

基于 Logistic 回归和人工神经网络构建老年脑卒中患者衰弱预测模型

张鑫宇¹, 张磊¹, 隋汝波²

(1. 锦州医科大学 护理学院, 辽宁 锦州 121001;

2. 锦州医科大学附属第一医院 神经内科, 辽宁 锦州 121001)

【摘要】 目的 基于 Logistic 回归和人工神经网络构建老年脑卒中患者衰弱的风险预测模型,并评价模型预测效能,为早期识别并预防老年脑卒中患者衰弱的发生提供依据。**方法** 2021 年 3 月至 2022 年 5 月,采用便利抽样方法选取锦州市某医院就诊的老年脑卒中患者 532 名为研究对象。通过问卷调查收集资料,筛选患者发生衰弱的独立影响因素,用 R 软件绘制多因素 Logistic 回归模型的列线图,借助神经网络中的多层感知器构建神经网络预测模型,采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)评价模型预测效能。**结果** 老年脑卒中患者在年龄、独居、吸烟、体育锻炼、高血压、糖尿病、首发脑卒中、睡眠障碍、跌倒史、工具性日常生活能力上的差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。年龄 ≥ 80 岁、睡眠障碍、工具性日常生活能力受损、跌倒史、独居为老年脑卒中患者发生衰弱的独立风险因素,体育锻炼为保护因素;建模组列线图 and 神经网络预测模型 ROC 曲线下面积(area under curve, AUC)分别为 0.908、0.904。**结论** 构建的老年脑卒中患者衰弱风险预测模型预测效能较好,有利于医护人员早期发现发生衰弱的高风险人群。

【关键词】 脑卒中;衰弱;Logistic 回归;人工神经网络;预测模型

doi:10.3969/j.issn.2097-1826.2023.02.003

【中图分类号】 R473.74 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2097-1826(2023)02-0010-06

Prediction Model for Frailty in Elderly Stroke Patients Based on Logistic Regression and Artificial Neural Network

ZHANG Xinyu¹, ZHANG Lei^{1,2}, SUI Rubo² (1. School of Nursing, Jinzhou Medical University, Jinzhou 121001, Liaoning Province, China; 2. Department of Neurology, The First Affiliated Hospital of Jinzhou Medical University, Jinzhou 121001, Liaoning Province, China)

Corresponding author: ZHANG Lei, Tel: 0416-4673536

【Abstract】 Objective To establish a prediction model for frailty in elderly stroke patients based on logistic regression and artificial neural network, to evaluate the predictive efficacy, and to provide basis for early identification and prevention of frailty in senile stroke patients. **Methods** Using the convenience sampling method, 532 elderly stroke patients attending the hospital of Jinzhou were selected as the study subjects from March 2021 to May 2022. Data were collected through questionnaire survey, the independent risk factors for patient frailty were screened, the nomogram of multi-factor Logistic regression model with R software were drawn, and the neural network prediction model with the help of multi-layer perceptron in the neural network was constructed. The receiver operating characteristic curve (ROC) was used to verify the predictive effect of the models. **Results** There were statistically significant differences in age, living alone, smoking, physical exercise, hypertension, diabetes, first stroke, sleep disorders, fall history and instrumental daily living ability in elderly stroke patients (all $P < 0.05$). Age ≥ 80 years old, sleep disorder, impaired instrumental daily living ability, history of falls, and living alone were independent risk factors for asthenia in senile stroke patients, and physical exercise was a protective factor. The area under curve (AUC) of the modeling group line diagram and the neural network prediction model were 0.908 and 0.904, respectively. **Conclusions** The established model for predicting frailty risk in elderly stroke patients has good predictive efficacy, which is conducive to early detection of high risk groups of frailty by medical staff.

