

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2025.01.019

基于数字孪生的CT检查技术虚拟仿真教学

武杰¹, 张波², 陈兆学¹, 汪红志³

(1. 上海理工大学健康科学与工程学院, 上海 200093;

2. 滨州职业学院医学技术学院, 山东滨州 256603;

3. 华东师范大学物理与电子科学学院, 上海 200062)

【摘要】作为元宇宙的重要底层技术之一, 数字孪生与各种实验教学的结合正在加快落地。CT检查技术是医学影像技术专业的一个重要课程模块, 但在实验教学中存在过度依赖医院实体设备、实验机时十分有限、检查过程环节多、规范多、缺乏交互性等现实难题。该文构建了一种基于机理建模和数字人体模型相结合的数字孪生CT检查技术虚拟仿真平台, 展示了平台框架结构和模型基础, 介绍了部分仿真案例和功能模块, 并分析了使用该平台的教学效果。该平台不仅打破了学习时空的限制, 还提供了沉浸式、多角度的CT检查技术实验环境, 有助于开展相关专业的实验教学, 赋能教育新形态, 改善实践新体验。

【关键词】数字孪生; 实验教学; 检查技术; 医学影像**【中图分类号】**G420**【文献标志码】**A

文章编号: 1674-1242(2025)01-0115-08

Virtual Simulation Teaching of Digital Twin-Based CT Examination Technology

WU Jie¹, ZHANG Bo², CHEN Zhaoxue¹, WANG Hongzhi³

(1. School of Health Science and Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;

2. Binzhou Vocational College School of Medical Technology, Binzhou, Shandong 256603, China;

3. School of Physics and Electronic Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

【Abstract】As one of the important underlying technologies of the metaverse, Digital Twin technology is accelerating the integration with various experimental teaching methods. CT examination technology is an important course module in the field of medical imaging technology. However, there are practical difficulties in its experimental teaching, such as excessive reliance on hospital real physical equipment, limited experimental machine time, multiple standardized imaging and examination processes, and lack of interactivity. This article constructs a Digital Twin based CT examination technology virtual simulation platform that combines mechanism modeling and digital human body modeling. The platform framework structure and model foundation are presented, some simulation cases and functional modules are introduced, and the teaching effect of the platform is analyzed. This platform not only expands the limitations of learning time and space, but also provides an immersive and multi-angle CT examination technology experimental

收稿日期: 2024-08-27。

资助项目: 教育部产学合作协同育人项目, 项目编号: 230800562093048。

作者简介: 武杰(1976—), 男, 安徽阜阳人, 博士研究生, 研究方向: 医学影像技术; 邮箱(E-mail): wujie3773@sina.com; 电话(Tel.): 021-55271116。

通信作者: 汪红志(1975—), 男, 湖南人, 博士, 研究方向: 医学成像虚拟仿真技术; 邮箱(E-mail): hzwang@phy.edu.cn; 电话(Tel.): 021-62233333。

environment, which helps to carry out experimental teaching in related majors, empowers new forms of education, and enhances new practical experiences.

【Key words】 Digital Twin; Experimental Teaching; Examination Technology; Medical Imaging

0 引言

数字孪生 (Digital Twin, DT) 通过构建和物理实体相对应的数字孪生体, 以数字形式来映射物理实体在真实环境中的变化, 模拟物理实体在真实环境中的行为和特性, 以实现原理仿真、过程重现、状态监控和趋势预测^[1,2]。数字孪生技术作为新型虚拟技术的集成融合和创新应用, 在现代化教学模式转型中将发挥重要作用^[3]。可以认为数字孪生和现实世界之间是彼此依赖而又遵守着共同规律的一种虚拟映射关系。通过现代计算机的高性能虚拟计算技术, 这个计算出来的虚拟系统也能表达出和真实世界一样的感知与运行规律^[4,5]。数字孪生技术则通过计算机的高性能计算技术, 对真实世界中的实体及其运行规律进行模拟仿真, 使虚拟出来的孪生体无论是在外观、功能方面还是在实际执行和使用方面, 都和真实世界中的实体非常接近^[6,7]。传统的计算机仿真是一个以模型理论为基础, 以计算机为工具, 根据研究目标建立并运行模型, 对研究对象进行认识与改造的过程。而数字孪生技术是传统计算机仿真技术的一种扩展, 强调在产品全生命周期中, 通过收集真实系统的数据, 构建一个数字化虚拟模型, 以模拟真实系统的运行、维护和优化。

