

• 专家共识 •

基于人工智能模型的老年冠心病动态自适应出院评估专家共识



国家心脏病中心,国家心血管病临床研究中心,中国老年学和老年医学学会心血管病专业委员会,中国医药教育学会中西医结合心血管专业委员会

摘要 我国作为人口大国,心血管疾病呈现高发态势,老年慢性病管理更是面临巨大挑战,老年冠心病是最常见的老年慢性心血管疾病之一,具有高发病率、高死亡率及高致残率的特点。针对老年冠心病的特点,各地医疗机构及科研院所不断研究出适用于老年冠心病群体的基于人工智能的出院评估系统及出院管理策略。本共识目的在于整合最新研究进展及基于人工智能的老年冠心病动态自适应出院评估体系。从而指导临床医生运用人工智能技术进行老年冠心病出院评估及高效的疾病管理。

关键词 老年冠心病;人工智能;出院评估;动态自适应;专家共识

doi: 10.12102/j.issn.1672-1349.2024.20.001

Expert Consensus on Dynamic Adaptive Discharge Assessment of Elderly Patients with Coronary Heart Disease Based on Artificial Intelligence Model

National Cardiology Center, National Clinical Research Center for Cardiovascular Diseases, Chinese Gerontology and Geriatrics Society Committee of Cardiovascular Diseases, Chinese Medical Education, Association of Traditional Chinese and Western Medicine Cardiovascular Professional Committee

Abstract As a populous country, China faces a high prevalence of cardiovascular diseases, particularly among the elderly with chronic conditions, presenting significant challenges. Among these, elderly coronary heart disease (CHD) is one of the most common chronic cardiovascular diseases, characterized by high incidence, mortality, and disability rates. In response to the characteristics of elderly CHD, medical institutions and research institutes nationwide are continuously developing artificial intelligence (AI)-based discharge assessment systems and discharge management strategies tailored for this demographic. This consensus aims to integrate the latest research advancements and AI-based dynamic adaptive discharge assessment systems for elderly CHD. Its goal is to guide clinical practitioners in using AI technology for efficient discharge assessment and disease management of elderly CHD patients.

Keywords elderly coronary heart disease; artificial intelligence; discharge assessment; dynamic adaptation; expert consensus

我国目前已步入老龄社会,老龄化进程明显加速。至 2021 年末,我国 60 岁及以上人口有 2.67 亿人,占总人口的 18.9%,65 岁及以上人口有 2 亿人,占总人口的 14.2%^[1]。冠心病是常见的慢性心血管疾病,其发病率随年龄增长而增高。研究显示,冠心病导致的心肌缺血缺氧、心肌梗死等会对心肌造成损害,加速心肌细胞死亡,进一步导致心肌功能减退甚至心力衰竭。如不加以控制,则会导致心绞痛、心肌梗死、心力衰竭、心律失常、突发性心源性猝死等致命性并发症^[2]。与中青年相比,老年病人身体机能下降,心血管调节功能较差,治疗后复发率高,因此,应重视该群体出院评估工作,以减少其再入院的风险。

2011 年,中华医学会心血管病学分会 (Chinese Society of Cardiology, CSC) 颁布了我国第 1 部《中国心血管病预防指南》,并于 2017 年进行了修订^[3]。2016 年,欧洲心脏病学会 (European Society of Cardiology, ESC) 颁布了《2016 欧洲心血管病预防临床实践指南》^[4]。2019 年,美国心脏病学会 (American College of Cardiology, ACC)/美国心脏协会 (American Heart Association, AHA) 颁布了《2019 ACC/AHA 心血管病一级预防指南》^[5]。尽管国内外已形成了多项针对心血管疾病预防和临床管理的指南,但目前尚无专门指导老年冠心病病人出院评估及再入院危险因素的综合防治指南。此外,随着人工智能 (artificial intelligence, AI) 技术的不断进展,AI 在冠心病的诊断、评估、风险预测等各个方面的应用逐步增多^[6]。在此背景下,形成以 AI 模型为基础的老年冠心病动态自适应出院评估专家共识,对推进老年冠心病病人出院评估工作进展具有极大意义。考虑到老年冠

引用信息 国家心脏病中心,国家心血管病临床研究中心,中国老年学和老年医学学会心血管病专业委员会,等.基于人工智能模型的老年冠心病动态自适应出院评估专家共识[J].中西医结合心脑血管病杂志,2024,22(20):3649-3658.

心病群体的特殊性,张娜娜等^[7]提出冠心病病人运动康复指导意见,为这类病人提供个性化的康复指导,以减少冠心病再发事件和改善生活质量。同时,AI也显示出在老年冠心病预后预测和并发症评估中的潜力。如多学科专家共同制定的《基于眼底图像应用AI技术评估心血管病发病风险的专家共识》^[8]。依托复杂的统计模型预测心血管病风险及AI算法分析眼底照片,使医生能够在短时间内获得病人心血管病风险的评估结果,极大地提高了工作效率和筛查覆盖率。这提示将AI引入心血管慢病管理,将使得出院评估能够动态调整,病人管理能够更加灵活高效。因此,本共识的提出,旨在整合最新研究成果,指导临床实践,提升服务质量,为老年冠心病病人的精细化管理贡献一份力量。

1 共识提出的背景

1.1 冠心病的定义

冠心病即冠状动脉粥样硬化性心脏病,是一种由冠状动脉粥样硬化、管腔狭窄导致的慢性心血管疾病,具有高发病率、高死亡率以及高致残率^[9]。《中国心血管健康与疾病报告2022》显示,我国约有冠心病病人1 139万例^[10],病人除了冠心病本身带来的心肌梗死、心力衰竭等风险,还常面临严重的并发症甚至死亡。因此,冠心病的疾病全程管理非常重要。

1.2 老年冠心病的特点

1.2.1 病理特点

老年冠心病病人因其独特的生理特征,呈现出了与其他年龄段病人不同的心血管病理生理变化^[11]。主要有以下几方面。

1.2.1.1 心脏功能减弱

随着年龄增长,心脏的生理储备功能逐渐衰退,表现为心肌收缩力减弱、心率调节能力下降以及血管顺应性降低;心肌壁的结构发生退行性改变,心室腔不断增加。这些变化使得老年冠心病病人在面对心血管应激时(如体力活动或情绪波动),更容易出现心肌缺血和心力衰竭的症状^[12]。尤其当老年冠心病病人长期的心肌血供异常,引起心肌缺氧缺血、心肌重构及心肌纤维化等,最终导致心力衰竭。而心力衰竭会进一步加重病人的临床症状,使病人的生活质量及活动耐量下降,增加不良事件的发生风险。因此,临床中对于老年病人的出院评估和长程管理更需要引起重视。

1.2.1.2 合并其他慢性疾病

老年冠心病病人常合并多种慢性疾病,如糖尿病、高血压、高脂血症、慢性阻塞性肺疾病(COPD)等^[13],这些疾病与冠心病之间存在复杂的相互作用。已有研究证实,COPD是导致冠心病病人发生心律失常的重

