者中, CR 组 4 例, NCR 组 11 例; 男 10 例, 女 5 例。年龄 10~75 岁, 平均 (38.87 \pm 18.36) 岁, 中位年龄 39 岁。15 例外部验证组淋巴瘤患者病理类型: T 淋巴瘤细胞淋巴瘤 1 例, 间变大细胞淋巴瘤 2 例, HL 3 例, 结外 NK/T 细胞淋巴瘤 1 例, 弥漫大 B 细胞淋巴瘤 6 例, 套细胞淋巴瘤 1 例, 外周 T 细胞淋巴瘤 1 例。

2.7 外部验证组检测模型的准确性

外部验证组与模型构建组的 SULpeak (2.71 (1.75; 3.34) 和 2.02 (1.26; 3.34); $z=-1.066, P=0.286$) 和中期疗效评估 (CR/PR) (13 (86.7%) 和 43 (71.7%); $\chi^2=1.427, P=0.328$) 差异无统计学意义, 符

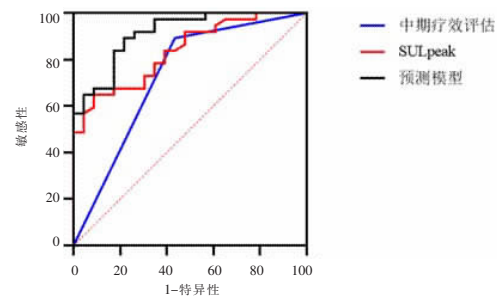


图 1 ROC 曲线分析。

Figure 1. ROC curve analysis.

合检验条件。回归模型可准确预测 11 例 (8 例 PR; 3 例 CR) 外部验证患者的末期疗效情况, 对 NCR 风险的预测准确性为 11/15。

3 讨论

目前中期 PET/CT Lugano 疗效评价标准广泛用于临床淋巴瘤预后评估。Zeman 等^[1]认为中期 PET/CT 在淋巴瘤预后评估的价值还有待进一步阐明。Stephens 等^[8]认为在考虑中期 PET/CT 参数对淋巴瘤患者预后的评估时需结合末期 PET/CT 结果。然而既往文献^[9-10]大多为研究中中期 PET/CT Lugano 疗效评估对治疗结束后 3 年及 5 年无进展生存期 (PFS) 及总生存期 (OS) 的影响, 其对于末期 Lugano 疗效评价的研究较少。

本文对淋巴瘤患者末期 Lugano 疗效评估的研究发现中期疗效评估 (CR/PR) 及 SULpeak 为末期 Lugano 疗效评估的独立危险因素。在以往较多文章^[11-12]显示出中期 PET/CT 参数 SUVmax 对淋巴瘤患者预

