DOI:10.16016/j.1000-5404.202111171



环境因素对军队药品存运的影响

刘 耀,杨 勇 400042 重庆,陆军特色医学中心

［**摘要**］ 战救药品的储备和运输工作是军队药品质量管理的关键步骤。研究相关环境因素对战救药品的影响,对于制定有效的卫勤保障策略至关重要。我国幅员辽阔,气候变化多端,环境中温度、湿度和光照是影响药品质量的主要因素,药品运输过程中的振动和气压变化构成了影响军队药材存运的潜在危险因素。本文以我国自然环境区域为背景,药物稳定性试验为依据,探讨相关环境因素叠加对军队药品存运的影响。除了深入分析温度、湿度、光照等已知环境因素外,也探讨如药品运输过程中振动、气压为代表的危险因素对药品的存运所带来的挑战。新型材料学、多组学技术、新型保障体系的研究和运用,可为未来军队药品储存运输和卫勤保障提供新的机遇和方向。

［**关键词**］ 环境因素;军队药品;战救药材;存储;运输

［**中图法分类号**］ R821.15; R954 ［**文献标志码**］ A

Influence of environmental factors on storage and transportation of medicines in the army

LIU Yao, YANG Yong Army Characteristic Medical Center, Chongqing, 400042, China

［**Abstract**］ The storage and transportation of combat casualty drugs are the main factors of drug quality management in the army, which is related to the success of the entire medical support work. Effective medical support strategies for these problems substantially depend on the studies concerning the impact of these related environmental factors on combat casualty drugs. Since our country has a vast territory and many climate changes, and temperature, humidity and light in the environment are the main factors affecting the quality of drugs in China, the vibration and air pressure change in the process of drug transportation constitute the potential risk factors affecting the storage and transportation of the drugs. In this article, we discuss the superimposition effects of related environmental factors on drug storage and transportation in the army, based on the drug stability test and natural environment regions in China. In addition to the in-depth analysis of temperature, humidity, illumination and other known environmental factors, we also investigate the challenges resulting from potential risk factors such as vibration and air pressure in the storage and transportation of drugs during transportation. The research and application of new material science, multi-omics technology and new support system provide new opportunities and directions for future military drug transportation and medical support.

［**Key words**］ environmental factors; medicines in the army; combat casualty drugs; storage; transportation

Supported by the Special Project of Science and Technology Innovative Abilities Promotion of Army Medical University (2019XLC3042). Corresponding author: YANG Yong, E-mail: yy4243@tom.com; LIU Yao, E-mail: swhliuyao@163.com

［**基金项目**］ 陆军军医大学科技创新能力提升专项项目(2019XLC3042)

［**通信作者**］ 杨 勇,博士,研究员,硕士研究生导师。主要从事医院管理和医学科研管理工作。E-mail: yy4243@tom.com

刘 耀,博士,副主任药师,硕士研究生导师。主要从事军队药材物资保障、治疗药物监测和药源性疾病研究。E-mail:swhliuyao@163.com

1000-5404/Copyright © 2022, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

当今世界总体处于和平,但由于国际局势变化多端,地缘政治冲突不断,各国围绕新的战略空间展开的综合国力竞争愈发激烈。对于争夺国家利益所引发的战争涵盖了海洋、极地、极高海拔地区等,战场环境将变得越来越复杂,产生出了一系列新的保障问题[1]。此外,随着高技术常规武器、核化生特种武器及新概念武器的使用,战创伤类型增多,伤情复杂,救治任务艰巨,加之特殊作战环境和军事作业危害,军队战伤疾病发生率显著高于正常生活区域,且病情进展迅速,对药品保障提出了更高要求。本述评以我国自然环境区域为背景,总结了各种环境因素(如高温、低温、高湿、干燥、强光、高压、振动等条件)对相关药品存运的影响,并分析其预防措施,旨在为极端环境中药品的储存和运输提供规范和依据,保障官兵健康安全,提升部队战斗力。

1 极端运输、储藏条件对药物质量的影响

我国幅员辽阔,地势地貌情况复杂。陆上疆界超过22 000 km,海拔跨越9 002 m,海岸线长达320 000 km,包含约3 000 000 km^2 的海域,5 400多个大大小小的岛屿[2-3],与14个国家相邻,与6个国家隔海相望。环境的变化就要求军队医院必须对各种环境下影响军人战斗力的自然因素开展系统研究,从而对军人战斗力实现全方位保障。

