

人工智能在髌股疼痛综合征手法治疗中的应用前景

沈凤英¹, 史娇¹, 吕立江², 魏子程², 吕智桢², 刘祯²

(1. 中国人民解放军陆军第七十二集团军医院, 浙江 湖州 313000;

2. 浙江中医药大学附属第三医院, 浙江 杭州 310009)

摘要 髌股疼痛综合征(patellofemoral pain syndrome, PFPS)是髌股关节长期反复磨损导致的以髌骨周围疼痛为主要临床表现的骨关节疾病。采用手法或手法联合其他疗法治疗 PFPS 可取得良好的疗效。但受医生的临床经验、手法操作水平、疗效评价方法的影响,手法治疗 PFPS 的疗效并不稳定。目前,人工智能(artificial intelligence, AI)在医疗领域的应用发展迅速。AI 应用于手法治疗 PFPS,可使手法操作更加规范,治疗方案更加个性化和精准化,并使居家诊疗一体化的远程医疗服务成为可能,还能客观、多方面地进行疗效评价。为进一步了解 AI 在 PFPS 手法治疗中的应用前景,本文对 AI 进行了概述,并从规范手法操作、制定个性化治疗方案、实现远程医疗服务、评价疗效 4 个方面,对 AI 在 PFPS 手法治疗中的应用前景进行了综述。

关键词 人工智能;髌股关节;正骨推拿疗法;综述

髌股疼痛综合征(patellofemoral pain syndrome, PFPS)是髌股关节长期反复磨损导致的骨关节疾病,以髌骨周围疼痛为主要临床表现,部分患者会出现髌股关节屈伸障碍并伴有摩擦音^[1]。PFPS 可严重影响患者的下肢运动功能,病情严重的患者还可能产生焦虑、抑郁等不良情绪,影响日常生活^[2]。随着全民运动健身热潮的到来,PFPS 患者也逐渐增多。手法具有顺筋利节、松解软组织粘连、纠正关节错位的作用。采用手法或手法联合其他疗法治疗 PFPS 能有效缓解患者的膝部疼痛,促进髌股关节功能恢复^[3-4]。但受医生的临床经验、手法操作水平、疗效评价方法的影响,手法治疗 PFPS 的疗效并不稳定。目前,人工智能(artificial intelligence, AI)在医疗领域的应用发展迅速,其在膝关节疾病诊断和治疗中的应用潜力被广泛关注^[5-7]。在疾病的诊疗中,AI 能分析和处理患者数据,制定出更适合患者的精准化、个性化诊疗方案^[8]。AI 还能通过对治疗过程的实时监控和反馈,帮助临床医生优化治疗方案,对治疗效果进行评估^[9]。AI 的应用正逐步转变传统手法治疗 PFPS 的模式。为进一步了解 AI 在 PFPS 手法治疗中的应用前景,我们对 AI 进行概述,并从规范手法操作、制定个性化治疗方案、实现远程医疗服务、评价疗效 4 个方面,对 AI 在 PFPS 手法治疗中的应用前景进行综述。

1 AI 概述

AI 是一种模拟人类智能的技术,它通过学习和

分析大量数据来识别模式,做出预测和决策,已经成为医学研究和临床实践的重要工具,在疾病的诊断和治疗中具有巨大的应用潜力。AI 涵盖了机器学习、深度学习及人工神经网络等多种技术^[10]。机器学习技术是通过计算机系统从有限的的数据中总结或“猜测”出一般规律,并根据规律做出决策或预测,无需明确的程序指令。实际任务中,使用机器学习模型一般包括机器预处理、特征提取、特征转换及预测 4 个步骤。为了提升预测模型的准确率,构建具有一定“深度”的模型,并利用学习算法促使模型自主地从底层特征开始,逐步学习至中层乃至高层特征,便有了机器学习的子集——深度学习^[11]。深度学习能够通过构建多层神经网络来执行特征检测,从而深入分析医学图像或复杂的数据集^[12]。神经网络,特别是卷积神经网络,具备自动学习数据中特征和模式的能力。通过学习大量影像数据,卷积神经网络能够自动检测图像中的关键特征,甚至识别出肉眼难以察觉的炎症指征,从而提供更为精确的诊断结果。这一技术在医学影像诊断领域已经取得了显著成果,成功应用于髌股关节、颈椎、腰椎等部位疾病的影像诊断中^[13-15]。

