

人工智能在慢性病患者营养精准管理领域中的应用进展

万君丽, 卞薇

(陆军军医大学第一附属医院 眼科, 重庆 400038)

《国民营养计划(2017—2030 年)》^[1]中指出, 建立健全从医院、社区到家庭的慢性病患者长期营养管理模式可以有效预防和治疗某些慢性疾病, 进而改善其疾病结局。然而, 个体对营养的需求因地域、民族、性别、年龄和生理状况的不同而存在差异, 且遗传背景也会影响食物和营养素的消化、吸收、转运和代谢等^[2-4]。因此, 基于平均人群建立的膳食指南可能不适用于特殊的慢性病患者群体, 如何为慢性病患者实施个性化的营养管理进而有效改善其疾病结局成了亟待解决的现实问题。人工智能相关营养管理在一定程度上满足了慢性病患者对医疗护理服务中的营养精准管理需求, 它不仅能为患者提供营养评估、营养诊断、营养相关风险筛查以及个性化的膳食推荐, 还能通过动态调整来实现患者营养最优化进而促进疾病转归^[5-7]。护理人员作为营养干预实施中的主导者, 整合营养相关信息, 为患者提供动态营养监测、评估、干预和结局评价的全程营养管理是其重要的职责之一。鉴于此, 本文就人工智能在慢性病患者营养精准管理领域中的应用进展进行综述, 以期优化我国慢性病患者全程营养管理提供参考。

1 营养评估

人工智能相关营养评估指的是采用机器算法、图像识别等人工智能技术对患者饮食摄入量、核心营养素等进行精准估量、测算和评价^[8]。近年来, 为满足营养精准管理对食物和营养素摄入准确性、便捷性的要求, 一系列结合人工智能技术的客观评估食物和能量摄入的替代方法应运而生。Ali 等^[9]研究中, 开发了一款具有食物记录和计算并自动生成报告的手机应用程序, 使用该手机应用程序和纸质食物日记分别记录 54 例慢性眼病患者至少 3 d 的食物摄入量并进行评估、比对。结果表明, 营养师分析的纸质食物日记与应用程序计算的各种营养素的摄入量具有较好的一致性, 从而证明该应用程序能

够替代传统食物评估方法, 更客观、快速评估慢性眼病患者食物和相关营养素的摄入量, 同时该平台也为后续大数据信息深度挖掘工作的开展奠定了基础。

人工智能的飞速发展为食品图像识别技术提供了技术支持。食品图像识别是指利用计算机深度学习对食物图像进行处理、分析和理解, 进而实现智能化食物记录并用于分析^[10-11]。Martin 等^[12]研究中, 40 名超重和肥胖的成年人 6 d 内利用智能手机拍摄食物和餐盘的图像发送到服务器, 通过人工智能对图片进行识别, 并采用机器算法和金标准双标法分别估计能量和营养素的摄入量。结果表明, 两种方法估算能量和常量营养素摄入量方面没有显著差异。但是该食物图像识别方法仅限于每张图像只能输出一个结果, 因此不适用于含有多种食物或饮料的图像。随后, 为实现精准识别图像中任何数量的食物和饮料, Mezgec 等^[13]在完善食物记录系统基础上, 采用深度神经网络即完全卷积网络的分割方法和基于深度残差网络的分割方法来架构食品和饮料图像识别, 从而实现食物检测、分割和识别, 并运用 3D 重建算法估计摄入食物的卡路里和常量营养素含量。该研究表明基于人工智能的图像识别技术不仅简化了膳食评估方法, 加快了评估速度, 以更简单、更智能、更精准的方式记录饮食摄入量, 还解决了人工膳食评估方法的时间和经济成本高等问题。

