

综 述

战伤救治官兵互助输血中乙型肝炎病毒感染的供血安全和免疫防护研究现状

杨茜雯综述,周 斌,纪永章审校

[摘要] 战伤救治中战地紧急互助输血是拯救官兵生命的重要措施,而传染病暴发始终是军事行动的重大威胁。讨论战伤救治互助输血部队官兵乙型肝炎病毒(HBV)感染供血安全和免疫防护的研究现状,指导根据不同地域不同个体免疫制定我军官兵个体化的健康防护策略。文章就部队官兵 HBV 感染的背景、部队官兵 HBV 感染的分子流行病学特征,分子流行病学调查的方法与应用、官兵 HBV 免疫防护的措施等方面进行综述。

[关键词] 互助输血;战伤救治;乙型肝炎病毒感染

[中图分类号] R512.62

[文献标志码] A

[文章编号] 2097-2768(2025)01-0108-05

[DOI] 10.16571/j.cnki.2097-2768.2025.01.018

Research status on blood supply safety and immune protection against hepatitis B virus infection in soldier-to-soldier blood transfusion in treatment of war injuries

YANG Qianwen¹ reviewing, ZHOU Bin², JI Yongzhang¹ checking

(1. Department of Health Management Center, 2. Department of Prevention and Control Center, the Air Force Hospital of the Eastern Theater Command, Nanjing 210002, Jiangsu, China)

[Abstract] Emergency soldier-to-soldier blood transfusion in the treatment of war injuries is an important measure to save the lives of officers and soldiers, while the outbreak of infectious diseases has always been a major threat to military operations. This article discusses the research status of blood supply safety and immune protection against hepatitis B virus (HBV) infection in soldier-to-soldier blood transfusion in treatment of war injuries, and guides the development of personalized health protection strategies for our officers and soldiers based on different regions and individual immunity. The article provides a review of the background of HBV infection, the molecular epidemiological characteristics of HBV infection among military personnel, the methods and applications of molecular epidemiological investigations, and the measures for HBV immune protection among officers and soldiers.

[Key words] mutual aid blood transfusion; battlefield rescue; hepatitis B virus infection

0 引 言

当前战争不断复杂化,作战模式、创伤类型不断转变^[1],战伤失血是战争中重要的死亡原因之一^[2]。战伤救治中如交通阻断等诸多因素都可造成血液短缺,我国《献血法》第十五条规定,为保护公民急救用血需要,国家提倡并指导互助献血^[3]。战伤

救治要求用最短时间合理分配有限的医疗资源,达到总体最佳的救治效率,战伤救治中战地紧急互助输血是拯救官兵生命的重要措施,而传染病暴发始终是军事行动的重大威胁^[4]。在伊拉克和阿富汗军事冲突中,使用紧急全血是战斗伤员复苏护理的一个重要特点,美国军方使用战场救治互助输血解决了严峻环境下失血性休克军事人员的输血供血困难,军人乙型肝炎病毒(hepatitis B virus, HBV)暴露率高于一般人群,因此 HBV 感染防护是美军战略部署前规划的重要医疗准备^[5-7]。战伤救治输血 HBV 感染风险水平主要取决于供血的病毒载量、输血浆量、受体的免疫状态几个重要方面^[8]。避免官兵

作者单位:210002 南京,东部战区空军医院健康管理中心(杨茜雯、纪永章),防治中心(周 斌)

通信作者:纪永章, E-mail: 170187204@qq.com

战伤救治中互助输血所致的 HBV 感染,特别是雷达部队此类散在偏远的部队,战前科学部署官兵 HBV 防护方案,保障上文所述感染风险中供血安全、受体免疫状态为安全可控的因素尤为重要。本文就战伤救治部队官兵互助输血中 HBV 感染供血安全和免疫防护的研究现状作一综述,旨在为制定军事行动中战伤救治互助输血 HBV 感染的防护方案提供理论参考。

