·专家述评·

人工智能在子宫内膜异位症诊断中的应用

王煜宁，张颐
（中国医科大学附属第一医院妇科，沈阳 110001）

摘要 子宫内膜异位症是一种雌激素依赖的慢性炎症性疾病，在全球影响约5%~10%的育龄女性，其典型症状包括痛经、不孕和慢性盆腔疼痛，严重影响患者的生活质量。传统的诊断方法主要包括超声、磁共振成像和腹腔镜检查，其中腹腔镜检查为诊断的金标准，但因其具有侵入性，限制了广泛应用。近年来，人工智能在子宫内膜异位症诊断中的应用快速发展，通过整合影像学、临床数据和生物标志物，显著提高了早期诊断的准确性和效率。本文总结了传统子宫内膜异位症诊断方法的局限性和人工智能在子宫内膜异位症诊断中的应用情况，并结合实际案例探讨人工智能在子宫内膜异位症诊断中的应用潜力。

关键词 子宫内膜异位症；人工智能；诊断；生物标志物；预测模型
中图分类号 R711.71 **文献标志码** A **文章编号** 0258-4646(2025)05-0385-05
网络出版地址 https://link.cnki.net/urlid/21.1227.R.20250519.1514.002
DOI：10.12007/j.issn.0258-4646.2025.05.001

Application of artificial intelligence in diagnosing endometriosis

WANG Yuning，ZHANG Yi
（Department of Gynecology，The First Hospital of China Medical University，Shenyang 110001，China）

Abstract Endometriosis is an estrogen-dependent chronic inflammatory disease that affects 5% to 10% of women of reproductive age worldwide. Its typical symptoms include dysmenorrhea，infertility，and chronic pelvic pain，which seriously affect quality of life. The traditional diagnostic methods include ultrasonography，magnetic resonance imaging，and laparoscopy. Among these，laparoscopy is considered the gold standard for diagnosis. However，its invasive nature limits its widespread application. Recently，artificial intelligence has rapidly advanced in the diagnosis of endometriosis，significantly improving the accuracy and efficiency of early diagnosis by integrating imaging，clinical data，and biomarkers. This article summarizes the limitations of traditional diagnostic methods for endometriosis and the advancements in the application of artificial intelligence in the diagnosis of endometriosis，while exploring the potential of artificial intelligence using practical case studies.

Keywords endometriosis；artificial intelligence；diagnosis；biomarker；prediction model

子宫内膜异位症是一种雌激素依赖的慢性炎症性疾病，在全球影响约5%~10%的育龄女性[1]。其病理特征为子宫内膜样组织（腺体和间质）出现在子宫体以外的部位，最常见于卵巢和宫骶韧带，也可累及腹腔和盆腔深部器官，少数见于肠道、输尿管、膀胱甚至肺部[2-4]。子宫内膜异位症的典型表现为痛经、慢性盆腔疼痛、不孕和经期消化道症状（如腹泻、便秘），部分患者还可能出现便血、尿血等特异性症状，这些临床特征不仅严重影响患者的生活质量，还可诱发焦虑、抑郁等心理障碍[5-7]。

传统上腹腔镜检查为诊断子宫内膜异位症的金标准，但因腹腔镜检查具有侵入性且成本高，限制了其广泛应用。临床上常采用非侵入性诊断手段，如超声、磁共振成像（magnetic resonance imaging，MRI）和计算机断层扫描（computed tomography，CT），进行辅助诊断。然而，这些传统的诊断方法在病灶的早期识别和复杂病例的精准评估中仍有诸多局限性。除影像学方法外，传统的统计学模型在子宫内膜异位症的诊断中也发挥重要作用，如通过logistic回归、多因素分析等方法，分析患者的临床特征（如病史、体征）、实验室指标与疾病的相关性，构建早期诊断和病情评估的预测模型。但这些传统模型通常基于线性假设，难以捕捉复杂变量间的非线性关系，并且需要大量人工干预来选择变量，在

基金项目：国家重点研发计划（2018YFC1311600）；辽宁省重点研发项目（2024JH2/102500019）；沈阳市科技计划（22-321-33-08）；沈阳市科技创新发展专项资金（23-506-3-01-10）
作者简介：王煜宁（1998-），女，硕士研究生.
通信作者：张颐，E-mail：syzi@163.com
收稿日期：2025-01-03
网络出版时间：2025-05-20 10:19:15

