

· 标准与规范 ·

社区轻度认知功能障碍数字化筛查专家共识(2025 版)

国家老年疾病临床医学研究中心(华西)

老年认知障碍数字疗法联合实验室及社区轻度认知功能障碍数字化筛查中国专家共识工作组

孙雪莲¹ 李昱晓¹ 邓一平¹ 岳冀蓉¹ 于普林² 董碧蓉¹

¹四川大学华西医院老年医学中心 国家老年疾病临床医学研究中心,成都 610041;²北京医院 国家老年医学中心 中国医学科学院老年医学研究院,北京 100730

通信作者:董碧蓉,Email:birongdong@163.com;于普林,Email:pulin_yu@163.com

【摘要】 数字化筛查是将数字技术整合到疾病评估流程中的一种方法,在社区轻度认知功能障碍(mild cognitive impairment, MCI)大规模筛查中发挥着重要作用。本共识通过系统性检索和评估社区 MCI 数字化筛查的现有证据,结合临床、科研和产业部门等多领域专家意见,明确了社区 MCI 数字化筛查相关术语及定义,对数字化筛查的内容及特征、工具的主要分类和应具备的基本要素、适宜对象、筛查频率及管理策略等问题提出了 12 条推荐意见,讨论了未来发展方向,旨在帮助优化 MCI 的早期诊疗策略,推动数字化筛查在社区中老年人脑健康管理中的良性发展。

【关键词】 轻度认知功能损害; 数字化筛查; 社区; 专家共识

基金项目:国家自然科学基金委员会重大研究计划项目(92248304);四川省“十四五”生命健康重大专项“儿童和老年人群重点疾病防治研究”(2022ZDZX0021);四川大学华西医院 Max Cynader 脑科学院士工作站项目(HXYS19005)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2025.03.002

Chinese expert consensus on digital screening for mild cognitive impairment in the community (2025 edition)

National Clinical Medical Research Center for Geriatric Diseases, West China Hospital, Sichuan University; Joint Laboratory of Digital Therapy for Geriatric Cognitive Impairment and the Working Group of Chinese Expert Consensus on Digital Screening for Mild Cognitive Impairment in the Community; Sun Xuelian¹, Li Yuxiao¹, Deng Yiping¹, Yue Jirong¹, Yu Pulin², Dong Birong¹

¹ Center of Gerontology and Geriatrics, National Clinical Research Center for Geriatrics, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China; ² Beijing Hospital, National Center of Gerontology; Institute of Geriatric Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China

Corresponding author: Dong Birong, Email: birongdong@163.com; Yu Pulin, Email: pulin_yu@163.com

【Abstract】 Digital screening incorporates technology into the disease assessment process and plays a significant role in large-scale screening for mild cognitive impairment (MCI) within communities. This consensus systematically reviews and evaluates the existing evidence regarding the effectiveness of digital screening for MCI in these settings. The working group has integrated the perspectives of experts from diverse fields, including clinical practice, scientific research, and industry, to clarify the definitions of digital-related terms. Furthermore, the consensus presents 12 recommendations that outline the main classifications of tools, basic elements to consider, target individuals, screening frequency, and management strategies for digital screening, while also indicating future development directions. The aim is to optimize early diagnosis and treatment strategies for MCI and to promote the advancement of digital screening in cognitive health management for middle-aged and older adults in community settings.

【Key words】 Mild cognitive impairment; Digitalized screening; Community; Expert consensus



Fund Program: National Natural Science Foundation of China(92248304); Research on Prevention and Treatment of Key Diseases in Children and the Elderly under the Major Special Project on Life and Health of Sichuan Province in the 14th Five-Year Plan(2022ZDZX0021); Project of Max Cynader Academy of Brain Workstation, West China Hospital, Sichuan University(HXYS19005)
DOI:10. 3760/cma. j. issn. 0254-9026. 2025. 03. 002

全球人口已进入老龄化阶段,痴呆是导致老年人失能和死亡的主要原因之一^[1]。全球痴呆患者超过 5 500 万,每年新增约 1 000 万例^[1-2]。截至 2018 年,我国 60 岁及以上老年人痴呆患病人数约为 1 507 万(6.0%)^[2-3],患病率增速(5.6%)约为全球平均增速的 3 倍(1.7%)^[3]。轻度认知功能障碍(mild cognitive impairment,MCI)是介于认知正常和痴呆之间的中间阶段,指记忆力或其他认知功能进行性减退,但尚未影响日常生活能力,且未达到痴呆的诊断标准^[4-5]。MCI 的认知功能损害涉及记忆力、注意力、感知觉、定向力、执行功能、逻辑推理、语言功能等 1 个或多个方面^[5]。MCI 预示老年人健康状况下降,增加社区老年人的全因死亡风险^[6]。2018 年我国 60 岁及以上人群 MCI 患病率约 15.5%(约 3 877 万)^[2],每年有 10%~15% 的 MCI 患者发展为痴呆^[4]。庞大的痴呆群体给患者、家庭以及社会均带来了沉重的医疗、照护和经济负担^[1]。MCI 是早期防控痴呆的关键阶段,社区老年人是痴呆防控的重点人群^[4,7-9]。广泛、精准、高效的社区 MCI 筛查是早期防控痴呆的关键措施之一。过去二十年,数字化技术的发展为社区 MCI 筛查及痴呆的早期防控提供了新契机。中老年人对电子产品的接受度上升,使面向社区、居家及个体等非临床环境来实施 MCI 数字化筛查具有更大潜力。制定社区 MCI 数字化筛查中国专家共识,有利于促进社区 MCI 数字化筛查的良性发展,实现更大规模、更精准、更高效的社区 MCI 早筛和早控,为传统痴呆防控策略提供有效补充。

一、共识的制定

本共识结合国内外文献研究及 MCI 社区筛查

工作现况,确立了社区 MCI 风险人群的数字化筛查相关临床问题。共识制定组建了秘书组、撰稿组和专家组。秘书组负责设计专家意见征询问卷及信息联络。撰稿工作组在国内外医学数据库(Pubmed、Embase、Web of Science、万方医学网、中国知网)系统检索了 1990 年 1 月至 2024 年 2 月的文献,关键词包括“mild cognitive impairment”“MCI”“mildly cognitive”“dement *”“Alzheimer *”“digital biomarkers”“digital”“digitized”“digitalized”“telemonitoring”“e-health”“phone”“computer”“computerized”“tablet”“wearable”“sensor”“assessment”“monitor *”“screen *”“detect *”“predict *”“diagnos *”“classif *”“communit *”“neighborhood *”“轻度认知障碍”“痴呆”“阿尔茨海默病”“数字化”“电子化”“社区”,纳入荟萃分析、系统评价、随机对照试验、队列研究,排除不相关及研究信息不全的研究,质量评价参考证据推荐分级的评估、制订与评价(the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation, GRADE)系统分级标准(证据质量分为 ABCD4 个级别,推荐强度分为 1 和 2 两个级别,见表 1),并结合近 3 年相关指南、专家共识,拟定本共识标准初稿。工作组通过线下会议、多媒体会议及邮件咨询等方式广泛征求意见,对关键内容及推荐意见共开展了 3 轮改良德尔菲法问卷调查及多轮修订。对于缺乏循证医学证据的情况,共识的推荐意见根据专家的专业知识和临床经验,由专家组经过充分讨论及审查后确定。

表 1 GRADE 证据质量和推荐强度分级评价系统

级别	详细说明
证据等级	
高(A)	非常确信真实值接近观察值
中(B)	对观察值有中等程度信心;真实值有可能接近观察值,但仍存在两者不同的可能性
低(C)	对观察值的确信程度有限;真实值可能与观察值不同
极低(D)	对观察值几乎没有信心;真实值很可能与观察值不同
推荐等级	
强推荐使用(1)	充分考虑了证据质量、综合医疗服务水平、患者可能的预后情况和治疗成本形成最终的推荐意见
弱推荐使用(2)	证据价值存在一定不确定性,或可能存在较高的技术要求和治疗成本,倾向于低级推荐

