

DOI:10.13350/j.cjpb.231014

• 临床研究 •

老年患者全身麻醉手术后肺部细菌感染 与血清 IFN- γ 、sCD163 水平关系分析*

梁桂金¹, 来伟¹, 双峰², 胡平¹, 郑增露¹, 蒋玉婷¹, 孟海兵^{1*}

(1. 联勤保障部队第九〇八医院麻醉科, 江西南昌 330001; 2. 联勤保障部队第九〇八医院骨科)

【摘要】 **目的** 探究血清干扰素(IFN- γ)、可溶性血红蛋白清道夫受体(sCD163)与老年患者全身麻醉手术后肺部细菌感染
感染的关系。 **方法** 选取 2021 年 5 月-2022 年 5 月在本院收治的 180 例全身麻醉手术的老年患者作为研究对象, 根
据全身麻醉手术后情况, 将术后 72 h 内发生肺部感染的患者作为观察组(40 例), 术后无肺部感染患者为对照组(140
例), 比较两组的一般资料、血清 IFN- γ 、sCD163 水平, 受试者工作特征曲线(ROC)分析血清 IFN- γ 、sCD163 水平对全身
麻醉手术后老年患者肺部感染的评估价值。多因素 Logistic 回归分析影响全身麻醉手术后肺部感染的因素。 **结果**
与对照组相比, 观察组患者的手术时间(219.31 \pm 46.72 min vs 202.12 \pm 43.55 min)、术中出血量(175.74 \pm 33.25 mL vs
161.82 \pm 31.29 mL)较高, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。观察组患者血清 IFN- γ (2.68 \pm 0.81 pg/mL vs 1.94 \pm 0.55
pg/mL)、sCD163(375.42 \pm 46.45 mg/L vs 321.27 \pm 41.29 mg/L)水平比对照组高($P < 0.05$)。轻度组、中度组和重度
组三组患者血清 IFN- γ (2.18 \pm 0.35 pg/mL vs 2.79 \pm 0.63 pg/mL vs 3.45 \pm 0.46 pg/mL)、sCD163 水平(339.98 \pm
43.25 mg/L vs 378.17 \pm 47.23 mg/L vs 438.08 \pm 52.16 mg/L)差异有统计学意义($P < 0.05$), 随着病情的加重, 患者血
清 IFN- γ 、sCD163 水平逐渐升高($P < 0.05$)。ROC 曲线分析显示, IFN- γ 、sCD163 辅助诊断老年患者全麻术后肺部感染
的曲线下面积(AUC)是 0.818(95%CI: 0.746~0.891)、0.761(95%CI: 0.669~0.852), 二者联合诊断的 AUC 为 0.911
(95%CI: 0.857~0.965), 均优于各自单独检测($Z = 2.030, 2.812, P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析显示, IFN- γ 、
sCD163 是影响全麻术后发生肺部感染的危险因素($P < 0.05$)。 **结论** 血清 IFN- γ 、sCD163 与老年患者全麻手术后肺
部细菌感染严重程度相关, 可为评估患者病情提供参考。

【关键词】 全身麻醉; 肺部细菌感染; 干扰素; 可溶性血红蛋白清道夫受体

【中图分类号】 R378

【文献标识码】 A

【文章编号】 1673-5234(2023)10-1185-05

[*Journal of Pathogen Biology*. 2023 Oct;18(10):1185-1189.]