2 营养诊断

人工智能相关营养诊断指借助智能手机应用程序、电子健康记录等收集营养相关数据, 采用机器学习方法, 如线性和逻辑回归、人工神经网络、决策树等来明确受检者的营养状态, 包括营养不良(营养不足)、超重和肥胖、微量营养素异常等^[14]。Finkelstein 等^[15]使用行为风险因素监测系统数据基于非线性回归模型预测肥胖患病率; Ergün^[16]采用多层感知神经网络的数字模型建立自动化系统来识别和跟踪肥胖; Karimi-Alavijeh 等^[17]采用决策树来明确受检者是否为代谢综合征, 包括中枢性肥胖、高甘油三酯血症、高血压和血脂异常等。通过收集和挖掘大量纵向受试者数据, 包括性别、年龄、体重指数、腰围、腰臀比、血压和身体成分等信息, 结合个人遗传、生理状态、生活方式等采用机器学习方法进行庞大数据集分析^[14,17], 明确

【收稿日期】 2023-02-23 【修回日期】 2023-09-05

【基金项目】 重庆市科卫联合医学科研项目(2020FYYX052); 陆军军医大学优秀人才库重点扶持对象个性化培养方案(XZ-2019-5-5-054)

【作者简介】 万君丽, 本科, 主管护师, 电话: 023-68766261

【通信作者】 卞薇, 电话: 023-68766235

受检者的营养状态,从而为精准的饮食、健康管理策略的制订和实施提供依据。

3 营养相关预测

3.1 营养相关疾病风险预测 根据个体饮食摄入种类和营养素摄入量,采用机器学习和深度学习等人工智能技术对大数据进行分析,从而实现特定疾病患病风险预测^[6]。Panaretos 等^[18]对 2020 名高危人群进行了 10 年心血管疾病随访。通过收集的个体摄入食物或营养物质为基础,结合“心脏健康评分”,预测包括心血管疾病、糖尿病、高血压和高胆固醇的发病率。采用膳食信息结合数据分析对受试者进行健康评估。其中数据分析分别采用多元线性回归和两种机器学习方法(K-最邻近算法和随机森林决策树)。结果显示,多元线性回归预测准确率为 16%~22%,机器学习的准确率较高,约为 40%。由此可见,基于多变量回归模型传统数据分析不适合大型且更为复杂的数据,而机器学习能够识别更加深层次的复杂模式,在慢性病患者营养领域中的疾病风险预测方面显示出更为独特的优势。

3.2 餐后血糖预测 餐后血糖水平升高是糖尿病前期和 2 型糖尿病的主要危险因素,但现有饮食干预方法控制效果有限。Zeevi 等^[19]通过监测 800 位慢性病患者 7 d 的血糖水平发现,对于相同食物,个体血糖水平差异较大,因而个性化的饮食建议才是控制血糖效果的最佳方法。该研究团队设计了一种机器学习算法,并基于该算法,采用盲法、随机对照饮食干预测量 100 位糖尿病患者的血液参数、饮食习惯、人体测量学、体力活动和肠道菌群。结果表明该机器学习算法准确预测了现实饮食中个性化的餐后血糖反应,且饮食干预可显著降低餐后血糖反应。该研究表明个性化饮食可以成功地改善餐后血糖升高及其代谢后果。这为通过个性化饮食干预进而更好地监测和管理糖尿病提供了基础。目前,越来越多的手机应用程序被开发设计用来改善糖尿病患者的自我管理,部分应用程序还被批准作为移动处方建议患者进行治疗使用^[20]。

4 营养干预

人工智能相关营养干预是指利用物联网技术、人工智能技术、智能设备以及相关监测系统,实时掌握干预对象在不同阶段的营养状况,通过动态监测与评估对营养干预方案进行及时调整,从而实现营养全程、系统、精准化的管理^[6]。Hallsworth 等^[21]使用人工智能干预系统在评估 16 例非酒精性脂肪性肝病患者营养需求后,对其进行为期 12 周的饮食和活

