

· 临床研究 ·

活动能力测试对社区老年人跌倒风险的预测价值

周明 彭楠 石荣光 方继红 李令臣 李宏伟 李家玉 郭占芳 代强

【摘要】目的 研究一个预测模型,用于社区居家老年人跌倒筛查,并量化活动能力与跌倒的关系。**方法** 随机选取北京四个社区 65 岁以上老年人 144 例,根据过去 1 年是否跌倒分为跌倒组和非跌倒组,其中跌倒组 50 例,非跌倒组 94 例。对两组受试者进行功能性步态测试(FGA)、Berg 平衡量表(BBS)评定、功能性伸展测试(FRT)、感觉整合和平衡的临床改良测试(CISIB)、单腿站立(OLS)、记时起立行走实验(TUGT)、10 米步行时间、功能性伸展实验。跌倒组和非跌倒组之间各项测试的差异进行分析,除了睁眼、闭眼平地站立和睁眼抬头平地站立外,其余均具有统计学差异,并对其进行 logistic 回归分析。**结果** 2 组受试者除睁眼平地站立、闭眼平地站立和睁眼抬头平地站立外,其余各项测试组间比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。Logistic 模型结果显示,FGA 总分和 mCISIB 中的睁眼站立海绵垫上对跌倒的预测最有意义,其中敏感度为 80%,特异度为 74.2%。FGA 和睁眼站立海绵垫上的敏感度和特异度分别为 76%,74.2% 和 56%,81.6%。模型的受试者工作特征曲线(ROC 曲线)下面积为 0.845。**结论** 该模型可用于社区居家健康老年人跌倒的筛查,预测社区老年人跌倒的敏感性优于 FGA 和睁眼站立海绵垫上,特异性与 FGA 相似。量化社区居家老年人活动能力与跌倒的关系,为跌倒预防提供数据。

【关键词】 跌倒; 老年人; Logistic 模型; 功能性步态测试

Physical function tests for predicting falls among community-dwelling older adults ZHOU Ming*, PENG Nan, SHI Rong-guang, FANG Jing-hong, LI Ling-chen, LI Hong-wei, LI Jia-yu, GUO Zhan-fang, DAI Qiang.

* Department of Rehabilitation of Nan Lou Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Corresponding author: PENG Nan, Email: pengnan301@163.com

【Abstract】Objective To establish a model predicting the fall risk of healthy, community-dwelling elderly persons and to quantify the relationship between physical function and fall risk. **Methods** One hundred and forty-four healthy subjects aged ≥ 65 years and living independently were recruited. Fifty were classified as fallers and 94 as non-fallers according to their history of falling during the previous year. Functional gait assessment (FGA), the Berg balance scale (BBS), a functional reach test (FRT), a modified clinical test of sensory integration for balance (CISIB), one-leg stance, the timed up and go test (TUGT) and the 10 meter walk test were used to distinguish the fallers from the non-fallers, and the significant variables were subjected to logistic regression analysis. **Results** Each of the tests generated significant differences between non-fallers and fallers except for standing in place with the eyes open and closed. Logistic regression showed that total FGA scores and the results of standing on a foam surface with the eyes open (FOEO) significantly predicted faller status with 80% sensitivity and 74.2% specificity. **Conclusions** This model can be used to predict fall risk for healthy, community-dwelling elderly persons. It is more sensitive than the FGA and FOEO and similarly specific.

【Key words】 Falls; Elderly; Logistic models; Functional gait assessment

临床上常用一些跌倒量表作为老年人跌倒的评估方法^[1]。跌倒量表可以全面评估老年人跌倒原因,包括内因和外因,但评估时间过长,不能量化活动能力的评估。有研究指出,活动能力下降是导致

社区居家老年人跌倒的最重要原因之一,因此与日常生活相关的活动能力的评估应引起注意^[1,2]。临床上也有一些专门量表和测试对老年人的活动能力进行评估,但每个量表和测试的侧重点不同,如 Berg 平衡量表(Berg balance scale, BBS)侧重于活动能力中平衡与移动功能的测评^[3],缺少步行中的平衡测试部分;而功能性步态测试(functional gait assessment, FGA)则侧重于动态平衡和步态的测试^[4]。本研究主要从跌倒危险因素中活动能力下降的角度,综合分析多项活动能力,旨在形成一个预测模型,综

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2013.06.006

作者单位:100853 北京,解放军总医院南楼康复科(周明、彭楠);北
极寺干休所门诊部(石荣光、方继红、李令臣);玉泉路干休所门诊部(李
宏伟、李家玉、郭占芳);北京大学临床药理研究所(代强)

