脑科学与神经精神系统疾病前沿 DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.004034

基于机器学习的维持性血液透析并发贫血患者的孤独感及影响因素研究

周祖木[1],李芳河[2],叶淑施[3],周亦威[4]
（1.温州医科大学附属康宁医院临床研究中心/浙江省精神心理疾病临床医学研究中心,温州 325007;
2.温州医科大学附属第一医院神经内科,温州 325000;3.温州医科大学附属第一医院产科,温州 325000;
4.上海理工大学管理学院,上海 200093）

【摘 要】目的:探讨维持性血液透析(maintenance hemodialysis,MHD)并发贫血患者孤独感的发生情况,分析其影响因素,并通过机器学习[卡方自动交互检测(Chi-squared automatic interaction detector,CHAID)决策树分析]与logistic回归模型相结合的方法,识别关键预测变量,为临床干预提供依据。**方法:**本研究为多中心横断面调查,纳入2024年上半年在5家医院接受MHD治疗且并发贫血的患者共389例。采用加州大学洛杉矶分校(University of California,Los Angeles,UCLA)孤独量表评估孤独感,使用Connor-Davidson心理弹性量表(Connor-Davidson resilience scale,CD-RISC)评估心理弹性水平。收集患者的人口学特征、疾病相关资料及实验室指标。采用SPSS 26.0进行统计分析,运用单因素分析筛选变量,进一步采用二元logistic回归和CHAID决策树分析孤独感的影响因素。**结果:**389例患者中,272例(69.9%)存在孤独感。logistic回归分析表明,职业(与工人相比,农民 *OR*=5.862,95%CI=2.033~16.900;离退休者 *OR*=37.085,95%CI=2.135~64.037;无职业者 *OR*=29.482,95%CI=7.704~112.830)、婚姻(*OR*=10.474,95%CI=1.322~8.983)、参保类型(*OR*=0.090,95%CI=0.023~0.356)、乙型肝炎(*OR*=9.880,95%CI=2.612~37.372)、失眠(*OR*=3.416,95%CI=1.508~7.736)、糖尿病(*OR*=49.741,95%CI=1.943~273.427)、心理弹性(*OR*=0.016,95%CI=0.003~0.097)为MHD并发贫血患者出现孤独感的影响因素(均$P<0.05$)。CHAID决策树分析显示,参保类型是MHD并发贫血患者出现孤独感的最重要影响因素,其中医保患者孤独感发生率(51.6%)明显低于农保/社保患者(93.0%)。进一步分析发现,在医保患者中,工人和非工人的孤独感发生率分别为19.2%和69.8%,工人的孤独感发生率低于非工人($\chi^2=51.13$,$P<0.001$)。而在拥有医保并且是非工人的患者中,有失眠和无失眠的孤独感发生率分别为87.0%和58.8%($\chi^2=12.47$,$P<0.001$)。**结论:**MHD并发贫血患者的孤独感发生率较高,且与社会人口学(如职业、婚姻、参保类型)、慢性疾病(如乙型肝炎、糖尿病、失眠)和心理因素(如心理弹性)等密切相关。建议临床针对该人群的高危特征(如农保/社保、非工人、伴失眠)开展分层心理干预。

【关键词】维持性血液透析;贫血;孤独感;影响因素;机器学习;CHAID决策树;logistic回归
【中图分类号】R395 **【文献标志码】**A

Loneliness and its influencing factors in patients on maintenance hemodialysis comorbid with anemia: an analysis based on machine learning

Zhou Zumu[1], *Li Fanghe*[2], *Ye Shushi*[3], *Zhou Yiwei*[4]
(*1.Clinical Research Center, The Affiliated Kangning Hospital of Wenzhou Medical University/Zhejiang Provincial Clinical Research Center for Mental Disorders; 2.Department of Neurology, The First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University; 3.Department of Obstetrics, The First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University; 4.Business School, University of Shanghai for Science and Technology*)

【Abstract】*Objective*: To investigate the prevalence of loneliness and its influencing factors in patients on maintenance hemodialysis (MHD) comorbid with anemia, to identify key predictive variables by integrating machine learning (Chi-squared Automatic Interaction Detector [CHAID] decision tree) with the logistic regression model, and to provide a basis for clinical intervention. ***Methods*:** A multicenter cross-sectional study was conducted among 389 patients comorbid with anemia who underwent MHD in five hospitals during the first half of 2024. The UCLA Loneliness Scale was used to assess loneliness, and the Connor-Davidson Resilience Scale (CD-RISC) was used to assess psychological resilience. The data on demographic features, disease profiles, and laboratory markers were collected. SPSS 26.0 was used to perform statistical analyses, a univariate analysis was used for variable screening, and then binary logistic regression analysis and CHAID decision tree analysis were used to investigate the influencing factors for loneliness. ***Results*:**

作者介绍:周祖木,Email:zhouzumu@126.com,
研究方向:心理精神疾病。
通信作者:周亦威,Email:zywadam@163.com。
基金项目:温州市基础性科研项目课题资助项目(编号:Y20240642)。
优先出版:https://link.cnki.net/urlid/50.1046.r.20260122.1642.002
(2026-01-26)

