

• 论 著 •

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

王萌,宋玉磊,殷海燕,梅紫琦,柏亚妹,徐桂华

摘要:**目的** 探讨语音联合心电特征分析在老年人轻度认知障碍早期筛查中的应用价值,为轻度认知障碍早期诊断和个体化护理干预提供参考。**方法** 采用便利抽样法,于2024年7—9月在南京市栖霞区社区招募365名老年人为研究对象,以蒙特利尔认知评估量表-北京版评估结果为金标准,将老年人分为轻度认知障碍组253人和认知功能正常组112人。通过“偷饼干图片”任务采集语音数据,并同步记录心电信号。采用多因素logistic回归分析绘制工作特征曲线并计算ROC曲线下面积,探究语音、心电相关特征对老年人发生轻度认知障碍的预测价值。**结果** 多因素logistic回归分析结果显示,长停顿/总讲话持续时间 loudness_sma3_percentile50.0、匹配分数、HRV_IQRNN、HRV_HTI是发生轻度认知障碍的影响因素(均 $P<0.05$)。ROC曲线提示,语音特征、心电特征ROC曲线下面积(AUC)分别为0.694、0.625,二者联合筛查能力最高(AUC=0.728)。**结论** 语音和心电特征联合分析能够有效提升老年人轻度认知障碍的筛查准确性,为轻度认知障碍高风险人群的早期筛查提供了新的思路。**关键词:**老年人; 轻度认知障碍; 认知功能; 筛查; 语音; 心电信号; 社区护理
中图分类号:R473.2 **DOI:**10.3870/j.issn.1001-4152.2025.18.090

The value of speech and electrocardiogram features in the early screening of mild cognitive impairment among older adults Wang Meng, Song Yulei, Yin Haiyan, Mei Ziqi, Bai Yamei, Xu Guihua. School of Nursing, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

Abstract:**Objective** To explore the application value of combined speech and electrocardiogram (ECG) feature analysis in the early screening of mild cognitive impairment (MCI) among older adults, and to provide a reference for early diagnosis and individualized nursing interventions of MCI. **Methods** A convenience sampling method was adopted to recruit 365 community-dwelling older adults from Qixia District, Nanjing, between July and September 2024. Based on the Montreal Cognitive Assessment-Beijing (MoCA-B), participants were classified into an MCI group ($n=253$) and a cognitively normal group ($n=112$). Speech data were collected through the "Cookie Theft Picture" task, and ECG signals were synchronously recorded. Multivariate logistic regression analysis was used to construct working characteristic curves and calculate the area under the ROC curve (AUC), to evaluate the predictive value of speech and ECG features for MCI in older adults. **Results** Multivariate logistic regression analysis indicated that, long pauses/total speech duration, loudness_sma3_percentile50.0, matching score, HRV_IQRNN, and HRV_HTI were major influencing factors of MCI (all $P<0.05$). ROC curve analysis showed that, the AUC for speech features and ECG features were 0.694 and 0.625, respectively, and the combined screening performance was highest with an AUC of 0.728. **Conclusion** The combined analysis of speech and ECG features can effectively improve the screening accuracy for MCI in older adults, so it provides a new perspective for early screening of high-risk populations. **Keywords:**older adults; mild cognitive impairment; cognitive function; screening; speech; electrocardiographic signals; community nursing

阿尔茨海默病(Alzheimer's Disease, AD)是全球性公共卫生挑战,随着人口老龄化,其发病率持续攀升,对医疗系统和护理工作构成严峻负担^[1-2]。轻度认知障碍(Mild Cognitive Impairment, MCI)是阿尔茨海默病的前驱状态,在我国流行率达15.5%~28.6%^[3-4],约34%的MCI可能进展为阿尔茨海默病^[5],但27.57%的MCI认知功能可逆转^[6]。为提

