

本文引文格式: 郑振功, 李辉, 郑家雷, 等. 非小细胞肺癌患者的¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数与临床病理特征的关系研究[J]. 右江民族医学院学报, 2024, 46(1): 78-84.

【论著与临床报道】

非小细胞肺癌患者的¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数与临床病理特征的关系研究

郑振功¹, 李辉¹, 郑家雷², 胡永全¹

- 蚌埠医科大学第一附属医院核医学科, 安徽 蚌埠 233004;
- 蚌埠医科大学第一附属医院肿瘤内科, 安徽 蚌埠 233004)

摘要:目的 探讨非小细胞肺癌(NSCLC)患者的¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数与其临床病理特征之间的关系, 并评估这些代谢参数在 NSCLC 诊断和分期中的潜在价值。方法 进行回顾性研究, 收集了 85 例 2022 年 1 月至 2023 年 7 月期间在本院 PET/CT 中心接受¹⁸F-FDG PET/CT 检查的 NSCLC 患者的临床资料。收集包括体质量指数(BMI)、吸烟史、病理类型、肿瘤位置、TNM 分期、肿瘤直径、淋巴结转移、CYFRA 21-1 表达、EGFR 突变和 PD-L1 表达在内的临床病理特征。通过医学影像处理软件分析¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数, 包括 SUV_{max}、MTV 和 TLG。比较不同临床病理特征患者的代谢参数, 并评估这些参数对疾病特征的诊断效能。结果 在一般特征方面, 如 BMI 和吸烟史, 两组患者的代谢参数差异无统计学意义($P > 0.05$)。在病理类型、肿瘤位置、TNM 分期、肿瘤直径、淋巴结转移、CYFRA 21-1 表达、EGFR 突变和 PD-L1 表达方面, 代谢参数差异有统计学意义($P < 0.05$)。SUV_{max}、MTV 和 TLG 在识别病理类型、TNM 分期、肿瘤直径、淋巴结转移、EGFR 突变和 PD-L1 表达方面具有较好的诊断效能($AUC = 0.7 \sim 0.9, P < 0.05$)。在识别肿瘤位置和 CYFRA 21-1 表达方面, 这些参数的诊断效能尚可($AUC = 0.6 \sim 0.7, P < 0.05$)。结论 ¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数(SUV_{max}、MTV 和 TLG)对 NSCLC 患者的病理类型、分期、肿瘤直径、淋巴结转移、EGFR 突变和 PD-L1 表达具有潜在的诊断价值。这些参数可以为 NSCLC 的个性化治疗和预后评估提供有力支持。

关键词: 癌, 非小细胞肺; ¹⁸F-FDG PET/CT; 代谢参数; 病理类型

中图分类号: R730.26 文献标识码: A 文章编号: 1001-5817(2024)01-0078-07

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2024.01.014

A study on the relationship between ¹⁸F-FDG PET/CT metabolic parameters and clinicopathological characteristics in patients with non-small cell lung cancer

Jia Zhengong¹, Li Hui¹, Zheng Jialei², Hu YongQuan¹

- Department of Nuclear Medicine, The First Affiliated Hospital of Bengbu Medical University, Bengbu 233004, Anhui, China;
- Department of Oncology, The First Affiliated Hospital of Bengbu Medical University, Bengbu 233004, Anhui, China)

Abstract: **Objective** To investigate the relationship between ¹⁸F-FDG PET/CT metabolic parameters and clinicopathological characteristics in patients with non-small cell lung cancer (NSCLC) and evaluate the potential value of these metabolic parameters in the diagnosis and staging of NSCLC. **Methods** As a retrospective study, this study collected the clinical data of 85 NSCLC patients who underwent ¹⁸F-FDG PET/CT examinations at our PET/CT center from January 2022 to July 2023. Clinicopathological characteristics including body mass index (BMI), smoking history, pathological type, tumor location, TNM staging, tumor diameter, lymph node metastasis, CYFRA 21-1 expressions, EGFR mutations, and PD-L1 expressions were collected.

基金项目: 蚌埠医学院自然科学重点项目(2021byzd126);安徽省高校自然科学研究重点项目(2023AH052016)

第一作者: 郑振功, 主管技师, 研究方向: 医学影像的图像处理以及核医学新技术的开发和应用, E-mail: byyfyjzg@163.com

通讯作者: 胡永全, 副主任医师, 研究方向: 放射性核素诊治临床与基础研究, E-mail: huyq11@126.com

Medical imaging software was used to analyze ^{18}F -FDG PET/CT metabolic parameters, including SUV_{max} , MTV, and TLG. The metabolic parameters of patients with different clinicopathological characteristics were compared, and the diagnostic performance of these parameters for disease characteristics was assessed. **Results** In general characteristics such as BMI and smoking history, there was no statistically significant difference in metabolic parameters between two groups ($P > 0.05$). The metabolic parameters were significantly different in pathological type, tumor location, TNM stage, tumor diameter, lymph node metastasis, CYFRA 21-1 expressions, EGFR mutation and PD-L1 expression ($P < 0.05$). SUV_{max} , MTV, and TLG showed good diagnostic performance in identifying pathological type, TNM staging, tumor diameter, lymph node metastasis, EGFR mutations, and PD-L1 expression ($\text{AUC} = 0.7 \sim 0.9$, $P < 0.05$). These parameters also showed good diagnostic performance in identifying tumor location and CYFRA 21-1 expressions ($\text{AUC} = 0.6 \sim 0.7$, $P < 0.05$). **Conclusion** ^{18}F -FDG PET/CT metabolic parameters (SUV_{max} , MTV, and TLG) have potential diagnostic value for pathological type, staging, tumor diameter, lymph node metastasis, EGFR mutations, and PD-L1 expressions in NSCLC patients. These parameters can provide strong support for personalized treatment and prognostic evaluation of NSCLC.

