

理学療法学

Physical Therapy Japan

2025
VOL. 52
No.6

●研究論文（原著）

歩行支援ロボット練習を実施した脳卒中片麻痺患者における平地歩行自立時期を予測するノモグラムモデル
…池上滉一・他

通所系サービス利用者の参加と生活空間に関連する環境因子の検討
…横田大輔・他

高齢者を対象とした運動継続に寄与する他者との運動実践のあり方の探索的検討
…太田幸志・他

回復期リハビリテーション病棟に入院する患者の移動方法に関わる要因
—機械学習モデルを用いた歩行自立度の横断的研究—
…大塚雄斗・他

●症例研究

急性期脳梗塞患者に対する歩行学習支援ロボットによる併用歩行練習は歩行機能を改善させるか
…工藤健太郎・他

●症例報告

脳卒中発症後に重度の心疾患が判明した多疾患・重複障害患者に対する心臓外科手術後理学療法経験
…五月女宗史・他

横紋筋融解症を伴う重症ICU獲得性筋力低下を呈した患者に低負荷高頻度の運動療法を実施し、
Medical Research Council Scoreと日常生活動作の改善に至った一例
…芝原孝治・他

メトロニダゾール脳症とビタミンB6欠乏症の合併により日常生活動作が低下した1症例の
リハビリテーション経過
…笠井翔吾・他

●総 説

シリーズ「心疾患患者に対する理学療法のアップデート」
連載第6回目 在宅の心疾患患者に対する身体活動適正化を図るポイント
…内藤紘一

シリーズ「理学療法における臨床予測ルール（clinical prediction rule）とその適用」
連載第6回目 脳血管障害患者における臨床予測ルールの適用
…北地 雄

●投稿規程

理学療法学 第52巻 第6号 2025年

目 次

研究論文 (原著)

- 歩行支援ロボット練習を実施した脳卒中片麻痺患者における平地歩行自立時期を予測する
ノモグラムモデル 池上 滉一・他・337
- 通所系サービス利用者の参加と生活空間に関連する環境因子の検討 横田 大輔・他・347
- 高齢者を対象とした運動継続に寄与する他者との運動実践のあり方の探索的検討 太田 幸志・他・357
- 回復期リハビリテーション病棟に入院する患者の移動方法に関わる要因
—機械学習モデルを用いた歩行自立度の横断的研究— 大塚 雄斗・他・366

症例研究

- 急性期脳梗塞患者に対する歩行学習支援ロボットによる併用歩行練習は
歩行機能を改善させるか 工藤健太郎・他・375

症例報告

- 脳卒中発症後に重度の心疾患が判明した多疾患・重複障害患者に対する
心臓外科手術後理学療法経験 五月女宗史・他・382
- 横紋筋融解症を伴う重症ICU獲得性筋力低下を呈した患者に低負荷高頻度の運動療法を
実施し、Medical Research Council Scoreと日常生活動作の改善に至った一例 芝原 孝治・他・389
- メトロニダゾール脳症とビタミンB6欠乏症の合併により日常生活動作が低下した
1症例のリハビリテーション経過 笠井 翔吾・他・396

総 説

- シリーズ「心疾患患者に対する理学療法のアップデート」
連載第6回目 在宅の心疾患患者に対する身体活動適正化を図るポイント 内藤 紘一・402
- シリーズ「理学療法における臨床予測ルール (clinical prediction rule) とその適用」
連載第6回目 脳血管障害患者における臨床予測ルールの適用 北地 雄・409

- 投稿規程 418

CONTENTS Vol. 52 No. 6 2025

Research Reports (Original Article)

- Development of a Nomogram Model to Predict the Timing of Level Walking Independence
after Robot-assisted Gait Training in Patients with Hemiplegic Stroke Ikeue K., *et al.* • 337
- Investigation of Environmental Factors Related to the Participation
and Life Space of Day-care Service Users Yokota D., *et al.* • 347
- Impact of Exercising with Others on the Maintenance of Exercise Behavior among Older Adults:
An Exploratory Examination Ota K., *et al.* • 357
- Factors Associated with Methods of Mobility in Patients Admitted to Convalescent Rehabilitation Wards:
A Cross-sectional Study of Walking Independence Using Machine Learning Models
..... Otsuka Y., *et al.* • 366

Case Study

- Does Gait Training Combined with a Gait-learning Support Robot Improve Walking Function
in Acute Ischemic Stroke Patients: A Single-case Study Using a BAB Design Kudoh K., *et al.* • 375

Case Reports

- A Physical Therapy Experience after Cardiac Surgery for Multimorbidity and Multiple Disabilities
Patient Who Was Discovered Severe Heart Disease after Stroke Soutome T., *et al.* • 382
- A Case of Severe ICU-acquired Weakness with Rhabdomyolysis Successfully Treated with Low-load,
High-frequency Exercise Therapy, Leading to Improvement in Medical Research Council Score
and Activities of Daily Living Shibahara K., *et al.* • 389
- Rehabilitation Course of a Case of Decreased ADL Due to a Combination of Metronidazole
Encephalopathy and Vitamin B6 Deficiency Kasai S., *et al.* • 396

Reviews

- Key Strategies for Optimizing Physical Activity in Home-based Patients with Cardiovascular Disease
..... Naito K. • 402
- Practical Application of Clinical Prediction Rules in People with Stroke Kitaji Y. • 409

研究論文 (原著)

歩行支援ロボット練習を実施した脳卒中片麻痺患者における 平地歩行自立時期を予測するノモグラムモデル*

池上 滉一^{1) #} 餅 脩佑¹⁾ 船引 啓祐¹⁾
中谷 友哉¹⁾ 田中 裕規¹⁾ 虎津 裕¹⁾

要旨

【目的】本研究の目的は急性期を含む重症の脳卒中片麻痺患者を対象に、ウエルウォーク練習開始時情報から平地歩行自立時期を予測するノモグラムモデルを作成することである。【方法】社会医療法人三栄会ツカザキ病院急性期病棟に入院し、ウエルウォーク練習を実施した患者79名を対象とした。発症30, 60, 90, 120日の平地歩行自立獲得をアウトカムとし、開始時の基本情報、身体・認知機能から獲得率を予測するモデルを求めた。【結果】年齢、発症後日数、Stroke Impairment Assessment Set体幹合計、Functional Independence Measure認知項目合計、Gait Ability Assessmentが有意な予測因子であった。【結論】急性期を含む重症例においても、本モデルにより平地歩行自立率の予測が可能であり、退院計画や目標設定を支援できる可能性が示唆された。

キーワード 脳卒中片麻痺, 歩行支援ロボット練習, ウエルウォーク, 平地歩行自立時期, ノモグラムモデル

はじめに

脳卒中の後遺症の中でも、歩行障害は日常生活動作や移動の問題と強く関連しており¹⁾、歩行能力の回復は自立した生活を送るうえでリハビリテーションの重要な目標である¹⁾²⁾。脳卒中片麻痺患者の歩行練習では、近年国内外で様々なリハビリテーションロボットが開発され、歩行練習に使用することが推奨されている³⁾⁴⁾。脳卒中治療ガイドライン2021⁵⁾においても、発症後3カ月以内の歩行不能な脳卒中患者に対して、歩行練習支援ロボットを用いた歩行練習を実施することが推奨されている。

歩行支援ロボットの中の一つに、トヨタ自動車株式会社と藤田医科大学が共同開発した、Gait Exercise Assist Robot (以下、GEAR) がある。GEARは、脳卒中片麻痺患者の歩行練習を目的とした運動学習理論に基づくロボットであり、2007年より研究・開発が開始され、2017年にウエルウォークWW-1000 (以下、本ロボット) の名称で製品化された⁶⁾。本ロボットは⁶⁾⁷⁾、ロボット脚、低床型トレッドミル、安全懸架装置 (部分体重免荷装置としても使用可能)、脚部免荷装置、患者用モニタ、操作パネルから構成され、トレッドミル上で歩行練習を行う。本ロボットの特徴の一つが豊富なフィードバック手段である。視覚フィードバックとして、全身像 (鏡像)、足元像、側面像を選択して表示可能である他、基準線 (身体のある部分を動かす目標として使用)、足部目標位置、麻痺側荷重量、足圧中心軌跡を重ねて表示できる。音声フィードバックとしては、膝折れ、荷重成功などが提示可能である。本ロボットのもう一つの特徴が精緻な補助調整性である。調整可能なパラメータとして、膝伸展アシスト、振り出しアシスト、膝屈曲開始タイミング、膝屈曲伸展時間、体重免荷量などがあり、操作パネルで設定する。パラメータを適切に設定することで、運動学習に有利な難易度の練習を提供することができ、重

* Development of a Nomogram Model to Predict the Timing of Level Walking Independence after Robot-assisted Gait Training in Patients with Hemiplegic Stroke

1) 社会医療法人三栄会ツカザキ病院リハビリテーション科 (〒671-1227 兵庫県姫路市網干区和久68-1) Koichi Ikeue, PT, Shusuke Mochi, PT, MSc, Keisuke Funabiki, PT, Yuya Nakatani, PT, MSc, Hiroki Tanaka, PT, Hiroshi Toratsu, PT: Department of Rehabilitation, Tsukazaki Hospital, Social Medical Corporation Saneikai

E-mail: rphfz014@yahoo.co.jp

(受付日 2025年3月26日 / 受理日 2025年7月31日) [J-STAGEでの早期公開日 2025年10月1日]



本論文はクリエイティブ・コモンズ [表示 4.0 国際] ライセンスの下に利用許諾されています。

© 2025 日本理学療法学会連合

度の片麻痺患者であっても、練習初期から最小介助で、過剰な代償動作なしに最終歩容類似の多数歩練習が可能となる。本ロボットの導入施設は全国で105施設109台(2025年2月6日時点)と日々増えてきており⁸⁾、重度運動麻痺例を対象とする治療手段として広く導入が進んでいる。先行研究では、GEARにおいて、従来の理学療法による通常歩行練習と比較して、脳卒中片麻痺患者の歩行改善期間の短縮⁹⁾¹⁰⁾、退院時に自力歩行可能になった割合の改善¹⁰⁾などの介入効果の報告がされている。またGEARと本ロボットにおいては、対象患者における歩行予後予測の検証報告¹¹⁻¹⁵⁾も散見されている。

個々の患者の退院先や退院時期を検討するうえで、発症早期より歩行自立時期の予後予測を行うことは重要であり、臨床場面では簡易的な予測ツールが望まれる¹⁶⁾。理学療法士においては、カンファレンスの場で歩行自立までの期間を明示することは重要な役割であり、統計的に根拠のある期間提示により退院計画が立てやすくなる¹⁷⁾。脳卒中片麻痺患者の歩行予後予測に、麻痺側下肢運動機能、非麻痺側下肢筋力、感覚、体幹機能、年齢、認知機能、排尿コントロールなどの複数の因子が影響を及ぼすことが報告されている¹⁶⁻²⁷⁾。臨床場面においては、高齢や認知機能低下など歩行獲得に負の影響を与える因子と、高い体幹機能や下肢運動機能などの歩行獲得に正の影響を与える因子を併せ持つ患者がほとんどであり、個人の複数の因子を統合して、歩行獲得予測の検討を行う必要がある。特に重度運動麻痺を呈する脳卒中患者は、複数の因子を併せ持つ場合が多く、発症早期の歩行予後予測において難渋するケースが多い。実際に、重度運動麻痺を呈し、発症早期の歩行自立度が低い重症例においても、長期的なリハビリテーション介入によって、歩行補助具と短下肢装具を使用し、歩行自立獲得に至るケースがあり、その予測因子の検証が望まれる。亜急性期または回復期における、本ロボットを使用した脳卒中患者を対象を絞った先行研究¹¹⁻¹⁴⁾では、体幹機能、年齢、発症後日数、認知機能などが歩行獲得の予測因子として報告されているが、ロジスティック回帰分析での報告である。ロジスティック回帰分析²⁵⁾²⁸⁾は、歩行獲得、不獲得のような2値のアウトカムに対し、他の要因の影響を全て除外して要因単独の影響を評価することができる有用な手法であるものの、予測式としての指数関数が複雑になることや各属性間の関係性、優位性までは十分に明らかにしにくい欠点があり、歩行自立時期を予測するうえで、臨床場面では活用しづらい現状がある。また、急性期の本ロボット使用患者を対象に含めた、決定木分析を用いた歩行予後予測の検証報告¹⁵⁾はあるが、アウトカムが歩行自立ではなく、練習の終了基準である監視歩行獲得までの検証である。

このように、本ロボット練習を実施した患者の歩行自

立予測においては、先行研究上、明確な知見がないのが現状であり、急性期患者を対象に含め、かつ、歩行自立度が低い重症例を対象にした、平地歩行自立時期の予測検証は、臨床的意義が大きいと考える。本研究では、平地歩行自立時期の予測ツールとして、ノモグラムモデルに着目した。ノモグラムは、重要な因子のエンドポイントに対する重みを点数化し、個々の患者に比較的正確な予測値をもたらす数学的なモデルである²⁹⁾。ノモグラムを使用した各先行研究²⁹⁻³²⁾では、予測モデルや診断モデルなどの関数によって計算された予測確率のアウトプットを可視化するためのツールとして、その有用性が報告されている。先行研究¹¹⁻²⁷⁾で報告されている複数の歩行予後予測因子を統合して得られたノモグラムモデルは、時期別の歩行自立確率(%)を算出するまでの計算過程を可視化でき、各説明因子の重みも視覚的に理解可能であるため、臨床場面で活用しやすいと考える。

そこで、本研究では、これまで歩行予後予測が難しかった急性期を含む歩行自立度が低い脳卒中重症例を対象に、本ロボット練習開始時の情報を用いて平地歩行自立時期を予測できるノモグラムモデルを構築し、退院計画や目標設定に活用可能な新たな予測手法を提示することを目的とした。さらに、本研究によって得られたノモグラムモデルを活用することで、本ロボット練習開始早期における歩行予後予測や目標設定を検討する一助となると考える。

対象および方法

1. 対象

対象は、2018年10月から2024年11月の期間で、社会医療法人三栄会ツカザキ病院(以下、当院)急性期病棟に入院後、当院回復期リハビリテーション病棟へ連続入院し、リハビリテーション経過中に本ロボット練習を実施した、初発脳卒中片麻痺患者(テント上一側病変)111名とした。当院の急性期リハビリテーションプログラムは、脳卒中治療ガイドライン2021³³⁾を参考にしており、十分なりスク管理のもとに、座位・立位練習、装具を用いた歩行練習を発症後できる限り早期から段階的に実施している。本研究では、以下の本ロボット練習開始基準、参加基準、および除外基準を設けた。

