

· 中青年学者论坛 ·



唐云翔 海军军医大学(第二军医大学)心理系教授,博士生导师,上海交通大学医学院博士,总后优秀教师,上海市心理健康教育先进个人。研究方向为军事心理障碍及睡眠障碍的发病机制和防治。近年来,所在课题组主要围绕睡眠障碍的影响因素、睡眠剥夺后个体认知和情绪改变、睡眠时长与自杀意念之间的关系及睡眠质量的干预和调节等开展研究。主持国家自然科学基金、军队重大项目分题、全军心理卫生应用性科研重点课题、上海市教育科研课题等研究项目8项。获军队科技进步奖二等奖3项,主编、副主编教材和专著5部,发表论文90余篇。

DOI:10.16781/j.0258-879x.2020.04.0349

军事睡眠研究与实践

唐云翔*, 张瑞珂, 何静文, 王亚婧

海军军医大学(第二军医大学)心理系医学心理学教研室, 上海 200433

[摘要] 睡眠障碍在军人中普遍存在,且历来受到各国军队的普遍重视。军人睡眠障碍原因多样,与军事活动本身、物理因素及军队文化均有一定关系。睡眠障碍会影响军人的体能、认知功能和战斗力。目前人们对军人睡眠问题的表现已经有所了解,随着研究的日益深入,提出了一些干预军人睡眠的方法。在睡眠不足情况下维持军人战斗力的干预方法主要包括小睡、睡眠储备、兴奋剂或药物干预等。部分国家的军队已建立了维护军人睡眠健康的规章制度,涉及预防措施、医疗服务、初期培训和军事任务活动等。我军也应加强军事睡眠领域的研究并从制度层面对军人的睡眠行为加以规范,以更好地应对未来战争的挑战。

[关键词] 军人;睡眠;睡眠障碍;干预;军事;影响;政策

[中图分类号] R 338.63; R 821

[文献标志码] A

[文章编号] 0258-879X(2020)04-0349-10

Research and practice of military sleep

TANG Yun-xiang*, ZHANG Rui-ke, HE Jing-wen, WANG Ya-jing

Department of Medical Psychology, Faculty of Psychology, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] Sleep disorders are common in soldiers, and have always been valued by the military of all countries. There are various reasons for sleep disorders in soldiers, which are related to military activities, physical factors, and military culture. Sleep disorders in soldiers affect their physical fitness, cognitive function, and combat capability. At present, the soldiers' sleep problems have been studied. With the deepening of research, some methods for treating military sleep have been proposed. Under the condition of insufficient sleep, the main intervention methods to maintain the combat capability of soldiers include naps, sleep reserves, stimulants or drug intervention. The military of some countries has established rules and regulations to maintain the sleep health of soldiers, including preventive measures, medical services, initial training and military activities. Chinese troops should also strengthen the research on military sleep and standardize the sleep behavior of soldiers, so as to better cope with the challenges of future war.

[Key words] soldiers; sleep; sleep disorders; intervention; military; influence; policy

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2020, 41(4): 349-358]

[收稿日期] 2020-01-17

[接受日期] 2020-02-09

[作者简介] 唐云翔,博士,教授,博士生导师。

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-81871684, E-mail: tangyun7633@sina.com

睡眠障碍在军人中普遍存在,在执行作战任务的军人中尤其多见。21世纪以来,美军的睡眠障碍发生率大幅增长,从2000年到2009年美国现役军人失眠的发病率增加了19倍^[1]。睡眠障碍会引发军人的一系列健康问题(如焦虑、抑郁情绪等),增加其患多种躯体疾病的可能性。因此,了解导致军人睡眠障碍发生、发展的内在和外在因素,探究其相应的干预措施,对于维护军人的身心健康、提高军人战斗力有着至关重要的意义。

1 军人的睡眠状况

睡眠是个体的基本生理需求之一,战场环境下,持续作战对军人的睡眠提出了巨大的挑战。军人的睡眠问题历来受到各国军队的重视,但直到近代,随着研究手段的进步,与军人睡眠相关的研究才得以深入,如虽然在19世纪初国外学者就开始研究睡眠剥夺对人体的影响,但直到20世纪70年代多导睡眠图在睡眠监测中得到应用并普及后,与睡眠分期相关的研究才成为可能。

现代战争对军人睡眠的影响巨大,军人的睡眠状况普遍不佳。在一项针对部署在西南亚的美国空军的研究中发现,41.7%的研究对象睡眠潜伏时间大于30 min(平均入睡时间为32 min)、40%的研究对象睡眠效率低于85%(平均睡眠效率83%);与军事部署前1周相比,部署条件下军人的睡眠质量显著降低;与值白班的官兵相比,值夜班的官兵睡眠效率更低、睡眠潜伏期更长,同时他们在睡眠过程中觉醒的发生频率更高、持续时间更长^[2]。军人睡眠状况不佳的情况不仅在空军中存在,在其他军兵种中也同样存在。一项关于美国国民警卫队的研究中发现,16.4%的军人存在中等或严重的失眠症^[3]。另有研究发现,军人的睡眠质量与累计服役时间有关,参加军事部署任务的次数越多、总的累计时间越长,军人的睡眠质量越差^[4]。虽然关于中国军人军事部署期间睡眠障碍发生率的数据较为缺乏,但有研究表明,在汶川地震中执行救援任务的官兵睡眠障碍总发生率高达65.7%^[5]。

更严重的是,军人的睡眠状况不佳往往并非独立存在,而是与多种躯体或精神疾病共病,如高血压、冠心病、焦虑症、抑郁症、创伤后应激障碍(post-traumatic stress disorder, PTSD)、物质滥用甚至自杀等,或作为它们的危险因素存在。有证据表明,失眠诊断在患有PTSD和疼痛综合征的军人中更为普遍^[1]。在一项针对美国海军和海军陆战队员的研究中发现,失眠是军事部署归来的军人在创

