·中外合作办学专题·

新医科背景下机器人手术系统技能培训中外合作的实践探索

黄华[1]　梁垚[2]　侯洵[3]　胡文杰[4]　梁玲[4]　唐艺瑜[5]　匡铭[6]

[1]中山大学附属第一医院院长办公室，广州　510080；[2]中山大学肿瘤防治中心胃外科，广州　510060；[3]中山大学附属第一医院胃肠外科中心，广州　510080；[4]中山大学附属第一医院教育处，广州　510080；[5]中山大学附属第一医院国际合作与交流处，广州　510080；[6]中山大学附属第一医院肝胆胰外科中心，广州　510080

通信作者：匡铭，Email：kuangm@mail.sysu.edu.cn

【摘要】 目前，微创外科前沿技术的机器人手术系统成为卓越外科医生培训体系里的重要议题。由于起步晚、师资欠成熟等原因，国内机器人技能培训的教学理念及方法亟须优化和改进，而中外合作办学成为推动改革的重要路径。本文以中山大学附属第一医院与加州大学合作共建的“国际机器人手术培训中心（IRSTC）”为例，从合作背景、培训体系构建、课程设置、合作渠道、本土化实践等方面进行总结分析，以期为临床技能培训的中外合作提供可借鉴的模式和经验。

【关键词】 新医科；　中外合作办学；　机器人手术系统；　技能培训；　课程体系

【中图分类号】 R-05

基金项目：2021年广东省临床教学基地教学改革研究项目（2021JD015）

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240920-01932

A practical exploration of Sino-foreign cooperation in skill training of robotic surgical system under the background of new medicine

Huang Hua[1], Liang Yao[2], Hou Xun[3], Hu Wenjie[4], Liang Ling[4], Tang Yiyu[5], Kuang Ming[6]

[1]President's Office, The First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China; [2]Department of Gastric Surgery, Sun Yat-sen University Cancer Center, Guangzhou 510060, China; [3]Center of Gastrointestinal Surgery, The First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China; [4]Department of Medical Education, The First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China; [5]Office of International Affairs, The First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China; [6]Center of HPB Surgery, The First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China

Corresponding author: Kuang Ming, Email: kuangm@mail.sysu.edu.cn

【Abstract】 At present, robotic surgery system, as a cutting-edge technique in minimally invasive surgery, has become a crucial component in the training programs for outstanding surgeons. Given the relatively late start of this technique and immature faculty resources, there is an urgent need to optimize and improve the teaching philosophies and methodologies for robotic skill training in China, and Sino-foreign cooperation has emerged as a significant pathway to promote this reform. Taking the "International Robotic Surgery Training Center (IRSTC)" jointly established by The First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University and University of California as an example, this article provides a comprehensive analysis of collaboration background, construction of the training system, curriculum design, cooperation channels, and localization practices, in order to provide a reference and valuable experiences for Sino-foreign cooperation in clinical skill training.

【Key words】 New medicine; Sino-foreign cooperative education; Robotic surgery system; Skill training; Curriculum system

Fund program: 2021 Teaching Reform Research Project of Clinical Teaching Base in Guangdong Province (2021JD015)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240920-01932

2018年，为迎接新一轮科技革命和产业变革的机遇与挑战，教育部印发《关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见》等文件[1]，随即全面启动新工科、新医科、新农科、新文科建设，要求以新医科统领医学教育[2]。2020年，教育部和国务院办公厅相继印发了《关于加快和扩大新时代教育对外开放的意见》和《关于加快医学教育创新发展的指导意见》，明确要加大中外合作办学的改革步伐，着力培养具有国际视野的高层次创新医学人才[3]。

