·数字化医疗·

AI辅助的PBL法在药学专业生理学教学中的应用

师润　郝伟伟　于瑞雪*

（平顶山学院，平顶山 467000）

【摘要】 探讨在药学专业本科生的生理学教学中，应用人工智能（artificial intelligence, AI）辅助的问题导向学习（problem-based learning, PBL）教学模式的教学效果。研究以214名药学专业本科生为研究对象，分为对照组和实验组，其中，针对对照组的106名本科生实施传统PBL教学；针对实验组的108名本科生实施AI辅助的PBL教学模式，方法为教师在备课过程中应用AI平台智能生成教学病例和导向问题，学生进行分组协作，围绕病例展开讨论及汇报，与AI平台实时互动，构建“问题生成—动态引导—多维评价”的闭环教学体系。本研究结果显示，实验组在知识掌握度、高阶思维能力及学习投入度3个评价维度的得分值均显著高于对照组，差异有统计学意义（$P<0.05$）；实验组对课程教学模式的满意度为87.50%。上述结果提示AI辅助的PBL教学模式可有效提升药学专业本科生的生理学教学效果，为培养新医科背景下的高素质药学人才提供了新的有效路径。

【关键词】 人工智能；问题导向学习；药学；生理学；个性化学习

【中图分类号】 G642.41　　【文献标识码】 A　【DOI】 10.11876/mimt202505013

Application of AI-assisted PBL method in physiology teaching for pharmacy majors

*Shi Run, Hao Weiwei, Yu Ruixue**

(*Pingdingshan University, Pingdingshan 467000, China*)

【Abstract】 This study investigated the teaching effectiveness of applying an artificial intelligence (AI)-assisted problem-based learning (PBL) teaching model in physiology courses for undergraduate pharmacy majors. The research involved 214 undergraduate pharmacy students divided into a control group and an experimental group. For the control group ($n=106$), the traditional PBL teaching method was implemented. For the experimental group ($n=108$), the AI-assisted PBL teaching model was applied. The method involved teachers using an AI platform to intelligently generate teaching cases and guiding questions during lesson preparation. Students engaged in group collaboration, discussed cases, delivered presentations, and interacted with the AI platform in real-time, constructing a closed-loop teaching system of “problem generation-dynamic guidance-multidimensional evaluation”. Compared to the control group, the experimental group performed significantly higher scores in knowledge mastery, higher-order thinking skills, and learning engagement, with the difference being statistically significant ($P<0.05$). The satisfaction rate of the experimental group with the course teaching model was 87.50%. These findings suggest that the AI-assisted PBL teaching model can effectively improve the teaching outcomes of physiology for pharmacy undergraduates, offering a novel and effective approach to training high-quality pharmaceutical professionals.

【Key words】 Artificial intelligence; Problem-based learning; Pharmacy; Physiology; Personalized learning

---

基金项目：2025年度河南省医学教育研究项目（WJLX2025214）；2024年度河南省高等教育教学改革研究与实践项目（2024SJGLX0495）；平顶山学院2022年度课程思政教学团队

第一作者：师润，男，硕士研究生，讲师，研究方向：基础医学教育

通信作者：于瑞雪，女，硕士研究生，副教授，研究方向：基础医学教育

医学教育水平的提升是社会医疗水平和全民健康水平提升的重要保障，而当前的医学教育在激发学生创新思维、理论与临床实践衔接等方面尚存在明显不足。《国务院办公厅关于加快医学教育创新发展的指导意见》[1]明确提出“分类培养研究型、复合型和应用型人才”这一目标，为当前的医学教育改革指明了方向。当前正处于快速发展期的人工智能（artificial intelligence, AI）技术可以为不同专业、不同层次的学习者规划个性化学习路径，这一技术为构建医学教育的精准化、动态化支持系统提供了良好的支撑[2-4]。在基础医学教育阶段，教师探索AI技术与医学教育的深度融合路径，既响应了国家政策号召，也可弥补传统教学的不足之处。

