

维持性血液透析患者衰弱风险预测模型的构建

李 华, 刘小凤, 杨 凤, 文红英

川北医学院临床医学院•附属医院 四川南充

【摘要】目的 建立维持性血液透析(Maintenance Hemodialysis, MHD)患者衰弱风险预测模型,为早期识别高危人群提供评价工具。**方法** 选取2022年12月至2023年9月在川北医学院附属医院行MHD的350例患者,用Fried衰弱量表等调查,分为建模组(245例)和验证组(105例)。利用Logistic回归分析筛选出独立影响因素,建立列线图模型,用受试者工作特征曲线(Receiver Operating Characteristic Curve, ROC)、校准曲线评价模型效能。**结果** MHD患者衰弱发生率为33.1%。年龄(OR=1.072)、血清白蛋白(OR=0.861)、Charlson合并症指数(OR=1.483)、抑郁(OR=1.151)、营养不良-炎症评分(OR=1.309)是衰弱的独立影响因素($P<0.05$)。建模组药时曲线下面积(Area Under the Curve, AUC)为0.887,灵敏度为82.6%,特异度为81.3%;验证组AUC为0.872,灵敏度为80.0%,特异度为79.6%。校准度好($P>0.05$)。**结论** 该预测模型区分度高、校准度好,可以作为临床识别MHD患者衰弱高危人群的辅助工具。

【关键词】 维持性血液透析;衰弱;风险预测模型;列线图;影响因素

【基金项目】 南充市科技项目(市校科技战略合作专项:22SXQT0179):维持性血液透析患者衰弱风险预测模型的构建

【收稿日期】 2026年5月13日

【出刊日期】 2026年6月12日

【DOI】 10.12208/j.jacn.20260317

Construction of a risk prediction model for weakness in maintenance hemodialysis patients

Hua Li, Xiaofeng Liu, Feng Yang, Hongying Wen

Affiliated Hospital of Clinical Medical College, North Sichuan Medical University, Nanchong, Sichuan

【Abstract】 Objective To establish a frailty risk prediction model for patients undergoing maintenance hemodialysis (MHD) and provide an evaluation tool for early identification of high-risk populations. **Methods** A total of 350 patients receiving MHD at the Affiliated Hospital of North Sichuan Medical University from December 2022 to September 2023 were enrolled. Using the Fried Frailty Scale and other assessments, patients were divided into a modeling group ($n=245$) and a validation group ($n=105$). Logistic regression analysis was employed to identify independent influencing factors, and a nomogram model was constructed. Model performance was evaluated using ROC curves and calibration curves. **Results** The frailty incidence rate among MHD patients was 33.1%. Age (OR=1.072), serum albumin (OR=0.861), Charlson Comorbidity Index (OR=1.483), depression (OR=1.151), and malnutrition-inflammation score (OR=1.309) were identified as independent predictors of frailty ($P<0.05$). The modeling group achieved an AUC of 0.887, with sensitivity of 82.6% and specificity of 81.3%; the validation group showed an AUC of 0.872, sensitivity of 80.0%, and specificity of 79.6%. Calibration results were favorable ($P>0.05$). **Conclusion** This prediction model demonstrates high discriminative power and calibration accuracy, serving as an auxiliary tool for clinical identification of high-risk MHD patients for frailty.

【Keywords】 Maintenance hemodialysis; Frailty; Risk prediction model; Nomogram; Influencing factors

维持性血液透析(MHD)是终末期肾病患者的主要治疗手段,随着患病率的上升,MHD患者的数量也在不断增加^[1]。衰弱是多系统功能减退导致机体易感性增加的临床状态,MHD患者发生率高达32.2%~43.5%,与跌倒、住院、死亡密切相关,严重影响生活质量并增

