

· 类器官教学研究 ·



边杉, 同济大学生命科学与技术学院院长聘副教授、博士生导师, 教育部“细胞干性与命运编辑”前沿科学中心研究员, 教育部干细胞资源库研究员, 同济大学附属东方医院再生医学研究所和心脏病全国重点实验室特聘研究员。2009年博士毕业于德国弗莱堡大学, 之后分别在美国康奈尔大学威尔医学院和奥地利科学院分子生物技术研究所进行博士后研究, 2019年回国加入同济大学。长期以来结合临床队列分析、医学遗传学、人脑类器官和转基因动物模型, 致力于环境和遗传因素导致出生缺陷尤其是神经发育障碍研究, 以及人脑进化调控机制研究。以通信作者(含共同通信作者)身份将研究成果发表在*New Engl J Med*、*Med*、*J Clin Invest*、*EMBO Mol Med*、*EMBO Rep*、*J Genet and Genomics*等, 主持包括科技部干细胞重点研发计划子课题、国家自然科学基金面上项目、上海“科技创新行动计划”自然科学基金项目、上海市浦江人才计划等多个科研项目。



高绍荣, 中国科学院院士, 同济大学生命科学与技术学院院长、教授, 教育部“细胞干性与命运编辑”前沿科学中心主任。高绍荣教授长期致力于细胞干性与命运决定的调控机制研究, 坚持面向人民健康问题展开科学研究, 取得多项系统性、原创性研究成果, 以通信作者(含共同通信作者)身份在*Nature*、*Science*、*Cell Stem Cell*、*Nature Cell Biology*等国际学术期刊发表论文百余篇, 代表性成果被写入表观遗传学经典教材《*Epigenetics*》等专著, 受到国内外同行的广泛关注与高度评价, 先后获国家自然科学奖二等奖、全国创新争先奖、教育部自然科学奖一等奖、上海市自然科学奖一等奖等重要奖项和荣誉。其中, 证明诱导多能干细胞(iPS)发育多能性的成果入选美国*TIME*杂志评选的2009年世界十大医学突破。他还带领团队揭示了早期胚胎发育过程中基因组上核心组蛋白甲基化修饰的重编程规律与调控新机制, 相关成果发表在*Nature*杂志, 该成果入选2016年“中国生命科学十大进展”。系统解析了体细胞克隆胚胎发育的主要表观遗传障碍, 研究成果为我国科学家在大动物克隆效率提升和体细胞克隆猴的成功提供了重要理论基础。



郭贞明, 同济大学生命科学与技术学院副教授、博士生导师。博士毕业于上海交通大学Bio-X研究院, 2021年在同济大学生命科学与技术学院进行博士后研究。2025年入职同济大学任副教授。从事干细胞生物学和类器官研究。以第一作者、通信作者(含共同通信作者)身份将研究成果发表在*New Engl J Med*、*Med*、*EMBO Mol Med*、*EMBO Rep*等。主持国家自然科学基金青年项目、博士后创新人才支持计划(博新计划A类)、上海科技启明星扬帆专项, 担任科技部重点研发计划项目骨干。

收稿日期: 2025-07-31

接受日期: 2025-08-28

同济大学本科生实验教改项目和同济大学研究生知识微单元项目(批准号: 2025ZSWDY32)资助的课题

*通信作者。Tel: 021-65986036, E-mail: spring_gzm@tongji.edu.cn; gaoshaorong@tongji.edu.cn; shan_bian@tongji.edu.cn

Received: July 31, 2025

Accepted: August 28, 2025

This work was supported by the Tongji University Undergraduate Experimental Teaching Reform Special Fund, Tongji University Graduate Knowledge Micro-Unit Project (Grant No.2025ZSWDY32)

*Corresponding authors. Tel: +86-21-65986036, E-mail: spring_gzm@tongji.edu.cn; gaoshaorong@tongji.edu.cn; shan_bian@tongji.edu.cn

AI赋能下的“器官发生与类器官”课程体系建设与探索

郭贞明* 陈嘉瑜 刘艳 高绍荣* 边杉*

(同济大学生命科学与技术学院, 上海 200092)