Key words: carcinoma, non-small-cell lung; ^{18}F -FDG PET/CT; metabolic parameters; pathological type

非小细胞肺癌(NSCLC)是最常见的肺癌类型之一,它占据了全球肺癌病例的大多数。虽然肺癌治疗领域已取得重要进展,但NSCLC的早期诊断和有效治疗仍然是一个严峻的挑战。因此,寻求更准确的诊断方法以及更有效的治疗策略是迫切需要的。分子影像学,特别是正电子发射断层扫描/计算机断层扫描(PET/CT)结合18氟脱氧葡萄糖(^{18}F -FDG)的代谢成像,已成为NSCLC管理的不可或缺的一部分。 ^{18}F -FDG PET/CT通过测量肿瘤组织对葡萄糖的摄取和代谢来提供非侵入性的生物学信息,可帮助鉴别恶性肿瘤组织和正常组织,提供早期诊断、分期、治疗反应监测和预后评估的信息^[1-3]。然而,NSCLC是一个异质性疾病,不同患者之间的肿瘤特征和代谢特征差异明显。因此,了解肿瘤的临床病理特征与 ^{18}F -FDG PET/CT代谢参数之间的关系对于更好地个性化NSCLC患者的治疗和管理至关重要。这方面的研究已经在许多领域取得了显著的进展,但仍存在许多未解决的问题。本研究的目的是在NSCLC患者中探讨 ^{18}F -FDG PET/CT代谢参数与其临床病理特征之间的关系,并评估这些代谢参数在诊断、分期和治疗策略选择中的潜在价值。通过深入了解NSCLC患者的肿瘤特征与 ^{18}F -FDG PET/CT代谢参数之间的联系,可以更好地理解这种疾病的生物学特征,为患者提供更精准的医疗护理,并为未来的研究和治疗策略提供新的方向。这一领域的研究将有助于不断改进NSCLC患者的治疗结果,提高其生存率和生活质量。

1 资料与方法

1.1 一般资料 采用回顾性分析方法,收集2022年1月至2023年7月期间在本院PET/CT中心行 ^{18}F -FDG PET/CT的85例NSCLC患者的临床资料。其中,男49例,女36例;年龄38~78岁,平均(63.50±

8.50)岁。SUV值(9.61 ± 4.72) g/cm^3 , MTV值(22.37 ± 11.51) cm^3 , TLG值(146.16 ± 40.46) g 。纳入标准:术前2周进行 ^{18}F -FDG PET/CT检查;经手术后病理检查确诊,诊断为NSCLC;PET/CT检测质量能够满足进行可靠的代谢参数测量;肺部至少有1个可测量病灶;患者知情同意将其临床数据用于研究目的,并已签署知情同意书。排除标准:患有其他类型的肺癌;其他恶性肿瘤病史;临床资料不完整。

1.2 方法

1.2.1 图像采集 使用德国Siemens公司的PET/CT扫描系统进行图像采集,而 ^{18}F -FDG则由南京江原安迪科正电子研究发展有限公司提供,其放射化学纯度高于95%。以下是PET/CT检查的具体流程:①在进行 ^{18}F -FDG PET/CT检查前,患者需要遵守以下准备要求:患者需进行禁食,禁止摄入食物和饮料,时间范围通常为6~8 h。这是为了确保体内的血糖水平降低,以提高 ^{18}F -FDG的摄取;患者需要在检查前确保空腹血糖水平低于11.1 mmol/L;患者接受 ^{18}F -FDG的静脉注射,剂量通常在333~481 MBq之间。随后,患者需要安静休息40~60 min,期间可间隔喝水3次,总摄入量在600~800 mL之间。②膀胱排空:在休息期间,患者被鼓励排空膀胱,以减少膀胱对图像的影响。③PET/CT扫描范围:PET/CT扫描范围从颅顶到股骨上段,覆盖了全身的区域。体部体位采集时,患者的双臂会举起,而头部体位采集时,双臂会放下。如有需要,还会进行延迟显像。④扫描参数:PET/CT采用三维模式进行图像采集。体部体位采集:每个床位的扫描时间为2 min,管电压为120 kV,电流为150 mAs,螺距为1.09,层厚为5 mm,层间距为1.5 mm。头部体位采集:每个床位的扫描时间为5 min,管电压为120 kV,电流为350 mAs,螺距为0.68,

层厚为 5 mm,层间距为 5 mm。⑤数据处理和图像重建:西门子后处理工作站用于获取 CT 数据以进行图像衰减校正。图像重建采用有序子集期望最大化迭代算法,以生成 PET/CT 图像。

1.2.2 图像分析 使用北京麦迪克斯科技有限公司的医学影像处理软件进行图像分析:①肿瘤勾画:在¹⁸F-FDG PET/CT 图像中,在肿瘤组织¹⁸F-FDG 摄取面积最大的层面选择进行勾画。②区域的绘制:在该层面上,手动绘制一个椭圆形的感兴趣区(ROI),确保该 ROI 足够边缘且完全包围了整个肿瘤。一旦边界确定,软件自动勾画出肿瘤组织的感兴趣体积(VOI)。③SUV 计算:定义边界后,软件自动计算 ROI 的最大 SUV(SUV_{max})和平均 SUV(SUV_{mean})。④排除生理性摄取和转移病灶:勾画时,避免勾画生理性摄取(如脑部或心脏)以及淋巴结和远处的转移病灶。⑤图像展示:¹⁸F-FDG PET/CT 图像以 Hotmetal 的颜色条方式显示 ROI,这有助于可视化分析。⑥代谢瘤体积(MTV)和总代谢瘤负荷(TLG)的计算:使用固定百分比的 SUV_{max} 阈值法,定义 VOI 为高于 SUV_{max} 40% 的区域。MTV 计算为 VOI 的体积。然后,根据以下公式计算 TLG:TLG = MTV × SUV_{mean}。

1.2.3 临床病理特征收集 收集 85 例患者的临床病理特征,包括:体质量指数(BMI)、吸烟史、病理类型、肿瘤位置、TNM 分期、肿瘤直径、淋巴结转移、CYFRA 21-1 表达、EGFR 突变、PD-L1 表达。其中:病理类型由病理学家通过分析组织标本来确定;肿瘤位置通过放射学影像确定;TNM 分期包括肿瘤的大小(T)、淋巴结受累情况(N)和远处转移(M),分期信息由肿瘤外科医生或放射肿瘤科医生提供;肿瘤直径通过测量肿瘤组织切片的方法来获得;淋巴结转移的信息通常通过手术切除的淋巴结进行病理检查来确定;CYFRA 21-1 通过血液检测来评估其在患者体内的表达水平(正常值范围 0~3.3 ng/mL);EGFR 突变通过分子遗传学检测来确定;PD-L1 表达通过免疫组化分析来确定。

1.3 观察指标 比较不同临床病理特征患者的¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数(SUV_{max}、MTV、TLG)。分析代谢参数 SUV_{max}、MTV、TLG 对临床病理特征的诊断效能。

1.4 统计学方法 数据应用 SPSS 25.0 软件分析,正态计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示,两样本均数比较采用独立样本 *t* 检验,计数资料用率(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。用受试者工作特征曲线(ROC 曲线)分析代谢参数 SUV_{max}、MTV、TLG 对临床病理特征的判断价值, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同临床病理特征患者的¹⁸F-FDG PET/CT 代

谢参数比较 根据表 1 的数据可以看出,在 BMI、吸烟史等一般特征方面两组患者的代谢参数差异没有统计学意义($P > 0.05$)。在病理类型方面鳞癌患者的代谢参数均高于腺癌患者($P < 0.05$)。在肿瘤位置方面中央型肿瘤的代谢参数均高于周围型肿瘤($P < 0.05$)。在 TNM 分期方面 III~IV 期患者的代谢参数均高于 I~II 期患者($P < 0.001$)。在肿瘤直径方面直径 ≥ 3 cm 的肿瘤代谢参数均高于直径 < 3 cm 的肿瘤($P < 0.05$)。在淋巴结转移方面有转移的患者代谢参数均高于无转移的患者($P < 0.001$)。在 CYFRA 21-1 方面异常组患者的代谢参数均高于正常组($P < 0.05$)。在 EGFR 突变方面阴性组患者的代谢参数均高于阳性组($P < 0.001$)。在 PD-L1 表达方面阳性组患者的代谢参数均高于阴性组($P < 0.05$)。

表 1 不同临床病理特征患者的代谢参数 SUV_{max}、MTV、TLG 比较

特征	<i>n</i>	SUV _{max} / (g · cm ⁻³)	MTV/cm ³	TLG/g
BMI/(kg · m ⁻²)				
≥24	33	10.29±5.88	22.35±13.06	147.39±45.01
<24	52	9.17±3.81	22.39±10.54	145.38±37.72
<i>t</i>		1.066	-0.014	0.223
<i>P</i>		0.289	0.989	0.824
吸烟史				
是	48	10.25±5.39	23.03±12.40	148.42±41.59
否	37	8.77±3.59	21.52±10.35	143.24±39.31
<i>t</i>		1.441	0.600	0.583
<i>P</i>		0.153	0.550	0.562
病理类型				
鳞癌	22	12.52±2.71	31.9±6.75	170.72±27.27
腺癌	63	8.59±4.86	19.05±10.98	137.59±40.95
<i>t</i>		3.588	5.151	4.262
<i>P</i>		0.001	<0.001	<0.001
肿瘤位置				
中央型	19	11.79±3.77	29.34±6.54	162.70±32.74
周围型	66	8.98±4.80	20.37±11.88	141.40±41.41
<i>t</i>		2.350	3.150	2.062
<i>P</i>		0.021	0.002	0.042
TNM 分期				
III~IV	55	10.93±4.39	25.61±11.05	158.24±38.30
I~II	30	7.17±4.39	16.44±9.99	124.02±35.01
<i>t</i>		3.780	3.782	4.054
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001
肿瘤直径/cm				
≥3	58	10.68±4.93	25.17±11.79	155.56±40.69
<3	27	7.31±3.28	16.37±8.26	125.96±32.21
<i>t</i>		3.727	3.494	3.323
<i>P</i>		<0.001	<0.001	0.001
淋巴结转移				
是	53	11.25±4.53	26.48±10.87	158.64±38.51
否	32	6.88±3.69	15.57±9.16	125.5±35.22
<i>t</i>		4.612	4.749	3.967
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001
CYFRA 21-1				
异常	55	10.75±4.50	24.4±10.79	154.29±40.87
正常	30	7.51±4.44	18.66±12.04	131.25±35.71
<i>t</i>		3.188	2.247	2.593
<i>P</i>		0.002	0.027	0.011

表 1(续) 不同临床病理特征患者的代谢参数 SUV_{max}、MTV、TLG 比较

特征	n	SUV _{max} / (g · cm ⁻³)	MTV/cm ³	TLG/g
EGFR 突变				
阴性	60	11.09±4.41	26.42±10.62	158.32±38.45
阳性	25	6.05±3.40	12.66±6.86	116.97±28.92
t		5.102	5.970	4.831
P		<0.001	<0.001	<0.001
PD-L1				
阳性	52	11.10±4.46	25.87±11.38	157.29±39.90
阴性	33	7.25±4.17	16.86±9.49	128.62±35.22
t		3.979	3.786	3.376
P		<0.001	<0.001	0.001

2.2 代谢参数 SUV_{max}、MTV、TLG 与临床病理特征的关系分析 根据表 2 和图 1~图 8 的 ROC 曲线分析可以看出,SUV_{max}、MTV 和 TLG 在鉴别病理类型、肿瘤位置、TNM 分期、肿瘤直径、淋巴结转移、CY-FRA 21-1 表达、EGFR 突变、PD-L1 表达方面都具有良好的价值。其中,SUV_{max}、MTV、TLG 在鉴别病理类型、TNM 分期、肿瘤直径、淋巴结转移、EGFR 突变、PD-L1 方面的诊断效能较好(AUC 值=0.7~0.9, P 均<0.05);SUV_{max}、MTV、TLG 在鉴别肿瘤位置、CYFRA 21-1 表达方面的诊断效能尚可(AUC 值=0.6~0.7, P 均<0.05)。

表 2 代谢参数 SUV_{max}、MTV、TLG 与临床病理特征的 ROC 曲线下面积分析

变量	病理类型	肿瘤位置	TNM 分期	肿瘤直径	淋巴结转移	CYFRA21-1	EGFR 突变	PD-L1
SUV								
AUC	0.789	0.695	0.732	0.719	0.774	0.672	0.820	0.735
标准误	0.048	0.061	0.062	0.055	0.051	0.065	0.050	0.057
P	<0.001	0.010	<0.001	0.001	<0.001	0.009	<0.001	<0.001
95% CI	0.696~0.883	0.576~0.813	0.611~0.852	0.611~0.828	0.674~0.874	0.544~0.800	0.723~0.917	0.623~0.847
MTV								
AUC	0.845	0.711	0.743	0.720	0.802	0.671	0.861	0.745
标准误	0.043	0.054	0.057	0.055	0.048	0.068	0.042	0.053
P	<0.001	0.005	<0.001	0.001	<0.001	0.010	<0.001	<0.001
95% CI	0.760~0.930	0.604~0.817	0.632~0.854	0.613~0.827	0.707~0.896	0.537~0.805	0.778~0.943	0.641~0.850
TLG								
AUC	0.783	0.684	0.762	0.725	0.757	0.658	0.823	0.713
标准误	0.052	0.057	0.056	0.058	0.056	0.062	0.051	0.058
P	<0.001	0.015	<0.001	0.001	<0.001	0.017	<0.001	0.001
95% CI	0.681~0.885	0.573~0.796	0.652~0.873	0.611~0.840	0.647~0.867	0.536~0.779	0.722~0.923	0.600~0.827