加医疗负担^[2]。目前临床缺少简便有效的早期筛查手段,已有的预测模型存在偏倚风险高、缺少外部验证等缺陷。本研究以文献回顾和德尔菲专家函询为基础,确定衰弱危险因素,用横断面调查建立并验证风险预测模型,为早期发现高危人群、开展个体化干预提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用便利抽样法, 选取 2022 年 12 月至 2023 年 9 月在川北医学院附属医院血液净化中心行维持性血液透析的患者作为研究对象。纳入标准为年龄 ≥ 18 岁、终末期肾病诊断标准、规律透析时间 ≥ 3 个月、透析频率 2~3 次/周、每次透析时间 ≥ 4 小时、意识清楚、能配合问卷调查、知情同意、自愿参加。排除标准为合并急性感染、恶性肿瘤活动期或者严重心、肝、肺功能不全者; 近 3 个月内发生过急性心血管事件(急性心肌梗死、脑卒中)者; 认知功能障碍或者精神疾病不能配合调查者; 预计生存期 < 6 个月者^[3]。根据预测模型所要求的样本量, 预测因子数目为 10-15 倍, 考虑 20% 无效问卷, 共纳入 350 例患者。采用随机数字表法将研究对象分为建模组($n=245$)和验证组($n=105$)。本研究方案已通过我院伦理委员会审批, 所有参与患者均知情同意。

1.2 方法

1.2.1 研究工具

(1) 一般资料调查表, 研究团队根据文献回顾及德尔菲专家函询结果自行设计, 分为社会人口学特征(年龄、性别、婚姻状况、居住情况、文化程度、职业状态)和临床特征(透析龄、原发病、透析频率、体重指数、血红蛋白、血清白蛋白、血清肌酐、血磷、血钙、甲状旁腺激素)。德尔菲专家函询过程共包括肾脏病学专家 4 名、血液净化护理专家 6 名、老年医学专家 2 名、营养科专家 2 名, 两轮函询后, 专家积极系数为 100%, 权威系数为 0.86, 协调系数为 0.32~0.45 ($P < 0.05$), 最终得出调查表有 8 个维度 32 个条目^[4]。(2) Fried 衰弱表型量表, 使用 Fried 等提出的衰弱评估标准, 包含 5 个方面, 分别为不明原因体重下降(近 1 年内体重下降 $> 5\%$ 或者 3kg), 疲乏[根据流调中心用抑郁量表(Center for Epidemiologic Studies Depression Scale, CES-D)两问题自评], 握力下降(按性别、BMI 分层标准), 步速减慢(按性别、身高分层标准), 体力活动减少(根据国际体力活动问卷短版评估)。符合一项得 1 分, 总分 0-5 分, ≥ 3 分判定为衰弱, 1-2 分判定为衰弱前期, 0 分无衰弱。本文把衰弱组(≥ 3 分)和非衰弱组(< 3 分)进行比较^[5]。(3) Charlson 合并症指数(Charlson comorbidity index, CCI)是对患者合并疾病情况进行评价, 共 19 种基础疾病, 根据疾病严重程度给予 1、2、3、6 分, 总分越高表示合并症负担越重。(4) 患者健康问卷抑郁量表(patient health

questionnaire-9, PHQ-9)用来评价近两周的抑郁症状, 有 9 个条目, 用 0~3 分来评分, 总分 0~27 分, 分数越高表示抑郁程度越严重。营养不良-炎症评分(malnutrition-inflammation score, MIS)是对患者营养状况和炎症水平的评价, 有 4 个维度 10 个条目, 总分 0~30 分, 分数越高, 营养不良-炎症状态越严重。

1.2.2 资料收集方法

正式调查前做预调查, 选取 30 例 MHD 患者进行面对面访谈, 评估问卷的可理解性、可接受性, 根据反馈调整部分问题的表述方式。正式调查由经过统一培训的研究团队成员进行, 采用一对一对面访谈和病历查阅相结合的方式收集资料。实验室指标采集透析日空腹静脉血检测结果。发放问卷 360 份, 回收有效问卷 350 份, 有效回收率为 97.2%。

1.3 观察指标

(1) MHD 患者衰弱发生率; (2) MHD 患者衰弱影响因素; (3) 衰弱风险预测模型的预测效能, 即区分度(ROC 曲线下面积、灵敏度、特异度)、校准度(校准曲线、Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验)^[6]。

