PET/CT 代谢参数对弥漫性大 B 细胞淋巴瘤预后价值

刘玉鹏，吴丽迎，崔仁义，王爱辉*

承德医学院附属医院核医学科　河北承德

【摘要】**目的** 比较治疗前（基线）和化疗 4 疗程（中期）后 ^{18}F-PET/CT 各代谢参数的变化情况联合 Deauville 五分法对弥漫性大 B 细胞淋巴瘤预后评估的预测价值。**方法** 自 2020 年 3 月至 2024 年 10 月回顾性分析经病理证实为弥漫性大 B 细胞淋巴瘤的 44 例患者[其中男 25 例，女 19 例，中位年龄为 59（17-83）岁]，患者治疗前和化疗 4 周期后均进行 ^{18}F-PET/CT 检查，收集两次检查的相关代谢参数，分别计算各代谢参数的变化值及其变化百分比，利用 ROC 曲线寻找最佳临界值，以不同代谢参数的界值进行分组，进行 Kaplan-Meier 生存分析和 COX 回归分析。化疗 4 周期以后，再次行 ^{18}F-PET/CT 检查，以 Deauville 五分法对每个患者进行评分，分别以 1-3 分为一组，4-5 分为另一组，进行 Kaplan-Meier 生存分析和 COX 回归分析。采用卡方检验分析比较数据。**结果** （1）44 例患者中 11 例在随访中出现病情进展，进展组的△LLR%为 50.00%（5.00%~86.00%），与未进展组 84.00%（60.50%~92.50%）（z=-2.36，P＜0.05）相比，未进展组数值明显高于进展组。（2）△LLR%最佳的临界值分别为 60.5%。（3）△LLR%≥60.5%与＜60.5%组间，Deauville 评分≥4 与＜4，2 年 PFS 差异均存在统计学意义（χ^2=5.529、7.729，均 P＜0.05）。**结论** △LLR%以及 Deauville 五分法对 DLBCL 的预后均具有预测价值，多因素分析变量中△LLR%为独立影响因素。△LLR%、Deauville 五分法联合预测可以对患者预后起到更好的评价效能。

【关键词】弥漫性大 B 细胞淋巴瘤；正电子发射断层摄影；代谢参数；预后

【收稿日期】2025 年 4 月 18 日　　【出刊日期】2025 年 5 月 28 日　　【DOI】10.12208/j.ijcr.20250240

The prognostic value of PET/CT metabolic parameters in diffuse large B-cell lymphoma

*Yupeng Liu, Liying Wu, Renyi Cui, Aihui Wang**

Chengde Medical University Affiliated Hospital, Nuclear Medicine Department, Chengde, Hebei

【**Abstract**】**Objective** To compare the predictive value of changes in metabolic parameters of ^{18}F-PET/CT before treatment (baseline) and after 4 cycles of chemotherapy (interim), combined with the Deauville five-point scale, for prognostic assessment in DLBCL. **Methods** From March 2020 to October 2024, a retrospective analysis was conducted on 44 patients with pathologically confirmed diffuse large B-cell lymphoma [including 25 males and 19 females, with a median age of 59 (17-83) years]. All patients underwent ^{18}F-PET/CT scans before treatment and after 4 cycles of chemotherapy. The relevant metabolic parameters from both scans were collected, and the absolute changes and percentage changes in each parameter were calculated. ROC curves were used to determine optimal cutoff values, and patients were grouped based on these thresholds for Kaplan-Meier survival analysis and COX regression analysis. After 4 cycles of chemotherapy, another ^{18}F-PET/CT scan was performed, and each patient was scored using the Deauville five-point scale. Patients were divided into two groups: scores 1-3 in one group and scores 4-5 in another, followed by Kaplan-Meier survival analysis and COX regression analysis. The chi-square test was used for comparative data analysis. **Results** (1) Among the 44 patients, 11 experienced disease progression during follow-up. The median △LLR% in the progression group was 50.00% (5.00%~86.00%), significantly lower than that in the non-progression group (84.00% [60.50%~92.50%]) (z=-2.36, P<0.05). (2) The optimal cutoff value for △LLR% was 60.5%. (3) Significant differences in 2-year PFS were observed between the △LLR% ≥60.5% and <60.5% groups, as well as between the Deauville score ≥4 and <4 groups

*通讯作者：王爱辉（1974-）男，汉族，河北承德，本科，主任医师，研究方向：核医学诊断与治疗。

(χ^2=5.529, 7.729, both P<0.05). **Conclusion** Both △LLR% and the Deauville five-point scale have predictive value for the prognosis of DLBCL, with △LLR% being an independent influencing factor in multivariate analysis. The combination of △LLR% and the Deauville five-point scale can provide better prognostic evaluation for patients.

