

美国人效能增强技术发展应用

王晓明¹, 李宁², 王新兴¹, 陈学伟¹, 崔博¹, 李曦¹, 李哲^{1*}

1. 军事科学院军事医学研究院环境医学与作业医学研究所, 天津 300050

2. 北京钧鸿科技有限公司, 北京 101409

摘要 美国一直在进行士兵“超级”能力方面的研究, 采用多项举措推动人效能增强技术发展。从顶层战略设计、科研机构任务、经费持续投入3个方面对美国人效能增强技术发展特点进行了综合分析, 概述了美国人效能增强技术在体能、技能、智能等领域研究成果与进展, 并分析了美国人效能增强技术的发展趋势和可能导致的社会伦理学问题。

关键词 人效能增强; 脑机接口; 人机一体; 军事伦理

“人效能增强”旨在通过相关技术和手段, 全面增强军人的体能、技能和智能, 使其适应未来战争, 驾驭未来战争, 并在未来战争中获得优势。

1 美国多举措推动人效能增强技术发展

美国一直在进行士兵“超级”能力研究。1990年, 美国国防部高级研究计划局(DARPA)四星将军 Paul·Gorman 在一篇文章中首次提出“超级士兵”构想, 并在其大力推动下, DARPA 从专注于研发先进武器平台开始向“人效能增强”研究方向拓展^[1]。

1.1 顶层设计战略牵引, 前瞻布局核心领域

一直以来, 美国在“人效能增强”领域进行顶层设计, 出台了相关计划, 制定了发展的具体规划, 在核心技术领域进行了具体部署。2009年, DARPA

提出“生物科技革命计划”, 利用现代生物科技, 提高美国士兵与装备的效能与安全^[2]。2011年, 美国国防部公布“人系统”技术路线图, 《空军科技规划》提出将人效能增强技术纳入规划内容。2014年, DARPA 专门成立生物技术办公室, 将人效能增强提升到新的战略高度, 将其列为顶级优先发展领域之一。2015年, 美国《海军科技战略规划》将作战人员效能作为重点领域^[3]。2018年, 美国陆军研究实验室委托新美国安全中心进行“超级战士”系列研究, 共发布《人效能增强》《超级战士: 总结和建议》等7份报告^[4]。2019年11月, 美国陆军作战能力发展司令部化学生物中心向美国国防部提交了《2050年半机械战士: 人机融合与国防部的未来》报告, 提出了可用于未来战争的4大变革性技术: 脑机接口、视觉增强、听觉增强和光电肌肉骨骼控制系统等^[5]。

1.2 科研机构任务明确, 核心方向各有侧重

美国开展人效能增强的研究单位众多, 这些机

收稿日期: 2020-02-19; 修回日期: 2020-10-17

作者简介: 王晓明, 助理研究员, 研究方向为军事环境与作业医学, 电子信箱: sisuo55123@sina.com; 李哲(通信作者), 副研究员, 研究方向为军事医学情报, 电子信箱: lizheamms@126.com

引用格式: 王晓明, 李宁, 王新兴, 等. 美国人效能增强技术发展应用[J]. 科技导报, 2021, 39(7): 96-101; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2021.

07.011

构在各级科技战略与规划的指导下,定位明确,科研布局系统科学,虽然机构间偶有交叉,但侧重点不同。陆军研究实验室、海军研究实验室、空军实验室分别下设专门机构开展认知增强、人机协同等研究。美国陆军环境医学研究所专门从事特殊环境条件下人效能维持和优化生理学研究。华尔特里德陆军研究所、海军航空医学实验室等主要从事军事认知医学相关研究。美国陆军纳蒂克士兵研发与工程中心,主要从事研究和实验士兵新型武器系统。DARPA生物技术办公室,主要探索影响武器操作和人机交互能力的复杂生物学问题,开展维持、恢复与增强作战人员最佳效能的科学研究^[3]。美国国防部健康与人效能生物技术委员会研究小组,主要职责是评估生物技术的研究与开发应用^[6]。

