

基于中国健康与养老追踪调查数据的 老年人身体功能与认知功能的交叉滞后网络分析

杨艳¹,李宝国¹,马渊源²,陈依依²,毛明灿¹,申晋波³

(1.石河子大学 体育学院,新疆 石河子 832003;2.吉首大学 体育学院,湖南 吉首 416000;
3.太原工业学院 体育系,山西 太原 030008)

【摘要】 目的 基于中国健康与养老追踪调查(Charls)数据,探讨中国老年人的身体与认知功能各维度间的跨时间预测关系,为老年护理评估提供干预靶点。**方法** 获取 2015—2018 年 3850 名老年人(年龄≥60 岁)的 CHARLS 数据,采用日常活动能力(activities of daily living,ADL)及基于简易精神状态检查表(minimum mental state examination,MMSE)改编的认知功能评估模块评估其身体功能和认知功能,借助 R 软件构建可并可视化偏相关网络模型,计算节点的中心性。**结果** 网络共估计 49 条滞后路径,17 条路径为非零边缘。语言能力的 out-EI 最高,可正向预测延迟回忆($OR=1.738$)和瞬时记忆($OR=1.501$);延迟回忆的 in-EI 最高,受语言能力、定向力及工具性日常生活活动能力(instrumental activities of daily living,IADL)联合预测;定向力正向预测延迟回忆($OR=1.375$),IADL 负向预测延迟回忆($OR=0.948$)和定向力($OR=0.948$)。网络稳定可靠($CS=0.672$)。**结论** 语言能力是网络中跨维度预测作用最强,延迟回忆是被联合预测强度最高的节点,二者可作为潜在监测指标。

【关键词】 老年人;身体功能;认知功能;交叉滞后网络分析;护理评估

DOI:10.3969/j.issn.2097-1826.2026.10.005

【中图分类号】 R473.59 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2097-1826(2026)10-0019-05

Cross-lagged Network Analysis of Physical Function and Cognitive Function Among Older Adults:Evidence from the CHARLS

YANG Yan¹,LI Baoguo¹,MA Yuanyuan²,CHEN Yiyi²,MAO Mingcan¹,SHEN Jinbo³(1.School of Physical Education,Shihezi University,Shihezi 832003,Xinjiang Uygur Autonomous Region,China;2.School of Physical Education,Jishou University,Jishou 416000,Hunan Province,China;3.Department of Physical Education,Taiyuan Institute of Technology,Taiyuan 030008,Shanxi Province,China)

Corresponding author:SHEN Jinbo,Tel:86-351-3566187

【Abstract】 Objective To explore the cross-temporal predictive relationships among dimensions of physical and cognitive functions in Chinese older adults based on data from the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS),so as to identify potential intervention targets for geriatric nursing assessment.**Methods** CHARLS data of 3,850 older adults (aged≥60 years) from 2015 to 2018 were obtained.Physical function was assessed using the Activities of Daily Living(ADL),and cognitive function was assessed using a module adapted from the Mini-mental State Examination (MMSE).Partial correlation network models were constructed and visualized using R software,and node centrality indices were calculated.**Results** The network estimated 49 lagged paths,of which 17 were non-zero edges.Language ability had the highest out-expected influence(out-EI) and positively predicted delayed recall($OR=1.738$) and immediate memory($OR=1.501$).Delayed recall had the highest in-expected influence(in-EI) and was jointly predicted by language ability,orientation,and instrumental activities of daily living (IADL).Orientation positively predicted delayed recall ($OR=1.375$),while IADL negatively predicted delayed recall($OR=0.948$) and orientation($OR=0.948$).The network was stable and reliable ($CS=0.672$).**Conclusions** Language ability has the strongest cross-dimensional predictive effect in the network,and delayed recall is the node with the strongest joint predictive influence,both of which can serve as potential monitoring indicators of cognitive dimensions in geriatric nursing assessment.