本ロボット練習開始基準は、先行研究¹⁵⁾に準じて、病態が安定していて主治医から使用許可があり、長下肢装具を使用した平地歩行練習が徒手介助量を問わず1日20分可能になった時点とした。ただし、物的支持物・装具を使用しても立位保持困難な場合や、平行棒内歩行練習1往復において、負荷量増加に伴う急激なバイタル変動、疲労度増大(自覚的運動強度の指標であるBorg scaleが15以上)が認められた場合は、練習開始を見合わせ、プログラム内容を座位・立位練習中心に行った。改

善経過に合わせて、平行棒内歩行練習の割合を増やし、開始基準を満たした時点で本ロボット練習を開始した。

本研究の参加基準は、先行研究¹³⁾¹⁵⁾を参考に、本ロボット練習を10回以上使用した患者とした。さらに練習開始時点で、平地歩行練習時に膝折れを生じており、長下肢装具が必要であること、およびFunctional Independence Measure (以下、FIM) 理解3点以上であることを条件とした。

本研究の除外基準は、表1に示すトヨタ自動車株式会社³⁴⁾が定める本ロボット練習除外基準³⁴⁾に加えて、急性期治療目的で輸液ライン管理下の患者、当院急性期病棟から当院回復期リハビリテーション病棟ではなく他院に転院となった患者、何らかの理由で継続が困難となり本ロボット練習実施回数が10回未満の患者、データ欠損があった患者とした。以上の基準より、全対象者111名のうち、本ロボット練習実施中に当院急性期病棟から他院に転院した患者25名、練習実施回数が10回未満の患者5名、データ欠損があった患者2名を除く、79名を本研究の解析対象者とした。

2. 方法

研究デザインは、後ろ向きコホート研究である。対象の電子カルテから基本情報、リハビリテーション評価を全て後方視的に調査した。

本ロボット練習の実施者は、トヨタ自動車株式会社主催の操作研修を修了した理学療法士(以下、ロボット管理者)6名に、トヨタが推奨する操作研修内容をもとに、ロボット管理者による操作方法の十分な指導を受け、少なくとも3人以上にロボットを使用した歩行練習を行った経験のある操作に習熟した理学療法士8名を加えた、計14名の理学療法士とした。実施期間中は、担当理学療法士による本ロボット練習を1日2単位(40分)、週6~7日実施した。リハビリテーション全体としては、本ロボット練習を含めて1日3時間以内の練習(理学療法、作業療法、言語療法)を週7日実施した。本ロボット練習以外の練習内容については、主治医の指示のもと、担

当療法士が判断することとし、内容の制約は設けなかった。練習では、歩行に重大な支障をきたさず、代償動作を悪化させない範囲で、設定を適宜調整し、ロボットによる介助の程度を可能な限り低く設定した。また、療法士は必要に応じて最低限の徒手介助や声掛け誘導を行い、歩行能力改善に合わせて、徒手介助量から優先的に漸減した。歩行評価は、対象の10m歩行時のできる歩行能力をFIMに準拠して採点した指標であるGait Ability Assessment (以下、GAA)³⁵⁾を使用し、1週間毎に歩行自立度を判定した。GAAの判定基準を表2に示した。GAA評価では、必要に応じて杖と短下肢装具の使用を許可した。本ロボット練習の終了基準は、先行研究¹¹⁾¹⁵⁾を参考に、対象のGAAが5点に達した週と設定した。また、練習を2週間継続しても、GAAに1点以上改善が認められなかった場合には、担当療法士とロボット管理者による協議のもと、練習の継続が困難であると判断し、当該週で練習を終了した。本ロボット練習終了後は、リハビリテーション単位数を変更せずに、平地歩行自立に向けて、短下肢装具を使用しての平地歩行練習に切り替えて介入を継続した。

アウトカムは、発症から平地歩行自立を獲得した時期とし、タイムポイントは、発症30, 60, 90, 120日とした。追跡期間は、発症140日間とした。平地歩行自立の基準は、FIM歩行が6点または7点とした。歩行自立の判定においては、各対象者の病棟廊下歩行に加えて、自室内移動・方向転換、歩行補助具・装具の適正な位置設定・管理、病棟生活活動に付随して必要となる動作(自室カーテンやトイレドアの開閉)を評価項目とし、最低でも3日間の評価期間を設けた。評価期間中、各評価項目の動作が安定している場合に歩行自立と評価し、さらにその評価結果をもとに担当理学療法士、作業療法士および看護師が協議して歩行自立かどうかを決定した。この判定には、歩行補助具および装具の使用の有無は問わなかった。

検証項目は、先行研究¹¹⁻²⁷⁾で報告されている因子を参考に、年齢、性別、病型、障害側、発症日から本ロ

表1 トヨタ自動車株式会社によるウェルウォーク練習除外基準(一部抜粋・修正)

・心機能、呼吸機能障害によって運動制限がある方
・コントロール不良の高血圧を有する方
・有症状の不整脈、および著しい徐脈や頻脈が存在する方
・ペースメーカー使用者
・強い感染性のある疾患に罹患している方
・歩行に支障をきたす重度の下肢拘縮を有する方
・下肢、体幹に易骨折性がある方(重度の骨粗鬆症など)
・重度の高次脳機能障害により指示に従えない方
・その他、医師が不適切と判断した方

トヨタ自動車株式会社より表の転載・修正の許諾を得ている。

表2 Gait Ability Assessmentの判定基準

採点	介助量	備考
7	0%	補助具が不必要
6	0%	補助具が必要
5b	0%	近位監視が不要 (歩行安定、高次脳機能障害のため遠位監視が必要)
5a	0%	近位監視が必要(歩行不安定)
4	0% < 介助量 ≤ 25%	軽介助が必要
3	25% < 介助量 ≤ 50%	中等度介助が必要
2	50% < 介助量 ≤ 75%	重度介助が必要
1	75% < 介助量	全介助が必要

ボット練習を開始した日までの期間（以下、発症後日数）、本ロボット練習開始時におけるStroke Impairment Assessment Set（以下、SIAS）下肢運動合計、SIAS下肢感覚合計、SIAS体幹合計、FIM排尿、FIM歩行、FIM認知項目合計、GAAとした。検証項目に加えて、本ロボット練習開始時におけるFIM認知項目の下位5項目（理解、表出、社会的交流、問題解決、記憶）を評価した。

対象者の基本情報・リハビリテーション評価のうち、年齢、性別、病型、障害側、発症後日数、本ロボット練習実施期間、練習実施日数、実施期間中の1日あたりのリハビリテーション実施単位数・本ロボット練習実施単位数、追跡期間中の短下肢装具の作製有無、発症日から平地歩行自立獲得までの期間について、電子カルテ情報をもとに記録した。その他は、本ロボット練習を実施した担当療法士とロボット管理者が評価し記録した。

3. 統計解析

はじめに、追跡期間中の平地歩行自立獲得率をKaplan-Meier曲線にて評価した。

次に、発症日から平地歩行自立獲得までの期間を従属変

数、各検証項目を独立変数とし、単変量または多変量Cox比例ハザード分析により歩行改善予測因子を検討した。最後に得られた予測因子を使用したノモグラムモデルを作成し、モデルの予測能力をConcordance indexを用いて検証した。

さらに本研究では、予測モデルの内的妥当性検証を行うために、先行研究²⁹⁾³²⁾を参考に、ブートストラップ法を用いた。本研究の元標本からリサンプリングして得られた1000組のブートストラップ標本を用いてキャリブレーションプロットを描出し、ノモグラムの予測値と実測値の比較を行った。合わせて、Concordance index、予測誤差の指標であるMean Absolute Error（以下、MAE）、Observation/Expected Ratio（以下、O/E比）、Calibration Intercept、Calibration Slopeを算出し、予測モデルの予測精度とキャリブレーションを検証した。

統計ソフトはR ver 4.4.0を使用し、有意水準を5%とした。

4. 倫理的配慮

本研究は、ヘルシンキ宣言に基づき、対象者に同意を

表3 対象者の基本情報およびウエルウォーク練習開始時評価の結果

	全体 (n=79)	140日間で歩行自立 (n=41)	140日間で歩行非自立 (n=38)
年齢(歳)	68.1±12.5	63.3±11.8	73.1±11.4
性別(名)	男：40 女：39	男：23 女：18	男：17 女：21
病型(名)	脳梗塞：46 脳出血：33	脳梗塞：20 脳出血：21	脳梗塞：26 脳出血：12
障害側(名)	右：41 左：38	右：20 左：21	右：21 左：17
発症後日数(日)	18.1±12.2	14.5±7.1	22.0±15.1
ウエルウォーク練習実施期間(日)	37.8±17.2	32.6±13.7	43.4±19.0
ウエルウォーク練習実施日数(日)	37.5±17.2	32.6±13.7	42.8±19.1
ウエルウォーク練習実施期間中の リハビリテーション実施単位数(単位)	8.6±0.5	8.6±0.6	8.7±0.5
ウエルウォーク練習実施単位数(単位)	2.0±0.1	2.0±0	2.0±0.1
短下肢装具の作製有無(名)	有：48 無：31	有：24 無：17	有：24 無：14
SIAS下肢運動合計(点)	4.6±4.2	5.1±4.2	4.1±4.1
SIAS感覚合計(点)	3.9±1.9	4.1±1.7	3.6±2.1
SIAS体幹合計(点)	3.8±1.5	4.6±1.0	3.0±1.5
FIM排尿(点)	3.7±2.1	4.4±2.0	3.1±2.1
FIM歩行(点)	1.0±0	1.0±0	1.0±0
FIM認知項目合計(点)	23.3±6.9	25.7±6.8	20.7±6.2
FIM理解(点)	5.3±1.3	5.7±1.3	5.0±1.2
FIM表出(点)	4.7±1.6	5.0±1.5	4.4±1.7
FIM社会的交流(点)	4.8±1.3	5.3±1.3	4.2±1.2
FIM問題解決(点)	4.0±1.7	4.6±1.6	3.3±1.5
FIM記憶(点)	4.5±1.6	5.1±1.6	3.9±1.3
GAA(点)	1.5±0.8	1.8±0.9	1.3±0.5
発症日から平地歩行自立獲得までの期間(日)	—	78.2±24.4	—

平均値±標準偏差、もしくは例数。SIAS: Stroke Impairment Assessment Set, FIM: Functional Independence Measure, GAA: Gait Ability Assessment.

得て実施した。また、ツカザキ病院倫理審査委員会の承認（承認番号：2502005）を得て行った。

結 果

対象者の基本情報と本ロボット練習開始時評価の結果を表3に示した。追跡期間の140日以内に平地歩行自立を獲得した患者は41名（51.9%）、獲得できなかった患者は38名（48.1%）であった。平地歩行自立獲得率のKaplan-Meier曲線を図1に示した。発症30, 60, 90, 120日後の平地歩行自立獲得率は、それぞれ2.5%（95%信頼区間0.6–9.3%）、13.9%（同8.0–23.7%）、30.4%（同21.5–41.8%）、50.6%（同40.2–62.0%）であった。

Cox比例ハザード分析の結果を表4に示した。単変量解析では、年齢、発症後日数、SIAS体幹合計、FIM排尿、FIM認知項目合計、GAAが有意であった（FIM排尿のみ $p<0.01$ 、その他は $p<0.001$ ）。多変量解析では、年

齢、発症後日数、SIAS体幹合計、FIM認知項目合計、GAAが、平地歩行自立獲得率を予測する有意な因子であった（発症後日数・SIAS体幹合計・FIM認知項目合計は $p<0.05$ 、その他は $p<0.01$ ）。これらの予測因子を用いてノモグラムモデルを作成した（図2）。

ブートストラップ標本を用いたキャリブレーションプロットを図3に示した。キャリブレーションによる予測値と実測値の比較は良好であった。ノモグラムモデルのConcordance indexとブートストラップ法による内的妥当性検証結果を表5に示した。ノモグラムモデルのConcordance indexは元標本0.812、ブートストラップ標本0.796であった。またMAEは0.022、O/E比は0.974、Calibration Interceptは0.022、Calibration Slopeは0.929であった。

考 察

結果から、本ロボット練習を実施した患者において、

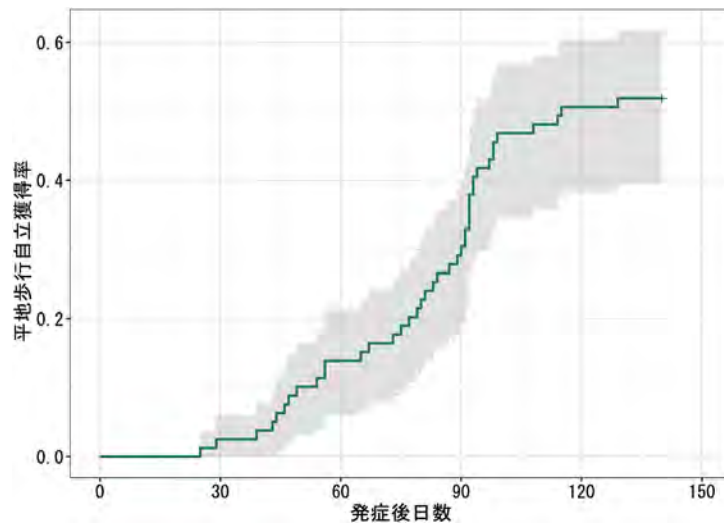
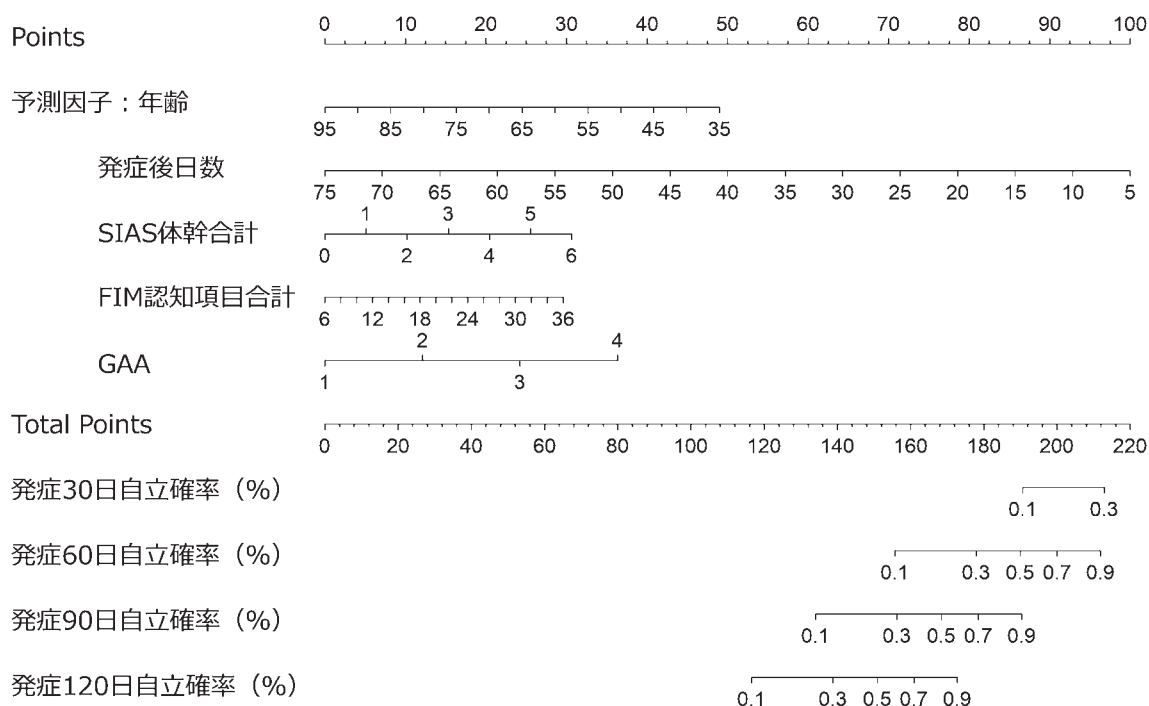