1.3 经费投入持高,前沿科研顺利开展

人效能增强技术研究是复杂的综合性交叉系统工程,涉及军事、生物、物理、材料、信息等诸多学科,需要持续不断的高经费投入保障科研顺利进行,美国从不同渠道保障经费投入。以DARPA为例,近年来在人效能增强领域重点关注脑机接口,聚焦人机高效协同技术,关注损伤预防与快速恢复等相关项目。其中“可解释的人工智能”(XAI)2017—2019财年经费预算总额5154万美元,此项目之下衍生出“可靠自主性”项目2018—2019财年预算为3272万元;“人机交互”(HMS)项目是DARPA新增项目,2019财年预算为507万元^[7]。2020财年,DARPA预算5400万美元用于生物技术领域,着力提升单兵作战能力,相继部署了“增强人类抵抗力”“基因药物”等提升人耐力相关项目^[8]。在这些领域的持续投入使得美国在该领域的整体进展迅速,并逐步将研究成果部署应用。

2 美国体能增强领域技术进展

美国目前建议采用高强度间歇训练(HIIT)提高士兵体能^[9],同时多渠道探索体能增强的相关技术。

2.1 营养与膳食补充剂增强体能

战区作战人员因为较普通军人经受更多的身体和认知双重压力,例如高海拔反应、超负载、长期

缺乏睡眠、食品供给艰难以及特殊环境等,大多选择营养补充剂增强其部署期间的作业效能。美国海军医学研究中心曾调研了海军海豹部队应用营养补充剂的状况,发现78%军人应用各种各样的营养补充剂。Arsenault等对美国陆军特种部队2215名军人调研,也发现85%的人有摄入营养补充剂史,64%的人正在使用,35%的人由于多种原因每天摄入2次以上营养补充剂。虽然应用营养补充剂一直存在争议,而且缺少美国食品药品监督管理局(FDA)支持,但这些价格较为低廉的营养品确实为美方节省了军费,而且在很大程度上减少了因关节病、听力损伤、创伤性脑损伤等疾病造成的减员,提高了军人作业能力和持久性^[9]。

2.2 穿戴式外骨骼增强体能

外骨骼是一种符合人体结构特征,可穿戴于单兵体外的伴随式智能系统,通过感知人体运动意图同步“跟随”人体运动,借助能源和机械力量能增强单兵力量、运动速度和耐力等机能。DARPA在“增强人体机能的外骨骼系统”(EHPA)项目推动下,发展了下肢型和全身型外骨骼两类研究,最具代表性的是洛克希德马丁公司的HULC下肢外骨骼和萨克斯公司的XOS全身式外骨骼。2013年,美国特种作战司令部开始研发的“轻型战术突击作战服(TALOS)”是一款集成了全身轻型护甲、助力外骨骼、内置显示器、态势感知、生理监控系统的综合性能的先进外骨骼系统,可增强视力和提高态势感知能力。在此基础上,DARPA又发展了“勇士织衣”等柔性外骨骼,以及模仿壁虎攀岩依附能力的“壁虎手套”等。2019年,纳蒂克士兵研发与工程中心与洛马公司和Dephy公司等签署690万美元合同,共同研究其Onyx外骨骼与Exo-boot装置在士兵身上的应用^[9]。

2.3 药物增强体能

20世纪80年代以来,美国开展了一系列特殊作业环境下自体血液再输注的研究,研究表明,自体血液再输注对耐力和高海拔与水下作业的生理能力具有显著增强作用。血液兴奋剂增加了士兵的红细胞计数,使氧摄入量提高了10%。血管内皮生长因子已被研究证实能够增加外周动脉疾病患

者的新血管生成,与耐力的遗传改造类似,促进血管生成可以使士兵的体能更持久。如果向士兵体内引入能够产生镇痛内啡肽和脑啡肽的基因,可以提高士兵的疼痛耐受阈值^[3]。而通过基因药物改进人体代谢效率和性能也能够提高士兵战备水平和战斗力,2017年以来,DARPA启动“基因组防护技术”提升人耐力项目,旨在开发可调节人体各生物系统的药物介入措施,以快速、全面优化作战人员体质^[8]。

