·论　著·

社区老年人轻度认知障碍数字化筛查工具的开发和初步应用

杨丹蕾[1]，苏艺成[1]，石靖雯[1]，汪舜[1]，汪珠[1]，李艳茹[2]，谢晖[1]

摘要：目的 开发社区老年人轻度认知障碍（Mild Cognitive Impairment，MCI）数字化筛查工具，并验证其区分效能，为 MCI 筛查和管理提供参考。**方法** 采用便利抽样法，在蚌埠市 3 个社区招募 287 名老年人，其中正常认知组 141 名，MCI 组 146 名。所有受试者完成研究团队自主研发的社区认知快速筛查工具（Community-based Rapid Cognitive Screener，CRCS）评估，同步完成神经心理学量表评估。比较两组 CRCS 参数的差异，对比 CRCS 与蒙特利尔认知量表北京版（Montreal Cognitive Assessment-Beijing version，MoCA）测试时间，采用偏相关分析检验 CRCS 参数与 MoCA 总分及各认知域的相关性；以 CRCS 核心参数为输入变量，按 7∶3 分为训练集 201 名与测试集 86 名，构建极端梯度提升模型，运用曲线下面积（AUC）等指标评价区分效能。**结果** MCI 组的 CRCS 测试值显著差于正常认知组：词语记忆耗时更长、三词回忆得分更低；画钟测试耗时延长、绘画速度与效率降低、停顿增多；动物流畅性测试中不重复词汇量更少、平均速度更慢（均 $P<0.05$）。CRCS 总测试时间显著短于 MoCA（$P<0.05$）。CRCS 核心参数与 MoCA 总分及各认知域呈强相关：三词回忆得分与记忆力呈正相关，画钟测试耗时与 MoCA 总分呈负相关、与视空间执行能力呈负相关；不重复动物数与 MoCA 总分呈正相关、与语言能力呈正相关（均 $P<0.05$）。基于 17 项核心参数构建的极端梯度提升模型对 MCI 区分效能良好，测试集 AUC 为 0.883。**结论** 基于数字化行为参数的 CRCS 在初步应用中可有效筛查社区 MCI 老年人，具备在社区基层大规模推广应用的潜力。

关键词：老年人；　轻度认知障碍；　数字化；　认知筛查；　筛查工具；　认知功能；　老年护理；　社区护理

中图分类号：R592；R473.2　**DOI：**10.3870/j.issn.1001-4152.2026.20.007

Development and preliminary application of a digital screening tool for mild cognitive impairment among community-dwelling older adults

Yang Danlei, Su Yicheng, Shi Jingwen, Wang Shun, Wang Zhu, Li Yanru, Xie Hui. School of Nursing, Bengbu Medical University, Bengbu 233000, China

Abstract: Objective To develop a digital screening tool for mild cognitive impairment (MCI) in community-dwelling older adults, validate its discriminative performance, and provide a reference for MCI screening and management. **Methods** A convenience sample of 287 older adults was recruited from three communities in Bengbu, including a normal cognition group ($n=141$) and a MCI group ($n=146$). All participants were assessed by using the Community-based Rapid Cognitive Screener (CRCS) developed by our team, alongside a standard neuropsychological battery. CRCS parameters were compared between the two groups, and its administration time was compared with that of the Montreal Cognitive Assessment-Beijing version (MoCA). Partial correlations were computed to assess the relationships between CRCS parameters and MoCA total and domain scores. Core CRCS parameters were used as predictors in an extreme gradient boosting (XGBoost) model, with the sample split into a training set ($n=201$) and a test set ($n=86$) at a 7∶3 ratio. Discriminative performance was evaluated via the area under the curve (AUC) and related indices. **Results** The MCI group showed significantly poorer CRCS performance than that of the normal cognition group, including longer word memory duration, lower three-word recall scores, prolonged clock drawing time with slower speed and lower efficiency, more pauses, fewer non-repetitive animal names, and slower average speed in the animal fluency test (all $P<0.05$). Total CRCS administration time was significantly shorter than that of the MoCA ($P<0.05$). CRCS core parameters were strongly correlated with MoCA total and domain scores: three-word recall was positively correlated with memory; clock drawing time was negatively correlated with MoCA total score and visuospatial/executive function; and the number of non-repetitive animals was positively correlated with both MoCA total score and language ability (all $P<0.05$). An XGBoost model based on 17 core parameters achieved good discriminative performance for MCI, with a test-set AUC of 0.883. **Conclusion** In preliminary application, the CRCS based on digital behavioral parameters can effectively screen community-dwelling older adults with MCI, it demonstrates potential for large-scale implementation in community settings.

