

人工智能在肿瘤患者营养管理中的应用研究进展

王仁芳 赵锐祎

【摘要】 肿瘤患者营养不良发生率较高,结合人工智能做好患者的营养管理尤为重要。文章综述了人工智能营养管理工具的种类以及人工智能在肿瘤患者营养管理中的应用,其包括辅助营养筛查、指导营养配餐系统的构建、完善智能膳食评估、实时进行营养监测等,并对人工智能在营养管理的应用前景和困境进行总结,旨在为国内肿瘤患者智能化营养管理提供参考。

【关键词】 人工智能;肿瘤;营养管理;综述

人工智能(artificial intelligence, AI)是经研究开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学^[1],已经被用于健康管理、辅助图像诊断系统、新药开发及语音识别、临床决策系统^[2],在患者健康指数评估、合理饮食指导、慢性病管理及疾病风险预测等方面发挥作用^[3]。肿瘤住院患者营养不良的发生率为 40%~80%,营养不良可导致并发症增加、生活质量降低、病死率增高^[4]。在临床上,肿瘤患者营养问题常常容易被忽视^[5]。传统的营养管理不能满足肿瘤患者个体化营养需求,需要动态评估其营养风险。AI 在智能营养应用程序、可穿戴传感器和临床营养管理领域的应用范围不断扩展,能更好地监测患者的营养状况。文章综述了 AI 在肿瘤患者营养管理中的应用,并对应用前景和困境进行总结,在此基础上分析该领域未来的发展。

1 人工智能营养管理工具

人工智能营养管理工具种类繁多,例如智能应用程序、传感器和可穿戴设备、自动交互式电话程序、电子病历(electronic medical record, EMR)系统以及新兴领域云计算系统。

1.1 智能应用程序

智能应用程序已广泛用于慢性病患者的营养管理中^[6],营养管理 APP 可以记录和分析数据,在相应应用程序中填入患者饮食情况即转换为相应营养成分,帮助患者进行营养评估和自我监测^[7]。目前,

DOI:10.3969/j.issn.1674-3768.2023.12.012

作者单位:310009 杭州,浙江大学医学院

通信作者:赵锐祎, E-mail: E-zhaoruoyi1967@163.com

收稿日期:2023-02-06

肿瘤患者群体庞大,但针对肿瘤患者进行营养管理的资源却十分有限,智能应用程序可作为管理途径之一,应用程序可以设置跟踪肿瘤患者日常饮食,确定患者的饮食习惯和偏好,进而为患者提供个性化的饮食建议和目标能量^[8]。Keum 等^[9]将主观整体评估简表转换成 Pt-Global 应用程序,比较患者完成主观整体营养评估量表纸质表格与 Pt-Global 应用程序所需的时间,结果显示 Pt-Global 应用程序可以快速简单地进行系统营养风险筛查,节省评估时间,同时可以提高患者对营养不良风险的认识,验证了 Pt-Global 应用程序的便捷性及可行性。基于能量平衡记录膳食和身体活动的智能应用程序已证实可改善肿瘤患者的营养状况。李瑶^[10]的研究中,将基于手机 APP 的饮食管理程序应用于头颈部恶性肿瘤放疗患者中,改善了放疗患者的营养状况。智能应用程序可通过捕捉肿瘤患者饮食习惯和动态营养变化,持续监测患者营养状况,帮助患者达成营养目标。但是,在支持个性化、以患者为中心的营养护理时,智能应用程序的使用需要医护人员的监测及评估,不能由患者单独使用。再者,智能应用程序的使用依赖于智能手机设备及患者熟练使用智能设备的能力,部分老年患者对其使用可能存在一定的障碍。

1.2 可穿戴设备

可穿戴设备指直接穿在用户身上,或是整合到用户的衣服或配件的一种便携式设备,可通过软件支持以及数据交互、云端交互来实现强大的功能。可穿戴的营养管理设备^[11]通过可穿戴传感器提供一种简单且非侵入性方式来为营养评估提供信息^[12]。有研究通过应用智能手表和腕带^[9]中的计