Among the 389 patients, 272 (69.9%) experienced loneliness. The logistic regression analysis showed that occupation (compared to workers, farmer *OR*=5.862, 95%CI=2.033-16.900; retirees *OR*=37.085, 95%CI=2.135-64.037, *P*<0.05, and the unemployed *OR*=29.482, 95%CI=7.704-112.830, *P*<0.05), marital status (*OR*=10.474, 95%CI=1.322-8.983, *P*<0.05), type of health insurance, hepatitis B (*OR*=9.880, 95%CI=2.612-37.372, *P*<0.05), insomnia (*OR*=3.416, 95%CI=1.508-7.736, *P*<0.05), diabetes (*OR*=49.741, 95%CI=1.943-273.427, *P*<0.05), and psychological resilience (*OR*=0.016, 95%CI=0.003-0.097, *P*<0.05) were influencing factors for loneliness in MHD patients comorbid with anemia. The CHAID decision tree analysis showed that type of health insurance was the most important influencing factor for loneliness, and the patients with urban employee basic medical insurance had a significantly lower incidence rate of loneliness than those covered by rural resident medical insurance or social medical insurance (51.6% vs. 93.0%). Further analysis showed that for the patients with urban employee basic medical insurance, the incidence rate of loneliness was 19.2% in workers and 69.8% in non-workers (χ^2=51.13, *P*<0.001), while for the non-workers with urban employee basic medical insurance, the incidence rate of loneliness was 87.0% in those with insomnia and 58.8% in those without insomnia (χ^2=12.47, *P*<0.001). ***Conclusion***: There is a relatively high incidence rate of loneliness among MHD patients comorbid with anemia, which is closely associated with social demography (such as occupation, marital status, and type of health insurance), chronic diseases (such as hepatitis B, diabetes, and insomnia), and psychological factors (including psychological resilience). It is recommended to implement stratified psychological interventions targeting the high-risk features (such as rural resident medical insurance/social medical insurance, non-workers, and comorbidity with insomnia) in such population.

【Key words】maintenance hemodialysis; anemia; loneliness; influencing factors; machine learning; Chi-squared Automatic Interaction Detector decision tree; logistic regression

维持性血液透析（maintenance hemodialysis，MHD）是终末期肾病患者赖以延续生命的核心肾脏替代疗法，可定期清除体内蓄积的尿毒素与潴留水分，重建内环境稳态。然而，MHD 人群长期承受多重心理与社会负荷，其中孤独感尤为显著。研究显示，MHD 患者的孤独感水平明显高于普通人群[1]，且与死亡风险增加相关[2]。MHD 患者往往伴有贫血，其机制涉及 EPO 缺乏、功能性缺铁及透析相关失血等多种因素[3-4]。

孤独感是指个体因对社会关系的渴望和实际交往水平之间的感知差异而产生的心理感受[5]，与人口学特征、情绪状态、社会支持、疾病负担及角色丧失等生物—心理—社会维度密切相关[6]。这些因素相互作用，共同构成了 MHD 患者孤独感的复杂病因网络。MHD 患者由于其特殊的治疗方式，社会角色和责任的中断以及社会支持的不足，易导致孤独感的产生。同时，贫血会进一步降低活动能力，两者叠加往往会加重孤独感[7]。本研究旨在确定 MHD 并发贫血患者的孤独感水平，分析其影响因素，为临床采取干预措施降低患者孤独感水平，改善生存结局提供依据。

尽管已有研究探讨 MHD 患者孤独感的影响因素，但量表与统计方法不一，结果难以比较[7-8]。此外，机器学习算法在疾病风险预测中表现突出，其变量重要性排序与非线性关系捕获能力为深入识别复杂病因提供了新思路[9-10]。在 MHD 并发贫血患者的孤独感研究领域，机器学习算法应用仍较少，尤其缺乏将“可解释性强”的决策树与“概率估计稳”的 logistic 回归联合建模的报道。基于此，本研究同时采用这 2 种模型，利用前者挖掘关键节点及交互效应，利用后者量化独立作用大小，互为验证并构建可解释预测模型，旨在填补该交叉领域的空白，为后续个体化心理-贫血联合干预奠定循证基础。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究为多中心横断面调查，于 2024 年 3 月 1 日至 6 月 30 日，采用统一问卷在温州医科大学附属康宁医院（116 例）、温州怡宁老年医院（94 例）、平阳长庚怡宁医院（62 例）、乐清康宁医院（76 例）和温州瓯海怡宁医院（41 例）等 5 家医院连续招募住院 MHD 并发贫血患者，共 389 例。问卷采集社会人口学信息、实验室数据及加州大学洛杉矶分校（University of California, Los Angeles, UCLA）孤独量表和 Connor-Davidson 心理弹性量表（Connor-Davidson resilience scale, CD-RISC）评分。纳入条件：①MHD 治疗≥3 个月；②年龄≥20 岁；③根据《肾性贫血诊断与治疗中国专家共识（2018 修订版）》诊断为肾性贫血，即慢性肾脏病患者，成年男性及绝经后（≥50 岁）女性：血红蛋白（hemoglobin, Hb）<110 g/L；育龄（15~49 岁）非孕女性：Hb<100 g/L[11]；④患者自愿参加并签署知情同意书。排除标准：①合并严重心脑血管疾病、恶性肿瘤、急性感染及自身免疫性疾病；②存在意识障碍或有精神病史；③其他原因所致的贫血；④同期参与其他临床试验。本项目获得温州医科大学附属康宁医院伦理委员会批准（批号：伦审 2024 研第 029 号）。

失眠是指患者自我报告存在入睡困难（入睡时间超过

30 min）、睡眠维持障碍（夜间觉醒次数≥2次）或早醒，且每周至少发生3次，并导致日间功能受损[12]。瘙痒是指患者主诉在近期（过去2周内）出现持续超过数天的、令人困扰的全身或局部皮肤瘙痒感，且排除其他原发性皮肤疾病所致。心胸比通过立位胸部后前位X线片进行测量。其计算公式为：心脏横径与胸廓最大内径之比值。心胸比>0.5被定义为心胸比增大。