达芬奇机器人手术系统是目前世界上最先进的手术平台，被认为是外科智能精准微创时代的“塔尖”技术并在诸多领域得到广泛应用[4-6]。自2006年引入中国以来，这一革命性外科工具迅速推动了手术方式的深刻变革，极大地提升了手术的精确度和效率，但同时也对医生的操作水平及相关技能培训提出了更为严苛的标准[7]。然而，由于起步较晚、成本高昂以及师资力量欠成熟等因素，当前国内机器人手术系统技能培训体系尚不健全，缺乏统一规范的实践标准。此外，手术资质的认证多被商业公司主导，导致专业人才培养的周期及成长曲线较长，成为学科发展的瓶颈之一[8-9]。相比之下，欧美国家在机器人手术系统培训领域已积累了丰富经验，构建了较为完善的培训体系[10-11]。他们在关键核心技术、模拟培训课程开发、质量评估与监督以及国际合作网络等方面具有优势[12-13]。

作为全国首家由医疗学术机构独立投资建设的机器人手术培训中心，中山大学附属第一医院（简称“中山一院”）与加州大学伯克利分校、戴维斯分校、社会利益信息技术研究中心共建的国际机器人手术培训项目（international robotic surgery training center，IRSTC）于2021年3月签约，2023年9月投入运营。该项目不仅引进同质化的国际前沿课程与教学模式，更是将这一具有全球领先水平的教培体系进行本土化实践与创新，以期推动我国手术机器人标准化培训的发展进程。

1　建设工作

1.1　硬件基础

IRSTC占地1 200 m^2，配置了2台第四代达芬奇Xi手术机器人系统。腔镜培训系统按标准手术单元配置能量平台、心电监护仪、动物手术床、动物麻醉机和监护仪等设备，同时配备腹腔镜模拟训练器、机器人技能模拟器SimNow平台、全景示范教学及远程转播系统（图1）。



A. 第四代达芬奇Xi手术机器人系统　B. 腔镜培训系统　C. SimNow训练模拟器平台　D. 示教系统

图1　IRSTC教学设施

1.2　课程设置

以加州大学戴维斯分校机器人手术医学部的培训课程为基础，双方共同进行设计优化后形成标准课程，包括理论知识学习、模拟器训练、实物模拟训练、动物手术训练、手术室间观摩及视频分析，遵循“理论—模拟—实践”的渐进式培训思路，逐步深入。此外，中方还特别设立了课程思政目标，旨在将“社会主义核心价值观、医学人文和科学家精神”这三大类思政元素深度融入实践教学中。通过深入挖掘培训中的德育内涵，力求使课程不仅能够传授专业技能，同时在价值观的培育和塑造上也能与时俱进，契合时代要求。