行动建议、协助制订目标和个性化计划来改变饮食行为、干预后随访支持、自我监测等模块,结果表明该系统能显著提升患者的营养管理依从性,智能化地帮助患者维持准确的营养摄入以促进减肥,进而改善自身肝脏功能。Berman 等^[22]使用 AI 支持的手机应用程序为 118 例糖尿病患者提供精准干预计划,对患者进行营养评估后制订个性化的干预计划,系统自动向患者推送包括饮食、体育活动、体重管理相关宣教材料,通过分析体重检测和食物报告结果再动态调整干预策略。结果显示,干预 12 周后患者的糖化血红蛋白值显著降低,且应用程序使用越频繁,患者的血糖控制更好。Oka 等^[23]开发出一款手机 APP,该应用程序采用 AI 驱动的照片分析系统,与市面上和自制超过 10 万份菜单的数据库相连,不仅能准确识别食物照片,还能给出最准确的能量计算和营养素摄入量,并根据日本膳食摄入量标准给出营养评估结果,最后进行个性化食物菜单定制、饮食指导、监测和个性化的调整,从而实现全程化、精准化的营养管理。此外,通过智能可穿戴设备收集患者行为和饮食信息,利用 AI 和机器学习系统分析不同食物对于血糖的影响,定制营养方案,推荐食谱^[6];通过分析生物标志物(血液、唾液、尿液、粪便等)、基因、微生物等得出个性化的健康状况和营养需求,制订个性化健康方案,包括营养素、补充剂推荐等,如采用 3D 打印技术定制个性化维生素软糖、定制不同成分比例蛋白粉^[24]。

5 不足与展望

随着大数据、互联网的迅猛发展,人工智能在慢性病患者营养精准管理领域的使用日益广泛。其在生物医学营养领域研究中弥补了无法使用传统统计方法有效分析大型数据集的不足,并展现出巨大的潜能和应用价值。然而目前该领域应用过程中的膳食摄入量评估精确度、国内食品大数据库的完善、促进综合信息下的精准营养干预等问题仍亟待解决。

5.1 提高膳食摄入量评估精确度,保障营养干预可靠性 移动技术为饮食评估提供了广泛的可行选择,更容易融入日常生活。图像辅助方法可以通过个人拍摄图片(动态图像)添加饮食场合细节来提高传统饮食评估方法的准确性^[25]。与传统评估方法的结果相比,所有研究都借助图像减少了漏报。然而未来依然需要更大样本量的研究来更好地解释用户年龄、错误程度和成本对高精度评估膳食摄入的影响,以保障营养干预的可靠性和可信度。

5.2 完善国内食品大数据库的建立,助力数据分析与平台搭建 获取大量的、优质的数据是人工智能方法的前提,因而专业数据库的建立与完善显得尤

为重要。虽然国内已经研发了越来越多的食品相关数据库^[26-28],但是目前,食品科学领域的数据库类别和数量与药物研发领域之间仍然还有很大的差距。未来,可开发建立更多种类、更加完善的食品大数据库,如食品添加剂的安全、食品成分、食品营养和食品酶等方面来助力数据分析与平台搭建。

5.3 促进综合信息下的精准营养干预,推动人工智能服务精准营养管理 从最基本的意义上说,精准营养干预需要将人类的基因型、表现型与能增加获得预期生理结果机会的饮食相匹配^[29]。前提包括两部分:第一是拥有准确测量人类遗传和分子特征的能力;第二是能够准确测量食物和饮食的分子特性。21世纪初对人类基因组测序的能力已经促使营养相关研究发生了革命性的变化,然而在测量食物的分子特性方面进展却不大^[30]。未来,随着人工智能技术的不断进步,可以通过了解饮食分子特性和观察特定个体的生理结果与社会行为特征,以促进基于个体肠道菌群、遗传、生理和社会行为背景等综合信息的精准营养干预,进一步推动人工智能服务慢性病患者营养精准管理。

6 小结

当前,人工智能在慢性病患者营养领域正在不断发展。将人工智能技术广泛运用到慢性病患者营养精准管理领域中,不仅能改善其营养状况,促进疾病转归,还能更有效地防控重大疾病。而当前,对于人工智能技术在慢性病患者营养精准管理领域的实践和应用还存在以下难题,包括膳食摄入量评估精确度、国内食品大数据库的完善、促进综合信息下的精准营养干预等问题,这些都需要我们在临床实践和应用中进行辩证地对待,且还需要通过护理人员、研究开发者等各方面持续努力,才能使其更好地适用于临床,进而真正实现智能化的慢性病患者营养精准管理。

