

## 教学论文



高兴亚, 南京医科大学生理学教授、博导, 全国模范教师。教育部临床医学专业认证工作委员会委员, 中国医药教育协会医学模拟教育专业委员会常委。江苏省生物医学工程学会副理事长, 江苏省高校医药教育研究会秘书长, 国家级精品课程主持人, 国家级精品资源共享课主持人, 国家级实验教学示范中心带头人, 国家级虚拟仿真实验教学中心主持人, 省政协委员。从事医学教育信息化研究, 建设了 D95/MD2000 微机化实验教学系统、机能学虚拟实验室、形态学数码仿真实验室、信息化医学模拟教育中心和 ESP 等项目。主编“国家级规划教材”2 部, 出版教材与专著 8 部, 获得省级教学成果奖 6 项, 国家级教学成果奖 3 项 (1997, 2009, 2018)。

## “三位一体” 机能实验教学新体系建设初探

陈艾东<sup>1</sup>, 王觉进<sup>1</sup>, 高兴亚<sup>1,2,3,\*</sup>

南京医科大学<sup>1</sup>生理学系; <sup>2</sup>基础医学实验教学示范中心; <sup>3</sup>基础医学虚拟仿真实验教学中心, 南京 211166

**摘要:** 传统以验证式动物实验为主体的机能学实验未能充分体现胜任力导向的培养目标, 与临床、科研结合不够紧密, 不符合医学教育早临床、早科研、自主学习的要求。医学实验教学需顺应当代医学教育潮流, 不断更新教学理念、创新教学模式, 及时升级实验教学的硬件和软件, 从而实现培养一流医学人才的目标。为此, 我校采用动物机能实验、人体机能实验和功能数字人(electronic standardized patient, ESP)虚拟仿真实验“三位一体”的全新实验教学模式体系化地实现了基础和临床结合, 实训和虚拟互补, 教学与科研融通。本系统保留了传统动物实验的核心内容, 又引入了全球最成熟、应用最广泛的人体机能实验, 增加学生的体验感; 用虚拟仿真实验解释人体内部运行的具体过程, 提高学生的认知和思维能力。本文就我校“三位一体”实验教学体系做一系统阐述, 并分享我们在建设过程中的一些经验与体会。

**关键词:** 三位一体; 机能学实验; 教学改革

**中图分类号:** G642; R-4

## A preliminary study on the construction of the triad medical experimental system

CHEN Ai-Dong<sup>1</sup>, WANG Jue-Jin<sup>1</sup>, GAO Xing-Ya<sup>1,2,3,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Physiology; <sup>2</sup>Experimental Teaching Center of Basic Medicine; <sup>3</sup>Virtual Simulation Experimental Teaching Center of Basic Medicine, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China

\*Corresponding author: gaoxy@njmu.edu.cn

**Abstract:** The traditional medical experiment based on animal studies fails to reflect competency-oriented goal, and is not closely combined with clinical and scientific research, which does not meet the need for early clinical and scientific training. In order to cultivate the first-class medical talents, medical experimental teaching should conform to the trend of modern medical education, innovate teaching ideas and models, and update the hardware and software in time. Therefore, our teaching center adopts the triad medical experimental system which consists of “animal experiments, human functional experiments, and electronic standardized patient (ESP)-based virtual simulation experiments”, and uses one system to integrate basic and clinical medicine, practice and virtual learning, teaching and scientific training. The system retains the core content of traditional animal experiments, and includes the most mature and widely used human physiological experiments to increase students’ learning experience. With medical simulation experiment, it

致谢: 本研究获得中华医学会医学教育分会和中国高等教育学会医学教育专业委员会2016年医学教育研究项目(No. 2016B-YF008)、江苏高校品牌专业建设工程项目(No. PPZY2015A067)和南京医科大学教学研究项目(No. 2019ZC004)资助。

\*通讯作者: 高兴亚, E-mail: gaoxy@njmu.edu.cn

explains the specific physiological and pathophysiological processes of human body to improve students' cognitive and thinking ability. Here, we provide a systematic description on our triad medical experimental system, and discuss the experience to establish this novel system.

