

论著·临床研究

基于贝叶斯网络的社区老年人跌倒风险预测模型的构建[▲]

刘艾红¹ 曲莲莲² 梅雨欣²

(华中科技大学同济医学院附属协和医院1综合科,2 护理部,湖北省武汉市 430002)

【摘要】 **目的** 探讨社区老年人发生跌倒的危险因素,并构建社区老年人跌倒风险的贝叶斯网络预测模型。**方法** 采用方便抽样法选取743例社区老年人作为研究对象,进行现场面对面问卷调查,收集其跌倒基线资料,研究工具包括Fried表型衰弱评估、躯体功能测试、匹兹堡睡眠质量指数、简版老年抑郁量表、简易精神状态检查量表、营养风险筛查2002量表等。1年后随访跌倒结局。使用Netica 5.18软件制作贝叶斯网络结构,构建老年人跌倒风险预测模型,并进行贝叶斯网络推理,绘制受试者工作特征曲线评价模型的预测效果。**结果** 1年随访期内跌倒81例,跌倒发生率为10.9%。社区老年人跌倒风险贝叶斯网络预测模型包含14个节点、14条有向边,贝叶斯网络诊断推理得到4个关键影响因素,分别为工具性日常生活能力受损(变化率47.4%)、计时起立行走测试(变化率39.2%)、跌倒史(变化率34.9%)和抑郁(变化率31.0%)。贝叶斯网络模型拟合结果良好(曲线下面积=0.923),灵敏度为0.864,特异度为0.856。**结论** 社区老年人跌倒风险的影响因素较多,其中工具性日常生活能力受损、计时起立行走测试、跌倒史和抑郁为关键影响因素。基于贝叶斯网络构建的跌倒风险预测模型能够直观描述老年人跌倒与影响因素间的复杂关系,具有较好的预测能力,可以为预防社区老年人跌倒提供参考。

【关键词】 跌倒;老年人;危险因素;预测模型;贝叶斯网络

【中图分类号】 R 161.7 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 0253-4304(2025)07-0983-08

DOI:10.11675/j.issn.0253-4304.2025.07.11

Construction of a fall risk prediction model for elderly people in community based on Bayesian network

LIU Aihong¹, QU Lianlian², MEI Yuxin²

(1 General Department, 2 Department of Nursing, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430002, Hubei, China)

【Abstract】 **Objective** To explore the risk factors for the occurrence of falls among elderly people in community, and to construct a Bayesian network prediction model of fall risk among elderly people in community. **Methods** A convenience sampling method was adopted to select 743 elderly people in community as the research subjects. Face-to-face questionnaire surveys were conducted to collect baseline data on falls. The research tools included as follows: Fried frailty phenotype, physical performance test, Pittsburgh sleep quality index, Short-Form Geriatric Depression Scale, Mini-Mental State Examination, and Nutritional Risk Screening 2002, etc. The fall outcomes were followed up one year later. The Netica 5.18 software was used to make the Bayesian network structure to construct the fall risk prediction model for the elderly, and Bayesian network inference was performed. The receiver operating characteristic curve was drawn to evaluate the prediction effect of the model. **Results** During the 1-year follow-up period, 81 elderly people fell, and the incidence rate of falls was 10.9%. The Bayesian network prediction model of fall risk for the elderly in the community contained 14 nodes and 14 directed edges. Four key influencing factors were obtained by Bayesian network diagnostic inference, namely Instrumental Activity of Daily Living impairment (change rate 47.4%), time up and go test (change rate 39.2%), fall

▲基金项目:华中科技大学同济医学院护理学院自主创新研究基金项目(ZZCX2023X201)

第一作者简介:刘艾红,本科,主管护师,研究方向为老年护理。

通信作者简介:曲莲莲,硕士,副主任护师,研究方向为护理质量、护理管理。

history (change rate 34.9%) and depression (change rate 31.0%). The Bayesian network model had a good fitting result (area under the curve =0.923), with a sensitivity of 0.864 and a specificity of 0.856. **Conclusion** There are many factors influencing the fall risk of the elderly in the community, among which Instrumental Activity of Daily Living impairment, timed up and go test, fall history and depression are the key influencing factors. The fall risk prediction model based on Bayesian network can intuitively describe the complex relationship between falls and influencing factors in the elderly, which has good predictive ability and can provide reference for the prevention of falls in the elderly in the community.