伤后应激障碍检查表(post-traumatic stress disorder checklist, PCL)中最常报告的症状,33%的受访者报告有失眠症状,在3个月后的随访中这一数据依然没有下降^[6]。目前,用于揭示军人睡眠障碍与其他精神障碍之间因果关系的纵向研究还很有限,但已经取得一些结果。(1)军人在军事部署前的睡眠障碍(如噩梦、失眠)是其在军事部署后被诊断为抑郁症、焦虑症和PTSD的危险因素。例如,Gehrman等^[7]在一项对15 204名军人的研究中发现,在军事部署前存在失眠症状的军人在军事部署结束后更容易被诊断为PTSD、焦虑症和抑郁症;军事部署前睡眠持续时间短(少于6 h)可预测个体军事部署后的PTSD和焦虑症诊断;如果军人在军事部署前同时存在失眠和睡眠时间短,则军事部署后患PTSD和焦虑症的风险会进一步加大。除了睡眠时长和失眠症状,军人睡眠过程中的一些症状(如噩梦)也可作为PTSD的独立预测因素。在一项针对部署在阿富汗的荷兰军人的纵向研究中发现,军人在军事部署前的噩梦症状可有效预测其部署后6个月的PTSD症状^[8]。(2)除了军事部署前的睡眠障碍,军事部署后的睡眠障碍也可以解释军人患PTSD和抑郁症的风险。一项针对29 640名海军官兵的研究发现,军事部署后的睡眠障碍可以解释其军事部署后创伤性脑损伤(traumatic brain injury, TBI)诊断与3~6个月后的PTSD诊断之间的关系^[9]。(3)目前认为睡眠障碍是军人患PTSD及抑郁症的危险因素,睡眠障碍可以很好地预测后两者的诊断。有研究发现,军人在军事部署后4个月的失眠症状是其军事部署后12个月抑郁症和PTSD诊断的重要预测因素,但军事部署后4个月的抑郁症状和PTSD诊断无法预测军人军事部署后12个月的失眠症状^[10]。从上述结果中大致可以推测,睡眠障碍对军人长期的生理和心理影响很大,提前预防、及时治疗军人睡眠障碍有助于更好地预防各种疾病尤其是精神疾病的发生。

2 影响军人睡眠质量的因素

2.1 军事因素 包括军事因素在内的多种因素可以影响军人的睡眠质量。对睡眠产生影响的一种军事因素是军人在执行任务期间的战斗伤亡暴露(combat casualty exposure, CCE),如自身安全遭受威胁、周围人员或同伴受伤或死亡、被俘、受到虐待、自身受伤等。有研究发现,有过CCE经历的军人睡眠障碍的发生率明显高于普通人群^[11]。造成这一现象的原因可能是有过CCE经历的军人会出现持续的警

觉性增高、生理高唤起,而这会对睡眠造成负面的影响。

对军人睡眠产生影响的另一种军事因素与军事活动的固有要求有关。军事任务往往具有很强的突发性,要求军人随时能够投入到战斗中,这很容易造成军人的睡眠不足。美国精神卫生顾问团队(Mental Health Advisory Team, MHAT)在2010年、2012年和2013年对影响军人睡眠质量的因素进行了调查,列出了8种影响军人睡眠质量的因素:夜间工作、快速的战斗节奏、恶劣的睡眠环境、战斗压力、生活压力、疾病、下班后的休闲活动、其他因素。3次调查结果均显示,夜间工作和快速的战斗节奏是最常见的2种干扰军人睡眠的军事因素^[12]。这2种因素对军人睡眠的影响可能与其导致军人生物节律紊乱、心理压力增加及睡眠时间被挤占有关。

2.2 环境因素 军人经常会置身于特殊的、极端的或严峻的环境,这些环境可能对睡眠产生很大的影响。Caddick等^[13]认为影响军人睡眠的4种主要因素是光、噪声、温度和湿度、空气质量。

2.2.1 光 光被认为是影响睡眠-觉醒周期的主要环境提示^[14]。光照会通过改变生物节律影响个体睡眠质量。一项系统综述发现,早晨的强光照射会使个体晚间睡眠时间提早、提高睡眠质量,而晚间的强光照射则会推迟睡眠时间、降低睡眠质量^[15]。在军人群体中的研究表明,睡眠时少量的光照暴露或清醒时的光照不足都可能引起军人的睡眠障碍,增加其觉醒次数,或者使其昼夜节律紊乱,变得难以入睡或难以醒来^[16-18]。因此,潜艇艇员、地下坑道中工作的军人、在夜间执行任务的军人,或执行作战任务需要白天在户外睡觉的军人,他们的睡眠质量都可能受到光线的影响^[19]。

2.2.2 噪声 睡眠的维持需要环境噪声控制在听觉觉醒的阈值范围之内,一旦噪声超过这一阈值,个体就会醒来或从深睡眠阶段向浅睡眠阶段转变。这一阈值因人而异,从40 dB(冰箱的嗡嗡声)到80 dB(正常的街道噪音)不等^[20-21]。在军人所处的环境中噪声非常普遍,机械运转时发出的声音、战斗时的枪炮声、飞机起飞等发出的噪声都远大于该阈值,长期接触这些噪声会导致军人的睡眠紊乱。

2.2.3 温度和湿度 环境的温度太高或太低、湿度太高或太低同样也会影响睡眠。适合睡眠的环境温度在26℃左右,从入睡到觉醒的过程中,环境温度、核心体温和皮肤温度之间有着复杂的关系。如果环境温度不理想,核心体温和皮肤温度之间的

关系就会被破坏,导致觉醒次数增加,从而干扰睡眠^[22-23]。此外,湿度也会干扰睡眠。最适合睡眠的相对湿度水平为40%~60%,一些研究已经证明超出这个范围的湿度会增加睡眠障碍的发生率^[24-26]。野战条件下,军人睡眠时的温度和湿度条件很难达到良好睡眠所需的要求;极端环境(如高原、高寒、高热、沙漠、海岛等地带)下的军事行动,温度和湿度更难达到这一要求,对军人的睡眠造成的影响也更大。

2.2.4 空气质量 环境中空气质量的好坏会影响睡眠质量,研究表明生活在汽车尾气污染较重地区的人员睡眠质量要差于尾气污染较轻地区的人员^[27]。而且空气污染还可能加重已有的睡眠障碍,研究发现睡眠呼吸暂停综合征的患病率在军人中非常高^[28-29],当直径 $\leq 10 \mu\text{m}$ 的颗粒物(PM_{10})浓度升高时患者的症状更加严重^[30],表现为更频繁的觉醒和更少的恢复性睡眠。潜艇、坑道等密闭或通风不良环境中的空气质量常常较差,这会对军人的睡眠产生影响。