The relationship between serum IFN- γ , sCD163 and pulmonary bacterial infection in elderly patients after general anesthesia surgery

LIANG Guijin¹, LAI Wei¹, SHUANG Feng², HU Ping¹, ZHENG Zenglu¹, JIANG Yuting¹, MENG Haibing¹ (1. Department of Anesthesiology, 908th Hospital of Joint Logistics Security Forces, Nanchang 330001, China; 2. Department of Orthopedics, 908th Hospital of Joint Logistics Security Forces) **

【Abstract】 **Objective** To investigate the relationship between serum interferon (IFN- γ), soluble hemoglobin scavenger receptor (sCD163), and pulmonary bacterial infection in elderly patients after general anesthesia surgery. **Methods** A total of 180 elderly patients undergoing general anesthesia surgery admitted to our hospital from May 2021 to May 2022 were regarded as the study subjects, according to the postoperative situation of general anesthesia surgery, patients with pulmonary infection within 72 hours after surgery were selected as the observation group (40 cases), and patients without pulmonary infection after surgery were selected as the control group (140 cases), the general information, serum IFN- γ , and sCD163 levels of the two groups were compared. Receiver operating characteristic curve (ROC) was applied to analyze the evaluation value of serum IFN- γ and sCD163 levels for pulmonary infection in elderly patients after general anesthesia surgery. Multivariate Logistic regression was applied to analyze the factors affecting pulmonary infection after general anesthesia surgery. **Results** Compared with the control group, the operation time (219.31 \pm 46.72 min vs 202.12 \pm 43.55 min) and intraoperative blood loss (175.74 \pm 33.25 mL vs 161.82 \pm 31.29 mL) of the observation group were higher, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The levels of serum IFN- γ (2.68 \pm 0.81 pg/mL vs 1.94 \pm 0.55 pg/mL) and sCD163 (375.42 \pm 46.45 mg/L vs 321.27 \pm 41.29 mg/L) in the observation group were higher

* **【基金项目】** 江西省卫生健康委科技计划项目(No. SKJP220226359)。

** **【通讯作者】** 孟海兵, E-mail: 498331866@qq.com

【作者简介】 梁桂金(1982-), 男, 江苏涟水人, 本科, 主治医师, 主要从事临床麻醉学方面研究。E-mail: LL3227523@163.com

than those in the control group ($P < 0.05$). The levels of serum IFN- γ (2.18 ± 0.35 pg/mL vs 2.79 ± 0.63 pg/mL vs 3.45 ± 0.46 pg/mL) and sCD163 (339.98 ± 43.25 mg/L vs 378.17 ± 47.23 mg/L vs 438.08 ± 52.16 mg/L) in the mild group, moderate group and severe group were significantly different ($P < 0.05$). The serum levels of IFN- γ and sCD163 in patients increased gradually ($P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of IFN- γ and sCD163 in the diagnosis of pulmonary infection after general anesthesia in elderly patients was 0.818 (95%CI: 0.746-0.891) and 0.761 (95%CI: 0.669-0.852), respectively. The AUC of combined diagnosis was 0.911 (95%CI: 0.857-0.965), which was better than that of single detection ($Z = 2.030, 2.812, P < 0.05$). **Conclusion** Serum IFN- γ and sCD163 are correlated with the severity of pulmonary bacterial infection in elderly patients after general anesthesia surgery, which can provide a reference for evaluating the patient's condition.

【Key words】 general anesthesia; pulmonary bacterial infection; interferon; soluble hemoglobin scavenger receptor

在外科手术发展的同时,麻醉是不可或缺的一部分,不仅为手术提供了便利条件,消除了患者的痛苦,还保障了患者的生命健康安全^[1]。但术后无法避免因麻醉药物或手术器械刺激引起炎症因子紊乱从而对患者的器官造成损伤,相关研究显示,常规麻醉术后肺部细菌感染的发生率为26~67%,由于老年患者呼吸和自身免疫力弱,肺部细菌感染的发生率较高,目前已成为威胁老年患者术后生命安全的重要原因^[2]。老年患者术后一旦并发肺部感染,不仅对患者的康复产生影响、住院时间延长,严重者甚至会直接造成死亡^[3]。