摘要 类器官技术是生命科学领域最前沿的技术之一。类器官教学在生物医学领域具有重要意义,是推动医学教育创新和实践能力培养的重要载体。然而,目前国内外高校体系化的类器官理论和实验课程开设数量很少,尚在建设起步阶段。现有的类器官理论教学存在理论与实践脱节、实验教学成本高、教学资源不足等限制,亟需创新性解决方案。该论文聚焦于类器官技术在生命医学教育中的应用,提出了一种基于人工智能和大数据技术的创新解决方案,建设智能化、个性化和前沿化的类器官理论教学课程,并通过整合理论知识与实验操作,建设虚拟仿真课程和AI辅助系统,构建类器官理论和实验教学课程。课程有机融入思政元素,在类器官学习和实验中培养学生的科学精神、科学职业能力和责任感。该“理论+实验”的类器官课程体系推动了生命医学教育的创新,为培养高水平、复合型人才提供了支持。

关键词 类器官课程建设;人工智能赋能课程;虚拟仿真实验课程

Construction of an AI-Empowered Curriculum System for “Organogenesis and Organoids”: an Exploratory Study

GUO Zhenming*, CHEN Jiayu, LIU Yan, GAO Shaorong*, BIAN Shan*

(School of Life Sciences and Technology, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract Organoid technology, one of the most cutting-edge technologies in the life sciences, holds vital significance in the biomedical field and serves as a crucial vehicle for promoting innovation in medical education and cultivating practical skills. However, systematic organoid theory and laboratory courses remain scarce and underdeveloped globally. Few existing organoid courses often characterized by only theoretical introduction of organoids, missing the practical or experimental content due to the high experimental costs and limited teaching resources. This study aims to develop an organoid curriculum powered by AI (artificial intelligence) and big data technologies. This course establishes an intelligent, personalized, and cutting-edge organoid theory and experimental course by integrating theoretical knowledge with experimental operations, creating a virtual simulation- and an AI-assisted organoid teaching system. The implementation of this integrated “theory+practice” curriculum not only advances educational innovation in life and medical sciences but also supports the cultivation of high-level, interdisciplinary talent.

Keywords organoid curriculum construction; artificial intelligence-empowered curriculum; virtual simulation experiment course

1 类器官教学相关背景和现状

1.1 生物医学人才培养新趋势及类器官领域前沿

近年来,生物医学技术的迅猛发展使得干细胞与再生医学成为全球生命科学领域的研究热点,尤其是以类器官为代表的前沿生物技术不断取得突破,为干细胞领域的临床转化提供了新的工具和手

段。类器官是指通过成体干细胞或多能干细胞在体外进行三维构建,依靠干细胞的自组装能力形成的能够在体外最大程度模拟体内组织器官细胞组成、结构和功能的细胞培养物。由于类器官能够在体外较为精准地模拟组织器官的结构和功能,极大地拓展了体外模型在药物研发、疾病机制解析、个

性化医疗和再生医学等领域的应用空间,因此一经问世便获得了极大的关注和发展。2013年,类器官技术被 *Science* 杂志评为年度十大技术之一^[1]。2017年,类器官被 *Nature Methods* 杂志评为年度方法^[2]。2019年,类器官技术被 *The New England Journal of Medicine* 评价为优秀的人类临床前疾病模型^[3]。政策层面,近年来中美相关部门陆续发布指导原则,推动类器官等新技术在药品研发非临床评价中的应用。2021年,中国国家药监局将类器官首次纳入基因治疗及基因修饰细胞治疗产品的非临床评估方法。2023年,类器官和微流体等新技术也被纳入人源干细胞产品评价模型。2025年,美国药监局和国立卫生研究院进一步推动包括 AI 计算模型、细胞系和类器官等模型逐步替代动物模型,资助项目要求采用非动物方法(如类器官、人体数据、AI 模拟等)。这一系列国内外政策举措标志着:类器官相关研究和应用将在这一轮产业革命中占据至关重要的地位。因此,开设类器官相关理论及实践课程,有助于本科生和研究生深入理解组织发育相关经典知识,还能培养具有前沿科技知识和技能的生命医学拔尖创新人才。