2.3 其他因素 长期以来形成的军队文化也可能对军人的睡眠状况产生影响。比如,由于军人角色的特殊性,个体表达睡眠需求可能会被视为软弱或不够坚强。受这种文化的影响,部分有睡眠障碍的军人将不会去表达自己的睡眠需求。美军一项针对2 866名退伍军人的研究发现,大多数退伍军人存在睡眠问题(74%),但其中28%的退伍军人从未向医务人员谈及过自己的睡眠障碍,不寻求医学帮助的原因包括不想服用安眠药(33%)、不喜欢看医生(24%)、不想被贴上标签(23%)、不相信治疗会有效(23%)等^[31]。另外,军人在长期职业训练中形成的任务优先的工作态度可能会使他们将有限的时间更多地投入到工作中,同时压缩自己的睡眠时间。

军人对相应睡眠健康知识的缺乏可能加重他们的睡眠障碍。针对睡眠不足后的嗜睡现象,有些军人习惯于使用兴奋剂(咖啡因、尼古丁)来应对而不是增加自己的睡眠,但这些物质的使用可能会进一步加重睡眠紊乱^[32];有些军人可能会将饮酒作为改善自己睡眠障碍(如噩梦或入睡困难)的手段,但长期或过量饮酒将会恶化他们的睡眠问题^[33]。美军对超过41 000名参加持久自由行动(Operation Enduring Freedom, OEF)和伊拉克自由行动(Operation Iraqi Freedom, OIF)现役军人进行的大规模研究发现,饮酒问题在睡眠障碍军人中普遍存在^[31]。此外,近年来随着电子产品的不断普及,有些军人会将社交网络或电子游戏当作减

轻压力和焦虑的手段。然而一旦这些行为成为习惯,会进一步挤占军人有限的睡眠时间,引发慢性睡眠障碍^[33-34]。

3 睡眠对军人的影响

3.1 睡眠对军人体能的影响 许多军事任务(野外训练、演习、非军事部署和战争等)都需要军人在较长时间内维持良好的体能。有关睡眠不足、睡眠剥夺和失眠等对军人体能产生影响的研究主要集中在20世纪90年代以前,涉及的领域主要包括军人有氧运动能力、无氧运动能力、肌肉强度、耐力等。

3.1.1 睡眠不足和有氧运动成绩 睡眠不足会损害军人有氧运动的成绩。Knapik等^[35]发现持续睡眠限制(连续5晚,每晚仅睡5h)后,军人2英里(3.2 km)跑步成绩明显下降。Keramidas等^[36]则发现,对于缺乏睡眠的军人,增加其睡眠时间(运动前小睡30 min)可以提高其3 km跑步成绩,但是导致这一现象的具体机制并不清楚,未来值得进一步研究。

3.1.2 睡眠不足和无氧运动成绩 睡眠不足与军人无氧运动能力之间的研究主要集中在上肢无氧运动能力和下肢无氧运动能力两方面。目前,关于睡眠剥夺或睡眠限制降低军人上肢无氧运动能力的结果比较一致^[35]。Murphy等^[37]发现,在模拟军事训练任务后(连续5晚,每晚睡4~5h),军人的上肢无氧运动能力显著下降。研究者认为这可能是由于上肢肌肉在平时训练中并没有达到持续作战时的负荷要求,因此上肢无氧运动能力更易受睡眠不足的影响。关于睡眠限制或睡眠剥夺对军人下肢无氧运动能力影响的研究结果并不一致。有研究发现睡眠限制或睡眠剥夺能提高军人下肢无氧运动能力,并认为这可能与军人平时高强度的训练有关^[38]。但也有研究发现睡眠限制会降低军人下肢无氧运动能力^[39]。造成结果不一致的原因可能与不同研究之间采用的运动方式不同有关,也可能与是否控制相关因素(如运动量等)有关。

3.1.3 睡眠不足和肌肉强度 关于睡眠限制或睡眠剥夺对军人肌肉强度影响的研究结论也不一致。Knapik等^[35]发现在睡眠限制(连续5d,每天5h)后,军人2 min俯卧撑和仰卧起坐的最大数量都明显下降;还有研究发现睡眠限制或睡眠剥夺会降低手握力,作者认为这可能与睡眠不足导致肌肉疲倦或影响了相关的运动脑区有关^[38-39]。然而,也有研究发现睡眠剥夺或睡眠限制会提高部分肌群的肌肉

强度,如Knapik等^[35]研究发现5d的睡眠限制后军人最大推力明显增加。这些研究结果的差异可能与研究间采用的实验设计、测试项目、涉及肌群不同有关。

3.2 睡眠对军人认知功能的影响 睡眠不足不仅会对军人的体能产生影响,还会对他们的认知功能造成影响。2012年的一项meta分析显示,睡眠不足主要影响相对复杂的认知功能,如注意力、记忆力等^[40]。一项研究在实验室情境下模拟持续作战对军人认知功能、体能及情绪的影响,结果发现睡眠不足最先损害的是军人认知功能^[41]。在执行作战任务的军人群体中,睡眠不足对认知功能的影响可能导致事故(意外)率的增加^[42]。军人的睡眠问题还会使其日间功能下降,有研究发现持续保持清醒37h后飞行员在飞行模拟器上的表现明显下降^[43]。

Ritland等^[44]对预备役军官中的运动员进行研究发现,夜间睡眠时间较长的人员表现出更强的动机水平及更好的认知功能。在后续的研究中,Ritland等^[45]发现延长1.5h的睡眠时间会明显改善运动员的反应时间和运动表现,且这些改变可持续到干预结束4d后。上述研究表明,睡眠剥夺或睡眠限制会对军人的认知功能产生不利影响,并危害部队的安全与战斗力;在执行任务之前延长睡眠时间或许可改善军人的认知功能,提升其作战能力。

目前常用的测量军人睡眠不足情况下认知功能的工具是精神运动警觉测试(psychomotor vigilance test, PVT),该工具可反映个体持续关注的能力^[46],信度和效度较高,对睡眠不足的测试结果非常敏感,可作为金标准用于睡眠不足的行为学测试,没有练习效应,可重复使用,并且可在野战条件下使用。