研究表明,干扰素(IFN- γ)是一种细胞因子,具有广泛的抗病毒、抗胞内菌作用,但也会导致局部炎症水平升高,加重对细胞、组织的损伤^[4]。血清IFN- γ 水平与肺感染严重程度有一定的相关性^[5]。可溶性血红蛋白清道夫受体(sCD163)是巨噬细胞细胞膜上的CD163分子脱落进入血液后形成,感染性疾病可促进CD163脱落,因此,在肺部受到细菌感染时,血清sCD163水平逐渐升高^[6]。但是目前,血清IFN- γ 、sCD163水平与老年患者全身麻醉手术后肺部感染的关系尚不明确。本研究通过对全身麻醉手术患者血清IFN- γ 、sCD163的水平情况及其与肺部感染的关系进行研究,为全身麻醉手术后肺部细菌感染诊治提供新的方向。

材料与amp;方法

1 一般资料

选取2021年5月-2022年5月本院收治的180例全身麻醉手术的老年患者作为研究对象,根据全身麻醉手术后情况,将术后72h内发生肺部感染的患者作为观察组(40例),术后无肺部感染的患者作为对照组(140例)。观察组男23例,女17例,年龄60~80(68.61 ± 8.36)岁。对照组男73例,女67例,年龄65~79(68.74 ± 8.45)岁。纳入标准:(1)通过检测证实为肺部细菌感染患者^[7];(2)施行全身麻醉手术,且根据美国麻醉师协会(ASA)评级为I~II级^[8];(3)无血液系统疾病;(4)经过常规检查显示肝肾功能正常。

排除标准:(1)年龄 < 60 岁;(2)合并其他系统感染;(3)合并恶性肿瘤者;(4)信息缺失及无法配合研究者。

该研究经本院伦理委员会批准后实施,两组研究对象或其家属均签署知情同意书。

2 方法

2.1 一般资料收集 收集所有患者的性别、年龄、ASA分级、手术类型、糖尿病、高血压、冠心病、合并肺部疾病、麻醉时间、术后苏醒时间、手术时间、术中出血量等各项信息。

2.2 样品采集和保存 采集所有研究对象术前空腹静脉血5 mL,室温静置30 min后,3 000 r/min离心15 min,取上层血清,密封放置于-80℃冰箱保存待用。

2.3 血清IFN- γ 、sCD163水平检测 用酶联免疫吸附法(ELISA)检测血清IFN- γ (货号:ml077386)、sCD163(货号:ml060105)水平,试剂盒均采购于上海酶联生物公司,严格按照试剂盒说明书进行操作。

2.4 肺部感染评分及分组 术后根据患者肺部感染情况对其进行肺部感染(CPIS)评分^[9],6~7分为轻度组(57例)、8~9分为中度组(64例)、10~12分为重度组(59例)。

3 统计学分析

SPSS 25.0进行统计学分析,计数资料用“ $n, \%$ ”表示, χ^2 检验;计量资料用均数标准差($\bar{x} \pm s$)表示。ROC分析血清IFN- γ 、sCD163水平对全身麻醉手术后老年患者肺部感染的预测价值。多因素Logistic回归分析影响全身麻醉手术后老年患者肺部感染的因素, $P < 0.05$,为差异有统计学意义。

结果

1 两组患者一般资料比较

两组患者在年龄、性别、ASA分级、手术类型、糖尿病、高血压、冠心病、合并肺部疾病、麻醉时间、术后苏醒时间等方面比较差异均无统计学意义($P > 0.05$);手术时间、术中出血量等方面比较差异有统计学意义($P < 0.05$),见表1。

表 1 两组一般资料比较 $[(\bar{x}\pm s)/n(\%)]$
Table 1 Comparison of two groups of general data

