

文章编号: 2097-681X (2025) 10-0020-06

中国老年糖尿病患者发生衰弱的危险因素及列线图模型的预测价值

肖瑞丰^{1,2}, 王睿¹, 徐璐¹, 许明军²

1 湖北医药学院 公共卫生与健康学院, 湖北 十堰 442000; 2 十堰市太和医院 针灸科, 湖北 十堰 442000

摘要: **目的** 探究中国老年糖尿病患者发生衰弱的危险因素及列线图模型的预测价值。**方法** 采用中国健康与养老追踪调查数据库的数据进行分析, 纳入1 107例老年糖尿病患者。根据参与者状态分为衰弱组和非衰弱组, 比较2组患者的社会人口因素、行为因素、健康状况、心理健康因素。采用Logistic回归筛选患者发生衰弱的危险因素, 并以此构建列线图预测模型。分别采用校准曲线、受试者操作特征曲线下面积、决策曲线分析评估模型的预测价值。**结果** 衰弱组患者日常生活活动能力(得分、握力、腰围)较非衰弱组降低($P<0.05$)。衰弱组患者有配偶、饮酒、吸烟、社会活动的比例较非衰弱组降低($P<0.05$), 认知功能下降、慢性肺病、疼痛比例较非衰弱组升高($P<0.05$)。多因素Logistic回归分析结果显示, 日常生活活动能力评分和认知功能下降、握力下降、腰围减小、无配偶、合并慢性肺病、社会活动少是中国老年糖尿病患者发生衰弱的危险因素, 并以此构建了预测患者发生衰弱的列线图模型。校准曲线结果显示, 列线图模型预测衰弱发生概率与实际发生概率的一致性较好。受试者操作特征曲线结果显示, 列线图模型的曲线下面积为0.879 (95% CI: [0.838, 0.920])。决策曲线分析曲线结果显示, 列线图模型的临床净获益率较高。**结论** 通过危险因素构建的列线图预测模型区分度和准确性较高, 对老年糖尿病患者发生衰弱具有较好的预测价值和临床应用价值。

关键词: 中国健康与养老追踪调查; 糖尿病; 衰弱; 列线图; 预测模型; 危险因素; 老年; 筛查

中图分类号: R181.2 文献标识码: A doi: 10.13885/j.issn.2097-681X.2025.10.004

Risk factors for the development of frailty in Chinese elderly diabetic patients and the predictive value of the nomogram model

XIAO Ruifeng^{1,2}, WANG Rui¹, XU Lu¹, XU Mingjun²

1 School of Public Health and Wellness, Hubei Medical College, Shiyan 442000, Hubei, China; 2 Department of Acupuncture, Shiyan Taihe Hospital, Shiyan 442000, Hubei, China

Abstract: Objective To investigate into the risk factors connected with the development of frailty and the predictive value of the nomogram model in Chinese elderly patients with diabetes mellitus. **Methods** Data from the China Health and Retirement Longitudinal Study database were used for analysis in this study, which included 1 107 older adults with diabetes after excluding participants with missing data. Participants were divided into debilitated and non-debilitated groups according to their status, either socio-demographic, behavioural, health, and mental health factors were compared between the two groups. Logistic regression was used to screen patients for risk factors for the development of debility, which result was used to construct a nomogram prediction model. The predictive value of the model was assessed using calibration curve, area under curve of receiver operating characteristic, and decision curve analysis, respectively. **Results** Activity of daily living scores, grip strength and waist circumference were lower in patients in the debilitated group than in the non-debilitated one ($P<0.05$). The proportions of having a spouse, alcohol consumption, smoking

收稿日期: 2025-04-20 修回日期: 2025-06-19 接受日期: 2025-07-11

项目基金: 湖北省中医药管理局中医药科研项目(ZY2025L185)

