

# 中国老年2型糖尿病患者认知衰弱风险预测模型的系统评价

黄攀

暨南大学第二临床医学院, 广东 深圳

收稿日期: 2025年4月28日; 录用日期: 2025年5月21日; 发布日期: 2025年5月31日

## 摘要

目的: 系统评价国内用于预测老年2型糖尿病患者发生认知衰弱的风险预测模型, 为临床选择风险评估工具和后续研究提供参考。方法: 计算机检索中国知网、维普网、万方数据知识服务平台、中华医学期刊全文数据库、PubMed、Embase、Cochrane Library发表的相关文献, 检索时间为建库至2025年3月。使用PROBAST偏倚风险评估工具对纳入研究进行评估, 并对模型区分度指标进行Meta分析。结果: 共纳入10项研究, 所有研究中的模型均经过验证并使用受试者工作特征曲线下面积(area under the curve, AUC)报告了模型验证时的区分度, 其中9项研究中的模型验证时的AUC > 0.8。9项研究报告了模型校准, 6项研究报告了临床实用性评估。纳入模型最常见预测因子为年龄、抑郁、营养状况。所有研究的偏倚风险均为高风险, 纳入研究的适用性良好。对模型验证时的AUC进行meta合并, 结果为0.876 (95% CI: 0.846~0.907), 提示模型整体具有良好的区分度。结论: 老年2型糖尿病患者认知衰弱风险预测模型的建模具有较高的区分度但在应用时存在高偏倚风险, 且普遍缺乏外部验证。在研究样本选择、原始数据处理、算法使用和统计分析方面有待进一步提升。未来研究可考虑参照方法学指南构建新的预测模型并进行验证。

## 关键词

2型糖尿病, 认知衰弱, 风险预测模型, 系统评价

# Systematic Evaluation of a Predictive Model for the Risk of Cognitive Frailty in Elderly Chinese Patients with Type 2 Diabetes Mellitus

Pan Huang

The Second Clinical Medical College, Jinan University, Shenzhen Guangdong

## Abstract

**Objective:** To systematically evaluate the risk prediction models used in China to predict the occurrence of cognitive frailty in elderly patients with type 2 diabetes mellitus, and to provide a reference for clinical selection of risk assessment tools and follow-up studies. **Methods:** Computerized searches were conducted for relevant literature published in CNKI, WEIPU, WanFang Database, China Medical Journal Full Text Database, PubMed, Embase, and Cochrane Library, and the search was conducted from the establishment of the libraries to March 2025. The included studies were evaluated using the PROBAST risk of bias assessment tool, and meta-analysis was performed on the model differentiation index. **Results:** A total of 10 studies were included, all of which had validated models and reported discrimination at model validation using the area under the curve (AUC) of the subjects' work characteristics, with nine studies having an AUC > 0.8 at model validation. Nine studies reported model calibration, and six studies reported an assessment of clinical utility. The most common predictors included in the models were age, depression, and nutritional status. The risk of bias was high for all studies, and the applicability of the included studies was good. Meta-merging of the AUC at model validation resulted in 0.876 (95% CI: 0.846~0.907), suggesting that the models were overall well discriminated. **Conclusion:** The modeling quality of the cognitive frailty risk prediction model for elderly type 2 diabetic patients was good, with high discriminability but a high risk of bias in its application and a general lack of external validation. Further improvements are needed in the selection of study samples, raw data processing, use of algorithms and statistical analysis. Future studies may consider constructing new predictive models with reference to methodological guidelines and validating them.

## Keywords

Type 2 Diabetes Mellitus, Cognitive Frailty, Risk Prediction Model, Systematic Evaluation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

糖尿病(Diabetes Mellitus, DM)是一种由于胰岛素分泌不足、胰岛素作用受损或两者兼有而引发的以高血糖为主要特征的慢性全身代谢性疾病[1]。根据病理生理学,糖尿病可分为1型糖尿病(Type 1 Diabetes Mellitus, T1DM), 2型糖尿病(Type 2 Diabetes Mellitus, T2DM)、妊娠糖尿病、混合型糖尿病和其他特殊类型糖尿病[2]。其中T2DM最为常见。在我国,约有30%的老人患有DM,而其中T2DM约占95% [3]。T2DM是造成老年患者身体衰弱和轻度认知障碍的独立危险因素[4] [5]。基于老年T2DM患者常并发身体衰弱和轻度认知障碍,认知衰弱(Cognitive Frailty, CF)这一概念被提出,它被定义为在排除阿尔兹海默症或其他类型痴呆的情况下同时存在身体衰弱和轻度认知障碍[6]。一项Meta分析的结果指出[7],我国老年DM患者的CF发生率约为17.1%且在老年DM住院人群中高达35.7%的患者罹患CF。DM与CF之间存在显著的相关性,且相较于仅有认知障碍或身体衰弱的DM患者,罹患CF的患者具有更高的失能和死亡风险[8]。CF具有可逆性,对患者施以有效的干预措施可预防疾病的进展并防止不良结局的发生。因此,早期识别和预测老年DM患者的CF发病风险具有十分重要的意义。尽管CF的概念提出较