**Key words:** triad; functional experiment; teaching reform

教育部于1995年制定了我国高等医学教育的总体目标：“培养具有良好的思想品德和职业道德，较广泛的社会科学知识，较宽厚的医学基础，较熟练的专业实践能力和解决医学实际问题的医学专门人才”<sup>[1]</sup>。这就要求各医学院校不仅要培养学生各学科的基本理论，更重要的是要将所学的知识与解决临床和具体问题相结合，以适应新形势下医学专门人才的需要。机能实验作为医学生接触机体功能实验的首个环节，在医学教育中发挥着重要作用。传统机能学实验以验证式动物实验为主，几十年来没有本质改变。传统实验模式对充分发挥学生的自主性、增加体验感和培养创新意识已显出不足。按照现代医学教育的理念，基础医学的实验教学模式要能结合临床、贴近科研，能够充分发挥学生在实验教学中的自主性。基于上述种种原因，我校将功能数字人 (electronic standardized patient, ESP, 也称电子式标准化病人)<sup>[2]</sup> 虚拟仿真实验、人体生理学实验和动物机能学实验整合成“三位一体”的机

能学实验新体系 (图1)。该系统可以帮助学生深刻理解人体机能活动的本质，掌握调节的规律，了解临床常见疾病的主要致病因素，培养他们应用基础医学知识分析和解决具体临床问题的能力，实现“早临床，多临床”的教学目标。同时，该系统更新了医学实验教学内容与模式，在教学中引入案例教学，融合了临床与科研，实现了线下和线上一体化。本文就“三位一体”实验教学体系做一系统阐述，并分享我们在建设过程中的一些经验与体会。

## 1 硬件设施升级

按照我校实验教学开展的需要，定制个性化的实验课程软件，包括开发若干互动动画、视频和实验报告提交反馈，建立云实验室。整个实验室进行了电气、网络和排水的改造，聚氯乙烯地面铺设、天花板出新、LED照明等。全套的三位一体机可以同时开展人体实验、动物实验和虚拟仿真实验。实验动物生物信息化采集系统在国内是最早推广应用

