



国家出版基金资助项目
国家社会科学基金军事学项目：
生物技术与新一轮军事变革



生物科技引领新一轮军事革命
强军目标主题出版重点选题



Opportunities in
Neuroscience
for Future Army Applications

神经科学 给美陆军带来的机遇

原著 / (美)《神经科学给美陆军带来的机遇》委员会
陆军科学技术委员会
工程与物理科学部
美国科学院国家研究委员会

翻译 / 楼铁柱 吴曙霞等



军事医学出版社



· 神经科学给美陆军带来的机遇 ·

Opportunities in Neuroscience for Future Army
Applications

原 著 （美）《神经科学给美陆军带来的机遇》委员会

陆军科学技术委员会

工程与物理科学部

美国科学院国家研究委员会

翻 译 楼铁柱 吴曙霞 高云华 苏文娜 赵晓宇

李丽娟 张 音 刘 术 刁天喜 王 磊

军事医学出版社

· 北 京 ·

This is a translation of *Opportunities in Neuroscience for Future Army Applications* by Committee on Opportunities in Neuroscience for Future Army Applications; National Research Council © 2009. First published in English by the National Academies Press. All rights reserved. This edition published under agreement with the National Academy of Sciences.

总政治部宣传部版权局著作权合同登记号：图字：军-2014-126号

图书在版编目(CIP)数据

神经科学给美陆军带来的机遇 / 美国《神经科学给美陆军带来的机遇》委员会等主编；楼铁柱等译.

—北京：军事医学科学出版社，2015.10

(生物科技引领新一轮军事革命)

ISBN 978-7-5163-0401-3

I. ①神… II. ①美…②楼… III. ①神经科学-应用-陆军-军事技术-美国 IV. ①Q1891②E712.51

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第293720号
(军事医学科学出版社正式更名为军事医学出版社)

责任编辑：孙宇 张淙 李霞 王静雪

出版：军事医学出版社

地址：北京市海淀区太平路27号

邮编：100850

联系电话：发行部：(010) 66931049

编辑部：(010) 66931127, 66931039, 66931104

传真：(010) 63801284

网址：<http://www.mmssp.cn>

印装：中煤涿州制图印刷厂北京分厂

发行：新华书店

开本：710mm×1000mm 1/16

印张：19.75

字数：227千字

版次：2015年10月第1版

印次：2015年10月第1次

定价：90.00元

本社图书凡缺、损、倒、脱页者，本社发行部负责调换

《生物科技引领新一轮军事革命》丛书

编译委员会

主 任 贺福初

副主任 李瑞兴 徐天昊 毛军文

委 员 (按姓氏笔画为序)

刁天喜 王 磊 王松俊 孙 宇 杜 旻

伯晓晨 吴 东 吴海涛 张明华 陈 岩

范 明 郁成雨 郭 磊 徐 池 焦 剑

董 罡 楼铁柱 雷二庆

秘 书 陆倍倍

译者序

史往今来，先行者胜、先胜者王。面对国防和军队现代化的强烈需求，以军事医学科学院为首的我国防生物科技力量，积极响应习主席强军号令，勇于担当，将眼光投向未来，提出了抢先发展国防生物科技、抢夺生物化军事革命先机、为实现中国梦争做未来先锋的时代命题。

月晕知风，础润知雨。现代生物科技及其与信息、纳米、认知等科技领域的交叉融合，将对武器装备、作战空间、战争形态等产生革命性影响。今日，生物化军事革命浪潮风生云起，这将是人类进入新千年后的第一次军事革命，它也是近五千年来由生物科技发端的第一次军事革命。

以美军为代表的发达国家军队对此高度重视，并已展开全方位的战略部署。2014年4月1日，曾孕育互联网与GPS、被誉为“全球军事科技发展风向标”与“美国最伟大科技创新工厂”的国防高级研究计划局（DARPA）正式设立生物技术办公室，旨在“改变游戏规则、创造游戏规则”，从国家安全的战略高度强化生物科技与工程科技、信息科技等的交叉融合及其统领与辐射作用，进一步巩固其在国防科技领域的领先地位。正如DARPA局长阿尔提·普拉巴卡尔在国会众议院听证会上所指出的，生物是大自然的终极创新者，任何创新都应该利用系统复杂的生物学大师