要危险因素之一,因为COPD可能导致病人出现水电解质紊乱、低氧血症、器官感染等,这些并发症会加重心脏代谢紊乱。老年冠心病病人因年龄较高、身体机能较弱,会增加心脏代谢紊乱及心律失常的发生风险。此外,糖尿病病人因胰岛功能减弱,会导致体内糖脂类代谢异常,冠状动脉病变风险及严重程度大大增加,冠状动脉病变常为多支、弥漫、钙化、慢性完全性闭塞等。

1.2.1.3 多系统功能减退及多重用药

老年冠心病病人由于年龄因素及合并症增多,面临着免疫系统功能减退、多重用药、神经内分泌系统紊乱等病理生理问题^[14]。同时,老年冠心病病人常因其体弱多病、行动不便、多脏器功能减退等影响定期检查,临床漏诊率和误诊率高达65%^[15]。相比于年轻病人,老年病人心肌梗死发生率更高,血运重建治疗成功率更低,出血和感染并发症发生率更高,易导致预后不良,这无疑大大增加了病人的疾病治疗和预后管理的难度。而老年病人多存在年龄相关的药代动力学、药效动力学改变,多重用药更易引发药物不良反应及药源性疾病。2016年,《高龄老年冠心病诊治中国专家共识》中强调应在老年综合评估基础上制定方案,遵循个体化、优先治疗、用药简单、适当减量、合理联合等原则,对于潜在的不适当用药进行筛查^[16]。

1.2.2 心理特点

老年冠心病病人在心理层面主要表现为对疾病认识不充分而导致的焦虑、抑郁等心理问题,还常伴有疾病确诊后的恐惧、悲观等负面情绪,这些心理特点不同程度地阻碍了冠心病的治疗和康复^[17],同时,老年冠心病病人也会存在一定的认知功能和沟通功能的减退。以上多种原因混杂,极易引发心理障碍^[18]。

要点 1:老年冠心病的特点

1)心脏功能减弱,预后不良。

2)合并症多,冠状动脉病变常为多支、弥漫、钙化、慢性完全性闭塞等。

3)多系统功能减退及多重用药。

4)常伴有情绪、心理及认知功能障碍。

1.3 老年冠心病流行病学及防治现状

1.3.1 流行病学现状

根据《中国卫生健康统计年鉴2021》^[19]统计,2020年中国城市居民冠心病死亡率为126.91/10万,农村为135.88/10万,存在显著地域差异,农村地区的死亡率已超越并持续高于城市。近年来,冠心病死亡率总体呈上升趋势,且随着年龄的增长而增加,城市65岁以上人群达244.68/10万^[19]。年龄是冠心病发病的重要危险因素,此外,高血脂、高血压、高血糖、肥胖、吸烟、

饮酒、精神压力同样会增加冠心病发病风险。这些危险因素在老年人群中更为普遍,因此,老年人是冠心病的高发群体。

1.3.2 防治现状

1.3.2.1 预防策略

通过培养健康生活习惯、控制引发冠心病的危险因素以及关注病人心理健康是预防冠心病的有效手段。这些措施在老年人群中同样适用,且对于降低冠心病发病风险具有重要意义。培养健康生活方式包括戒烟限酒、健康饮食与适量运动相结合。同时,健康的生活方式有益于控制冠心病的危险因素,如高血压、高血脂、糖尿病等^[20]。此外,对于合并高血压、糖尿病等基础疾病的病人,还需要结合药物治疗进行控制。以生活方式干预和危险因素防控为核心的心血管病一级、二级预防可有效延缓或避免心血管事件的发生。由于老年人对冠心病的疾病认识度较低,对预防策略的依从性较差。因此,社区与家庭配合老年冠心病病人的生活干预十分有必要^[21]。心理健康的维护对冠心病病人同样重要,尤其对老年病人需额外关注其心理健康状况,通过心理调适和情绪管理来降低心理压力和焦虑情绪对冠心病的影响。

1.3.2.2 防治策略

目前冠心病的主要治疗药物为抗血小板药物,如阿司匹林和氯吡格雷等^[22]。此外,抗凝治疗、扩张冠状动脉、血压控制、血脂控制等也是冠心病药物治疗的常用手段。这些药物在老年冠心病病人的治疗中同样发挥着重要作用,在减少心血管事件发生方面具有显著效果。对老年病人来说,药物选择和剂量调整需更加谨慎,需要依据病人个体化差异及是否具有合并症进行药物筛选和用药指导。此外,经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)和冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting, CABG)等治疗方法在冠心病治疗中也具有重要地位。PCI可以经心导管疏通狭窄甚至闭塞的冠状动脉管腔,从而改善心肌的血流灌注^[23]。CABG可通过手术让心脏搏出的血从主动脉经过所架的血管桥,跨过狭窄或梗阻的冠状动脉到达缺血心肌,从而改善心肌缺血、缺氧状态^[24]。对于老年冠心病病人来说,这两种手术治疗可以持续性扩张冠状动脉血管,在提高生活质量、减少再住院率等方面具有显著优势。近年来,中医药在冠心病治疗中也逐渐占据重要地位^[25]。在中医专科医师指导下,依据辨证论治的理论基础,对病人进行个性化处方诊疗。中西医在冠心病的治疗上各具特色、优势互补。

1.4 老年冠心病的治疗

老年冠心病目前的主要治疗手段为药物、介入及手术。其中,治疗药物以抗血小板药阿司匹林及P2Y₁₂受体抑制剂(氯吡格雷、替格瑞洛等)为主^[26]。此外,也有部分抗凝血药、降血脂药、 β 受体阻滞剂、抗炎药等应用于冠心病的治疗^[27]。PCI/CABG是目前治疗冠心病主要的介入及手术方式^[28]。是否对冠心病病人进行介入或手术治疗主要取决于病人冠状动脉血管和病变解剖特征、手术成功把握度及手术风险、远期效果、再狭窄率等。研究显示,与药物治疗相比,75岁以上稳定性冠心病病人(平均80岁)再血管化治疗获益更多,90岁以上病人原则上不建议行介入诊断和治疗,以药物治疗为主,除非发生急性冠脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)^[29]。高龄冠心病病人常存在冠状动脉血管多支病变情况,有条件可采用冠状动脉血流储备分数、血管内超声等腔内影像检查。此外,由于老年病人治疗依从性差,后续接受抗凝治疗、有创操作的概率增加,长期抗血小板治疗会造成出血风险增加,应根据情况个体化治疗,或者选择双联抗血小板治疗时间短的新型药物涂层支架或裸金属支架。部分老年稳定性冠心病病人在身体条件允许的情况下,可以在必要时考虑CABG,以减少出血并发症的发生。

