

FDG PET-CT 代谢参数对 NSCLC 放疗患者预后影响

梁萌 郑容 吴宁 张雯杰 梁颖 刘瑛 李小萌 方艳 陈聪 周宗玫
肖泽芬 冯勤付 王绿化 李晔雄

100021 北京协和医学院 中国医学科学院肿瘤医院 PET-CT 中心(梁萌、郑容、吴宁、张雯杰、梁颖、刘瑛、李小萌、方艳、陈聪),放疗科(周宗玫、肖泽芬、冯勤付、王绿化、李晔雄)

通信作者:郑容,Email:zrong99@163.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2016.02.000

【摘要】 目的 探讨疗前 FDG PET-CT 获得的 NSCLC 原发灶代谢参数及其临床因素对 NSCLC 放疗患者预后影响。方法 回顾分析 2007—2013 年间在本院首程放疗前行 PET-CT 的 170 例 NSCLC 患者资料,分析其临床因素、原发灶 SUV_{max} 、 SUV_{mean} 、MTV 及 TLG 等参数与患者预后关系。应用 Kaplan-Meier 法计算生存率并 Logrank 检验和单因素分析,应用 Cox 模型进行多因素分析。结果 5 年样本数为 48 例,5 年 OS 率为 24.7%,单因素生存分析示年龄、N 分期、cTNM 分期、肿瘤大小、 SUV_{max} 、MTV 及 TLG 为预后影响因素($P=0.001\sim 0.040$)。多因素分析显示年龄、原发灶 MTV 为总生存期预后影响因素($P=0.016,0.005$)。结论 年龄、N 分期、临床 TNM 分期、肿瘤大小、 SUV_{max} 、MTV 及 TLG 是影响 NSCLC 放疗患者预后因素,其中疗前患者年龄及原发灶 MTV 是总生存期的预后影响因素。

【关键词】 肺肿瘤/放射疗法; 体层摄影术,正电子发射; 体层摄影术,X 线计算机; 氟脱氧葡萄糖; 预后

基金项目:中国癌症基金会北京希望马拉松专项基金(LC2014A10);卫生部部属(管)医院临床学科重点项目(07090010)

Prognostic significance of FDG PET/CT parameters in patients with non-small cell lung cancer of radiotherapy Liang Meng,Zheng Rong,Wu Ning,Zhang Wenjie,Liang Ying,Liu Ying,Li Xiaomeng,Fang Yan,Chen Cong,Zhou Zongmei,Xiao Zefen,Feng Qinfu,Wang Lyuhua,Li Yexiong

Department of Nuclear Medicine and PET-CT Center (Liang M,Zheng R,Wu N,Zhang WJ,Liang Y,Liu Y,Li XM,Fang Y,Chen C),Department of Radiation Oncology (Zhou ZM,Xiao ZF,Feng QF,Wang LH,Li YX),Cancer Hospital,Chinese Academy of Medical Sciences,Peking Union Medical College,Beijing 100021,China

Corresponding author:Zheng Rong,Email:zrong99@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the metabolic parameters of primary lesions of non-small cell lung cancer (NSCLC) obtained by ^{18}F -FDG PET/CT and their prognostic values in patients with NSCLC who underwent radiotherapy. **Methods** The clinical data of 170 NSCLC patients who underwent PET/CT scan before the first course of radiotherapy in Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, from January 2007 to December 2013 were analyzed retrospectively. The prognostic values of clinical factors, maximum standard uptake value (SUV_{max}) standard uptake value (SUV_{mean}), metabolic tumour volume (MTV), and total lesion glycolysis (TLG) were analyzed. The Kaplan-Meier method was applied for univariate survival analysis, the log-rank test was applied to compare the survival rate between groups, and the Cox proportional hazards regression was applied for multivariate survival analysis; $P<0.05$ was considered statistically significant. The number of patients who received the follow-up visit at 5 years were 48. **Results** The 5-year overall survival was 24.7%. The univariate analysis showed that age, N stage, clinical TNM stage, tumor size, SUV_{max} , MTV, and TLG were the prognostic factors in NSCLC patients who underwent radiotherapy ($P=0.001-0.040$). The Cox proportional hazards regression analysis of the above parameters showed that age and MTV of the primary lesion were the independent prognostic factors for overall survival ($P=0.016,0.005$). **Conclusions** Age, N stage, clinical TNM stage, tumor size, SUV_{max} , MTV, and

TLG are the prognostic factors in NSCLC patients undergoing radiotherapy, while age and MTV of the primary lesion are the independent prognostic factors.

