

· 综 述 ·

人工智能在肌少症精准预测与智能管理中的应用进展

梁清钊¹, 董广元¹, 李楠雁¹, 秦正雅², 史蕾¹

(1. 南方医科大学 护理学院, 广东 广州 510515;

2. 广州中医药大学 护理学院, 广东 广州 510515)

肌肉减少症简称肌少症, 是一种以肌肉质量和力量进行性下降、功能完全丧失为特征的增龄性疾病, 增加老年人跌倒、骨折和致畸致残的风险^[1]。全球约 10%~27%^[2] 的 60 岁以上人群患有肌少症, 我国总体患病率约为 20.7%^[3], 80 岁以上老年人患病率甚至高达 60%^[4]。因此, 尽早发现与管理肌少症有助于改善老年人生命质量, 降低并发症发生风险。人工智能 (artificial intelligence, AI) 在肌少症的筛查诊断、临床决策及疾病管理中展现高效精准、紧密贴合临床实践的优势, 驱动精准医疗的发展^[5]。本文对 AI 在医疗电子数据、机器视觉与生物标志物等领域对肌少症的应用进行综述, 旨在为医护人员加强肌少症数智化管理提供借鉴。

1 AI 在肌少症预测与诊断中的应用

AI 深度开发了决策树、神经网络、支持向量机等机器学习模型, 具有执行任务分类和图像识别的效力, 能基于现有数据的判别方式进行自主学习、分析与决策^[6]。基于医疗电子数据构建的预测模型适用于医护进行肌少症的大范围筛查, 优化医疗资源配置, 但模型构建选用的数据质量对疾病诊断的准确性影响较大; 机器视觉与影像组学的融合主要针对肌肉脂肪组织的筛查, 具备完全自动化的图像分割特点, 预测准确率更高; 而 AI 步态分析与可穿戴设备相结合可减少疾病筛查的场地限制, 但模型预测精确性仍需提高; 数字生物标记物则可更为便捷地动态监测患者机体细微变化, 但目前开发成本较高。总之, AI 在肌少症中的应用助力临床医护及时疾控、合理诊治、科学护理与动态监测疾病进展。

1.1 基于医疗电子数据的肌少症风险预测与诊断模型构建 AI 算法的优化拓宽了医疗电子数据的

应用前景, 通过收集与分析患者人口统计学信息、基础疾病状况、生理生化指标等体检数据, 优化算法来对医院、社区及体检机构中的人群进行肌少症早期筛查。此类模型具有划分肌少症患病状态与诊断贴合地区人群患病差异性的特点。李思雨^[7] 根据 95 个体检指标构建利用最优分类模型随机森林构建肌少症分类模型, 实现超早精准划分筛查群体的正常、肌少症前期与肌少症三种状态, 模型准确率、精确率、召回率、F1 分数均为 1.00, 但模型在共病条件下的筛查效率尚未明确。岳益兵^[8] 基于 2554 名老年人的体检数据与轻量级梯度提升决策树算法的构建肌少症预测模型, 曲线下面积 (area under the curve, AUC) 为 0.913, 可支持医护根据当地患病水平和医疗机构的诊断水平动态调整诊断阈值, 提升了模型的地区适用性。虽然上述模型均有较高的检验效能, 但普遍存在构建模型的样本来源单一与模型的生态学效度未能在临床实践中得到进一步检验的问题。未来研究可纳入更多维的体检数据提高模型准确性并应用于临床时增强结果的可视化和可解释性。

1.2 基于机器视觉的肌少症预测与诊断 机器视觉指使用计算机模拟人类视觉功能的数字图像处理技术^[9]。目前机器视觉在肌少症中的应用主要体现在患者的影像图片和实时步态摄像结果的分析。

1.2.1 影像组学与 AI 的深度融合用于肌少症预测与诊断 肌少症的院内诊断主要依赖体格和影像学检查, 诊疗费用高、操作复杂且结果容易受主观的技术经验影响^[10]。机器视觉辅助的影像分析主要应用深度卷积神经网络模型经大量 CT 图像数据训练后形成的一项可靠的肌肉脂肪组织分割技术, 适用于根据患者影像结果进行肌少症筛查^[11]。目前主要有腹部和全身两种筛查方式。Graffy 等^[12] 利用卷积神经网络模型开发了一种完全自动化分割腹部肌肉组织图像的算法, 应用于 8037 个无明显症状的成年人队列后发现腰腹部肌肉衰减速率在性别与年龄的差异性, 提示医护人员需更多关注 50~70 岁女性患者与 70~90 岁男性患者的肌肉衰减下降明