1 部队官兵 HBV 感染供血安全的研究现状

1.1 部队官兵 HBV 感染的背景

1.1.1 HBV 传播途径 HBV 有三种传播方式,包括性传播、血液传播、母婴传播。经血液和性接触传播是成人主要传播方式,血液传播包括各类手术等有创操作、输注各种血制品等^[9]。部队作为一个特殊群体,由于军事训练繁重、战场环境恶劣等因素,HBV 更易在军营中传播^[4,10]。

1.1.2 HBV 免疫防护 1993 年起对我军在职干部进行乙肝疫苗接种,1997 年起注射接种 10 μg 乙肝疫苗被作为入伍后新兵的免疫计划,注射疫苗产生抗体的转化率平均大概为 70%~85%,新入伍学员及新兵自 2009 年开始必须全员接受乙肝疫苗接种,2013 年开始实施接种 20 μg 乙肝疫苗,这些措施取得了良好免疫效果^[11-12]。

1.2 部队官兵 HBV 感染的分子流行病学特征

1.2.1 乙肝表面抗原阳性率 文献^[13]报道,我军士兵乙型肝炎表面抗原(hepatitis B surface antigen, HBsAg)阳性率为 0.44%,其中低水平 HBsAg(HBsAg 水平<10 U/mL)占 88.24%,明显高于军官,军官 HBsAg 阳性率为 1.72%,军官低水平 HBsAg(HBsAg 水平<10 U/mL)占 12.20%。我军部队 HBV 处于低流行、低感染状态,低水平 HBsAg(HBsAg 水平<10 U/mL)的流行率较高,军官 HBsAg 阳性率及高水平 HBsAg(HBsAg 水平≥10 U/mL)明显高于士兵,在注重提高征兵检查质量的同时,建议重视对军官 HBV 感染的监测、预防及保护。

1.2.2 基因型分布 我军部队官兵 HBV 感染基因型分布与最新研究报道的非军事人员 HBV 感染人群分布相似^[13]。HBV 基因型的流行因地域而异^[14-15],10 种 HBV 基因型(A~J),我国以 B、C 基因型为主,我国中南地区主要分布为 B 基因型,我国东北地区主要分布为 C 基因型,我国西南地区 B 基因型和 C 基因型均占优势,在西北地区以 C/D 重组型占主导地位。我国汉族和其他少数民族 HBV 基因型也存在不同的分布状况,汉族感染 HBV 基因型主要为

B 基因型和 C 基因型,维吾尔族感染 HBV 基因型为 D 基因型,彝族感染 HBV 基因型主要为 C 基因型,藏族感染 HBV 基因型有表现为其独有的 C/D 重组基因型,西藏也是我国 1993 至 2021 年 HBsAg 血清阳性率上升的唯一省份^[16]。学者研究,部队官兵基因型的分布与乙肝表面抗原(HBsAg)水平高低差异相关,此研究结果很大程度与中国乙肝发病的区域分布重合,军队乙肝发病人群以中西部地区高、东部地区低,即低水平 HBsAg(HBsAg 水平<10 U/mL)组 B 基因型比例明显高于高水平 HBsAg 组(HBsAg 水平≥10 U/mL)^[10-13]。

1.2.3 病毒载量 血液中 HBV DNA 水平与 HBV 感染者的传染性呈正相关^[9]。慢性 HBV 感染的 5 个阶段^[17],检验指标主要依据 HBV DNA、HBeAg、ALT 水平,5 个阶段各阶段之间不具序贯性,分别为:①乙肝 e 抗原(HBeAg)阳性、HBV DNA 水平高、ALT 持续处于正常值上限范围内;②HBeAg 阳性、HBV DNA 水平高,ALT 升高;③HBeAg 阴性、HBV DNA 检测呈低水平(<2000 IU/mL)或检测不出,血清存在乙肝 e 抗体(抗 HBe),HBsAg 水平多较低;④HBeAg 阴性、HBV DNA 中到高水平,常可检测到抗 HBe, HbeAg 缺乏,ALT 高于正常范围;⑤HBsAg 阴性期也被称为“隐匿性 HBV 感染”(occult hepatitis B virus infection, OBI),特点是 HBV DNA 检测可时阳时阴,但在肝组织中可检测到 HBV 共价闭合环状 DNA(cccDNA),可存在乙肝核心抗体(抗 HBc)阳性、血清 HBsAg 阴性、乙肝表面抗体(抗 HBs)阳性或阴性,血清 ALT 水平正常。在 OBI 人群中,分为血清阳性 OBI 和血清阴性 OBI,80% 的 OBI 为血清阳性 OBI,表现为血清抗 HBs、抗 HBe 和(或)抗 HBc 阳性。而有 1%~20% 的 OBI 感染者为血清阴性 OBI,表现为所有血清学指标均为阴性^[9]。无偿献血人群中,全球 HBsAg 阴性的 OBI 的比例达到 0.2%^[18],HBV 高流行国家 HBsAg 阴性 OBI 的比率为 0.98%^[19]。输注 HBsAg 阴性的血液制品发生输血后乙型肝炎,主要原因是献血者 HBV 感染属于隐匿性 HBV 感染或是“窗口期”^[20-22]。隐匿性 HBV 感染或是“窗口期”在部队官兵用血中不容忽视。军队卫生系统中 OBI 的患病率尚不明确^[23],我军普通部队官兵与特殊部队官兵 OBI 患病率的情况与特点有待进一步研究。

