

転倒・転落リスク評価指標に関する研究

Study on Risk Factors of Fall during Hospital Stay

李 虎奎、原 良昭

LEE Hokyoo, HARA Yoshiaki

キーワード：

転倒、転落、リスク、評価、機械学習、決定木

Keyword:

Fall, Fall Risk, Risk Assessment, Machine Learning, Decision Tree Analysis, CART

Abstract:

The aim of this study is to develop Decision Tree to classify patients depending on fall risk of patients during hospital stay. Decision tree is flow chart to classify patients depending on fall risk expected and is made with decision tree analysis. For decision tree analysis, 202 medical records were collected. Items expected in association with fall risk and fall frequency were extracted from collected medical records. Medical records were divided into 142 training data and 60 testing data. Decision tree is made by decision tree analysis using training data. Decision tree indicated that Functional Independence Measure (FIM) is effective as a predictor for fall risk and patients are classified into 3 classes depending on FIM score.

1 はじめに

回復期病棟では、患者に対して社会復帰を目的としたリハビリテーション（以下、リハ）を行い、低下した身体機能・運動能力の向上や日常生活動作の獲得を試みている。

入院中に患者に生じるインシデントの1つに転倒や転落（以下、転倒）がある。

患者の転倒は、外傷や骨折を招き¹⁾、リハを中断させることがある²⁾。また、転倒を経験すると、転倒への恐れからリハに対する積極性が減少することがある³⁾。そのため、効率的なりハによる入院日数の短縮や退院後における患者の健康寿命の増進には、患者の転倒発生の抑制が重要である。

入院中における転倒は、低床ベッドや離床センサ

などの周辺環境を整備し、手厚い看護体制を敷くといったように潤沢な看護資源があれば抑制しやすい^{2,4)}。しかし、転倒を起こすリスク（以下、転倒リスク）が低い患者に対して、転倒リスクが高い患者と同じ看護体制を敷くことは、看護資源に限りがあることから、現実的には困難である。実際には、入院時に患者の転倒リスクを評価し、その転倒リスクに応じた看護体制を敷くことで、看護資源の効率的な運用を行っている⁵⁾。そのため、転倒リスクの評価手法には十分な信頼性が必要となる。

日本看護協会は、入院中の転倒リスクを評価するツール（以下、評価表）を提案している。評価表では、患者の転倒に関連すると考えられる要因、例えば、過去の転倒歴の有無や中枢性麻痺の有無などについて点数付けを行い、該当する項目の合計点（以下、スコア）を用いて、転倒リスクを3段階で評価している。

日本看護協会が提案している評価手法がそのまま臨床現場で用いられることは少なく、転倒リスクの評価精度の向上を目的に、項目やその点数付けを病棟の状況に応じて修正した評価表が用いられることが多い。病棟の状況、特に手すりや低床ベッドの導入といった環境は、変化していくものであるため、評価表の精度向上のためには、項目や点数付けは定期的に見直すことが重要である。

兵庫県立リハビリテーション中央病院（以下、中央病院）でも、日本看護協会が提案している評価表の項目と点数付けを独自に変更した評価表を用いて、入院時に転倒リスクを3段階で評価している。本研究では、中央病院で用いられている評価表における転倒リスク評価能力の向上のためには、各項目の点数付けに対して再検討を行った。

また、中央病院では入院時に転倒リスクの評価以外にも機能的自立度評価表（以下、FIM）や上肢や下肢のBrunnstrom stage（以下、Br. stage）などを評価している。評価表から算出されたスコアに加えてこれらFIMやBr. stageなども組み込むことで、転倒リスクの評価精度の向上が見込まれる。そのため、