来获取灵感与解决方案。美国这一最新动向预示，生物科技将成为未来军事革命和大国博弈的战略制高点。

他山之石，可以攻玉。军事医学科学院精心策划，组织精干人员遴选和编译了外国系列专著和报告，形成了本套精品丛书。

我相信，这套丛书对我军现代化建设，尤其是从大到强的转型发展，具有重要的借鉴价值，必将产生深远的历史性影响。

是为序。

军事医学科学院院长、中科院院士

贺福初

二〇一五年九月二十五日

译者前言

新兴的神经科学发展机遇，对于提高军队士兵的作业能力和士兵战斗能力有着巨大的潜力。美军对神经科学技术的军事应用一直高度关注，并且已经开展了深入研究。

2009年5月，美国国家科学院正式出版题为《神经科学给美陆军带来的机遇》的报告，该报告是在美国国家科学院研究委员会下属的陆军科学技术委员会主持下撰写的。报告系统分析了基于神经科学的新技术的发展基础，以及它们未来对陆军军事能力产生影响的可能性。报告指出功能磁共振成像（fMRI）和计算神经科学等技术的进展，将推动开发出新型的技术与装备，可以更好评估认知的神经基础，实现大脑过程的可视化。这些技术进展有可能在训练、决策、应激作业能力、认知适应、脑机界面、神经状态生物标志物等领域，带来新的发展方向，具有巨大的军事应用前景。

报告中系统提出了美陆军未来开展神经科学研究的重点与优先领域及方向，既能提供对神经科学发展现状的有价值视角，也能对神经科学的军事应用前景提供清晰的观点。为了提高人们对神经科学未来军事应用前景的认识，我们全文翻译了该报告。由于翻译和审校水平的限制，不当与错误之处在所难免，敬请批评指正。

译者

二〇一四年四月

摘要

新兴的神经科学发展机遇，对于提高士兵作业能力和增强士兵战斗能力有着巨大的潜力。在更广泛的科学与医学领域内加强研究与投入，可以为未来军事应用打下基础。这既包括了陆军感兴趣的传统领域，例如训练、决策、应激作业能力等；也包括了一些新兴领域，例如认知适应、脑机界面、神经状态生物标志物等。

功能磁共振成像（fMRI）和计算神经科学等研究促进型技术的进展，推动开发出新型的技术与设备，可以更好评估认知的神经基础，实现大脑过程的可视化。这些技术进展有可能为士兵训练与学习提供新措施，还将会给陆军传统的行为科学方法带来新的发展方向。目前陆军开展的大部分神经科学研究，很少考虑对军事行动的长期应用潜力。本报告讨论了陆军正在开展的大量工作，重点是非医学应用领域，以及具有潜在军事应用前景的研究。

一、研究方法

负责采办、后勤与技术的陆军助理部长（ASAALT）要求BAST开展神经科学军事应用前景研究，第一章详细介绍了本研究的任务声明以及报告对每项任务的回应措施。

根据ASAALT的请求成立了“神经科学给美陆军带来的机遇”委员会来开展此项研究，委员会成员都是特别挑选出来的，不仅

具备传统与新兴神经科学各学科的专业背景，还具有科研、军事行动、医学、训练（例如记忆与学习、评价、决策、预测和意图阅读）等相关专长。委员会成员简历请见附录 A。

陆军首先通报了神经科学研究的范围，委员会成员据此划分成不同的数据收集小组。附录 B 介绍了委员会举行的历次会议和数据收集小组的活动。委员会将不同的信息流汇集在一起，并就报告的结论与建议达成一致意见，各小组收集的信息按内容分章撰写，包括：训练与学习、决策优化、维持士兵作业能力、提高认知与行为能力、神经技术机遇和长期发展趋势。

委员会的任务是确定研究和技术发展机遇，并提出值得在近期、中期和远期投入的建议领域，建议 1 到建议 15 提出了高回报的研究机遇。技术发展机遇按研究主题划分为高优先（表 S-1，同表 7-1）、优先（表 S-2，同表 7-2）和未来发展前景值得监测（表 S-3，同表 7-3）。委员会认为表 S-1 和 S-2 中的所有主题都值得立即进行研究投入。“高优先级”和“优先”分组中的优先排序取决于其对陆军的重要程度。