高认知障碍早期筛查率,《应对老年期痴呆国家行动计划(2024-2030年)》^[7]中要求,截止2030年认知功能初筛率应达80%以上。然而现有筛查主要依赖神经心理学量表,受调查对象教育水平和主观评估影响,其应用受到限制。数字生物标记物为MCI筛查提供新思路,其中语音与心电特征因其可及性和客观性备受关注。MCI患者的额颞叶病变影响语言生成^[8-10]。基于神经内脏整合学说(Neurovisceral Integration Theory),额颞叶异常活动可通过自主神经调控,改变心率变异性(Heart Rate Variability, HRV)等心电特征^[11]反映了认知功能衰退的潜在神经生理机制^[12],然而心电特征在MCI筛查中的价值尚不明确。本研究探讨心电特征在MCI早期筛查中的应用潜力,并评估其与语音联合应用对筛查准确性的提升效果,旨在为MCI早期诊断和个

作者单位:南京中医药大学护理学院(江苏 南京,210023)
通信作者:徐桂华,7115@njucm.edu.cn
王萌:女,硕士在读,学生,wmeng192@163.com
科研项目:国家重点研发计划项目(2023YFC3603602);国家自然科学基金面上项目(72174095);江苏省社会发展面上项目(BE2022802);2024年江苏省研究生科研创新计划项目(KY-CX24_2110)
收稿:2025-04-15;修回:2025-06-24

体化护理干预提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 采用便利抽样法,于 2024 年 7—9 月在南京市栖霞区多个社区招募老年人。本研究预计纳入约 5 个自变量进入预测模型,每个自变量至少需包含 10 例阳性样本,根据文献查阅结果可知,我国老年 MCI 的发病率为 20.8%^[13],据此计算出最低样本量为 241,考虑 15% 的不应答率,所需样本量至少为 284。纳入标准:①年龄≥60 岁;②日常生活活动正常,生活自理或基本自理;③视力或矫正视力基本正常,听觉无明显障碍,能配合完成相关检查;④具有一定的交流沟通能力;⑤知情,同意参与本研究。排除标准:①其他疾病/服用药物导致的认知下降,如帕金森病、癫痫、脑创伤、脑血管病事件、精神障碍(焦虑、抑郁)等;②其他疾病/服用药物导致自主神经功能异常,如心律失常、心力衰竭等;③存在严重听力、视力、语言等功能丧失,无法配合完成调查;④明确诊断为阿尔茨海默病。本研究已通过南京市中医院伦理委员会审批(KY2022004),所有参与者签署了书面知情同意书。

1.2 资料收集方法

1.2.1 一般资料 采用研究团队自行设计的一般资料调查表进行现场收集,内容涵盖性别、年龄、婚姻状况、受教育年限、居住状况、老年痴呆家族史等。

1.2.2 认知功能测评 由受过专业培训的研究人员采用蒙特利尔认知评估量表-北京版(Montreal Cognitive Assessment-Beijing, MoCA-B)^[14]进行认知功能综合评估。量表满分 30 分,涵盖多个认知功能领域,包括视空间与执行能力、命名、注意力、语言、抽象能力、延迟回忆和定向力。对于教育年限≤12 年的受试者,需在总分基础上加 1 分,评估得分<26 分可判定为 MCI。该量表相较于简易精神状态检查量表(Mini-Mental State Examination, MMSE),在检测 MCI 方面具有更高的灵敏度和特异度^[15],能够更早期、更全面地识别认知功能的轻微损害。其具有良好的信效度,重测信度为 0.811, Cronbach's α 系数为 0.836^[16]。

1.2.3 语音数据采集 采用波士顿诊断性失语症检查中的“偷饼干图片”作为语料。该图片作为经典的语言和认知功能评估工具,因其情节结构清晰且涵盖丰富的认知与语言要素,广泛应用于 MCI 患者的语言能力和认知功能评估^[17-18]。研究人员经专业培训后引导受试者首先观察图片 1 min 以熟悉内容,随后在无提示或引导下进行 1 min 的图片内容描述。语音录制使用猛犸 S1 麦克风,固定于衣领处,距口部 10~20 cm,以确保最佳收音效果。音频信号由联想平板电脑以 44.1 kHz 采样频率、16-bit 深度录制,最终保存为单声道 WAV 格式,以确保数据质量和后续