【Key words】 stroke; frailty; logistic regression; artificial neural network; prediction model

[Mil Nurs, 2023, 40(02): 10-14, 19]

衰弱是指老年人的生理储备功能降低或各种功

能异常导致身体脆弱性增加、抗压能力下降的一种非特异性状态,容易造成跌倒、残疾、再入院等不良后果甚至可以导致死亡^[1]。衰弱普遍存在于老年脑卒中患者中,发生率高达 74.4%^[2]。因此,早期发现衰弱并进行针对性干预,有助于减少并且延缓其发

【收稿日期】 2022-06-22 **【修回日期】** 2022-12-22

【基金项目】 辽宁省自然科学基金(2019-ZD-0802)

【作者简介】 张鑫宇, 硕士在读, 护士, 电话: 024-27168433

【通信作者】 张磊, 电话: 0416-4673536

生和发展,避免相关不良结局。我国对老年脑卒中患者衰弱的研究仅限于现状调查,尚未针对其构建可靠的衰弱风险识别工具。然而,在精准医疗时代,预测模型可以利用临床收集的各种信息,直观地展示某种疾病发生的概率,并对疾病进行预测。Logistic 回归模型普遍用于筛查疾病的风险因素,并且通过绘制列线图使模型更加直观实用。神经网络模型处理不确定信息的能力很强,针对临床数据缺失患者的预测具有独特优势。故本研究通过对老年脑卒中患者衰弱影响因素的探讨,采用 Logistic 回归和人工神经网络的方法建立风险预测模型,为早期识别并预防老年脑卒中患者衰弱的发生提供依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象 2021 年 3 月至 2022 年 5 月,采用便利抽样方法选取锦州市某医院收治的脑卒中患者为研究对象。纳入标准:(1)符合全国第 4 届脑血管病诊断标准^[3]并经颅脑 CT 或核磁共振成像确诊为脑卒中;(2)年龄 ≥ 60 岁;(3)意识清醒。排除标准:(1)既往患有精神病;(2)有器官衰竭、癌症等重大疾病;(3)沟通困难,不能配合完成调查者。采用 Logistics 自变量事件数(events per variable,EPV)法计算样本量,即纳入最终模型的每个预测因子需至少 10 例阳性数^[4]。本研究的 Logistic 模型最终纳入了 6 个预测因子,则至少需要存在衰弱的脑卒中患者 60 人,根据老年脑卒中患者衰弱发生率为 74.40%,样本量最小为 81 例,最终纳入 532 例。按 7:3 比例,建模组 372 例,验证组 160 例。

1.2 方法

1.2.1 调查工具 通过查阅国内外相关文献并咨询临床专家后,设计本研究的一般资料调查问卷,并确定本研究使用的量表。

1.2.1.1 一般资料调查问卷 包括性别、年龄、民族、婚姻状况、居住情况等。

1.2.1.2 老年人衰弱评估量表(elderly frailty assessment scale,EFAS) 该量表由 Gobbens 等^[5]于 2010 年编制,李菲等^[6]进行汉化,用于评估老年人的衰弱状况,包括生理、心理、社会、认知、环境 5 个维度,共有 26 个条目。采用二分类计分方法,选择“是/能”得 1 分,选择“否”不得分,总分 0~26 分, ≥ 9 分表示存在衰弱。该量表 Cronbach's α 系数为 0.846。

1.2.1.3 工具性日常生活能力量表(instrumental activities of daily living scale,IADL) 该量表由 Lawton 等^[7]于 1969 年编制,用于测量个体独立生活能力,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 分为功能受损,该量表的 Cronbach's α 系数为 0.838。

1.2.1.4 匹兹堡睡眠质量指数量表匹兹堡睡眠质量指数(Pittsburgh sleep quality index,PSQI) 由 Buysse 等^[8]于 1989 年编制,用于评估个体的睡眠情况,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 7 个部分,采用 Likert 4 级评分法,评分 > 7 分表示存在睡眠障碍,该量表 Cronbach's α 系数为 0.726。

1.2.2 资料收集 本研究已通过医院伦理委员会批准(202228),在神经内科管理者的同意和配合下,向患者及其家属说明了本研究的目的、意义,并征得他们的知情同意,现场发放问卷收集资料,由研究者及其家属协助不能独立完成的患者进行填写。共发放 550 份问卷,回收问卷 550 份,其中有效问卷 532 份,问卷的有效回收率为 96.7%。

1.2.3 统计学处理 采用 SPSS 26.0 统计软件,计数资料以例数和百分比表示,采用 χ^2 检验和多因素 Logistic 回归分析筛选出影响患者衰弱的独立危险因素,用 R 4.1.3 软件绘制列线图将 Logistic 回归模型进行可视化,借助神经网络中的多层感知器构建神经网络预测模型,采用受试者工作曲线(receiver operating characteristic curve,ROC)评价模型的预测能力,并进行模型内部和外部验证。以 $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象一般资料 532 名老年脑卒中患者中,男 307 名、女 225 名;年龄 60~69 岁 183 名、70~79 岁 203 名、 ≥ 80 岁 146 名;汉族 208 名;未婚/离异/丧偶者 220 名;独居者 281 名。203 名(38.16%)患者处于脑卒中急性期,190(35.71%)患者为首发脑卒中;其中 249 名患者(46.80%)发生衰弱,建模组 176 名(47.31%),验证组 73 名(45.63%),两组衰弱检出率差异无统计学意义。

