

# 基于人体心血管系统与血流动力学功能一体化的虚拟仿真教学实践探讨

冯晶晶

淮北职业技术学院, 安徽 淮北 235000

DOI:10.61369/MRP.2026020010

**摘要 :** 目的: 探讨基于虚拟解剖台的人体心血管系统结构与血流动力学功能一体化教学模式的应用效果, 为医学教育改革提供实践依据。方法: 选取2023级医学系护理专业学生120名, 随机分为实验组(n=60)和对照组(n=60)。实验组采用虚拟解剖台一体化教学模式, 同步整合心血管系统解剖结构与血流动力学功能教学; 对照组采用传统教学模式, 分别开展解剖学与生理学(血流动力学)理论教学及实体标本操作。课程结束后, 通过理论考核、实践技能考核评价教学效果。结果: 实验组理论考核成绩分显著高于对照组( $P<0.05$ ); 实验组实践技能考核成绩分显著高于对照组( $P<0.05$ )。实验组学生对“结构与功能关联性理解”“临床思维培养”“学习兴趣提升”的满意度分别, 均显著高于对照组(均 $P<0.05$ )。结论: 基于虚拟解剖台的一体化教学模式可有效提升学生对心血管系统知识的掌握程度, 增强实践操作能力与临床思维, 提高学习满意度, 值得在医学教育中推广应用。

**关键词 :** 虚拟解剖台; 心血管系统; 血流动力学; 医学教育; 一体化教学; 教学效果评价

## Exploration of Virtual Simulation Teaching Practice Based on the Integration of Human Cardiovascular System and Hemodynamic Function

Feng Jingjing

Huabei Vocational and Technical College, Huaibei, Anhui 235000

**Abstract :** Objective: To explore the application effects of an integrated teaching model based on a virtual anatomy table for the structure of the human cardiovascular system and hemodynamic function, providing practical evidence for medical education reform. Methods: A total of 120 nursing students from the 2023 medical department were randomly divided into an experimental group (n=60) and a control group (n=60). The experimental group adopted an integrated teaching model using the virtual anatomy table, synchronously integrating the teaching of cardiovascular system anatomy and hemodynamic function. The control group utilized a traditional teaching model, conducting separate theoretical instruction in anatomy and physiology (hemodynamics), along with hands-on specimen operations. After the course, teaching effectiveness was evaluated through theoretical assessments and practical skill evaluations. Results: The experimental group scored significantly higher than the control group in theoretical assessments ( $P<0.05$ ) and practical skill evaluations ( $P<0.05$ ). The experimental group's satisfaction with "understanding the correlation between structure and function," "cultivating clinical thinking," and "enhancing learning interest" was significantly higher than that of the control group (all  $P<0.05$ ). Conclusion: The integrated teaching model based on the virtual anatomy table effectively enhances students' mastery of cardiovascular system knowledge, strengthens practical operational skills and clinical thinking, and improves learning satisfaction, making it worthy of promotion and application in medical education.

**Keywords :** virtual anatomy table; cardiovascular system; hemodynamics; medical education; integrated teaching; teaching effectiveness evaluation

在“健康中国2030”战略背景下, 医学教育面临着培养高素质、强能力临床人才的迫切需求, 而人体心血管系统作为连接基础医学与临床医学的关键纽带, 其教学质量直接影响学生后续内科学、外科学等临床课程的学习效果<sup>[1]</sup>。心血管系统的核心特征在于“结构的复杂性”与“功能的动态性”高度耦合——从心脏四腔室的空间毗邻, 到体循环、肺循环的血流路径, 再到心动周期中压力、容积、流速的动态变化, 任何一个环节的认知偏差, 都可能导致学生对心血管疾病病理机制、诊疗逻辑的理解出现断层<sup>[2]</sup>。然而, 当前传统教

