·教学改革·

四位一体混合式创新教学模式在脊柱肿瘤临床教学中的应用

欧阳汉强[1]　吴红斌[2]　周非非[1]　韦峰[1]　田华[1]　郎宁[3]　李危石[1]
[1]北京大学第三医院骨科，北京 100191；[2]北京大学医学教育研究所，北京 100191；
[3]北京大学第三医院放射科，北京 100191
通信作者：李危石，Email：puh3liweishi@163.com

【摘要】 目的 探讨人工智能、虚拟现实、3D打印结合病例教学法（case-based learning，CBL）的四位一体混合式教学模式在脊柱肿瘤临床教学中的应用效果。**方法** 将2022年9月至2024年8月期间在北京大学第三医院骨科参与临床教学的89名学生作为研究对象，将其分为对照组（47人）和试验组（42人）。对照组采用传统教学，试验组则采用四位一体混合式教学。在临床带教结束时，通过对学生进行人工智能题库测试和问卷调查来评估教学效果。本研究采用SPSS 27.0软件进行数据处理，并运用独立样本t检验来比较2组学生的差异。**结果** 在教学效果的评估中，试验组在答题准确率（66.67%，χ^2=9.44，P=0.002）、提升学习兴趣[（4.50 ± 0.63）分，t=2.75，P=0.007]、提升理论知识掌握程度[（4.64 ± 0.69）分，t=7.74，P<0.001]、提升临床思维能力[（4.48 ± 0.71）分，t=9.08，P<0.001]、提升操作技能水平[（4.13 ± 0.89）分，t=2.69，P=0.009]、提升科研创新能力[（4.71 ± 0.59）分，t=9.28，P<0.001]、增强师生互动性[（4.74 ± 0.54）分，t=12.76，P<0.001]及提高课堂注意力[（4.69 ± 0.52）分，t=12.64，P<0.001]等方面均高于对照组。同时，试验组学生还提出了许多建设性的反馈意见。**结论** 人工智能、虚拟现实、3D打印结合CBL的四位一体混合式教学模式能够提高本科医学生对脊柱肿瘤的识别和诊断能力，建立正确的临床思维路径，教学效果良好。

【关键词】 脊柱肿瘤；　混合式教学；　人工智能；　虚拟现实；　3D打印
【中图分类号】 R-6
基金项目：北京大学人工智能助推课程建设项目（2024AI14）；北京大学“教学新思路 2.0”项目（2024AL06）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240923-02027

Application of a four-in-one blended innovative teaching model in clinical teaching of spinal tumors

Ouyang Hanqiang[1], Wu Hongbin[2], Zhou Feifei[1], Wei Feng[1], Tian Hua[1], Lang Ning[3], Li Weishi[1]
[1]Department of Orthopedics, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China; [2]Institute of Medical Education, Peking University, Beijing 100191, China; [3]Department of Radiology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China
Corresponding author: Li Weishi, Email: puh3liweishi@163.com

【Abstract】 Objective To explore the application effects of a four-in-one blended teaching model integrating artificial intelligence, virtual reality, 3D printing, and case-based learning (CBL) in the clinical teaching of spinal tumors. **Methods** We divided 89 students on training in the Department of Orthopedics of Peking University Third Hospital from September 2022 to August 2024 into control group (n=47) and experimental group (n=42). The control group adopted traditional teaching, and the experimental group adopted the four-in-one teaching model. At the end of clinical teaching, an artificial intelligence test and a questionnaire survey were administered to the students to evaluate the teaching effects. The two groups were compared using the independent samples t-test with the use of SPSS 27.0. **Results** The experimental group was superior to the control group with significant improvements in the answer accuracy rate (66.67%, χ^2=9.44, P=0.002), learning interest [(4.50 ± 0.63), t=2.75, P=0.007], theoretical knowledge mastery [(4.64 ± 0.69), t=7.74, P<0.001], clinical thinking [(4.48 ± 0.71), t=9.08, P<0.001], practical skills [(4.13 ± 0.89), t=2.69, P=0.009], scientific research innovation [(4.71 ± 0.59), t=9.28, P<0.001], teacher-student interaction

[(4.74 ± 0.54), t=12.76, P<0.001], and classroom attention [(4.69 ± 0.52), t=12.64, P<0.001]. At the same time, the students in the experimental group put forward numerous constructive feedback. **Conclusions** The four-in-one blended teaching model combining artificial intelligence, virtual reality, 3D printing, and CBL can help undergraduate medical students better recognize and diagnose spinal tumors with a correct clinical thinking path, achieving good teaching effects.