大数据背景下效率较低，限制了其在精准医学中的进一步应用。近年来，随着人工智能（artificial intelligence，AI）的快速发展，其在子宫内膜异位症诊断中的应用逐渐成为研究热点。AI不仅能有效处理多模态医学影像，还可以通过分析患者的临床数据和生物标志物信息，显著提高诊断的效率和准确性[8]。为了更好地了解传统诊断方法的局限性及其改进方法，本文总结了传统子宫内膜异位症诊断方法的局限性和AI在子宫内膜异位症诊断中的应用情况，并结合实际案例探讨AI的应用潜力。

1　传统子宫内膜异位症诊断方法及其局限性

1.1　腹腔镜检查

目前，腹腔镜检查被认为是诊断子宫内膜异位症的金标准。腹腔镜检查通过直接观察并进行活组织检查，实现较高的诊断准确性。然而，由于腹腔镜检查具有侵入性、成本高并存在围手术期相关风险（如麻醉相关并发症、术中盆腔或腹腔脏器损伤、术后感染、术后盆腔粘连以及慢性盆腔疼痛加重），因此不适合作为常规筛查或随访工具。临床上常常通过病史采集、体格检查和影像学评估（经阴道超声检查、CT、MRI等）进行辅助诊断[9]，但这些检查方法对于发现早期或隐匿性病变的敏感度和特异度有限。

1.2　影像学检查

1.2.1　经阴道超声检查：超声检查作为一种无创、无辐射且经济、便捷的影像学手段[10]，自用于子宫内膜异位症诊断以来，取得了显著进展。早期以经阴道超声检查为主，能够精准识别卵巢内膜异位囊肿和部分深部浸润型子宫内膜异位症[11-15]，卵巢型子宫内膜异位症超声影像的典型表现包括低至中等回声的囊性病变，伴均匀增厚的囊壁和无显著声影[16]。之后采用彩色多普勒超声检查，通过评估血流动力学特征，辅助鉴别良恶性病变[17-18]，诊断的敏感度和特异度均显著提高。目前，超声检查被广泛用于子宫内膜异位症的筛查和随访，但对复杂病灶、深部病变以及小体积病灶的诊断仍存在局限性，且诊断依赖操作者的经验，较MRI稍逊一筹。未来，超声检查将在高分辨率成像、AI辅助分析和多模态影像联合应用等方面进一步发展，有望提高诊断的精准性和一致性，成为子宫内膜异位症早期筛查、病变评估和复发监测的重要工具。

1.2.2　MRI：MRI具有优异的软组织对比度、多平面成像能力和无电离辐射的优势，已成为复杂子宫内膜异位症尤其是深部浸润型子宫内膜异位症的重要诊断工具[19-22]。既往研究[20-22]表明，MRI不仅能够清晰显示病灶的确切位置、大小和侵袭深度，还能评估肠腔狭窄和邻近结构受累情况，为术前制订手术方案提供关键信息。目前，MRI在鉴别复杂和罕见病灶方面也展现出独特价值，如通过T1WI、T2WI和DWI序列对罕见部位（如尿道病灶）进行精准定性诊断[23]。然而，MRI的应用因设备昂贵、时间较长以及诊断结果受炎症和纤维化程度影响等问题而受限。未来，随着高分辨率成像技术的进一步优化、多模态影像结合和AI辅助分析的应用，MRI有望在复杂病变的早期诊断、术前评估和随访监测中发挥更大作用，为子宫内膜异位症的精准诊疗提供更全面的支持。

1.2.3　CT：CT在子宫内膜异位症诊断中的优势包括能够明确病变部位和评估囊性特征。既往研究[24-25]表明，子宫内膜异位症的典型CT表现包括囊壁薄、囊内密度不均匀，CT值约为30~50 HU，晚期病变可能出现纤维化、囊壁增厚和囊内高密度沉积（如陈旧性血液或含铁血黄素）。然而，在早期病变阶段，囊壁薄、密度低，影像表现不明显，容易与功能性囊肿混淆，导致误诊风险较高[26-28]。对于深部浸润型子宫内膜异位症，CT在识别纤维化病灶、肠腔狭窄以及病灶与邻近器官（如直肠、膀胱）的解剖关系方面提供了重要的术前参考信息。此外，CT在急性并发症（如卵巢囊肿破裂或感染）的快速评估中表现出独特优势，尤其适用于急诊患者。尽管CT诊断的灵敏度（80.49%）和特异度（84.21%）良好，但影像特征与其他病变（如囊腺瘤）相似，仍可能增加漏诊或误诊的风险[26-28]。未来，随着CT结合其他影像学技术（如MRI或超声）以及影像分析的智能化发展，其诊断精准性和临床应用价值有望进一步提高。