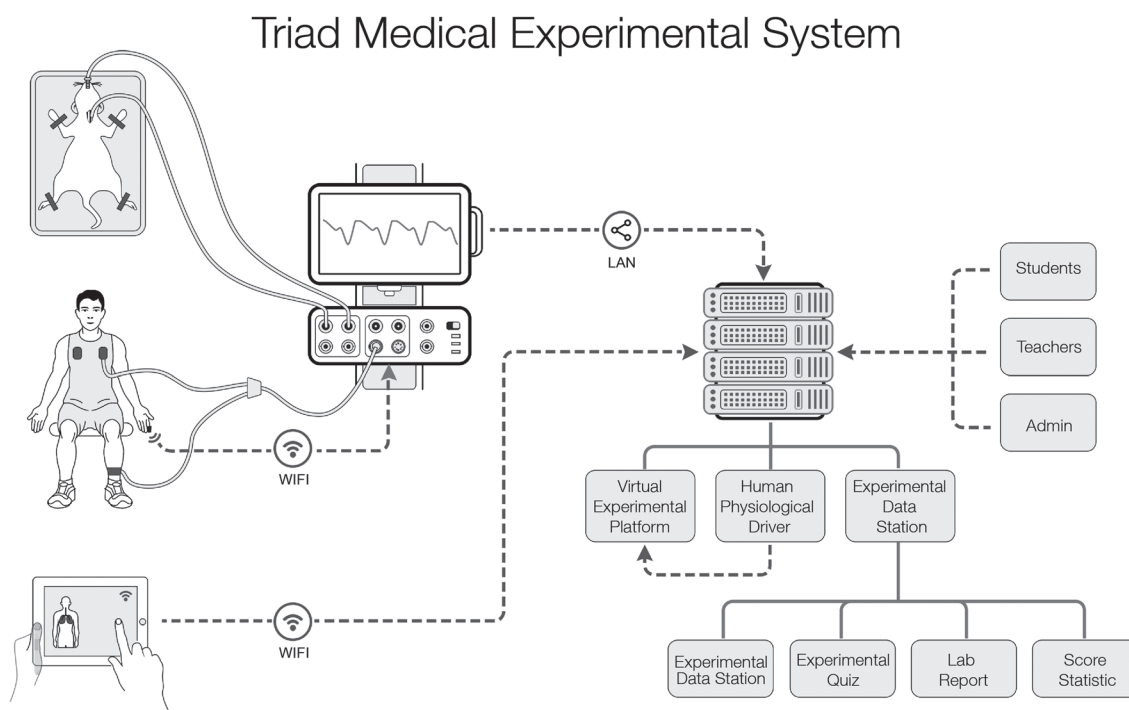


图1. 人体机能学实验新体系技术架构

的, 有较好应用基础。人体实验为我校新研制的成果, 软件设计简单友好, 使用方便, 有一定的数据分析功能, 满足教学需求。人体、动物和虚拟仿真实验可在同一台设备上开展。实验台面设计废液孔, 便于卫生清理。全新的视频和录像系统可以实现线上和线下同步(图2)。

## 2 人体机能学实验

“三位一体”实验教学系统可以记录和分析众多受试者的生理数据, 如人体换气率、握力、血压、心音、刺激反应时间、心、脑、肌和眼电图等。目前包括17项人体生理学课程, 分别是反射和反应时间、心肺运动效应、心脏和心电图、气流、眼电图、肺容量、脑电图、血压、骨骼肌功能、呼吸、心脏和外周循环、心音、潜水反应、肌肉和肌电图、脊髓反射、自主神经系统、通气力学; 5项运动生理学课程, 分别是健身测试、无氧健身测试、能量代谢、心肺运动效应、有氧健身测试。

这些项目学生亲自操作, 彼此作为志愿者, 然后把数据统计整理, 让学生自己去发现问题和解决问题。比如运动对心率、心电和血压的影响, 让学生发现运动后心率增加、心电图指标的变化和收缩压增加明显、舒张压也增加但并不明显, 让他们直接查资料找原因和机制。最重要的是, 通过这样的学习, 引导他们的求知欲望, 激发他们的兴趣和学习热情, 让他们从“被要求学”转变成“我想学”。

比如, 在测心电图的时候发现基线游走和信号干扰, 让他们自己去找原因, 发现有手机或者电子设备干扰, 有呼吸节律干扰和肌电干扰、线路缠绕等影响因素, 引导他们发现问题和解决问题, 激发他们主动思考和创造, 积极激发他们提出问题, 并在课堂上一步步地寻找解决方案, 调动他们的积极性、主动性和创造性。

## 3 动物机能学实验

采用国际应用最广泛、全球技术领先的 Power-Lab 系统 (ADInstruments, Austria), 可以满足学生从本科到研究生阶段的学习和科研实验需求, 满足教师的教学和科研需求。同一系统两种用途, 节约时间和经费。本系统简单易学, 可以准确提供可靠的数据, 内置完全隔离的多通道生物放大器, 隔离刺激器, 独立的输入和模拟输出, 出色的降噪性能, 保障了实验的顺利进行。实验过程中有全套的视频, 一步一步讲解每个操作过程和相关的注意事项。视频系统会把教师的每个示教过程, 清晰地展示在学生的终端机上, 避免了围观影响视觉效果的效果。因为采用了“三位一体”系统, 学生可以用虚拟实验去熟悉实验的过程和可能的实验结果, 这样在真正开始操作的时候做到心中有数, 有的放矢, 起到事半功倍的效果。这种直观和多元的声像和模拟系统, 给学生全新的体验和多元化的感官刺激, 达到很好的教学效果。学生的操作经过录像系统可以很



图2. “三位一体”标准化实验室效果图



好地展示在教师机上，教师可以第一时间发现学生操作上可能出现的不规范技术和分工合作的不合理之处，及时纠正。操作过程系统会实时打分，让学生参与到这些操作的比赛中，激发他们的潜力，通过竞赛让学生熟练掌握每个操作步骤，让培训效果达到质的飞越。一个重要的知识点可以采用模拟、人体和动物实验三个角度去验证和发现规律以及内在的机制，再结合临床和病例加深印象，达到熟练掌握重要知识点和难点的目的。这种全新模式的实验方式，提高了参与性、体验感，并激发兴趣；在实验课中引入案例教学和虚拟仿真实验教学，达到结合临床、贴近科研、促进创新的培养目的(图3)。

#### 4 功能数字人

功能数字人是利用临床数据建立的数学模型，人工智能进行数据分析和挖掘，建立生理驱动模拟人为核心技术的人体功能虚拟仿真系统。系统通过模拟人体在生理和病理状态下主要功能指标的实时变化，并显示造成这些变化的机制和原理，揭示人体运行的规律、常用药物的药效，以及疾病状态下的机能动态变化，让学生综合了解疾病的发生、发展和治疗机制。系统按照人体、系统、器官和细胞的体系构建，内容囊括了人体生理指标的数据关联关系和运算，疾病模型、药物作用，同时整合了形态学的教学内容。系统在同一个疾病模型内可以模拟多种病变状态。例如危急重症状态模拟、常见肾脏、肝脏、胃肠、内分泌和心血管疾病状态模拟等。系统借鉴医学教育改革中机能与形态的整合、基础与临床整合、理论和案例结合、线上和线下整

合的新的科学理念，以全互联网化覆盖的使用模式提供服务，既能让教师轻松和便捷地进行课堂授课，又能满足学生自主和兴趣导向的学习，并通过各种模拟案例系统来组织各种考核和比赛，优化和整合优质教学资源，方便整个教和学的过程，为机能实验教学、生理学课堂与实验教学提供了智慧的教学体系。

本部分内容的第一步是课前预习，学生通过手机、电脑等观看操作引导视频，预习实验内容，做到心中有数，对实验过程有个总体的把握。第二步是虚拟仿真实验课，学生以3~4人为小组进行实验。学生先对各种生理指标进行实时调节，从人体生理学角度理解在体条件下单因素作用引发的整体调节反应。例如学习了高血压的机制和调节原理之后就要进入心血管疾病状态下的临床案例分析阶段，系统按小组随机分配临床案例。学生通过对患者症状、体征和临床监测指标等进行观察和分析，应用刚刚所学的生理学知识，找出案例中引起机能异常的可能因素，并自主查阅相关最新研究成果和治疗方案，通过模拟治疗进行检验，锻炼应用知识的能力。最后的总结与评价阶段，系统会总结本实验需要掌握的知识点，并对学生操作的数据进行分析，给出辅助评价，供教师评价时参考。系统将自动记录每位学生的访问信息、每次操作和考核的结果，生成评价报告，并进行错题解析，让学生得到系统的学习<sup>[3]</sup>。

#### 5 实施过程及效果

“三位一体”机能综合实验教学主要针对临床、基础医学、口腔等医学相关专业的本科二年级学生。

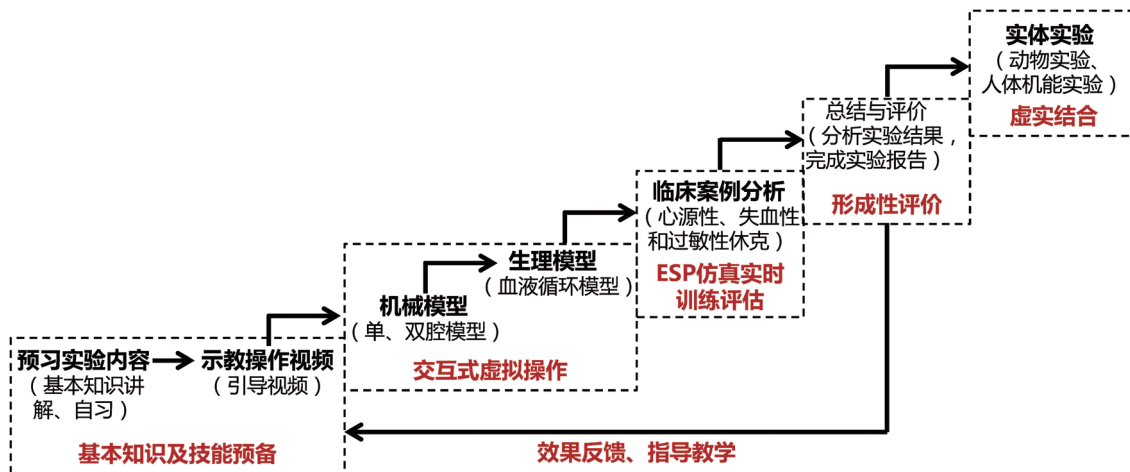


图3. “三位一体”综合实验实施流程图(以动脉血压影响因素综合实验为例)