2 AI 在 PFPS 手法治疗中的应用

2.1 规范手法操作

临床实践中,手法的选择、操作的频率及力度在很大程度上取决于医生的经验。近年来,虚拟现实技术和增强现实技术在医学和心理学领域的应用不断增加。这些技术能够为患者营造高度逼真的沉浸式环境,通过模拟视觉、听觉、嗅觉、触觉乃至内感受信

号,重现疾病发作时的真实体验。临床医生可根据患者行虚拟任务时对疼痛或不适的反馈选择手法操作的部位(穴位、肌肉等),调整、规范手法操作的动作精度和力度^[16-17]。另外,支持向量机技术能够应用于动作识别,实现对手法操作力度、深度及频率的标准化处理,从而加速青年医生手法操作技能的成长进程,确保疗效的一致性和稳定性^[18]。

2.2 制定个性化治疗方案

目前关于手法治疗 PFPS 的临床试验的结果通常以样本的平均值展示,而临床实践中疗效要达到最佳的预期,个体化诊疗必不可少。AI 可以识别不同患者对同一治疗手法的不同反应,分析出最适合患者的手法治疗参数。这是因为在数据收集和清理之后,机器学习会根据模型的性能选择或微调出最佳模型^[19]。

利用传感器和移动设备,AI 能够实时监测患者的康复进展和日常活动中膝关节的状态。根据监测数据,医生能够即时调整治疗方案。目前已经有学者开发出了用于优化药物治疗方案^[20]、筛查前列腺癌^[21]、预测膝关节炎严重程度^[3]的 AI 模型。Yurova 等^[4]利用 U-Net 神经网络对股骨、胫骨、髌骨和腓骨的 3D-CT 扫描数据进行精确分割,然后通过运用 OpenSim 爬虫脚本命令,自动生成个性化的膝关节生物力学模型。此模型能够真实模拟髌骨在滑车沟内的运动情况,为研究髌骨运动相关的膝关节疾病提供了一种全新的方法。由此可见,采用手法治疗 PFPS 时应用 AI 技术,通过深度学习算法分析患者的病史、步态、影像资料、运动模式和力学数据,识别出需要特别强化的肌群或可能导致疼痛加剧的运动方式,并据此生成个性化的治疗方案是可行的。

2.3 实现远程医疗服务

AI 在 PFPS 手法治疗中的应用,还可拓展到远程医疗服务。AI 远程康复指导平台,可指导 PFPS 患者在家中康复训练,且能实时监测患者的练习质量和频率。可穿戴的智能运动鞋垫能感应患者的步态模式,监测患者在地面上进行力量训练的精确度,评估患者日常运动时下肢的位置和活动状况,并在患者步态或姿势出现错误时给予适当提醒^[22]。此外,智能手法治疗机器人也逐渐面世,这些机器人的使用,不仅可以减轻医生的负担,还可能实现医生远程实时监测,患者居家用机器人进行治疗的便捷医疗服务模式^[23]。

2.4 评价疗效

对于手法治疗疼痛性疾病的疗效评价,以往大多依赖于评价量表或问卷、医生判断,以及患者主动报告^[24-26]。然而,这些评价方法存在主观性强、可重复性差的问题,难以全面、准确地反映实际的治疗效果。AI 能够整合包括患者的影像资料、肌肉活动指数、运动轨迹等多源数据进行综合分析。以计算机视觉和深度学习技术为基础,AI 可以从患者的影像资料中提取关键的解剖和功能信息,从而精确量化治疗效果^[27]。Shin 等^[28]利用深度学习技术分析肌骨超声图像,发现该方法能快速评价肌骨疾病患者治疗前后肌肉厚度、关节间隙等参数的变化。