对医学影像技术专业来说, 像 CT 这样的大型医学影像设备的批量化、规范化、规模化实验教学一直没有得到有效开展, 其原因有设备大型化、昂贵、台套数有限、附属医院真机机时量少、电离辐射伤害、射线类设备使用资质要求较高等^[8,9]。目前医学影像技术专业课程的课堂教学以理论讲解为主, 设备原理复杂难懂, 学生畏难情绪大。而实验教学以单台设备下的演示性实验和医院参观实验为主, 学生真正动手实践的时间和机会都很少, 很难实现批量化、规范化、规模化的实操实验^[10,11]。要解决目前的这一现实问题, 可以采用数字孪生的虚拟仿真和数字人体模型相结合的开发模式, 将现

场设备教学改进为在实验室进行虚拟仿真教学, 将 CT 设备的检查过程虚拟化、可视化、交互化。

传统的 CT 检查课程实验教学模式存在学习时空受限、设备操作带有风险、运行机制难以显现等问题, 无法满足年轻人的个性化学习需求, 难以适应数字技术发展对实验教学改革的要求。结合将科技和教育深度融合的教学改革理念, 落实“互联网+教育”的教学方法, 在 CT 检查实验教学中, 应开展基于数字孪生的 CT 检查技术虚拟实验教学探索, 促进教育教学观念更新, 实践教育模式和评价方式变革, 满足数字时代的个性化、数字化学习方式的转变。

本文基于数字孪生技术设计和开发了一个用于 CT 检查的虚拟仿真平台, 梳理了 CT 设备实体背后的运行规律、数据特点及获取方法、虚拟仿真、迭代优化, 以及在实验教学中的应用思路, 提出了一种匹配 CT 设备运行机理和 CT 检查技术特点的建模仿真方法, 结合具体实验案例, 构建了一个和真实世界中的 CT 成像原理与检查技术相对应的数字孪生虚拟仿真平台。通过采集医疗设备实体的相关数据, 建立数字孪生模型, 为医学影像技术专业的实验教学提供了一个与实际医疗检查场景相对应的数字孪生检查实验场景。虚拟 CT 检查技术和现实中的 CT 检查技术有着相同的检查操作、运行规律和检查结果, 可以实现虚实互应的医疗检查实验手段。

1 基于数字孪生的 CT 检查技术虚拟仿真平台框架

数字孪生技术可以在数字空间中构建一个和现实世界中的物理实体互相映射的虚拟实体, 通过对物理实体的数据采集和分析, 抽象出物理实体的内在属性、相互关联和运行过程, 建立数字孪生模型, 在虚拟网络空间中构建一个与物理实体完全对应的虚拟数字实体^[12,13]。物理实体与数字孪生体之间具备双向和动态的实时关联, 在整个实体的生命周期中, 均可实现物理世界与数字世界的交融, 并获得

与物理世界相同的体验^[14,15]。

基于数字孪生的 CT 检查技术流程框图如图 1 所示，总体包括物理建模、数学建模、计算机建模和迭代优化 4 个步骤。物理建模负责将大型医学影像设备的成像数据采集过程进行整体建模，模型必须包含硬件、样品、方法及环境等全方位因素，即将成像过程中的本质部分进行抽象表达。将物理模型进一步抽象成数学表达式，即数学建模。为了进行数值计算，还需要将数学模型进行离散化表达。对经过离散化的数学模型再进行计算机建模，包括矩阵数据离散化、数值计算可视化和交互界面优化等。最后参照真实场景和应用需求进行反复的迭代