1.3　统计学预测模型

除了影像学方法，传统的统计学模型在子宫内膜异位症的预测和筛查中也发挥一定作用，但其局限性也较为突出。通过回归分析、判别分析和多因素分析等统计方法，研究者通过患者的病史、体征和实验室指标间的相关性，为疾病的预测和

筛查提供依据。有研究[29]通过logistic回归模型，分析CYFRA21-1、CA19-9和CA125的水平变化及其与美国生殖医学协会分期系统的相关性，结果显示，CYFRA21-1、CA19-9和CA125在子宫内膜异位症诊断中的曲线下面积分别为0.92、0.82和0.92，并与疾病严重程度呈正相关。还有研究[30]通过回顾性分析，采用多因素logistic回归和受试者操作特征曲线，发现血清CA125、CA153和CA19-9水平升高是卵巢型子宫内膜异位症的独立危险因素，CYFRA21-1、CA19-9和CA125联合诊断模型具有较高的灵敏度和特异度。有研究[31]通过单因素分析、logistic回归分析和受试者操作特征曲线，发现外周血中$CD4^+$T淋巴细胞、$CD8^+$T淋巴细胞和肿瘤坏死因子α是卵巢型子宫内膜异位症的独立影响因素，三者联合检测能够显著提高疾病的诊断效能。然而，这些模型存在一定的局限性：这些方法通常依赖变量的特征选择和线性假设，难以全面捕捉多个变量间的非线性关系以及复杂数据结构；传统的统计模型通常需要人工干预选择变量，效率较低，且易遗漏关键变量；由于缺乏整合多模态数据的能力，因此难以全面反映疾病的复杂特征。这些问题限制了模型的预测性能和广泛应用。

2　AI在子宫内膜异位症诊断中的应用

传统诊断方法存在不足为AI在子宫内膜异位症诊断中的应用创造了契机。AI整合多模态数据（如影像、临床特征和生物标志物信息），并采用深度学习算法、机器学习模型和数据挖掘技术，这些技术在提高诊断准确性、缩短诊断周期和优化诊疗策略方面展现出巨大的潜力，为子宫内膜异位症的早期筛查和精准诊断提供了全新路径。

AI包括机器学习和深度学习等核心技术，其在处理复杂数据、识别潜在模式以及构建预测模型方面具有显著优势，在子宫内膜异位症的诊断方面取得了重要进展。AI的应用包括影像学分析、生物标志物筛选、病理图像解读和疾病进展预测等多个方面，为非侵入性诊断提供了新的解决方案，具有减少诊断延迟、降低医疗成本和改善患者生活质量的潜力[32]。此外，电子病历等纵向数据的深度挖掘为AI在子宫内膜异位症诊断中的应用提供了重要基础[33]。

2.1　AI在影像学诊断中的应用

深度学习作为机器学习的一个重要分支，通过人工神经网络自动提取复杂特征并作出预测或决策，在影像学诊断中展现了强大的特征提取能力和分类精度[34]。有研究[35]验证了深度学习在MRI诊断卵巢型子宫内膜异位症中的优势，通过提高图像分析能力和病灶识别效率，显著优化了诊断效果。与传统的硬C均值算法相比，模糊C均值算法通过更精准的图像分割克服了处理复杂病灶特征时的局限性，显著提高了病灶识别的效率和准确性。此外，研究[36]进一步表明，卷积神经网络在磁共振子宫输卵管造影成像中，通过减少伪影和背景干扰，改善了成像质量，从而提高了诊断的准确性。深度学习在影像分析中的应用，不仅克服了传统方法的局限性，还为复杂病灶的精准诊断提供了全新的技术路径。

在超声图像分析中，AI也表现出一定优势。HU等[37]通过卷积神经网络对输卵管卵巢脓肿和卵巢子宫内膜异位囊肿的超声图像进行自动化分析，结果发现，卷积神经网络模型的诊断准确性优于超声医师的主观判断，还优于传统的生物标志物（如CA125），为疾病的早期筛查和精准诊断提供了重要的技术支持。此外，传统诊断方法在识别直乙状结肠深部子宫内膜异位症方面存在明显的局限性，主要表现为诊断准确率较低、早期病灶识别困难以及对复杂病例的评估缺乏精确性，特别是在病灶与周围组织界限模糊或形态多样化的情况下。有研究[38]利用机器学习模型（如神经网络、支持向量机和逻辑回归）分析超声软标记的诊断效能，发现神经网络模型的诊断效能优于传统方法。深度学习通过提高图像质量和减少人为误差，在影像诊断领域展现了广阔的应用前景。