1.2 方法

1.2.1 患者基本资料 收集患者的社会人口学和疾病相关资料，包括年龄、性别、文化水平、婚姻状况、职业、体质量、身高、心胸比，是否患有糖尿病、高血压、乙型肝炎、丙型肝炎、失眠、瘙痒，以及透析月龄、透析通路方式和参保类型。

1.2.2 实验室指标 检查指标主要为白细胞、血小板、血清白蛋白、甘油三酯、胆固醇、肌酐、血尿素、尿素清除指数（clearance of urea multiplied by time divided by volume of distribution，Kt/V）、β_2-微球蛋白、血磷、血钾、血钙、血糖、甲状旁腺素等。

1.2.3 孤独量表 采用UCLA孤独量表（第3版），该量表共有20个条目，按4级李克特评分（1=从未，4=总是），总分为20~80分，得分越高提示孤独感越强烈。根据既往研究[13-14]，本研究将≥44分定义为有孤独感。该量表中文版的Cronbach's α系数为0.920，信度0.930[15-16]。本研究中，该量表的Cronbach's α系数为0.897。

1.2.4 心理弹性量表 采用CD-RISC来评估个体对困难经历的应对能力。该量表共有25个条目，采用Likert 5级评分法，从“完全不是这样”到“几乎总是这样”分别赋值0~4分。总分为0~100分，得分越高，表示心理弹性水平越高。<60分：心理弹性较差；60~<70分：一般；70~<80分：良好；≥80分：优秀。本研究采用的中文版心理弹性量表的Cronbach's α为0.950，信度为0.870[17-18]。本研究中，该量表Cronbach's α系数为0.962。

1.3 统计学方法

本研究采用SPSS 26.0统计软件处理数据。符合正态分布的计量资料采用均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较则采用独立样本t检验；不符合正态分布的计量资料采用中位数（四分位间距）[$M_d(P_{25}, P_{75})$]表示，组间比较则使用Mann-whitney U非参数分析。计数资料采用例数和百分比，组间比较采用卡方检验。检验水准α=0.05。

本研究首先对MHD患者并发贫血的相关变量进行单因素分析，筛选出具有统计学意义的变量。随后，将这些变量或有临床意义的变量纳入多因素logistic回归分析和卡方自动交互检测（Chi-squared automatic interaction detector，CHAID）的决策树分析，以识别和确定MHD并发贫血患者孤独感的影响因素。多因素logistic回归中使用了向前似然比法（$\alpha_{入}$<0.05，$\alpha_{出}$>0.10）。同时，分类变量均采用哑变量编码，并定义了参考组。在CHAID决策树分析中，采用了留出法（70%训练集/30%测试集）进行模型训练与验证，以确保评估结果的泛化性。设定参数如下：最小个案数为父节点80个，子节点40个；最大树深度为3级；拆分折点和合并类型的显著性水平设定为0.05；最大迭代次数为100次。

2 结 果

2.1 一般人口学资料

在389例MHD并发贫血者中，男性226例（58.1%）；年龄（64.1 ± 15.0）岁；工人105例（27.0%）；已婚362例（93.1%）；高中及以上文化程度43例（11.1%），见表1。

表1 MHD并发贫血患者出现孤独感的单因素分析[n,%;$\bar{x} \pm s$;$M_d(P_{25},P_{75})$]

项目	无孤独感	有孤独感	$\chi^2/t/Z$值	P值
性别			0.814	0.367
男	72(61.54)	154(56.62)		
女	45(38.46)	118(43.38)		
职业			81.587	<0.001
工人	65(55.56)	40(14.71)		
农民	41(35.04)	109(40.07)		
离退休	1(0.85)	10(3.68)		
无职业	10(8.55)	113(41.54)		
文化程度			21.277	<0.001
初中及以下	91(77.78)	255(93.75)		
高中及以上	26(22.22)	17(6.25)		
婚姻状况			4.963	0.026
已婚	114(97.44)	248(91.18)		
单身/离异/丧偶	3(2.56)	24(8.82)		
参保类型				
农保	10(8.55)	87(31.99)	79.410	<0.001
社保	2(1.71)	73(26.84)		
医保	105(89.74)	112(41.17)		
丙型肝炎			0.050	0.824
无	116(99.15)	269(98.90)		
有	1(0.85)	3(1.10)		