分析的准确性。

1.2.4 心电数据采集 在受试者进行图片描述任务时,实时采集心电信号。心电数据通过单导联心电设备(ECG P6 PLUS)采集,并在联想平板电脑上实时显示、记录和存储。为确保信号质量,设备佩戴前由经过统一培训的研究人员进行清洁和干燥皮肤及电极,并将电极贴附于受试者左侧第 2~3 肋间,以减少噪声干扰,确保最佳信号传导。

1.3 数据处理与特征提取方法

1.3.1 语音数据 对语音数据进行预处理,统一采样率为 44.1 kHz,并应用剪切与去噪技术去除背景噪声。为消除个体差异,对语音特征进行归一化处理^[19]。音频处理使用 Python 中的 librosa 库^[20],特征提取利用 Opensmile 工具^[21],涵盖基频 F0、声谱、能量及时域特征,并计算全局静态长时特征。语义特征提取采用 Wenet 模型进行语音识别^[22],使用 BERT 模型进行文本嵌入,分析匹配分数和涵盖分数,评估语音与文本的相似度及覆盖度^[23]。根据 Opensmile 官网的分类标准^[21],语音特征主要分为四类:时域特征,能量相关特征,频率相关特征,谱特征。此外,本研究分析了语义特征(匹配分数、涵盖分数),用于评估语音与文本之间的相似性^[24]。

1.3.2 心电数据 心电数据的预处理使用 Python 中的 heart Py 库。首先,应用低通和带通滤波消除高频噪声和基线漂移,确保信号清晰。通过 R 波检测算法准确定位心电信号中的 R 波,为 HRV 特征提取奠定基础。特征提取按照国际标准,提取了时域特征(如 SDNN、均值、RMSSD、HRV_HTI)、频域特征(如 LF、HF 及 LF/HF 比值)和非线性特征(如 Poincaré 图几何参数与样本熵),以评估自主神经系统状态及 HRV 的复杂性。

1.4 质量控制 数据采集前所有研究人员经过系统培训,以确保评估流程、沟通方式及设备操作的一致性。采集过程中严格按照标准操作流程执行,确保数据的合规性与准确性。数据采集结束后研究人员现场核对并采用双人双录入,确保数据的完整性与可靠性。

1.5 统计学方法 采用 SPSS29.0 软件进行统计描述、*t* 检验、 χ^2 检验、Mann-Whitney *U* 检验。采用多因素 logistic 回归分析筛选出与认知功能相关的语音、心电特征,绘制受试者工作特征曲线(ROC 曲线)并计算 ROC 曲线下面积(AUC)、灵敏度、特异度、约登指数及最佳截断值,探究语音特征、心电特征独立及二者联合对老年人认知功能的预测价值。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 老年人认知功能状况 本研究共调查老年人 379 人,14 人因不符合纳入标准被排除(8 人患有脑

血管疾病,3 人确诊阿尔茨海默症,2 人患有严重精神疾病或神经系统疾病,1 人语言能力受损)。最终纳入老年人 365 人,其中 MCI 组 253 人(69.3%),认知正常组 112 人(30.7%)。MCI 组与认知正常组一般资料比较,见表 1。

表 1 认知正常组和 MCI 组一般资料比较

项目	人数	认知正常组 (n=112)	MCI 组 (n=253)	统计量	P
性别(人)				$\chi^2=3.374$	0.066
男	128	47	81		
女	237	65	172		
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)		72.04±7.56	69.22±8.53	$t=3.151$	0.002
受教育年限(年, $\bar{x}\pm s$)		10.58±2.76	8.84±3.01	$t=5.222$	<0.001
婚姻状况(人)				$\chi^2=6.330$	0.097
未婚	2	0	2		
已婚	273	93	180		
离异	12	3	9		
丧偶	78	16	62		
退休(人)				$\chi^2=5.506$	0.019
是	347	102	245		
否	18	10	8		
子女个数(人)				$Z=-3.050$	0.002
0	6	1	5		
1	202	77	125		
≥2	157	34	123		
居住状况(人)				$\chi^2=0.489$	0.485
独居	80	22	58		
非独居	285	90	195		
家族史(人)				$\chi^2=1.188$	0.276
有	39	9	30		
无	326	103	223		
使用智能手机(人)				$\chi^2=14.444$	<0.001
是	305	106	199		
否	60	6	54		
慢性病种数(人)				$Z=-0.440$	0.660
0	74	21	53		
1	103	34	69		
2	113	39	74		
≥3	75	18	57		

