Modern Practical Medicine, August 2025, Vol. 37, No. 8

·临床研究·

帕金森病患者运动症状进展影响因素及预测模型构建

徐雯，冯耀耀，张长国，杨薇

【摘要】目的 探讨帕金森病（PD）患者运动症状进展影响因素，并基于影响因素构建决策树模型，分析该模型对运动症状进展的预测效能。**方法** 选取 2020 年 3 月至 2022 年 3 月湖州市第三人民医院收治的PD患者[Hoehn-Yahr（H-Y）＜ 3 期]172 例。定期随访 2 年，根据 H-Y 分期变化分为稳定组（H-Y 分期变化值≤0，113 例）和进展组（H-Y 分期变化值＞ 0，59 例）。收集并比较两组一般资料，采用二元 Logistic 回归分析运动症状进展的影响因素，构建决策树预测模型，并经受试者工作特征（ROC）曲线分析该模型效能。**结果** 两组 PD 患者起病年龄、轴性症状评分、焦虑自评量表（SAS）评分、帕金森睡眠量表（PDSS）评分差异均有统计学意义（均 $P < 0.05$）。二元 Logistic 回归分析显示，起病年龄、轴性症状评分、SAS 评分、PDSS 评分均是 PD 患者运动症状进展的独立危险因素（均 $P < 0.05$）。PD 患者运动症状进展的决策树模型共 3 层，13 个节点，模型选择了起病年龄、轴性症状评分、SAS 评分、PDSS 评分 4 个解释变量，其中以轴性症状评分为 PD 患者运动症状进展最为重要的影响因素。决策树模型的曲线下面积（*AUC*）为 0.873，取临界值时，敏感度为 0.831，特异度为 0.779。Delong 检验显示决策树模型的 *AUC* 高于各单项影响因素（均 $P < 0.05$）。**结论** 起病年龄、轴性症状、焦虑、睡眠质量与 PD 患者运动症状进展密切相关，基于这些因素建立的决策树模型对运动症状进展有良好预测价值，可用于临床评估发生风险。

【关键词】 帕金森病；运动症状进展；Logistic 回归；决策树模型；影响因素；预测效能
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.08.006
【中图分类号】 R742.5 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1671-0800(2025)08-0794-04

帕金森病（Parkinson’s disease，PD）是一种常见且具有高度致残性的神经系统退行性疾病，其发病率呈逐年上升趋势[1-2]。据流行病学调查显示，我国 65 岁以上人群中 PD 患病率约为 1.7%，并随着人口老龄化的加剧而不断攀升[3-4]。运动症状是 PD 的主要临床特征之一，包括震颤、强直、运动迟缓及姿势平衡障碍等[5]。在疾病的发展过程中，运动症状的进展往往具有不可逆性，且进展速度因人而异。部分患者在发病初期运动症状相对较轻，但随着时间的推移，运动功能会逐渐恶化，甚至出现严重的运动障碍，导致患者失去生活自理能力。尽管临床上已有药物治疗、手术治疗和康复治疗等方法，但这些方法大多只能在一定程度上缓解症状，无法从根本上阻止疾病的进展[6-7]。因此，深入了解 PD 患者运动症状进展的影响因素，并构建有效的预测模型，对于早期识别高风险患者、制定个性化的治疗方案以及延缓疾病进展具有重要临床意义。决策树模型具有直观、易理解、能够处理多变量数据等优点，将Logistic 回归分析与决策树模型相结合，可以充分发挥两种方法的优势，更准确地筛选出运动症状进展的影响因素，并建立具有较高预测效能的模型[8-9]。本研究通过 Logistic-决策树模型探究 PD 患者运动症状进展的影响因素，并评估该模型的预测效能，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2020 年 3 月至 2022 年 3 月湖州市第三人民医院收治的 172 例 PD 患者为研究对象。纳入标准：（1）符合 PD 诊断标准[10]，Hoehn-Yahr（H-Y）分期＜ 3 期；（2）临床资料完整；（3）病程＜ 5 年。排除标准：（1）继发性帕金森综合征及帕金森叠加综合征；（2）合并严重心、肝、肾等重要脏器功能障碍；（3）存在精神疾病或认知障碍；（4）合并其他影响运动功能的神经系统疾病，如脑卒中后遗症、脊髓损伤、重症肌无力等；（5）近 3 个月内接受过神经外科手术治疗。所有患者定期随访 2 年，根据 H-Y 分期变化分为稳定组（H-Y 分期变化值≤0，113 例）和进