【收稿日期】 2024-03-25 【修回日期】 2024-12-23

【基金项目】 广东省中医药局科研项目 (20241198); 广东省教育厅本科高校教学质量与教学改革工程建设项目 (粤教高函 [2021] 29 号)

【作者简介】 梁清钊, 硕士在读, 电话: 020-61648342

【通信作者】 史蕾, 电话: 020-61648342

显的情况,也验证了算法在不同设备、扫描技术与病理状态的患者下存在较低失败率($<0.30\%$),具有推广价值。而 Lee 等^[13]随后开发出适用于全身的体成分自动分割的三维深度神经网络模型,在不增加额外辐射的前提下实现了更大范围的体成分分割,模型纳入 100 例患者的 46 967 张 CT 图像切片进行训练。虽然纳入样本量较小,但研究者在多个数据集进行验证,性能均优于现有的二维模型。这些模型已在临床中得到初步应用,使全面、无创、动态化挖掘患者影像中的病理特征具有可行性,未来可通过更广泛的患者群体进行训练^[6]。更精细的影像结果有助于增强医护的跨学科协作,采取针对性的营养、运动等措施预防患者肌肉进一步退化。

1.2.2 步态分析结合穿戴设备用于肌少症预测与诊断 可穿戴设备与 AI 步态分析技术则是通过机器视觉与传感器设备收集步态信息,通过模型对患者步态进行实时监测与分析,能够精准发现肌少症的前哨症状,弥补了量表筛查、肌能测试等无法客观化的缺陷^[14-15]。非侵入性、轻便的穿戴设备使医护对肌少症患者的筛查不受限于医院环境,可应于居家或社区等环境,具有更广泛的应用情境^[14]。目前 Kim 等^[16]对该领域的研究较为深入,该团队验证了惯性传感器导出的步态参数对肌少症患者识别的可靠性,并以智能鞋垫为载体开发了一种随机森林最优模型设计的肌少症预测模型,准确率可高达 93.75%^[17]。虽然研究样本量少,但该团队排除性别、年龄等混杂因素的影响,增强结果可靠性;在身体功能评估上突破了以往仅依靠测力压板等大元件来获取患者足部肌骨压力测量数据的方式^[14]。此外,该团队将智能鞋垫作为传感器,通过摄像头采集 83 例患者 1 min 的步行视频数据后导入神经网络模型进行图像特征提取,模型计算患者运动时的关节角度判断骨骼肌功能下降情况,在机器视觉与智能穿戴设备的基础上引入分类模型来增强肌少症诊断的精确性^[14,16,18]。但目前此类穿戴设备适老化程度较低,受环境因素影响大,未来应着眼于让监测设备在老年疾病筛查中“隐形”,提高普适性与预测精度^[19]。

1.3 基于数字生物标志物跟踪的肌少症预测与诊断 数字生物标志物指 AI 技术与生物领域相结合,通过量化患者的生物标志物(如脉搏和基因等)作为可动态监测与可解释性的客观指标,应用于疾病预测与管理,已成为精准医疗发展的新态势^[20]。该技术适用于复杂的病理机制以及前哨症状不显著背景下肌少症患者的早期筛查和精准管理^[7]。Wu 等^[21]开发了基于机器学习的频域分析联合无创测

量动脉脉搏的肌少症预测模型,应用于实施随机对照试验的 133 例患者后验证了无创脉搏辅助鉴别可能性肌少症的作用;配合自主研发的评分系统对肌少症患者具有良好区分度($AUC=0.83$),简洁明了的评分结果便利临床医护快速判读筛查结果,提高临床工作效率。而 Chung 等^[22]考虑到疾病与生物标志物具有种族特异性,于是综合欧洲、亚洲和非洲多个种族患者的基因信息开发了 4 层深度神经网络模型 DSnet-v1,该模型具有较高的灵敏度(100%)、特异度(94.12%)和准确度($AUC=0.99$),能发现不同种族患者在肌少症中的基因表达差异,并划分种族影响之外的致病因素,超越以往所开发的预测模型,目前也已投入临床诊疗,该团队还提供了用户可在线访问应用程序,根据基因编码获取肌少症的诊断结果的服务,模型在获取新数据时有助于扩大数据集规模与优化算法效率,这也启示未来在保障数据隐私安全的同时开发允许公众访问的 AI 模型有助于缓解训练数据不足的窘境,提升模型的性能。