课题: 《护理示范性虚拟仿真实训实训基地》

学模式在应对这一教学需求时，暴露出诸多难以突破的局限。从教学内容维度看，传统模式下解剖学与生理学教学多由不同学科教师分别承担，教学时序存在明显割裂：解剖学课程中，教师依托静态标本或二维图谱讲解心脏形态、血管走行，学生虽能记忆结构名称，却难以理解“为何主动脉瓣呈半月形”“为何毛细血管壁仅由单层上皮细胞构成”等结构与功能关联问题；生理学课程中，教师通过公式推导、动画演示讲解血流动力学原理，但学生因缺乏对血管解剖结构的认知，难以将“血流阻力与血管半径四次方成反比”等理论与真实血管分支特点结合，导致知识停留于抽象概念层面<sup>[9]</sup>，这种“结构归结构、功能归功能”的教学模式，使得学生难以构建完整的“结构-功能”逻辑链，成为后续理解冠心病、心力衰竭等临床疾病的认知障碍。从教学资源维度看，实体解剖标本作为传统解剖教学的核心工具，存在不可忽视的局限性：一方面，高质量人体心血管标本来源稀缺，且受福尔马林固定影响，无法展示心脏收缩舒张、血液流动等动态过程，学生只能通过想象推测生理状态下的功能变化；另一方面，标本使用过程中需严格控制操作次数，避免结构损坏，导致学生实践机会有限，多数情况下只能被动观察教师演示，难以通过自主操作深化认知<sup>[4]</sup>。而生理学实验虽能通过动物模型（如家兔动脉血压测量）间接反映血流动力学变化，但动物与人体的解剖差异较大，且实验过程中无法直观关联血管结构变化，难以实现“结构观察-功能验证”的闭环学习。随着数字技术与医学教育的深度融合，虚拟解剖台凭借其“三维重建、动态模拟、交互操作”的核心优势，为摆脱上述教学困境提供了新路径。与传统VR设备相比，虚拟解剖台采用大尺寸触控屏设计，支持多人同时操作观察，更适配课堂教学场景；其内置的心血管模型基于真实人体影像数据（CTA、MRI）重建，结构精度可达0.10mm，能够清晰呈现窦房结、房室结等细微结构；同时，结合计算流体力学算法，可实时模拟不同生理状态（如运动、安静）、病理状态（如瓣膜狭窄、动脉粥样硬化）下的血流动力学变化，让学生直观看到“结构异常如何导致功能障碍”<sup>[6]</sup>。已有研究证实，虚拟技术在解剖学教学中可提升学生的空间思维能力，在生理学教学中可增强知识的直观性<sup>[6,7]</sup>，但目前多数研究仍局限于单一学科的技术应用，缺乏对“解剖结构-血流动力学功能”一体化教学的系统探索。基于此，本研究以临床医学专业学生为对象，构建基于虚拟解剖台的一体化教学体系，通过对比传统教学模式，从知识掌握、技能提升、满意度反馈三个维度评价教学效果，旨在为心血管系统教学改革提供可复制、可推广的实践方案，同时为医学教育数字化转型提供实证参考。

## 一、资料与方法

### （一）研究对象

选取2023级医学系护理专业学生120名，均已完成基础医学课程（细胞生物学、组织胚胎学）学习，无心血管系统相关先修课程差异。采用随机数字表法分为实验组（n=60）和对照组（n=60），两组学生性别、年龄、入学成绩等一般资料比较，差异无统计学意义（ $P>0.05$ ），具有可比性。

### （二）教学设备与软件

实验组采用深圳公司生产的“医学虚拟解剖教学系统”（型号：VAT-200），该系统包含：①心血管系统三维模型库（基于100例正常成人CTA/MRI数据重建，分辨率达0.10mm）；②血流动力学模拟模块（支持心动周期、血压调节、病理状态（如瓣膜狭窄）的动态演示）；③交互操作功能（可实现模型剖切、结构标记、血流参数测量）。对照组使用传统教学资源，包括人民卫生出版社《系统解剖学》教材、心脏解剖实体标本（10套，福尔马林固定）、生理学动画课件（二维演示血流动力学过程）。

### （三）教学方案设计

两组教学学时均为32.00学时（理论16.00学时+实践16.00学时），教学内容统一依据《临床医学专业本科教学大纲》，涵盖心血管系统解剖结构（心脏、大血管及分支）、血流动力学基础（泵血机制、血流阻力与血压）、病理关联（如高血压对血管结构的影响）3个模块。

#### 1. 对照组（传统教学）

（1）理论教学：分阶段授课，前8.00学时由解剖学教师讲解心血管结构，后8.00学时由生理学教师讲解血流动力学，采用“PPT+教材插图”形式，无结构与功能的同步关联讲解。