基金项目： 湖州市科技计划项目（2022GYB52）
作者单位： 313000 浙江省湖州，湖州市第三人民医院
通信作者： 徐雯，Email：huzhouxuwen@163.com

展组（H-Y 分期变化值＞ 0，59 例）。本研究获得湖州市第三人民医院医学伦理委员会批准，所有研究对象均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

1.2　方法　收集患者一般资料，包括性别、年龄、体质量指数、学历、高血压、糖尿病、高脂血症、起病年龄、病程、运动障碍亚型、帕金森病统一评定量表（UPDRS）各项维度（震颤、强直、运动迟缓、轴性症状）评分、非运动症状筛查问卷（NMSQ）评分、焦虑自评量表（SAS）评分、抑郁自评量表（SDS）评分、帕金森睡眠量表（PDSS）评分及左旋多巴等效剂量（LED）用药情况等。

1.3　统计方法　采用 SPSS 26.0 统计学软件进行数据分析。计数资料以例数（百分比）表示，采用χ^2检验；计量资料符合正态分布，以均数±标准差表示，采用独立样本t检验；采用二元 Logistic 回归分析识别 PD 患者运动症状进展的独立危险因素，并进行共线性诊断；通过受试者工作特征（receiver operator characteristic，ROC）曲线评估各独立危险因素和决策树模型在预测 PD 患者运动症状进展方面的效能，并计算曲线下面积（area under the curve，*AUC*），采用 Delong 检验比较预测价值。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　两组临床资料比较　两组起病年龄、轴性症状评分、SAS 评分及 PDSS 评分差异均有统计学意义（均$P < 0.05$），其他资料差异均无统计学意义（均$P > 0.05$），见表 1。

2.2　PD 患者运动症状进展的影响因素分析　以 PD 患者运动症状是否进展为因变量（进展=1，稳定=0），以起病年龄（≥60 岁=1，＜ 60 岁=0）、轴性症状评分（≥14 分=1，＜ 14 分=0）、SAS 评分（≥50 分=1，＜ 50 分=0）、PDSS 评分（＜ 90 分=1，≥90 分=0）为自变量纳入二元 Logistic 回归分析。结果显示，起病年龄、轴性症状评分、SAS 评分、PDSS 评分均是 PD 患者运动症状进展的独立危险因素（均$P < 0.05$）。对这四个危险因素进行共线性检验，VIF 均小于 10，提示无共线性，可纳入模型构建，见表 2。

2.3　PD 患者运动症状进展的决策树模型构建　以 PD 患者运动症状是否进展为因变量，起病年龄、轴性症状评分、SAS 评分、PDSS 评分为自变量，用分类与回归树算法构建决策树模型。结果显示，PD 患者运动症状进展的决策树模型共 3 层，13 个节点，其中以轴性症状评分为 PD 患者运动症状进展最为重要的影响因素，见封三图 1。

2.4　模型预测价值分析　各影响因素及决策树模型的*AUC*分别为 0.684、0.686、0.681、0.685、0.873，见表 3、图 1。对预测价值进行 Delong 检验，结果显示，决策树模型的*AUC*高于各单项影响因素（均$P < 0.05$）。

3　讨论

PD 发展可限制患者活动能力，还可能导致跌倒、骨折等严重并发症，进一步威胁患者的健康与安全[11-12]。深入探究 PD 患者运动症状进展的影响因素，并建立有效的预测模型，对于指导临床治疗决策、优化患者管理策略及改善预后具有至关重要的意义。

