

G/GM 试验联合肺部 CT 检查对血液病患者侵袭性真菌病的诊断价值

曾艳¹, 曾东风¹, 鲁卫平², 刘瑜¹, 彭翠翠¹, 王劲^{1△}

(陆军军医大学大坪医院:1. 血液科;2. 检验科, 重庆 400042)

[摘要] **目的** 探讨血清(1,3)- β -D-葡萄糖检测(G 试验)、半乳甘露聚糖抗原检测(GM 试验)联合肺部 CT 影像学检查对血液病患者侵袭性真菌病(IFD)的诊断价值。**方法** 回顾性分析 2017 年 6 月 1 日至 2018 年 5 月 31 日存在高危侵袭性真菌感染因素的 164 例血液病患者的临床症状、真菌检测指标(G 试验、GM 试验)及肺部 CT 影像学表现,评价 G/GM 试验联合肺部 CT 检查在诊断血液病患者 IFD 中的价值。**结果** G 试验、GM 试验、肺部 CT 检查单项诊断 IFD 的灵敏度分别为 37.0%、63.0%、44.4%,特异度分别为 87.9%、74.8%、97.2%。G/GM 试验并联诊断 IFD 的灵敏度为 81.5%,特异度为 69.2%。G 试验、GM 试验、肺部 CT 检查三者并联诊断 IFD 的灵敏度为 81.5%,特异度为 67.3%。G/GM 试验并联检测对 IFD 诊断的灵敏度高于 G 试验、GM 试验、肺部 CT 单项检查,差异有统计学意义($P < 0.05$);三者并联检测的灵敏度高于单独 G 试验、GM 试验、肺部 CT 检查,差异有统计学意义($P < 0.05$);但三者并联检测与 G/GM 试验并联检测的灵敏度比较,差异无统计学意义($P = 0.062$)。肺部 CT 检查特异性影像改变诊断 IFD 的特异度明显高于 G/GM 试验并联及三者并联检测,差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** G/GM 试验并联、G/GM 试验和肺部 CT 检查三者并联检测能提高诊断 IFD 的灵敏度,对诊断 IFD 具有临床指导意义。

[关键词] 血液病;侵袭性真菌感染;G 试验;GM 试验;体层摄影术,螺旋计算机

[中图分类号] R733;R519

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-8348(2020)14-2338-05

Diagnositic value of G/GM combined with CT examination of the lungs for invasive fungal disease in patients with hematological diseases

ZENG Yan¹, ZENG Dongfeng¹, LU Weiping², LIU Yu¹, PENG Cuicui¹, WANG Jin^{1△}

(1. Department of Hematology; 2. Department of Clinical Laboratory, Da Ping Hospital, Army Medical University, Chongqing 400042, China)

[Abstract] **Objective** To explore the diagnostic value of serum (1,3)- β -D-glucose (G test), galactomannan antigen (GM test) combined with CT examination of the lungs in invasive fungal disease (IFD) in patients with hematological diseases. **Methods** The clinical symptoms, fungal detection indicators (G test, GM test) and CT imaging of the Lungs of 164 patients with hematological diseases who had a high risk of invasive fungal infection from June 1, 2017 to May 31, 2018 were retrospectively analyzed, and the diagnostic value of G/GM test combined with CT examination of the lungs in IFD was evaluated. **Results** The sensitivities of the G test, GM test, and lung CT were 37.0%, 63.0%, and 44.4%, respectively, and the specificities were 87.9%, 74.8% and 97.2%, respectively. The sensitivity and specificity of the G/GM test in parallel for diagnosing IFD was 81.5% and 69.2%, respectively. The sensitivity and specificity of G test, GM test, and lung CT examination in parallel for diagnosing IFD was 81.5% and 67.3%, respectively. The sensitivity of G/GM test in parallel for diagnosing IFD was higher than that of the G test, GM test, and lung CT, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The sensitivity of the three tests in parallel was higher than that of the separate G test, GM test and lung CT examination, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$); however, no statistically significant difference was found in the sensitivity between the three tests in parallel and the the G/GM test in parallel ($P = 0.062$). The specificity of CT examination of the lungs was significantly higher than that of the G/GM test in parallel and three tests in parallel ($P < 0.05$). **Conclusion** The G/GM test in parallel and the combination of G/GM test with CT can improve the sensitivity for diagnosing IFD, which

has clinical significance for the diagnosis of IFD.

