原创精选
Selected article

应用结构方程模型分析上海市中心城区老年人跌倒的影响因素

周德定[1]，徐乃婷[1]，高宁[1]，施燕[1,2]，彭娟娟[1]，喻彦[1]

1. 上海市疾病预防控制中心慢性非传染病与伤害防治所，上海 200336
2. 复旦大学附属华山医院，国家老年疾病临床医学研究中心，上海 200040

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2019.19223

摘要：

[背景] 老年人跌倒的发生往往是多种影响因素共同作用的结果，世界卫生组织将其影响因素归为生物学因素、行为因素、环境因素和社会经济因素四个大类。

[目的] 分析影响城市老年人跌倒发生的影响因素，为开展干预工作提供依据。

[方法] 对来自上海市7个中心城区3 480例老年人进行问卷调查、步态和平衡功能测试及居家环境评估。以跌倒发生因子为应变量，生物学因子、社会经济因子、行为因素和居家环境因素为自变量建立结构方程模型，分析跌倒发生的影响因素。潜变量跌倒发生因子以跌倒次数、跌伤次数、住院天数和休息天数为观测变量，潜变量生物学因子以骨质疏松风险得分、计时起立行走测试（TUG）时间、体质风险评估得分、年龄和性别为观测变量，潜变量社会经济因子以有无同住人和教育程度为观测变量。

[结果] 实际完成调查3 385人。13.06%的调查对象在过去一年内发生过跌倒。女性（χ^2=25.83，P<0.05）、70~和80~岁组（χ^2=52.27，P<0.05）、小学及以下文化程度（χ^2=10.05，P<0.05）和无同住人（χ^2=3.98，P<0.05）的老年人更容易发生跌倒。跌倒组体质风险得分（Z=12.51，P<0.05）、TUG时间（Z=9.29，P<0.05）、骨质疏松风险得分（Z=8.46，P<0.05）、行为因素得分（Z=4.91，P<0.05）和居家环境因素得分（Z=4.66，P<0.05）均高于未跌倒组。结构方程模型显示，生物学因子、行为因素和居家环境因素对跌倒发生因子的标准化回归系数（β）分别为0.564（P<0.01）、0.070（P<0.01）和0.083（P<0.01），社会经济因子的β无统计学意义，在生物学因子中，体质风险、TUG时间的β分别为0.658（P<0.01）和0.477（P<0.01），高于其他观测变量。女性比男性更容易发生跌倒，女性老年人中居家环境因素对跌倒发生因子的β为0.111（P<0.01），男性老年人中居家环境因素的β无统计学意义。

[结论] 生物学因素、行为因素和居家环境因素都是老年人跌倒发生的影响因素。其中生物学因素的影响最大，生物学因素与体质风险评估得分、TUG时间的关系最为密切。女性跌倒风险要高于男性。居家环境因素是女性特有的影响因素。

关键词：老年人；跌倒；结构方程模型；生物学因素；行为因素；居家环境因素；社会经济因素

A structural equation model of fall-related risk factors among the elderly in urban areas of Shanghai

ZHOU De-ding[1], XU Nai-ting[1], GAO Ning[1], SHI Yan[1,2], PENG Juan-juan[1], YU Yan[1]
(1.*Division of Chronic Non-communicable Diseases and Injury, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai* 200336*, China;* 2.*National Clinical Research Center for Aging and Medicine, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai* 200040*, China*)

Abstract:

[Background] Falls occur as a result of a complex interaction of risk factors. The World Health Organization categorizes the risk factors into four dimensions: biological, behavioral, environmental, and socioeconomic factors.

[Objective] This study is designed to analyze the factors affecting the falls of the elderly in urban areas and provide evidence for targeted intervention programs.

[Methods] A total of 3 480 elderly participants from 7 urban areas of Shanghai were surveyed by questionnaires, tested for gait and balance function, and evaluated for home environment. A structural equation model was developed to examine the relationships between independent

作者简介
周德定（1979—），男，硕士，主管医师；
E-mail：zdd903@163.com

通信作者
彭娟娟，E-mail：pengjuanjuan@scdc.sh.cn
喻彦，E-mail：yuyan@scdc.sh.cn

伦理审批 已获取
利益冲突 无申报
收稿日期 2019-04-10
录用日期 2019-06-28

文章编号 2095-9982(2019)08-0703-07
中图分类号 R161.7
文献标志码 A

▸引用
周德定，徐乃婷，高宁，等.应用结构方程模型分析上海市中心城区老年人跌倒的影响因素[J].环境与职业医学，2019，36(8)：703-709.

▸本文链接
www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2019.19223

Correspondence to
PENG Juan-juan, E-mail: pengjuanjuan@scdc.sh.cn
YU Yan, E-mail: yuyan@scdc.sh.cn

Ethics approval Obtained
Competing interests None declared
Received 2019-04-10
Accepted 2019-06-28

▸To cite
ZHOU De-ding, XU Nai-ting, GAO Ning, et al. A structural equation model of fall-related risk factors among the elderly in urban areas of Shanghai[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2019, 36(8): 703-709.