1.2 类器官相关教学现状

自2008年日本干细胞学家笹井芳树教授^[4]创建皮层类器官和2009年荷兰干细胞生物学家 Hans CLEVERS^[5]创建小肠类器官以来,类器官相关研究已获得了爆发式的发展,也在基础科研和临床应用中涌现了大量革命性和颠覆性的研究成果。虽然类器官相关内容在世界多个顶尖大学的课程中有所讲述,比如哈佛大学医学院开设了 Stem Cell and Regenerative Medicine 课程;麻省理工学院开设了 Biomedical Engineering: Stem Cell and Tissue Engineering 课程;东京大学开设了 Tissue Engineering and Stem Cell Technologies for Neuroscience 课程,但在这些课程中,类器官只是作为干细胞组织工程课程体系下仅有几个学时的讲座,并未被当作独立成体系课程,教师只能在非常有限的课时内介绍类器官基本概况,并没有成体系充分讲解。作为成体系课程,仅有极个别高等教育学府或学会组织开设了类器官相关课程。比如,上海科技大学开设了类脑器官课程,中国细胞生物学学会开设了网上慕课类器官等。

同济大学生命科学学科在干细胞与再生医学领域拥有雄厚的科研实力和鲜明的学科特色,长期

以来,在干细胞理论知识和实践训练方面做了多种教学探索。本单位在干细胞领域开设了系统的理论与实践课程体系,涵盖本科生和研究生教育。如:本科生阶段开设有“干细胞生物学”、“干细胞转化”、“干细胞新技术”等理论课程,研究生阶段则开设了“干细胞与转化医学”理论课程。同时,学院通过干细胞生物学实验课程和生物科学与转化医学实验培养学生的实验技术和运用能力。为积极推动类器官教学与科研人才梯队建设,2019年,依托“干细胞生物学”和“干细胞与转化医学”等课程,本单位开设了类器官相关理论教学。但课程仅能在有限课时情况下,以讲座的形式对类器官进行介绍。

通过总结外单位和本单位教学情况,笔者发现目前类器官理论教学存在以下不足:(1) 成体系类器官课程少,大都是在干细胞相关课程中进行简短介绍,课时少、不系统;(2) 缺乏知识联动,只对单一类器官的造模开展,没有成体系介绍从“器官发育过程和分子调控”到“干细胞类器官造模”的内在逻辑联系,不利于学生形成内在知识框架;(3) 课堂多为灌输式教学,缺乏以学为中心的课堂设置和 PBL(problem based learning) 实践环节,不利于高阶思维能力和实践能力培养;(4) 与类器官产业发展脱节,不利于面向应用的人才培养。

此外,类器官实验教学也存在一些不足:(1) 类器官操作通常由课题组自行教授,或者由企业以技术培训形式展开,仅有个别学生得以接触;(2) 实验教学依赖高年级学生传帮带、缺乏标准化;(3) 高校开展类器官实验教学面临“价格贵、场地紧、易污染、技术门槛高”,难以普及。

针对以上类器官理论和实验教学的诸多不足,为适应生命医学拔尖创新人才培养需求,适应“干细胞-类器官”学科发展趋势,和适应人工智能时代高校对教学范式变革的要求,笔者将类器官课程从“干细胞生物学”和“干细胞与转化医学”课程中抽离,以人工智能赋能课程建设,专设了“类器官理论-实验”教学体系。课程面向已修完分子生物学、细胞生物学、发育生物学和干细胞生物学的高年级本科生和研究生开展,包括器官发生与类器官理论课程和类器官虚拟仿真实验课程。目前课程建设已基本搭建完成,并取得了一些初步成效。

2 人工智能赋能的类器官理论教学建设

2.1 类器官理论课程目标与内容

器官发生与类器官是为同济大学生命科学拔尖人才班、生物技术强基计划班及生物技术专业三年级学生开设的专业选修课,后期也将结合本科生-研究生贯通课程设计面向研究生开设进阶课程。本课程按照“以学为中心”的教育思想,课程树立以下可量化的学习目标,包括情感价值目标、知识目标、能力目标。情感价值目标为:学生能树立为人民生命卫生服务的崇高理想。知识目标为:学生能够正确描述以人为代表的哺乳动物胚胎主要器官的结构、组成、发育过程及其基本分子机制,能够梳理并阐述主要器官的发育周期和各阶段关键事件。能力目标为:(1)学生能够准确列举各种类器官模型,能够比较至少两种主流类胚胎、类器官培养方法的实验流程原理、步骤和适用场景;(2)学生能够论述不少于三项类胚胎和类器官在基础研究或临床转化方面的实际应用案例,并在模块学习中展示。