通过可穿戴设备,AI 可以实时采集患者的肌电信号、运动表现、脑功能活动等数据并进行分析。在手法治疗过程中,通过可穿戴设备,AI 可从多方面评价手法治疗的疗效^[29-31]:分析患者的肌电信号,评价目标肌肉的力量和疲劳程度;分析患者的运动表现数据,评价患者的运动模式、肌肉耐力及柔韧性;分析患者的脑功能数据,评价患者负面情绪改善情况及疼痛信号通路的调控情况。此外,AI 还可以通过自然语言处理技术,将复杂的疗效评价结果转化为学生易于理解的评价报告。这种评价报告利于医生与患者之间的沟通,可为疾病的治疗决策提供更全面的信息支持^[32]。

3 小 结

AI 应用于 PFPS 的手法治疗,可使手法操作更加规范,治疗方案更加个性化和精准化,并使居家诊疗一体化的远程医疗服务成为可能,还能客观、多方面地进行疗效评价。但 AI 用于 PFPS 的手法治疗尚面临一些问题和挑战:①输入数据的质量和准确性。AI 处理后输出的结果高度依赖于输入数据的质量和准确性。在 PFPS 的手法治疗中,收集的数据可能受设备测量误差、数据收集方法、临床信息完整性的影响,而不准确或低质量的数据可能导致误导性的分析结果,进而影响治疗决策。②隐私问题和数据安全。随着患者数据的电子化和网络化,数据隐私和安全成为一大关注点,如何在保护患者隐私的前提下收集和使用数据,并确保方案在伦理和法律框架内运行,是医疗领域应用 AI 必须重视的问题。③临床实践中的接受度。尽管 AI 提供了先进的技术手段,但其在临床实践中的接受度仍面临挑战。医生和患者均可能对

AI 提出的治疗建议持怀疑态度,尤其是当 AI 推荐的治疗方案与传统观念不符时。此外,医疗人员使用专门 AI 工具的经验尚不足,也缺乏相关的培训。未来,随着数据质量与准确性的提升、数据隐私与安全保护机制的完善、医疗人员相关培训的加强,以及 AI 算法与模型的持续优化,AI 在 PFPS 手法治疗中的接受度将会不断提高,应用效果也将日益显著,其在 PFPS 手法治疗中发挥的作用将会更加重要。