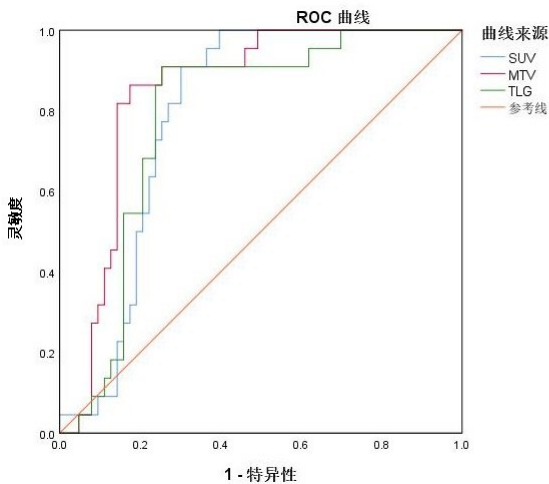


图 1 代谢参数对病理类型的 ROC 曲线分析

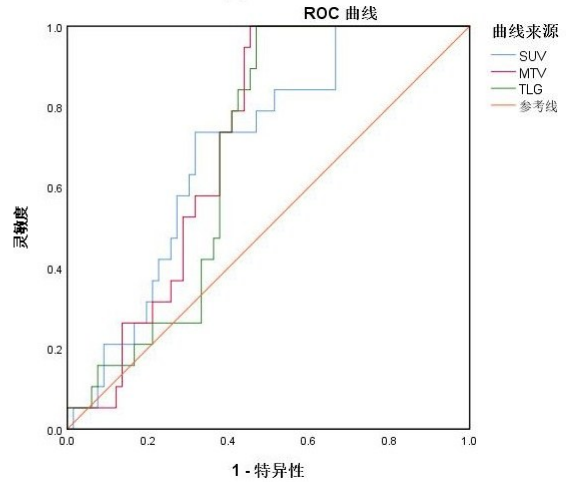


图 2 代谢参数对肿瘤位置的 ROC 曲线分析

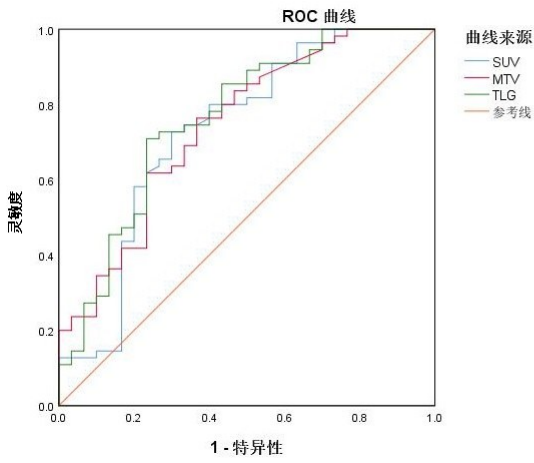


图 3 代谢参数对 TNM 分期的 ROC 曲线分析

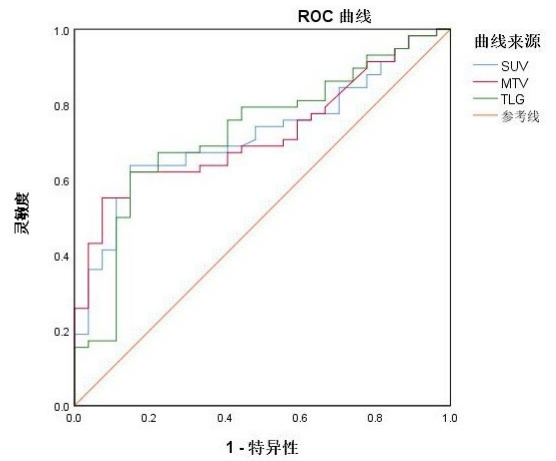


图 4 代谢参数对肿瘤直径的 ROC 曲线分析

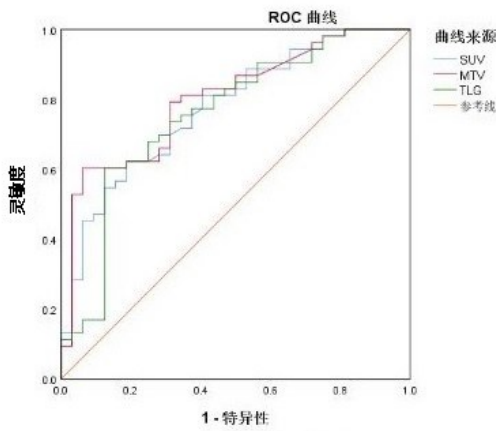


图 5 代谢参数对淋巴结转移的 ROC 曲线分析

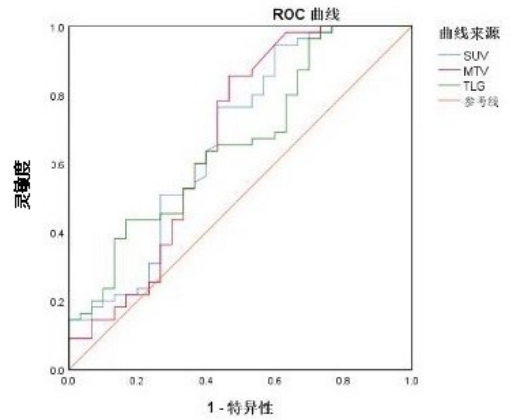


图 6 代谢参数对 CYFRA 21-1 的 ROC 曲线分析

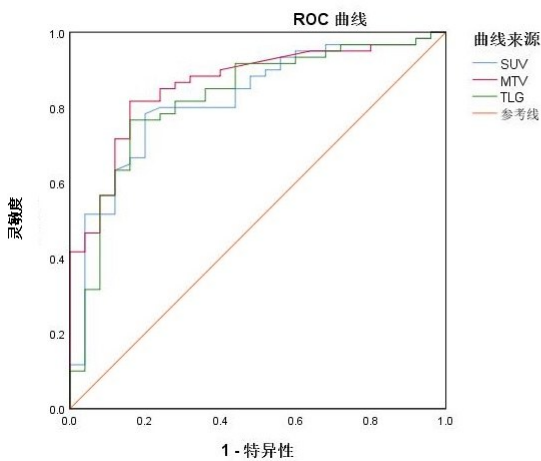


图 7 代谢参数对 EGFR 突变的 ROC 曲线分析

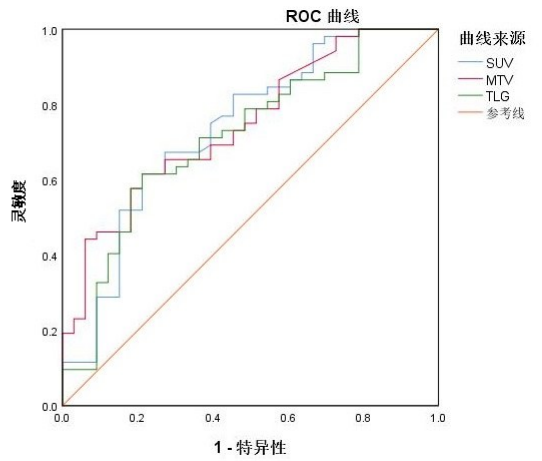


图 8 代谢参数对 PD-L1 的 ROC 曲线分析

3 讨论

¹⁸F-FDG PET/CT 是一种先进的医学成像技术，结合了正电子发射断层扫描(PET)和计算机断层扫描(CT)。在 NSCLC 中¹⁸F-FDG PET/CT 的应用非常广泛，有研究显示，它提供了关于肿瘤的生物特征和位置的重要信息，有助于医生制定最佳的治疗策略，提高患者的治疗效果和生存率^[4-6]。SUV_{max} 是¹⁸F-FDG

PET/CT 的一个核心代谢参数，用于衡量肿瘤或其他异常病灶摄取¹⁸F-FDG 的程度，它表示肿瘤区域中¹⁸F-FDG 浓度的峰值^[7]。SUV_{max} 通常用于定量测定病灶的最高代谢活性，可以帮助识别肿瘤的最活跃部分。SUV_{max} 可以与病灶的体积、肿瘤类型和其他因素一起用于诊断、分期和治疗效果监测。MTV 是指在¹⁸F-FDG PET/CT 图像上测定的肿瘤内¹⁸F-FDG 摄取的