（2）实践教学：8.00学时实体标本观察（识别心脏腔室、血管分支），8.00学时生理学实验（通过动物实验测量动脉血压，

间接理解血流动力学规律）。

#### 2. 实验组（一体化教学）

（1）理论教学：采用“结构-功能同步整合”授课，以虚拟解剖台为核心工具。例如讲解“心脏瓣膜”时，同步演示瓣膜解剖形态（如二尖瓣瓣叶结构）、生理状态下开闭过程（与心房内室压力变化的关联）、病理状态（如二尖瓣狭窄）对血流的影响，每个知识点均结合三维模型动态演示。

（2）实践教学：①基础操作（4.00学时）：训练学生使用虚拟解剖台进行模型剖切、结构标记、血流参数（如流速、压力）测量；②案例模拟（8.00学时）：给定临床案例（如“风湿性心脏病二尖瓣狭窄”），学生通过虚拟解剖台观察病变瓣膜结构，模拟血流动力学变化（如左心房压力升高、肺淤血），分析病理机制；③小组汇报（4.00学时）：每组提交“结构-功能关联分析报告”，结合虚拟解剖台演示汇报成果。

### （四）教学效果评价

#### 1. 客观考核

（1）理论考核（满分100.00分）：闭卷考试，包含结构识别（30.00%）、血流动力学原理（30.00%）、结构-功能关联分析（40.00%）三类题型，试题由校教学督导委员会命题，两组使用同一套试卷；

（2）实践技能考核（满分100.00分）：实验组考核“虚拟解剖台操作”（识别结构、模拟血流、案例分析，各占33.33%）；对照组考核“实体标本识别”（50.00%）与“血压测量实验操作”（50.00%），由3名教师独立评分，取平均分。

#### 2. 主观满意度调查

课程结束后发放问卷，内容包括“知识理解深度”“学习兴趣”“临床思维培养”“教学资源实用性”4个维度，共20个条目，采用Likert5级评分（1=非常不满意，5=非常满意），满意度=（4-5分人数/总人数）×100.00%。共发放问卷120份，回收有效

问卷120份,有效回收率100.00%。

### (五) 统计学方法

采用SPSS26.0软件进行数据分析,计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间比较采用独立样本t检验;计数资料以[n(%)]表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 二、结果

### (一) 两组学生考核成绩比较

实验组理论考核与实践技能考核成绩均显著高于对照组,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$ ),见表1。

表1: 两组学生考核成绩比较( $\bar{x} \pm s$ , 分)

组别	例数	理论考核成绩	实践技能考核成绩
实验组	60	86.23 ± 5.34	88.52 ± 4.72
对照组	60	75.84 ± 6.13	72.30 ± 5.97
t	-	9.899	16.509
P	-	<0.05	<0.05

### (二) 两组学生教学满意度比较

实验组在“知识理解深度”“学习兴趣”“临床思维培养”“教学资源实用性”4个维度的满意度均显著高于对照组,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$ ),见表2。

表2: 两组学生教学满意度比较[n(%)]

评价维度	实验组(n=60)	对照组(n=60)	$\chi^2$	P
知识理解深度	57 (95.00%)	41 (68.33%)	14.249	<0.05
学习兴趣	53 (88.33%)	33 (55.00%)	16.416	<0.05
临床思维培养	54 (90.00%)	35 (58.33%)	15.701	<0.05
教学资源实用性	56 (93.33%)	38 (63.33%)	15.908	<0.05

## 三、讨论

传统教学中,解剖学与生理学的“时序分离”导致学生知识体系碎片化。本研究中,虚拟解剖台通过三维模型与血流动力学模拟的同步展示,使“心脏瓣膜形态-开闭机制-血流方向”的关联可视化,如讲解“主动脉瓣”时,学生可实时观察瓣叶结构与左心室收缩期压力升高的动态匹配过程,这与已有研究<sup>[9]</sup>提出的“三维可视化技术可提升结构-功能关联性理解”结论一致。从考核结果看,实验组理论考核与实践技能考核成绩均显著高于对照组,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$ ),证实该模式可有效强化知识整合能力。

实体解剖标本存在福尔马林污染、结构易损坏等问题,且难以展示动态生理过程。虚拟解剖台可提供无限次操作机会,学生可反复模拟“心肌梗死时冠脉血流变化”“高血压对主动脉壁的影响”

等病理过程,无需担心标本损耗。同时,通过血流参数(如流速、压力)的实时测量,学生可量化解生理规律,如对比动脉与静脉血管的血流速度差异,这比传统动物实验更直观、更安全,与已有研究<sup>[9]</sup>在心血管外科教学中观察到的“虚拟技术可降低实践风险”结果相符。