3.3 睡眠对军人战斗力的影响 睡眠不足不仅影响军人的认知功能和体能,还会威胁其战斗力。值得注意的是,在保证军人的睡眠时间和维持战斗力之间存在着一定的矛盾。一方面,军事作战任务需要军人能够适应各种环境要求,包括压缩自己的睡眠时间;另一方面,健康指南往往要求军人每晚保证7h的睡眠。现实情况中,在参加军事训练或军事部署任务时,军人普遍处于睡眠不足的状态,每日睡眠不足5h,这会对军人的战斗力造成不利影响。有研究发现,军人夜间睡眠时长与次日炮兵训练的成绩有关,每少睡1h战斗效能下降15%~25%;当睡眠时长仅有4h时(美国陆军在TR350-6中规定的最低每日睡眠时长),军人的战斗效能仅剩15%^[47]。

除了睡眠不足,睡眠惯性(sleep inertia)也会影响军人的战斗力。睡眠惯性是睡眠和清醒之间的过渡时期,在此期间个体的反应能力和警觉性下降^[48]。研究发现,由睡眠惯性而导致的战斗力下降与24 h完全睡眠剥夺导致的战斗力下降相似^[49]。睡眠惯性对军人的战斗力影响重大但很容易被忽略。通常睡眠惯性在醒后3 min内最为明显,10 min后逐渐好转,但在醒后2 h仍可能存在。在军事部署时,军人经常需要快速从睡眠中醒来,恢复警觉性,并立即投入到威胁生命的任务中去(如在基地遭受攻击后需要迅速还击),此时,睡眠惯性对战斗力的影响显得尤为重要。

4 军人的睡眠干预

目前,关于军事睡眠研究的重点主要集中在军人睡眠紊乱的具体表现和影响因素等方面。与这2个方向的研究相比,涉及如何对军人睡眠进行干预的研究要少很多。这些数量有限的干预性研究主要分为两大类:(1)如何对军人的睡眠障碍进行医学干预(如失眠症、呼吸暂停综合征等);(2)如何采取各种措施提高军人在睡眠限制或睡眠不足情况下的战斗力。第1类研究内容因与普通民众并无太大差别,不再赘述。现重点介绍第2类研究内容。

4.1 小睡 小睡是一种保护性行为,通过满足个体想要休息的欲望来维持机体的平衡状态。在军事领域,小睡是一种被长期且广泛使用的策略,用于应对睡眠不足产生的嗜睡和行为能力下降。已有的研究几乎一致认为小睡可以有效缓解睡眠剥夺带来的警觉性降低、嗜睡等症状,但在小睡的具体时间点、小睡的时长方面存在较多争议。Lumley等^[50]研究发现,60 min小睡对于提高睡眠剥夺后个体的警觉性效果最佳;但Kubo等^[51]研究表明,相比于60 min小睡,120 min小睡的个体有更好的慢波睡眠时长,其第2天早上的认知功能表现也更好。还有研究发现,午睡15~20 min后,下午的客观嗜睡现象明显减少,并认为及时午睡大约可以弥补夜间睡眠的1 h^[52-53]。

利用小睡策略来改善军人的行为表现时,需要注意睡眠惯性的影响^[54]。有研究者让研究对象在中等强度睡眠限制(每晚5 h)后进行不同时长的小睡,结果发现10 min小睡效果最好,既能即时增强个体的行为表现又不会引发睡眠惯性,对困倦、疲乏、精力和认知能力的积极影响可持续155 min;而20 min和30 min小睡的个体则会受到睡眠惯性的影响,在唤醒35 min后才出现行为改善^[55]。

4.2 睡眠储备(sleep banking) 睡眠储备指在睡眠剥夺或睡眠限制前予以超过个体生理需求的睡眠时间(每天睡眠9 h以上)。已有研究证实睡眠储备会减少睡眠不足对军人战斗力的不利影响。Rupp等^[56]发现,与睡眠限制(每晚3 h)前正常睡眠的人相比,在睡眠限制前延长军人的睡眠时间(睡眠10 h),可有效提高其睡眠限制期间和恢复期的警觉性,增强其战斗力。Mah等^[57]也有类似的发现,他们的研究结果显示在延长睡眠时间后,篮球运动员PVT测试成绩明显提高,短跑次数和投篮准确率明显提高,而反应时间显著缩短。

4.3 兴奋剂 咖啡因是最常用的精神活性物质^[58],全世界约有80%的人每天摄入咖啡因^[59]。咖啡因通过拮抗腺苷受体来干扰睡眠稳态^[60]。含咖啡因的饮料与食物如咖啡、茶、苏打饮料和巧克力等,几个世纪以来一直被用于调节睡眠和觉醒^[61]。咖啡因可降低睡眠压力的影响,如减少嗜睡、改善行为表现、降低夜间睡眠期间的睡眠深度等^[62-63],尤其是在睡眠压力较大时^[64-65]。咖啡因的另一作用是减轻睡眠惯性的影响。有研究发现,在觉醒后立即摄入咖啡因或持续低水平的咖啡因摄入(咖啡因口香糖),可以减轻睡眠惯性对个体的影响^[66-67]。考虑到咖啡因的平均半衰期约为4 h^[65],因此除非晚上需要工作,否则不建议在夜间使用含咖啡因物质,避免影响晚间睡眠。近年来,随着能量饮料的普及,使用能量饮料提神、减轻疲劳感的军人越来越多。一项在陆军中进行的研究表明,在执行军事任务7个月后有75.7%的军人会使用能量饮料,平均每天的使用量超过2罐^[68]。

4.4 药物 军事上使用精神药物的历史可以追溯到多年以前,特别是在需要军人长时间工作、军人生理睡眠需求无法满足的情况下,这种现象更为频繁。如特种作战人员或战斗相持阶段参战双方的军人,他们需要在数小时和数天的时间内保持清醒,此时很可能需要借助精神药物的帮助以对抗睡眠压力。

安非他明(苯丙胺)在临床上主要用于治疗发作性睡病、注意力缺乏/多动症和某些类型的帕金森病,但在军事睡眠领域,常被用来维持军人较长时间的清醒状态。在一项随机双盲对照研究中,研究者比较了安非他明和安慰剂对64 h长时间保持清醒的直升机飞行员的飞行能力、警觉性、脑电图和情绪状态的影响,结果发现,与安慰剂相比,安非他明可以显著改善飞行员在模拟器上的下降、直线飞行和水平飞行、标准速度转弯和左转弯时的控