指标 Index	对照组 (n=140) Control group	观察组 (n=40) Observer group	t/ χ^2	P
年龄(岁)	68.74±8.45	68.61±8.36	0.086	0.932
男/女(例)	男	73(52.14)	0.359	0.549
	女	67(47.86)		
ASA 分级	I 级	79(56.43)	0.162	0.687
	II 级	61(43.57)		
手术类型(n,%)	普外科手术	37(26.43)	1.803	0.614
	胸外科手术	23(16.43)		
	妇科手术	24(17.14)		
	骨科手术	56(40.00)		
糖尿病(n,%)	有	30(21.43)	1.278	0.258
	无	110(78.57)		
高血压(n,%)	有	38(27.14)	0.440	0.507
	无	102(72.86)		
冠心病(n,%)	有	34(24.29)	0.171	0.679
	无	106(75.71)		
合并肺部疾病	有	28(20.00)	0.467	0.494
	无	112(80.00)		
麻醉时间(min)	268.62±44.25	273.41±46.28	0.598	0.551
术后苏醒时间(min)	10.58±2.33	10.37±2.21	0.508	0.612
手术时间(min)	202.12±43.55	219.31±46.72	2.166	0.032
术中出血量(mL)	161.82±31.29	175.74±33.25	2.447	0.015

2 两组患者血清 IFN- γ 、sCD163 水平比较

与对照组比较,观察组患者血清 IFN- γ (2.68 ± 0.81 pg/mL vs 1.94 ± 0.55 pg/mL)、sCD163(375.42 ± 46.45 mg/L vs 321.27 ± 41.29 mg/L)水平升高($t = 6.696, 7.111, P < 0.05$),差异有统计学意义。

3 肺部不同感染程度老年患者血清 IFN- γ 、sCD163 水平比较

轻度组(17例)、中度组(14例)和重度组(9例)三组患者血清 IFN- γ (2.18 ± 0.35 pg/mL vs 2.79 ± 0.63 pg/mL vs 3.45 ± 0.46 pg/mL)、sCD163 水平(339.98 ± 43.25 mg/L vs 378.17 ± 47.23 mg/L vs 438.08 ± 52.16 mg/L)依次升高($F = 20.480, 13.021, P < 0.05$),差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。

4 血清 IFN- γ 、sCD163 水平对肺部感染的评估价值

以老年患者血清 IFN- γ 、sCD163 水平为检验变量,将术后是否发生肺部感染(有=1,无=0)为状态变量,绘制 ROC 曲线。分析显示,IFN- γ 辅助诊断老年患者全麻术后肺部感染的曲线下面积(AUC)是 0.818(95%CI:0.746~0.891),当截断值为 2.24 pg/mL,灵敏度为 80.00%,特异度为 75.70%,约登指数为 0.557;sCD163 辅助诊断老年患者全麻术后肺部感染的 AUC 是 0.761(95%CI:0.669~0.852),当截断值为 348.77 mg/L,灵敏度 72.50%,特异度 72.90%,约登指数 0.454;二者联合诊断的 AUC 为 0.911(95%

CI:0.857~0.965),均优于各自单独检测($Z = 2.030, 2.812, P < 0.05$),灵敏度为 85.00%,特异度为 86.40%。见图 1 和表 2。

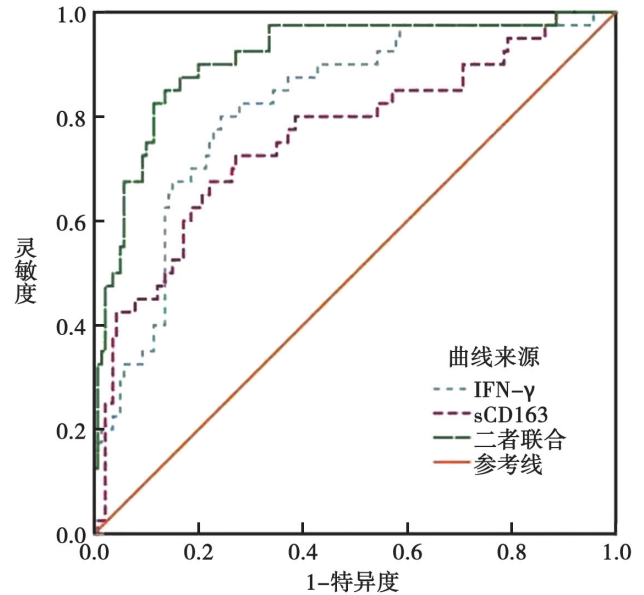


图 1 血清 IFN- γ 、sCD163 水平对术后肺部感染的预测价值
Fig. 1 Predictive value of serum IFN- γ and sCD163 levels for postoperative pulmonary infection