2.2　AI在生物标志物分析中的应用

AI通过整合临床数据、影像资料和生物标志物，构建更精准的诊断模型，帮助识别疾病发展过程中的潜在风险模式并实现早期诊断，尤其在子宫内膜异位症的鉴别中展现出显著优势。罗忆等[39]通过机器学习方法挖掘数据中的隐含信息，探索了子宫内膜异位症的诊断和预测标准。ZHANG等[40]研究了11种机器学习算法，构建了113个子宫内膜异位症预测模型，并通过GSE51981数据集测试，为

子宫内膜异位症早期诊断提供了新的思路。此外，TORE等[41]进行了特征重要性分析，发现年龄、不孕不育、子宫肌瘤、焦虑和过敏性鼻炎是影响子宫内膜异位症的重要因素，进一步验证了机器学习在疾病预测中的可行性。有研究[42]基于16个关键的临床和症状特征，证明机器学习算法可结合多种临床特征，为子宫内膜异位症的诊断提供高效的筛查工具。这些研究表明，AI通过整合多源数据，为构建精准诊断模型奠定了基础，模型优化和高质量数据仍是未来研究的重点。

2.3　AI在病理分析中的应用

病理分析是子宫内膜异位症诊断的重要环节，但传统的病理评估依赖医生的经验，易受主观因素影响。AI通过自动化图像分析和多层次特征提取，显著提高了诊断效率。张舒婉等[43]利用AI辅助细胞学系统，在宫颈病变筛查中表现出较高的灵敏度和阴性预测值，漏诊率低，能够有效筛查阴性和阳性病例，在大规模筛查中显示出优势。CAPOZZI等[44]结合组织学、免疫组织化学和分子研究，分析了非典型子宫内膜异位症的病理特征及其与子宫内膜异位症相关卵巢癌的潜在关联，强调AI结合分子标志物（如Ki-67、COX-2、p53等）在提高非典型子宫内膜异位症诊断准确性方面的潜力，同时为评估非典型子宫内膜异位症的恶性转化风险提供了新思路。

2.4　AI在疾病进展预测中的应用

子宫内膜异位症的精准治疗离不开疾病进展的动态预测，而传统方法在多变量综合分析和时序预测中存在局限性。潘甚豪等[45]通过构建基于机器学习的预测模型，结合女性年龄、促性腺激素启动用量、辅助生殖次数、移植胚胎数量等特征，预测子宫内膜异位症患者新鲜胚胎移植的临床妊娠率，辅助临床医生评估患者的妊娠结局。这种模型不仅提高了预测精准度，还为辅助生殖治疗方案的制定提供了科学依据，体现了AI在复杂疾病预测中的优势。

3　总结与展望

传统的子宫内膜异位症诊断方法依赖临床病史、体格检查、超声检查、MRI和腹腔镜检查等手段。然而，由于子宫内膜异位症早期症状隐匿且缺乏特异性，许多患者往往在症状出现多年后才确诊，严重影响其生活质量。此外，传统的影像学方法在区分子宫内膜异位症与其他盆腔疾病方面存在一定局限性，尤其是早期轻度病变的识别。AI在子宫内膜异位症诊断中展现了广阔的应用前景。本文通过总结AI的研究进展，发现AI以其强大的多模态数据整合能力和深度学习算法，在影像分析、生物标志物筛选、病理图像解读以及疾病进展预测等方面均取得了显著进展。AI显著提高了子宫内膜异位症诊断的准确性和效率，为非侵入性早期筛查和精准诊断提供了全新的工具，不仅优化了诊疗策略，还可能减少诊断延迟、降低医疗成本和改善患者生活质量。