1.4 统计学处理

使用 EpiData 双人录入数据, 用 SPSS 和 R 语言分析。计量资料正态分布用($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较用 t 检验; 非正态用 M(Q1, Q3)表示, 用 Mann-Whitney U 检验。计数资料用 χ^2 检验。单因素 Logistic 回归筛选变量($P < 0.1$), 再做多因素向前逐步回归确定独立影响因素。根据独立因素建立列线图模型^[7]。用 ROC 曲线的 AUC 评价区分度, 校准曲线和 Hosmer-Lemeshow 检验评价校准度, 做外部验证。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 MHD 患者一般资料及衰弱发生情况

350 例 MHD 患者中, 男 198 例(56.6%), 女 152 例(43.4%); 年龄 24~86 岁, 平均(58.47 ± 13.62)岁; 透析龄 6~168 个月, 中位数 48(24, 84)个月; 原发病: 糖尿病肾病 138 例(39.4%), 高血压肾病 112 例(32.0%), 慢性肾小球肾炎 76 例(21.7%), 其他 24 例(6.9%)。Fried 衰弱表型评分结果为衰弱组 116 例(33.1%), 非衰弱组 234 例(66.9%)。建模组($n=245$)和验证组($n=105$)各项指标之间没有统计学差异($P > 0.05$), 具有可比性。建模组患者基线资料比较见表 1。

2.2 MHD 患者衰弱影响因素的 Logistic 回归分析

以是否发生衰弱(是=1, 否=0)作为因变量, 将单因素分析中 $P < 0.1$ 的变量纳入多因素 Logistic 回归分

析。结果显示,年龄、血清白蛋白、Charlson 合并症指数、PHQ-9 评分、MIS 评分是 MHD 患者衰弱的独立影响因素 ($P<0.05$), 见表 2。

2.3 预测模型的效能验证

2.3.1 区分度评价

建模组 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.887(95%CI: 0.845~0.929), 灵敏度 82.6%, 特异度 81.3%, 约登指数 0.639, 最佳截断值为 0.312。验证组 AUC 为 0.872

(95%CI 为 0.807 到 0.937), 灵敏度 80.0%, 特异度 79.6%, 约登指数为 0.596。

2.3.2 校准度评价

建模组校准曲线显示模型预测概率和实际观测值有较好的一致性, Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验 $\chi^2=8.246$, $P=0.412$ 。验证组校准曲线一致性也很好, Hosmer-Lemeshow 检验 $\chi^2=7.853$, $P=0.448$ 。

表 1 建模组 MHD 患者基线资料及衰弱单因素分析结果

变量	衰弱组 (n=83)	非衰弱组 (n=162)	统计值	P 值
年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	65.82 $\pm$ 10.31	54.16 $\pm$ 12.84	$t=7.628$	<0.001
性别[例 (%)]			$\chi^2=4.216$	0.040
男	40 (48.2)	98 (60.5)		
女	43 (51.8)	64 (39.5)		
透析龄[月, M (Q1, Q3)]	60 (30, 96)	42 (24, 78)	$Z=2.647$	0.008
体重指数 (kg/m ² , $\bar{x}\pm s$)	21.36 $\pm$ 3.08	22.85 $\pm$ 3.42	$t=-3.413$	0.001
血红蛋白 (g/L, $\bar{x}\pm s$)	98.46 $\pm$ 14.73	106.38 $\pm$ 15.21	$t=-3.938$	<0.001
血清白蛋白 (g/L, $\bar{x}\pm s$)	34.27 $\pm$ 4.16	38.95 $\pm$ 4.52	$t=-7.956$	<0.001
Charlson 合并症指数[M (Q1, Q3)]	5 (4, 7)	3 (2, 4)	$Z=7.184$	<0.001
PHQ-9 评分[M (Q1, Q3)]	10 (7, 14)	5 (3, 8)	$Z=8.326$	<0.001
MIS 评分[M (Q1, Q3)]	9 (6, 12)	4 (2, 6)	$Z=9.013$	<0.001