2 AI 在肌少症预后中的管理

2.1 肌少症并发症的监测与处理 肌少症与老年人不良结局有关,包括跌倒、虚弱、骨折等,其中跌倒是其主要并发症,发生率高达 30.8%^[23-24]。当下跌倒实时监测技术不仅成本高,且对使用情境的基础设施建设有较高的要求,不适用于老年肌少症患者的居家监测或养老情境中的普遍使用^[25]。AI 与先进分类器相结合的筛查工具不仅使用成本较低具有较高精确性,目前已在老年人跌倒超前预警中广泛应用^[26]。龚苗苗^[25]根据 663 位真实养老照护数据,基于卷积神经网络模型搭建一个利用率与实时性高且成本低的跌倒监测系统,该系统融入老年人肢体活动、认知功能、自理能力、社交等 9 类条目,用户仅需输入相应模块内容,系统即可自动评估其跌倒风险,着重开发适用于老年人无障碍的交互使用功能。尽管未见此平台的实际应用报道,但这启示未来老年交互式 AI 产品或服务设计更贴合实际养老情境。

2.2 肌少症康复方案的构建 肌少症的康复方案尚未统一,目前主要由专科医生根据经验开具康复处方,但存在决策不精准、与个体实际不匹配等问题^[27-28]。而基于机器学习与大数据分析技术能为医院、康复中心与远程医疗服务平台的肌少症患者定制个性化康复计划,呈现形式主要有辅助决策系统与康复效果评估工具。李家辉^[27]设计的老年肌少症患者的辅助决策系统则较好与临床接轨,医生可根据系统集成的电子病历、疾病危险因素关联分析等功能进行辅助决策;护理人员则可通过系统推荐

的运动方案、营养补给等建议制订个性化的健康管理计划。但该系统仍未投入临床应用,系统推荐方案与患者实际的一致性有待考证。虽然抗阻运动对改善肌少症效果显著^[28],但临床上难以判断其对骨骼肌质量确切的改善效果,因此 Wei 等^[29]对纳入的 90 名肌少症患者实施为期 24 周的混合式抗阻训练运动计划后,通过构建的堆叠模型(AUC=0.895)预测患者肌少症逆转情况,显示有 27.80% 的患者骨骼肌面积较好改善,模型预测准确性可达 85.70%。该模型改进了传统的肌少症转归情况的预测方式,有助于医护以更为便捷的方式判断患者康复训练后的效果。基于 AI 算法构建的系统不仅有助于医护对肌少症患者从预防到预后的整体动态干预,还优化了疾病管理条件,形成管理知识库,促使决策更为精准。

3 AI 在肌少症预测与管理中的挑战和展望

AI 在医疗保健领域的应用将变革疾病的诊疗与管理的模式,开创一个深入表型和内分型的精准医疗时代,为了更具现代化其对患者、临床医护和医疗系统的现实价值^[30],现仍需重视 AI 如何与医疗方式融合、与医患配合、与医疗系统契合的问题。

3.1 AI 医疗消费与报销模式尚未成熟 AI 辅助筛查的付费与报销模式仍处于探索阶段。Pickhardt 等^[31]根据预期患病率、健康改变概率、医疗支出等构建 Markov 模型预测 10 000 名成年人未来十年就医场景,发现 AI 辅助的肌少症筛查可降低患者约 10% 的医疗保健费用。可见 AI 辅助的诊疗方式在改善人群健康的同时具有降低医疗成本的潜力。然而,部分 AI 产品或服务的开发和维护成本高是阻碍其推广的主要因素之一,这也加剧了经济技术相对落后地区的医疗资源不均衡,未来可通过政策倾斜与资金引流等方式降低相关技术的开发成本,合理化 AI 技术诊疗收费标准,推动 AI 诊疗的医疗消费与报销体系的成熟与完整,保障数智医疗的公平性^[32]。

3.2 主体角色削弱与客体隐私保护 不可否认,AI 在推动精准医疗的发展的同时克服了医护人员的能力限制,但附带的伦理挑战不容忽视。过分夸大 AI 的执行能力会削弱医护人员的主体角色能力,AI 建议与医护专业判断出现决策冲突、决策不受道德判断及行为准则约束、责任归属模糊以及减少医护的实践机会等问题都容易导致患者产生信任危机^[33]。同时,AI 决策需要大量医疗数据支撑,如何在数据使用过程不侵犯患者权利、决策透明、保障个体隐私也是未来 AI 医疗亟待解决的问题。未来可加强医护人员使用 AI 辅助诊疗技术的相关培训,搭建 AI