续表1

项目	无孤独感	有孤独感	$\chi^2/t/Z$值	P值
乙型肝炎			4.333	0.037
无	109(93.16)	233(85.66)		
有	8(6.84)	39(14.34)		
梅毒			0.730	0.393
无	111(94.87)	263(98.53)		
有	6(5.13)	9(1.47)		
通路方式			8.803	0.032
临时	1(0.86)	2(0.74)		
长期导管	22(18.80)	91(33.45)		
人工血管	3(2.56)	8(2.94)		
自体动静脉内瘘	91(77.78)	171(62.87)		
有无失眠			19.490	<0.001
无	97(82.91)	163(59.93)		
有	20(17.09)	109(40.07)		
糖尿病			24.323	<0.001
无	116(99.15)	218(80.15)		
有	1(0.85)	54(19.85)		
瘙痒			1.842	0.175
无	48(41.03)	92(33.82)		
有	69(58.97)	180(66.18)		
原发高血压			12.291	<0.001
无	89(76.07)	156(57.35)		
有	28(23.93)	116(42.65)		
心理弹性			9.005	0.029
较差	96(83.76)	236(86.77)		
一般	7(5.98)	18(6.62)		
良好	3(2.56)	11(4.04)		
优秀	11(9.40)	7(2.57)		
年龄（岁）	59.29 ± 14.69	66.2 ± 14.43	−4.273	<0.001
透析龄（月）	39.00(14.00,89.00)	24.00(8.00,57.00)	−3.195	0.002
身高（cm）	167.36 ± 6.62	164.19 ± 7.38	3.999	<0.001
体质量（kg）	60.01 ± 11.83	58.40 ± 10.17	1.360	0.175
血红蛋白（g/L）	105.19 ± 15.74	102.86 ± 16.48	1.290	0.197
白细胞（$\times10^9$/L）	6.29(4.88,8.03)	5.77(4.80,8.16)	−1.427	0.154
血清白蛋白（g/L）	38.87 ± 4.92	36.14 ± 6.72	3.960	<0.001
血小板（$\times10^9$/L）	190.65 ± 79.24	203.19 ± 69.78	−1.560	0.120
血钙（μmol/L）	2.16 ± 0.18	2.18 ± 0.28	0.660	0.511
血磷（mmol/L）	1.83 ± 0.56	1.75 ± 0.66	1.120	0.264
甲状旁腺素（ng/L）	335.80(173.00,553.50)	256.00(117.38,423.83)	−2.627	0.009
血钾（mmol/L）	4.76 ± 0.63	4.48 ± 0.72	3.610	<0.001
血糖（mmol/L）	7.36(6.12,12.37)	8.81(6.73,12.68)	−2.293	0.022
肌酐（μmol/L）	913.00(721.00,1 125.00)	697.85(512.50,874.50)	−6.709	<0.001
血尿素（mmol/L）	27.68 ± 8.10	21.59 ± 8.10	7.190	<0.001
胆固醇（mmol/L）	3.54 ± 1.00	3.79 ± 1.16	2.030	0.040
三酰甘油（mmol/L）	1.50(1.05,2.16)	1.50(1.08,2.24)	0.099	−0.921
β_2-微球蛋白（mg/L）	30.55 ± 7.74	27.97 ± 7.52	3.080	0.002
Kt/V	1.49 ± 0.26	1.50 ± 0.32	−0.150	0.879
心胸比	0.52 ± 0.05	0.52 ± 0.04	1.040	0.299

2.2 MHD并发贫血患者孤独感的单因素分析

在389例MHD并发贫血者中有孤独感272例，为69.9%。单因素分析显示，有孤独感与无孤独感在年龄、文化程度、职业、婚姻、参保类型、身高、乙型肝炎、高血压、失眠、糖尿病、心理弹性、通路方式、透析龄、血清白蛋白、甲状旁腺素、血钾、血糖、肌酐、血尿素、胆固醇和β_2-微球蛋白等方面差异有统计学意义（P<0.05）。见表1。

2.3 MHD并发贫血患者出现孤独感影响因素的logistic回归分析

MHD并发贫血患者孤独感的logistic回归结果提示，职

业、婚姻、参保类型、乙型肝炎、失眠、糖尿病、心理弹性为MHD并发贫血患者发生孤独感的影响因素（均P<0.05）。具体来说，在人口学特征中，职业状况对孤独感有明显影响：与工人相比，农民（OR=5.862，95%CI=2.033~6.900，P=0.002）、离退休者（OR=37.085，95%CI=2.135~64.037，P=0.013）及无职业者（OR=29.482，95%CI=7.704~112.830，P<0.001）出现孤独感的风险明显增加；在婚姻方面，与已婚者相比，单身/离异/丧偶者孤独感风险亦明显升高（OR=10.474，95%CI=1.322~8.983，P=0.026）。在医保类型中，与参加“新农合”者相比，参加城镇居民医保者出现孤独感的风险降低（OR=0.090，95%CI=0.023~0.356，P=0.001）。在疾病相关因素方面，并发乙型肝炎（OR=9.880，95%CI=2.612~37.372，P=0.001）、失眠（OR=3.416，95%CI=1.508~7.736，P=0.003）及糖尿病（OR=49.741，95%CI=1.943~127.427，P=0.018）均明显增加孤独感的风险。在心理方面，与心理弹性较差者相比，心理弹性优秀者发生孤独的风险降低了98.4%，即为保护因素（OR=0.016，95%CI=0.003~0.097，P<0.001）。而其他变量如年龄、身高、透析龄、通路类型、高血压、血清白蛋白、甲状旁腺素、血糖、血钾、肌酐、血尿素、β2-微球蛋白及胆固醇等均未显示与孤独感有明显关联（P>0.05）。见表2。

在logistic回归分析中，部分变量的OR值及其95%CI较高（如糖尿病、离退休状态），这反映了数据中存在的类完全分离现象。在本研究样本中，具有这些特征（如糖尿病）的个体绝大多数都存在孤独感。尽管这导致了OR值点估计的不稳定性及较宽的置信区间，但其结果仍一致地表明这些因素是孤独感的强风险因素（所有变量的CI下限均>1）。

logistic回归模型的拟合结果表明，模型整体具有统计学意义（Omnibus χ^2=252.539，P<0.001）。模型展现出优秀的区分能力，受试者工作特征曲线下面积（area under the curve，AUC）为0.940（95%CI=0.915~0.964），其综合解释力亦较高（Nagelkerke R^2=0.677），见图1。以0.5为分类阈值，模型的正确分类率为88.9%（346/389）。然而，Hosmer-Lemeshow检验结果显示差异有统计学意义（χ^2=5.556，P=0.049），提示模型校准度不佳，即其预测概率与观测结果之间存在系统偏差。