2.2 认知正常组与 MCI 组语音及心电特征差异
非参数检验结果显示,认知正常组与 MCI 组在 28 项语音特征和 4 项心电特征上存在显著差异(均 $P<0.05$),见表 2。

2.3 语音、心电特征对老年人认知功能影响的 logistic 回归分析
采用向后逐步回归分析构建 logistic 回归模型,以老年人是否存在 MCI 为因变量(否=0,是=1),将单因素分析中差异有统计学意义的语音特征和心电特征作为自变量(原值输入),并将年龄、性别、受教育年限、慢性病数量等一般人口学特征作为协变量纳入多因素 logistic 回归分析。模型拟合优度检验显示,Hosmer-Lemeshow 检验 $\chi^2=8.140,P=0.420$,模型拟合度良好。分析结果见表 3。

2.4 语音、心电特征筛查 MCI 的 ROC 曲线分析
将表 3 中的语音特征及心电特征指标纳入 ROC 曲线

分析,结果见表 4、图 1。

3 讨论

MCI 患者早期症状隐匿,家庭无感知,医院不可及,疾病的进展对老年人的生活质量及其家庭经济状况造成了严重影响。因此,明确 MCI 患者在语音与心电方面的变化,并探索二者联合筛查的价值,不仅为早期识别 MCI 提供了新思路,也为降低阿尔茨海默病的发病率及改善预后提供了新的方向。

3.1 MCI 患者语音特征的改变
本研究结果显示,MCI 患者语言能力显著退化,涉及时域、能量、频率、谱特征及语义多方面变化,反映了其认知功能的衰退。在时域特征中,长停顿时间的增加和总讲话持续时间的减少表明,MCI 患者面对图片描述任务时,信息检索和语言组织效率降低^[25],可能与前额叶皮层和海马区退化有关^[26]。沉默持续时间百分比和语速等指标的降低进一步支持了这一点,表明 MCI 患者信息处理能力明显受限,这与既往研究结果^[27-28]一致。在能量相关特征方面,Loudness_sma3_percentile50.0、Loudness_sma3_percentile20.0 的下降和 Loudness_sma3_stddevNorm 的上升表明 MCI 患者语音强度控制不稳,与自主神经系统衰退相关。频率特征中,JitterLocal_Sma3nz_stddevNorm 升高表明声带控制能力下降,语音频率波动加剧,语音生成不稳定,与 Themistocleous 等^[29]的研究结果一致。谱特征显示 AlphaRatioUV_sma3nz_amea 和 FlamplitudeLogRelF0_sma3nz_amean 显著降低,反映出语音频段能量分布异常,可能源于神经系统协调能力减弱。此外,SpectralFlux_sma3_stddevNorm 和 Mfcc2_sma3_stddevNorm 升高表明语音生成稳定性和灵活性下降。最后,匹配分数下降说明 MCI 患者难以精准表达内容,表明其语言组织和表达能力下降,与认知资源减少和记忆检索困难相关^[30]。Skirrow 等^[24]的研究同样指出,匹配分数下降是认知功能衰退的重要标志。

3.2 MCI 患者心电特征的改变
本研究结果显示,MCI 患者在执行认知任务时表现出显著的心电特征变化,尤其在自主神经系统调节能力方面。这些变化在认知负荷任务中尤为突出,如图片描述任务,该任务要求大脑协调语言、记忆和视觉处理等多种认知功能。自主神经系统通过调节心率来应对认知负荷,维持生理稳态。然而,MCI 患者由于前额叶皮层和下丘脑等自主神经调节区域的退化,无法有效适应这一负荷,导致 HRV 等指标异常,反映出其生理调节能力显著下降。本研究中,HRV_IQRNN 显著降低,表明 MCI 患者 HRV 的幅度减小,这意味着在认知任务进行过程中,患者的身体无法适应变化的认知负荷,心率调节能力下降^[31]。此外,HRV_HTI 的下降进一