步器和运动日记功能收集患者活动量,从而预测患者能量消耗,指导其营养管理。目前可穿戴设备在慢性病患者中得到广泛应用,而将饮食行为转变为营养平衡的管理仍需进一步完善。可穿戴设备能够监测食物的摄入时间及化学变化,从而制定个性化营养方案^[13]。澳大利亚墨尔本推出了全球首款个性化营养可穿戴设备——智能贴片,该设备可以通过测量饮食中的生物标记物,帮助用户控制并管理饮食^[14]。该设备是基于一个复杂的传感平台和可伸缩的电子设备,能够无痛地评估饮食生物标记物,并将这些数据发送到一个应用程序,然后该应用程序会根据数据分析结果向用户提供饮食建议,让用户可以根据自己的身体状况制定个性化饮食计划,从而获得并保持健康。相比于追踪心率、身体活动、睡眠等指标的智能手表,智能贴片的优势在于它的精确性^[15]。有研究^[16]应用活动追踪器(Fitbit Charge 3)可穿戴设备,监测结肠癌患者围手术期身体活动量和饮食摄入量,证实了可穿戴设备在结肠癌患者围手术期营养管理中在适用性。

1.3 自动交互式电话程序

自动交互式电话程序是一个基于语音的移动营养监测系统,通过自然语言处理和文本挖掘技术,以促进远程营养监测^[17]。自动交互式电话程序可通过智能语音助手或人工智能驱动的对话,收集患者健康信息^[18],并与卫生系统的电子健康记录相关联,远程监测患者疾病自我管理行为^[19-20]。自动交互式电话程序可以实现以患者为中心的护理方法,能指导患者改善饮食质量、监测膳食摄入量,从而提高患者饮食依从性^[21]。研究^[22]显示,对于接受辅助放化疗的食管癌患者,交互式电话程序有助于提醒用户进行自我营养管理,提高患者营养管理依从性,进而降低其营养失调的发生率。

1.4 EMR 系统

EMR 系统是采用电子设备保存、管理、传输和重现的数字化的患者医疗记录^[23]。临床工作者可通过 EMR 系统来分析患者食物日记中食物的营养成分,估算营养摄入量,实时精确地记录患者营养状态变化^[24],可以根据肿瘤患者需求完成营养筛查^[25-26]。但是 EMR 数据的多维性、复杂性和不规则性为健康评估带来了挑战,在一定层面上阻碍了临床医生有效提取可使用的信息^[27-28]。肿瘤学复杂的内容增加了 EMR 系统数据挖掘的难度^[29],需

要临床工作者整合各项临床指标进行营养评估。

2 人工智能在肿瘤患者营养管理中的应用价值

2.1 辅助营养筛查

营养筛查是营养诊疗的基础,早期识别出营养失调或有营养不良风险的患者,对于及时实施营养干预至关重要^[30]。基于人工智能的初步营养筛查可以辅助临床决策^[31]。国外学者开发了预测肿瘤门诊患者营养风险的自动化营养筛查系统^[32],在肿瘤门诊的电子病历中设置营养不良筛查工具^[33],能够更好地筛查出潜在营养不良风险的患者。Yin 等^[31]开发了基于机器学习的决策支持系统,用于识别肿瘤患者的营养不良情况,并对患者营养状况进行分级。研究^[32-35]发现,在智能营养筛查系统中添加影响肿瘤患者营养状况的关键词,如食欲下降、恶心、呕吐等,并将筛查系统与医院电子病历系统对接,通过提取与患者胃肠道相关的症状信息,自动识别出存在营养失调风险的患者。目前,国内外的学者逐渐意识到智能营养筛查对于肿瘤患者的重要性,更多的研究在探索如何对肿瘤患者群体快速地进行营养筛查和营养风险分级。人工智能筛查可作为初步营养筛查手段,但目前的智能筛查研究显示患者营养状况与体重下降、影响进食的症状相关性高,但缺乏体重下降或改变的具体时间段及进食量减少的具体量,因此,精确的营养评估仍然需要医护人员进一步的人工营养筛查与评估。

