

人工智能技术在泌尿系结石中的应用与展望

李云鹏¹ 吕建林¹

[摘要] 人工智能(AI)是研究模拟、延伸和扩展人类智能的一门新的技术科学。随着数据储存、图像处理、模式识别和机器学习等技术的进步,AI技术在泌尿系结石的诊治方面应用广泛。基于AI的应用,可以使医务工作者的诊断更为精准,治疗更加个体化。然而,目前AI在临床应用中仍有一些不足之处需要进一步解决。本文就AI技术在泌尿系结石疾病诊疗中的应用及前景进行综述,并进一步探讨其局限性与未来的发展趋势。

[关键词] 人工智能;泌尿系结石;结石成分分析;体外冲击波碎石;经皮肾镜取石术

DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2022.12.014

[中图分类号] R691.4 **[文献标志码]** A

Application and prospect of artificial intelligence technology in urinary calculi

LI Yunpeng LV Jianlin

(Department of Urology, Jiangning Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing, 210000, China)

Corresponding author: LV Jianlin, E-mail: ljlx01@163.com

Summary Artificial intelligence (AI) is a new technological science that is researched and developed for simulating and expanding human intelligence. With the advancement of technologies such as data storage, image processing, pattern recognition, and machine learning, artificial intelligence technology has been widely used in the diagnosis and treatment of urinary calculi. The application of artificial intelligence can make the diagnosis of medical workers more accurate and the treatment more individualized. However, there are still some shortcomings in the clinical application of artificial intelligence that need to be further resolved. This article reviews the application and prospects of artificial intelligence technology in the diagnosis and treatment of urinary calculi diseases, and further discusses its limitations and future development trends.

Key words artificial intelligence; urinary calculi; stone composition analysis; extracorporeal shock wave lithotripsy; percutaneous nephrolithotomy

随着经济和科技的进步,各种新技术和新设备的不断涌现,使得泌尿外科从诊断到治疗均发生了革命性的变化。近年来,数据储存、图像处理、模式识别和机器学习等技术的巨大进步,人工智能(artificial intelligence, AI)在泌尿系结石的诊疗方面广泛应用^[1]。AI的定义是指机器模仿人类认知和执行人类任务的计算能力^[2]。AI技术在医学领域的快速发展和应用,使临床诊疗过程变得更加高效和精准,主要包括辅助诊断、结局预测、相关风险因素评估等。机器学习(machine learning, ML)是AI的一个分支,它在临床研究中应用最多,包括深度学习(deep learning, DL)、人工神经网络(artificial neural networks, ANN)、自然语言处理(natural language processing, NLP)和计算机视觉等技术,可有助于疾病的诊断和预测治疗结果等^[3]。

AI从医学研究、临床决策等方面推动了诊疗

模式的转变,促使疾病的监测、预防、诊断、治疗、随访等发生了巨大的变革^[4-5]。在过去的20年中,泌尿系结石的诊疗和管理也逐步改变。随着AI的应用,可以对结石成分、结石清除率、手术效果和并发症进行预测,并且有很高的准确率(表1)。本文就AI技术在泌尿系结石诊疗中的应用作一综述,并进一步探讨其存在的问题和未来发展方向。

1 AI技术在泌尿系结石诊断中的应用

1.1 AI技术在输尿管结石诊断中的应用

输尿管结石是泌尿外科常见的疾病之一^[6],随着影像设备的不断升级,输尿管结石的诊断水平逐步提高,但仍有一定的误诊与漏诊。近年来研究显示,AI技术的应用有助于提高输尿管结石诊断的正确率和效率,一些相关的AI模型取得了不错的效果。2018年Langkvist等^[7]基于CT的薄层图像,使用深度学习卷积神经网络(deep learning

¹南京医科大学附属江宁医院泌尿外科(南京,210000)