步说明了心脏节律的波动性减弱,自主神经系统无法有效应对认知任务引发的生理压力,表明认知功能衰退

退不仅限于认知能力本身,还会通过自主神经系统影响生理反应的调节^[32]。

表 2 认知正常组和 MCI 组语音特征、心电特征比较 $M(P_{25},P_{75})$

特征	认知正常组($n=112$)	MCI 组($n=253$)	Z	P
语音特征				
时域特征				
长停顿时间/总讲话持续时间	0.26(0.18,0.35)	0.29(0.21,0.39)	-2.012	0.044
沉默持续时间百分比(%)	0.47(0.40,0.55)	0.52(0.42,0.61)	-2.189	0.029
语速(个/s)	0.93(0.73,1.19)	0.85(0.66,1.04)	-2.563	0.010
语音段平均持续时间(s)	0.80(0.61,0.97)	0.69(0.55,0.87)	-2.412	0.016
语音段最长持续时间(s)	2.50(1.93,3.29)	2.23(1.74,2.86)	-2.143	0.032
短语段平均持续时间(s)	3.95(2.64,7.12)	3.29(2.18,5.50)	-2.608	0.009
平均有声段长度(s)	0.44(0.33,0.57)	0.40(0.32,0.50)	-2.166	0.030
Loudness Peaks Per Sec(次/s)	2.23(1.80,2.70)	2.02(1.56,2.45)	-2.965	0.003
能量相关特征				
Loudness_sma3_stddevNorm	1.02(0.87,1.16)	1.08(0.92,1.29)	-2.576	0.010
Loudness_sma3_percentile20.0	0.06(0.03,0.20)	0.04(0.02,0.15)	-2.382	0.017
Loudness_sma3_percentile50.0	0.47(0.26,0.83)	0.38(0.17,0.69)	-2.811	0.005
频率相关特征				
JitterLocal_Sma3nz_stddevNorm	1.58(1.47,1.72)	1.63(1.51,1.75)	-2.084	0.037
谱特征				
AlphaRatioUV_sma3nz_amean	-6.28(-8.71,-3.45)	-7.05(-10.05,-4.54)	-2.087	0.037
F1amplitudeLogRelF0_sma3nz_amean	-79.61(-100.13,-50.01)	-86.72(-113.21,-55.50)	-2.183	0.029
F1amplitudeLogRelF0_sma3nz_stddevNorm	-1.13(-1.53,-0.95)	-1.06(-1.44,-0.82)	-2.288	0.022
F2amplitudeLogRelF0_sma3nz_amean	-79.40(-98.35,-51.87)	-85.89(-111.63,-57.78)	-2.396	0.017
F2amplitudeLogRelF0_sma3nz_stddevNorm	-1.05(-1.27,-0.91)	-0.99(-1.23,-0.79)	-2.653	0.008
F3amplitudeLogRelF0_sma3nz_amean	-85.64(-101.14,-60.82)	-90.10(-116.15,-63.52)	-2.378	0.017
F3amplitudeLogRelF0_sma3nz_stddevNorm	-0.92(-1.11,-0.84)	-0.90(-1.06,-0.74)	-2.568	0.010
SpectralFluxV_sma3nz_stddevNorm	0.89(0.80,1.01)	0.94(0.84,1.08)	-2.555	0.011
SpectralFlux_sma3_stddevNorm	1.25(1.07,1.41)	1.34(1.14,1.58)	-2.563	0.010
Mfcc2_sma3_stddevNorm	1.31(-4.20,3.10)	1.88(-2.10,4.84)	-2.618	0.009
语义特征				
匹配分数	0.87(0.85,0.89)	0.86(0.83,0.88)	-3.578	<0.001
涵盖分数	0.19(0.13,0.26)	0.17(0.09,0.22)	-3.683	<0.001
心电特征				
时域特征				
HRV_MadNN(ms)	23.72(17.79,35.58)	20.76(11.86,35.58)	-2.715	0.007
HRV_MCVNN(ms)	0.03(0.02,0.05)	0.03(0.02,0.04)	-3.313	0.001
HRV_IQRNN(ms)	36.00(24.00,51.00)	32.00(19.00,48.00)	-2.346	0.019
非线性特征				
HRV_HTI	5.44(4.06,7.20)	4.80(3.55,6.25)	-2.932	0.003