【Key words】 Fall, The elderly, Risk factors, Predictive model, Bayesian network

在人口老龄化背景下,跌倒是世界范围内意外或非故意伤害和死亡的第二大原因^[1]。老年人跌倒是一个备受关注的公共卫生问题,已成为导致老年人残疾和死亡的危险因素之一。我国老年人跌倒发生率处于较高水平,每年约有19.3%的老年人发生跌倒^[2]。研究证实,跌倒是可以预防的^[3]。为了更好地预测和预防跌倒事件的发生,研究者已开发出多种跌倒风险预测工具,如莫尔斯跌倒量表、Hendrich II跌倒风险评估模型等,这些工具被广泛应用于老年人群的跌倒风险评估和预防工作中^[4]。社区是老年人的主要生活场所,也是老年人发生跌倒的主要场所,社区老年人对跌倒预防相关医疗支持有着迫切需求^[5-6]。但目前国内对跌倒预测的研究大多聚焦于医疗机构环境下的老年患者^[7-8],尚缺乏对社区老年人群的关注。贝叶斯网络是一种基于概率推理的图形化网络,用于反映变量之间的条件依赖关系和联合概率分布^[9]。贝叶斯网络能够通过概率推理来模拟和预测不确定性因素,该网络模型在风险管理、金融建模、人工智能等领域中的应用较为广泛,近年来已逐渐应用于医学领域中高血压^[10]、失能^[11]、抑郁^[12]等疾病预测方面的研究。跌倒与上述疾病类似,其风险也受到多种因素的不确定性或多个层面不同因素相互关联的影响。相较于传统Logistic回归模型,贝叶斯网络可通过诊断推理,分析关键影响因素并进行推理分析,提出针对性干预依据。因此,本研究使用贝叶斯网络模型对社区老年人跌倒风险进行分析及预测,以期对社区老年人跌倒风险的针对性干预提供依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象 2022年10—11月采用方便抽样法在武汉市汉南区选取2个社区的老年人作为研究对象,收集其基线资料,并于2023年11—12月进行电话随访。纳入标准:(1)年龄≥60岁;(2)在所在社区

居住时间≥6个月;(3)能理解指令并正常沟通交流;(4)本人自愿同意参加本研究。排除标准:(1)绝对卧床者;(2)存在偏瘫、癫痫情况者;(3)合并精神障碍者。

1.2 研究工具

1.2.1 影响因素的确定:本研究团队通过查阅文献,对国内外关于社区老年人跌倒风险的相关文献进行综合性分析整理,最后讨论确定了29项与社区老年人跌倒有关的危险因素,包括性别、年龄、婚姻史、文化程度、居住情况、共病(患2种以上慢性性疾病^[13])、多重用药、一年内跌倒史、吸烟史、饮酒史、辅具使用情况、听力受损、视力受损(听视力评估使用主观问题“您是否经历过影响日常生活的视力或听力下降?”回答“是”,则判定为听或视力受损^[14])等。

1.2.2 工具性日常生活能力量表:工具性日常生活能力(Instrumental Activity of Daily Living, IADL)量表由Lawton等^[15]于1969年编制,用于测量个体独立生活能力,内容包括使用电话、购物、备餐、整理家务、洗衣、乘坐交通工具、服药及理财8个条目,总分0~8分,7分以下视为功能受损。

1.2.3 Fried衰弱表型:Fried衰弱表型由Fried等^[16]编制,内容包括行走速度减慢、体质量下降、疲乏、握力减弱、体力活动下降5个维度,每个维度“符合”计1分,“不符合”计0分,总分0分表示无衰弱,1~2分表示衰弱前期,≥3分表示衰弱。

1.2.4 躯体功能测试:(1)四阶段平衡测试(4-stage balance test, 4-SBT)^[17]。该方法用于测试个体的静态平衡能力,包括双脚并排站立、双脚半串联站立、双脚串联站立、单腿站立4个动作。按阶段顺序测试,坚持时间达10 s,方可进行下一步。每一阶段可重复测2~3次,若尝试3次均未达10 s,提示静态失衡。(2)计时起立行走测试(time up and go test, TUGT)^[18]。该方法用于评估个体的平衡能力,受试者坐在椅子上,直线向前走3 m,转身走向原位置并坐下,记录此过程所用的时间,用时≥12.3 s为跌倒预测点。(3)5次坐椅

测试(5 times chair stand, 5-TCS)^[19]。该方法用于评估个体的下肢肌力,受试者坐在椅子上,双臂交叉置于胸前,快速站起再坐下5次,记录此过程所需要的时间,用时 ≤ 11.1 s表示下肢力量非常好。

1.2.5 匹兹堡睡眠质量指数:匹兹堡睡眠质量指数(Pittsburgh sleep quality index, PSQI)^[20]用于评估个体的睡眠情况,内容包括睡眠质量、入睡时间、睡眠时间、睡眠效率、睡眠障碍、催眠药物、日间功能障碍共7个维度,总分为0~21分,得分越高,表示睡眠质量越差,总分 >7 分提示存在睡眠障碍。

1.2.6 简版老年抑郁量表:简版老年抑郁量表(Geriatric Depression Scale, GDS-15)^[21]用于评估近1周个体的抑郁状况。该量表共15个条目,回答“是”计1分,回答“否”计0分,总分0~15分,得分越高,抑郁症状越明显,得分 ≥ 8 分说明存在抑郁。

1.2.7 简易精神状态检查量表:简易精神状态检查(Mini-Mental State Examination, MMSE)量表^[22]用于评估个体的智力状态及认知功能。该量表包括定向力(0~10分)、记忆力(0~3分)、注意力及计算力(0~5分)、回忆力(0~3分)、语言能力(0~9分)5个维度,总分0~30分,得分越高,说明认知功能越好。认知功能障碍的判定与受教育程度有关,文化程度为中学及以上者得分 <24 分或文化程度为小学者得分 <20 分或文盲者得分 <17 分则可判定为认知功能障碍。