図1 平地歩行自立獲得率のKaplan-Meier曲線

表4 Cox比例ハザード分析の結果

	単変量 HR [†] (95%CI [‡])	p 値	多変量 HR [†] (95%CI [‡])	p 値
年齢	0.956 (0.932–0.981)	<0.001	0.957 (0.931–0.984)	<0.01
性別	1.402 (0.757–2.600)	0.283		
病型	0.637 (0.345–1.176)	0.150		
障害側	0.756 (0.409–1.396)	0.371		
発症後日数	0.940 (0.898–0.985)	<0.001	0.923 (0.868–0.983)	<0.05
SIAS下肢運動合計	1.052 (0.979–1.129)	0.166		
SIAS感覚合計	1.140 (0.968–1.344)	0.116		
SIAS体幹合計	1.911 (1.463–2.496)	<0.001	1.407 (1.016–1.950)	<0.05
FIM排尿	1.236 (1.072–1.425)	<0.01	0.917 (0.745–1.127)	0.409
FIM歩行	—	—		
FIM認知項目合計	1.091 (1.036–1.148)	<0.001	1.069 (1.011–1.131)	<0.05
GAA	1.974 (1.356–2.874)	<0.001	2.023 (1.290–3.172)	<0.01

[†]: Hazard Ratio, [‡]: Confidence Interval. SIAS: Stroke Impairment Assessment Set, FIM: Functional Independence Measure, GAA: Gait Ability Assessment.



ノモグラムの使用手順：

① 各予測因子（年齢、発症後日数、SIAS体幹合計、FIM認知項目合計、GAA）の値をそれぞれのスケールにプロットし、上部の「Points」軸と交差する点を確認する。

② 各因子のポイントを合計し、「Total Points」スケール上に合計点をプロットする。

③ その位置から垂線を下ろし、発症30、60、90、120日の各歩行自立確率スケールと交差する値を読み取る。

使用例：75歳、発症後20日、SIAS体幹合計5点、FIM認知項目合計22点、GAA3点の場合、各因子に対応するポイントを合計すると約162ポイントとなる。これにより、発症120日時点での平地歩行自立獲得率はおよそ70%と予測される。

※補足：このモデルは発症120日までの予測を対象とし、それ以降の回復可能性を否定するものではない。また、歩行自立以外の機能回復（起居動作、排泄、短距離移動など）は予測対象に含まれていないため、包括的な機能評価は別途行うべきである。

図2 ノモグラムモデル

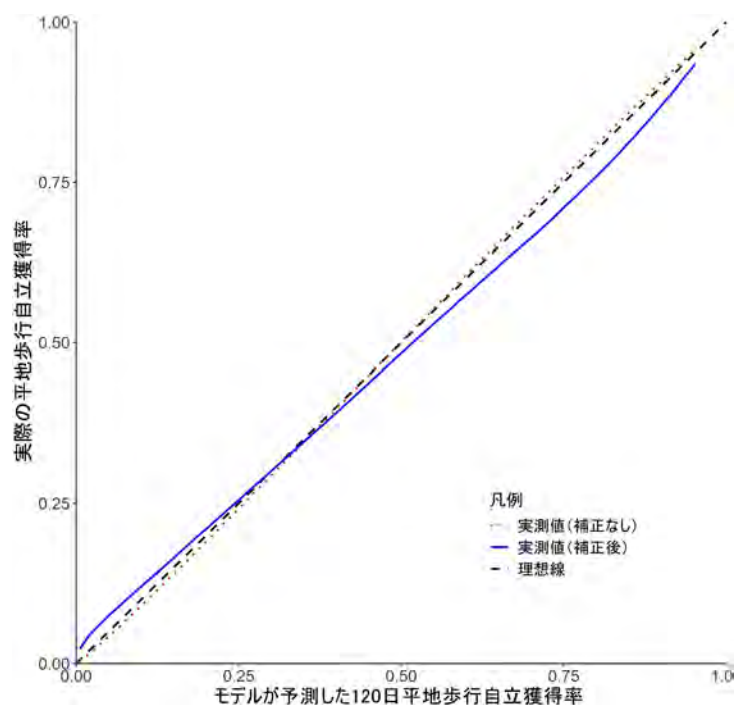


図3 ブートストラップ標本を用いたキャリブレーションプロット

本ロボット練習開始時の年齢、発症後日数、SIAS体幹合計、FIM認知項目合計、GAAの結果を組み合わせることで、平地歩行自立時期の予測が可能であるこ

とが示唆された。加えて、これらの予測因子を組み合わせ、本ロボット練習開始時の情報から発症30日ごとの平地歩行自立獲得率を予測するノモグラムモデルを得

表5 ノモグラムモデルの内的妥当性検証結果

Concordance index (元標本)	0.812
Concordance index (1000組のブートストラップ標本)	0.796
MAE	0.022
O/E比	0.974
Calibration Intercept	0.022
Calibration Slope	0.929

MAE: Mean Absolute Error, O/E比: Observation/Expected Ratio.

た。本研究の対象は、発症後平均18.1日でGAAが 1.5 ± 0.8 点、SIAS下肢運動合計 4.6 ± 4.2 点、FIM歩行 1.0 ± 0.0 点と、歩行自立度が極めて低い重度の脳卒中片麻痺患者であった。本研究は、急性期患者を含めた本ロボット練習実施者に対し、ノモグラムモデルを用いて平地歩行自立時期の予測検証を行った、初めての試みである。また、本研究で得られたノモグラムモデルは、時期別の歩行自立確率を算出するまでの計算過程を可視化でき、各説明因子の重みも視覚的に理解可能なことから、臨床応用が行いやすい点で有用である。

図2に示したノモグラムは、年齢、発症後日数、SIAS体幹合計、FIM認知項目合計、GAAの5項目をもとに、平地歩行自立獲得率を個別に予測できる臨床支援ツールである。各項目の値に対応するポイントを算出し、その合計点から、発症後30、60、90、120日の歩行自立確率を読み取ることができる。例えば、合計点が約162ポイントの場合、発症120日時点での歩行自立確率は約70%と予測される。ノモグラムモデルの解釈として、本研究では脳卒中発症120日までに歩行自立が困難な患者がいると予測しているが、それ以降の時点では歩行自立の可能性のあることに留意が必要である。また本ノモグラムは歩行自立のみに着目した予測ツールであるため、その他の動作能力の可能性は別途評価する必要がある。

脳卒中患者の歩行能力回復を検討した先行研究³⁶⁾では、95%の患者が脳卒中後14週以内に可能な限り最良の歩行能力を獲得していたと報告されている。重症度別で検証した別の先行研究¹⁸⁾においても、歩行能力の回復は脳卒中発症後11週間以内に95%の患者で起こり、重度の運動麻痺を有する患者においては、11週以降に歩行能力のさらなる改善を期待すべきではないと報告されている。以上の先行研究を踏まえて本研究では、追跡期間を発症後140日と長期に設定したが、図1の平地歩行自立獲得率のKaplan-Meier曲線より、発症90日は30.4%、120日は50.6%、140日は51.9%と、120日以降は新たに歩行獲得し難い傾向であったため、先行研究の歩行能力回復過程と概ね一致するものと考えられる。

池上ら¹⁵⁾は、決定木分析を用いた歩行予後予測の検証において、急性期患者を含めた本ロボット練習実施者を対象に、年齢、発症後日数、SIAS体幹合計を監視歩

行獲得の予測因子として報告している。また亜急性期または回復期患者を対象としたGEARと本ロボットの先行研究¹¹⁻¹⁴⁾においても、年齢、発症後日数、SIAS体幹項目は、歩行能力改善の予測因子として、重要性が報告されている。以上の3因子は、急性期患者を含めて平地歩行自立獲得時期予測を検証した本研究においても、有用な因子として選択されたことから、先行研究と一致するため、歩行能力改善に強い影響を及ぼす因子であると考えられる。

一方で、先行研究¹⁵⁾の結果に加えて、本研究ではFIM認知項目合計とGAAが有用な予測因子として選択された。FIM認知項目合計が予測因子として選択された理由として、本研究のアウトカムを監視歩行獲得ではなく、自立歩行獲得としたことが考えられる。Jacksonら¹⁹⁾は、認知機能障害がある脳卒中患者は自立歩行獲得に時間を要すと報告している。また大田尾ら²²⁾は、脳卒中片麻痺患者の歩行自立に影響を及ぼす要因を年齢、麻痺側下肢運動機能、体幹機能、麻痺側足底感覚、認知機能などから検証した結果、認知機能低下が歩行自立を妨げる重要因子であったと報告している。以上から、本研究の対象者である本ロボット練習実施者においても、先行研究と同様に、認知機能が歩行自立に強い影響を及ぼす因子として選択されたと考える。なお、本研究ではFIM認知項目合計を予測因子としたが、追加解析として下位5項目を群間比較したところ、特に「問題解決」と「記憶」が歩行自立群で高得点を示す傾向がみられた(表3)。これらの項目は、重度運動麻痺患者においても適切な状況判断や課題遂行が可能となり、歩行の自立獲得を促進する要素であると考えられる。一方で、FIM認知項目のみでは高次脳機能全体を十分に評価することは難しいため、注意障害などの影響も考慮した詳細な評価を含めた今後の検討が望まれる。一般的に下肢運動機能^{16-18) 20) 22) 24) 26)}や体幹機能^{20) 21) 23) 24) 26)}は、脳卒中片麻痺患者の歩行能力改善の予測因子として報告が多い。本研究方法では検証できないが、本研究の対象者の中には、それらの機能が高く、歩行自立が期待できる症例であっても、低い認知機能が影響し、歩行自立に至らなかったケースが一定数存在していた可能性が考えられる。

Jorgensenら¹⁸⁾は、急性期脳卒中患者における歩行能力経過には、入院時の歩行能力と下肢運動麻痺の重症度が密接に関連していると報告している。本研究において、平地歩行自立の予測因子として、平地歩行能力の評価指標であるGAAが選択されたことは、先行研究に一致していると考えられる。一方で、下肢運動麻痺の重症度を表している、SIAS下肢運動合計は、本研究では予測因子として選択されなかった。Jorgensenらの研究の検証範囲は、歩行能力経過と下肢麻痺との関連性を検証し

たものであり、体幹機能は検証項目に含まれていなかった。またGEARと本ロボットの先行研究^{11) 12) 15)}では、歩行能力改善の予測因子として、SIAS下肢運動項目は選択されず、SIAS体幹項目が重要因子として選択されていた。各先行研究と本研究の結果から、本ロボット練習の対象になりうる重度運動麻痺を呈する患者においては、各機能面の因子の中でも、特に体幹機能の良否が早期の歩行自立獲得に強く影響を与えると推察された。Smithら²⁴⁾は、下肢の随意性がほとんどない重度運動麻痺であっても、体幹コントロールが良好であれば、麻痺側からの体重移動や歩行補助具の使用など、体幹が関与する代償戦略により、自立歩行は可能であると報告している。また短下肢装具は、脳卒中患者の歩行の安定性と自立度を向上させるという報告がある^{37) 38)}。本研究では、追跡期間中に対象者79名のうち、過半数である48名が本人用の短下肢装具を作製し、歩行時に使用していた。下肢麻痺が重度である対象者においても、麻痺側下肢の随意性低下に対し、体幹が関与する代償戦略に加えて、短下肢装具使用による機能補填を講じることで、自立歩行獲得に至った可能性がある。

予測モデルの評価においては、内的検証の実施が推奨されており³²⁾、本研究ではブートストラップ法を用いてキャリブレーションプロットを作成し、モデルの内的妥当性を確認した。Concordance indexの基準^{39) 40)}によれば、0.61~0.75は臨床的有用性が示唆され、0.75を超える値は高い予測性能を有するとされる。本研究で作成したノモグラムモデルのConcordance indexは0.812と高値であり、さらにブートストラップ標本を用いた検証においても予測精度およびキャリブレーションは良好であったことから、モデルの内的妥当性が担保されたと考えられる。また、本研究で構築したノモグラムモデルは、特に予後予測が難しい急性期を含む重度運動麻痺患者においても、患者個別の歩行自立時期を可視化できる点が特徴であり、理学療法士が多職種と情報共有を行う際や、早期からの目標設定および退院支援を科学的根拠に基づいて推進できる点で、臨床的意義は大きいと考えられる。なお、本研究は本ロボット練習を対象としたが、部分免荷トレッドミルトレーニング (Body Weight Supported Treadmill Training: 以下、BWSTT) などの他の歩行練習法との予後予測精度を直接比較する検証は実施していない。近年の最新の系統的レビューにおいても、BWSTTを含むトレッドミルトレーニングは、軽度から中等度の脳卒中患者における歩行速度および耐久性の改善に有効であることが報告されているが⁴¹⁾、重度運動麻痺患者を対象とした平地歩行自立獲得率やその予後予測に関する報告は限られているのが現状である。一方、本ロボット練習はBWSTTの部分免荷機能に加え、ロボット脚による運動学習理論に基づく随意運動補

助機能や多様な視覚・音声フィードバックを備えている点に独自性があり、特に歩行自立度が低い重症例においても多因子を統合した予後予測を可能とする点が、本研究の新規性かつ臨床的有用性であると考えられる。今後は、BWSTTなどの他の歩行練習手法との介入効果および予後予測精度を直接比較する前向き研究を行い、モデルの外的妥当性と一般化可能性をさらに検証することが望まれる。

本研究の限界として、第1に本研究では統計的な内部検証を実施したが外部検証は実施していないため、今後、ノモグラム作成とは関連のない他の症例を使用する外部検証が必要と考える。今後は多施設研究などを行うことで予測モデルの外的妥当性を検証していく必要があると考える。第2に本研究では、注意障害などの高次脳機能障害の影響を考慮できていない点が挙げられるため、今後検証していく必要がある。第3に本研究では、本ロボット練習以外での練習内容や時間が統一されていない点も挙げられるため、今後の課題である。

結 論

本研究では、これまで歩行予後予測が困難とされてきた急性期を含む重症の脳卒中片麻痺患者に対して、本ロボット練習開始時の情報をもとに発症30, 60, 90, 120日後の平地歩行自立獲得時期を推定するノモグラムモデルを構築し、その内的妥当性を確認した。本モデルにより、患者ごとの予後予測をより客観的に行うことが可能となり、退院計画や目標設定の明確化に資することが示唆された。今後は多施設での外部検証を行い、モデルの一般化可能性を高めることが望まれる。

利 益 相 反

本研究において開示すべき利益相反はない。

謝辞: 本研究の実施にあたり、ご協力頂きました対象者の皆様、ご協力・助言を頂いたスタッフの皆様に心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) 中野克己, 今井基次, 他: 移動能力と他のADL項目との関わり—機能的自立度評価法FIMを用いて—, 埼玉理学療法. 1997; 5: 28-31.
- 2) Cirstea CM: Gait rehabilitation after stroke: Should we re-evaluate our practice? Stroke. 2020; 51: 2892-2894.
- 3) Bruni MF, Melegari C, *et al.*: What does best evidence tell us about robotic gait rehabilitation in stroke patients: A systematic review and meta-analysis. J Clin Neurosci. 2018; 48: 11-17.
- 4) Moucheboeuf G, Griffier R, *et al.*: Effects of robotic gait training after stroke: A meta-analysis. Ann Phys Rehabil Med. 2020; 63: 518-534.
- 5) 日本脳卒中学会脳卒中ガイドライン委員会: 脳卒中治療ガイドライン2021. 協和企画, 東京, 2021, pp. 263-267.