本研究では、スコアに加えてFIMやBr. stageを組み込んだ転倒リスクの評価手法の開発も行った。

2 転倒リスク評価表の各項目に対する新たな点数付け

評価表を用いて算出されたスコアにより、転倒リスクが高いとされた入院患者は転倒リスクが低いとされた患者よりも、転倒予防という観点では、手厚い看護体制が敷かれる。しかし、転倒リスクが高いと判断された群は看護体制が手厚いため、転倒リスクが低いと判断された群よりも実際の転倒率は低くなる可能性がある。このように転倒リスクに応じて看護体制を変えている場合、評価表を有効に活用するには、評価項目と点数付けについて定期的な見直しが必須である。

本章では、各項目の点数付けを新たにを行い従来の評価表から算出されたスコアと比較した。

2.1 調査内容

2.1.1 収集したデータ

2010年10月1日から2013年1月31日までに中央病院の回復期病棟を退院した脳血管障害患者から延べ202名を抽出した。抽出したカルテから、評価表の各項目および算出したスコアを収集した。

患者の転倒は、Gibsonの定義⁷⁾に従い「自らの意志によらず、足底以外の部位が床、地面についた場合」として、カルテの看護記録から求めた。

2.1.2 解析内容

各項目の点数を新たに求めるために、抽出したカルテの7割である142名を学習用データ、残り3割の60名を検査用データとした。学習用データと検査用データへの分割は、全体における転倒の有無の割合を維持するという制約の下、ランダムに割り振った。

学習用データを用いて、転倒の有無を目的変数、評価表の各項目を説明変数としたランダムフォレスト法⁸⁾を行った。

ランダムフォレスト法は集団学習の1つである。ランダムフォレスト法は、学習用データからブートストラップにより多数の学習用データセットを作成し、各データセットに対して弱学習器として決定木を作成する手法である。ランダムフォレスト法の予測結果は、作成された多数の決定木の結果の多数決することで過学習を抑制し、予測能力の向上を図っている。このようにランダムフォレスト解析は汎用かつ予測能力に優れている手法である。また、ランダムフォレスト法では、各説明変数の重要度が算出される。

ランダムフォレスト法から算出された各説明変数の重要度を用いて、各項目の新たな点数付けを行った。具体的には、各項目の新たな点数は、各項目の重要度を全項目の重要度の最小値で除算し四捨五入した値とした。

新たな点数付けから算出されたスコア（以下、新規スコア）と従来のスコア（以下、従来スコア）の性能を評価するために、検査用データセットを用いて、各スコアの感度と特異度を算出し、Receiver Operating Characteristic Curve（以下、ROC曲線）⁹⁾を比較するためにROC曲線下面積（以下、AUC）を有意水準5%で検定した。

2.2 結果

表1に転倒群と非転倒群の従来スコアを示す。また、表2に評価表の各項目の従来点数と新たな点数、各項目の該当人数を示す。

図1に転倒の有無と各スコアのROC曲線を示す。各曲線のAUCは従来スコア（以下、従来スコア）では0.578、新規スコア（以下、新規スコア）では0.630であり、検定結果は $p=0.65$ と有意ではなかった。また、感度と特異度の合計が最大となる従来スコアと新規スコアはそれぞれ、16と198であり、感度は100%と81.8%、特異度は24.5%と51.0%であった。また、感度100%における最大特異度とその閾値は、従来スコアでは32.7%と158であり、新規スコアでは44.9%と21であった。

表1 転倒リスク評価表に基づくスコアの比較
Table.1 Comparison of fall risk indices

	全体 (202名)	転倒群 (37名)	非転倒群 (165名)	p値
転倒リスク評価表 (スコア)	22.2±7.6	26.8±6.1	21.2±7.5	$p=9.404 \times 10^{-6}$ p値はウェルチのt検定より算出した

2.3 考察

ランダムフォレスト法を用いて新たな点数付けを行い、従来の点数付けによるリスク評価との比較を行った。各項目に対する新たな点数付けは、ランダムフォレスト法から算出した各項目の重要度を用いて行ったが、重要度の最小値である「s: 環境の変化（入院生活・転入）になれていない」（以下、「s」）