【**Key words**】 Spinal tumor; Blended teaching; Artificial intelligence; Virtual reality; 3D printing

Fund program: Peking University Artificial Intelligence Boosts Course Development Project (2024AI14); Peking University "New Teaching Ideas 2.0" Project (2024AL06)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240923-02027

骨科是一门具有高度理论性和实践操作性的临床学科。其中，脊柱肿瘤作为一门专业性极强、理论知识复杂的亚专科，具有病例数量少且知识艰深、抽象等特点，往往成为骨科临床教学中的难点。随着智慧医学的发展，医科与工科、理科等多学科交叉融合的“新医科”理念推动了新一轮医学教育改革和人才培养模式创新。其中，人工智能（artificial intelligence，AI）、虚拟现实（virtual reality，VR）和3D打印是3项与医学结合紧密的“医工交叉”科技[1]。AI技术是基于大量临床随访数据和机器学习算法建立的，能够提供准确临床诊疗思路的智能系统[2]；VR技术则利用已知的医学影像数据在计算机中建立虚拟仿真系统，输出三维模型影像[3]；3D打印技术是快速增材成型技术的一种，能够采用不同材料打印出个性化定制的骨骼模型或植入物[4]。

病例教学法（case-based learning，CBL）是一种以学生为中心，以真实临床病例为基础的传统教学方法。随着智慧骨科的发展，人工智能、VR和3D打印等技术不断涌现并逐渐应用于临床，这促使骨科医师将这些新技术应用于带教中，从而促进了传统教学模式的革新。近年来，国内医疗机构开始引入混合式创新教学模式应用于学生临床教学中，并取得较好的效果[5]。然而，目前尚未有关于这些技术在脊柱肿瘤教学中的应用报道。北京大学第三医院（以下简称“北医三院”）骨科自2022年起，尝试将AI技术、VR技术和3D打印技术与CBL教学相结合形成四位一体的创新教学模式，并将其应用于脊柱肿瘤的临床教学中。该尝试旨在探索这种教学模式的可行性和教学效果，以期为其未来的应用推广提供参考。

1　对象与方法

1.1　研究对象

选择2022年9月至2024年8月期间，在北医三院骨科参加临床教学的89名北京大学医学部本科生作为研究对象。临床带教过程遵循北京大学医学部统一的教学大纲和学习指导，所有学生均使用相同的骨科教材，遵循相同的教学进度和课时分配。

1.2　研究方法

本研究采用对照试验方法，将研究对象中参加“四位一体”混合式创新教学模式的学生设为试验组（42人），将接受传统教学模式的学生设为对照组（47人）。本研究符合《赫尔辛基宣言》中关于医学研究伦理的原则。

1.3　教学方法

1.3.1　试验组

本研究中采用的教学方法主要是临床实习与CBL课堂讨论相结合的形式。临床实习包含病史询问、专科查体、辅助检查及鉴别诊断；而在CBL课堂中，则讲授理论知识、影像鉴别、手术治疗及学科最新进展等内容。在教学实施过程中，将依托CBL教学法，针对课堂中的重点、难点及易混淆点，精心融入人工智能、虚拟现实和3D打印等新技术，以此构建一个集多种教学手段于一体的创新教学模式。

1.3.1.1　人工智能技术

在讲授临床诊断的阶段，使用了团队前期自主研发的一个可以自动识别肿瘤病灶并判断良恶性的人工智能模型，该模型是全世界范围内准确率最高的脊柱肿瘤AI之一[6]。本团队基于此AI模型开发了两种脊柱肿瘤人工智能影像题库，用于本科生的临床带教。第一种是肿瘤病灶识别题库，包含约100例患者的MRI影像（含轴位、矢状位、T1相和T2相），学生需要在AI的提示帮助下，从每道题的4幅图中选出肿瘤病灶的位置和形态（图1）。第二种是肿瘤良恶性判断题库，包含约100例患者的CT及MRI影像（含轴位、矢状位、T1相和T2相），学生需要在AI的提示帮助下，判断出每道题中肿瘤的良恶性（图2）。这两个人工智能题库不仅能够促进学生对于脊柱肿瘤影像特征的理解和掌握，还能帮助学生进行随堂测试和课后练习，对学习情况作出及