注:GRADE 系统,证据推荐分级的评估、制订与评价系统。



二、社区 MCI 数字化筛查

1. 术语及定义:(1)社区(community):指一定数量的人口通过特定的组织类型,聚居在具备一定规模设施的地域范围内,组成具备一定文化特征的生活共同体。(2)MCI:介于认知正常和痴呆的中间阶段,指记忆力或其他认知功能进行性减退,但尚未影响日常生活能力,且未达到痴呆的诊断标准。(3)认知筛查和评估:认知筛查是一种快速简便了解个体认知水平的初步测试方法,可以由专业或非专业人员进行;认知评估是通过 1 种或多种测试,更全面了解个体认知水平的测评过程,通常由临床心理学家、神经心理学家等专业人员进行;认知筛查和评估结果不足以单独对病情做出诊断。(4)认知障碍诊断:指临床专业医师根据标准诊断方法,综合患者的认知和精神心理筛查及评估、实验室检验、神经影像学检查和特定生物标志物等结果,对个体的认知障碍患病情况作出专业性、确定性判断的过程。(5)自动化、计算机化和数字化:自动化指在非人为直接参与的情况下,利用控制装置使被控对象或过程自动地按预定的设定运行;计算机化指使用计算机完成由人或其他机器完成的流程或者操作的过程;数字化广义上表示将数字技术整合到操作流程中;狭义的数字化表示将模拟信息转换为数字形式。(6)数字生物标志物:指采用数字化工具及技术采集的个体生理学和行为学等数据,经过计算机处理分析,能客观量化正常生物过程和致病过程对暴露或干预的生物反应程度,反映个体行为和健康状态的特征信息参数,可用于病情评估、监测及辅助诊断。

2. 数字化认知筛查的内容及优势:数字化认知筛查作为传统纸-笔式认知测试的补充,适用于社区大规模人群 MCI 快速筛查^[10],或作为人群初步筛查之后进一步精筛、转诊到各级医疗机构时的神经心理评估辅助方法。数字化认知筛查内容可涵盖单一认知域^[11]、多认知域、总体认知功能^[12],也能对日常生活和社会生活能力、精神行为症状等内容进行测评^[10,13-14]。数字化认知筛查与传统纸-笔式筛查测试相比,具有较多优势:(1)降低对人力资源的需要,更能满足社区 MCI 规模化筛查使用的实际需要^[10];(2)减少在交互式测评中因评估员情绪、文化、语言和重复等因素对测试结果的影响^[15-16];(3)易于扩展筛查范围,覆盖有数字化条件的偏远地区人群,利于从大样本中收集数据并优化筛查的区域化标准^[17];(4)易于初筛后的跟踪、

随访,产生更丰富的纵向数据,利于随时间动态监测 MCI 的进展;(5)根据不同社区的需求和使用场景,可以灵活组合数字化测试的内容模块;(6)数据采集更详细、全面,数字化筛查除了采集认知内容数据,同时也采集受试者的反应性、完成时间、流畅度等数据^[18-20];(7)数字化认知筛查能够利用如支持向量机、卷积神经网络和自然语言处理等智能算法,快速输出结果并提供基于数据的辅助诊疗建议,从而更快速、新颖、高效地对交互数据进行敏感性分析^[4];(8)数据的储存更便捷、易于远程查看^[21],数字化管理更加标准化。

推荐意见 1:数字化认知筛查适用于社区内对大规模人群进行 MCI 快速筛查,也适用于对人群初步筛查后,对认知障碍风险个体进行精细化筛选和转诊至各级医疗机构时的辅助神经心理评估(1A)。

推荐意见 2:数字化认知筛查能够涵盖对单一或多个认知域、整体认知功能、日常生活能力、社会生活能力以及精神行为症状等内容的测评(1A);筛查结果如有认知功能异常,不足以明确诊断,应进一步完善认知评估或转诊至专科门诊及医疗机构(专家共识)。

三、数字化认知筛查工具的分类

根据对传统认知测试的数字化改良、数字生物标志物的集成以及新颖数字技术的融合,数字化认知筛查工具被分类为不同类型。目前,基于测试方法和技术创新,数字化认知筛查工具可分为以下 3 种主要类型:I 类:传统纸-笔式量表的数字化版本;II 类:改良的数字化工具;III 类:数字生物标志物及衍生工具。根据是否需要主动参与,可分为主动任务型和被动任务型工具。根据涉及认知领域,数字化工具可以分为单一认知域(记忆力、注意力、执行功能、逻辑推理、视空间、定向力等)和多认知域测试工具。

1. 传统纸-笔式量表的数字化版本:传统纸-笔式量表的数字化版本工具,指仅将传统纸-笔式认知量表转换为电子化版本,是标准神经心理测试在计算机、平板电脑及智能手机等数字设备上的应用,可测试单一认知域和多认知域。其中,单独对记忆域测试的工具如面孔-姓名联想记忆测试简表(short form of the face-name associative memory exam,FACEmemory(R))^[11];对多认知域测试工具如痴呆快速筛查测试日文版(Japanese version of the rapid dementia screening test, RDST-J)^[22],数字化蒙特利尔认知评估-北京版(computerized



tool for Montreal cognitive assessment-Beijing version, MoCA-CC)^[23], 简易精神状态检查 (mini-mental state examination, MMSE) 和阿尔茨海默病评定量表认知部分 (Alzheimer's disease assessment scale-cognitive subscale, ADAS-cog) 的电子化系统^[10,24], 计算机适应性剑桥认知测试 (Cambridge cognitive examination-computerized adaptive testing, CAMCOG-CAT)^[25]、数字化老年认知能力自我测验 (digitally translated self-administered gerocognitive examination, eSAGE)^[26]。此外, 评估多认知域功能的手写/绘画相关测试也较为丰富, 如数字化画钟测试^[27]、画五边形测试^[28]、Rey-Osterrieth 复杂图形筛查系统^[29]等。传统测试的数字化版本工具诊断性能总体较好, 操作引导更标准、规范, 结果更便于统计与追踪。

2. 改良的数字化工具: 改良的数字化工具基于传统测试, 通过引入新的范式、组合或算法形成特定的测试方法。其中, 单独记忆领域测试 (如计算机化短期记忆测试^[30]) 和多认知领域测试, 如计算机化简易认知测试 (computer-based micro-cognition test, Micro-cog)^[31]、基于平板电脑的加州大学旧金山分校-脑健康测试 (tablet-based university of California, San Francisco, brain health assessment, UCSF-BHA)^[32]、剑桥自动化神经心理测试-配对联想学习 (Cambridge neuropsychological test automated battery-paired associates learning, CANTAB-PAL)^[33]、轻度认知障碍计算机测试 (computer assessment of mild cognitive impairment, CAMCI)^[34-35]、计算机化轻度认知障碍神经心理学筛查 (computer-administered neuropsychological screen for mild cognitive impairment, CANS-MCI)^[36]、电子化认知状态测试 (computerised cognition state test battery, CogState)^[37]、香港警觉记忆测试^[38]、电子版认知筛查 (computerised cognitive screen, CogniScreen)^[39]、电子化轻度认知功能障碍筛查检测系统 (computerized screening test system for mild cognitive impairment, mSTS-MCI)^[40]、北京老龄脑再生计划脑健康系统 (Beijing aging brain rejuvenation initiative brain health system-SCREEN, BABRI-SCREEN)^[41]等。Micro-cog 开发于 90 年代, 作为社区老年人 MCI 及痴呆筛查工具^[31], 是最早的市场化数字认知测试之一, 同时能区分痴呆和抑郁。UCSF-BHA 主要测试记忆、执

行、视觉空间和语言功能^[32]。CogState 是主要测试注意力、处理速度、记忆和执行功能域^[37]。BABRI-SCREEN 包括 3 项电子化测评子项, 即主观认知评估、快速认知测评和情景记忆测试^[41]。随着人工智能技术的发展, 更多的该类工具将被开发、验证及应用, 如我国基于人工智能的认知症多模式筛查工具 (包含数字画钟测验、五边形复制测验、书写能力测验等) 也在测试应用中。改良后的数字化工具优化了测试交互方式, 便于社区的 MCI 筛查, 适用于有一定科普教育基础、配备有相应软硬件设施的社区选用。