1.2.8 营养风险筛查2002量表:营养风险筛查2002量表由Kondrup等^[23]编制,用于个体的营养风险筛查,内容包括营养状况(3个条目)、疾病严重程度(3个条目)及年龄(≥ 70 岁加算1分),总分为0~7分,总分 ≥ 3 分表示有营养不良或存在营养不良的风险。

1.2.9 结局指标:随访1年,询问研究对象在随访期内是否发生跌倒。跌倒的定义为突发、不自主的、非故意的体位改变,倒在地上或更低的平面上^[24]。

1.3 资料收集及录入 根据研究工具编制调查问卷,采用现场问卷调查和功能测试的方法面对面现场收集跌倒相关资料。由两名研究成员负责资料收集,调查前上述两人均获得老年综合评估资质,能够熟练掌握各种量表的评判标准和躯体功能测试方法。调查前取得老年人及其家属知情同意,向其说明研究目的、意义及过程。现场调查时,使用统一指导语;原则上由老年人自行填写问卷,对于理解问题困难者,由调查人员使用通俗易懂语言对问卷内容

加以解释说明并帮助其填写;现场回收问卷,回收问卷时注意检查问卷填写情况,保证问卷准确与完整,如存在漏填、缺损的情况及时补充更正。1年后采用电话随访方式,询问研究对象在1年随访期内是否发生跌倒。数据录入由两名研究成员独立完成,并通过比对差异确保准确性。

1.4 统计学分析 计数资料以例数和百分比表示,运用R语言软件的compareGroups程序包进行 χ^2 检验,检验水准 $\alpha=0.05$ (双侧)。采用R语言软件的glmnet程序包进行最小绝对收缩和选择算子(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)分析以确定影响因素。LASSO筛选结果使用均方误差进行评价,均方误差值越低则LASSO模型拟合效果越好。基于LASSO分析筛选的影响因素确定贝叶斯网络节点,使用R语言软件中的bnlearn程序包和Rgraphviz程序包进行网络可视化处理,将结构拟合结果导入Netica 5.18软件中进行参数学习。模型操作步骤分为:(1)确定贝叶斯网络节点;(2)构建网络结构;(3)确定先验概率及后验推理分析。使用Netica 5.18软件综合评价贝叶斯网络模型的预测效果,使用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线的曲线下面积(area under the curve, AUC)取值进行模型性能评价,取值范围为0~1, AUC值大于0.7表示性能良好。

2 结果

2.1 社区老年人群跌倒发生情况 本研究共纳入研究对象755人,1年内随访失访12人,包括受试者及其家属均无法取得联系6人,拒绝4人,死亡2人(1人因肿瘤死亡、1人因冠心病死亡),最终纳入研究对象743人。其中,男性342人、女性401人,年龄60~93岁;发生跌倒人数为81人,占比10.9%。根据研究对象的跌倒发生情况分为跌倒组($n=81$)和未跌倒组($n=662$),结果显示,两组在年龄、共病、文化程度、独居情况、辅助用具情况、跌倒史、听力受损情况、睡眠障碍情况、镇静催眠药使用情况、降压药使用情况、降糖药使用情况、利尿药使用情况、多重用药使用情况、IADL受损情况、衰弱情况、TUGT、4-SBT、5-TCS、认知障碍情况、抑郁情况方面的比较,差异有统计学意义($P<0.05$),见表1。

表 1 跌倒组和未跌倒组社区老年人基线资料的比较[n(%)]