1.3 部队官兵 HBV 感染分子流行病学调查的方法与应用

1.3.1 目前现状 我国征兵体检中,HBsAg 为必检项目,HBsAg 阳性为 HBV 感染,HBsAg 低水平状态

会存在一定比例漏检,与检测方法的敏感性和特异性相关^[10]。HBsAg 的变异(如 s 变异),或影响 HBsAg 表达的前 s1 或前 s2 变异,也会致使 HBsAg 检测方法不能检出^[24]。血清 HBsAg 的检测可分为定性(定性检测的方法主要采用酶联免疫吸附试验法)和定量(定量检测多采用化学发光微粒子免疫检测法)两种检测方法,HBsAg 阴性的 OBI 人群肝内也可检测到 cccDNA^[25]。建议征兵体检不只是单项 HBsAg 检测,还应对抗 HBs、HBeAg、抗 HBe、抗 HBe 标志物进行检测。HBsAg 定量检测其水平可反映疾病分期与疾病进展风险。高灵敏度 HBV DNA 检测联合 HBV 全面标志物定量检测可一定程度避免低水平 HBsAg 标本的漏检,减少兵源相互感染机率^[10]。

1.3.2 HBV 病毒学检测 评估 HBV 感染者的病毒复制水平主要采用 HBV DNA 定量检测,金标准仍然是检测肝脏中 cccDNA^[25]。随着检测试剂灵敏度的提高,聚合酶链反应法(polymerase chain reaction PCR)目前定量下限可达到 10~20 IU/mL,甚至可以更低,有助低病毒载量的人群检出^[9]。有关部队官兵 HBV 感染情况调查^[10],采用灵敏度高的化学发光微粒免疫分析法进行 HBV 检测,灵敏度高于 PCR,可避免低水平 HBsAg 标本的漏检。近年更多文献提出,OBI 有部分因宿主免疫状态改变,检测出现 HBV DNA 时阳时阴,核酸检测(nucleic acid testing, NAT)灵敏性高,NAT 的检测分为单人模式(ID-NAT)和混样模式(MP-NAT),ID-NAT 检测灵敏度显著高于 MP-NAT 检测^[26-29]。有研究报道,估计输入血液中的病毒含量达到 16 个拷贝(2.8 IU/mL)就有可能引起 HBV 感染^[26]。检测技术的不断提高,ID-NAT 的下限可由之前的 20 IU/mL 降为 3.4 IU/mL^[26,30-31]。OBI 感染者 HBV DNA 病毒载量较低,近年文献报道,甚至部分 OBI 感染者 HBV DNA 病毒载量 < 1 IU/mL^[29,32]。OBI 的感染率取决于输血病毒剂量(输血血浆量×病毒载量),以及受体的一般免疫状态^[33]。Weusten 等^[34]关于 OBI 传播风险的数学模型提示受血者输入 OBI 献血者 20 mL 血浆即可引起感染。Candotti 等^[33]研究,达到避免输血感染,需要将 HBV NAT 的检测限应由当前的 3.4 IU/mL 降低为 0.15 IU/mL。目前检测手段 HBV DNA 阴性结果并不能排除低水平的 HBV DNA 感染^[35]。