通信作者:彭楠,Email: pengnan301@163.com

合性量化活动能力与跌倒的关系。

资料与方法

一、研究对象

研究对象应用随机整群抽样方法,抽取北京市 3 个小区,社区内年龄 ≥ 65 岁的老年人 789 例。

入选标准:①能独立行走,未使用辅具;②居住该社区 2 年以上;③自愿参加此项研究。

排除标准:①认知功能障碍;②言语功能障碍;③听力障碍;④深感觉障碍;⑤前庭或小脑病变及重要器官功能衰竭等病史;⑥近期骨折手术史;⑦严重抑郁。

符合上述条件的老年人 144 例,根据过去 1 年是否跌倒分为跌倒组和非跌倒组,其中跌倒组 94 例,男 47 例,女 47 例;年龄(81.84 ± 4.69)岁;平均身高(1.63 ± 0.08)m;平均体重(62.91 ± 12.35)kg;疾病(现患有疾病的种类)(5.02 ± 3.00)种;药物(现服用的药物种类)(6.38 ± 4.77)种。非跌倒组 50 例,男 24 例,女 26 例;年龄(79.55 ± 5.73)岁;平均身高(1.63 ± 0.08)m;平均体重(63.64 ± 11.34)kg;疾病(4.74 ± 3.16)种;药物(4.90 ± 3.92)种。2 组受试者年龄、性别、身高、体重、疾病和服用药物种类方面组间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

二、评定方法

由接受过专业培训的问卷调查员告知受试者本次研究的目的、内容及可能出现的问题。受试者了解此项研究,同意并签署知情同意后,应用自行设计的问卷对所有老年人进行面对面调查,内容包括基本情况、健康状况、日常生活能力、过去 1 年的跌倒情况(跌倒的定义为身体突然不自主地摔倒在地面或其他较低的平面和物体上,但不包括由于外界暴力、意识丧失、突然发作的瘫痪以及癫痫发作等原因所致的摔倒^[5])。所有受试者均进行简易精神状态量表(mini-mental state examination, MMSE)测评,排除 MMSE < 24 分的受试者。最后进行跌倒筛查测试。

FGA 由 10 个项目的内容组成,分别为水平地面步行、改变步行速度、步行时水平方向转头、步行时垂直转头、步行和转身站住、步行时跨过障碍物、狭窄支撑面步行、闭眼行走、向后退和上下台阶。每个项目分为 0~3 分共 4 个等级,满分 30 分,分数越高,提示平衡及步行能力越好^[4]。采用 BBS 测评平衡与移动功能^[3];功能性伸展测试(functional reach test, FRT)测试体位控制能力与静态平衡功能^[6];单腿站立测试(one-leg stance, OLS)计算受试者分别在左右单腿站立并保持平衡的时间^[7];计时起立行走测试(time up and go test, TUGT);通过计算完成指定任务花费的时间来测

评受试者的稳定功能,共进行 3 次,取平均值^[8,9];感觉整合和平衡的临床改良测试(modified clinical test for sensory interaction on balance, mCTSIB),测试静态平衡。另外,记录老年人在睁眼平地站立(standing on a firm surface with eyes open, FEO)、闭眼平地站立(standing on a firm surface with eyes closed, FEC)、睁眼站在海绵垫上($72\text{ cm} \times 62\text{ cm} \times 15\text{ cm}$)(standing on a foam surface with eyes open, FOEO)以及闭眼站在海绵垫上(standing on a foam surface with eyes closed, FOEC)四种条件下的站立时间^[10]。其中睁眼或闭眼平地站立时,要求受试者双腿闭合站立地面,双手自然放下,睁眼或闭眼;睁眼或闭眼站在海绵垫上时,要求受试者双腿闭合站立海绵垫上,双手自然放下,睁眼或闭眼;本研究在以上基础上分别增加受试者抬头睁眼时间和闭眼平地站立时间两项,要求受试者双腿闭合站立地面,双手自然放下,每项记录 30s。3 组受试者测试时周围没有设置护栏,均有医师在旁边保护。

三、统计学方法

采用 SPSS 16.0 版统计软件进行数据处理,计量资料组间比较采用独立样本 t 检验。使用 Binary Logistic 过程进行 Logistic 回归逐步分析($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.01$),对跌倒的诊断筛选变量,求出 Logistic 回归方程,并在 SPSS 的工作数据表中产生含各个体预测概率的新变量。使用 SPSS 的 ROC 曲线过程,以新变量为检验变量。以过去 1 年是否跌倒为状态变量,作 ROC 曲线分析,将新变量与单个跌倒测试的 ROC 曲线作比较并求出诊断点。