2.2 指导营养配餐系统的构建

医院内均衡的营养及合理的配餐计划可以为患者提供康复所需的营养素^[36],特别是肿瘤患者,化疗期间由于胃肠道反应,患者食欲较差,更希望医院能提供针对患者营养状况和口味偏好的个性化配餐^[37]。构建营养配餐系统,建立营养膳食知识库^[38],借助电子调查问卷以及营养监测联合辅助工具^[39],结合膳食营养素平均供给量表、食物分量表、膳食搭配数学模型,并通过数据挖掘手段分析历史配餐信息。将肿瘤患者人群分类模板与个体化配餐相结合,采用患者评估及配餐推荐等方式,实现了肿瘤患者个性化配餐需求^[40]。目前普遍采用的智能化配餐推荐系统可通过录入患者饮食习惯及疾病诊疗等信息,也可通过预设置配餐策略可在一定程度上提高配餐工作效率,可为肿瘤患者提供个体化的营养推荐方案,并进一步形成食谱计划,为患者提

供营养支持。

2.3 完善智能膳食评估

肿瘤患者机体消耗大,良好的营养是患者恢复的基础,因此,完善膳食评估极其重要。传统的营养摄入量评估主要依赖膳食调查来实现,但这种调查方式的准确性严重受限于被调查者的记忆力和调查者对食物重量的评估能力,而人工智能通过客观记录并智能分析患者饮食,极大地改善了因患者记忆模糊带来的偏差。研究^[41-42]表明,通过手机和营养应用程序进行饮食评估具有可靠性和有效性。应用基于摄像技术的膳食重量智能评估系统^[43],可通过食物体积与参照物体积的关系比,来估算膳食重量,推算出膳食建议及可行食谱。系统将食物图片与营养学知识结合在一起^[44-45],提供患者每日饮食摄入的营养素参考信息,患者只需在餐前和餐后上传食物图片,系统即可自动分析图像估算出各类食物的重量,并将食物重量映射为相应的营养素摄入量,进而给出膳食营养摄入报告。与传统的书面饮食日记相比,患者更倾向于使用智能应用程序来记录饮食。未来建议将膳食摄入量与身体活动量相结合,以获得更合理的营养数据。

2.4 实时营养监测

食欲不好、食物摄入不足是肿瘤患者营养不良的独立危险因素,获得足够的营养对于疾病临床转归和健康结局至关重要。营养监测是在营养评估基础上发起的营养管理指导,实时营养监测可动态指导个体营养风险评估^[46]。实时营养监测允许患者自我评估和自我监测^[47],记录每餐的食物摄入量^[48],从而制定符合营养需求的膳食计划。肿瘤患者定期行营养监测在降低疾病相关营养不良的风险方面起着关键作用^[49]。监测饮食的传统方法是自我报告,对患者来说操作负担较重^[50]。随着互联网技术的发展,人工智能技术通过饮食监测工具可跟踪饮食行为,实时监测营养,减轻操作负担^[51]。AI医疗启动智能化的日常监测管理和预警机制,结合生化检查结果,实时分析并自动生成综合报告,对恶性肿瘤患者进行营养监测与随访,判断营养膳食的数量和能量是否适合,并提出改进措施。人工智能技术通过共享数据,可用于跟踪和评估患者营养状况,但要对不同疾病状态的肿瘤患者进行个体化综合评估还有一定的难度。

3 应用前景及局限

基于人工智能的营养诊疗是一种安全、有效的营养管理方式,它可以辅助分析复杂的数据,为患者提供个性化的营养分析,帮助临床工作者进行临床营养决策。人工智能算法可以分析大型数据集,以确定饮食与疾病结果之间的关联,使临床工作者能够提出基于证据的营养建议。人工智能设备还可以帮助跟踪饮食摄入,提供反馈,并激励患者选择更健康的食物。然而,人工智能在临床营养中的应用主要伦理挑战之一是保护患者隐私和敏感信息。另外,基于人工智能的饮食评估工具目前无法解决传统工具的局限性,人工智能算法营养数据库并不总是可用的。总之,人工智能具有转化临床营养相关数据的潜力,但应在医生的指导下将其融入临床实践,以确保患者安全及获益。