の重要度を基準に他の項目の点数を決定したが、「s」の重要度が他の項目の重要度よりも相対的に著しく低かったため、他の項目は相対的に高い点数を示した。「s」の重要度が低かったのは、入院時の評価ではほぼ全ての患者が「s」に該当しており、「s」から得られる情報量が少なかったことが原因と考えられる。この入院時における「s」の情報量の少なさは、入院時における転倒リスクの評価項目として有用で

表2 転倒リスク評価表の細目
Table.2 Items of fall risk assessment sheet

評価項目	点数 (従来/新規)	全体 該当/非該当 (名)	転倒群 該当/非該当 (名)	非転倒群 該当/非該当 (名)	p値
a: 65歳以上	2/31	83/119	21/16	62/103	0.050
b: 転倒転落経験	2/45	48/154	14/23	34/131	0.044
c: 平衡感覚障害 立位時のバランス不良	3/36	118/84	30/7	88/77	0.004
d: 視力・視野障害 聴力障害	1/30	141/61	32/5	109/56	0.025
e: 麻痺・痺れ感 失調症状 骨・関節の異常（拘縮、変形）	2/13	174/28	35/2	139/26	0.166
f: 自立歩行できるがふらつきがある	3/27	35/167	6/31	29/136	1.000
g: 車いす・杖・歩行器を使用している	2/26	138/64	33/4	105/60	0.005
h: 車いす乗車中姿勢が崩れる	3/31	37/165	12/25	25/140	0.026
i: 眠剤・精神安定剤	2/35	62/140	15/22	47/118	0.215
j: 鎮痛剤 浣腸緩下剤 抗パーキンソン病 利尿剤・降圧剤	1/23	151/51	32/5	119/46	0.108
k: 尿、失禁がある 頻尿である	3/27	84/118	20/17	64/101	0.129
l: トイレまで距離がある ポータブルトイレを使用している	1/22	161/41	31/6	130/35	0.648
m: 排泄の失敗や失禁に対する不安や あせりがある 排泄の援助を受けることに対する 抵抗感がある	2/47	79/123	22/15	57/108	0.009
n: 病識欠如 見当識障害・意識混濁・混乱 半側空間無視・失行・失認 判断力・理解力・記憶力の低下 記名力の低下 痴呆症状・不穏行動	4/14	167/35	34/3	133/32	0.162
o: 感覚性失語・全失語	4/24	26/176	4/33	22/143	0.887
p: 運動性失語	1/34	45/157	7/30	38/127	0.746
q: ナースコールを押さないで 行動しがち ナースコールが認識できな い、使えない	4/32	69/133	15/22	54/111	0.475
r: 行動が落ち着かない 出来ないのに何事も自分でやろうとする 介助してもらうことへの気兼ね 臥床欲求が強い	3/27	122/80	28/9	94/71	0.055
s: 環境への変化（入院生活・転入） になれていない	3/1	194/8	36/1	158/7	1.000

p値はカイ二乗検定より算出した

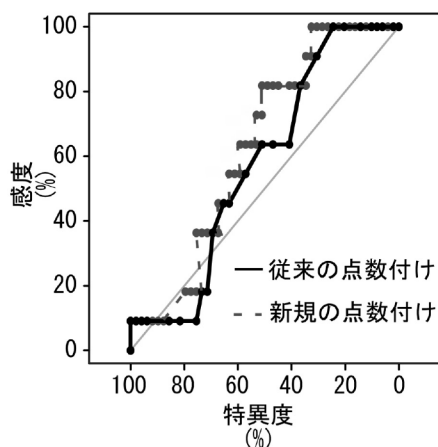


図1 従来手法と新規手法のROC曲線

Fig.1 ROC curve of new score and conventional score

ないことを示している。

従来スコアおよび新規スコアのROC曲線は図1に示すように相似しており、AUCの検定でも有意な差が得られなかった。このことが示すように、従来の点数付けよりも新たな点数付けが優れていることは示されなかった。これは、従来の点数付けが妥当であることを示すと共に、転倒リスクの評価能力の向上には現行の評価項目だけでなく異なる項目や手法が必要であることを示している。