通信作者:吕建林, E-mail: ljlx01@163.com

convolutional neural network, DCNN)来区分输尿管结石和静脉石,测试灵敏度为 100%,每例患者的平均假阳性率为 2.68%。2020 年 Jendenber 等^[8]根据非对比 CT,开发了一个卷积网络(convolutional networks, CNN)模型来区分输尿管远端结石和静脉结石,并将这些结果与 7 名放射科专家的报告进行了比较, CNN 模型的准确率高达 92%,而放射科医生为 86%。Parakh 等^[9]研究了 CNN 模型的诊断性能,使用 9 种不同的变异模型,实现了超过 90%的准确率。总的来说,通过 AI 技术的应用可以进一步提高诊断的正确率和工作效率,同时选择适合患者的治疗方式。

表 1 AI 在泌尿系结石中的应用

作者	AI 模型	预测准确率
Langkvist ^[7]	DCNN	100%
Jendenber ^[8] , Parakh ^[9]	CNN	92%, 90%
Perrot ^[11]	ML	85.1%
Nithya ^[13] , Poulaki ^[15]	ANN	99.6%, 92%
Hand ^[16]	MSNN	79%
Seltzer ^[18]	DL	88%

1.2 AI 技术在肾结石诊断中的应用

肾结石是泌尿系疾病中的常见疾病,其发病率和复发率逐年上升^[10]。研究人员将 AI 技术应用于肾结石的诊断取得了良好的效果。2019 年 De Perro 等^[11]基于低剂量 CT 开发了一个 ML 模型来区分肾结石和静脉结石,该模型的准确率为 85.1%。Selvarani 等^[12]使用元启发式支持向量算法来诊断肾结石,训练中准确率可达 98.8%。2020 年 Nithya 等^[13]开发了一种 ANN 模型用于肾结石诊断,该模型主要利用分类算法将图像分为异常图像和正常图像,然后对异常图像进行深度分割,模型精度达到了 99.6%。AI 模型的应用可以极大地提高医务工作的效率,更好地服务患者。

2 AI 技术在泌尿系结石治疗中的应用

2.1 AI 技术在体外冲击波碎石术中的应用

体外冲击波碎石术(extracorporeal shock wave lithotripsy, ESWL)在过去的 30 年中一直是治疗泌尿系结石的主要方法之一, ESWL 具有创伤小且无需麻醉的优点,在临床上广泛应用^[14]。

目前将 AI 技术与 ESWL 相结合,可以预测结石清除因素,调整治疗参数,来提高结石清除率并且减少并发症。2003 年 Poulaki 等^[15]使用 ANN 模型来预测 ESWL 的碎石成功率,准确率达到 92%。同时通过该模型发现与结石清除率相关的风险因素,例如体重指数(BMI)、骨盆高度和石头大小等。2017 年 Hand 等^[16]利用多光谱神经网络(multi-spectral neural network, MSNN)模型来量化 ESWL 术后肾出血的风险,该模型具有较高的

精度(79%)。2019 年 Singla 等^[17]开发了一种计算机视觉算法来提高 ESWL 治疗中的结石中靶率,提高碎石效率。Seltzer 等^[18]应用 DL 技术开发了一种预测算法,结石清除的预测准确率为 88%,预测并发症的准确率为 77%。

通过 AI 的应用,可以进一步提高患者的碎石成功率并且降低术后并发症的发生率,更加精准地为患者提供治疗,促进医患关系。

2.2 AI 技术在经皮肾镜取石术中的应用

近几年由于饮食习惯的改变导致肾结石的临床发病率呈逐年上升趋势^[19]。传统开放手术创伤大,恢复期长,手术中容易造成大出血,增加患者风险。随着医学技术的进步,经皮肾镜取石术(percutaneous nephrolithotomy, PCNL)逐渐完善,并在临床上得到广泛应用。