Keywords: older adults;　mild cognitive impairment;　digital;　cognitive screening;　screening tool;　cognitive function;　geriatric care;　community health nursing

轻度认知障碍（Mild Cognitive Impairment，MCI）以客观认知功能轻度下降但未影响日常生活能力为特征[1-2]，是阿尔茨海默病防治的关键窗口与最后可逆阶段[3]，约 27.57% 的患者可通过早期干预实现认知逆转[4]。然而 MCI 症状隐匿，容易被误认为是正常衰老。我国 71.4% 的 MCI 患者因此从未就

作者单位：1.蚌埠医科大学护理学院（安徽 蚌埠，233000）；2.蚌埠医科大学第一附属医院消化内科
通信作者：谢晖，hui2122@sina.com
杨丹蕾：女，硕士在读，学生，1162775362@qq.com
科研项目：蚌埠医科大学龙湖英才项目（LH250201002）；2025 年蚌埠医科大学研究生科研创新项目（HLYC2504）
收稿：2026-04-08；修回：2026-06-18

医[5]，导致错失干预时机。《2021 年世界阿尔茨海默病报告》[6]倡导在社区采用简短认知测试进行初筛；我国《应对老年期痴呆国家行动计划（2024－2030 年）》[7]明确提出，到 2030 年老年人认知功能初筛率应达 80％以上。对社区老年人开展 MCI 筛查对早期识别、延缓病程和推动健康老龄化具有重大意义。然而，社区神经心理专业人员严重短缺[8]；纸笔神经心理学量表虽信效度良好[9-10]，但耗时 10～30 min，且须专业人员施测[11-12]，难以大规模普及。数字化认知评估借助计算机或智能设备，以标准化程序呈现认知测试并精准记录行为数据[13]，可客观、量化捕捉认知变化，且对施测者专业背景依赖低，在社区筛查中具有优势[14]。因此，本团队开发了由三词回忆测试、画钟测试与动物流畅性测试组成的数字化筛查工具，通过多维度行为特征量化分析，检测 MCI 早期迹象，旨在为社区 MCI 筛查提供高效、客观、灵敏的工具，促进早期发现与及时干预。

1　资料与方法

1.1　一般资料　采用便利抽样法，于 2025 年 12 月至 2026 年 3 月在蚌埠市龙子湖区东风社区、延安社区、龙河社区招募 60 岁及以上老年人。根据横断面样本量计算公式：$n=Z_{\alpha/2}^2\times p(1-p)/\delta^2$，我国 60 岁及以上老年人 MCI 患病率 p 为 15.5％[5]，容许误差 δ 设为 5％，检验水准双侧 $\alpha=0.05$，$Z_{\alpha/2}=1.96$，计算样本量为 202，考虑 10％样本流失，最少样本量为 225。纳入标准：①年龄≥60 岁；②文化程度小学及以上，可独立完成本研究。排除标准：①有酒精中毒、药物成瘾或严重头部外伤史，致中枢神经系统功能异常；②既往罹患脑卒中或癌症、心肌梗死等严重躯体疾病；③患有帕金森病、原发性震颤等神经精神疾病，或服用抗精神病药、抗抑郁药等可能影响认知功能药物；④手部运动功能障碍，无法完成书写任务。MCI 组还需同时满足美国国立衰老研究所与阿尔茨海默病协会诊断指南[15]及《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》[16]的诊断标准：①主诉或知情者报告的记忆下降至少 6 个月；②蒙特利尔认知评估量表北京版（Montreal Cognitive Assessment-Beijing version，MoCA）[17]评分＜26 分；③简易精神状态检查（Mini-Mental State Examination，MMSE）[18]评分≥24 分；④复杂的工具性日常能力可有轻微损害，但能维持独立的日常生活能力，日常生活活动能力量表（Activities of Daily Living，ADL）[19]评分≤26 分；⑤临床痴呆评定量表（Clinical Dementia Rating，CDR）[20]评分为 0.5 分；⑥经神经内科主任医师确诊，未发生痴呆。采用频数匹配法，先纳入 MCI 组受试者，再按照年龄、性别、受教育程度匹配认知正常组，认知正常组纳入标准：①主诉未出现记忆力下降；②MoCA 评分≥26 分；③MMSE 评分≥24 分；④ADL≤26 分；⑤CDR＝0 分。最终共纳入受试者 287 名，MCI 组 146 名，其中男 69 名，女 77 名；认知正常组 141 名，其中男 70 名，女 71 名。两组性别比较，$\chi^2=0.160$，$P=0.685$。本研究通过蚌埠医科大学伦理审查委员会审批：伦科批字[2026]第 361 号。