生理学作为药学专业学习的核心基础课程，是衔接基础理论与临床实践的重要桥梁。该课程的教学效果直接影响医学生对生命活动规律的理解能力，并为后续课程的学习奠定基础。但生理学的教学内容抽象、知识原理较为繁杂，致使药学专业部分学生的学习动力不足。文献调研结果显示，在生理学教学中适当应用问题导向学习（problem-based learning, PBL）法[5]、开展虚拟仿真实验项目[6]等，可提高生理学的教学成效。但是由于PBL教学需要依赖教师人工设计案例，而教师的知识体系决定了案例的综合水平，造成部分案例很难动态适配学生认知水平，这种情况会降低PBL教学的有效性，因此教学实施过程中亟待通过技术创新与模式重构来解决这一问题[7-8]。

本研究在药学专业的生理学教学中，采用AI辅助的PBL模式，整合AI平台的案例生成、虚拟交互、数据分析等多种功能，力求实现针对该专业教学资源的精准配适、学习过程的个性化引导以及能力评价的全面覆盖。本模式借助AI平台实现复杂病例与问题的动态生成与深入解析，突破了传统PBL案例依赖教师主观经验、难以动态响应学生认知水平的局限，增强了解析深度，实现了对学生学习过程的全流程、多维度跟踪与反馈，弥补了传统评价方式在过程性、个性化方面的不足。通过这种教学模式的探索，旨在增强药学专业学生的自主学习能力、岗位胜任力与临床思维水平，对推动“新医科”背景下的复合型药学人才培养具有参考意义。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究以平顶山学院药学专业2022级和2023级共214名学生为研究对象，其中以2022级本科生106人作为对照组，2023级本科生108人作为实验组。两组学生的生理学开课学期均为第三学期即大学二年级上学期，授课教师相同，且均已完成《系统解剖学》《组织学与胚胎学》等基础医学课程的学习。两组学生的生理学课程学时、教材均相同，且两组学生在性别、年龄、前期学业成绩等方面比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$），具有可比性，见表1。

表1 两组学生的性别、年龄、前期学业成绩比较

组别	人数	性别[例（%）]		年龄	前期学业成绩
		男	女	（岁，$\bar{x}\pm s$）	（分，$\bar{x}\pm s$）
对照组	106	50（47.17）	56（52.83）	19.32 ± 0.80	71.44 ± 17.83
实验组	108	52（48.15）	56（51.85）	18.91 ± 0.46	74.26 ± 19.08
χ^2/t值		0.669[a]	0.941[a]	0.072[b]	0.138[b]
P值		2.585	1.903	3.739	2.266

注：[a]为χ^2值；[b]为t值。

1.2 研究方法

对照组采用传统讲授法结合PBL的教学模式。即由教师应用多媒体课件系统讲解生理学的核心知识点，如细胞膜电位、血细胞生理功能、血液循环机制、尿生成的机制、内分泌调节等。针对药学专业的岗位需求，每章设置1～2个临床药学相关的案例。例如针对“肺通气与肺换气”章节，设计“糖尿病患者血气分析异常”的临床病例，要求学生5～6人一组对患者检验报告中主要指标数据如HCO_3^-、pH等进行深入地分析，并推导病理机制。在此过程中由教师提供生理指标参考范围及文献数据库，引导学生通过查阅资料、组内讨论完成病因推断及用药方案的优化。课前教师在“学习通”在线学习平台发放微课视频，让学生预习基础理论，课堂前60 min由教师精讲重点、难点，后30 min由学生分组开展PBL案例研讨，最后由教师点评和总结。

