

第二次審査（論文公開審査）結果の要旨

Machine learning–based prediction of in-hospital falls in adult inpatients:
retrospective observational multicenter study

入院成人患者における院内転倒の機械学習による予測：
多施設後ろ向き観察研究

日本医科大学大学院医学研究科 医療管理学分野

研究生 西野 拓也

JMIR Medical Informatics. 2025 Dec 4;13:e75958.掲載

DOI: 10.2196/75958

入院患者の転倒は、入院期間の延長や医療費増加、患者 QOL 低下につながる重要な医療安全上の課題である。特に高齢患者では、併存疾患など多くの因子が複雑に関与するため、従来の転倒リスクスコアのみでは十分な予測が困難な場合がある。近年、電子カルテデータを用いた機械学習モデルは、多数の臨床変数間の複雑な相互作用を解析できることから、転倒リスク予測への応用が期待されている。本研究では、電子カルテおよび診療データベースを用いて入院患者の転倒予測モデルを構築し、その識別性能およびキャリブレーション性能を検証するとともに、モデル解釈手法を用いて転倒関連因子を解析し、実践的な予防戦略への応用可能性を検討した。対象は、日本医科大学付属病院および千葉北総病院に 2018 年 4 月から 2023 年 3 月までに入院した 65 歳以上かつ入院期間 3 日以上 of 患者であり、DPC データおよび電子カルテから患者背景、併存疾患、薬剤情報、看護必要度、血液検査結果などを収集した。転倒は入院後 30 日以内に発生した最初の転倒と定義し、インシデントレポートにより判定した。候補変数から機械学習による特徴量選択を行い 30 変数を抽出し、ロジスティック回帰、XGBoost、LightGBM、CatBoost の 4 種類の予測モデルを構築した。モデル評価には F1 スコア、ROC-AUC、PR-AUC、Brier スコア、キャリブレーションスロープを用い、SHAP 解析によりモデル解釈を行った。

最終解析対象は 83,917 例であり、そのうち 2,173 例 (2.6%) に転倒を認めた。モデル性能の比較では、CatBoost が最も高い F1 スコアおよび PR-AUC を示し、高リスク患者の識別性能に優れていた。一方、LightGBM はキャリブレーションスロープが理想値に最も近く、予測確率の信頼性に優れていた。SHAP 解析では、低アルブミン血症、移乗能力低下、悪性腫瘍、鎮静薬・睡眠薬使用、糖尿病治療薬使用などが主要な転倒関連因子として抽出された。また、検証用データにおける転倒インシデント 435 例の詳細解析では、約半数が排泄行動に関連しており、特に早朝 4〜6 時に多く発生していた。さらに、高リスク群ではベッドサイドでの転倒が多い傾向を認めた。これらの結果から、機械学習モデルは従来のロジスティック回帰よりも複雑なリスク因子間の相互作用を捉えることが可能であり、特にブースティングアルゴリズムが高い予測性能を示すことが明らかとなった。

以上より、CatBoost は高リスク患者の抽出に、LightGBM は介入閾値に基づく確率評価に適している可能性が示された。また、転倒の多くが夜間の排泄行動やベッド周囲で発生していたことから、夜間排泄介助の強化やベッドサイド環境整備など、患者ごとのリスクに応じた個別化予防介入の重要性が示唆された。本研究で開発した機械学習モデルを電子カルテシステムに統合することで、リアルタイムの転倒リスク評価と予防介入が可能となり、入院患者の安全性向上に寄与することが期待される。

第二次審査において、予測の数値化・可視化は新規性があり有意義であると確認された。入院早期と後期の転倒の質的差異に関する質問、睡眠薬・鎮静薬と転倒の関連性に関する質問、予測モデルと異常検知に関する質問、病棟における具体的応用に関する質問などがあったが、いずれも的確に回答された。以上のことから、本研究は、臨床における新規性・発展性を有する重要な論文であり、学位論文として価値あるものと認定された。