- 6) 平野 哲：脳卒中患者の歩行再建をめざしたロボットリハビリテーション. Jpn J Rehabil Med. 2020; 57: 392–398.
- 7) 山内 実, 今井田昌幸, 他：片麻痺患者向け歩行練習支援ロボット「ウェルウォーク WW-1000」. 日本ロボット学会誌. 2019; 37: 65–66.
- 8) トヨタ自動車株式会社ホームページ：リハビリテーション支援ロボット ウェルウォーク／パートナーロボット／トヨタ／ウェルウォーク導入先. <https://welwalk.jp/robotics/welwalk/> (2025年2月16日引用)
- 9) Li T, Hirano S, *et al.*: Robot-assisted gait training using Welwalk in hemiparetic stroke patients: An effectiveness study with matched control. J Stroke Cerebrovasc Dis. 2020; 29: 105377.
- 10) Tomida K, Sonoda S, *et al.*: Randomized controlled trial of gait training using gait exercise assist robot (GEAR) in stroke patients with hemiplegia. J Stroke Cerebrovasc Dis. 2019; 28: 2421–2428.
- 11) 瀬戸達也, 菱川法和, 他：回復期脳卒中片麻痺患者に対する歩行練習アシストの適応に関する検討. 日本義肢装具学会. 2018; 34: 154–159.
- 12) Aimoto K, Matsui T, *et al.*: Gait improvement in stroke patients by gait exercise assist robot training is related to trunk verticality. J Phys Ther Sci. 2022; 34: 715–719.
- 13) 宮永陽亮, 平川裕紀, 他：ウェルウォーク WW-1000 を使用した脳卒中片麻痺者の回復期リハビリテーション病棟退院時の歩行自立度に及ぼす因子の検討—認知機能と注意機能が低下した患者を含めた検討—. 支援工学理学療法学会誌. 2023; 3: 79–88.
- 14) 穴戸健一郎, 木東地さおり, 他：歩行支援ロボットを用いた脳卒中亜急性期患者の歩行可否に影響する因子の検討. PTジャーナル. 2024; 58: 1291–1295.
- 15) 池上混一, 餅 脩佑, 他：ウェルウォークを実施した脳卒中片麻痺患者における歩行予後予測因子についての検討—決定木分析による検討—. 理学療法科学. 2025; 40: 34–41.
- 16) Smith MC, Barber PA, *et al.*: The TWIST tool predicts when patients will recover independent walking after stroke: An observational study. Neurorehabil Neural Repair. 2022; 36: 461–471.
- 17) 林 真範, 太田 郁：回復期リハビリテーション病棟における脳卒中片麻痺患者の歩行自立までの期間予測—重回帰式の構築と交差妥当性の検証—. 理学療法科学. 2019; 46: 188–195.
- 18) Jørgensen HS, Nakayama H, *et al.*: Recovery of walking function in stroke patients: The Copenhagen stroke study. Arch Phys Med Rehabil. 1995; 76: 27–32.
- 19) Jackson D, Thornton H, *et al.*: Can young severely disabled stroke patients regain the ability to walk independently more than three months post stroke? Clin Rehabil. 2000; 14: 538–547.
- 20) 成田寿次, 荒畑和美：脳卒中片麻痺患者の歩行能力に与える因子. PTジャーナル. 2003; 37: 11–15.
- 21) Masiero S, Avesani R, *et al.*: Predictive factors for ambulation in stroke patients in the rehabilitation setting: A multivariate analysis. Clin Neurol Neurosurg. 2007; 109: 763–769.
- 22) 大田尾浩, 八谷瑞紀, 他：脳卒中片麻痺患者の歩行自立に影響を及ぼす要因—認知機能が低下した患者を対象を含めた検討—. ヘルスプロモーション理学療法研究. 2011; 1: 93–99.
- 23) 平野恵健, 西尾大祐, 他：脳卒中重度片麻痺患者の歩行可否に関与する因子の検討—長下肢装具を処方された患者を対象に—. 日本義肢装具学会誌. 2015; 31: 115–119.
- 24) Smith MC, Barber PA, *et al.*: The TWIST algorithm predicts time to walking independently after stroke. Neurorehabil Neural Repair. 2017; 31: 955–964.
- 25) 近藤諒平, 田安義昌, 他：回復期リハビリテーション病棟入院患者の歩行自立の予測因子についての検討—認知機能低下患者を含めた検討—. 理学療法科学. 2021; 36: 711–716.
- 26) Preston E, Ada L, *et al.*: Prediction of independent walking in people who are nonambulatory early after stroke: A systematic review. Stroke. 2021; 5: 3217–3224.
- 27) 橋瀬由紀子, 小川浩紀, 他：脳卒中片麻痺患者における下肢感覚障害が歩行が自立するまでの期間の長さに及ぼす影響. 理学療法科学. 2023; 38: 456–460.
- 28) 新井智之, 金子志保, 他：大腿骨頸部骨折の歩行自立に必要な要因—決定木分析による検討—. 日本老年医学会雑誌. 2011; 48: 539–544.
- 29) 澤田陽平, 大堀 理, 他：限局性前立腺癌における術後生化学的非再発率の術前予測ノモグラムの開発. 東医大誌. 2016; 74: 54–60.
- 30) Zhang Y, Chen XL, *et al.*: Prognostic nomogram for the overall survival of patients with newly diagnosed multiple myeloma. BioMed Res Int. 2019; 2019: 5652935.
- 31) Liu Y, Lin X, *et al.*: Establishment and validation of a novel nomogram for survival prediction of ovarian carcinosarcoma. Transl Cancer Res. 2022; 11: 52–62.
- 32) 武藤健人, 西川大樹, 他：自宅退院となる高齢脳梗塞患者における退院時転倒リスクの予測に病前生活空間は有用である. 日本老年医学会雑誌. 2024; 3: 1–8.
- 33) 日本脳卒中学会脳卒中ガイドライン委員会：脳卒中治療ガイドライン2021. 協和企画, 東京, 2021, pp. 48–49.
- 34) トヨタ自動車株式会社ホームページ：リハビリテーション支援ロボット. ウェルウォーク 特徴・仕様／パートナーロボット／トヨタ. https://welwalk.jp/robotics/welwalk/feature_spec/ (2025年2月16日引用)
- 35) 富田 憲, 谷野元一, 他：脳卒中患者の歩行能力評価 Gait ability assessment for hemiplegics (GAA) の作成と検者間信頼性・妥当性の検討. Jpn J Compr Rehabil Sci. 2021; 12: 19–26.
- 36) Olsen TS: Arm and leg paresis as outcome predictors in stroke rehabilitation. Stroke. 1990; 21: 247–251.
- 37) Hesse S, Werner C, *et al.*: Non-velocity-related effects of a rigid double-stopped ankle-foot orthosis on gait and lower limb muscle activity of hemiparetic subjects with an equinovarus deformity. Stroke. 1999; 30: 1855–1861.
- 38) Choo YJ, Chang MC: Effectiveness of an ankle-foot orthosis on walking in patients with stroke: A systematic review and meta-analysis. Sci Rep. 2021; 11: 15879.
- 39) Alba AC, Agoritsas T, *et al.*: Discrimination and calibration of clinical prediction models: Users' guides to the medical literature. JAMA. 2017; 318: 1377–1384.
- 40) Naye F, Décary S, *et al.*: Six externally validated prognostic models have potential clinical value to predict patient health outcomes in the rehabilitation of musculoskeletal conditions: A systematic review. Phys Ther. 2023; 103: 1–10.
- 41) Shi C, Xiao Y, *et al.*: Effectiveness of treadmill training intervention for the management of patients with stroke: A Systematic review and meta-analysis. Int J Nurs Pract. 2025; 31: e70020.

〈Abstract〉

Development of a Nomogram Model to Predict the Timing of Level Walking Independence after Robot-assisted Gait Training in Patients with Hemiplegic Stroke

Koichi IKEUE, PT, Shusuke MOCHI, PT, MSc, Keisuke FUNABIKI, PT, Yuya NAKATANI, PT, MSc,
Hiroki TANAKA, PT, Hiroshi TORATSU, PT

Department of Rehabilitation, Tsukazaki Hospital, Social Medical Corporation Saneikai

Objective: To develop a nomogram model that predicts the timing of independent level-ground walking, even in patients with severe hemiplegic stroke, including acute cases, based on information obtained at the start of Welwalk training.

Methods: The subjects included 79 patients admitted to the acute ward of the hospital who underwent Welwalk training. Study outcomes were acquisition of level walking independence at 30, 60, 90 and 120 days after onset, and we developed a nomogram model to predict acquisition rates based on basic information, physical functions, and cognitive functions at the start of Welwalk training.

Results: Age, days since onset, Stroke Impairment Assessment Set trunk item total, Functional Independence Measure cognitive item total, and Gait Ability Assessment at the start of Welwalk training were found to be significant predictors of future acquisition rates. A nomogram model for predicting level walking independence was successfully developed.

Conclusion: This study demonstrated that, even in patients with severe hemiplegic stroke—including acute cases—walking independence on level ground could be predicted at multiple time points using a nomogram based on information at the start of Welwalk training. These findings suggest the model's clinical usefulness for discharge planning and setting rehabilitation goals.

Key Words: Stroke hemiplegia, Robot-assisted gait training, Welwalk, Timing of walking independence on level ground, Nomogram model

研究論文 (原著)

通所系サービス利用者の参加と生活空間に関連する 環境因子の検討*

横田大輔^{1) #} 松田智行²⁾ 浅川育世²⁾

要旨

【目的】本研究の目的は、通所系サービス利用者の参加と生活空間に関連する環境因子の特徴を横断的研究により明らかにすることである。【方法】対象は、65歳以上の通所系サービス（通所介護、通所リハビリテーション）利用者99名とした。参加の指標はCommunity Integration Questionnaire、生活空間の指標はLife Space Assessment、環境因子の指標はHome and Community Environmentの下位尺度とした。仮説モデルを作成し、構造方程式モデリングにて検証した。【結果】参加の種類に応じて関係する環境因子が異なり、参加と生活空間には交通、住民の態度、コミュニケーション支援用具に関する環境因子が直接的または間接的に影響していた。【結論】参加の種類に応じて異なる環境因子が参加や生活空間に影響を与えることが明らかとなり、参加に関係する環境因子は、参加を介して間接的に生活空間へ影響を及ぼすことが示唆された。

キーワード 参加, 生活空間, 環境因子, 通所系サービス

はじめに

通所介護、通所リハビリテーション（以下、通所リハ）は、施設基準や役割は異なる部分があるが、社会から孤立する恐れのある人々に活動の場を提供し、社会参加の促進等の類似した機能を担っている¹⁾。これらのサービスは、高齢者の社会的孤立や閉じこもりの防止に重要な役割を果たしている。

社会的孤立とは「他者との関わりが著しく少ない状態」と説明され²⁾、これを防止するためには「参加」の視点が必要である。国際生活機能分類（International Classification of Functioning, Disability and Health：以下、ICF）³⁾では、「参加」の定義を「生活・人生場面への関わり」と

しており、家庭や社会等への関与や役割という広い概念であることを示している⁴⁾。参加の一つである社会的役割の低下は、手段的日常生活動作能力（Instrumental Activities of Daily Living：以下、IADL）障害を予測する因子であることが明らかになっており⁵⁾、参加の拡大を図ることは介護予防において重要である。

参加制約によって生じる閉じこもりは「外出頻度が少なく、生活の活動空間がほぼ家の中のみへと狭小化する状態」と説明され⁶⁾、生活空間の狭小化によって、身体機能や日常生活動作能力（Activities of Daily Living：以下、ADL）の低下が生じることが示唆されている⁷⁾。生活空間は、「日常の生活で一定期間に移動した範囲」と定義されており⁸⁾、ADLやIADLの予測因子として報告されている⁹⁾。そのため、生活空間を拡大するという視点は、閉じこもりの防止のみでなく、活動量を増加する観点からも重要である。

厚生労働省¹⁰⁾は、生活機能が低下した高齢者に対する介護予防の手法は、身体機能を改善することを目的とした機能回復訓練に偏りがちであり、活動や参加を促す取組が十分でないという課題を指摘した。また、機能回復訓練を通じた高齢者本人への取組だけでなく、高齢者本人を取り巻く環境への取組も重要であるとし、環境因子も考慮した評価や介入が推奨されている。

* Investigation of Environmental Factors Related to the Participation and Life Space of Day-care Service Users

1) 明日葉ケアセンター
(〒310-0913 茨城県水戸市見川町丹下一ノ牧 2131-1303)
Daisuke Yokota, PT, MSc: Ashitaba Care Center

2) 茨城県立医療大学保健医療学部理学療法学科
Tomoyuki Matsuda, PT, PhD, Yasutsugu Asakawa, PT, PhD: Department of Physical Therapy, Ibaraki Prefectural University of Health Science

E-mail: nomercy.4523@gmail.com

(受付日 2025年4月16日／受理日 2025年8月5日)
[J-STAGEでの早期公開日 2025年10月11日]



本論文はクリエイティブ・コモンズ [表示 4.0 国際] ライセンスの下に利用許諾されています。

© 2025 日本理学療法学会連合

心身機能と参加および生活空間との関連性については、心身機能が向上することで参加や生活空間が拡大するという報告が多く見られる¹¹⁾¹²⁾。一方で、環境因子と参加および生活空間との関連性は、急性期またはリハビリテーション病院に入院する成人を対象とし、退院後の参加と環境因子との関連を調査した先行研究において、環境の障壁は短期的(退院後1カ月)には参加に影響したが、長期的には参加に影響せず、長期的に人々は日常生活場面における障壁に適応することで、環境因子に関係なく参加が促進される可能性があると報告している¹³⁾。