1.3.3 HBV RNA 定量检测 HBV RNA 定量检测目前被认为是 HBV 新型标志物检测,HBV RNA 与 cccDNA 转录活性相关,其定量能否作为肝内病毒转录活性的替代指标仍有待研究^[9]。避免 HBV 隐匿性感染者供血,相比血清 HBsAg 水平,血清 HBV RNA

能够更好地反应肝组织 cccDNA 的活性^[36]。血清 HBV RNA 检测在战场救助输血避免 HBV 感染中的意义将有待探索。

1.3.4 HbcAg 检测 与 cccDNA 转录活性相关,具有 HBeAg、HBcAg、p22 蛋白质的复合标志物,可能用于靶向 cccDNA 治疗剂的评估^[9,36]。

1.3.5 多项目联合检测 避免 HBV“窗口期”感染者供血,抗 HBe 检测可作为筛查 OBI 的血清预测^[36-37],高敏 HBV DNA 检测结合 HBsAg 定量能够更加准确了解病毒复制情况^[30]。

2 部队官兵 HBV 感染的免疫防护的研究现状

2.1 HBV 免疫有效防护 乙肝疫苗接种是预防 HBV 感染的重要防护措施,HBV 感染风险研究中,未接种乙肝疫苗者感染风险是乙肝疫苗接种成功者的 3.891 倍^[38]。接种乙肝疫苗后抗体滴度高于 100 IU/L 能更好的获得保护^[39]。作为乙肝一级预防疫苗接种仍然是预防 HBV 感染的最佳手段^[23]。注射乙型肝炎疫苗是预防和控制乙型肝炎最有效的措施,由于我们国家和军队实施乙型肝炎免疫接种,军队 HBV 感染总体下降^[11]。

2.2 部分官兵注射乙肝疫苗无应答 乙肝疫苗低或无应答主要与疫苗接种方式、接种者年龄、遗传免疫、环境特征等方面因素相关^[40-43]。乙肝疫苗低应答或无应答群体仍是 HBV 易感者,对乙肝疫苗复种计划我国目前尚未有明确的定论。

2.3 加强免疫防护要点

2.3.1 乙肝疫苗的接种方案 我国 HBV 感染率的差异主要的因素可能是乙肝疫苗覆盖率的差异^[12]。有学者提出,在条件允许情况下,我军官兵可实施使用 20 μg/支重组乙肝疫苗(酵母),为了增加人群保护率,而对于任务特殊、人口来源复杂的部队群体,可对抗 HBs 阴性官兵实施 0、1、6 全程接种,对抗 HBs 弱阳性官兵在 0、1 月各接种 1 针^[44]。关于接种乙肝疫苗健康成人无应答再免疫效果的 Meta 分析指出,60 μg 1 剂再免疫的效果优于 20 μg 0、1、6 月全程接种效果,10 μg 0、1、6 月全程接种免疫效果较前两种剂量效果最差^[45]。美军海军陆战队乙肝疫苗免疫接种相关文献报道^[7],高剂量乙肝疫苗短程接种效果明显优于低剂量疫苗长程接种效果。乙肝疫苗接种是美军新兵入伍程序的一部分,2018 年和 2019 年帕里斯岛 23 004 名新兵的数据结果表明,接种高剂量 2 剂疫苗与相对低剂量 3 剂疫苗相比,2 剂疫苗可提供更早和更高的乙肝保护^[46]。

2.3.2 疫苗的注射方式 乙肝疫苗的注射方式,皮内

注射相比较肌肉注射乙肝疫苗抗 HBs 阳转率更高^[43], 主要因皮内注射激活的免疫反应是树突状细胞为介导, T 细胞为介导是肌肉注射促进的免疫反应, 前者需要的抗原数量较后者更少。对于乙肝疫苗低或无应答官兵应个体化制定疫苗的接种方案及注射方式。