在课程内容设置上,本课程线下学习共设置34个学时(表1)。课程通过系统介绍“人体器官发育过程和调控机制”这一理论基础,结合科学家如何基于这些器官发育知识探索“类器官培养方法的建立”,并延伸至“类器官作为新型3D体外组织/器官模型”在转化医学中的实际应用,形成了一个完整的知识链条。同时,课程融入了“类器官虚拟仿真实验操作”模块,实现了理论教学与实验教学的有机结合。本课程的特色在于将“人体器官发育过程和调控机制-类器官培养原理-类器官转化医学应用”进行知识串联,帮助学生系统掌握人体发育关键知识,理解类器官培养原理,并通过虚拟仿真实验课程填补了国际上类器官实验教学的空白。在内容和形式上,本课程均填补了高校本科生课程的空缺,具有重要的创新性和实践价值。理论课程分为10个单元,包括7个知识单元和3个实践单元。具体有导论单元、胚胎和类胚胎、生殖系统发育与类器官、第一阶段实践、中枢神经系统发育与类器官、第二阶段实践、消化系统发育与类器官、循环系统发育与类器官、呼吸系统发育与类器官、第三阶段实践。每个单元都设定了具体可量化的知识、技能、情感价值目标。教学活动中,先用2~4学时进行知识性讲述、介绍器官发育基本过程和关键分子机制,随后通过2~4个学

时介绍对应器官的类器官模型构建的发展沿革,对领域发展起到重要推动作用的科研团队、造模方法。最后用2个学时,通过邀请类器官领域头部企业负责人进入课堂等方式,向学生介绍该类器官在科研实践和临床研究中的应用,以及该类器官在国内外产业转化方面的前景(具体课时分配情况详见表1)。课程采用线上线下融合授课,学生通过在线课时完成思维导图、拓展学习和每个知识单元后的知识性小测。在实践单元,针对前几个单元的类器官学习内容,通过PBL学习法,鼓励学生分成小组,大胆运用所学知识进行“模拟创业”或“模拟解决临床问题”。课程提出的“理论-实验-产业转化”一体化的培养模式将知识学习、科研创新与产业需求深度对接,全面提升学生的综合素质和就业竞争力。

2.2 用于类器官教学的“大数据-智能体搭建”

目前,人工智能在辅助教学方面的应用已逐步渗透到教育领域的多个环节,为教学模式的创新和效率提升提供了有力支持。通用的智能体在科研应用方面常常会产生“与事实有出入”的搜索结果。为了弥补这一缺点,团队基于“检索-增强-生成”(retrieval-augmented generation, RAG)技术,将信息检索与语言生成模型相结合,构建类器官教学垂直领域专业化智能体。团队为智能体的搭建构建了知识库,广泛收集国内外权威的类器官相关中英文教材、知名教授撰写的类器官相关综述文章,如国内出版的《类器官及其应用》^[4]、《类器官理论与技术》^[5]、《器官芯片》^[6],国外出版的*Organoids and Mini-Organoids*^[7]、*Organoid Technology for Disease Modelling and Personalized Treatment*^[8]等,作为RAG的静态知识基座,并由此搭建类器官理论知识的大模型框架。目前第一版智能体已经上线,在后续更新的版本中还将搭建自动化信息采集系统,实时跟踪国内外进展,不断充实和更新大数据的内容和功能。

2.3 基于人工智能赋能的类器官理论教学课堂活动

将构建好的人工智能应用于类器官教学,辅助教师开展高阶思维的课堂活动。比如中枢神经系统单元,在已经完成中枢神经系统组织发育学习后,教师按照课程安排应进行中枢神经系统类器官的介绍。教师可通过思维导图引导学生回顾脑和脊髓发育过程的关键分子调控机制,随后直接请学生现场利用

表1 器官发生与类器官课程大纲
Table1 Course syllabus of organogenesis and organoids

序号 Code	知识单元 Discipline	知识点/能力点 Knowledge points	教学法 Teaching method	线下学时 In class	线上学时 Online
(1)	课程前言	组织学和胚胎学发展历史和总体概论 类胚胎和类器官发展历程、研究现状和趋势 类胚胎和类器官在基础研究和转化医学研究中的应用, 国内外产业化现状	讲授、启发 对分课堂 情景	2	0
(2)	胚胎和类胚胎	以人为代表的哺乳动物胚胎发育阶段、结构、细胞组成、发育过程及基本分子调控机制 类胚胎培养的细胞来源、培养方法的建立过程, 以及胚胎体外培养技术的发展 类胚胎和胚胎体外培养在基础科研和转化医学研究中的应用潜力与价值、国内外产业化现状	讲授、启发 讲授、启发、对分课堂 情景	4	0
(3)	生殖系统	生殖系统组织结构、细胞组成、发育过程及基本分子调控机制 生殖系统类器官(睾丸、卵巢和胎盘等)培养的细胞来源与培养方法的建立 生殖系统类器官在基础科研和转化医学研究中的应用、国内外产业化现状	讲授、启发 讲授、启发、对分课堂 情景	4	0
(4)	阶段性讨论	针对第一阶段类胚胎和生殖系统类器官内容, 进行科研和创业相关训练	讨论	2	3
(5)	神经系统	神经系统组织结构、细胞组成、发育过程及基本分子调控机制 神经系统类器官(神经管、脑、脊髓等)培养的细胞来源、培养方法的建立过程 神经系统类器官在基础科研和转化医学研究中的应用潜力和价值; 国内外产业化现状	讲授、启发 讲授、启发、对分课堂 情景	6	6
(6)	阶段性讨论	针对第二阶段神经系统类器官内容, 进行科研和创业相关训练	讨论	2	3
(7)	消化系统	以人为代表的哺乳动物消化系统组织结构、细胞组成、发育过程及基本分子调控机制 消化系统类器官(小肠、胃、肝脏、胰腺等)培养的细胞来源、培养方法的建立过程 消化系统类器官在基础科研和转化医学研究中的潜力与价值; 国内外产业化现状	讲授、启发 讲授、启发、对分课堂 情景	4	3
(8)	循环系统	循环系统组织结构、细胞组成、发育过程及分子调控机制 循环系统类器官(心脏、血管等)培养的细胞来源、培养方法的建立过程 循环系统类器官在基础科研和转化医学研究中的应用; 国内外产业化现状	讲授、启发 讲授、启发、对分课堂 情景	4	3
(9)	其他系统	呼吸系统和皮肤组织结构、细胞组成、发育过程及分子调控机制 呼吸系统和皮肤类器官培养的细胞来源、培养方法的建立过程 了解呼吸系统和皮肤类器官在基础科研和转化医学研究中的应用; 国内外产业化现状	讲授、启发 讲授、启发、对分课堂 情景	4	3
(10)	阶段性讨论	针对第三阶段消化系统、循环系统、呼吸系统和皮肤组织类器官内容, 进行科研和创业相关训练	讨论	2	3

表2 器官发生与类器官课程量规

Table 2 The rubric of organogenesis and organoids

考核方式	占比	备注
Assessment methods	Ratio	Note
线下过程性考核	15%	出勤占5%, 线下课堂互动和参与讨论情况占15%
线上过程性考核	25%	知识性得分: 7.5% 在线材料阅读: 7.5% 思维导图: 10% (课程知识单元有此类过程性考核)
阶段性小组报告	30%	按照学生课堂汇报的表现及汇报内容(汇报内容可设计科研项目、创业项目、转化医学应用等)给分, 每次汇报占10%, 考查学生对本课程的内容掌握、拓展性思维以及项目设计和组织的能力。其中每次课堂汇报成绩的70%由教师打分, 另30%由学生小组互评给分 (课程阶段性实践单元有此类性考核)
期末考试	30%	卷面分数

“智慧教室”的设备, 现场尝试设计对干细胞进行诱导分化的方案和策略。学生在作答后将答案提交到云端, 人工智能实时对学生提出的方案进行判断和评价, 并统计、判断、汇总班级薄弱知识点。授课教师在终端收到反馈, 便可在接下来的教学时间, 结合已发表的类器官实验方案对学生进行知识传授和思维引导, 并将优秀课堂作业与已经发表的实验方案进行对照分析和讲解。

在线上学习过程中, 学生可通过人工智能辅助的类器官教学大数据模型进行知识巩固和新知识搜寻及学习, 并利用AI模型辅助自己的思考, 不断优化即将提交的“创业作业”。

2.4 类器官理论教学考核方式与量规

由于类器官同时具有基础学科和前沿学科的特点, 单纯的期末闭卷笔试的考核方式不能达到在“以学为中心”教育思想指导下, 对学生能力掌握的促进和“以测评促教学”的目的。因此, 本课程的考核方式为期末考核和平时考核。平时成绩由线下过程性考核、线上过程性考核、阶段性小组报告所组成。多个单元都有过程性考核, 所有过程性考核成绩的平均值为期末该类考核的最终得分(表2)。

