

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240111

• 专题报道 •

晕动症易感性分布特征及不同评估方法的效能比较

潘磊磊^{1△}, 祁瑞瑞^{1△}, 刘志杰^{1,2}, 张玲¹, 赵龙¹, 蔡懿灵¹, 王俊骏^{1*}

1. 海军军医大学(第二军医大学)海军医学系航海特殊损伤防护教研室, 上海 200433

2. 上海理工大学健康科学与工程学院, 上海 200093

[摘要] **目的** 观察人群的晕动症易感性分布特征, 比较修改版晕动症易感性问卷(MSSQ)、晕动症历史问卷和 Graybiel 量表 3 种方法的晕动症评估效能。**方法** 采用 MSSQ 及晕动症历史问卷调查海军某部 A、B、C 单位共 1 661 名男性的晕动症易感性及历史症状。选取 C 单位共 389 名人员进行仿真垂荡刺激, 刺激过程中采用 Graybiel 量表评价晕动症严重程度。采用 ROC 曲线分析 MSSQ、晕动症历史问卷及 Graybiel 量表对晕动症易感性的评估效能。**结果** 该群体中 MSSQ 和晕动症历史问卷评估的总体晕动症易感性分布均呈右偏态, A、B、C 3 个单位的分布特征与总体分布一致, 且三者之间差异无统计学意义。A、B、C 3 个单位中 MSSQ 评分与晕动症历史问卷评分均呈正相关($r_s=0.565$ 、 0.565 、 0.554), 两者对晕动症及重度晕动症发生率的评估效能相当; 而 Graybiel 量表评估的晕动症发生率低于 MSSQ 和晕动症历史问卷(均 $P<0.05$), 重度晕动症发生率高于 MSSQ 和晕动症历史问卷(均 $P<0.05$)。ROC 曲线分析显示, MSSQ 对晕动症易感性及重度晕动症均有较好的预测价值($AUC=0.736$ 、 0.750), 而 Graybiel 量表的预测能力较差($AUC=0.559$ 、 0.557)。**结论** 本研究初步明确了晕动症易感性的总体分布均呈右偏态。在开展防晕动症习服训练时, 可通过 MSSQ 筛选易感人群后进行垂荡刺激以提高训练效能。

[关键词] 晕动症; 易感性; 仿真训练; 历史问卷; 易感性问卷; 效能评估

[引用本文] 潘磊磊, 祁瑞瑞, 刘志杰, 等. 晕动症易感性分布特征及不同评估方法的效能比较[J]. 海军军医大学学报, 2024, 45(8): 958-963. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240111.

Motion sickness susceptibility distribution characteristics and efficacy comparison of different evaluation methods

PAN Leilei^{1△}, QI Ruirui^{1△}, LIU Zhijie^{1,2}, ZHANG Ling¹, ZHAO Long¹, CAI Yiling¹, WANG Junjin^{1*}

1. Department of Nautical Injury Protection, Faculty of Naval Medicine, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

2. School of Health Science and Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China

[Abstract] **Objective** To observe the distribution characteristics of motion sickness susceptibility and compare the efficacy of modified motion sickness susceptibility questionnaire (MSSQ), motion sickness history questionnaire and Graybiel scale in evaluating motion sickness. **Methods** The susceptibility to motion sickness and historical symptoms were investigated using MSSQ and motion sickness history questionnaire among 1 661 males in navy units A, B, and C. A total of 389 people from the unit C were selected for simulating vertical oscillation stimulation, and the severity of motion sickness was evaluated by Graybiel scale during the stimulation process. The evaluation efficacy of MSSQ, motion sickness history questionnaire and Graybiel scale for motion sickness was analyzed by receiver operating characteristic (ROC) curves. **Results** The overall distribution of motion sickness susceptibility assessed by MSSQ and motion sickness history questionnaire in this population was right skewed. The distribution characteristics in the units A, B, and C were consistent with the overall distribution, and there was no significant difference among the 3 units. A positive correlation was observed between the MSSQ and the motion sickness history questionnaire in the units A, B, and C ($r_s=0.565$, 0.565 , 0.554), and both of them were comparable in assessing the incidence of motion sickness and severe motion sickness. However, the incidence of motion sickness assessed by Graybiel scale was significantly lower than that assessed by MSSQ and motion sickness history questionnaire (both $P<0.05$), and the incidence of severe motion sickness was significantly higher than that assessed by MSSQ and motion sickness history questionnaire (both $P<0.05$). ROC curve analysis showed that MSSQ had good predictive value for motion