实验组采用AI辅助的PBL教学模式。课前由教师团队根据药学专业的培养方案、毕业要求、教学大纲与岗位胜任力制定章节授课目标，在AI平

台动态生成临床药学相关病例（如血气分析异常、呼吸功能障碍等）和引导问题。AI 动态生成病例的核心是基于 Transformer架构的大语言模型，通过内置自注意力机制高效处理海量临床案例语料与药学专业知识库，先按授课目标提取核心知识点（如生理学相关病理机制、药物作用靶点等），再融合情景模拟与标准化患者元素，生成贴合临床真实场景的案例框架。生成的病例由教师进行科学性审核、优化和情境性调整后发放到“学习通”在线学习平台，将病例中的问题作为学习任务点供学生预习。“学习通”平台基于学生的登录记录、讨论内容和操作日志，自动生成每一位学生的学习行为热力图与知识图谱，教师据此调整课堂的教学策略。课堂上由教师讲解 20 ~ 30 min，之后学生以 6人为一组围绕章节中的病例情况展开讨论，同时学生还可以应用豆包、kimi等AI平台实时分析自身对问题的回答和讨论内容，时间为 10 ~ 15 min。AI 实时分析依托多模态信息处理能力，先通过语音转文字或文本识别捕获讨论内容，再运用语义匹配技术对标药学专业知识图谱，快速定位回答中的知识点盲区、逻辑偏差，同时提供多元视角的补充解析与思路拓展。每节课随机选择3个小组分别汇报展示讨论结果，然后接受教师和其他组学生的提问并进行解答，时间共 15 min。最后由教师评分和组间互评，时间 5 min，见图 1。以“肺通气与肺换气”教学为例，具体实施流程如下。①AI构建情境案例和引导性问题，例如“一名肺炎患者血气分析显示 PaO_2 55 mmHg、$PaCO_2$50 mmHg”，要求学生结合肺通气与肺换气原理分析该患者的血气指标是否正常，若有异常让学生试着分析其发生的病因。②AI介入学生的PBL讨论，学生分小组讨论呼吸膜厚度、肺泡通气量对气体交换的影响，学生不会解答的问题可及时求助kimi等人工智能平台。③各小组应用豆包、kimi等人工智能平台生成病例诊断反馈报告，讨论修改后提交，并且标注AI生成诊断报告中的逻辑漏洞。④课后各小组需提交案例分析报告，并基于该知识点相关的内容让学生自行选题并设计药学专业相关的生理学实验方案，如“氨溴索对小鼠气道黏液纤毛清除功能及呼吸频率的影响实验设计”。

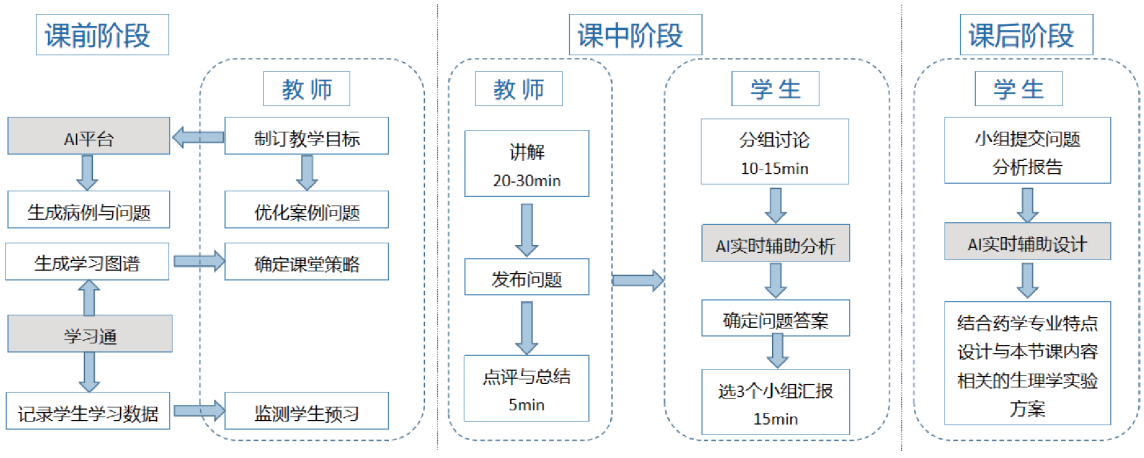


图 1 AI辅助的PBL教学模式实施流程

1.3 评价指标

（1）知识掌握度：通过比较实验组学生与上一届未实施该教学法的对照组学生生理学期末理论成绩、过程评价成绩、期末综合成绩，分析学生基础知识与自主学习能力的提升幅度。

（2）高阶思维能力：本研究采用改良版临床推理评分量表（clinical reasoning and reflection scale, CRRS），评价两组学生在病例讨论过程中展现的高阶思维能力情况，量表共分为问题识别（每个条目得分介于 0 ~ 5分）、逻辑分析（每个条目得分介于 0 ~ 10分）、方案优化（每个条目得分介于 0 ~ 5分）3个维度，由 2名教师分别给予评分，然后取两者的平均值。

