·临床研究·

老年慢性肾脏病维持性血液透析患者营养不良风险列线图预测模型构建与效能验证

吴悠　胡韬韬　丁艳琼　王利元
武汉市第一医院肾内科，武汉 430050
通信作者：胡韬韬，Email：hutaotao2005@126. com

【摘要】 目的　探讨维持性血液透析（maintenance hemodialysis，MHD）的老年慢性肾脏病（chronic kidney disease，CKD）患者营养不良的影响因素，构建临床实用的预测模型，为早期干预提供依据。**方法**　回顾性纳入2021年9月至2025年9月在武汉市第一医院接受MHD治疗的老年CKD患者360例，按7∶3比例随机分为建模组（*n*=252）和验证组（*n*=108）。采用主观全面营养评估量表（patient-generated subjective global assessment，PG-SGA）和营养不良炎症评分（malnutrition-inflammation score，MIS）评定营养状况，通过单因素及多因素Logistic回归分析筛选营养不良的独立危险因素，基于独立危险因素建立列线图预测模型，通过R语言软件绘制列线图预测模型，采用受试者工作特征曲线（receiver operating characteristic curve，ROC曲线）、校准曲线、决策曲线对模型性能进行评价与验证。**结果**　360例MHD治疗的老年CKD患者中共有197例营养不良，发生率为54. 72%。经多因素Logistic回归分析，年龄≥80岁（*OR*=4. 362，95%*CI*：1. 934～9. 842，*P*<0. 001）、糖尿病（*OR*=4. 448，95%*CI*：1. 273～15. 470，*P*=0. 019）、近1个月内透析中有低血压（*OR*=4. 336，95%*CI*：1. 677～11. 211，*P*=0. 002）、尿素清除指数（urea kinetic modeling，Kt/V）<1. 2（*OR*=7. 813，95%*CI*：2. 710～22. 522，*P*<0. 001）、蛋白质能量摄入不足（*OR*=8. 997，95%*CI*：3. 541～22. 827，*P*<0. 001）、前白蛋白（prealbumin，PA）<0. 32 g/L（*OR*=3. 382，95%*CI*：1. 494～7. 658，*P*=0. 003）、血肌酐（serum creatinine，Scr）<1000 μmol/L（*OR*=3. 622，95%*CI*：1. 619～8. 102，*P*=0. 002）、甲状旁腺激素（parathyroid hormone，PTH）≥600 ng/L（*OR*=3. 969，95%*CI*：：1. 350～11. 665，*P*=0. 012）是MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的危险因素（*P*<0. 05）。基于危险因素构建列线图模型，ROC曲线分析显示，预测MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的建模组的曲线下面积（area under curve，AUC）为0. 893（95%*CI*：0. 855～0. 931），验证组风险模型的AUC为0. 880（95%*CI*：0. 816～0. 944）；Bootstrap法重复抽样进行内部验证，建模组和验证组的Hosmer-Lemeshow检验结果分别为建模组χ^2=8. 096、*P*=0. 424；验证组χ^2=5. 226、*P*=0. 632，两组拟合度均良好；决策曲线结果显示，模型在较宽的阈值范围内具有正的净获益，有助于临床决策。**结论**　老年MHD患者营养不良发生率较高，其发生与年龄、糖尿病、近1个月内透析中有低血压、Kt/V、蛋白质能量摄入不足、PA、Scr、PTH有关，通过危险因素构建的列线图模型预测效能良好，可作为临床早期筛查营养不良高风险老年MHD患者的实用工具，为个体化营养干预提供参考。

【关键词】 维持性血液透析；老年；慢性肾脏病；营养状况；预测模型
DOI：10. 3969/j. issn. 1671-2390. 2026. 09. 006

Development and validation of a nomogram prediction model for malnutrition risk in elderly patients with chronic kidney disease receiving maintenance hemodialysis

Wu You, *Hu Tao-tao*, *Ding Yan-qiong*, *Wang Li-yuan*
Department of Nephrology, *Wuhan No.* 1 *Hospital*, *Wuhan* 430050, *China*
Corresponding author: *Hu Tao-tao*, *Email*: *hutaotao*_2005@126. *com*

【Abstract】 Objective　To investigate the factors associated with malnutrition in elderly patients with chronic kidney disease (CKD) receiving maintenance hemodialysis (MHD), construct a clinically

practical prediction model, and provide a basis for early intervention. **Methods** A total of 360 elderly patients with CKD who received MHD at Wuhan No. 1 Hospital from September 2021 to September 2025 were retrospectively enrolled and randomly divided into a modeling group (n=252) and a validation group (n=108) at a 7∶3 ratio. Nutritional status was assessed using the Patient-Generated Subjective Global Assessment (PG-SGA) and Malnutrition-Inflammation Score (MIS). Independent risk factors for malnutrition were identified by univariate and multivariate logistic regression analyses. A nomogram prediction model was constructed based on the independent risk factors and plotted using R software. The model performance was evaluated and validated using receiver operating characteristic (ROC) curves, calibration curves, and decision curve analysis. **Results** Among the 360 elderly CKD patients receiving MHD, 197 had malnutrition, with an incidence of 54.72%. Multivariate logistic regression analysis showed that age≥80 years (*OR*=4.362, 95%*CI*: 1.934-9.842, *P*<0.001), diabetes mellitus (*OR*=4.448, 95%*CI*: 1.273-15.470, *P*=0.019), intradialytic hypotension within the past month (*OR*=4.336, 95%*CI*: 1.677-11.211, *P*=0.002), urea kinetic modeling (Kt/V) <1.2 (*OR*=7.813, 95%*CI*: 2.710-22.522, *P*<0.001), inadequate protein-energy intake (*OR*=8.997, 95%*CI*: 3.541-22.827, *P*<0.001), prealbumin (PA) <0.32 g/L (*OR*=3.382, 95%*CI*: 1.494-7.658, *P*=0.003), serum creatinine (Scr) <1000 μmol/L (*OR*=3.622, 95%*CI*: 1.619-8.102, *P*=0.002), and parathyroid hormone (PTH) ≥600 ng/L (*OR*=3.969, 95% *CI*: 1.350-11.665, *P*=0.012) were risk factors for malnutrition in elderly CKD patients receiving MHD (*P*<0.05). Based on these risk factors, a nomogram model was developed. ROC analysis showed that the area under the curve (AUC) for the modeling group was 0.893 (95%*CI*: 0.855-0.931), and the AUC for the validation group was 0.880 (95%*CI*: 0.816-0.944). Internal validation using bootstrap resampling showed that the Hosmer-Lemeshow test results were χ^2=8.096, *P*=0.424 for the modeling group and χ^2=5.226, *P*=0.632 for the validation group, indicating good fit in both groups. Decision curve analysis showed that the model provided positive net benefit across a relatively wide threshold range, supporting its clinical utility. **Conclusion** Malnutrition is highly prevalent in elderly patients receiving MHD. Its occurrence is associated with age, diabetes mellitus, intradialytic hypotension within the past month, Kt/V, inadequate protein-energy intake, PA, Scr, and PTH. The nomogram model constructed from these risk factors demonstrates good predictive performance and may serve as a practical tool for early screening of elderly MHD patients at high risk of malnutrition, providing a reference for individualized nutritional intervention.

