回復期脳卒中患者の歩行自立予測

——信号検出分析による臨床応用を目指した検討——

Prediction of Gait Independence of Stroke Patients through Signal Detection Analysis in the Convalescent Period

吉松 竜貴¹⁾ 加辺 憲人²⁾ 橋本 祥行^{2,3)} 牧迫 飛雄馬⁴⁾

TATSUKI YOSHIMATSU, RPT, PhD¹⁾, NORIHITO KABE, RPT, MS²⁾, YOSHIYUKI HASHIMOTO^{2,3)},
HYUMA MAKIZAKO, RPT, PhD⁴⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, Tokyo University of Technology: 5-23-22 Nishi-kamata, Ota-ku,
Tokyo 144-8535, Japan TEL: +81 3-6424-2134 E-mail: yoshimatsu@stf.teu.ac.jp

²⁾ Funabashi Municipal Rehabilitation Hospital

³⁾ Graduate School of Health and Welfare Science, International University of Health and Welfare

⁴⁾ Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, Faculty of Medicine, Kagoshima University

Rigakuryoho Kagaku 33(1): 145-150, 2018. Submitted Aug. 17, 2017. Accepted Sep. 29, 2017.

ABSTRACT: [Purpose] This study developed a chart for predicting stroke patients' independence of gait during the convalescent period. [Subjects and Methods] Two hundred fifty-one first-time stroke patients were enrolled in this study. Physical and cognitive functions, basic movement ability, balance ability and activities of daily living were evaluated on admission to a rehabilitation ward for the convalescent stage. Based on this information, a decision tree for predicting independence of gait three months later was developed using signal detection analysis. [Results] Independence in rising motion, balance ability, and cognitive function were extracted as significant predictors. A valid and reliable decision tree was developed. [Conclusion] A chart for predicting independence of gait was developed. This chart is appropriate for the convalescent period after stroke.

Key words: convalescent period after stroke, predicting independence of gait, signal detection analysis

要旨:〔目的〕脳卒中患者の回復期リハビリテーション病棟入院時情報から3ヵ月後の歩行自立を判別するための予測チャートを作成すること。〔対象と方法〕初発脳卒中患者251例を対象として、入院時の身体機能と認知機能、基本動作自立度、バランス能力、日常生活自立度から入院3ヵ月後の歩行自立を予測するための決定木を、信号検出分析法にて求めた。〔結果〕起居動作能力、バランス能力、認知機能が有意な予測因子として抽出され、入院3ヵ月後の歩行自立を予測するための決定木が得られた。〔結語〕脳卒中の回復期に適応した歩行自立の予測チャートが作成された。

キーワード: 脳卒中回復期、歩行自立予測、信号検出分析

¹⁾ 東京工科大学 医療保健学部 理学療法学科: 東京都大田区西蒲田5-23-22 (〒144-8535) TEL 03-6424-2134

²⁾ 医療法人社団輝生会 船橋市立リハビリテーション病院

³⁾ 国際医療福祉大学大学院 保健医療学専攻 理学療法学分野 応用理学療法学領域

⁴⁾ 鹿児島大学 医学部 保健学科 理学療法学専攻

I. はじめに

回復期リハビリテーション（以下、リハ）病棟では、入院する脳卒中患者に対して可及的速やかに積極的なリハを開始するために、限られた入院期間の中で脳卒中患者の歩行が自立に至るかどうかが高い精度で推定することが求められる。多くの回復期リハ病棟では、入院後1週間以内に関連専門職によるカンファレンスが開催され、患者の個別目標が設定される。その際に必要とされる歩行の予後予測は、特に理学療法士に期待されるところが大きい。したがって、脳卒中回復期のリハに従事する理学療法士には、根拠に基づいた予後予測能力が求められる。

歩行自立の予後予測についてはこれまでも多くの報告があるが¹⁻⁶⁾、日進月歩で変化する脳卒中回復期のリハには合致しない部分も少なくない。本研究の対象とした施設における脳血管疾患患者の平均入院日数はおよそ90日であり、回復期リハ病棟入院後3ヵ月の時点が歩行の自立判定が求められる時期である。急性期における近年の報告は散見されるものの⁷⁻¹⁰⁾、回復期リハ病棟入院時の情報から3ヵ月後の歩行自立を予測した報告は我々の知る限り存在しない。