作者简介: 许明军, 男, 副主任医师, 研究方向为公共卫生管理, e-mail: 924685592@qq.com, 通信作者

and social activities were lower in the debilitated group than in the non-debilitated ($P<0.05$), and the proportions of cognitive decline, chronic lung disease and pain were higher in the debilitated group than in the non-debilitated ($P<0.05$). The results of multifactorial Logistic regression analysis showed that lower activity of daily living score and cognitive decline, lower grip strength and waist circumference, being without a spouse, with chronic lung disease, and low social activity were risk factors for the development of frailty in Chinese elderly diabetic patients, and a nomogram model was constructed to predict such development. The results of the calibration curve showed that the predicted probability of frailty in the nomogram model was in good agreement with the actual probability of frailty, and the results of the receiver operator characteristic curve showed that the area under curve value of the nomogram model was 0.879, 95% CI: [0.838, 0.920], and the results of the decision curve analysis curve showed that it had a high rate of net clinical benefit. **Conclusion** The nomogram prediction model constructed by risk factors in this study has a high degree of differentiation and accuracy, and a good predictive value and clinical application for the occurrence of debility in elderly diabetic patients.

Keywords: China health and retirement longitudinal study; diabetes mellitus; frailty; nomogram; predictive model; risk factors; elderly; screening

糖尿病严重影响着人类健康和生活质量, 预计2045年中国糖尿病患者将达1.74亿^[1]。糖尿病患者衰弱的发病率约为48%, 是非糖尿病患者的3~5倍^[2]。衰弱不仅会增加糖尿病患者骨折、跌倒、残疾等风险, 还会增加医疗支出^[3]。此外, 衰弱死亡率高于非衰弱患者^[4]。糖尿病患者发生衰弱是多种因素综合作用的结果^[5]。其中, 老龄是衰弱发生的独立危险因素之一^[6]。高血糖、低血糖、低血红蛋白、胰岛素抵抗、心血管疾病、体力活动少和营养不良会增加糖尿病患者发生衰弱的风险^[7]。研究^[8]表明, 衰弱的发展是动态和可逆的。因此, 对高危人群的早期筛查及干预对于延缓衰弱的发生和发展至关重要。列线图预测模型是一种可用于评估糖尿病患者发生衰弱风险的工具^[9]。以往的研究大多集中在调查衰弱的发生状况及其影响因素, 且开发风险预测模型筛查衰弱高危人群的研究主要基于健康人群, 尚未有关于糖尿病患者衰弱预测模型报道。因此, 本研究旨在开发一种老年糖尿病患者发生衰弱的列线图预测模型, 为老年糖尿病患者在临床实践中发生衰弱进行早期筛查及风险分层。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

本研究采用中国健康与养老追踪调查数据库 (<https://opendata.pku.edu.cn/>) 2015年和2018年的数据进行分析。在排除数据缺失的参与者后, 共纳入1 107例老年糖尿病患者。根据患者状态分

为衰弱组 ($n=113$) 和非衰弱组 ($n=994$)。其中衰弱组中男性42例 (37.2%), 女性71例 (62.8%), 平均年龄 (67.97 ± 4.18) 岁; 非衰弱组中男性403例 (40.5%), 女性591例 (59.5%), 平均年龄 (68.31 ± 4.33) 岁。纳入标准: (1) 年龄 ≥ 60 岁; (2) 健康状况调查中经医生确诊为糖尿病。排除标准: (1) 各维度数据资料不全; (2) 未能同时参加2015和2018年两次随访。

1.2 诊断标准

衰弱的诊断标准采用Fried表型, 包括疲乏、握力下降、活动量下降、体重减轻和行动迟缓^[10]。具体评估方法: (1) 回答流行病学研究中心抑郁量表中文版问题时回答“大部分或所有时间”或“偶尔或适量时间”, 则认为存在疲乏; (2) 自我报告项目回答“举起或搬运5 kg以上的重物有困难”, 则认为存在握力下降; (3) 通常在1周内没有进行体育锻炼或每次步行少于10 min, 则认为活动量下降; (4) 在过去一年中体重减轻 ≥ 5 kg, 或当前体重指数 ≤ 18.5 kg/m², 则认为存在体重减轻; (5) 在不休息的情况下行走100 m或爬楼梯都有困难, 则认为存在行动迟缓。每项指标得分0或1分, 得分3分及以上被定义为衰弱。

1.3 提取数据

收集患者的社会人口因素、行为因素、健康状况、心理健康因素。(1) 社会人口因素: 包括年龄、性别、婚姻状况、文化程度。如果患者目前已婚并与配偶同住, 则其婚姻状况定义为有配