3 決定木分析による転倒リスクの評価手法の開発

看護資源の効率的な運用のために、看護体制は患者の転倒リスクに応じたものとなる。このように看護体制は入院患者の転倒リスクに応じて決定されるため、転倒リスクの評価能力向上は重要な課題である。

2章では、評価表の評価能力向上のために、評価表の各項目の点数付けを再検討した。しかし、従来の点数付けよりも有効な点数付けを行うには至らなかった。

中央病院では、評価表による転倒リスクの評価以外にも、FIMやBr. Stageなどの評価を入院時に行っている。FIMを用いた転倒リスクの評価が報告されていることから、評価表による評価に加えてFIMなどの項目を同時に用いることで転倒リスクの評価能力の向上が図れる可能性がある。

また、転倒リスクが高い入院患者や親族に対して、患者自身の転倒リスクを理解して頂くことで、転倒に対する患者の注意を促し、その結果、転倒発生率の抑制に繋がる可能性がある。患者に自らの転倒リスクを理解して頂くためには、転倒リスクの評価手

順が容易に理解しやすいものであることが好ましい。明快な評価手順を示す分析手法に決定木分析がある¹⁰⁾。

決定木分析は、if-thenを繰り返すことで対象を目的変数が部分集合(群)に分割していく。この評価手順を明示した図を決定木という。決定木分析では、評価手順が明示された決定木が作成されるため、医療従事者だけでなく患者やその家族にも理解されやすい転倒リスクの評価手法の開発に適していると考えられる。

本章では決定木分析を用いて、転倒リスクの評価手法の開発を行った。

3.1 開発内容

3.1.1 評価手法の開発のために収集したデータ

2章で用いた202名のカルテを対象に、表1の従来スコアと表2の評価表の各項目に加えて、FIMや体幹のBr. Stageなど表3に示した項目を収集した。

3.1.2 決定木分析

行った決定木の制約条件は、最大深さ3、各群の最小数を15名とした。また、欠損値対策のため、代理分割は可能とした。また、決定木の作成にあたり行った交差検証の回数は10回であり、交差検証自体も10回行っている。

決定木分析に用いたカルテは2章と同じ学習用データ142名であり、60名の検証用データを用いて作成した決定木の検証を行った。

3.2 結果

図2に決定木分析から作成した決定木を示す。図2の決定木が示すように転倒発生率に従って学習用データの患者は3つの群(a,b,c)に分類される。a,b,c,d群の転倒発生率(95%信頼区間)はそれぞれ、5.8%(2.2%-13.7%)、10.5%(1.8%-34.5%)、51.4%(34.7%-67.8%)であった。

検証用データを決定木に従って各群に分類した結果、各群における検証用データの転倒発生率は全て学習用データから求めた転倒発生率の95%信頼区間に収まっていた。

3.3 考察

本章で作成した決定木は、FIMの項目全ての合計点と運動項目の合計点で患者を転倒発生率に基づいて3つ群に分類できることを示した。

決定木はFIMの合計点が66点以上であれば転倒発

生率が5.8%と3つの群では転倒リスクが一番小さくなることを示している。FIMの合計点は1から7点までの点数が付けられた18項目の合計点であるため、66点であった患者の平均点は3.67である。FIMの採点基準では3点は中程度介助、4点は最小介助となっていることから、平均的には中程度介助から最小介助で転倒リスクが異なることが示された。FIMの合計が66点未満かつ運動項目の合計が21未満の場合、転倒発生率が2番目に少ないb群となる。運動項目が21未満は、全介助であることが推察され、それ故、看護体制が手厚く転倒発生が抑制されたと

考えられる。転倒発生率が最大であったc群は、最大介助が必要であったが全介助状態のb群よりは運動能力があったが転倒を避けられるほどではなかったため、転倒発生率が他の群よりも高くなったと考えられる。