2 老年冠心病病人的综合管理

2.1 冠心病治疗管理

目前治疗冠心病最常用的药物是阿司匹林与P2Y₁₂受体抑制剂等抗血小板药物。阿司匹林是目前临床公认的应用最广泛的抗血小板药物,能够不可逆地抑制环氧化酶1,阻断血栓素A₂形成,并且抑制G蛋白偶联的血栓素A₂受体和前列腺素受体介导的血小板激活。P2Y₁₂受体抑制剂则参与二磷酸腺苷释放导致的瀑布效应,放大血小板活化反应,并通过抑制腺苷酸环化酶的活性来放大和稳定聚集物,从而促进糖蛋白IIb/IIIa活化,同时P2Y₁₂受体抑制剂还可以激活凝血系统^[30]。他汀类药物是临床常见的降脂药物,目前研究认为他汀类药物可以降低冠心病病人体内三酰甘油、低密度脂蛋白与总胆固醇水平,治疗动脉粥样硬化,减少冠心病不良事件的发生^[31]。 β 受体阻滞剂可以抑制心脏 β 肾上腺素能受体,减慢心率,减弱心肌收缩力,减少心肌耗氧量,且可以延长舒张期以增加心肌灌注,此外, β 受体阻滞剂可以缩小梗死范围,减少致命性心律失常,降低各种心血管事件发生率,长期应用可改善病人的远期预后,提高生存率,有益于冠心病的二级预防^[32]。血管紧张素转化酶抑制剂(ACEI)/血管紧张素II受体拮抗剂(ARB)类药物都是常见的一线

降压药,通过阻断血管紧张素Ⅱ(AngⅡ)扩张血管,降低血压,具有相似的药理作用机制。而硝酸酯类药物是临床常用的改善冠心病心绞痛症状的一线药物,常用的有硝酸甘油、二硝酸异山梨酯以及5-单硝酸异山梨酯。硝酸酯类药物在体内代谢的活性产物为一氧化氮,具有针对小动脉及静脉系统的血管扩张作用,因此,可以扩张冠状动脉缓解心绞痛,同时还可减少心脏前负荷。

2.2 冠心病合并症及危险因素控制

冠心病病人往往合并多种疾病,因此,除了高血压、糖尿病及高脂血症是诱发冠心病的重要发病原因,也是冠心病常见的合并症。冠心病合并高血压病的病人可能因为血压上升而引起反射性心跳加速,继而促使其心肌耗氧量增加,使病人冠状动脉粥样硬化进程加快,进而诱使病人出现左心室肥大、心室重构,继而导致其病情进一步恶化^[33]。对于此类病人一般临床采用联合降压药共同治疗,常用药物有硝酸酯药物、钙阻滞剂、 β 受体阻滞剂等。糖尿病合并冠心病在糖尿病病人中十分常见,冠心病也是糖尿病合并最多的心血管疾病,发病率可高达55%,且呈逐年上升趋势^[34]。糖尿病病人糖化血红蛋白明显升高,致使红细胞沉降率、C反应蛋白等明显升高,从而诱发冠状动脉粥样硬化形成。对于此类病人一般在常规冠心病治疗基础上联合降糖及降脂治疗,一般选用胰高血糖素样肽1类似物利拉鲁肽等降糖药与阿托伐他汀钙等降脂药物联合,同时进行饮食干预和护理^[35]。血脂与冠心病的形成关系十分密切,血脂升高时脂质可侵入并沉积在冠状动脉壁,引发血管纤维增生,并促进血小板聚集,从而形成冠状动脉粥样硬化,最终导致管腔狭窄与血流减少,造成心脏发生缺血及缺氧改变。冠心病合并高脂血症的治疗应以调节血脂紊乱,减轻心肌缺血缺氧,强化心肌代谢能力为主,从而切实改善心肌功能,临床常用他汀类药物进行降脂治疗。

2.3 生活方式干预

生活方式对冠心病的发病具有重要影响,尤其是对身体机能及免疫水平下降的老年人。针对老年冠心病病人的生活方式干预需要从多个方面入手。首先应劝告病人戒烟戒酒。烟草中尼古丁能引起小动脉痉挛,损伤血管内皮细胞致动脉粥样硬化。而饮酒则与血压水平之间存在密切联系,大量饮酒会增加高血压患病率,进而诱发心脑血管事件。其次在饮食方面,一般要指导病人健康饮食,以清淡、高蛋白食物为主,避免高脂、高盐类食物的摄取。日常生活中多吃蔬菜、水

果及富含 ω -3的不饱和脂肪酸的深海鱼;限制饱和脂肪与反式脂肪的摄入量等。饮食控制应同时与运动干预相结合,指导病人做适当、适量的运动,可以帮助促进血液微循环,有利于调节血管压力。运动方式应以有氧运动为主,如散步、太极等。健康运动可以逐步改善病人健康生活状态,提升心脏活力。在饮食能量摄取与体力活动消耗热能间应当取得平衡,以达到或保持健康体重的目的。对冠心病病人来说,体重管理是很有必要的。体质指数增高是冠心病发病的独立危险因素,冠心病导致的心血管不良事件的发病率也随体质指数的上升而增高,体重已经成为监测冠心病生活方式中的一项重要指标。相关研究建议冠心病病人应该将体质指数控制在 24 kg/m^2 以下^[36]。

2.4 定期医学检查

冠心病的诊断一般需要通过心电图(ECG)、冠状动脉CT、冠状动脉血管造影等得到明确证实。心电图为目前心血管疾病的主要诊断方案,具有简便快捷、无创等优点,可对病人静息状态下心电变化进行记录,显示心电生理活动异常改变,有助于临床早期诊断。冠状动脉CT一般是采用多层螺旋CT技术利用多层面数据采集、高时间与高空间分辨率地开展心脏与冠状动脉成像,可以检测密度较低纤维钙化病变,对冠心病心肌灌注等情况进行定量评价。而冠状动脉造影被认为是冠心病诊断的金标准,可帮助临床明确病变血管的位置及狭窄程度。但这种方法具有侵入性强、重复性差、成本高的缺点,应用受到很大限制。通过定期进行心电图、冠状动脉CT及冠状动脉造影等检查可以及时判断冠心病病人的疾病进程,尽早对其进行干预,减少心血管不良事件的发生。糖尿病和高脂血症是诱发冠心病的主要危险因素。在冠心病病人中糖尿病的患病率很高,而糖代谢异常又会对冠心病病人产生显著不利的影响。因此,在临床工作中,应将血糖检测作为冠心病病人的常规检查项目之一。而血脂的定期检测,可以帮助了解病人的疾病进展情况,并及时进行相关治疗。

2.5 多重用药管理

老年冠心病病人往往同时合并多种疾病,除了对于冠心病的管理外,治疗合并症带来的多重用药问题也需要引起关注和重视,多重用药管理是冠心病药物管理的重要组成部分,对病人远期预后等具有重要意义。尤其对于临床病人可能存在的重复用药、过度用药、药物相互作用等问题,需要根据病人的年龄、肝肾功能、药物机制等因素进行综合调整和优化,以达到最