表 3 语音特征、心电特征对老年人认知功能影响的 logistic 回归分析

变量	β	SE	$Wald\chi^2$	P	OR	95% CI
常量	-2.013	0.512	15.470	<0.001		
语音特征						
长停顿时间/总讲话持续时间	2.421	0.971	6.217	0.013	11.253	1.678~75.447
loudness_sma3_percentile50.0	-1.469	0.502	8.554	0.003	0.230	0.086~0.616
匹配分数	-3.270	1.135	8.296	0.004	0.038	0.004~0.349
心电特征						
HRV_IQRNN	0.008	0.004	4.000	0.046	1.008	1.001~1.016
HRV_HTI	-0.219	0.067	10.676	0.001	0.803	0.704~0.916

表 4 语音特征、心电特征筛查 MCI 的 AUC 及截断值

特征	AUC	95% CI	约登指数	敏感度	特异度	截断值	P
语音特征	0.694	0.638~0.750	0.359	0.609	0.750	0.700	<0.001
心电特征	0.625	0.565~0.686	0.228	0.514	0.714	0.716	<0.001
语音特征+心电特征	0.728	0.664~0.772	0.564	0.662	0.902	0.765	<0.001

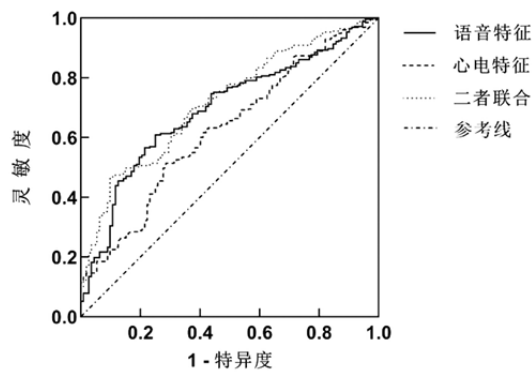


图1 语音特征、心电特征筛查 MCI 发生的 ROC 曲线图

3.3 语音联合心电特征在 MCI 筛查中的价值 本研究表明,语音与心电特征联合分析在 MCI 筛查中具有较高的预测价值(AUC=0.728),有效弥补了单一特征筛查的局限性。联合特征的敏感度0.662,提示其对 MCI 个体的检出能力最强;特异度达0.902,显著优于语音特征(0.750)和心电特征(0.714),表明其在排除非 MCI 人群方面具有更高准确性,有助于降低误诊率。这一结果说明,语音与心电数据所反映的生理及行为特征在 MCI 患者中存在互补信息,两者联合可提升筛查的稳定性和广泛适用性。尤其是在实际临床与社区场景中,传统筛查方式受限于受教育水平、主观配合度及评估人员资质等因素,而语音和心电特征作为客观的指标,具有更强的可量化性与可复制性,能克服传统工具的局限。此外,该联合方法无创,操作流程简便快捷,便于在基层医疗机构、社区卫生服务中心等场景推广使用。对于认知功能下降主诉者、MCI 高危人群(如患有糖尿病、高血压、脑卒中或具有家族史者)以及文化程度较低的老年人,具有重要的早期筛查意义。在护理实践中,语音与心电特征的联合应用有助于提高护理人员对认知障碍的识别能力,优化护理干预流程,并为个体化护理方案的制订提供支持。未来研究可进一步优化筛查模型,结合眼动、步态、面部表情等多模态生物特征^[33],以期在保持较高特异度的同时进一步提高灵敏度,减少漏检,拓展其在智能护理系统和基层医疗中的应用,助力 MCI 的早期筛查和干预,提高认知障碍管理的科学性和可行性。

4 结论

本研究基于社区老年人样本,发现 MCI 患者在语音特征(如长停顿时间增加、语速减慢)及心电特征(如 HRV_IQRNN 显著降低)上均表现出显著变化。将语音与心电特征联合应用,可显著提升 MCI 筛查的准确性,验证了双模态联合筛查在 MCI 早期识别中的可行性与优势,为社区及基层医疗场景下的早期预警与个体化干预提供了新思路。但本研究采用横断面研究设计,无法明确语音与心电特征变化与认知

功能变化之间的因果关系;且样本量较为有限,尤其在小类别群体中的筛查性能可能存在一定波动。未来研究应采用多中心纵向研究设计,扩大样本规模并延长随访时间,以验证筛查特征的稳定性及其在认知功能变化过程中的动态预测价值。

参考文献:

[1] GBD 2016 Neurology Collaborators. Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990 – 2016; a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016[J]. *Lancet Neurol*,2019,18(5):459-480.