歩行の自立、非自立のような2値をアウトカムとする分析には多重ロジスティック回帰分析がよく用いられる¹¹⁻¹³⁾が、予測式として指数関数が提示されるため、臨床応用しやすいとは言いがたい。そのため本研究では、より臨床的な分析手法として決定木分析に着目した¹⁴⁾。決定木分析は、アウトカムに至るまでの過程がフローチャート形式で示されるため、視覚的な理解が得られやすい。決定木分析にはいくつかのモデルがあり¹⁵⁾、近年は特に信号検出分析法（Signal Detection Analysis：以下、SDA）^{16,17)}が注目されている。SDAは、真の結果に対する予測の感度や特異度をもとにカットオフの決定を行うため、多重ロジスティック分析や他の決定木と比較して予測の当てはまりが良く、感度と特異度のどちらを重視するかを変数の臨床的意義に合わせて分析者が指定することもできる。さらに、他の分析法よりもシンプルで理解しやすい決定木が得られるという利点もある。

そこで本研究では、脳卒中患者が3ヵ月後に病棟内歩行自立に至るかどうかを予測する回復期リハ病棟入院時情報を抽出し、これを用いた予測チャートを作成することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、平成21年4月1日から平成24年3月31日の3年間に船橋市立リハビリテーション病院の回復期リハ病棟に入院し、かつ退院した脳卒中患者1,226名のう

ち、除外基準に該当しなかった脳卒中患者251名（男性148名、女性103名、年齢 68.4 ± 11.1 歳：平均値 $\pm$ 標準偏差）とした。除外基準は、脳卒中の既往がある、クモ膜下出血、40歳未満、入院中に急性期病院への転院歴がある、発症前から歩行が困難である、入院時に歩行が自立していた、入院期間が3ヵ月未満、およびデータに欠損があった症例とした。

本研究はヘルシンキ宣言に基づき計画され、診療情報の使用にあたっては、患者本人、もしくはその家族に同意を得た。なお、本研究は船橋市立リハビリテーション病院倫理委員会の承認を得て実施した。

2. 方法

対象の電子カルテから基本情報、医学的情報、リハ評価を後方視的に調査した。

基本情報は性別、当院入院時点での年齢、疾患名、病巣側、発症から当院入院までの日数とした。

アウトカムは、回復期リハ病棟入院後3ヵ月時点での病棟内歩行自立とし、対象を歩行自立群と歩行非自立群に分類した。なお、リハ専門職により評価されたFunctional Independence Measure（以下、FIM）の下位項目「歩行」が6点（修正自立）以上の者を歩行自立と判定した。

歩行自立の予測に用いる評価項目は、基本動作能力、身体運動機能、認知機能、およびADL能力とし、入院1週間以内に評価した。基本動作能力は起居動作、座位保持、立ち上がり動作、および立位保持の介助の有無を評価した。身体運動機能は下肢Brunnstrom Stage（以下、BS）、協調性障害の有無、およびFunctional Balance Scale（以下、FBS）で評価した。下肢BSはstage III以上とII以下の2値（随意性の有無）に変換した。認知機能は、失語症者をMini-Mental State Examination（以下、MMSE）、失語症者をレーブン色彩マトリックス検査で評価し、得点が基準に達しなかった者を認知機能低下と判定した。MMSEの基準は24点、レーブン色彩マトリックス検査は検査表に付属の年齢平均を基準値とした。日常生活活動（Activities of Daily Living：以下、ADL）能力はFIMで評価した。

本研究の対象施設では、全ての患者に対して、理学療法、作業療法、言語聴覚療法のいずれかを毎日（年間365日）8～9単位（2.5～3時間）実施しており、本研究の対象者においても特別な事情がない限り、同様のリハが提供された。

統計解析として、はじめに、歩行自立群と非自立群とで入院時の基本情報と全ての評価項目をt検定と χ^2 検定、Mann-WhitneyのU検定を用いて比較した（単変量解析）。次に、単変量分析において群間での有意差を認めたFIMを除く変数を予測変数とするSDAにより、3ヵ月後の病棟内歩行自立を予測するための決定木を求め

た。なお、決定木における分枝の精度は kappa 係数で、有意性は χ^2 値で判定し、因子抽出の有意水準は 1% とした。また、感度もしくは特異度への重みづけはしなかった。

最後に、得られた決定木の精度を検証するために、決定木から導かれる 4 つのサブグループを独立変数、入院 3 ヶ月後の歩行自立を従属変数とするロジスティック回帰分析を行った。なお、共変量の影響を検証するために、調整変数の組み合わせを変えて 3 つのモデル（モデル 1：調整変数なし、モデル 2：年齢、性別、脳卒中の種類、および入院までの日数で調整、モデル 3：モデル 2 の調整変数に、麻痺側下肢随意性の有無、および協調性障害の有無を追加）で分析した。