佳的治疗效果并最大限度地减少药物副作用风险。

要点 2: 老年冠心病的综合管理

- 1) 冠心病的治疗管理。
- 2) 冠心病合并症及危险因素控制。
- 3) 生活方式干预。
- 4) 定期医学检查。
- 5) 多重用药管理。

3 老年冠心病病人出院评估的 AI 模型研究

出院评估也称出院准备度,最早于 1979 年由 Fenwick^[37]提出,是指医护人员对病人生理及心理状态进行评估,依此判断其是否符合出院条件。良好的出院准备度可以提升病人出院后的生活质量,降低再次入院的风险。出院准备不只局限于出院当天,而是包含住院期间、出院时、出院后的整个过程,良好的出院准备度包括有效的出院健康教育、完善的出院计划和规范的出院标准^[38]。既往研究显示,婚姻、性别、收入、居住地、受教育程度、出院指导质量、是否合并其他慢性病等都是影响出院评估的重要因素^[39-40]。AI 可以快速对大量临床数据进行分析,满足当前对疾病辅助诊疗和防治的信息化及便捷化的需求。近年来,将 AI 技术应用于冠心病等慢性疾病的诊疗中已经成为一种趋势^[41]。在老年冠心病病人的临床管理中,出院风险评估与预后管理是两个至关重要的环节。随着 AI 技术的快速发展,其在医疗领域的应用日益广泛,为冠心病病人的出院评估和预后管理提供了全新的视角和工具。

3.1 基于临床数据的 AI 预测模型

为了高效地进行出院评估干预,研究者们制定了基于信息-动机-行为技巧模型(information-motivation-behavioral skills model, IMB)的干预计划^[42],这是目前临床上使用较多的出院评估干预模型,该模型强调了加强护士与病人之间的联系,通过组建医护小组,指导病人加强自护能力,提高对疾病的认识,来改善病人出院预后^[43]。在 IMB 干预模型的基础上,AI 依托机器学习和深度学习,使得出院评估的模式更加灵活、多样,预后管理更加精准、高效^[44]。

在冠心病辅助诊断方面,目前已有基于混合深度学习形成冠心病预测模型的研究^[45]。该研究通过采集 7 291 例病人的临床数据,使用两种不同的深度神经网络模型和一个循环神经网络模型作为主模型进行训练。主模型训练后的预测结果通过 k-最近邻(k-NN)模型进行二次训练,以提高预测精度。混合模型在测试集上的预测准确率为 82.8%,精确度为 87.08%,召回率为 88.57%,F1 分数为 87.82%,受试者工作特征

(ROC)曲线下面积(AUC)为 0.8。相比于单模型机器学习预测,该混合模型在准确性上有显著提升,可以作为冠心病诊断的辅助工具,有助于临床医生更准确地评估病人的冠心病风险。

另一方面是关于冠心病发生风险的预测。一项基于电子健康记录(electronic health record, EHR)机器学习模型的研究,旨在开发并验证一个能够定量评估冠状动脉疾病(coronary artery disease, CAD)风险的标志物,称为 ISCAD。这一模型通过利用大量 EHR 数据,结合已知风险因素、汇总队列方程和多基因风险评估,以实现 CAD 风险的连续量化评估。模型架构主要基于随机森林算法,通过构建多个决策树来预测 CAD 状态,并生成每个参与者的 ISCAD 评分。这一模型为 CAD 的定量评估提供了一种无创、连续的方法,有助于医生更精细地评估病人的 CAD 风险^[46]。另一研究通过两种数据平衡方法(随机过采样和 SMOTE),基于五种机器学习算法(k 最邻近算法、Logistic 回归、支持向量机、决策树和 XGBoost)构建并比较冠心病风险预测模型。通过单变量分析和逐步逻辑回归,研究者识别并筛选了影响冠心病发生的关键变量作为模型的输入。输出是冠心病风险的预测结果,通常以概率形式表示。这个概率值越高,表示该样本患有冠心病的风险越大。根据这个预测结果,医生可以制定更加个性化的预防和治疗策略,以降低病人发生冠心病的风险。通过构建和比较五种基于机器学习的冠心病风险预测模型,不仅确认了已知冠心病的影响因素,还发现了新的潜在影响因素,为未来优化冠心病预测模型提供了有价值的参考^[47]。

3.2 基于生物样本的 AI 预测模型

AI 辅助冠心病风险预测除了依据病人临床诊疗数据之外,也有研究利用循环蛋白质进行大规模分析从而建立模型,进而推导出 9-protein 风险评分,用于预测冠心病病人的心血管事件风险^[48]。该研究从病人的血浆样本中采集数据,利用修饰过的适体或其他高精度的生物分析技术,在血浆样本中测量特定的 9 种蛋白质生物标志物的水平。基于测量得到的蛋白质水平,计算出每例病人的风险评分。这个评分综合了多种蛋白质的信息,以反映病人未来发生心血管事件的风险。评分越高,表示病人未来发生心血管事件的风险越大。这种评分工具使医生能够定制更加个性化的医疗方案和预防策略,以期达到更好的治疗效果和健康管理。

3.3 基于影像学数据的 AI 预测模型

目前 AI 技术在冠心病中常被应用于影像学数据

的诊断,例如 AI 可以将心电图、冠状动脉 CT、门控核素心肌灌注显像等影像学技术利用各种算法根据所获得的图像信息自动化地做出诊断。传统的诊治依赖于医生的判断,而 AI 技术可以通过学习大量的临床数据,将影像学诊断整理成报告,减轻临床医师的工作量,极大地加快诊断效率,减轻医疗负担。Osei 等^[49]建立的基于深度学习方法,自动从冠状动脉 CT 血管造影(CTA)得到钙化积分的模型,可以通过 AI 技术精准地从 CTA 图像中直接获取钙化积分,进行心血管疾病风险评估,避免对钙化的冗余人工标注,直接从图像中进行分数回归。此外, AI 可以通过算法学习,不断迭代优化影像学检测模型。例如 AI 可以通过算法连续比较同一病人不同时间的 ECG 变化,检测病人新发心力衰竭和心肌缺血情况,还可以对病人重要的 ECG 特征进行提取,且具有较高的测试灵敏度^[50]。此外, AI 技术也被用于老年冠心病相关检查的评估,如国际心血管 CT 协会(Society of Cardiovascular Computed Tomography, SCCT)提出了冠状动脉病变报告和数据库系统(Coronary Artery Disease-RADS, CAD-RAD)^[51]。CAD-RADS 可以对病人冠状动脉狭窄程度进行评级,规范 CTA 报告术语,进而改善影像诊断医师和内科医师的沟通,最终提高医疗质量。Banchhor 等^[52]通过 AI 算法学习血管内超声下斑块和血管壁特征作为新参数提高现有的 CADx 系统对冠心病危险度分层的准确性。AI 技术还可通过 EchoNet Dynamic 深度学习算法使用多个心动周期的信息来最大限度地减少误差并产生一致的结果,通过对 LVEF 的计算评估病人的复查频率,改善病人的生活质量。

