

2 型糖尿病患者低血糖风险预测模型的研究进展

李云 王璐*

华中科技大学同济医学院附属协和医院车谷院区

DOI:10.32629/carnc.v3i12.21849

[摘要] 2 型糖尿病住院患者接受治疗时，低血糖是发生率高、临床危害突出的并发症，可能导致患者心脑血管事件发生风险增加、认知功能受损，甚至危及生命。本文对疾病风险预测、住院低血糖危险因素、国内外低血糖风险预测模型的类型意义等方面进行综述，为构建我国 2 型糖尿病住院患者低血糖风险评估工具提供参考，以便于早期识别高危人群，开展针对性预防管理措施，减少低血糖和意外事件的发生。

[关键词] 2 型糖尿病；低血糖；风险预测模型

中图分类号：R587.1 文献标识码：A

Research Progress on Risk Prediction Models of Hypoglycemia in Patients with Type 2 Diabetes

Yun Li, Lu Wang*

Chegu Campus, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology

Abstract: Hypoglycemia is a highly prevalent and clinically harmful complication during the treatment of hospitalized patients with type 2 diabetes. It may increase the risk of cardiovascular and cerebrovascular events, cause cognitive impairment, and even be life-threatening. This paper reviews disease risk prediction, risk factors of in-hospital hypoglycemia, and the classification and clinical significance of hypoglycemia risk prediction models at home and abroad. It aims to provide references for constructing hypoglycemia risk assessment tools for hospitalized patients with type 2 diabetes in China, so as to identify high-risk populations at an early stage, implement targeted prevention and management measures, and reduce the incidence of hypoglycemia and adverse events.

Keywords: type 2 diabetes; hypoglycemia; risk prediction model

引言

糖尿病是指由遗传或环境因素等共同作用，造成胰岛功能减退、胰岛素抵抗，引起以慢性高血糖为特征的一组代谢性疾病。糖尿病是全球范围内严重的公共卫生问题，患病率逐年攀升，伴随而来的经济危害、生理危害与心理危害给患者及社会带来了巨大的负担^[1]，国际糖尿病联盟（IDF）在 2025 年发布的第十一版《全球糖尿病地图》^[2]数据显示，我国糖尿病患者规模位居全球首位，20~79 岁糖尿病患者总数高达 1.48 亿，其中，2 型糖尿病（T2DM）患者占比超过 90%。低血糖是糖尿病治疗中最常见的急性并发症，诸多国内外相关研究证实，约三分之一的 2 型糖尿病患者均出现过低血糖情况^[3-4]。低血糖不仅会降低患者生活质量、加重心理负担、增加疾病管控难度，病情危重发作时还可造成意识障碍、晕厥、肢体抽搐、昏迷，甚至会危及患者生命安全；另有研究指出，糖尿病患者出现低血糖后首日，急性缺血性卒中的发病风险可升高 3 倍及以上，在低血糖事件发生后 30 d 时仍可诱发 AIS^[5-6]，其在疾病风险分层、预后预测及精准医疗决策

等领域具有重要价值。低血糖预测模型根据数据形式可分为生理模型（基于糖化血红蛋白水平预测、自我血糖监测、动态血糖监测）和数据驱动预测模型（基于数据算法包括 Logistic 回归、决策树、支持向量机、贝叶斯网络、随机森林等）。本文系统综述国内外住院 2 型糖尿病患者低血糖预测模型的应用现状、意义及现存挑战，为开发我国住院 2 型糖尿病患者的低血糖风险评估工具提供参考，帮助临床早期识别高危人群，并采取针对性预防干预管理措施，减少低血糖事件和意外事件的发生，从而改善患者预后。

1 导致住院 2 型糖尿病患者出现低血糖的各类高危诱因

诱发低血糖的常见诱因包含饮食节律紊乱、运动量超标、降糖药物使用不规范、过量饮酒等，筛选出预测因子非常重要。关于 2 型糖尿病低血糖的致病风险，国内外研究共识主要集中于以下五大领域。①基础个体因素：例如患者年龄、性别、糖尿病病程、文化程度、家庭收入、接受健康教育程度、既往低血糖病史、体质指数等。病程越长 2 型糖尿病