1.2.1　基础理论课程

主要内容包括手术机器人的基本概念、工作原

理及设备功能的认知；各专科手术适应证和禁忌证、术前准备、患者体位、切口选择、手术分解步骤及术中紧急情况的处理决策等理论知识。

1.2.2　虚拟现实课程

在SimNow训练模拟器上练习控制台的基本操作（如镜头、踏板、手指控制）及手术技能（如缝合打结、精细剪切、高级能量外科操作等）。

1.2.3　实物模拟课程

操控机器人机械臂进行实物训练，模具包括型板、仿真血管及动物器官组织等。通过精细解剖、抓持缝合、施夹止血等操作，感知并适应机械臂操作交互反馈。

1.2.4　动物外科课程

利用动物离体器官（肺、食管等）或活体模型（猪、狗等）进行组织钝性分离与精细解剖、电能量使用、切割缝合、游离和结扎血管等操作练习。

1.2.5　观摩及视频分析

开设机器人学习班及手术录像点评会，通过手术现场教学答疑、视频对比分析及反馈，沉浸式学习操作技巧。

1.3　培训模式

结合外方培训体系和中山一院现状，IRSTC项目对培训模式进行探索改革，采用“3×4”模式开展教学实践（图2）。

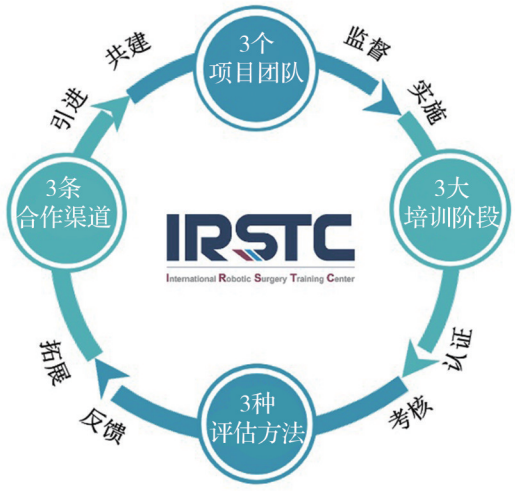


图2　IRSTC“3×4”培训模式

1.3.1　3个项目团队

运营管理团队：由中山一院主管教学副院长任组长，由国际合作与交流处、教育处等部门共同组成。负责与外方沟通、项目推广、学员招生、培训协调、学生档案管理等运营工作。

师资培训团队：由加州大学团队主导，负责项目导师培训与认证、课程设计策划、实施指导、质量监督、认证工作等。

教学导师团队：由专科临床导师、动物外科导师、机器人训练导师和模拟培训导师共同组成，负责五大课程的实施与质量监督、训练与评估等工作。所有导师均需接受并通过外方机器人培训中心的师资培训与考核。

1.3.2　培训阶段

设置机器人手术系统阶段性培训（staged training and assessment of robotic surgical system, STARS）“星海”课程，采用模块化方式进行，分为3大培训阶段（表1）。

1.3.3　评估方法

理论客观评价：由全职导师及各专科导师根据外方课程制定试卷内容，包括基础知识试卷及混合试卷（基础知识和专科知识各占50%），由系统自动评分。

模拟器客观评价：基于是否按要求正确完成操作、操作用时、器械冲突、是否为最佳路径等参数自动评分。

录像分析评价：利用云技术全程回放考核视频，由两位考官依据评估表进行独立评分，评估项目包括评判性思维能力、基础操作技能、安全管理能力及应急处理能力等。

1.3.4　合作渠道

线上会议：包括项目管理月度会议及首席管理者季度会议，旨在指导课程设计的优化、实施过程的监控、质量控制措施的落实以及认证工作的推进，并形成项目发展报告。

线下交流：外方团队来访进行实地师资培训，每半年1次；每年度评选卓越手术机器人奖，选派优秀学员及导师赴美学习。

合作研究：促进课程国际认证和国际学员培训，开发商业化运营模式；每年开展至少1项国际合作研究项目。

2　培训工作

截至2024年8月，IRSTC已培训10批学员，共43人次。学员年龄为（38.78±5.31）岁，其中男性37人，占86.05%。有高级职称学员22人，占51.16%，中级职称人员12人，占27.91%。学员以肝

表 1　STARS 3 阶段培训课程

培训阶段	晨星启动阶段	聚星认证阶段	准星专科阶段
学员	研究生、住培生	外科团队（主刀医生、第一助理医生、护士）	专科医生
课程			
基础理论	√	√	√
虚拟现实	√	√	–
实物模拟	–	√	–
动物外科	–	√	√
手术观摩	√	–	–
视频分析	–	√	√
评估方法			
理论评价	√	√	√
模拟评价	√	√	–
分析评价	–	√	√
附加条件	–	2 例临床手术	6 个月临床研究
持续监督	–	2~4 周内完成 3 例手术	2~4 周内完成 3 例手术
认证	–	IRSTC 颁发资格证书	卫健委颁发专科证书

胆胰外科专业人数最多，占 27.91%；其次为胃肠外科 9 人，泌尿外科 7 人。此外，在所有学员中，有 10 人担任主刀角色，占总人数的 23.26%。各有 37.21% 的学员接受启动和认证阶段培训，有 11 人接受专科阶段培训。已有 27 人完成各自阶段的培训，通过率为 100.00%（表 2）。

表 2　培训人员基本情况

项目	人数	构成比（%）
性别		
男性	37	86.05
女性	6	13.95
年龄（岁）		
30~40	11	25.58
41~50	27	62.79
51~60	5	11.63
职称		
主任医师	6	13.95
副主任医师	16	37.21
主治医师	12	27.91
住院医师（含住培学员）	9	20.93
专业学科		
肝胆胰外科	12	27.91
胃肠外科	9	20.93
泌尿外科	7	16.28
胸外科	4	9.30
甲状腺乳腺外科	3	6.98
未定科（含住培学员）	8	18.60
培训阶段		
晨星	16	37.21
聚星	16	37.21
准星	11	25.58