3 美国技能与智能增强技术进展

随着战争形态从机械化向信息化转变,武器的复杂程度、信息化程度不断增加,军人面临多维极端环境,需要迅速对大量信息做出分析和回应,并同时多平台任务操作,对军人的技能和认知能力提出了更高要求。

3.1 视觉听觉增强技术增强态势感知和防护能力

随着战场环境的复杂性发展,利用先进的视觉增强可穿戴技术,及时感知和了解原来无法直接观察的战场环境,让士兵变成“千里眼”,成为现代战争需求发展的方向。2011年,DARPA“士兵视觉增强系统”项目,研发了一种隐形眼镜,实现让人眼具备2.8倍光学变焦能力。2016年,DARPA的“神经工程系统设计计划”(NESD)项目,通过植入式系统,辅助失明者重获光明^[10]。2018年11月,美国陆军与微软合作,研制了HoloLens增强现实系统原型,2019年,美国陆军开始使用HoloLens 2进行军事训练和作战。下一步,美国将开展集成视觉增强系统(IVAS)研究,通过先进的感知技术及虚拟现实手段,增强士兵态势感知,该系统有望在2022年和2023年之前推广到“成千上万”的士兵,到2028年实现全面推广^[11]。

美国在听觉增强方面的公开研究项目相对较少,2012年美国研究表明,10%的老兵患有耳鸣,而6%的退伍军人被诊断为某种程度的听力损失。现有的如陆军战术通信和保护系统以及人工耳蜗置换术,对听力有一定的保护和恢复作用,但不能为作业人员提供增强能力,美国下一步计划开发

一种替换或修改中耳骨和耳蜗的技术用于增强士兵听觉能力^[5]。

3.2 脑机接口技术增强认知能力

2016年,DARPA启动“靶向神经可塑性训练”(TNT)项目,旨在探索神经可塑性在智能增强中的作用。DARPA“可解释的人工智能”(XAI),其核心是机器学习与人机交互,寻求创建机器学习与人机交互工具,使依赖于人工智能系统的决策、建议或行动的终端用户,能理解这些系统做出相关决策的原因。2018年,DARPA“下一代非侵入性神经技术”(N3)项目,旨在开发高分辨率的便携式神经接口,在非手术的情况下实现大脑和系统间的高水平通信,从而把先进神经技术应用于健康士兵,支持改善人机交互^[10]。美国陆军研究实验室开展的“认知/情感研究项目”,旨在通过“对神经系统进行电流、化学或生理刺激”,增强大脑的智力和情感能力。同时,DARPA还开展了“恢复主动记忆”项目、“智能神经接口”项目,拟通过进一步开发神经技术,拓展脑机接口的应用,使作战人员能够与系统进行深度思想交互。

3.3 药物增强认知能力

2015版美国《领导者指南:士兵健康与健身》规定了在作战条件下使用咖啡因的指南^[6]。20世纪30年代,安非他命和甲基苯丙胺等药物出现,并在第二次世界大战期间广泛应用于对抗作战疲劳、抑郁以及增强耐力效能。美国对600名士兵进行为期5d的睡眠剥夺研究,发现苯丙胺(10 mg规格)能使士兵在睡眠剥夺3d后保持清醒,安非他命能使士兵在满脚血泡时不顾个人安危继续行军^[3]。美国空军从20世纪80年代末开始批准使用右旋安非他命来维持执行长期任务的机组人员的警觉性,并批准使用莫达非尼,用于治疗嗜睡症和提高轮班人员的警觉性。2015年1月更新的美国《领导者指南:士兵和船员耐力》,也已经批准莫达非尼在美国陆军和海军使用^[6]。近期,美国陆军航空医学研究实验室对认知增强药物的荟萃分析认为“莫达非尼(低剂量和高剂量)显示出作为增强剂的前景”。