参考文献

- [1] GAITONDE D Y, ERICKSEN A, ROBBINS R C. Patellofemoral pain syndrome[J]. *Am Fam Physician*, 2019, 99(2): 88 – 94.
- [2] POMPEO K D, DAROCHA E S, MELO M A, et al. Can we replace exercises targeted on core/hip muscles by exercises targeted on leg/foot muscles in women with patellofemoral pain? A randomized controlled trial[J]. *Phys Ther Sport*, 2022, 58: 1 – 7.
- [3] NORMAN B, PEDOIA V, NOWOROLSKI A, et al. Applying densely connected convolutional neural networks for staging osteoarthritis severity from plain radiographs[J]. *J Digit Imaging*, 2019, 32(3): 471 – 477.
- [4] YUROVA A, Lychagin A, KALINSKY E, et al. Automated personalization of biomechanical knee model[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2024, 19(5): 891 – 902.
- [5] NICH C, BEHR J, CRENN V, et al. Applications of artificial intelligence and machine learning for the hip and knee surgeon: current state and implications for the future[J]. *Int Orthop*, 2022, 46(5): 937 – 944.
- [6] SCHWARZ G M, SIMON S, MITTERER J A, et al. Artificial intelligence enables reliable and standardized measurements of implant alignment in long leg radiographs with total knee arthroplasties[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2022, 30(8): 2538 – 2547.
- [7] JANSEN M P, SALZLECHNER C, BARNES E, et al. Artificial intelligence in osteoarthritis: repair by knee joint distraction shows association of pain, radiographic and immunological outcomes [J]. *Rheumatology (Oxford)*, 2023, 62(8): 2789 – 2796.
- [8] YANG J, ZHANG B, JIANG X, et al. Application of artificial intelligence to advance individualized diagnosis and treatment in emergency and critical care medicine [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2024, 14(7): 687.
- [9] LEE J H, WOO H, JANG J S, et al. Comparison of concordance between chuna manual therapy diagnostic methods (palpation, X-ray, artificial intelligence program) in lumbar spine: an exploratory, cross-sectional clinical study [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2022, 12(11): 2732.
- [10] CHOI R Y, COYNER A S, KALPATHY-CRAMER J, et al. Introduction to machine learning, neural networks, and deep learning [J]. *Transl Vis Sci Technol*, 2020, 9(2): 14.
- [11] JAKHAR D, KAUR I. Artificial intelligence, machine learning and deep learning: definitions and differences [J]. *Clin Exp Dermatol*, 2020, 45(1): 131 – 132.
- [12] JIANG Y, YANG M, WANG S, et al. Emerging role of deep learning-based artificial intelligence in tumor pathology [J]. *Cancer Commun (Lond)*, 2020, 40(4): 154 – 166.
- [13] SHI W, LI Y, XIONG B, et al. Diagnosis of patellofemoral pain syndrome based on a multi-input convolutional neural network with data augmentation [J]. *Front Public Health*, 2021, 9: 643191.
- [14] BAYRAMOGLU N, NIEMINEN M T, SAARAKKALA S. Automated detection of patellofemoral osteoarthritis from knee lateral view radiographs using deep learning: data from the multicenter osteoarthritis study (MOST) [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2021, 29(10): 1432 – 1447.
- [15] D'ANTONI F, RUSSO F, AMBROSIO L, et al. Artificial intelligence and computer aided diagnosis in chronic low back pain: a systematic review [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(10): 5971.
- [16] CERRITELLI F, CHIERA M, ABBRO M, et al. The challenges and perspectives of the integration between virtual and augmented reality and manual therapies [J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 700211.
- [17] RIVA G, WIEDERHOLD B K, MANTOVANI F. Neuroscience of virtual reality: from virtual exposure to embodied medicine [J]. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 2019, 22(1): 82 – 96.
- [18] ABRAIRA V E, BAROCAS V H, WINKELSTEIN B A, et al. Uniting disciplines for a modern take: exploring the science behind manual therapies [J]. *J Man Manip Ther*, 2024, 32(1): 4 – 9.
- [19] BHINDER B, GILVARY C, MADHUKAR N S, et al. Artificial intelligence in cancer research and precision medicine [J]. *Cancer Discov*, 2021, 11(4): 900 – 915.
- [20] BLASIAK A, KHONG J, KEE T. CURATE. AI: optimizing personalized medicine with artificial intelligence [J]. *SLAS Technol*, 2020, 25(2): 95 – 105.
- [21] WINKEL D J, WETTERAUER C, MATTHIAS M O, et al. Autonomous detection and classification of PI-RADS lesions