【关键词】 人工智能;慢性病患者;营养

doi:10.3969/j.issn.2097-1826.2023.10.022

【中图分类号】 R472.9 【文献标识码】 A

【文章编号】 2097-1826(2023)10-0092-04

【参考文献】

- [1] 国务院办公厅.国务院办公厅关于印发国民营养计划(2017-2030年)的通知[J].中国食品卫生杂志,2017,29(4):514-518.
- [2] RAMOS-LOPEZ O, MILTON-LASKIBAR I, MARTINEZ J A. Precision nutrition based on phenotypical traits and the (epi) genotype: nutrigenetic and nutrigenomic approaches for obesity care[J]. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2021, 24(4): 315-325.
- [3] RAMOS-LOPEZ O, MILAGRO F I, ALLAYEE H, et al. Guide for current nutrigenetic, nutrigenomic, and nutriepigenetic approaches for precision nutrition involving the prevention and management of chronic diseases associated with obesity[J]. J

Nutrigenet Nutrigenomics, 2017, 10(1-2): 43-62.

- [4] 谢颖,童立纺,赵庆华.医养结合机构慢性病老人健康促进生活方式与生活质量的相关性研究[J].解放军护理杂志,2020,37(9):1-4.
- [5] BUSH C L, BLUMBERG J B, EL-SOHEMY A, et al. Toward the definition of personalized nutrition: a proposal by the American nutrition association[J]. J Am Coll Nutr, 2020, 39(1): 5-15.
- [6] LIMKETKAI B N, MAULDIN K, MANITIUS N, et al. The age of artificial intelligence: use of digital technology in clinical nutrition[J/OL]. [2023-01-20]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8186363/>. DOI: 10.1007/s40137-021-00297-3.
- [7] 杜妍莹,董鼎辉,马锋,等.人工智能在护理领域的应用进展[J].解放军护理杂志,2019,36(4):58-61.
- [8] ELDRIDGE A L, PIERNAS C, ILLNER A K, et al. Evaluation of new technology-based tools for dietary intake assessment-an ILSI Europe dietary intake and exposure task force evaluation[J/OL]. [2023-01-20]. <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/1/55>. DOI: 10.3390/nul1010055.
- [9] ALI Z C, SILVIOLI R, RAJAI A, et al. Feasibility of use of a mobile application for nutrition assessment pertinent to age-related macular degeneration (MANAGER2) [J/OL]. [2023-01-20]. <https://tvst.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2598415>. DOI: 10.1167/tvst.6.1.4.
- [10] 王军敏,樊养余,李祖贺.基于深度卷积神经网络和迁移学习的纹理图像识别[J].计算机辅助设计与图形学学报,2022,34(5):701-710.
- [11] WANG Y, WU J, DENG H, et al. Food image recognition and food safety detection method based on deep learning[J/OL]. [2023-01-20]. <https://www.hindawi.com/journals/cin/2021/1268453/>. DOI: 10.1155/2021/1268453.
- [12] MARTIN C K, CORREA J B, HAN H, et al. Validity of the remote food photography method (RFPM) for estimating energy and nutrient intake in near real-time [J]. Obesity (Silver Spring), 2012, 20(4): 891-899.
- [13] MEZGEC S, SELJAK B K. Deep neural networks for image-based dietary assessment[J/OL]. [2023-02-04]. <https://www.jove.com/cn/t/61906/deep-neural-networks-for-image-based-dietary-assessment>. DOI: 10.3791/61906.
- [14] DEGREGORY K W, KUIPER P, DESILVIO T, et al. A review of machine learning in obesity[J]. Obes Rev, 2018, 19(5): 668-685.
- [15] FINKELSTEIN E A, KHAVJOU O A, THOMPSON H, et al. Obesity and severe obesity forecasts through 2030[J]. Am J Prev Med, 2012, 42(6): 563-570.
- [16] ERGÜN U. The classification of obesity disease in logistic regression and neural network methods[J]. J Med Syst, 2009, 33(1): 67-72.
- [17] KARIMI-ALAVIJEH F, JALILI S, SADEGHI M. Predicting metabolic syndrome using decision tree and support vector machine methods[J]. ARYA Atheroscler, 2016, 12(3): 146-152.
- [18] PANARETOS D, KOLOVEROU E, DIMOPOULOS A C, et al. A comparison of statistical and machine-learning techniques in evaluating the association between dietary patterns and 10-year cardiometabolic risk (2002-2012): the ATTICA study[J]. Br J Nutr, 2018, 120(3): 326-334.
- [19] ZEEVI D, KOREM T, ZMORA N, et al. Personalized nutrition by prediction of glycemic responses[J]. Cell, 2015, 163(5): 1079-1094.
- [20] AGARWAL P, MUKERJI G, DESVEAUX L, et al. Mobile App