优化。

1.1 CT 设备物理实体和实际临床检查场景

CT 设备的物理实体包含机架、扫描床、操作台、工作站等单元，分别负责数据采集、患者承载、检查交互、图像重建和诊断等功能。日常的实际检查过程包括患者登记、患者摆位、参数选择、扫描成像、数据管理等环节，要求操作者对设备实体和临床检查规范非常熟悉。初学者尤其是在校学生缺乏足够的真实场景下的操作和训练机会。因此，学习和培训相关的医学影像技术操作人员受到现实条件的限制。综合考虑成像对象、成像设备、成像方法和成像环境等因素，分别构建数字人体模型、虚拟运行

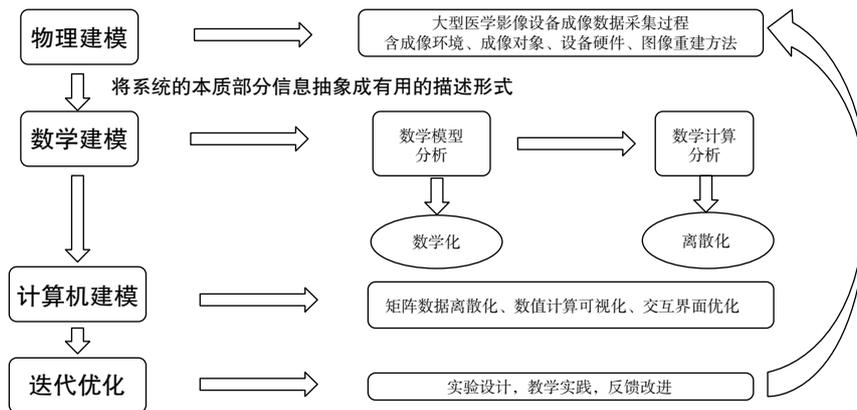


图 1 基于数字孪生的 CT 检查技术流程框图

Fig.1 Flow diagram of CT examination technology digital twin

数据采集模型和虚实交互模型。

1.2 数字人体模型

基于数字孪生的 CT 检查技术虚拟仿真平台包括数字环境模型、数字人体模型和数字 CT 设备模型。采用 WebGL 和 Unity 工具完成具体的数字孪生虚拟实体的开发，其中数字环境分为场景的虚拟和流程的虚拟，场景的虚拟依据医院实际的就医环境进行 3D 建模，流程的虚拟依据临床检查规范制定。另外，数字人体模型的虚拟依据患者的性别、年龄和体型构建，运动信息依据骨关节数目、关节类型和关节自由度构建，以实现全身部位的高自由度任意摆位，满足实验教学需求。

使用的数字人体模型将整个人体划分成体素大小为 $0.5\text{mm} \times 0.5\text{mm} \times 1\text{mm}$ 的数字化人体组织参数

(如肌肉、脂肪、白质、灰质、脑脊液、骨骼、血液等) 组成的多维数据库。因此，本文在开发 CT 设备数字孪生体的过程中，需要在虚拟数字人体模型的基础上，延伸开发出 CT 设备的虚拟数字孪生体，以更好地对实际检查场景和变化过程进行虚拟仿真与交互展示。

1.3 数字孪生建模与虚实交互

医学数字孪生的关键技术是对医学设备相关信息的建模、对运行机制的建模推理及模型建立后的迭代优化，因此需要进行大量的数学建模和信息交互。现实空间中的 CT 设备和虚拟空间中的数字孪生体之间存在双向的交互反馈及底层数据或应用信息的互连接，CT 设备运行后得到的感知数据(如扫描协议、患者数据、设备参数等)将同步给 CT

设备的虚拟数字孪生体。

数字孪生体进行运行机理建模之后，还需要设计具体算法进行求解，再将计算结果反馈给 CT 设备实体，同时对 CT 设备实体的状态进行同步的数据更新和仿真操作，最终实现虚拟数字孪生体和 CT 设备实体的联动，达到虚实映射和虚实同感的效果^[2]，本文基于数字孪生的 CT 检查虚实交互框图如图 2 所示。