【Key words】 Maintenance hemodialysis; Elderly; Chronic kidney disease; Nutritional status; Predictive model

DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2026.09.006

慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)是一种临床常见病,其病理特征表现为肾脏结构与功能呈进行性下降,并与肾间质的急慢性病变密切相关。老年人群本身存在生理性肾功能减退,若同时合并糖尿病、高血压等基础疾病,将进一步削弱其肾脏清除能力[1-2]。维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)是CKD的主要疗法,可有效清除代谢废物并维持机体内环境稳定[3]。然而,长期接受MHD的老年CKD患者普遍存在营养不良,其原因涉及疾病本身、透析治疗所致的食欲减退、营养流失,以及由此引发的蛋白质合成减少与分解代谢加速等多个方面[4]。研究表明,年龄、透析时间、炎症等均是MHD患者发生营养不良的风险因素[5-6],但现有研究缺乏整合多维度指标,且针对高龄患者的综合预测模型。因此,为促进对该高危人群营养不良的早期识别与个体化管理,本研究分析MHD的老年CKD患者营养不良的危险因素,构建并验证列线图预测模型,为改善此类患者生活质量和预后提供参考。

对象与方法

一、研究对象

回顾性纳入2021年9月至2025年9月于武汉市第一医院诊治的360例MHD治疗的老年CKD患者。为构建模型并进行内部验证,采用计算机生成随机数的方法,将所有患者按7∶3的比例随机划分

为建模组（n=252）和验证组（n=108）。纳入标准：（1）临床确诊为CKD[7]，且均接受规律MHD治疗；（2）年龄满60周岁；（3）临床资料完整。排除标准：（1）癌症患者；（2）近1个月内发生急性感染；（3）存在严重感觉或认知功能障碍。本研究经武汉市第一医院伦理委员会审核（科伦[2024]51号）。

二、研究方法

1. 资料收集　收集临床资料，时间点为进入MHD阶段后（规律透析≥3个月）稳定期，包括年龄、性别、体重指数（body mass index，BMI）、家庭月收入、文化程度、职业类型、婚姻状况、家人照顾情况、社会支持程度、医保支付方式、高血压、糖尿病、高脂血症、心血管疾病、焦虑、抑郁、睡眠质量差、肾移植、吸烟史、高通量透析、透析时间、透析频率、近1个月内透析中低血压发生情况、超滤量、尿素清除指数（urea kinetic modeling，Kt/V）、蛋白质能量摄入不足情况（同时满足以下两点：（1）低摄入，膳食评估显示蛋白质摄入＜0.8 g·kg^{-1}·d^{-1}，能量摄入＜104.6 kJ·kg^{-1}·d^{-1}；（2）生化证据，血清白蛋白＜38 g/L或前白蛋白＜300 mg/L）、营养知识知晓度、高敏C反应蛋白（high-sensitivity C-reactive protein，hs-CRP）、白蛋白（albumin，Alb）、前白蛋白（prealbumin，PA）、血肌酐（serum creatinine，Scr）、甲状旁腺激素（parathyroid hormone，PTH）。

2. 营养不良评判标准　使用主观全面营养评估量表（patient-generated subjective global assessment，PG-SGA）和营养不良炎症评分（malnutrition-inflammation score，MIS）评定，PG-SGA由患者自评以及医务人员评估两部分构成，其中体重丢失程度计0～4分，疾病与年龄情况计0～2分，代谢应激状态及体格检查计0～3分，总分最高为9分。该量表评分标准及分级依据源于其原始文献[8]，根据其标准，总分≥4分则被判定为存在营养不良，需要营养干预。MIS包含10个项目，每个项目分值范围为0～3分，MIS总分＞5分为营养不良[9]。

三、统计学方法

采用SPSS 23.0软件进行数据分析。服从正态分布的计量数据用$\bar{x}\pm s$表示，行独立样本t检验。计数资料用例（%）表示，行χ^2检验比较组间差异；采用二元Logistic回归分析筛选出MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的危险因素，进一步采用R语言构建列线图预测模型，受试者工作特征曲线（receiver operating characteristic curve，ROC曲线）、校准曲线与决策曲线分析，分别评估模型的区分度、校准度及临床实用价值。P＜0.05表示差异具有统计学意义。

结　果

一、建模组和验证组患者临床资料比较

360例MHD治疗的老年CKD患者共有197例，营养不良发生率为54.72%。建模组和验证组患者临床资料比较，差异均无统计学意义（P＞0.05）。（表1）

二、建模组内营养不良组和营养正常组患者临床资料比较

建模组252例老年MHD患者，依据PG-SGA、MIS营养评估结果分为营养不良组138例、营养正常组114例。营养不良组患者年龄≥80岁、BMI＜18.5 kg/m^2、透析时间≥12个月、透析频率≥3次/周、近1个月内透析中有低血压、Kt/V＜1.2、营养知识知晓度低、hs-CRP≥3 mg/L、Alb＜35 g/L、PA＜0.32 g/L、Scr＜1000 μmol/L、PTH≥600 ng/L的比例高于营养正常组，差异均具有统计学意义（P＜0.05）。（表2）