目前研究将 AI 技术应用于 PCNL,进行相关的结局预测和手术指导,为患者提供更好的治疗。2019 年 Shabaniyan 等^[20]利用 ML 技术开发了一个决策支持系统(decision support system, DSS)来预测肾结石手术治疗的结果,该模型对治疗效果,是否需要置入支架,术后是否需要输血有很高的预测率。Taguchi 等^[21]开发了一个 AI 驱动的机器人辅助透视(AI-driven robot-assisted fluoroscopy-guided, RAG)穿刺引导模型,该模型使用 X 射线自动定位系统,并且临床试验中单次穿刺成功率高。2020 年 Aminsharif 等^[22]开发了一种神经网络算法来预测 PCNL 的结果,该算法的灵敏度和精度范围均为 81%~98.2%。通过 AI 的辅助,可以在术前对患者进行全面的评估,提高手术成功率,增强医患之间的信任程度,提高医疗质量。

3 AI 技术在结石成分预测中的应用

结石成分分析是明确结石性质的“金标准”,对结石患者的预防与饮食指导具有重要意义。目前研究表明可以运用 AI 技术进行结石成分预测并且具有较高的准确率。2016 年 Kreigshauser 等^[23]基于 ML 模型和 CT 图像设计的算法,在预测结石是否含有尿酸达到了 100%的准确性。2018 年 Kazem 等^[24]收集患者尿酸、血清钙水平、高血压和糖尿病病史等信息建立一个集成学习模型。通过该模型可以预测结石成分和预防复发,模型的准确率高达 97.1%。2019 年 Bejan 等^[25]开发了一种自然语言处理(NLP)算法,该系统对除尿酸外的所有结石类型的阳性预测值大于 90%。2020 年 Hokamp 等^[26]基于双能 CT 图像,根据石头和体素计算,来预测肾结石的主要结石成分,该模型对结石关键成分的预测准确率接近 90%。结合临床信息建立相应的 AI 模型,可以在非侵入的状态下进行结石成分预测,为结石患者的长期管理提供重要的信息。