1.1 高温影响

研究表明,温度是影响药品质量的重要自然因素之一。战争中各种武器的使用可以使得局部战场的温度达到6 000 ℃以上。自动射击武器在发射过程中,火药燃气可达2 000~3 000 ℃的高温[4],持续发射时,连续脉冲式的高温热辐射使得空气迅速升温。贫铀弹爆炸时,能产生6 000 ℃的高温,化学反应穿透力极强,引起局部升温迅速。此外,高温环境对士兵战斗力也是巨大考验。我国高温地区主要包括长江中下游地区以及热带地区,如南京、武汉、重庆、广东、广西、海南、云南南部、西藏东南部和台湾省的部分地区。据报道,1938年爆发的武汉会战就是一场典型的“高温下战役”,当时的战场气温超过了40 ℃。现代战争中,如此高温条件对药品的保障提出了更高要求。

高温试验(60 ℃恒温箱中放置10 d)证明,高温环境对药品的影响包括:①引起药物降解,有关物质增加,研究的药物包括奥美拉唑[5]、钩藤提取物胶囊、盐酸丁卡因胶浆、雷米普利胶囊、阿莫西林干混悬剂[6]、氯霉素-羟丙基-β环糊精[7]、姜黄素[8]等。在高海拔地区,精神心理因素和军事训练因素易导致女性官兵月经情况异常[9],复方芍红颗粒作为妇科常用药品之一,易受作战环境高温的影响失效。既往研究表明,复方芍红颗粒在高温试验下其有效成分下降超过10%[10]。②引起药品变性失效,如抗生素、生物制品等。高原战伤数据和实验研究结果表明,战时受伤人员处于高度应激状态和失血低体温状态,机体免疫功能抑制,火器伤伤口细菌增殖速度与平原相似甚至更快。伤员对抗生素类药品需求量大,且质量要求高。青霉素对温度敏感,加水溶解后,在30 ℃放置24 h,即56%失活。注射用亚胺培南西司他丁钠在高温试验下,样品外观改变,超出标准规定。有关物质及聚合物增长明显,含量下降6.2%[11]。③引起药品性状改变,丁酸氯维地平在高温试验下,由白色粉末变为淡黄色粉末、略结块[12]。④影响制剂的稳定性,外用软膏类药物是烧伤换药常用的药物,在高温情况下,各种油脂类及软膏类制剂因长期受热易酸败变质。尽管强光对莪术油亚微乳外观、pH值、粒径以及含量变化的影响不显著,但考虑到高温和光线的照射可以引起油脂的酸败,加速油脂和磷脂的水解,因此长时间贮存应避免高温光线照射。

1.2 低温影响

高海拔地区常伴随低温,如我国西藏地区气温常年在0 ℃以下。因此,考察低温对药品质量的影响,可为寒区作战和卫生后勤部门提供保障。

药品贮存的基本要求,包括常温(室温)、阴凉处、冷处及冷冻贮藏等。药品在低于适宜温度下储存时,可能出现溶解度降低,易产生沉淀、冻结、凝固甚至变质失效等现象。有些液体药品在低温环境中贮存时很容易发生冻结而造成容器破裂,生物制品在低温条件下容易冻结而变质,造成药品无法再用。具体而言,低温对药品质量的影响包括:①影响药物pH,咪达唑仑糖浆混合液对温度敏感,尽管药物在4 ℃和室温条件下保存时,浓度均无明显变化,但药品在不同储存温度下pH值均随时间呈线性增加趋势,在4 ℃条件下pH值稳定性更好[13]。②影响药品制剂稳定性,乳剂(如乳白鱼肝油,乳剂型软膏基质)可因温度过低而产生油水分离分层。③影响药品外包装,注射剂、水剂等在-5 ℃时易冻裂。④引起药品结晶,复方奎宁和尼克刹米注射液及中成药的液体制剂在低温条件中易析出沉淀。

1.3 高湿影响

相对湿度是药品质量管理全过程中一个不容忽视的影响因素。我国年平均相对湿度多在40%~80%。夏季为我国的雨季,相对湿度普遍提高。自秦岭以北,东至山东半岛,西至喜马拉雅山的整个北部地区,年平均相对湿度大于70%,其中东南沿海、滇南和江南丘陵部分地区、川黔部分地区的相对湿度大于80%。我国高湿地区主要包括湘、鄂、渝、闽、粤、桂、滇、琼等地区,年平均相对湿度为80%,最高相对湿度可达95%。海上高湿的环境及海况变化等不利因素更增加了药品