2.3.3 乙肝免疫球蛋白的防护 未有已知保护措施 HBV 暴露者, 推荐接种乙型肝炎免疫球蛋白 (hepatitis B immunoglobulin, HBIG), 应特别注意的是乙肝疫苗和 HBIG 注射部位应分开, 应在不同部位 (四肢) 注射, 在相同部位注射乙肝疫苗和 HBIG 对疫苗的反应受损^[47]。

3 结语与展望

综上所述, 战伤救治互助输血官兵 HBV 感染的供血安全和免疫防护, 隐匿性 HBV 感染、“窗口期”供血安全不容忽视, 军队卫生系统中 OBI 的患病率尚不明确, 部队官兵隶属检测医疗机构不同 HBV 病毒学检测方法检测水平有所不同, 我军在战备阶段应根据不同地域不同个体免疫制定官兵不同的健康管理方案, 减少血清阴性 OBI、HBV “窗口期”感染者的漏检率, 保障战伤救治互助输血中供血安全, 加强部队官兵 HBV 免疫防护, 加强 HBV 感染知识的健康教育^[48-50]。根据官兵个体情况、特殊任务要求, 给予个体化的免疫防护计划。为保障官兵健康、保护我军战斗力, 我们课题组将继续关注我军普通部队及特殊部队官兵 HBV 感染的防护策略, 为战伤救治中互助输血避免部队官兵 HBV 感染提供可行有效的防护方案。

【参考文献】

- [1] 曹媛媛, 陈鑫, 李笋. 战创伤低体温的预防与处理研究进展[J]. 医学研究生学报, 2022, 35(1): 109-112.
- [2] McCoy CC, Brenner M, Duchesne J, et al. Back to the future: whole blood resuscitation of the severely injured trauma patient [J]. *Shock*, 2021, 56(1S): 9-15.
- [3] 周建月, 韦喜敢, 吕亮亮, 等. 互助献血应用探讨[J]. 中国输血杂志, 2012, 25(1): 73-74.
- [4] 张昕, 李小溪, 马慧, 等. 军队传染病暴发流行特点与处置[J]. 解放军医院管理杂志, 2021, 28(6): 530-532.
- [5] Scott PT, Cohen RL, Brett-Major DM, et al. Hepatitis B seroprevalence in the US military and its impact on potential screening strategies[J]. *Mil Med*, 2020, 185(9-10): e1654-e1661.
- [6] Braverman MA, Smith A, Shahan CP, et al. From battlefield to homefront: creation of a civilian walking blood bank [J]. *Transfusion*, 2020, 60: S167-S172.
- [7] Oelschlaeger KA, Termini MS, Stevenson C. Preventing Hepatitis B