また、検証用データを決定木に従って分類した結果、各群の転倒発生率が95%信頼区間内に収まっていたことから、一定の妥当性が示せたといえる。

表3 決定木に用いた項目
Table.3 Explanatory variables of decision tree

調査項目	全体 (202名)	転倒群 (37名)	非転倒群 (165名)	欠損データ数 (転倒群/非転倒群)	p値
性別(男性/女性) ¹	137/65	24/13	113/52	0/0	0.817
入院時年齢(歳) ²	59.4±15.8	65.8±12.4	58.0±16.2	0/0	0.002
身長(cm) ²	162.8±9.0	161.8±8.7	163.0±9.0	0/0	0.472
体重(kg) ²	58.6±12.0	56.3±10.8	59.1±12.3	0/0	0.171
BMI(kg/m ²) ²	22.0±3.6	21.3±2.7	22.1±3.7	0/0	0.142
病型 (脳梗塞/クモ膜下出血/ 脳出血/頭部外傷/その他) ¹	20/15/ 64/20/11	2/2/ 14/2/2	75/13/ 50/18/9	0/0	0.788
麻痺側 (右/左/両側/無し/不明) ¹	85/88/18/11	14/19/4/0	71/69/14/11	0/0	0.324
入院時の移動形態 (ストレッチャー/車椅子/ 歩行器/杖/独歩) ¹	5/123/ 9/4/60	0/35/ 0/0/2	5/88/ 9/4/58	0/1	0.263×10 ⁻³
入院時 T-FIM(点) ²	70.4±27.4	52.6±21.2	74.4±27.0	0/1	1.187×10 ⁻⁶
入院時 M-FIM(点) ²	51.2±21.3	36.1±15.8	54.6±21.0	0/1	8.280×10 ⁻⁸
入院時 C-FIM(点) ²	19.2±8.0	16.5±7.1	19.8±8.0	0/1	0.014
発症から入院までの日数(日) ²	46.8±30.5	46.0±20.8	46.9±32.3	0/0	0.833
下肢 Br. Stage (I/II/III/IV/V/VI) ¹	2/13/23/ 29/60/72	1/3/9/ 11/9/4	1/10/14/ 18/51/68	0/3	2.537×10 ⁻⁴
視覚障害(有り/無し/不明) ¹	145/53	31/6	114/47	0/4	0.161
聴覚障害(有り/無し/不明) ¹	42/157	6/31	36/126	0/3	0.559
中枢神経麻痺(有り/無し) ¹	192/7	36/0	156/7	1/2	0.444
尿失禁(有り/無し) ¹	62/136	17/19	45/117	1/3	0.038
感覚障害(有り/無し) ¹	128/65	30/5	98/60	2/7	0.129
せん妄(有り/無し) ¹	22/173	5/31	17/142	1/6	0.798
半側空間無視(有り/無し) ¹	33/140	8/23	25/117	6/23	0.423
転倒転落歴(有り/無し) ¹	44/146	17/18	27/128	2/10	1.959×10 ⁻⁴
失調(有り/無し) ¹	24/158	8/27	16/131	2/18	0.109