运输、储存及使用的难度。加之海上环境潮湿,药品易受潮变质,药品损耗较多。在实战条件下,对湿度有一定要求的药品更难以保存。

通过高湿度影响因素试验发现,高湿[相对湿度(70±5)%下放置 10 d]对药品的影响包括:①引起药品吸湿,引湿的药品包含胃蛋白酶、甘油、氯霉素-羟丙基-β 环糊精[7]、丁酸氯维地平[12]、叶酸[14]、替米沙坦、宣肺清热颗粒[15]、线叶菊黄酮滴丸[16]、富马酸地洛他定片[17]等。②引起药品潮解、变质,包括复方芍红颗粒[10]、益母草碱[18]、去甲泽拉木醛[19]等。湿度对复方芍红颗粒中芍药苷的含量及吸湿增重影响显著,高湿环境下芍药苷的含量下降约 50%。③影响药品性状,雷米普利胶囊在高湿条件下各项指标无明显变化,但囊壳吸湿变软[20],钩藤提取物胶囊在高湿条件下,囊壳变软,代表性生物碱的总含量下降,溶出度下降[21]。④稀释药品浓度,液体制剂如果开口置于潮湿环境中就会使制剂浓度降低,导致药品的使用效果具有不可预知性。

1.4 低湿影响

我国西北部的准噶尔盆地、塔里木盆地、阿拉善高原和藏北高原等地年平均相对湿度在 50%以下。其中柴达木盆地相对湿度仅 30%,是我国空气最干燥的地方。湿度过低,则容易使某些药品风化,风化后的药品,其化学性质一般未改变,但是使用时剂量难以掌握,特别是毒性药品,可能因为用量而造成非战斗减员,易风化的药品包括硫酸阿托品、硫酸可待因、硫酸镁、硫酸钠及明矾等。

1.5 强光影响

青藏高原是我国太阳能最丰富的地区。光线中紫外线的能量很大,是药品发生化学反应的催化剂,能加速药品的氧化分解,使药品变质,长时间日光照射能引起或促进药品与空气、水等产生复杂的氧化、还原、聚合、缩合等光化反应,可引起药品变色,质量发生改变,稳定性降低,甚至毒性增加。

通过影响因素试验发现,强光环境[(4 500±500)lx 下放置 10 d]对药品的影响包括:①药品有效成分降解,有关物质增加,如钩藤提取物胶囊[21]、盐酸丁卡因[22]、雷米普利胶囊[20]、阿莫西林干混悬剂[6]、氯霉素-羟丙基-β 环糊精[7]、西美替尼[23]、埃索美拉唑钠[24]、去甲泽拉木醛[19]、复方维 A 酸乳膏[25]、复方阿莫西林干混悬剂[26]等。姜黄素对光照敏感,在 254 nm 的紫外灯下时降解速度明显加快。②影响药品性状,长时间强光照射引起纳米粒的聚集,平均粒径增大。脂质造影剂经过强光照射后,CnTi 成像增强强度和持续时间变差。③毒性增大,银离子具有广谱杀菌效果且极少耐药,银离子类敷料用于治疗难愈性创面具有广阔的前景,然而银盐见光后,易使银游离析出,颜色变深,毒性变大。氯仿、乙醚等见光后不稳定,会与空气中的氧作用产生有毒物质。④氧化变色,维生素 C 注射液等药品受光线影响易氧化而变色。阿司匹林片、伊潘立酮片等在光线照射下会逐渐变色。⑤分解失效,双氧水见光后会被分解为水和氧气而失效。

1.6 低压影响

我国西南边境地势恶劣险要,局势错综复杂,安全威胁类型持续增加[27],战场环境异常复杂。加之地区海拔高、气压低、气候寒冷、山高坡陡、沟谷纵横、通道狭窄、交通路况差、补给线漫长,野战医疗队实施卫勤保障的困难显著增加[28]。药品在经过高海拔地区或者空运时,会处于低压环境中,低压对药品包装、制剂稳定性、运输设备产生一定的影响。低压可能导致药品包装变形、破损或破裂、密闭的包装漏气漏液;影响运输的电设备性能,致使失效;造成电器绝缘性、散热性等的降低,以及装备设备润滑系统的润滑油高速挥发等不利影响。战争阵亡和伤亡的最主要因素是失血和失血性休克,有效输血是战伤救治的关键环节和必要措施。创伤后严重出血性患者接受全血输注能够提高生存率[29]。然而,高寒地区边境作战的战时血液保障具有鲜明特点,其寒冷气候条件使温区急进高寒地区血液运输保障面临重大挑战。从低气压地区短时间到达高气压地区,长途运输加上单位平米上增加相应的压强,使得溶血发生率明显升高[30]。

1.7 多因素共同作用

我国南北纬度跨越大,地形复杂,地貌多样,气候条件不一,区域差异大,加之战况不定,药物运输和储存的环境极为复杂。在多数情况下,药物的变质是多因素共同作用的结果,如 pH 值、温度、表面活性剂、冷冻融化等均影响脂质体的稳定性;阿莫西林干混悬剂对强光、高温、高湿均不耐受;氧氟沙星注射剂主要受光照和酸碱影响[31];雷米普利胶囊在强光和高温条件下不稳定。埃索美拉唑钠对强光和高湿敏感。在医疗急救、战伤抢救上,生物制品有着其他药品不可替代的作用[32-33],温度、湿度、光照、运输时间等因素均影响生物制品的质量。血浆经长时间运输后,活化部分凝血活酶时间延长,凝血因子Ⅷ变化明显,运输后的血浆不符合新鲜冰冻血浆临床输注标准[34]。