与 CT 设备实体对应的虚拟数字孪生体扫描的对象必然是数字人体模型，因此数字人体模型的准确性和客观性决定了最终扫描图像的真实性与逼真度。数字人体模型的构建通常需要给出包括不同组织器官三维空间信息在内的更多维度的信息，以产生更多场景下的相互作用信息，并传递到各类最终的虚拟输出结果^[6]。利用软件实现自然规律仿真，关键点是基于机理模型进行数字环境、数字人体和数字设备之间内在机理关系的仿真，包括物理数据获取、虚拟信号采集和虚拟图像重建，得到虚拟的 CT 检查场景和 CT 图像。

1.4 应用开发

基于数字孪生的 CT 检查技术虚拟仿真平台设计和开发在对 CT 设备数字孪生机理建模过程中，以数字人体模型为基础，设定 CT 设备的多维物理数据，再以数字虚拟的手段实现扫描采集、算法重建、图像生成、重建图像的后处理、设备的操作、检查数据的生成等环节。该平台对用户数量和运行环境限制较少，无论是在单机版上还是在网络版上，只要在常规计算机和网络条件下，就可以满足运行

需求，在用户端能够实现实时性、互动性、逼真度、用户自主性、沉浸性等全面无差别的虚拟体验。

为了更好地适应学生对 CT 设备检查技术的实践和实训教学，在平台构建过程中，重点工作是实现检查环境的数字化、对人体对象的数字化和对 CT 设备运行原理的数字化，用于开发 CT 设备物理实体在数字孪生中的运行机理。最后在虚拟空间中构建出的上述三个数字孪生仿真模型能够实现虚拟实体和物理实体之间的交互反馈。在虚实融合的数字孪生虚拟仿真平台的基础上，本文继续开发了和临床检查操作相对应的应用服务资源库，非常适用于各类线上线下实验教学，包含用户登录、叫号、信息检验、更衣、摆位、防护、患者注册、扫描、阅片、打片、设备维护等检查技术的全过程模拟。

2 基于数字孪生的 CT 检查技术虚拟仿真平台仿真案例

2.1 仿真平台主界面

按照 CT 成像过程中 CT 数据的流动过程，把患者的检查过程划分为和数据流动相对应的患者登记、摆位操作、CT 扫描、阅片诊断等检查操作内容，整个仿真平台既可以按操作流程分模块单独仿真，也可以按数据流程展示完整的数字孪生过程；既有对前后逻辑关系和相互影响的实验，也有对横向相关的模块内容的实验；整个 CT 检查过程既是对真实应用场景的流程仿真，也是对每个环节相关知识点的拓展。

在严格按照临床 CT 检查的条件下，为了方便用户交互，将 CT 检查技术虚拟仿真平台的主界面



图 2 基于数字孪生的 CT 检查虚实交互框架图

Fig.2 Virtual real interaction diagram of CT examination based on digital twin

统一划分为主菜单栏、任务导航区、3D场景主控区、快捷操作面板、操作提示区，如图3所示。

2.2 摆位操作

CT检查中的摆位操作既是一个关键环节，也是一个变化较多、规范要求比较难以掌握的场景。基于数字孪生的CT检查技术虚拟仿真平台可以模拟人体的各种摆位操作，根据检查要求实现CT临床检查所需体位，如图4和图5所示。常见的8种体位有头先仰卧（HFS）、头先俯卧（HFP）、脚先仰卧（FFS）、脚先俯卧（FFP）、头先左侧卧位（HFDL）、头先右侧卧位（HFDR）、脚先左侧卧位（FFDL）、脚先右侧卧位（FFDR）。相关操作包括人体摆位、定位、防护、进床等。但摆位不仅限于此，内置人体模型可以进行关节的任意调整，并且成像方向会随之变化，可以实现CT设备的数

字孪生体与内部数字人体模型之间的全方位联动操作和成像。

为了提高医学影像数字孪生系统的逼真度，操作界面和操作逻辑的设计应与真机系统的操作界面与操作逻辑尽量一致。在2021年、2022年国家级及四川等省级医学影像技术本科技能大赛预赛和决赛过程中，该平台内置了人体摆位的标准体位数据库，可与实际操作过程中的摆位数据进行实时对比，并对摆位给出评分。目前已经对46所高校的138名学生异地同时开展批量化CT检查摆位的操作和考核进行了评分。