综合实验项目的选择主要是理论教学中比较抽象的重点内容,同时具有相应人体和动物实验与之配合,比如动脉血压的影响因素和心脏电生理功能。综合实验项目实施包含预备阶段、操作阶段及实体实验三部分(图3)。根据每个阶段内容不同分别通过线上自主学习、探究式学习、任务驱动式学习、讨论式学习,实施教学过程。通常,综合实验包含10学时一整天的实验教学,4学时人体实验,4学时动物实验,2学时ESP虚拟仿真实验。由于所有实验数据都储存于云服务器,方便学生在课后整理、总结和完成实验报告。

“三位一体”机能综合实验规避了传统动物实验教学形式单一、内容陈旧、自主性差的缺点。传统动物实验教学需要增加人体机能实验,提高参与性、体验感,激发兴趣。我们在实验课中引入案例教学和虚拟仿真实验教学,实现了基础科研与临床、理论与实践以及课程与课程间的多维整合,实验内容在融合了解剖学、生理学、药理学和病理生理学等多学科知识的同时,引入临床案例分析,培养学生应用基础知识分析临床问题的能力。运用多种教学方法提高实验教学水平。这一全新的教学模式可

以激发学生的学习兴趣和,提高学习积极性、培养学生的主动学习能力,还能实现督促他们进课堂,提高到课率和参与度,提高教学效果的目的。本实验项目给学生提供了逼真的虚拟仿真情境和自主探索的空间,使学生获得生动丰富的操作体验,激发了学生的学习兴趣,提高了学生对实验的积极性、主动性;同时,也有助于形成深刻图像记忆,提升实验教学效果,加深对所学知识的理解<sup>[4]</sup>。最后,通过动物、人体和模拟疾病过程的案例分析,引导学生分析机能异常的主要原因,并检验治疗效果,培养学生对知识的运用能力<sup>[5]</sup>。对动脉血压调节这项综合实验的教学效果进行调研结果显示,经过我校临床医学专业约2200人的试运行(图4),学生们普遍反映:“对知识的理解更加深刻,同时充分锻炼了动手操作的能力,希望今后能增加综合实验的比例”。