指标	跌倒组 (n=81)	未跌倒组 (n=662)	χ^2 值	P值	指标	跌倒组 (n=81)	未跌倒组 (n=662)	χ^2 值	P值	
性别					镇静催眠药					
男性	33(40.7)	309(46.7)	1.024	0.312	是	21(25.9)	45(6.8)	2.626	<0.001	
女性	48(59.3)	353(53.3)			否	60(74.1)	617(93.2)			
年龄[n(%)]					降压药					
60~79岁	23(28.4)	478(72.2)	63.071	<0.001	是	36(44.4)	213(32.2)	4.876	0.027	
80岁及以上	58(71.6)	184(27.8)			否	45(55.6)	449(67.8)			
婚姻					降糖药					
已婚	66(81.5)	564(85.2)	0.772	0.380	是	28(34.6)	151(22.8)	5.456	0.020	
离婚或丧偶	15(18.5)	98(14.8)			否	53(65.4)	511(77.2)			
家庭月收入					利尿药					
<3 000元	6(7.4)	46(7.0)	0.244	0.885	是	27(33.3)	84(12.7)	24.205	<0.001	
3 000~5 000元	55(67.9)	467(70.5)			否	54(66.7)	578(87.3)			
>5 000元	20(24.7)	149(22.5)			多重用药					
共病					是	38(46.9)	89(13.4)	53.046	<0.001	
是	53(65.4)	326(49.2)	7.567	0.006	否	43(53.1)	573(86.6)			
否	28(34.6)	336(50.8)			IADL受损					
文化程度					是	61(75.3)	100(15.1)	154.105	<0.001	
小学及以下	17(21.0)	73(11.0)	9.859	0.020	否	20(24.7)	562(84.9)			
初中	36(44.4)	322(48.6)			体质指数					
高中/中专	19(23.5)	220(33.2)			体重不足	38(46.9)	263(39.7)	7.431	0.059	
大专及以上	9(11.1)	47(7.1)			正常	37(45.7)	272(41.1)			
独居					超重	5(6.2)	77(11.6)			
是	23(28.4)	124(18.7)	4.247	0.039	肥胖	1(1.2)	50(7.6)			
否	58(71.6)	538(81.3)			营养不良					
辅助用具					是	25(30.9)	163(24.6)	1.488	0.223	
是	18(22.2)	23(3.5)	45.124	<0.001	否	56(69.1)	499(75.4)			
否	63(77.8)	639(96.5)			衰弱					
跌倒史					是	70(86.4)	95(14.4)	216.980	<0.001	
是	38(46.9)	53(8.0)	101.651	<0.001	否	11(13.6)	567(85.6)			
否	43(53.1)	609(92.0)			TUGT					
听力受损					不合格	60(74.1)	197(29.8)	62.644	<0.001	
是	15(18.5)	49(7.4)	11.330	0.001	合格	21(25.9)	465(70.2)			
否	66(81.5)	613(92.6)			4-SBT					
视力受损					不合格	37(45.7)	163(24.6)	16.266	<0.001	
是	8(9.9)	47(7.1)	0.812	0.368	合格	44(54.3)	499(75.4)			
否	73(90.1)	615(92.9)			5-TCS					
吸烟					不合格	35(43.2)	146(22.1)	17.529	<0.001	
是	8(9.9)	57(8.6)	0.145	0.703	合格	46(56.8)	516(77.9)			
否	73(90.1)	605(91.4)			认知障碍					
饮酒					是	28(34.6)	125(18.9)	10.859	0.001	
是	4(4.9)	29(4.4)	0.003	0.956	否	53(65.4)	537(81.1)			
否	77(95.1)	633(95.6)			抑郁					
睡眠障碍					是	37(45.7)	74(11.2)	67.600	<0.001	
是	16(19.8)	29(4.4)	27.333	<0.001	否	44(54.3)	588(88.8)			
否	65(80.2)	633(95.6)								

注:由于数据修约,部分指标构成比之和不等于100%。

2.2 老年人跌倒的影响因素筛选 使用 LASSO 分析将上述有统计学意义的指标进行筛选,研究根据 lambda 取值下的回归系数,当 log(lambda) 为 -5.38 时 binomial deviance 最小,选取系数不为 0 的变量共