[收稿日期] 2024-02-19 **[接受日期]** 2024-05-07

[基金项目] 国家自然科学基金青年科学基金(82001993), 军队后勤科研项目(BHJ22J021). Supported by National Natural Science Foundation of China for Young Scholars (82001993) and Scientific Research Program of Military Logistics (BHJ22J021).

[作者简介] 潘磊磊, 博士, 讲师. E-mail: 43062183@qq.com; 祁瑞瑞, 硕士, 副教授. E-mail: qrxq05@126.com

[△]共同第一作者(Co-first authors).

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-81871135, E-mail: Wangjunjin11@hotmail.com

sickness susceptibility and severe motion sickness (area under curve [AUC] = 0.736, 0.750), while the Graybiel scale had poor predictive ability (AUC = 0.559, 0.557). **Conclusion** The right skewed distribution of susceptibility to motion sickness is preliminarily determined. During the acclimatization training for motion sickness, the susceptible individuals can be screened by MSSQ and then subjected to vertical oscillation stimulation to improve the training efficiency.

[**Key words**] motion sickness; susceptibility; simulation training; history questionnaire; susceptibility questionnaire; effectiveness evaluation

[**Citation**] PAN L, QI R, LIU Z, et al. Motion sickness susceptibility distribution characteristics and efficacy comparison of different evaluation methods[J]. Acad J Naval Med Univ, 2024, 45(8): 958-963. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240111.

晕动症是一种异常加速度刺激引起的多系统生理反应。目前普遍认为晕动症由视觉、前庭觉和本体觉之间的感觉冲突引起^[1]。晕动症通常包括晕船、晕机、晕车、太空晕动病及虚拟视觉晕动病等,其中晕船最为常见,严重时可导致头晕、恶心、呕吐、代谢紊乱等症状,直接影响作业能力^[2-3]。海军人员在训练和执行任务过程中常需进行海上长距离投送、换乘运载工具编波、登陆冲锋等一系列战术动作,极易出现不同程度的晕动症症状。晕动症已成为该群体任务期间非战斗性减员的重要因素^[4-5],然而该类群体的晕动症分布情况尚无明确报道。

目前晕动症常用的评估方法主要包括晕动症易感性问卷(motion sickness susceptibility questionnaire, MSSQ)调查、晕动症历史问卷调查及仿真模拟晕动症评价等^[6-10]。现有实验室数据及晕动症调查已证实,晕动症的发生与船舶在海上低频垂荡运动时的高度、加速度大小和高度相关,表明垂荡加速度刺激是诱发晕动症的一个突出因素^[11-12]。本研究通过垂荡模拟刺激和Graybiel量表对晕动症情况进行评估,并结合MSSQ、晕动症历史问卷调查研究海军某部的晕动症易感性总体分布特征,比较Graybiel量表、MSSQ及晕动症历史问卷3种方法对晕动症易感性的评估效能。

1 对象和方法

1.1 研究对象 选取海军某部有出海经历的3个单位共计2 077人作为研究对象(A单位969人,B单位708人,C单位400人),均为男性,年龄为18~32(23.71±3.12)岁,BMI为(21.86±1.81) kg/m²。研究对象经病史询问和档案调查证实无心血管系统、运动系统和内分泌系统等疾病,心理状态良好。