4 总结与展望

AI 已被应用于泌尿系结石的很多领域,包括诊断、预测治疗适宜性和成功率等。但是,它仍然

是一个以研究为基础的工具,并没有在临床实践中普遍应用。这可能是由于患者群体的多样性使其开发难度与成本大大增高。目前的研究结果多基于单中心研究,存在研究数据较少的缺陷。然而, AI 具有非常大的潜力,未来的人工智能研究将不仅仅局限于结石领域,更应该全面地与临床相结合,争取在肿瘤等其他亚专科有一定的突破。同样未来的研究重点还应该更多地关注患者的生活质量和治疗成本,并设计出更为简捷和经济的通用算法,使得 AI 技术更好地服务于广大患者。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 秦锋,袁久洪. 人工智能在泌尿疾病诊断中的应用现状与趋势[J]. 生物医学工程学杂志,2020,37(2):230-235.
- [2] Kulkarni I, Saga R. Artificial Intelligence in Medicine: Where Are We Now? [J]. Academic Radiol, 2020, 27(1):62-70.
- [3] Sha H, Mila P. Artificial intelligence (AI) in urology-Current use and future directions: An iTRUE study [J]. Turkish J Urol, 2020, 46(Suppl 1):S27-S39.
- [4] Kermany DS, Goldbaum M, Cai W, et al. Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep learning [J]. Cell, 2018, 172(5):1122-1131, e9.
- [5] Liang HY, Tsui BY, Ni H, et al. Evaluation and accuracy of diagnoses of pediatric diseases using artificial intelligence [J]. Nat Med, 2019, 25(3):433-438.
- [6] 焦志灵,徐国良,李路鹏,等. 经尿道输尿管镜钬激光碎石术后尿路感染调查及其对预后的影响[J]. 临床泌尿外科杂志,2020,35(5):344-348.
- [7] Långkvist M, Jendeborg J, Thunberg P, et al. Computer aided detection of ureteral stones in thin slice computed tomography volumes using Convolutional Neural Networks [J]. Comput Biol Med, 2018, 97:153-160.
- [8] Jendeborg G, Joha N. Differentiation of distal ureteral stones and pelvic phleboliths using a convolutional neural network [J]. Urolithiasis, 2021, 49(1):41-49.
- [9] Parakh A, Lee H, Lee JH, et al. Urinary stone detection on CT images using deep convolutional neural networks: evaluation of model performance and generalization [J]. Radiol Artif Intell, 2019, 1(4):e180066.
- [10] 伦晓璐,刘宇保,王永传,等. 多镜联合手术治疗马蹄肾结石的临床疗效观察 [J]. 临床泌尿外科杂志, 2021, 36(4):293-296.
- [11] De Perro T, Thoma S. Differentiating kidney stones from phleboliths in unenhanced low-dose computed tomography using radiomics and machine learning [J]. Euro Radiol, 2019, 29(9):4776-4782.
- [12] Selvarani S, Rajendran P. Detection of Renal Calculi in Ultrasound Image Using Meta-Heuristic Support Vector Machine [J]. J Med Systems, 2019, 43(9):300.
- [13] Nithya A, Appathurai A, Venkatadri N, et al. Kidney disease detection and segmentation using artificial neural network and multi-kernel k-means clustering for ultra-sound images [J]. Meas J Int Meas Confed, 2020, 149:300.
- [14] 谢晓强,陈斌,林晓翰,等. 双波源与单波源体外碎石机治疗肾及输尿管上段结石疗效的前瞻性双中心随机对照研究 [J]. 临床泌尿外科杂志, 2020, 35(12):949-953.
- [15] Poulaki S, Vassili S. Prediction of lower pole stone clearance after shock wave lithotripsy using an artificial neural network [J]. J Urol, 2003, 169(4):1250-1256.
- [16] Hand A, Rajash K. Development of a novel magnetic resonance imaging acquisition and analysis workflow for the quantification of shock wave lithotripsy-induced renal hemorrhagic injury [J]. Urolithiasis, 2017, 45(5):507-513.
- [17] Singla R, Lundeen C, Forbes C, et al. Fluoro-scopic targeting of renal calculi during extracorporeal shock-wave lithotripsy using a machine learning algorithm [J]. J Urol, 2019, 201(4):e474.
- [18] Seltzer R, Hamilton BD, Klett D, et al. The prediction of treatment success and complications of shockwave lithotripsy using artificial intelligence [J]. J Endourol, 2019, 33:A291.
- [19] Viljoen A, Chaudhry R, Bycroft J. Renal stones [J]. Ann Clin Biochem, 2019, 56(1):15-27.
- [20] Shabaniyan T, Parsaei H, Aminsharifi A, et al. An artificial intelligence-based clinical decision support system for large kidney stone treatment [J]. Australas Phys Eng Sci Med, 2019, 42(3):771-779.
- [21] Taguchi K, Hamamoto S, Okada A, et al. Robot-assisted fluoroscopy versus ultrasound-guided renal access for nephrolithotomy: a phantom model benchtop study [J]. J Endourol, 2019, 33(12):987-994.
- [22] Aminsharif A, Irani D, Tayebi S, et al. Predicting the postoperative outcome of percutaneous nephrolithotomy with machine learning system: software validation and comparative analysis with Guy's Stone Score and the CROES Nomogram [J]. J Endourol, 2020, 34(6):692-699.
- [23] Kriegshauser JS, Silva AC, Paden RG, et al. Ex vivo renal stone characterization with single-source dual-energy computed tomography: a multiparametric approach [J]. Acad Radiol, 2016, 23(8):969-976.
- [24] Kazemi Y, Mirroshandel SA. A novel method for predicting kidney stone type using ensemble learning [J]. Artif Intell Med, 2018, 84:117-126.
- [25] Bejan CA, Lee DJ, Xu Y, et al. Performance of a natural language processing method to extract stone composition from the electronic health record [J]. Urology, 2019, 132:56-62.
- [26] Hokamp NG, Lennartz S, Salem J, et al. Dose independent characterization of renal stones by means of dual energy computed tomography and machine learning: an ex-vivo study [J]. Eur Radiol, 2020, 30(3):1397-404.

(收稿日期:2021-12-22)