尽管取得了显著的研究进展和技术突破，AI在子宫内膜异位症诊断中的广泛应用仍面临诸多挑战。一方面，目前AI在子宫内膜异位症诊断中的应用主要集中在算法开发和模型构建阶段，其临床转化仍然有限。大部分研究使用的数据集样本量较小，缺乏多中心的大样本验证，导致模型的通用性和鲁棒性较低。另一方面，AI的实际应用往往依赖于高质量的数据，而目前的数据来源不够标准化，缺乏统一的标注标准，且部分数据质量可能较低。此外，由于AI在医疗领域的可解释性和安全性不足，特别是在深度学习模型“黑箱”性质的限制下，临床医生对AI辅助决策的信任度较低，从而阻碍了其推广和应用。AI在整合多模态数据方面也存在一定局限性。尽管AI在影像分析中展现了优异的能力，但对患者临床数据、生物标志物和影像信息的深度整合仍处于初级阶段。未来如何通过大数据平台将电子病历、影像数据和生物标志物的动态变化进行统一分析，是实现子宫内膜异位症精准诊断的关键。同时，AI在疾病进展预测和疗效评估方面的研究仍较少。子宫内膜异位症作为一种异质性强、病情复杂的疾病，需要AI从病理机制层面入手，结合个性化医学，为患者提供精准的治疗方案和长期管理策略。

建议未来AI从以下几个方面展开应用：（1）建立高质量数据集，构建多中心、多种族的大规模高质量数据集，统一标准，确保数据的多样性和可靠性；（2）提高模型的可解释性和透明性，开发更加透明、可解释的AI模型，使其能提供清晰的诊断依据，从而提高临床医生的信任度；（3）加强多模态数据融合，将影像学、临床数据和生物标志物充分结合，利

用AI挖掘数据间的深层关联，构建更精准、更全面的诊断和预测模型；(4)注重疾病机制的深入研究，结合AI与病理学、分子生物学等领域的交叉研究，探索子宫内膜异位症的病理机制，为精准治疗提供科学依据。

参考文献：

[1] LAMCEVA J，ULJANOVS R，STRUMFA I. The main theories on the pathogenesis of endometriosis [J]. Int J Mol Sci，2023，24 (5)：4254. DOI：10.3390/ijms24054254.

[2] SAUNDERS PTK，HORNE AW. Endometriosis：etiology，pathobiology，and therapeutic prospects [J]. Cell，2021，184 (11)：2807-2824. DOI：10.1016/j.cell.2021.04.041.

[3] SMOLARZ B，SZYŁŁO K，ROMANOWICZ H. Endometriosis：epidemiology，classification，pathogenesis，treatment and genetics (review of literature) [J]. Int J Mol Sci，2021，22 (19)：10554. DOI：10.3390/ijms221910554.

[4] ZONDERVAN KT，BECKER CM，MISSMER SA. Endometriosis [J]. N Engl J Med，2020，382 (13)：1244-1256. DOI：10.1056/NEJMra1810764.

[5] VERCELLINI P，VIGANÒ P，BANDINI V，et al. Association of endometriosis and adenomyosis with pregnancy and infertility [J]. Fertil Steril，2023，119 (5)：727-740. DOI：10.1016/j.fertnstert.2023.03.018.

[6] KOLLER D，PATHAK GA，WENDT FR，et al. Epidemiologic and genetic associations of endometriosis with depression，anxiety，and eating disorders [J]. JAMA Netw Open，2023，6 (1)：e2251214. DOI：10.1001/jamanetworkopen.2022.51214.

[7] SCHLIEP KC，FARLAND LV，POLLACK AZ，et al. Endometriosis diagnosis，staging and typology and adverse pregnancy outcome history [J]. Paediatr Perinat Epidemiol，2022，36 (6)：771-781. DOI：10.1111/ppe.12887.

[8] 陈振宇，陈思睿，罗小怡，等. 人工智能评估局部晚期鼻咽癌疗效及预后的研究进展 [J]. 放射学实践，2024，39 (11)：1531-1536. DOI：10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.11.017.

[9] 厉莎，王良. 子宫内膜异位症的相关研究进展 [J]. 中外医学研究，2024，22 (30)：166-170. DOI：10.14033/j.cnki.cfmr.2024.30.040.

[10] 陈融. 子宫内膜异位症的超声表现与临床价值分析 [J]. 中国社区医师，2024，40 (14)：4-6. DOI：10.3969/j.issn.1007-614x.2024.14.002.

[11] 王素香. 超声诊断子宫内膜异位症的临床应用价值探析 [J]. 现代医用影像学，2023，32 (12)：2360-2362. DOI：10.3969/j.issn.1006-7035.2023.12.049.