3. 数字生物标志物及衍生工具: 数字生物标志物及衍生工具是运用红外、摄像、语音、可穿戴设备等技术手段, 采集认知相关生理学和行为学数字生物标志物, 直接或衍生设计开发, 用以测评认知功能状态。研究显示, 在 MCI 的早期阶段, 患者可能会表现出动作、语言、行走、情绪和睡眠方面的细微异常, 检测相关数字生物标志物的异常可以辅助提高 MCI 和痴呆早期诊断的准确性和敏感性^[42-44]。常见的数字化生物标志物如血压、呼吸、心跳、睡眠、眼动、语音、听力、步态、运动及社交等, 能够以非侵入、连续性、实时性的方式采集, 在健康监测、疾病管理、症状评估、远程监护和个性化医疗等领域有广泛的应用前景^[20,45]。基于我国汉语普通话语音标志物的 6 min 上海认知能力筛查 (Shanghai cognitive screening, SCS), 受试者通过语音交互自主完成测试, 识别 MCI 的受试者操作特征曲线下面积 (area under the curve, AUC) 为 0.84, 适用于在人力资源有限、具备一定数字化条件的社区中, 辅助对中老年人群进行 MCI 筛查及临床认知评估^[21,43]。电子版画钟测试 (digital clock drawing test, DCTclock) 采集绘画中总笔画数、总时间、笔画分配及笔触压力等参数, 区分认知正常但不同病理蛋白状态 $A\beta^+$ 和 $A\beta^-$ 组的 AUC 为 0.72, 优于传统画钟测试^[18]。数字化最大步速和简单认知双任务 (如步行中图片识别、简单计数等) 测试中, 步速变化识别 MCI 的 AUC 分别为 0.74 和 0.81^[46]。数字生物标志物衍生设计的新颖工具, 如任务-游戏式工具, 主要涵盖了日常生活任务的数字化模拟、游戏化测试及多种数字技术整合测试。日常生活任务式测试可模拟购物、自助取款、回家路线规划和自我药物管理等^[47-48]; 游戏化设计工具如计算机版 Klondike 纸牌游戏和情景记忆视频游戏^[49-51]; 多种数字技术整合测试可将日常任务、游戏



和数字技术进行整合,包括虚拟现实技术^[48]、脑电图检测^[52]、眼动追踪^[53-54]、功能性近红外光谱学^[55-56]及影像诊断技术^[57]等技术,如经典虚拟现实超市购物游戏^[58-59]及其中国版^[60]。游戏化筛查工具因其趣味性和挑战性,相比传统数字化测试更能吸引用户,用户在规范的引导下即可自主完成,能吸引更多中老年人群主动参与。Klondike 纸牌游戏对 MCI 诊断性能较好(灵敏度 77.78%、特异度 88.89%、AUC=0.90)^[49]。我国互联网 3 min 版游戏化认知测试(game-based cognitive assessment-3 minute version, G3),该应用测试中筛查效率高、人群接受程度较高、人力成本低,在我国大规模人群认知健康筛查中具有较好的应用潜力^[61-62]。此外,4 min 视空间记忆-眼球跟踪任务测试(visuospatial memory eye-tracking task, VisMET)结合视觉记忆和眼球运动的检测,识别 MCI 的 AUC 为 0.85^[63]。利用车载记录仪获取异常驾驶数据建立的机器学习模型,能识别认知功能正常但 A β ⁺ 的阿尔茨海默病临床前期患者(AUC=0.82)^[64]。

推荐意见 3:社区 MCI 筛查应参考数字化工具的类别及分类依据,更便捷、精准地选择符合社区条件和筛查需求的数字化工具(专家共识)。

推荐意见 4:数字生物标志物主要包括多种生理学和行为学的数字参数,如血压、呼吸、心跳、睡眠、语音、听力、眼动、步态等,能够以非侵入、连续性、实时性的方式采集,辅助提高早期 MCI 诊断的敏感性和准确性(1A);语音数字生物标志物工具易于在多种非临床场景使用,如基于我国汉语普通话语音标志物的 SCS,可以辅助社区大规模人群 MCI 筛查及临床评估(专家共识)。

推荐意见 5:社区人群 MCI 大规模筛查中,根据实施场景和数字化资源配备情况,个性化地结合红外线、摄像、语音、可穿戴设备等技术,丰富 MCI 筛查方法,提高 MCI 筛查性能(1B)。

四、数字化工具筛查性能

社区 MCI 的数字化筛查工具种类繁多,不同工具在设计、验证和应用场景上存在显著差异,这些差异导致目前尚无被广泛认可为最佳的、标准化的 MCI 筛查工具^[65]。数字化工具对 MCI 识别的灵敏度、特异度和受试者操作特征的 AUC 值是良好的筛查性能的判断指标。较多研究证据表明,数字化认知筛查与传统认知测评的诊断性能保持一致或更佳^[23,33-34,43],优先选择 AUC ≥ 0.8 的数字化筛查工具。

国外在数字化认知测试工具的研发上起步较

早,如 Micro-cog 开发于 90 年代,是最早的商业化老年人 MCI 及痴呆数字认知筛查工具之一^[31]。根据对国外人群的验证研究,诊断性能与原始认知测试相近的数字化工具,如 MCI Screen 根据“美国国家老龄化研究所联合会阿尔茨海默病登记处(consortium to establish a registry for Alzheimer's disease, CERAD)十词列表测试”设计^[66],识别 MCI 灵敏度 0.94~0.96,特异度 0.89~1.00,与其原始版本(灵敏度 0.85、特异度 0.91)诊断性能相近^[67]。CANS-MCI 对 MCI 的诊断性能与蒙特利尔认知评估(Montreal cognitive assessment, MoCA)相近,灵敏度分别为 0.89 和 0.90,特异度分别为 0.73 和 0.67^[36]。另一方面,诊断性能优于原始认知测试的数字化工具,如 CANTAB-PAL 主要测试视觉学习关联认知能力,与传统 CERAD 词语列表测试相比,灵敏度均为 0.65,而特异度高于 CERAD(0.96 比 0.86)^[33];CAMCI 诊断性能优于 MMSE,灵敏度分别为 0.86 和 0.45,特异度分别为 0.94 和 0.80^[34]。

近十年来,基于我国人群开发的数字化 MCI 和痴呆早期风险测评工具逐渐增加。部分数字化工具已完成我国人群的验证研究,对于识别 MCI 具有良好的筛查性能,如 MoCA-CC^[23]、BABRI-SCREEN^[41,68]、自动记忆和执行能力筛查工具(automated memory and executive screening, AMSE)^[69]、SCS^[43]、高效在线 MCI 筛选系统(efficient online MCI screening system, EOmcISS)^[70]等。这些工具的测试语言主要为普通话,目标使用场景为社区、居家、初级照护机构及初级保健机构,交互完成方式为系统视听指导下的受测者独立人-机交互测试,认知域主要涉及情景和视空间记忆、定向力、语言、计算、逻辑推理和执行功能等,筛查或诊断性能和标准神经心理测试相近或更优。基于我国人群开发的工具,在文化背景和语言使用方面更具适用性,表 2 对部分工具进行列举及特点总结。

推荐意见 6:数字化 MCI 筛查工具的灵敏度、特异度和 AUC 是评估筛查性能的关键指标,推荐优先选用 AUC 值达到或高于 0.8 的工具(1A)。

推荐意见 7:基于我国人群研发的数字化认知筛查工具在文化背景和语言使用等方面更具适用性,推荐社区大规模人群 MCI 筛查优先选择基于我国人群开发及验证数字化工具,如 SCS、AMSE、MoCA-CC、EOmcISS 等(2B)。