【**Keywords**】Diffuse large B-cell lymphoma; Positron emission tomography; Metabolic parameters; Prognosis

弥漫性大 B 细胞淋巴瘤（DLBCL），作为非霍奇金淋巴瘤的一个亚型，以其快速增殖和高度侵袭性而闻名，对患者构成严重的健康威胁[1]。然而，DLBCL 在临床表现和遗传学上的多样性导致了患者在治疗反应和预后方面的显著差异[2]。

近年来，PET/CT 技术的发展为肿瘤的代谢成像提供了新的手段，通过使用 ^{18}F-FDG 这种示踪剂，可以揭示全身及肿瘤的代谢特征，已被广泛应用于 DLBCL 疗效评估与诊断之中[3]。Deauville 评分系统已被证实在评估 DLBCL 患者的预后方面具有显著意义[4]。本研究旨在探讨治疗前（基线）和化疗 4 疗程（治疗中期）后 ^{18}F-PET/CT 各代谢参数 SUVmax、LLR 等的变化情况，以及这些参数联合 Deauville 五分法对 DLBCL 预后评估的预测价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象

自 2020 年 3 月至 2024 年 10 月回顾性分析经病理证实为弥漫性大 B 细胞淋巴瘤的 44 例患者[其中男 25 例，女 19 例，中位年龄为 59（17-83）岁]，患者治疗前和化疗 4 周期后均于承德医学院附属医院核医学科进行 ^{18}F-PET/CT 检查。对患者随访从病例确诊为 DLBCL 为开始日期，中位随访时间为 19（6-52）个月。纳入标准：（1）在我院行治疗前及治疗后在我院进行 PET/CT 检查，临床医师进行疗效评估的淋巴瘤患者。（2）经病理组织活检确诊的淋巴瘤患者；（3）患者首次 ^{18}F-FDG PET/CT 图像中病灶呈高代谢；（4）患者临床、病理及影像相关资料完整；（5）所有患者均获得有效随访结果。排除标准：（1）患者既往曾有其他恶性肿瘤病史；（2）临床、病理及影像资料不完整。

1.2 PET/CT 的显像方法

采用 Discovery 710 Clarity PET/CT 系统（美国 GE 公司），检查前告知患者空腹 6 h 以上，指尖血糖水平控制在 4.0～7.0 mmol/L 范围内。患者进行治疗前和化疗 4 周期后的 PET/CT 检查。于静脉注射 ^{18}F-FDG（标准为放化纯度>98%，活度剂量 0.1mCi/kg），检查前 1h 及检查前分别饮用含 1%碘海醇水溶液各 500ml，患者休息 1h 后再行常规剂量 CT、全身 PET 图像扫描，扫描范围从头部扫描至大腿中部，C T 扫描参数：管电压 120kV，自动管电流：300 MA，层厚层距：0.6 mm，矩阵 512*512，球管旋转速度 0.4s/周。PET 扫描采用 3D 采集，头部采集时间 4min/床位，体部采集时间 2.5min/床位，层厚 3.75mm。

1.3 PET/CT 的图像分析

（1）PET/CT 代谢参数变化及变化率分析。由 2 位有经验的核医学科医师共同阅片，于病变处以 40%SUVmax 阈值手动勾画感兴趣区（ROI），采用 MEMRS 软件自动计算最大标准摄取值（SUVmax），并计算 LLR（LLR=全身病灶最高摄取 SUVmax/肝脏 SUVmax）。其中 SUVmax0 代表基线 PET/CT 全身所有恶性病灶里放射性摄取最高的病灶 SUVmax、SUVmax1 代表治疗后 PET/CT 全身所有恶性病灶里放射性摄取最高的病灶 SUVmax 值。其中 LLR=SUVmax/肝脏 SUVmax，△LLR=LLR0-LLR1，△LLR%=△LLR0/LLR1。

1.4 Deauville 五分法评估

Deauville 评分：由两位经验丰富的核医学医生使用 Deauville 五分量表对四个阶段的患者进行评估化疗后评分：1 分为无病变残留；2 分为病变摄取≤纵隔血池摄取；3 分为纵隔血池摄取≤病变摄取＜肝脏摄取；4 分代表病变轻度摄取>肝脏摄取；5 分为明显的残余病变摄取>肝脏摄入过多或出现新的病变。如果在 2 次评分中当分数存在差异时，两位医师通过讨论达成共识。