表 2 血清 IFN- γ 、sCD163 水平对术后肺部感染的预测价值
Table 2 Predictive value of serum IFN- γ and sCD163 levels for postoperative pulmonary infection

指标 Index	灵敏度 (%) Sensitivity	特异度 (%) Specificity	最佳界值 Cut-off value	AUC	95% CI
IFN- γ	80.00	75.70	2.24pg/mL	0.818	0.746~0.891
sCD163	72.50	72.90	348.77mg/L	0.761	0.669~0.852
二者联合	85.00	86.40	-	0.911	0.857~0.965

5 影响术后肺部感染的多因素 Logistic 回归分析

以老年患者全麻术后是否发生肺部感染为因变量(有=1,无=0),以手术时间实测值、术中出血量实测值、IFN- γ (< 2.24 pg/mL=0, ≥ 2.24 pg/mL=1)、sCD163(< 348.77 mg/L=0, ≥ 348.77 mg/L=1)为自变量进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,IFN- γ 、sCD163 是影响老年患者全麻术后发生肺部感染的危险因素($P < 0.05$),见表 3。

表 3 影响术后肺部感染的多因素 Logistic 回归分析
Table 3 Multivariate Logistic regression analysis of postoperative pulmonary infection

影响因素 Influencing factor	Wald χ^2	SE	β	OR	95% CI	P
手术时间	2.977	0.314	0.542	1.719	0.929~3.181	0.084
术中出血量	3.583	0.321	0.608	1.836	0.989~3.444	0.058
IFN- γ	11.219	0.311	1.042	2.834	1.541~5.213	0.001
sCD163	9.026	0.339	1.018	2.769	1.425~5.381	0.003

讨论

全身麻醉指的是经呼吸道吸入麻醉药物或将麻醉药物通过肌肉、静脉注射进入体内,是暂时抑制中枢神经系统的过程。麻醉后出现呕吐或反流可能会造成严重后果,极易造成急性呼吸道梗阻或肺部其他严重并发症,目前是全身麻醉患者发生死亡的重要原因^[10]。老年患者手术时容易出现肺气肿、肺炎等并发症,主要表现为通气功能异常、肺活量下降等,造成术后肺部发生感染,严重的肺部感染会降低患者的呼吸功能和全身感染,而术后肺部感染是导致老年患者术后死亡的一个重要原因^[11-12]。

免疫细胞在遇到病原体后迅速表达,在感染或组织损伤等过程中释放,促进先天和获得性免疫反应^[13]。IFN- γ 是由活化的Th1细胞和自然杀伤细胞、T细胞等细胞产生,能够刺激巨噬细胞活化,参与调控免疫调节、免疫应答等过程^[14]。IFN- γ 也可作为淋巴细胞增殖分化的调节剂和抗原提呈细胞参与细胞炎症反应^[15]。老年患者肺部感染后易出现细胞免疫功能降低,引发炎症因子级联反应,加速病情^[16]。相关研究证明,肺部感染患者血清IFN- γ 水平明显高于无肺部感染患者^[17]。本研究中,观察组患者血清IFN- γ 水平高于对照组,与上述报道中趋势相一致,在患者出现肺部细菌感染时,体内大量的抗原物质刺激机体的免疫,炎症细胞被激活,引起免疫应答,促使大量的IFN- γ 等炎症细胞因子生成并释放,加速肺部感染,因此当患者出现高水平的IFN- γ 时,提示患者可能出现肺部感染,并且其血清中的浓度变化可以反映出患者的病情严重程度。进一步ROC分析说明,IFN- γ 对老年患者全麻术后肺部感染的诊断有一定的预测价值。