结 果

一、2 组受试者各项跌倒测试结果

2 组受试者除睁眼平地站立、闭眼平地站立和睁眼抬头平地站立外,其余各项测试组间比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),详见表 1。

二、跌倒风险测试的 Logistic 回归分析结果

根据表 1 统计结果,剔除跌倒组和非跌倒组间无统计学差异的测试变量,以 Berg 量表、FGA、TUGT、单腿站立(左侧)、单腿站立(右侧)、10 m 步行时间、睁眼站立海绵垫上、闭眼站立海绵垫上、闭眼抬头平地站立、功能性伸展为协变量,以过去一年跌倒史为应变变量,用向前删除法作二项分类 Logistic 回归分析。根据协变量 P 值,最终 FGA ($P = 0.0001$)和睁眼站立海绵垫上($P = 0.003$)纳入方程(表 2),得出跌倒概率预报模型。并在 SPSS 工作表中产生各个体预测值的另一组新变量 Pre-1。对上述 Logistic 回归模型行似然比检验,差异具有统计学意义($P < 0.01$),Hosmer and Lemeshow Test 统计量的($P > 0.05$),接受观测数据和

表 1 2 组受试者各项跌倒测试情况($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	BBS 评分 (分)	FGA 评分 (分)	TUGT(s)	单腿站立(s)		10 米步行时间 (s)	睁眼平地站立 时间(s)
					左侧	右侧		
跌倒组	50	45.06 ± 5.45	15.81 ± 5.81	15.81 ± 5.81	2.36 ± 3.65	2.84 ± 5.08	14.51 ± 4.11	29.04 ± 4.90
非跌倒组	94	50.70 ± 4.10 ^a	23.23 ± 4.54 ^a	11.03 ± 3.71 ^a	6.25 ± 8.09 ^a	5.18 ± 6.83 ^a	10.95 ± 2.63 ^a	30.00 ± 0.00
组别	例数	闭眼平地站立 时间(s)	睁眼站立海绵 垫上时间(s)	闭眼站立海绵 垫上时间(s)	睁眼抬头平地 站立时间(s)	闭眼抬头平地 站立时间(s)	功能性伸展 (cm)	
跌倒组	50	26.85 ± 8.06	15.34 ± 13.87	8.06 ± 11.08	27.95 ± 6.82	23.34 ± 10.90	17.08 ± 5.88	
非跌倒组	94	29.04 ± 3.90	25.87 ± 8.99 ^a	17.43 ± 12.59 ^a	29.23 ± 3.94	27.58 ± 7.45 ^a	21.33 ± 7.16 ^a	

注:与跌倒组比较,^a $P < 0.05$

表 2 跌倒筛查指标 Logistic 回归分析

协变量	回归系数	标准差	Wald 值	OR 值	P 值
FGA	-0.226	0.049	21.499	0.798	0.000
睁眼站立海绵垫上	-0.053	0.018	8.553	0.949	0.003
常量	5.094	1.045	23.770	162.982	0.0001

预测数据之间差异无显著性的假设,即认为模型对数据的拟合度较好。根据公式计算跌倒率:

$$\text{跌倒率}(\%) = \frac{\exp[5.094 - \frac{0.226}{(\text{FGA})} - 0.053(\frac{\text{睁眼站立}}{\text{海绵垫上}})]}{1 + \exp[5.094 - \frac{0.226}{(\text{FGA})} - 0.053(\frac{\text{睁眼站立}}{\text{海绵垫上}})]} \times 100\%$$

三、新变量 Pre-1 预测跌倒的 AUC 曲线

应用 ROC 曲线评价回归模型对跌倒预报能力,以新变量 Pre-1 为检验变量,过去 1 年跌倒史为金标准,作 ROC 曲线分析,得出曲线下面积(area under the curve, AUC)(图 1)。结果显示新变量 Pre-1 的 AUC 为 0.845。