制能力;此外,安非他明对于维持个体警觉性、减少脑电图慢波活动、提高能量水平和减少疲劳感也有作用^[69]。

莫达非尼(modafinil)是一种觉醒促进剂,可有效维持个体在睡眠剥夺期间的认知功能,改善情绪、知觉、思维。越来越多的证据表明,莫达非尼比安非他明不良反应更少,但同时保留了后者的所有治疗效果^[70]。莫达非尼现在常被用于需要长时间维持清醒状态的军人,如飞行员^[71]。最近一项研究发现,新加坡空军的237名飞行员在执行飞行任务时服用低剂量(100 mg/d)莫达非尼7年,其不良反应并不明显,仅6人因头痛、焦虑、腹泻、失眠等退出研究^[72]。

5 外军睡眠政策

目前,很多国家的军队已经认识到睡眠对于军人保持和发挥战斗力的重要性,并以政策法规的形式对军人的睡眠作出了要求。美国国防部认为睡眠是影响身心健康和行动准备的重要因素,为此他们制定了一系列的方案和政策来预防和治疗睡眠障碍,以促进军人睡眠健康^[33]。本文以美军为例,从4个方面对美军的睡眠政策进行简要介绍。

5.1 睡眠障碍的预防措施 美国国防部和各军兵种都在努力确定睡眠的优先级,促进睡眠健康,预防慢性睡眠障碍的发生。美国国防部2013年颁发指令(Department of Defense INSTRUCTION, DoDI 6490.05),要求军队实施“作战和战斗应激控制”(Combat and Operational Stress Control, COSC)计划。该计划要求每支部队必须培训和雇佣COSC人员,他们可以“就提高战斗力的心理原则与军队/军人进行协商,并评估、识别和区分战斗应激反应及军人的心理健康状况和顾虑”。该评估方案中非常重要的一部分是确定军人是否存在睡眠不足或患有其他睡眠障碍,以避免其影响战斗力、减少军人受意外伤害风险。一旦认为军人存在上述情况,COSC人员有权进行干预,并将其转交精神卫生人员进行评估和治疗。

为了确保军人有足够的睡眠时长,美军对睡眠时间作出了规定。美国陆军的系列出版物《陆军技术出版物》(Army techniques publication, ATP)对军人睡眠时间提出了建议,如ATP 6-22.5中建议,只要有可能,士兵每晚应保证7 h睡眠;ATP 6-22.5中还建议,为了应对后续的睡眠不足,军人在军事任务前应该每日睡眠9 h以上。虽然这些出版物中对减少军人睡眠障碍提出了预防性建议,但是也应看

到这些建议(最佳睡眠量)与其他规定(最小睡眠量)之间存在着矛盾,比如,美国陆军规定,士兵在野外训练演习中所需的最低睡眠量是每晚4 h。

除了从制度层面对军人的睡眠不足进行预防外,美军还不时采取一些具体措施来促进军人的睡眠质量,比如向军事人员发放配有耳塞、眼罩的“睡眠包”。此外,美国陆军还开展了“三合一行动”(Army's Performance Triad initiative),提出了改善睡眠的系统方案,旨在帮助军人建立良好的睡眠习惯。但目前该计划研究结果还较为有限,其对睡眠质量的影响效果尚未得到证明^[73]。

5.2 睡眠有关的医疗政策 睡眠障碍不仅影响官兵身心健康,还会导致战斗力下降。美军近10年实施了一系列政策法规,对军人睡眠问题的筛查、评估、治疗等进行了规定。比如美国国防部2011年颁布指令(DoDI 6130.03, 2011),明确要求对军人的睡眠障碍进行筛查;美国空军针对因公受伤军人制定了医疗政策,即《空军指南备忘录》(Air Force guidance memorandum, AFGM 44-01.2, 2012)。该政策规定,第1次发生脑震荡的飞行员需要进行8 h不间断的恢复性睡眠。

军事部署后的睡眠问题是抑郁症、焦虑症、PTSD等多种精神障碍的危险因素。对军事部署后的军人睡眠状况进行筛查,有助于精神障碍的早发现、早诊断和早治疗。美国国防部针对军事部署后的军人颁布了一系列政策(DoDI 6490.03, 2011),其中军事部署后健康评估方案(Post-Deployment Health Assessment, PDHA)和军事部署后健康再评估方案(Post-Deployment Health Reassessment, PDHRA)均要求采用自我评估的方式对军事部署后军人的睡眠状况进行评估。

美军的医疗政策中还规定对于一些严重的睡眠障碍,所有军人一经确诊必须退出现役。在美国《陆军条令》(Army regulation)中的《医疗健康标准》(Standards of medical fitness, AR 40-501, 2011)和《海军医疗出版物》(Navy medical publication, NAVMED P-117, 2014)中均规定,一旦军人确诊患有睡眠呼吸暂停综合征,将不能继续服役。

5.3 初期培训中的睡眠政策 美军不同军兵种对新服役人员夜间睡眠时间的规定大致相同,即每晚保证7~8 h不间断睡眠。如美国空军的《空中教育和训练指导指令》(Air education and training command instruction, AETCI)中规定,学员夜间睡眠时长为8 h。此外,《美国空军指令》(Air Force instruction, AFI 11-202, 2010)中还规定执行任务

前12 h不得值班。美国陆军《训练与指挥条令》(Training and doctrine command, TRADOC)中的TR 350-6(2007)与TR 600-4(2008)建议参与训练的士兵每晚睡足7 h,并要求军队为他们提供睡眠管理的技巧。美国海军陆战队则规定在训练期间新兵夜间睡眠时间为8 h,除非被安排警卫任务(Marine Corps order, MCO 1510.32E, 2007)。

5.4 军事任务时的睡眠标准 美军结合不同军兵种的任务需求制定了执行相关任务时的睡眠和休息标准。(1)空军:美国空军规定机组成员在执行任务前12 h内至少有10 h的休息时间,其中要有8 h的不间断睡眠(AFI 11-202, 2010);美国空军还制定了反疲劳管理计划,保证机组成员每24 h内有8 h睡眠(AFI 11-2B-1, 2011),并建议使用小睡(AFI 11-2C-130, 2012)帮助他们调节睡眠周期。(2)陆军:美国陆军的《陆军野战手册》(Army field manual)不仅适用于作战环境,也适用于训练环境。其中睡眠时间要求为每24 h至少7~8 h。对于无法实现7~8 h睡眠的单位,该手册提供了恢复睡眠的策略,如安排小睡。此外,该手册还提供了如何制定睡眠时间表,以及使用咖啡因等方式短期调节睡眠不足的方法。(3)海军:2010年美国海军和海军陆战队的COSC计划中,明确要求海军或海军陆战队指挥官重视睡眠,鼓励军官树立遵守“睡眠纪律”的良好榜样,实现每晚6~8 h的睡眠,并确保在睡眠不足无法避免的情况下为军人提供睡眠恢复的机会。美国海军还对其轮班政策做出了调整,如将原来的每周期18 h(值班6 h、休息6 h、睡眠6 h)转变为每周期24 h、每班8 h的轮班制度,这种轮班方式更符合人体的生物节律。

6 展望

高质量的睡眠对于维护军人基本生理和心理功能、发挥战斗力具有重要作用。未来战争的不确定性、残酷性和复杂性将对军人的睡眠提出挑战。为了更好地应对这种挑战,我军应进一步加强军事睡眠领域的研究,并从制度层面对军人的睡眠行为加以规范,主要包括:(1)加强军事睡眠领域的基础研究,揭示睡眠剥夺、睡眠限制对个体生理、心理功能产生影响的机制;(2)加强军事睡眠领域的应用研究,发现可改善个体心理、生理功能的睡眠管理策略、开发有效的辅助睡眠产品(睡袋、药物等);(3)加强制度和法规建设,有效维护军人的睡眠健康。

[参考文献]

- [1] MYSLIWIEC V, MCGRAW L, PIERCE R, SMITH P, TRAPP B, ROTH B J. Sleep disorders and associated medical comorbidities in active duty military personnel[J]. Sleep, 2013, 36: 167-174.
- [2] PETERSON A L, GOODIE J L, SATTERFIELD W A, BRIM W L. Sleep disturbance during military deployment[J]. Mil Med, 2008, 173: 230-235.
- [3] HANSEN L P, KINSKEY C, KOFFEL E, POLUSNY M, FERGUSON J, SCHMER-GALUNDER S, et al. Sleep patterns and problems among Army National Guard soldiers[J/OL]. Mil Med, 2018, 183(11/12): e396-e401. doi: 10.1093/milmed/usy107.
- [4] HARRISON E, GLICKMAN G L, BECKERLEY S, TAYLOR M K. Self-reported sleep during U.S. Navy Operations and the impact of deployment-related factors[J]. Mil Med, 2017, 182(S1): 189-194.
- [5] 张理义,孔令明.抗震救灾官兵睡眠障碍状况及其影响因素调查与分析[J].人民军医,2011,54:939-940.
- [6] MCLAY R N, KLAM W P, VOLKERT S L. Insomnia is the most commonly reported symptom and predicts other symptoms of post-traumatic stress disorder in U.S. service members returning from military deployments[J]. Mil Med, 2010, 175: 759-762.
- [7] GEHRMAN P, SEELIG A D, JACOBSON I G, BOYKO E J, HOOPER T I, GACKSTETTER G D, et al. Predeployment sleep duration and insomnia symptoms as risk factors for new-onset mental health disorders following military deployment[J]. Sleep, 2013, 36: 1009-1018.
- [8] VAN LIEMPT S, VAN ZUIDEN M, WESTENBERG H, SUPER A, VERMETTEN E. Impact of impaired sleep on the development of PTSD symptoms in combat veterans: a prospective longitudinal cohort study[J]. Depress Anxiety, 2013, 30: 469-474.
- [9] MACERA C A, ARALIS H J, RAUH M J, MACGREGOR A J. Do sleep problems mediate the relationship between traumatic brain injury and development of mental health symptoms after deployment?[J]. Sleep, 2013, 36: 83-90.
- [10] WRIGHT K M, BRITT T W, BLIESE P D, ADLER A B, PICCHIONI D, MOORE D. Insomnia as predictor versus outcome of PTSD and depression among Iraq combat veterans[J]. J Clin Psychol, 2011, 67: 1240-1258.
- [11] BERNTSEN D, JOHANNESSEN K B, THOMSEN Y D, BERTELSEN M, HOYLE R H, RUBIN D C. Peace and war: trajectories of posttraumatic stress disorder symptoms before, during, and after military deployment in Afghanistan[J]. Psychol Sci, 2012, 23: 1557-1565.