Clinical Application Research of Nursing Care

患者越有可能发生低血糖,严重肾功能不全的老年患者,其肾脏对降糖药物的清除障碍会直接造成药物原型或活性代谢产物在体内大量滞留,病程>10年的患者发生低血糖的风险高于病程≤10年的患者。一项荟萃分析研究显示 BMI 是糖尿病和非糖尿病患者发生低血糖事件的独立预测因子,BMI 增加与低血糖发生率显著相关。接受过低血糖教育的患者其低血糖防治水平明显提升,住院期间低血糖发生率明显下降。②用药相关:含强化胰岛素疗法及磺脲类药物。③机体相关因素,涵盖基础血糖调控水平、血糖波动幅度、糖尿病远期靶器官损害,以及高血压、血脂紊乱、肝肾功能障碍等合并症,此外还包括胃肠道手术史及妊娠状态。研究表明,合并有糖尿病并发症尤其是糖尿病肾病患者更容易发生低血糖。血糖变异性较低者的低血糖风险显著降低,而平均血糖水平较低者的风险显著升高,对于65岁及以上的老年糖尿病患者,即便平均血糖尚可,若血糖波动剧烈,其低血糖易感性仍会显著增加;反之,平均血糖过低则直接推高急性发作风险。④代谢评估维度涵盖糖化血红蛋白、肝肾功能及甘油三酯等指标。其中,HbA1c 水平与低血糖风险呈“U型”关联——无论 HbA1c 趋近正常下限还是长期控制不佳,患者低血糖发生率均呈现上升趋势。研究发现接受血液透析的住院糖尿病患者低血糖发生率较高。⑤生活方式相关因素:如饮酒、饮食、运动、睡眠、情绪等。韩国大型队列研究显示,饮酒可使低血糖风险提升22%,且该风险随饮酒量增加呈梯度上升,多种不健康生活方式的叠加会以剂量依赖方式增加严重低血糖风险。

这些研究结果可以为低血糖风险预测模型的构建提供参考价值。

2 低血糖预测模型构建步骤

第一,建立数据库,根据研究问题确定研究方案,预测变量,样本量计算,数据预处理等。第二,构建预测模型,制定实施方案,选择建模方法及预测变量,筛选预测因子,选择合适的数学模型方法。第三,评估性能,需要从整体性能、区分度、校准度、重分类和临床效用进行模型评价,第四,验证模型,通过内部验证和外部验证2个维度来评估,第五,模型应用评价,根据预测模型构建的算法植入血糖管理方案评价低血糖发生率是否降低。因血糖管理技术、治疗手段、疾病因素、患者依从性变化等,模型性能会下降。需要不断优化更新模型,且各个研究中筛选出的预测因子存在差异,研究结果不同,会构建出多个模型,客观总结出每个模型结果,选出最优预测模型。

3 国外2型糖尿病患者低血糖风险预测模型的现状

3.1 建立低血糖预测模型,构建评分量表

此研究优势在于选择常用的客观变量建立简易的预测

评分表,有利于临床初步筛查,锁定风险人群制定个性化血糖管理方案,但需指出,该结论可能受监测倚倚干扰——干预组血糖检测频率异常增高,易致亚临床低血糖事件被过度统计;且缺乏症状学及临床结局佐证,令其外部有效性存疑,研究未进行内部验证,仅在同一医疗系统内进行外部验证,可能普适性较差,需要进一步确定其临床实用性。

3.2 采用 Cox 回归分析构建5年内严重低血糖的风险预测模型

依据糖尿病心血管风险控制行动(ACCORD)研究的数据,分析血糖、血压、血脂控制对2型糖尿病患者心血管预后的影响,构建了患者5年重度低血糖风险预测模型,纳入血糖管理、年龄、种族、腰围及各类降糖、降压、调脂药物等17项预测因子。该Cox模型C指数为0.782,风险评分为-16~53,对应5年重度低血糖发生概率0.06%~42.4%,其中强化降糖、胰岛素使用、降压药使用为最强预测因子。该模型依托大型试验构建,可量化评分用于临床,但研究对象为高龄、病程长的心血管高危人群,不适用于年轻、病程较短的糖尿病患者。