表 2 基于我国人群开发的 MCI 数字化筛查工具列举及特点

工具名及 报告年	工具类别及 主要开发目标	语言及教育 水平要求	测试交互方式 及平均用时	主要认知域	验证人群及 样本量	参考金标准及对 MCI 的诊断性能
MoCA-CC (2014 年) ^[29]	I 类; 根据中文版 MoCA-CC 开发的计算机化 MCI 筛查工具, 易于在社区和临床环境使用	普通话; 受教育程度 4 年及以上	受试者-计算机系统独立交互测试; 约 10 min	记忆、注意力、执行、语言、视觉构建、概念思维、计算和定向等功能	四川成都医疗机构门诊患者及健康体检人群; 受试者总数 181 例、MCI 96 例、健康组 85 例	MoCA-CC 及其他标准神经心理学测试; 筛查 MCI 的 AUC 为 0.97, 95%CI 为 0.95 ~ 1.00, 灵敏度 95.8%, 特异度 87.1%
BABRI-SCREEN (2020 年) ^[41,68]	II 类; 根据 BABRI 队列数据库开发的在线 MCI 快速筛查工具, 适用于记忆门诊和社区人群	普通话; 受教育程度 6 年及以上	受试者-计算机系统独立交互测试; 约 6 min	主观认知评估、情景记忆、定向和计算、注意力、语言流畅和执行能力等	北京 BABRI 队列社区居民; 样本来源于 3 个数据集, 总计 MCI 2 367 例、健康对照组 9 099 例	MMSE 及其他标准神经心理学测试; 筛查 MCI 的 AUC 为 0.730, 95%CI 为 0.671 ~ 0.789, 灵敏度 0.630, 特异度 0.780
AMSE (2023 年) ^[69]	II 类; 开发易于在初级保健机构使用的临床前 AD 及 MCI 自动认知评估工具	普通话	受试者-安卓系统平板电脑独立交互测试; 约 10 min	语言、记忆和执行功能等	上海医疗机构受试人群; 受试者总数 189 例, MCI 43 例, 健康对照组 99 例, 余略	MMSE、MoCA 中文基础版(MoCA-B)及其他标准神经心理学测试; 筛查 MCI 的 AUC 为 0.879, 95%CI 为 0.825 ~ 0.934, 灵敏度 86.05%, 特异度 88.89%
SCS (2023 年) ^[43]	III 类; 基于语音标志物开发的自主性快速认知筛查工具, 适用于社区、居家及初级保健机构	普通话	受试者-智能手机软件(微信小程序)独立交互测试; 约 6 min	视觉记忆、语言和执行功能等	上海医疗机构受试人群; 总纳入 251 例, MCI 80 例, 健康对照组 98 例, 余略	MMSE、MoCA 中文基础版(MoCA-B)、标准神经心理学测试及 3T 结构脑 MRI; 筛查 MCI 的 AUC 为 0.84, 95%CI 为 0.79 ~ 0.84, 灵敏度 0.79、特异度 0.67
EOmciSS (2023 年) ^[70]	II 类; 开发用于社区、居家老年人、老年护理中心的在线自主认知测试工具	普通话; 受教育程度 6 年及以上	受试者-智能手机或平板电脑软件独立交互测试; 约 10 min	抑郁评估及认知评估, 认知评估涉及记忆、视觉注意、视空间和执行功能、认知处理速度等	我国某城市居民(不详); 总计 1 081 例完成测试, 最终纳入 827 例(健康对照 577 例, MCI 250 例, 余略)	MoCA 福州版(C-MoCA)及其他标准神经心理学测试; 筛查 MCI 的 AUC 为 0.912, 95%CI 为 0.868 ~ 0.955, 灵敏度 84.9%、特异度 85.1%

注: MCI, 轻度认知功能障碍; AD, 阿尔茨海默病; MoCA, 蒙特利尔认知评估; MoCA-B, 蒙特利尔认知评估中文基础版; MMSE, 简易精神状态检查; MoCA-CC, 数字化 MoCA-北京版; BABRI-SCREEN, 北京老龄脑再生计划脑健康系统; AMSE, 自动记忆和执行能力筛查工具; SCS, 上海认知能力筛查; EOmciSS, 高效在线 MCI 筛选系统; AUC, 受试者操作特征曲线下面积; 数字化工具分类, I 类为传统测试的数字化版本、II 类为经传统测试改良的数字化工具、III 类为基于数字化生物标志物的工具、IV 类为日常任务-游戏式新颖设计的数字化工具。

五、理想数字化认知筛查工具的基本要素

社区 MCI 筛查的理想数字化工具, 需遵循数字医疗相应管理要求, 基于医学理论、标准认知测试及数字技术方法进行研发, 经过循证医学验证具有不低于原始工具或方法的检测性能, 易于在居家和社区环境规范操作, 应具备的基本要素有自我管理性、时间限制性、语言可用性、响应有效性等。

(1) 自我管理性: 指在具备数字化筛查条件的社区和居家场景, 具有一定认知和行为能力的个体, 经专业人员引导并掌握操作方法后, 自主完成数字化

认知测试, 主动维护和管理自我认知健康的过程^[71]。具有良好自我管理性的数字化工具能降低培训和人员相关的成本^[72-73], 减少引导者对认知测评结果的影响, 利于偏远地区有数字化条件的社区及个体就近获得认知健康服务^[74], 也支持行动受限的个体进行居家远程筛查。

(2) 时间限制性: 社区 MCI 规模性筛查对认知测试用时有较高要求, 测试时长应控制于 5 ~ 10 min, 常见数字化认知障碍筛查工具测试时间: ①国内开发工具测试时间: SCS^[43] 和 BABRI-SCREEN^[41,68] 均约 6 min,

AMSE^[69]、MoCA-CC^[23]和 EOmcSS^[70]均约 10 min;②国外开发工具测试时间:UCSF-BHA^[32]约 10 min, CANTAB-PAL^[33]和 eSAGE^[26]均约 15 min, CAMCI^[34]和 CogState^[37]均约 20 min, CANS-MCI^[36]需 30~50 min。(3)语言可用性:在选择社区 MCI 筛查的数字化工具时,应考虑其语言适用性。国外 CAMCI 仅提供英文版本^[34], eSAGE 提供英文和西班牙文版本^[26], CANS-MCI 提供 4 种语言版本^[36], CogState 提供 40 多种语言版本语言^[37]。我国目前的数字化认知测试工具主要基于普通话语言系统,如 SCS 可识别标准及近似标准的中文普通话^[43], BABRI-SCREEN 为中文语境开发^[41,68]。此外,亟待开发适用于我国不同民族及地方方言的数字化工具。(4)响应有效性:筛查工具是否是匿名和保密的测试过程,能否提供及时的反馈,能否对不同种族、文化和受教育水平的人群进行动态调整测试等是重要的影响因素。响应有效性也受使用者的理解能力、依从性、动机等因素的影响。

推荐意见 8:理想的数字化社区 MCI 工具,需遵循数字医疗相应管理要求;基于医学理论、标准认知测试及数字技术方法进行研发;经过循证医学验证具有不低于原始工具或方法的检测性能;易于在居家和社区环境下规范操作;具有自我管理性、时间限制性、语言可用性、响应有效性等特点(专家共识)。

六、数字化认知筛查工具的社区应用

1. 筛查对象:社区 MCI 数字化筛查需明确主要筛查对象:(1)年龄范围:根据我国国情,60 岁及以上老年人群应作为筛查的主要群体^[4]。痴呆的病理发生可始于临床诊断前 15~20 年^[75],50~60 岁有遗传及其他认知障碍风险因素的中老年人群应纳入早期筛查^[4]。MCI 及痴呆的患病率随年龄增长而上升^[76],应结合实际条件,提高对 80 岁及以上老年人群的筛查覆盖率。(2)受教育程度:低教育程度是认知能力退化的风险因素,该类人群对 MCI 及痴呆的关注度更低、漏诊率更高。受教育程度也影响个体对数字化筛查的接受度和完成度^[77]。低教育程度群体的 MCI 筛查应使用简单直接、易于理解的数字化筛查工具;在开始独立筛查测试前,应给予充分的操作引导,以最大限度地提高筛查的覆盖范围和准确性。(3)伴有其他认知障碍风险因素:痴呆遗传风险、主观认知功能下降、高血压、糖尿病、肥胖、视力和/或听力障碍、癫痫、

脑外伤史、多次全身麻醉史、慢性压力、焦虑和抑郁症、睡眠障碍、吸烟和酗酒、缺乏运动及静坐生活方式、独居、缺乏社交、空气污染等。社区 MCI 筛查应提高对伴有认知障碍风险因素的中老年群体的筛查率和随访率。

2. 实施筛查人员:实施筛查人员的不同会影响社区 MCI 数字化筛查的开展规模和筛查质量。社区人群 MCI 数字化筛查可由专科医师、社区健康保健人员、经培训的志愿者等具有筛查资质的人员完成。老年人是接受社区 MCI 筛查的主要群体,且主要为居家生活和接受社区日间照护的老年人。能正确掌握数字化认知筛查工具使用方法的老年人,在实施社区规模性 MCI 筛查和需要动态监测认知能力变化时,提倡选择自主性数字化认知能力测试工具,由老年人独立完成筛查测试^[23,43,69-70]。