2 药品运输保障对策

2.1 优化药品目录

未来战争具有突发性强的特点,伤员伤情复杂、伤亡率高,战伤救护消耗药品种类多、数量大。加之近年来我国突发事件频繁,大多战情突然[35]。因此,加强

军队战救药品的保障管理具有非常重要的战略意义。在战前筹划遴选药品种类时,应遵循军事救援行动中疾病类型和药品保障的特点,引入模块化药材保障思路,缩短救援响应时间,提高战救药材的应急保障能力。此外,根据药品的急救性、安全性、易用性、非皮试性、高效性、安全性、便携性、易筹措性[36]等特点,进一步优化药品保障模块目录,提高药材保障能力,实现药材保障的灵活性、适应性、可靠性,在药品剂型和包装上保证救治环节的高效率,提高药材保障能力[36]。在实际工作中践行军事卫勤一体化,积极主动为官兵战斗力和作业能力的维护提供保障[37]。

2.2 保障高温环境药品的存运

高温环境下运输药品时,车厢可配置车载制冷空调、挂式驻车空调等装置进行有效制冷,并监控湿度,必要时给予加湿和除湿处理。生物制品主要依托医药冷藏箱。按照标准配置,医药冷藏箱内温度保持在8 ℃以下可以达到90 h,适用于各种中远距离低温药品运输。在不同的季节保温箱内应选用不同的蓄冷剂配备方式,并进行保温箱的验证工作,从而指导实际冷链的运输[38]。相对生产和销售环节,药品在运输环节的管理和监管力度不足。通过建立和运用医药冷库温湿度监测系统的云平台,依托终端产品可有效实现行动方案中关于冷链全过程温度状况的监测规定要求。通过数据采集、通信、控制、大数据分析、应用智能化及透明化监管等服务,可对医药冷库全冷链环节进行实时监控、诊断和预警。一种实用的新型带监控功能的医药运输用保温箱[39],其监控组件中的陀螺仪监控保温箱在运输过程中的状态,能够监控保温箱在运输过程中的野蛮搬运;监控组件中的开箱监控装置,能够监控药品运输过程中保温箱的非法开启,从而便于管理人员管理药品的运输工作。海上运输时,除以上方式外,可增加对药品集装箱涂料的改造,纯有机硅树脂涂料耐热、耐寒性强,绝缘性、防霉性等性能优异,通过添加不同填料或颜料来改性有机硅树脂,可增强其耐热性、绝缘性和耐火性等。

2.3 保障低温环境药品的存运

低温环境要求药品包装、存运器材具有抗寒、防冷裂、防冷炸的性能。实践中,药品在储存和运输车辆内包裹棉被,到宿营地可依托地下工事、窑洞等,使药品避免长期处于过低温度的储存状态,降低药品损耗。血液制品等低温保存的药品可使用充电保温桶等装置,通过车载逆变器及恒定电流维持药品低温状态,以保障药品质量。经相关研究发现,在寒冷野战条件下战备药品运输存储过程中采取常规战备箱内加泡沫箱组合方式,可有效防止战备药品冻结,简便易行。增添恒温设备和特殊设备[40],确保需要冷藏、严禁冻结药品的运输安全。为防止玻璃瓶装液体冻裂,所有玻璃制品应统一保存于恒温运输设备中运输,对已经冻结的液体或出现低温结晶的药品可用配备的电磁炉进行融化。运用超低温冰冻红细胞制备技术及设备,可延长冰冻红细胞的保存时间。

2.4 避光处理

运输和贮存需要避光处理的药品制剂时,选择适宜的药品包装是主要的手段。大量时应装在避光容器内,并置于阴暗处或不见光的木柜中;小量时应装在棕色瓶中,注射剂应放在避光的纸盒内,对于有避光需求的原料药或者中药材,不仅包装上有同样的要求,运输过程中也最好挡好窗帘,避免阳光直射。

2.5 预防气压影响

药品从高气压到低气压地区运输前,可根据气压变化进行包装、运输包装件低气压试验,观察气压对药品形状和包装的影响。对于高海拔运输的药品,其包装件需要进行低气压和振动同时激励试验[41],减免气压对药品的质量和包装产生不良影响。需要密闭包装的,可以采用真空包装以降低包装涨破的风险。