三维体积,它提供了肿瘤的整体生物学活性信息,不仅考虑了肿瘤的最活跃部分,还考虑了整个肿瘤的范围。MTV用于量化肿瘤的代谢活性,可以用于评估肿瘤的体积和生物学特征,诊断、分期、预后评估和治疗反应监测^[8]。TLG是MTV与 SUV_{mean} 之积,它代表了整个肿瘤内 ^{18}F -FDG摄取的总量,结合了肿瘤的体积和平均代谢活性,提供了肿瘤的全身代谢负荷信息,可用于评估肿瘤的生物学活性和预后,以及指导治疗策略的选择^[9]。在本研究中,包括体质量指数(BMI)和吸烟史在内的一般特征方面,两组患者的 ^{18}F -FDG PET/CT代谢参数(SUV_{max} 、MTV、TLG)差异无统计学意义,这表明这些代谢参数在不同BMI范围和吸烟史患者中的分布相对均匀,不会受到这些一般特征的影响,这一发现强调了 ^{18}F -FDG PET/CT作为一种生物标志物的重要优势,其结果不受患者的体重或吸烟史等一般特征的干扰。不同病理类型患者的代谢参数差异显著,鳞癌患者的代谢参数均明显高于腺癌患者,这一结果与先前的研究结果一致,鳞癌通常表现出更高的 ^{18}F -FDG摄取,这可能与更具侵袭性的生物学特征和代谢活性相关^[10]。因此,在NSCLC患者中, ^{18}F -FDG PET/CT代谢参数的测定可能有助于区分病理类型,有望为患者的早期诊断和治疗策略选择提供重要信息。本研究还表明,不同肿瘤位置和TNM分期患者的代谢参数明显不同。中央型肿瘤的代谢参数均明显高于周围型肿瘤,而Ⅲ~Ⅳ期患者的代谢参数均显著高于Ⅰ~Ⅱ期患者。这些发现与肿瘤位置的生物学特征和TNM分期的临床严重程度相关。 ^{18}F -FDG PET/CT代谢参数的增加可能反映了中央型和晚期肿瘤的更高代谢活性,这对于指导治疗决策和分期非常重要。本研究还发现,不同肿瘤直径、淋巴结转移、CYFRA 21-1表达、EGFR突变和PD-L1表达患者的代谢参数有所差异。肿瘤直径 ≥ 3 cm的肿瘤显示出较高的代谢活性,而有淋巴结转移的患者的代谢参数也较高。