1.2 研究方法 2023年4月,采用由本课题组修订的修改版MSSQ^[13-14]和海训期间晕动症历史问卷进行现场调查。MSSQ的内容主要包括背景问卷(包括年龄、身高、体重)、儿童期间卷(12岁前乘坐交通工具的种类、次数及出现反胃或恶心的频率)、成年期间卷(近10年内乘坐交通工具的种类、次数及出现反胃或恶心的频率);易感指数计算及分级标准则采用修改版MSSQ-R3公式^[13]。海训期间晕动症历史问卷内容包括近期出海过程中的晕动症症状种类。通过面谈形式向研究对象发放问卷,并现场讲解、指导填写。本次调查共发放MSSQ问卷2 077份、晕动症历史问卷1 677份,均成功回收,回收率均为100%。最终获得有效MSSQ问卷1 661份(A单位787份,B单位485份,C单位389份),有效率为79.97%;有效晕动症历史问卷1 453份(A单位767份,B单位297份,C单位389份),有效率为86.64%。

1.3 观察项目 晕动症易感指数、晕动症历史问卷评分及垂荡刺激Graybiel评分。

1.4 模拟垂荡刺激及Graybiel评分 利用自行研发的人用可调垂荡模拟器对C单位研究对象进行仿真垂荡刺激,频率与加速度可调^[14]。依据前期预试验结果,采用正弦波垂荡规律运动(运动频率0.42 Hz,最大加速度0.22 g)连续刺激45 min,刺激过程中采用Graybiel量表进行症状评分,并根据Graybiel评分进行晕动症症状严重程度分级:0分为无症状,1~2分为轻度症状,3~7分为中度症状,≥8分为重度症状^[15]。最终获得有效评分量表389份。本试验经海军军医大学(第二军医大学)医学研究伦理委员会审核批准。根据伦理委员会要求,如受试者出现剧烈呕吐等严重不适反应或受试者无法耐受试验,立即停止刺激。受试者均自愿同意参加试验并签署知情同意书。

1.5 统计学处理 采用SPSS 21.0软件对数据进行分析。计量资料以均值、标准差、众数、中位数等表示;计数资料以人数和百分数表示,组间比较采用 χ^2 检验;相关性分析采用Spearman秩相关分析。检验水准(α)为0.05。

2 结果

2.1 MSSQ评估的晕动症易感性分布特点 MSSQ调查结果显示,晕动症总体易感率为75.56%

(1 255/1 661),易感指数均值为57.61,标准差为64.93,众数为0,中位数为38.016,易感性总体分布为右偏态(偏度=1.588,峰度=3.347);A、B、C单位各自的易感性分布特点与总体分布相同,均呈现右偏态,晕动症易感率分别为74.21%(584/787)、78.14%(379/485)和75.06%(292/389),3个单位之间的晕动症易感率差异无统计学意义($\chi^2=0.471$, $df=2$, $P=0.79$)。见图1。