SDA には ROC5 ver. 5.07 を使用し¹⁸⁾、その他の解析には IBM SPSS statistic ver. 20 を使用し、有意水準は 5% とした。

III. 結 果

対象者の属性情報と入院時評価の結果および歩行自立群と歩行非自立群との比較を表 1 に示す。歩行自立群は 65 例 (25.9%)、非自立群は 186 例 (74.1%) であった。自立群は、非自立群に比べて、年齢が若く、在院日数が短く、意識障害もしくは認知機能低下を有する割合が低く、麻痺側下肢の随意運動が可能である割合が高く、基本動作に介助を要する割合が低く、FBS が高く、ADL 自立度が高かった ($p < 0.001$)。

年齢、意識障害の有無、認知機能低下の有無、麻痺側下肢随意性の有無、FBS、基本動作の介助の有無を予測変数とする SDA により、回復期リハ病棟入院 3 ヶ月後の歩行自立を予測するための決定木を得た (図 1)。また、有意な予測因子として FBS、起居動作の介助の有無、認知機能低下の有無が抽出された。

ロジスティック回帰分析の結果、決定木の予測精度は感度 63.1%、特異度 89.8% であった。共変量による調整を行わなかったモデル 1 において、グループ 4 を基準とした際のグループ 1~3 の歩行自立に対するオッズ比はいずれも有意であった。この有意性は、共変量による調整を行ったモデル 2、3 においても確認された (表 2)。

IV. 考 察

結果から、回復期リハ病棟入院時に FBS、起居動作の介助の有無、認知機能低下の有無を評価し、それらの結果を組み合わせで判断することが、入院 3 ヶ月後の歩行自立の予測に有効であることが示唆された。加えて、これらの予測因子を組み合わせで入院時情報から 3 ヶ月後の歩行自立を予測する決定木 (予測チャート) を得た。

本研究において予測チャートの感度が高いことは「将

来的に歩行が自立する症例を漏れなく判断できるが、実際には自立しない症例も自立すると予測してしまう」ことを意味しており、特異度が高いことは「将来的に歩行が自立しない症例を漏れなく判別できるが、実際には自立する症例も自立しないと予測してしまう」ことを意味する。得られた予測チャートの感度は 63.1%、特異度は 89.8% であり、今回得られた予測チャートは後者の色が濃いことが示唆された。先行研究^{1,3,4,7,10)}は、いずれも本研究の感度・特異度と同等かそれ以上の精度で予測が可能であると報告しており、予測精度向上は今後の検討課題である。いずれにせよ、視覚的に理解しやすい予測チャートの形で結果が得られたことは、臨床応用を目指す本研究において予測精度以上に有用な点であり、本研究のストロングポイントであると考えている。

本研究で得られた決定木によって入院 3 ヶ月後に歩行自立が可能だと予測された集団 (グループ 1~3) は、自立し難いと予測された集団 (グループ 4) と比較して、歩行自立に対して有意なオッズ比を示した。これ自体は当然の結果だが、共変量で調整したモデルにおいても有意性が失われなかったことは、本研究で得られた決定木が、他の因子を考慮せずに独立して使用可能な予測ツールであることを示唆しており、臨床応用への優位性をさらに支持する結果と考える。

北地ら¹⁹⁾の報告によると、FBS は動的バランス、静的バランス、および粗大下肢筋力の 3 要素から構成されており、身体機能や動作能力と関連するとされている。本研究の結果はこれを支持するものであり、将来的な歩行自立を予測する際に、FBS は身体機能の指標として妥当であることを示唆するものと考ええる。本研究で得られた FBS のカットオフは 12 / 13 点であり、粗大下肢筋力を必要とする座位保持や起立動作、立位保持などの静的バランス能力が低く、介助を要するレベルであると推察される。回復期リハ病棟入院初期の座位保持・立位保持におけるバランス能力がその後の歩行自立に影響する重要な因子であることを示唆する結果であると考ええる。また、FBS は座位保持以上の動作能力を評価する指標であるが、回復期リハ病棟入院直後には自力で座位を保持できない症例も少なくない。FBS に続いて起居動作が歩行自立の予測因子として選択されたことは、入院時に基本動作能力が低くとも歩行自立に至る可能性があることを示唆する結果と考える。早期から起居動作を評価することが歩行自立を予測する上で重要であり、発症急性期からの歩行自立に関する報告^{8,9)}の報告を支持する結果であったと考える。

本研究の限界として、本研究の結果は毎日 (年間 365 日) 8~9 単位 (2.5~3 時間) の個別リハを実施した病棟における知見であり、この条件に該当しない病棟での外的妥当性は保障されないことが挙げられる。また、脳卒中を発症してから入院するまでの期間が様々である