CYFRA 21-1是一种肺癌相关标志物,通常用于评估NSCLC的诊断和预后,高水平的CYFRA 21-1表达与NSCLC的存在和恶性程度有关^[11-12],它通常通过血液检测来评估。在NSCLC患者中,高CYFRA 21-1水平可能与肿瘤的侵袭性、淋巴结转移和预后恶化有关。因此,CYFRA 21-1表达可以用于NSCLC的早期诊断、分期和治疗效果的监测。EGFR突变是NSCLC中最常见的分子生物学特征之一,通常与NSCLC的特定亚型相关,如腺癌。EGFR突变可以导致异常的细胞生长和分化,因此被认为与肿瘤的发展和恶化有关^[13]。PD-L1是免疫检查点分子,参与调节免疫反应,在NSCLC中的高表达通常与免疫逃逸和免疫抑制有关。在临床中,PD-L1表达可作为免疫治

疗的标志物。PD-1/PD-L1抑制剂,如帕博利神经胶质瘤疗法,已经被批准用于PD-L1高表达的NSCLC患者。这些药物可以激活患者自身的免疫系统,帮助对抗肿瘤细胞,提高治疗效果^[14-17]。在本研究中,异常CYFRA 21-1表达、EGFR突变和PD-L1阳性表达均与增加的代谢参数相关。这些结果突显了 ^{18}F -FDG PET/CT代谢参数在评估肿瘤生物学特征和患者预后中的潜在作用。除此以外,本研究进一步评估了 SUV_{max} 、MTV和TLG在不同临床病理特征下的诊断效能。这些代谢参数在鉴别病理类型、TNM分期、肿瘤直径、淋巴结转移、EGFR突变和PD-L1表达方面表现出较好的诊断效能。这些发现强调了 ^{18}F -FDG PET/CT代谢参数在NSCLC患者管理中的潜在作用,特别是在个性化治疗和预后评估中。

综上所述, ^{18}F -FDG PET/CT代谢参数作为非侵入性的生物标志物在NSCLC管理中发挥着重要作用,病理类型、肿瘤位置、TNM分期、肿瘤直径、淋巴结转移、CYFRA 21-1表达、EGFR突变和PD-L1表达均与这些代谢参数相关。本研究的结果为NSCLC的管理提供了更多信息和工具,有助于改进诊断、治疗和预后评估,从而更好地满足患者的医疗需求。这些发现对于进一步推动个性化医疗和更有效的治疗策略具有重要的临床和研究意义。在此基础上,未来的研究可进一步探讨代谢参数与分子生物标志物(如突变基因和蛋白质表达)之间的关系,以更全面地理解NSCLC的生物学特征。还可以进一步研究代谢参数在治疗反应监测中的作用,包括放疗、化疗和免疫治疗。

参考文献:

- [1] 杨娟,吴耀华,郝泉水. ^{18}F -FDG PET/CT对女性盆腔恶性肿瘤转移与复发诊断价值的Meta分析[J]. 中国CT和MRI杂志,2023,21(3):159-162.
- [2] 张锴,王莎莎,李延萍. 肉芽肿性多血管炎 ^{18}F -FDG PET/CT显像误诊为恶性肿瘤1例[J]. 中国医药科学,2022,12(18):198-200.
- [3] 陈明媚,韩秉,陈梅兰. 应用 ^{18}F -FDG PET/CT与经阴道超声对女性盆腔妇科恶性肿瘤术前评估价值对比[J]. 中国CT和MRI杂志,2022,20(8):139-141.
- [4] 谢馥霞,李梦丹,王小会,等. ^{18}F -FDG PET/CT联合外周血炎症因子评估晚期非小细胞肺癌免疫治疗疗效的价值[J]. 现代肿瘤医学,2023,31(17):3209-3215.
- [5] 刘芳廷,李俊灏,朱瑾成,等. 非小细胞肺癌 ^{18}F -FDG PET/CT半定量参数与Ki-67表达的相关性和预后价值[J]. 医学研究与战创伤救治,2023,36(3):280-285.
- [6] 黄馨,黄明捷,丘文明,等. ^{18}F -FDG PET/CT预测Ⅰ~Ⅲ期非小细胞肺癌淋巴结转移的价值[J]. 中国医药科学,2023,13(2):12-16,43.
- [7] 朱俊辉,黄子康,周伟,等. 基于PET/CT不同SUV阈值