- Virus Infection Among US Military Personnel: Potential Impact of a 2-Dose Versus 3-Dose Vaccine on Medical Readiness [J]. *Mil Med*, 2023, 188(7-8): e2067-e2073.
- [8] Seed CR, Allain JP, Lozano M, et al. International forum on Occult hepatitis B infection and transfusion safety [J]. *Vox Sanguinis*, 2019, 114(4): e1-e35.
- [9] 中华医学会肝病学会, 中华医学会感染病学分会. 慢性乙型肝炎防治指南 (2022 年版) [J]. *中华肝脏病杂志*, 2022, 30(12): 1309-1331.
- [10] 江晓肖, 李青, 戴玉柱, 等. 某部队官兵 HBV 感染情况及分子流行病学调查 [J]. *军事医学*, 2019, 43(3): 198-202.
- [11] 沙花燕, 温亮, 李申龙, 等. 2012-2016 年军队乙型肝炎流行特征研究 [J]. *解放军预防医学杂志*, 2018, 36(1): 1-3.
- [12] Shan S, Zhao X, Jia J. Comprehensive Approach to Controlling Chronic Hepatitis B in China [J]. *Clini Mole Hepatol*, 2024, 30(2): 135.
- [13] Wang T, Dai Y, Lu W, et al. An epidemiological survey of HBV infection and low-level HBsAg in military camps in eastern China [J]. *Medicine*, 2018, 97(38): e12201.
- [14] Jeng WJ, Papatheodoridis GV, Lok ASF. Hepatitis B [J]. *Lancet*, 2023, 401(10381): 1039-1052.
- [15] Su QD, Zhang S, Wang F, et al. Epidemiological distribution of Hepatitis B virus genotypes in 1-29-year-olds in the mainland of China [J]. *Vaccine*, 2020, 38(51): 8238-8246.
- [16] Liu Z, Lin C, Mao X, et al. Changing prevalence of chronic hepatitis B virus infection in China between 1973 and 2021: a systematic literature review and meta-analysis of 3740 studies and 231 million people [J]. *Gut*, 2023, 72(12): 2354-2363.
- [17] European Association for the Study of the Liver. EASL 2017 Clinical Practice Guidelines on the management of hepatitis B virus infection [J]. *J Hepatol*, 2017, 67(2): 370-398.
- [18] Takuissu GR, Kenmoe S, Amougou Atsama M, et al. Global epidemiology of occult hepatitis B virus infections in blood donors, a systematic review and meta-analysis [J]. *PLoS One*, 2022, 17(8): e0272920.
- [19] Im YR, Jagdish R, Leith D, et al. Prevalence of occult hepatitis B virus infection in adults: a systematic review and meta-analysis [J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2022, 7: 932-942.
- [20] Yip TC, Wong GL. Current Knowledge of Occult Hepatitis B Infection and Clinical Implications [J]. *Semin Liver Dis*, 2019, 39(2): 249-260.
- [21] Mak LY, Wong DK, Pollicino T, et al. Occult hepatitis B infection and hepatocellular carcinoma: Epidemiology, virology, hepatocarcinogenesis and clinical significance [J]. *J Hepatol*, 2020, 73(4): 952-964.
- [22] Hayat Davoudi G, Makvandi M, Teimoori A, et al. Frequency of hepatitis B markers in systemic lupus erythematosus patients in Iran [J]. *Asian Pac J Cancer Prev*, 2022, 23(6): 1921-1926.
- [23] Pak K, Ordway S, Torres D. Occult HBV infection: a case series at a military treatment facility [J]. *Mil Med*, 2020, 185(5-6): e795-e798.
- [24] Im YR, Jagdish R, Leith D, et al. Prevalence of occult hepatitis B virus infection in adults: a systematic review and meta-analysis