1.2　数字化认知筛查工具的研发

1.2.1　组建研究团队　跨学科研究团队分为四组。①设计组（8 人）：老年护理专家 3 人、神经内科医生 2 人、认知心理学专家 3 人。老年护理专家初步确定测试流程及适老化参数；神经内科医师依据 MCI 临床诊断标准，筛选适用于数字化筛查的行为指标；认知心理学专家负责从认知过程的角度，逐一审核测试内容效度。②技术开发组（3 人）：前端工程师 1 人、全栈工程师 1 人、交互设计师 1 人。前端工程师负责测试轨迹采集及停顿检测；全栈工程师负责测试全过程的状态管理及测试数据的生成与储存；交互设计师负责适老化界面和语音交互的设计。③测试反馈组（5 人）：老年志愿者体验初步的筛查工具，反馈使用困难与改进建议。④资料收集组（8 人）：神经心理学量表收集由 6 名护理研究生进行，均通过量表培训并考核合格。数字化筛查工具由另外 2 名护理研究生进行，经过统一培训，熟练掌握设备操作流程。

1.2.2　数字化认知筛查工具的设计原理　美国国立衰老研究所与阿尔茨海默病协会诊断指南[15]提出了多认知域评估理念，国内专家共识进一步明确了 MCI 神经心理评估要求。《阿尔茨海默病源性轻度认知障碍诊疗中国专家共识（2024）》[21]指出，MCI 的神经心理评估应覆盖记忆、语言、注意、执行功能与视空间等核心认知域。《轻度认知损害的神经心理评估专家共识（2025 版）》[22]则从各认知域的工具选择层面上提供了系统指导。在操作层面，《社区轻度认知功能障碍数字化筛查专家共识（2025 版）》[23]允许根据不同社区需求和使用场景，灵活组合数字化测试的内容模块。但如何以最少内容实现高效的多认知域筛查，仍是工具开发的关键问题。现有筛查组合以“记忆＋语言”和“记忆＋注意力”为主导，而“记忆＋视空间”的组合目前较少[24]，提示视空间评估在现有工具中尚未充分覆盖。因此，本工具基于多认知域理念设计，经多轮专家论证与迭代优化，最终确定由三词回忆测试[25]、画钟测试[26]以及动物流畅性测试[27]构建筛查组合。该组合以记忆力、视空间能力、语言能力为核心，测试过程自然覆盖注意力与执行能力，旨在以精简的任务配置实现多认知域评估。最终该工具命名为社区认知快速筛查工具（Community-based Rapid Cognitive Screener，CRCS）。

1.2.3　CRCS 参数提取机制　CRCS 运行于浏览器环境。三词回忆测试中，系统自动保存提交的词语及提交时刻；画钟测试中，系统实时记录触控笔在画布上的每个位置点及其时间，形成连续的笔画轨迹；动

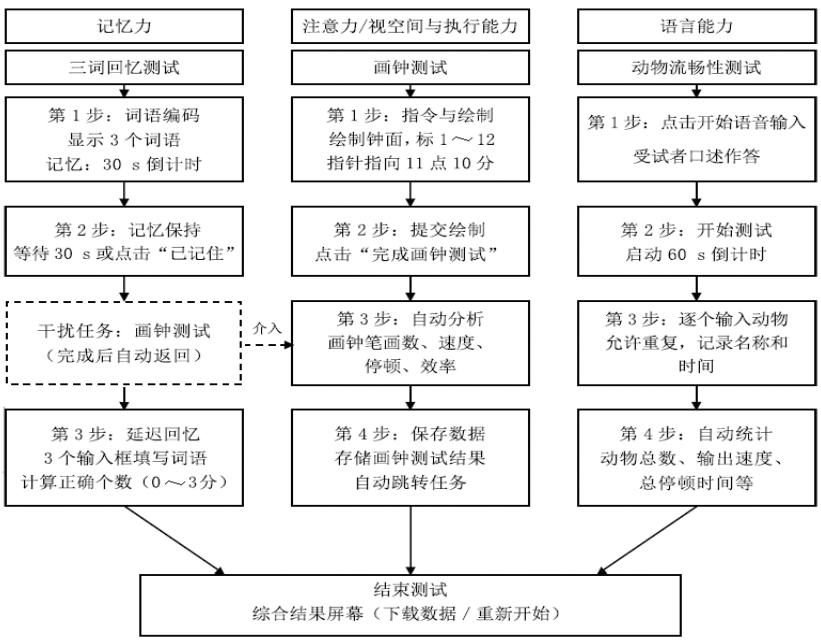
物流畅性测试中，系统调用浏览器内置的语音识别功能，实时将受试者的语音转换为文本，记录动物名称和时间。同时，系统在每项任务的开始、结束及步骤切换时自动记录时间，用于计算各阶段耗时。所有数据本地存储，测试完成后可一键导出。