4 小结

应用人工智能进行营养和饮食护理可改善患者的饮食结构和促进疾病恢复。人工智能的应用有助于改进肿瘤患者饮食结构和疾病预测模型,更好地收集、处理复杂的营养相关数据,以及更好地监测患者的营养状况。但在实际应用中依然存在局限,未来智慧化医疗领域需要不断引入与完善新技术,促使人工智能的实用性及科学性,更好地为肿瘤患者进行营养管理支持。

参 考 文 献

- [1] Goecks J, Jalili V, Heiser LM, et al. How machine learning will transform biomedicine[J]. Cell, 2020, 181(1): 92-101.
- [2] 曹常乐, 黄硕果, 郭琼, 等. 基于 PubMed 数据库的人工智能在护理领域的研究热点分析[J]. 中国临床护理, 2021, 13(9): 577-581.
- [3] Wu T, Duan Y, Zhang T, et al. Research trends in the application of artificial intelligence in oncology: a bibliometric and network visualization study [J]. Front Biosci (Landmark Ed), 2022, 27(9): 254.
- [4] 梁海, 沈娟, 邓郡, 等. 肿瘤营养规范化治疗合理性评价标准的建立及应用[J]. 中国药房, 2021, 32(6): 758-763.
- [5] 白艳玲, 陈亚红, 倪晓威, 等. 人工智能在临床护理中的应用[J]. 中国医疗设备, 2020, 35(10): 34-36.