[12] 丁华，林宁. 超声在子宫内膜异位症诊断中的应用价值分析 [J]. 现代医用影像学，2023，32 (11)：2124-2127. DOI：10.3969/j.issn.1006-7035.2023.11.040.

[13] 沈月华. 彩色多普勒超声检查对子宫内膜异位症诊断的效果 [J]. 吉林医学，2023，44 (10)：2738-2740. DOI：10.3969/j.issn.1004-0412.2023.10.013.

[14] 颜林淋. 经阴道超声诊断深部浸润型子宫内膜异位症的应用价值 [J]. 中国现代药物应用，2019，13 (7)：58-60. DOI：10.14164/j.cnki.cn11-5581/r.2019.07.032.

[15] CHEN-DIXON K，UZUNER C，MAK J，et al. Effectiveness of ultrasound for endometriosis diagnosis [J]. Curr Opin Obstet Gynecol，2022，34 (5)：324-331. DOI：10.1097/GCO.0000000000000812.

[16] 谢章有，方利萍，黄俊燕. 超声和磁共振成像诊断子宫内膜异位症的临床价值 [J]. 中国妇幼保健，2024，39 (4)：759-762. DOI：10.19829/j.zgfybj.issn.1001-4411.2024.04.046.

[17] 钟思苗，陈瑞芳，彭月星，等. 彩色多普勒超声评分系统在卵巢-附件肿块良恶性诊断中的效能评估 [J]. 大医生，2024，9 (3)：4-7. DOI：10.3969/j.issn.2096-2665.2024.03.002.

[18] 谢菲菲，林丽芳. 彩色多普勒超声与CT诊断妇科盆腔肿瘤良恶性的诊断价值对比 [J]. 影像研究与医学应用，2023，7 (24)：140-142. DOI：10.3969/j.issn.2096-3807.2023.24.044.

[19] BAZOT M，KERMARREC E，BENDIFALLAH S，et al. MRI of intestinal endometriosis [J]. Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol，2021，71：51-63. DOI：10.1016/j.bpobgyn.2020.05.013.

[20] MIKHAIL E，BENNETT RD. Mushroom cap a sign of rectosigmoid deep infiltrating endometriosis on MRI corresponding to surgical specimen [J]. J Minim Invasive Gynecol，2022，29 (8)：926-928. DOI：10.1016/j.jmig.2022.04.020.

[21] SLOSS S，MOONEY S，ELLETT L，et al. Preoperative imaging in patients with deep infiltrating endometriosis：an important aid in predicting depth of infiltration in rectosigmoid disease [J]. J Minim Invasive Gynecol，2022，29 (5)：633-640. DOI：10.1016/j.jmig.2021.12.015.

[22] KOBAYASHI H，MATSUBARA S. A classification proposal for adenomyosis based on magnetic resonance imaging [J]. Gynecol Obstet Invest，2020，85 (2)：118-126. DOI：10.1159/000505690.

[23] 卓嘉怡，杨玲洁，王钰，等. MRI误诊尿道前子宫内膜异位症一例 [J]. 磁共振成像，2023，14 (8)：115-117. DOI：10.12015/issn.1674-8034.2023.08.019.

[24] 宋宝玉，徐斌. 盆腔子宫内膜异位症患者CT影像学表现及误诊分析 [J]. 临床误诊误治，2023，36 (7)：9-11. DOI：10.3969/j.issn.1002-3429.2023.07.003.

[25] 马德容，邹夏斐，单峻，等. 盆腔子宫内膜异位症CT、MRI诊断价值分析 [J]. 中国继续医学教育，2019，11 (17)：68-70. DOI：10.3969/j.issn.1674-9308.2019.17.030.

[26] 梁铁茹，孟庆斌. CT、MRI诊断盆腔子宫内膜异位症的结果分析 [J]. 临床医学研究与实践，2017，2 (27)：142-143. DOI：10.19347/j.cnki.2096-1413.201727069.

[27] 刘向东，闫松果，孙世松. CT、MRI诊断盆腔子宫内膜异位症的应用价值 [J]. 罕少疾病杂志，2022，29 (6)：94-95. DOI：10.3969/j.issn.1009-3257.2022.06.034.

[28] 李登华. 盆腔子宫内膜异位症的CT、MRI诊断及误诊分析 [J]. 江西医药，2017，52 (10)：1079-1080. DOI：10.3969/j.issn.1006-2238.2017.10.051.