晚,目前仍需要进一步的研究,但国内已有一些学者开发了多个用于老年 DM 患者的 CF 风险预测模型。该领域的预测模型相关研究是一个较为新颖的领域,因此现阶段对模型的开发过程和应用时的性能缺乏全面的系统评价,且预测模型的偏倚风险和适用性有待进一步考证,研究结果应用于临床的可行性仍需深究。故本研究对国内针对老年 DM 患者的 CF 风险预测模型进行系统性分析评价,以期为该类模型的开发和应用提供参考。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 纳入与排除标准

本研究的纳入与排除标准参考了 PICOS 原则[9] (P: Population, 即研究对象; I: Intervention, 即干预措施; C: Comparison, 即对照措施; O: Outcome, 即结局; S: Study design, 即研究类型)。

纳入符合以下标准的研究:

(1) 研究对象: 确诊为 T2DM 的患者, 年龄  $\geq 60$  岁; (2) 研究类型: 横断面研究、病例对照研究、队列研究; (3) 研究内容: 老年 T2DM 患者 CF 风险预测模型的构建和验证; (4) 结局指标: 以老年 T2DM 患者合并发生 CF 为结局指标(不包含 CF 的进展、预后、复发); (5) 研究发表文章的第一作者的所属国家为中国。

排除以下情况的研究:

(1) 仅探讨老年 T2DM 患者发生 CF 的危险因素而未构建预测模型; (2) 文章类型不符, 如综述、述评、Meta 分析、病例报告等; (3) 无法获得原文的文献; (4) 新闻报道、会议摘要等无法提取有效数据的文献; (5) 文章使用语言非中文或英文; (6) 缺乏模型的验证过程; (7) 重复发表的文献; (8) 模型预测因子或使用对象不符, 如基于中医药理论纳入变量的模型、使用多模态数据(如影像、音频、视频等非表格类数据)作为变量的模型、应用于动物的模型。

文献检索策略

本次研究内容的设计在系统评价和 Meta 分析优先报告条目[10] (The preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses, PRISMA)的指导下进行。通过检索四个中文数据库: 中国知网、维普网、万方数据知识服务平台、中华医学期刊全文数据库; 以及三个英文数据库: PubMed、Embase、Cochrane, 使用主题词与自由词结合的方式, 广泛查阅建库至 2025 年 2 月的老年 T2DM 患者 CF 风险预测模型相关文献, 中文检索词为“2 型糖尿病”、“认知衰弱”、“老年患者”、“预测”、“风险预测”、“风险评估工具”、“预测模型”、“风险评分”、“列线图”; 英文检索词为“type 2 diabetes”、“cognitive frailty”、“elderly”、“aged”、“prediction”、“risk prediction”、“risk assessment tools”、“prediction model”、“risk score”、“prognostic model”、“nomogram”等。以 PubMed 为例, 具体检索式见表 1。

**Table 1.** Search strategy in PubMed

**表 1.** PubMed 检索策略

步骤	检索式
#1	aged [MeSH] OR elderly [Title/Abstract] OR older adult [Title/Abstract] OR seniors [Title/Abstract]
#2	diabetes mellitus, type 2 [MeSH] OR type 2 diabetes [Title/Abstract]
#3	#1 AND #2
#4	frailty [MeSH Terms] AND cognitive [Title/Abstract]
#5	cognitive frailty [Title/Abstract]
#6	#4 OR #5

续表

#7	#3 AND #6
#8	predict* [Title/Abstract] OR prediction [Title/Abstract] OR risk prediction [Title/Abstract] OR risk assessment tools [Title/Abstract] prediction model [Title/Abstract] OR risk score [Title/Abstract] OR prognostic model [Title/Abstract] OR nomogram [Title/Abstract]
#9	#7 AND #8

## 2.2. 文献筛选与资料提取

使用 Excel 和 Endnote21 软件对检索所得文献进行去重处理后进入文献的筛选流程。为保证研究的严谨和可靠，文献的筛选由两名研究人员独立完成。两名研究者根据纳排标准对文献进行筛选，筛选的流程包括初筛和复筛。初筛即阅读文章标题和摘要的内容剔除不符合要求的研究；复筛即对剩余文献进行全文详细阅读，确定最终纳入分析的研究。筛选完成后 2 名研究人员对结果进行相互校验，若有争议，则通过讨论及咨询第三位研究者的意见达成最终共识。

在预测模型研究系统评价的关键评估和数据提取清单<sup>[11]</sup> (Critical appraisal and data extraction for systematic reviews of prediction modelling studies, CHARMS)的指导下对需要提取的数据进行汇总。需提取的数据内容包括：第一作者、研究发表时间、研究类型、模型验证方法、模型训练集和验证集的样本量、缺失值处理方法、模型构建算法、预测因子筛选方法、最终预测因子情况、受试者工作特征曲线下面积、模型的呈现形式等。