【Key words】 older adult;physical function;cognitive function;cross-lagged network analysis;nursing assessment

[Mil Nurs,2026,43(10):19-22,27]

【收稿日期】 2026-04-24 **【修回日期】** 2026-08-07
【基金项目】 教育部人文社会科学研究青年基金项目(21YJC880026)
【作者简介】 杨艳,硕士在读,电话:0993-2057957
【通信作者】 申晋波,电话 0351-3566187

有研究^[1]指出,老年人躯体与认知功能常同步衰退并形成恶性循环。二者相互作用既增加失能、痴呆与死亡风险,也持续提高护理难度,家庭照护负

荷与社会护理资源供需矛盾日渐突出^[2]。相关研究多采用传统交叉滞后面板模型(cross-lagged panel model, CLPM)在潜变量或构念层面估计整体功能间的双向关系,难以识别身体功能(基本日常生活活动能力与工具性日常生活活动能力)与认知功能(定向力、记忆力、计算力、语言能力)具体维度间的作用路径^[3]。交叉滞后网络分析法(cross-lagged panel network, CLPN)将分析单元下沉至具体可观测节点,通过正则化回归同时估计同一节点跨时间的自回归效应与不同节点间的交叉滞后效应,从而以“节点一边”的网络结构直观呈现多变量间的预测关系^[4]。本研究使用已获得北京大学国家发展研究院授权的中国健康与养老追踪调查(China health and retirement longitudinal survey, CHARLS)数据,构建交叉滞后网络模型,分析老年人身体功能与认知功能各维度的跨时间预测效应,通过识别核心预测节点为老年人护理评估、早期筛查和康复干预提供潜在靶点。

1 对象与方法

1.1 研究对象 本研究使用获得北京大学研究院授权的 CHARLS 两期公开数据(2015 年和 2018 年)。CHARLS 采用多阶段分层概率比例抽样方法,抽取全国 28 个省市的 150 个县、450 个村庄、社区的 45 岁及以上的中老年人进行调查研究,具有全国代表性。纳入标准:(1)年龄 ≥ 60 岁;(2)均完成 2 轮身体功能与认知功能评估;(3)意识清楚,具备读写能力且无明显视听障碍。排除标准:(1)简易精神状态检查量表(minimum mental state examination, MMSE)总分 < 10 分,认知功能严重受损^[5];(2)年龄、性别等人口学变量和身体功能与认知功能的任一子维度的变量缺失。2015 年共纳入 6888 名,2018 年共纳入 5726 名,最终纳入均完成 2 轮调查且信息完整 3850 名,占基线样本的 55.9%。

1.2 方法

1.2.1 身体功能评估 本研究采用 CHARLS 中日常活动能力(activities of daily living, ADL)评估模块评估老年人的身体功能。该模块基于 Kate 等^[6]设计的 ADL 量表改编,由基础性日常生活自理能力(basic activities of daily living, BADL)与工具性日常生活活动(instrumental activities of daily living, IADL)构成。BADL 包含穿衣、洗澡、吃饭、起床、如厕和大小便控制, IADL 包含家务、做饭、购物、服药、打电话和管理财务, 12 个条目均采用 4 级评分,从“没有困难”至“无法完成”依次计 1~4 分,总分 12~48 分,分值越高代表日常活动功能受损越严重。该量表在中国中老年人群中具有良好的信效

度, Cronbach's α 系数为 0.703~0.772^[7]。

1.2.2 认知功能评估 本研究采用 CHARLS 中基于 MMSE 改编的认知功能评估模块^[8]评估老年人的认知功能。以受访者对年、月、日、星期几和当前季节的认知评估定向力(orient),正确 1 次计 1 分,得分范围 0~5 分;要求受访者从 100 中连续 5 次减去 7 以评估注意力和计算能力(ser7),正确 1 次计 1 分,得分范围 0~5 分;向受访者随机读出 10 个单词以评估记忆力,包括即时回忆(imrc)和延迟回忆(dlrc),得分范围均为 0~20 分,正确 1 次 1 分,取两者均值为记忆得分;要求受访者复制 2 个重叠的五边形以评估视空间/语言能力(draw),正确绘制计 1 分,得分范围 0~1 分。总分 0~31 分,得分越高提示认知功能越好。该认知功能评估模块在 CHARLS 人群中具有良好的心理学属性,总量表信度为 0.78,总量表得分与 ADL($r = -0.19$)及 IADL($r = -0.30$)呈负相关,校标效度良好^[8]。

1.2.3 节点设置 本研究共设置基础性日常生活自理能力(BADL)、工具性日常生活活动(IADL)、定向力(orient)、注意力和计算力(ser7)、瞬时记忆(imrc)、延迟回忆(dlrc)以及语言能力(draw)7 个网络节点;所有节点均取自 2015(T1)和 2018(T2)两个时间点测量数据且在网络估计前均按连续变量输入。