（3）学习投入度：由研究者收集两组学生在“学习通”平台的综合统计数据，分析学生登录生理学网课的频次、学习资源的点击率、互动提问的次数、讨论次数、章节测试完成情况等行为指标的得分情况，分析学生对在线自主学习资源的关注时

长与认知负荷。其中，登录频次（次）由平台登录系统自动计数，显示学期内学生成功登录生理学网络课程资源页面的总次数，可用于反映学生访问课程的积极性与规律性；资源点击率（%）是指学生实际访问过的教学资源数量占教师在该章节发布的全部资源（含课件、微课视频、拓展文献、案例等）总数的百分比，可用于衡量学生对学习材料的利用情况；互动次数（次）是指学生在平台讨论区、课堂互动区发起的提问、回复他人帖子以及参与教师发起的主题讨论、投票等活动的累计总次数，此项数据由平台互动模块自动汇总，可反映学生在线上学习环境中的主动参与和协作交流程度。

（4）学习满意度：研究者对实验组学生均发放《学习满意度调查问卷》。该调查问卷一共4个问题，在设计时采用Likert 5级评分法，结果数据可以反映学生对课程教学模式、AI工具熟练度、技术易用性、课堂参与度、职业认同感等多方面的感知满意度情况。记分方法为：“很满意”记5分、“满意”记4分、“比较满意”记3分、“不太满意”记2分、“不满意”记1分，问卷满分为20分。若总得分≥10分，则判定为满意，根据公式计算总体满意度，总体满意度＝满意人数/参与调查总人数×100%。

1.4 统计学方法

采用SPSS 26.0软件进行数据分析，计量资料以均值±标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较行t检验；计数资料以率（%）表示，组间行χ^2检验进行比较。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组学生的知识掌握度比较

两组学生的生理学课程成绩比较结果显示，对照组的期末理论成绩、过程评价成绩、期末综合成绩分别为（71.32 ± 15.99）分、（80.55 ± 6.80）分和（78.65 ± 16.04）分，实验组的期末理论成绩、过程评价成绩、期末综合成绩分别为（78.07 ± 14.84）分、（88.24 ± 5.36）分和（84.77 ± 12.21）分，经统计学软件分析比较发现，实验组学生的期末理论成绩、过程评价成绩、期末综合成绩均高于对照组，差异有统计学意义（P<0.05）。见表2。

表2 两组学生的期末理论成绩、过程评价成绩、期末综合成绩比较（分，$\bar{x} \pm s$）

组别	人数	期末理论成绩	过程评价成绩	期末综合成绩
对照组	106	71.32 ± 15.99	80.55 ± 6.80	78.65 ± 16.04
实验组	108	78.07 ± 14.84	88.24 ± 5.36	84.77 ± 12.21
t值		5.587	33.671	4.068
P值		0.000	0.001	0.039

2.2 两组学生的高阶思维能力比较

针对两组学生进行高阶思维能力评价，结果显示实验组在问题识别、逻辑分析、方案优化3个维度得分值分别为（4.36 ± 0.74）分、（8.65 ± 1.28）分、（4.31 ± 0.26）分，均高于对照组，差异有统计学意义（P<0.05）。其中，实验组学生的逻辑分析能力明显优于对照组（P=0.001）。见表3。

表3 两组学生高阶思维能力评分条目均值比较（分，$\bar{x} \pm s$）

组别	人数	问题识别	逻辑分析	方案优化
对照组	106	3.45 ± 0.59	6.39 ± 1.53	3.63 ± 0.48
实验组	108	4.36 ± 0.74	8.65 ± 1.28	4.31 ± 0.26
t值		4.911	6.219	5.440
P值		0.021	0.001	0.014