- 计算的代谢参数与非小细胞肺癌 TNM 分期的相关性分析[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42(9): 1447-1452.
- [8] 杨朝辉, 邓绍强, 顾发见, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT SUV_{max}、TLG 及 MTV 与 GIST 恶性程度的关系[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2022, 14(1): 86-90.
- [9] 张兆凯, 李清照, 李敏, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT 代谢参数评估肺浸润性腺癌病理亚型及组织学分级的价值[J]. 山东第一医科大学(山东省医学科学院)学报, 2023, 44(8): 592-597.
- [10] 俞愈, 李继会, 章斌, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT 影像学预测晚期非小细胞肺癌预后的价值[J]. 标记免疫分析与临床, 2023, 30(1): 51-56, 144.
- [11] 杨芳, 王雅, 梁丽红, 等. CEA、AFP 及 CYFRA21-1 在 NSCLC 中的表达及与病理特征和预后的关系[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2022, 14(4): 577-580.
- [12] KAGAWA Y, SONE K, OGURI T, et al. Predictive role of CYFRA 21-1 for S-1 monotherapy in non-small cell lung cancer patients[J]. *Respir Investig*, 2022, 60(3): 393-399.
- [13] 栾飞扬, 牛文霞, 吴胤瑛, 等. PD-L1、MDM2 在 EGFR 罕见突变 NSCLC 患者中的表达及其临床意义[J]. 现代肿瘤医学, 2023, 31(6): 1061-1068.
- [14] PATIL N S, NABET BY, MÜLLER S, et al. Intratumoral plasma cells predict outcomes to PD-L1 blockade in non-small cell lung cancer[J]. *Cancer Cell*, 2022, 40(3): 289-300. e4.
- [15] 陈然, 高翔, 徐福东, 等. 晚期 EGFR 阳性 NSCLC 患者 PD-L1 表达特点及其与 EGFR-TKIs 治疗疗效关系的真实世界研究[J]. 中国肺癌杂志, 2023, 26(3): 217-227.
- [16] HONG W J, XUE M, JIANG J, et al. Circular RNA circ-CPA4/ let-7 miRNA/PD-L1 axis regulates cell growth, stemness, drug resistance and immune evasion in non-small cell lung cancer (NSCLC) [J]. *J Exp Clin Cancer Res*, 2020, 39(1): 149.
- [17] MANSFIELD S A, HERBST S R, JR. C D G, et al. 帕博利珠单抗单药治疗 PD-L1 阳性伴脑转移的非小细胞肺癌患者的疗效: KEYNOTE-001、010、024 和 042 研究的汇总分析[J]. 中国肺癌杂志, 2022, 25(9): 701-702.

收稿日期: 2023-10-20; 修回日期: 2023-11-23

(上接第 71 页)

- [4] ZENG D Q, WU J N, LUO H Y, et al. Tumor microenvironment evaluation promotes precise checkpoint immunotherapy of advanced gastric cancer [J]. *J Immunother Cancer*, 2021, 9(8): e002467.
- [5] KAUR J, ELMS J, MUNN A L, et al. Immunotherapy for non-small cell lung cancer (NSCLC), as a stand-alone and in combination therapy [J]. *Crit Rev Oncol Hematol*, 2021, 164: 103417.
- [6] ESCHWEILER S, RAMÍREZ-SUÁSTEGUI C, LI Y C, et al. Intermittent PI3K δ inhibition sustains anti-tumour immunity and curbs irAEs [J]. *Nature*, 2022, 605(7911): 741-746.
- [7] OTT P A, HU-LIESKOVAN S, CHMIELOWSKI B, et al. A phase Ib trial of personalized neoantigen therapy plus anti-PD-1 in patients with advanced melanoma, non-small cell lung cancer, or bladder cancer [J]. *Cell*, 2020, 183(2): 347-362. e24.
- [8] OGINO H, TAYLOR J W, NEJO T, et al. Randomized trial of neoadjuvant vaccination with tumor-cell lysate induces T cell response in low-grade gliomas [J]. *J Clin Invest*, 2022, 132(3): e151239.
- [9] LIAU L M, ASHKAN K, BREM S, et al. Association of autologous tumor lysate-loaded dendritic cell vaccination with extension of survival among patients with newly diagnosed and recurrent glioblastoma: a phase 3 prospective externally controlled cohort trial [J]. *JAMA Oncol*, 2023, 9(1): 112-121.
- [10] DONG B H, DAI G L, XU L, et al. Tumor cell lysate induces the immunosuppression and apoptosis of mouse immunocytes [J]. *MOL Med Rep*, 2014, 10(6): 2827-2834.
- [11] AKHOUAYRI L, OSTANO P, MELLO-GRAND M, et al. Identification of a minimum number of genes to predict triple-negative breast cancer subgroups from gene expression profiles [J]. *Hum Genomics*, 2022, 16(1): 70.
- [12] TIAN R N, TIAN J F, ZUO X Y, et al. RACK1 facilitates breast cancer progression by competitively inhibiting the binding of β -catenin to PSMD2 and enhancing the stability of β -catenin [J]. *Cell Death Dis*, 2023, 14(10): 685.
- [13] 华强, 孔祥, 孟祥健, 等. MicroRNA-139-5p 靶向 Bcl-2 调控棕榈酸诱导的胰岛 β 细胞凋亡 [J]. 右江民族医学院学报, 2021, 43(6): 705-709.
- [14] ZHANG Y K, SONG Q X, CASSADY K, et al. Blockade of trans PD-L1 interaction with CD80 augments antitumor immunity [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2023, 120(16): e2205085120.
- [15] PENG G, WANG C, WANG H R, et al. Gankyrin-mediated interaction between cancer cells and tumor-associated macrophages facilitates prostate cancer progression and androgen deprivation therapy resistance [J]. *Oncimmunology*, 2023, 12(1): 2173422.

收稿日期: 2023-10-17; 修回日期: 2023-11-22