本研究发现,15.00%(9/60)的实验组学生因计算机基础薄弱,初期操作虚拟解剖台时存在滞后。建议在课程前增设2.00学时“虚拟解剖台基础操作培训”,通过视频教程+教师演示+一对一指导,帮助学生掌握模型旋转、剖切、参数测量等基础功能,同时开发“操作指南小程序”,方便学生课后复习。虚拟模型虽高度仿真,但缺乏实体标本的触感体验(如心肌组织的弹性、血管壁的厚度),可能影响学生对真实人体结构的感知<sup>[10]</sup>。建议采用“虚拟+实体”混合教学:先通过虚拟解剖台建立结构-功能关联认知,再通过实体标本观察强化触感与空间定位,如在虚拟演示“心脏毗邻关系”后,让学生在实体标本上触摸肺静脉、主动脉与心脏的解剖位置,实现“虚拟认知-实体验证”的闭环。一体化教学对教师的跨学科知识与技术应用能力要求较高,需同时掌握解剖学、生理学知识及虚拟解剖台操作。本研究初期,3名教师存在“技术操作不熟练”问题,通过组织“虚拟解剖台技术培训班”“跨学科教学研讨会”(解剖学与生理学教师共同备课),教师的教学胜任力显著提升。建议学校建立“医学教育技术培训体系”,将虚拟技术应用能力纳入教师考核指标,推动教学团队的跨学科协作。

随着“新医科”建设的推进,数字化教学工具成为医学教育改革的重要支撑。本研究表明,虚拟解剖台不仅可应用于心血管系统教学,还可拓展至消化系统(如胃肠蠕动与消化液分泌的关联)、神经系统(如神经传导与肌肉收缩的匹配)等领域,为“系统-器官-细胞”多层面知识整合提供可能。未来可进一步开发“虚拟病例库”,将教学内容与临床诊疗流程结合,如模拟“心力衰竭患者的心血管系统评估”,让学生通过虚拟解剖台分析病变结构、模拟治疗方案(如瓣膜置换术后血流变化),推动“早临床、多临床”教学目标的实现。

综上所述,基于虚拟解剖台的人体心血管系统结构与血流动力学功能一体化教学模式,可有效提升学生的理论知识掌握程度、实践操作能力与临床思维水平,显著提高教学满意度。该模式通过打破学科壁垒、强化可视化教学、保障实践安全性,为医学教育数字化改革提供了可行路径。未来需进一步优化操作培训、完善虚拟与实体教学的互补机制、提升教师跨学科教学能力,推动该模式在更多医学课程中推广应用。

## 参考文献

- [1] 刘雅陶,陈绘敏,丁小玲,等.融合多模态数据及心血管系统-组织传热建模的人体疲劳状态血流动力学分析[J].医用生物力学,2024,39(S1):243.
- [2] 杨园园,钟斌,韦荣耀.以《心血管系统》为例浅谈系统解剖学教学方法[J].教育现代化,2020,7(06):153-154.
- [3] 孔祥照,李因,骆雨辰,等.基于“互联网+”系统解剖学实验课混合式教学改革实践[J].解剖学研究,2021,43(03):282-283.
- [4] 李靖云,黄文森,吴家祥,等.基于Anatome虚拟解剖台的主体性教学模式在断层解剖学实验教学中的应用[J].解剖学杂志,2019,42(04):425-427.
- [5] 胡哲,张静,刘金晔,等.人体虚拟解剖台在高职影像技术专业人体断层影像解剖学教学中的应用[J].卫生职业教育,2018,36(22):69-71.
- [6] 赵鹏,王家增,颜丙辉,等.基于3Dbody解剖的理实一体化教学模式在人体解剖学教学中的应用探索[J].大学,2025,(14):75-78.
- [7] 罗敏.“理实一体化”对高职解剖生理教学的实践研究——以中医康复技术专业为例[J].科学咨询,2025,(04):134-137.
- [8] 苏金花,李玉琴,张旭晨,等.高职人体解剖学理实一体化教学研究[J].产业与科技论坛,2023,22(20):112-113.
- [9] 黄秀英,耿乔磊.基于虚拟仿真实验平台的理实一体化教学改革研究——以“医学影像设备学”课程为例[J].广东职业技术教育与研究,2022,(06):141-144.
- [10] 阙氏海,赵冬梅,王志强,等.理论实验一体化教学对医学留学生系统解剖学成绩的影响及思考[J].中国高等医学教育,2021,(05):82-83.