しかし、本邦においては、通所リハビリ利用者を対象として外出頻度に関連する環境因子を調査した結果、地域に凸凹した歩道がある等の物的環境に障壁が多いことが外出頻度が少ないことに関連していたこと¹⁴⁾や、地域在住高齢者における自宅内の物的・人的環境が生活空間を規定する一因子であること¹²⁾が報告されており、環境因子が長期的にも参加や生活空間に影響している可能性がある。そのため、参加および生活空間と環境因子との関連性についての一貫した見解が得られておらず、生活機能が低下した高齢者の活動や参加を促すためには環境因子との関連性を明らかにする必要がある。

そこで、本研究は、通所系サービス利用者の参加と生活空間に関連する環境因子の特徴を横断的研究により明らかにすることを目的とした。

対象および方法

1. 対象

本研究は多施設共同研究であり、茨城県の県央地域に所在する通所介護事業所2施設、通所リハビリ事業所3施設を対象施設とした。対象者は2023年10月から2024年9月までに通所系サービスを利用した65歳以上の高齢者とし、在宅生活をしている者、要支援1から要介護2までの者、Barthel Indexの平地歩行項目が5点以上の者、認知症高齢者の日常生活自立度がI未満の者(認知症を有さない者)に設定した。なお、Barthel Indexの平地歩行項目および認知症高齢者の日常生活自立度の調査については、要介護認定調査時に判定されたものを参考に、研究者が再評価した。除外基準は、通所サービスの利用が中止となった者、研究の同意が得られなかった者、データ欠損があった者、歩行試験が困難な者とした。

本研究は、茨城県立医療大学倫理審査委員会の承認(承認番号:1109)を得て実施した。対象者には書面と口頭にて本研究の説明を行い、承諾書による同意を得て実施した。

2. 調査項目

調査は、基本情報の収集、参加・生活空間・環境因子の評価として面接法による質問紙調査、心身機能の評価

として運動機能検査を行った。各調査は、理学療法士または作業療法士の研究者および研究協力者が行った。参加や生活空間における外出状況に関する質問は、通所系サービスの利用を含めた内容を調査した。

基本情報の収集は、年齢、性別、主疾患、介護度、通所系サービスの種類、通所系サービスの利用頻度をカルテや施設の記録から収集した。

参加の指標には、Community Integration Questionnaire 日本語版(以下、CIQ)を使用した。CIQは、ICFにおける参加の評価尺度として十分に適切であると支持されている¹⁵⁾。また、内部一貫性や再テスト信頼性の確認、頭部外傷者を対象としたCraig Handicap Assessment and Reporting Techniqueとの同時的妥当性が確認されている¹⁶⁾。増田らによって日本語版が作成され¹⁷⁾、様々な疾患に対する社会参加の評価としても有効とされている¹⁸⁾。CIQは、家庭統合、社会統合、生産性の3つのサブスケールで構成され、サブスケール別スコア、総合スコアを算出する自己報告尺度である。合計15項目の29点満点で評価し、得点が高いほど参加の度合いが大きいと解釈することができる。

生活空間の指標は、Life Space Assessment(以下、LSA)を使用した。LSAは、身体活動を生活空間の概念でとらえ、個人の生活の空間的な広がりを評価する指標であり⁹⁾、本邦では、基準関連妥当性や構成概念妥当性を支持する傍証が得られている¹⁹⁾。LSAは、個人が移動した距離によって5つの生活空間レベルで規定され、評価実施前の1カ月間における各生活空間レベルの程度・頻度・自立度を評価する。満点は120点であり、合計得点が高いほど生活空間が広いことを示す。

環境因子の指標は、Home and Community Environment 日本語版(以下、HACE)の下位尺度を使用した。HACEは、参加レベルに影響を与える環境因子を特徴づける自己報告尺度として開発され²⁰⁾、環境因子をICFに基づいて客観的に評価できるよう作成された尺度である。本邦では、加藤らによって日本語版が作成され、再テスト信頼性や主観的環境整備感を基準とした基準関連妥当性が確認されている²¹⁾。HACEは、住居形態に関する1項目と、6領域35項目に分類され、全36項目の質問から構成される。各領域は、家屋移動性領域(9項目、0-10点)、地域移動性領域(5項目、0-5点)、交通領域(5項目、0-5点)、住民の態度領域(4項目、0-4点)、移動支援用具領域(9項目、0-9点)、コミュニケーション支援用具領域(4項目、0-4点)で構成され、これらのうち、家屋移動性領域、地域移動性領域、住民の態度領域は得点が高いほどその領域の阻害要素が多いことを示し、交通領域、移動支援用具領域、コミュニケーション支援用具領域は得点が高いほどその領域の促進要素が多いと解釈する。なお、家屋移動性領域は、単世帯住宅の場合には玄

関から生活する場所までの段差やチェアリフトの有無を評価しない。しかし、日本では玄関に日本特有の上がり框があり、これを評価する方がより妥当であること²¹⁾や、自宅にチェアリフトが導入されている症例²²⁾も想定されるため、本研究では全ての対象者に対して調査をすることとした。

心身機能の指標は、先行研究¹²⁾を参考にし、握力、開眼片脚立位保持時間、5 m快適歩行速度を測定した。これらの測定は、介護予防マニュアル²³⁾に準じた方法で行った。

3. 分析方法

対象者の基本情報や各変数(CIQ, LSA, HACE下位尺度、心身機能)の特徴と傾向を把握するために記述統計量を確認した。各変数は、平均値と標準偏差、中央値と四分位範囲を算出し、Shapiro-Wilk検定により正規性の確認を行った。

参加と生活空間に関連する環境因子を検討するため、仮説モデルを作成した(図1)。モデルは、家庭内や社会的役割があることで人は活動をするという観点から、参加が拡大することで生活空間が拡大すると仮定した。さらに、これらは環境因子と心身機能という2つの側面によって影響されていると仮定し、1つ目の側面としては環境因子が整備されていることで参加が拡大し、生活空間の拡大に繋がること、2つ目の側面としては心身機能が向上することで参加が拡大し、生活空間の拡大に繋がることを想定した。また、環境因子と心身機能は、生活空間へ直接的に影響することも仮定した。仮説モデルに投入する変数は、相関分析により各変数の相関関係を把握した上で検討した。仮説モデルの検証は、各変数間の相互関連性を構造方程式モデリング(Structure Equation Model: 以下、SEM)にて分析した。SEMにお

けるモデル適合度の判定は、適合度指標(Goodness-of-Fit Index: 以下、GFI)、修正適合度指標(Adjusted GFI: 以下、AGFI)、比較適合度指標(Comparative Fit Index: 以下、CFI)、平均二乗誤差(Root Mean Square Error of Approximation: 以下、RMSEA)を用いて判定した。

統計処理は、IBM社製のSPSS Ver.29.0およびAmos Ver.28.0を使用し、有意水準は5%とした。

結 果

研究対象者は、5施設(通所介護事業所2施設、通所リハ事業所3施設)から111名を選出した。通所サービスの利用が中止となった者(7名)、研究の同意が得られなかった者(1名)、一部データ欠損があった者(2名)、5 m歩行試験の実施が困難である者(2名)の合計12名を対象から除外し、99名のデータを分析対象とした。

1. 基本情報と記述統計

対象者の平均年齢は 82.6 ± 7.2 歳であり、男性34名、女性65名であった。通所系サービスの種類毎の内訳は、通所介護利用者41名、通所リハ利用者58名であり、通所系サービスの利用頻度は週1回が21名、週2回が47名、週3回が26名、週4回以上が5名であった。要介護度の内訳は、要支援者(要支援1, 2の者)は49名、要介護者(要介護1, 2の者)は50名であった。主疾患毎の内訳は、脳血管疾患29名、運動器疾患46名、内部疾患8名、その他16名であった。

各変数における記述統計の結果を表1に示す。CIQ生産性スコアは、質問13の就労をしていた者は4名、質問14の学校や訓練プログラムへの参加は0名、質問15のボランティア活動をしていた者は6名であり、CIQ生産性スコアは質問12の外出頻度による得点が主に反映されていた。HACEコミュニケーション支援用具領域の項目

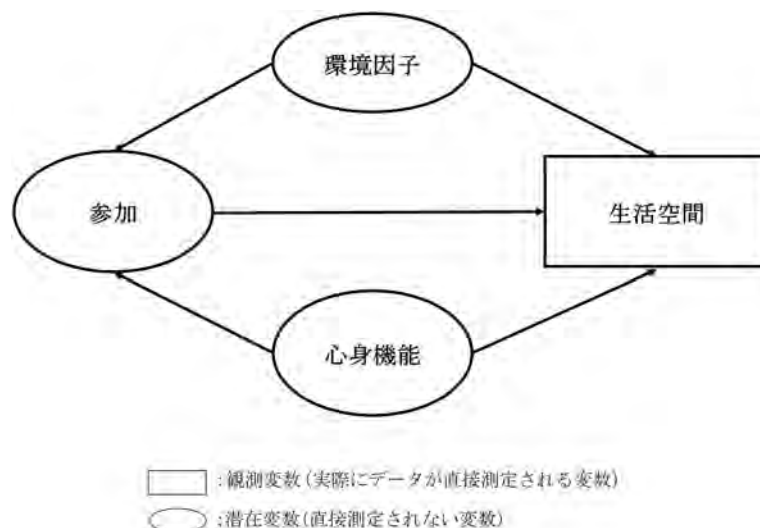


図1 本研究の仮説モデル

においては、補聴器を所持していた者は8名、音声発生装置を所持していた者は1名、パソコンを所持していた者は31名、インターネットへ接続できる状況の者は39名であり、コミュニケーション支援用具領域は、主にパソコンやインターネットへの接続に関する得点が反映されていた。Shapiro-Wilk検定の結果は、CIQ総合スコア、CIQ社会統合スコア、5m歩行速度において正規性が確認された。

2. 各変数の相関分析結果

相関分析の結果を表2に示す。HACE移動支援用具領域は、参加や生活空間と有意な負の相関があり、片脚立位保持時間や5m歩行速度にも有意な負の相関が認められた。そこで、HACE移動支援用具領域の項目において、「手動車いす」、「歩行器(具)」、「杖や松葉杖」を所持していない者を「移動支援用具なし群」、所持している者を「移動支援用具あり群」として群分けを行い、各

表1 各変数における記述統計の結果

	平均値 (標準偏差)	中央値 (四分位範囲)	p 値
CIQ			
総合スコア (点)	11.9 (5.2)	12.0 (8.0-15.3)	0.795
家庭統合スコア (点)	4.6 (3.1)	5.0 (1.3-7.5)	0.000
社会統合スコア (点)	5.9 (2.5)	6.0 (4.0-7.0)	0.167
生産性スコア (点)	1.4 (1.1)	1.0 (1.0-2.0)	0.000
LSA			
LSA 合計点 (点)	49.3 (20.9)	46.0 (35.0-61.0)	0.000
HACE			
家屋移動性領域 (点)	2.9 (1.3)	3.0 (2.0-4.0)	0.000
地域移動性領域 (点)	2.0 (1.4)	2.0 (1.0-3.0)	0.000
住民の態度領域 (点)	0.8 (0.6)	1.0 (0.0-1.0)	0.000
交通領域 (点)	2.3 (1.2)	2.0 (1.0-3.0)	0.000
移動支援用具領域 (点)	2.6 (1.3)	3.0 (2.0-3.0)	0.000
コミュニケーション支援用具領域 (点)	0.8 (0.9)	0.0 (0.0-2.0)	0.000
心身機能			
握力 (kg)	19.4 (6.9)	18.1 (14.0-24.0)	0.000
片脚立位保持時間 (秒)	9.2 (12.6)	4.3 (1.9-10.4)	0.000
5m歩行速度 (m/s)	0.7 (0.3)	0.7 (0.5-1.0)	0.125

p 値は Shapiro-Wilk 検定の結果。

表2 各変数における相関分析の結果

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
① CIQ 総合スコア	—												
② CIQ 家庭統合スコア	0.86**	—											
③ CIQ 社会統合スコア	0.77**	0.35**	—										
④ CIQ 生産性スコア	0.47**	0.25*	0.33**	—									
⑤ LSA 合計点	0.42**	0.20*	0.52**	0.47**	—								
⑥ HACE 家屋移動性	-0.09	-0.12	-0.07	0.15	-0.06	—							
⑦ HACE 地域移動性	-0.16	-0.12	-0.12	-0.14	-0.17	0.02	—						
⑧ HACE 住民の態度	-0.04	0.05	-0.13	-0.29**	-0.16	-0.14	0.11	—					
⑨ HACE 交通	0.00	-0.01	-0.03	0.26**	0.14	0.17	0.02	-0.28**	—				
⑩ HACE 移動支援用具	-0.23*	-0.11	-0.31**	-0.17	-0.39**	0.06	0.20*	0.20*	0.12	—			
⑪ HACE コミュニケーション	-0.02	-0.09	-0.01	0.25*	0.05	0.14	-0.13	-0.15	0.15	-0.06	—		
⑫ 握力	-0.11	-0.17	-0.03	0.14	0.11	0.35**	-0.15	-0.12	0.16	-0.07	0.25*	—	
⑬ 片脚立位保持時間	0.25*	0.21*	0.24*	0.14	0.36**	0.05	-0.23*	-0.05	-0.10	-0.32**	0.06	0.17	—
⑭ 5m歩行速度	0.44**	0.33**	0.44**	0.32**	0.56**	-0.01	-0.28**	-0.17	0.01	-0.56**	0.11	0.10	0.56**

CIQ 総合スコア、CIQ 社会統合スコア、5m歩行速度の各2変数間の相関係数は Pearson の相関係数、その他の変数間は Spearman の順位相関係数を算出した。

*p<0.05, **p<0.01.