3. 筛查频率:国际老年学和老年病学协会、爱丁堡共识小组指出,提高筛查频率以早期识别 MCI 及干预可治疗性因素,是提高老年群体认知健康水平的关键^[78-79]。根据我国国情,社区 MCI 数字化筛查周期建议 1 年 1 次。研究表明,认知测试结果受季节的影响,如冬季认知测试表现低于春节测试^[80]。因而,季节差异明显的地区,社区 MCI 数字化筛查周期可以 1 年 1 次并每年错开 3 个月以避免季节效应。当个体出现认知功能损害征兆、家人或个体对其认知能力下降持续担忧且经专科门诊评估为认知正常的个体,需个性化提高筛查及随访频率^[81]。不建议频繁筛查,以避免增加假阴性延误诊疗或增加假阳性给个体及家庭带来过度压力。

4. 筛查管理:(1)遵循筛查的知情同意和伦理规范,维护受试者隐私和尊严,确保数据信息在保存及共享等环节的安全性。数字化技术的发展,搭载数字化筛查工具使用的电子化知情同意将成为发展趋势,但老年人群因更难熟悉电子方式,权益更易受损。为维护老年人群等弱势人群的合法权益,实施方应提前给予充分说明,同时提供电子化及传统的知情同意以供选择,应保证知情同意过程和所产生信息的保密性。当老年人采用自主化筛查工具进行远程测试时,应关注与老年人的实时沟通,保证其在远程条件下充分理解内容,电子或远程知情同意的记录应留存并可溯源。(2)根据不同教育程度、地区方言、民族语言和宗教习惯等特定亚组群体的需求,精准选择适用的工具。(3)对筛



查对象适时鼓励,在社区筛查现场,受试者独立筛查测试开始前及结束后、数字化测试程序筛查中,应对筛查对象给予鼓励,增加筛查配合度。(4)引导认知障碍风险个体进一步应用数字化筛查工具在测试完成后快速、自动反馈客观筛查结果,根据测试结果智能化给予诊疗辅助建议,如推荐后续干预方式、生活方式、认知训练小游戏等。社区 MCI 筛查管理团队应引导高风险个体进一步完成专业性的认知评估、风险因素干预指导或转诊至专科门诊及机构。

推荐意见 9:我国 60 岁及以上居家生活和接受社区日间照护的老年人,应作为社区 MCI 数字化筛查的主要群体(1A)。存在认知障碍风险因素的 50~60 岁中老年人群,应纳入早期筛查。结合实际条件,提高对 80 岁及以上老年人群的认知筛查覆盖率(1B)。

推荐意见 10:社区 MCI 数字化筛查需关注的常见的认知障碍风险因素有:教育程度较低、有痴呆遗传风险、主观认知功能下降(尤其是记忆方面)、高血压、糖尿病、肥胖、视力和/或听力障碍、癫痫、脑外伤史、多次全身麻醉史、慢性压力、焦虑和抑郁症、睡眠障碍、吸烟和酗酒、缺乏运动及静坐生活方式、独居、缺乏社交、空气污染等(1B)。

推荐意见 11:社区 MCI 数字化筛查周期建议 1 年 1 次,根据筛查季节效应个性化调整随访的时间间隔(专家共识)。

推荐意见 12:社区 MCI 数字化筛查,建议优先选择受试者能独立完成筛查的数字化工具。筛查的管理需重视遵循知情同意和伦理规范,维护受试者隐私和尊严,对筛查对象进行适时鼓励,引导风险个体进一步诊疗,增强筛查的临床实用性,确保数据信息安全(专家共识)。

七、展望

目前,数字化认知筛查技术处于新兴阶段,数字化工具在认知障碍诊疗领域的应用逐渐增加,但在社区 MCI 规模性筛查中的应用仍存在一定局限性,如数字化技术本身存在数据存储和共享的隐私与安全问题;数字设备的类型、操作系统和版本、软件更新等可能影响认知筛查的准确性;部分数字化筛查需要现场配备专业操作指导人员;既往对数字设备接触少的老年人,可能对数字化筛查的接受度和对工具的使用意愿较低。

未来社区 MCI 数字化筛查的应用建议:第一,数字化认知筛查和评估工具种类繁多,尽管多数工

具依据传统的认知能力评估标准进行了信效度的验证,但证据质量参差不齐,亟待建立 MCI 数字化筛查金标准以及分层使用标准。第二,增强社区、居家等非临床环境的 MCI 数字化筛查与多级认知障碍诊疗机构的数据信息传送,提升筛查的实用性和成效。第三,继续加强对社区人群认知健康的科普教育,提升初级保健工作者的数字化筛查技术,推广数字化认知测评方式。另一方面,数字化认知筛查工具的发展建议:第一,基于我国人群进一步开发受试者能独立完成测试的工具。第二,由于 MCI 在病因、临床表现、进展结局以及预后上存在异质性,数字化认知筛查应重视对 MCI 进行初步分型以辅助后续更精准的诊疗。第三,充分利用测试过程中反应时间、屏幕点击等人机交互参数及绘图、语音、步态、眼动、驾驶等相关参数,发现新的数字化标志物,多角度监测 MCI 的发生及进展过程。第四,强化数据的隐私保护和信息安全,数字化认知障碍筛查的应用需符合《医疗卫生机构网络安全管理办法》等条例的要求。

本共识系统回顾了国内外的 MCI 相关数字化工具及其社区筛查应用的证据和最新研究进展。数字化筛查作为一项新兴的医疗技术,具有良好的应用潜力和发展前景,但其在全球及国内的应用尚处于早期阶段,仍需在更广泛的真实世界研究环境和应用场景中得到验证。未来数字技术的进步和相关临床证据的积累,将促进社区 MCI 数字化筛查工具的升级及应用的推广,优化传统痴呆防控策略。

共识撰写组长:董碧蓉(四川大学华西医院老年医学中心 国家老年疾病临床医学研究中心),于普林(北京医院 国家老年医学中心)

共识主要执笔:孙雪莲(四川大学华西医院老年医学中心 国家老年疾病临床医学研究中心),李昱晓(四川大学华西医院老年医学中心 国家老年疾病临床医学研究中心)