可溶性CD163(sCD163)是清道夫受体家族的一员,是CD163的可溶性形式^[18]。sCD163是由单核巨噬细胞表达,相关研究表明其在炎症刺激下会出现过度表达的现象,发挥清除细菌、病毒的效应^[19]。sCD163能通过对自身补体成分的激活,从而参与到肺部感染或损伤过程,同时sCD163也是重要的趋化调节因子,其浓度的改变可以影响下游补体成分(C3或C4)的激活,导致的肺部组织损伤^[20]。本研究中,老年肺部感染患者血清sCD163水平升高,提示当感染发生后,免疫细胞的活性增强,sCD163分泌增多,导致血液中水平的升高,同时说明sCD163可能在肺部感染中发挥重要作用。本研究相关性分析显示,CPIS评分与血清sCD163水平呈现出一定的相关性,患者血清sCD163水平升高,CPIS评分越高,患者病情越严重,且肺部感染越严重的老年患者,血清sCD163水平越高,提示血清sCD163水平在一定程度上可以反映出全麻手术后老年患者肺部感染的病情严重程度。ROC分析说明,sCD163对老年患者全麻术后肺部感

染的诊断有的预测价值,且血清IFN- γ 、sCD163联合诊断有更好的效能,进一步说明当二者血清水平升高时,全身麻醉手术后老年患者肺部细菌感染的发生率较高。多因素Logistic回归分析显示,高水平的IFN- γ 、sCD163是影响老年患者全麻术后发生肺部感染的危险因素,提示在临床上应注意老年患者血清IFN- γ 、sCD163水平变化,当出现二者水平升高的情况时,患者病情可能加重,应及时采取救治。

全身麻醉时间越长,患者手术时间就越长,老年患者出现肺部感染的几率会增加;术中出血量越多说明可能患者创面较大,增加术中操作难度;患者术后苏醒越彻底,有助于患者尽早恢复自主呼吸,对术后肺功能的影响较小,减少肺部感染的发生。本研究显示,手术时间与术中出血量与患者肺部感染无明显相关性,可能是由于本研究纳入样本量较少的缘故。

综上所述,血清IFN- γ 、sCD163水平与全麻手术后老年患者肺部细菌感染存在一定的关系,二者可能在肺部细菌感染发生发展中发挥重要作用。但本研究也存在一些不足,纳入病例数较少,并且未进行动态分析,结果可能存在一定的偏倚,后期应增加样本量进行研究,为临床诊断肺部细菌感染提供更多的参考依据。