群においてCIQ総合スコアおよびLSAとHACE移動支援用具領域で相関分析を行った。その結果、両群においてHACE移動支援用具領域はCIQ総合スコアおよびLSAと有意な相関を認めなかった(表3)。そのため、HACE移動支援用具領域を分析対象から除外した。

次に、仮説モデルの検証を行う上で、各変数における項目との相関を確認した。CIQはサブスケール毎のスコア間に有意な相関を認めていたため、SEMのモデルを構築する上で、参加という潜在変数に3つのCIQサブスケールのスコアを観測変数として扱ったモデルや各CIQスコアを独立した観測変数として扱ったモデルを構築することが可能であると解釈した。また、HACEは各領域間で有意な相関が認められる領域が少ないため、各領域を独立した観測変数として扱い、モデルを構築する必要があると解釈した。

相関分析の結果において、CIQ総合スコア、CIQ家庭統合スコア、CIQ社会統合スコアは、LSA、片脚立位保持時間、5m歩行速度と有意な相関が認められ、CIQ生産性スコアは、LSA、HACE住民の態度領域、HACE交通領域、HACEコミュニケーション支援用具領域、5m歩行速度と有意な相関を認めた。LSAは、CIQの全てのスコアに加え、片脚立位保持時間と5m歩行速度に有意な相関を認めた。これらの結果を考慮し、仮説モデルに基づいた15パターンのモデルを作成した(図2)。

3. 仮説モデルに基づく各変数間の相互関連性の検証結果 15パターンのモデルをSEMにて検証した結果を表4

表3 各群のHACE移動支援用具領域とCIQ、LSAの相関係数

移動支援用具なし群 (n=19)	CIQ総合スコア	LSA合計点
HACE移動支援用具	0.03 (p=0.889)	0.24 (p=0.319)
移動支援用具あり群 (n=80)	CIQ総合スコア	LSA合計点
HACE移動支援用具	-0.19 (p=0.100)	-0.15 (p=0.180)

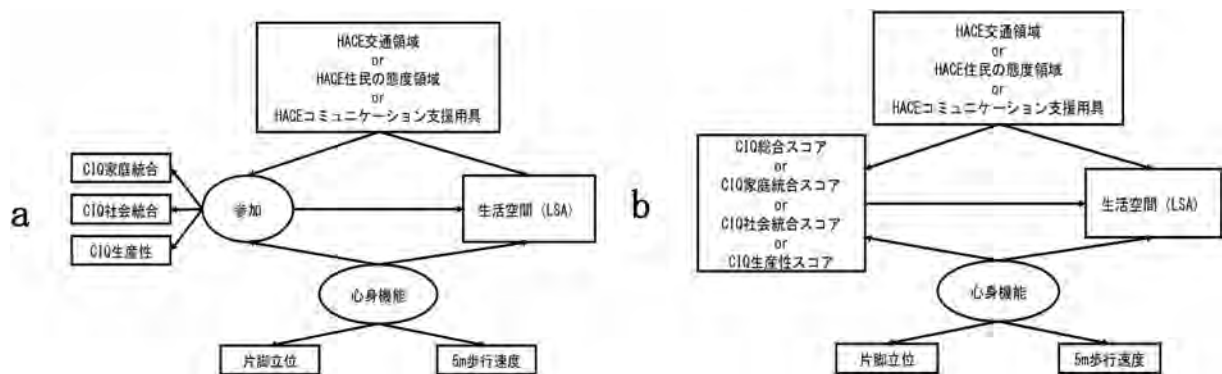


図2 相関分析の結果を考慮した仮説モデル

- a: 参加を潜在変数として3つのCIQサブスケールのスコアを観測変数としたモデル。
b: CIQの各スコアをそれぞれ独立した観測変数としたモデル。

に示す。環境因子が参加や生活空間と有意な関係があったモデルは、モデル10(図3)、モデル13(図4)、モデル14(図5)、モデル15(図6)の4つであった。

モデル10の結果は、CIQ社会統合スコアはLSAに直接的に影響しており、パス係数は0.43 ($p<0.01$) で有意な関係が認められた。HACE交通領域は、LSAに直接的に影響しており、パス係数は0.16 ($p<0.05$) で有意な関係を認めたが、CIQ社会統合スコアに対しては有意な関係を認めなかった。心身機能は、CIQ社会統合スコアとLSAに直接的に影響しており、パス係数はそれぞれ0.42 ($p<0.01$)、0.34 ($p<0.05$) で有意な関係が認められた。モデルの適合度は、GFIは1.00、AGFIは0.999、CFIは1.00、RMSEAは0.000であり、良好な適合度を示した。

モデル13、モデル14、モデル15の結果は、いずれもCIQ生産性スコアはLSAに直接的に影響しており、パス係数はそれぞれ0.32 ($p<0.01$)、0.34 ($p<0.01$)、0.35 ($p<0.01$) で有意な関係が認められた。また、これらのモデルでは、心身機能はLSAに直接的に影響しており、パス係数はいずれも0.47 ($p<0.01$) で有意な関係を認めたが、CIQ生産性スコアに対しては有意な関係を認めなかった。

モデル13において、HACE交通領域は、CIQ生産性スコアに直接的に影響しており、パス係数は0.27 ($p<0.01$) で有意な関係が認められた。また、HACE交通領域は、CIQ生産性スコアを介して間接的にLSAに影響しており、標準化間接効果は0.084であった。モデルの適合度は、GFIは0.999、AGFIは0.997、CFIは1.00、RMSEAは0.000であり、良好な適合度を示した。

モデル14において、HACE住民の態度領域は、CIQ生産性スコアに直接的に影響しており、パス係数は-0.21 ($p<0.05$) で有意な関係が認められた。また、HACE住民の態度領域は、CIQ生産性スコアを介して間接的にLSAに影響しており、標準化間接効果は-0.071であった。モデルの適合度は、GFIは0.991、AGFIは0.956、CFIは1.00、RMSEAは0.000であり、良好な適合度を示した。

表4 SEMによる仮説モデルの検証結果 (各モデルにおける環境因子と参加・生活空間との関係性)

モデル番号 (モデルの種類)	環境因子と参加の変数 パス係数 (p 値)	環境因子と生活空間の変数 パス係数 (p 値)
モデル1 (図2a)	HACE交通領域→参加 0.09 (p=0.409)	HACE交通領域→LSA 0.10 (p=0.200)
モデル2 (図2a)	HACE住民の態度領域→参加 -0.11 (p=0.350)	HACE住民の態度領域→LSA 0.02 (p=0.814)
モデル3 (図2a)	HACEコミュニケーション支援用具領域→参加 0.03 (p=0.760)	HACEコミュニケーション支援用具領域→LSA -0.03 (p=0.750)
モデル4 (図2b)	HACE交通領域→CIQ総合スコア 0.06 (p=0.483)	HACE交通領域→LSA 0.14 (p=0.073)
モデル5 (図2b)	HACE住民の態度領域→CIQ総合スコア -0.01 (p=0.879)	HACE住民の態度領域→LSA -0.04 (p=0.578)
モデル6 (図2b)	HACEコミュニケーション支援用具領域→CIQ総合スコア -0.03 (p=0.767)	HACEコミュニケーション支援用具領域→LSA 0.01 (p=0.943)
モデル7 (図2b)	HACE交通領域→CIQ家庭統合スコア 0.00 (p=0.970)	HACE交通領域→LSA 0.16 (p=0.052)
モデル8 (図2b)	HACE住民の態度領域→CIQ家庭統合スコア 0.10 (p=0.279)	HACE住民の態度領域→LSA -0.06 (p=0.492)
モデル9 (図2b)	HACEコミュニケーション支援用具領域→CIQ家庭統合スコア -0.11 (p=0.227)	HACEコミュニケーション支援用具領域→LSA 0.01 (p=0.938)
モデル10 (図2b)	HACE交通領域→CIQ社会統合スコア 0.01 (p=0.940)	HACE交通領域→LSA 0.16 (p=0.033)
モデル11 (図2b)	HACE住民の態度領域→CIQ社会統合スコア -0.07 (p=0.473)	HACE住民の態度領域→LSA -0.02 (p=0.779)
モデル12 (図2b)	HACEコミュニケーション支援用具領域→CIQ社会統合スコア -0.01 (p=0.917)	HACEコミュニケーション支援用具領域→LSA 0.00 (p=0.998)
モデル13 (図2b)	HACE交通領域→CIQ生産性スコア 0.27 (p=0.005)	HACE交通領域→LSA 0.08 (p=0.340)
モデル14 (図2b)	HACE住民の態度領域→CIQ生産性スコア -0.21 (p=0.031)	HACE住民の態度領域→LSA 0.02 (p=0.778)
モデル15 (図2b)	HACEコミュニケーション支援用具領域→CIQ生産性スコア 0.22 (p=0.023)	HACEコミュニケーション支援用具領域→LSA -0.08 (p=0.306)

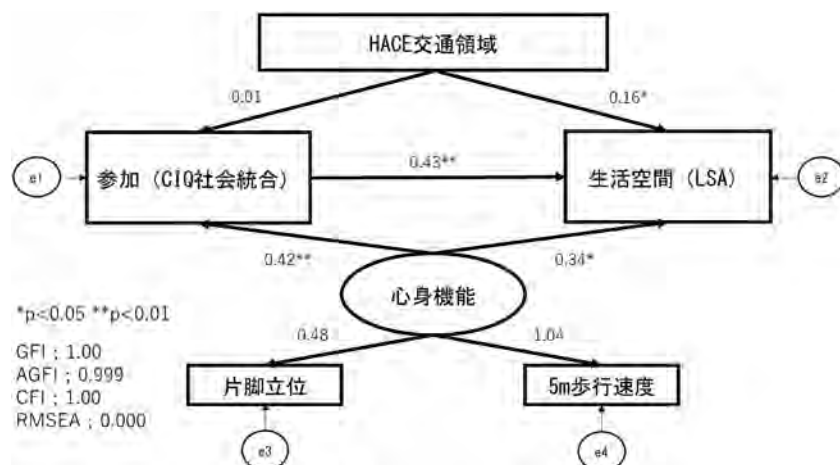


図3 SEMによる仮説モデルの検証結果 モデル10

モデル15において、HACEコミュニケーション支援用具領域は、CIQ生産性スコアに直接的に影響しており、パス係数は0.22 ($p<0.05$) で有意な関係が認められた。

また、HACEコミュニケーション支援用具領域は、CIQ生産性スコアを介して間接的にLSAに影響しており、標準化間接効果は0.077であった。モデルの適合度は、

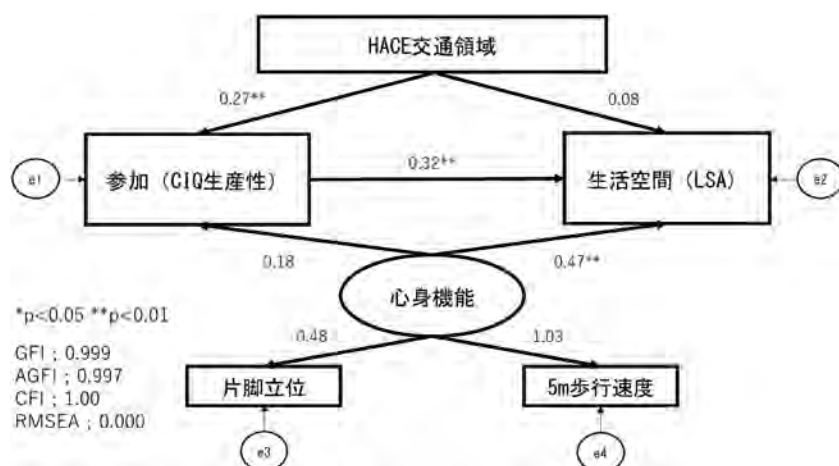


図4 SEMによる仮説モデルの検証結果 モデル13

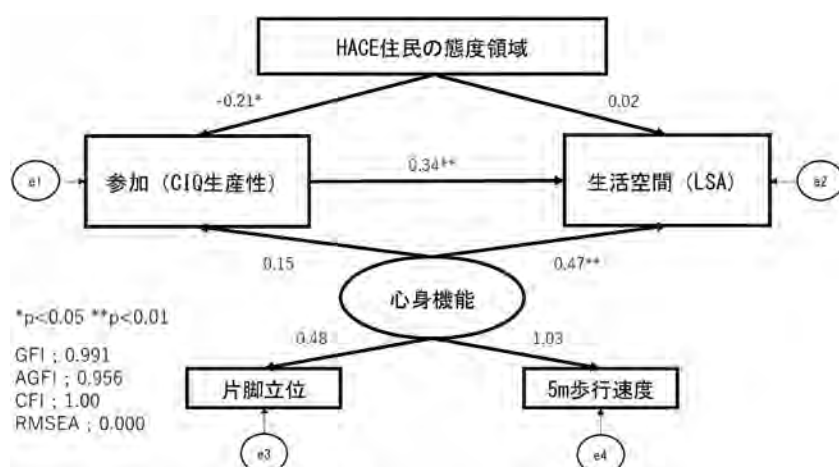


図5 SEMによる仮説モデルの検証結果 モデル14

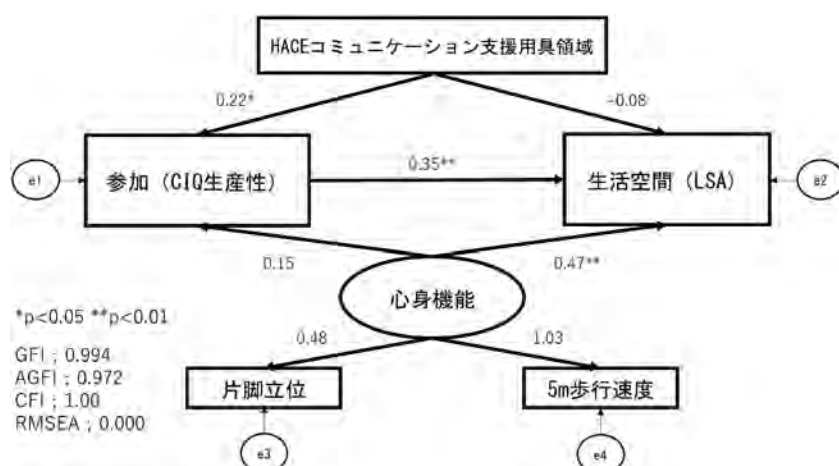


図6 SEMによる仮説モデルの検証結果 モデル15

GFIは0.994, AGFIは0.972, CFIは1.00, RMSEAは0.000であり, 良好な適合度を示した。

その他のモデルにおいて, 環境因子は参加や生活空間に有意なパス係数を示さなかった。

考 察

移動支援用具の有無で群分けをした相関分析の結果から, HACE移動支援用具領域には, 主に心身機能との関係性が影響しており, 参加および生活空間と疑似相関が生じている可能性が考えられるため, 本研究ではHACE

移動支援用具領域を分析対象から除外した。移動支援用具は、移動能力やADLの向上に重要であることが示唆されており²⁴⁾、主に心身機能の影響を強く受ける環境因子であることが推察される。また、重度要介護高齢者では、離床と使用している福祉用具等の物的環境が関連することが報告されており²⁵⁾、要介護度が高い者を対象者とした場合は、移動支援用具の使用が参加や生活空間の拡大に寄与する可能性も考えられる。

SEMによる検証の結果では、環境因子が参加や生活空間と有意な関係があったモデルは4つであった。この4つのモデルは、参加の種類によって2つに分類できる。1つ目は、CIQ社会統合スコアが関与するモデル10、2つ目はCIQ生産性スコアが関与するモデル13～15である。これらのモデルから、参加の種類によって異なる環境因子が参加や生活空間へ影響を与えていることが考えられる。また、これらのモデルは参加から生活空間へのパス係数が有意であった。このことから、社会的役割(参加)を担うことが生活空間の拡大に寄与することが示唆された。