1.3 资料收集方法

1.3.1 一般资料调查表 由研究者自行设计，调查内容包括受试者的年龄、性别、受教育年限。

1.3.2 神经心理学测评 由护理研究生进行神经心理测评。①MoCA[17]。总分 30 分，覆盖 7 个认知域，受教育年限≤12 年者加 1 分，得分越高认知越好。量表的重测信度 0.811，Cronbach′s α 系数 0.836。②MMSE[18]。总分 30 分，评估 6 项认知维度，得分越高认知越好，以教育校正后＜24 分排除痴呆。量表的 Cronbach′s α 系数 0.86。③CDR[20]。总分为 0～3 分，得分越高损害越重，0 分为正常、0.5 分为 MCI、≥1 分为痴呆。量表的 Cronbach′s α 系数 0.84。④ADL[19]。总分 20～80 分，得分越高损害越重，≤26 分为基本正常。量表的 Cronbach′s α 系数为 0.944。本研究以 MoCA 为标准进行验证。

1.3.3 CRCS 施测流程与数据采集 测试前，研究人员统一对受试者进行简短培训，确保其独立完成 CRCS 测试。测试中，受试者按照标准化流程完成测试，系统自动采集数据。测试后，研究人员现场导出数据，双人核对录入，确保准确性。CRCS 测试流程见图 1，测试采集数据见表 1。



注：画钟测试作为三词回忆测试的干扰任务自动介入；动物流畅性测试独立进行。

图 1 CRCS 测试流程

1.4 统计学方法 采用 R4.4.3 软件进行统计分析，检验水准 α＝0.05。不服从正态分布的连续变量以 $M(P_{25},P_{75})$ 表示，组间比较采用 Mann-Whitney U 检验；分类变量采用 χ^2 检验。配对比较采用 Wilcoxon 符号秩检验。采用偏相关分析 CRCS 参数与认知功能（MoCA 总分及各认知域评分）的相关性，同时控制年龄、性别、受教育年限，并经错误发现率（False Discovery Rate，FDR）校正。以 CRCS 核心参数为输入变量，以是否患有 MCI 为结局变量，按 7∶3 划分训练集与测试集，构建极端梯度提升（XGBoost）模型，以 AUC、灵敏度、特异度、准确率和 F1 分数评价模型区分效能。

2 结果

2.1 两组人口学特征、ADL、MoCA 量表得分比较 见表 2。

2.2 两组 CRCS 各参数测试值比较 见表 3。

2.3 两组 MoCA 测试时间与 CRCS 总测试时间比较 见表 4。

2.4 CRCS 参数与 MoCA 总分及各认知域的偏相关分析 控制年龄、性别及受教育年限后，偏相关分析结果显示，CRCS 中的 22 个参数与 MoCA 总分及 7 个认知域的相关系数为－0.78～0.77，其中三词回忆得分与记忆力呈强正相关（r＝0.55）；画钟测试耗时与 MoCA 总分（r＝－0.78）及视空间与执行能力（r＝－0.72）呈强负相关，画钟平均速度、绘画效率与 MoCA 总分呈强正相关（r＝0.70、0.69）；不重复动物数与 MoCA 总分（r＝0.75）及语言能力（r＝0.77）呈强正相关。四类 CRCS 参数与 MoCA 认知域关联强度及分布特征，见图 2。图 2 左侧为 MoCA 的 7 个认知域，右侧为 CRCS 的 4 个参数类别，连接左右节点的弦表示两者之间存在相关性，弦越宽表示关联性越强。