## 2.3. 偏倚风险和适用性评价

由两名研究者使用 Wolff 等<sup>[12]</sup>开发的“预测模型的偏倚风险评估工具” (Prediction model risk of bias assessment tool, PROBAST)对纳入研究的偏倚风险和适用性进行评价，PROBAST 工具偏倚风险和适用性评价的标志性问题的分别见表 2 和表 3。

**Table 2.** Risk assessment of bias assessment points for landmark issues in each domain

**表 2.** 偏倚风险评估各领域标志性问题的评估要点

评价领域	标志性问题
一、研究对象	1、数据来源是否恰当？ 2、研究对象的纳入和排除标准是否恰当？
二、预测因子	1、所有研究对象是否采用相似的预测因子定义与评测方式？ 2、预测因子的评测是否在未知临床结局的前提下进行？ 3、在预测模型的预期使用时间节点，是否可以获取模型中所有预测因子的信息？
三、临床结局	1、临床结局的判定是否恰当？ 2、临床结局的定义是否恰当？ 3、是否从临床结局定义中排除预测因子信息？ 4、所有研究对象是否采用相似的临床结局定义与判定方式？ 5、结局指标的判定是否是在未知预测因子信息的情况下进行？ 6、预测因子评测和临床结局判定的时间间隔是否恰当？
四、数据分析	1、有特定临床结局事件的研究对象样本量是否合理？ 2、对连续和分类型预测因子变量的处理是否恰当？

续表

- 3、是否将所有研究对象纳入数据分析?
- 4、是否恰当处理缺失数据的研究对象?
- 5、是否避免使用单因素分析方法进行预测因子筛选?
- 6、是否恰当考虑数据的复杂性?
- 7、是否恰当评估模型性能?
- 8、是否恰当考虑预测模型过度拟合、乐观偏差问题?
- 9、最终模型中的预测因子及其权重分配是否和多因素分析结果相符?

**Table 3.** Key points of assessment of landmark issues in each area of applicability evaluation**表 3.** 适用性评价各领域标志性问题的评估要点

评价领域	标志性问题
一、研究对象	原始研究纳入对象和临床设计与系统评价问题是否相符?
二、预测因子	原始研究预测因子的定义、评估和评估时间与系统评价问题是否相符?
三、临床结局	结果的定义、时间间隔和分析方法与系统评价问题是否相符?

## 2.4. 统计学方法

使用 MedCalc20 软件对纳入本次系统评价的模型在验证时的 AUC 进行 Meta 合并, 使用森林图展示合并情况。标准误(Standard Error, SE)可通过 95%CI 的上限与 AUC 之差除以 1.96 计算。如果  $I^2 < 50\%$  且  $P > 0.05$ , 认为研究间不存在异质性, 则选用固定效应模型; 如果  $I^2 \geq 50\%$  或  $P < 0.05$ , 认为研究间异质性大, 则选用随机效应模型。

## 3. 结果

### 3.1. 文献的检索过程与结果

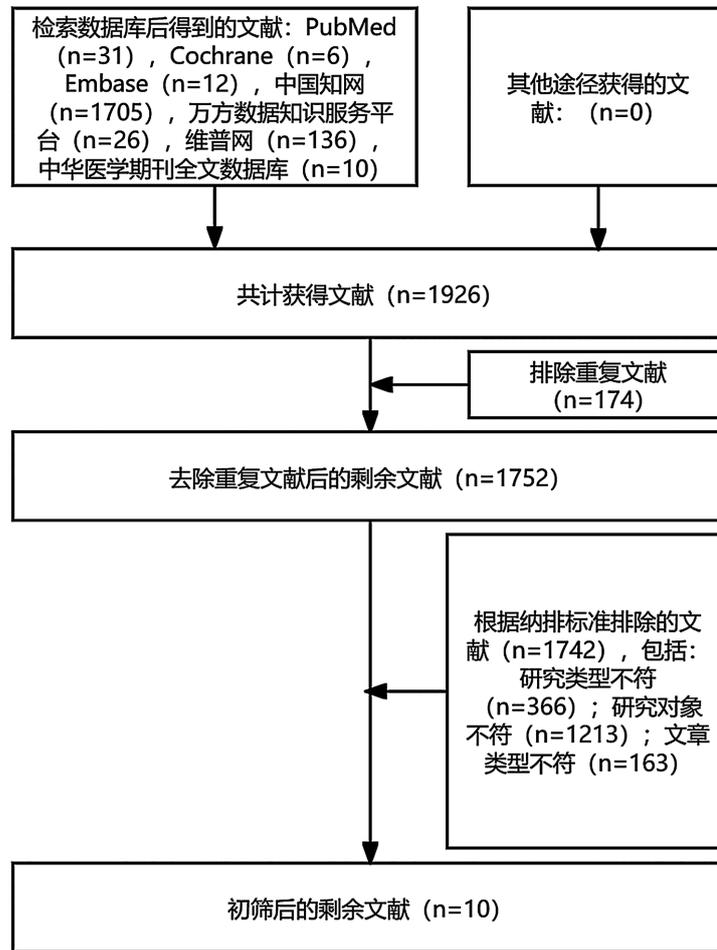
经过上述检索方法, 本研究在初步检索过程中共获得 1806 篇文献, 导入 Endnote21 软件后剔除重复文献后, 剩余 1675 篇。这些所剩文献在经过逐级筛选后, 最终得到 10 篇[13]-[22]。文献的筛选过程及结果见图 1。