【参考文献】

- [1] 吕爽. 喉罩和气管插管全麻对胆管切开取石术患者术后肺部感染的影响[D]. 河南:郑州大学,2021.
- [2] 李澍. 全身麻醉复合硬膜外麻醉对老年腹部手术患者术后肺部感染及免疫功能的影响[J]. 微循环学杂志,2021,31(2):41-45.
- [3] 叶筱颖,王子峰,张娟,等. 多发性骨髓瘤患者肺部感染病原菌分布特征及血清 β 2-MG、CRP对肺部感染的诊断价值[J]. 中国病原生物学杂志,2021,16(9):1069-1072.
- [4] 梁筠仪,王皓翔,张奕昭,等. 老年慢性阻塞性肺疾病患者血清炎症因子水平及与肺部感染的相关性[J]. 中国老年学杂志,2023,43(8):1830-1833.
- [5] 丁翔宇,张小蓬,郭建晖,等. 肺结核合并肺部感染患者的病原菌分布特征及血清炎症因子水平与其严重程度的相关性分析[J]. 转化医学杂志,2022,11(6):381-383,401.
- [6] 张帆,周勇锋,辛伟. 肺癌化疗患者并发细菌性肺部感染的病原菌特点和血清MMP-9、sTREM-1、sCD163变化情况及其诊断价值[J]. 贵州医药,2022,46(7):1130-1131.
- [7] 中华医学会呼吸病学分会. 社区获得性肺炎诊断和治疗指南[J]. 中华结核和呼吸杂志,2006,29(10):651-655.
- [8] 蔡强. 全身麻醉复合硬膜外麻醉对老年腹部手术患者术后肺部感染及肺功能的影响[J]. 中国老年学杂志,2017,37(9):2241-2243.
- [9] 李明,王德勇,袁娟,等. 血清TLR4、PA、Lac水平与老年患者全身麻醉手术后肺部感染程度及预后的关系[J]. 山东医药,2021,61(23):61-63.
- [10] 王亚萍,韩快娟. 全身麻醉复合硬膜外麻醉对老年腹部手术患者的影响[J]. 检验医学与临床,2020,17(19):2798-2801.
- [11] 杜伟鹏,汪海霞,徐曼. 2型糖尿病患者肺部感染病原菌特征及其与炎症因子、肺功能变化的相关性分析[J]. 中国病原生物学

- 杂志,2021,16(1):90-93.
- [12] 查俊,李艳,王鑫怡,等. 基于 EIT 的整体不均匀性指数对颅脑创伤患者术后肺部感染的预测价值[J]. 中华急诊医学杂志,2022,31(12):1642-1647.
- [13] 杨智晖,赵宇博,许倩,等. 经鼻高流量湿化氧疗治疗对支气管扩张合并感染患者肺功能指标及血清 IL-6、IFN- γ 、TNF- α 的影响[J]. 分子诊断与治疗杂志,2023,15(3):477-480,488.
- [14] 白培钿,裴婷,孔佳美,等. 复合微生态制剂对小鼠肠道免疫功能的影响[J]. 中国实验动物学报,2022,30(2):245-252.
- [15] 肖朗,胡清亮,冯秀莉,等. 肺结核合并肺部细菌感染 S100A9 与 IL-34 和 IFN- γ 水平及其诊断价值[J]. 中华医院感染学杂志,2023,33(4):494-497.
- [16] 刘燕,宋映星,王丹阳,等. 外周血 CD8⁺ CD28-T 细胞 Foxp3 mRNA 表达与老年肺部感染的关系[J]. 中华医院感染学杂志,2022,32(7):971-975.
- [17] 胡灿芳,罗国君,唐春雷,等. 老年脑卒中后认知功能障碍合并肺部感染患者病原菌分布、炎症因子水平变化及危险因素分析[J]. 临床军医杂志,2021,49(1):81-82.
- [18] Zheng F. Pathogenic characteristics of pulmonary infection in hospitalized patients with chronic heart failure and diagnostic value of sTREM-1, sCD163, and sTWEAK[J]. Pak J Med Sci, 2022,38(3Part-D):536-541.
- [19] 吴小伟,严加高,李陶,等. 肺癌术后肺部感染患者血浆 sTREM-1、sCD163 与 PCT 水平与疗效的关系[J]. 分子诊断与治疗杂志,2021,13(8):1209-1213.
- [20] 赵鲁新,全冰云,姜宁. 肺炎患儿血清 sTREM-1、sCD163、SP-A、LP(a)的变化及其意义[J]. 四川医学,2019,40(1):75-78.
- 【收稿日期】 2023-05-04 【修回日期】 2023-07-26

(上接 1184 页)