2.3 两组学生的学习投入度比较

两组学生的学习投入度比较结果显示，实验组的登录频次、资源点击率、互动次数3项行为指标分别为（25.73 ± 4.80）次、92.55%、（18.63 ± 3.14）次，均高于对照组，差异有统计学意义（P<0.05），其中，资源点击率提升达32.6%。见表4。

表4 两组学生学习投入度行为指标比较

组别	人数	登录频次（次）	资源点击率（%）	互动次数（次）
对照组	106	16.27 ± 5.26	69.82	10.21 ± 2.88
实验组	108	25.73 ± 4.80	92.55	18.63 ± 3.14
t/χ^2值		7.350[a]	8.962[b]	9.407[a]
P值		<0.001	0.039	<0.001

注：各项数据均来源于“学习通”在线学习平台后台的自动记录与统计；[a]为t值；[b]为χ^2值。

2.4 实验组学生的学习满意度评价

研究中实验组共回收学习满意度调查有效问卷96份，有效率88.89%（96/108）。调查结果显示，实

验组的学生对教学模式认可度的满意度为87.50%，对AI工具易用性的满意度为92.71%，有80.21%的学生认可AI辅助的PBL教学模式提升了自身的课堂参与度，并且有84.39%的学生认可该模式增强了职业认同感。见表5。

表5 实验组学生学习满意度调查结果（n=96）

维度	满意人数	满意度（%）
教学模式认可度	84	87.50
AI工具易用性	89	92.71
课堂参与度提升	77	80.21
职业认同感增强	81	84.39

3 讨论

PBL是一种以临床问题为起点、以学生为中心的教学模式，实施的核心包括临床问题驱动、小组协作、教师引导3个方面[9]。在PBL教学案例和问题的设置环节，会因为很多教师的知识体系不足导致临床案例和问题的科学性及系统性不高，通常难以体现临床药学工作的动态复杂性。生理学教学的核心是强调人体各机能系统的功能整合与动态平衡，与后续医学课程关联度较高，对教学案例的系统性和深入性要求程度也较高。本研究通过构建AI辅助的PBL教学模式，由教师通过运用AI平台根据药学专业的岗位需求，模拟真实临床场景或复杂生理机制案例设置知识点相关的问题，节约了教师备课的时间，并且保障了案例和问题的深度和广度。AI的应用使得动态引导学生学习得以实现，根据每个学生提出的问题实时生成个性化学习路径与提示问题，引导每一位学生逐步深入学习，这是传统PBL难以实现的。在多维评价方面，本研究不仅关注到学生的知识掌握程度，还通过AI平台自动生成的学习行为热力图、知识图谱、诊断报告逻辑分析等，实现对高阶思维、临床推理等多方面能力的综合评价。

研究中由教师应用AI平台生成含有检验指标和治疗用药数据的动态虚拟病例，并于课前发放给学生预习，例如在讲解血氧饱和度知识点时，以血气分析这项药学临床技能为切入点，模拟肺炎患者发病病程中PaO_2从65 mmHg降至55 mmHg的动态变化过程。教师要求学生结合生理学中的呼吸膜增厚、肺泡通气/血流比值失调等知识点，自行推导检验指标变化的病理机制，分析用药的原因，评价用药合理性。这种学习方式将相关临床指标的正常参考值范围（如PaO_2正常为80 ~ 100 mmHg）融合于案例数据之中，潜移默化地加深了学生对临床用药评价与人体生理功能间动态关联的印象。本研究结果显示，采用AI辅助的PBL教学模式的实验组学生知识掌握度方面的表现显著优于传统PBL教学的对照组，说明该教学模式的应用有助于学生学习效果的提升。