1.2.4 统计学处理

1.2.4.1 网络估计和可视化 使用 R 软件 glmnet 包以正则化和十折交叉验证估计自回归和交叉滞后效应;采用 qgraph 包的 averageLayout 功能和 centralityPlot 函数进行网络可视化和节点中心性的计算^[9]。在构建的 CLPN 中,节点对应研究症状,箭头方向代表 T1(2015)和 T2(2018)变量滞后效应(实线表示正效应,虚线表示负效应),箭头线条粗细则反映关联强度。

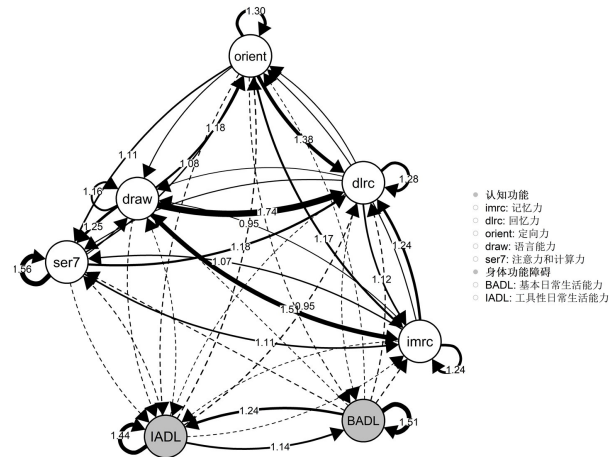
1.2.4.2 网络稳定性及准确性检验 使用 R 软件 Bootnet 包评估网络的稳健性和准确性^[9]。计算中心性稳定性系数(centrality stability coefficient, CS)评估网络参数的稳定性;当 CS > 0.5 ,表明稳定性良好^[10]。计算各边缘权重的 95%置信区间(confidence intervals, CI)评估其准确性。为提升结果可解释性,将逻辑回归系数(边缘权重)从对数比值转换为比值比(odds ratio, OR), > 1 为正相关, < 1 为负相关,等于 1 为无关联^[11]。计算发出预期影响(out-expected influence, out-EI)和接收预期影响(in-expected influence, in-EI)的两种中心性指标^[9]。

2 结果

2.1 研究对象的一般资料 共纳入老年样本 3850 名,

其中男 1549 名、女 2301 名;年龄 60~92 岁,平均(66.48±5.56 岁);居住城市 1795 名、乡镇 2055 名;文盲 1289 名、小学 1242 名、初中 827 名、高中及以上 492 名;有配偶 3200 名、无配偶 650 名。

2.2 交叉滞后网络结构 以基础性日常生活自理能力(BADL)、工具性日常生活活动能力(IADL)、定向力(orient)、注意力和计算力(ser7)、记忆力(imrc)、回忆力(dlrc)以及视空间/语言能力(draw)为节点构建交叉滞后网络图,见图 1。CLPN 共估计了 49 条滞后路径,包括了 10 条自回归路径与 39 条交叉滞后路径。自回归效应方面,各节点均表现出中较强的跨时间稳定性,OR 值为 1.157~1.559,其中 ser7 的自回归效应相对较强(OR = 1.559,95%CI 1.520~1.601),dlrc 的自回归效应较弱(OR = 1.278,95%CI 1.235~1.329)。在 39 条交叉滞后路径中,有 17 条为非零边缘(OR≠1),表明该群体认知功能与身体功能之间存在动态关联。进一步观察网络中的关联路径发现,语言能力对记忆功能的预测效应尤为突出,其中 draw-dlrc(OR = 1.738,95%CI 1.521~1.962),draw-imrc(OR = 1.501,95%CI 1.372~1.646)均为正向预测效应;orient-dlrc 亦存在正向预测效应(OR = 1.375,95%CI 1.301~1.451)。同时,本研究在网络中识别出两条具有显著负向预测效应的关联路径,分别为 IADL-dlrc(OR = 0.948,95%CI 0.882~1.000)与 IADL-orient(OR = 0.948,95%CI 0.918~0.976)。



注:箭头均为 2015(T1)指标预测 2018(T2)跨时间预测指标,仅标注 |OR-1|≥0.05 的实质性边以及全部自回归路径

图 1 中国老年人身体功能与认知功能交叉滞后网络结构

2.3 节点中心性分析 节点中心性分析显示,经过 z-score 标准化后处理后,out-EI 的中心性估计值显示,draw 的 out-EI(2.11)最高,表明其在网络中具有最强的跨时间预测效应。定向力(orient)的 out-EI(0.26)次之,同样显示出较强的预测效应。就 in-EI