▸Link to this article
www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2019.19223

variables (biological, socioeconomic, behavioral, and home environmental factors) and dependent variable (falls). The latent variables of falls were indicated by manifest variables including number of falls, number of injuries, days of hospitalization, and days of rest; the latent variables of biological factors were indicated by manifest variables including osteoporosis risk score, timed up and go test (TUG) time, physical risk assessment score, age, and gender; the latent variables of socioeconomic factors were indicated by manifest variables including whether living alone and education.

[Results] Of the 3 385 subjects who completed the questionnaire survey, 13.06% fell in the past year. The rates of falls were significantly higher in women (χ^2=25.83, P<0.05), the 70- years and 80- years age groups (χ^2=52.27, P<0.05), those with elementary school or less education (χ^2=10.05, P<0.05), and those with no cohabitant (χ^2=3.98, P<0.05). The elderly participants who fell had higher physical risk score (Z=12.51, P<0.05), TUG time (Z=9.29, P<0.05), osteoporosis risk score (Z=8.46, P<0.05), behavioral factor score (Z=4.91, P<0.05), and home environmental factors score (Z=4.66, P<0.05) than those who did not fall. The structural equation model showed that the standardized regression coefficients (β) of the biological factors, behavioral factors, and home environmental factors were 0.564 (P<0.01), 0.070 (P<0.01), and 0.083 (P<0.01), respectively, and the regression coefficient (β) of socioeconomic factors was not statistically significant. Among the biological factors, the regression coefficients (β) for physical risk and TUG time were 0.658 (P<0.01) and 0.477 (P<0.01) respectively, higher than the coefficients of other manifest variables. Women were more likely to fall than men. The regression coefficient (β) of home environmental factors of falls in female elderly people was 0.111 (P<0.01), and the coefficient (β) of male elderly people was not significant.

[Conclusion] Biological, behavioral, and home environmental factors may affect the falls of the elderly. Among them, biological factors are dominant and are most closely associated with physical risk score and TUG time. The risk of falls is higher for women than for men. Home environment as a risk factor is unique to women.

Keywords: elderly; fall; structural equation model; biological factor; behavior factor; home environmental factor; socioeconomic factor

老年人跌倒的发生往往是多种影响因素共同作用的结果，世界卫生组织将其影响因素归为生物学因素、行为因素、环境因素和社会经济因素四个大类[1]。生物学因素主要指与人身体有关的特征，如年龄、性别、种族、肌力、骨质水平、平衡能力、视力和听力、认知能力、慢性病患病情况等；行为因素主要指服药数量、是否饮酒、锻炼水平和穿着情况；环境因素包括地面不平、地面湿滑、缺少照明、缺少扶手、通道堆放杂物等；社会经济因素包括文化程度、收入水平、住房情况、社交情况、医疗资源和医疗服务情况等。文献显示，老年人跌倒的危险因素多达数十个[2-3]。对老年人跌倒危险因素的分析研究，往往直接将所有的研究因素一起纳入研究模型进行分析，分析每个研究因素的效应大小，尚不能掌握个人生物学因素、行为因素、环境因素和社会经济因素对老年人跌倒发生的贡献度大小，也不能掌握这四类因素与所含具体因素之间的关联程度。

生物学水平、社会经济水平等在实际调查中无法直接测量获得，必须通过一些可测量的变量来进行间接测量，而传统的回归分析都默认自变量是可直接测量的，且不存在测量误差，因此无法分析和解释这些变量与跌倒发生之间的关系。而结构方程模型是一般线性模型的扩展，既可用于研究可测变量（显变量），也可用于研究不可直接观测变量（潜变量）[4]，在估算一组观测变量与其潜变量关系的同时，也可分析各潜变量间的关系，且不会受测量误差的影响[5]。本研究以上海市中心城区老年人作为研究对象，假设生物学因素、行为因素、环境因素和社会经济因素均会影响该人群的跌倒发生，利用结构方程模型验证该假设的同时量化所选因素对老年人跌倒结局的影响，以便为将来制定该人群干预措施提供依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

从上海市 7 个中心城区中，每个区随机抽取一个街道 / 镇，每个街道 / 镇随机抽取一个居委，居委内采取整群抽样原则，抽取居委内经知情同意并自愿参加的 60 岁及以上常住老年人为研究对象。排除标准：①长期卧病在床、无法行走者；②患有严重心脑疾病、精神或意识障碍及其他严重躯体疾病者。经排摸应调查和评估 3 480 人，实际完成 3 385 人，完成率 97.27%。该项研究已获复旦大学公共卫生学院医学研究伦理委员会审查批准，批准号为 IRB#2018-05-0685。