诊疗工具研发应遵循的伦理框架,健全智能医疗事故法律问责机制,透明化数据使用途径,让公众通过开源、众包等方式参与数据质量的守护^[32,34]。

3.3 AI 医疗的时限性优化 AI 算法的优化为肌少症的精确诊疗与智能管理提供了可能性,但尚存部分模型稳健性与可迁移性差、容易受人为干扰等不足;此外,许多模型的训练基于历史数据,数据的种族、人群、文化背景等差异容易导致模型出现算法偏见,影响结果判别的准确性^[34]。因此,未来可增强 AI 与生物医学界的融合,减轻对历史数据的依赖;建立患者反馈信息的收集机制,实现模型数据的迭代循环,增强算法创造力,形成 AI 医疗决策持续性的“监测-评估-再反馈”闭环;保障 AI 医疗的安全性及效能^[34]。

4 小结

AI 与精准医疗的深度融合突破了肌少症传统的预测与管理方式,提升了疾病的筛查与诊疗效力,助力接近真正的医疗时代;但精准医疗下的医疗消费与报销、医护主体能力适配、患者客体隐私保护以及算法的优化问题仍需加强关注,未来建议国内完善 AI 医疗的消费模式与报销流程,增强医护人员对 AI 辅助诊疗方式的胜任力,加强对 AI 辅助工具的管理与完善。

【关键词】 人工智能;肌少症;精准医疗

doi:10.3969/j.issn.2097-1826.2025.01.023

【中图分类号】 R47-05 【文献标识码】 A

【文章编号】 2097-1826(2025)01-0096-04

【参考文献】

- [1] CRUZJENTOFT A J, BAEYENS J P, BAUER J M, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: report of the European Working Group on Sarcopenia in older people [J]. *Age Ageing*, 2010, 39(4): 412-423.
- [2] PETERMANN-ROCHA F, BALNTZI V, GRAY S R, et al. Global prevalence of sarcopenia and severe sarcopenia: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2022, 13(1): 86-99.
- [3] MENG S, HE X, FU X, et al. The prevalence of sarcopenia and risk factors in the older adult in China: a systematic review and meta-analysis [J/OL]. [2024-08-05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39161853/>. DOI: 10.3389/fpubh.2024.1415398.
- [4] YANG L, WU G, YANG Y, et al. Nutrition, physical exercise, and the prevalence of Sarcopenia in elderly residents in nursing homes in China [J]. *Med Sci Monit*, 2019, 25(1): 4390-4399.
- [5] 史纪元, 罗家音, 王雪莲, 等. 国内外人工智能护理相关研究热点和趋势分析 [J]. *军事护理*, 2023, 40(7): 16-19.
- [6] VON G H, MOEN H, BLOCK L J, et al. Artificial intelligence-based technologies in nursing: a scoping literature review of the evidence [J/OL]. [2021-12-07]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35092870/>. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2021.104153.