3.4 睡眠增强认知能力

研究表明,当服役人员被剥夺睡眠时,认知能

力下降高达70%。2015年4月,兰德公司发布了美方睡眠状况问题报告《军队睡眠:促进美国军人健康睡眠》,第一次全面系统评估了其睡眠问题的发生率及其影响,并提出应对措施与建议。美国最系统的举措是陆军的“三大效能”计划(即营养、运动和睡眠),陆军还在继续资助研究睡眠质量和时长如何影响士兵效能^[9]。美国《领导者指南:士兵健康与健身》提供了关于睡眠的大范围章节,概述了关于充足、规律睡眠需求的明确指导,《领导者指南:士兵和船员耐力》探讨了疲劳的原因及其影响,提到蓝光滤光片,可通过阻拦或过滤从数字屏幕或电子设备发出的蓝光,从而促进人体褪黑激素释放,来帮助实现良好睡眠。

4 未来发展趋势

人类的认知带宽将成为战场上最严重的限制^[12]。而随着基因工程、合成生物学、纳米技术、人工智能以及相关新兴技术的发展和进步,这种限制将会被逐步突破。

4.1 基因工程加强型士兵研究

2017年起,DARPA逐年增加预算开展“基因组防护技术”系列研究(2017、2018、2019财年预算分别为375、1184、1990万美元),2019年9月,DARPA一名高级官员宣布,美国国防部正在开展基因编辑研究,试图编辑和控制士兵的基因组,以更好地保护军队免受生化武器的伤害。2020年2月3日,《科学》杂志网站报道,美国陆军正在启动一项基因改造计划,让老鼠能自己产生神经性毒剂,这样就能抵御外界存在的化学战毒剂,效果可以长达数月之久。美国陆军化学战研究所医学研究部认为让士兵的身体本身成为生产这种生物清除酶的工厂,目前还没有发现基因改造对老鼠产生什么有害影响,也没有发现老鼠对此产生抗体或排异反应^[13]。

4.2 将士兵视为武器系统增强杀伤力

2019年12月17日,美国陆军作战能力发展司令部发布《军队现代化路线图:士兵的杀伤力》^[14],未来将视士兵为整体武器系统,提出美国拟在5个方面提升其杀伤力,一是采用真空微波干燥和超声

波团聚等新兴的食品加工技术,研发营养密度大且轻量化口粮。二是研发穿戴式轻便大功率电池与单兵增强系统集成,使目前装备的徒步士兵电池的性能和续航时间翻一番。三是加强开展定向能生物效应与头戴式集成安全防护研究,将士兵需要多域操作的传感器和信息显示集成到基于头盔的系统中,增强人杀伤效能。四是研发随行无人自主系统提高士兵态势感知能力,增强防区外保护和提高对环境的态势理解。五是开展士兵效能实时监测评估研究,制定《衡量和推进士兵战术准备和效能计划》,使军队能够客观、全面地衡量士兵和小队的表现。

4.3 打造人机一体协同的半机械人

2019年8月,美国国防部生物技术委员会研究小组研究了美国未来30年,集成在人体内的设备在增强和提高人效能方面的潜力,预测了2050年的技术发展及其潜在的军事应用,形成《2050年半机械人:人机融合及其对国防政策的未来影响》^[5]。整体而言,美国未来将致力于打造人机一体协同的半机械人,将在4个方面有所突破:一是植入式眼部增强系统实现感官融合能力,使感官感知超出正常可见光谱,识别复杂环境目标;二是穿戴式光电肌肉骨骼控制系统实现肌肉骨骼快速恢复与控制,并在人与外部系统之间提供实时接口,让作战人员与外部系统实现动态自适应耦合;三是直接替换或修改中耳骨和耳蜗增强听觉能力,实现高强度噪声防护,并通过识别和放大低强度声音、被动传感器传输或回声定位,结合先进的通信设备,显著提高态势感知能力;四是通过人脑直接神经增强技术实现人机双向信息交互,有效增强了指挥控制人员的战场态势感知。

5 可能引发的社会法律与伦理学问题

“半机器人”这个词最早是在1960年由Manfred Clynes和Nathan Cline撰写的美国国家航空航天局(NASA)长期太空旅行研究报告中使用的。可以定义为一种通过其有机(肉)和生物机电(机器)部分的动态相互作用而优化的有机体。生物学家