1.2 研究方法与指标

2017 年初，由经专业培训的调查人员对研究对象进行问卷调查、步态和平衡功能测试及居家环境评估。问卷调查内容包括年龄、性别、文化程度、同住人等基本个人信息，近一年跌倒发生和诊疗情况，跌倒风险以及骨质疏松风险。问卷调查、步态和平衡功能测试为集中或入户进行问询和测试，居家环境需入户评估。

1.2.1 跌倒和跌伤定义 跌倒指无意图地倒在地上或一些更低的平面上的事件。跌伤指跌倒后就医，诊断为某一类损伤；或虽未就医，但因跌倒活动受限半天

以上[1, 6]。

1.2.2 跌倒风险评估 跌倒风险评估参照美国疾病预防控制中心（CDC）伤害预防控制中心提供的老年人跌倒个人风险评估表[7]，按体质因素和行为因素分别评估。体质风险评估内容包括：①走路或者站立时困难；②使用拐杖、助行器，或者行走时需要抓住边上的支撑物；③必须用手帮助才能从椅子/沙发上起身；④觉得虚弱、头晕或者脚不稳；⑤觉得听力下降了，或者身边有人说您听力有问题了；⑥患有3种或以上的慢性病。以上问题选择“是”的项数，即为体质风险评估得分（1分/项），总得分越高，风险越大。行为风险评估内容包括：①服用4种或以上的药物；②两年内未检查过眼睛和视力；③一周内锻炼天数不到2 d；④每天都喝酒。以上问题选择“是”的项数，即为行为风险评估得分（1分/项），总得分越高，风险越大。

1.2.3 骨质疏松风险评估 骨质疏松风险评估应用国际骨质疏松症基金会“骨质疏松症一分钟问卷”[8]，内容包括：①您是否曾经因为轻微的碰撞或者跌倒就会伤到自己的骨骼；②您的父母有没有轻微碰撞或跌倒就发生髋部骨折的情况；③您经常连续3个月以上服用可的松、泼尼松等激素类药品吗；④您的身高是否比年轻时降低了3 cm；⑤您经常大量饮酒吗；⑥您每天吸烟超过20支吗；⑦您经常腹泻吗（由于消化道疾病或者肠炎而引起）；⑧女士回答：您是否在45岁之前就绝经了；⑨女士回答：您是否曾经有过连续12个月以上没有月经（除了怀孕期间）；⑩男士回答：您是否患有勃起功能障碍或者缺乏性欲的症状。以上问题选择“是”的项数，即为骨质疏松风险评估得分（1分/项），总得分越高，表示患骨质疏松的风险越大。

1.2.4 计时起立行走测试（Timed Up and Go Test，TUG） 步态和平衡功能应用TUG进行测试，TUG是美国和英国老年医学学会都推荐的一个跌倒风险测试常用工具[9]。测试时受试者从有扶手的靠背椅上起身，站稳后，按照平时走路的速度和步态，向前走3 m后，转身走回到椅子前，再转身坐下。测试者记录受试者背部离开椅背到再次坐下（靠到椅背）所用的时间，一般将13.5 s作为临界值，大于此值提示存在跌倒风险[10]。

1.2.5 居家环境评估 居家环境评估应用的“预防老年人跌倒居住环境危险因素评估表”是由原卫生部发布的《老年人跌倒干预技术指南》中的居家环境危险因素评估内容经修订而成[11]，入户评估场所包括通道、客厅、卧室、卫生间、厨房和阳台，评估因素包括地面平整防滑情况，过道畅通情况，照明充足情况，物品摆放取用方便情况，以及扶手、防滑垫安装和使用情况等共35项环境指标。每存在1项危险环境指标，得1分；得分越高，环境越不安全。

1.3 统计学分析

数据采用EpiData 3.1录入整理，应用SPSS 18.0软件进行描述性分析、χ^2检验和Mann-Whitney U非参数检验，采用Mplus 7.4软件进行结构方程模型分析，检验水准为α=0.05，拟合指数选用χ^2、近似误差均方根（root mean square error of approximation，*RMSEA*）、比较拟合指数（comparative fit index，*CFI*）和Tucker-Lewis指数（Tucker-Lewis index，*TLI*）。根据修正指数（modification index，*MI*）的提示和理论依据对模型进行修正，以达到合理可接受的拟合水平。拟合良好的模型χ^2越小越好；*RMSEA*应小于0.08；*CFI*应大于0.90，最好大于0.95，*TLI*应大于0.90[5]；以跌倒发生因子为应变量，生物学因子、行为因素、环境因素和社会经济因子为自变量建立模型进行分析。其中跌倒发生因子、生物学因子和社会经济因子为潜变量，各潜变量设置如下：①跌倒发生因子以跌倒次数、跌伤次数、住院天数和休息天数为观测变量；②生物学因子以骨质疏松风险得分、TUG时间、体质风险评估得分、年龄和性别为观测变量；③社会经济因子以有无同住人和教育程度为观测变量。行为因素（行为风险评分）和居家环境因素（居家环境评分）直接使用显变量。