3　思考

3.1　引入与国际接轨的培训课程

新医科建设是高等教育应对科技革命和国际竞争挑战的战略性选择，强调创新型、科技型、综合化的医科教育。而作为革命性微创外科辅助工具，机器人手术系统在国内起步较晚，相关技能培训曾长期面临国外垄断与规则束缚，专业人才培养遇到“卡脖子”问题。随着国家对高新技术领域的高度重视与国际人才交流合作的深化，机器人手术技术及其培训在我国迎来了前所未有的发展机遇。但是，与领先国家相比，在培训师资力量、软硬件基础设施以及课程体系创新设计等方面仍存在明显差距[9]。在此背景下，中外合作办学成为有效推进学科建设与国际接轨的重要途径。新医科战略的深入实施，也要求参与者以更加开放包容的姿态，充分利用中外合作的契机，深入学习和借鉴发达国家在整合培训资源、优化课程设计等方面的成功经验。这是对传统临床技能培训模式由“旧”到“新”的一次重要探索，也是推动我国医学教育体系向更高水平、更深层次发展的积极举措[14]。

IRSTC 项目立足大湾区，将外方优质培训资源引入共建课程体系，确保了教学内容的前沿性和实用性，搭建起一套与国际标准接轨的培训框架。同时，双方积极面对并克服了教育理念、文化认同和管理模式等方面的差异，通过深入沟通与协商，找到了彼此的平衡点与共同发展的契合点。这一实

践，不仅展现了双方对于高质量教育合作的坚定承诺，更为中外合作开展临床技能培训开辟出一条可行路径。

3.2　建立与课程匹配的师资队伍

在中外合作的框架下，构建与课程高度契合的本土师资团队至关重要，它不仅是教育项目成功的关键要素，也是推动课程持续化发展的基石[15]。一方面，拥有国际视野的教师团队能够紧跟全球教育发展潮流，为学员带来多元化的学习体验，有效增强学员的跨文化交流能力和全球竞争力。另一方面，本土教师深谙国内教育体系、文化传统和社会环境，能够精准把握学员的实际需求与学习特点，适宜地调整教学方案。

IRSTC 项目在师资遴选环节，秉持高标准、严要求的原则，面向全院招募具备机器人技术专长或跨学科背景的优秀人才，尤其注重候选人的教学热情、创新思维和实践经验，致力于打造一支富有活力、勇于探索的师资队伍。培训由外方专家主导，通过定期的线上/线下讲授、工作坊、研讨会等形式，传授教学方法，分享研究成果，这为本土师资的成长与发展注入强劲动力。同时，项目还设立了激励机制，对在机器人教育领域做出杰出贡献的教师给予表彰，并提供职称晋升优先权、海外研修机会等政策支持，以激发教师的内在潜能，促进课程体系的持续优化。

3.3　制定与国情相符的培训方案

中外合作办学中，简单复制国外的课程体系往往难以直接对接我国高等教育的实际情况，导致实施过程中面临诸多挑战，甚至难以有效落地和推广[16]。因此，在引进国外课程时，需要结合本土优质教育资源，通过深度衔接整合，构建既保留国际先进性又贴近本土需求的中西合璧课程体系。这样的整合有助于发挥中外合作办学的独特优势，使学员在掌握先进知识与技能的同时，拓宽国际视野，深刻理解并尊重不同地域间的文化价值观差异，从而符合国际化复合型医学人才的素质需求[17]。