三、建模组MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的危险因素分析

以有无营养不良为因变量，以P＜0.05的因素为自变量，经二元Logistic回归分析，年龄≥80岁（OR=4.362，95%CI：1.934～9.842，P＜0.001）、糖尿病（OR=4.448，95%CI：1.273～15.470，P=0.019）、近1个月内透析中有低血压（OR=4.336，95%CI：1.677～11.211，P=0.002）、Kt/V＜1.2（OR=7.813，95%CI：2.710～22.522，P＜0.001）、蛋白质能量摄入不足（OR=8.997，95%CI：3.541～22.827，P＜0.001）、PA＜0.32 g/L（OR=3.382、95%CI：1.494～7.658，P=0.003）、Scr＜1000 μmol/L（OR=3.622，95%CI：1.619～8.102，P=0.002）、PTH≥600 ng/L（OR=3.969，95%CI：1.350～11.665，P=0.012）是MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的危险因素（P＜0.05）。（表3）

四、MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的列线图模型构建

基于以上独立危险因素建立接受MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的列线图预测模型（图1）。根据二元Logistic回归结果构建MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良风险预测方程式M=-6.934＋1.473×年龄（≥80岁）＋1.493×糖尿病＋1.467×近1个月内透析中有低血压＋2.056×Kt/V

表 1　建模组和验证组患者临床资料比较[例(%)]

Tab 1　Comparison of clinical characteristics between the modeling group and the validation group[n(%)]

项目	建模组(n=252)	验证组(n=108)	χ^2值	P值
年龄			0.027	0.869
＜80岁	154(61.11)	65(60.19)		
≥80岁	98(38.89)	43(39.81)		
性别			0.487	0.485
男	166(65.87)	67(62.04)		
女	86(34.13)	41(37.96)		
BMI			0.309	0.857
＜18.5 kg/m^2	137(54.37)	59(54.63)		
18.5～24.0 kg/m^2	100(39.68)	41(37.96)		
＞24.0 kg/m^2	15(5.95)	8(7.41)		
家庭月收入			0.809	0.368
＜5000元	113(44.84)	54(50.00)		
≥5000元	139(55.16)	54(50.00)		
文化程度			0.769	0.381
初中及以下	132(52.38)	62(57.41)		
高中及以上	120(47.62)	46(42.59)		
职业类型			0.021	0.884
脑力劳动	86(34.13)	36(33.33)		
体力劳动	166(65.87)	72(66.67)		
婚姻状况			0.570	0.450
已婚	189(75.00)	85(78.70)		
未婚/离异	63(25.00)	23(21.30)		
家人照顾	225(89.29)	97(89.81)	0.022	0.881
社会支持			0.314	0.575
高	34(13.49)	17(15.74)		
中低	218(86.51)	91(84.26)		
医保支付	195(77.38)	91(84.26)	2.190	0.139
高血压	83(32.94)	30(27.78)	0.934	0.334
糖尿病	43(17.06)	17(15.74)	0.095	0.758
高脂血症	50(19.84)	17(15.74)	0.839	0.360
心血管疾病	61(24.21)	28(25.93)	0.120	0.729
焦虑	120(47.62)	54(50.00)	0.172	0.679
抑郁	128(50.79)	59(54.63)	0.446	0.504
睡眠质量差	159(63.10)	74(68.52)	0.974	0.324
肾移植	16(6.35)	10(9.26)	0.955	0.328
吸烟	59(23.41)	20(18.52)	1.057	0.304
高通量透析	198(78.57)	80(74.07)	0.869	0.351
透析时间			0.561	0.454
＜12个月	172(68.25)	78(72.22)		
≥12个月	80(31.75)	30(27.78)		
透析频率			0.353	0.553
＜3次/周	97(38.49)	38(35.19)		
≥3次/周	155(61.51)	70(64.81)		
近1个月内透析中有低血压	64(25.40)	28(25.93)	0.011	0.916
超滤量			0.653	0.419
＜2000 mL	140(55.56)	55(50.93)		
≥2000 mL	112(44.44)	53(49.07)		
Kt/V			0.007	0.934
＜1.2	57(22.62)	24(22.22)		
≥1.2	195(77.38)	84(77.78)		
蛋白质能量摄入不足	164(65.08)	70(64.81)	0.002	0.962
营养知识知晓度			0.272	0.602
高	159(63.10)	65(60.19)		
低	93(36.90)	43(39.81)		
hs-CRP			0.490	0.484
＜3 mg/L	108(42.86)	42(38.89)		
≥3 mg/L	44(17.46)	66(61.11)		
Alb			0.092	0.762
＜35 g/L	145(57.54)	64(59.26)		
≥35 g/L	107(42.46)	44(40.74)		
PA			0.009	0.926
＜0.32 g/L	111(44.05)	47(43.52)		
≥0.32 g/L	141(55.95)	61(56.48)		
Scr			0.013	0.908
＜1000 μmol/L	130(51.59)	55(50.93)		
≥1000 μmol/L	122(48.41)	53(49.07)		
PTH			0.014	0.906
＜600 ng/L	204(80.95)	88(81.48)		
≥600 ng/L	48(19.05)	20(18.52)		

注:BMI为体重指数;Kt/V为尿素清除指数;hs-CRP为高敏C反应蛋白;Alb为白蛋白;PA为前白蛋白;Scr为血肌酐;PTH为甲状旁腺激素。

表2　建模组内营养不良组和营养正常组患者临床资料比较[例(%)]

Tab 2　Comparison of clinical characteristics between the malnutrition group and the normal nutrition group within the modeling group[*n*(%)]