计 13 个,即衰弱、抑郁、IADL 受损、跌倒史、TUGT、睡眠障碍、多重用药、利尿药、镇静催眠药、听力受损、文化程度、共病、年龄,见图 1 和表 2。

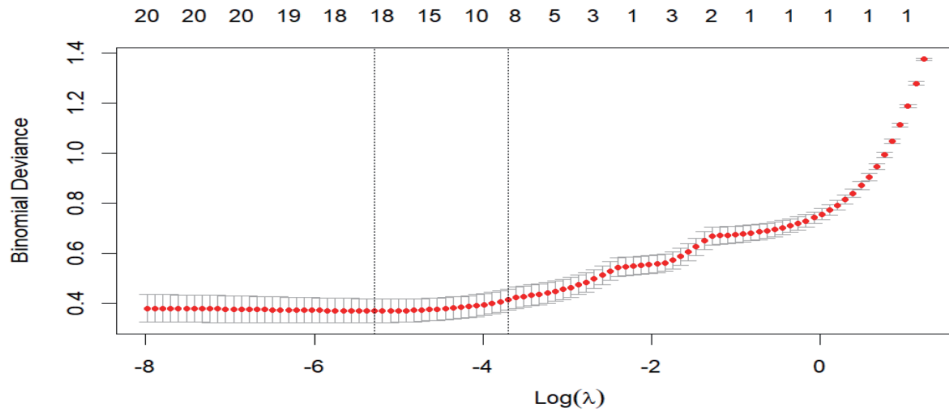


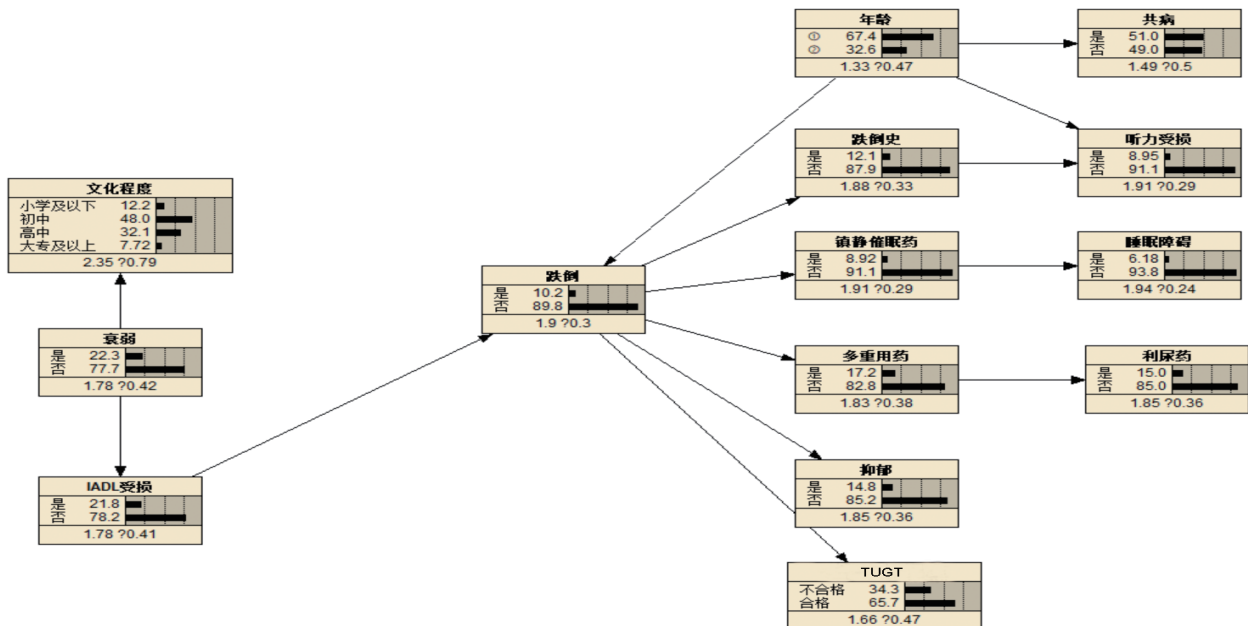
图 1 基于 LASSO 模型的社区老年人跌倒风险预测模型变量选择

表 2 基于 LASSO 模型的社区老年人跌倒风险预测模型变量选择表

序号	变量名称	系数估计值	序号	变量名称	系数估计值
1	衰弱	2.260	8	利尿药	0.296
2	抑郁	1.522	9	镇静催眠药	0.165
3	IADL 受损	1.171	10	听力受损	0.114
4	跌倒史	1.092	11	文化程度	-0.123
5	TUGT	0.783	12	共病	-0.384
6	睡眠障碍	0.599	13	年龄	-1.240
7	多重用药	0.492			

2.3 贝叶斯网络构建及参数学习 基于 LASSO 回归筛选出来的 13 个变量进行贝叶斯网络学习,运用 Netica 5.18 软件构建的贝叶斯网络模型,最终构建出含有 14 个节点、14 条有向边的社区老年人跌倒风险

的先验概率图,并获得各节点相对应的条件概率。其中,有 7 个节点与跌倒结局直接相连,有 6 个节点通过复杂关系与跌倒结局指标关联,见图 2。

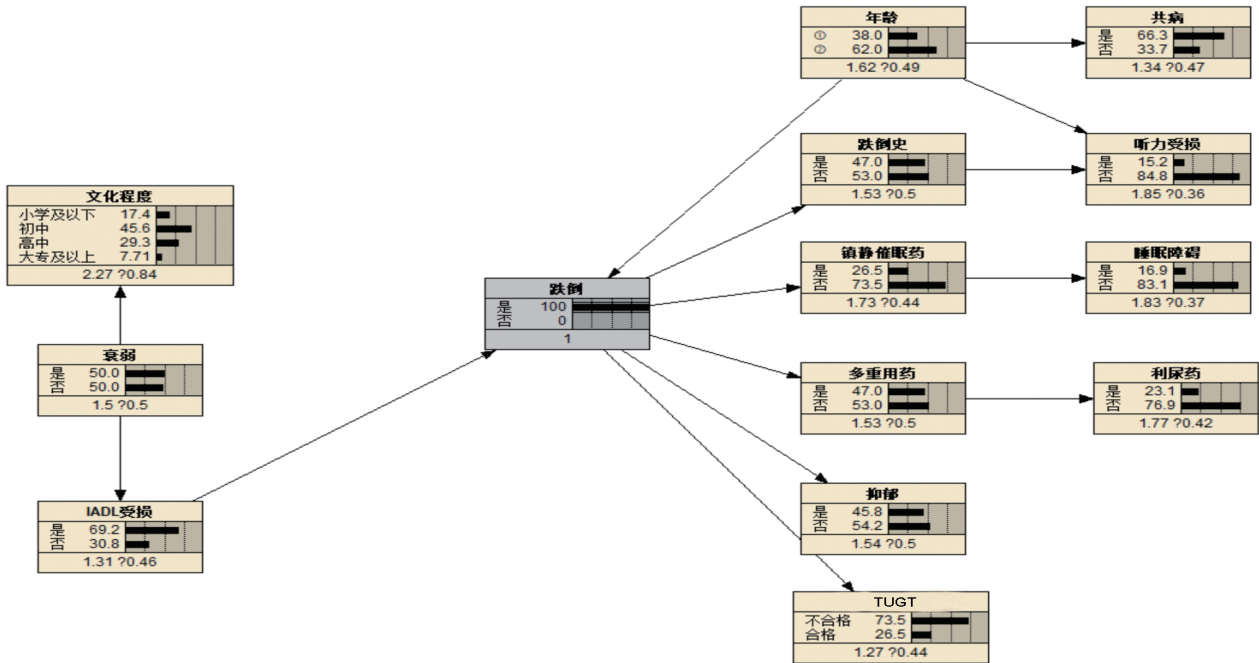


注:① 60~79 岁;② 80 岁及以上。

图 2 社区老年人跌倒风险的贝叶斯网络先验概率图

2.4 贝叶斯网络模型诊断推理 为了验证影响老年人跌倒的影响因素指标,将跌倒结局指标的阳性概率设定为100%时,通过Netica 5.18软件自动更新对贝叶斯网络模型图进行再构建。与先验概率图比