[2] 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.

[3] 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.

[4] Xu T, Bu G, Yuan L, et al. The prevalence and risk factors study of cognitive impairment: analysis of the elderly population of Han nationality in Hunan province, China [J]. *CNS Neurosci Ther*,2024,30(4):e14478.

[5] Hu C, Yu D, Sun X, et al. The prevalence and progression of mild cognitive impairment among clinic and community populations: a systematic review and meta-analysis[J]. *Int Psychogeriatr*,2017,29(10):1595-1608.

[6] 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.

[7] 国家卫生健康委员会. 应对老年期痴呆国家行动计划(2024-2030 年)[J]. 中华人民共和国国家卫生健康委员会公报,2024(12):29-33.

[8] 黄立鹤,车伊然. 人工智能技术赋能老年语言学的发展与思考[J]. *云南师范大学学报(哲学社会科学版)*,2024,56(5):33-43.

[9] Martínez-Nicolás I, Llorente T E, Martínez-Sánchez F, et al. Ten years of research on automatic voice and speech analysis of people with Alzheimer’s Disease and mild cognitive impairment: a systematic review article [J]. *Front Psychol*,2021,12:620251.

[10] Zhao X, Wen H, Xu G, et al. Validity, feasibility, and effectiveness of a voice-recognition based digital cognitive screener for dementia and mild cognitive impairment in community-dwelling older Chinese adults: a large-scale implementation study[J]. *Alzheimers Dement*,2024,20(4):2384-2396.

[11] Dodo N, Hashimoto R. Autonomic nervous system activity during a speech task[J]. *Front Neurosci*,2019,13: 406.

[12] Rykov Y G, Patterson M D, Gangwar B A, et al. Predicting cognitive scores from wearable-based digital physiological features using machine learning: data from a clinical trial in mild cognitive impairment[J]. *BMC Med*,2024,22(1):36.

[13] 袁梓健,郭立燕,张妍,等. 中国老年人轻度认知障碍现状

及其影响因素[J]. 济宁医学院学报, 2022, 45(3): 183-188.

[14] 郭佳翔. 蒙特利尔认知评估量表中文版的初步应用[D]. 北京: 北京协和医院, 2011.

[15] Jia X, Wang Z, Huang F, et al. A comparison of the Mini-Mental State Examination (MMSE) with the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) for mild cognitive impairment screening in Chinese middle-aged and older population: a cross-sectional study[J]. BMC Psychiatry, 2021, 21(1): 485.

[16] 何雯婕, 黄群, 浦静燕, 等. 老年稳定性冠心病患者体力活动、认知功能情况调查及影响因素分析[J]. 华南预防医学, 2023, 49(9): 1171-1175.

[17] Ambadi P S, Basche K, Koscik R L, et al. Spatio-semantic graphs from picture description: applications to detection of cognitive impairment [J]. Front Neurol, 2021, 12: 795374.

[18] Zolnoori M, Zolnour A, Topaz M. ADscreen: a speech processing-based screening system for automatic identification of patients with Alzheimer's disease and related dementia[J]. Artif Intell Med, 2023, 143: 102624.

[19] 鲁和英. 农用车辆导航系统语音控制功能的实现: 基于汉语言声学特征[J]. 农机化研究, 2025, 47(4): 264-268.

[20] McFee B, Raffel C, Liang D, et al. Librosa: audio and music signal analysis in Python no. Scipy[C]//Proceedings of the 14th Python in Science Conference. Austin: 2015.

[21] Eyben F, Wöllmer M, Schuller B. Opensmile: the munich versatile and fast open-source audio feature extractor [C]//Proceedings of the 18th ACM international conference on Multimedia. New York: 2010.