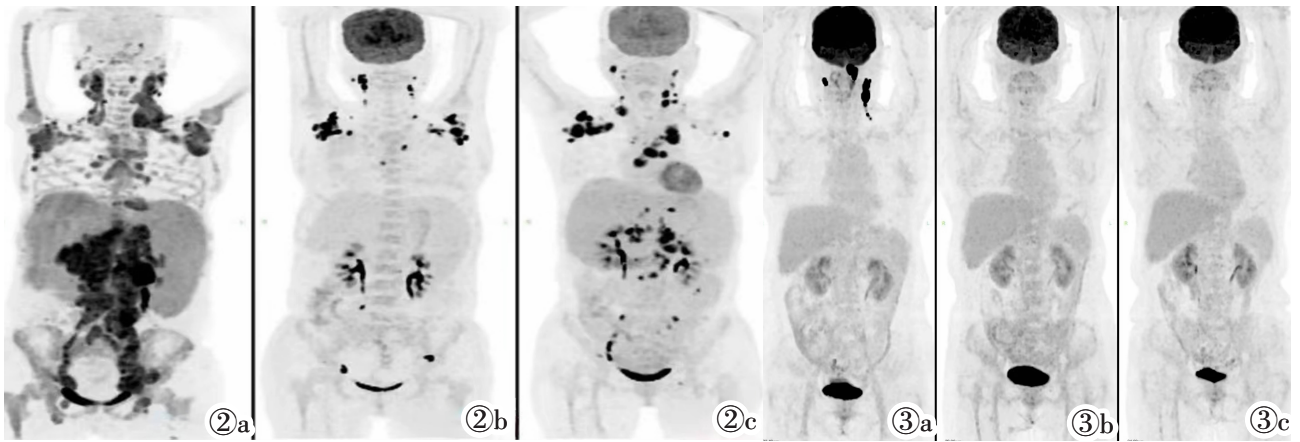


图2 女,55岁,滤泡性淋巴瘤。图2a:基线PET/CT:左侧扁桃体、双侧颈部、双侧锁骨区、双侧腋窝区、胸部、腹腔、盆腔、双侧腹股沟区多发肿大淋巴结影,FDG代谢增高,肝大,脾大,实质FDG代谢不均匀增高;右侧枕部及胸壁软组织影,FDG代谢增高,综上考虑淋巴瘤改变。图2b:中期PET:颈部、双侧锁骨区、双侧腋窝区、纵隔内、心膈角区、肝门区、小网膜囊、脾门区、腹膜后、双侧髂血管旁、双侧腹股沟区多发结节,较之前缩小,FDG代谢未见增高。右侧枕部及胸壁软组织影FDG代谢轻度异常,考虑治疗有效。图2c:末期PET:右颈部、左腋窝淋巴结较之前PET/CT对比部分减小或消失,FDG代谢减低,小网膜囊,肝门区、腹膜后及肠系膜区多发淋巴结FDG代谢正常,考虑局部病灶治疗有效,左侧颈部、右侧腋窝、纵隔、腹、盆腔及左侧腹股沟区多发淋巴结,较之前检查增多增大,FDG代谢增高,考虑疾病进展。该患者接受8周期R/H CHOP治疗,中期疗效评价为PR,SULpeak为9.00,带入方程Y为9.67,末期疗效评价为PD。图3 女,55岁,弥漫性大B细胞淋巴瘤。图3a:基线PET/CT:鼻咽左侧壁、舌根部及口咽部侧壁增厚,FDG代谢增高;颈部、左侧锁骨区多发肿大淋巴结,FDG代谢增高;综上所述,符合淋巴瘤改变。图3b:中期PET/CT:鼻咽左侧壁、舌根部及口咽部侧壁增厚,FDG代谢正常;颈部未见明显肿大及FDG代谢增高淋巴结,考虑治疗有效。图3c:末期PET:鼻咽左侧壁厚,FDG代谢正常;口咽部FDG代谢正常;颈部未见明显肿大及FDG代谢增高淋巴结,考虑淋巴瘤治疗有效。该患者接受6周期R-CHOP治疗,中期疗效评价为CR,SULpeak为2.22,带入方程Y为-0.38,末期疗效评估为CR。

Figure 2. A 55-year-old female with follicular lymphoma. Figure 2a: Baseline PET/CT: multiple enlarged lymph nodes in the left tonsil, bilateral neck, bilateral clavicle region, bilateral axillary region, chest, abdominal cavity, pelvic cavity and bilateral groin region, increased FDG uptake, enlarged liver and spleen, and uneven increased parenchymal FDG uptake. The soft tissue shadow of the right occipital and chest wall showed increased FDG uptake, which was considered as lymphoma. Figure 2b: Interim PET: multiple nodules in the neck, bilateral clavicular area, bilateral axillary area, mediastinum, angle of the septum, hilar area of liver, lesser omental sac, splenic hilar area, retroperitoneum, bilateral iliac vessels, bilateral inguinal area, decreased compared with Figure 2a, and no increase in FDG uptake was observed. Mild abnormality of FDG uptake in the soft tissues of the right occipital and chest wall was considered effective treatment. Figure 2c: End-stage PET: compared with Figure 2b PET/CT, parts of right neck and left axillary lymph nodes decreased or disappeared, FDG uptake decreased, and FDG uptake was normal in minor omental sac, multiple lymph nodes in hepatic portal area, retroperitoneal area and mesenteric area. Considering the effective treatment of local lesions. Multiple lymph nodes in the left neck, right axilla, mediastinum, abdomen, pelvic cavity and left groin region were more and larger than before, and FDG uptake was increased, considering disease progression. Results of this study: the FL patient received 8 cycles of R/H CHOP with an interim efficacy rating of PR and a SULpeak of 9.00 was added to the equation. Y was 9.67, and the final curative effect was evaluated as PD. **Figure 3.** A 55-year-old female with diffuse large B-cell lymphoma. Figure 3a: Baseline PET/CT. The left side wall of nasopharynx, root of tongue and side wall of oropharynx were thickened, and FDG uptake increased. Multiple enlarged lymph nodes in neck and left clavicular region, increased FDG uptake. In summary, it is consistent with lymphoma changes. Figure 3b: Interim PET/CT: thickening of the left side wall of nasopharynx, base of tongue and oropharyngeal side wall, normal FDG uptake. Lymph nodes with no obvious swelling and increased FDG uptake in the neck were considered effective. Figure 3c: End-stage PET: left wall thickness of nasopharynx and normal FDG uptake. Oropharyngeal FDG uptake was normal. Lymph nodes with no significant swelling and increased FDG uptake in the neck were considered effective for lymphoma treatment. Results of this study: the DLBCL patient received 6 cycles of R-CHOP. The interim efficacy evaluation was CR, SULpeak was 2.22, brought into the equation Y was -0.38, and the final efficacy evaluation was CR.