2 结果

2.1 伤害发生情况

共纳入研究对象3 385例，其中男性1 410例（占41.65%），女性1 975例（占58.35%）；年龄范围在60~97岁之间，以60~岁组为多，占59.79%；文化程度以初中多见，占45.17%；91.99%有同住人，8.01%为独居老人。13.06%（442例）的调查对象在过去的一年内发生过跌倒。χ^2检验结果显示，不同性别、年龄、文化程度和有无同住人之间的跌倒发生率差异存在统计学意义（P<0.05），女性、70~岁和80~岁组、小学及以下文化程度、无同住人更容易发生跌倒。见表1。

表 1 上海市中心城区老年样本人群基本特征

Table 1 Characteristics of elderly participants in urban areas of Shanghai

社会学特征 Demographic characteristics	全体 (Total) 人数 Number	构成比 (%) Proportion	跌倒 (Fall) 人数 Number	率 (%) Rate	χ^2	P
性别 (Sex)					25.83	**<0.001**
男 (Male)	1410	41.65	135	9.57		
女 (Female)	1975	58.35	307	15.54		
年龄 (岁) (Age, years)					52.27	**<0.001**
60~	2024	59.79	195	9.63		
70~	969	28.63	179	18.47		
80~	392	11.58	68	17.35		
文化程度 (Education)					10.05	**0.018**
小学及以下 Elementary school or less	424	12.53	75	17.69		
初中 Middle school	1529	45.17	181	11.84		
高中 / 中专 High school/technical secondary school	947	27.98	122	12.88		
大专及以上 College or above	485	14.33	64	13.20		
同住人 (Cohabitant)					3.98	**0.046**
有 (Yes)	3114	91.99	396	12.72		
无 (No)	271	8.01	46	16.97		
合计 (Total)	3385	100.00	442	13.06	—	—

2.2 伤害发生次数与诊疗情况

442 例发生跌倒者中，360 例 (81.4%) 发生过 1 次跌倒，64 例 (14.5%) 发生过 2 次跌倒，15 例 (3.4%) 发生过 3 次跌倒，另有 1 例和 2 例分别发生过 4 次、5 次跌倒。262 例 (59.3%) 在过去一年内因跌倒受伤，1 次、2 次、3 次和 4 次跌倒受伤的构成比分别为 89.7% (235 例)、8.0% (21 例)、1.9% (5 例) 和 0.4% (1 例)。

442 例有过跌倒的调查对象中，36.88% 需要休息 0.5 d 以上，休息天数的中位数 (M) 为 0 d，P_{75} 为 2 d，P_{90} 为 30 d，最大休息天数为 180 d；12.90% 需要住院 0.5 d 以上，住院天数 M 和 P_{75} 均为 0 d，P_{90} 为 7 d，最大住院天数为 180 d；44.34% 有医疗费用支出，医疗费用 M 为 0 元，P_{75} 为 500 元，P_{90} 为 5000 元，最大医疗费用为 100500 元。

2.3 生物学、行为和居家环境风险评估得分情况

各研究对象 TUG 结果及体质风险、骨质疏松风险、行为因素、居家环境评估得分情况见表 2。经 Mann-Whitney U 非参数检验，跌倒组和未跌倒组各评估得分差异均存在统计学意义 ($P<0.01$)，跌倒组均要高于未跌倒组。

2.4 结构方程模型分析结果

2.4.1 城市老年人群跌倒的影响因素 以跌倒发生因子为应变量，生物学因子、社会经济因子、行为因素和居家环境因素为自变量建立结构方程模型并进行回归分析，模型拟合结果如下：χ^2=1580.690，$RMSEA$=0.087，CFI=0.963，TLI=0.952。结果显示 $RMSEA$ 未达理想值 (小于 0.08)。考虑理论上住院天数和休息天数存在相关性，经相关后修正模型结果如下：χ^2=1425.285，$RMSEA$=0.078，CFI=0.967，TLI=0.956，显示模型拟合较好。结构方程的测量模型部分各指标变量对潜变量的标准化回归系数 (β) 差异均有统计学意义 ($P<0.01$)，主要测量模型如下：跌倒次数 =0.671× 跌倒发生因子 +0.550，跌伤次数 =0.830× 跌倒发生因子 +0.311，休息天数 =0.540× 跌倒发生因子 +0.709，住院天数 =0.339× 跌倒发生因子 +0.885；骨质疏松风险得分 =0.301× 生物学因子 +0.909，TUG 时间 =0.477× 生物学因子 +0.772，体质风险得分 =0.658× 生物学因子 +0.567，年龄 =0.406× 生物学因子 +0.835；同住人 =0.158× 社会经济因子 +0.975，文化程度 =0.386× 社会经济因子 +0.851。潜变量生物学因子与其各观测变量间的 β 皆为正值，其中与体质风险、TUG 时间的 β 分别为 0.658 ($P<0.01$) 和 0.477 ($P<0.01$)，高于其他观测变量。结构模型部分显示生物学因子、行为因素和居家环境因素对跌倒发生因子的 β 分别为 0.564 ($P<0.01$)、0.070 ($P<0.01$) 和 0.083 ($P<0.01$)，差异均有统计学意义。社会经济因子对跌倒发生因子的影响无统计学意义。结构方程模型如下：跌倒发生因子 =0.564× 生物学因子 +0.070× 行为因素 +0.083× 居家环境因素 +0.792，见图 1。