2.6 其他

药品在运输中的碰撞是影响军队救援药品质量的危险因素之一。在一定场景下,通过控制气压和振动,可以评估物流包装对产品的保护性能[42],为改进运输包装提供依据。塑料软包装袋和连续螺纹盖容器在振动与低气压共同作用下容易发生泄漏[41,43]。新型野战药材车改变了以往使用箱组装载药品时效率低下及运输安全性差等情况[44],满足了野战条件下药材保障及时、快捷等要求,使之能高效地完成卫勤保障任务。高温、高湿以及大气环境对运输装备也有一定的影响[45]。高温环境中轮式车辆易发生爆炸、车辆制动性能降低、轮胎橡胶变形等。某些高温、高湿地区大气环境中含有大量的化学污染物质,在高温、高湿环境的作用下,这些化学成分复杂的空气造成车辆电气设备性能下降、老化加速、系统短路、腐蚀严重等现象[45]。要重视自然环境对运输装备性能的影响,深入研究典型气候地区不同环境条件对运输设备性能影响的主要因素及作用机制,针对性地采取降低环境影响作用的技术措施,注重在高温、高湿条件下车辆装备的维护检查,保障药品正常运输。

3 展望

随着战场环境向认知环境的扩展,未来战争向着极端环境、多因素、全维度、动态多变方向进展,多军种联合作战已经是未来战争取胜的必然趋势。作战力量

的多元化使战伤类型增加,伤势复杂,救护消耗药材品种多、数量大,对药品保障提出了更高的要求。

3.1 细化战救药材的安全性和高效性

科学论证药品品种,遴选出安全有效、易于使用的药品和耗材,是提升药材保障能力的根本保证。深入研究极端环境因素对药品存运的影响,以及在特殊环境下使用时的注意事项,能更大程度地发挥战救药品对官兵健康的保障作用,提高药品的应急保障能力。此外,随着战场环境和保障要求的快速变化,药品保障模块化以及多模块组合方式可提供快速、机动的药品保障,提高药品保障模块的补给效率,具有非常重要的战略意义。

3.2 研发现代化药材运输装具

药品在极端环境中运输,不仅要克服高温、低温、高湿、强光的影响,又要克服运输包装件在运输中碰撞问题,要求药品运输装备具有良好的减震性能。考虑到作业环境的特殊性,运输装具须注意隔热、防潮,具备优良的密封性;特殊运输装具应具备良好的冷藏性,具备连接车载电源及外接电源装置。此外,提高运输装备的环境适应性水平,加强在野外条件下车辆装备的管理,能更好地保障药品运输的安全性和有效性。

3.3 建立药品信息化管理体系

随着信息技术的迅猛发展,人工智能技术开始在军队药品保障领域扮演重要角色。借助于知识创新的强大动力,建立科学的药品保障体系,加强运输装备的管理,打造精准信息卫勤保障系统,可实现实时、精准、可视的药品信息化管理,能更大程度地发挥药品保障官兵健康的作用,高效完成卫勤保障任务。

参考文献:

[1] 王晓明, 马强, 陈照立, 等. 多维极端环境对军事环境医学发展的新挑战[J]. 解放军预防医学杂志, 2016,34(1):4-6. DOI:10.13704/j.cnki.jyyx.2016.01.005.
WANG X M, MA Q, CHEN Z L, *et al*. The new challenge of multidimensional extreme environment to the development of military environmental medicine[J]. J Prev Med Chin PLA, 2016, 34(1): 4-6. DOI:10.13704/j.cnki.jyyx.2016.01.005.

[2] 曲忠厚, 田孝东. 新中国疆界地理概述[J]. 中学地理教学参考, 2008(8): 14-15.
QU Z H, TIAN X D. Overview of new China's border geography[J]. Teach Ref Middle Sch Geogr, 2008(8): 14-15.

[3] 蓝颖春. 可持续利用海洋的"多功能"新方式[J]. 地球, 2016(9): 24-25.
LAN Y C. A new "multifunctional" way of sustainable use of the ocean[J]. Earth, 2016(9): 24-25.

[4] 张志宏, 李旭东. 基于 ABAQUS 的身管涂层磨损行为研究[J]. 甘肃科学学报, 2017, 29(3): 99-103. DOI:10.16468/j.cnki.issn1004-0366.2017.03.021.
ZHANG Z H, LI X D. Behavioral study of barrel coating wear based on ABAQUS[J]. J Gansu Sci, 2017, 29(3): 99-103. DOI:10.16468/j.cnki.issn1004-0366.2017.03.021.

[5] 陈清, 卢秀华, 薛占英, 等. pH 值及温度对注射用奥美拉唑钠溶液质量的影响[J]. 中国药业, 2007, 16(9): 23-24. DOI:10.3969/j.issn.1006-4931.2007.09.016.
CHEN Q, LU X H, XUE Z Y, *et al*. The influence of pH value and temperature on the quality of omeprazole sodium solution for injection[J]. China Pharm, 2007, 16(9): 23-24. DOI:10.3969/j.issn.1006-4931.2007.09.016.