1.5 随访和疗效评价

结合患者 PET/CT 或者其他影像资料和其他临床检查结果，根据淋巴瘤修订标准分为完全缓解、部分缓解、疾病稳定和疾病进展或复发。其中疾病进展为单独的靶病灶、结外病灶 5PS 评分 4-5 分，肿块增大＞25%或出现淋巴瘤相关的新发高代谢病灶，骨髓有新出现或复发的 FDG 高代谢摄取。一年 PFS 被用作生存评估指标，即当疾病在一年随访时间内及其治疗期间出现进展或复发、死于疾病或结束最终随访时停止随访，将患者分为进展组和非进展组。

1.6 统计学处理

采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析，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 检验或 Fisher 精确概率进行组间比较。采用 ROC 曲线分析诊断效能。P<0.05 为差异有统计学意义。符合正态分布的计量经济学数据用 $\bar{X}\pm S$ 表示，非正态分布数据用 M 表示（P25，P75）。

不同组间 LLR 相关指标分析：正态分布数据通过方差分析或 t 检验进行分析，非正态分布的数据通过秩和检验进行比较。ROC 曲线对△LLR 进行分析，以找到最佳临界值。根据临界值将患者分组。通过 Kaplan-Meier 生存曲线和 Cox 回归分析，探讨了预测指标与 FPS 之间的关系。根据 Deauville 评分 4 的临界值将患者分为 2 组，并进行 Kaplan-Meier 生存曲线和 Cox 回归分析。通过 Kaplan-Meier 分析，单变量和多变量 Cox 回归分析，P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

44 例患者根据美国国家综合癌症网综合 IPI（NCCN-IPI）治疗前评估结果显示，低风险、中低风险、中等风险和高风险患者分别为 17 例、7 例、12 例和 8 例。

2.2 治疗前后 PET/CT 的代谢参数及变化值

ΔLLR 和ΔLLR%在不同 NCCN 风险组的患者中没有统计学差异。随访 1 年 11 例进展，占 25%（11/44）。进展组和非进展组之间的△LLR 和ΔLLR%方面差异有统计学意义（t=-2.06，z=-2.36，P 均＜0.05），具体结果如表 1 所示。

表 1　不同分组下各个参数

分组	数目	△LLR	△LLR%
IPI			
低危组	17	4.64±1.05	79.00%（52.50%~86.00%）
中低危组	7	8.43±1.74	88.00%（48.00%~92.00%）
中高危组	12	6.33±1.17	80.50%（40.25%~92.00%）
高危组	8	6.69±2.18	81.50%（8.00%~93.25%）
状态			
进展	11	3.64±1..13	50.00%（5.00%~86.00%）
非进展	33	6.89±0.83	84.00%（60.50%~92.50%）

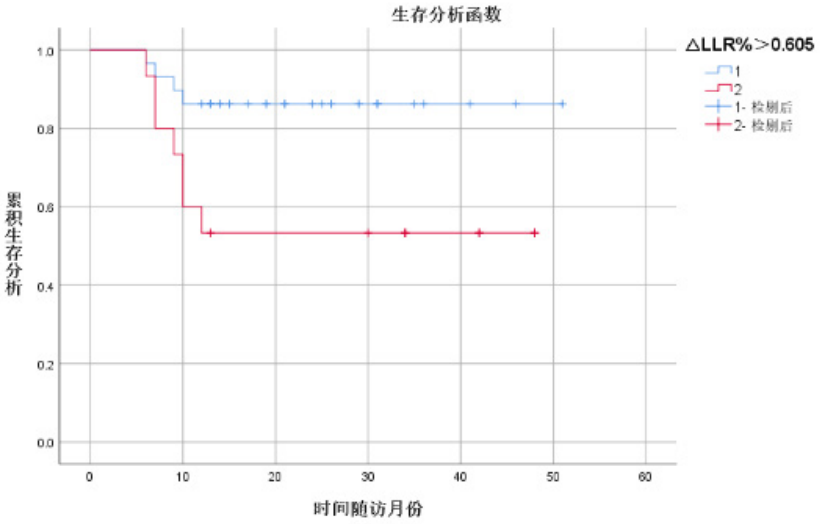

图 1　ΔLLR%的 Kaplan-Meier 曲线

2.3 ROC 曲和 Kaplan-Meier 生存分析

使用 ROC 曲线，选择与灵敏度和特异性的最大总和相对应的ΔLLR%作为进展组和非进展组的最佳临界值，结果为 60.5%（AUC 为 0.74，敏感度为 75.8%，特异性为 36.4%）。根据上述临界值，将患者针对不同指标分别分为两组，分别对 1 年 PFS 进行 Kaplan-Meier 分析，两组不同指标的 1 年 PFS 差异具有统计学意义（Log Rank χ^2 分别=5.529，P<0.05）。