偶;如果患者目前分居、与配偶离婚、丧偶或从未结婚,则其婚姻状况定义为无配偶。(2)行为因素:包括饮酒史、吸烟史;(3)健康状况:包括慢性病史(高血压、心脏疾病、慢性肺病、脑卒中)、腰围、握力、日常生活活动能力(activities of daily living, ADL)评分、视力、听力、疼痛和认知功能。将在“您看近处的东西怎么样”条目或者在“您看远处的东西怎么样”条目中回答“好/很好/极好”“一般”“不好”的定义为视力的好、中、差。在“您的听力如何”条目中回答“好/很好/极好”“一般”“不好”的定义为听力的好、中、差。(4)心理健康因素:包括抑郁。

1.4 统计学方法

数据分析采用SPSS 26.0及R 4.3.1统计软件完成。连续变量以平均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 t 检验。分类变量以例数和百分比 $[n(\%)]$ 表示,组间比较采用卡方(χ^2)检验或Fisher精确检验。多因素分析采用二元Logistic回归分析。采用“rms”程序包构建列线图预测模型。采用校准曲线评估列线图模型预测概率与观察结果之间的一致程度,采用受试者操作特

征(receiver operating characteristic, ROC)曲线下面积(area under the curve, AUC)评估模型的辨别能力,采用决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)评估临床有效性。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 患者的基本临床特征

本研究从数据库中纳入1 436例老年糖尿病患者,排除不符合纳入条件的329例患者,最终纳入1 107例患者进行分析。衰弱组患者ADL得分、握力、腰围较非衰弱组降低,差异有统计学意义($P<0.05$)。衰弱组患者有配偶、饮酒、吸烟、社会活动的比例较非衰弱组降低,认知功能下降、合并慢性肺病和疼痛的比例较非衰弱组升高,差异有统计学意义($P<0.05$,表1)。

2.2 衰弱的影响因素分析(多因素Logistic回归)

将单因素分析有统计学意义的变量纳入多因素Logistic回归分析,赋值情况如下:衰弱(是=1,否=0)、ADL评分(实际值)、认知功能下降(是=1,否=0)、握力(实际值)、腰围(实际值)、无配偶(是=1,否=0)、合并慢性肺病(是=1,否=0)、社会活动少(是=1,否=0)。结果显示

表1 衰弱组和非衰弱组患者的基本临床特征

组别	年龄/岁	男性/[例(%)]	ADL得分/分	认知功能下降/[例(%)]	握力/kg	腰围/cm	文化程度/[例(%)]			高血压/[例(%)]	慢性肺病/[例(%)]
							初中及以下	高中或职校	高等教育		
衰弱组($n=113$)	67.97±4.18	42(37.2)	4.11±1.280	54(47.8)	21.84±5.63	88.79±4.92					
非衰弱组($n=994$)	68.31±4.33	403(40.5)	5.52±0.681	336(33.8)	28.85±5.61	91.78±4.90					
t/χ^2 值	-0.794	0.481	-11.582	19.198	-12.589	-6.136					
P 值	0.427	0.488	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001					
组别	有配偶/[例(%)]	文化程度/[例(%)]			高血压/[例(%)]	慢性肺病/[例(%)]					
		初中及以下	高中或职校	高等教育							
衰弱组($n=113$)	85(75.2)	102(90.3)	8(7.1)	3(2.7)	72(63.7)	25(22.1)					
非衰弱组($n=994$)	874(87.9)	860(86.5)	97(9.8)	37(3.7)	587(59.1)	149(15.0)					
t/χ^2 值	9.855		1.252		0.916	3.898					
P 值	0.002		0.535		0.339	0.048					
组别	心脏疾病/[例(%)]	脑卒中/[例(%)]	饮酒/[例(%)]	吸烟/[例(%)]	社会活动少/[例(%)]	抑郁/[例(%)]					
衰弱组($n=113$)	45(39.8)	11(9.7)	16(14.2)	28(24.8)	38(33.6)	93(82.3)					
非衰弱组($n=994$)	317(31.9)	85(8.6)	296(29.8)	433(43.6)	638(64.2)	832(83.7)					
t/χ^2 值	2.901	0.179	12.23	14.73	39.848	0.145					
P 值	0.089	0.672	<0.001	<0.001	<0.001	0.703					
组别	视力/[例(%)]			听力/[例(%)]			疼痛/[例(%)]				
	好	中	差	好	中	差					
衰弱组($n=113$)	15(13.3)	41(36.3)	57(50.4)	27(23.9)	55(48.7)	31(27.4)	75(66.4)				
非衰弱组($n=994$)	165(16.6)	334(33.6)	495(49.8)	267(26.9)	544(54.7)	183(18.4)	539(54.2)				
t/χ^2 值		0.914			5.297		6.060				
P 值		0.633			0.071		0.014				