### 3.2. 纳入文献的基本特征

最终纳入 10 篇文献[13]-[22], 研究内容均涵盖模型的构建和验证, 所有模型的适用人群均为患有 T2DM 的老年患者, 预测结局指标则是发生 CF。它们发表于 2023~2025 年, 均来自不同的地域。所有研究的数据来源均来自医院数据平台且为单中心研究, 有 4 项[14] [15] [21] [22]研究属于横断面研究, 6 项[13] [16]-[20]属于病例对照研究。所有研究中, 总样本量最多为杜瑾等[17]的 527 例, 最少为王偲景等[20]的 202 例。除 Yu 等[22]的研究未报告建模时的阳性样本率外, 所有研究的建模阳性样本率介于 12.14% 至 62.12%。纳入研究的基本特征见表 4。

### 3.3. 模型的构建情况

在原始数据的缺失值处理方面, 仅有 2 项[14] [16]研究中指出了处理方法, 分别是剔除数据缺失值  $> 5\%$  的样本和剔除存在数据缺失的样本。在所有模型研究的原始数据中, 候选的预测因子数较为集中,



**Figure 1.** The screening process and results of the literature  
**图 1.** 文献的筛选过程及结果

**Table 4.** The basic characteristics included in the study  
**表 4.** 纳入研究的基本特征

第一作者	发表时间	研究所在地区	研究类型	数据来源	总样本量(a: 训练集; b: 内部验证集)	建模数据阳性样本率
王中君[13]	2023	海口	病例对照研究	医院数据平台(单中心)	321a	26.48%
刘云[14]	2023	天津	横断面研究	医院数据平台(单中心)	338a;145b	20.12%
孟玲[15]	2023	深圳	横断面研究	医院数据平台(单中心)	370a;138b	23.78%
王晓薇[16]	2023	上海	病例对照研究	医院数据平台(单中心)	262a	32.44%
杜瑾[17]	2024	郑州	病例对照研究	医院数据平台(单中心)	527a	12.14%
刘晓璇[18]	2024	合肥	病例对照研究	医院数据平台(单中心)	132a;88b	62.12%
张亚娟[19]	2024	苏州	病例对照研究	医院数据平台(单中心)	215a	30.70%
王偲景[20]	2025	南充	病例对照研究	医院数据平台(单中心)	152a;50b	39.47%
Yinhui Deng [21]	2023	广东	横断面研究	医院数据平台(单中心)	221a; 94b	27.60%
Qian Yu [22]	2025	锦州	横断面研究	医院数据平台(单中心)	300a;130b	无信息

Table 5. The construction status of the model

表 5. 模型的构建情况

第一作者	缺失值 处理法	候选预测 因子数	预测因子筛选方法	最终预测 因子数	建模算法	最佳模型算法	EPV
王中君[13]	无信息	17	单因素分析、多因素分析	5	Logistic 回归	Logistic 回归	17
刘云[14]	剔除资料 缺值 > 5% 的样本	24	单因素分析、多因素分析	6	Logistic 回归	Logistic 回归	56.33
孟玲[15]	无信息	24	单因素分析、多因素分析	6	Logistic 回归	Logistic 回归	14.67
王晓薇[16]	剔除存在 数据缺失 的样本	21	单因素分析、多因素分析	8	Logistic 回归	Logistic 回归	10.63
杜瑾[17]	无信息	19	单因素分析、多因素分析	7	Logistic 回归	Logistic 回归	9.14
刘晓璇[18]	无信息	16	单因素分析、多因素分析	4	Logistic 回归	Logistic 回归	20.5
张亚娟[19]	无信息	20	单因素分析、多因素分析	5	Logistic 回归	Logistic 回归	13.2
王偲景[20]	无信息	20	单因素分析、LASSO 回归	11	决策树	决策树	5.45
Yinhui Deng [21]	无信息	23	单因素分析、多因素分 析、LASSO 回归	6	Logistic 回归	Logistic 回归	10.17
Qian Yu [22]	无信息	22	多因素分析、LASSO 回归	7	Logistic 回归	Logistic 回归	42.86

从 16~24 个不等。所有被纳入的研究中除 Deng 等[21]的研究使用了单因素分析、多因素分析和 LASSO 回归三种方法筛选预测因子，其余均使用了两种方法。除 Yu 等[22]的研究外，其余 9 项中均使用了单因素分析，这 9 项中共有 8 项同时使用了单因素和多因素分析对预测因子进行筛选，王偲景等[20]则是使用了单因素分析和 LASSO 回归，而 Yu 等[22]的研究中则使用了多因素分析和 LASSO 回归。在所有的预测模型中，预测因子数最少为 4 个，最多为 11 个，其中 70% (7/10) 的模型预测因子数量为 5~7 个。本次系统评价纳入的所有研究尚未体现算法的多样性，均只使用了一种算法建模，除王偲景等[20]使用了决策树算法，其余 9 项研究均使用 Logistic 回归建模。EPV (Events Per Variable, 每个变量的事件数) [23]是指在分类模型中每个自变量所对应的阳性事件数，由建模阳性样本量除以模型变量数得到。有 2 项[17][20]研究的 EPV < 10。王偲景等[20]研究的 EPV 最小(5.45)，刘云等[14]研究的 EPV 最大(56.33)。纳入研究的模型构建情况见表 5。