项目	营养不良组(*n*=138)	营养正常组(*n*=114)	χ^2值	*P*值
年龄			13.847	<0.001
<80岁	70(50.72)	84(73.68)		
≥80岁	68(49.28)	30(26.32)		
性别			1.850	0.174
男	96(69.57)	70(61.40)		
女	42(30.43)	44(38.60)		
BMI			25.572	<0.001
<18.5 kg/m^2	94(68.12)	43(37.72)		
18.5～24.0 kg/m^2	41(29.71)	59(51.75)		
>24.0 kg/m^2	3(2.17)	12(10.53)		
家庭月收入			1.697	0.193
<5000元	67(48.55)	46(40.35)		
≥5000元	71(51.45)	68(59.65)		
文化程度			0.336	0.562
初中及以下	70(50.72)	62(54.39)		
高中及以上	68(49.28)	52(45.61)		
职业类型			0.601	0.438
脑力劳动	50(36.23)	36(31.58)		
体力劳动	88(63.77)	78(68.42)		
婚姻状况			0.021	0.884
已婚	103(74.64)	86(75.44)		
未婚/离异	35(25.36)	28(24.56)		
家人照顾	121(87.68)	104(91.23)	0.821	0.365
社会支持			2.928	0.087
高	14(10.14)	20(17.54)		
中低	124(89.86)	94(82.46)		
医保支付	101(73.19)	94(82.46)	3.064	0.080
高血压	47(34.06)	36(31.58)	0.174	0.677
糖尿病	35(25.36)	8(7.02)	14.845	<0.001
高脂血症	29(21.01)	21(18.42)	0.264	0.607
心血管疾病	35(25.36)	26(22.81)	0.222	0.637
焦虑	72(52.17)	48(42.11)	2.537	0.111
抑郁	76(55.07)	52(45.61)	2.235	0.135
睡眠质量差	94(68.12)	65(57.02)	3.302	0.069
肾移植	11(7.97)	5(4.39)	1.349	0.245
吸烟	33(23.91)	26(22.81)	0.043	0.836
高通量透析	108(78.26)	90(78.95)	0.017	0.895
透析时间			7.677	0.006
<12个月	84(60.87)	88(77.19)		
≥12个月	54(39.13)	26(22.81)		
透析频率			6.928	0.008
<3次/周	43(31.16)	54(47.37)		
≥3次/周	95(68.84)	60(52.63)		
近1个月内透析中有低血压	48(34.78)	16(14.04)	14.183	<0.001
超滤量			0.353	0.552
<2000 mL	79(57.25)	61(53.51)		
≥2000 mL	59(42.75)	53(46.49)		
Kt/V			28.950	<0.001
<1.2	49(35.51)	8(7.02)		
≥1.2	89(64.49)	106(92.98)		
蛋白质能量摄入不足	115(83.33)	49(42.98)	44.726	<0.001
营养知识知晓度			13.621	<0.001
高	73(52.90)	86(75.44)		
低	65(47.10)	28(24.56)		
hs-CRP			6.729	0.009
<3 mg/L	49(35.51)	59(51.75)		
≥3 mg/L	89(64.49)	55(48.25)		
Alb			12.118	<0.001
<35 g/L	93(67.39)	52(45.61)		
≥35 g/L	45(32.61)	62(54.39)		
PA			13.132	<0.001
<0.32 g/L	75(54.35)	36(31.58)		
≥0.32 g/L	63(45.65)	78(68.42)		
Scr			16.031	<0.001
<1000 μmol/L	87(63.04)	43(37.72)		
≥1000 μmol/L	51(36.96)	71(62.28)		
PTH			9.803	0.002
<600 ng/L	102(73.91)	102(89.47)		
≥600 ng/L	36(26.09)	12(10.53)		

注:BMI为体重指数;Kt/V为尿素清除指数;hs-CRP为高敏C反应蛋白;Alb为白蛋白;PA为前白蛋白;Scr为血肌酐;PTH为甲状旁腺激素。

表3　MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良多因素二元Logistic回归分析[例(%)]

Tab 3　Multivariate binary logistic regression analysis of malnutrition in elderly CKD patients receiving MHD[*n*(%)]

因素	*β*值	*SE*值	*Wald*值	*P*值	*OR*值	95% *CI*	
						下限	上限
年龄≥80岁	1.473	0.415	12.591	<0.001	4.362	1.934	9.842
BMI							
18.5～24.0 kg/m^2	0.716	1.032	0.481	0.488	2.046	0.271	15.467
<18.5 kg/m^2	2.015	1.035	3.790	0.052	7.504	0.986	57.086
糖尿病	1.493	0.636	5.509	0.019	4.448	1.279	15.470
透析时间≥12个月	0.826	0.438	3.557	0.059	2.283	0.968	5.386
透析频率≥3次/周	0.362	0.398	0.830	0.362	1.437	0.659	3.133
近1个月内透析中有低血压	1.467	0.485	9.161	0.002	4.336	1.677	11.211
Kt/V<1.2	2.056	0.540	14.484	<0.001	7.813	2.710	22.522
蛋白质能量摄入不足	2.197	0.476	21.326	<0.001	8.997	3.541	22.857
营养知识知晓度低	0.559	0.424	1.739	0.187	1.749	0.762	4.016
hs-CRP≥3 mg/L	0.753	0.397	3.598	0.058	2.124	0.975	4.627
Alb<35 g/L	0.430	0.402	1.147	0.284	1.538	0.700	3.381
PA<0.32 g/L	1.219	0.417	8.542	0.003	3.382	1.494	7.658
Scr<1000 μmol/L	1.287	0.411	9.819	0.002	3.622	1.619	8.102
PTH≥600 ng/L	1.378	0.550	6.280	0.012	3.969	1.350	11.665
常量	-6.934	1.335	26.981	<0.001	0.001	-	-