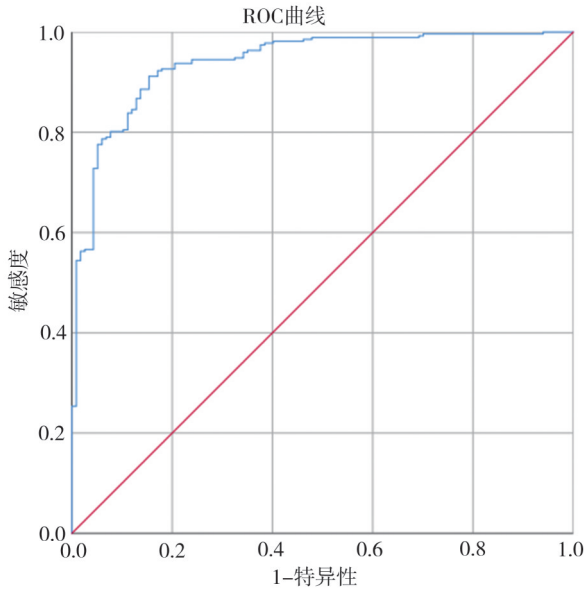


图1　logistic回归模型的ROC曲线及其诊断性能指标

2.4　MHD并发贫血患者孤独感影响因素的决策树分析

CHAID决策树以参保类型为根节点，表明参保类型是MHD并发贫血患者出现孤独感最重要的影响因素。决策树首先把患者分为“农保/社保”和“医保”2支：拥有农保/社保的患者孤独感发生率为93.0%，高于拥有医保患者的51.6%（χ^2=78.235，P<0.001），提示医保是最强的保护因素。在第2层，在拥有“农保/社保”的患者中，自体动静脉内瘘和非自体动静脉内瘘的孤独感发生率分别为97.2%和85.9%，前者高于后者（χ^2=7.885，P=0.015）；另外，在拥有医保的患者中，工人和非工人的孤独感发生率分别为19.2%和69.8%，工人的孤独感发生率低于非工人（χ^2=51.128，P<0.001）。而在第3层，在拥有医保且是非工人的患者中，有失眠和无失眠的孤独感发生率分别为87.0%和58.8%（χ^2=12.466，P<0.001）。

为评估CHAID模型的性能，本研究计算了其关键分类指标。该模型在测试集上的准确率为85.6%，精确率为88.3%，召回率为91.5%，F1分数为0.899。

表2　MHD并发贫血患者孤独感影响因素的logistic回归结果

变量	B	标准误差	瓦尔德	P	Exp(B)	EXP(B)的95%CI
职业（以工人为参照）			26.132	<0.001		
农民	1.768	0.540	10.715	0.001	5.862	2.033~16.900
离退休	3.613	1.456	6.155	0.013	37.085	2.135~64.037
无职业	3.384	0.685	24.419	<0.001	29.482	7.704~112.830
婚姻（以已婚为参照）	2.349	1.056	4.948	0.026	10.474	1.322~82.983
参保类型（以农保为参照）			22.465	<0.001		
社保	2.012	1.288	2.443	0.118	7.482	0.600~93.317
医保	−2.403	0.699	11.809	0.001	0.090	0.023~0.356
乙型肝炎	2.291	0.679	11.387	0.001	9.880	2.612~37.372
失眠	1.228	0.417	8.673	0.003	3.416	1.508~7.736
糖尿病	3.907	1.654	5.576	0.018	49.741	1.943~273.427
心理弹性（以较差为参照）			20.909	<0.001		
一般	0.155	0.836	0.035	0.853	1.168	0.227~6.008
良好	−0.859	1.028	0.699	0.403	0.423	0.056~3.177
优秀	−4.122	0.911	20.452	<0.001	0.016	0.003~0.097

3 讨 论

研究显示，MHD 患者孤独感的发生率较高，为 55%~62%[7,15,19]。1 项对 244 例血液透析患者的调查发现，该人群普遍存在较高水平的孤独感[15]。调查显示，安徽省 2 家医院 174 例 MHD 患者封控期间 UCLA 孤独感得分，明显高于同期社区老年人常模[1]。另一项对 153 例终末期肾病患者的回顾性研究显示，孤独感检出率为 62.09%[19]。国外研究也指出，约 55% 的血液透析患者存在中重度孤独感[7]。但关于 MHD 合并贫血患者的孤独感发生率，经 Pubmed 等数据库检索，未发现相关的报道。本研究调查发现，MHD 并发贫血患者的孤独感发生率为 69.9%。由于贫血患者也会增加孤独感水平，本研究已剔除了 MHD 患者中的无贫血者，故实际 MHD 患者的孤独感发生率可能低于 69.9%，但仍会高于或接近上述报道的结果[7,15,19]。MHD 患者孤独感的发生率差异较大，可能与不同研究的评估工具、研究对象特征、地域文化、社会支持和心理因素等多种因素共同作用有关。未来研究应统一评估标准，结合多维背景因素，才能更准确地反映该人群孤独感的实际发生率与影响因素。

本研究表明，职业、婚姻、参保类型、乙型肝炎、失眠、糖尿病、心理弹性为 MHD 并发贫血患者出现孤独感的影响因素，其中职业、婚姻状况与参保类型是这些患者出现孤独感的核心社会人口学影响因素，提示孤独感不仅是心理问题，更是社会结构劣势的映射。首先，职业地位通过“角色剥夺”路径明显放大孤独风险。无业、农民、离退休人员孤独感的比例明显高于工人，其机制在于透析-贫血双重负担迫使患者退出劳动市场，造成“工作者”角色剥夺，进而中断职场社交网络[20]。同时，也需警惕孤独情绪本身可促使患者主动退出职场。其次，婚姻状况通过“情感支持质量”影响孤独感。有研究显示，未婚、离异或丧偶者高孤独风险为已婚者的 2.63 倍；而已婚但伴侣陪伴时间不足者，其孤独感得分与未婚者无差异，表明“形式婚姻”并不能缓解孤独，情感支持质量才是关键，提示形式婚姻缺乏高质量陪伴[7]。本研究显示，未婚患者的孤独感是已婚者的 10.5 倍，高于该报告的结果[7]。关于参保类型，拥有医保的患者孤独感发生率明显低于拥有社保和农保的患者，表明医疗费用报销比例低直接影响患者治疗药物的持续使用，进而影响其体能、情绪与社交能力。建议将 MHD 合并贫血患者纳入门诊特殊病种，提高药物报销比例，并设置医保社工协助申请慈善援助，打破“资源壁垒”。关于心理弹性，本研究提示 MHD 并发贫血患者孤独感发生率高与心理弹性分值高呈负相关，这与其他报道的结果一致[21-22]。心理弹性高者能更好地调节情绪，主动寻求支持，缓冲疾病带来的社会隔离。临床应常规评估心理弹性水平，设计个性化心理支持，以缓解孤独[21]。综上，MHD 并发贫血患者的孤独感并非单纯的个体心理困扰，而是“角色剥夺、情感缺位、资源壁垒与心理弹性不足”四重结构性劣势层层叠加的产物。干预策略须从“单维心理疏导”转向“多维结构优化”：以就业保护重建职业身份，以婚姻支持提升伴侣陪伴质量，以医保倾斜打破资源壁垒，以弹性训练增强情绪调适与社会再连接能力。唯有“就业-婚姻-医保-弹性”四位一体的整合干预，才能切断孤独感的社会再生产链条，最终提升患者治疗依从性与长期生存质量。

本研究还发现，乙型肝炎、失眠与糖尿病同样是驱动 MHD 合并贫血患者孤独感上升的独立危险因素。慢性乙型肝炎患者普遍面临较强的病耻感，这种情绪与污名化认知及社会人口学因素（如失业、低学历、男性）有关，影响其社交参与度与心理状态[23-25]。1 项印度乙型肝炎患者和医务人员的研究显示，70%~90% 的乙型肝炎患者存在羞耻、回避、担心危害他人等负面体验。多变量 logistic 回归显示，男性、小学及以下学历及失业是严重孤独感的独立预测因子[26]。关于失眠，有研究显示孤独感与其相关[27-29]，与本研究的结果相一致。失眠不仅通过 HPA 轴激活加剧疲劳感，还会削弱情绪调节能力，降低社交意愿，进而强化孤独体验。Griffin SC 等[27]对孤独感与睡眠之间的关系进行了系统综述和荟萃分析，发现孤独感与自报睡眠障碍呈正相关（r=0.285，95%CI=0.24~0.33），但还需进一步研究以确定方向性、检验其他混杂因素并阐明因果路径。此外，糖尿病与孤独感也有密切的关联[28]。研究表明，孤独感可能是导致 2 型糖尿病的一个潜在风险因素[28]。1 项丹麦的前瞻性研究显示，偶尔感到孤独与 2 型糖尿病风险增加 14% 相关（95%CI=1.09~1.20），而经常感到孤独与风险增加 24% 相关（95%CI=1.14~1.34）[29]。本研究是将孤独作为因变量，而丹麦的研究是将孤独作为暴露因素，两者视角互补[30]，提示因果路径尚需进一步阐明。值得注意的是，本研究结果显示，糖尿病与孤独感风险明显增加相关（OR=49.74）。尽管该 OR 值的点估计因某些类别样本量较少而不够稳定，但其显著性和方向性表明，糖尿病是 MHD 并发贫血患者孤独感的重要独立危险因素。乙型肝炎、失眠与糖尿病作为驱动 MHD

并发贫血患者孤独感上升的独立危险因素，其作用路径存在差异。慢性乙型肝炎患者因病耻感明显降低社交参与，失眠则通过HPA轴激活与情绪调节受损强化孤独体验，而糖尿病与孤独感的关系则可能呈双向因果。这些发现提示，在多病共存背景下，孤独感的干预需病因分层、机制导向，而非“一刀切”的心理支持。

本研究融合传统统计方法与现代机器学习技术，联合采用logistic回归与CHAID决策树，系统解析MHD并发贫血患者孤独感的形成机制与高风险人群特征。这种整合策略体现了临床数据建模中的双向思路：既注重变量间统计关联的稳健推断，也着力于挖掘数据中潜在的交互结构与分层规律。logistic回归在线性关系识别与混杂因素控制方面表现优异，成功识别出职业、婚姻状况、参保类型、乙型肝炎、失眠、糖尿病及心理弹性等多个独立危险因素，并以*OR*值量化各因素的风险强度，为构建孤独感预测模型奠定科学基础。而CHAID决策树则展现出对非线性关系与多阶交互效应的强大探测能力，所生成的树状规则集兼具预测性能与临床可解释性。例如，本研究识别出“农保/社保+自体动静脉内瘘”这一组合特征的患者群体，其孤独感发生率高达97.2%，并以直观的树形结构呈现风险层级，辅助临床人员快速确定高危人群。2种方法的结合实现了机器学习中的优势互补[9-10]：logistic回归提供参数估计的稳健性与因果推断的理论基础，CHAID决策树则以其出色的模式识别与人群分层能力作为补充。这不仅完成了从“风险因素识别”到“风险人群刻画”的完整分析链路，更凸显了机器学习在医疗领域的核心价值——将多源数据转化为可操作的临床智能，为个体化心理干预、资源精准配置与公共卫生策略制定，提供兼具预测精度与解释能力的决策工具。

logistic回归模型的整体显著性检验有统计学意义（χ^2=252.539，P<0.001），区分能力优秀，AUC达0.940（95%CI=0.915~0.964），Nagelkerke R^2为0.677，表明模型能够解释因变量中大部分变异。然而，Hosmer-Lemeshow检验结果处于临界水平（χ^2=15.556，P=0.049），提示模型在概率校准精度上存在轻微偏差。因此，该模型非常适用于风险排序与分类决策，但在需精确概率预测的场景中应审慎使用。另一方面，CHAID模型在分类任务中表现出色，准确率为85.6%，精确率与召回率分别为88.3%和91.5%，F1分数达0.899，均保持在较高水平，且通过F1分数（0.899）反映出两者间良好的平衡性，说明模型在确保识别准确的同时，也具备优秀的正例覆盖能力。该模型不仅性能稳定可靠，且兼具决策树家族固有的可解释性优势，也明显增强了决策过程的透明度与可信度。

本研究还存在以下局限性。首先，在样本与模型的普适性方面存在双重局限。本研究的样本均来源于5家医院，其患者群体、诊疗水平及地域分布具有一定特殊性，导致研究结论的外推性受到限制。同时，本研究构建的预测模型尚未经过外部数据验证，且训练数据可能存在样本不平衡问题，因此模型可能存在过拟合风险，其在新群体中的预测性能与校准度有待通过未来的多中心外部验证研究加以确认。其次，在影响因素与测量工具方面存在潜在偏倚。尽管本研究在统计分析中已纳入多种潜在影响因素，但仍不能完全排除其他未测量混杂因素存在的可能性。在测量工具上，本研究采用的UCLA孤独量表作为自评工具，可能受到社会期望偏倚的影响，导致患者隐瞒真实感受。尽管本研究已针对此类自报量表可能带来的报告偏倚（如回忆偏倚、社会期望响应）及自我选择偏倚，在研究设计与执行阶段采取了系统性的预防与校正措施，并在数据解读中保持审慎，但仍无法完全避免此类测量偏倚。最后，在研究设计层面存在固有局限。本研究采用的横断面设计仅能揭示变量间的关联性，而无法为所建立的预测因素与结局之间提供明确的因果推断证据。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 周祖木：研究方案设计、实施研究、论文撰写；李芳河、叶淑施：数据整理和分析；周亦威：数据统计及机器学习分析、论文修改

参 考 文 献

[1] Zhao QY, Zhu YY, Jiang JY, et al. Emotional changes of patients undergoing maintenance hemodialysis during the COVID-19 lockdown [J]. Ann Med, 2025, 57(1): 2527359.

[2] Wang GN, Dong J, Zhu N, et al. Development and validation of a social alienation predictive model for older maintenance hemodialysis patients based on latent profile analysis: a cross-sectional study[J]. BMC Geriatr, 2024, 24(1): 495.

[3] Endrias EE, Geta T, Israel E, et al. Prevalence and determinants of *Anemia* in chronic kidney disease patients in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis[J]. Front Med, 2025, 12: 1529280.

[4] 中国病理生理学会肾脏病专业委员会糖尿病肾脏疾病贫血共识专家组. 糖尿病肾脏疾病肾性贫血认识与管理中国专家共识（2023年版）[J]. 中华肾脏病杂志, 2023, 39(3): 229-244.
Consensus Expert Group on Anemia in Diabetic Kidney Disease, Chinese Association of Pathophysiology, Society of Nephrology. Understanding and management of renal Anemia in diabetic nephropathy China expert consensus (2023 edition)[J]. Chin J Nephrol, 2023, 39(3): 229-244.

[5] Spithoven AWM, Bijttebier P, Goossens L. It is all in their mind: A

review on information processing bias in lonely individuals[J]. Clin Psychol Rev，2017，58：97-114.

[6] 刘 玺，刘石柱，陈 羲. 老年慢性病人群的孤独感现状及影响因素研究[J]. 南京医科大学学报（社会科学版），2022，22(6)：558-564.

Liu X，Liu SZ，Chen X. Status quo of loneliness among elderly people with chronic diseases and its influencing factors[J]. J Nanjing Med Univ Soc Sci，2022，22(6)：558-564.

[7] 刘忆冰，张庆庆，赵 阳，等. 维持性血液透析患者孤独感状况及影响因素分析[J]. 护理学杂志，2022，37(18)：94-97.

Liu YB，Zhang QQ，Zhao Y，et al. Loneliness status and its influencing factors among maintenance hemodialysis patients[J]. J Nurs Sci，2022，37(18)：94-97.

[8] 张晓英，邓胜兰，卢 伟，维持性血液透析患者孤独感与其社会支持的相关性分析[J]. 中国实用护理杂志，2013，29(34)：44-46.

Zhang XY，Deng SL，Lu W. Correlation between loneliness and social support in maintenance hemodialysis patients[J]. Chin J Pract Nurs. 2013，29(34)：44-46.

[9] Zhou YW，Zhang ZJ，Xiang FL，et al. Assessing psychological resilience and its influencing factors in the MSM population by machine learning[J]. Sci Rep，2025，15：24022.

[10] Zhou YW，Zhang ZJ，Li Q，et al. Construction and validation of machine learning algorithm for predicting depression among home-quarantined individuals during the large-scale COVID-19 outbreak：based on Adaboost model[J]. BMC Psychol，2024，12(1)：230.

[11] World Health Organization. WHO Guideline on Haemoglobin Cut-offs to Define Anaemia in Individuals and Populations[M]. Geneva，Switzerland：World Health Organization，2024.

[12] 失眠定义、诊断及药物治疗共识专家组. 失眠定义、诊断及药物治疗专家共识（草案）[J]. 中华神经科杂志，2006，39(2)：141-143.

Expert Consensus Panel on the Definition，Diagnosis，and Pharmacotherapy of Insomnia. Expert consensus on definition，diagnosis and drug treatment of insomnia(draft)[J]. Chin J Neurol，2006，39(2)：141-143.

[13] Tomida K，Shimoda T，Nakajima C，et al. Validation of the optimal university of California los angeles loneliness scale cutoff score in screening for the prevention of disability occurrence among older Japanese adults[J]. Int J Geriat Psychiatry，2024，39(9)：e6137.

[14] Chiu JL，Wei LC. Loneliness as a predictor of disability in older adults：implications of the *UCLA* Loneliness scale cutoff score across cultural contexts[J]. Int J Geriat Psychiatry，2024，39(11)：e70011.

[15] 尹艳茹，梁发存，刘梦如，等. 维持性血液透析患者社会隔离与孤独感、抑郁的关系研究[J]. 军事护理，2023，40(3)：79-82.

Yin YR，Liang FC，Liu MR，et al. Relationships among social isolation，loneliness and depression in maintenance hemodialysis patients[J]. Mil Nurs，2023，40(3)：79-82.

[16] Russell DW. *UCLA* Loneliness scale(version 3)：reliability，validity，and factor structure[J]. J Pers Assess，1996，66(1)：20-40.

[17] 罗 静，张颖君，陈 林. 中青年维持性血液透析患者心理弹性与领悟社会支持及生活质量的相关性研究[J]. 中国血液净化，2020，19(5)：350-352.

Luo J，Zhang YJ，Chen L. Study on the correlation between resilience，perceived social support and quality of life in young and middle-aged maintenance hemodialysis patients[J]. Chin J Blood Purif，2020，19(5)：350-352.

[18] 邱 瑛，李雪芹. 心理弹性、社会支持对维持性血液透析诱导期病人恐惧疾病进展的影响[J]. 蚌埠医学院学报，2023，48(12)：1755-1758，1765.

Qiu Y，Li XQ. Effects of psychological elasticity and social support on the fear of progression in patients during induction period of maintenance hemodialysis[J]. J Bengbu Med Coll，2023，48(12)：1755-1758，1765.

[19] 汪志芳，赵茜芸，汪春燕. 维持性血液透析患者透析孤独感现状及相关因素研究[J]. 皖南医学院学报，2025，44(1)：59-62.

Wang ZF，Zhao QY，Wang CY. Loneliness status and related factors of patients undergoing maintenance hemodialysis[J]. J Wannan Med Coll，2025，44(1)：59-62.

[20] 王孟孟，温 鑫，石华歌，等. 维持性血液透析病人就业状况的研究进展[J]. 护理研究，2020，34(23)：4182-4185.

Wang MM，Wen X，Shi HG，et al. Research progress on employment situation of maintenance hemodialysis patients[J]. Chin Nurs Res，2020，34(23)：4182-4185.

[21] Jakobsen IS，Madsen LMR，Mau M，et al. The relationship between resilience and loneliness elucidated by a Danish version of the resilience scale for adults[J]. BMC Psychol，2020，8(1)：131.

[22] Balki E，Hayes N，Holland C. Loneliness and older adults：psychological resilience and technology use during the COVID-19 pandemic：a cross sectional study[J]. Front Aging，2023，4：1184386.

[23] Adjei CA，Stutterheim SE，Naab F，et al. Chronic Hepatitis B stigma in Ghana：a qualitative study with patients and providers[J]. BMJ Open，2019，9(6)：e025503.

[24] Barqawi HJ，Samara KA，Al Ansari MM，et al. Hepatitis B knowledge and stigma in the united Arab emirates[J]. Sci Rep，2025，15：10412.

[25] Adekanle O，Komolafe AO，Ijarotimi O，et al. Gender disparity and stigma experience of patients with chronic hepatitis B virus infection：A prospective cross-sectional study from a hospital in Nigeria[J]. J Infect Prev，2022，23(6)：263-268.

[26] Behera MK，Nath P，Behera SK，et al. Unemployment and illiteracy are predictors of hepatitis B virus-related stigma and discrimination[J]. J Clin Exp Hepatol，2022，12(3)：767-773.

[27] Griffin SC，Williams AB，Ravyts SG，et al. Loneliness and sleep：A systematic review and meta-analysis[J]. Health Psychol Open，2020，7：2055102920913235.

[28] Song YJ，Zhu C，Shi BQ，et al. Social isolation，loneliness，and incident type 2 diabetes mellitus：results from two large prospective cohorts in Europe and East Asia and Mendelian randomization[J]. eClinicalMedicine，2023，64：102236.

[29] Rosenkilde S，Hoffmann SH，Thorsted AB，et al. Loneliness and the risk of type 2 diabetes[J]. BMJ Open Diab Res Care，2024，12(2)：e003934.

[30] Wang WW，Lin FF，Zhang C，et al. Could loneliness accelerate the progression of diabetes among adults with prediabetes：national longitudinal cohort[J]. BMC Public Health，2025，25(1)：2441.

（收稿：2025-10-15；修回：2025-12-15；录用：2026-01-05）

（责任编辑：曾 玲）

本文引用格式：

周祖木，李芳河，叶淑施，等. 基于机器学习的维持性血液透析并发贫血患者的孤独感及影响因素研究[J]. 重庆医科大学学报，2026，51(4)：459-466.