2.3 虚拟CT检查

临床扫描软件的操作一般从患者信息注册开始，扫描操作界面如图6所示。在患者注册界面可以完成患者信息的录入、临床检查信息的填写、检

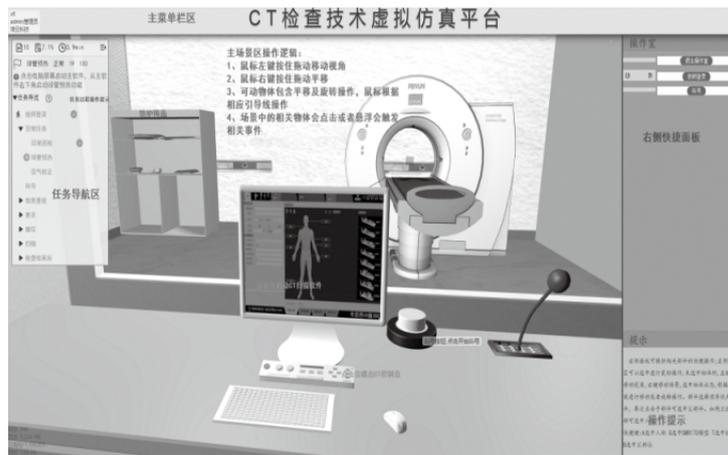


图3 CT检查技术虚拟仿真平台主界面

Fig.3 Main interface of digital twin CT examination technology platform



图4 摆位操作界面

Fig.4 Positioning operation interface

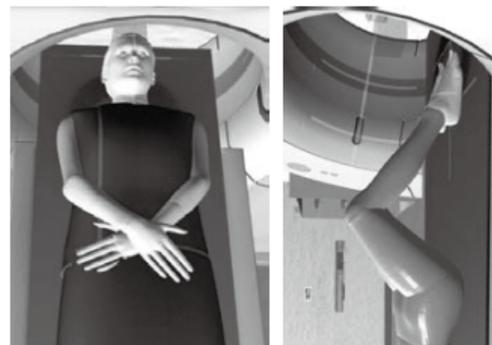


图5 定位操作界面

Fig.5 Localization operation interface

查部位和检查协议的选择。信息可以任意录入，但在录入过程中，系统会将录入的信息与检查单中的信息进行比对以判定是否有误。和 CT 检查相关的功能模块如下。①软件顶部依次为患者注册、床与 CT 设备信息、等待列表、正在检查、检查完成、技师信息与系统设置区。②检查部位与扫描协议可以从中心区的人体对象中选择。③体位设置与场景中的摆位一致。④开始检查是指对当前的注册患者立即进行检查；稍后检查是指把注册的患者放到等待列表中。⑤底部依次为信息提示区、合页功能区（包含患者注册、检查、图像浏览与胶片打印）、常用功能区（依次为日常巡检、空气校正、球管预热、CT 控制盒功能、工具箱）。⑥阅片功能，在阅片区可以完成图像的细致调节，如调整窗宽与窗位、缩放、平移、旋转、对称等。

虚拟 CT 检查的优点是虚拟设备成像参数均可开放设置，如 X 线球管曝光参数、CT 扫描参数、CT 重建算法、检查方法、扫描部位等，并且可重复性好，选择好参数后很快就能得到最终结果，很

容易总结出所做操作和操作结果的运行规律。

2.4 CT 扫描和图像重建

基于数字孪生的 CT 检查技术虚拟仿真平台模拟了一套完整的 CT 扫描和成像内部运行规律，并且可以设置不同的硬件参数，包括但不限于探测器宽度、探测器排数、准直器宽度等。模拟采集到与所设置硬件参数相对应的 CT 数据，进而重建所对应的图像。重建过程按照前期设置的人体摆位数据和扫描参数数据进行，包括 KVP、mAs、视野、扫描部位、扫描方式等，结合数字人体模型和图像重建底层算法，实时模拟计算出相应 CT 检查的断层图像。模拟计算结果和医院真实的扫描过程及重建结果都是一致的，整个图像重建界面如图 7 所示。该平台已经实现的底层图像重建算法包括反投影法、滤波反投影重建法、算术迭代法和傅里叶变换法等。