CIQ社会統合スコアが関与するモデル10では、交通に関する環境因子は、生活空間へ直接的に影響を与え、心身機能は参加と生活空間へ直接的に影響していた。この結果から、交通環境の整備は生活空間の拡大に寄与するものの、CIQ社会統合スコアにおける参加に対しては必ずしも影響を及ぼさない可能性が推察された。一方で、心身機能はCIQ社会統合スコアにおける参加や生活空間の拡大において重要であることが示唆された。先行研究では、買い物における移動手段として、活動能力が高い女性高齢者は徒歩を選択する確率が高いことが報告されている²⁶⁾。CIQ社会統合スコアは買い物やレジャー活動等で構成されており、これらの活動に参加している者は心身機能も良好であると考えられる。また、本研究の対象者は自立度が高い女性高齢者が多いことから、交通環境がCIQ社会統合スコアにおける参加へ直接的に影響を与えることが少ない一方で、心身機能による影響が主に反映されたものと推察された。

CIQ生産性スコアが関与するモデル13～15においては、交通、住民の態度、コミュニケーション支援用具に関する環境因子がCIQ生産性スコアにおける参加へ直接的に影響し、参加を介して間接的に生活空間へ影響していた。CIQ生産性スコアは、本研究では主に外出頻度によるスコアが反映されている。また、HACE交通領域・コミュニケーション支援用具領域は、得点が高いほどその領域の促進要素が多いことを示し、住民の態度領域は得点が高いほどその領域の阻害要素が多いことを示す。HACE交通領域がCIQ生産性スコアによる参加や生活空間に影響を与えていたことから、交通環境が整備されていることは外出のしやすさへ直接的に影響し、結果的に

に生活空間の拡大に寄与している可能性が考えられた。HACE住民の態度領域については、環境因子である態度は、個人の行動と社会生活に影響を及ぼすことが示唆されており³⁾、本研究においても、同居家族や地域の人が「積極的に手を差し伸べてくれるとは思わない」等の否定的な態度を対象者が実感している場合は、外出頻度等の参加の減少に直接的に影響し、生活空間の狭小化にも繋がる可能性があることが示唆された。HACEコミュニケーション支援用具領域について、先行研究ではインターネットを利用している高齢者は参加頻度が向上しており、インターネット環境がソーシャルキャピタルを醸成している可能性が示唆されている²⁷⁾。本研究においても、パソコンやインターネット環境は外出に関する参加を促進させる要素であり、生活空間の拡大にも寄与する環境因子であることが示唆された。

これらの結果から、主に外出頻度等の活動的な参加には、自身を取り巻く周辺環境が関係しており、生活空間にも影響を及ぼすことが示唆された。

本研究には以下のような限界がある。1つ目は、SEMの結果において、各変数におけるパス係数は大きいとはいえず、参加や生活空間には他の交絡因子が影響しているため、今後の検討が必要なことである。特に、本研究では認知症高齢者の日常生活自立度がI未満の者、すなわち認知症を有していない者を対象者に設定したが、ICFの心身機能には精神機能も包含されており、精神機能の中には外向性のように高齢者の参加や生活空間に影響を及ぼす可能性がある項目も含まれている。そのため、今後は心身機能に精神的側面も含めた包括的なモデルの構築が必要である。2つ目は、本研究ではICFで定義されている環境因子を全て検討できていないことである。また、環境因子が参加や生活空間と有意な関係がなかったモデルにおいては、HACEで評価できる領域以外の環境因子が関係している可能性があり、更なる検討が必要である。しかし、環境因子における促進あるいは阻害要因を客観的に評価する指標は少ない。そのため、今後は環境因子の評価方法も含めた検討が必要と考える。3つ目は、地域差を考慮できていないことである。本研究は茨城県における一部の地域のみを対象としており、都市部や地方部の地域差によって参加や生活空間に関係する環境因子が異なることが推察されるため、今後の課題として挙げられる。

結 論

本研究は通所系サービス利用者を対象に、参加と生活空間に関連する環境因子をSEMにて検証した。その結果、通所系サービス利用者の参加や生活空間には個人を取り巻く環境因子が関係しており、参加の種類に応じて異なる環境因子が参加や生活空間に影響を与えることが

明らかになった。また、参加に関係する環境因子は、参加を介して間接的に生活空間へ影響を及ぼすことが示唆された。これらの知見により、通所系サービス利用者の参加や生活空間の拡大に着目をした評価や介入手段には、心身機能に加えて環境因子も考慮することが必要であることが示唆された。

利益相反

本研究において開示すべき利益相反はない。

謝辞：共同研究者である介護老人保健施設ラプラス津田の久米輝氏、フロイデ総合在宅サポートセンターの根本健吾氏、介護老人保健施設ひまわり水戸の住谷辰徳氏、ライフピア桜ヶ丘の矢吹悠氏に感謝を申し上げる。

文 献

- 厚生労働省：第8回社会保障審議会介護保険部会資料 通所介護・通所リハビリテーション。 <https://www.mhlw.go.jp/shingi/2004/01/s0126-7e3.html> (2024年11月29日引用)
- 村山洋史：社会的孤立が健康に及ぼす影響と孤立対策の現状。総合リハビリテーション。2023; 51: 611.
- 障害者福祉研究会編集：ICF 国際生活機能分類—国際障害分類改訂版—。中央法規。東京。2002, pp. 1-263.
- 上田 敏：ICFの理解と活用—人が「生きること」「生きることの困難（障害）」をどうとらえるか—。きょうされん。東京。2015, p. 17.
- Fujiwara Y, Shinkai S, *et al.*: Longitudinal changes in higher-level functional capacity of an older population living in a Japanese urban community. Arch Gerontol Geriatr. 2003; 36: 141-153.
- 厚生労働省：介護予防マニュアル第4版。第5章 閉じこもり予防・支援マニュアル。 <https://www.mhlw.go.jp/content/12300000/001238870.pdf> (2024年11月29日引用)
- Peel C, Baker PS, *et al.*: Assessing mobility in older adults: The UAB study of aging life-space assessment. Phys Ther. 2005; 85: 1008-1019.
- Parker M, Baker PS, *et al.*: A life-space approach to functional assessment of mobility in the elderly. J Gerontol Soc Work. 2001; 35: 35-55.
- Baker PS, Bonder EV, *et al.*: Measuring life-space mobility in community-dwelling older adults. J Am Geriatr Soc. 2003; 51: 1610-1614.
- 厚生労働省：地域における高齢者リハビリテーションの推進に関する検討会報告書（令和5年3月）。 <https://www.mhlw.go.jp/content/10901000/001101125.pdf> (2024年11月29日引用)
- 生内由佳, 本田貴紀, 他：地域在住高齢者における社会的活動への参加と体力との関連。日本公衛誌。2016; 63: 727-737.
- 島田裕之, 牧迫飛雄馬, 他：地域在住高齢者の生活空間の拡大に影響を与える要因：構造方程式モデリングによる検討。理学療法学。2009; 36: 370-376.
- Keysor J, Jette AM, *et al.*: Association of environmental factors with levels of home and community participation in an adult rehabilitation cohort. Arch Phys Med Rehabil. 2006; 87: 1566-1575.
- 加藤剛平, 田宮菜奈子, 他：地域在住要介護者等の外出頻度に関連する環境因子—通所リハビリテーション利用者に着目して—。理学療法学。2011; 38: 17-26.
- 鈴木めぐみ, 山田将之, 他：日本人におけるCommunity Integration Questionnaire (CIQ) の年代・性別得点傾向について。総合リハビリテーション。2009; 37: 865-876.
- Willer B, Rosenthal M, *et al.*: Assessment of community integration following rehabilitation for traumatic brain injury. J Head Trauma Rehabil. 1993; 8: 75-87.
- 増田公香, 多々良紀夫：CIQ日本語版ガイドブック。KM研究所。埼玉。2006, pp. 1-50.
- 増田公香：障害者の社会参加に関する評価。Jpn J Rehabil Med. 2013; 50: 16-20.
- 原田和宏, 島田裕之, 他：介護予防事業に参加した地域高齢者における生活空間 (life-space) と点数化評価の妥当性の検討。日本公衛誌。2010; 57: 526-536.
- Keysor J, Jette A, *et al.*: Development of the home and community environment (HACE) instrument. J Rehabil Med. 2005; 37: 37-44.
- 加藤剛平, 田宮菜奈子, 他：Home And Community Environment (HACE) 日本語版の妥当性と信頼性の検討。総合リハビリテーション。2010; 38: 475-483.
- 大藪弘子, 高瀬 泉, 他：下肢切断者の在宅支援。日本義肢装具学会誌。2013; 29: 161-167.
- 鈴木隆雄, 大淵修一：介護予防完全マニュアル：包括的プラン作成のために。東京都高齢者研究・福祉振興財団。東京。2004, pp. 1-215.
- Ishigami Y, Jutai J, *et al.*: Assistive device use among community dwelling older adults: A profile of Canadians using hearing, vision, and mobility device in the Canadian longitudinal study on aging. Can J Aging. 2021; 40: 23-38.
- 見須裕香, 大庭潤平：在宅における重度要介護高齢者の離床状況と移乗に関わる環境因子。作業療法。2021; 40: 319-328.
- 谷本圭志, 倉持裕彌, 他：活動能力に着目した高齢者の買い物手段に関する考察—中山間地域を対象に—。土木学会論文集D3 (土木計画学)。2014; 70: I_781-I_788.
- Nakagomi A, Shiba K, *et al.*: Internet use and subsequent health and well-being in older adults: An outcome-wide analysis. Comput Human Behav. 2022; 130: 107156.

〈Abstract〉

Investigation of Environmental Factors Related to the Participation and Life Space of Day-care Service Users

Daisuke YOKOTA, PT, MSc

Ashitaba Care Center

Tomoyuki MATSUDA, PT, PhD, Yasutsugu ASAKAWA, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Ibaraki Prefectural University of Health Science

Objective: The aim of this cross-sectional study was to clarify the characteristics of environmental factors related to the participation and living space of day-care service users.

Methods: The participants were 99 day-care service users (day-care and day-rehabilitation) aged 65 years or older. Participation was assessed using the Community Integration Questionnaire, life space was evaluated using the Life Space Assessment, and environmental factors were measured using the Home and Community Environment tool. A hypothetical model was developed and validated using structural equation modeling.

Results: Environmental factors related to participation and life space were directly or indirectly influenced by those associated with transportation, residents' attitudes, and communication support tools.

Conclusion: Different environmental factors affect participation and life space depending on the type of participation. Environmental factors related to participation may indirectly influence life space through their effects on participation.

Key Words: Participation, Life space, Environmental factors, Day-care service

研究論文 (原著)

高齢者を対象とした運動継続に寄与する 他者との運動実践のあり方の探索的検討*

太田 幸志^{1)2)#} 原田 和弘¹⁾

要旨

【目的】他者との運動実践のどのような側面が、高齢者の運動継続に影響しているのかと、この影響の心理的メカニズムを検証した。【方法】65～74歳の社会調査会社の登録モニターにオンライン調査を2回（事前、半年後）行った。事前調査で他者と運動実践しており、かつ半年後調査へ有効回答した376名を解析対象とした。【結果】重回帰分析の結果、事前調査で運動の時間や場所を固定していることや、運動前後などに立ち話をする人がいることが、半年後の運動継続へ有意な正の影響を示した。ただしパス解析の結果、これらの影響は、運動ソーシャルサポート、運動への態度、運動の自己調整、および運動セルフ・エフィカシーを媒介していなかった。【結論】他者と運動を実践する際に、時間や場所を固定していることや、運動前後などに立ち話や挨拶をすることが、運動継続へ好影響を及ぼすことが示された。一方で、これらの心理的メカニズムは明らかにならなかった。

キーワード 他者、身体運動、社会的支援、多様性、健康的な老化

はじめに

運動を継続して行うこと（以下、運動継続）は、脳卒中や糖尿病などの予防に効果的であり¹⁾、加齢に伴い発症リスクが高まる高齢者には特に重要である。現在、厚生労働省は、健康日本21（第三次）の中で65歳以上の運動習慣者の割合を男女ともに50%にすることを目指している²⁾。そのため、高齢者の運動継続を促進する方策を確立することは、高齢化が進行する日本において重要な課題であり、理学療学分野が率先して取り組むべきテーマである。

高齢者の運動継続を促進する方策として、他者と一緒に運動することが効果的である可能性がある。他者との

運動実践は、一人での運動実践よりも、様々な健康指標³⁻⁸⁾に好影響を及ぼすため、運動継続にも同様に好影響を及ぼす可能性がある。しかし、これまでの我々の研究では、他者との運動実践が運動継続に及ぼす影響について一致した知見が得られていない⁹⁾¹⁰⁾。その理由として、運動相手との関係性や会話の程度など、他者との運動実践を捉える側面は多様であり、その多様性によって運動継続に及ぼす影響の強さが異なる可能性が挙げられる。そこで我々は、他者との運動実践の多様性を4つの側面（運動の固定性、運動中や運動前後の会話の楽しみ、運動組織への所属、運動を行う相手の種類）から捉え、運動継続に及ぼす影響を検証したが、いずれの側面も有意な影響は確認されなかった¹¹⁾。ただし、この研究¹¹⁾の解析対象は71名にとどまる。そのため、十分なサンプルサイズを確保したうえでこれらの側面が運動継続に及ぼす影響を再度検証することや、これらの4つとは別の側面から運動継続に及ぼす影響を新たに検証することが、この研究¹¹⁾の課題として浮彫りになった。

具体的には、他者との運動実践の多様性の新たな側面として、運動を通じた社会的ネットワークが挙げられる。社会的ネットワークは、社会関係の量的側面を示す指標であり¹²⁾、従来の先行研究では、日常生活全般での社会的ネットワークが高齢者の運動継続に及ぼす影響

* Impact of Exercising with Others on the Maintenance of Exercise Behavior among Older Adults: An Exploratory Examination

1) 神戸大学大学院人間発達環境学研究科

(〒657-8501 神戸市灘区鶴甲3丁目11)

Koji Ota, PT, MSc, Kazuhiro Harada, PhD: Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

2) 大阪リハビリテーション専門学校

Koji Ota, PT, MSc: Osaka College of Rehabilitation

E-mail: koji.ota@ocr.ac.jp

(受付日 2025年5月13日／受理日 2025年8月21日)

[J-STAGEでの早期公開日 2025年10月30日]