两位高年资医师对患者进行 Deauville 评分，最终得分为小于 4 分和 4 分以上的病例数分别为 14 例和 30 例。不同 NCCN-IPI 危险组、进展组和非进展组之间 Deauville 评分无统计学差异。根据 Deauville 评分 <4 分和≥4 分，将患者分为两组。Kaplan-Meier 生存分析结果显示，两组 1 年 PFS 存在显著差异（Log Rank χ^2=7.729，P<0.05）。Kaplan-Meier 生存分析结果显示，NCCN IPI 低风险组（低风险+中低风险）和高风险组（高风险+中高风险）的 1 年 PFS 没有显著差异。

2.4 单因素和多因素分析的结果

采用单变量和多变量 Cox 回归分析对年龄、A/B 症状、ECOG-PS 评分、ΔLLR%、Deauville 评分和 IPI 进行分析。单变量分析结果表明，年龄、ECOG-PS 评分、ΔLLR%、Deauville 评分和 IPI 是预测 1 年无进展生存期的重要因素，而进一步的多变量分析中ΔLLR%是独立影响因素（表 2）。

表 2　对研究对象不同参数进行 PFS 的多因素 COX 回归

参数	数目	HR	95%cl	P 值
年龄（≤60/＞60）	22/22	2.235	0.939～5.320	0.057
IPI（低危/高危）	24/20	1.448	0.563～3.729	0.327
ECOG-ps（0-1/≥2）	39/5	2.126	0.492～9.195	0.204
Deauville 评分（＜4/≥4）	14/30	1.135	0.403～3.191	0.659
△LLR%（＜4/≥4）	15/29	0.399	0.141～2.182	0.044

3 讨论

DLBCL 作为非霍奇金淋巴瘤中的一种亚型，其发病率占据了该类疾病的三分之一以上，有研究表明 DLBCL 的不同遗传亚型生存结果和治疗效果也不同[5]。近年来，随着利妥昔单抗被纳入 DLBCL 患者的一线治疗方案，患者的病情得到了显著缓解，因此，评估患者的预后生存变得尤为重要[6]。有研究表明[7]，患者 PET/CT 放射组学特征对于预测患者疾病进展具有重要意义，可能帮助指导临床治疗决策[8]。

^{18}F-FDG PET/CT 是目前最先进的诊断成像技术，基于 PET/CT 的 Deauville 五分法评分如今在 ^{18}F-FDG 亲和性淋巴瘤中得到了统一应用[9]。在 DLBCL 的预后评估中，^{18}F-FDG PET/CT 结合不同的指标已有大量研究，Doma 等[10]人的研究显示，^{18}F-FDG PET/CT 在诊断准确性上优于骨髓活检。Yu 等人[11]的研究则发现，中期 PET 显示完全代谢缓解的患者相较于显示代谢部分缓解的患者，具有更佳的总生存期和无进展生存期。PET/CT 常用的代谢参数之一是 SUVmax，有研究指出，^{18}F-FDG PET/CT 的代谢参数 SUVmax、SULmax、MTV、TLG 与临床病理参数具有相关性[12]。本研究中，ΔLLR%是 DLBCL 预后的独立影响因素，这为 DLBCL 的预后评估提供了新的视角。Cui 等人[13]的研究发现，代谢肿瘤面积结合国家综合癌症网络国际预后指数能独立预测 DLBCL 患者的 PFS 和 OS。随着对 DLBCL 生物学和治疗反应的进一步了解，可能会为患者提供更精确的预后信息和治疗选择。

本研究在 DLBCL 患者的回顾性队列中评估了 ^{18}F-FDG-PET/CT 代谢参数的预后作用，分析了治疗前后 LLR 的变化率，并结合 Deauville 五分法对 DLBCL 的预后预测价值进行了评估。本研究发现，治疗前后的ΔLLR%与患者的预后密切相关，ΔLLR%以及 Deauville 五分法对 DLBCL 的预后具有预测价值，在多变量分析中ΔLLR%是独立影响因素。ΔLLR%的 AUC 值高于其他指标，表明其预测效能较高。贾启琛[14]等人研究表明，PET/CT 中期代谢参数联合中期临床指标对淋巴瘤患者末期疗效具有较高的预测价值。而本研究中ΔLLR%与 Deauville 五分法联合使用，可以提高预后评估的效能。