委员会一致认为，在短期内军队将主要从第三到第六章中讨论的教育、评估、训练等认知神经科学进展中获益，分子和细胞神经科学进展是否会对陆军行动产生重要影响未进行评估，至于系统神经科学的军事价值还可能相当遥远。此外，委员会认为，无创技术研究将最有可能在 5 ~ 20 年内实现陆军应用，然而，神经科学的部分研发领域可能有巨大的陆军应用前景，陆军应当指派专家负责监测其进展情况。

除了与任务声明相对应的 15 项建议之外，委员会还提出了

16、17 这两项综合建议，它们对于陆军有效开展神经科学研究是必不可少的。建议 16 涉及建立一个系统广泛地监测神经科学进展的机制，以紧跟科技发展，并不断从中选择具有陆军应用前景的领域。建议 17 鼓励陆军探讨如何利用神经科学研究发现的个体差异和人因素的进展。

二、陆军应用领域的机遇

陆军从神经科学研究中获益的机遇来自于对其他机构（包括学术研究、政府和商业部门的研发等）研究成果的利用，以及对陆军特别关注领域的选择性投入。

1. 训练与学习

神经科学可以拓展并改善陆军用于训练和学习的传统行为科学方法。例如，神经科学可以提供新的手段评价训练模式的好坏以及学习是否达到了预期的目的。神经精神指标有助于评价受训者是否具备了完成任务所需的知识和技能。这些评价工具还可以帮助陆军评价个体的差异性，以针对个体改进训练设置。

建议 1 陆军应该调整研究能力，充分利用神经科学的新进展，加强、评估、拓展训练与学习的方法。在训练前的测试方法中，应增加基于神经科学的指标。特别是，这些指标应可以发现个体之间在学习上的差异，以便改进训练，优化个人的学习能力。陆军目前严重依赖广谱通用性指标预测训练的有效性和个人的成功率。在分配任务之前，预测士兵成功的几率，可以减少培训支出，避免不能完成任务的情况。与已有的预测指标相比（结论 1），士兵作业能力的神经学指标还需要进一步研发，以实现陆军应用。

在描述个人能力、满足执行高价值任务的要求方面，现有的方法未包括神经精神学、精神心理学、神经化学或神经遗传学的内容。要充分利用神经科学领域的研究成果，可以首先经验性地采用一些相对简单的神经精神测试，找出测试结果与成功完成高级任务之间的联系。这种联系具有预测价值，可用于今后同样任务的候选人选拔。

建议 2 陆军应该研究对候选人的神经精神测试方法，为下一步接受高级任务培训做准备。通过这种方法，陆军可以确定，是否能够总结出特定任务的神经精神特征，与已有的任务标准相结合进行有效的预测。如果研究结果良好，陆军应该进一步开发多种特殊任务的神经精神特征。

2. 决策优化

可以预见到人类的决策效率低下，而且往往是非最佳决策，特别是当决策需要评估风险，或是在压力下做出决策。个体之间的决策方式存在差异，例如，有些人更冲动，而有些人更慎重，风险承受力低。就能承受风险与规避风险的两个人而言，这些差异并不意味着谁必然比谁更好或更坏。从体制（陆军）的角度来看，不同的决策风格可以使不同的个人承担不同的任务，反之，不同的任务需要不同决策风格的个人来更好地承担。神经科学手段能够辨别决策风格上的细微差异，在经过深入研究之后，这些手段还能够分辨出决策差异的神经关联性。

建议 3 陆军应当拓宽其现有的行为与社会科学研究，将神经科学纳入其中，开发出服务于陆军各级决策人员的训练与评估工具。

3. 维持士兵作业能力

委员会回顾了神经科学应用于了解、监测、预防和治疗士兵作业能力缺损的相关问题。这些缺损可能发生在单一部署行动期间，也可能在更长时期内影响作业能力：周、月甚至年，与个体士兵心理弹性、部队水平重新调整和恢复等陆军概念有关。委员会认为预防措施不仅仅关注超过一天或数天发生的事件（这些事件可能是显著的直接的急性损害的危险因素），而且关注造成长期缺损的事件，如 PTSD 和其他慢性中枢神经系统脑创伤效应。

（1）士兵个体差异

常规陆军行动中，核心理念是强调一般行动准备水平与作为部队效能基础的个人作业能力相融合，而不是个人准备和个人作业能力相融合。然而，士兵个体最佳作业能力基线各不相同，但是他们对应激源的反应通常引起最佳作业能力降低（作业能力缺损），最佳作业能力基线是指不会受到持续应激源影响的作业能力。高价值任务分配依赖于出众的作业能力强的个人，如特种部队，陆军已认识存在个体差异问题，并从中获益。