ADL评分和认知功能下降、握力下降、腰围减小、无配偶、合并慢性肺病、社会活动少是中国老年糖尿病患者发生衰弱的危险因素(见表2)。

2.3 列线图预测模型的构建与验证

通过ADL评分、认知功能下降、握力下降、腰围减小、无配偶、合并慢性肺病、社会活动少等危险因素构建的预测老年糖尿病患者发生衰弱的列线图模型见图1。校准曲线结果示,列线图模型预测衰弱发生概率与实际发生概率的一致性较好(图2A),ROC曲线结果示,列线图模型的

表2 衰弱患者的多因素Logistic回归分析

因素	β 值	OR值	95% CI	P值
ADL评分	-1.619	0.198	[0.143,0.275]	<0.001
认知功能下降	1.007	2.738	[1.877,3.994]	<0.001
握力	-0.241	0.786	[0.739,0.836]	<0.001
腰围	-0.121	0.886	[0.833,0.942]	<0.001
无配偶	-1.223	0.294	[0.141,0.614]	0.001
合并慢性肺病	1.131	3.098	[1.495,6.419]	0.002
社会活动少	-0.782	0.457	[0.253,0.826]	0.010

AUC值为0.879(95%CI:[0.838,0.920])(图2B)。当取最佳截断值0.548时,ROC曲线的灵敏度为75.2%,特异度为79.6%。

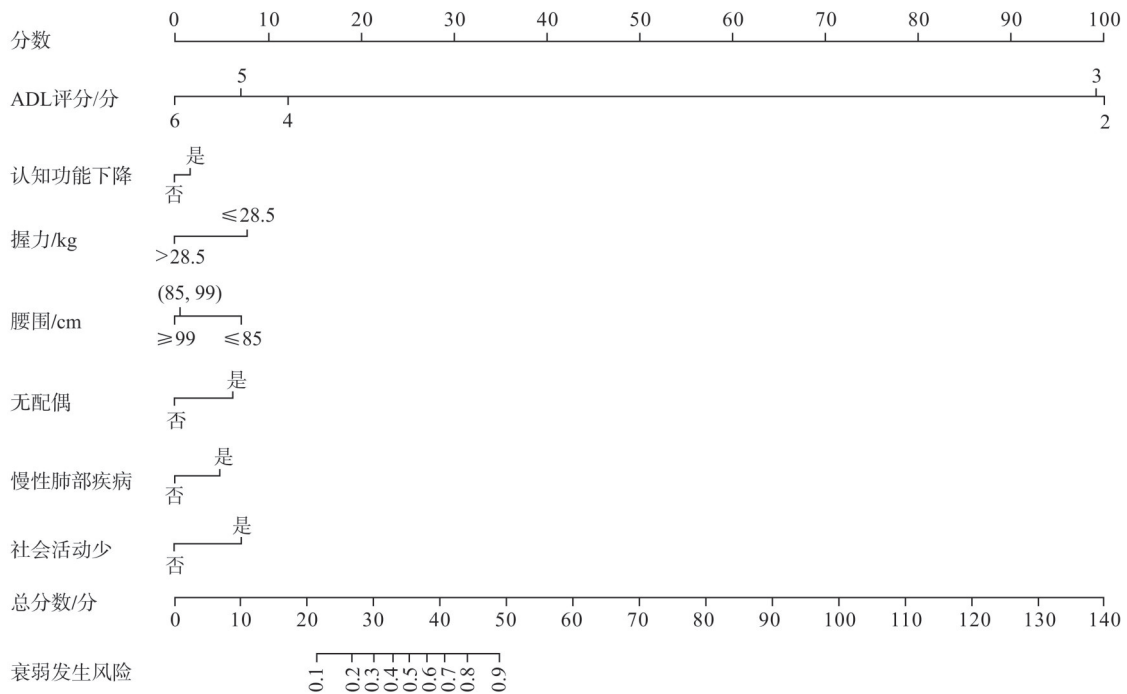


图1 中国老年糖尿病患者发生衰弱的列线图预测模型

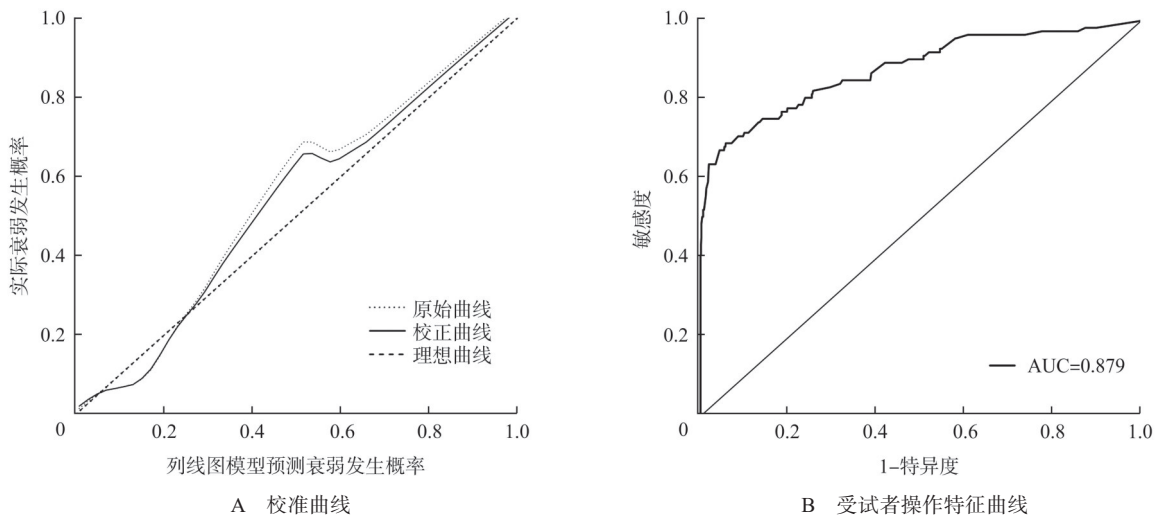


图2 列线图预测模型验证

2.4 列线图预测模型临床有效性评估

DCA 曲线图结果显示, 列线图模型的临床净获益率较高(图3)。

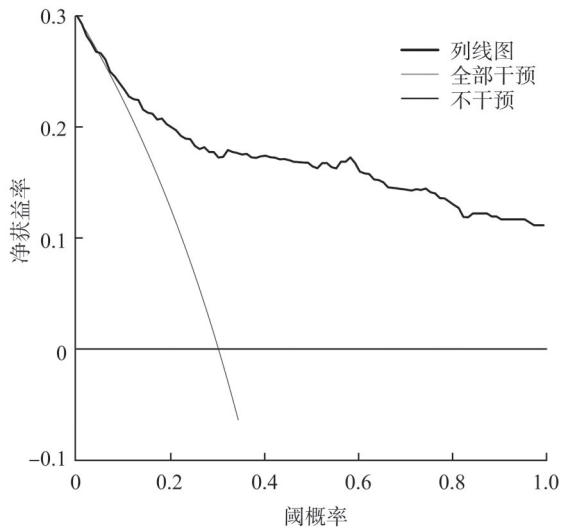


图3 列线图预测模型决策曲线分析曲线图

3 讨论

中国社区老年人群衰弱的发生率约为10%, 本研究中糖尿病老年患者衰弱的发生率为10.2%。衰弱的发病机制十分复杂, 是一种多因素临床综合征^[5]。衰弱发生的早期阶段是可逆的^[8]。因此, 识别高危人群对于预防衰弱及相关不良后果的发生非常重要, 尤其是在糖尿病的早期阶段。