- [12] MYSLIWIEC V, WALTER R J, COLLEN J, WESENSTEN N. Military sleep management: an operational imperative[J]. *US Army Med Dep J*, 2016(2-16): 128-134.
- [13] CADDICK Z A, GREGORY K, ARSINTESCU L, FLYNN-EVANS E E. A review of the environmental parameters necessary for an optimal sleep environment [J]. *Build Environ*, 2018, 132: 11-20.
- [14] MISTLBERGER R E, SKENE D J. Nonphotic entrainment in humans?[J]. *J Biol Rhythms*, 2005, 20: 339-352.
- [15] DAUTOVICH N D, SCHREIBER D R, IMEL J L, TIGHE C A, SHOJI K D, CYRUS J, et al. A systematic review of the amount and timing of light in association with objective and subjective sleep outcomes in community-dwelling adults[J]. *Sleep Health*, 2019, 5: 31-48.
- [16] CHO C H, LEE H J, YOON H K, KANG S G, BOK K N, JUNG K Y, et al. Exposure to dim artificial light at night increases REM sleep and awakenings in humans [J]. *Chronobiol Int*, 2016, 33: 117-123.
- [17] OHAYON M M, MILESI C. Artificial outdoor nighttime lights associate with altered sleep behavior in the American general population[J]. *Sleep*, 2016, 39: 1311-1320.
- [18] STOTHARD E R, MCHILL A W, DEPNER C M, BIRKS B R, MOEHLMAN T M, RITCHIE H K, et al. Circadian entrainment to the natural light-dark cycle across seasons and the weekend[J]. *Curr Biol*, 2017, 27: 508-513.
- [19] MANTUA J, BESSEY A, SOWDEN W J, CHABUZ R, BRAGER A J, CAPALDI V F, et al. A review of environmental barriers to obtaining adequate sleep in the military operational context[J/OL]. *Mil Med*, 2019, 184(7/8): e259-e266. doi: 10.1093/milmed/usz029.
- [20] KAWADA T, KIRYU Y, SASAZAWA Y, SUZUKI S. Instantaneous change in transient shift of sleep stage in response to passing truck noise[J]. *Environ Health Prev Med*, 1998, 3: 1-5.
- [21] PILON M, DESAUTELS A, MONTPLAISIR J, ZADRA A. Auditory arousal responses and thresholds during REM and NREM sleep of sleepwalkers and controls[J]. *Sleep Med*, 2012, 13: 490-495.
- [22] KRÄUCHI K, WIRZ-JUSTICE A. Circadian rhythm of heat production, heart rate, and skin and core temperature under unmasking conditions in men[J/OL]. *Am J Physiol*, 1994, 267(3 Pt 2): R819-R829. doi: 10.1152/ajpregu.1994.267.3.R819.
- [23] CANDAS V, LIBERT J P, MUZET A. Heating and cooling stimulations during SWS and REM sleep in man [J]. *J Therm Biol*, 1982, 7: 155-158.
- [24] KINGMA B R, FRIJNS A J, SCHELLEN L, VAN MARKEN LICHTENBELT W D. Beyond the classic thermoneutral zone: including thermal comfort[J]. *Temperature (Austin)*, 2014, 1: 142-149.
- [25] JANSON C, NORBÄCK D, OMENAAS E, GISLASON T, NYSTRÖM L, JÖGI R, et al. Insomnia is more common among subjects living in damp buildings[J]. *Occup Environ Med*, 2005, 62: 113-118.
- [26] OKAMOTO-MIZUNO K, MIZUNO K, MICHIE S, MAEDA A, LIZUKA S. Effects of humid heat exposure on human sleep stages and body temperature[J]. *Sleep*, 1999, 22: 767-773.
- [27] FANG S C, SCHWARTZ J, YANG M, YAGGI H K, BLIWISE D L, ARAUJO A B. Traffic-related air pollution and sleep in the Boston Area CommunityHealth Survey[J]. *J Expo Sci Environ Epidemiol*, 2015, 25: 451-456.
- [28] LETTIERI C J, ELIASSON A H, ANDRADA T, KHRAMTSOV A, RAPHAELSON M, KRISTO D A. Obstructive sleep apnea syndrome: are we missing an at-risk population?[J]. *J Clin Sleep Med*, 2005, 1: 381-385.
- [29] MYSLIWIEC V, MCGRAW L, PIERCE R, SMITH P, TRAPP B, ROTH B J. Sleep disorders and associated medical comorbidities in active duty military personnel [J]. *Sleep*, 2013, 36: 167-174.
- [30] ZANOBETTI A, REDLINE S, SCHWARTZ J, ROSEN D, PATEL S, O'CONNOR G T, et al. Associations of PM₁₀ with sleep and sleep-disordered breathing in adults from seven U.S. urban areas[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2010, 182: 819-825.
- [31] POLLEY M, FRANK D, SMITH M. National veteran sleep survey results and findings[EB/OL]. [2020-01-14]. http://myvetadvisor.com/wp-content/uploads/2013/07/Vetadvisor_sleepreport-1.pdf
- [32] CAPALDI V F, BALKIN T J, MYSLIWIEC V. Optimizing sleep in the military: challenges and opportunities[J]. *Chest*, 2019, 155: 215-226.
- [33] TROXEL W M, SHIH R A, PEDERSEN E R, GEYER L, FISHER M P, GRIFFIN B A, et al. Sleep in the military: promoting healthy sleep among U.S. servicemembers[J]. *Rand Health Q*, 2015, 5: 19.
- [34] HILL C G, BEYMER M R, JARVIS B P, SMITH J D, NICHOLS J N, MYSLIWIEC V, et al. A cross-sectional examination of the association between social media use and sleep among a sample of U.S. army soldiers[J/OL]. *Mil Med*, 2019. doi: 10.1093/milmed/usz423.
- [35] KNAPIK J, DANIELS W, MURPHY M, FITZGERALD P, DREWS F, VOGEL J. Physiological factors in infantry operations[J]. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1990, 60: 233-238.