### 3.4. 模型的应用与解释

纳入模型的所有预测因子中，年龄、抑郁、营养状况、DM 病程是最常见的 4 种，分别出现了 8 次、8 次、7 次、6 次。所有模型在验证时的 AUC 均大于 0.7，其中 9 项大于 0.8，说明它们均具有良好的分类能力。有 6 项研究将纳入对象的所有数据划分了训练集和验证集，即使用了数据的随机拆分验证法，其中只有 2 项[14][15]研究在此基础上还同时使用了 Bootstrap 法；其余 4 项[13][16][17][19]研究则仅使用了 Bootstrap 法，所有预测模型均未进行外部验证。值得注意的是，孟玲等[15]的研究中训练集的划分方法属于时间验证，即使用训练集数据源中的不同时段数据，一些观点认为该方法可以被视作一种特殊的外部验证[24]。研究中常用 H-L 检验和校准曲线评价模型的校准度，使用临床决策曲线评价模型的实用性。列线图是此类预测模型最常见的应用方式。纳入研究的模型应用与解释的具体情况见表 6。

**Table 6.** The application and interpretation of the model  
**表 6.** 模型的应用与解释情况

第一作者	最终纳入的预测因子	AUC 及 95%置信区间 (a: 训练集; b: 验证集)	模型的 验证方法	模型校准度 评价	模型实用性 评价	模型最终 呈现形式	模型 解释
王中君[13]	年龄、抑郁、营养状况、HbA1c、血清瘦素/脂联素	a: 无信息 b: 0.853 (0.809~0.897)	Bootstrap 内部验证	校准曲线	临床决策曲线	列线图	无信息
刘云[14]	年龄、规律运动、DM 病程、HbA1c、抑郁、营养状况	a: 0.886 (0.839~0.932) b: 0.875 (0.809~0.941)	划分训练集测试集、Bootstrap 内部验证	H-L 检验、校准曲线	临床决策曲线	列线图	无信息
孟玲[15]	规律运动、营养状况、DM 病程、HbA1c、低血糖史、慢性肾脏疾病史	a: 0.83 (0.789~0.887) b: 0.895 (0.827~0.964)	划分训练集测试集(时间验证)、Bootstrap 内部验证	H-L 检验、校准曲线	无信息	列线图	无信息
王晓薇[16]	性别、年龄、文化程度、规律运动、记忆力、营养状况、日常生活活动能力、抑郁	a: 无信息 b: 0.897 (0.844~0.949)	Bootstrap 内部验证	H-L 检验、校准曲线	无信息	列线图	无信息
杜瑾[17]	年龄、抑郁、独居、规律运动、营养状况、睡眠状态、HbA1c	a: 无信息 b: 0.790 (0.728~0.852)	Bootstrap 内部验证	H-L 检验	无信息	列线图	无信息
刘晓璇[18]	年龄、DM 病程、睡眠时长、抑郁	a: 0.9 (0.955~0.985) b: 0.939 (0.943~0.972)	划分训练集测试集	H-L 检验	临床决策曲线	计算公式	无信息
张亚娟[19]	年龄、脑力活动、抑郁、Barthel 指数、MFS 评分	a: 无信息 b: 0.924 (0.884~0.963)	Bootstrap 内部验证	H-L 检验、校准曲线	临床决策曲线	列线图	无信息
王偲景[20]	年龄、居住方式、抑郁、婚姻状况、DM 病程、文化程度、锻炼频率、其他慢性疾病、DM 并发症、营养状况	a: 0.908 (0.857~0.957) b: 0.868 (0.764~0.972)	划分训练集测试集	无信息	无信息	无信息	无信息
Yinhui Deng [21]	年龄、智力活动、白蛋白、小腿围、抑郁、DM 病程	a: 0.86 (0.809~0.922) b: 0.821 (0.716~0.927)	划分训练集测试集	H-L 检验、校准曲线	临床决策曲线	列线图	无信息
Qian Yu [22]	年龄、体力活动、HbA1c、DM 病程、营养状况、IADL 量表值、抑郁	a: 0.84 (0.799~0.893) b: 0.824 (0.747~0.902)	划分训练集测试集	校准曲线	临床决策曲线	列线图	无信息