本研究发现, 无配偶的患者较有配偶的更容易出现虚弱, 这与之前的研究结果一致^[11]。无配偶者通常独自生活, 在面对压力事件时缺乏心理和社会支持, 因此更有可能体验到社会隔离感和孤独感, 从而进一步加剧衰弱的发展^[12]。ADL评分低的老年糖尿病患者更容易出现虚弱。ADL受损患者可能会出现身体活动量减少, 造成肌肉力量和骨密度下降, 从而导致衰弱发生风险升高^[13]。握力和腰围是预测衰弱的独立危险因素。握力下降表明肌肉质量和密度下降, 这将导致肌肉力量和运动协调性的丧失, 从而加速衰弱发生^[14]。同样, 本研究还发现腰围越小, 发生衰弱的风险越高。糖尿病是一种慢性消耗性疾病, 会导致患者体重减轻或消瘦, 造成营养不良和肌肉疏松症, 而这两者均与衰弱的发生密切相关^[15]。此外, 认知功能下降也与衰弱发生相关, 这与之前的研究^[16]结果一致, 即衰弱与主观认知能力下降有关。

认知功能下降会降低糖尿病患者的自我管理能力和对治疗的依从性, 从而进一步加重疾病的进展, 导致衰弱发生的风险升高^[17]。本研究还发现, 社交活动是防止衰弱的保护性因素。这可能是因为社交活动可以减少孤独感和社会隔离感^[18]。此外, 社交活动可使患者获得疾病知识和管理技能, 建立战胜疾病的信心, 提高自我管理能力和自我效能感, 有助于延缓衰弱的发展过程^[19]。

列线图是临床研究中常用的预测模型工具, 通过将每个预测因子的得分相加得出总分, 从而预测临床结果事件的概率^[20]。本研究发现ADL评分和认知功能下降、握力下降、腰围减小、无配偶、合并慢性肺病、社会活动少是老年糖尿病患者发生衰弱的危险因素, 且根据这7个危险因素构建的预测模型显示出良好的区分度、校准性和临床有效性, 表明该预测模型对于筛查老年糖尿病患者中的衰弱高危人群具有较好的应用价值。当预测模型中因子的得分总和 ≥ 44 分, 老年糖尿病患者发生衰弱的风险概率 $> 80\%$, 当预测模型中因子的得分总和 ≥ 49 分, 老年糖尿病患者发生衰弱的风险概率 $> 90\%$ 。

本研究仍存在一定局限性。首先, 中国健康与养老追踪调查数据库中未能提供一些潜在的预测因素, 包括饮食习惯及一些糖尿病并发症。其次, 本研究是一项回顾性研究, 可能存在信息偏倚。再次, 未进行外部队列数据的验证, 模型可能存在过度拟合, 结果外推受到一定限制。今后应进一步开展前瞻性研究, 并进行外部队列数据库数据的进一步验证, 以提高模型预测的准确性。

4 结论

综上所述, 本研究发现ADL评分和认知功能下降、握力下降、腰围减小、无配偶、合并慢性肺病、社会活动少是中国老年糖尿病患者发生衰弱的危险因素, 并以此构建的列线图预测模型区分度和准确性较高, 对老年糖尿病患者发生衰弱具有较好的预测价值和临床应用价值。该预测模型可用于为老年糖尿病患者在临床实践中发生衰弱进行早期筛查及风险分层。

致谢 衷心感谢中国健康与养老追踪调查(CHARLS)团队提供的数据, 同时也对CHARLS的所有参与者表示感谢。

利益冲突声明 本研究不存在研究者、伦理委员会成员、受试者监护人以及与公开研究成果有关的利益冲突。

作者贡献声明 肖瑞丰:文献调研与整理、设计研究思路、撰写论文、修订论文;王睿:收集数据、参与清洗与分析数据;徐璐:收集数据、文献整理;许明军:修改研究方案、参与论文修订、论文最终版本修订。