IRSTC 在制定培训方案时，以中外共建课程为依托，结合学员具体学情，对外方教学模式进行本土化改造，构建了具有鲜明中外合作办学特色的教学模式。如外方“阶梯式”课程中，部分培训存在模式单一、模型训练依赖性过重及培训资源不易获取等问题，并不符合我国机器人培训个性化需求大、学员临床工作安排紧凑、师资缺乏的现状。IRSTC 在课程设置中，既充分考虑不同层次学员的培训需求又兼顾高效实用，将培训课程分成了 3 个递进阶段。在晨星阶段，增设手术观摩，让初级学员能够身临其境地感受手术氛围，与导师即时沟通，这种沉浸式的学习体验有助于激发学习兴趣，启发创新思维。在聚星阶段，增加手术视频分析教学，通过对比与剖析，帮助学员精准定位手术操作中的不足，并据此提出针对性的改进策略。此外，根据《国家限制类技术临床应用管理规范》要求[18]，设置专科准星阶段。在这一阶段，学员需接受至少 6 个月的系统培训并完成规定数量的专科手术患者全程管理，达标后由卫健委颁发专科技术证书。

3.4　推进与时代相融的思政建设

新医科建设要求医务工作者不仅要有专业的临床技能，还应具备较高的人文素养。而中外合作培训中，学员会接触到外方不同的教育方式和理念，这些差异不仅体现在教学方法和课程设置上，还可能涉及到文化背景、价值观念等方面。这种跨文化交流虽然有助于拓宽学员的视野，但也可能带来一定的挑战，如意识形态的冲突和误解[19]。因此，在课程体系构建中，应高度重视思政教育，这不仅是合作项目中不可或缺的一部分，更是培养具有全球视野和家国情怀的高素质人才的关键所在。将与时代相融的思政建设作为最基础、最必需的底色，对于确保学员在多元文化的交流中保持正确的政治方向和价值取向具有重要意义[20]。

IRSTC 课程深入挖掘思政内涵，构建了一个以叙事医学、价值引领及生命教育为核心的思政元素群。在理论授课和观摩实践教学中，巧妙融入真实临床案例，紧密关联职业道德与医学伦理等核心医疗准则，强化学员的人文关怀意识与伦理底线思维。同时，在模拟教学中穿插前辈的光辉事迹，通过生动讲述他们献身医学、勇于担当的感人故事，激励学员传承和发扬这种崇高的职业理想和医学情怀。

4　结语

在新医科统领医学教育革新的时代背景下，跨学科、跨国际的交流分享已成为知识生产与传播的关键驱动力。强化国际交流合作，探索实践中外合作办学模式，不仅是高等医学教育深化改革的核心

议题，也是推动我国医学教育融入全球教育生态、实现高质量发展的重要途径。中山一院积极投身手术机器人技术培训领域的国际合作，携手世界一流医学院校，制定系统、科学的共建方案和实施策略，以期搭建一个培育未来医学领军人才的创新高地。步入IRSTC项目二期合作的新阶段，双方将紧密结合以大数据、人工智能为代表的前沿科技力量，将培训项目升级为复杂新术式的演练场及创新研究孵化器。在此基础上，继续探索具有国际竞争力的高素质技术技能人才培养模式，通过积累培训经验、形成行业规范标准、培养具有国际视野和实践能力的师资队伍，逐步建立具有中国特色、符合全球发展趋势的机器人手术培训新体系并逐步推广。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　黄华：数据分析、撰写论文；梁垚：资料收集、撰写论文；侯洵，胡文杰，梁玲：项目设计与实施、数据收集；唐艺瑜：文献和政策材料收集；匡铭：项目设计、校对论文

参考文献

[1] 教育部. 关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见[J]. 中华人民共和国教育部公报, 2018(9): 18-24.

[2] 教育部. 国家卫生健康委员会, 国家中医药管理局. 关于加强医教协同实施卓越医生教育培养计划2.0的意见[J]. 中华人民共和国教育部公报, 2018(10): 16-19.

[3] 国务院. 办公厅关于加快医学教育创新发展的指导意见[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2020(28): 27-31.

[4] Shibasaki S, Suda K, Hisamori S, et al. Robotic gastrectomy for gastric cancer: systematic review and future directions [J]. Gastric Cancer, 2023, 26(3): 325-338. DOI: 10.1007/s10120-023-01389-y.