的中心性标准化估计值而言,dlrc 的 in-EI(1.93)值最高,受其他节点的联合预测强度最高,是网络中最易受其他节点影响的敏感节点;而 Draw 的 in-EI(-0.77)的数值显著低于其他症状,表明其受网络中其他症状的预测程度最小,见表 1。

表 1 节点中心性分析

节点	out-EI 的中心性	in-EI 的中心性
	估计值(95%CI)	标准化估计值(95%CI)
BADL(基础性生活活动能力)	-0.66(0.89~0.43)	-0.72(-0.82~-0.60)
IADL(工具性生活活动能力)	-0.84(-1.08~0.62)	-0.64(-0.78~-0.49)
Imrc(瞬时记忆)	-0.21(-0.33~-0.07)	0.75(0.52~0.97)
Dlrc(延迟回忆)	-0.54(-0.64~-0.43)	1.93(1.79~2.04)
Orient(定向力)	0.26(0.05~0.52)	-0.40(-0.52~-0.27)
Draw(视空间/语言能力)	2.11(1.98~2.18)	-0.77(-0.86~-0.70)
ser7(注意力和计算力)	-0.13(-0.27~0.04)	-0.15(-0.33~0.05)

2.4 桥梁中心性 使用 R 包 networktools 包计算桥接预期影响(bridge expected influence, BEI)。BADL 的 BEI 为 4.871,IADL 的 BEI 为 4.863,远高于认知功能各节点(BEI = 1.941~1.993),BADL(9.841)与 IADL(9.775)的桥梁强度同样高于认知功能各节点(3.886~3.969),见表 2。这表明身体功能维度(IADL、BADL)在连接身体功能与认知功能两个领域中具有突出的跨域关联强度,在网络中承担了主要跨领域信息传递的角色。

表 2 各节点的桥接预期影响和桥梁强度

节点	BEI	桥梁强度	所属社区
BADL(基础性生活活动能力)	4.871	9.841	身体功能
IADL(工具性生活活动能力)	4.863	9.775	身体功能
Imrc(瞬时记忆)	1.993	3.944	认知功能
Dlrc(延迟回忆)	1.987	3.893	认知功能
Orient(定向力)	1.941	3.886	认知功能
Draw(视空间/语言能力)	1.974	3.969	认知功能
ser7(注意力和计算力)	1.985	3.923	认知功能

2.5 网络稳定性及准确性检验 采用 Bootstrap 法(1000 次重抽样)从中心性稳定性、边缘权重准确性和中心性差异 3 个维度评估网络估计的稳健性。中心性指标的 CS 系数为 0.672,表明网络中心性指标具有较高的稳定性。各非零边 95%置信区间宽度范围为 0.05~0.52,整体估计精度良好。其中,强预测路径(如 draw→dlrc,draw→imrc,orient→dlrc)的置信区间较窄(宽度约 0.10~0.25),表明这些预测关系的估计较为稳健。中心性差异检验显示,draw 的 out-EI 显著高于其他所有节点(P<0.05),dlrc 的 in-EI 显著高于其他所有节点(P<0.05),表明语言能力作为预测源和延迟回忆力作为被预测靶点在网络中具有突出地位。

3 讨论

3.1 视空间与语言能力是网络中核心预测的节点

在 CLPN 中, out-EI 反映的是某一节点对网络中所有其他节点的综合预测强度。在本研究构建的 CLPN 中, 视空间能力(draw)的 out-EI 高于其他节点, 提示视空间能力在该网络中具备最强的跨维度预测效应, 可能通过连锁路径(如 draw→imrc→dlrc)触发身体与认知功能的网络级联效应。这一结果与 Glosser 等^[12]在痴呆患者发现视空间感知能力(物体形状辨别能力)可有效预测工具性日常生活活动能力具有一致性, 推测视空间功能的损伤可能先于并影响功能性结局, 与本研究观察到的视空间能力对记忆功能的预测效应相印证。本研究通过纵向滞后效应证实, 视空间能力对瞬时记忆与延迟回忆具有跨时间的正向预测效应, 为认知功能与身体功能具体维度间动态关联路径提供支撑, 可作为护理评估中潜在监测节点。但其作为临床干预靶点尚需通过干预性研究进一步验证。