- [7] 李思雨.机器学习在肌少症分期中的应用研究[D].重庆:西南大学,2023.
- [8] 岳益兵.基于常规体检数据的肌少症风险预测及其健康管理研究[D].杭州:杭州师范大学,2022.
- [9] 于起峰,卢荣胜,刘晓利,等.“机器视觉技术及应用”专题前言[J].激光与光电子学进展,2022,59(14):3-4.
- [10] HUANG Y, TSAI Y, LIN P, et al. The value of artificial intelligence-assisted imaging in identifying diagnostic markers of Sarcopenia in patients with cancer[J/OL]. [2022-03-29]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35392497/>. DOI: 10.1155/2022/1819841.
- [11] KOITKA S, KROLL L, MALAMUTMANN E, et al. Fully automated body composition analysis in routine CT imaging using 3D semantic segmentation convolutional neural networks[J]. Eur Radiol, 2021, 3(4): 1795-1804.
- [12] GRAFFY P M, LIU J, PICKHARDT P J, et al. Deep learning-based muscle segmentation and quantification at abdominal CT: application to a longitudinal adult screening cohort for sarcopenia assessment[J/OL]. [2019-08-01]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31199670/>. DOI: 10.1259/bjr.20190327.
- [13] LEE Y S, HONG N, WITANTO J N, et al. Deep neural network for automatic volumetric segmentation of whole-body CT images for body composition assessment[J]. Clin Nutr, 2021, 40(8): 5038-5046.
- [14] KIM S, KIM H S, YOO J. Sarcopenia classification model for musculoskeletal patients using smart insole and artificial intelligence gait analysis[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2023, 14(6): 2793-2803.
- [15] 王文君,郑丽敏,程泓宇,等.机器学习在可穿戴智能传感系统中的应用与进展[J].科学通报,2023,68(34):4630-4641.
- [16] KIM J, BAE M, LEE K B, et al. Identification of patients with Sarcopenia using gait parameters based on inertial sensors[J/OL]. [2023-03-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33806525/>. DOI: 10.3390/s21051786.
- [17] KIM J, BAE M, LEE K, et al. Explainable artificial intelligence and wearable sensor-based gait analysis to identify patients with Osteopenia and Sarcopenia in daily life[J/OL]. [2023-03-07]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35323437/>. DOI: 10.3390/bi-12030167.
- [18] KIM S, PARK S, LEE S, et al. Assessing physical abilities of sarcopenia patients using gait analysis and smart insole for development of digital biomarker [J/OL]. [2023-06-30]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37391464/>. DOI: 10.1038/s41598-023-37794-7.
- [19] 周祎敏,姚宇哲,叶旭春.新老年人对机器人辅助养老态度的诠释现象学研究[J].军事护理,2024,41(5):59-62.
- [20] JHA A, ESPAY A J, LEES A J. Digital biomarkers in Parkinson's disease: missing the forest for the trees? [J]. Mov Disord Clin Pract, 2023, 10(Suppl 2): S68-S72.
- [21] WU L, OUYOUNG T, CHIU Y, et al. Discrimination between possible sarcopenia and metabolic syndrome using the arterial pulse spectrum and machine-learning analysis[J/OL]. [2023-12-12]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36509825/>. DOI: 10.1038/s41598-022-26074-5.
- [22] CHUNG H, JO Y, RYU D, et al. Artificial-intelligence-driven discovery of prognostic biomarker for sarcopenia[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2021, 12(6): 2220-2230.
- [23] 黄宏兴,史晓林,李盛华,等.肌少-骨质疏松症专家共识[J].中国骨质疏松杂志,2022,28(11):1561-1570.
- [24] MATSUMOTO H. Response to comments on: Sarcopenia is a risk factor for falling in independently living Japanese older adults; a 2-year prospective cohort study of the GAINA study [J]. Geriatr Gerontol Int, 2017, 17(11): 2286-2287.
- [25] 龚苗苗.数据驱动的老人跌倒检测与建模技术研究[D].上海:华东师范大学,2022.
- [26] KOH V, XUAN W L, ZHE K T, et al. Performance of digital technologies in assessing fall risks among older adults with cognitive impairment: a systematic review. [J]. GeroScience, 2024, 46(3): 2951-2975.
- [27] 李家辉.老年肌少症的计算机辅助决策研究[D].成都:电子科技大学,2022.
- [28] 沈睿,王俊杰.抗阻运动在老年肌少症患者中的应用研究进展[J].军事护理,2023,40(10):84-87.
- [29] WEI M, MENG D, GUO H, et al. Hybrid exercise program for Sarcopenia in older adults: the effectiveness of explainable artificial intelligence-based clinical assistance in assessing skeletal muscle area [J/OL]. [2024-02-24]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36011588/>. DOI: 10.3390/ijerph19169952.
- [30] POWELL D. Walk, talk, think, see and feel: harnessing the power of digital biomarkers in healthcare[J/OL]. [2022-08-12]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38396034/>. DOI: 10.1038/s41746-024-01023-w.
- [31] PICKHARDT P J, CORREALE L, HASSAN C. AI-based opportunistic CT screening of incidental cardiovascular disease, osteoporosis, and sarcopenia: cost-effectiveness analysis[J]. Abdom Radiol (NY), 2023, 48(3): 1181-1198.
- [32] 夏明月,陈冬阳.机器学习伦理风险及其防控治理[J].山东社会科学,2024(8):106-114.
- [33] 王远旭,刘梦伟.人工智能医疗背景下医患关系面临的伦理挑战及对策建议[J].中国医学伦理学,2022,35(7):764-768.
- [34] CARINI C, SEYHAN A A. Tribulations and future opportunities for artificial intelligence in precision medicine[J/OL]. [2024-04-30]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38702711/>. DOI: 10.1186/s12967-024-05067-0.

(本文编辑:沈园园)