后具有较好的预测价值,与本文结果不完全一致,原因可能为:①本文同时纳入中期Lugano疗效评估与PET/CT参数,中期Lugano疗效评估是以病灶SUVmax与肝脏SUVmax相比较推演而来,在一定程度上代表着SUVmax,且一定程度上消除了不同个体间由于血糖对 ^{18}F -FDG摄取的影响;②上述文章均未纳入SULpeak,由于SULpeak消除了患者治疗前后体质量变化对肿瘤摄取 ^{18}F -FDG的影响,且SULpeak代表为瘦体体质量的活动性最高体素周围(1cm^3)

SUV的平均值,故本文得出的结果SULpeak较SUVmax能够更准确和全面的显示肿瘤代谢负荷,能够独立预测淋巴瘤患者末期Lugano疗效评估。③本文研究的结局指标为末期Lugano疗效评估。

江茂情等^[13]、Kitajima等^[14]、Xie等^[15]根据DS将中期PET/CT划分为PET阴性组/阳性组(PET阴性组为DS 1~3分,PET阳性组为DS 4~5分),显示出其能较好的预测患者预后,与本文结果相符。本文中后期Lugano疗效评估CR为DS 1~3分,伴或不伴有

残余病灶,对应 PET 阴性组;PR 为 DS 4~5 分,伴摄取较基线减低,残余病灶可为任意大小中期评估,较 PET 阳性组范围小。由于中期 Lugano 疗效评估 SD 及 PD 为提示治疗无效,本文中后期 Lugano 疗效评估未纳入 SD 及 PD,故更有助于精确的模型构建。

对本文模型构建组与外部验证组的 75 例患者中的 30 例弥漫大 B 细胞淋巴瘤亚组分析显示:弥漫大 B 细胞淋巴瘤患者末期疗效评价为 CR 的患者 10 例,评价为 NCR 的患者 20 例。CR 组与 NCR 组的中期疗效评估(CR/PR)、SUVmax、SUVavg、SUVpeak、SULmax、SULavg、SULpeak、MTV 有统计学意义 ($P < 0.05$)。将筛选出的指标纳入多因素逐步 Logistic 回归显示,中期疗效评估(CR/PR)是影响末期疗效的独立危险因素。在以往研究中后期 PET/CT 参数预后弥漫大 B 细胞淋巴瘤的预后文章中,众多文献^[16-17]结果显示 DS 是弥漫大 B 细胞淋巴瘤的独立危险因素,CR/PR 是由 DS 评分演变而来,故与本文研究结果相似。

本文的不足:①由于本文为单中心研究,纳入淋巴瘤类型较多且样本量减少,在今后的研究中会扩大样本量及集中研究单一淋巴瘤类型。②众多文献^[18-20]显示基线 PET/CT 对淋巴瘤患者具有较高的预后价值,在今后的研究中,笔者会纳入基线 PET/CT 的结果。

本研究联合 CR/PR 及中期 PET/CT 参数 SULpeak 构建的预测模型在末期淋巴瘤患者疗效评估中有较好的预测效能(78.3%, 47/60),且经过外部数据证明该模型的准确性较高(73.3%, 11/15),可为临床预测末期疗效提供一定的信息。本研究中的其他指标不是预测末期疗效的独立危险因素,是否与样本量小有关尚待进一步研究。

综上,中期 ¹⁸F-FDG PET/CT 参数及临床特征在淋巴瘤患者末期评估中发挥着重要作用,中期疗效评估(CR/PR)及高 SULpeak 是淋巴瘤患者末期评估的独立危险因素。中期疗效评估(CR/PR)联合 SULpeak 在淋巴瘤患者诊疗中具有一定的指导价值。

[参考文献]

[1] Zeman MN, Akin EA, Merryman RW, et al. Interim FDG-PET/CT for response assessment of lymphoma [J]. *Semin Nucl Med*, 2023, 53(3): 371-388.