3 类器官实验课程建设

3.1 类器官虚拟仿真实验课程目标与内容

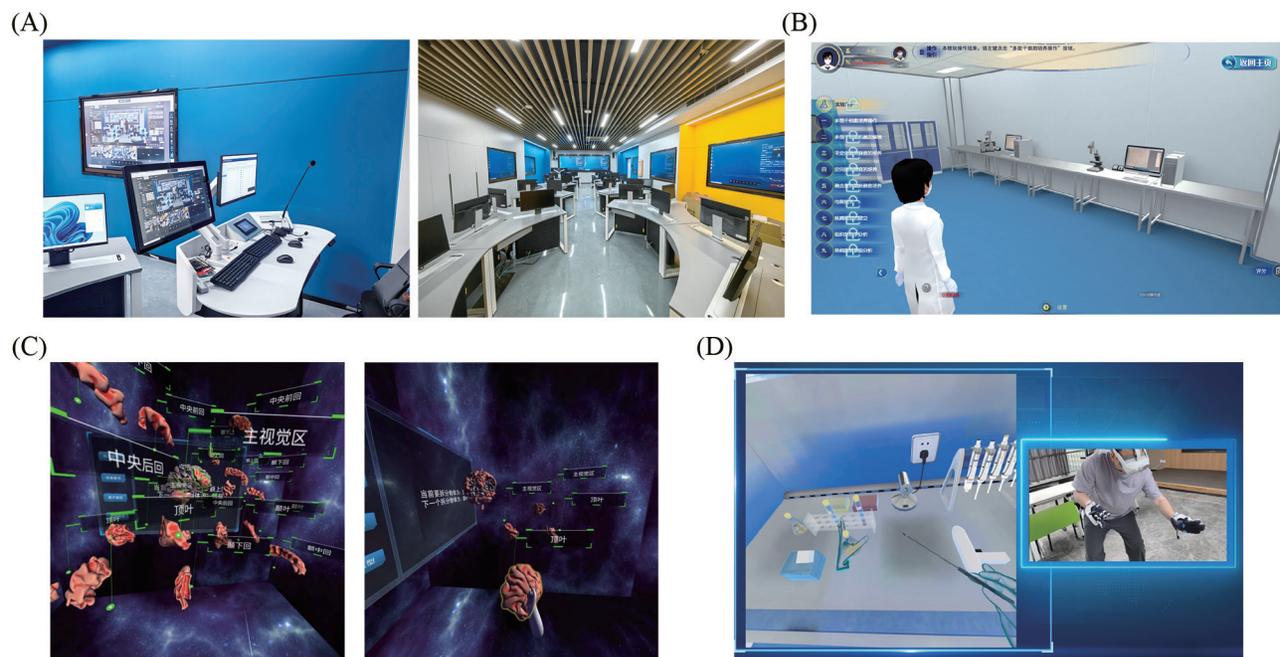
高校开展类器官实验教学面临“价格贵, 场地紧, 易污染, 技术门槛高, 难普及”等现实。为满足学生对接触先进实验方法和技术的需要, 笔者正在建设“类器官虚拟仿真”实验教学体系。该体系计划以“重基础, 重实践, 重能力”为知识和能力目标, 计

划与器官发生与类器官理论课程形成联动, 涵盖器官发生与类器官理论课程涉及的类器官造模技术。笔者团队目前已经完成了“脑类器官培养的虚拟仿真课程建设”模块建设(图1), 正在进行“人工智能赋能的人视网膜类器官构建的虚拟仿真课程”模块建设。

3.2 由AI驱动类器官虚拟仿真实验课堂内容

由资深教师操作, 录制了从细胞房无菌操作、胚胎干细胞(human embryonic stem cell, hESC)培养、干细胞电转、类器官培养、类器官疾病模拟、类器官组织形态学分析和组学分析等全流程视频, 并构建了虚拟仿真动画。随后开发了适用于PC和Web端的“虚拟仿真类器官”实验教学软件。学生可以通过网页登录或在智慧教室借助AR/VR设备, 反复多次进行沉浸式学习, 掌握干细胞培养、分化以及类器官培养等操作技能(图1)。