表1 歩行自立群と非自立群別にみた対象者の入院時点での属性と各種評価結果

	全体	歩行自立群	非自立群	
対象者数 (例数)	251	65	186	
年齢 (歳)	68.4 ± 11.1	63.3 ± 11.7	70.2 ± 10.4	***
性別：女性 (例数, 男性比)	103 (41%)	22 (34%)	81 (44%)	
脳卒中の種類 (例数)				
脳梗塞	118 (47%)	30 (47%)	88 (46%)	
脳出血	133 (53%)	35 (54%)	98 (53%)	
脳損傷側 (例数)				
右半球	122 (49%)	31 (48%)	91 (49%)	
左半球	108 (43%)	29 (45%)	79 (42%)	
その他	21 (8%)	5 (8%)	16 (9%)	
発症から回復期病棟入院までの日数 (日)	32.0 ± 12.7	30.4 ± 12.7	32.6 ± 12.7	
回復期病棟在院日数 (日)	142.6 ± 33.2	122.2 ± 20.9	149.7 ± 33.8	***
意識障害 (例数)	130 (52%)	17 (26%)	113 (61%)	***
半側空間無視 (例数)	87 (35%)	17 (26%)	70 (38%)	
失語症 (例数)	76 (30%)	17 (26%)	59 (32%)	
下肢 BS (例数)				
Stage I	16 (6%)	0 (0%)	16 (9%)	
Stage II	78 (31%)	10 (15%)	68 (37%)	
Stage III	83 (33%)	29 (45%)	54 (29%)	
Stage IV	24 (10%)	9 (14%)	15 (8%)	
Stage V	31 (12%)	5 (8%)	26 (14%)	
Stage VI	19 (8%)	12 (18%)	7 (4%)	
下肢随意性なし (例数)	94 (37%)	10 (15%)	84 (45%)	***
協調性障害あり (例数)	47 (19%)	12 (18%)	35 (19%)	
認知機能低下あり (例数)	174 (69%)	28 (43%)	146 (78%)	***
基本動作自立度 (例数)				
起居動作 介助あり	164 (64%)	18 (28%)	146 (76%)	***
座位保持 介助あり	188 (75%)	28 (43%)	160 (86%)	***
起立動作 介助あり	118 (47%)	10 (15%)	108 (58%)	***
立位保持 介助あり	197 (78%)	36 (55%)	161 (87%)	***
FBS 得点 (点)	9.0 ± 12.5	19.3 ± 14.6	5.4 ± 9.3	***
歩行自立度：FIM 得点の内訳 (例数)				***
1：要全介助	207 (82%)	40 (62%)	167 (90%)	
2：要重度介助	17 (7%)	8 (12%)	9 (5%)	
3：要中等度介助	8 (3%)	3 (5%)	5 (3%)	
4：要軽度介助	13 (5%)	10 (15%)	3 (2%)	
5：要監視	6 (2%)	4 (6%)	2 (1%)	
ADL 自立度：FIM 得点 (点)	47.2 ± 21.6	67.0 ± 17.8	40.3 ± 18.3	***

数値は平均値 ± 標準偏差, もしくは例数 (割合).

BS : Brunnstrom Stage, FBS : Functional Balance Scale, FIM : Functional Independence Measure, ADL : Activity of Daily Living.

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$.

図1 信号検出分析によって得られた入院時情報から3ヵ月後の歩行自立を予測するための決定木

表2 歩行自立に対する4つのサブグループのオッズ比

	自立歩行獲得者の割合	モデル1		モデル2		モデル3	
		オッズ比	95%信頼区間	オッズ比	95%信頼区間	オッズ比	95%信頼区間
グループ4〔参照群〕	5.5%	1.0		1.0		1.0	
グループ3	22.2%	4.9	1.5-16.2 **	4.4	1.3-14.8 *	4.1	1.2-13.9 *
グループ2	30.6%	7.6	2.7-21.5 ***	6.3	2.2-18.4 **	5.4	1.7-16.9 **
グループ1	68.3%	37.3	14.6-95.1 ***	32.5	12.1-87.5 ***	27.4	9.4-80.1 ***

* : p < 0.05, ** : p < 0.01, *** : p < 0.001.