较,发现14个节点中有4个节点的阳性概率变化幅度明显,均超过30.0%以上,这4个节点分别为IADL受损、TUGT、跌倒史和抑郁,均为社区老年人跌倒的关键影响因素,见图3和表3。



注:① 60~79岁;② 80岁及以上。

图3 社区老年人跌倒的贝叶斯网络模型后验概率图

表3 社区老年人跌倒关键影响因素诊断推理

变量名称	先验阳性概率(%)	后验阳性概率(%)	变化率(%)
IADL受损	21.8	69.2	47.4
TUGT	34.3	73.5	39.2
跌倒史	12.1	47.0	34.9
抑郁	14.8	45.8	31.0

2.5 贝叶斯网络评价 建立模型的第四阶段为绘制ROC曲线,通过计算灵敏度、特异度和AUC评价模型的预测效果。如图4显示,AUC为0.923,灵敏度为0.864,特异度为0.856,说明本研究所构建的贝叶斯网络模型灵敏度、特异度较高,能较好地反映各节点之间的关系。

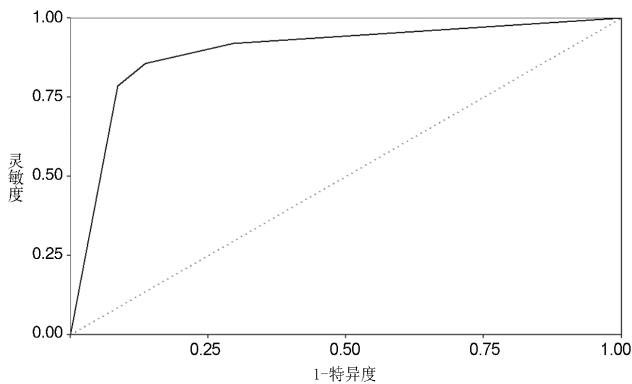


图4 社区老年人跌倒风险的ROC曲线图

3 讨论

本研究结果显示,社区老年人的跌倒发生率为10.9%,与吴静等^[25]的研究结果相近,但低于既往研究结果^[26]。结果的差异性可能与不同研究的样本量、地区、经济背景、人口学特征等有关,加之本研究跌倒结局由老年人或家属主观描述,可能存在一定回忆偏差。随着人口老龄化的加剧,老年人跌倒已成为世界范围内日益重要的公共卫生挑战^[27]。2020年第七次全国人口普查数据显示,我国65岁及以上老年人口已达19 064万人,占总人口的13.5%^[28]。老年人群跌倒发生率随着年龄的上升而升高^[29]。因此,了解社区老年人跌倒的风险因素对于早期识别易跌倒人群和制订有效的跌倒预防策略尤为重要。

跌倒是多种因素相互作用的结果,危险因素的识别对跌倒预防至关重要。本研究基于贝叶斯网络模型推理显示,社区老年人跌倒的关键危险因素包

含 IADL 受损、TUGT、跌倒史和抑郁。本研究结果显示, IADL 受损是社区老年人发生跌倒的重要危险因素, 与 Nagarkar 等^[30]的研究结果一致。老年人随着生理功能下降, 骨骼肌减少, 日常活动能力受限, 容易导致跌倒的风险增加^[31-32]。因此, 早期识别老年人功能状态改变有利于护理人员采取有效的干预手段, 降低老年人跌倒风险, 帮助老年人维持生活自理能力^[33]。本研究发现, TUGT 不合格是社区老年人发生跌倒的重要因素, 与刘庭等^[34]的研究结果一致。TUGT 包含起立坐下、行走及转向的所有动作, 是涵盖身体力量、灵活性及平衡能力的综合测试^[35]。由于随着年龄的增长, 肌肉力量衰退, 人体平衡能力、协调与步态出现异常, 因而容易出现跌倒^[36]。这提示我们应关注社区老年人的平衡能力, 指导老年人进行以平衡和灵活性为目标的运动干预措施, 以提高身体平衡能力, 从而预防跌倒的发生。本研究发现, 既往跌倒史是老年人发生跌倒的重要危险因素, 与既往研究结果一致^[37]。跌倒史经历可能会引发老年人对再次跌倒的恐惧, 害怕再次发生跌倒伤害, 从而限制日常活动和身体功能, 对姿势控制反应迟钝, 最终导致再次跌倒的风险增加^[38]。《老年人跌倒预防及管理的国际指南》^[39]强烈推荐将跌倒史纳入评估老年人跌倒风险的初筛内容, 至少每年评估 1 次过去 12 个月中曾经历过跌倒情况, 有助于快速定位跌倒高风险的老年人。此外, 本研究结果显示, 抑郁也是老年人发生跌倒的危险因素, 与 Song 等^[40]的研究结果一致。抑郁症状不仅与影响注意力、执行功能和处理速度的认知缺陷的特征模式有关, 而且有抑郁症状的老年人通常伴有食欲下降, 从而导致体重和肌肉质量下降, 因此面临着更大的跌倒风险^[41]。然而, 目前有关跌倒的研究大多关注人口学、疾病和躯体功能因素, 对老年人心理因素的影响却很少关注。因此建议定期评估老年人的抑郁症状, 关注抑郁症状的变化, 并将心理健康作为跌倒干预的一部分, 以减少跌倒事件的发生。