CT 采集过程中的定位像、视野实时预览、生成平片效果、轴扫效果、螺扫效果，都能在虚拟场景中完全实时呈现出来，这是理解和练习 CT 扫描过程的极佳方式。有了底层的数字基础之后，基于



图 6 扫描操作界面

Fig.6 Scanning operation interface

数字孪生的 CT 检查技术虚拟仿真平台能使整个后续仿真具有很大的开放性、拓展性，更适合学生的实训和日常练习。

3 结语

在应用数字孪生的 CT 检查技术虚拟仿真平台

开展实验教学之后，学生们给出的反馈都比较积极。该平台将极其抽象晦涩的 CT 成像理论和检查操作全部用数字孪生的方式来表达，能将 CT 理论、数值计算、虚拟仿真技术结合在一起，使学生感受到与使用硬件仪器一样的实验效果。实践表明，这种



图7 图像重建界面

Fig.7 Image reconstruction interface

摆脱硬件的实验方式更加适合开展大型医学影像设备的实验教学。为了评估实验教学效果,本文对课程参与者进行了问卷调研,分别从学习兴趣和态度、教学内容直观形象、教学效果及重难点、虚拟实验满意度4个维度进行调查。调研结果显示,80%的学生认为能够达到沉浸式学习的效果,注意力更加集中,对学习的兴趣明显提升;80%的学生认为虚拟仿真内容清晰、直观,能够将课本中抽象的知识变得更加直观易懂;76%的学生认为借助虚拟仿真能够加深对CT设备实体背后运行规律的理解,提升自主学习能力和实践动手能力;78%的学生认为虚拟仿真视觉效果良好,交互操作和真机操作一样真实。

本文介绍了基于数字孪生的CT检查技术虚拟仿真平台的开发和仿真案例,对数字孪生在医学影像技术专业CT教学实验中的开展和应用具有一定的促进作用。虽然基于数字孪生的CT检查技术虚拟仿真已经作为教育部产学研合作协同育人项目立项,其相关技术也获得了中国产学研合作创新与促进奖,但目前的仿真平台功能相对比较单一,过多地强调运行机制、成像规律及检查技术本身的虚拟仿真,而缺少用户多维度的信息获取和操作体验。因此,后期的改进将更加注重提升平台仿真操作过程的沉浸性和多元性,从患者的角度创设数字孪生

场景,以便缩小医患之间的信息鸿沟,减少医患矛盾。相信在不久的将来,医学数字孪生一定能突破虚拟与现实的交互限制,在更多医学影像设备的教学相关场景中发挥作用。

参考文献

- [1] 刘宁,吕晓虹,张祥林,等.虚拟教学法在医学影像技术教学应用中的研究[J].*中国继续医学教育*,2020,12(7):19-21.
LIU Ning,LYV Xiaohong,ZHANG Xianglin, *et al.*Research on the application of virtual teaching method in teaching of medical imaging technology[J].*Continuing Medical Education in China*,2020,12(7):19-21.
- [2] CHAKSHU N K, NITHIARASU P. An AI based digital-twin for prioritising pneumonia patient treatment[J]. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*,2022,236(11):1662-1674.
- [3] 柴娜,彭锐,徐子良,等.医学影像虚拟仿真系统在临床教学中的应用[J].*医学教育研究与实践*,2022,30(1):108-115.
CHAI Na,PENG Rui,XU Ziliang, *et al.*Research and application of medical image virtual simulation system on clinical teaching[J]. *Medical Education Research and Practice*,2022,30(1):108-115.
- [4] 陈珊珊,汪红志,夏天,等.基于数字孪生技术的智能医学影像实验室构建及应用[J].*实验技术与管理*,2022,39(10):101-107.
CHEN Shanshan,WANG Hongzhi,XIA Tian, *et al.*Construction and application of intelligent medical imaging laboratory based on digital twin technology[J]. *Experimental Technology and Manage-*