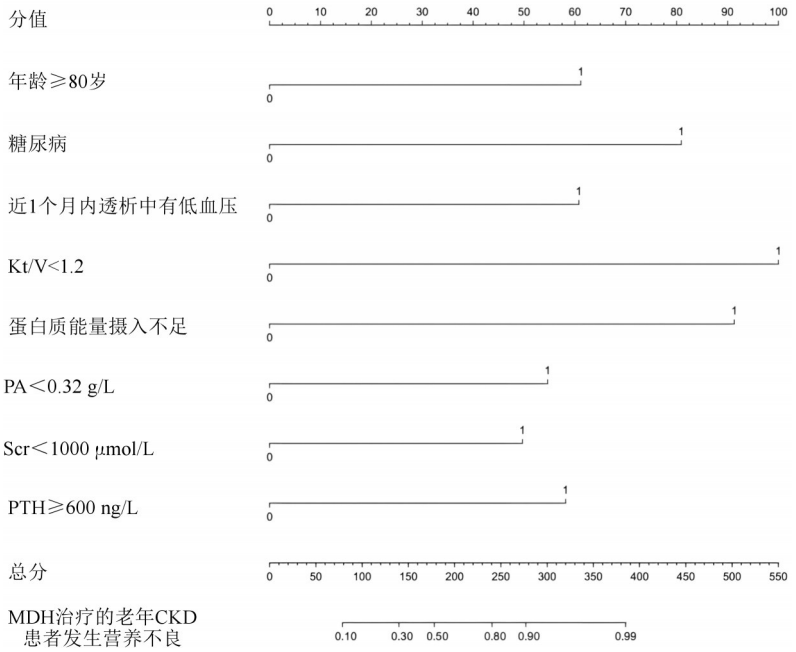
注：BMI为体重指数；Kt/V为尿素清除指数；hs-CRP为高敏C反应蛋白；Alb为白蛋白；PA为前白蛋白；Scr为血肌酐；PTH为甲状旁腺激素；MHD为维持性血液透析；CKD为慢性肾脏病。

(<1.2)+2.197×蛋白质能量摄入不足+1.219×PA(<0.32 g/L)+1.287×Scr(<1000 μmol/L)+1.378×PTH(≥600 ng/L)。ROC曲线分析显示，预测MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的建模组曲线下面积(area under curve，AUC)=0.893(95%*CI*：0.855～0.931)，验证组风险模型AUC=0.880(95%*CI*：0.816～0.944)(图2)。校准曲线与理想曲线拟合良好(图3)。Bootstrap法重复抽样进行内部验证，建模组和验证组的Hosmer-Lemeshow检验结果分别为χ^2=8.096、*P*=0.424，χ^2=5.226、*P*=0.632，两组拟合度均良好(图3)。决策曲线结果显示，模型预测MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的净获益区间均较大，有助于临床决策(图4)。

讨　论

MHD是治疗终末期CKD的主要治疗方法，但透析时间较长时，蛋白质和热量会损耗，导致营养不良，对老年人的影响更大[10]。据统计，老年MHD患者营养不良的发生率为23%～76%[11]。有研究表明，年龄、Kt/V、蛋白质摄入量是其危险因素[6,12]。然而，如何整合危险因素，将其转化为实用的临床筛查预测工具，目前研究较少。为此，本研究分析相关危险因素，并构建和验证风险预测模型。

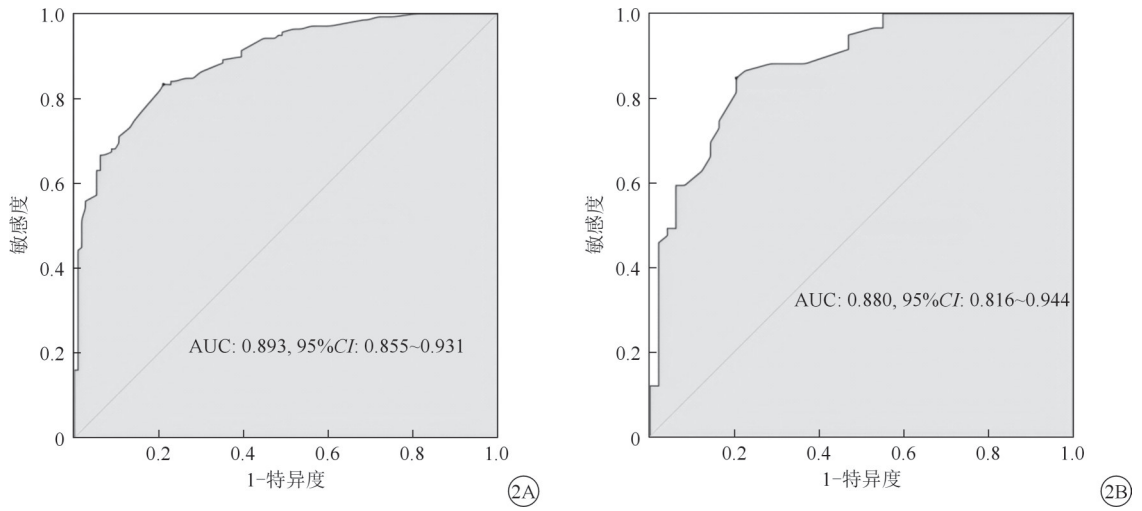
本研究发现，高龄(≥80岁)与糖尿病是营养不良的危险因素，与王艳等[13]、罗微等[14]的研究结论一致。其内在机制在于，衰老会导致肌肉减少，同时伴随尿毒症和透析本身的消耗性，会加速肌肉的丢失[15-16]。而糖尿病则通过多重途径增加营养的消耗，包括影响进食、胰岛素抵抗一致合成蛋白质以及血管病变和微炎症状态维持的高分解代谢环境[17-18]。蛋白质能量摄入不足和透析不充分(Kt/V<1.2)的风险比值最高，表明二者是营养不良的两个关键环节，提示临床干预时，应以“保障充分透析”和“确保有效营养摄入”作为基本目标。蛋白质能量摄入不足，说明老年人具有脆弱性，其原因不仅包括尿毒症导致的食欲抑制、味觉改变，也包括患者及照护者对营养认知和行为的不足。例如，对必要饮食限制(如低磷、低钾)的过度解读，可能导致营养摄入减少。因此，强化个体化的营养教育和咨询具有重要意义。透析不充分是危险因素，与Chen等[19]的研究结论一致。其机制在于，尿毒症的毒素蓄积，既会导致胃肠道症状，引起厌食，也能作为内源性物质，持续激活炎症反应，导致全身性微炎症和高分解代谢状态。而在老年患者中，即使轻度的透析不充分，也可能会因为叠加高龄相关的生理衰退，而增加其