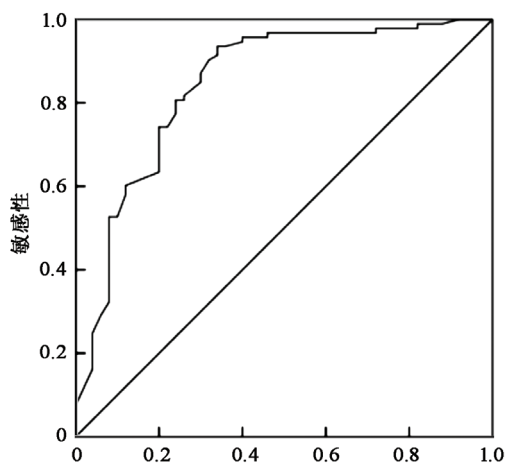


图 1 Pre-1 的 ROC 曲线

四、新变量 Pre-1、FGA 和睁眼站在海绵垫上的跌倒诊断界值

确定诊断点^[11] 分析新变量 Pre-1 的 ROC 曲线不同截断点的敏感度、特异度,选择 Youden 指数(Youden 指数 = 敏感性 + 特异性 - 1)最大的截断点对应的界值作为跌倒的诊断标准,得出新变量 Pre-1 诊断点为 0.339(表 3)。

表 3 新变量 Pre-1、FGA 和睁眼站在海绵垫上的跌倒诊断界值

变量	Cut-off	TPR %	TNR %	YI %
Pre-1	0.36	78.00	74.20	52.20
	0.34	80.00	74.20	54.20
	0.32	80.00	74.00	53.10
	0.29	80.00	68.80	48.80
	0.26	80.00	65.60	45.60
FGA	0.22	88.00	60.20	40.20
	20.00	76.00	74.20	50.20
	26.00	56.00	81.60	37.20

注:Cut-off 为界值;TPR 为真阳性率(敏感度);TNR 为真阴性率(特异度);YI 为 Youden 指数

讨 论

跌倒是多因素事件,但不同人群,跌倒危险因素所占比例不同。对于社区居家老年人来说,活动能力下降是导致跌倒的主要原因^[1-2],本研究通过 Logistic 回归分析对活动能力多项测试进行逐步筛选,从多个测试中选取最优组合用于社区老年人跌倒筛查,量化活动能力与跌倒之间的关系。

本研究选取不同侧重点活动能力测试。FGA 是 2004 年由 Wrisley 等^[12]在 DGI 的基础上提出的一种新的关于平衡及步态的评价量表。2010 该学者发表了 FGA 在社区居住的老年人中的同时效度、区分度和预测效度研究^[4]。该研究结果提示 FGA 与 ABC、BBS 和 TUG 之间的相关强度为中等至高度。FGA 消除了动态步态指数(dynamic Gait Index, DGI)的天花板效应,对步态变化更敏感,适合社区居家老年人的评测。

本研究最终纳入预测模型的是 FGA 和睁眼站立海绵垫上,与 Shumway-Cook 等^[13]学者研究的结果不一致。推测可能是研究人群选择上的差异,BBS 无法发现其中细小的功能变化。

感觉功能的下降,特别是与人体姿势控制密切相关的视觉、本体感觉和前庭感觉功能的下降,是老年人发生跌倒的重要原因^[14]。本研究和 Lois 均采用了 mCTSIB,通过干扰本体感觉、前庭和视觉,能够有效地将视觉、本体感觉及前庭的作用分别评估。最终睁眼站立海绵垫上纳入模型。在 Lois 的研究中最纳入模型

的为闭眼站立海绵垫上,但队列研究结果却不能很好预测跌倒^[10]。对老年人来说,视觉发挥的作用更大^[15],无论是跌倒者还是非跌倒者,完成闭眼站立在海绵垫上是非常困难,这样会减少跌倒组和非跌倒组之间的区分度。

有研究示功能性伸展^[6]和 TUGT 用于社区跌倒筛查时均具有较高的敏感度和特异度。Lajoie 等^[16]和 Bongue 等^[17]研究发现单腿站立对跌倒预测很有意义。故本研究同样对受试者进行了单腿站立测试、功能性伸展和 TUGT,但在本研究中无意义。

本研究对模型预测的准确性、敏感度和特异度作了 ROC 曲线分析。敏感度即患者被诊断为阳性的概率,特异度即未患病的人被诊断为阴性的概率。在 ROC 曲线上,每个操作点代表特定临界下敏感性和特异性的组合,靠近坐标图左上方的点,为敏感性和特异性均较高的临界值。一般认为,AUC = 0.50 ~ 0.70 时价值较低;0.70 ~ 0.90 诊断价值中等;0.90 以上诊断价值较高,AUC 接近 0.5 时,无诊断意义^[18]。本研究结果显示,新变量 Pre-1 的 AUC 为 0.845,表明活动能力测试综合模型对跌倒诊断有较好的准确性,通过对新变量 Pre-1 的 ROC 曲线不同截断点的敏感度、特异度的比较,采用 Youden 指数最大原则,本回归方程预测跌倒的界值为 0.339,其敏感度和特异度分别为 80% 和 74.2%。分别采用 20^[4]和 26 为 FGA 和睁眼站立海绵垫上测试的临界值,其敏感度和特异度分别为 76%、74.2% 和 56%、81.6%。预测模型的敏感度均高于 FGA 和睁眼站立海绵垫上。