2.5 XGBoost 模型的区分效能 以单因素分析中筛选得到的 17 项核心参数（均 P＜0.001），以年龄、性别、受教育年限为协变量构建 XGBoost 模型。数据按 7∶3 比例随机划分为训练集 201 名与测试集 86 名，在训练集中进行 5 折交叉验证，在测试集中评估模型区分效能。结果显示，该模型对 MCI 具有良好的区分能力，AUC 为 0.883，模型灵敏度为 82.2%，特异度为 77.3%，准确率为 79.8%，F1 分数为 0.805。

3 讨论

3.1 CRCS 核心参数对 MCI 的筛查价值 三词回忆测试显示，MCI 组词语记忆耗时显著延长，回忆得分

表 1　CRCS 参数及其定义

参数类别	CRCS 参数	定义
回忆类	词语记忆耗时(s)	从显示词语到点击“已记住”或记忆计时归零的时间
	词语回忆输入时间(s)	从出现回忆输入屏幕到用户提交回忆词语的时间
	三词回忆得分	用户正确回忆出的词语数量(满分 3 分)
画钟类	画钟总笔画数	绘画过程中笔尖下压并抬起的次数(即笔画数)
	画钟测试耗时(s)	从显示画钟测试屏幕到用户点击“完成画钟测试”的总时间
	绘画阶段总耗时(s)	从首次落笔到末次抬笔的时间(即实际绘画活动时间,不含画前思考等)
	总移动距离(像素)	笔尖在画布上移动的总路径长度
	画钟平均速度(像素/s)	总移动距离与绘画阶段总耗时之比
	画钟停顿次数	绘画过程笔尖静止超过 2 s 且移动距离小于 2 像素的次数
	画钟总停顿时间(s)	绘画过程中所有停顿段的累计时长
	纯绘画时间(s)	绘画阶段总耗时减去总停顿时间,即笔尖实际移动的时间
	画钟最大单次停顿(s)	绘画过程中单次停顿的最长时间
	绘画效率(像素/s)	总移动距离与纯绘画时间之比
动物类	动物测试总耗时(s)	动物流畅性测试从点击“开始测试”到测试结束(自动计时归零或手动结束)的时间
	动物总数	用户输入的所有动物名称个数(含重复)
	不重复动物数	用户输入的不同动物名称个数(去重后计数)
	重复动物数量	总动物数减去不重复动物数,即重复输入的次数
	动物平均速度(个/min)	每分钟平均输入的动物个数(不含重复),计算公式为(不重复动物数/动物测试总耗时)×60
	动物总停顿时间(s)	动物输入过程中所有超过 2 s 的输入停顿的累计时长
	动物停顿次数	动物输入过程中停顿超过 2 s 的次数
	动物平均停顿时间(s)	总停顿时间与停顿次数之比
综合类	CRCS 总测试时间(min)	从词语记忆开始到动物测试结束的总时长

表 2　两组人口学特征、ADL、MoCA 量表得分比较　　$M(P_{25},P_{75})$

组别	例数	年龄(岁)	受教育年限(年)	ADL(分)	MoCA(分)						
					总分	视空间与执行能力	命名能力	注意力	语言能力	抽象能力	记忆力	定向力
认知正常组	141	73(71,78)	9(6,12)	20(20,21)	26(26,27)	4(4,5)	3(3,3)	4(4,5)	3(3,3)	2(2,2)	4(3,4)	6(6,6)
MCI 组	146	74(72,77)	9(6,12)	22(22,23)	21(20,22)	3(2,4)	3(3,3)	3(3,4)	2(2,2)	2(1,2)	1(1,2)	6(6,6)
Z		−0.463	−0.719	−13.455	−14.930	−9.543	−5.776	−11.672	−14.114	−7.540	−12.132	−6.093
P		0.644	0.470	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 3　两组 CRCS 各参数测试值比较　　$M(P_{25},P_{75})$

组别	例数	词语记忆耗时(s)	词语回忆输入时间(s)	三词回忆得分	画钟总笔画数	画钟测试耗时(s)	绘画阶段总耗时(s)	总移动距离(像素)
认知正常组	141	16.1(12.8,20.8)	30.6(19.1,66.7)	2.0(1.0,3.0)	25.0(21.0,28.0)	55.9(50.2,76.0)	41.6(36.7,60.5)	2 098.8(1 782.3,2 899.3)
MCI 组	146	25.1(15.4,8.9)	27.5(19.7,40.2)	1.0(0.0,1.0)	26.0(20.0,30.0)	106.2(97.6,127.3)	85.1(54.3,93.1)	1 798.5(1 379.0,1 972.7)
Z		−5.944	0.983	7.011	−1.250	−13.137	−9.860	7.557
P		<0.001	0.329	<0.001	0.213	<0.001	<0.001	<0.001