本研究结果显示，起病年龄、轴性症状评分、SAS 评分及 PDSS 评分为 PD 患者运动症状进展的独立危险因素（均$P < 0.05$）。多巴胺能神经元会随年龄增加逐渐减少，当起病年龄≥60 岁时，其退化程度更为严重，多巴胺分泌减少，神经信号传导受阻，大脑对肌肉活动的控制能力下降，进而促使运动症状更快进展[13-14]。同时，年龄增长伴随身体机能整体下降，如代谢减缓、免疫功能降低等，也会影响神经元的修复和再生能力，加重神经损伤，加速运动症状恶化。轴性症状评分≥14 分，表明患者运动系统的核心功能已出现明显损害。姿势平衡障碍者易失去平衡而跌倒，可能造成身体二次损伤，引发炎症反应，损害神经系统；步态异常者行走模式改变，为维持平衡，身体其他部位肌肉过度代偿，易出现肌肉疲劳、僵硬，关节磨损加剧，加重运动症状；轴性症状还可降低患者活动意愿，活动量减少致肌肉萎缩，运动功能进一步退化，形成恶性循环[15]。焦虑情绪（SAS 评分≥50 分）会引发患者自主神经系统功能紊乱，导致肌肉紧张度增加。PD 患者本身存在运动迟缓、肌强直等症状，肌肉紧张度升高会使这些症状加重，动作更迟缓、僵硬，运动协调性下降[16]。睡眠质量差（PDSS 评分＜ 90 分）会干扰大脑神经递质平衡，PD 患者本身存在多巴胺等神经递质异常，睡眠问题会进一步加重这种失衡，影响运动功能的调节，导致运动迟缓、震颤等症状加重[17]。此外还会导致生长激素和

Modern Practical Medicine, August 2025, Vol. 37, No. 8

表 1　两组帕金森病患者临床资料比较

项目	类别	进展组（n=59）	稳定组（n=113）	χ^2（t）值	P 值
性别[例（%）]	男	38（64.41）	70（61.95）	0.10	＞0.05
	女	21（35.59）	43（38.05）		
年龄[例（%）]	＜60 岁	18（30.51）	51（45.13）	3.45	＞0.05
	≥60 岁	41（69.49）	62（54.87）		
体质量指数（kg/m^2）		22.62±2.07	22.40±2.19	（0.65）	＞0.05
学历[例（%）]	小学及以下	39（66.10）	81（71.68）	0.57	＞0.05
	小学以上	20（33.90）	32（28.32）		
高血压[例（%）]	有	22（37.29）	40（35.40）	0.06	＞0.05
	无	37（62.71）	73（64.60）		
糖尿病[例（%）]	有	13（22.03）	28（24.78）	0.16	＞0.05
	无	46（77.97）	85（75.22）		
高脂血症[例（%）]	有	15（25.42）	30（26.55）	0.03	＞0.05
	无	44（74.58）	83（73.45）		
起病年龄[例（%）]	≥60 岁	39（66.10）	33（29.20）	21.68	＜0.05
	＜60 岁	20（33.90）	80（70.80）		
病程[例（%）]	≥3 年	29（49.15）	41（36.28）	2.66	＞0.05
	＜3 年	30（50.85）	72（63.72）		
运动障碍亚型[例（%）]	震颤为主型	28（47.46）	50（44.25）	0.16	＞0.05
	非震颤为主型	31（52.54）	63（55.75）		
震颤评分[例（%）]	≥4 分	29（49.15）	52（46.02）	0.15	＞0.05
	＜4 分	30（50.85）	61（53.98）		
强直评分[例（%）]	≥4 分	27（45.76）	48（42.48）	0.17	＞0.05
	＜4 分	32（54.24）	65（57.52）		
运动迟缓评分[例（%）]	≥10 分	28（47.46）	49（43.36）	0.26	＞0.05
	＜10 分	31（52.54）	64（56.64）		
轴性症状评分[例（%）]	≥14 分	35（59.32）	25（22.12）	23.61	＜0.05
	＜14 分	24（40.68）	88（77.88）		
NMSQ 评分[例（%）]	＜10 分	27（45.76）	49（43.36）	0.09	＞0.05
	≥10 分	32（54.24）	64（56.64）		
SAS 评分[例（%）]	≥50 分	36（61.02）	28（24.78）	21.79	＜0.05
	＜50 分	23（38.98）	85（75.22）		
SDS 评分[例（%）]	≥50 分	22（37.29）	39（34.51）	0.13	＞0.05
	＜50 分	37（62.71）	74（65.49）		
PDSS 评分[例（%）]	＜90 分	37（62.71）	29（25.66）	22.50	＜0.05
	≥90 分	22（37.29）	84（74.34）		
LED 用药（mg）		370.93±85.48	350.10±71.38	（1.70）	＞0.05