- [36] KERAMIDAS M E, SIEBENMANN C, NORRBRAND L, GADEFORS M, EIKEN O. A brief pre-exercise nap may alleviate physical performance impairments induced by short-term sustained operations with partial sleep deprivation—a field-based study[J]. *Chronobiol Int*, 2018, 35: 1464-1470.
- [37] MURPHY M M, KNAPIK J J, VOGEL J A. Relationship of anaerobic power capacity to performance during a 5-day sustained combat scenario [EB/OL]. [2020-01-15]. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a181444.pdf>.
- [38] LEGG S J, PATTON J F. Effects of sustained manual work and partial sleep deprivation on muscular strength and endurance[J]. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1987, 56: 64-68.
- [39] TOMCZAK A. Coordination motor skills of military pilots subjected to survival training[J]. *J Strength Cond Res*, 2015, 29: 2460-2464.
- [40] FORTIERBROCHU E, BEAULIEUBONNEAU S, IVERS H, MORIN C M. Insomnia and daytime cognitive performance: a meta-analysis[J]. *Sleep Med Rev*, 2012, 16: 83-94.
- [41] LIEBERMAN H R, NIRO P, THARION W J, NINDL B C, CASTELLANI J W, MONTAIN S J. Cognition during sustained operations: comparison of a laboratory simulation to field studies[J]. *Aviat Space Environ Med*, 2006, 77: 929-935.
- [42] Office of the Surgeon Multi-National Force-Iraq, Office of The Surgeon General United States Army Medical Command. Mental Health Advisory Team (MHAT 9): Operation Enduring Freedom 2013[EB/OL]. [2020-01-14]. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a593777.pdf>.
- [43] LOHI J J, HUTTUNEN K H, LAHTINENE T M, KILPELÄINEN A A, MUHLI A A, LEINO T K. Effect of caffeine on simulator flight performance in sleep deprived military pilot students[J]. *Mil Med*, 2007, 172: 982-987.
- [44] RITLAND B M, SIMONELLI G, GENTILI R J, SMITH J C, HE X, OH H, et al. Sleep health and its association with performance and motivation in tactical athletes enrolled in the Reserve Officers' Training Corps [J]. *Sleep Health*, 2019, 5: 309-314.
- [45] RITLAND B M, SIMONELLI G, GENTILI R J, SMITH J C, HE X, MANTUA J, et al. Effects of sleep extension on cognitive/motor performance and motivation in military tactical athletes[J]. *Sleep Med*, 2019, 58: 48-55.
- [46] BASNER M, DINGES D F. Maximizing sensitivity of the psychomotor vigilance test (PVT) to sleep loss[J]. *Sleep*, 2011, 34: 581-591.
- [47] BELENKY G. The effects of sleep deprivation on performance during continuous combat operations [M]//Institute of Medicine (US) Committee on Military Nutrition Research; MARRIOTT B M. Food components to enhance performance: an evaluation of potential performance-enhancing food components for operational rations. Washington, DC: National Academies Press (US), 1994: 127-135.
- [48] BALKIN T J, BRAUN A R, WESENSTEN N J, JEFFRIES K, VARGA M, BALDWIN P, et al. The process of awakening: a PET study of regional brain activity patterns mediating the re-establishment of alertness and consciousness[J]. *Brain*, 2002, 125(Pt 10): 2308-2319.
- [49] BALKIN T J, BADIA P. Relationship between sleep inertia and sleepiness: cumulative effects of four nights of sleep disruption/restriction on performance following abrupt nocturnal awakenings[J]. *Biol Psychol*, 1988, 27: 245-258.
- [50] LUMLEY M, ROEHRS T, ZORICK F, LAMPHERE J, ROTH T. The alerting effects of naps in sleep-deprived subjects[J]. *Psychophysiology*, 1986, 23: 403-408.
- [51] KUBO T, TAKEYAMA H, MATSUMOTO S, EBARA T, MURATA K, TACHI N, et al. Impact of nap length, nap timing and sleep quality on sustaining early morning performance[J]. *Ind Health*, 2007, 45: 552-563.
- [52] BONNET M H. The effect of varying prophylactic naps on performance, alertness and mood throughout a 52-hour continuous operation[J]. *Sleep*, 1991, 14: 307-315.
- [53] HORNE J, ANDERSON C, PLATTEN C. Sleep extension versus nap or coffee, within the context of 'sleep debt'[J]. *J Sleep Res*, 2008, 17: 432-436.
- [54] TASSI P, MUZET A. Sleep inertia[J]. *Sleep Med Rev*, 2000, 4: 341-353.
- [55] BROOKS A, LACK L. A brief afternoon nap following nocturnal sleep restriction: which nap duration is most recuperative?[J]. *Sleep*, 2006, 29: 831-840.
- [56] RUPP T L, WESENSTEN N J, BLIESE P D, BALKIN T J. Banking sleep: realization of benefits during subsequent sleep restriction and recovery[J]. *Sleep*, 2009, 32: 311-321.
- [57] MAH C D, MAH K E, KEZIRIAN E J, DEMENT W C. The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players[J]. *Sleep*, 2011, 34: 943-950.
- [58] FREDHOLM B B, BÄTTIG K, HOLMÉN J, NEHLIG A, ZVARTAU E E. Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use[J]. *Pharmacol Rev*, 1999, 51: 83-133.
- [59] HECKMAN M A, WEIL J, GONZALEZ DE MEJIA E. Caffeine (1, 3, 7-trimethylxanthine) in foods: a comprehensive review on consumption, functionality, safety, and regulatory matters[J/OL]. *J Food Sci*, 2010,

- 75: R77-R87. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01561.x.
- [60] LANDOLT H P. Sleep homeostasis: a role for adenosine in humans?[J]. *Biochem Pharmacol*, 2008, 75: 2070-2079.
- [61] CAMANDOLA S, PLICK N, MATTSON M P. Impact of coffee and cacao purine metabolites on neuroplasticity and neurodegenerative disease[J]. *Neurochem Res*, 2019, 44: 214-227.
- [62] JAMES J E. Acute and chronic effects of caffeine on performance, mood, headache, and sleep[J]. *Neuropsychobiology*, 1998, 38: 32-41.
- [63] LANDOLT H P. Sleep homeostasis: a role for adenosine in humans?[J]. *Biochem Pharmacol*, 2008, 75: 2070-2079.
- [64] ROEHRS T, ROTH T. Caffeine: sleep and daytime sleepiness[J]. *Sleep Med Rev*, 2008, 12: 153-162.
- [65] SNEL J, LORIST M M. Effects of caffeine on sleep and cognition[J]. *Prog Brain Res*, 2011, 190: 105-117.
- [66] NEWMAN R A, KAMIMORI G H, WESENSTEN N J, PICCHIONI D, BALKIN T J. Caffeine gum minimizes sleep inertia[J]. *Percept Mot Skills*, 2013, 116: 280-293.
- [67] VAN DONGEN H P, PRICE N J, MULLINGTON J M, SZUBA M P, KAPOOR S C, DINGES D F. Caffeine eliminates psychomotor vigilance deficits from sleep inertia[J]. *Sleep*, 2001, 24: 813-819.
- [68] TOBLIN R L, ADRIAN A L, HOGE C W, ADLER A B. Energy drink use in U.S. service members after deployment: associations with mental health problems, aggression, and fatigue[J/OL]. *Mil Med*, 2018, 183(11/12): e364-e370. doi: 10.1093/milmed/usy205.
- [69] CALDWELL J A, SMYTHE N K, LEDUC P A, CALDWELL J L. Efficacy of dexedrine for maintaining aviator performance during 64 hours of sustained wakefulness: a simulator study[J]. *Aviat Space Environ Med*, 2000, 71: 7-18.
- [70] ELIYAHU U, BERLIN S, HADAD E, HELED Y, MORAN D S. Psychostimulants and military operations [J]. *Mil Med*, 2007, 172: 383-387.
- [71] ESTRADA A, KELLEY A M, WEBB C M, ATHY J R, CROWLEY J S. Modafinil as a replacement for dextroamphetamine for sustaining alertness in military helicopter pilots[J]. *Aviat Space Environ Med*, 2012, 83: 556-564.
- [72] OOI T, WONG S H, SEE B. Modafinil as a stimulant for military aviators[J]. *Aerosp Med Hum Perform*, 2019, 90: 480-483.
- [73] TEYHEN D S, ALDAG M, CENTOLA D, EDINBOROUGH E, GHANNADIAN J D, HAUGHT A, et al. Incentives to create and sustain healthy behaviors: technology solutions and research needs[J]. *Mil Med*, 2014, 179: 1419-1431.

[本文编辑] 孙岩