时评估。测试成绩将被计入学期总评成绩中，以达到督促学生自主学习的目的。

1.3.1.2　虚拟现实技术

在讲授脊柱解剖结构的阶段，骨科医师利用脊柱影像的VR眼镜帮助学生更好地学习和掌握病灶结构。学生可根据自己的需求逐级显示脊柱的骨肌系统、神经系统、血管系统和结缔组织系统的解剖结构。带教教师则根据各个系统的临床特点，逐步引导学生展开对患者病史、临床症状、辅助检查等方面的讨论（图3）。VR眼镜不仅通过模拟人体器官模型激发学生主动学习的兴趣，帮助学生真实理解不同层次的解剖结构，更能够进一步实现虚拟现实交互式的手术过程模拟，让学生沉浸式地体验手术过程，并实现实时反馈。这一方式解决了传统教具模型相对粗糙且数量有限等实际问题（图4）。

1.3.1.3　3D打印技术

在讲授手术治疗阶段，使用多个经典病例的3D打印脊柱肿瘤手术模型，以帮助学生直观且立体地理解脊柱肿瘤手术设计的原理和操作过程。这些模型使学生对脊柱肿瘤术前设计、假体模拟安装、肿瘤毗邻结构的观察及复杂骨肿瘤的切除与缺损修复的整体流程有更加清晰、直观且正确的认识（图5）。同时，3D打印技术解决了传统教学中仅能通过教学视频和图片来帮助理解的困境，使学生的

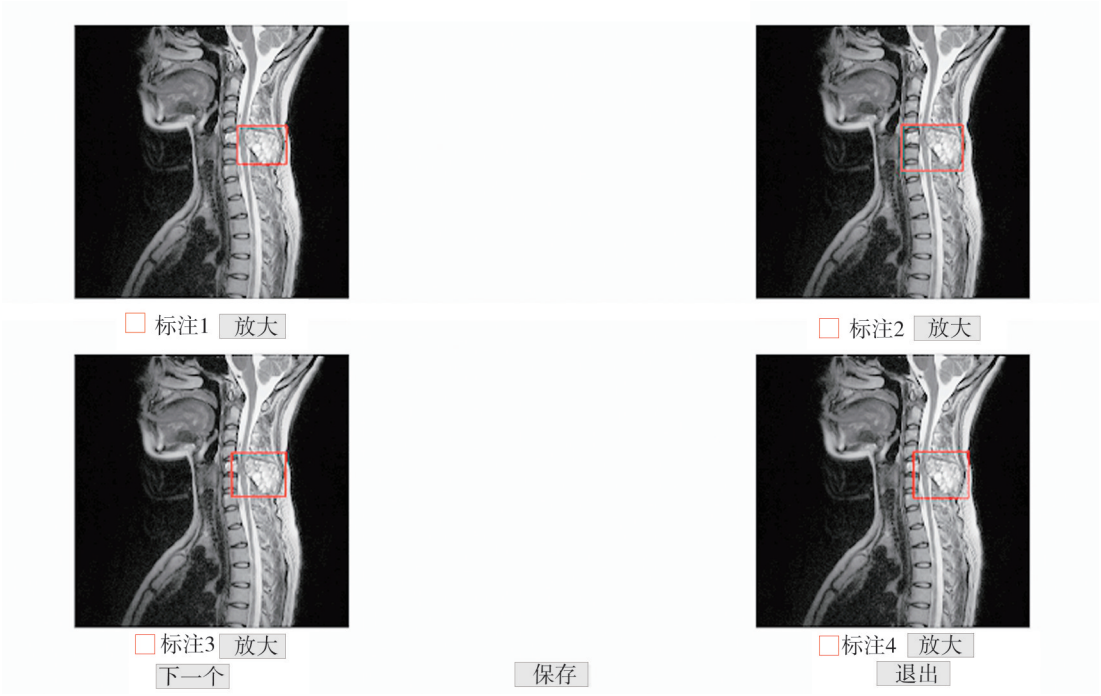


图1　第一种脊柱肿瘤人工智能题库

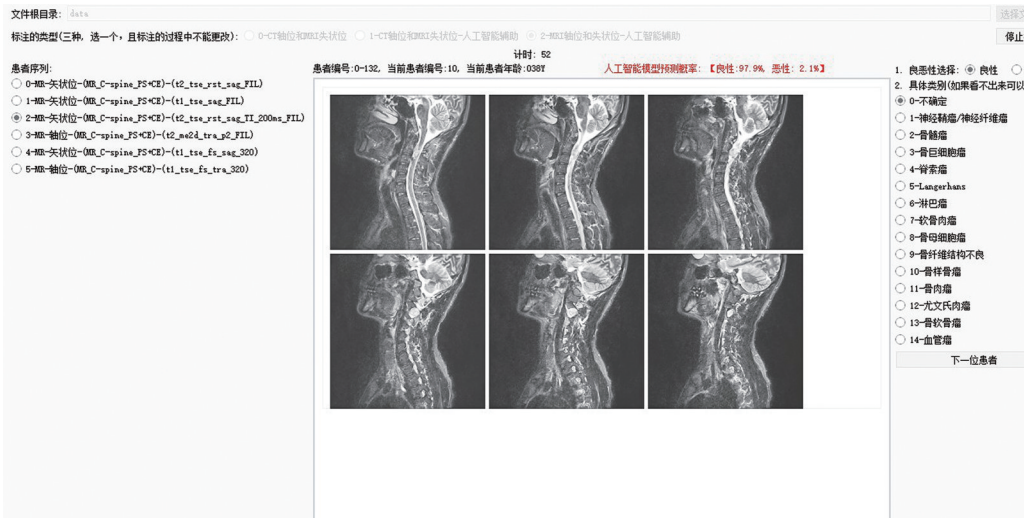


图2　第二种脊柱肿瘤人工智能题库



图3　VR眼镜应用于肌骨系统解剖



图4　VR手术刀模拟脊柱手术

理解从对脊柱疾病的二维平面认识升级到三维立体的思维层面，极大地激发了学生的学习兴趣，并启发了他们对复杂疾病的深入探讨（图6）。

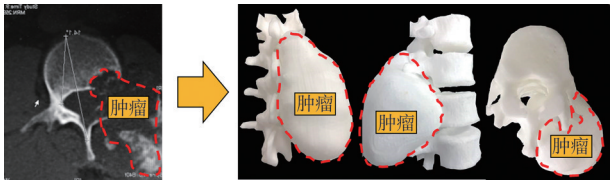


图5　脊柱肿瘤的术前影像和3D打印模型

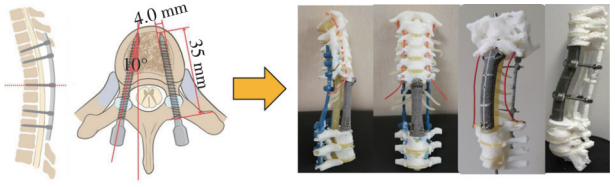


图6　脊柱肿瘤的手术规划和真实手术方案3D打印模型

1.3.2　对照组

对照组学员采用传统教学模式，教师带领学生完成临床实习并参与CBL课堂讨论。课程中，带教教师的讲课内容框架涵盖脊柱肿瘤的概念、流行病学、临床表现、影像特征及治疗方案。针对教学重点、难点、疑点、易错点和易混淆点，教师精心设计PPT和教案。学生通过观看PPT、视频和参与适当的组内讨论来学习和掌握知识点，教师在此过程中及时给予指导和反馈。

1.4　教学效果评价

1.4.1　人工智能题库测试

在授课过程中，教师会对学生进行人工智能题库测试。测试内容包括两类考题：识别肿瘤位置及形态；识别肿瘤的良恶性。通过学生整体的答题正确率来评估学生对肿瘤影像诊断的学习效果。

1.4.2　问卷调查

本研究中，团队设计的教学效果调查表旨在观察试验组和对照组学生在教学后的教学效果，并采用不记名问卷调查的形式来评价教学效果。调查问卷内容包括以下四类：①学员基本信息，包括年龄、性别、年级等。②学生在学习兴趣、理论知识掌握、临床思维、操作技能、团队协作、科研创新能力、岗位竞争力、师生互动性、课堂注意力等方面的评价。评价问卷采用Likert 5级量表形式，每一项问题的评分从1分到5分，分别表示“完全否定”到“完全同意”。③试验组学生对混合式教学模式在学生评价考核、课堂时间占比、教学应用范围、教学应用改进等方面的意见和建议。

1.5　统计学方法

采用SPSS 27.0软件进行数据处理。采用Kolmogorov-Smirnov检验计量资料是否符合正态分布，满足正态分布的资料用（均数 ± 标准差）表示，并采用独立样本 t 检验比较2组学生之间的差异。检验水准 α=0.05。

2　结果

2.1　2组学员一般资料比较

研究对象中，试验组有42人，其中男性24名、女性18名，年龄为（20.33 ± 1.49）岁，其中三年级23名、四年级19名；对照组有47人，其中男性30名、女性17名，年龄为（20.58 ± 1.25）岁，其中三年级23名、四年级24名。2组学生在年龄（t=0.86，P=0.392）、性别（χ^2=0.42，P=0.519）和年级（χ^2=0.30，P=0.583）方面的差异无统计学意义，因此具有可比性。

2.2　答题准确率比较

对照组学生在脊柱肿瘤影像题库的答题整体正确例数为16例（34.04%），而试验组学生的答题整体正确例数为28例（66.67%），其差异具有统计学意义（χ^2=9.44，P=0.002）。

2.3　问卷结果比较

结果显示，本研究共发放问卷89份，回收有效问卷89份，有效问卷回收率为100.00%。调查结果显示，在5分满分制的问卷调查中，共有9个问题。其中，在提升学习兴趣（t=2.75，P=0.007）、提升理论知识掌握程度（t=7.74，P<0.001）、提升临床思维能力（t=9.08，P<0.001）、提升操作技能水平（t=2.69，P=0.009）、提升科研创新能力（t=9.28，P<0.001）、增强师生互动性（t=12.76，P<0.001）和提高课堂注意力（t=12.64，P<0.001）这7个项目上，试验组的评分均高于对照组，且差异有统计学意义（表1）。

表 1　2 组学生的教学效果调查结果比较[($\bar{x} \pm s$),分]

评价项目	试验组（n=42）	对照组（n=47）	t值	P值
提升学习兴趣	4.50 ± 0.63	4.12 ± 0.67	2.75	0.007
提升理论知识掌握程度	4.64 ± 0.69	3.36 ± 0.85	7.74	<0.001
提升临床思维能力	4.48 ± 0.71	2.94 ± 0.87	9.08	<0.001
提升操作技能水平	4.13 ± 0.89	3.51 ± 1.27	2.69	0.009
团队协作	4.06 ± 0.77	3.74 ± 1.01	1.69	0.095
提升科研创新能力	4.71 ± 0.59	3.26 ± 0.87	9.28	<0.001
岗位竞争力	4.56 ± 0.62	4.22 ± 1.09	1.83	0.071
增强师生互动性	4.74 ± 0.54	2.91 ± 0.80	12.76	<0.001
提高课堂注意力	4.69 ± 0.52	2.87 ± 0.82	12.64	<0.001

2.4　教学反馈比较

通过对结果的归类分析，发现试验组学生对混合式教学模式的意见和建议具体内容如下：①最希望应用混合式教学模式的教学环节依次为“临床问诊”（69.05%，29/42）、“体格检查”（61.90%，26/42）、“影像读片”（90.48%，38/42）和“治疗方法”（64.29%，27/42）；②混合式教学模式在课堂时间中的最佳占比约为 19.05%（8/42）；③支持将混合式教学方法应用在学生评价或考试中的比例为 61.90%（26/42），持中立态度的比例为 35.71%（15/42）。同时，学生对“混合式教学模式的应用改进”提出了多条反馈意见，包括课程内容设置、教师指导方式、场地设备及未来发展等方面的建议，如“提升人工智能和虚拟现实技术水平”“增加 VR 眼镜数量，以便更多学生使用”“将混合式教学模式扩大到其他教学内容，如颈椎病的教学中”等。

3　讨论

随着医学人工智能影像、VR、3D 打印等数字化技术的快速发展，脊柱肿瘤的临床诊治正朝着标准化、精细化和数智化的方向发展[7]。相应地，数字技术也为脊柱肿瘤的临床教学提供了更加丰富多彩的教学工具。作为临床教学常用方法之一的 CBL，不仅可以将零碎的知识点通过一个案例进行串联，更能以此为基础打造四位一体的混合式数智教学方法[8]，值得继续深入挖掘和创新。

3.1　人工智能教学模式有助于扩大学习资源并提高学生主动性

大数据时代下，随着 AI 技术的不断发展，其在临床教学领域逐步展现出广阔的应用前景。脊柱肿瘤的传统教学模式主要按照教学大纲“讲重点、讲难点”，但医师个体所掌握的脊柱肿瘤病例和知识有限，这使得学生接受到的学习资源和思考训练受到限制。AI 结合 CBL 教学可以为学生提供大量鲜活的临床病例和影像资料，让学生独立面对真实的患者情境，通过反复训练拨开层层迷雾，最终掌握正确诊断的方法[9]。例如，郭丽莉团队构建的医学 AI 眼科专家系统便是一个拥有大量专业知识与经验的智能系统，该系统应用 AI 技术，并根据专家提供的知识和经验进行推理和判断，模拟专家的决策过程[10]。在本研究中，骨科教师应用 AI 技术，使学生在专业知识的积累上从最初阶段便达到“见多识广”的程度，并培养了“自主学习”的能力，这既能提高学习效率，又能有效缩短学习曲线。

3.2　虚拟现实教学模式有助于增强学习兴趣并提升学生的理解力

虚拟现实技术的基本实现方式是通过计算机模拟虚拟环境，从而给人以环境沉浸感。因其可视化的特性，近年来该技术在临床教学中得到了广泛应用[11]。在传统带教模式中，理论知识的学习主要依赖于课本结合图片、模型结合标本等形式的课堂教学，这往往导致学员缺乏学习兴趣和自主学习能力[12]。例如，在脊柱解剖学中，骨骼与周围软组织的关系极为复杂，而传统影像学技术主要提供二维图像。如果学生缺乏空间想象力，单纯依靠教师的讲授很难正确解读这些影像资料。

在本研究中，虚拟现实技术能够打破传统的二维图谱模式。在 CBL 教学中，该技术能够展示生动、形象的三维可视化立体结构，便于学生从多角度、多方位、多层次观察骨骼、韧带、肌肉、神经、血管的毗邻关系。此外，混合现实技术还能将虚拟重建的脊柱解剖三维图像进行任意平移、旋转和放大，从而使知识更加形象化、立体化，显著提高学生的理解能力，最终取得良好的教学效果。

3.3　3D 打印教学模式有助于学生掌握手术过程并锻炼操作能力

3D 打印技术出现在 20 世纪 80 年代，近几年得到了迅速发展和广泛应用[13]。它是以数字模型文件为基础，运用粉末状金属或塑料等可黏合材料，通过逐层打印的方式来构造物体的技术，因此得名为 3D 打印[14]。3D 打印技术能够重建出病变部位骨组织和软组织的三维解剖模型，使学生可以从不同角度观察肿瘤的位置和边界，并理解病灶的解剖位置及其毗邻关系。在本研究中，3D 打印的脊柱肿瘤模型在临床教学中展现了多种用途。一方面，教师可以根据 3D 模型为医学生详细讲解手术的整体过程；另一方面，医学生可以在模型上进行操作训练，从而获得真实的手术体验。同时，这些模型也是重要

的教学资料。

3.4 四位一体混合式教学应当不断完善课程内容、技术资源及智能设备

“CBL+人工智能+虚拟现实+3D打印”四位一体混合式教学模式在脊柱肿瘤教学中的建立及其教学设计以学生能力培养为中心，旨在实现教学方法的多样性和创新性，以满足学生个性化、多样化的学习需求，进而促进教学质量的提升[15]。在本研究中，研究者将“虚实结合”的复合教学模式融入骨科临床教学中，打破了传统教学对模型和标本的依赖，拓展了学习的时间和空间。随着课程资源的持续完善，将不断更新人工智能题库、VR视频库和3D打印模型库等数智资源，未来也有望为其他院校及社会各界提供资源共享服务。

虽然学生普遍认为人工智能等技术的引入使得学习自主性和效率明显提高，新型的师生关系也使学生满意度上升，但是本研究仍存在一些局限，如试验组样本量较小、教学应用范围较窄等。同时，它对教师的授课技巧要求较高，有时需要多学科交叉才能完成。未来，将通过教育处推广此教学模式的方式来扩大试验组样本量，并同时拓展人工智能等教学模式在骨科带教中的课程范围，例如将目前的混合式教学模式扩展到颈椎病和腰椎病的临床带教中，将人工智能教学模式的应用拓展到日常病例之中，让学生能有更深入的思考和收获。此外，通过进一步加强医工交叉交流并努力提升教学质量的途径，也可以进一步提高研究的可靠性和普适性。

4　结语

综上所述，人工智能、虚拟现实、3D打印结合CBL的四位一体混合式教学模式，采用灵活开放的教学方法，高效、精准地将脊柱肿瘤专业理论知识与实践活动相结合，从而提高了医学生临床教学的效果。值得注意的是，本研究仅探索了四位一体混合式教学模式在脊柱肿瘤教学中的可行性及效果，而在骨科其他疾病教学中的应用仍有待进一步尝试。因此，为适应北京大学新时代医学人才的培养目标，如何将各项先进技术与骨科疾病的教学更好地整合，以实现更佳的教学效果，还有待长期的探索与实践。

利益冲突　所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明　欧阳汉强、吴红斌：项目设计、论文撰写；周非非、韦峰、田华、郎宁：方案优化、数据分析；李危石：项目指导、凝练主要观点

参考文献

[1] Lee P, Bubeck S, Petro J. Benefits, limits, and risks of GPT-4 as an AI chatbot for medicine [J]. N Engl J Med, 2023, 388(13): 1233-1239. DOI: 10.1056/NEJMsr2214184.

[2] Liu H, Jiao ML, Xing XY, et al. BgNet: Classification of benign and malignant tumors with MRI multi-plane attention learning [J]. Front Oncol, 2022, 12: 971871. DOI: 10.3389/fonc.2022.971871.

[3] Alsufyani N, Alnamlah S, Mutaieb S, et al. Virtual reality simulation of panoramic radiographic anatomy for dental students [J]. J Dent Educ, 2023, 87(8): 1200-1209. DOI: 10.1002/jdd.13240.

[4] 施凤伟，付军，郭征. 3D打印技术在骨科学肿瘤教学中的应用[J]. 中华医学教育杂志，2015，35(6)：916-917，934. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2015.06.033.

[5] Rajpurkar P, Chen E, Banerjee O, et al. AI in health and medicine [J]. Nat Med, 2022, 28(1): 31-38. DOI: 10.1038/s41591-021-01614-0.

[6] Ouyang H, Meng F, Liu J, et al. Evaluation of deep learning-based automated detection of primary spine tumors on MRI using the turing test [J]. Front Oncol, 2022, 12: 814667. DOI: 10.3389/fonc.2022.814667.

[7] 王忠照，孙璟川，王元，等. 虚拟现实技术在骨科住院医师规范化培训中的应用[J]. 中华医学教育杂志，2020，40(7)：557-560. DOI: 10.3760/cma.j.cn115259-20191216-01087.

[8] 徐艺丹，刘敏，周小敏，等.《人体胚胎学》混合式教学模式的建立与实践[J]. 中华医学教育探索杂志，2023，22(8)：1168-1172. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20211219-01378.

[9] 高蕾，彭贤贵，杨武晨，等. 应用人工智能图像教学系统提高医学生骨髓细胞形态判读能力[J]. 中华医学教育探索杂志，2020，19(5)：569-573. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20190614-00129.

[10] 郭丽莉，鲍永珍，王乐今. 人工智能辅助系统结合CBL教学在眼科住院医师斜视专业教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2023，22(3)：416-420. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20220520-01217.

[11] Reymus M, Liebermann A, Diegritz C. Virtual reality: an effective tool for teaching root canal anatomy to undergraduate dental students-a preliminary study [J]. Int Endod J, 2020, 53(11): 1581-1587. DOI: 10.1111/iej.13380.

[12] 刘书中，吴昀效，刘勇，等. 混合现实技术在脊柱微创手术术前规划及教学培训中的应用现状及前景[J]. 中国骨与关节杂志，2022，11(6)：461-464. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2022.06.010.

[13] 李维新，毛紫龙，彭立玮，等. 3D打印和混合现实技术在脊柱外科住院医师教学中的应用价值[J]. 中国骨与关节损伤杂志，2021，36(11)：1231-1232. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2021.11.041.

[14] 保国锋，崔志明，王钦宇，等. CBL联合3D打印教学在骶骨肿瘤临床教学中的应用研究[J]. 中华医学教育探索杂志，2023，22(2)：220-223. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20201001-01177.

[15] 肖伟元，刘祖德，肖洁，等. 虚拟情景结合模拟人在骨科实习教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2017，16(6)：584-587. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2017.06.011.

（收稿日期：2024-09-23）

（本文编辑：邬小梅）