[6] 郭生挺, 罗格莲. 阿莫西林干混悬剂的制备与稳定性考察[J]. 海峡药学, 2013, 25(7): 28-31. DOI:10.3969/j.issn.1006-3765.2013.07.011.
GUO S T, LUO G L. Preparation of amoxicillin for suspension and its determination of stability[J]. Strait Pharm J, 2013,25(7): 28-31. DOI:10.3969/j.issn.1006-3765.2013.07.011.

[7] 裴小捷, 凌沛学, 王凤山. 氯霉素-羟丙基-β-环糊精滴眼液抑菌实验研究[J]. 中国生化药物杂志, 2011, 32(4): 311-312.
PEI X J, LING P X, WANG F S. Study on bacteriostatic action of chloramphenicol eye drops with hydroxypropyl-β-cyclodextrin[J]. Chin J Biochem Pharm, 2011, 32(4): 311-312.

[8] 冯生光, 覃耿垚, 刘红霞, 等. 姜黄素降解产物的分离鉴定及姜黄素的稳定性考察[J]. 沈阳药科大学学报, 2009, 26(5): 361-365, 396.
FENG S G, QIN G Y, LIU H X, *et al*. Isolation and identification of degradation products of curcumin and study of stability of curcumin[J]. J Shenyang Pharm Univ, 2009, 26(5): 361-365, 396.

[9] 王晓莉, 马慧兰, 杨娇娥. 高海拔地区女兵训练前后月经紊乱情况分析[J]. 西北国防医学杂志, 2014, 35(4): 310-313. DOI:10.16021/j.cnki.1007-8622.2014.04.038.
WANG X L, MA H L, YANG J E. State of menstrual disorder of trained female soldiers in high altitude[J]. Med J Natl Defending Forces Northwest China, 2014, 35(4): 310-313. DOI:10.16021/j.cnki.1007-8622.2014.04.038.

[10] 陈金凤. 复方芍红颗粒的质量标准及初步稳定性研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2014.
CHEN J F. Study on quality standard and preliminary stability of compound white peony red particles[D]. Urumqi: Xinjiang Medical University, 2014.

[11] 王艳坤. 注射用亚胺培南西司他丁钠稳定性研究[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2014.
WANG Y K. Study on the stability of imipenem and cilastatin sodium for injection[D]. Harbin: Heilongjiang University, 2014.