前文已述, 笔者正在构建智能体以辅助类器官理论和实验教学体系。该“虚拟仿真实验教学软件”搭载了智能体。学生在操作学习过程中, AI技术实时分析学生的学习行为和操作情况, 为学生提供个性化的学习路径和资源推荐, 帮助学生在薄弱环节上进行针对性训练, 从而提高学生学习成效。AI助教也将把班级整体学习情况反馈给授课教师, 教师凭此对班级学生进行针对性讲解和辅导。AI助教也可以根据学生学习行为, 从准确度、有效学习时长、学习效率等方面多角度为学生在虚拟仿真平台的学习进行打分。在经历了一定类器官虚拟仿真实验课之后, 对于那些对类器官研究产生浓烈兴趣的学生, 笔者所在单位对应实验室将欢迎学生进入各个课题组, 以类器官为模型开展本科生科创训练、生命科



A: 同济大学生命科学与技术学院智慧教室。B: PC和Web版脑类器官虚拟仿真实验场景。C: 头盔式体验场景。D: 头盔结合手套装置沉浸式体验场景。

A: smart classroom at the School of Life Sciences and Technology, Tongji University. B: PC and web-based virtual simulation experiment scenarios for brain organoids. C: helmet-based experience scenario. D: immersive experience scenario using a helmet and gloves.

图1 智慧教室与类器官虚拟仿真实验平台

Fig.1 Smart classroom and organoid virtual simulation experiment platform

学竞赛或课题研究。

4 类器官理论实验课程建设成效

继笔者及团队在同济大学生命科学与技术学院开设类器官相关课程以来,已有600多位本科生和研究生参加了笔者团队在干细胞相关课程中对类器官理论知识的教授,十余位本科学士生参加笔者团队的类器官实验教学课程。有多位本科生和研究生随后对类器官研究产生了浓烈兴趣,其中,有2名本科学士生使用类器官模拟发育缺陷,获全国大学生生命科学竞赛二等奖(2024)、全国大学生生命科学竞赛上海市一等奖(2024)。此外还有多名参与授课的学生进入研究生培养阶段,以类器官模型开发和应用开展类器官相关研究,已在领域有影响力的SCI期刊发表多篇研究论文。

5 小结和展望

本课程体系建设项目在类器官教学领域进行了开创性探索,构建了一个智能化、个性化和前沿化的教学体系。通过人工智能和大数据技术的深度应用,结合理论与实验教学的深度融合,以及虚拟仿

真和AI辅助系统的创新应用,旨在显著提升教师教学效果和学生的实践能力。该体系不仅推动了生物医学教育的创新,还为培养高水平、复合型人才提供了有力支持。未来,笔者团队将持续优化课程内容,结合最新的技术发展和类器官研究最新进展,进一步完善教学体系和教学方式,为生物医学领域的研究和应用注入新的活力。目前,本课程仍处于建立和探索阶段,笔者团队期待通过真实教学实践的验证和考察,不断优化课程内容,为生物医学教育的创新和发展作出更大贡献。

参考文献 (References)

- [1] Dishing up mini-organs [J]. *Science*, 2013, 342(6165): 1436-7.
- [2] Method of the year 2017: organoids [J]. *Nat Methods*, 2018, 15(1): 1.
- [3] LI M, BELMONTE J C. Organoids: preclinical models of human disease [J]. *N Engl J Med*, 2019, 380(6): 569-79.
- [4] EIRAKU M, WATANABE K, MATSUO-TAKASAKI M, et al. Self-organized formation of polarized cortical tissues from ESCs and its active manipulation by extrinsic signals [J]. *Cell Stem Cell*, 2008, 3(5): 519-32.
- [5] SATO T, VRIES R G, SNIPPERT H J, et al. Single Lgr5 stem cells build crypt-villus structures *in vitro* without a mesenchymal niche [J]. *Nature*, 2009, 459(7244): 262-5.

- [6] 陈晔光, 惠利建. 类器官及其应用, 1版[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2023, 1-466.
- [7] 苏佳灿, 白龙, 陈晓, 等. 类器官理论与技术, 1版[M]. 上海: 上海大学出版社, 2022, 1-274.
- [8] 林炳承, 罗勇, 刘婷姣, 等. 器官芯片, 1版[M]. 北京: 科学出版社, 2019, 1-352.
- [9] DAVIES J A, LAWRENCE M L. Organoids and mini-organs, 1st ed [M]. New York: Academic Press, 2018, 1-260.
- [10] BADRUL HISHAM YAHAYA. Organoid technology for disease modelling and personalized treatment, 1st ed [M]. New Jersey: Humana Press, 2022, 1-208.