注：Kt/V为尿素清除指数；PA为前白蛋白；Scr为血肌酐；PTH为甲状旁腺激素；MHD为维持性血液透析；CKD为慢性肾脏病。

图1　预测MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的列线图

Fig 1　Nomogram for predicting malnutrition in elderly CKD patients receiving MHD

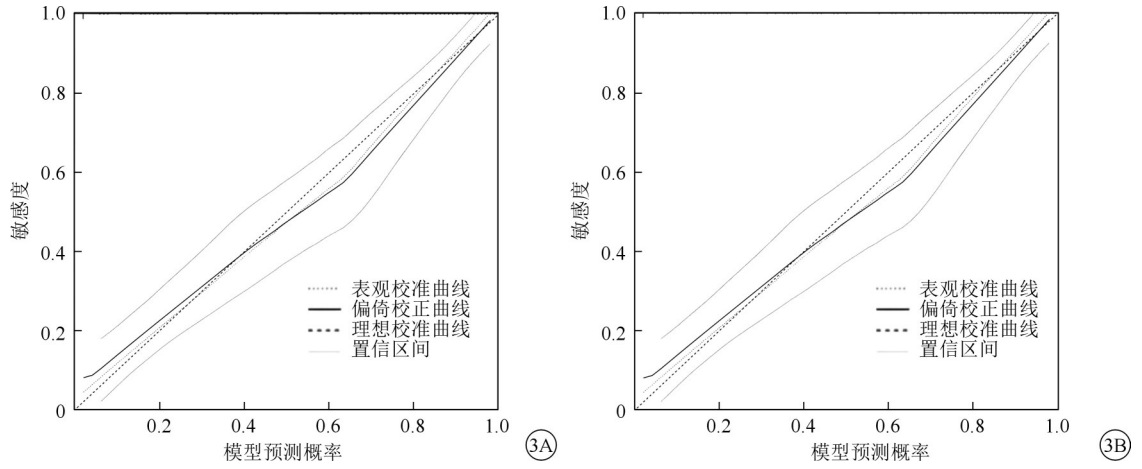


注：MHD为维持性血液透析；CKD为慢性肾脏病；ROC曲线为受试者工作特征曲线；AUC为曲线下面积。

图2　预测MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的列线图模型的ROC曲线　2A. 建模组（n=252）；2B. 验证组（n=108）

Fig 2　ROC curves of the nomogram model for predicting malnutrition in elderly CKD patients receiving MHD　2A. Modeling group（n=252）；2B. Validation group（n=108）

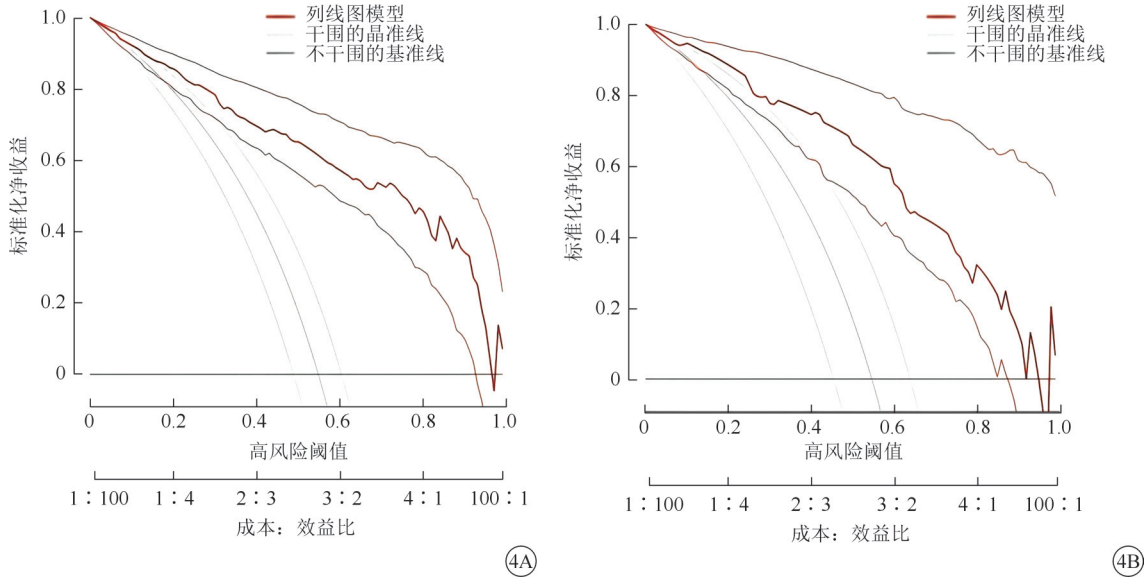
负面代谢，并和营养摄入不足相互作用，增加营养不良的风险。近1个月内发生透析中低血压，可能通过引起肠道的缺血，影响营养吸收，并增加全身炎症。营养不良与微炎症有关，但本研究中，营养不良组患者hs-CRP≥3 mg/L的比例高于营养正常组，但Logistic分析结果中，hs-CRP≥3 mg/L不是危险因素，可能是因为混杂因素的干扰。营养不良会引起微炎症反应，升高hs-CRP水平，在Logistic回归中，hs-CRP因为受到模型中的年龄等因素的影响，独立效应被削弱，最后没有纳入方程。此外，在MHD患者中，低Scr反映肌肉总量的减少，提示蛋白质-能量消耗的严重程度[20]。PA降低既提示合成蛋白质的原料不充足，也表明存在微炎症状态，会抑制合成肝脏[21]。而高水平PTH不仅是矿物质骨代谢异常的标志，其作为促分解的代谢激素，可直接通过激活泛素-蛋白酶体，促进分解肌肉蛋白[22]。综上，针对老年MHD患者的营养不良问题，临床实践中，应优先针对蛋白质能量摄入不足与透析不充分



注：MHD为维持性血液透析；CKD为慢性肾脏病。

图3　预测MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的校准曲线图　3A. 建模组（n=252）；3B. 验证组（n=108）

Fig 3　Calibration curves of the nomogram model for predicting malnutrition in elderly CKD patients receiving MHD　3A. Modeling group（n=252）; 3B. Validation group（n=108）