注：NMSQ 为非运动症状筛查问卷，SAS 为焦虑自评量表，SDS 为抑郁自评量表，PDSS 为帕金森睡眠量表，LED 为左旋多巴等效剂量

表 2　帕金森病患者运动状态进展的多因素分析

变量	β值	SE 值	Waldχ^2 值	P 值	OR 值（95%CI）	VIF
起病年龄	1.469	0.410	12.836	＜0.05	4.346（1.945 ～ 9.709）	1.055
轴性症状评分	1.421	0.422	11.357	＜0.05	4.140（1.812 ～ 9.458）	1.101
SAS 评分	1.412	0.418	11.393	＜0.05	4.104（1.808 ～ 9.315）	1.095
PDSS 评分	1.660	0.421	15.567	＜0.05	5.260（2.306 ～ 11.998）	1.037

注：SAS 为焦虑自评量表，PDSS 为帕金森睡眠量表

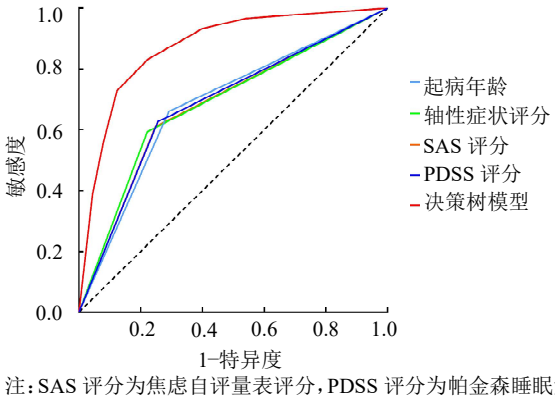
细胞因子分泌减少，影响肌肉恢复和再生能力，使肌肉力量下降、运动耐力降低，进而加重运动症状[18]。

决策树模型可通过树形架构直观展现特征与结果间的对应关系，其优势在于无需预设参数、计算效率高且易于理解[19-20]。本研究构建的决策树模型共 3 层，13 个节点，选择了起病年龄、轴性症状评分、SAS 评分、PDSS 评分 4 个解释变量作为模型的节点。该模型的 AUC 为 0.873，显示出良好的预测效

表 3　帕金森病患者运动状态进展的影响因素及模型的 ROC 曲线分析

模型	*AUC*	*SE* 值	*P* 值	95%*CI*	临界值	约登指数	敏感度	特异度
起病年龄	0.684	0.043	＜0.05	0.599 ～ 0.770	0.500	0.369	0.661	0.708
轴性症状评分	0.686	0.044	＜0.05	0.599 ～ 0.773	0.500	0.372	0.593	0.779
SAS 评分	0.681	0.044	＜0.05	0.595 ～ 0.768	0.500	0.362	0.610	0.752
PDSS 评分	0.685	0.044	＜0.05	0.599 ～ 0.771	0.500	0.370	0.627	0.743
决策树模型	0.873	0.028	＜0.05	0.817 ～ 0.928	0.292	0.610	0.831	0.779

注：SAS 评分为焦虑自评量表评分，PDSS 评分为帕金森睡眠量表评分，ROC 曲线为受试者工作特征曲线，*AUC* 为曲线下面积



注：SAS 评分为焦虑自评量表评分，PDSS 评分为帕金森睡眠量表评分，ROC 曲线为受试者工作特征曲线

图 1　帕金森病患者运动状态进展的影响因素及模型的 ROC 曲线

能。在临界值下，模型的敏感度和特异度分别达到了 0.831 和 0.779，这表明该模型在实际临床应用中具有较高的准确性和可靠性。

综上所述，起病年龄、轴性症状、焦虑及睡眠质量与 PD 患者运动症状进展密切相关，且基于上次因素构建的决策树模型能够准确识别高风险患者，为临床评估和治疗决策提供有力支持。然而本研究样本量相对有限，未来可通过扩大样本量、纳入多中心数据等方式，进一步提高研究的代表性和可靠性。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　徐雯：实验操作、论文撰写；徐雯、冯耀耀：数据整理、统计学分析；张长国、杨薇：研究指导、论文修改、经费支持

参　考　文　献

[1] BLOEM B R, OKUN M S, KLEIN C. Parkinson’s disease[J]. Lancet, 2021, 397: 2284-2303.