[29] 车蕾，项国谦，吴红珍，等. 子宫内膜异位症患者的CYFRA21-1、CA19-9与CA125表达变化及诊断价值分析 [J]. 全科医学临床与教育，2024，22 (11)：984-987. DOI：10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2024.011.008.

[30] 宗志强，计雨辰，郭文玥，等. 临床血清肿瘤标志物与卵巢型子宫内膜异位症的相关性研究 [J]. 海南医学，2024，35 (20)：2980-2984. DOI：10.3969/j.issn.1003-6350.2024.20.019.

[31] 张瑞，王文娜，陈立乔，等. T淋巴细胞、炎症细胞因子与卵巢子宫内膜异位症的相关性及诊断价值 [J]. 西部医学，2024，36 (7)：1047-1051. DOI：10.3969/j.issn.1672-3511.2024.07.021.

[32] DUNGATE B，TUCKER DR，GOODWIN E，et al. Assessing the utility of artificial intelligence in endometriosis：promises and pitfalls [J]. Womens Health，2024，20：17455057241248121. DOI：10.1177/17455057241248121.

[33] GIUDICE LC，OSKOTSKY TT，FALAKO S，et al. Endometriosis in the era of precision medicine and impact on sexual and reproductive

（下转第413页）

DOI:10.3390/ijms21093396.
[14] BARMADA A,SHARAN J,BAND N,et al. Serious adverse events have not been reported for spinal intrathecal injections of mesenchymal stem in a systematic review[J]. Curr Stem Cell Res Ther,2023,18(6):829-833. DOI:10.2174/1574888X17666220817125324.
[15] AKHLAGHPASAND M,TAVANAEI R,HOSSEINPOOR M,et al. Effects of combined intrathecal mesenchymal stem cell and Schwann cell transplantation on neuropathic pain in patients with complete spinal cord injury:a phase Ⅱ randomized active-controlled trial[J]. Cell Transplant,2025,34:9636897241298128. DOI:10.1177/09636897241298128.
[16] YANG H,WU LM,DENG HM,et al. Anti-inflammatory protein TSG-6 secreted by bone marrow mesenchymal stem cells attenuates neuropathic pain by inhibiting the TLR2/MyD88/NF-κB signaling pathway in spinal microglia[J]. J Neuroinflammation 2020,17(1):154. DOI:10.1186/s12974-020-1731-x.
[17] TENG YB,ZHANG Y,YUE SW,et al. Intrathecal injection of bone marrow stromal cells attenuates neuropathic pain via inhibiting P2X4R in spinal cord microglia[J]. J Neuroinflammation,2019,16(1):271. DOI:10.1186/s12974-019-1631-0.
[18] ZHOU J,ZHUANG T,MA P,et al. microRNA-547-5p-mediated interleukin-33/suppressor of tumorigenicity 2 signaling underlies the genesis and maintenance of neuropathic pain and is targeted by therapy with bone marrow stromal cells[J]. Mol Pain,2020,16:1744806920931737. DOI:10.1177/1744806920931737.
[19] CHEN G,ZHANG YQ,QADRI YJ,et al. Microglia in pain:Detrimental and protective roles in pain pathogenesis and resolution of pain[J]. Neuron,2018,100(6):1292-1311. DOI:10.1016/j.neuron.2018.11.009.
[20] JI RR,NACKLEY A,HUH Y,et al. Neuroinflammation and central sensitization in chronic and widespread pain[J]. Anesthesiology,2018,129(2):343-366. DOI:10.1097/ALN.0000000000002130.
[21] WU WY,ZHANG XW,WANG S,et al. Pharmacological inhibition of the cGAS-STING signaling pathway suppresses microglial M1-polarization in the spinal cord and attenuates neuropathic pain[J]. Neuropharmacology,2022,217:109206. DOI:10.1016/j.neuropharm.2022.109206.
[22] WU QY,ZHENG YJ,YU JY,et al. Electroacupuncture alleviates neuropathic pain caused by SNL by promoting M2 microglial polarization through PD-L1[J]. Int Immunopharmacol,2023,123:110764. DOI:10.1016/j.intimp.2023.110764.
[23] HE ZH,HE J,XIE KP. KLF4 transcription factor in tumorigenesis[J]. Cell Death Discov,2023,9(1):118. DOI:10.1038/s41420-023-01416-y.
[24] WEN MY,YE JK,HAN YL,et al. Hypertonic saline regulates microglial M2 polarization via miR-200b and KLF4 during cerebral edema treatment[J]. Biochem Biophys Res Commun,2018,499(2):345-353. DOI:10.1016/j.bbrc.2018.03.161.
[25] MORALES-MARTINEZ M,VALENCIA-HIPOLITO A,VEGA GG,et al. Regulation of Krüppel-like factor 4(KLF4) expression via the transcription factor Yin-Yang 1(YY1) in non-Hodgkin B-cell lymphoma[J]. Oncotarget,2019,10(22):2173-2188. DOI:10.18632/oncotarget.26745.
[26] VERHEUL TCJ,VAN HIJFTE L,PERENTHALER E,et al. the why of YY1:mechanism of transcriptional regulation by Yin Yang 1[J]. Front Cell Dev Biol,2020,8:592164. DOI:10.3389/fcell.2020.592164.
[27] SUN MY,SUN Y,MA JF,et al. YY1 promoted SOCS3 expression to inhibit STAT3-mediated neuroinflammation and neuropathic pain[J]. Mol Med Rep,2021,23(2):103. DOI:10.3892/mmr.2020.11742.