组别	例数	画钟平均速度(像素/s)	画钟停顿次数	画钟总停顿时间(s)	纯绘画时间(s)	画钟最大单次停顿(s)	绘画效率(像素/s)	动物测试总耗时(s)
认知正常组	141	51.2(42.0,61.7)	3.0(2.0,4.0)	0.6(0.3,0.9)	40.8(35.8,60.4)	0.2(0.2,0.3)	54.4(42.7,62.2)	60.0(59.9,60.1)
MCI 组	146	20.9(19.1,28.3)	5.0(4.0,10.0)	2.2(0.9,3.9)	81.6(52.0,90.2)	0.8(0.3,1.0)	21.4(19.4,28.8)	60.1(59.9,60.1)
Z		−13.114	−7.946	−9.120	−9.872	−8.658	−13.052	−0.098
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.917

组别	例数	动物总数	不重复动物数	重复动物数量	动物平均速度(个/min)	动物总停顿时间(s)	动物停顿次数	动物平均停顿时间(s)
认知正常组	141	12.0(11.0,13.0)	12.0(10.0,13.0)	0.0(0.0,1.0)	12.0(11.0,14.0)	48.6(45.1,51.2)	10.0(8.0,11.0)	4.9(4.2,5.5)
MCI 组	146	7.0(5.0,9.0)	7.0(5.0,9.0)	1.0(0.0,3.0)	8.0(6.0,9.0)	48.7(44.6,51.7)	7.0(5.0,8.0)	6.4(5.9,7.6)
Z		−12.669	−12.880	−2.964	−12.573	−0.095	−9.541	−8.771
P		<0.001	<0.001	0.003	<0.001	0.920	<0.001	<0.001

显著更低,而词语回忆输入时间无组间差异。提示时间延长源于记忆编码与提取效率下降,而非打字等运动输出障碍,符合 MCI 以情景记忆损害为核心特征的病理机制[28-29]。与纸笔量表仅关注最终正确率不同,记忆耗时参数可敏感捕捉 MCI 患者的信息加工速度减慢[30],反映海马体功能效率下降[31]。三词回

忆得分与 MoCA 的记忆力呈强正相关($P<0.05$),表明该测试对 MCI 早期记忆衰退具有筛查价值。在未来的临床筛查中,应关注此类简单任务中反应时间与测试得分的综合表现,这比单一的回忆得分更能反映认知系统的记忆效率变化。

表 4　两组 MoCA 测试时间与 CRCS 总测试时间比较

min,$M(P_{25},P_{75})$

组别	例数	MoCA	CRCS	Z	P
认知正常组	141	8.9(8.0,9.3)	3.1(3.0,3.3)	10.304	<0.001
MCI 组	146	10.5(10.0,11.5)	3.8(3.4,4.5)	10.482	<0.001
Z		−12.379	−12.065		
P		<0.001	<0.001		



图 2　四类 CRCS 参数与 MoCA 认知域关联强度及分布特征

画钟测试显示,两组总笔画数无差异,表明基本绘画能力完好。但 MCI 组完成测试时间延长,提示执行加工速度减慢;绘画过程中停顿次数、总停顿时间及最大单次停顿时间均显著增加,反映患者在整合空间信息、回忆钟面结构或规划行动时反复遇到困难,是执行功能障碍的典型表现。研究证实,停顿时间是区分 MCI 与正常人的关键特征[32]。相比于纸笔画钟测试,数字化筛查的过程性参数能够揭示被忽略的认知细节,更敏感地捕捉 MCI 早期执行功能损害[33]。相关性分析进一步显示,画钟测试耗时与 MoCA 总分及视空间与执行能力呈强负相关,表明上述指标可有效反映执行−视空间功能的脑区网络状态,为社区 MCI 筛查提供了客观指标。