专家委员会成员(按照姓氏笔画排序):丁珂(复旦大学附属华山医院),于普林(北京医院 国家老年医学中心),储节磊(西南交通大学),刘晓红(北京协和医院老年医学科),刘玉萍(四川省医学科学院/四川省人民医院),刘艳(成都市第三人民医院),周厚广(复旦大学附属华山医院),尧德中(电子科技大学),岳冀蓉(四川大学华西医院老年医学中心 国家老年疾病临床医学研究中心),崔理立(广东医科大学/广东省衰老相关脑疾病重点实验室),徐俊(首都医科大学附属北京天坛医院),徐斌(首都医科大学附属复兴医院),董碧蓉(四川大学华西医院老年医学中心 国家老年疾病临床医学研究中心),贾建军(中国人民解放军总医院/北京 301 医院),郭起浩(上海交通大学附属第六人民医院),陈崢(北京老年医院),陈晓春(福建医科大学附属协和医院),陈生弟(上海交通大学医学院附属瑞金医院),陈芹(四川大学华西医院),韩璆(首都医科大学宣武医院)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] 世界卫生组织. 痴呆症实况报告[Z]. 世界卫生组织, 2023.
World Health Organization. Fact report on dementia [Z]. World Health Organization, 2023.
- [2] Jia L, Du Y, Chu L, et al. Prevalence, risk factors, and management of dementia and mild cognitive impairment in adults aged 60 years or older in China: a cross-sectional study [J]. *Lancet Public Health*, 2020, 5 (12): e661-e671. DOI: 10. 1016/s2468-2667 (20)30185-7.
- [3] Jia L, Quan M, Fu Y, et al. Dementia in China: epidemiology, clinical management, and research advances [J]. *Lancet Neurol*, 2020, 19(1): 81-92. DOI: 10. 1016/s1474-4422(19)30290-x.
- [4] 脑认知健康管理中国专家共识制定委员会,《中华健康管理学杂志》编辑委员会. 脑认知健康管理中国专家共识(2023) [J]. *中华健康管理学杂志*, 2023, 17 (12): 881-892. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115624-20230908-00124.
Chinese Expert Consensus Committee on Brain and Cognitive Health Management, Editorial Committee of Chinese Journal of Health Management. Brain cognitive health management China expert consensus (2023) [J]. *Chin J Health Manage*, 2023, 17 (12): 881-892. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115624-20230908-00124.
- [5] 中国痴呆与认知障碍诊治指南写作组, 中国医师协会神经内科医师分会认知障碍疾病专业委员会. 2018 中国痴呆与认知障碍诊治指南(五): 轻度认知障碍的诊断与治疗 [J]. *中华医学杂志*, 2018, 98(17): 1294-1301. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0376-2491. 2018. 17. 003.
Chinese Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Dementia and Cognitive Impairment, Chinese Medical Doctor Association Neurologist Branch of Cognitive Disorders Committee. 2018 Chinese guidelines for the diagnosis and treatment of dementia and cognitive impairment(5): diagnosis and treatment of mild cognitive impairment [J]. *Natl Med J China*, 2018, 98(17): 1294-1301. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0376-2491. 2018. 17. 003.
- [6] 马万瑞, 胡雪, 王立群, 等. 轻度认知功能障碍与社区中老年人群全因死亡风险的关联 [J]. *中华老年医学杂志*, 2023, 42 (3): 272-276. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0254-9026. 2023. 03. 006.
Ma WR, Hu X, Wang LQ, et al. Association between mild cognitive impairment and risk of all-cause death in middle-aged and elderly people [J]. *Chin J Geriatr*, 2023, 42(3): 272-276. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0254-9026. 2023. 03. 006.
- [7] 李皓炜, 齐士格, 王盛书, 等. 中国社区老年人脑认知相关生活方式对早期认知功能下降的影响 [J]. *中华流行病学杂志*, 2024, 45 (1): 63-70. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112338-20230518-00310.
Li HW, Qi SG, Wang SS, et al. The influence of brain cognitive-related lifestyle on early cognitive function decline in Chinese community elderly [J]. *Chin J Epidemiol*, 2024, 45 (1): 63-70. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112338-20230518-00310.
- [8] Sun X, Harris KE, Hou L, et al. The prevalence and associated factors of motoric cognitive risk syndrome in multiple ethnic middle-aged to older adults in west China: a cross-sectional study [J]. *Eur J Neurol*, 2022, 29(5): 1354-1365. DOI: 10. 1111/ene. 15255.
- [9] Ni X, Wu F, Song J, et al. Chinese expert consensus on assessment of cognitive impairment in the elderly [J]. *Aging Med (Milton)*, 2022, 5 (3): 154-166. DOI: 10. 1002/agm2. 12222.
- [10] 中华医学会神经病学分会痴呆与认知障碍学组, 认知数字疗法中国专家共识写作组. 认知数字疗法中国专家共识(2023) [J]. *中华医学杂志*, 2023, 103(9): 640-647. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112137-20221121-02441.
Chinese Society of Dementia and Cognitive Impairment, Consensus Panel on Digital Therapeutics for Cognitive Impairment. Chinese expert consensus on digital therapeutics for cognitive impairment (2023 edition) [J]. *Natl Med J China*, 2023, 103(9): 640-647. DOI: 10. 3760/cma. j. cn112137-20221121-02441.
- [11] Alegret M, Muñoz N, Roberto N, et al. A computerized version of the Short Form of the Face-Name Associative Memory Exam (FACEmemory®) for the early detection of Alzheimer's disease [J]. *Alzheimers Res Ther*, 2020, 12(1): 25. DOI: 10. 1186/s13195-020-00594-6.
- [12] Chu CS, Lee IC, Hung CC, et al. Comparison of the mini-mental state examination and computerized brief cognitive screening test as cognitive screening tools in patients with mild cognitive impairment [J]. *Curr Alzheimer Res*, 2021, 18 (14): 1111-1117. DOI: 10. 2174/1567205018666211215151418.
- [13] Wojtusiak J, Asadzadehzanjani N, Levy C, et al. Computational Barthel index: an automated tool for assessing and predicting activities of daily living among nursing home patients [J]. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2021, 21 (1): 17. DOI: 10. 1186/s12911-020-01368-8.
- [14] Argolo F, Magnavita G, Mota NB, et al. Lowering costs for large-scale screening in psychosis: a systematic review and meta-analysis of performance and value of information for speech-based psychiatric evaluation [J]. *Braz J Psychiatry*, 2020, 42 (6): 673-686. DOI: 10. 1590/1516-4446-2019-0722.
- [15] Alzheimer's Association. 2023 Alzheimer's disease facts and figures [J]. *Alzheimers Dement*, 2023, 19 (4): 1598-1695. DOI: 10. 1002/alz. 13016.
- [16] Lu Y, Fülöp T, Gwee X, et al. Cardiometabolic and vascular disease factors and mild cognitive impairment and dementia [J]. *Gerontology*, 2022, 68 (9): 1061-1069. DOI: 10. 1159/000521547.
- [17] Koo BM, Vizer LM. Mobile technology for cognitive assessment of older adults: a scoping review [J]. *Innov Aging*, 2019, 3 (1): igy038. DOI: 10. 1093/geroni/igy038.
- [18] Rentz DM, Papp KV, Mayblyum DV, et al. Association of digital clock drawing with PET amyloid and Tau pathology in normal older adults [J]. *Neurology*, 2021, 96(14): e1844-e1854. DOI: 10. 1212/wnl. 0000000000011697.
- [19] Yuan J, Libon DJ, Karjadi C, et al. Association