注：MHD为维持性血液透析；CKD为慢性肾脏病。

图4　预测MHD治疗的老年CKD患者发生营养不良的决策曲线图　4A. 建模组（n=252）；4B. 验证组（n=108）

Fig 4　Decision curves of the nomogram model for predicting malnutrition in elderly CKD patients receiving MHD　4A. Modeling group（n=252）; 4B. Validation group（n=108）

进行干预，包括优化透析处方、实施个体化营养支持教育，打破“摄入-清除-炎症”的恶性循环，改善患者的预后与生活质量。

本研究通过上述识别出的危险因素构建预测模型，在建模组与验证组中分别获得0.893与0.880的AUC值，显示出优秀的区分效能和良好的稳定性[23]。刘雪琴等[24]研究表明，高龄与透析不充分是危险因素，构建的模型的AUC为0.881，与本研究结果相近。但本研究有以下优点：首先是实现了风险分层的精细化。多数研究中，年龄设定为≥60岁，而在本研究中，年龄设定为≥80岁，经Logistic回归分析后，其*OR*值较高为4.36。这一年龄设定更能揭示老年患者的内部异质性，提示高龄透析患者的营养状况需要更加关注，进而能够精准配置和分层管理临床资源。其次是体现了评估维度创新性。Scr反映肌肉量的减少，获取简单。本研究将Scr纳入模型，弥补模型缺乏评估肌肉消耗指标的不足。本研究将“蛋白质能量摄入不足”放在干预的核心位置，与Shakhshir等[25]强调关注膳食蛋白质摄入的理念一致。因此，本研究的模型不仅具备预测功能，更具有行动指导功能。因此，临床工作人员可借助此工具，快速整合患者的各项指标，计算出营养

不良的风险概率。对于风险高的患者，需启动管理方案，包括调整透析处方、防治透析中低血压、制定个体化营养计划等，同时模型提示的炎症状态（低PA）、骨代谢紊乱（高PTH）及肌肉消耗（低Scr），也为针对性监测与干预指明方向。更为重要的是，对年龄≥80岁且合并糖尿病的患者，应实施最高优先级的动态管理与频繁筛查。

综上所述，老年MHD患者营养不良发生率较高，其发生与年龄、糖尿病、近1个月内透析中有低血压、Kt/V、蛋白质能量摄入不足、PA、Scr、PTH有关，通过危险因素构建的列线图模型预测效能良好，可作为临床早期筛查营养不良高风险老年MHD患者的实用工具，为个体化营养干预提供参考。但还存在局限性，本研究为单中心回顾性研究，可能存在选择偏倚，且所纳入所有风险因素没有覆盖全部的潜在因素，同时模型没有采用外部验证，其对外推广仍然需要进一步确认。未来研究需进行多中心、大样本的前瞻性队列研究，并进行外部验证，并纳入更多与新型生物标志物，以优化模型的预测效能。

利益冲突　所有作者均声明没有利益冲突

参 考 文 献

[1] Dong BQ, Zhao YT, Wang JL, et al. Epidemiological analysis of chronic kidney disease from 1990 to 2019 and predictions to 2030 by Bayesian age-period-cohort analysis[J]. Ren Fail, 2024, 46(2): 2403645. DOI: 10.1080/0886022X.2024.2403645.

[2] 简永红，杨一菲，杨雪雁，等. 沉默信息调节因子3调节肾间质纤维化过程中的细胞凋亡和有氧糖酵解[J]. 临床肾脏病杂志，2024，24(7)：579-587. DOI：10.3969/j.issn.1671-2390.2024.07.008.
Jian YH, Yang YF, Yang XY, et al. Sirt3 regulated apoptosis and aerobic glycolysis during renal interstitial fibrosis[J]. J Clin Nephrol, 2024, 24(7): 579-587. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2024.07.008.

[3] Rodrigues da Silva J, Henrique Policarpo J, Dantas D, et al. Effects of inspiratory muscle training on dyspnea and lung capacity in patients with chronic kidney disease on hemodialysis: a systematic review and meta-analysis[J]. Physiother Theory Pract, 2025, 41(10): 2202-2210. DOI: 10.1080/09593985.2025.2495129.

[4] Wang J, Luo YM, Ji XY, et al. Effects of different hemodialysis modalities combined with low-calcium dialysate on mineral metabolism and vascular calcification in maintenance hemodialysis patients with chronic kidney disease[J]. J Appl Biomed, 2024, 22(4): 228-233. DOI: 10.32725/jab.2024.027.

[5] Zeng GX, Lin JR, He YX, et al. Diet-related inflammation is associated with malnutrition-inflammation markers in maintenance hemodialysis patients: results of a cross-sectional study in China using dietary inflammatory index[J]. Int J Gen Med, 2022, 15: 3639-3650. DOI: 10.2147/IJGM.S356476.

[6] 马国婷，向雨荷，杨芹，等. 维持性血液透析患者营养不良风险评估图的构建[J]. 护理学杂志，2023，38(2)：34-39. DOI：10.3870/j.issn.1001-4152.2023.02.034.
Ma GT, Xiang YH, Yang Q, et al. Development of a diagram to predict malnutrition risk in maintenance hemodiaysis patients[J]. J Nurs Sci, 2023, 38(2): 34-39. DOI: 10.3870/j.issn.1001-4152.2023.02.034.

[7] 美国改善全球肾脏病预后组织. KDICO慢性肾脏病评价及管理临床实践指南[M]. 北京：人民卫生出版社，2014:56-63.
The United States improves global kidney disease prognosis organization KDICO clinical practice guidelines for evaluation and management of chronic kidney disease[M]. Beijing: People's Health Press, 2014:56-63.

[8] Ma CH, Cruz C, Eslamparast T, et al. The patient generated subjective global assessment short form is a useful screening tool to detect risk for malnutrition in patients with cirrhosis[J]. Clin Nutr ESPEN, 2022, 50: 330-333. DOI: 10.1016/j.clnesp.2022.05.010.