基于岗位胜任力的药学专业教学要求教师不但着重培养学生的药学专业思维，而且应训练学生的临床药学诊断技能。例如在心脏生理授课中以“心肌缺血与心肌梗死的鉴别”为主题，教师用AI平台生成具体案例和问题，引导学生讨论肌钙蛋白等常见临床检验指标的动态变化规律和检测时间窗，并解释指标变化的病理生理过程，分析心绞痛与心梗的生理机制差异；教师布置课后任务，让学生自行查阅资料，并设计各章节内容相关的药理学实验，涵盖多种实验类型与检测方法，让学生尽早接触临床药学中相关的科学方法和操作技能。

在课程学习考核方面，传统生理学考核通常难以评估临床药学岗位所需的综合分析能力，因此药学人才培养的课程考核评价维度亦有待于进一步完善。本研究采用“学习通”平台记录学生的日常学习行为，对学生的自主学习进行科学有效的评价。两组学生的学习行为数据显示，实验组学生的资源点击率达92.55%，学习频次和线上与教师互动次数均显著高于对照组。学习满意度调查也显示，实验组有87.50%的学生认可该教学模式，提示AI辅助的PBL教学模式改革给学生的学习带来便利，受到较多学生的认可。上述教学结果的数据符合医学教育数字化转型发展的趋势，为培养“懂应用、精机理”的复合型人才提供了保障[10-11]。

本研究结果显示，实验组学生在高阶思维能力的各个维度，尤其是逻辑分析能力上均有显著提升，这说明AI的智能交互特性对学生思维训练产生了积极影响。在传统PBL实施中，学生的推理假设往往需要待到教师巡视或课堂总结时才能获得反馈，思维链条易中断。而AI平台则解决了这一问题，对学生给予即时、中立的回应，促使学生不断进入“提出假设→AI验证/质疑→修正推理→再验证”的深度学习循环，极大地锻炼了逻辑思维的严谨性与连续性。此外，对于基础薄弱的学生，AI可提供更多引导性问题，帮助其建立基本分析框架；对于

学有余力的学生，AI则可提出更复杂的、跨系统的进阶问题，这为不同认知水平的学生提供了个性化的引导，是实现逻辑分析能力普遍提升的关键。

本研究将AI技术深度融入药学专业的生理学教学，构建了“问题生成—动态引导—多维评价”的系统化教学体系。该教学模式加强了学生对生理机制与药学岗位需求关联性的理解深度，培养了学生基于临床问题和案例的临床药学决策能力，为“新医科”背景下培养具有较高的岗位胜任力的药学人才提供了可推广的范式。

[参 考 文 献]

[1] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于加快医学教育创新发展的指导意见[EB/OL].(2020-09-23)[2025-11-14]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2020-09/23/content_5546373.htm.

[2] 丁文婧, 沈海波, 徐丁. ChatGPT在泌尿外科PBL教学中的应用探索与实践[J]. 中国医学教育技术, 2024, 38(3): 287-292.

[3] 刘培峰. AI赋能的问题驱动学习法融合案例学习法的新模式：在肿瘤学教学中的应用探索[J]. 肿瘤, 2024, 44(8): 868-877.

[4] 辛晓明, 宋晓蕾, 韩秋琴, 等. 生成式人工智能促进医学教学改革的路径探索：基于医学院大学生的调研分析[J]. 卫生职业教育, 2025, 43(22): 105-108.

[5] 铁娅滕, 赵星成, 李程飞, 等. PBL、CBL联合模拟训练平台教学法在航空航天心血管生理相关教学中的应用[J]. 心脏杂志, 2024, 36(1): 59-63.

[6] 王祥, 徐少春, 孙红标, 等. 基于虚拟现实的人工智能技术在放射科临床教学中的应用现状及展望[J]. 影像研究与医学应用, 2024, 8(22): 1-3.

[7] 李兵, 司晓云. PBL教学法结合思维导图法在护理学专业生理学教学中的应用探索[J]. 中国高等医学教育, 2022(7): 114-115.

[8] 李瑾媛, 王针臻, 李兵. PBL教学法在护理学专业“生理学”教学中的应用[J]. 科技风, 2023(17): 112-114.