本研究构建的贝叶斯模型具有较高的灵敏度和特异度, 能较好地反映各节点之间的关系。与传统的 Logistic 回归模型相比, 贝叶斯模型将概率和可视化图相结合, 通过分析各影响因素间复杂的网络关系, 可以对影响社区老年人跌倒的因素进行分析, 找出其影响因子的交互作用, 并利用诊断推理进一步验证所选取变量的有效性。本研究构建的预测模型充分纳入与老年人跌倒相关的特异性风险因素, 通过贝叶斯网络模型可直观地评估预测因子, 具有良好的灵敏度和特异度。

综上所述, 贝叶斯网络模型将概率和可视化图相结合, 通过分析各影响因素间复杂的网络关系, 可

以对影响社区老年人跌倒危险因素进行分析。其中, 对于 IADL 受损、TUGT 不合格、有跌倒史和抑郁的老年人群尤其需要密切关注, 这部分人群发生跌倒的可能性更高。目前中国正处于人口快速老龄化的发展阶段, 老年人跌倒数量持续增加, 给社会及家庭带来沉重的照料和经济负担。有效预防跌倒对于促进老年人健康长寿和实现健康老龄化极为关键, 因此有必要在社区开展老年人跌倒风险识别, 对于发生跌倒风险较高的因素应尽早采取针对性的干预措施, 以减少老年人跌倒的发生。但本研究存在一定的局限性: 首先, 仅调查了 2 个社区, 样本代表性较局限, 未来可以进一步扩大样本量; 其次, 环境、经济等其他因素协变量未纳入, 可能影响主变量关系; 最后, 本研究基于贝叶斯网络构建了社区老年人跌倒风险预测模型, 后续可进一步开展多中心研究, 并探索环境、经济等影响因素, 深入挖掘各因素间的相关性, 结合其他机器学习方法进行模型拟合, 为减少社区老年人跌倒的发生提供更广泛的科学依据。

参 考 文 献

- [1] Cella A, De LA, Squeri V, et al. Development and validation of a robotic multifactorial fall-risk predictive model: a one-year prospective study in community-dwelling older adults [J]. *PLoS One*, 2020, 15(6): e0234904.
- [2] 康宁, 于海军, 陆晓敏, 等. 中国老年人跌倒发生率的 Meta 分析 [J]. *中国循证医学杂志*, 2022, 22(10): 1142-1148.
- [3] World Health Organization. Step safely: strategies for preventing and managing falls across the life-course [EB/OL]. (2021-04-27) [2024-01-22]. <https://www.who.int/publications/i/item/978924002191-4>.
- [4] Cheng ZN, Li XH, Xu HM, et al. Incidence of accidental falls and development of a fall risk prediction model among elderly patients with diabetes mellitus: a prospective cohort study [J]. *J Clin Nurs*, 2023, 32(7/8): 1398-1409.
- [5] 田文雯, 李善玲, 李维果. 社区老年人跌倒预防自我管理体验的 Meta 整合 [J]. *护理学杂志*, 2024, 39(10): 102-106.
- [6] 任影, 于卫华, 张利, 等. 社区老年人跌倒警觉度现状及影响因素分析 [J]. *护理学杂志*, 2024, 39(1): 93-97.
- [7] 周晓洲, 宁伟超, 李贤. 老年维持性血液透析病人跌倒预测模型的构建 [J]. *护理研究*, 2023, 37(12): 2114-2121.
- [8] 岳跃学, 贾玉玲, 王秀红. 老年人跌倒风险预测模型研究进展 [J]. *护理研究*, 2022, 36(16): 2944-2948.
- [9] 李晓晴, 于海征. 贝叶斯网络结构学习的 CMIHC 算法 [J]. *计算机科学*, 2023, 50(S2): 561-567.
- [10] 俞美艳, 赵雅宁, 刘瑶, 等. 基于贝叶斯网络模型的中老年发生 H 型高血压的影响因素研究 [J]. *现代预防医学*, 2024, 51(2): 335-342.

- [11] 陈玲,郝志梅,魏霞霞,等.基于贝叶斯网络的老年人失能风险预测模型构建[J].中国老年学杂志,2023,43(22):5596-5600.
- [12] 王齐里,宋文柱,张岩波,等.贝叶斯网络在老年抑郁症危险因素中的应用——基于CHARLS数据库的实证分析[J].现代预防医学,2023,50(20):3649-3655,3662.
- [13] 朱鸣雷,刘晓红,董碧蓉,等.老年共病管理中国专家共识(2023)[J].中国临床保健杂志,2023,26(5):577-584.
- [14] Lu F, Li JJ, Liu XH, et al. Diagnostic performance analysis of the Integrated Care for Older People (ICOPE) screening tool for identifying decline in intrinsic capacity [J]. BMC Geriatr, 2023, 23(1):509.
- [15] Lawton MP, Brody EM. Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living [J]. Gerontologist, 1969, 9(3):179-186.
- [16] Fried LP, Tangen CM, Walston J, et al. Cardiovascular health study collaborative research group. frailty in older adults: evidence for a phenotype [J]. Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2001, 56(3):M146-M156.
- [17] Oddsson LIE, Bisson T, Cohen HS, et al. Extended effects of a wearable sensory prosthesis on gait, balance function and falls after 26 weeks of use in persons with peripheral neuropathy and high fall risk-The walk2Wellness trial [J]. Front Aging Neurosci, 2022, 14:931048.
- [18] Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up&Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons [J]. Am Geriatr Soc, 1991, 39(2):142-148.
- [19] Freire AN, Guerra RO, Alvarado B, et al. Validity and reliability of the short physical performance battery in two diverse older adult populations in Quebec and Brazil [J]. J Aging Health, 2012, 24(5):863-878.
- [20] Buysse DJ, Reynolds CF3, Monk TH, et al. The Pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research [J]. Psychiatry Res, 1989, 28(2):193-213.
- [21] D'Ath P, Katona P, Mullan E, et al. Screening, detection and management of depression in elderly primary care attenders. I: the acceptability and performance of the 15 Item Geriatric Depression Scale (GDS15) and the development of short versions [J]. Fam Pract, 1994, 11(3):260-266.
- [22] Katzman R, Zhang MY, Ouang YQ, et al. A Chinese version of the mini-mental state examination; impact of illiteracy in a Shanghai dementia survey [J]. J Clin Epidemiol, 1988, 41(10):971-978.
- [23] Kondrup J, Rasmussen HH, Hamberg O, et al. Nutritional risk screening (NRS 2002): a new method based on an analysis of controlled clinical trials [J]. Clin Nutr, 2003, 22(3):321-336.
- [24] 北京协和医院世界卫生组织疾病分类合作中心编译. 疾病和有关健康问题的国际统计分类(ICD-10)[M]. 10版. 北京:人民卫生出版社,1996.
- [25] 吴静,陆琰,柏怡文,等.动态平衡信心量表预测社区老年居民跌倒的价值[J].中华健康管理学杂志,2021,15(6):581-585.
- [26] 林进龙,魏玥,陈功,等.慢性病对中老年人跌倒伤害影响的队列研究[J].中华流行病学杂志,2022,43(2):218-226.
- [27] Ye PP, Er YL, Wang HD, et al. Burden of falls among people aged 60 years and older in Mainland China, 1990-2019: findings from the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. LANCET PUBLIC HEALTH, 2021, 6(12):e907-e918.
- [28] 国家统计局.第七次全国人口普查主要数据情况[EB/OL]. (2021-05-11)[2024-05-10].https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1901080.html
- [29] Montero-Odasso M, van der Velde N, Alexander NB, et al. New horizons in falls prevention and management for older adults: a global initiative [J]. Age Ageing, 2021, 50(5):1499-1507.
- [30] Nagarkar A, Kulkarni S. Association between daily activities and fall in older adults: an analysis of longitudinal ageing study in India(2017-18) [J]. BMC Geriatr, 2022, 22(1):203.
- [31] 顾辨辨,李静,李红旗,等.安徽省老年人发生跌倒的影响因素分析[J].中国临床保健杂志,2024,27(6):739-743.
- [32] Sekaran NK, Choi H, Hayward RA, et al. Fall-associated difficulty with activities of daily living in functionally independent individuals aged 65 to 69 in the United States: a cohort study [J]. J Am Geriatr Soc, 2013, 61(1):96-100.
- [33] 梁燕,梁鸿.可穿戴传感器在老年人功能状态评估中的应用及研究进展[J].护理研究,2020,34(6):1042-1045.
- [34] 刘庭,皮红英,苏清清,等.北京市门诊老年人跌倒风险与躯体功能的相关性[J].中华老年多器官疾病杂志,2023,22(1):1-5.
- [35] Gautschi OP, Smoll NR, Corniola MV, et al. Validity and reliability of a measurement of objective functional impairment in lumbar degenerative disc disease: the timed up and go (TUG) test [J]. Neurosurgery, 2016, 79(2):270-278.
- [36] Cuevas-Trisan R. Balance problems and fall risks in the elderly [J]. Clin Geriatr Med, 2019, 35(2):173-183.
- [37] Xu QM, Ou XM, Li JF. The risk of falls among the aging population: a systematic review and meta-analysis [J]. Front Public Health, 2022, 10:902599.
- [38] Shao L, Shi Y, Xie XY, et al. Incidence and risk factors of falls among older people in nursing homes: systematic review and meta-analysis [J]. J Am Med Dir Assoc, 2023, 24(11):1708-1717.
- [39] Montero-Odasso M, van der Velde N, Martin FC, et al. World guidelines for falls prevention and management for older adults: a global initiative [J]. Age Ageing, 2022, 51(9):afac205.
- [40] Song J, Wu X, Zhang Y, et al. Association between changes in depressive symptoms and falls: the China health and retirement longitudinal study (CHARLS) [J]. Affect Disord, 2023, Nov 15(341):393-400.
- [41] Gambaro E, Gramaglia C, Azzolina D, et al. The complex associations between late life depression, fear of falling and risk of falls. A systematic review and meta-analysis [J]. Ageing Res Rev, 2022, 73:101532.

(收稿日期:2025-02-01 修回日期:2025-04-02)