3.3 依托临床数据的低血糖智能化分级评估体系

通过前瞻性队列研究,采用递归划分法和分样本设计,开发了一种风险分类的工具。该分层工具凭借6个简易采集的临床指标,即可评估2型糖尿病患者一年内因低血糖前往急诊或住院的可能性。经对既往病历的系统分析,最终确定6项独立预测指标,具体涉及:低血糖相关急诊或住院的既往发生频次等级、近一年急诊就诊次数是否达到2次以上、胰岛素与磺脲类药物的使用与否,以及是否存在终末期肾病或严重慢性肾损伤(CKD 4/5期或透析治疗),根据慢性肾病流行病学协作肌酐方程计算的估计肾小球滤过率≤29 mL/min/1.73 m²确定(是/否)以及年龄小于77岁(是/否)。构建的分类树对低血糖风险进行分层,被分为高风险(>5%)、中风险(1%-5%)和低风险(<1%),研究显示该工具在内外验证样本中区分度良好,效能较高。该工具优势在于无需与患者接触;目标人群明确,该评估工具可为需要主动干预以减少低血糖事件的患者提供风险指引,便于临床医生及时识别T2DM人群中的高风险状态,增强治疗决策的精准性。但需明确,该模型的价值目前集中于风险分层维度,其临床推广尚需更多外部验证支持,并不能动态持续预测风险。

4 结语

糖尿病患者的病情管理,除追求血糖水平达标外,更应注重血糖稳态维持及规避低血糖发作。低血糖状况的好坏,已逐渐成为判定血糖调控是否合理的重要标志,故针对不同个体设立针对性的血糖目标值至关重要^[7]。而低血糖现象的出现,通常是年龄特征、病程演变、治疗路径选择及进食模

Clinical Application Research of Nursing Care

式等多种要素相互叠加的结局，低血糖风险预测是改善糖尿病患者安全管理的关键技术，目前国内外关于2型糖尿病患者低血糖风险预测模型相关研究开展较多，纳入危险因子比较全面，研究方法有传统的统计模型，以逻辑回归、Cox回归、列线图等为代表；有机器学习模型，以随机森林、XGBoost、LightGBM等集成算法为代表；还有结合连续动态血糖监测，采用LSTM、GRU、注意力机制模型，实现实时短期预警，这些方法丰富新颖，模型预测性能较偏高且多元化，为临床医护人员及患者选择合适的低血糖筛查工具提供了便捷参考。国外大部分研究针对老年患者且缺乏外部验证，就各种危险因素对低血糖的影响及哪种模型预测效能更好尚无统一结论^[8-9]。国内很多研究局限于对危险因素的梳理探讨，存在操作复杂，样本量少，数据依赖度高、跨人群适用性差、临床落地难等问题，建议结合临床实际情况针对性的选择预测模型，结合AI等先进技术开展轻量化、跨人群的多中心、大样本、标准化的临床试验，开展融合多源数据的个性化简便智能模型，实现预测-干预的闭环管理，对低血糖高危人群进行早期识别，提前启动干预计划降低低血糖发生风险，帮助指导临床实践，优化提高资源利用，对提升糖尿病综合管理水平具有重要价值^[10]。

[参考文献]

- [1]李宏建.糖尿病患者低血糖事件可能增加30d内的急性缺血性卒中发病风险[J].国际脑血管病杂志,2025,33(04):320-320.
- [2]叶子晨,汪嘉卉,陆取,等.临床预测模型构建方法与应

用实践[J].中华流行病学杂志,2025,46(09):1640-1649.

[3]郭淳,易梦廷,宗前兴,等.老年2型糖尿病患者6个月内低血糖风险预测模型的构建：一项纵向研究[J].实用老年医学杂志,2024,38(06):592-597.

[4]杨鸥,孔俭.重视老年糖尿病患者低血糖的发生[J].中华老年病研究电子杂志[J],2020,7(1):19-21.

[5]曹永红,姚旭东,史尔兰,等.无症状低血糖2型糖尿病患者血糖波动特点及危险因素分析[J].中华内分泌代谢杂志,2022,38(12):1052-1056.

[6]牛文畅,侯宇颖,刘科,房文静等.2型糖尿病患者住院期间发生低血糖事件影响因素的Meta分析[J].循证护理,2023,9(11):1937-1944.

[7]高丽.2型糖尿病患者住院期间低血糖发生情况的影响因素分析及护理对策探讨[J].中国药物与临床,2020,20(18):3163-3165.

[8]张敏,史文莉,陆影.2型糖尿病老年患者发生低血糖的影响因素及应对策略[J].护理实践与研究,2020,17(1):30-32.

[9]陈飞飞,陈如,周海燕.数字故事联合回授法预防老年T2DM住院患者发生低血糖的效果观察[J].浙江医学,2025,47(24):2663-2665,2672.

[10]张敏,史文莉,陆影.2型糖尿病老年患者发生低血糖的影响因素及应对策略[J].护理实践与研究,2020,17(1):30-32.

作者简介：

李云（1987.05-），女，汉族，湖北省十堰市，本科，主管护师，研究方向：2型糖尿病综合管理、减重管理。