- between the digital clock drawing test and neuropsychological test performance: large community-based prospective cohort (Framingham Heart Study)[J]. *J Med Internet Res*, 2021, 23(6): e27407. DOI:10.2196/27407.
- [20] Yuan J, Au R, Karjadi C, et al. Associations between the digital clock drawing test and brain volume: large community-based prospective cohort (Framingham Heart Study)[J]. *J Med Internet Res*, 2022, 24(4): e34513. DOI:10.2196/34513.
- [21] Huang L, Li Q, Lu Y, et al. Consensus on rapid screening for prodromal Alzheimer's disease in China [J]. *Gen Psychiatr*, 2024, 37(1): e101310. DOI: 10.1136/gpsych-2023-101310.
- [22] Adachi T, Tsunekawa Y, Matsuoka A, et al. Usefulness of the Japanese version of rapid dementia screening test for mild cognitive impairment in older patients with cardiovascular disease: a cross-sectional study[J]. *J Geriatr Cardiol*, 2021, 18(4): 245-251. DOI:10.11909/j.issn.1671-5411.2021.04.001.
- [23] Yu K, Zhang S, Wang Q, et al. Development of a computerized tool for the chinese version of the montreal cognitive assessment for screening mild cognitive impairment[J]. *Int Psychogeriatr*, 2015, 27(2): 213-219. DOI:10.1017/s1041610214002269.
- [24] 蒋平静, 谭小林, 于婷婷, 等. 基于电子化的痴呆与认知障碍早期识别筛查和诊断流程的探讨[J]. *阿尔茨海默病及相关病杂志*, 2021, 4(2): 116-120. DOI: 10.3969/j.issn.2096-5516.2021.02.005.
- Jiang PJ, Tan XL, Yu TT, et al. Study on the process of screening and diagnosis of dementia and cognitive impairment based on electronization[J]. *Journal of Alzheimer's Disease and Related Disease*, 2021, 4(2): 116-120. DOI: 10.3969/j.issn.2096-5516.2021.02.005.
- [25] Wouters H, Zwinderman AH, van Gool WA, et al. Adaptive cognitive testing in dementia [J]. *Int J Methods Psychiatr Res*, 2009, 18(2): 118-127. DOI: 10.1002/mpr.283.
- [26] Scharre DW, Chang SI, Nagaraja HN, et al. Digitally translated self-administered gerocognitive examination (eSAGE): relationship with its validated paper version, neuropsychological evaluations, and clinical assessments[J]. *Alzheimers Res Ther*, 2017, 9(1): 44. DOI:10.1186/s13195-017-0269-3.
- [27] Müller S, Herde L, Preische O, et al. Diagnostic value of digital clock drawing test in comparison with CERAD neuropsychological battery total score for discrimination of patients in the early course of Alzheimer's disease from healthy individuals[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 3543. DOI: 10.1038/s41598-019-40010-0.
- [28] Garre-Olmo J, Faúndez-Zanuy M, López-de-Ipiña K, et al. Kinematic and pressure features of handwriting and drawing: preliminary results between patients with mild cognitive impairment, Alzheimer disease and healthy controls[J]. *Curr Alzheimer Res*, 2017, 14(9): 960-968. DOI: 10.2174/1567205014666170309120708.
- [29] Park JH. Non-equivalence of sub-tasks of the Rey-Osterrieth Complex Figure Test with convolutional neural networks to discriminate mild cognitive impairment[J]. *BMC Psychiatry*, 2024, 24(1): 166. DOI:10.1186/s12888-024-05622-5.
- [30] Dillon H, Boyle C, Gaikwad S, et al. DigiSpan: development and evaluation of a computer-based, adaptive test of short-term memory and working memory[J]. *J Speech Lang Hear Res*, 2024, 67(8): 2729-2742. DOI:10.1044/2024.jslhr-23-00466.
- [31] Green RC, Green J, Harrison JM, et al. Screening for cognitive impairment in older individuals. Validation study of a computer-based test [J]. *Arch Neurol*, 1994, 51(8): 779-786. DOI: 10.1001/archneur.1994.00540200055017.
- [32] Possin KL, Moskowitz T, Erhoff SJ, et al. The brain health assessment for detecting and diagnosing neurocognitive disorders[J]. *J Am Geriatr Soc*, 2018, 66(1): 150-156. DOI:10.1111/jgs.15208.
- [33] Junkkila J, Oja S, Laine M, et al. Applicability of the CANTAB-PAL computerized memory test in identifying amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease[J]. *Dement Geriatr Cogn Disord*, 2012, 34(2): 83-89. DOI:10.1159/000342116.
- [34] Saxton J, Morrow L, Eschman A, et al. Computer assessment of mild cognitive impairment [J]. *Postgrad Med*, 2009, 121(2): 177-185. DOI:10.3810/pgm.2009.03.1990.
- [35] Tierney MC, Lerner MA. Computerized cognitive assessment in primary care to identify patients with suspected cognitive impairment[J]. *J Alzheimers Dis*, 2010, 20(3): 823-832. DOI: 10.3233/jad-2010-091672.
- [36] Ahmed S, de Jager C, Wilcock G. A comparison of screening tools for the assessment of mild cognitive impairment: preliminary findings [J]. *Neurocase*, 2012, 18(4): 336-351. DOI:10.1080/13554794.2011.608365.
- [37] de Jager CA, Schrijnemaekers AC, Honey TE, et al. Detection of MCI in the clinic: evaluation of the sensitivity and specificity of a computerised test battery, the Hopkins Verbal Learning Test and the MMSE[J]. *Age Ageing*, 2009, 38(4): 455-460. DOI: 10.1093/ageing/afp068.
- [38] Fung AW, Lam LCW. Validation of a computerized Hong Kong-vigilance and memory test(HK-VMT) to detect early cognitive impairment in healthy older adults[J]. *Aging Ment Health*, 2020, 24(1): 186-192. DOI:10.1080/13607863.2018.1523878.
- [39] Kingsbury R, Pachana NA, Humphreys M, et al. Utility of a computerised cognitive screen in MCI and depression in an older population[J]. *Aust J Rehabil Couns*, 2010, 16(1): 14-26. DOI: 10.1375/jrc.16.1.14.
- [40] Park JH, Jung M, Kim J, et al. Validity of a novel computerized screening test system for mild cognitive impairment [J]. *Int Psychogeriatr*, 2018, 30(10): 1455-1463. DOI:10.1017/s1041610218000923.
- [41] Yang Y, Lv C, Li H, et al. Community-based model for dementia risk screening: the Beijing Aging Brain Rejuvenation Initiative (BABRI) brain health system [J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2021, 22(7): 1500-1506. e3. DOI:10.1016/j.jamda.2020.12.024.



- [42] Kourtis LC, Regele OB, Wright JM, et al. Digital biomarkers for Alzheimer's disease: the mobile/wearable devices opportunity [J]. NPJ Digit Med, 2019, 2; 1-9. DOI: 10. 1038/s41746-019-0084-2.
- [43] Huang L, Li Y, Wu J, et al. Shanghai cognitive screening: a mobile cognitive assessment tool using voice recognition to detect mild cognitive impairment and dementia in the community [J]. J Alzheimers Dis, 2023, 95(1): 227-236. DOI: 10. 3233/JAD-230277.
- [44] 崔哈, 赵焱婧, 李晶. 轻度认知功能障碍与手精细运动功能 [J]. 中华老年医学杂志, 2024, 43(5): 567-571. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0254-9026. 2024. 05. 003. Cui H, Zhao YJ, Li J. Mild cognitive dysfunction and the hand fine motor function. [J]. Chin J Geriatr, 2024, 43(5): 567-571. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0254-9026. 2024. 05. 003.
- [45] Costa A, Milne R. Detecting value (s): digital biomarkers for Alzheimer's disease and the valuation of new diagnostic technologies [J]. Sociol Health Illn, 2024, 46 (S1): 261-278. DOI: 10. 1111/1467-9566. 13713.
- [46] Wang Y, Yang Q, Tian C, et al. A dual-task gait test detects mild cognitive impairment with a specificity of 91. 2 [J]. Front Neurosci, 2023, 16: 1100642. DOI: 10. 3389/fnins. 2022. 1100642.
- [47] Rapp SR, Barnard RT, Sink KM, et al. Computer simulations for assessing cognitively intensive instrumental activities of daily living in older adults [J]. Alzheimers Dement (Amst), 2018, 10: 237-244. DOI: 10. 1016/j. dadm. 2018. 01. 008.
- [48] Cabinio M, Rossetto F, Isernia S, et al. The use of a virtual reality platform for the assessment of the memory decline and the hippocampal neural injury in subjects with mild cognitive impairment: the validity of Smart Aging Serious Game (SASG) [J]. J Clin Med, 2020, 9(5): 1355. DOI: 10. 3390/jcm9051355.
- [49] Gielis K, Vanden Abeele ME, Verbert K, et al. Detecting mild cognitive impairment via digital biomarkers of cognitive performance found in klondike solitaire: a machine-learning study [J]. Digit Biomark, 2021, 5 (1): 44-52. DOI: 10. 1159/000514105.
- [50] Isernia S, Cabinio M, Di Tella S, et al. Diagnostic validity of the smart aging serious game: an innovative tool for digital phenotyping of mild neurocognitive disorder [J]. J Alzheimers Dis, 2021, 83(4): 1789-1801. DOI: 10. 3233/jad-210347.
- [51] Valladares-Rodriguez S, Fernández-Iglesias MJ, Anido-Rifón L, et al. Episodix: a serious game to detect cognitive impairment in senior adults. A psychometric study [J]. Peer J, 2018, 6: 1-27. DOI: 10. 7717/peerj. 5478.
- [52] Jiao B, Li R, Zhou H, et al. Neural biomarker diagnosis and prediction to mild cognitive impairment and Alzheimer's disease using EEG technology [J]. Alzheimers Res Ther, 2023, 15(1): 1-14. DOI: 10. 1186/s13195-023-01181-1.
- [53] Liu Z, Yang Z, Gu Y, et al. The effectiveness of eye tracking in the diagnosis of cognitive disorders: a systematic review and meta-analysis [J]. PLoS One, 2021, 16 (7): 1-16. DOI: 10. 1371/journal. pone. 0254059.
- [54] Oyama A, Takeda S, Ito Y, et al. Novel method for rapid assessment of cognitive impairment using high-performance eye-tracking technology [J]. Sci Rep, 2019, 9(1): 1-9. DOI: 10. 1038/s41598-019-49275-x.
- [55] Yang D, Huang R, Yoo SH, et al. Detection of mild cognitive impairment using convolutional neural network; temporal-feature maps of functional near-infrared spectroscopy [J]. Front Aging Neurosci, 2020, 12: 141. DOI: 10. 3389/fnagi. 2020. 00141.
- [56] Yang D, Hong KS, Yoo SH, et al. Evaluation of neural degeneration biomarkers in the prefrontal cortex for early identification of patients with mild cognitive impairment: an fNIRS study [J]. Front Hum Neurosci, 2019, 13: 317. DOI: 10. 3389/fnhum. 2019. 00317.
- [57] Gonneaud J, Baria AT, Pichet Binette A, et al. Accelerated functional brain aging in pre-clinical familial Alzheimer's disease [J]. Nat Commun, 2021, 12(1): 5346. DOI: 10. 1038/s41467-021-25492-9.
- [58] Zygouris S, Iliadou P, Lazarou E, et al. Detection of mild cognitive impairment in an at-risk group of older adults: can a novel self-administered serious game-based screening test improve diagnostic accuracy? [J]. J Alzheimers Dis, 2020, 78(1): 405-412. DOI: 10. 3233/jad-200880.
- [59] Eraslan Boz H, Limoncu H, Zygouris S, et al. A new tool to assess amnesic mild cognitive impairment in Turkish older adults: virtual supermarket (VSM) [J]. Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn, 2020, 27 (5): 639-653. DOI: 10. 1080/13825585. 2019. 1663146.
- [60] Yan M, Yin H, Meng Q, et al. A virtual supermarket program for the screening of mild cognitive impairment in older adults: diagnostic accuracy study [J]. JMIR Serious Games, 2021, 9(4): e30919. DOI: 10. 2196/30919.
- [61] 吴静楠, 夏欢欢, 陈楠, 等. 适用于中国老年人认知障碍风险早期筛查的游戏化数字工具的设计和应用 [J]. 中国数字医学, 2023, 18(7): 86-91. DOI: 10. 3969/j. issn. 1673-7571. 2023. 07. 016. Wu JN, Xia HH, Chen N, et al. Design and application of gamified digital tools for early risk screening of cognitive impairment in Chinese elderly people [J]. China Digital Medicine, 2023, 18(7): 86-91. DOI: 10. 3969/j. issn. 1673-7571. 2023. 07. 016.
- [62] 李亚天, 崔理立, 吴静楠, 等. 一款新型三分钟游戏化认知风险筛查工具--基于微信小程序设计和大样本适用性分析 [J]. 中国医疗器械杂志, 2023, 47(5): 492-497. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-7104. 2023. 05. 005. Li YT, Cui LL, Wu JN, et al. A novel three-minute gamified cognitive risk screening tool: based on wechat mini program design and large sample applicability analysis [J]. Chinese Journal of Medical Devices, 2023, 47(5): 492-497. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-7104. 2023. 05. 005.
- [63] Haque RU, Manzanares CM, Brown LN, et al. VisMET: a passive, efficient, and sensitive assessment of visuospatial memory in healthy aging, mild cognitive impairment, and Alzheimer's disease [J].