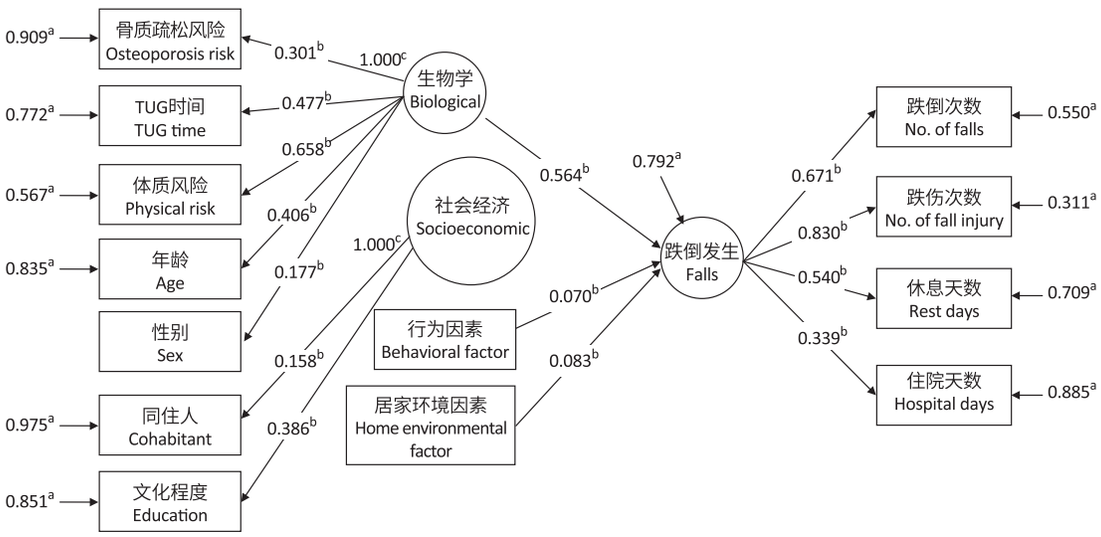
2.4.2 城市男性老年人群跌倒的影响因素 为比较不同性别间是否具有相同的模型结构，进一步了解不同性别人群跌倒发生的具体影响因素，将男性与女性

表 2 上海市中心城区老年人生物学、行为和居家环境风险评估得分

Table 2 Biological, behavioral, and home environmental factor scores of elderly participants in urban areas of Shanghai

评估内容 Assessment index	全体 (Total) (n=3385) M	P_{25}~P_{75}	跌倒组 (Fall) (n=442) M	P_{25}~P_{75}	未跌倒组 (No-fall) (n=2943) M	P_{25}~P_{75}	Z	P
体质风险 (Physical risk)	0	0~1	1	0~3	0	0~1	12.51	**<0.001**
TUG 时间 (TUG time, s)	9.82	8.47~11.69	10.76	9.34~12.76	9.67	8.38~11.48	9.29	**<0.001**
骨质疏松风险 (Osteoporosis risk)	0	0~1	1	0~2	0	0~1	8.46	**<0.001**
行为因素 (Behavioral factor)	1	0~1	1	0~2	1	0~1	4.91	**<0.001**
居家环境因素 (Home environmental factor)	5	3~7	5	3~8	5	3~7	4.66	**<0.001**

分组分别进行结构方程拟合，结果显示男性人群模型的拟合指标χ^2=441.277，*RMSEA*=0.078，*CFI*=0.954，*TLI*=0.935，各指标均拟合良好。主要测量模型如下：跌倒次数=0.919×跌倒发生因子+0.404，跌伤次数=0.686×跌倒发生因子+0.294，休息天数=0.480×跌倒发生因子+0.769，住院天数=0.435×跌倒发生因子+0.810；骨质疏松风险得分=0.346×生物学因子+0.880，TUG时间=0.559×生物学因子+0.687，体质风险得分=0.685×生物学因子+0.531，年龄=0.457×生物学因子+0.792；文化程度=0.279×社会经济因子+0.922。结构模型部分显示男性人群生物学因子导致跌倒发生的β为0.528，差异有统计学意义（*P*=0.01），行为因素导致跌倒发生的β为0.071，差异有统计学意义（*P*=0.04），而社会经济因子和居家环境因素对跌倒发生因子的β均无统计学意义，结构方程模型如下：跌倒发生因子=0.528×生物学因子+0.071×行为因素+0.792，见图2。

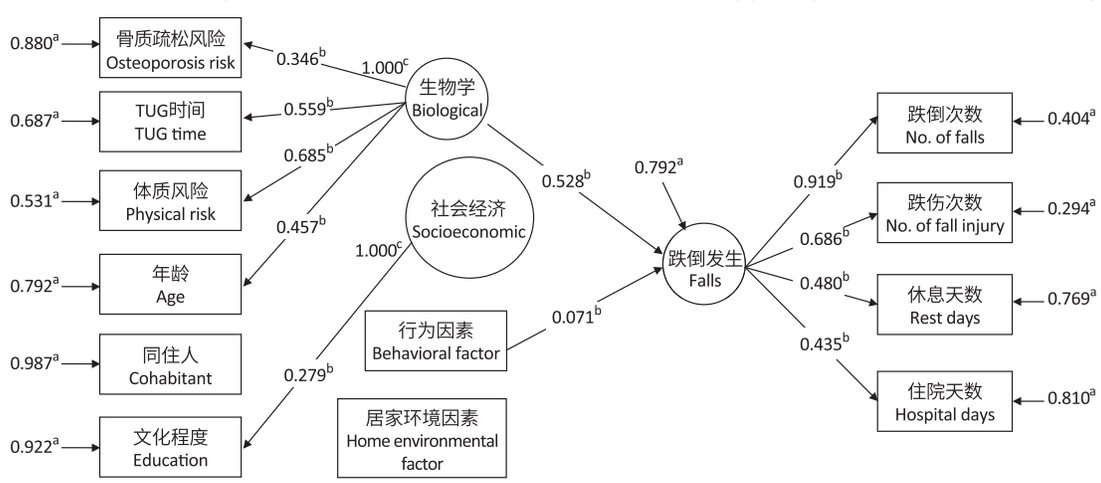


[注]a：残差；b：标准化回归系数；c：潜变量的第一个观测指标的载荷默认值为1。

[Note]a: Residual error; b: Standardized regression coefficient; c: The factor loading default value of the first manifest indicator of the latent variables is 1.

图1 上海中心城区老年人群跌倒影响因素的结构方程模型

Figure 1 The structural equation model on the fall-related risk factors of elderly participants in urban areas of Shanghai



[注]a：残差；b：标准化回归系数；c：潜变量的第一个观测指标的载荷默认值为1。

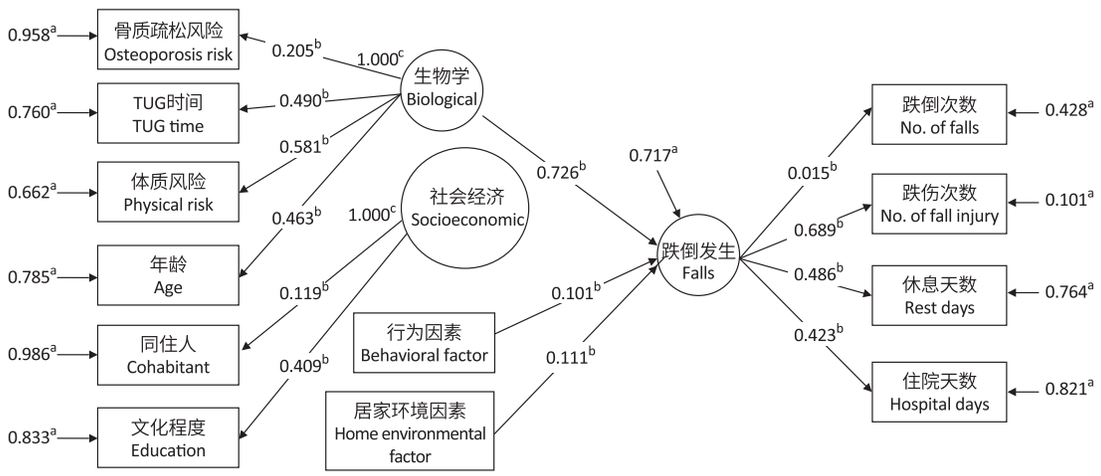
[Note]a: Residual error; b: Standardized regression coefficient; c: The factor loading default value of the first manifest indicator of the latent variables is 1.