要点 3:老年冠心病病人出院评估的 AI 模型

- 1) 基于临床数据的 AI 预测模型。
- 2) 基于生物样本的 AI 预测模型。
- 3) 基于影像学数据的 AI 预测模型。

4 老年冠心病病人出院评估的 AI 技术应用

虽然我国老年冠心病病人出院评估的 AI 技术使用研究已经取得了一定的进展。但是,也应当认识到,我国仍然处于弱 AI 阶段^[53-54],对这一技术的开发应用仍相对较少,目前我国老年冠心病病人出院评估的 AI 技术的应用主要体现在以下几方面。

4.1 “互联网+”健康管理模式

“互联网+”健康管理模式是将互联网、大数据、AI 整合在一起^[55],通过医疗手段对病人进行疾病管理、出院评估、健康咨询等远程医疗服务^[56],这种“互联网+”健康管理模式主要包括掌上医院^[57]、互联网医疗联合体^[58]、县域医疗共同体模式^[59]、远程协作^[60]、互联网

医院^[61]等。这些健康管理模式充分运用互联网和 AI,实现了医疗资源利用的最大化^[62]。程静等^[63]研究发现,使用“互联网+”健康管理模式对冠心病人群进行诊疗和随访,发现可以显著降低病人焦虑和抑郁的水平,依托“线上”模式,避免了病人在医院长时间排队以及减少了直面医生的紧张感^[64]。

4.2 可穿戴设备

可穿戴设备依托可监测设备^[65],能够在病人出院前实时监测冠心病病人心脏健康指数,评估病人是否具备出院条件;也可以在病人出院后,实时评估病人身体状况,早发现,早预警,减少出院后再入院次数,降低复发率^[66]。

4.3 云端慢病智能管理系统

通过智能“云端”结合可穿戴设备^[67],医生可以实时接收到病人当前的状况,并可以实时记录病人信息,医生有针对性地制定健康管理计划,形成有特色的医疗健康小组,可以帮助病人提高疾病认识水平和风险自护能力^[68]。对于老年冠心病病人,这一技术进展极大改善了病人健康数据的实时监测和评估,减少外出就医的不便,提高了冠心病长病程的健康信息管理能力,加强了医患之间的密切性。以上这些基于 AI 的出院评估技术极大地提高了老年冠心病出院评估的精确度和病人管理的效率。AI 可以实时收集生理参数和生活行为数据,并实时监测病人的整体健康状况和疾病进展,实现从过去的单一化评估向多元评估的转变,从而达到降低再入院风险的终极目标^[69-74]。

要点 4:老年冠心病病人出院评估的 AI 技术应用

- 1) 互联网+健康管理模式。
- 2) 可穿戴设备。
- 3) 云端慢病智能管理系统。

5 基于 AI 的老年冠心病出院评估方法推荐

目前仍然欠缺专门针对老年冠心病出院评估方面的 AI 模型,根据既往文献报道及临床实际需求,本共识对于未来此类 AI 模型的可能方向进行了推荐,以期使老年冠心病病人能够获得更为有效的管理并降低再住院风险^[75]。

5.1 个性化评估模型

针对老年病人多病共存和生理功能退化的特性,建议开发一套针对老年冠心病病人的个性化评估模型。这些模型结合临床数据(如年龄、性别、基础疾病等)、生理参数(如心率变异性、血压波动等)以及生活行为数据(如睡眠质量、日常活动量等),构建一个全面的多维度评估体系,以动态反映病人的整体健康状况^[76]。

5.2 早期预警系统

利用机器学习或深度学习^[77]建立早期预警系统,实时监测病人的生理数据和生活习惯变化。当系统检测到可能预示风险增加的异常模式时,立即向医疗团队发送预警,以便及时采取干预措施,如调整药物治疗、强化康复计划或提供心理支持^[78]。

5.3 康复指导与随访管理系统

设计并实施 AI 支持的康复指导系统,根据可穿戴设备传回病人的具体情况,提供个性化康复计划,并监测康复方案的具体指导、执行监督、进度安排等,从而确保病人出院后能够顺利执行康复计划,稳定病情及

预后,改善心血管功能和生活质量。

5.4 健康管理系统

冠心病作为一种慢性疾病,病程较长,很可能存在多地就医、反复住院治疗的情况,能够将其全病程数据进行整合和系统性管理对于疾病诊治及病人管理尤为重要。因此,AI 辅助整合电子健康记录、可穿戴设备数据、远程监测数据等多种数据源,建立病人全病程健康档案备受期待。联合多学科专家,进行数据整合分析,有利于对病人进行高效长程的健康管理^[79]。AI 辅助病人围出院期流程图见图 1。

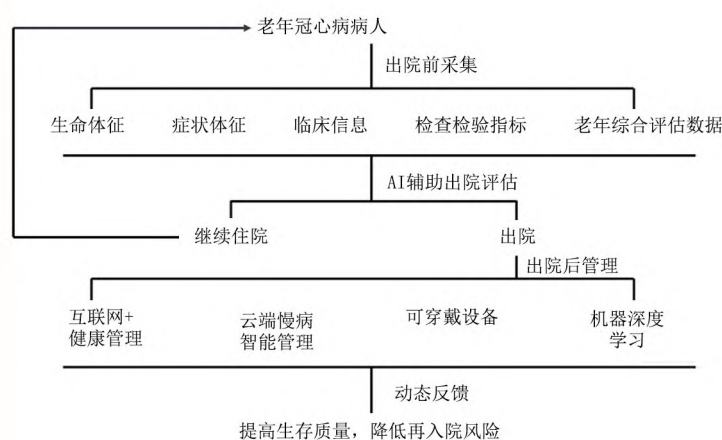


图 1 AI 辅助病人围出院期流程图

通过使用以上推荐的方法,希望构建一个以病人为中心、智能化、动态调整的出院评估体系,指导医疗机构为老年冠心病病人提供更精准、个性化的医疗照护,降低再住院风险,提高生活质量。

6 建议应用场景与人群

在本共识的指导下,AI 在老年冠心病病人出院评估中的应用可以广泛地融入到多个医疗场景,以满足不同病人群体的个性化需求。以下是一些推荐的应用场景和目标人群^[80]。

6.1 临床医院

1)普通心内科病房:对于刚从急性冠状动脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)或其他急性心脏事件中恢复的老年病人,AI 评估系统可用于提供精准的风险预测,指导医护人员制定个性化的随访计划和治疗康复策略。2)重症监护病房(intensive care unit, ICU):AI 评估系统可以实时监测病人生理指标,提供预警,从而降低再入院风险,同时评估康复进展,指导 ICU 出院后的管理。