动物流畅性测试显示,与认知正常组相比,MCI 组的动物总数、不重复动物数及动物平均速度均显著降低,平均停顿时间显著延长,提示患者存在词语快速提取与输出能力下降。进一步分析发现,不重复动物数与 MoCA 总分及语言能力呈强正相关(均 $P<0.05$),表明该指标既能有效反映 MCI 的整体认知水平和语言功能,也对语言相关脑区功能变化较为敏感。在评估语义检索效率方面,不重复动物数优于单纯的动物总数,是识别 MCI 患者语言相关认知损害的有效指标。未来可将其纳入记忆门诊的快速筛查流程,联合语音心电等数字标志物构建多模态筛查体系[34],辅助医生高效精准完成语言认知域的评估。

3.2　CRCS 的社区筛查优势　本研究发现,两组 CRCS 总测试时间显著短于 MoCA 测试时间(均 $P<0.05$)。这在大规模社区筛查中具有明显的时间优势。单例测试仅 3～5 min,结合标准化施测与自动化记录,有望在不增加社区医护人员负担的前提下,提高 MCI 筛查效率。MCI 认知损害具有高度异质性,单一测试往往难以全面识别[35]。XGBoost 模型能够自动捕捉非线性关系,并有效控制过拟合,基于这一优势,本研究构建的模型整合了多认知域参数,同时纳入年龄、性别、受教育年限作为协变量,可更灵敏地筛查 MCI。在操作层面,该模型仅需输入自动采集的数字化参数及人口学信息,无需人工评分;基于浏览器可任意部署,成本低、维护简单。模型在测试集中 AUC 为 0.883,灵敏度 82.2%,特异度 77.3%,具备良好初筛性能,初筛阳性者可转诊至专科进一步确诊,从而实现医疗资源的优化配置。

4　结论

本研究开发的 MCI 数字化筛查工具,在初步应用中通过数字化行为指标实现了对 MCI 高效、客观的识别。但本研究采用便利抽样,样本量较小且代表性有限,未进行外部验证。因此,当前结果仅视为该工具区分潜力的初步证据。后续将在独立的多中心纵向队列中进行外部验证,审慎推动临床转化。

参考文献:

[1] Petersen R C, Caracciolo B, Brayne C, et al. Mild cognitive impairment: a concept in evolution[J]. J Intern Med, 2014, 275(3): 214-228.

[2] 中华医学会神经病学分会痴呆与认知障碍学组. 阿尔茨海默病源性轻度认知障碍诊疗中国专家共识 2021[J]. 中华神经科杂志, 2022, 55(5): 421-440.

[3] Park M K, Ahn J, Lim J M, et al. A transcriptomics-based machine learning model discriminating mild cognitive impairment and the prediction of conversion to Alzheimer's disease[J]. Cells, 2024, 13(22): 1920.

[4] Xue H, Hou P, Li Y, et al. Factors for predicting reversion from mild cognitive impairment to normal cognition: a meta-analysis[J]. Int J Geriatr Psychiatry, 2019, 34(10): 1361-1368.

[5] 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.

[6] Alzheimer's Disease International. World Alzheimer Report 2021: journey through the diagnosis of dementia [EB/OL]. [2021-09-21][2025-11-03]. https://www.alzint.org/resource/world-alzheimer-report-2021/.

[7] 国家卫生健康委员会, 教育部, 科技部, 等. 应对老年期

痴呆国家行动计划(2024－2030 年)[EB/OL]. [2024-07-15][2025-11-03]. http://www. nhc. gov. cn/lljks/s7907/202407/5f8a9c3f7a8b4c8a9d7e6f5a4b3c2d1e. shtml.

[8] 孙雪,王丽娜,沈鑫华,等. 信息化评估与监测技术在老年认知障碍人群筛查中的应用进展[J]. 中华护理杂志,2021,56(5):699-704.

[9] Tsoi K K F, Chan J Y C, Hirai H W, et al. Recall tests are effective to detect mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis of 108 diagnostic studies[J]. J Am Med Dir Assoc, 2017, 18(9): 807. e17-807. e29.

[10] Tsoi K K F, Chan J Y C, Hirai H W, et al. Cognitive tests to detect dementia: a systematic review and meta-analysis [J]. JAMA Intern Med, 2015, 175(9): 1450-1458.

[11] Liu X, Chen X, Zhou X, et al. Validity of the MemTrax memory test compared to the Montreal Cognitive Assessment in the detection of mild cognitive impairment and dementia due to Alzheimer's disease in a Chinese cohort[J]. J Alzheimers Dis, 2021, 80(3): 1257-1267.

[12] Carson N, Leach L, Murphy K J. A re-examination of Montreal Cognitive Assessment (MoCA) cutoff scores [J]. Int J Geriatr Psychiatry, 2018, 33(2): 379-388.

[13] Öhman F, Hassenstab J, Berron D, et al. Current advances in digital cognitive assessment for preclinical Alzheimer's disease[J]. Alzheimers Dement (Amst), 2021, 13(1): e12217.

[14] Piau A, Wild K, Mattek N, et al. Current state of digital biomarker technologies for real-life, home-based monitoring of cognitive function for mild cognitive impairment to mild Alzheimer disease and implications for clinical care: systematic review[J]. J Med Internet Res, 2019, 21(8): e12785.

[15] Albert M S, Dekosky S T, Dickson D, et al. The diagnosis of mild cognitive impairment due to Alzheimer's disease: recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease[J]. Alzheimers Dement, 2011, 7(3): 270-279.

[16] 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.

[17] 温洪波,张振馨,牛富生,等. 北京地区蒙特利尔认知量表的应用研究[J]. 中华内科杂志,2008,47(1):36-39.

[18] 周小炫,谢敏,陶静,等. 简易智能精神状态检查量表的研究和应用[J]. 中国康复医学杂志,2016,31(6):694-696,706.

[19] 何燕玲,瞿光亚,熊祥玉,等. 老年人日常生活活动能力的评定[J]. 老年学杂志,1990,10(5):266-269.

[20] Morris J C. The clinical dementia rating (CDR): current version and scoring rules[J]. Neurology, 1993, 43(11): 2412-2414.

[21] 中华医学会神经病学分会痴呆与认知障碍学组. 阿尔茨海默病源性轻度认知障碍诊疗中国专家共识 2024[J]. 中华神经科杂志,2024,57(7):715-737.

[22] 中华医学会神经病学分会痴呆与认知障碍学组. 轻度认知损害的神经心理评估专家共识(2025 版)[J]. 中华医学杂志,2025,105(3):204-218.

[23] 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,等. 社区轻度认知功能障碍数字化筛查专家共识(2025 版)[J]. 中华老年医学杂志,2025,44(3):238-249.

[24] Bonvino A, Cornacchia E, Scaramuzzi G F, et al. Digital tools for mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy and methodological challenges[J]. Neuropsychol Rev, 2025, 35(1): 1-28.

[25] Borson S, Scanlan J, Brush M, et al. The Mini-Cog: a cognitive "vital signs" measure for dementia screening in multi-lingual elderly[J]. Int J Geriatr Psychiatry, 2000, 15(11): 1021-1027.

[26] Yuan J, Libon D J, 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.

[27] Morris J C, Heyman A, Mohs R C, et al. The Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease (CERAD). Part I. Clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease[J]. Neurology, 1989, 39(9): 1159-1165.

[28] 昌思琴,黄辰,戴元富,等. VR 训练对轻度认知障碍老年人认知功能的影响及神经机制[J]. 心理科学进展,2025,33(2):322-335.

[29] Marselli G, Favier F, Casagrande M. Episodic and semantic autobiographical memory in mild cognitive impairment (MCI): a systematic review[J]. J Clin Med, 2023, 12(8): 2856.

[30] 史瑶,徐亚林. 蒙特利尔认知评估量表联合延迟回忆部分限时施测应用于老年人轻度认知功能障碍筛查的研究[J]. 中国康复医学杂志,2018,33(1):59-62.

[31] 刘威,陈瑞欣,郭金朋. 应激下人类情景记忆巩固的神经重放机制[J]. 心理科学进展,2024,32(7):1031-1047.

[32] Wang C, Li K, Huang S, et al. Differential cognitive functioning in the digital clock drawing test in AD-MCI and PD-MCI populations[J]. Front Neurosci, 2025, 19: 1558448.

[33] Claus C C, Staekenborg S S, Verweij K H W, et al. The clock drawing test is an important contribution to the Mini Mental State Examination in screening for cognitive impairment[J]. Int J Geriatr Psychiatry, 2023, 38(4): e5914.

[34] 王萌,宋玉磊,殷海燕,等. 语音和心电特征对轻度认知障碍老年人早期筛查的价值研究[J]. 护理学杂志,2025,40(18):23-27.

[35] Hessen E. Mild cognitive impairment and neuropsychological examination [J]. Front Psychol, 2025, 16: 1662151.

(本文编辑　韩燕红)