3.2 延迟回忆是网络中被联合预测强度最高的节点 在 CLPN 中, in-EI 反映的是某一节点被网络中其他所有节点滞后预测的联合强度。本研究中延迟回忆力(dlrc)的 in-EI 在所有节点中最高, 提示延迟回忆可被视空间、定向力、工具性日常生活活动能力等功能维度联合预测, 可通过汇聚路径(如 draw→dlrc, orient→dlrc, IADL→dlrc)共同预测延迟回忆。该结果与 Petersen 等^[13]提出的经典轻度认知障碍模型(mild cognitive impairment, MCI)一致, 延迟回忆下降是 MCI 转向痴呆的核心标志之一, 而本研究进一步揭示了影响延迟回忆的预测因素组合。Lv 等^[14]基于社区老年人群的纵向研究也发现, 记忆力与回忆力的下降速度与身体功能衰退程度呈正相关。本研究在此基础上进一步明确延迟回忆是被预测效应最强的节点, 推测其可能是反映身体功能与认知功能交互恶化的敏感监测指标, 可作为认知维度的重点观察指标, 但将其直接转化为常规筛查或居家监测项目时, 需在临床实践中进一步检验。

3.3 定向力可能承担跨路径关联传导节点 本研究结果发现, 定向力(orient)可被 IADL 负向预测($OR=0.948, 95\%CI\ 0.918\sim0.976$), 同时正向预测延迟回忆($OR=1.375, 95\%CI\ 1.301\sim1.451$), 提示 IADL→orient→dlrc 的间接路径的存在, 推测 orient 可能在身体功能与认知功能的纵向动态关联中承担跨路径信息传递的角色。这与 Petersen 等^[13]提出的定向力与记忆功能紧密耦合、共同预测痴呆转化风险的结论一致。然而, CLPN 作为一种基于正则化回归的纵向关联估计方法, 本身不提供中介效应

的统计检验。因此, 定向力在 IADL 与延迟回忆之间是否发中介作用, 尚需通过进一步验证。

3.4 IADL 对记忆力与定向力的负向预测关联 本研究发现, 工具性日常生活活动能力对延迟回忆力、定向力具有负向预测效应(IADL→dlrc: $OR=0.948$, IADL→orient: $OR=0.948$), 即 IADL 水平越好, 记忆力和定向力表现好的可能性越高。需注意的是, 该 OR 值接近 1, 效应量较小, 临床预测意义需要进一步验证。这一发现与 Zeng 等^[15]针对中国高龄老人的队列研究一致, 即维持一定水平的工具性日常活动可降低认知衰退风险。上述发现提示维持较高水平的工具性日常活动与较好的定向力和延迟回忆表现存在关联, 这一关联可作为护理评估的参考依据, 但其是否构成可操作的干预靶点, 需进一步验证。

3.5 本研究的局限性 本研究尚存在一定局限: (1)采用自我报告量表开展身体功能障碍和认知功能的评价, 可能造成报告偏差的引入且缺乏客观临床指标验证; (2)排除了 MMSE 总分<10 分的重度认知障碍患者, 样本流失率约 44.1%, 且女性占比较高(59.8%), 可能存在选择偏倚, 限制了结论向认知严重受损及性别比例不同人群的外推性。 (3)网络未纳入抑郁、慢性疾病及生活方式等混杂变量, 过度纳入上述因素可能影响估计精确度, 未来研究可在更大样本中开展敏感性分析; (4)仅两期数据无法捕捉可能的非线性变化趋势。 (5)CLPN 不直接提供中介效应的统计检验。因此, 未来研究应结合多个时间点的纵向数据、扩展节点、纳入更多混杂变量和客观评估指标并开展性别分层分析等内容, 以进一步验证结果的稳健性。

4 小结

本研究揭示了老年人身体功能与多维度认知功能之间的纵向预测关系。视空间能力的 out-EI 显著高于其他节点, 表明其在纵向动态中具备最强的跨维度预测影响力, 是预测身体与认知功能网络动态变化的核心节点; 延迟回忆力的 in-EI 显著高于其他节点, 提示其受多维度功能状态联合预测的强度最高, 可作为潜在敏感监测指标。

【参考文献】

- [1] 奚婧, 孟红燕, 牛柯雯, 等. 中国中老年人肥胖与心血管代谢共病的关系研究[J]. 军事护理, 2026, 43(1): 70-74.
- [2] Newman A B. The epidemiology and societal impact of aging-related functional limitations: a looming public health crisis[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2023, 78(Suppl 1): 4-7.
- [3] 胡慧秀, 赵雅洁, 吴金玲, 等. 社区老年人躯体和认知多维功能网络构建与关联分析[J]. 中华护理杂志, 2026, 61(11): 1461-1467.

(下转第 27 页)