[Key words] hematologic diseases; invasive fungal infections; G test; GM test; tomography, spiral computed

侵袭性真菌病(invasive fungal disease, IFD)是一种因真菌侵入组织或血液而导致发生炎症反应和组织损伤的感染性疾病。血液病患者由于大剂量化疗、干细胞移植及广谱抗生素、免疫抑制剂等的使用,机体自身免疫功能低下,是感染 IFD 的高危人群^[1-22]。通过组织病理活检或真菌培养检查出真菌是诊断 IFD 的金标准。但是由于临床上获取组织学标本具有一定的创伤性,且真菌培养敏感性较低、时间较长,导致临床医师不能及时发现肺部真菌感染,延误抗真菌治疗。因此,临床医师迫切需要寻求早期诊断 IFD 的方法。近年来,血清(1,3)- β -D-葡萄糖检测(G 试验)、半乳甘露聚糖抗原检测(GM 试验)、肺部 CT 影像学检查等检测方法因具有操作简便、灵敏度和特异度较高等优点,被广泛应用于临床上 IFD 的早期诊断。本研究旨在探讨 G/GM 试验联合肺部 CT 检查对血液病患者 IFD 的临床早期诊断价值,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集 2017 年 6 月 1 日至 2018 年 5 月 31 日于陆军军医大学大坪医院血液科住院期间存在高危 IFD 感染因素的血液病患者 164 例,男 92 例,女 72 例,男:女=1.28:1.00,年龄 13~83 岁,中位年龄 58 岁;血液病类型:白血病 61 例(37.2%)、淋巴瘤 55 例(33.5%)、骨髓增生异常综合征(MDS)12 例(7.3%)、再生障碍性贫血(AA)7 例(4.3%)、多发性骨髓瘤(MM)18 例(11.0%)、慢性淋巴细胞白血病(CLL)5 例(3.0%)、其他(如溶血性贫血、血小板减少症等)6 例(3.7%)。诊断标准:符合欧洲癌症研究治疗组及真菌研究组(EORTC/MSG)诊断标准^[2]和《血液病/恶性肿瘤患者侵袭性真菌病的诊断标准与治疗原则(第 5 次修订版)》中诊断标准^[3]。将所有患者分成 3 组:IFD 组(包括确诊及临床诊断)、拟诊 IFD 组、非 IFD 组。

1.2 方法

G 试验:严格按照试剂盒说明书进行操作,诊断标准:G 值大于 151.5 pg/mL 判为阳性。GM 试验:采用酶联免疫吸附试验检测血清半乳甘露聚糖抗原,GM 试验临界值参照试剂说明书,根据待测血清指数(I), $I = \text{样本吸光度}(A) / \text{临界值对照} A \text{ 均值}$, $I \geq 0.5$ 判为阳性。肺影像学检查:患者仰卧位,使用螺旋 64 排 CT 机进行常规螺旋扫描观察患者肺部病灶的影像学表现,肺 CT 影像学检查至少存在以下任意一项改变判定为 IFD 特异性肺 CT 阳性表现,即晕征、

空洞、空气新月征、支气管树芽征,而其他表现(如结节影、实变、磨玻璃影等)判为特异性肺 CT 表现阴性。G 试验并联 GM 试验:G 试验或 GM 试验结果中只要任意有一个阳性则判为结果阳性。三者并联:G 试验或 GM 试验或肺部 CT 检查结果中只要任意有一个阳性则判为结果阳性。三者串联:G 试验、GM 试验、肺部 CT 检查结果中三者均阳性则判为阳性。

1.3 统计学处理

采用 SPSS19.0 统计学软件进行统计分析,患者的年龄为计量资料且呈非正态分布,以中位数表示;其余资料为计数资料,以例数或百分率表示,比较采用 Fisher 确切概率法或 χ^2 检验;以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象的基本资料

164 例存在 IFD 高危因素的血液病患者分为 3 组:IFD 组(包括确诊及临床诊断)27 例,拟诊 IFD 组 30 例,非 IFD 组 107 例。血液病不同病种分成:MM 18 例,其中 IFD 组 2 例;白血病/MDS 73 例,其中 IFD 组 14 例;淋巴瘤/CLL 60 例,其中 IFD 组 10 例;非恶性血液病 13 例,其中 IFD 组 1 例,见表 1。

表 1 不同血液病种侵袭性真菌感染构成[n(%)]

病种	IFD 组	拟诊 IFD 组	非 IFD 组	合计
MM	2(7.4)	2(6.7)	14(13.1)	18(11.0)
白血病/MDS	14(51.8)	19(63.3)	40(37.4)	73(44.5)
淋巴瘤/CLL	10(37.0)	8(26.7)	42(39.2)	60(36.6)
非恶性血液病	1(3.7)	1(3.3)	11(10.3)	13(7.9)
合计	27(100.0)	30(100.0)	107(100.0)	164(100.0)

2.2 G 试验、GM 试验及肺 CT 检查结果

27 例 IFD 患者中,G 试验阳性患者 10 例,GM 试验阳性患者 17 例,肺部 CT 检查阳性患者 12 例;107 例非 IFD 组患者中,G 试验阳性患者 13 例,GM 试验阳性患者 27 例,肺部 CT 检查阳性患者 3 例。164 例患者中,G 试验阳性率 19.5%(32/164),GM 试验阳性率 32.9%(54/164),见表 2。

2.3 G 试验、GM 试验、肺部 CT 单项及联合检查对 IFD 的诊断效能

以 IFD 组为真阳性($n=27$),以非 IFD 组为真阴性($n=107$),分析 G 试验、GM 试验、肺部 CT 检查、G 试验并联 GM 试验及三者并联检查对 IFD 诊断的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、阳性似然比、阴性似然比、Youden 指数等指标。G/GM 试验并联检测对 IFD 诊断的灵敏度高于 G 试验($P < 0.001$)、

表 2 各组 G 试验、GM 试验及肺 CT 3 项单项及联合检测结果[n(%)]

方法	检测结果	IFD 组(n=27)	拟诊 IFD 组(n=30)	非 IFD 组(n=107)	合计(n=164)
G 试验	阳性	10(37.0)	9(30.0)	13(12.1)	32(19.5)
	阴性	17(63.0)	21(70.0)	94(87.8)	132(80.5)
GM 试验	阳性	17(63.0)	10(33.3)	27(25.2)	54(32.9)
	阴性	10(63.0)	20(66.7)	80(74.8)	110(67.1)
肺 CT 检查	阳性	12(44.4)	5(16.7)	3(2.8)	20(12.2)
	阴性	15(55.6)	25(83.3)	104(97.2)	144(87.8)
G/GM 试验并联	阳性	22(81.5)	14(46.7)	33(30.8)	69(42.1)
	阴性	5(18.5)	16(53.3)	74(69.2)	95(57.9)
三者并联	阳性	22(81.5)	18(60.0)	35(32.7)	75(45.7)
	阴性	5(18.5)	12(40.0)	72(67.3)	89(54.3)
三者串联	阳性	3(11.1)	0	0	3(1.8)
	阴性	24(88.9)	30(100.0)	107(100.0)	161(98.2)

表 3 G 试验、GM 试验、肺部 CT 检查及联合检查对 IFD 的诊断效能

方法	灵敏度(%)	特异度(%)	阳性预测值(%)	阴性预测值(%)	阳性似然比	阴性似然比	Youden 指数(%)
G 试验	37.0	87.9	43.5	84.7	3.1	0.7	24.9
GM 试验	63.0	74.8	38.6	88.9	2.5	0.5	37.7
肺 CT 检查	44.4	97.2	80.0	87.4	15.9	0.5	41.6
G/GM 试验并联	81.5 ^{abc}	69.2 ^c	40.0	93.7	2.6	0.3	50.6
三者并联	81.5 ^{abc}	67.3 ^c	38.6	93.5	2.5	0.3	48.8
三者串联	100.0	81.7	11.1	100.0	5.46	0	81.7

^a: $P<0.05$,与 G 试验比较;^b: $P<0.05$,与 GM 试验比较;^c: $P<0.05$,与肺 CT 检查比较。

GM 试验($P=0.031$)、肺部 CT 检查($P=0.015$);三者并联检测对 IFD 诊断的灵敏度为 81.5%,高于单独 G 试验($P<0.001$)、GM 试验($P=0.002$)、肺部 CT 检查($P<0.001$);但三者并联检测与 G/GM 试验并联检测对 IFD 诊断的灵敏度比较,差异无统计学意义($P=0.062$)。肺部 CT 检查对 IFD 诊断的特异度明显高于 G/GM 试验并联($P<0.001$)及三者并联检测($P<0.001$),见表 3。