[9] 傅新星, 王媛, 钟妍. 基于问题教学法和基于案例教学法在听觉电生理教学中的联合应用[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2021, 28(6): 360-361.

[10] 黄丽利, 廖晓辉. 人工智能结合混合式教学在内科学教学中的应用[J]. 现代医药卫生, 2019, 35(8): 1260-1263.

[11] 范丽婷, 宋峰. AI在基础医学PBL教学中的应用探索[J]. 基础医学教育, 2025, 27(3): 264-267.

（上接第78页）

中心医院，存在选择偏倚。下一步可联合多家三级医院扩大样本，纳入MRI及术中内镜结果作为金标准，建立MSCT影像组学模型，力求实现低位腰椎间盘突出症的精准、快速、经济诊断。

[参 考 文 献]

[1] 芦银江, 余春华, 许汉荣, 等. 高低位腰椎椎间盘突出症患者脊柱-骨盆矢状面形态变化[J]. 脊柱外科杂志, 2024, 22(1): 27-31.

[2] 谭慧琴. CT扫描与X线平片检查在腰椎间盘突出症中的诊断价值与准确率比较研究[J]. 中国药物与临床, 2020, 20(23): 3902-3904.

[3] 管国义, 马乐. 腰椎间盘突出症患者CT影像学特征与病情、疗效的关系[J]. 影像科学与光化学, 2022, 40(2): 403-408.

[4] 中华医学会骨科学分会脊柱外科学组, 中华医学会骨科学分会骨科康复学组. 腰椎间盘突出症诊疗指南[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(8): 477-487.

[5] 王云生, 王峰, 张尧, 等. 基于寰枢椎脱位患者的颈椎僵硬功能障碍指数量表信效度检验及其临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2024, 34(9): 907-913.

[6] 王丹丹, 蒋玉宝, 康亮, 等. 肌电图在低位L4~S1腰椎间盘突出症定位诊断中的应用价值[J]. 中华解剖与临床杂志, 2024, 29(1): 55-57.

[7] 赵红卫, 刘丰平, 皮闻森, 等. 腰椎间盘突出症两种脊柱内镜术早期并发症分析[J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29(19): 1729-1733.

[8] 阿妮, 韩高飞, 张孝孝. 腰椎间盘突出症EMG、CT影像学特征及与手术病理、疗效的关系[J]. 中国CT和MRI杂志, 2025, 23(5): 172-174.

[9] 刘海波, 蔡丰伟, 张武军, 等. CT定量分析椎体骨密度与腰椎间盘突出症的关系[J]. 中国医学装备, 2025, 22(5): 48-52.

[10] 刘高峰, 代志清, 王晴晴, 等. MRI联合CT检查在腰椎间盘突出症诊断中的应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(7): 1316-1318.

[11] 孙志强, 陆晨光, 王德艳. 腰椎间盘突出症肌电图及CT影像图特征分析研究[J]. 中外医学研究, 2025, 23(9): 75-78.

[12] 陈小龙. CT检查及图像后处理对腰椎间盘突出症的诊断价值和射频消融治疗的定位意义[J]. 现代医用影像学, 2025, 34(1): 82-84, 88.

[13] 刘永震, 董可, 狄楠. 探讨计算机断层扫描（CT）检查在腰椎间盘突出症临床诊断中的效果[J]. 哈尔滨医药, 2023, 43(4): 59-61.

[14] 蔡业珍, 邢晓伟, 殷锋, 等. CT影像学和JOA评分在腰椎间盘突出症病情程度诊断评估中的应用价值[J]. 中国实验诊断学, 2021, 25(7): 1042-1045.

[15] 王少锋, 孟小庆, 吴占勇, 等. 腰椎CT矢状面屈曲角、终板屈曲深度和双侧腰大肌横断面积差值诊断腰椎间盘突出症（LDH）的价值及与退变程度的关系[J]. 影像科学与光化学, 2021, 39(3): 386-390.

[16] 张富贵, 李淑娟, 马爱香. CT在腰椎间盘突出症临床诊断中的价值研究[J]. 影像研究与医学应用, 2025, 9(6): 165-167.