- ment,2022,39(10):101-107.
- [5] 陈岳飞,王思思,田明棋,等.数字孪生技术在医疗健康领域的应用及研究进展[J].*计量科学与技术*,2021,65(10):6-9.
CHEN Yuefei,WANG Sisi,TIAN Mingqi, *et al.*Application of digital twins in medical and health fields and related research progress[J]. *Metrology Science and Technology*, 2021, 65(10): 6-9.
- [6] SENGAN S, KUMAR K, SUBRAMANIASWAMY V, *et al.* Cost-effective and efficient 3D human model creation and re-identification application for human digital twins[J]. *Multimedia Tools and Applications*, 2022, 81(19): 26839-26856.
- [7] 张捷,钱虹,周宏远.数字孪生技术在社区老年人安全健康监测领域的应用探究[J].*中国医疗器械杂志*,2019,43(12):410-413.
ZHANG Jie,QIAN Hong,ZHOU Hongyuan.Application and research of digital twin technology in safety and health monitoring of the elderly in community[J]. *Chinese Journal of Medical Instrumentation*, 2019, 43(12): 410-413.
- [8] 陈珊珊,王紫薇,夏天,等.基于数字孪生的磁共振成像原理与技术实验平台[J].*实验室研究与探索*,2022,41(12):117-122.
CHEN Shanshan,WANG Ziwei,XIA Tian, *et al.*Experimental platform of magnetic resonance imaging principle and technology based on digital twin[J]. *Research and Exploration In Laboratory*, 2022, 41(12): 117-122.
- [9] 汪红志,施群雁,苗志英,等.MRISim:磁共振成像仿真实验软件包[J].*波谱学杂志*,2019,36(2):225-237.
WANG Hongzhi,SHI Qunyan,MIAO Zhiying, *et al.*MRISim: a software package of magnetic resonance imaging simulator[J]. *Journal of Magnetic Resonance*, 2019, 36(2): 225-237.
- [10] 李福,吴益飞,孔维一,等.数字孪生趋势下机器人虚拟仿真实验建设[J].*实验技术与管理*,2021,38(10):265-268.
LI Fu,WU Yifei,KONG Weiyi, *et al.*Construction of robot virtual simulation experiment under trend of digital twinning[J]. *Experimental Technology and Management*, 2021, 38(10): 265-268.
- [11] 陈国勇,汪红志,唐鹤菡,等.磁共振虚拟仿真技术的应用[J].*中国医疗设备*,2020,35(10):55-58.
CHEN Guoyong,WANG Hongzhi,TANG Hehan, *et al.*Application of virtual simulation technology of magnetic resonance[J]. *China Medical Devices*, 2020, 35(10): 55-58.
- [12] 高俊逸,何威震,沙冠辰,等.MRI设备虚拟仿真教学系统的开发与应用[J].*中国医学教育技术*,2021,35(6):719-723.
GAO Junyi,HE Weizhen,SHA Guanchen.Research and application of virtual simulation teaching of MRI equipment[J]. *China Medical Education Technology*, 2021, 35(6): 719-723.
- [13] 赵霞,曹晓均,李小花.医学数字孪生应用研究与关键技术探析[J].*医学信息学杂志*,2023,44(4):12-18.
ZHAO Xia,CAO Xiaojun,LI Xiaohua.Analysis of the application research and key technology of medical digital twin[J]. *Journal of Medical Informatics*, 2023, 44(4): 12-18.
- [14] LAL A, LI G, CUBRO E, *et al.* Development and verification of a digital twin patient model to predict specific treatment response during the first 24 hours of sepsis[J]. *Critical Care Explorations*, 2020, 2(11): 249-258.
- [15] ELKEFI S, ASAN O. Digital twins for managing health care systems: rapid literature review[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2022, 24(8): 37641-37649.