- [6] Fakhri El Khoury C, Karavetian M, Halfens RJG, et al. The effects of dietary mobile apps on nutritional outcomes in adults with chronic diseases: a systematic review and Meta-analysis[J]. *J Acad Nutr Diet*, 2019, 119(4): 626-651.
- [7] Ulfa M, Setyonugroho W, Lestari T, et al. Nutrition-related mobile application for daily dietary self-monitoring[J]. *J Nutr Metab*, 2022; 2476367.
- [8] Orlemann T, Reljic D, Zenker B, et al. A novel mobile phone app (Oncofood) to record and optimize the dietary behavior of oncologic patients: pilot study [J]. *JMIR Cancer*, 2018, 4(2): e10703.
- [9] Keum J, Chung MJ, Kim Y, et al. Usefulness of smartphone apps for improving nutritional status of pancreatic cancer patients: randomized controlled trial [J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2021, 9(8): e21088.
- [10] 李瑶. 基于手机 APP 的饮食管理在头颈部恶性肿瘤放疗患者中的应用效果研究[D]. 太原: 山西医科大学, 2020.
- [11] 贾震宇, 王维, 王琛, 等. 可穿戴设备在医疗领域中的应用发展[J]. *中国医疗设备*, 2017, 32(2): 96-99.
- [12] Laranjo L, Quiroz JC, Tong HL, et al. A mobile social networking app for weight management and physical activity promotion: results from an experimental mixed methods study [J]. *J Med Internet Res*, 2020, 22(12): e19991.
- [13] Sempionatto JR, Montiel VR, Vargas E, et al. Wearable and mobile sensors for personalized nutrition [J]. *ACS Sens*, 2021, 6(5): 1745-1760.
- [14] Chen J, Gemming L, Hanning R, et al. Smartphone apps and the nutrition care process: current perspectives and future considerations [J]. *Patient Educ Couns*, 2018, 101(4): 750-757.
- [15] Purcell SA, Johnson-Stoklossa C, Braga TJR, et al. Accuracy of the medgem portable indirect calorimeter for measuring resting energy expenditure in adults with class II or III obesity [J]. *Clin Nutr ESPEN*, 2020, 40: 408-411.
- [16] Linden MJW, Venrooij LMW, Verdaasdonk EGG. Personal devices to monitor physical activity and nutritional intake after colorectal cancer surgery: feasibility study [J]. *JMIR Perioper Med*, 2022, 5(1): e40352.
- [17] Hezarjaribi N, Mazrouee S, Ghasemzadeh H. Speech 2 health: a mobile framework for monitoring dietary composition from spoken data [J]. *IEEE J Biomed Health Inform*, 2018, 22(1): 252-264.
- [18] Kulhánek A, Lukavska K, Gabrhelik R, et al. Comparing reminders sent via sms text messaging and email for improving adherence to an electronic health program: randomized controlled trial [J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2022, 10(3): e31040.
- [19] Ashjian EJ, Yoo A, Piette JD, et al. Implementation and barriers to uptake of interactive voice response technology aimed to improve blood pressure control at a large academic medical center [J]. *J Am Pharm Assoc*, 2019, 59(2): s104-s109.
- [20] Yang K, Oh D, Noh JM, et al. Feasibility of an interactive health coaching mobile App to prevent malnutrition and muscle loss in esophageal cancer patients receiving neoadjuvant concurrent chemoradiotherapy: prospective pilot study [J]. *J Med Internet Res*, 2021, 23(8): e28695.
- [21] Kruse CS, Stein A, Thomas H, et al. The use of electronic health records to support population health: a systematic review of the literature [J]. *J Med Syst*, 2018, 42(11): 214.
- [22] McCamley J, Vivanti A, Edirippulige S. Dietetics in the digital age: the impact of an electronic medical record on a tertiary hospital dietetic department [J]. *Nutrition & Dietetics*, 2019, 76(4): 480-485.
- [23] Janett RS, Yeracaris PP. Electronic Medical Records in the American Health System: challenges and lessons learned [J]. *Ciencia & Saude Coletiva*, 2020, 25(4): 1293-1304.
- [24] Penedo FJ, Medina HN, Moreno PI, et al. Implementation and feasibility of an electronic health record-integrated patient-reported outcomes symptom and needs monitoring pilot in ambulatory oncology [J]. *JCO Oncology Practice*, 2022, 18(7): e1100-e1113.
- [25] Kenner BJ, Abrams ND, Chari ST, et al. Early detection of pancreatic cancer: applying artificial intelligence to electronic health records [J]. *Pancreas*, 2021, 50(7): 916-922.
- [26] Park J, Artin MG, Lee KE, et al. Structured deep embedding model to generate composite clinical indices from electronic health records for early detection of pancreatic cancer [J]. *Patterns (NY)*, 2022, 4(1): 100636.
- [27] Maranhão PA, Pereira AM, Calhau C, et al. Nutrition information in oncology-extending the electronic patient-record data set [J]. *J Med Syst*, 2020, 44(11): 191.
- [28] Cardenas D, Bermúdez C, Pérez A, et al. Are tradition-