- [J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2022, 7:932-942.
- [25] Wang C, Li X, Zhang C, *et al.* Prevalence and influential factors of isolated hepatitis B core antibody positivity in a Chinese adult population[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 693.
- [26] Candotti D, Assennato SM, Laperche S, *et al.* Multiple HBV transfusion transmissions from undetected occult infections: revising the minimal infectious dose [J]. *Gut*, 2019, 68(2): 313-321.
- [27] Raimondo G, Locarnini S, Pollicino T, *et al.* Update of the statements on biology and clinical impact of occult hepatitis B virus infection [J]. *J Hepatol*, 2019, 71(2): 397-408.
- [28] Ye X, Zhao Y, Li R, *et al.* High frequency occult hepatitis B Virus infection detected in non-resolved donations suggests the requirement of anti-HBc test in blood donors in southern China [J]. *Front Immunol*, 2021, 12: 699217.
- [29] Dodd RY, Nguyen ML, Krysztof DE, *et al.* Blood donor testing for hepatitis B virus in the United States: is there a case for continuation of hepatitis B surface antigen detection? [J]. *Transfusion*, 2018, 58(9): 2166-2170.
- [30] Li WJ, Xu HX, Wu DS, *et al.* A novel fully automated system for quantification of hepatitis B virus DNA using magnetic bead-based method combined with real-time PCR [J]. *J Virol Methods*, 2017, 248: 130-135.
- [31] Locarnini S, Raimondo G. How infectious is the hepatitis B virus Readings from the occult [J]. *Gut*, 2019, 68(2): 182-183.
- [32] Raimondo G, Locarnini S, Pollicino T, *et al.* Update of the statements on biology and clinical impact of occult hepatitis B virus infection [J]. *J Hepatol*, 2019, 71(2): 397-408.
- [33] Candotti D, Assennato SM, Laperche S, *et al.* Multiple HBV transfusion transmissions from undetected occult infections: revising the minimal infectious dose [J]. 2019, 68(2): 313-312.
- [34] Weusten J, van Drimmelen H, Vermeulen M, *et al.* A mathematical model for estimating residual transmission risk of occult hepatitis B virus infection with different blood safety scenarios [J]. *Transfusion*, 2017, 57(3pt2): 841-849.
- [35] Terrault NA, Lok ASF, McMahon BJ, *et al.* Update on prevention, diagnosis, and treatment of chronic hepatitis B: AASLD 2018 hepatitis B guidance [J]. *Hepatology*, 2018, 67(4): 1560-1599.
- [36] Coffin CS, Zhou K, Terrault NA. New and old biomarkers for diagnosis and management of chronic hepatitis B virus infection [J]. *Gastroenterology*, 2019, 156(2): 355-368.
- [37] Yang HC, Kao JH. Quantification of HBV core antibodies may help revisit infectious occult hepatitis B virus [J]. *Gut*, 2019, 68(11): 2095.
- [38] 高东旗, 乔 杨, 赵景平, 等. 某部乙型肝炎病毒性肝炎病例调查及感染危险因素 [J]. *解放军预防医学杂志*, 2016, 34(6): 795-798.
- [39] Cocchio S, Baldo V, Volpin A, *et al.* Persistence of anti-Hbs after up to 30 years in health care workers vaccinated against hepatitis B virus [J]. *Vaccines (Basel)*, 2021, 9(4): 323.
- [40] Yang SG, Tian G, Cui YX, *et al.* Factors influencing immunologic response to hepatitis B vaccine in adults [J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 27251.
- [41] Khafagy A, AlJahdaly I, Goweda R. Hepatitis B vaccine: assessment of immunologic response, coverage rate, and factors influencing seroreactivity [J]. *Clin Lab*, 2020, 66(7).
- [42] Das S, Ramakrishnan K, Behera SK, *et al.* Hepatitis B vaccine and immunoglobulin: key concepts [J]. *J Clin Trans Hepatol*, 2019, 7(2): 165-171.
- [43] Hanif FM, Mehmood N, Majid Z, *et al.* Successful response of intradermal hepatitis B vaccine in nonresponders of intramuscular hepatitis B vaccine in general and hemodialysis population [J]. *Saudi J Gastroenterol*, 2020, 26(6): 306-311.
- [44] 曹玮民, 唐 玥, 常国辉, 等. 重组乙型肝炎疫苗在部队人群中免疫效果观察 [J]. *解放军预防医学杂志*, 2016, 34(3): 327-330, 334.
- [45] 葛 申, 马建新, 刘瑶瑶, 等. 接种乙型肝炎疫苗无应答健康成人再免疫效果的 Meta 分析 [J]. *中国疫苗和免疫*, 2019, 25(5): 598-604.
- [46] Oelschlaeger KA, Termini MS, Stevenson C. Preventing Hepatitis B Virus Infection Among US Military Personnel: Potential Impact of a 2-Dose Versus 3-Dose Vaccine on Medical Readiness [J]. *Mil Med*, 2023, 188(7-8): e2067-e2073.
- [47] Zubkova I, Zhao Y, Cui Q, *et al.* Assessing the impact of hepatitis B immune globulin (HBIG) on responses to hepatitis B vaccine during co-administration [J]. *Vaccine*, 2023, 41(4): 955-964.
- [48] Li YY, Chen WW, Wei L, *et al.* A survey of knowledge about hepatitis B among new military recruits in China [J]. *Mil Med Res*, 2017, 4: 1-6.
- [49] Mohareb AM, Kim AY, Boyd A, *et al.* Virological, serological and clinical outcomes in chronic hepatitis B virus infection: development and validation of the HEPA-B simulation model [J]. *BMJ Open*, 2024, 14(1): e073498.
- [50] 肖 军. 智能化战争视阈下创新发展军事医学的研究 [J]. *医学研究与战创伤救治*, 2024, 37(7): 746-749.

(收稿日期: 2024-08-10; 修回日期: 2024-11-10)

(责任编辑: 朱 琴; 英文编辑: 李 麒)