注: Barthel 指数: 日常生活活动能力表; MFS 评分: 跌倒风险评估量表; IADL 量表: 工具性日常生活活动力量表。

### 3.5. 偏倚风险与适用性评价

偏倚风险和适用性评价则按照 PROBAST 评价标准进行评价。本次系统评价所纳入的 10 项研究均有

较高的适用性但存在高偏倚风险，具体结果见表7。

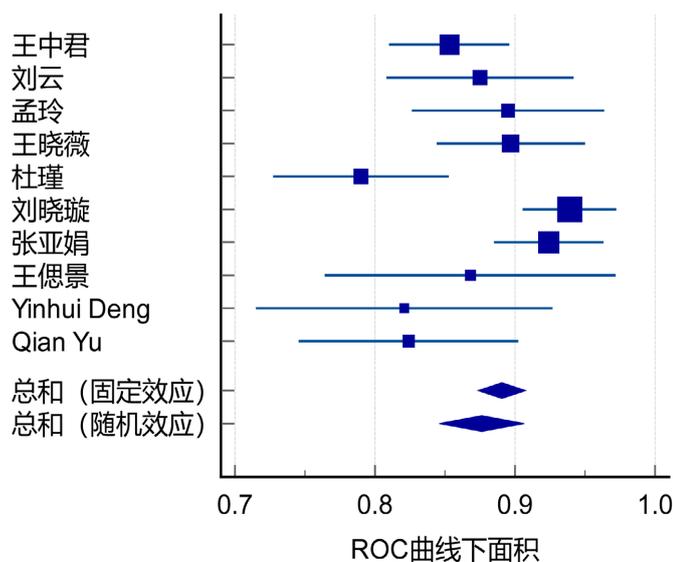
**Table 7.** Risk of bias and applicability assessment of included studies  
**表 7.** 纳入研究的偏倚风险和适用性评价

纳入研究	偏倚风险				适用性			整体评估	
	研究对象	预测因子	统计分析	结果	研究对象	预测因子	结果	偏倚风险	适用性
王中君[13]	+	+	-	-	+	+	+	-	+
刘云[14]	+	+	-	-	+	+	+	-	+
孟玲[15]	+	+	-	-	+	+	+	-	+
王晓薇[16]	+	+	-	-	+	+	+	-	+
杜瑾[17]	+	+	-	-	+	+	+	-	+
刘晓璇[18]	+	+	-	-	+	+	+	-	+
张亚娟[19]	+	+	-	-	+	+	+	-	+
王偲景[20]	+	+	-	-	+	+	+	-	+
Yinhui Deng [21]	+	+	-	-	+	+	+	-	+
Qian Yu [22]	+	+	-	-	+	+	+	-	+

注：“+”表示低风险；“-”表示高风险。

### 3.6. 偏倚风险与适用性评价

结果显示纳入模型研究存在异质性( $I^2 = 68.53\%$ ,  $P < 0.0001$ )，选择随机效应模型进行 meta 合并，合并后 AUC 的值为 0.876 (95% CI: 0.846~0.907)，结果提示模型总体区分能力较好。反映模型 AUC 合并效应值的森林图见图 2，检验异常值数据为： $Q = 28.5966$ ； $DF = 9$ ；显著性水平  $P = 0.0008$ ； $I^2 = 68.53\%$  (95% CI: 39.18%~83.71%)。



**Figure 2.** Forest plot of AUC combined effect values for the model validation group  
**图 2.** 模型验证组的 AUC 合并效应值森林图

## 4. 讨论

本次系统评价纳入的所有研究均为单中心研究,其中6项在内部验证时仅随机划分训练集和测试集。此外,由于这些研究普遍缺乏外部验证,而外部验证是检验模型泛化能力的最佳手段[25],因此这会影响到模型最终的应用。所有模型中仅有王偲景等[20]的1个采用了决策树算法建模,其余均使用 Logistic 回归。Logistic 回归是机器学习中的一种经典算法,兼具简单高效且可解释性强,但对多重共线性数据较为敏感,难以处理非线性的复杂问题[23]。除传统的 Logistic 回归算法外,基于树结构[26]和基于神经网络结构[27]的算法被逐渐应用于模型的构建中,它们往往具有更好的性能。故本次系统评价所纳入的研究并未体现算法的多样性,可能会影响模型的最终性能。有研究显示[28]模型的准确度与 EPV 呈正相关,在经过了多轮实验后总结了经典的 EPV > 10 法则[29],且在一定范围内 EPV 的值越高越好。本次共有2项[17][20]研究的 EPV < 10,4项研究的 EPV 大于10但小于15。此外,大部分的研究并未指出缺失值的处理方法,仅有2项[14][16]是基于数据缺失的量进行直接删除。而在预测模型的构建中,多重插补法被认为最优,能够有效地减少偏倚风险[30]。上述问题不仅影响了模型的性能,同时也降低了研究的质量并使研究普遍存在较高的偏倚风险。