## 6 总结

医学人才的培养目标是培养具有全面综合素质,具有扎实基础医学知识、较强创新精神和综合实践能力、有较大发展潜能,能够将基础知识和临

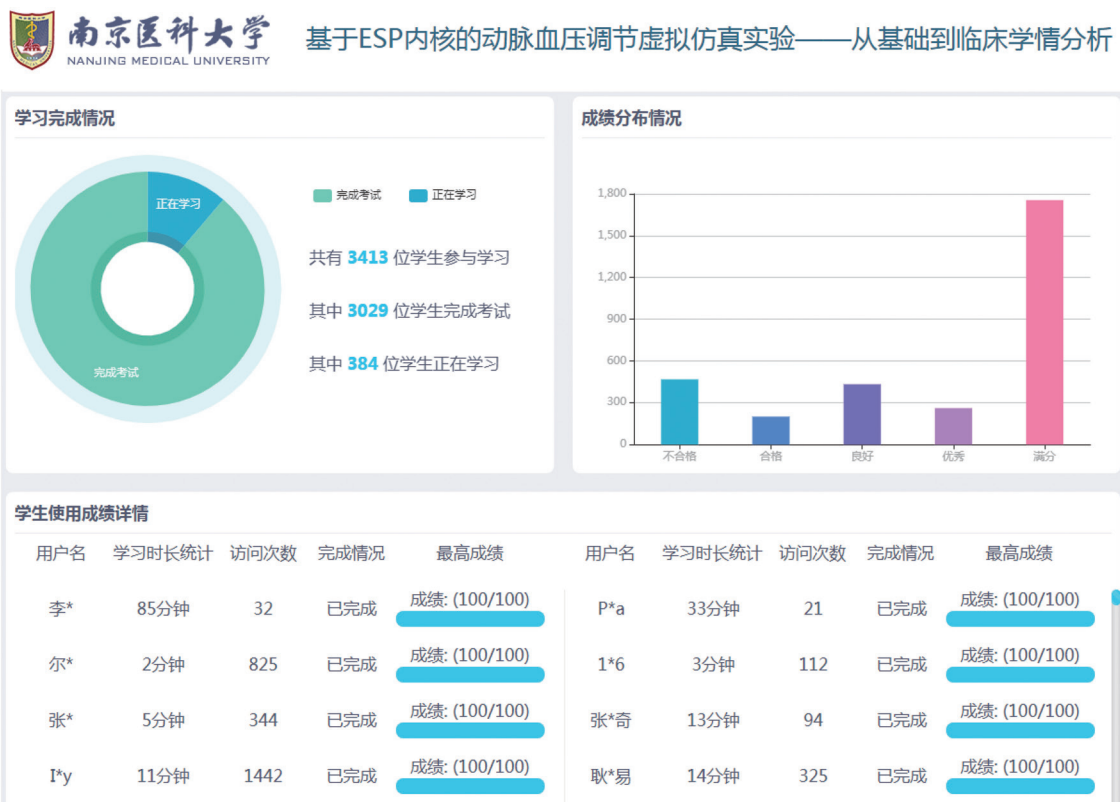


图4. 学生基于ESP内核的“动脉血压的调节”学习进度与成绩分布

床融会贯通，具备探索最新科学前沿能力的综合型人才。由于医学需要终身学习，这就要求培养学生具有较强的发现问题、分析问题和解决问题的能力，具有基本科学思维能力和从事科学研究的能力。机能实验作为基础医学实验教学的重要组成部分，是培养学生动脑思考、动手操作能力的前沿阵地。目前国内许多医学高等院校在机能实验教学方面由于受传统的动物实验和人体机能实验的限制，无法实现单因素分离和充分调动学生的自主学习能力。我校基于“三位一体”的机能实验室依托于基础医学国家级实验教学示范中心和基础医学国家级虚拟仿真实验教学中心。基于“三位一体”机能实验教学新体系建设的“信息技术与医学教育深度融合的创新实践”曾获国家级教学成果二等奖，“医学教育的信息化流程再造”曾获江苏省教学成果特等奖。我们认为“三位一体”机能实验教学体系具有较高的推广价值。

\* \* \*

**致谢：**感谢南京医科大学生理学系韩莹和张枫老师、基础医学实验教学示范中心魏钦俊老师在论文撰写过程中所给予的帮助。感谢上海梦之路数字科技有限公司林茂辉工程师在图表制作中所给予的帮助。

### 参考文献

- 1 陈廷柱, 齐明明. 我国高校发展规划的变革历程、意义及挑战. 河北师范大学学报(教育科学版) 2020; 22(01): 12-18.
- 2 黄华, 马元, 王宁, 高兴亚. 信息化临床思维模拟培训与考核系统在临床医学专业学生临床思维能力评价中的应用. 中华医学教育杂志 2019; (08): 630-634.
- 3 黄华, 孙茂才, 王宁, 赵妍双, 高兴亚. 医教协同背景下临床教学基地建设的问题与思考. 南京医科大学学报(社会科学版) 2018; 18(06): 481-484.
- 4 李茜, 喻荣彬, 张怀平, 钱文溢, 高兴亚, 王林, 沈洪兵. 南京医科大学以临床胜任力为导向的整合式案例教学探索. 中华医学教育探索杂志 2018; 17(02): 122-125.
- 5 李茜, 黄睿彦, 张怀平, 喻荣彬, 高兴亚, 王林. 信息化教学质量评价与监控体系的构建. 医学教育管理 2018; 4(01): 6-10.