3 讨论

血液病患者因大剂量化疗、骨髓移植及免疫抑制剂等的使用易并发 IFD^[5],可能与以下原因有关:(1)血液病患者由于血液成分的改变导致淋巴细胞和中性粒细胞的质和量发生变化;(2)长期放化疗及免疫抑制剂的使用导致机体长时间处于粒细胞减少或缺乏状态;(3)糖皮质激素的应用导致机体免疫力低下;(4)使用抗生素种类繁多、剂量大、疗程长,抗生素更换频繁和多药联合使用致机体正常菌群失调^[4]。血液病患者并发 IFD 感染的现象越来越严重,其中急性白血病、MDS 及行造血干细胞移植后的血液病患者 IFD 发生率较高^[6-8]。本研究发现 IFD 组 27 例患者中,白血病/MDS 患者发生 IFD 感染 14 例,占感染组

51.8%。

IFD 感染患者病情重,甚至可危及患者生命,故早发现、早期诊断 IFD 及早期抗真菌治疗可明显改善患者预后^[9-10]。传统真菌培养和组织病理活检因耗时长、检出阳性率低及操作不便,不能为早期诊断 IFD 提供有效的临床证据。目前,血清真菌抗原检测因灵敏度和特异度均较高,且操作简便,已成为临床诊断 IFD 的重要微生物学检查方法,其中 G 试验、GM 试验被推荐为早期诊断 IFD 的重要筛选指标^[11-13]。真菌感染时,存在于真菌细胞壁的真菌特异性物质(1,3)- β -D-葡聚糖从细胞壁释放入血,G 试验通过试剂检测出血清(1,3)- β -D-葡聚糖从而判定真菌感染,可用于 IFD 感染的早期诊断^[14-16]。半乳甘露聚糖肽是曲霉真菌细胞壁上的特异性多糖,在曲霉侵犯组织时释放入血,一般在感染的早期可升高,故 GM 试验对曲霉菌感染具有重要的诊断价值。本研究结果显示,G 试验诊断 IFD 的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为 37.0%、87.9%、43.5%、84.7%,GM 试验诊断 IFD 的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为 63.0%、74.8%、38.6%、88.9%,提示 G 试验和 GM 试验对于诊断 IFD 具有较高的临床价值,但

本组试验的 G 试验灵敏度低于国内相关研究报道^[17-18],可能与 G 试验设置的临床界值不同有关。本研究设置 G 值大于 151.5 pg/mL 判为阳性,而上述报道设置 G 值大于 100 pg/mL 或大于 150.55 pg/mL 判为阳性。G 试验特异度为 87.9%,与相关研究报道结果相近^[18-19]。

临床上 G 试验、GM 试验受多种因素影响,可能存在假阳性,如患者静脉注射免疫球蛋白或血制品,使用哌拉西林/他唑巴坦等半合成青霉素,链球菌血症及使用多糖类化疗药物等情况^[20]。本研究中部分患者治疗期间因输注血制品、免疫球蛋白及使用青霉素抗菌等可致 G 试验、GM 试验出现假阳性。本研究 G 试验、GM 试验阳性率分别为 37.0% 和 63.0%,较相关研究报道低^[15]。G 试验阳性率较低的可能原因:本研究样本量较小,且为回顾性分析,可能影响结果的客观性;另外,本组 G 试验值均以血液为标本进行检测,可引起结果的假阴性。因为肺部感染早期,真菌代谢产物入血的量较少,而 G 试验检测的是真菌代谢产物,故 G 试验检出阳性率较低^[21]。因此,临床上需 G/GM 试验联合检测尽量弥补单一检测的不足,提高诊断 IFD 的灵敏度。本研究中发现,G/GM 试验并联检测可明显提高诊断 IFD 的灵敏度(81.5%),降低其阴性似然比,提高其 Youden 指数,故二者联合检测对诊断 IFD 较单独检测好,与国外相关研究结果一致^[22-23]。同时,联合检测可降低特异度,提高阴性预测值,降低阴性似然比,可尽量避免漏诊。