[12] 王悦琳. 丁酸氯维地平的稳定性及相关影响因素的研究

[D]. 上海: 复旦大学, 2013.
WANG Y L. Stability and impact factors study of clevidipine butyrate[D]. Shanghai: Fudan University, 2013.
[13] 侯雪莹. 咪达唑仑糖浆混合液稳定性研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2017.
HOU X Y. Study on the stability of midazolam syrup mixture [D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2017.
[14] 李学敏. 叶酸的合成及稳定性研究[D]. 石家庄: 河北科技大学, 2015.
LI X M. Synthesis and stability of folic acid [D]. Shijiazhuang: Hebei University of Science and Technology, 2015.
[15] 木巴拉克·伊明江, 孙殿甲, 滕亮, 等. 宣肺清热颗粒剂稳定性研究[J]. 新疆医科大学学报, 2003, 26(6): 593-595. DOI:10.3969/j.issn.1009-5551.2003.06.034.
IRMJAN M, SUN D J, TENG L, *et al*. Investigation on the stability of Xuanfeiqingre granules [J]. J Xinjiang Med Univ, 2003, 26(6): 593-595. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5551.2003.06.034.
[16] 张雅秋. 线叶菊黄酮滴丸质量标准及稳定性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古医科大学, 2019.
ZHANG Y Q. Study on quality standard and stability of Filifolium sibiricum flavonoids dropping pills[D]. Hohhot: Inner Mongolia Medical University, 2019.
[17] 刘丽鹤. 富马酸地洛他定片的稳定性及药物动力学研究[D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2003.
LIU L H. Studies on the stabilities and pharmacokinetics of desloratadine fumarate tablets [D]. Shenyang: Shenyang Pharmaceutical University, 2003.
[18] 谢美芬. 创新药物益母草碱质量控制和稳定性研究[D]. 上海: 复旦大学, 2011.
XIE M F. The study on quality control and stability of the innovative drug leonurine[D]. Shanghai: Fudan University, 2011.
[19] 路璐. 创新药物去甲泽拉木醛质量控制和稳定性研究[D]. 上海: 复旦大学, 2012.
LU L. The study on quality control and stability for the innovative demethylzeylasteral [D]. Shanghai: Fudan University, 2012.
[20] 郑国钢. 雷米普利胶囊的质量、稳定性及生物等效性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.
ZHENG G G. Study on quality control, stability and bioequivalence of ramipril capsules [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2008.
[21] 刘婷婷. 钩藤提取物及其制剂的质量控制和稳定性研究[D]. 上海: 复旦大学, 2013.
LIU T T. The study on quality control and stability of the extract of Gouteng and its preparation[D]. Shanghai: Fudan University, 2013.
[22] 张舒. 盐酸丁卡因制剂的杂质和稳定性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2016.
ZHANG S. Study on impurities and stability of tetracaine hydrochloride[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016.
[23] 蔡熠. 创新药物西美替尼质量控制和稳定性研究[D]. 上海: 复旦大学,2012.
CAI Y. The study on quality control and stability of the innovative drug leonurine[D]. Shanghai: Fudan University, 2012.
[24] 董琦鑫. 埃索美拉唑钠质量控制方法及稳定性研究[D]. 上海: 复旦大学, 2013.
DONG Q X. Quality control method and stability of esomeprazole sodium [D]. Shanghai: Fudan University, 2013.
[25] 张志勤. 复方维A酸乳膏的制备、质量控制及稳定性研究[D]. 大连: 大连医科大学, 2013.
ZHANG Z Q. The study of preparation, quality control and stability to compound tretinoin cream[D]. Dalian: Dalian Medical University, 2013.
[26] 钟银杭. 复方阿莫西林干混悬剂的制备与稳定性考察[D]. 泉州: 华侨大学, 2012.
ZHONG Y H. Preparation of compound amoxicillin for dry suspension and its determination of stability[D]. Quanzhou: Huaqiao University, 2012.
[27] 叶平, 吴凡, 王魁英, 等. 西南边境实战演习中的精准卫勤保障组织[J]. 解放军医院管理杂志, 2016, 23(11): 1035-1037. DOI: 10.16770/j.cnki.1008-9985.2016.11.013.
YE P, WU F, WANG K Y, *et al*. Organization of precise medical support in actual combat exercise in southwest frontier area[J]. Hosp Adm J Chin PLA, 2016, 23(11): 1035-1037. DOI:10.16770/j.cnki.1008-9985.2016.11.013.
[28] 王自超. 中印边境战场环境对通信保障的影响及对策[J]. 通讯世界, 2018(3): 78-79. DOI:10.3969/j.issn.1006-4222.2018.03.048.
WANG Z C. The influence of the battlefield environment on the Sino-Indian border on communication support and countermeasures[J]. Telecom World, 2018(3): 78-79. DOI:10.3969/j.issn.1006-4222.2018.03.048.
[29] SPINELLA P C, PERKINS J G, GRATHWOHL K W, *et al*. Warm fresh whole blood is independently associated with improved survival for patients with combat-related traumatic injuries[J]. J Trauma, 2009, 66(4suppl):S69-S76. DOI:10.1097/ta.0b013e31819d85fb.
[30] 葛旭辉. 青藏高原地区长途运输对血液质量安全的影响[J]. 临床输血与检验, 2018, 20(6): 623-624. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2587.2018.06.021.
GE X H. The influence of long-distance transportation in the Qinghai-Tibet plateau on blood quality and safety[J]. J Clin Transfus Lab Med, 2018, 20(6): 623-624. DOI: 10.

3969/j.issn.1671-2587.2018.06.021.

[31] 李志业. 氧氟沙星注射液稳定性的研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2010.
LI Z Y. Study of the stability of levofloxacin injection[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2010.

[32] 沈琦, 程雅琴. 保证血液制品安全性的有效措施(上)[J]. 中国药师, 2006, 9(3): 233-237.
SHEN Q, CHENG Y Q. Effective measures to ensure the safety of blood products(Ⅰ)[J]. China Pharm, 2006, 9(3): 233-237.

[33] 沈琦, 程雅琴. 保证血液制品安全性的有效措施(下)[J]. 中国药师, 2006, 9(4): 318-321.
SHEN Q, CHENG Y Q. Effective measures to ensure the safety of blood products (Ⅱ)[J]. China Pharm, 2006, 9(4): 318-321.

[34] 李东华, 方芳, 刘慧, 等. 火车长途运输对新鲜冰冻血浆质量的影响研究[J]. 军事医学, 2017, 41(9): 786-787. DOI:10.7644/j.issn.1674-9960.2017.09.020.
LI D H, FANG F, LIU H, *et al*. Study on the effect of long-distance train transportation on the quality of fresh frozen plasma[J]. Mil Med Sci, 2017, 41(9): 786-787. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2017.09.020.

[35] 段峰, 魏从光, 朱军. 新时期战备药材的精细化管理[J]. 武警后勤学院学报(医学版), 2013, 22(5): 455-457. DOI:10.3969/j.issn.2095-3720.2013.05.043.
DUAN F, WEI C G, ZHU J. Fine management of war readiness medicinal materials in the new period[J]. J Logist Univ Chin PAPF, 2013, 22(5): 455-457. DOI:10.3969/j.issn.2095-3720.2013.05.043.