图2 上海中心城区男性老年人群跌倒影响因素的结构方程模型

Figure 2 The structural equation model on fall-related risk factors of male elderly participants in urban areas of Shanghai

2.4.3 城市女性老年人群跌倒的影响因素 女性人群模型拟合指标χ^2=823.435，*RMSEA*=0.074，*CFI*=0.96，*TLI*=0.942，各指标均拟合良好。主要测量模型如下：跌倒次数=0.015×跌倒发生因子+0.428，跌伤次数=0.689×跌倒发生因子+0.101，休息天数=0.486×跌倒发生因子+0.764，住院天数=0.423×跌倒发生因子+0.821；骨质疏松风险得分=0.205×生物学因子+0.958，TUG时间=0.490×生物学因子+0.760，体质风险得分=0.581×生物学因子+0.662，年龄=0.463×生物学因子+0.785；同住人=0.119×社会经济因子+0.986，文化程度=

0.409×社会经济因子+0.833。结构模型部分显示女性老年人群生物学因子导致跌倒发生的β为0.726，P=0.03；行为因素对跌倒发生因子的β为0.101，P<0.01；居家环境因素对跌倒发生因子的β为0.111，P<0.01；社会经济因子对跌倒发生因子的β无统计学意义。结构方程模型如下：跌倒发生因子=0.726×生物学因子+0.101×行为因素+0.111×居家环境因素+0.717，见图3。



[注]a：残差；b：标准化回归系数；c：潜变量的第一个观测指标的载荷默认值为1。

[Note]a: Residual error; b: Standardized regression coefficient; c: The factor loading default value of the first manifest indicator of the latent variables is 1.

图3 上海中心城区女性老年人群跌倒影响因素的结构方程模型

Figure 3 The structural equation model on fall-related risk factors of female elderly participants in urban areas of Shanghai

3 讨论

影响老年人跌倒发生的因素多且复杂，而且这些因素存在一定的相关关系，比如年龄、视听水平、行走能力、骨质疏松情况、慢性病患病情况等这些影响跌倒发生的因素都属于生物学因素，往往存在多重共线性。结构方程模型在处理多重共线性问题上较常用的logistic回归、多元线性回归等统计方法更加有效，通过潜变量的引入克服了由于变量之间的相关性而可能带来的统计学上的错误，使得与应变量联系密切但彼此之间也密切相关的多个变量之间都体现出了各自的效应[12]。而且，结构方程模型所处理的是整体模型的比较，统计学意义所参考的指标不是单一的参数，使用者可以从不同角度进行分析，避免了过度依赖于单一指标造成的局限性[13]。

此次研究发现，生物学因素是跌倒发生最主要的一个影响因素：骨质疏松风险越高，TUG时间越长，体质风险越高，年龄越大，越容易导致女性老年人群跌倒的发生。行为因素也是跌倒发生的一个影响因素，本研究结果提示拥有以下行为：服用4种或以上的药物，两年内未检查过眼睛和视力，一周内锻炼天数不到2 d以及每天都喝酒的项数越多，越易导致跌倒的发生。居家环境因素也被世界卫生组织认定为一个影响因素，但有meta分析显示，居家环境在增加老年人跌倒发生的风险（*OR*值）上没有统计学意义，只有纳入部分高质量文献的时候才显示出统计学差异[14]。本研究从结构方程模型角度发现居家环境确为一个影响因素，居家环境越不安全，老年人群跌倒发生风险就越大。本次研究未发现社会经济因素是跌倒发生的影响因素，但因本次社会经济因素纳入的可测量变量较少，尚不能有力地证实两者之间的关系，除了本研究纳入的有无同住人、教育水平外，收入水平、社交状况以及卫生和服务资源的可及性等也常被认为是会影响跌倒发生的社会经济因素[1]。

有文献报道[1, 15-19]跌倒发生风险在性别上存在差异，女性比男性有更高的跌倒发生风险，本结构方程模型也验证了该结论，文献认为这可能与女性肌力下降更快但肌力锻炼较少，服用更多药物有关。本研究为了进一步揭示存在性别差异的原因，分男、女分别进行了结构方程模型拟合，研究发现女性老年人群与总老年人群的模型结构相同，但男性老年人群的模型结构与前两类人群存在差异。居家环境是女性老年人群跌倒发生的影响因素，但在男性老年人群中，未发现居家环境是一个影响因素，可能也与男性老年人有更好的肌肉力量和灵活性，受环境影响的程度较小有关；也可能是男性老年人跌倒发生例数较少，模型统计效率不足所致。

综上所述，本次研究验证了生物学因素、行为因素和居家环境因素皆为老年人跌倒发生的影响因素，

女性跌倒风险要高于男性，居家环境因素是女性特有的影响因素。其中生物学因素是跌倒发生的最主要的影响因素，而生物学因素又与体质风险、TUG时间的关系最为密切，因此在老年人跌倒研究中，我们要重视对老年人行走能力、平衡能力及其他相关健康指标的研究，同时本研究结果也为今后应用步态和平衡能力来预测跌倒的发生风险提供了一定的依据。在老年人跌倒干预工作中，要重视降低老年人体质风险和提高步态平衡能力，建议老年人，尤其是女性老年人重视运动锻炼，通过运动锻炼来提高体质，提升步态和平衡能力，同时建议养成良好的生活习惯和行为，改善居家环境，从多个角度入手来降低跌倒发生风险。

本次研究存在一定的不足，如认知水平和心理状况也是影响老年人跌倒发生的危险因素[20-22]，本研究因调查内容所限，未能将此纳入模型进行分析，可能会在一定程度上影响生物学因素效应大小的真实性。且调查问卷需要采集近一年来的跌倒发生和诊疗情况等信息，难免存在回忆偏倚，同时横断面设计尚无法推断变量间的因果关系。虽然结构方程模型作为一种统计方法具有很多优越性，但在应用上也存在一定的缺陷，比如潜变量的命名较为主观，同样一组观察变量可能有许多不同的模型组合，这些基于同样观察数据的假设模型可能都有理想的拟合度，因此在使用时需谨慎，尤其应结合专业知识开展评估。

参考文献

[1] World Health Organization. WHO global report on falls prevention in older age [R]. Geneva：WHO，2007.

[2] 周德定，李延红，卢伟. 社区老年人跌倒危险因素研究进展 [J]. 环境与职业医学，2007，24 (1)：87-91.

[3] BERGLAND A. Fall risk factors in community-dwelling elderly people [J]. Nor Epidemiol，2012，22 (2)：151-164.

[4] 陈琦，梁万年，孟群. 结构方程模型及其应用 [J]. 中国卫生统计，2004，21 (2)：70-74.

[5] 王济川，王小倩，姜宝法. 结构方程模型：方法与应用 [M]. 北京：高等教育出版社，2011：1，20-21.

[6] 王声湧. 伤害流行病学 [M]. 北京：人民卫生出版社，2003：13.

[7] National Center for Injury Prevention and Control. Preventing falls：how to develop community-based fall prevention programs for older adults [R]. Atlanta：CDC，2008.

[8] 王临虹，夏维波，林华. 骨质疏松症防治 [M]. 北京：北京大学医学出版社，2017：42.

[9] Panel on Prevention of Falls in Older Persons，American Geriatrics Society and British Geriatrics Society. Summary of the Updated American geriatrics society/British geriatrics society clinical practice guideline for prevention of falls in older persons [J]. J Am Geriatr Soc，2011，59 (1)：148-157.

[10] BARRY E，GALVIN R，KEOGH C，et al. Is the timed up and go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults：a systematic review and meta-analysis [J]. BMC Geriatr，2014，14 (1)：14.

[11] 卫生部. 老年人跌倒干预技术指南 [R]. 北京：卫生部，2011.

[12] 王媛. 医学生心理健康影响因素的结构方程模型分析 [D]. 天津：天津医科大学，2006.

[13] 邱皓政，林碧芳. 结构方程模型的原理与应用 [M]. 北京：中国轻工业出版社，2012：9-10.

[14] LETTS L，MORELAND J，RICHARDSON J，et al. The physical environment as a fall risk factor in older adults：systematic review and meta-analysis of cross-sectional and cohort studies [J]. Aust Occup Ther J，2010，57 (1)：51-64.

[15] STEWART WILLIAMS J，KOWAL P，HESTEKIN H，et al. Prevalence，risk factors and disability associated with fall-related injury in older adults in low- and middle-incomecountries：results from the WHO Study on global AGEing and adult health (SAGE) [J]. BMC Med，2015，13 (1)：147.

[16] KWAN M M，CLOSE J C，WONG A K，et al. Falls incidence，risk factors，and consequences in Chinese older people：a systematic review [J]. J Am Geriatr Soc，2011，59 (3)：536-543.

[17] 刘蒲，曹莉莉，方红，等. 上海市闵行区养老机构内60岁及以上老年人跌倒现状 [J]. 环境与职业医学，2017，34 (6)：527-530.

[18] 齐士格，王志会，王丽敏，等. 2013年中国老年居民跌倒伤害流行状况分析 [J]. 中华流行病学杂志，2018，39 (4)：439-442.

[19] 杜艳萍，洪维，唐雯菁，等. 上海社区体检老年人群跌倒现况及相关危险因素的分析 [J]. 中华内分泌代谢杂志，2016，32 (10)：818-823.

[20] KVELDE T，MCVEIGH C，TOSON B，et al. Depressive symptomatology as a risk factor for falls in older people：systematic review and meta-analysis [J]. J Am Geriatr Soc，2013，61 (5)：694-706.

[21] HÄRLEIN J，DASSEN T，HALFENS R J G，et al. Fall risk factors in older people with dementia or cognitive impairment：a systematic review [J]. J Adv Nurs，2009，65 (5)：922-933.

[22] 张迪，何耀，曾静，等. 影响中国老年人跌倒疾病相关危险因素的Meta分析 [J]. 中华保健医学杂志，2017，19 (4)：329-333.

（**英文编辑**：汪源；**编辑**：龚士洋，丁瑾瑜；**校对**：王晓宇）