本次研究显示,年龄、抑郁、营养状况、DM 病程等,在老年 T2DM 患者的 CF 风险预测中较为常见。随着预期寿命的增长,高龄患者的数量逐年递增。多项研究已表明高龄是 CF 发生与进展的高危因素[31]-[33]。而在老年共病患者中,抑郁症状越严重发生 CF 的概率越高[34]。现有研究尚未完全阐明抑郁导致 CF 发生的机制,但抑郁、躯体衰弱、认知功能障碍三者关系密切[35]。有研究表明,肌肉量下降是衰弱发生的核心机制并与 CF 的发生风险密切相关[36]。此外,老年 T2DM 患者的胰岛素抵抗可能会通过抑制骨骼肌对葡萄糖的摄取从而加重肌肉减少,进一步地增加了罹患 CF 的风险。

综上,我国老年 T2DM 患者的 CF 风险预测模型仍需要进一步完善相关研究,从模型研究全流程的多个步骤进行改进,促进科研向临床的转化,在治疗过程中为患者提供良好的干预措施,减少 CF 的发生。本次系统评价存在一定局限性:一是纳入的研究均未进行外部验证,缺乏泛用性;二是纳入研究的预测因子较少未进行 Meta 分析,可能对结局预测存在影响;三是纳入研究均来自同一国家,这可能限制研究结果的普适性,故不同地区在应用模型时应进行适当调整。

## 参考文献

- [1] Poznyak, A., Grechko, A.V., Poggio, P., Myasoedova, V.A., Alfieri, V. and Orekhov, A.N. (2020) The Diabetes Mellitus-Atherosclerosis Connection: The Role of Lipid and Glucose Metabolism and Chronic Inflammation. *International Journal of Molecular Sciences*, **21**, Article 1835. <https://doi.org/10.3390/ijms21051835>
- [2] Antar, S.A., Ashour, N.A., Sharaky, M., Khattab, M., Ashour, N.A., Zaid, R.T., et al. (2023) Diabetes Mellitus: Classification, Mediators, and Complications: A Gate to Identify Potential Targets for the Development of New Effective Treatments. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **168**, Article ID: 115734. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115734>
- [3] 国家老年医学中心,中华医学会老年医学分会,中国老年保健协会糖尿病专业委员会. 中国老年糖尿病诊疗指南(2021年版)[J]. 中华老年医学杂志, 2021, 40(1): 1-33.
- [4] Damanik, J. and Yunir, E. (2021) Type 2 Diabetes Mellitus and Cognitive Impairment. *Acta Medica Indonesiana*, **53**, 213-220.
- [5] Sanz-Cánovas, J., López-Sampalo, A., Cobos-Palacios, L., Ricci, M., Hernández-Negrín, H., Mancebo-Sevilla, J.J., et al. (2022) Management of Type 2 Diabetes Mellitus in Elderly Patients with Frailty and/or Sarcopenia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 8677. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148677>
- [6] Mantovani, E., Zucchella, C., Schena, F., Romanelli, M.G., Venturelli, M. and Tamburin, S. (2020) Towards a Redefinition of Cognitive Frailty. *Journal of Alzheimer's Disease*, **76**, 831-843. <https://doi.org/10.3233/jad-200137>
- [7] 刘庭, 宋咪, 刁子晏, 等. 我国老年糖尿病患者认知衰弱患病率及影响因素的 Meta 分析[J]. 海南医学院学报, 2023, 29(22): 1739-1747.