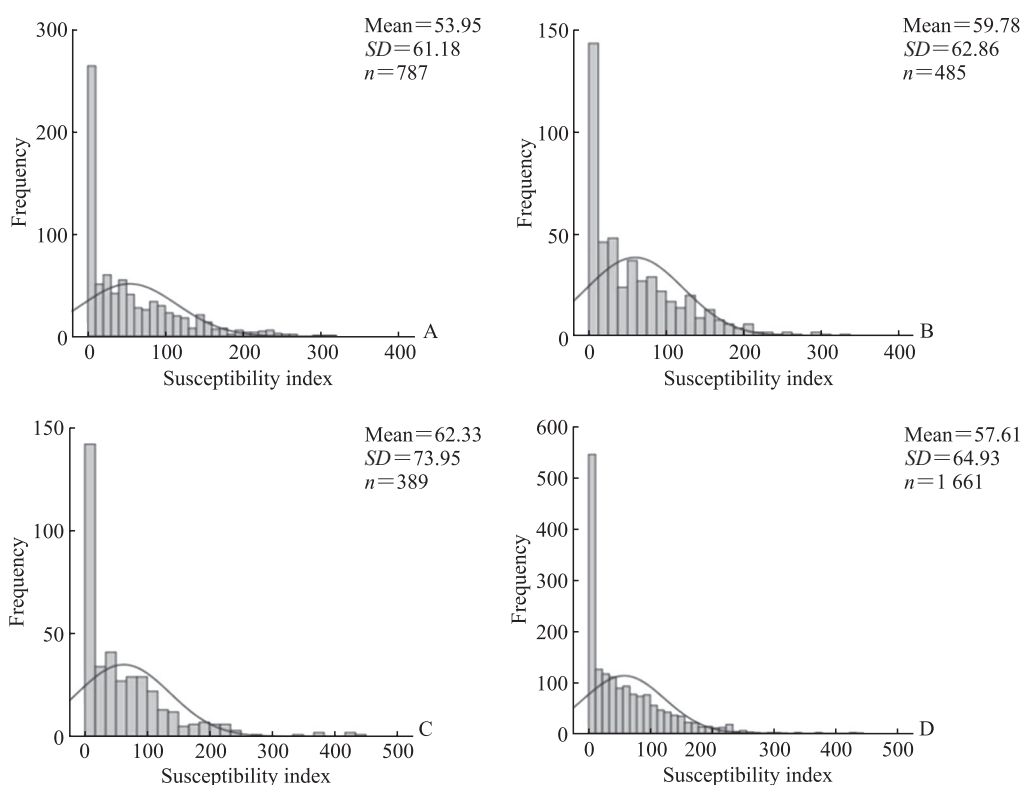


图1 MSSQ评估的总体和各单位受试者晕动症易感性分布情况

Fig 1 Distribution of motion sickness susceptibility in overall and each unit assessed by MSSQ

A: Unit A; B: Unit B; C: Unit C; D: Overall. MSSQ: Motion sickness susceptibility questionnaire; SD: Standard deviation.

2.2 晕动症历史问卷评估的晕动症发生率分布特点 经晕动症历史问卷调查结果显示,晕动症总体发生率为63.87%(928/1 453);Graybiel评分均值为5.33分,标准差为7.00分,众数为0分,中位数为2分,晕动症发生率总体分布为右偏态(偏度=1.163,峰度=-0.265),A、B、C3个单位的晕动症发生率分布特征与总体相同,均呈现右偏态,晕动症发生率分别为63.75%(489/767)、54.88%(163/297)和67.61%(263/389),差异无统计学意义($\chi^2=3.776$, $df=2$, $P=0.151$)。见图2。

2.3 晕动症症状评估的晕动症发生率分布特点 选取C单位受试者389人进行垂荡刺激并采用Graybiel

量表进行评分,结果显示C单位受试者的Graybiel评分均值为7.54分,标准差为8.40分,众数为0分,中位数为2分,晕动症发生率总体分布为右偏态(偏度=0.52,峰度=-1.28),晕动症发生率为56.30%(219/389)。见图3。

2.4 3种晕动症评估方法的效能比较 对不同评估方法之间的整体相关性进行分析得出,A、B、C单位的MSSQ评分与晕动症历史问卷评分均呈正相关($r_s=0.565$ 、 0.565 、 0.554 ,均 $P<0.001$),而Graybiel评分与其他2种方法评估结果无相关性(均 $P>0.05$)。

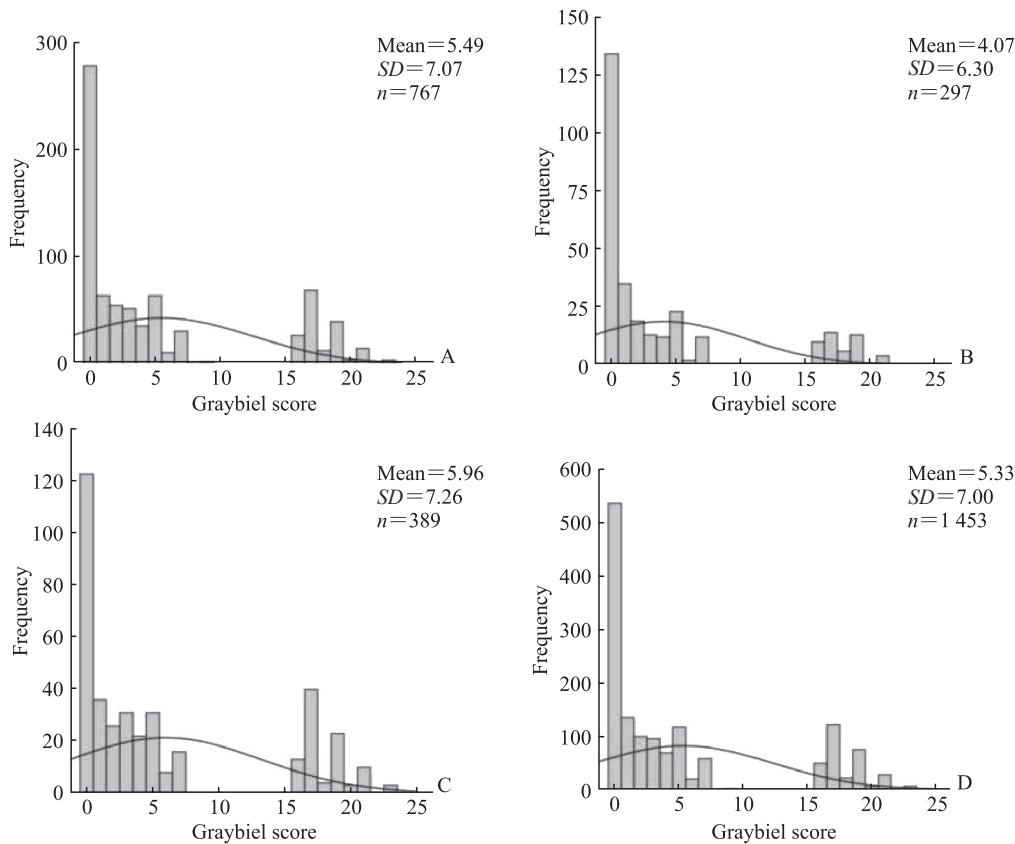


图 2 晕动症历史问卷评估的总体及各单位晕动症分布情况
Fig 2 Distribution of motion sickness in overall and each unit assessed by motion sickness history questionnaire
A: Unit A; B: Unit B; C: Unit C; D: Overall. SD: Standard deviation.

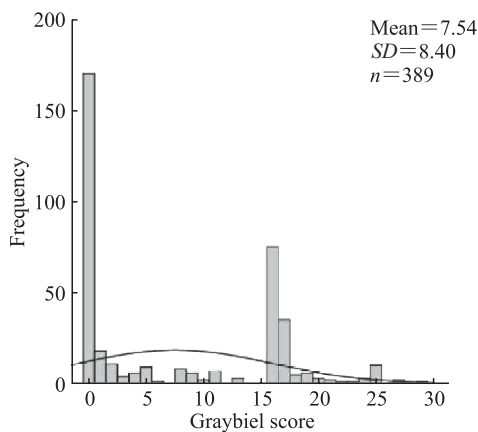


图 3 Graybiel 量表评估的 C 单位晕动症分布情况
Fig 3 Distribution of motion sickness in unit C assessed by Graybiel scale
SD: Standard deviation.

对晕动症发生率进行比较分析, MSSQ、晕动

症历史问卷和 Graybiel 量表 3 种方法评估的晕动症发生率分别为 75.06%(292/389)、67.61%(263/389)、56.30%(219/389), 差异有统计学意义 ($\chi^2=31.633$, $df=2$, $P<0.001$); 两两比较结果显示, Graybiel 量表评估的晕动症发生率低于 MSSQ 和晕动症历史问卷 (均 $P<0.05$), 而 MSSQ 与晕动症历史问卷之间差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

将有晕动症症状的人群分为重度组 (MSSQ 易感指数 >42 且 Graybiel 评分 ≥ 8 分) 和非重度组, 3 种方法对重度晕动症的评估结果差异有统计学意义 ($\chi^2=31.099$, $df=2$, $P<0.001$)。两两比较结果显示, Graybiel 量表评估的重度晕动症发生率高于 MSSQ 和晕动症历史问卷 (均 $P<0.05$), MSSQ 评估的重度晕动症发生率低于晕动症历史问卷 ($P<0.05$)。见表 1。

表 1 不同方法评估重度晕动症的效果比较

Symptom feature	n (%)		
	MSSQ $N=292$	Motion sickness history questionnaire $N=263$	Graybiel scale $N=219$
Non-severe symptom	180 (61.64)	103 (39.16)*	49 (22.37)* [△]
Severe symptom	112 (38.36)	160 (60.84)*	170 (77.63)* [△]

* $P<0.05$ vs MSSQ; [△] $P<0.05$ vs motion sickness history questionnaire. MSSQ: Motion sickness susceptibility questionnaire.

ROC 曲线分析结果显示,以 Graybiel 评分作为判断是否发生晕动症的标准时,MSSQ 和晕动症历史问卷对晕动症的预测价值均较低($AUC < 0.6$);以晕动症历史问卷为标准时,MSSQ 对晕动症易感性具有较好的预测能力($AUC = 0.736$,

95% CI 0.682~0.791, $P < 0.001$, 灵敏度为 72.9%, 特异度为 66.4%),对于重度晕动症也有较高的预测价值($AUC = 0.750$, 95% CI 0.682~0.791, $P = 0.031$, 灵敏度为 89.1%, 特异度为 51.5%)。见表 2。

表 2 不同方法预测晕动症的 ROC 曲线分析结果

Tab 2 ROC curve analysis results of different methods for predicting motion sickness

Evaluation criteria	Evaluation method	Motion sickness		Severe motion sickness	
		AUC (95% CI)	P value	AUC (95% CI)	P value
Graybiel scale	MSSQ	0.518 (0.460, 0.576)	0.539	0.565 (0.507, 0.624)	0.031
	Motion sickness history questionnaire	0.573 (0.516, 0.630)	0.013	0.576 (0.517, 0.634)	0.013
Motion sickness history questionnaire	MSSQ	0.736 (0.682, 0.791)	<0.001	0.750 (0.682, 0.791)	0.031
	Graybiel scale	0.559 (0.499, 0.619)	0.013	0.557 (0.517, 0.634)	0.013

ROC: Receiver operating characteristic; MSSQ: Motion sickness susceptibility questionnaire; AUC: Area under curve; CI: Confidence interval.

3 讨论

与舰艇部队官兵相比,本研究所选取的对象在舰艇上的训练、生活时间较短,晕动症发生的时间段相对明确,且短期内无法形成习服。了解该群体的晕动症易感性分布特点及晕动症症状情况对后续组织开展针对性的防晕动症习服训练具有指导意义。

本研究结果显示,经 MSSQ 调查总体晕动症发生率为 75.56% (1 255/1 661),历史晕动症发生率为 63.87% (928/1 453),2 种方法的评估结果均呈现右偏态分布,且 2 种方法评估结果在 A、B、C 3 个单位之间没有显著差异。MSSQ 包括儿童期和成年期两部分内容,而晕动症易感性存在显著的年龄差异,即儿童期高于成年期,因此采用 MSSQ 评估的晕动症易感率高于实际的晕动症发生率。另外,晕动症的发生受到运输载具的排水量、风浪大小、航渡时长、噪声、温度等多种因素影响^[16-17],而晕动症历史问卷仅收集最近 1 次出海时的情况,船只大小、风浪、人员乘船训练次数等均会影响结果。

文献报道,海军舰艇部队官兵和舰载机飞行员的晕动症发生率分别为 62.4% 和 61.9%^[18-19],本研究中海军某部晕动症发生率略高于舰艇部队和舰载机飞行部队。经调查发现,该单位官兵在海上训练过程中需要换乘重量较小的冲锋舟、皮划艇等,在此阶段载具航速慢,甚至需要停泊在海面上进行编队^[20],相较于大型舰船,该类载具受海上涌浪的影响更明显,可能是晕动症发生率略高于其他涉海单位的原因。

本研究结果显示,MSSQ 与晕动症历史问卷的评估效果呈正相关,且两者之间无明显差异;经 Graybiel 量表评估的晕动症发生率为 56.30% (219/389),低于 MSSQ 和晕动症历史问卷评估结果,但重度晕动症的比例高于 MSSQ 和晕动症历史问卷评估结果,该结果与既往研究结果^[14]一致。进一步对 3 种不同方法的评估效能进行分析观察到,以晕动症历史问卷评估结果为标准时,Graybiel 量表的预测价值较低,AUC 仅为 0.559;而 MSSQ 预测晕动症易感性及重度晕动症的 AUC 值均高于 0.7,具有较好的预测价值。研究表明,机体对不同刺激形式存在晕动症易感性差异^[21-22],舰船在海上的航行过程是一个多方向的复合运动,垂荡模拟器诱导晕动症发生的最主要因素是进行模拟刺激,因此对垂荡运动不敏感的个体其诱导晕动症的效果不明显,导致晕动症发生率偏低;而对于垂荡运动敏感个体来说,由于刺激强度高于实际的舰船垂荡强度,其诱导的晕动症人群中重症比例显著高于 MSSQ 和晕动症历史问卷的评估结果。已有多项研究证实,习服训练是预防晕动症发生的最有效手段^[23-24]。相较于实际海上航行,本研究所用的垂荡模拟器能模拟强度更高的刺激,诱导更高的重度晕动症发生率,因此在实际应用中,可使用 MSSQ 筛选晕动症易感人群,利用垂荡模拟器模拟高海况下舰船的垂荡刺激,以大大提高防晕动症习服训练的效果。

【参考文献】

[1] ZHANG F X, XIE X H, GUO Z X, et al. Evaluating proxies

- for motion sickness in rodent[J]. *IBRO Neurosci Rep*, 2023, 15: 107-115. DOI: 10.1016/j.ibneur.2023.06.006.
- [2] KESHAVERZ B, GOLDING J F. Motion sickness: current concepts and management[J]. *Curr Opin Neurol*, 2022, 35(1): 107-112. DOI: 10.1097/WCO.0000000000001018.
- [3] ZHANG L L, WANG J Q, QI R R, et al. Motion sickness: current knowledge and recent advance[J]. *CNS Neurosci Ther*, 2016, 22(1): 15-24. DOI: 10.1111/cns.12468.
- [4] 张宏,李培富.渡海登岛作战卫勤保障特点与建议[J]. *实用医药杂志*, 2008, 25(5): 631-632. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4008.2008.05.086.
- [5] 蔡懿灵,康鹏,祁瑞瑞,等.某部队晕动症管理及防控[J]. *解放军医院管理杂志*, 2019, 26(11): 1042-1043. DOI: 10.16770/j.cnki.1008-9985.2019.11.012.
- [6] LUKACOVA I, KESHAVERZ B, GOLDING J F. Measuring the susceptibility to visually induced motion sickness and its relationship with vertigo, dizziness, migraine, syncope and personality traits[J]. *Exp Brain Res*, 2023, 241(5): 1381-1391. DOI: 10.1007/s00221-023-06603-y.
- [7] DE WINKEL K N, TALSMA T M W, HAPPEE R. A meta-analysis of simulator sickness as a function of simulator fidelity[J]. *Exp Brain Res*, 2022, 240(12): 3089-3105. DOI: 10.1007/s00221-022-06485-6.
- [8] UGUR E, KONUKSEVEN B O, TOPDAG M, et al. Expansion to the motion sickness susceptibility questionnaire-short form: a cross-sectional study[J]. *J Audiol Otol*, 2022, 26(2): 76-82. DOI: 10.7874/jao.2021.00577.
- [9] 毛宇奇,潘磊磊,苏阳,等.上下垂荡运动刺激下大鼠及人体模拟晕船的反应规律[J]. *解放军医学杂志*, 2020, 45(3): 298-303. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2020.03.12.
- [10] GOLDING J F. Motion sickness susceptibility questionnaire revised and its relationship to other forms of sickness[J]. *Brain Res Bull*, 1998, 47(5): 507-516. DOI: 10.1016/s0361-9230(98)00091-4.
- [11] BOS J E, BLES W. Modelling motion sickness and subjective vertical mismatch detailed for vertical motions[J]. *Brain Res Bull*, 1998, 47(5): 537-542. DOI: 10.1016/s0361-9230(98)00088-4.
- [12] LAWTHORP A, GRIFFIN M J. The motion of a ship at sea and the consequent motion sickness amongst passengers[J]. *Ergonomics*, 1986, 29(4): 535-552. DOI: 10.1080/00140138608968289.
- [13] 潘磊磊,王俊毅,祁瑞瑞,等.修改版晕动症易感性问卷用于晕船易感性判断[J]. *第二军医大学学报*, 2016, 37(2): 220-224. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2016.02.0220.
- PAN L L, WANG J Q, QI R R, et al. Application of revised MSSQ for seasickness susceptibility evaluation[J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2016, 37(2): 220-224. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2016.02.0220.
- [14] PAN L, QI R, XIAO S, et al. Predictive ability of motion sickness susceptibility questionnaire for motion sickness individual difference in Chinese young males[J]. *Ocean Coast Manag*, 2021, 203: 105505. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2020.105505.
- [15] LACKNER J R. Motion sickness: more than nausea and vomiting[J]. *Exp Brain Res*, 2014, 232(8): 2493-2510. DOI: 10.1007/s00221-014-4008-8.
- [16] 李俐,丁振国,叶泽,等.海上晕船因素的分析[J]. *世界海运*, 2013, 36(10): 38-40. DOI: 10.16176/j.cnki.21-1284.2013.10.004.
- [17] 李权超,汪求知,于泱.晕船的影响因素与预防措施[J]. *华南国防医学杂志*, 2008, 22(6): 67-68.
- [18] 王俊毅,姜英杰,潘磊磊,等.海军飞行员晕船现状及对飞行作业能力的影响[J]. *中华航海医学与高气压医学杂志*, 2022, 29(5): 597-600. DOI: 10.3760/cma.j.cn311847-2021-0204-00045.
- [19] 赵后雨,屠志浩,瞿靖芮,等.海军舰艇部队官兵晕船与晕车情况及其相关性分析[J]. *海军医学杂志*, 2020, 41(2): 139-142, 158. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0754.2020.02.006.
- [20] 喻锡成,刘红兵,王艳芳,等.突击上陆阶段两栖作战部队卫生装备需求探析[J]. *海军医学杂志*, 2015, 36(2): 179-180. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0754.2015.02.034.
- [21] GOLDING J F, FINCH M I, STOTT J R. Frequency effect of 0.35-1.0 Hz horizontal translational oscillation on motion sickness and the somatogravic illusion[J]. *Aviat Space Environ Med*, 1997, 68(5): 396-402.
- [22] GOLDING J F, KERGUELEN M. A comparison of the nauseogenic potential of low-frequency vertical versus horizontal linear oscillation[J]. *Aviat Space Environ Med*, 1992, 63(6): 491-497.
- [23] WANG R, YAN Y, TIE Y, et al. Hypoxic acclimatization training improves the resistance to motion sickness[J]. *Front Neurosci*, 2023, 17: 1216998. DOI: 10.3389/fnins.2023.1216998.
- [24] 黎舒涵,潘益凯,周好斌,等.前庭性错觉模拟训练系统的研制与应用[J]. *空军军医大学学报*, 2022, 43(8): 830-833. DOI: 10.13276/j.issn.2097-1656.2022.07.009.

[本文编辑] 杨亚红