- [17] Salvador-Bescos M, Gil-Ramirez Y, Zuniga-Ripa A, et al. WadD, a New *Brucella* lipopolysaccharide core glycosyltransferase identified by genomic search and phenotypic characterization[J]. Front Microbiol, 2018, 9:2293.
- [18] Zygmunt MS, Blasco JM, Letesson JJ, et al. DNA polymorphism analysis of *Brucella* lipopolysaccharide genes reveals marked differences in O-polysaccharide biosynthetic genes between smooth and rough *Brucella* species and novel species-specific markers[J]. BMC Microbiol, 2009, 9:92.
- [19] Terwagne M, Ferooz J, Rolan HG, et al. Innate immune recognition of flagellin limits systemic persistence of *Brucella* [J]. Cell Microbiol, 2013, 15(6):942-960.
- [20] Ke Y, Wang Y, Li W, et al. Type IV secretion system of *Brucella* spp. and its effectors[J]. Front Cell Infect Microbiol, 2015, 5:72.
- [21] 王浩,陈创夫,车召堂,等. AIR 在羊种布鲁氏菌 16M 诱导的非典型自噬中的研究[J]. 中国病原生物学杂志,2015,10(2):118-123,187.
- [22] Cardoso PG, Macedo GC, Azevedo V, et al. *Brucella* spp noncanonical LPS: structure, biosynthesis, and interaction with host immune system[J]. Microbial Cell Fact, 2006, 5:13.
- [23] Fernandez-prada CM, Zelazowska EB, Nikolich M, et al. Interactions between *Brucella melitensis* and human phagocytes: bacterial surface O-polysaccharide inhibits phagocytosis, bacterial killing, and subsequent host cell apoptosis[J]. Infect Immun, 2003, 71:2110-2119.
- [24] Haag AF, Myka KK, Arnold MF, et al. Importance of Lipopolysaccharide and Cyclic β -1,2-glucans in *Brucella*-mammalian infections[J]. Int J Microbiol, 2010, 2010:124509.
- [25] Lapaque N, Forquet F, De chastellier C, et al. Characterization of *Brucella abortus* lipopolysaccharide macrodomains as megarafts [J]. Cell Microbiol, 2010, 8(2):197-206.
- [26] Griffioen AW, Nowak-Sliwinska P. A quarter century of Apoptosis[J]. Apoptosis, 2021, 26(5-6):233-234.
- [27] Lu X, Li C, Li C, et al. Heat-labile enterotoxin-induced PERK-CHOP pathway activation causes intestinal epithelial cell apoptosis[J]. Front Cell Infect Microbiol, 2017, 7:244.
- [28] Gupta MK, Tahir FG, Knezevic T, et al. GRP78 interacting partner Bag5 responds to ER stress and protects cardiomyocytes from ER stress-induced apoptosis[J]. J Cell Biochem, 2016, 117(8):1813-1821.
- [29] Zhi F, Zhou D, Bai F, et al. VceC mediated IRE1 pathway and inhibited CHOP-induced apoptosis to support *Brucella* replication in goat trophoblast cells[J]. Int J Mol Sci, 2019, 20(17):4104.
- [30] 杨琴,邓肖玉,谢珊珊,等. 牛种布鲁氏菌 IV 型分泌系统对巨噬细胞内质网应激和细胞凋亡的影响[J]. 畜牧兽医学报. 2022, 53(4):1192-1200.
- [31] Ma Z, Li R, Hu R, et al. *Brucella abortus* BspJ is a nucleomodulin that inhibits macrophage apoptosis and promotes intracellular survival of *Brucella* [J]. Front Microbiol, 2020, 11:599205.
- [32] Liu X, Yang M, Song S, et al. *Brucella melitensis* in Asian Badgers, Northwestern China [J]. Emerg Infect Dis, 2020, 26(4):804-806.
- [33] Zhang K, Wang H, Guo F, et al. OMP31 of *Brucella melitensis* 16M impairs the apoptosis of macrophages triggered by TNF- α [J]. Exp Ther Med, 2016, 12(4):2783-2789.
- 【收稿日期】 2023-05-08 【修回日期】 2023-08-03