- al screening tools adequate for monitoring the nutrition risk of in-hospital patients? An analysis of the nutritionDay database[J]. *J Parenter Enteral Nutr*, 2022,46(1):83-92.
- [29] Rabito EI, Marcadenti A, da Silva Fink J, et al. Nutritional risk screening 2002, short nutritional assessment questionnaire, malnutrition screening tool, and malnutrition universal screening tool are good predictors of nutrition risk in an emergency service[J]. *Nutr Clin Pract*, 2017,32(4):526-532.
- [30] Abbott J, Teleni L, McKavanagh D, et al. A novel, automated nutrition screening system as a predictor of nutritional risk in an oncology day treatment unit (ODTU)[J]. *Support Care Cancer*, 2014,22(8):2107-2112.
- [31] Yin L, Lin X, Liu J, et al. Classification tree-based machine learning to visualize and validate a decision tool for identifying malnutrition in cancer patients[J]. *J Parenter Enteral Nutr*, 2021,45(8):1736-1748.
- [32] 王艳莉, 龚丽青, 辛晓伟, 等. 一种智能营养筛查系统用于住院肿瘤患者营养风险的预测性分析[J]. *中国食物与营养*, 2019,25(1):76-80.
- [33] Levonyak NS, Hodges MP, Haaf N, et al. Importance of addressing malnutrition in cancer and implementation of a quality improvement project in a gastrointestinal cancer clinic[J]. *Nutr Clin Pract*, 2022,37(1):215-223.
- [34] 李宁. 基于多目标线性规划的智能营养配餐系统研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2019.
- [35] Agapito G, Simeoni M, Calabrese B, et al. DIETOS: a dietary recommender system for chronic diseases monitoring and management[J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2018,153:93-104.
- [36] 李弘扬. 基于机器视觉的用户饮食智能感知服务机器人研究[D]. 贵州: 贵州大学, 2022.
- [37] 张红霞, 王杰, 崔京晴, 等. 电子智能营养配餐辅助工具在改善腹腔镜辅助胃癌根治术患者营养状况及免疫功能中的应用[J]. *护理实践与研究*, 2021,18(5):645-649.
- [38] 程康文, 王贵和, 唐爱平, 等. 加速康复外科理念在老年患者腹腔镜辅助胃癌根治术中的应用[J]. *中华老年多器官疾病杂志*, 2020,19(2):109-114.
- [39] 王焯, 牛然, 于欣平, 等. 基于网络爬虫和膳食评估辅助技术对方舱医院新冠肺炎患者膳食结构与营养供应的分析[J]. *营养学报*, 2020,42(3):291-295.
- [40] 黄礼妍, 谢任翔, 倪春晓, 等. 中国成年人食物频率问卷信效度 Meta 分析[J]. *营养学报*, 2022,44(3):293-300.
- [41] Moyon A, Rappaport AI, Fleurent-Grégoire C, et al. Relative validation of an artificial intelligence-enhanced, image-assisted mobile APP for dietary assessment in adults: randomized crossover study[J]. *J Med Internet Res*, 2022,24(11):e40449.
- [42] Lu Y, Stathopoulou T, Vasiloglou MF, et al. An artificial intelligence-based system for nutrient intake assessment of hospitalised patients[J]. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2019:5696-5699.
- [43] 吴晓鹏, 肖佩华, 吕群利, 等. “互联网+”医护一体化模式在胃癌术后病人家庭营养管理中的应用效果[J]. *肠外与肠内营养*, 2021,28(5):286-289.
- [44] 李丹凤, 李辉, 马晶晶, 等. 营养监测对老年食管癌术后病人生活质量的影响[J]. *实用老年医学*, 2021,35(1):20-23.
- [45] Roberts S, Marshall AP, Gonzalez R, et al. Technology to engage hospitalised patients in their nutrition care: a qualitative study of usability and patient perceptions of an electronic foodservice system[J]. *J Hum Nutr Diet*, 2017,30(5):563-573.
- [46] Roberts S, Hopper Z, Chaboyer W, et al. Engaging hospitalised patients in their nutrition care using technology: development of the NUTRI-TEC intervention[J]. *BMC Health Serv Res*, 2020,20(1):148.
- [47] 刘祖平, 白鍊, 何干, 等. 结直肠癌术后化疗患者家庭膳食调查及生活质量评估[J]. *现代预防医学*, 2019,46(5):950-954.
- [48] Mortazavi BJ, Gutierrez-Osuna R. A review of digital innovations for diet monitoring and precision nutrition[J]. *J Diabetes Sci Technol*, 2023,17(1):217-223.
- [49] Ayyoubzadeh SM, Baniyasi T, Shirkhoda M, et al. Remote monitoring of colorectal cancer survivors using a smartphone app and internet of things-based device: development and usability study [J]. *JMIR Cancer*, 2023,9:e42250.
- [50] 纪伟伟, 李超, 王雅宾, 等. 基于“AI 医疗”的恶性肿瘤患者 HEN 管理模式研究[J]. *中国医院管理*, 2020,40(2):44-46.
- [51] Verma M, Hontecillas R, Tubau-Juni N, et al. Challenges in personalized nutrition and health[J]. *Front Nutr*, 2018(5):117.

(本文编辑:陈晓亚)