2.2 建模组老年脑卒中患者衰弱的单因素分析 单因素分析显示,老年脑卒中患者在年龄、独居、吸烟、体育锻炼、高血压、糖尿病、首发脑卒中、睡眠障碍、跌倒史、工具性日常生活能力上的差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),详细情况见表 1。

2.3 建模组老年脑卒中患者衰弱的多因素分析 以老年脑卒中患者是否发生衰弱为自变量,单因素分析中有统计学意义的项目为因变量进行多因素 Logistic 回归分析。多因素分析结果显示,年龄 ≥ 80 岁($OR = 8.407$)、睡眠障碍($OR = 5.244$)、工具性日常生活能力受损($OR = 5.166$)、跌倒史($OR = 5.067$)、独居($OR = 4.928$)为老年脑卒中患者发生衰弱的独立风险因素,体育锻炼为保护因素($OR = 0.338$),见表 2。

表1 建模组老年脑卒中患者
衰弱的单因素分析结果[$N=372, n(\%)$]

项 目	衰弱组 ($n=176$)	非衰弱组 ($n=196$)	χ^2	P
性别			2.318	0.128
男	94(43.93)	120(56.07)		
女	82(51.90)	76(48.10)		
年龄(岁)			60.235	<0.001
60~69	31(24.22)	97(75.78)		
70~79	66(47.48)	73(52.52)		
≥ 80	79(75.24)	26(24.76)		
民族			0.012	0.913
汉族	87(47.03)	98(52.97)		
少数民族	89(47.59)	98(52.41)		
婚姻状况			0.779	0.377
已婚	98(45.37)	118(54.63)		
未婚/离异/丧偶	78(50.00)	78(50.00)		
独居			25.340	<0.001
是	116(59.79)	78(40.21)		
否	60(33.71)	118(66.29)		
吸烟			5.425	0.020
是	81(54.73)	67(45.27)		
否	95(42.41)	129(57.59)		
饮酒			1.206	0.272
是	56(43.41)	73(56.59)		
否	120(49.38)	123(50.62)		
体育锻炼			33.465	<0.001
有	63(32.81)	129(67.19)		
无	113(62.78)	67(37.22)		
头晕眩晕			0.015	0.903
是	116(47.54)	128(52.46)		
否	60(46.88)	68(53.12)		
高血压			13.212	<0.001
有	94(58.02)	68(41.98)		
无	82(39.05)	128(60.95)		
糖尿病			10.127	0.001
有	86(57.33)	64(42.67)		
无	90(40.54)	132(59.46)		
语言障碍			0.384	0.536
是	61(49.59)	62(50.41)		
否	115(46.18)	134(53.82)		
运动障碍			3.074	0.080
是	10(32.26)	21(67.74)		
否	166(48.68)	175(51.32)		
首发脑卒中			7.417	0.006
是	75(56.82)	57(43.18)		
否	101(42.08)	139(57.92)		
睡眠障碍			46.171	<0.001
有	114(66.28)	58(33.72)		
无	62(31.00)	138(69.00)		
跌倒史			54.512	<0.001
有	97(72.93)	36(27.07)		
无	79(33.05)	160(66.95)		
工具性日常生活能力			56.841	<0.001
正常	120(67.80)	57(32.20)		
受损	56(28.72)	139(71.28)		
多重用药			0.275	0.600
是	91(48.66)	96(51.34)		
否	85(45.95)	100(54.05)		

表2 老年脑卒中患者衰弱风险预测的多因素分析($n=372$)

变 量	b	Se	Wald χ^2	P	OR	95% CI
常量	-3.927	0.542	52.479	<0.001	—	—
年龄	2.129	0.411	26.781	<0.001	8.407	(3.754, 18.830)
睡眠障碍	1.657	0.311	28.319	<0.001	5.244	(2.849, 9.655)
工具性日常 生活能力	1.642	0.309	28.260	<0.001	5.166	(2.820, 9.464)
跌倒史	1.623	0.334	23.606	<0.001	5.067	(2.633, 9.750)
独居	1.595	0.321	24.707	<0.001	4.928	(2.628, 9.243)
体育锻炼	-1.085	0.312	12.077	0.001	0.338	(0.183, 0.623)