表 2 MHD 患者衰弱影响因素的 Logistic 回归分析结果 (建模组)

变量	β	SE	Wald χ^2	P 值	OR (95%CI)
年龄	0.069	0.018	15.032	<0.001	1.072 (1.035~1.110)
血清白蛋白	-0.150	0.040	13.875	<0.001	0.861 (0.796~0.931)
Charlson 合并症指数	0.394	0.106	13.834	<0.001	1.483 (1.205~1.824)
PHQ-9 评分	0.140	0.032	19.582	<0.001	1.151 (1.082~1.224)
MIS 评分	0.269	0.059	20.505	<0.001	1.309 (1.166~1.469)
常量	-2.846	1.943	2.145	0.143	0.058

3 讨论

本研究结果显示,MHD 患者衰弱发生率为 33.1%, 处于较高水平, 与既往报道的 32.2%~43.5%基本一致。MHD 患者衰弱高发是由多种因素共同造成的, 终末期肾病本身具有慢性消耗的特点, 使生理储备降低, 透析过程中的血流动力学波动和营养物质丢失使机体消耗加重, 加上患者常常合并多种基础疾病、多重用药等, 都增加衰弱的风险。多因素分析结果表明, 年龄、血清白蛋白、Charlson 合并症指数、抑郁状态和营养不良-炎症评分是 MHD 患者衰弱的独立影响因素^[8]。年龄增

长伴随着生理功能的衰退, 是衰弱的易感基础; 血清白蛋白是反映营养和炎症状态的指标, 血清白蛋白水平下降提示蛋白质能量消耗, 可直接引起肌肉萎缩和功能下降; 合并症负担加重通过多病共存的协同效应加速多系统功能衰退; 抑郁状态通过影响食欲、活动水平、神经内分泌功能、治疗依从性等多种途径促进衰弱的发生; 营养不良-炎症状态形成恶性循环, 加重衰弱进展。本研究以上述五个容易获取的预测因子为基础建立的列线图模型, 建模组 AUC 为 0.887, 验证组 AUC 为 0.872, 校准曲线显示预测概率和实际观测值高度一

致,说明模型有较好的区分度和校准度。本模型可以给临床早期识别衰弱高危人群提供辅助工具,在MHD患者常规评估中加入相关危险因素筛查,对高危患者进行营养支持、心理疏导、康复锻炼等综合干预。未来需要做多中心大样本研究来检验模型的外推性,探索动态预测以及机器学习方法,加强临床转化研究来提高应用的便捷性。因此,本文建立的MHD患者衰弱风险预测模型效果较好,可以给临床早期识别和干预提供科学依据。

参考文献

- [1] 江山秀.维持性血液透析患者衰弱风险预测模型的构建[D].湖州师范学院,2022.
- [2] 郭雪梅,朱朕男,罗佳懿,等. 维持性血液透析患者透析中低血压风险预测模型的构建及验证[J].中国血液净化,2022,21(06):408-412.
- [3] 徐庆华,赵君花,甄长萍,等. 维持性血液透析患者心血管并发症风险预测模型的构建及验证[J].现代临床护理,2022,21(06):6-14.
- [4] 丁妍,常立阳,张红梅. 维持性血液透析病人肌少症发生风险预测模型的构建与验证[J].护理研究,2022,36(20):3586-3591.
- [5] 宗方园.基于IMB模型的健康教育对维持性血液透析患者容量控制依从性的应用研究[D].苏州大学,2022.
- [6] 王娟娟.慢性心力衰竭患者轻度认知障碍的影响因素分析及风险预测模型的建立与验证[D].遵义医科大学,2022.
- [7] 李彩福,赵伟,叶秀春,等. 基于机器学习算法的社区老年衰弱前期风险预测模型构建[J].护理学杂志,2022,37(15):84-88.
- [8] 秦源,吕苗华,郝晓楠,等. 社区老年人衰弱风险预测模型的研究进展[J].护理研究,2022,36(20):3674-3677.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS