

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2026.03.005

维持性血液透析患者肌少症风险预测模型的建立

严 俊, 赵 诚, 刘惠敏, 王 垚*
(仪征市人民医院 肾内科, 江苏扬州 211400)

【摘要】目的 构建维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)患者肌少症发生风险的列线图预测模型,旨在为临床早期识别肌少症高危人群提供参考工具。**方法** 纳入2024年1月1日至9月30日在仪征市人民医院接受规律MHD治疗的110例患者为研究对象,依据是否合并肌少症将其分为无肌少症组(83例)与肌少症组(27例);采用最小绝对收缩和选择算子(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)回归联合多因素 Logistic 回归筛选 MHD 患者发生肌少症的独立危险因素,给予筛选得到的预测变量构建肌少症发生风险的列线图模型。**结果** 最终纳入年龄、白细胞计数(white blood cell count, WBC)、体重指数(body mass index, BMI)、合并心脏瓣膜钙化(cardiac valve calcification, CVC)4项变量作为预测因子,成功建立 MHD 患者肌少症发生风险的列线图预测模型。临床决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)显示,当列线图模型的预测概率阈值处于0~0.78时,应用模型指导临床筛查可使患者获得正向净获益。采用 Bootstrap 法进行1 000次自抽样完成模型内部验证,校正后偏倚校准曲线贴近理想拟合曲线,校准误差较验证前降低,提示模型具备良好的校准度与预测一致性;模型原始曲线下面积(area under the curve, AUC)值为0.913(95%CI:0.857~0.972),内部验证后 AUC 值为0.914(95%CI:0.862~0.971),验证前后模型的敏感度分别为0.852和0.854,特异度均为0.855。**结论** 本研究构建的 MHD 患者肌少症发生风险列线图模型区分度与校准度良好,可准确、高效地预测该人群的肌少症发生风险,为临床早期筛查高危患者提供量化参考。

【关键词】 维持性血液透析; 肌少症; 预测模型; 列线图

【中图分类号】

【文献标志码】

文章编号: 1674-1242 (2026) 03-0028-07

Development of a risk prediction model for sarcopenia in maintenance hemodialysis patients

YAN Jun, ZHAO Cheng, LIU Huimin, WANG Yao*

(Department of Nephrology, Yizheng People's Hospital, Yangzhou 211400, Jiangsu, China)

【 Abstract 】 Objective To develop a nomogram prediction model for the risk of sarcopenia in maintenance hemodialysis (MHD) patients, aiming to provide a reference tool for the early clinical identification of high-risk individuals for sarcopenia. **Methods** A total of 110 patients who received regular MHD treatment at Yizheng People's Hospital from January 1, 2024 to September 30 were included as the research subjects. They were divided into the non-sarcopenia group (83 cases) and the sarcopenia group (27 cases) based on whether they had sarcopenia. The least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) regression combined with multivariate Logistic regression was employed to screen the independent risk factors for sarcopenia in MHD patients. Subsequently, a nomogram model for predicting the risk of sarcopenia was constructed using the screened predictive variables. **Results** Finally, the four variables of age, white blood cell count (WBC), body mass index (BMI), and combined cardiac valve calcification (CVC) were selected as predictors to successfully establish a column-line graph prediction model for the risk of myasthenia gravis in MHD patients. Clinical decision curve analysis (DCA) indicated that when the predicted probability threshold of the nomogram model was between 0–0.78, the clinical net benefit level of patients was positive. The nomogram was internally validated by Bootstrap resampling 1 000 times. In the validated model, the Bias-corrected calibration curve was closer to the ideal state, and the calibration error was reduced, suggested that the model had good calibration and predictive consistency. Additionally, the area under the curve (AUC) value of the model before validation was 0.913 (95%CI: 0.857–0.972), and the AUC value after validation was 0.914 (95%CI: 0.862–0.971). The sensitivities before and after validation were 0.852 and 0.854, respectively, and the specificities were both 0.855. **Conclusion** The risk prediction nomogram model for sarcopenia in MHD patients constructed in this study has good discrimination and calibration, and can accurately and efficiently predict the risk of sarcopenia in this population, providing a quantitative reference for early clinical screening of high-risk patients.

收稿日期: 2025-06-12。

作者简介: 严 俊, 研究生, 主治医师, 研究方向: 肾内, 血液透析。E-mail: yj125927972@163.com。

通信作者: 王 垚, 博士, 副主任医师, 研究方向: 肾内, 血液透析。E-mail: kimmywang0226@126.com。

【Key words】Sarcopenia; Maintenance haemodialysis; Prediction model; Nomogram

肌少症是一类以全身性、持续性骨骼肌质量与功能减退为核心特征的临床综合征,可诱发机体活动能力下降、跌倒等多种不良结局^[1]。维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)患者受慢性炎症状态、代谢性酸中毒、营养不良、内分泌激素水平紊乱、日常体力活动不足等多重因素共同影响,肌少症发病风险显著升高^[2]。研究显示,MHD 患者肌少症患病率可达 20%~50%,远高于一般人群,且合并肌少症的 MHD 患者跌倒、骨折、不良心血管事件的发生风险明显上升,再住院率与全因死亡率也显著高于非肌少症患者^[3]。因此,早期精准识别 MHD 人群中的肌少症高危个体并及时启动针对性干预,对延缓肌少症发生发展具有重要意义。

目前肌少症的诊断主要基于低骨骼肌质量、骨骼肌强度下降和身体机能减退^[1]。临床常用的骨骼肌质量评估手段包括磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)、计算机断层扫描(computed tomography, CT)、双能 X 射线吸收(dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)和生物电阻抗分析(bioelectrical impedance analysis, BIA)。其中 MRI、CT、DXA 因检查成本偏高、操作流程复杂、部分检查存在辐射暴露风险等局限,难以在日常透析随访场景中常规开展;而 BIA 的检测结果易受 MHD 患者普遍存在的机体含水量波动、电解质平衡紊乱等因素干扰,测量稳定性不足^[4],最终导致该人群的肌少症临床漏诊率长期处于较高水平。针对上述临床实践痛点,本研究拟开发并内部验证一款稳定性良好的列线图风险预测模型,用于个体化评估 MHD 患者的肌少症发生风险,为临床早期筛查高危人群提供便捷、可靠的量化工具。

1 资料与方法

1.1 研究对象

纳入 2024 年 1 月 1 日至 9 月 30 日在仪征市人民医院接受 MHD 治疗的 182 例患者,参照《中国肌肉减少症诊疗指南(2024 版)》^[1]及同领域权威研究通用规范制定纳排标准,对患者病历资料开展回顾性分析;本研究经仪征市人民医院研究伦理委员会批准(仪医科研 2023-23)。纳入标准:① 年龄>18 岁;② 病情稳定;③ 透析龄>3 个月,透析频率为每周

3 次;④ 至少每 3~6 个月完成 1 次血液学检查、影像学评估及人体测量学评估。排除标准:① 合并慢性阻塞性肺疾病、恶性肿瘤、纽约心脏病协会(New York Heart Association, NYHA)心功能分级Ⅳ级、有心脏瓣膜手术史者 48 例;② 植入心脏起搏器或存在肢体截肢者 8 例;③ 存在 BIA 检测禁忌证者 6 例;④ 手术、感染、长期卧床等导致临床资料缺失者 10 例。

1.2 数据收集

1.2.1 临床资料收集

以患者入组前 3 个月作为基线观察期,收集完整临床资料,包括性别、年龄、透析龄、血压、体重指数(body mass index, BMI)、促红素使用情况、降血磷药物使用情况、钙剂使用情况、帕立骨化醇使用情况,以及高血压、糖尿病、高脂血症合并状态等信息。

所有血标本统一采集自患者每周最长透析间隔后的首个常规透析日,于透析上机前即刻采集空腹静脉血,检测血常规及生化指标:白细胞计数(white blood cell count, WBC)、血红蛋白(hemoglobin, Hb)、射血分数(ejection fraction, EF)、白蛋白(albumin, ALB)、低密度脂蛋白(low-density lipoprotein, LDL)、高密度脂蛋白(high-density lipoprotein, HDL)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglyceride, TG)、谷草转氨酶(aspartate aminotransferase, AST)、谷丙转氨酶(alanine aminotransferase, ALT)、尿素、血肌酐(serum creatinine, Scr)、尿酸、C 反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、 β_2 微球蛋白(beta 2-microglobulin, β_2 -MG)、钙、磷、全段甲状旁腺素(intact parathyroid hormone, iPTH)、铁等;同步采集当日透析结束后的静脉血检测透后肾功能,计算尿素清除指数(urea clearance index, Kt/V)。

1.2.2 肌少症参数收集

① 握力测量:透析治疗前采用非动静脉内瘘侧手臂进行检测,使用电子握力测试仪(香山 EH101 型,广东香山衡器集团股份有限公司)测试 3 次,取最大值作为最终握力结果。② 步行速度测量:嘱患者在平地以自然步态及正常步速行走 6 m 直线距离,记录全程用时,重复测试 3 次,取最短时长计算得到步速作为最终结果。③ 骨骼肌质量测定:采用人体成分测试仪(InbodyS10 型,韩国 Biospace 公司),

在透析结束下机后,患者立于电极板上,双手紧握测试手柄、双臂轻度外展,系统自动评估患者躯干、四肢及全身骨骼肌质量,计算得到四肢骨骼肌质量指数(appendicular skeletal muscle mass index, ASMI)。

1.2.3 心脏彩超参数收集

透析结束后进行超声心动图检查,心脏瓣膜钙化(cardiac valve calcification, CVC)诊断标准^[5]:心脏瓣膜或瓣环区域探及1处及以上直径 ≥ 1 mm的团块状或点状强回声灶,即可判定为合并CVC。

1.3 肌少症诊断标准

根据《中国肌肉减少症诊疗指南(2024版)》^[1],肌少症诊断需同时满足骨骼肌含量减少,且合并肌肉力量下降或躯体功能下降其中任意一项。①肌肉力量下降:男性握力 < 28 kg,女性握力 < 18 kg;②躯体功能降低:6 m步速 < 1.0 m/s;③肌肉量降低:ASMI男性 < 7.0 kg/m²,女性 < 5.7 kg/m²。

1.4 统计学方法

使用SPSS 27.0软件和R语言(版本4.4.1)用于分析收集的数据。计量资料符合或近似符合正态分布时使用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用 t 检验;

非正态数据用M(四分位数间距)表示,组间比较采用Mann-whitney U 检验;定性资料用例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。通过“glmnet”程序包进行最小绝对收缩和选择算子(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)回归分析;“rms”包绘制MHD患者肌少症发生风险的列线图及校准曲线,列线图模型用Bootstarp自采样1 000次进行内部验证,校准曲线用于验证模型预测结果的准确性;“pROC”包绘制受试者操作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线,曲线下面积(area under the curve, AUC)用于评估列线图模型的判别能力。汇报比值比(odds ratio, OR)和95%置信区间(95% confidence interval, 95%CI)。统计显著性设定为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 一般及临床资料描述

最终110例MHD患者被纳入本研究。27例(24.55%)MHD患者发生肌少症,。依据MHD患者肌少症发生情况,将其分为无肌少症组(83例)与肌少症组(27例)。两组患者一般及临床资料比较见表1、表2。

表1 两组患者一般资料比较

项目	总体 ($n=110$)	无肌少症组 ($n=83$)	肌少症组 ($n=27$)	$t/Z/\chi^2$	P
性别 [例 (%)]				2.421 ^a	0.120
女	57 (51.82)	39 (46.99)	18 (66.67)		
男	53 (48.18)	44 (53.01)	9 (33.33)		
年龄 [$M (P_{25}, P_{75})$, 岁]	60.5 (52.25, 72.0)	57.0 (50.50, 69.0)	73.0 (64.00, 77.0)	3.843 ^c	0.001
透析龄 [$M (P_{25}, P_{75})$, 月]	36 (21.6, 70.5)	30 (18, 48)	78 (42, 123)	4.002 ^c	0.001
高血压 [例 (%)]				0.008 ^a	0.931
否	21 (19.09)	16 (19.28)	5 (18.52)		
是	89 (80.91)	67 (80.72)	22 (81.48)		
糖尿病 [例 (%)]				1.346 ^a	0.246
否	77 (70.00)	61 (73.49)	16 (59.26)		
是	33 (30.00)	22 (26.51)	11 (40.74)		
促红素 [例 (%)]				0.376 ^a	0.540
否	4 (3.64)	2 (2.41)	2 (7.41)		
是	106 (96.36)	81 (97.59)	25 (92.59)		
钙剂 [例 (%)]				1.526 ^a	0.217
否	40 (36.36)	27 (32.53)	13 (48.15)		
是	70 (63.64)	56 (67.47)	14 (51.85)		
降磷药物 [例 (%)]				1.238 ^a	0.266
否	57 (51.82)	40 (48.19)	17 (62.96)		
是	53 (48.18)	43 (51.81)	10 (37.04)		
帕立骨化醇 [例 (%)]				0.6 ^a	0.439
否	40 (36.36)	28 (33.73)	12 (44.44)		
是	70 (63.64)	55 (66.27)	15 (55.56)		
CVC [例 (%)]				25.159 ^a	< 0.001
无钙化	76 (69.09)	66 (79.52)	10 (37.04)		
单瓣膜钙化	26 (23.64)	16 (19.28)	10 (37.04)		
双瓣膜钙化	8 (7.27)	1 (1.20)	7 (25.93)		

续表

项目	总体 ($n=110$)	无肌少症组 ($n=83$)	肌少症组 ($n=27$)	$t/Z/\chi^2$	P
Kt/V	1.360 (1.212, 1.510)	1.350 (1.210, 1.495)	1.380 (1.265, 1.565)	0.945 ^c	0.345
收缩压 [$M(P_{25}, P_{75})$, mmHg]	143.600 (14.402)	141.711 (11.928)	149.407 (19.350)	1.849 ^c	0.015
舒张压 [$M(P_{25}, P_{75})$, mmHg]	77.000 (75.000, 85.000)	77.000 (76.000, 86.000)	76.000 (68.500, 81.500)	0.966 ^c	0.334
高脂血症 [例 (%)]				2.472 ^a	0.116
否	106 (96.36)	81 (97.59)	25 (92.59)		
是	61 (55.45)	42 (50.60)	19 (70.37)		
BMI [$M(P_{25}, P_{75})$, kg/m ²]	22.466 (3.449)	23.458 (3.097)	19.416 (2.614)	5.414 ^b	<0.001

注: CVC: 心脏瓣膜钙化; Kt/V: 尿素清除指数; BMI: 体重指数; ^a χ^2 检验; ^b独立样本 t 检验; ^cMann-Whitney U 检验。

表2 两组患者临床资料比较

项目	总体 ($n=110$)	无肌少症组 ($n=83$)	肌少症组 ($n=27$)	$t/Z/\chi^2$	P
WBC [$M(P_{25}, P_{75})$, $\times 10^9/L$]	5.992 (1.778)	6.251 (1.750)	5.194 (1.648)	2.507 ^b	0.007
Hb [$M(P_{25}, P_{75})$, g/L]	107.945 (15.905)	108.265 (15.329)	106.963 (17.836)	0.615 ^b	0.714
EF [$M(P_{25}, P_{75})$, %]	60.018 (7.770)	61.012 (6.954)	56.963 (9.366)	1.947 ^b	0.018
ALB [$M(P_{25}, P_{75})$, g/L]	38.300 (35.625, 40.850)	39.000 (36.400, 41.200)	35.200 (31.150, 37.000)	4.744 ^c	<0.001
TC [$M(P_{25}, P_{75})$, mmol/L]	3.590 (3.133, 4.203)	3.520 (3.130, . .220)	3.710 (3.310, 4.080)	0.688 ^c	0.492
TG [$M(P_{25}, P_{75})$, mmol/L]	1.630 (1.158, 2.317)	1.670 (1.270, 2.340)	1.440 (1.055, 1.765)	1.834 ^c	0.067
Scr [$M(P_{25}, P_{75})$, umol/L]	1035.191 (233.437)	1046.904 (243.921)	999.185 (197.538)	0.604 ^b	0.359
尿素 [$M(P_{25}, P_{75})$, mmol/L]	23.300 (19.800, 27.150)	23.700 (20.950, 28.750)	19.800 (17.950, 23.950)	3.174 ^c	0.002

项目	总体 ($n=110$)	无肌少症组 ($n=83$)	肌少症组 ($n=27$)	$t/Z/\chi^2$	P
尿酸 [$M(P_{25}, P_{75})$, $\mu\text{mol/L}$]	423.491 (114.898)	437.952 (112.561)	379.037 (112.545)	2.15 ^b	0.020
β_2 -MG [$M(P_{25}, P_{75})$, mg/L]	23.300 (21.800, 23.700)	23.300 (21.850, 23.700)	23.200 (21.700, 23.700)	0.327 ^c	0.744
钙 [$M(P_{25}, P_{75})$, mmol/L]	2.330 (2.183, 2.488)	2.320 (2.175, 2.470)	2.340 (2.190, 2.525)	0.681 ^c	0.496
磷 [$M(P_{25}, P_{75})$, mmol/L]	1.672 (0.626)	1.714 (0.647)	1.543 (0.545)	0.976 ^b	0.219
CRP [$M(P_{25}, P_{75})$, mg/L]	5.151 (3.795)	4.335 (3.632)	7.659 (3.180)	4.571 ^b	<0.001
iPTH [$M(P_{25}, P_{75})$, ng/L]	153.20 (83.725, 311.350)	170.00 (85.900, 316.25)	125.20 (76.750, 269.40)	0.837 ^c	0.403
铁 [$M(P_{25}, P_{75})$, $\mu\text{mp/L}$]	12.700 (9.825, 15.375)	12.800 (9.950, 15.400)	12.100 (9.250, 14.600)	0.712 ^c	0.477

注: WBC: 白细胞计数; Hb: 血红蛋白; EF: 射血分数; ALB: 白蛋白; TC: 总胆固醇; TG: 甘油三酯; Scr: 血肌酐; β_2 -MG: β_2 微球蛋白; CRP: C反应蛋白; iPTH: 全段甲状旁腺素。^a χ^2 检验; ^b独立样本 t 检验; ^cMann-Whitney U 检验。

2.2 使用 LASSO 回归进行 MHD 患者肌少症的风险因素筛查

纳入两组患者组间比较中具有显著统计学差异的变量进行 LASSO 回归分析,筛选能预测 MHD 患者肌少症发生的特征变量,采用 10 倍交叉验证法确定最优 Lambda 参数,在误差最小的 Lambda.1se 取值下统计回归系数非零的变量。结果显示,年龄、透析龄、BMI、WBC、ALB、CRP、合并 CVC 共 7 个变量,作为 MHD 患者肌少症发生的相关候选危险因素。

2.3 MHD 患者发生肌少症风险因素的 Logistic 回归分析

将 LASSO 回归筛选出的 7 个候选变量作为自变量,以患者是否发生肌少症作为二分类因变量,开展多因素 Logistic 回归分析。结果如表 3 所示:透析龄、ALB、BMI 和 CRP 是影响 MHD 患者肌少症发生的独立危险因素(均 $P < 0.05$);年龄 P 值接近显著性水平,提示年龄可能也是潜在的危险因素之一。进一步对各预测指标单独开展 ROC 曲线分析,结果显示 BMI 的单项预测效能最优,AUC 为 0.848。透析龄、

年龄、ALB、合并 CVC、WBC、CRP 的 AUC 分别为 0.757、0.747、0.805、0.735、0.661、0.793。

表 3 MHD 患者发生肌少症风险因素的 Logistic 回归分析

项目	多因素回归分析结果		
	OR	95%CI	P
年龄	1.088	1.005 ~ 1.201	0.059
透析龄	1.302	1.082 ~ 1.631	0.010
BMI	0.655	0.433 ~ 0.895	0.020
WBC	0.713	0.428 ~ 1.118	0.159
ALB	0.739	0.551 ~ 0.927	0.018
CRP	1.226	1.027 ~ 1.514	0.032
合并 CVC			
否	1.304	0.035 ~ 59.566	0.883
是	0.701	0.119 ~ 3.676	0.680

注：MHD：维持性血液透析；OR：比值比；95%CI：95%置信区间；BMI：体重指数；WBC：白细胞计数；ALB：白蛋白；CRP：C 反应蛋白；CVC：心脏瓣膜钙化。

2.4 构建 MHD 患者肌少症发生风险的列线图模型

首先将多因素 Logistic 回归分析中 $P < 0.05$ 的自变量 BMI 纳入模型；尽管在多因素 Logistic 回归分析中存在没有统计学意义的风险变量，但考虑数据特性与样本量、LASSO 回归变量的临床实用性、变量受其他因素混杂影响以及统计显著性水平的两面性等，依照类似研究对变量的选择方法^[6]，将年龄、WBC、合并 CVC 这 3 个潜在预测指标同样纳入模型；本研究建立的列线图预测模型见图 1，以年龄、WBC、BMI、合并 CVC 为预测因素，用以预测 MHD 患者肌少症的发生风险。列线图的使用方法：将患者的风险变量所处情况在相应横轴标注，并作垂线获得其对应“Points”横轴的具体分数，即可得到 4 个预测变量的分数，相加得到总分，在“Total Points”上标注并向下作垂线，即可在“概率”横轴上得到该 MHD 患者肌少症发生的风险预测值，提供一个综合的风险评估。

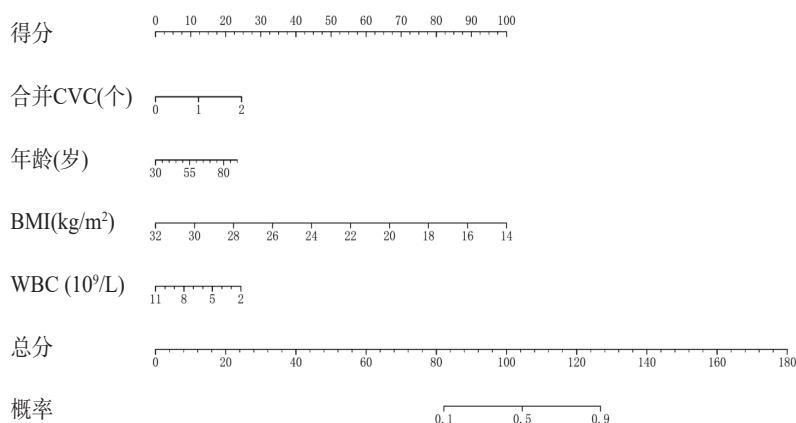


图 1 预测 MHD 患者发生肌少症风险的列线图

注：MHD：维持性血液透析；CVC：心脏瓣膜钙化；BMI：体重指数；WBC：白细胞计数。

2.5 MHD 患者肌少症发生风险列线图模型的临床适用性分析

借助“rmda”程序包，设置状态变量为 MHD 患者肌少症的发生情况，检验变量为 MHD 患者肌少症发生风险的预测值，绘制临床决策曲线分析 (decision curve analysis, DCA) 评估构建列线图模型的临床适用性。对 DCA 曲线进行分析，当列线图的阈值概率范围在 0 ~ 0.78 时，其净收益率均高于“All”线和“None”线，随阈值增加，净收益逐渐下降，提示列线图模型具有较好的临床适用性。

2.6 MHD 患者肌少症发生风险列线图模型的内部验证

采用 Bootstrap 自采样 1 000 次对列线图进行内部验证。校准曲线图 2 展示了内部验证后的模型的校准效果。在验证后模型中，Bias-corrected 校准曲线更加接近理想状态，校准误差有所降低，表明模型经内部验证后，预测的稳定性和准确性得到改进。此外，Hosmer-Lemeshow 检验结果 ($\chi^2 = 1.555, df = 8, P = 0.992$) 表明模型未表现出明显的校准偏差。同时，内部验证 C 统计量 (C-statistic) 值 0.7944，表明该

模型在区分患者肌少症与非肌少症方面具有较强的能力。图3展示了内部验证后的模型的预测性能。验证前后模型的 AUC 值分别为 0.913 (95%CI: 0.857 ~ 0.972), 0.914 (95%CI: 0.862 ~ 0.971); 验证前后的敏感度分别为 0.852 和 0.854, 特异度均为 0.855, 均保持在较高水平, 说明模型具有较高准确度和稳定性。

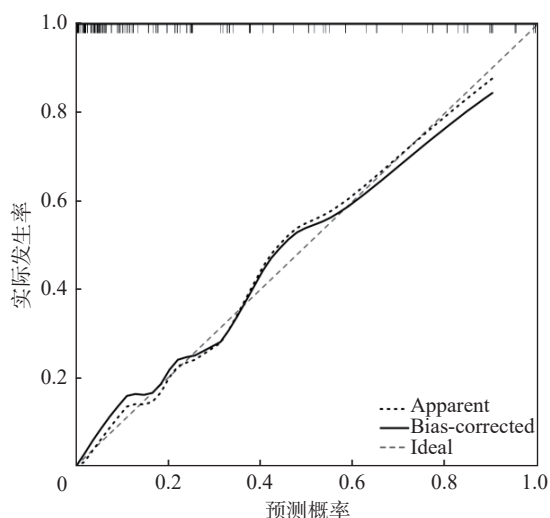


图2 验证后模型的校准曲线

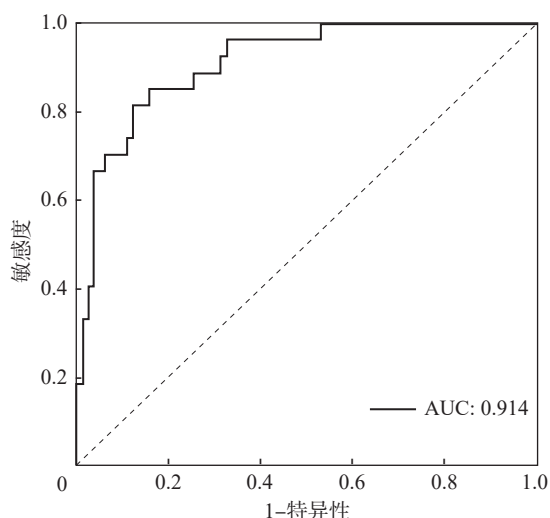


图3 验证后模型的ROC曲线

3 讨论

本研究开发并内部验证了一款用于预测 MHD 患者肌少症发生风险的列线图模型,通过 DCA 曲线分析和内部验证,证明了模型的临床适用性与较高的预测准确度,可有效识别 MHD 人群中的肌少症高危个体,为临床开展早期靶向干预、预防肌少症发生

提供量化参考工具。

本研究最终筛选得到年龄、透析龄、BMI、CRP、WBC、ALB、合并 CVC 共 7 项 MHD 患者肌少症发生的核心预测危险因素。研究证明,衰老是肌少症的强独立预测因素^[7],与本研究结果一致:衰老状态下机体肌钙蛋白分解代谢失衡和运动神经肌束退化,前者可驱动 II 型肌纤维向 I 型肌纤维转化,直接造成骨骼肌质量下降,后者则会降低肌肉收缩协调性与肌力水平^[8]。此外,本研究显示 BMI 与 ALB 水平偏低的 MHD 患者更容易发生肌少症,这与既往研究一致^[9]。MHD 患者往往伴随营养不良,而肌少症的发生与营养不良密切相关;当机体无法获取足够营养时,肌肉合成过程受抑制,同时机体将被迫分解肌肉组织中的蛋白质以供给基础能量需求,进一步加速骨骼肌量的流失^[10]。本研究还观察到肌少症组 MHD 患者的 CRP 和 WBC 水平显著升高,其机制与 MHD 患者长期存在的慢性微炎症状态直接相关:持续高表达的促炎细胞因子可异常激活泛素-蛋白酶体系统,诱导肌肉蛋白水解、骨骼肌萎缩,加速骨骼肌质量丢失,诱发肌少症^[11]。

CVC 是 MHD 患者的常见合并症,本研究证实其是肌少症发生的重要关联因素,可通过多条通路参与肌少症的发生发展:合并 CVC 的患者普遍存在血管内皮功能损伤,会进一步加重全身动脉钙化,直接限制骨骼肌区域的血流灌注,减少向肌肉组织输送的营养底物,最终诱发肌肉萎缩与肌肉功能减退^[12]。另一方面,CVC 患者体内基质 Gla 蛋白水平显著降低,该变化会异常抑制破骨细胞分化与骨吸收过程,打破正常骨重塑平衡,诱发骨质疏松等低骨量疾病^[13];而骨质疏松状态会直接改变肌肉附着区域的生物力学特性,反向影响肌肉的数量、形态与功能,导致肌少症^[14]。

列线图可通过整合多个已验证的疾病风险因素,直接输出个体化的疾病发生率,为临床决策提供有价值的信息。本研究构建的列线图模型经 1 000 次 Bootstrap 自抽样内部验证,原始模型 AUC 值为 0.913 (95%CI: 0.857 ~ 0.972), 验证后模型 AUC 值为 0.914 (95%CI: 0.862 ~ 0.971), 验证前后敏感度分别为 0.852 和 0.854, 特异度均为 0.855, 提示该模型具备优异的预测准确度与结果稳定性。同时, Hosmer-Lemeshow 检验结果显示模型无明显校准偏差, DCA

曲线进一步验证了该模型的临床适用性。更重要的是,该模型纳入的所有预测指标均为 MHD 患者常规随访中即可便捷获取的临床数据,无需额外开展特殊检查,具备极强的临床推广实用性。

本研究仍存在一定局限性:首先,本研究为单中心回顾性研究,样本量相对有限,可能在一定程度上降低统计检验效能;其次,本研究仅完成了模型的内部验证,未采用外部都中心队列数据开展外部验证。后续仍需开展大样本、多中心的前瞻性临床研究,对该列线图模型进行进一步的外部验证与优化。

综上,本研究构建的 MHD 患者肌少症发生风险列线图模型经多维度验证,具有较好的临床适用性与稳定性,可准确预测 MHD 患者的肌少症发生风险,为临床早期筛查高危患者提供便捷可靠的工具。

参考文献

- [1] 中华医学会老年医学分会, 国家老年疾病临床医学研究中心(湘雅医院). 中国肌肉减少症诊疗指南(2024版)[J]. 中华医学杂志, 2025, 105(3): 181-203.
- [2] 慢性肾脏病肌少症诊断、治疗与预防专家共识专家组, 丁巍, 余晨. 慢性肾脏病肌少症诊断、治疗与预防专家共识(2024年版)[J]. 中华肾脏病杂志, 2024, 40(7): 592-606.
- [3] ZANKER J, SIM M, ANDERSON K, *et al.* Consensus guidelines for sarcopenia prevention, diagnosis and management in Australia and New Zealand[J]. J Cachexia, Sarcopenia Muscle, 2023, 14(1):142-156.
- [4] 刘建强, 彭晖. 慢性肾脏病合并肌少症的研究进展[J]. 中华肾脏病杂志, 2023, 39(6): 479-484.
- [5] 郭宇超, 刘先宝, 王建安. 中国心脏瓣膜病诊治年度进展 2024[J]. 中华心血管病杂志, 2025, 53(4): 418-424.
- [6] 周晓娟, 马礼坤, 魏艳. 急性心肌梗死患者院内源性休克风险列线图预测模型的构建[J]. 临床心血管病杂志, 2021, 37(5): 421-427.
- [7] 武阳, 雷圣英, 郭雨虹. 维持性血液透析患者肌少症的风险调查及影响因素[J]. 中国血液净化, 2026, 25(4): 295-299.
- [8] 钟志聪, 吴一帆, 魏琳. 维持性血液透析患者肌少症影响因素及预后研究[J]. 中国血液净化, 2024, 23(4): 307-312.
- [9] 王凯选, 于鹏飞, 刘志梅, 等. 维持性血液透析病人肌少症发生现状及影响因素研究[J]. 护理研究, 2022, 36(7): 1270-1275.
- [10] 于康, 李融融. 肌少症的发病机制与营养管理[J]. 中华内科杂志, 2021, 60(1): 78-82.
- [11] 刘虹, 彭小梅, 黄亮. 维持性血液透析患者肌少症发病机制研究进展[J]. 中国中西医结合肾病杂志, 2023, 24(6): 555-558.
- [12] JEON Y K, SHIN M J, SAINI S K, *et al.* Vascular dysfunction as a potential culprit of sarcopenia[J]. Exp Gerontol, 2021, 145(12):111220.
- [13] ZHANG Y, ZHAO L, WANG N, *et al.* Unexpected Role of Matrix Gla Protein in Osteoclasts: Inhibiting Osteoclast Differentiation and Bone Resorption[J]. Mol Cell Biol, 2019, 39(12):e00012-e00019.
- [14] YU C, DU Y, PENG Z, *et al.* Research advances in crosstalk between muscle and bone in osteosarcopenia (Review)[J]. Exp Ther Med, 2023, 25(4):189.