【Key words】 Lung neoplasms/radiotherapy; Tomography, positron-emission; Tomography, X-ray computed; Fluorodeoxyglucose; Prognosis

Fund program: Beijing Marathon of Hope Foundation of China Cancer Foundation (LC2014A10); Hospital Clinical Subjects Focus Projects of Ministry of health staff (pipe) (07090010)

目前 CT 是 NSCLC 患者放疗靶区勾画及疗效评价最常用的方法,但其对伴有阻塞性或治疗后改变及淋巴结肿大患者有一定局限性。PET-CT 是融合解剖和功能显像的新型分子影像学检查方法,在肺癌诊疗中的应用已得到临床肯定^[1-2]。本研究拟对 170 例首程放疗的 NSCLC 患者进行回顾分析,旨在探讨 FDG PET-CT 原发灶代谢参数 SUV_{max} 、 SUV_{mean} 、MTV、TLG 及其临床因素与行放疗或同期放化疗的 NSCLC 患者预后的关系。

材料与方法

1. 纳入标准: (1) 临床及随访资料齐全; (2) 有放疗适应证,首程行放疗或同期放化疗的 NSCLC 患者; (3) 有病理证实; (4) 放疗前行 PET-CT 检查定位及靶区勾画。

2. 排除标准: (1) 原发灶无病理证实; (2) 有远处转移(由于伴有远处转移的临床 IV 期患者多行针对转移灶的放疗和全身化疗,本组研究中暂不考虑该部分放疗患者); (3) 失随访; (4) 放疗或同期放化疗前已行其他治疗; (5) 其他不符合上述入组条件者。

3. 一般临床资料: 2007 年 1 月至 2013 年 12 月间在本院初诊拟行放疗或同期放化疗,并在疗前行 FDG PET-CT 定位及靶区勾画的 NSCLC 患者 170 例,其中男 146 例、女 24 例,年龄 29~92 岁(中位数 66 岁)。采用 NSCLC AJCC 2010 年第 7 版 TNM 分期标准, cTNM I—II 期 40 例, III 期 130 例。88 例接受同期放化疗, 82 例接受单纯放疗。余见表 1。

4. FDG PET-CT 扫描及放疗计划制定: 采用 GE Discovery ST-16 型 PET-CT 扫描仪, FDG 由原子高科股份有限公司提供,放化纯度均 >95%。患者检查当天禁食 4~6 h 以上,保证血糖水平 <8.0 mmol/L。按 3.7~4.44 MBq/kg 体重注射示踪剂, 60 min 后行全身扫描,扫描范围为头顶至股骨上段。扫描时保持与放疗相同的体位,并由至少一名放疗医师指导定位。平静呼吸下先行 CT 扫描,采集条件为电压 120 kV,体部电流 150 mA,头部电流 220 mA,螺距为 1.75:1;再行 PET 图像 3D 采集,体部每床位 3 min,共 5~6 个床位;头部每床位 5 min,采集 2 个床

位;再行胸部屏气 CT 扫描,电压 120 kV,电流 205 mA,层厚 5 mm,均行 1.25 mm 薄层重建。最后以 CT 数据对 PET 图像进行衰减校正,迭代法重建后,传送至 Xeleris 工作站。并将 PET-CT 融合图像传输至 TPS,由放疗医师进行靶区勾画。

5. PET-CT 图像评价及代谢参数的测定: 由两位有经验的 PET-CT 诊断医师进行图像评价,研究中所有数据由同一名 PET-CT 医师测量并记录。在原发灶放射性浓聚区域内勾画 ROI,系统自动得出由患者体重校正后的原发灶 SUV_{max} ,以 42% SUV_{max} 为阈值,软件自动计算出 SUV_{mean} 和 MTV,最后求得 $TLG = MTV \times SUV_{mean}$ 。肿瘤大小为 CT 肺窗获得的肿瘤长径。