和哲学家 Donna·Haraway 的著作《半机器人宣言》中提到,拥有心脏起搏器或植入式心脏复律除颤器的人将被视为半机器人^[5]。而未来 30 年里可能出现的半机械人,将不仅是增强功能,还可以促使机体从损伤或疾病中恢复功能,也可通过一系列改变提高人员作业能力,而这种改变势必带来一系列法律、安全和道德问题。

5.1 美国将进一步推动其在该领域的主导地位

美国将在全球范围开展这项技术在军事应用领域的评估^[6],利用论坛平台推动实现盟国支持,同时尽快研究出台相关法律、安全和道德框架和条文,努力扭转公众和社会对部署增强技术军事化应用的负面认识;通过开展桌面兵棋推演衡量非对称技术对战役、战术的影响,建立非政府主导的人机协同增强技术研发体系,以维持美国在人机协同技术领域的主导地位,避免其他国家在相关领域的赶超;同时美国国防部将加大支持基础研究力度来验证人机融合技术,并跟踪个体和群体的长期安全性和社会影响,最大限度地发挥其技术应用潜力又避免技术滥用。

5.2 需要进一步论证增强型士兵的伦理问题

美国对未来生物技术带来的潜在变化并没有做好充分准备^[6]。一方面增强手段用于个体,是否需要征得个体同意,个体如何平衡内心认同与行政服从;另一方面增强的边界在哪,是穿戴式的暂时性增强还是基因改变的永久性增强,谁来决定这个边界,并对永久性增强可能带来的风险负责;再有增强后的个体对自我以及他人是否认同,他人对增强个体会持有怎样的态度,能否在增强后融入群体,这些都是需要进一步论证的重要课题。

5.3 美国需要进一步关注人效能增强技术的风险

美国国防部需要尽快开展人效能增强技术风险评估研究,就军事环境中使用这些技术的政策展开跨学科对话,并进一步考虑军队是否有资格获得和部署使用这种人效能增强技术,进一步论证这些增强型技术是否使士兵成为《日内瓦公约》中界定的武器或将其转变为生物武器,是否具有可逆性。美国部分专家也意识到这项技术已经开始超越政策,而立法也变得越来越困难。现有的武装冲突法

律只侧重于传统武器、战场和个人责任,全球需要围绕未来文明冲突,发展和研究制定新技术下武装冲突法律体系,包含新技术的发展标准,这不仅是因为现行武装冲突和战争现行法律已经不足以涵盖所有冲突样式,而是在网络冲突和武器与人形成复杂系统的时代,军事和非军事的界限已经逐渐模糊,需要全球共同关注其可能带来的法律边界及其他政策问题。

6 结论

人效能增强技术已成为未来科学技术发展的热点,众多与打造“超级战士”相关的新兴技术纷纷取得突破性进展,中国应重点关注与“超级士兵”相关新兴技术,如新材料技术(增强防弹衣防护能力、减轻外骨骼重量以及具有特殊功能的其他新材料)、电池技术(增加可穿戴设备或外骨骼续航时间)、生物技术(主要包括基因编辑技术、神经科学、合成生物学和生物药物等)、3D 打印、机械制造和信息技术等的基础研究。同时,不论科技如何发展,人始终是决定战争胜负的关键环节,尤其是利用机械、信息、生物等高新技术对人体进行改造,提升人驾驭武器装备的能力,不能单纯从提升武器装备的打击效能出发,必须要以人为核心,系统整合武器装备打击效能、安全操作和有效运行需求,设定安全红线,提升整体效率。

参考文献(References)

- [1] 刘发鹏. 美方“超级士兵”发展现状及对我启示[EB/OL]. (2019-12-09)[2020-02-19]. <http://dy.163.com/v2/article/detail/EVTQ1SDD0514R8DE.html>.
- [2] 李长芹, 楼铁柱, 刁天喜, 等. 美方生物交叉技术发展战略分析[J]. 人民军医, 2017, 60(3): 227-229.
- [3] 李长芹. 军事作业医学关键问题与美方发展借鉴研究[D]. 北京: 中国人民解放军军事医学科学院, 2017.
- [4] 刘发鹏. 美方的“超级士兵”离投入实战还有多远[EB/OL]. (2019-12-18)[2020-02-19]. <https://cj.sina.com.cn/articles/view/5623014947/14f28662301900ngbm>.