神经科学的重要经验是维持改善作业能力，作业能力能够通过鉴别士兵个体差异，利用个体差异性估计最佳作业能力基线，评估降低作业能力应激源的反应，采取应对措施。

建议 4 为了增强行动全程中部队作业能力，陆军应当拓展鉴别和利用士兵个体差异性的能力。陆军应该总结和研发有助于作业能力行为神经基础的个体差异理论和训练项目，并从中获益。重点从以下几个方面广泛研究与利用个体差异性：①最佳作业能力的基线；②可能降低最佳作业能力的应激源；③应对作业能力缺损的对

抗措施或增强个人基线以上作业能力的干预措施。

（2）环境应激源对抗措施

持续躯体或心理应激条件下，外周系统（如肌肉或心血管）和中枢神经系统因素引起士兵作业能力降低。然而，我们尚未充分理解这些系统如何相互作用，以及它们如何受到暴露环境应激源影响的基本理论。例如，身体和心理疲劳通常被认为是导致最佳作业能力降低的原因，但是目前掌握的具体特征或理论还不足以制定出针对疲劳外周和中枢神经系统组成因素的对抗措施。

目前，疲劳营养对抗措施主要基于维持心血管和肌肉功能，即对抗身体疲劳，但是不足以维持脑功能，即对抗心理疲劳。其原因之一是我们对于应激诱导作业能力降低的中枢神经系统组成因素的了解不充分。

建议 5 陆军应当加速应激条件下作业能力降低神经基础的研究，不仅限于一般的疲劳导致缺损问题，应涉及应激反应的外周和中枢神经系统相互作用。应用这些研究结果制定并改善对抗措施，如营养补充剂，睡眠 / 清醒和休息 / 失眠周期管理。

睡眠是在认知功能方面发挥重要作用的有效过程，如巩固记忆和改善突触可塑性。长时睡眠剥夺干扰这些功能，从而影响作业能力。

建议 6 由于睡眠剥夺影响许多能力，如警戒性、记忆和知觉辨认，因此是士兵作业能力的重要因素。陆军应当在睡眠生理和分子研究方面加强与主要实验室的联系。

（3）对抗作业能力降低的药物措施

神经科学进展促进了制药工业研制作用于新型靶标的药物，

如影响情绪、动机、记忆和执行功能。

建议 7 陆军应当建立与制药工业、国立卫生研究院和大学实验室的联系，关注神经药理学、细胞和分子神经生物学、神经发育的研究进展，筛选能够维持或增强军事特定环境中作业能力的新型药物。然而，必须注意确保利益大于无法预料或延迟的副作用。

FDA 批准的用于特定适应证的神经药物中，有一些药物的超适应证使用具有维持或优化作业能力作用。然而，在证实之前，任何天然的或合成的作用于中枢神经系统的药物都必须假定为影响多种神经系统。因此，有必要证实其作用特异性。此外，必须考虑不可预料的危险度或延迟副作用，尤其是在没有判定神经药物使用的特定适应证之前，就将其广泛用于维持或增强关键任务能力。

建议 8 在陆军尝试使用神经药物用于维持或增强士兵作业能力之前，陆军应当开展广泛的循证医学风险利益分析，包括作业能力测验和临床测量评估的所有方面，确保药物预期的利益大于消极副作用或延迟作用的风险。

利用新型药物制剂恢复功能、缓解疼痛或其他创伤反应、促进损伤或创伤康复是神经科学的重要贡献。根据已经证实的新型高特异性大脑受体，研制出大量能够作用于大脑和神经系统的药物。利用药物制剂作用于特定部位的靶向传输技术将有助于增强这些药物的功效，减少不必要的副作用。增强诸如情景意识能力的药物靶向作用在技术上可行，但是也许会受到社会和伦理准则约束，关于禁止使用药物来增强行为和作业能力的警告，这一点在第五章和第六章中讨论。