6. 病例随访: 随访方式为门诊随访及电话随访,总生存时间为患者病理确诊日期至死亡日期或随访终止日期,以月为单位,全组病例随访截止日期为 2014 年 12 月 31 日。

7. 统计方法: 应用 SPSS 17.0 软件行 ROC 曲线分析求得年龄、 SUV_{max} 、 SUV_{mean} 、MTV 及 TLG 等连续性变量的最佳界值,将约登指数 (YI = 敏感度 + 特异度 - 1) 最大时所对应的参数值定义为分组界值,将其分为低值组 (\leq 界值) 及高值组 ($>$ 界值)。采用 Kaplan-Meier 法绘制各参数下生存曲线并 Logrank 法检验差异和单因素预后分析,将单因素分析中有意义参数进行 Cox 模型多因素预后分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 生存情况: 3、5 年样本数分别为 101、48 例, 1、3、5 年 OS 率分别为 82.4%、43.3%、24.7%,中位生存时间为 33 个月 (95% CI 为 26.140~39.860)。

2. FDG PET-CT 代谢参数及部分临床指标对 OS 的影响 (1) 连续性变量界值的确定: 将随访截止时患者生存情况 (生存为阴性,死亡为阳性) 作为状态变量,年龄、 SUV_{max} 、 SUV_{mean} 、MTV 及 TLG 等分别作为检验变量勾画 ROC 曲线,取约登指数最大值为 cut-off 值,分别以年龄 63.5 岁、 SUV_{max} 10.85、 SUV_{mean} 5.75、MTV 35.11 cm^3 和 TLG 81.18 g 为界值将各变量分为低值组 (\leq 界值) 和高值组 ($>$ 界

值), ROC 曲线见图 1。

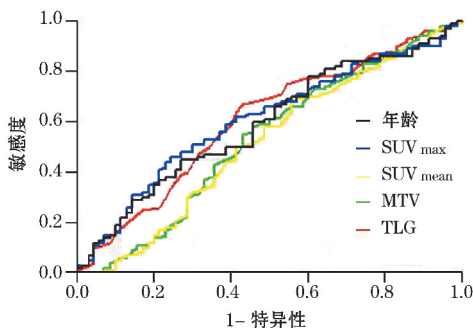


图 1 170 例 NSCLC 患者的 ROC 曲线分析 [曲线下面积为年龄 0.608 ($P=0.017$), SUV_{max} 0.531 ($P=0.490$), SUV_{mean} 0.518 ($P=0.685$), $MTV_0.608$ ($P=0.017$), $TLG_0.592$ ($P=0.041$)]

(2) 生存曲线: 年龄、 SUV_{max} 、MTV 及 TLG 的生存曲线见图 2 至图 5。

(3) 单因素预后分析: 结果显示年龄、N 分期、cTNM 分期、肿瘤大小、 SUV_{max} 、MTV 及 TLG 为放疗患者 OS 的影响因素, 但性别、分化程度、病理类型、T 分期、吸烟史、肺癌家族史、所在肺叶、是否同期放疗、有无肺气肿及 SUV_{mean} 等因素对 OS 的影响无统计学意义, 详见表 1。

(4) 多因素预后分析: 结果显示年龄 ($HR=1.706$, 95% CI 为 1.105~2.633, $P=0.016$) 和原发灶 MTV ($HR=1.808$, 95% CI 为 1.201~2.723, $P=0.005$) 为 OS 的影响因素。

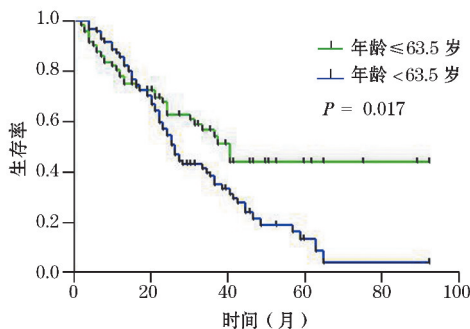


图 2 170 例 NSCLC 患者不同年龄的生存曲线

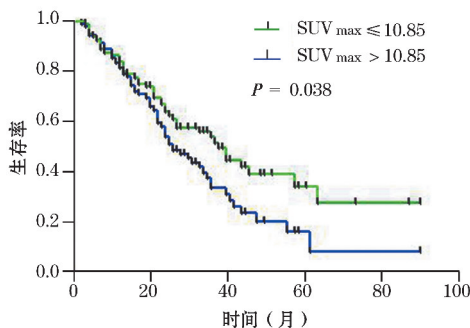


图 3 170 例 NSCLC 患者不同 SUV_{max} 值的生存曲线

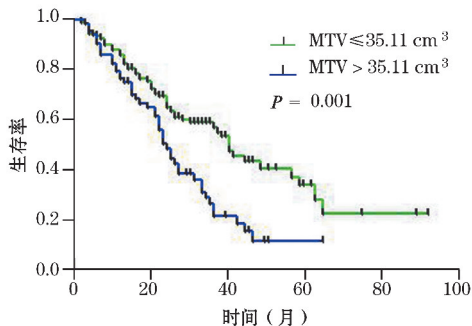


图 4 170 例 NSCLC 患者不同 MTV 的生存曲线

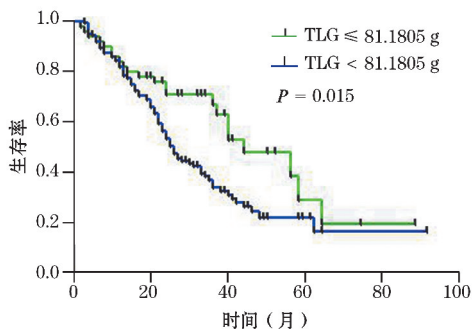


图 5 170 例 NSCLC 患者不同 TLG 的生存曲线

讨 论

NSCLC 预后较差, 5 年 OS 率 $<15\%$ ^[3], 放疗前对患者死亡风险作出评估, 可指导个体化放疗, 提高疗效, 减低不良反应, 从而提高生存率。以往许多临床因素^[4-7]被广泛讨论, 如性别、年龄、分期、病理类型、分化程度、吸烟史、肿瘤标志物、肿瘤部位及大小等, 但各研究中结果并不完全一致, 对临床的指导意义也并不确切。FDG PET-CT 是目前最成熟的分子影像学检查方法, 反映机体代谢分布, 能够从生物学的角度较好地评价肿瘤的生物活性, 用其代谢参数来评价 NSCLC 预后的研究也逐渐成为热点。文献报道 FDG PET-CT 相关参数 SUV_{max} 、MTV、TLG 是 NSCLC 放疗患者的预后影响因素^[8-13]。

目前临床最常用的 PET-CT 代谢参数是 SUV, 大多数研究认为 SUV_{max} 可以较好的预测患者生存情况, 高值组的生存期低于低值组^[8-9, 14-15]。本研究结果示 SUV_{max} 在单因素分析中是一项影响预后的指标, 但多因素分析中并无意义。本研究还发现 SUV_{mean} 不能作为一项预后评价指标, 可能受到病灶内肿瘤组织坏死、阻塞性炎症反应等因素的影响, SUV_{mean} 较难准确反映肿瘤整体代谢活性, 其临床指导意义较 SUV_{max} 小。

SUV 反映肿瘤组织代谢情况, 而 MTV 和 TLG 作为肿瘤的体积代谢参数, 能衡量具有较高糖代谢

表 1 170 例 NSCLC 患者一般临床资料及单因素预后分析

项目	例数(%)	中位生存月数 (95% CI)	5年 OS 率 (%)	P 值	项目	例数(%)	中位生存月数 (95% CI)	5年 OS 率 (%)	P 值
性别					N 分期				
男	146(85.9)	33(26.26~39.74)	26.0	0.903	N ₀ 期	40(23.5)	44(37.20~50.80)	14.8	0.040
女	24(14.1)	27(7.54~46.46)	21.4		N ₁ 期	28(16.5)	24(18.81~29.19)	19.0	
年龄					N ₂ 期	60(35.3)	26(16.96~35.04)	25.9	
≤63.5 岁	73(42.9)	40(31.86~48.14)	44.5	0.017	N ₃ 期	42(24.7)	38(28.19~47.81)	22.9	
>63.5 岁	97(57.0)	26(22.65~29.35)	14.0		临床 TNM 分期				
分化程度					I 期	26(15.3)	56(35.84~76.16)	17.5	0.0108
高分化	1(1.3)	10	0.0	0.055	II 期	14(8.2)	19(13.25~24.75)	a	
中分化	17(22.7)	26(21.35~30.65)	a		III 期	130(76.5)	30(21.98~38.03)	26.5	
低分化	57(76.0)	62(7.55~116.45)	50.4		治疗模式				
病理类型					同期放化疗	82(48.2)	37(27.69~46.31)	30.8	0.444
鳞癌	124(72.9)	27(21.10~32.90)	24.2	0.811	单纯放疗	88(51.8)	26(18.02~33.98)	20.0	
腺癌	34(20.0)	40(23.25~56.75)	34.3		肺气肿				
腺鳞癌	3(1.8)	58	0.0		有	40(23.5)	40	45.7	0.173
非小细胞癌	9(5.3)	42(22.48~61.52)	27.8		无	130(76.5)	30(21.81~38.19)	21.1	
吸烟史					肿瘤大小				
有	137(80.6)	28(21.09~34.91)	26.3	0.522	≤7 cm	143(84.1)	35(26.30~43.70)	27.9	0.035
无	33(19.4)	40(29.46~50.54)	21.6		>7 cm	27(15.9)	25(16.98~33.02)	a	
所在肺叶					SUV _{max}				
左肺上叶	48(28.2)	35(18.92~51.08)	21.4	0.190	≤10.85	80(47.1)	38(30.43~45.57)	33.9	0.038
左肺下叶	23(13.5)	46(18.26~73.74)	35.6		>10.85	90(52.9)	26(19.86~32.14)	16.0	
右肺上叶	67(39.4)	31(22.65~39.35)	26.8		SUV _{mean}				
右肺中叶	8(4.7)	25(15.16~34.84)	a		≤5.75	62(36.5)	40(31.73~48.27)	33.2	0.059
右肺下叶	24(14.2)	25(19.46~30.54)	0.0		>5.75	108(63.5)	26(19.58~32.42)	19.6	
肺癌家族史					MTV(cm ³)				
有	26(15.3)	40(11.78~68.22)	42.5	0.568	≤35.11	107(62.9)	40(33.29~46.71)	33.7	0.001
无	144(84.7)	31(24.73~37.27)	21.5		>35.11	63(37.1)	24(20.66~27.34)	11.5	
T 分期					TLG(g)				
T ₁ 期	18(10.6)	40(35.35~44.65)	11.8	0.759	≤81.1805	50(29.4)	44(29.28~58.72)	28.7	0.015
T ₂ 期	55(32.3)	33(20.79~45.21)	35.8		>81.1805	120(70.6)	26(22.14~29.86)	22.0	
T ₃ 期	46(27.1)	28(20.17~35.83)	27.5						
T ₄ 期	51(30.0)	24(19.94~28.06)	24.9						

注:年龄、SUV_{max}、SUV_{mean}、MTV 及 TLG 分别以 ROC 曲线求得的界值为标准,肿瘤大小以 NSCLC AJCC(第 7 版)TNM 分期中 T₂ 和 T₃ 期的分界值 7 cm 为标准,将≤界值定义为低值组,>界值定义为高值组;病理类型一项可能由于活检时获得组织较少或不典型,有 9 例患者仅提示非小细胞类型,未能具体分型;a 项为未随访至 60 个月

活性的肿瘤细胞数目,其对预后有较高的预测价值^[10-13],甚至可能优于 SUV_{max}^[14]。本研究的单因素分析中 MTV、TLG 均与预后相关,但多因素分析表明只有 MTV 是预后影响因素。由于 TLG 由 SUV_{mean} 与 MTV 两者的乘积获得,可能因肿瘤病灶内坏死或炎症等因素影响 SUV_{mean} 而影响到 TLG 对预后的价值。然而,Val 等^[16]的对 50 例 NSCLC 放疗患者的回顾性研究中,单因素和多因素分析均认为代谢指标 SUV_{max}、SUV_{mean}、MTV、TLG 均与 OS 率无关,这可能与其研究中样本量较少和随访时间较短

有关,尚需大样本及长随访研究进一步证实。

cTNM 分期是较为公认的 NSCLC 患者预后因素^[7,17],本研究中 I 期患者的 5 年生存率为 17.5%,而 III 期患者 5 年生存率为 26.5%,造成这种差异的原因可能是该组病例中 I 期患者仅有 26 例(15.3%),而 III 期患者 130 例(76.5%),因此该结果并不能说明 III 期比 I 期患者生存率高。单因素分析中 T 分期并未显现出差异,这是与部分研究结果不相符的,而以 7 cm 为界值定义的肿瘤大小是一项预后影响因素。因 T 分期并非只涉及到肿瘤的长径,

还要考虑其与周围组织的关系,而且以往研究中多将 T₁—T₂ 和 T₃—T₄ 分期分为两组进行统计分析,这都可能造成该结果及与既往研究存在差异。对于 N 分期和 cTNM 分期,虽然单因素分析显示其对患者预后有一定影响,但多因素分析示两者均不是预后因素。这可能因本研究纳入患者绝大多数为Ⅲ期(76.5%),多侵及周围组织并伴淋巴结转移,放疗时能否将其包含在靶区内,对疗效有一定影响,这也在一定程度上影响 TNM 分期对预后的价值。

另外,本组数据资料中只有 75 例患者病理报告中提及分化程度,余项目指标均完整。在对分化程度研究中并未显示出差异(高分化组 1 年 OS 率为 0,低分化组 5 年 OS 率为 50.4%),原因考虑为只有 1 例高分化患者,绝大多数为低分化(76.0%)。由于高分化病例数较少,导致统计结果偏差,尚有待大样本研究进一步证实。

总之,年龄、N 分期、cTNM 分期、肿瘤大小、SUV_{max}、MTV 及 TLG 是影响 NSCLC 放疗患者预后因素。多因素分析显示年龄和原发灶 MTV 为 NSCLC 放疗患者预后影响因素。疗前根据其指标对患者进行危险分层有助于制定个体化的治疗方案,从而提高生存率。

参 考 文 献

[1] Opoka L, Kunikowska J, Podgajny Z, et al. Staging of non-small cell lung cancer using CT and integrated PET-CT [J]. *Pneumonol Alergol Pol*, 2013, 81(1): 5-15.

[2] Krenfli M, Milia ME, Turri L, et al. FDG-PET/CT imaging for staging and target volume delineation in conformal radiotherapy of anal carcinoma [J]. *Radiat Oncol*, 2010, 5: 10. DOI: 10.1186/1748-717X-5-10.

[3] Camps C, Del Pozo N, Blasco A, et al. Importance of quality of life in patients with non-small-cell lung cancer [J]. *Clin Lung Cancer*, 2009, 10(2): 83-90. DOI: 10.3816/CLC.2009.n.010.

[4] Brundage MD, Davies D, Mackillop WJ. Prognostic factors in non-small cell lung cancer: a decade of progress [J]. *Chest*, 2002, 122(3): 1037-1057. DOI: 10.1378/chest.122.3.1037.

[5] Lin J, Beer DG. Molecular predictors of prognosis in lung cancer [J]. *Ann Surg Oncol*, 2012, 19(2): 669-676. DOI: 10.1245/s10434-011-1967-x.

[6] 彭红, 马美丽, 韩宝惠. 1,742 例Ⅳ期非小细胞肺癌的预后分析 [J]. *中国肺癌杂志*, 2011, 14(4): 362-366. DOI: 10.3779/j.issn.1009-3419.2011.04.11.

Peng H, Ma ML, Han BH. Survival analysis of 1,742 patients with stage IV non-small cell lung cancer [J]. *Chin J Lung Cancer*, 2011, 14(4): 362-366. DOI: 10.3779/j.issn.1009-3419.2011.04.11.

[7] Imamura Y, Azuma K, Kurata S, et al. Prognostic value of SUV_{max} measurements obtained by FDG-PET in patients with non-small cell lung cancer receiving chemotherapy [J]. *Lung Cancer*, 2011, 71(1): 49-54. DOI: 10.1016/j.lungcan.2010.04.004.

[8] Nair VJ, MacRae R, Sirisegaram A, et al. Pretreatment [¹⁸F]-fluoro-2-deoxy-glucose positron emission tomography maximum standardized uptake value as predictor of distant metastasis in early-stage non-small cell lung cancer treated with definitive radiation therapy: rethinking the role of positron emission tomography in personalizing treatment based on risk status [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2014, 88(2): 312-318. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2013.10.029.

[9] Ulger S, Demirci NY, Eroglu FN, et al. High FDG uptake predicts poorer survival in locally advanced non-small cell lung cancer patients undergoing curative radiotherapy, independently of tumor size [J]. *J Cancer Res Clin Oncol*, 2014, 140(3): 495-502. DOI: 10.1007/s00432-014-1591-9.

[10] Huang W, Fan M, Liu B, et al. Value of metabolic tumor volume on repeated ¹⁸F-FDG PET/CT for early prediction of survival in locally advanced non-small cell lung cancer treated with concurrent chemoradiotherapy [J]. *J Nucl Med*, 2014, 55(10): 1584-1590. DOI: 10.2967/jnumed.114.142919.

[11] Im H J, Pak K, Cheon G J, et al. Prognostic value of volumetric parameters of ¹⁸F-FDG PET in non-small-cell lung cancer: a meta-analysis [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2015, 42(2): 241-251. DOI: 10.1007/s00259-014-2903-7.

[12] Chen HHW, Chiu NT, Su WC, et al. Prognostic value of whole-body total lesion glycolysis at pretreatment FDG PET/CT in non-small cell lung cancer [J]. *Radiology*, 2012, 264(2): 559-566. DOI: 10.1148/radiol.12111148.

[13] Satoh Y, Onishi H, Nambu A, et al. Volume-based parameters measured by using FDG PET/CT in patients with stage I NSCLC treated with stereotactic body radiation therapy: prognostic value [J]. *Radiology*, 2014, 270(1): 275-281. DOI: 10.1148/radiol.13130652.

[14] 宋颖秋, 王天禄, 党军, 等. PET-CT 下三维适形放疗Ⅲ期非小细胞肺癌的预后分析 [J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2011, 20(5): 390-393. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2011.05.008.

Song YQ, Wang TL, Dang J, et al. Outcome and prognostic factors in stage III non-small cell lung cancer treated with definitive radiation therapy with PET-CT-based radiotherapy planning [J]. *Chin J Radiat Oncol*, 2011, 20(5): 390-393. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2011.05.008.

[15] 裘敬平, 李光, 党军, 等. FDG PET 标准摄取值与非小细胞肺癌三维适形放疗预后的相关性 [J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2010, 19(1): 28-32. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2010.01.010.

Qiu JP, Li G, Dang J, et al. Prognostic significance of fluorodeoxyglucose standardized uptake value in non-small cell lung cancer treated with 3-dimensional conformal radiation therapy [J]. *Chin J Radiat Oncol*, 2010, 19(1): 28-32. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2010.01.010.

[16] Vu CC, Matthews R, Kim B, et al. Prognostic value of metabolic tumor volume and total lesion glycolysis from ¹⁸F-FDG PET/CT in patients undergoing stereotactic body radiation therapy for stage I non-small-cell lung cancer [J]. *Nucl Med Commun*, 2013, 34(10): 959-963. DOI: 10.1097/MNM.0b013e32836491a9.

[17] 宋丽华, 宋现让, 刘美芹, 等. Ⅲ期Ⅳ期非小细胞肺癌预后影响因素分析 [J]. *中华肿瘤杂志*, 2004, 26(6): 345-348. DOI: 10.3760/j.issn.0253-3766.2004.06.007.

Song LH, Song XR, Liu MQ, et al. Prognostic factors in patients with stage III and IV non-small cell lung cancer [J]. *Chin J Oncol*, 2004, 26(6): 345-348. DOI: 10.3760/j.issn.0253-3766.2004.06.007.