6.2 基层医疗机构

1)全科诊所:在基层医生资源有限的情况下,AI

评估系统可以辅助诊断,辅助提供标准化的出院评估流程,确保病人在社区获得高质量的管理。2)社区卫生服务中心:使用可穿戴设备,医护人员可以远程监控病人康复进度,提供必要的干预,减少门诊就诊频次,提高医疗资源利用效率。

6.3 家庭护理与远程医疗

1)家庭护理:病人出院后,使用可穿戴设备,持续监控病人生理数据和行为数据,提供及时的预警,并根据反馈调整康复计划。2)远程医疗:通过 AI 技术,专家可以远程参与老年冠心病病人的出院评估,为基层医生提供实时指导,提高诊断和治疗的准确性。

6.4 临床研究

1)临床试验:AI 评估系统可以用于病人筛选和随访管理,提高研究效率,同时降低研究偏倚,确保结果的可靠性和可重复性。2)预后预测研究:通过大数据分析,AI 模型可以发现新的风险因素,为临床实践提供新的指导。

6.5 健康宣讲

人群筛查:在社区健康活动中,AI 眼底图像分析可以作为便捷的筛查工具,早期识别心血管风险,实现

心血管病的预防。通过在这些应用场景中使用基于AI的老年冠心病出院评估系统,可以确保病人在不同阶段都能获得及时、准确、个性化的医疗服务,改善预后,提高生活质量,降低再入院风险。同时,这些应用将有助于打破地域和医疗资源的限制,使优质医疗资源得到更均衡的分配,为所有老年冠心病病人提供更好的健康保障。

要点 5: 建议应用场景

- 1) 临床医院(心内科等)。
- 2) 基层社区。
- 3) 家庭护理与远程医疗。
- 4) 临床研究与预后模型。
- 5) 健康宣讲。

7 展 望

7.1 问题

虽然AI在老年冠心病病人出院评估中展现出巨大的潜力,但实际应用中仍存在以下挑战:

1) 数据质量管控问题有待提高,数据的质量和完整性是影响模型准确性的关键因素,尤其是当数据来源多样或存在缺失时,数据的真实性和可靠性就更加重要。2) AI技术有待推广,我国作为发展中国家,AI技术起步较晚,目前仍处于弱AI时代,许多中老年对AI技术存在不信任和抵触情绪,有待加强大众对这一技术的逐步了解和认可。3) 信息数据存在安全隐患,如何保证病人信息不泄露是AI使用中需重点关注的问题,妥善解决信息安全问题将有助于提高病人对AI的信任度和接受度。

7.2 展望

未来的工作应侧重于以下几点:

1) 提升AI模型的性能,进一步优化深度学习模型,通过引入更先进的算法,使AI模型能够更好地模拟医生的决策过程,识别更复杂的临床模式,并提高风险预测的精确度。确保AI在处理不同来源和类型数据时的稳定性和准确性,增强模型的可解释性,使得医生和病人能够理解模型决策的依据,提高病人对AI的信任度。

2) 优化AI系统的易用性和适应性,使不同年龄段的病人便于操作。

3) 通过跨学科合作,持续优化模型,实现更全面、更精准的老年冠心病病人出院评估,并降低再入院风险及不良事件发生风险。

4) 加强信息安全,构筑更坚固的信息“防火墙”,保护用户个人隐私及信息。社会各界应共同推动AI的规范使用,避免技术滥用。

以上几点将为构建更高效、更个性化的医疗服务体系作出贡献,共同构建起一个以病人为中心的、全球互联的智慧医疗体系。

要点 6: AI 辅助医疗的挑战

- 1) 数据安全性有待提高。
- 2) 技术普及性有待加强。
- 3) 数据来源应当广泛。
- 4) AI模型性能需提高。
- 5) 学科合作医工交叉理念要深入。

起草人: 马丽红、闫思雨

专家组成员: 马丽红(中国医学科学院阜外医院)、杨伟宪(中国医学科学院阜外医院)、李润知(郑州大学)、李虹伟(首都医科大学附属北京友谊医院)、张文生(广州大学计算机科学与网络工程学院)、闫思雨(中国医学科学院阜外医院)、孙颖(首都医科大学附属北京友谊医院)、汤雯(首都医科大学附属北京友谊医院)、杨雪冰(中国科学院自动化研究所)、谢源(华东师范大学)、李书明(北京市朝阳区疾病预防控制中心)、毋媛媛(海南大学)、窦克非(中国医学科学院阜外医院)、田涛(中国医学科学院阜外医院)、宋卫华(中国医学科学院阜外医院)、王天杰(中国医学科学院阜外医院)、王勇(中国医学科学院阜外医院)、赵汉军(中国医学科学院阜外医院)、周宪梁(中国医学科学院阜外医院)、钱杰(中国医学科学院阜外医院)、顾晴(中国医学科学院阜外医院)、陈晖(首都医科大学附属北京友谊医院)、邱惠(首都医科大学附属北京友谊医院)、邢云利(首都医科大学附属北京友谊医院)、王菁(郑州大学)、张坤丽(郑州大学)、牛景昊(中国科学院自动化研究所)、朱运琪(中国科学院自动化研究所)、刘红旭(首都医科大学附属北京中医医院)、邢文龙(首都医科大学附属北京中医医院)、吴红金(北京大学第三医院海淀院区)、张立晶(北京中医药大学东直门医院)、荆鲁(中国中医科学院眼科医院)、马长生(首都医科大学附属北京安贞医院)、何柳(首都医科大学附属北京安贞医院)、陆培培(中国医学科学院阜外医院)

参考文献:

- [1] 谢冰, 苟翠萍, 陈倩, 等. 我国老年人口健康状况分析与思考——基于第六次、第七次全国人口普查数据[J]. 中国初级卫生保健, 2023, 37(5): 38-43.
- [2] 任鑫, 张佳宇, 张美霞. 远程心电监测技术在冠心病病人应用中的研究进展[J]. 中国医疗设备, 2024, 39(1): 144-149.
- [3] 中国心血管病预防指南写作组, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心血管病预防指南(2017)[J]. 中华心血管病杂志, 2018, 46(1): 10-25.
- [4] PIEPOLI M F, HOES A W, AGEWALL S, et al. 2016 European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: the sixth joint task force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease

- prevention in clinical practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts) developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR)[J]. *Atherosclerosis*, 2016, 252:207-274.
- [5] ARNETT D K, BLUMENTHAL R S, ALBERT M A, et al. 2019 ACC/AHA guideline on the primary prevention of cardiovascular disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines[J]. *Circulation*, 2019, 140(11):e596-e646.
- [6] 中国体检人群心血管病危险因素筛查与管理专家共识[J]. *中华健康管理学杂志*, 2015, 9(6):398-412.
- [7] 张娜娜, 周彤, 王茜. 老年冠心病并存衰弱病人运动康复的最佳证据总结[J]. *护理学杂志*, 2023, 38(17):19-24.
- [8] 中华预防医学会健康风险评估与控制专业委员会, 中华医学会心血管病学分会, 中国健康管理协会健康体检分会. 基于眼底图像应用人工智能技术评估心血管病发病风险的专家共识[J]. *中华内科杂志*, 2024, 63(1):28-34.
- [9] DALEN J E, ALPERT J S, GOLDBERG R J, et al. The epidemic of the 20(th) century: coronary heart disease[J]. *The American Journal of Medicine*, 2014, 127(9):807-812.
- [10] 中国心血管健康与疾病报告编写组.《中国心血管健康与疾病报告 2022》概要[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2023, 31(7):485-508.
- [11] 李路. 速速了解老年人的“心脏第一杀手”——冠心病[J]. *山西科技报*, 2024-03-14(A05).
- [12] SHAN L, SAXENA A, MCMAHON R, et al. Coronary artery bypass graft surgery in the elderly: a review of postoperative quality of life[J]. *Circulation*, 2013, 128(21):2333-2343.
- [13] 赵凯, 李永健, 高巧营, 等. 不同剂量尼可地尔对老年冠心病患者造影剂肾病的预防作用[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2018, 20(5):487-490.
- [14] 刘永升. 亚临床甲状腺功能减退对老年经皮冠状动脉介入治疗术后患者预后影响及危险因素研究[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2022.
- [15] 王华, 方芳, 柴珂, 等. 80 岁及以上老年冠心病患者临床病理特点分析[J]. *中华心血管病杂志*, 2015, 43(11):948-953.
- [16] 李小鹰.《高龄老年冠心病诊治中国专家共识》解读[J]. *健康管理*, 2017(3):73-76.
- [17] NEMATİ M H, ASTANEH B. The impact of coronary artery bypass graft surgery on depression and anxiety [J]. *Journal of Cardiovascular Medicine*, 2011, 12(6):401-404.
- [18] CORREA-RODRÍGUEZ M, ABU EJHEISHEH M, SULEIMAN-MARTOS N, et al. Prevalence of depression in coronary artery bypass surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2020, 9(4):909.
- [19] 吴士勇, 国家卫生健康委员会. 2021 中国卫生健康统计年鉴[M]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2021:1-5.
- [20] 中华医学会心血管病学分会, 中国康复医学会心脏预防与康复专业委员会, 中国老年学和老年医学学会心脏专业委员会, 等. 中国心血管病一级预防指南[J]. *实用心脑血管病杂志*, 2021, 29(1):44-64.
- [21] 王玉琼. 多维度协同护理在老年冠心病病人中的应用效果[J]. *中国民康医学*, 2024, 36(12):165-167.
- [22] 张克军, 连光艳. 曲美他嗪联合氯吡格雷对冠心病心绞痛病人心电图、血清 hs-CRP 和 BNP 的影响[J]. *贵州医药*, 2024, 48(6):879-881.
- [23] 赵艳梅, 罗君婷, 凌政, 等. 不同训练强度对 PCI 术后冠心病病人心肺功能的影响[J]. *外科研究与新技术(中英文)*, 2024, 13(2):105-109.
- [24] 闫立楠, 杜林, 张逊, 等. 肺癌合并冠心病的风险因素及治疗进展[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2024, 31(8):1229-1234.
- [25] 张贺翔, 张美玉, 吴琼, 等. 芪参还五胶囊辅助治疗冠心病心功能不全的短期临床疗效[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2024, 22(12):2212-2215.
- [26] 王珣, 张远恒, 张弛. 冠心病 P2Y12 基因多态性与氯吡格雷抵抗的相关性研究[J]. *贵州医药*, 2019, 43(1):19-21.
- [27] 常书福. 冠心病药物治疗进展[J]. *中国临床药理学与治疗学*, 2022, 27(4):405-408.
- [28] 王忠玲. 探讨分析冠心病介入治疗的临床研究进展[J]. *中西医结合心脑血管病电子杂志*, 2020, 8(33):75-76.
- [29] 王钰碧. 老年慢性冠脉综合征诊断预测模型及中医治疗[D]. 北京: 北京中医药大学, 2023.
- [30] 许海燕. 冠心病病人的精细化管理[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2023, 25(7):673-675.
- [31] 王玉昆. 不同他汀类药物对冠心病病人动脉硬化程度、血脂水平的影响[J]. *现代诊断与治疗*, 2024, 35(3):387-389.
- [32] 李勇国, 王艳飞, 马娟. 冠心病病人 β 受体阻滞剂的应用研究及防治[J]. *当代医学*, 2016, 22(33):3.
- [33] 冯泽锐, 赵茂翔, 李雁洁, 等. 老年冠心病合并高血压病人的临床特征及其与全因死亡的关系[J]. *中国分子心脏病学杂志*, 2024, 24(3):6090-6097.
- [34] 梁晶晶, 李小娟. 中医药治疗糖尿病合并冠心病研究进展[J]. *中国中医药现代远程教育*, 2024, 22(10):164-167.
- [35] 赵娜, 刘丽云, 李爱欢. 糖尿病合并冠心病治疗的研究进展[J]. *微量元素与健康研究*, 2023, 40(4):封 2.
- [36] 王亚伟, 田锋. 不同性别动脉粥样硬化差异性研究进展[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2023, 23(9):864-871.
- [37] FENWICK A M. An interdisciplinary tool for assessing patients' readiness for discharge in the rehabilitation setting[J]. *Journal of Advanced Nursing*, 1979, 4(1):9-21.
- [38] 孙鸿燕, 李帆, 陶春花, 等. 金的达标理论在我国临床护理实践中的应用研究进展[J]. *护理研究*, 2017, 31(9):1029-1031.
- [39] 高莉莉, 周宇, 刘梦雅, 等. 病人出院准备度干预策略的国内外研究进展[J]. *护理学报*, 2020, 27(10):28-31.
- [40] 姚丽, 刘娟, 李志宏, 等. 冠心病合并糖尿病病人出院准备度现状及其影响因素研究[J]. *全科护理*, 2020, 18(8):897-901.
- [41] 李展展, 张永强, 杜娟, 等. 人工智能冠脉 CT 血管成像在冠心病及其冠脉病变程度诊断中的一致性分析[J]. *航空航天医学杂志*, 2024, 35(5):526-528.
- [42] 房博, 宁美, 刘雨微, 等. IMB 模型在健康行为及疾病自我管理中的应用进展[J]. *牡丹江医学院学报*, 2022, 43(3):117-119.
- [43] 钟春霞, 魏清风, 熊燕, 等. 基于 IMB 模型的出院准备计划在结直肠癌永久性肠造口病人中的应用[J]. *护理学杂志*, 2020, 35(21):1-4.
- [44] CHADDAD A, PENG J H, XU J, et al. Survey of explainable AI techniques in healthcare[J]. *Sensors*, 2023, 23(2):634.
- [45] LI F, CHEN Y, XU H Z. Coronary heart disease prediction based