（编辑　武玉欣）

（上接第389页）

health across the lifespan and in diverse populations[J]. FASEB J,2023,37(9):e23130. DOI:10.1096/fj.202300907.
[34] CHEN X,WANG X,ZHANG K,et al. Recent advances and clinical applications of deep learning in medical image analysis[J]. Med Image Anal,2022,79:102444. DOI:10.1016/j.media.2022.102444.
[35] JIANG NJ,XIE H,LIN J,et al. Diagnosis and nursing intervention of gynecological ovarian endometriosis with magnetic resonance imaging under artificial intelligence algorithm[J]. Comput Intell Neurosci,2022,2022:3123310. DOI:10.1155/2022/3123310.
[36] LIU N,REN Q. Magnetic resonance imaging feature analysis and evaluation of tubal patency under convolutional neural network in the diagnosis of infertility[J]. Contrast Media Mol Imaging,2021,2021:5175072. DOI:10.1155/2021/5175072.
[37] HU P,GAO Y,ZHANG Y,et al. Ultrasound image-based deep learning to differentiate tubal-ovarian abscess from ovarian endometriosis cyst[J]. Front Physiol,2023,14:1101810. DOI:10.3389/fphys.2023.1101810.
[38] GUERRIERO S,PASCUAL M,AJOSSA S,et al. Artificial intelligence(AI) in the detection of rectosigmoid deep endometriosis[J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol,2021,261:29-33. DOI:10.1016/j.ejogrb.2021.04.012.
[39] 罗忆,张丹丹. 机器学习在子宫内膜异位症诊断中的应用[J]. 国际生殖健康/计划生育杂志,2022,41(1):84-88. DOI:10.12280/gjszjk.20210297.
[40] ZHANG H,ZHANG H,YANG H,et al. Machine learning-based integrated identification of predictive combined diagnostic biomarkers for endometriosis[J]. Front Genet,2023,14:1290036. DOI:10.3389/fgene.2023.1290036.
[41] TORE U,ABILGAZYM A,ASUNSOLO-DEL-BARCO A,et al. Diagnosis of endometriosis based on comorbidities:a machine learning approach[J]. Biomedicines,2023,11(11):3015. DOI:10.3390/biomedicines11113015.
[42] BENDIFALLAH S,PUCHAR A,SUISSE S,et al. Machine learning algorithms as new screening approach for patients with endometriosis[J]. Sci Rep,2022,12(1):639. DOI:10.1038/s41598-021-04637-2.
[43] 张舒婉,张文川,张喆,等. 人工智能在宫颈病变初步筛查中的应用[J]. 中国医科大学学报,2023,52(8):694-698. DOI:10.12007/j.issn.0258-4646.2023.08.005.
[44] CAPOZZI VA,SCARPELLI E,DELL'OMO S,et al. Atypical endometriosis:a comprehensive systematic review of pathological patterns and diagnostic challenges[J]. Biomedicines,2024,12(6):1209. DOI:10.3390/biomedicines12061209.
[45] 潘甚豪,李炎坤,伍哲维,等. 子宫内膜异位症患者新鲜胚胎移植临床妊娠率预测模型的建立与验证[J]. 南方医科大学学报,2024,44(7):1407-1415. DOI:10.12122/j.issn.1673-4254.2024.07.21.

（编辑　陈　姜）