综上所述，PET/CT 的代谢参数是与患者的预后相关的，可以作为判断患者预后的依据。尽管本研究提供了有价值的预后评估信息，但也存在一些局限性。首先，样本量较小可能限制了结果的普遍性和统计效力。其次，作为回顾性研究，可能存在选择偏倚和信息偏倚。未来的研究应考虑包括更多的患者，并探索其他可能影响预后的分子和临床参数，构建一个更全面的 DLBCL 预后评估模型。

参考文献

[1] Takahara T, Nakamura S, Tsuzuki T. The Immunology of DLBCL. Cancers (Basel). 2023 Jan 29;15(3):835.

[2] Coiffier B, Thieblemont C, Van Den Neste E. Long-term outcome of patients in the LNH-98.5 trial, the first

randomized study comparing rituximab-CHOP to standard CHOP chemotherapy in DLBCL patients: a study by the Groupe d'Etudes des Lymphomes de l'Adulte. Blood. 2010 Sep 23;116(12):2040-5..

[3] 中华医学会核医学分会. 淋巴瘤 18F-FDG PET/CT 及 PET/MR 显像临床应用指南(2021 版) [J] . 中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(3) : 161-169.

[4] Meignan M, Gallamini A, Meignan M. Report on the First International Workshop on Interim-PET-Scan in Lymphoma. Leuk Lymphoma. 2009 Aug;50(8):1257-60.

[5] Schmitz R, Wright GW, Huang DW. Genetics and Pathogenesis of Diffuse Large B-Cell Lymphoma. N Engl J Med. 2018 Apr 12;378(15):1396-1407.

[6] 蒋冲,滕月,来瑞鹤,等. 治疗中期 18F-FDG PET/CT 结合 Bcl-2/MYC 蛋白双表达在原发胃肠道弥漫性大 B 细胞淋巴瘤患者危险度分层中的价值 [J]. 中华核医学与分子影像杂志,2021,41(7):415-419.

[7] Eertink JJ, Zwezerijnen GJC, Cysouw MCF. Comparing lesion and feature selections to predict progression in newly diagnosed DLBCL patients with FDG PET/CT radiomics features. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2022 Nov;49(13): 4642-4651.

[8] Li M, Yao H, Zhang P. Development and validation of a 18F-FDG PET/CT-based radiomics nomogram to predict the prognostic risk of pretreatment diffuse large B cell lymphoma patients. Eur Radiol. 2023 May;33(5):3354-3365.

[9] Zanoni L, Bezzi D, Nanni C, Paccagnella A, Farina A, Broccoli A, Casadei B, Zinzani PL, Fanti S. PET/CT in Non-Hodgkin Lymphoma: An Update. Semin Nucl Med. 2023 May;53(3):320-351.

[10] Doma A, Zevnik K, Studen A, Prevodnik VK, Gasljevic G, Novakovic BJ. Detection performance and prognostic value of initial bone marrow involvement in diffuse large B-cell lymphoma: a single centre 18F-FDG PET/CT and bone marrow biopsy evaluation study. Radiol Oncol. 2024 Feb 21;58(1):15-22.

[11] Yu J, Jung SU, Choi JH, Jun S, Lee HS, Kim D. Clinical Outcomes in Patients With DLBCL Treated With R-CHOP According to Radiotherapy and Interim PET Response. Cancer Diagn Progn. 2024 Mar 3;4(2):172-181.

[12] 周锦,胡春峰,汤泊,等.18FFDG PET/CT 代谢参数 SULmax 在肺癌中的应用价值分析[J].中国医学计算机成像杂志,2021,27(05):457-461.

[13] Cui S, Xin W, Wang F, Shao X, Shao X, Niu R, Zhang F, Shi Y, Liu B, Gu W, Wang Y. Metabolic tumour area: a novel prognostic indicator based on 18F-FDG PET/CT in patients with diffuse large B-cell lymphoma in the R-CHOP era. BMC Cancer. 2024 Jul 25;24(1):895.

[14] 贾启琛,吴丽迎,高宇,等.治疗中期 18F-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[J].中国临床医学影像杂志,2024,35(11):787-791.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心（OAJRC）所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
OPEN ACCESS