- on hybrid deep learning[J]. *Review of Scientific Instruments*, 2024,95(1):015115.
- [46] FORREST I S, PETRAZZINI B O, DUFFY Á, *et al.* Machine learning-based marker for coronary artery disease: derivation and validation in two longitudinal cohorts[J]. *Lancet*, 2023,401(10372): 215-225.
- [47] 岳海涛,何婵婵,成羽攸,等.基于机器学习的冠心病风险预测模型构建与比较[J]. *中国全科医学*, 2024. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0323.
- [48] GAÁNZ P, HEIDECKER B, HVEEM K, *et al.* Development and validation of a protein-based risk score for cardiovascular outcomes among patients with stable coronary heart disease[J]. *JAMA*, 2016,315(23):2532-2541.
- [49] OSEI A D, MIRBOLOUK M, BERMAN D, *et al.* Prognostic value of coronary artery calcium score, area, and density among individuals on statin therapy vs. non-users: the coronary artery calcium consortium[J]. *Atherosclerosis*, 2021,316:79-83.
- [50] 罗秋实,朱红玲,杨晓云.人工智能心电图的现状和未来[J]. *临床心电学杂志*, 2024,33(2):120-125.
- [51] 李东,李慧瑶.解读国际心血管 CT 协会“CAD-RADS 冠状动脉病变报告和数据库系统”[J]. *国际医学放射学杂志*, 2016,39(6):622-624.
- [52] BANCHHOR S K, LONDHE N D, ARAKI T, *et al.* Wall-based measurement features provides an improved IVUS coronary artery risk assessment when fused with plaque texture-based features during machine learning paradigm[J]. *Computers in Biology and Medicine*, 2017,91:198-212.
- [53] 罗祎,何平平,李俊宜.人工智能在心血管疾病中的应用[J]. *当代护士*, 2023,30(10):17-20.
- [54] 李海娟.人工智能主体化的法律应对——以未来强人工智能的出现为视角[J]. *对外经贸*, 2022(10):76-79.
- [55] 李琴兰.“互联网+健康管理”模式探讨及其应用[J]. *中国社会医学杂志*, 2018,35(1):4-6.
- [56] 端木丽,马永超.互联网医疗发展现状及前景调查分析[J]. *医学食疗与健康*, 2019(16):199-201.
- [57] 项高悦.“互联网+”在慢性病管理中的研究与应用[J]. *中国中医药图书情报杂志*, 2019,43(6):6-9.
- [58] 程雪松,张琼瑶.基于“互联网+”的医联体云平台建设实践[J]. *中国数字医学*, 2020,15(1):80-82.
- [59] 申丽君,黄成凤,李乐乐,等.县域医共体模式的探索与实践——以安徽省天长市为例[J]. *卫生经济研究*, 2018(12):7-11.
- [60] 宁静,刘元杰,吴艳乔.四川大学华西第二医院医联体远程医疗的探索与思考[J]. *现代临床医学*, 2020,46(3):205-208.
- [61] 支丽华,邢美园,魏国庆,等.大型综合医院建设“以病人为中心”的互联网医院服务模式[J]. *现代医院*, 2020,20(7):1016-1019.
- [62] 杨玉涵,李燕春,李雪松,等.移动健康在冠心病病人健康管理中的应用研究进展[J]. *中国临床护理*, 2024,16(2):130-133.
- [63] 程静,汤秀梅.“互联网+”健康管理干预模式对冠心病病人的影响[J]. *中国医药导报*, 2019,16(23):160-163.
- [64] CANFELL O J, WOODS L, MESHKAT Y, *et al.* The impact of digital hospitals on patient and clinician experience: systematic review and qualitative evidence synthesis[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2024,26:e47715.
- [65] 翟家明,孙煌,彭云珠.可穿戴远程监测设备在心血管疾病的研究进展[J]. *心血管病学进展*, 2020,41(5):448-451.
- [66] MATTISON G, CANFELL O, FORRESTER D, *et al.* The influence of wearables on health care outcomes in chronic disease: systematic review[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2022, 24(7):e36690.
- [67] 张家齐,赖秋玲.移动式云端健康管理对冠心病病人 PCI 术后营养状况、饮食行为依从性的影响[J]. *当代护士*, 2023,30(3):70-73.
- [68] BRANDS M R, GOUW S C, BEESTRUM M, *et al.* Patient-centered digital health records and their effects on health outcomes: systematic review[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2022, 24(12):e43086.
- [69] 李梅,金鸿雁.“互联网+”重构医疗服务新模式在研究型医院中的应用与发展[J]. *中国研究型医院*, 2020,7(5):71-73.
- [70] 李琦喆,田淑卿.智慧互联网医院新模式的探讨——以宁夏银川市为例[J]. *现代医院管理*, 2018,16(4):29-32.
- [71] TANDON A, DE FERRANTI S D. Wearable biosensors in pediatric cardiovascular disease[J]. *Circulation*, 2019,140(5):350-352.
- [72] 余滨滨,郑瑜,温华聪,等.可穿戴式设备 uCare 与动态心电图检测的临床对比研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2017,32(1):39-43.
- [73] DOLEGA DOLEGOWSKI D, PRONIEWSKA K, DOLEGA DOLEGOWSKA M, *et al.* Application of holography and augmented reality based technology to visualize the internal structure of the dental root—a proof of concept[J]. *Head & Face Medicine*, 2022,18(1):12.
- [74] YE W, ZHANG X, LI T, *et al.* Mixed-reality hologram for diagnosis and surgical planning of double outlet of the right ventricle: a pilot study[J]. *Clinical Radiology*, 2021,76(3):237.e1-237237.e7.
- [75] 马璐,秦庆祝,范晓青,等.冠心病病人多学科健康管理效果及再住院时间预测模型构建[J]. *齐鲁护理杂志*, 2023,29(5):32-36.
- [76] EURLINGS C G M J, BEKTAS S, SANDERS-VAN WIJK S, *et al.* Use of artificial intelligence to assess the risk of coronary artery disease without additional (non-invasive) testing: validation in a low-risk to intermediate-risk outpatient clinic cohort[J]. *BMJ Open*, 2022,12(9):e055170.
- [77] CHOI B G, PARK J Y, RHA S W, *et al.* Pre-test probability for coronary artery disease in patients with chest pain based on machine learning techniques[J]. *International Journal of Cardiology*, 2023,385:85-93.
- [78] WINTHER S, SCHMIDT S E, RASMUSSEN L D, *et al.* Validation of the European Society of Cardiology pre-test probability model for obstructive coronary artery disease[J]. *European Heart Journal*, 2021,42(14):1401-1411.
- [79] ROWLAND T, NIELSEN-FARRELL J, CHURCH K, *et al.* Technology-enabled population health management: two communities' use of an electronic care alert system[J]. *PM & R*, 2017,9(5S):S75-S84.
- [80] 王艳,何雪,赵翰鹏,等.基于多模态眼底影像数据的人工智能在心血管疾病诊疗中的应用研究[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2023,30(9):1344-1350.

(收稿日期: 2024-08-10)

(本文编辑 王丽)