[36] 唐哲, 叶常青, 吴风富, 等. 军队医院战救药材的保障管理[J]. 华南国防医学杂志, 2016, 30(1): 53-55. DOI:10.13730/j.issn.1009-2595.2016.01.015.
TANG Z, YE C Q, WU F F, *et al*. Security management of field rescue medicinal material of the military hospital[J]. Mil Med J South China, 2016, 30(1): 53-55. DOI:10.13730/j.issn.1009-2595.2016.01.015.

[37] 陶发胜, 钟珊. 军事卫勤一体化问题的提出及其意义[J]. 西南国防医药, 2021, 31(6): 543-544. DOI:10.3969/j.issn.1004-0188.2021.06.025.
TAO F S, ZHONG S. The issue of the integration of military and medical services and its significance[J]. Med J Natl Defending Forces Southwest China, 2021, 31(6): 543-544. DOI:10.3969/j.issn.1004-0188.2021.06.025.

[38] 金晶, 黄蕾, 胡晶, 等. 冷藏药品保温箱季节性验证的必要性[J]. 中国药师, 2020, 12(12): 2506-2511. DOI:10.3969/j.issn.1008-049X.2020.12.049.
JIN J, HUANG L, HU J, *et al*. Necessity of seasonal verification of medical cold chain boxes[J]. China Pharm, 2020, 12(12): 2506-2511. DOI:10.3969/j.issn.1008-049X.2020.12.049.

[39] 唐长林. 一种带监控功能的医药运输用保温箱: CN210971992U[P]. 2020-07-10.
TANG C L. Medicine transportation heat preservation box with monitoring function: CN210971992U[P]. 2020-07-10.

[40] 贾雍, 王丽娜, 张筱默, 等. 野战医疗队冬季赴高原实施卫勤保障前期准备的思考[J]. 人民军医, 2021, 64(5): 389-392. DOI:10.3969/j.issn.1000-9736.2021.05.002.
JIA Y, WANG L N, ZHANG X M, *et al*. Thoughts on the preparations for the field medical team to go to the plateau in winter to implement medical support[J]. People Mil Surg, 2021, 64(5): 389-392. DOI:10.3969/j.issn.1000-9736.2021.05.002.

[41] 宋钊. 低气压和振动对连续螺纹盖密封性的影响[J]. 中国包装工业, 2013(16): 90-91. DOI:10.14047/j.cnki.cpi.2013.16.003.
SONG Z. Influence of low air pressure and vibration on the sealability of continuous threaded caps[J]. China Packag Ind, 2013(16): 90-91. DOI:10.14047/j.cnki.cpi.2013.16.003.

[42] 陈志强, 尹兴, 魏娜, 等. 运输包装件低气压振动模拟试验方法[J]. 包装工程, 2021, 42(5): 157-162. DOI:10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.05.020.
CHEN Z Q, YIN X, WEI N, *et al*. Simulation test method for low pressure vibration of transport package[J]. Packag Eng, 2021, 42(5): 157-162. DOI:10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.05.020.

[43] 宋钊, 郑全成. 低气压、振动对包装件密封性的影响[J]. 中国包装, 2013, 33(11): 46-49. DOI:10.3969/j.issn.1003-062X.2013.11.020.
SONG Z, ZHENG Q C. The influence of low air pressure and vibration on the sealing performance of packaging[J]. China Packag, 2013, 33(11): 46-49. DOI:10.3969/j.issn.1003-062X.2013.11.020.

[44] 刘筑, 谭可, 温辉, 等. 数字化移动药品装载车在武警部队卫勤保障分队中的应用[J]. 武警医学, 2015, 26(11): 1179-1181. DOI:10.14010/j.cnki.wjyx.2015.11.035.
LIU Z, TAN K, WEN H, *et al*. Application of digital mobile medicine loading vehicle in the medical support unit of the armed police force[J]. Med J Chin PAPF, 2015, 26(11): 1179-1181. DOI:10.14010/j.cnki.wjyx.2015.11.035.

[45] 赵世宜, 霍东芳, 任杰, 等. 高温高湿环境对车辆装备的影响及防护对策[J]. 装备环境工程, 2012, 9(1): 72-74. DOI:10.3969/j.issn.1672-9242.2012.01.017.
ZHAO S Y, HUO D F, REN J, *et al*. Influence of high temperature and humidity environment on vehicle and its protection countermeasures[J]. Equip Environ Eng, 2012, 9(1): 72-74. DOI:10.3969/j.issn.1672-9242.2012.01.017.

(**收稿**:2021-11-23;**修回**:2021-12-12)

(编辑 张 维)