[2] 周素伊,甄志铭,庞慧琳,等.帕金森病患者脉络丛体积改变与认知功能的相关性研究[J].陆军军医大学学报,2025,47(7):649-655.

[3] 王邑恒,方伯言,孟德涛.帕金森病嗓音障碍指数与运动症状、认知功能和呼吸功能的相关性分析[J].中风与神经疾病杂志,2024,41(11):977-981.

[4] 陈珍,张慧,巩尊科,等.多靶点高频重复经颅磁刺激治疗帕金森病冻结步态的效果[J].局解手术学杂志,2025,34(1):80-84.

[5] 王心宇,陆皓璇,熊永琴,等.7 T MRI 对帕金森病扩大的血管周围间隙与运动症状的相关性研究[J].国际医学放射学杂志,2024,47(4):407-411.

[6] 李智慧,罗羡慕,张倩,等.生酮饮食干预对帕金森病患者运动症状及非运动症状的影响[J].哈尔滨医科大学学报,2024,58(6):607-612.

[7] VIJIARATNAM N, SIMUNI T, BANDMANN O, et al. Progress towards therapies for disease modification in Parkinson’s disease[J]. Lancet Neurol, 2021, 20(7): 559-572.

[8] 王珂,徐燕,秦宁馨,等.基于 Logistic 回归与决策树模型的不育男性辅助生殖助孕结局的影响因素分析[J].同济大学学报(医学版),2025,46(1):71-79.

[9] 董海颖,梁笑笑,何燕.基于 Logistic 回归与决策树模型的老年多重慢病及影响因素分析[J].中国卫生事业管理,2024,41(2):208-211.

[10] 郭永鹤,殷振江,张二轲,等.经颅超声检查黑质强回声在帕金森病早期诊断中的临床应用研究[J].中国超声医学杂志,2025,41(2):121-124.

[11] SEVERSON K A, CHAHINE L M, SMOLENSKY L A, et al. Discovery of Parkinson’s disease states and disease progression modelling: A longitudinal data study using machine learning[J]. Lancet Digit Health, 2021, 3(9): e555-e564.

[12] LI G, HUANG P, CUI S S, et al. Mechanisms of motor symptom improvement by long-term Tai Chi training in Parkinson’s disease patients[J]. Transl Neurodegener, 2022, 11(1): 6.

[13] 钟飞,黄聪,张文颖,等.帕金森病患者运动控制障碍的临床特征及康复研究[J].中华老年心脑血管病杂志,2025,27(1):124-126.

[14] DINTER E, SARIDAKI T, DIEDERICHS L, et al. Parkinson’s disease and translational research[J]. Transl Neurodegener, 2020, 9(1): 43.

[15] 程轶峰,尹绍雅,崔德秋,等.变频刺激模式脑深部电刺激术治疗帕金森病轴性症状的长期随访研究[J].中国现代神经疾病杂志,2024,24(7):547-554.

[16] 曹震宇,季诚昕,王磊.中医传统运动应用于帕金森病运动和非运动症状的研究进展[J].南京中医药大学学报,2024,40(11):1275-1284.

[17] 晁婧媛,熊康平,庄圣,等.情感淡漠与早期帕金森病患者运动症状、睡眠及认知功能的关系[J].中华医学杂志,2021,101(35):2792-2797.

[18] 陈雅宁,赵洋,冯元媛,等.帕金森病睡眠障碍的影响因素及其与生活质量、非运动症状、心理状态的相关性探讨[J].临床和实验医学杂志,2025,24(4):372-375.

[19] 关兆娟,薛舒婷,谷婷钰,等.基于决策树和随机森林算法模型预测醛固酮瘤患者术后血压恢复情况[J].山西医科大学学报,2025,56(2):127-133.

[20] 王偲景,谭婷婷,王青青,等.基于决策树构建老年 2 型糖尿病住院患者认知衰弱风险预测模型[J].四川医学,2025,46(2):204-210.

收稿日期：2025-05-11

（本文编辑：孙海儿）