- [8] Thein, F.S., Li, Y., Nyunt, M.S.Z., Gao, Q., Wee, S.L. and Ng, T.P. (2018) Physical Frailty and Cognitive Impairment Is Associated with Diabetes and Adversely Impact Functional Status and Mortality. *Postgraduate Medicine*, **130**, 561-567. <https://doi.org/10.1080/00325481.2018.1491779>
- [9] Amir-Behghadami, M. and Janati, A. (2020) Population, Intervention, Comparison, Outcomes and Study (PICOS) Design as a Framework to Formulate Eligibility Criteria in Systematic Reviews. *Emergency Medicine Journal*, **37**, 387-387. <https://doi.org/10.1136/emered-2020-209567>
- [10] Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., et al. (2021) The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews. *BMJ*, **372**, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- [11] Moons, K.G.M., de Groot, J.A.H., Bouwmeester, W., Vergouwe, Y., Mallett, S., Altman, D.G., et al. (2014) Critical Appraisal and Data Extraction for Systematic Reviews of Prediction Modelling Studies: The CHARMS Checklist. *PLOS Medicine*, **11**, e1001744. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001744>
- [12] Wolff, R.F., Moons, K.G.M., Riley, R.D., Whiting, P.F., Westwood, M., Collins, G.S., et al. (2019) PROBAST: A Tool to Assess the Risk of Bias and Applicability of Prediction Model Studies. *Annals of Internal Medicine*, **170**, 51-58. <https://doi.org/10.7326/m18-1376>
- [13] 王中君, 陈金逸, 李敏香. 基于血清瘦素/脂联素构建的列线图模型对老年糖尿病患者并发认知衰弱的预测价值[J]. *山东医药*, 2023, 63(34): 31-37.
- [14] 刘云. 老年 2 型糖尿病患者认知衰弱风险预测模型的构建与验证[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津中医药大学, 2023.
- [15] 孟玲. 老年糖尿病患者认知衰弱影响因素分析及风险预测模型构建研究[D]: [硕士学位论文]. 遵义: 遵义医科大学, 2023.
- [16] 王晓薇, 许艳岚. 老年 2 型糖尿病患者认知衰弱风险预测研究[J]. *预防医学*, 2023, 35(12): 1037-1042.
- [17] 杜瑾, 张迪, 陈玉荣, 等. 社区老年 2 型糖尿病患者认知衰弱风险列线图预测模型的建立与验证[J]. *中华行为医学与脑科学杂志*, 2024, 33(4): 310-316.
- [18] 刘晓璇, 范西真. 高龄 2 型糖尿病患者合并认知衰弱预测模型建立及验证[J]. *安徽医学*, 2024, 45(12): 1543-1548.
- [19] 张亚娟, 田峰凡, 张豪, 等. 老年 2 型糖尿病合并高血压患者发生认知衰弱的影响因素及其风险预测列线图模型构建[J]. *实用心脑血管病杂志*, 2024, 32(12): 49-54.
- [20] 王偲景, 谭婷婷, 王青青, 等. 基于决策树构建老年 2 型糖尿病住院患者认知衰弱风险预测模型[J]. *四川医学*, 2025, 46(2): 204-210.
- [21] Deng, Y., Li, N., Wang, Y., Xiong, C. and Zou, X. (2023) Risk Factors and Prediction Nomogram of Cognitive Frailty with Diabetes in the Elderly. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, **16**, 3175-3185. <https://doi.org/10.2147/dms.o.s426315>
- [22] Yu, Q. and Yu, H. (2025) Development and Validation of a Risk Prediction Model for Cognitive Frailty in Elderly Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Journal of Clinical Nursing*. <https://doi.org/10.1111/jocn.17508>
- [23] 莫航洋, 陈亚萍, 韩慧, 等. 临床预测模型研究方法步骤[J]. *中国循证医学杂志*, 2024, 24(2): 228-236.
- [24] Altman, D.G., Vergouwe, Y., Royston, P. and Moons, K.G.M. (2009) Prognosis and Prognostic Research: Validating a Prognostic Model. *BMJ*, **338**, b605. <https://doi.org/10.1136/bmj.b605>
- [25] Moons, K.G.M., Kengne, A.P., Grobbee, D.E., Royston, P., Vergouwe, Y., Altman, D.G., et al. (2012) Risk Prediction Models: II. External Validation, Model Updating, and Impact Assessment. *Heart*, **98**, 691-698. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2011-301247>
- [26] Luna, J.M., Gennatas, E.D., Ungar, L.H., Eaton, E., Diffenderfer, E.S., Jensen, S.T., et al. (2019) Building More Accurate Decision Trees with the Additive Tree. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **116**, 19887-19893. <https://doi.org/10.1073/pnas.1816748116>
- [27] Kriegeskorte, N. and Golan, T. (2019) Neural Network Models and Deep Learning. *Current Biology*, **29**, R231-R236. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.02.034>
- [28] Peduzzi, P., Concato, J., Kemper, E., et al. (1996) A Simulation Study of the Number of Events Per Variable in Logistic Regression Analysis. *Journal of Clinical Epidemiology*, **49**, 1373-1379.
- [29] Yuan, X., Xu, Q., Du, F., Gao, X., Guo, J., Zhang, J., et al. (2025) Development and Validation of a Model to Predict Cognitive Impairment in Traumatic Brain Injury Patients: A Prospective Observational Study. *eClinicalMedicine*, **80**, Article ID: 103023. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2024.103023>
- [30] 陈香萍, 张奕, 庄一渝, 等. PROBAST: 诊断或预后多因素预测模型研究偏倚风险的评估工具[J]. *中国循证医学杂志*, 2020, 20(6): 737-744.

- [31] 王伟华, 寇京莉, 张佟, 等. 老年科住院患者认知衰弱状况调查及其影响因素分析[J]. 中华现代护理杂志, 2022, 28(3): 296-301.
- [32] 刘泳秀, 余莉, 韩婷, 等. 乌鲁木齐市住院老年患者认知衰弱现状及影响因素研究[J]. 中国实用护理杂志, 2021, 37(6): 424-430.
- [33] 周飞洋, 邓露, 龙柯宇, 等. 老年人认知衰弱风险预测模型的系统评价[J]. 护理学报, 2023, 30(19): 45-50.
- [34] 刘娜, 朱艳艳, 徐慧. 抑郁和营养不良对共病老年患者认知衰弱的影响研究[J]. 当代护士(下旬刊), 2025, 32(1): 134-138.
- [35] 张爽, 陈影, 姜宗良, 等. 社区老年糖尿病患者认知衰弱现状及影响因素分析[J]. 中国护理管理, 2020, 20(3): 383-388.
- [36] Nishiguchi, S., Yamada, M., Fukutani, N., *et al.* (2015) Differential Association of Frailty with Cognitive Decline and Sarcopenia in Community-Dwelling Older Adults. *Journal of the American Medical Directors Association*, **16**, 120-124.