影像学检查,尤其是肺部高分辨 CT 检查对以气道播散为主累及肺部的 IFD 的诊断具有重要临床价值^[10]。根据 IFD 肺部感染临床标准提出典型的肺部 CT 特异性影像学表现为致密、边界清楚的病变出现晕征,结节或实变病灶中出现新月征和空洞形成及支气管出现树芽征^[2],故本研究将其肺部 CT 特异性表现视为肺 CT 检查结果阳性。肺部 CT、G 试验、GM 试验 3 种检测方法并联检测可以提高任一项单独检测诊断 IFD 的灵敏度,但与 G/GM 试验并联检测诊断 IFD 的灵敏度一致,可能与本研究出现肺部 CT 特异性改变的患者较少,以及 IFD 肺部 CT 影像学表现复杂多变有关。此外,空洞、空气新月征是在病灶实变、结节或肿块基础上形成,为 IFD 中晚期征象,对于 IFD 早期诊断价值不大^[24]。肺部 CT 检查特异性影像改变的特异度明显高于 G/GM 试验并联及三者并联检测,说明肺部 CT 特征性影像改变是诊断 IFD 的重要指标,但临床上大部分 IFD 患者肺部 CT 影像表现多种多样,缺乏特异性,难以与肿瘤、结核、炎症鉴别,故需动态监测肺部影像学变化,早期发现侵袭性真菌感染。有研究报道,肺部 CT 影像学检查结果中

非特异性影像(如肺内结节、实变影、磨玻璃影等)在早期 IFD 感染患者中出现概率较高,为 IFD 早期重要的肺 CT 征象^[25]。因此,临床上需重视这些非特异性影像改变。

综上所述,G 试验、GM 试验及肺部 CT 影像学检查用于诊断血液病患者侵袭性真菌病具有重要临床价值,G 试验、GM 试验诊断 IFD 其特异性较低,结果为阳性时诊断 IFD 需联合临床、影像学或其他微生物学等指标。虽然 G 试验并联 GM 试验及并联肺部 CT 检查可提高 IFD 诊断的灵敏度,但仍然有一部分患者漏检,故仍需进一步努力发现其他灵敏度、特异度更高的实验及影像相关指标早期诊断血液病患者 IFD,以期提高诊断 IFD 的准确性,指导临床医师及时、有效地进行抗真菌治疗,提高血液病患者生存质量,改善预后。

参考文献

- [1] KONTOYIANNIS D P, MARR K A, PARK B J, et al. Prospective surveillance for invasive fungal infections in hematopoietic stem cell-transplant recipients, 2001-2006: overview of the Transplant-Associated Infection surveillance network (TRANSNET) database [J]. Clin Infect Dis, 2010, 50(8): 1091-1100.
- [2] DE PAUW B, WALSH T J, DONNELLY J P, et al. Revised definitions of invasive fungal disease from the European Organization for Research and Treatment of Cancer/ invasive fungal infections cooperative Group and the national institute of allergy and infectious diseases mycoses study group (EORTC/MSG) consensus group [J]. Clin Infect Dis, 2008, 46: 1813-1821.
- [3] 中国侵袭性真菌感染工作组. 血液病/恶性肿瘤患者侵袭性真菌感染的诊断标准与治疗原则(第五次修订版) [J]. 中华内科杂志, 2017, 56(6): 453-459.
- [4] WANG H, WANG H H, HU R, et al. A Clinical study on hospital bloodstream infection in patients with acute leukemia [J]. Chinese General Practice, 2008, 11(8): 647-649.
- [5] MARKUS R, STEFAN S. Recent developments in the management of invasive fungal infections in patients with oncohematological diseases [J]. Ther Adv Hematol, 2016, 7(6): 345-359.
- [6] SUN Y, HUANG H, CHEN J, et al. Invasive