[22] Ma J, Reda S. WeNet: configurable neural network with dynamic weight-enabling for efficient inference[C]//2023 IEEE/ACM International Symposium on Low Power Electronics and Design (ISLPED). Austria: 2023.

[23] Hsu W N, Bolte B, Tsai Y H H, et al. Hubert: self-supervised speech representation learning by masked prediction of hidden units[J]. IEEE/ACM, 2021, 29: 3451-3460.

[24] Skirrow C, Meepegama U, Weston J, et al. Storyteller in ADNI4: application of an early Alzheimer's disease screening tool using brief, remote, and speech-based testing[J]. Alzheimers Dement, 2024, 20(10): 7248-7262.

[25] Qiao Y, Xie X Y, Lin G Z, et al. Computer-assisted speech analysis in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: a pilot study from Shanghai, China[J]. J Alzheimers Dis, 2020, 75(1): 211-221.

[26] 吴佳微. 微课视频情感化设计模型的构建与实践[D]. 福州: 福建师范大学, 2023.

[27] Sutin A R, Stephan Y, Terracciano A. Verbal fluency and risk of dementia[J]. Int J Geriatr Psychiatry, 2019, 34(6): 863-867.

[28] McDonnell M, Dill L, Panos S, et al. Verbal fluency as a screening tool for mild cognitive impairment[J]. Int Psychogeriatr, 2020, 32(9): 1055-1062.

[29] Themistocleous C, Eckerström M, Kokkinakis D. Voice quality and speech fluency distinguish individuals with mild cognitive impairment from healthy controls [J]. PLoS One, 2020, 15(7): e0236009.

[30] 黄立鹤, 杨晶晶. 基于 Coh-Metrix 的汉语阿尔茨海默病患者语篇语用障碍分析[J]. 语言文字应用, 2022(1): 134-144.

[31] Aharon-Peretz J, Harel T, Revach M, et al. Increased sympathetic and decreased parasympathetic cardiac innervation in patients with Alzheimer's disease[J]. Arch Neurol, 1992, 49(9): 919-922.

[32] Liu K Y, Elliott T, Knowles M, et al. Heart rate variability in relation to cognition and behavior in neurodegenerative diseases: a systematic review and meta-analysis [J]. Ageing Res Rev, 2022, 73: 101539.

[33] 戚馨如, 宋玉磊, 吕玉婵, 等. 基于 XGBoost 算法的面部特征对轻度认知障碍风险的预测作用[J]. 护理学杂志, 2025, 40(7): 95-99.

(本文编辑 韩燕红)

• 敬告读者 •

警惕假冒《护理学杂志》工作人员实施各种欺诈行为的声明

近年来, 相关网络、微信、邮箱经常出现某些谎称为《护理学杂志》编辑部人员, 要求加作者为好友, 或谎称文章录用或获奖, 要求缴纳审稿费、版面费或奖项评审费等信息; 有些甚至通过盗用本编辑部名称和地址、伪造资质证书等违法手段, 假借《护理学杂志》编辑部的名义收录稿件, 以达到非法敛财的目的。鉴于此, 《护理学杂志》编辑部郑重声明如下:

1. 《护理学杂志》编辑部指定官方域名(网站)为 <http://www.hlxxz.com.cn> 或 <http://www.chmed.net>。从官方网站投稿是唯一途径。文章经审核合格被录用后, 由投稿系统通过作者预留的邮箱发放录用通知和缴纳版面费通知, 再无其他收费项目和其他途径。请作者明确, 切勿受骗上当。
2. 《护理学杂志》的编辑人员不会要求作者加微信好友; 本刊不允许个人通知作者缴纳费用, 亦未设置个人账户收费。
3. 凡要求作者将论文版面费转账至个人账户的均非本编辑部所为。假冒本编辑部网站发布的信息、活动及后果均与本编辑部无关。

在此, 特提醒广大读者、作者注意甄别本刊网站合法域名, 选择正确途径投稿和缴纳费用, 避免不必要的损失。

地址: 武汉市解放大道 1095 号《护理学杂志》编辑部, 邮编 430030

E-mail: jns@tjh.tjmu.edu.cn; 咨询电话: 027-83662666; 联系人: 雷冰霞