2.4 老年脑卒中患者衰弱风险预测模型的构建

2.4.1 老年脑卒中患者衰弱风险预测的列线图模型

基于 Logistic 回归模型: $Z = -3.927 + 2.129 \times \text{年龄} \geq 80\text{岁} + 1.657 \times \text{睡眠障碍(有)} + 1.642 \times \text{工具性日常生活能力(受损)} + 1.623 \times \text{跌倒史(有)} + 1.595 \times \text{独居(是)} - 1.085 \times \text{体育锻炼(有)}$,利用 R 软件构建列线图将其可视化,见图 1。

列线图中每一个危险因素的具体情况对应相应的分值,将模型中 6 项指标的分值相加后得到总分,然后在所得总分的位置向下画垂直线,垂直线与“衰弱发生概率”坐标交点的位置所对应的数值即为老年脑卒中患者衰弱风险。

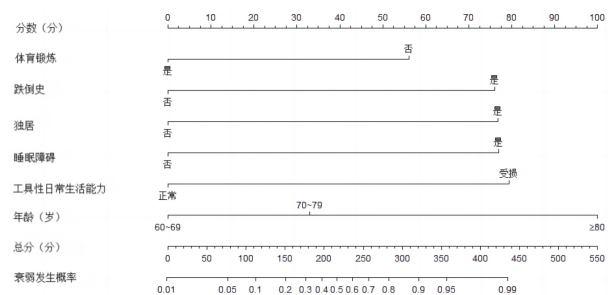


图1 老年脑卒中患者衰弱风险预测的列线图模型

2.4.2 神经网络模型 对多因素 Logistic 回归分析筛选出的年龄、睡眠障碍、工具性日常生活能力、跌倒史、独居、体育锻炼 6 个研究变量进行赋值,借助神经网络多层感知器模块依次输入作为模型的输入神经元,隐藏层的神经元个数由系统自行设计,将老年脑卒中患者是否发生衰弱作为输出神经元,最终得到结构为:输入层(13 个神经元),1 层隐藏层(7 个神经元),输出层(2 个神经元)的神经网络模型,见图 2。

模型得出各因变量正态化重要性排序如下:年龄>睡眠障碍>工具性日常生活能力>跌倒史>独居>体育锻炼。

2.5 老年脑卒中患者衰弱风险预测模型的验证

根据模型所得的预测变量作为测试变量,将老年脑卒中患者发生衰弱作为状态变量进行 ROC 曲线绘

制。建模组列线图模型、神经网络模型的 ROC 曲线的 AUC 值分别为 0.908、0.904,敏感度、特异度分别为 82.02%、83.04%、84.54%、83.08%,见图 3、图 4。验证组两模型 ROC 曲线的 AUC 值分别为 0.923、0.916,敏感度、特异度分别为 88.24%、81.01%、85.87%、88.89%,表明两模型预测效能较好。

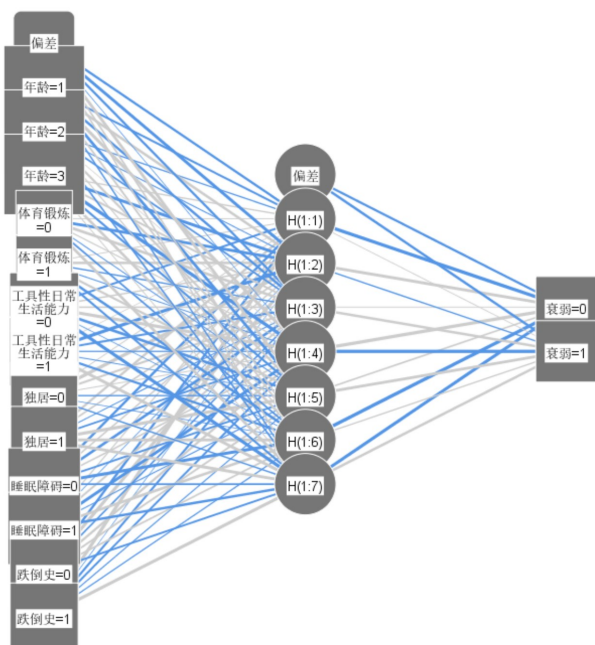


图 2 神经网络模型

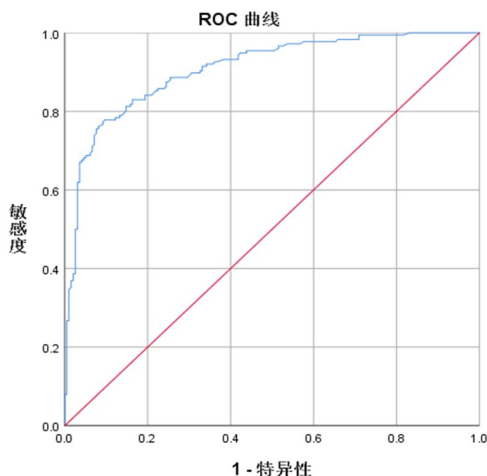


图 3 列线图模型 ROC 曲线

3 讨论

3.1 老年脑卒中患者衰弱现状 老年脑卒中患者由于多种慢性疾病和机体退行性变化引起易损性增加进而发展为衰弱,其核心是生理功能下降,微弱的外界刺激即可导致不良的临床事件。相关报道显示,超过 65 岁的老年人衰弱发生率在 10%左右,而

80 岁的老年人衰弱发生率已达 30%以上^[9]。本研究老年脑卒中患者衰弱发生率为 47.3%,高于前两项研究结果,并且纳入本研究的研究对象年龄均在 60 岁以上,这就表明患脑卒中的老年人更易出现衰弱。赵佳琪^[2]在老年脑卒中患者衰弱与抑郁的两者相关性的研究中得出老年脑卒中患者衰弱发生率为 74.4%,明显高于本研究结果,可能与其研究中老年人平均年龄较大有关。因此,定期运用准确可靠的工具对老年脑卒中患者进行衰弱筛查至关重要,医护人员应在积极治疗脑卒中的同时,对存在衰弱的脑卒中患者给予一定的宣教与干预,提高其生活质量。

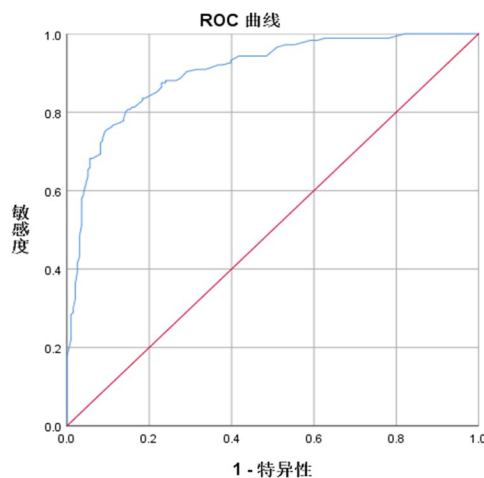


图 4 神经网络模型 ROC 曲线

3.2 影响衰弱的独立危险因素分析

3.2.1 年龄 本研究发现,≥80 岁的脑卒中患者发生衰弱的风险是对照组的 8.407 倍。随着患者年龄增加其衰弱发生的风险也增加,与既往研究^[10-11]的结果相似,但在性别方面,国内外学者得出的结论略有差异,可能与老年人生活方式差异有关。脑卒中患者年龄越大机体不可避免地会出现退行性变化,加之体内激素失调、生理储备下降等,使身体不能及时发现外界不良刺激并进行有效抵抗,从而发生衰弱^[12]。由此提示医护人员应根据衰弱评估结果,为不同年龄段的脑卒中患者制订针对性衰弱干预管理方案,从而最大程度地延缓年龄增加所致的衰弱。

3.2.2 睡眠障碍 本研究发现,存在睡眠障碍的患者衰弱发生风险较高($OR=5.244$)。脑卒中患者睡眠质量较差,睡眠障碍发生率达到 70%以上^[13]。既往研究^[14]表明,存在睡眠障碍的老年人认知衰弱的发病风险较高($OR=3.258$)。Ensrud 等^[15]研究也证明了睡眠问题与衰弱发生是密切相关的。良好的睡眠质量,有助于个体保持正常认知,开展日常活动,保持健康心态。因此,改善脑卒中患者睡眠质量

最重要的措施是改善他们的健康状况,建议患者健康、规律地生活,医护人员还应考虑年龄、身体状况、生活状况等因素,制定一套适合脑卒中患者睡眠障碍的干预措施。

3.2.3 工具性日常生活能力 本研究显示,IADL也是老年脑卒中患者衰弱的影响因素($OR=5.166$)。衰弱介于健康和失能之间的一种状态,并且失能也是衰弱患者临床不良后果之一。IADL关注人在特定环境中自力更生的能力,是老年人独立生活和进行社会交往活动,包括去超市购物、乘坐交通工具等所必需的高级技能。本研究与王湾湾等^[16]研究结果相类似,该研究认为 IADL 评分是老年住院患者发生衰弱的影响因素,国外学者^[17]也证明了这一观点。衰弱老年人有较高的失能风险,反过来,失能的老年人衰弱发生率极高,因此医护人员应鼓励老年人适当活动、维持身体机能,常规评估 IADL 对早期发现衰弱具有很大的帮助。

3.2.4 跌倒史 本研究发现,曾有跌倒史的老年脑卒中患者衰弱发生风险将增加 5.067 倍,说明跌倒与脑卒中患者衰弱的发生也密切相关,与既往研究^[18]结果相一致($OR=18.32$)。脑卒中患者身体各器官功能下降,抵抗外界压力的能力减弱,同时伴有身体平衡能力下降,促进了衰弱的发生和发展。相关指南^[19]推荐 65 岁以上的老年人每周进行两个半小时的中等强度运动,运动不仅可以改善患者的中枢神经系统、运动系统等系统的功能,还可以改善身体机能和活动能力,有助于缓解肌肉减少症,降低跌倒的发生率,进而降低衰弱发生率。

3.2.5 独居 本研究显示,独居的老年脑卒中患者发生衰弱的风险是非独居者的 4.928 倍,说明独居也是老年脑卒中患者发生衰弱的影响因素,略高于 Woo 等^[20]的研究结果($OR=1.53$),这可能与国内外文化背景、家庭结构不同有关。作为老年人身心健康的主要影响因素,独居老人缺乏家人陪伴,容易产生孤独紧张等情绪且缺乏安全感,进而丧失了康复的信心,在一定程度上促使了衰弱的发生。因此,对于无家属陪伴的脑卒中患者,一方面应注重培养其自我护理能力,帮助其建立健康的生活模式;另一方面可提醒家属多关注陪伴患者,并根据实际情况请陪护照料等,以促进患者身心康复。

3.2.6 体育锻炼 本研究表明,体育锻炼是老年脑卒中患者发生衰弱的保护因素,即参加体育锻炼,会降低脑卒中患者衰弱发生率,与既往研究^[21]结果相一致($OR=0.338$)。究其原因,体育锻炼既能提升脑卒中患者健康状况,强化身体素质,改善睡眠质量,调节平衡系统,又能丰富患者的日常生活、促进

身心的和谐发展。因此,医护人员应根据患者的年龄、身体情况、运动习惯等,制定循序渐进的运动计划,这样对老年脑卒中患者增强免疫力,改善健康,延缓衰弱具有重要意义。

3.3 老年脑卒中患者衰弱风险预测模型预测效果理想 本研究通过 Logistic 回归和人工神经网络两种统计学方法,构建的脑卒中患者衰弱的列线图模型和神经网络模型,建模组和验证组的灵敏度、特异度较高,ROC 曲线下面积均大于 0.90,表明模型预测效果理想,有利于护理人员早期筛查出衰弱高风险人群。

4 小结

本研究显示,老年脑卒中患者衰弱检出率较高,在纳入本研究衰弱风险预测模型的变量中,高龄、睡眠障碍、工具性日常生活能力受损、跌倒史、独居为老年脑卒中患者发生衰弱的独立风险因素,体育锻炼为老年脑卒中患者发生衰弱的保护因素。因此,医护人员应针对老年脑卒中患者衰弱的影响因素进行早期评估及筛查,并加强知识宣教以及指导患者运动锻炼,制定专业、安全、有效的干预方案,降低老年脑卒中患者衰弱的发生概率。目前,大家已经普遍认可神经网络的预测能力,但预测模型中各自变量对因变量影响的医学解释尚不明确。其次,本研究所纳入的脑卒中患者仅为本院患者,未来应该进行多中心、多区域的大样本量研究,不断调整使其更精确、更符合临床,以期在脑卒中患者中广泛使用。

【参考文献】

- [1] 陈颖勇,张正敏,左倩倩,等.广州市某社区老年人可逆性认知衰弱现状及影响因素[J].解放军护理杂志,2022,39(6):13-16.
- [2] 赵佳琪.老年脑卒中患者衰弱与抑郁的相关性研究[D].沈阳:辽宁中医药大学,2020.
- [3] 中华神经科学会,中华神经外科学会.各类脑血管疾病诊断要点[J].中华神经科杂志,1996,29(6):379-380.
- [4] 许莹莹,朱蓓,阎蕾,等.成人造口旁疝风险预测列线图模型的构建[J].解放军护理杂志,2022,39(3):70-74.
- [5] GOBBENS R J J, VAN ASSEN M A L M, LUIJKX K G, et al. The tilburg frailty indicator: psychometric properties[J]. J Am Med Dir Assoc, 2010, 11(5): 344-355.
- [6] 李菲,刘慧松,查龙肖,等.中文版老年人衰弱评估量表的修订和信效度评价[J].护理学杂志,2017,32(7):18-20,27.
- [7] LAWTON M P, BRODY E M. Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living[J]. Gerontologist, 1969, 9(3): 179-186.
- [8] BUYSSE D J, REYNOLDS 3rd C F, MONK T H, et al. The Pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research[J]. Psychiatry Res, 1989, 28(2): 193-213.
- [9] 乔静,王青,赵清华.老年住院患者用药情况与衰弱的关系分析[J].中华现代护理杂志,2016,22(18):2539-2541.

- ing measures capture outcomes that are important to stroke survivors, carers, and clinicians? [J]. Clin Rehabil, 2019, 33(4): 737-749.
- [4] 陈晓艳, 王娅, 黄娟, 等. 脑卒中患者早期肌力训练的最佳证据总结[J]. 中华护理杂志, 2020, 55(8): 1253-1259.
- [5] 茅兼杰, 江会. 镜像疗法在脑卒中后下肢功能康复中的应用进展[J]. 护理与康复, 2020, 19(2): 31-34.
- [6] HOUSLEY S N, GARLOW A R, DUCOTE K, et al. Increasing access to cost effective home-based rehabilitation for rural veteran stroke survivors[J]. Austin J Cerebrovasc Dis Stroke, 2016, 3(2): 1-11.
- [7] 饶明利. 中国脑血管病防治指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010: 1.
- [8] EDWARD K L, WELCH T. The extension of Colaizzi's method of phenomenological enquiry[J]. Contemp Nurse, 2011, 39(2): 163-171.
- [9] 吴志远, 李坤彬, 娄书伟, 等. 下肢康复机器人训练对脑卒中患者运动及平衡功能的影响[J]. 康复学报, 2020, 30(2): 114-118.
- [10] WATANABE H, GOTO R, TANAKA N, et al. Effects of gait training using the Hybrid Assistive Limb® in recovery-phase stroke patients: a 2-month follow-up, randomized, controlled study[J]. NeuroRehabilitation, 2017, 40(3): 363-367.
- [11] CALABROR S, DE COLA M C, LEO A, et al. Robotic neurorehabilitation in patients with chronic stroke: psychological well-being beyond motor improvement[J]. Int J Rehabil Res, 2015, 38(3): 219-225.
- [12] CHANG Y Y, CHANG S C, XIAO X, et al. The Experiences of robot-assisted gait training in patients with neurological disorders: a qualitative study[J]. Rehabil Nurs, 2022, 47(4): 129-137.
- [13] SUTTON B S, OTTOMANELLI L, NJOH E, et al. The impact of social support at home on health-related quality of life among veterans with spinal cord injury participating in a supported employment program[J]. Qual Life Res, 2015, 24(7): 1741-1747.
- [14] 卢意. 老年人智慧居家养老技术接受能力提升研究——基于 Y 市 S 社区养老群体的小组工作分析[D]. 江苏: 扬州大学, 2019.
- [15] 张通, 赵军, 白玉龙, 等. 中国脑血管病临床管理指南(节选版)——卒中康复管理[J]. 中国卒中杂志, 2019, 14(8): 823-831.
- [16] LO K, STEPHENSON M, LOCKWOOD C. Adoption of robotic stroke rehabilitation into clinical settings: a qualitative descriptive analysis[J]. JBI Evid Implement, 2020, 18(4): 376-390.
- [17] 郭海滨, 周璇, 杜青. 下肢康复机器人对脑瘫患儿步行能力改善的研究进展[J]. 中国康复, 2021, 36(6): 376-379.
- [18] YUN N, JOO M C, KIM S C, et al. Robot-assisted gait training effectively improved lateropulsion in subacute stroke patients: a single-blinded randomized controlled trial[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2018, 54(6): 827-836.
- [19] KIM H Y, SHIN J H, YANG S P, et al. Robot-assisted gait training for balance and lower extremity function in patients with infratentorial stroke: a single-blinded randomized controlled trial[J]. J Neuroeng Rehabil, 2019, 16(1): 99-111.
- [20] 张秋实, 张振香, 林蓓蕾. 脑卒中患者连续性照护实践研究进展[J]. 中国全科医学, 2012, 15(20): 2253-2255.
- [21] 翁艳秋, 陈文瑶, 张玲娟. 上海市老年医疗护理机构脑卒中康复现状调查[J]. 解放军护理杂志, 2017, 34(2): 35-38.
- [22] AWAD L N, ESQUENAZI A, FRANCISCO G E, et al. The Re-Walk ReStore™ soft robotic exosuit: a multi-site clinical trial of the safety, reliability, and feasibility of exosuit-augmented post-stroke gait rehabilitation[J]. J Neuroeng Rehabil, 2020, 17(1): 80-91.
- [23] CHEN B, MA H, QIN L Y, et al. Recent developments and challenges of lower extremity exoskeletons[J]. J Orthop Translat, 2015(5): 26-37.

(本文编辑: 郁晓路)

(上接第 14 页)

- [10] GALE C R, COOPER C, SAYER A A. Prevalence of frailty and disability: findings from the English Longitudinal study of ageing[J]. Age Ageing, 2015, 44(1): 162-165.
- [11] 夏晗月, 曹倩, 周丹丹. 老年脑卒中患者衰弱现状及影响因素分析[J]. 上海护理, 2022, 22(1): 28-32.
- [12] 王翎羽, 胡小龙, 王雪静, 等. 基于老年综合评估的衰弱指数对缺血性脑卒中患者衰弱的预测价值[J]. 中华现代护理杂志, 2022, 28(2): 167-171.
- [13] 钱贞, 卢同波, 何俊, 等. 精准化运动处方对脑卒中患者心肺适能及睡眠质量的影响研究[J]. 中国全科医学, 2022, 25(20): 2468-2474.
- [14] 崔光辉, 李少杰, 孔庆悦, 等. 睡眠质量与抑郁症状及其交互作用与老年人认知衰弱的关联研究[J]. 中国全科医学, 2021, 24(9): 1076-1081.
- [15] ENSRUD K E, BLACKWELL T L, REDLINE S, et al. Sleep disturbances and frailty status in older community-dwelling men[J]. J Am Geriatr Soc, 2009, 57(11): 2085-2093.
- [16] 王湾湾, 李园园, 石小天, 等. 老年住院患者衰弱的影响因素分析及其与营养不良的相关性研究[J]. 中国全科医学, 2021, 24(6): 678-684.
- [17] ATKINS A S, KHAN A, ULSHEN D, et al. Assessment of instrumental activities of daily living in older adults with subjective cognitive decline using the virtual reality functional capacity assessment tool (VRFCAT)[J]. J Prev Alzheimers Dis, 2018, 5(4): 216-234.
- [18] 许丽娟, 张丽虹, 叶丽娜, 等. 社区老年衰弱危险因素及风险预测模型构建[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(1): 170-173.
- [19] 张芳. 中国老年人建康指南[J]. 家庭健康: 医学科普, 2022(11): 15-16.
- [20] WOO J, ZHENG Z, LEUNG J, et al. Prevalence of frailty and contributory factors in three Chinese populations with different socioeconomic and healthcare characteristics[J/OL]. [2022-05-20]. <https://bmjgeriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-015-0160-7>. DOI: 10.1186/s12877-015-0160-7.
- [21] 潘利娅, 张伟宏, 余珍, 等. 郑州市社区老年人认知衰弱患病现状及影响因素[J]. 护理学杂志, 2019, 34(11): 79-82.

(本文编辑: 郁晓路)