参考文献

- [1] SUN H, SAEEDI P, KARURANGA S, et al. IDF diabetes atlas: global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045 [J]. *Diabetes research and clinical practice*, 2022, 183: 1-23.
- [2] 刘庭, 孟俊华, 朱海兰, 等. 老年糖尿病患者衰弱现状及其影响因素[J]. *中华老年多器官疾病杂志*, 2023, 22(12): 881-885.
- [3] LIU J, LIU M, CHAI Z, et al. Projected rapid growth in diabetes disease burden and economic burden in China: a spatio-temporal study from 2020 to 2030 [J]. *The lancet regional health western pacific*, 2023, 33: 1-11.
- [4] HAFIZOĞLU M, YILDİRİM HK, OKYAR BAŞ A, et al. Role of muscle ultrasound in frailty assessment in older adults with type 2 diabetes mellitus [J]. *BMC geriatrics*, 2024, 24(1): 397-409.
- [5] LEGA IC, THOMPSON W, MCCARTHY LM. Deprescribing diabetes medications for older adults living with frailty [J]. *Canadian medical association journal*, 2024, 196(16): E562.
- [6] 中华医学会老年医学分会,《中华老年医学杂志》编辑委员会. 老年人衰弱预防中国专家共识(2022) [J]. *中华老年医学杂志*, 2022, 41(5): 503-511.
- [7] BUTCHER L, CARNICERO JA, PÉRÈS K, et al. Frailty influences the relationship between the soluble receptor for advanced glycation-end products and mortality in older adults with diabetes mellitus [J]. *Gerontology*, 2024, 70(6): 585-594.
- [8] 中国老年医学学会麻醉学分会. 老年衰弱患者围术期管理专家意见 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2023, 39(9): 991-997.
- [9] XU G, NONG Y. Risk factors and prediction nomogram of cognitive frailty with diabetes in the elderly [J]. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*, 2023, 16: 4143-4144.
- [10] DAELMAN B, VAN BULCK L, LUYCKX K, et al. Frailty and cognitive function in middle-aged and older adults with congenital heart disease [J]. *Journal of the American college of cardiology*, 2024, 83(12): 1149-1159.
- [11] 韩文璐, 张兆志, 王晓东. 老年2型糖尿病患者衰弱影响因素及对策分析 [J]. *国际老年医学杂志*, 2021, 42(6): 350-353.
- [12] 蒋明金, 冯天天, 姚雪, 等. 老年2型糖尿病患者认知衰弱危险因素的 Logistic 回归分析及对执行功能和跌倒恐惧发生风险的影响 [J]. *现代生物医学进展*, 2022, 22(21): 4076-4080.
- [13] LU S, XU Q, YU J, et al. Prevalence and possible factors of cognitive frailty in the elderly with hypertension and diabetes [J]. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 2022, 9: 1-6.
- [14] JONES R, ENOGELA EM, ZUMBRO EL, et al. Assessment of frailty among older adults in the physical activity daily trial [J]. *Journal of applied gerontology*, 2024, 24, 43(10): 1428-1437.
- [15] SHIM GY, YOO MC, SOH Y, et al. Obesity, physical performance, balance confidence, and falls in community-dwelling older adults: results from the Korean frailty and aging cohort study [J]. *Nutrients*, 2024, 16(5): 614-624.
- [16] KARANTH S, BRAITHWAITE D, KATSUMATA Y, et al. Association of physical frailty and cognitive function in a population-based cross-sectional study of American older adults [J]. *Gerontology*, 2024, 70(1): 48-58.
- [17] SANTULLI G, VISCO V, CICCARELLI M, et al. Frail hypertensive older adults with prediabetes and chronic kidney disease: insights on organ damage and cognitive performance-preliminary results from the CARYATID study [J]. *Cardiovascular diabetology*, 2024, 23(1): 125-131.
- [18] 刘超, 郝志梅. 老年人社交活跃度对衰弱的影响 [J]. *现代预防医学*, 2024, 51(5): 899-903.
- [19] 沈童, 王洋, 金巍, 等. 老年慢性病患者认知衰弱的危险因素分析及风险模型构建 [J]. *吉林大学学报(医学版)*, 2023, 49(5): 1304-1309.
- [20] DENG Y, LI N, WANG Y, et al. Risk factors and prediction nomogram of cognitive frailty with diabetes in the elderly [J]. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*, 2023, 16: 3175-3185.