[9] Rambod M, Bross R, Zitterkoph J, et al. Association of malnutrition-inflammation score with quality of life and mortality in hemodialysis patients: a 5-year prospective cohort study[J]. Am J Kidney Dis, 2009, 53(2): 298-309. DOI: 10.1053/j.ajkd.2008.09.018.

[10] Kabasawa H, Hosojima M, Kanda E, et al. Efficacy and safety of intradialytic parenteral nutrition using ENEFLUID® in malnourished patients receiving maintenance hemodialysis: an exploratory, multicenter, randomized, open-label study[J/OL]. PLoS One, 2024, 19(12): e0311671. DOI: 10.1371/journal.pone.0311671. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11637329.

[11] Xu YZ, Ling SY, Liu ZY, et al. The ability of phase angle and body composition to predict risk of death in maintenance hemodialysis patients[J]. Int Urol Nephrol, 2024, 56(2): 731-737. DOI: 10.1007/s11255-023-03708-9.

[12] Yu WW, Zhang X, Ni M, et al. Assessment of malnutrition risk and analysis of influencing factors in patients with chronic kidney disease: a cross-sectional survey[J]. BMC Nutr, 2025, 11(1): 143. DOI: 10.1186/s40795-025-01128-9.

[13] 王艳，王永春，祁露露，等. 腹膜透析患者营养不良发生情况及其影响因素分析[J]. 宁夏医学杂志，2025，47(1)：61-64. DOI：10.13621/j.1001-5949.2025.01.0061.
Wang Y, Wang YC, Qi LL, et al. Analysis of the incidence and influencing factors of malnutrition in peritoneal dialysis patients[J]. Ningxia Med J, 2025, 47(1): 61-64. DOI: 10.13621/j.1001-5949.2025.01.0061.

[14] 罗微，张祖隆，雷毅. 维持性血液透析的终末期肾病患者并发营养不良的影响因素[J]. 贵州医科大学学报，2025，50(6)：909-916. DOI：10.19367/j.cnki.2096-8388.2025.06.016.
Luo W, Zhang ZL, Lei Y. Influencing factors of malnutrition in patients with end-stage renal disease undergoing maintenance hemodialysis[J]. J Guizhou Med Univ, 2025, 50(6): 909-916. DOI: 10.19367/j.cnki.2096-8388.2025.06.016.

[15] Elder M, Moonen A, Crowther S, et al. Chronic kidney disease-related sarcopenia as a prognostic indicator in elderly haemodialysis patients[J]. BMC Nephrol, 2023, 24(1): 138. DOI: 10.1186/s12882-023-03175-5.

[16] Arroyo E, Troutman AD, Moorthi RN, et al. Klotho: an emerging factor with ergogenic potential[J/OL]. Front Rehabil Sci, 2021, 2: 807123. DOI: 10.3389/fresc.2021.807123. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9397700.

[17] Wong R, Yuan LY. Sarcopenia and metabolic dysfunction associated steatotic liver disease: Time to address both[J]. World J Hepatol, 2024, 16(6): 871-877. DOI: 10.4254/wjh.v16.i6.871.

[18] 郭惠兰, 张片红. 老年糖尿病患者伴衰弱的营养管理[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2022, 21(10): 797-800. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2022.10.171.
Guo HL, Zhang PH. Nutrition management for frail elderly with diabetes mellitus[J]. Chin J Mult Organ Dis Elder, 2022, 21(10): 797-800. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2022.10.171.

[19] Chen YT, Hu Y. Nutritional status of hemodialysis patients with end stage renal disease and selection and application of oral nutritional support[J]. PJZ, 2024, 56(4): 1861-1866. DOI: 10.17582/journal.pjz/20221202081241.

[20] Zannad F, Sanyal AJ, Butler J, et al. Integrating liver endpoints in clinical trials of cardiovascular and kidney disease[J]. Nat Med, 2024, 30(9): 2423-2431. DOI: 10.1038/s41591-024-03223-z.

[21] 张世希, 袁海川, 万里红. 维持性血液透析的老年慢性肾脏病患者营养状况影响因素分析[J]. 中国医药导报, 2023, 20(6): 86-89. DOI: 10.20047/j.issn1673-7210.2023.06.19.
Zhang SX, Yuan HC, Wan LH. Analysis of influencing factors on nutritional status of elderly patients with chronic kidney disease received maintenance hemodialysis[J]. China Med Her, 2023, 20(6): 86-89. DOI: 10.20047/j.issn1673-7210.2023.06.19.

[22] 张洪语, 靳蕊霞. 维持性血液透析患者营养不良的影响因素分析[J]. 中国医学创新, 2022, 19(13): 152-156. DOI: 10.3969/j.issn.2095-7165.2023.04.008.
Zhang HY, Jin RX. Analysis of influence factors of malnutrition in maintenance hemodialysis patients[J]. Med Innov China, 2022, 19(13): 152-156. DOI: 10.3969/j.issn.2095-7165.2023.04.008.

[23] 魏敏, 刘军. 维持性血液透析患者发生营养不良的风险预测模型构建[J]. 实用临床医药杂志, 2023, 27(10): 67-71, 78. DOI: 10.7619/jcmp.20231186.
Wei M, Liu J. Construction of a risk prediction model for malnutrition in maintenance hemodialysis patients[J]. J Clin Med Pract, 2023, 27(10): 67-71, 78. DOI: 10.7619/jcmp.20231186.

[24] 刘雪琴, 刘晓辉, 平智广. 维持性血液透析患者营养不良风险列线图模型及在线计算器的构建与验证研究[J]. 护理学报, 2023, 30(16): 12-18. DOI: 10.16460/j.issn1008-9969.2023.16.012.
Liu XQ, Liu XH, Ping ZG. Construction and validation of risk prediction model and online calculator for malnutrition in maintenance hemodialysis patients[J]. J Nurs, 2023, 30(16): 12-18. DOI: 10.16460/j.issn1008-9969.2023.16.012.

[25] Shakhshir MH, Vanoh D, Hassan M, et al. Mapping the global research landscape on malnutrition for patients with chronic kidney disease: a visualization analysis[J]. J Health Popul Nutr, 2023, 42(1): 101. DOI: 10.1186/s41043-023-00445-8.

（收稿日期：2026-02-09）