- for improved self-management of type 2 diabetes: multicenter pragmatic randomized controlled trial[J/OL]. [2023-02-04]. <https://mhealth.jmir.org/2019/1/e10321/>. DOI:10.2196/10321.
- [21] HALLSWORTH K, MCPHERSON S, ANSTEE Q M, et al. Digital intervention with lifestyle coach support to target dietary and physical activity behaviors of adults with nonalcoholic fatty liver disease: systematic development process of VITALISE using intervention mapping[J/OL]. [2023-02-04]. <https://www.jmir.org/2021/1/e20491/>. DOI:10.2196/20491.
- [22] BERMAN M A, GUTHRIE N L, EDWARDS K L, et al. Change in glycemic control with use of a digital therapeutic in adults with type 2 diabetes: cohort study[J/OL]. [2023-02-10]. <https://diabetes.jmir.org/2018/1/e4/>. DOI:10.2196/diabetes.9591.
- [23] OKA R, NOMURA A, YASUGI A, et al. Study protocol for the effects of artificial intelligence (AI)-supported automated nutritional intervention on glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. Diabetes Ther, 2019, 10(3): 1151-1161.
- [24] 林旭, 张旭光. 精准营养白皮书[M/OL]. [2023-01-30]. <https://max.book118.com/html/2022/0916/6145022015004240.shtm>.
- [25] BOUSHEY C J, SPODEN M, ZHU F M, et al. New mobile methods for dietary assessment: review of image-assisted and image-based dietary assessment methods[J]. Proc Nutr Soc, 2017, 76(3): 283-294.
- [26] ZHANG D, CHENG X, SUN D, et al. Additive Chem: a comprehensive bioinformatics knowledge-base for food additive chemicals[J/OL]. [2023-02-23]. [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308-8146\(19\)31637-1](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308-8146(19)31637-1). DOI:10.1016/j.foodchem.2019.125519.
- [27] ZHANG D, GONG L, DING S, et al. FRCD: A comprehensive food risk component database with molecular scaffold, chemical diversity, toxicity, and biodegradability analysis[J/OL]. [2023-02-23]. [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308-8146\(20\)30332-0](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308-8146(20)30332-0). DOI:10.1016/j.foodchem.2020.126470.
- [28] ZHANG D, OUYANG S, CAI M, et al. FADB-China: a molecular-level food adulteration database in China based on molecular fingerprints and similarity algorithms prediction expansion[J/OL]. [2023-02-23]. [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308-8146\(20\)30872-4](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308-8146(20)30872-4). DOI:10.1016/j.foodchem.2020.127010.
- [29] CHATELAN A, BOCHUD M, FROHLICH K L. Precision nutrition: hype or hope for public health interventions to reduce obesity? [J]. Int J Epidemiol, 2019, 48(2): 332-342.
- [30] GAN J, SIEGEL J B, GERMAN J B. Molecular annotation of food-towards personalized diet and precision health[J]. Trends Food Sci Technol, 2019, 91: 675-680.