[2] 中国临床肿瘤学会. 淋巴瘤 ¹⁸F-FDG PET/CT 应用指南 2021[M]. 北京:人民卫生出版社,2021:13-37.

[3] 乔文礼,赵晋华. 淋巴瘤(¹⁸F)-FDG PET/CT 及 PET/MR 显像临床应用指南(2021 版)解读与展望[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2022,42(4):193-195.

[4] Meignan M, Gallamini A, Meignan M, et al. Report on the first

international workshop on interim-PET scan in lymphoma [J]. *Leuk Lymph*, 2009, 50(8): 1257-1260.

[5] Adams HJA, Kwee TC. Interim FDG-PET does not predict outcome in advanced-stage Hodgkin lymphoma patients treated with BEACOPP[J]. *Br J Hematol*, 2019, 185(4): 758-760.

[6] Sun N, Qiao W, Xing Y. Prognostic value of interim ¹⁸F-FDG PET/CT in adult follicular lymphoma treated with R-CHOP[J]. *Ann Hematol*, 2023, 102(4): 795-800.

[7] Carr R, Fanti S, Paez D, et al. Prospective international cohort study demonstrates inability of interim PET to predict treatment failure in diffuse large B-cell lymphoma [J]. *J Nucl Med*, 2014, 55(12): 1936-1944.

[8] Stephens DM, Schoder H, Li H, et al. Interim PET assessment of advanced Hodgkin lymphoma: Is it sufficient? [J]. *J Nucl Med*, 2020, 61(11): 1695.

[9] 于青青,赵铭,原凌. 化疗中期 RECIL 与 Lugano 标准在淋巴瘤疗效及预后评价中的对比研究 [J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2023,43(11):672-677.

[10] Tang P, Cui F, Jiang C. Comparison of Lugano Criteria Versus RECIL and PERCIST as prognostic factors in diffuse large B-cell lymphoma[J]. *Clin Nucl Med*, 2021, 49(4): 308-311.

[11] 刘文静,赵新明,吴冯春. ¹⁸F-FDG PET/CT 对化疗中期弥漫性大 B 细胞淋巴瘤患者预后判断的价值 [J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2022,46(5):261-269.

[12] Chen X, Zhao S, Wang H, et al. Assessment of the prognostic value of interim fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography in nasal-type extranodal natural killer/T-cell lymphoma[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2021, 11(4): 1220.

[13] 江茂情,陈萍,阮新忠,等. 化疗中期 ¹⁸F-FDG PET/CT 显像对弥漫性大 B 细胞淋巴瘤的预后评估效能 [J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2018,38(6):395-398.

[14] Kitajima K, Okada M, Yoshihara K, et al. Predictive value of interim FDG-PET/CT findings in patients with diffuse large B-cell lymphoma treated with R-CHOP [J]. *Oncotarget*, 2019, 10(52): 5403.

[15] Xie M, Wang L, Jiang Q, et al. Significance of initial, interim and end-of-therapy ¹⁸F-FDG PET/CT for predicting transformation risk in follicular lymphoma[J]. *Cancer Cell Intern*, 2021, 21(1): 1-10.

[16] 彭小娟,寇莹,余思思. 中期 ¹⁸F-FDG PET/CT 显像在弥漫性大 B 细胞淋巴瘤化疗预后评估方面的价值[J]. *中国实验血液学杂志*, 2022,30(5):1440-1445.

[17] 李旭,刘甫庚,陈聪霞. 中期 ¹⁸F-FDG PET/CT 预测结外弥漫大 B 细胞淋巴瘤疗效和预后的方法学研究 [J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2023,47(5):265-273.

[18] 解婷,徐凯,韩翠平,等. ¹⁸F-FDG PET/CT 对弥漫性大 B 细胞淋巴瘤的预后价值[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2020,31(5):350-353;374.

[19] Zinzani PL, Rigacci L, Stefoni V, et al. Early interim ¹⁸F-FDG PET in Hodgkin's lymphoma: evaluation on 304 patients[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2012, 39(1): 4-12.

[20] 汤泊,周东亚,刘敏,等. 治疗前 ¹⁸F-FDG PET/CT 显像代谢参数对老年经典霍奇金淋巴瘤的预后价值 [J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2022,42(4):196-201.