[5] Adhikari K, Penmetsa GK, Krishnappa D, et al. Revolutionizing urology: the advancements and applications of robotic platforms [J]. J Robot Surg, 2024, 18(1): 106. DOI: 10.1007/s11701-023-01758-w.

[6] 王馨, 王冬. 机器人辅助技术在妇科领域的研究进展[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2024, 5(1): 70-74. DOI: 10.12180/j.issn.2096-7721.2024.01.012.

[7] Yang K, Zhen H, Hubert N, et al. From dV-trainer to real robotic console: the limitations of robotic skill training [J]. J Surg Educ, 2017, 74(6): 1074-1080. DOI: 10.1016/j.jsurg.2017.03.006.

[8] 平浩, 邱智, 张小东. 机器人外科手术在中国进行规范化培训的初步探讨[J]. 中国病案, 2018, 19(2): 97-99. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2566.2018.02.034.

[9] 陈紫嫣, 文志勇, 杨琨, 等. 手术机器人培训标准化过程中的关键问题分析及应对[J]. 武汉大学学报(医学版), 2024, 45(2): 165-168, 195. DOI: 10.14188/j.1671-8852.2023.0135.

[10] Satava RM, Stefanidis D, Levy JS, et al. Proving the effectiveness of the fundamentals of robotic surgery (FRS) skills curriculum: a single-blinded, multispecialty, multi-institutional randomized control trial [J]. Ann Surg, 2020, 272(2): 384-392. DOI: 10.1097/SLA.0000000000003220.

[11] 唐浩, 陈勇. 美国匹兹堡大学医学中心机器人手术培训课程经验介绍与启示[J]. 中华医学教育探索杂志, 2023, 22(4): 494-499. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200914-01232.

[12] 李文兰, 李建红, 刘朝阳. 手术机器人领域发展态势与科研合作分析[J]. 情报工程, 2020, 6(6): 97-110. DOI: 10.3772/j.issn.2095-915x.2020.06.009.

[13] 何继颖. 基于文献计量分析的手术机器人研究热点与趋势[J]. 情报探索, 2024(5): 128-134. DOI: 10.3969/j.issn.1005-8095.2024.05.017.

[14] 汪瓒, 邓世雄, 朱丹, 等. 新医科背景下临床医学中外合作办学课程体系的构建[J]. 医学教育研究与实践, 2023, 31(4): 406-409. DOI: 10.13555/j.cnki.c.m.e.2023.04.003.

[15] 邓小玲, 梅莹. 应用型本科高校中外合作办学师资队伍国际化建设探究[J]. 科教导刊, 2023(1): 85-87. DOI: 10.16400/j.cnki.kjdk.2023.1.028.

[16] 孟威, 孟凡娟, 宋兴舜, 等. 基于中外共建课程建设对外方教学模式的本土化实践[J]. 黑龙江农业科学, 2024(1): 86-90. DOI: 10.11942/j.issn1002-2767.2024.01.0086.

[17] 林金辉, 周洵瑛, 甘甜. 教育强国背景下中外合作办学提升高等教育国际影响力策略研究[J]. 高校教育管理, 2024, 18(3): 1-11, 94. DOI: 10.13316/j.cnki.jhem.20240409.001.

[18] 国家卫生健康委办公厅. 关于印发国家限制类技术目录和临床应用管理规范(2022年版)的通知(国卫办医发〔2022〕6号)[J]. 中华人民共和国国家卫生健康委员会公报, 2022(4): 10.

[19] 商明敬, 邓世雄, 刘宴兵, 等. 临床医学中外合作办学课程思政协同育人研究[J]. 中华医学教育探索杂志, 2022, 21(9): 1167-1171. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210627-00989.

[20] 张芳, 徐春蕾. 课程思政融入合作办学人才培养体系的探索与实践：以南京中医药大学生物制药(中外合作)专业为例[J]. 教育教学论坛, 2023(50): 81-84.

(收稿日期：2024-09-20)

(本文编辑：唐宗顺)