¹ p値はウェルチのt検定より算出した

² p値はカイ二乗検定より算出した

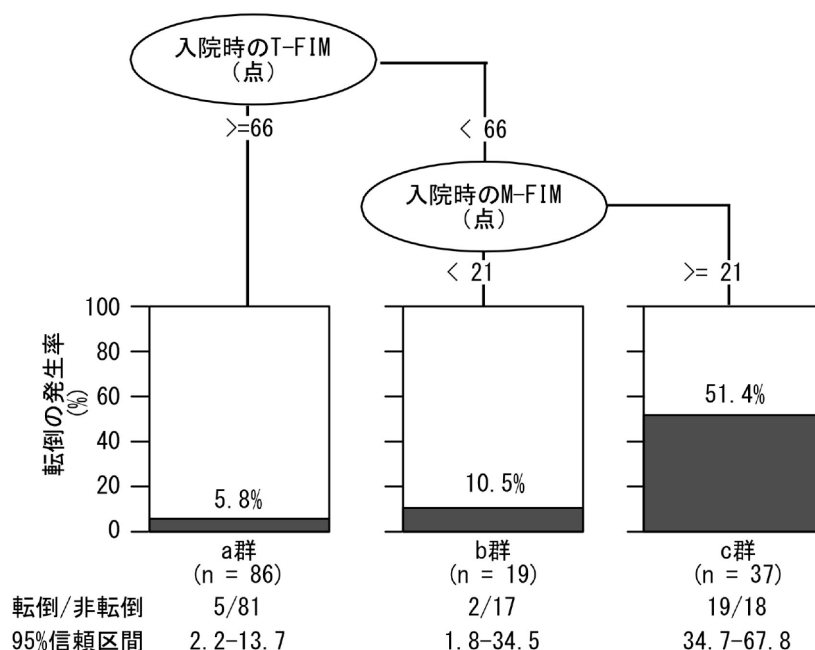


図2 転倒リスクを評価する決定木
Fig2. Decision tree for evaluating fall risk

4 おわりに

本研究では、入院期間中の転倒発生を抑制するために、中央病院で活用している評価表における各項目の点数付けの再検討と決定木分析による新たな評価手順の作成を行った。

評価表における各項目の点数付けの再検討では、従来の点数付けよりも優れたと示せる点数付けは行えなかった。この結果は、評価表の項目だけでは、転倒リスクの更なる評価能力の向上は困難であることを示唆しており、評価表の項目に新たな評価項目を加えた転倒リスク評価手法の開発を行うに至った。

転倒リスク評価手法の開発では、決定木分析を用いることで、医療従事者に限らず入院患者やその親族にも理解しやすい評価手順で転倒発生率という具体的な転倒リスクを示せるようになった。

参考文献

- 1) 田丸冬彦：「転倒の予防対策」、福井園彦、藤田勉、宮坂元磨編：脳卒中最前線第4版、医歯薬出版株式会社、pp.153-155, 2009
- 2) 中川洋一、三宮克彦、上田厚、澤口由貴子、木下牧子、横山久代、塩見努、岡田耕平、魏長年、原田幸一、渡邊進、石川誠：「多施設回復期リハビリテーション病棟における脳卒中患者の転倒要因と転倒状況－転倒リスクアセスメントシートの開発－」、リハビリテーション医学、vol.47, no.2, pp.111-119, 2010

- 3) Tinetti, ME., Richman, D. and Powell, L.: Falls efficacy as a measure of fear of falling, J. Gerontol, Vol.45, no.6, 239-243, 1990
- 4) 泉キヨ子編集：「エビデンスに基づく転倒・転落予防」、中山書店、2005
- 5) 森田恵美子、飯島佐知子、平井さよ子、賀沢弥貴、安西由美子：「転倒アセスメントスコアシートの改定と看護師の評定者間一致性の検討」、日本管理学会誌、Vol.14, No.1, pp.51-58, 2010
- 6) 坂本すが：「患者のリスクと安全対策」、日本看護協会編：「平成14年度版看護白書」、日本看護協会出版会、pp.170-196, 2002
- 7) Gibson, MJ. : 「Falls in later life」 in Improving the Health of Older People; A World View, Oxford University Press, pp.296-315, 1990
- 8) Breiman, L.: 「Random Forest」、Machine Learning, vol.45, no.1, pp.5-32, 2001
- 9) Krzanowski, WJ. and Hand, DJ.: 「ROC Curves for Continuous Data」、CRC Press, 2009
- 10) Breiman, L., Freidoma, JH., Olshen, RA. and Stone, CJ.: 「Classification And Regression Trees」、Chapman & Hall/CRC, 1984