- in an MRI screening population incorporating multicenter-labeled deep learning and biparametric imaging: proof of concept[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2020, 10(11):951.
- [22] SARAGIOTTO B T, SANDAL L F, HARTVIGSEN J. Can you be a manual therapist without using your hands? [J]. *Chiropr Man Therap*, 2022, 30(1):48.
- [23] HARRIS E J, KHOO I H, DEMIRCAN E. A survey of human gait-based artificial intelligence applications[J]. *Front Robot AI*, 2022, 8:749274.
- [24] 李辉, 刘涛, 胡大佑. 魏氏伤科“肩六步”手法结合导引治疗冻结肩的临床研究[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2024, 32(8):7-12.
- [25] 朱娟娟, 朱焕颖, 张小文, 等. 彭氏“分筋推拿”疗法联合经筋恢刺法治疗急性期肩周炎的疗效观察[J]. *广州中医药大学学报*, 2024, 41(8):2094-2099.
- [26] 朱晓宏, 陆燕群, 王胜. 经筋推拿联合督脉灸治疗非特异性下腰痛(寒湿证)的临床观察[J]. *中国中医急症*, 2024, 33(7):1218-1221.
- [27] SHIN Y, KIM S, LEE Y H. AI musculoskeletal clinical applications; how can AI increase my day-to-day efficiency? [J]. *Skeletal Radiol*, 2022, 51(2):293-304.
- [28] SHIN Y, YANG J, LEE Y H, et al. Artificial intelligence in musculoskeletal ultrasound imaging [J]. *Ultrasonography*, 2021, 40(1):30-44.
- [29] VEERANKI Y R, GARCIA-RETORTILLO S, PAPADAKIS Z, et al. Detecting psychological interventions using bilateral electromyographic wearable sensors [J]. *Sensors (Basel)*, 2024, 24(5):1425.
- [30] YU K H, BEAM A L, KOHANE I S. Artificial intelligence in healthcare[J]. *Nat Biomed Eng*, 2018, 2(10):719-731.
- [31] ABD-ALRAZAQ A, ALSAAD R, AZIZ S, et al. Wearable artificial intelligence for anxiety and depression: scoping review[J]. *J Med Internet Res*, 2023, 25:e42672.
- [32] WEN A, FU S, MOON S, et al. Desiderata for delivering NLP to accelerate healthcare AI advancement and a Mayo Clinic NLP-as-a-service implementation [J]. *NPJ Digit Med*, 2019, 2:130.

(收稿日期:2024-06-08 本文编辑:杨雅)

(上接第 25 页)

- [18] SARDANA V, BURZYNSKI J M, SCUDERI G R. Adductor canal block or local infiltrate analgesia for pain control after total knee arthroplasty? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *J Arthroplasty*, 2019, 34(1):183-189.
- [19] 孙晓, 张保安, 张盾盾, 等. 全膝关节置换患者术后运用补阳还五汤治疗的效果探讨[J]. *临床研究*, 2022, 30(3):129-132.
- [20] 以敏. 桃仁改善不同病因所致血液循环障碍的药效及相关分子机制研究[D]. 南宁:广西医科大学, 2012.
- [21] 王佐梅, 肖洪彬, 李雪莹, 等. 中药红花的药理作用及临床应用研究进展[J]. *中华中医药杂志*, 2021, 36(11):6608-6611.
- [22] 张重阳, 于淼, 陈荣昌, 等. 党参药理作用的研究进展[J]. *中药新药与临床药理*, 2024, 35(5):765-770.
- [23] 叶晓滨. 白术“补泻兼施”药对研究进展[J]. *江西中医药*, 2022, 53(8):77-80.
- [24] 赵宇辉, 唐丹丹, 陈丹倩, 等. 利尿药茯苓、茯苓皮、猪苓和泽泻的化学成分及其利尿作用机制研究进展[J]. *中国药理学与毒理学杂志*, 2014, 28(4):594-599.
- [25] 许秀峰. 丹参注射液联合阿托伐他汀钙片治疗缺血性脑卒中的临床疗效及其对患者颈动脉斑块面积的影响[J]. *临床合理用药杂志*, 2022, 15(15):16-18.
- [26] 叶泰玮, 田瑞, 丁志远, 等. 红花-桃仁配伍对寒凝血瘀模型大鼠血液流变学的影响[J]. *时珍国医国药*, 2023, 34(10):2392-2394.
- [27] 方欢乐, 陈衍斌, 张鑫, 等. 基于网络药理学-分子对接-实验验证的桃仁-红花药对干预动脉粥样硬化的作用机制研究[J]. *中药新药与临床药理*, 2023, 34(9):1245-1254.
- [28] 齐秀春, 李沛, 程帅榜, 等. 带线锚钉内固定结合桃红四物汤口服治疗第五跖骨基底部撕脱骨折[J]. *中医正骨*, 2020, 32(12):43-45.
- [29] 黄锦. 桃红四物汤对气滞血瘀型老年髌骨骨折患者术后肿痛程度及相关炎症指标的影响[J]. *临床合理用药*, 2024, 17(20):92-95.

(收稿日期:2024-04-11 本文编辑:李晓乐)