- Learn Mem, 2019, 26(3): 93-100. DOI: 10. 1101/lm. 048124. 118.
- [64] Bayat S, Babulal GM, Schindler SE, et al. GPS driving: a digital biomarker for preclinical Alzheimer disease[J]. *Alzheimers Res Ther*, 2021, 13(1): 115. DOI: 10. 1186/s13195-021-00852-1.
- [65] Alzheimer's association innovation roundtable: cognitive screening and assessment[Z]. Alzheimer's Association Home; Alzheimer's Association, 2024.
- [66] Müller S, Herde L, Preische O. Diagnostic value of digital clock drawing test in comparison with CERAD neuropsychological battery total score for discrimination of patients in the early course of Alzheimer's disease from healthy individuals[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 35-43. DOI: 10. 1038/s41598-019-40010-0.
- [67] Rafii MS, Taylor C, Coutinho A, et al. Comparison of the memory performance index with standard neuropsychological measures of cognition[J]. *Am J Alzheimers Dis Other Dement*, 2011, 26(3): 235-239. DOI: 10. 1177/1533317511402316.
- [68] 中国老年学和老年医学学会脑认知与健康分会, 中国老年医学学会认知障碍分会. 适用于记忆门诊和痴呆风险筛查的电子化测评工具与应用方案专家共识(2019)[J]. *中华老年医学杂志*, 2019, 38(12): 1317-1321. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0254-9026. 2019. 12. 001.
- Brain Cognition and Health Branch of Chinese Gerontology and Geriatrics Society, Cognitive Disorders Branch of Chinese Geriatrics Society. Expert consensus on electronic assessment tools and application programs for memory clinic and dementia risk screening[J]. *Chin J Geriatr*, 2019, 38(12): 1317-1321. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0254-9026. 2019. 12. 001.
- [69] Huang L, Mei Z, Ye J, et al. AMES: an automated self-administered scale to detect incipient cognitive decline in primary care settings [J]. *Assessment*, 2023, 30(7): 2247-2257. DOI: 10. 1177/10731911221144774.
- [70] Wu J, Tu J, Liu Z, et al. An effective test(EOMciSS) for screening older adults with mild cognitive impairment in a community setting: development and validation study[J]. *J Med Internet Res*, 2023, 25(1): 1-17. DOI: 10. 2196/40858.
- [71] Grady PA, Gough LL. Self-management: a comprehensive approach to management of chronic conditions[J]. *Am J Public Health*, 2014, 104(8): e25-e31. DOI: 10. 2105/ajph. 2014. 302041.
- [72] Scott J, Mayo AM. Instruments for detection and screening of cognitive impairment for older adults in primary care settings: a review [J]. *Geriatr Nurs*, 2018, 39(3): 323-329. DOI: 10. 1016/j. gerinurse. 2017. 11. 001.
- [73] Feenstra HE, Vermeulen IE, Murre JM, et al. Online cognition: factors facilitating reliable online neuropsychological test results [J]. *Clin Neuropsychol*, 2017, 31(1): 59-84. DOI: 10. 1080/13854046. 2016. 1190405.
- [74] Parsons TD, McMahan T, Kane R. Practice parameters facilitating adoption of advanced technologies for enhancing neuropsychological assessment paradigms[J]. *Clin Neuropsychol*, 2018, 32(1): 16-41. DOI: 10. 1080/13854046. 2017. 1337932.
- [75] Semba RD, Tian Q, Carlson MC, et al. Motoric cognitive risk syndrome: Integration of two early harbingers of dementia in older adults[J]. *Ageing Res Rev*, 2020, 58: 1-16. DOI: 10. 1016/j. arr. 2020. 101022.
- [76] Jia L, Du Y, Chu L, et al. Prevalence, risk factors, and management of dementia and mild cognitive impairment in adults aged 60 years or older in China: a cross-sectional study [J]. *Lancet Public Health*, 2020, 5(12): e661-e671. DOI: 10. 1016/S2468-2667(20)30185-7.
- [77] Werner P, Korczyn AD. Willingness to use computerized systems for the diagnosis of dementia: testing a theoretical model in an Israeli sample[J]. *Alzheimer Dis Assoc Disord*, 2012, 26(2): 171-178. DOI: 10. 1097/WAD. 0b013e318222323e.
- [78] Morley JE, Morris JC, Berg-Weger M, et al. Brain health: the importance of recognizing cognitive impairment; an IAGG consensus conference[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2015, 16(9): 731-739. DOI: 10. 1016/j. jamda. 2015. 06. 017.
- [79] Ritchie CW, Russ TC, Banerjee S, et al. The Edinburgh consensus: preparing for the advent of disease-modifying therapies for Alzheimer's disease [J]. *Alzheimers Res Ther*, 2017, 9(1): 85. DOI: 10. 1186/s13195-017-0312-4.
- [80] 陈观群, 王晓妮, 王培昌. 修订版/中国阿尔茨海默病临床前期主观认知下降诊断流程与规范专家共识 [Z]. AD 临床前期联盟, 2019.
- Chen GQ, Wang XN, Wang PC. Revised edition/ Expert consensus on diagnostic procedures and norms of preclinical subjective cognitive decline in Alzheimer's disease in China [Z]. AD Preclinical Alliance, 2019.
- [81] Pottie K, Rahal R, Jaramillo A, et al. Recommendations on screening for cognitive impairment in older adults[J]. *CMAJ*, 2016, 188(1): 37-46. DOI: 10. 1503/cmaj. 141165.

(收稿日期: 2024-07-03)

(本文编辑: 石婧)