(本文编辑:郁晓路)

(上接第 91 页)

- [21] XUE Q L. The frailty syndrome: definition and nature history [J]. Clin Geriatr Med, 2011, 27(1): 1-15.
- [22] FRIED L P, TANGEN C, WALSTON J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2001(3): 56: M146-M156.
- [23] WHITSON H E, COHEN H J, SCHMADER K E, et al. Physical resilience: not simply the opposite of frailty[J]. J Am Geriatr Soc, 2018, 66(8): 1459-1461.
- [24] 李春玉, 唐琳熙, 金锦珍, 等. 社区老年人的内在能力及外环境因素对健康老龄化的影响[J]. 军事护理, 2021, 38(12): 22-25.
- [25] HU F W, LIN C H, LAI P H, et al. Predictive validity of the physical resilience instrument for older adults (PRIFOR) [J]. J Nutr Health Aging, 2021, 25(9): 1042-1045.
- [26] WU C, LIN T Z, SANDERS J L. A simplified approach for classifying physical resilience among community-dwelling older adults: the health, aging, and body composition study[J]. J Frailty Aging, 2022, 11(3): 281-285.
- [27] 刘硕, 刘晓红. 老年人内在能力的研究现状[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2022, 21(5): 385-388.
- [28] COLÓN-EMERIC C, PIEPER C F, SCHMADER K E, et al. Two approaches to classifying and quantifying physical resilience in longitudinal data[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2020, 75(4): 731-738.
- [29] WU C, LI Y X, MARRON M M, et al. Quantifying and Classifying Physical Resilience Among Older Adults: The Health, Aging, and Body Composition Study[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2020, 75(10): 1960-1966.
- [30] BELSKY D W, CASPI A, HOUTS R, et al. Quantification of biological aging in young adults[J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2015, 112(30): E4104-E4110.
- [31] PARKER D C, COLÓN-EMERIC C, HUEBNER J L, et al. Biomarkers associated with physical resilience after hip fracture[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2020, 75(10): e166-e172.
- [32] O'CONNELL M D L, SAVVA G M, FINUCANE C, et al. Impairments in hemodynamic responses to orthostasis associated with frailty: results from The Irish Longitudinal study on ageing (TILDA)[J]. J Am Geriatr Soc, 2018, 66(8): 1475-1483.
- [33] GIJZEL S M W, WHITSON H E, VAN DE LEEMPUT I A, et al. Resilience in clinical care: getting a grip on the recovery potential of older adults[J]. J Am Geriatr Soc, 2019, 67(12): 2650-2657.
- [34] 陈旭娇, 严静, 王建业, 等. 中国老年综合评估技术应用专家共识[J]. 中华老年病研究电子杂志, 2017, 4(2): 1-6.
- [35] World Health Organisation. Integrated care for older people (ICOPE): guidance for person-centred assessment and pathways in primary care[R/OL]. [2023-02-14]. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-FWC-ALC-19.1>.
- [36] TAVASSOLI N, PIAU A, BERBON C, et al. Framework implementation of the inspire icope-care program in collaboration with the World Health Organization (WHO) in the Occitania Region [J]. J Frailty Aging, 2021, 10(2): 103-109.
- [37] WON C W, HA E, JEONG E, et al. World Health Organization integrated care for older people (ICOPE) and the integrated care of older patients with frailty in primary care (ICOOP_Frail) study in Korea[J]. Ann Geriatr Med Res, 2021, 25(1): 10-16.
- [38] LEE H, LEE E, JANG I Y. Frailty and comprehensive geriatric assessment[J/OL]. [2023-02-14]. <https://jkms.org/DOIx.php?id=10.3346/jkms.2020.35.e16>. DOI:10.3346/jkms.2020.35.e16.
- [39] 姚林, 徐岚, 潘习, 等. 老年人健康行为生态瞬时评估的研究进展[J]. 中华护理杂志, 2022, 57(20): 2542-2546.

(本文编辑:郁晓路)