综上所述,该模型预测社区老年人跌倒的敏感性优于 FGA 和睁眼站立海绵垫上,特异性与 FGA 相似,可量化社区居家老年人身体活动能力与跌倒的关系。但社区跌倒的筛查应尽量简化,故下一步我们将简化 FGA,同时研究模型是否有相同的敏感度,并对该模型的效度进行检验。

参 考 文 献

- [1] Demura S, Sato S, Yamaji S, et al. Examination of validity of fall risk assessment items for screening high fall risk elderly among the healthy community-dwelling Japanese population. *Arch Gerontol Geriatr*, 2011, 53: e41-e45.
- [2] Demura S, Yamada T, Uchiyama M, et al. Selection of useful items for fall risk screening for community dwelling Japanese elderly from the perspective of fall experience, physical function, and age level differences. *Arch Gerontol Geriatr*, 2011, 53: 123-130.
- [3] Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JJ. The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med*, 1995, 27: 27-36.
- [4] Wrisley DM, Kumar NA. Functional gait assessment: concurrent, discriminative, and predictive validity in community-dwelling older adults. *Phys Ther*, 2010, 90: 761-773.
- [5] 张丽, 瓮长水, 彭楠. 老年静态平衡功能定量测定及年龄相关性分析. *中国康复理论与实践*, 2011, 17: 258-261.
- [6] Duncan PW, Studenski S, Chandler J, et al. Functional reach: predictive validity in a sample of elderly male veterans. *J Gerontol*, 1992, 47: M93-M98.
- [7] Li F, Fisher KJ, Harmer P, et al. Fear of falling in elderly persons: association with falls, functional ability, and quality of life. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 2003, 58: 283-291.
- [8] Alexandre TS, Meira DM, Rico NC, et al. Accuracy of Timed Up and Go Test for screening risk of falls among community-dwelling elderly. *Rev Bras Fisioter*, 2012, 16: 381-388.
- [9] James K, Factors associated with falls in elder patients with diffuse polyneuropathy. *J Am Geriatr Soc*, 2002, 50: 672-731.
- [10] Boulgarides LK, McGinty SM, Willett JA, et al. Use of clinical and impairment-based tests to predict falls by community-dwelling older adults. *Phys Ther*, 2003, 83: 328-339.
- [11] 陈卫中, 倪宗瓚, 潘晓平, 等. 用 ROC 曲线确定最佳临界点和可疑值范围. *现代预防医学*, 2005, 32: 729-731.
- [12] Wrisley DM, Marchetti GF, Kuharsky DK, et al. Reliability, internal consistency, and validity of data obtained with the functional gait assessment. *Phys Ther*, 2004, 84: 906-918.
- [13] Shumway-Cook A, Baldwin M, Polissar NL, et al. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults. *Phys Ther*, 1997, 77: 812-819.
- [14] 张丽, 瓮长水, 王秋华. 前庭感觉、本体感觉及视觉功能对老年人跌倒风险影响的因素分析. *中国康复理论与实践*, 2010, 16: 16-18.
- [15] Reed-Jones RJ, Dorco S, Hitchings MK, et al. Vision and agility training in community dwelling older adults: incorporating visual training into programs for fall prevention. *Gait Posture*, 2012, 4: 585-589.
- [16] Lajoie Y, Gallagher SP. Predicting falls within the elderly community: comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-Specific Balance Confidence (ABC) Scale for comparing fallers and non-fallers. *Arch Gerontol Geriatr*, 2004, 38: 11-26.
- [17] Bongue B, Dupré C, Beauchet O, et al. A screening tool with five risk factors was developed for fall-risk prediction in community-dwelling elderly. *J Clin Epidemiol*, 2011, 64: 1152-1160.
- [18] 方积乾. 医学统计学与电脑实验. 上海: 上海科学技术出版社, 2001: 247-251.

(修回日期: 2013-03-12)

(本文编辑: 阮仕衡)