- [5] Cyborg Soldier 2050: Human/machine fusion and the implications for the future of the DOD[EB/OL]. (2019-11-25)[2020-02-19]. <https://madsicblog.tradoc.army.mil/193-cyborg-soldier-2050-human-machine-fusion-and-the-implications-for-the-future-of-the-dod>.
- [6] Paul Scharre and Lauren Fish. Human performance enhancement[EB/OL]. (2018-11-07) [2020-02-19]. <https://www.cnas.org/publications/reports/human-performance-enhancement-1>.
- [7] Department of defense fiscal year (FY) 2019 budget[EB/OL]. (2018-02-27)[2020-02-19]. <https://www.darpa.mil/attachments/DARPAFY19PresidentsBudgetRequest.pdf>.
- [8] DOD Releases fiscal year 2020 budget proposal[EB/OL]. (2019-03-12) [2020-02-19]. <https://www.defense.gov/Newsroom/Releases/Release/Article/1782623/dod-releases-fiscal-year-2020-budget-proposal>.
- [9] 美方签 690 万美元大单研发外骨骼欲打造“超级士兵”[EB/OL]. (2018-11-30) [2020-02-19]. <https://news.163.com/18/1130/21/E1T2L60700018750.html>.
- [10] 李长芹, 程鲤, 张子义, 等. DARPA 生物科技项目部署解析[J]. 科技导报, 2018, 36(4): 51-57.
- [11] 美方试用新型视觉增强系统: 令士兵战力大幅提升[EB/OL]. (2019-04-11) [2020-02-19]. <https://mil.news.sina.com.cn/2019-04-10/doc-ihvhiewr4650223.shtml>.
- [12] Gerasimov V. The value of science is in the foresight: New challenges demand rethinking the forms and methods of carrying out combat operations[EB/OL]. (2016-02-28) [2020-02-19]. <https://jmc.msu.edu/50th/download/21-conflict.pdf>.
- [13] 美方启动士兵基因改造计划 用于对抗化学武器[EB/OL]. (2020-02-03)[2020-02-19]. <https://mil.news.sina.com.cn/world/2020-02-03/doc-iimxxste8396542.shtml>.
- [14] Maj G, John A G. Ccdc's road map to modernizing the army: Soldier lethality[EB/OL]. (2019-12-17)[2020-02-19]. <https://asc.army.mil/web/news-alt-jfm20-ccdc-road-map-to-modernizing-the-army-soldier-lethality>.

Overall layout and development trend of the application of human efficiency enhancement technology in the US

WANG Xiaoming¹, LI Ning², WANG Xinxing¹, CHEN Xuewei¹, CUI Bo¹, LI Xi¹, LI Zhe^{1*}

1. Institute of environmental medicine and occupational medicine, Academy of Military Medical Sciences, Tianjin 300050, China

2. Beijing Junhong Technology Co., Ltd., Beijing 101409, China

Abstract The U.S. has always been interested in "super" efficiency of soldiers, and has taken various measures to promote the development of human efficiency enhancement technology. This paper analyzes the development characteristics, including top-level design strategic traction to deploy forward-looking layout of core areas, tasks of scientific research institutions focusing on different core directions, and investment to ensure smooth development of cutting-edge scientific research. It systematically combs the U.S. army's researches and achievements in human efficiency enhancement in terms of physical strength, skills, and intelligence. It also discusses the development trend of the field, as well as possible social legal and ethical problems and specific measures and suggestions.

Keywords human performance enhancement; brain computer interface; man-machine integration; military ethic ●



(责任编辑 傅雪)