- fungal infection in patients receiving chemotherapy for hematological malignancy: a multicenter, prospective, observational study in China[J]. *Tumour Biol*, 2015, 36(2): 757-767.
- [7] SUN Y, MENG F, HAN M, et al. Epidemiology, management, and outcome of invasive fungal diseases in patients undergoing hematopoietic stem cell transplantation in China: a multicenter, prospective, observational study[J]. *Biol Blood Marrow Transplant*, 2015, 21(6): 1117-1126.
- [8] JIH L T, HSIANG C K, WENG C L, et al. High incidences of invasive fungal infections in acute myeloid leukemia patients receiving induction chemotherapy without systemic antifungal prophylaxis: a prospective observational study in Taiwan[J]. *PLoS One*, 2015, 10(6): e0128410.
- [9] GAO L, SUN Y, MENG F, et al. Antifungal prophylaxis of patients undergoing allogeneic hematopoietic stem cell transplantation in China: a multicenter, prospective, observational study [J]. *J Hematol Oncol*, 2016, 9(1): 97.
- [10] KÖHLER P, CORNELLY O A, VEHRESCHILD J. Fungal infections [J]. *Der Internist*, 2019, 60: 684-689.
- [11] PAPPAS P G, KAUFFMAN C A, ANDES D R, et al. Clinical practice guideline for the management of candidiasis; 2016 update by the infectious diseases society of america [J]. *Clin Infect Dis*, 2016, 62(4): e1-50.
- [12] OLIVEIRA-COELHO A, RODRIGUES F, CAMPOS A, et al. Paving the way for predictive diagnostics and personalized treatment of invasive aspergillosis [J]. *Front Microbiol*, 2015, 6: 411.
- [13] STANZANI M, SASSI C, LEWIS R E, et al. High resolution computed tomography angiography improves the radiographic diagnosis of invasive mold disease in patients with hematological malignancies [J]. *Clin Infect Dis*, 2015, 60(11): 1603-1610.
- [14] LU X L, TANG T Y, HU C B, et al. Diagnostic efficacy of serum 1,3- β -D-glucan for invasive fungal infection: an update meta-analysis based on 37 case or cohort studies [J]. *Open Med (Wars)*, 2018, 13: 329-337.
- [15] ERIC L, FADI R, ZAID N, et al. Detection of (1,3)- β -D-Glucan for the diagnosis of invasive fungal infection in liver transplant recipients [J]. *Int J Mol Sci*, 2017, 18(4): 862.
- [16] ELIE A, NICOLAS G, MICHAEL D. (1,3)- β -D-glucan assay for diagnosing invasive fungal infections in critically ill patients with hematological malignancies [J]. *Oncotarget*, 2016, 19, 7(16): 21484-21495.
- [17] 孟文晴, 陆璇, 潘正慧, 等. G 试验和 GM 试验联合痰真菌培养对 ICU 患者侵袭性真菌感染的早期诊断 [J]. *中国感染控制杂志*, 2018, 17(1): 41-46.
- [18] 陈婷婷, 刘永林, 钱煦岱, 等. G 试验联合 GM 试验诊断恶性血液病患者侵袭性真菌病的价值 [J]. *浙江临床医学*, 2018, 20(1): 122-124.
- [19] 刘永林, 赵金方, 陈婷婷. 血清半乳糖甘露聚糖联合血浆 1,3- β -D-葡萄糖在诊断侵袭性真菌感染中的应用价值 [J]. *中华临床感染病杂志*, 2014, 7(2): 133-136.
- [20] PINI P, BETTUA C, ORSI C F, et al. Evaluation of serum (1,3)-beta-D-glucan clinical performance: kinetic assessment, comparison with galactomannan and evaluation of confounding factors [J]. *Infection*, 2016, 44(2): 223-233.
- [21] 李娜, 王敏君, 何玉麟. 血液病中性粒细胞缺乏状态下继发侵袭性肺曲霉病的临床及初次 Ct 征象分析 [J]. *南昌大学学报(医学版)*, 2017, 57(2): 69-73.
- [22] VISWESH V V, RADOSEVICH J J, GREEN M R. Inclusion and recommendation of (1,3)- β -D-glucan testing in the international guidelines for management of severe sepsis and septic shock [J]. *Crit Care Med*, 2013, 41(12): 487-488.
- [23] THEEL E S, DOERN C D. β -D-glucan testing is important for diagnosis of invasive fungal infections [J]. *J Clin Microbiol*, 2013, 51(11): 3478-3483.
- [24] 王大伟, 甘新莲. 肺真菌感染的 CT 征象分析 [J]. *临床肺科杂志*, 2011, 16(3): 350-352.
- [25] SHROFF S, SHROFF G S, YUST KATZ S, et al. The CT halo sign in invasive aspergillosis [J]. *Clin Case Rep*, 2014, 2(3): 113-114.