グループ4 : FBS13点未満 & 起居動作に介助が必要 & 認知機能低下あり

グループ3 : FBS13点未満 & 起居動作に介助不要 & 認知機能低下なし

グループ2 : FBS13点未満 & 起居動作に介助不要

グループ1 : FBS13点以上

モデル1 : 調整変数なし

モデル2 : 年齢, 性別, 脳卒中の種類, 入院までの日数で調整

モデル3 : 年齢, 性別, 脳卒中の種類, 入院までの日数, 麻痺側下肢随意性の有無, 協調性障害の有無で調整

こと、および提供されたりハプログラムが統制されていないことにも留意すべきである。さらに、本研究のデザインは後方視的であり、予測チャートの予測妥当性について検討できていない点も本研究の限界である。今後は前向き研究による予測妥当性の検証を行うとともに、臨床応用に際してセラピストが感じる予測チャートの使いやすさについても追跡していきたい。

結論として、回復期リハ病棟入院時の情報から3ヵ月後の歩行自立を予測するための有意な決定木を得た。この決定木は、予測に至るまでの過程がフローチャート形式で示され、視覚的な理解が容易であり、今後の臨床応

用が期待できる。また、回復期リハ病棟入院3ヵ月後の歩行自立を予測するためには、入院時のバランス能力(FBS)、起居動作の介助の有無、認知機能低下の有無を評価することが重要であることが示唆された。

引用文献

- 1) 二木 立:脳卒中リハビリテーション患者の早期自立度予測. リハビリテーション医学, 1982, 19: 201-223.
- 2) 窪田俊夫, 花田 実: 脳血管障害の予後推定についての方法論と臨床病型の分類について. リハビリテーション医学,

- 1982, 19: 237-247.
- 3) 葺石安利：脳卒中（視床出血）患者における初期情報からの歩行能力予後予測：多変量解析からの試み，リハビリテーション医学，1987, 24: 169-174.
 - 4) 堀本ゆかり，石井俊夫，青田安史・他：脳卒中片麻痺患者の歩行能力到達水準の予測．理学療法科学，1995, 10: 3-6.
 - 5) 黒川幸雄，松永篤彦：脳卒中患者の退院時の移動機能予後．北里医学，1997, 27: 9-18.
 - 6) 長澤 弘：脳卒中患者の退院時の移動機能予後．北里医学，1999, 29: 345-353.
 - 7) Koyama T, Matsumoto K, Okuno T, et al.: A new method for predicting functional recovery of stroke patients with hemiplegia: logarithmic modelling. Clin Rehabil, 2005, 19: 779-789.
 - 8) 樋口謙次，安保雅博：急性期脳血管障害患者における歩行予後因子の検討—発症10日目の座位保持能力から—．理学療法学，2008, 35: 313-317.
 - 9) 藤野雄次，秦 和文，花房祐輔・他：脳卒中急性期での歩行の予後に関与する因子の検討．理学療法科学，2012, 27: 421-425.
 - 10) 杉山統哉，近藤克則，松本大輔・他：急性期脳卒中患者の歩行自立度と社会的サポートの関連—リハビリテーション患者データバンクの多施設登録データを用いた研究—．総合リハ，2013, 41: 161-169.
 - 11) Cho KH, Lee WH: Effects of inpatient rehabilitation on functional recovery of stroke patients: a comparison of chronic stroke patients with and without cognitive impairment. J Phys Ther Sci, 2012, 24: 245-248.
 - 12) 宮原拓也，平林弦大：回復期リハビリテーション病棟における重症脳血管疾患患者のADL改善項目の検討．理学療法科学，2013, 28: 165-169.
 - 13) 鄭 丞媛，井上祐介，近藤克則・他：急性期と回復期リハ病棟における脳卒中患者の退院時FIMの予測式．Jpn J Compr Rehabil Sci, 2014, 5: 19-25.
 - 14) 奥 喜正，本村猛能，前鶴政和・他：データマイニングにおける二値データ解析—決定木とロジスティック回帰分析．物流問題研究，2004, 44: 1-14.
 - 15) 金田重郎：データマイニング 決定木学習 実用期を迎えたノンパラメトリック統計手法．CICSJ Bull, 1999, 17: 9-14.
 - 16) Luan S, Schooler LJ, Gigerenzer G: A signal-detection analysis of fast-and-frugal trees. Psychol Rev, 2011, 118: 316-338.
 - 17) Davis RE, Resnicow K, Atienza AA, et al.: Use of signal detection methodology to identify subgroups of dietary supplement use in diverse populations. J Nutr, 2008, 138: 205S-211S.
 - 18) The Aging Clinical Research Center (ACRC): Signal Detection Software for Receiver Operator Characteristics (ROC), <http://www.stanford.edu/~yesavage/ROC.html> (閲覧日2017年7月10日).
 - 19) 北地 雄，原島宏明，宮野佐年：脳血管疾患後の片麻痺者を対象とした Functional Balance Scale の構成要素の検討．理学療法科学，2013, 28: 95-99.