建议 9 陆军应支持作用于大脑和神经系统药物制剂无创、靶

向传输新机制的研究，减少干扰大脑或神经系统其他部分引起的副作用。近期研究应关注作业能力基线缺损恢复，而不是增强超出基线的作业能力。

（4）创伤诱导应激障碍，包括脑损伤反应

神经科学已经确定了 PTSD 和相关应激障碍发展相关的危险因素。在士兵中患有这些应激障碍人数还在增长，而且超出了以往人们所认为的数据。

建议 10 陆军应当继续支持 PTSD 发展相关危险因素的鉴别研究。利用这些研究制定干预措施，减少 PTSD 和相关应激障碍的风险，从而减轻能力缺损，减少这些障碍导致的失能。

冲击波可能引起特异性脑损伤，对情绪、动机和认知产生持久的损害。这些效应有可能通过降低他们的作业能力，逐渐破坏士兵的心理弹性，影响部队士气，而部队士气对于战斗行动后的重新调整和恢复至关重要。尽管改进保护材料和头帽（头盔）表面上有所帮助，但是改进身体防护服不太可能解决大部分的长期神经效应。药物和其他神经生理补救措施，以及立即开始冲击伤后护理，可能比改进身体和头部防护更为有效。

建议 11 陆军应当充分应用冲击波引起脑损伤的急性神经病理学研究成果，这些成果中就包括损伤延迟的神经精神效应。缓解策略包括利用药物和其他神经保护方法立即采取冲击伤后护理，已经证实这些方法能够减少作业能力降低的风险和严重程度。陆军应继续从事身体防护服研究。

4. 提高认知与行为能力

提高警觉性和知觉辨认如识别特点和模式的能力，对军事任

务的完成非常有意义。神经科学领域的许多分支学科的研究如计算神经科学、系统神经科学和神经工效学都可以明显提高士兵和军官在这些方面的能力。

建议 12 陆军应组织开展多项科学可行的研究，探索提高认知和行为能力的方法，扩展神经科学研究的范围。陆军研究机遇应当促进同行评议的竞争以及分支学科和方法的合作协同。

神经工效学，是人机界面领域新兴起的一个学科，主要运用超常规的人类反应系统（手和声音）研究大脑对系统直接控制的能力。通过将大脑的输出作为信号传导输入至外部机器、电子系统、计算机、半自动空中或地面机器等。陆军研究实验室现在正在研究神经工效学的潜在应用。神经工效学在陆军应用的目的是使士兵系统超越常规人系统界面。

建议 13 陆军应继续开展神经工效学研究。对选定的常规士兵系统界面，以可检测的作业能力改善作为指标评估神经生理学及其他神经科学学科在陆军提高认知和行为能力研发中的应用潜力。

三、神经科学技术发展机遇

我们甄别和评估了具有发展前途的前沿技术方向，强调它们对于陆军的潜在价值。首先评估了具有促进陆军执行战斗任务能力的技术（任务牵引型技术），然后评估了具有能够促进陆军研究能力的相关技术（研究导向型技术）。有时候，一门技术可能既是任务牵引型技术，又是研究导向型技术，但无论如何，该技术必须能够被科学地验证。

在完成这些陆军投入的建议时，我们考虑的不仅仅是这些技术对陆军的潜在价值，还考虑了陆军能够利用的外部研发投入的实际能力和范围，及其时间框架。据此提出了一系列特别优先发展的技术方向，这些技术对陆军具有更好的潜在价值，更具发展前途，更应得到陆军的投资。我们也列出了一系列优先发展的技术，这些技术能够强化上述技术。第三类是我们必须关注其发展进程的一些技术。

表 7-1 列出了一系列我们认为对陆军特别优先的神经科学技术方向。这些也正是陆军追求的新兴技术研发方向，另外，关键是这些技术应当能够进行科学的和实践的验证。

建议 14 陆军应当对表 7-1 列出的特别优先发展技术进行投资。投资初期，对每项技术应当有一个中期（5 年以上）的计划。

表 7-2 列出了我们建议陆军投资的其他神经科学技术方向。我们认为这些技术作为表 7-1 的补充，应当获得一定程度的研发投入，最低限度地研究它们的潜在价值。

建议 15 陆军应当对表 7-2 列出的技术方向，考虑有限的投资（2 或 3 年的短期计划）。通过对每一项短期投资结果的评估，以及该领域外部进程的评价，确定是否需要继续延长其投资。

四、总体建议

在考虑上述建议的实际可行性时，委员会发现了两个跨领域的问题，超出了任务声明中任何一个领域，但是却是陆军在重视神经科学未来应用价值时，必须考虑的问题。