本論文はクリエイティブ・コモンズ[表示 4.0 国際]ライセンスの下に利用許諾されています。

© 2025 日本理学療法学会連合

を検証してきたが、明確な知見は得られていない¹³⁾¹⁴⁾。したがって、運動を通じた社会的ネットワークに特化することで、運動継続に及ぼす影響をより正確に検証できる。また、高齢者の日常生活全般での社会的ネットワークに関する研究では、挨拶し合う程度のゆるやかなつながり (Weak ties) と助け合いなどの強いつながり (Strong ties) では、それぞれ役割が異なることが示されている¹⁵⁾¹⁶⁾。そのため、運動を通じた社会的ネットワークについても、運動前後に挨拶し合う程度のゆるやかなつながりと、運動の助け合いを行うような強いつながりとでは、運動継続に及ぼす影響が異なる可能性がある。しかし、我々の知る限り、運動を通じた社会的ネットワークの種類と運動継続との関連性は不明である。このことが明らかになれば、運動継続の観点から、他者との運動実践場面ではどのような関わり方が効果的であるのかや、どのようなことに注意して支援をするべきかなどを示唆できるため、検証する意義は大きい。

また、他者との運動実践の多様な側面が運動継続に及ぼす影響のメカニズムを明らかにすることで、これらの影響の学術的基盤を強化できるとともに、より効率的に運動継続を促進する方策を導けるようになる。これらの影響を媒介する可能性のある要因として、運動ソーシャルサポート (運動に関する有形、無形の援助) が挙げられる。運動ソーシャルサポートは、運動への態度¹⁷⁾ (運動に対する主観的な評価) や運動の自己調整¹⁸⁾ (運動の計画や目標設定などを自分で行うこと)、運動セルフ・エフィカシー¹⁸⁾ (運動を継続できるという見込み感) を媒介して身体活動や運動行動の促進に影響することが知られている。しかし、我々の以前の研究¹⁰⁾ では、他者との運動実践がこれらの心理的要因を媒介して運動継続に関連するという知見は得られていない。ただし、この研究¹⁰⁾ では、他者との運動実践を有無のみで捉え、他者との運動実践の多様な側面を踏まえていなかった。

以上のことから、本研究では、他者との運動実践に関する多様な側面 (運動の固定性、運動中や運動前後の会話の楽しみ、運動組織への所属、運動を行う相手の種類、および運動を通じた社会的ネットワーク) のうち、どの側面が、高齢者の運動継続に好影響を及ぼしているのかを明らかにすることを1点目の目的とした。また、1点目の目的で明らかにする影響は、運動ソーシャルサポート、運動への態度、運動の自己調整、および運動セルフ・エフィカシーを媒介しているのかを明らかにすることを2点目の目的とした。

対象および方法

1. 対象者と手続き

本研究は、インターネット上の質問紙調査である「運動を通じたつながりの多様性が高齢者のウェルビーイ

ングに及ぼす影響に関する調査研究」で得たデータを解析した縦断研究である。この調査は、神戸大学大学院人間発達環境学研究科内に設置された研究倫理審査委員会 (承認番号: 700) の承認を得たうえで、ヘルシンキ宣言および「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」に従って実施した。なお、この調査は多目的で行っており、本稿とは別の複数のテーマで、現在、論文執筆・投稿などを進めている。

この調査の事前調査として、2024年1月に、社会調査会社であるマイボイスコム株式会社に登録している65~74歳の調査モニター5,328名にメールで依頼を行い、1,252名から有効回答を得た。調査への同意は、調査画面の冒頭で説明文を示し、協力が得られる場合は「次へ進む」を押下する形で求めた。その後、2024年7月に半年後調査として、事前調査の有効回答者に再度メールで回答を依頼し、1,133名が回答した。

本研究では、事前調査で他者と運動を実践していると回答し、半年後調査に回答が得られ、教育歴が不明でなく、かつ半年間の仕事の有無に変化のない376名を解析対象とした (補遺1)。

2. 調査項目

1) 運動時間

我々のこれまでの研究⁹⁻¹¹⁾と同様に、1週間に運動を行う日数と1日当たりの平均的な運動時間 (時間・分) をそれぞれ数字で回答するように求め、日数と運動時間の回答の掛け算から、1週間の合計運動時間を算出した。

2) 運動の固定性、運動中や運動前後の会話の楽しみ、運動組織への所属、および運動を行う相手の種類

我々の以前の研究¹¹⁾で用いた項目に準拠し、運動の固定性の有無は、決まった日時や場所で他の人との運動を行っているのかを「はい」か「いいえ」で、運動中や運動前後の会話の楽しみは、「まったく楽しんでいない (=1点)」から「かなり楽しんでいる (=5点)」の5件法で、また、運動組織への所属の有無は、教室・クラブ・同好会・サークルに所属して運動を行っているのかを「はい」か「いいえ」で問う形式であった。また、運動を行う相手の種類は、該当する相手の続柄を全て選択したうえで、非血縁者のみの群、血縁者のみの群、または、血縁者と非血縁者の両方の群の3群に集約するものであった。詳細は、他稿¹¹⁾を参照されたい。

3) 運動を通じた社会的ネットワーク

高齢者の日常生活全般の社会的ネットワークを尋ねる既存尺度¹⁶⁾に基づき、運動を通じた社会的ネットワークの指標として、強いつながりとゆるやかなつながりを調査した。この既存尺度¹⁶⁾は、強いつながりとして、困った時に助け合える人、家を行き来する人、および行事を誘い合う人を、ゆるやかなつながりとして、地域内

で挨拶する人と立ち話をする人を取り上げている。そこで本研究では、運動に関連した周囲の人との関わりについて、「あなたの周囲には何人くらいいますか?」と教示したうえで、強いつながりに対応するものとして、「運動に関する個人的な相談やアドバイスなどをし合う人」、「運動の楽しさや喜びなどを分かち合う人」、および「運動の予定・計画や目標などを一緒に立てる人」の3項目を、ゆるやかなつながりに対応するものとして、「運動の前後などに立ち話などをし合う人」と「運動の前後などに挨拶をし合う人」の2項目を示した。加えて、他者との運動実践の場合は、つながりがなくても単に空間のみを共有していることも想定されるため(例:他の利用者がいるスポーツジムで一人で運動している)、「お互い声はかけないが、同じ場所・同じ時間で一緒に運動をしている人」という項目を設定した。既存尺度¹⁶⁾と同様に、各項目それぞれに「いる」、「いない」のいずれかを選ぶように求め、「いる」を選択した者には、その人数を入力するように求めた。

4) 運動ソーシャルサポート、運動への態度、運動の自己調整、運動セルフ・エフィカシー

我々の以前の研究¹⁰⁾と同様に、運動ソーシャルサポートは板倉ら¹⁹⁾、運動への態度は原田ら²⁰⁾、運動の自己調整は武田ら²¹⁾、運動セルフ・エフィカシーは岡²²⁾が作成した尺度をそれぞれ使用して評価した。各尺度は、得点が高いほど、対応する心理的要因が強いことを意味する。信頼性・妥当性を含む各尺度の詳細は、各尺度の出典元の論文¹⁹⁻²²⁾を参照されたい。

5) 基本属性

調査回答者の基本属性として、年齢、性別(男性・女性)、教育歴(4年制大学未満・4年制大学以上)、仕事(なし・あり)を取り上げた。教育歴については、一般的に、教育歴が高い人は運動が継続しやすい傾向にあるため²³⁻²⁵⁾、解析において教育歴の高低が結果に及ぼす影響を取り除くために調査した。また、我々の先行研究を踏襲し、対象者の分布がほぼ均等になるように4年制大学卒業未満と以上に区分した。

3. 解析

目的1に対応した主要解析として、事前調査と半年後調査の週の運動時間の残差変化量を従属変数、基本属性(年齢、性別、教育歴、仕事)を調整変数、運動の固定性の有無(“なし”を参照群:モデル1)、運動中や運動前後の会話の楽しさ(モデル2)、運動組織への所属の有無(“なし”を参照群:モデル3)、運動を行う相手の種類(“非血縁者のみの群”を参照群:モデル4)、運動に関する個人的な相談やアドバイスなどをし合う人の有無(“なし”を参照群:モデル5)、運動の楽しさや喜びなどを分かち合う人の有無(“なし”を参照群:モデル6)、

運動の予定・計画や目標などを一緒に立てる人の有無(“なし”を参照群:モデル7)、運動の前後などに立ち話などをし合う人の有無(“なし”を参照群:モデル8)、運動の前後などに挨拶をし合う人の有無(“なし”を参照群:モデル9)、お互い声はかけないが、同じ場所・同じ時間で一緒に運動をしている人の有無(“なし”を参照群:モデル10)を独立変数とした重回帰分析を行い、標準偏回帰係数(以下、 β)とそのp値を算出した。なお、従属変数について、平均への回帰現象を考慮するとともに、2時点の調査において運動時間の広範な変化幅が観測されたため、変化量の生値ではなく残差変化量を用いて、事前調査の値の高低が変化量に及ぼす影響を補正した。また、独立変数について、特に強いつながり3項目間とゆるやかなつながり2項目間で密接な相互関連性が想定されるが、本研究では、他の項目と運動継続との関連性や、他の項目との交互作用と運動継続との関連性を統制した上で、各項目独自の寄与を検証すること、例えば、立ち話などをし合う人がいることの寄与、挨拶し合う人がいることの寄与、およびこれらの重複の寄与の3つを切り分けた検証をすることよりも、お互いの重複も含んだうえで強いつながり全体やゆるやかなつながり全体が運動継続に寄与しているのかを検証することに主眼を置いた。そのため、10個の独立変数を同時投入せず、個別投入した。

目的1に対応した副次解析として、運動を通じた社会的ネットワークに関する各項目の回答人数(“なし”は“0”人とした)をそのまま連続変数として独立変数に投入した重回帰分析と、各項目の回答人数を、“なし”を基準に各区分の割合がほぼ均等になるように群分けしたカテゴリ変数(具体的な区分は補遺2の通り)を独立変数として投入した重回帰分析を行った。各カテゴリ変数の人数割合をほぼ均等に区分することで、カテゴリ間の人数分布の過度な不均衡による結果の蓋然性への影響を最小限にとどめるようにした。両モデルとも主要解析と同様に、事前調査と半年後調査の週の運動時間の残差変化量を従属変数とし、基本属性の影響を調整した。

目的2に対応した解析として、目的1に対応した主要解析で抽出された他者との運動実践の多様性の各変数を対象に、先行研究¹⁷⁾¹⁸⁾の知見に従って媒介要因と変数間の因果関係の方向性を設定したパス解析を行った(補遺3)。運動ソーシャルサポートなどの心理的要因に関しては、運動時間と同様に事前調査と半年後調査の残差変化量を使用した。これらのパスに加えて、運動への手段的・感情的態度間、運動の自己調整・運動セルフ・エフィカシー間の誤差相関を設定した。加えて、各基本属性から運動実践の多様性の各変数、心理的要因、および運動時間へのパスを一律に設定した後、これら各基本属性からのパスのうち、非有意なパスをp値の大きさ順

に1本ずつ削除していきモデル内には有意なパスのみが残るようにした。そのため、モデルに含まれる基本属性の種類や基本属性からのパスは、各モデルによって異なり得る。各基本属性から以外のパスについては、パス係数の有意性にかかわらずモデルに含めた。モデルの適合度指標は、Goodness of Fit Index (以下, GFI), Adjusted Goodness of Fit Index (以下, AGFI), Comparative Fit Index (以下, CFI), Root Mean Square Error of Approximation (以下, RMSEA) を用いた。

いずれの解析も統計的有意水準は5%とし、パス解析にはIBM SPSS AMOS 29を、それ以外の解析にはIBM SPSS Statistics 29を使用した。

結 果

1. 解析対象者の記述統計

解析対象者の特性に関する記述統計を表1に示す。解析対象者(376名)と除外者(70名)の事前調査時点の比較を行った結果、同じ場所・時間で一緒に運動する人の有無に有意差が認められ、解析対象者の方が少ない傾向

にあった。その他の変数に有意な群間差は認められなかった。

2. 他者との運動実践の多様性と運動時間の変化との関連性

本研究で新たに導入した、運動を通じた社会的ネットワークに関する各項目同士の相関について、強いつながりに関する3項目間の相関係数は $r=0.33\sim0.41$ であり、ゆるやかなつながりに関する2項目間の相関係数は $r=0.62$ であった。目的1に対応した主要解析の結果(表2)、運動の固定性があること、運動の前後などに立ち話をする人がいること、および挨拶をする人がいることが、半年後の運動時間の変化と有意な正の関連を示した。

目的1に対応した副次解析の結果(補遺2)、運動の前後などに立ち話をする人数や挨拶をする人数が多いほど、半年後の運動時間の変化との有意な正の関連が強まるわけではなかった。また、アドバイスをし合う人数が多いことは、半年後の運動時間の変化との有意な正の関連を示していた一方、予定や目標を一緒に立てる人数に

表1 解析対象者の記述統計

	分析対象者 (n=376)		除外者 (n=70)		p 値
	Mまたは%	SD	Mまたは%	SD	
年齢, M	69.5	2.8	69.6	2.8	0.731
性別, 女性(%)	68.1%	—	61.4%	—	0.277
教育歴, 四大卒以上(%)	45.7%	—	49.2%	—	0.618
仕事の有無, 仕事あり(%)	30.1%	—	37.1%	—	0.240
運動の固定性の有無, あり(%)	83.5%	—	87.1%	—	0.446
運動中や運動前後の会話の楽しみ, M	4.0	1.0	4.1	0.8	0.513
運動組織への所属の有無, あり(%)	64.1%	—	64.3%	—	0.976
運動を行う相手の種類					0.960
非血縁者のみ	48.7%	—	47.1%	—	
血縁者のみ	29.8%	—	31.4%	—	
血縁者および非血縁者	21.5%	—	21.4%	—	
アドバイスをし合う人の有無, あり(%)	55.1%	—	58.6%	—	0.586
感情を共有する人の有無, あり(%)	78.5%	—	85.7%	—	0.167
予定や目標を一緒に立てる人の有無, あり(%)	44.7%	—	44.3%	—	0.951
立ち話をする人の有無, あり(%)	77.9%	—	84.3%	—	0.231
挨拶をする人の有無, あり(%)	76.9%	—	85.7%	—	0.099
同じ場所・時間で運動する人の有無, あり(%)	66.5%	—	78.6%	—	0.046
運動ソーシャルサポート, M	17.6	3.8	17.04	3.7	0.266
運動への感情的態度, M	11.7	2.8	12.21	2.4	0.162
運動への手段的態度, M	13.3	1.8	13.09	2.1	0.481
運動セルフ・エフィカシー, M	14.2	3.4	14.44	3.2	0.535
運動の自己調整, M	14.2	4.4	14.57	4.5	0.546
週の運動時間(分), M	365.4	349.6	364.39	291.5	0.981

Mは平均(Mean), SDは標準偏差(Standard Deviation)を意味する。

p値は χ^2 検定(性別, 教育歴, 仕事の有無, 運動の固定性の有無, 運動組織への所属の有無, 運動を行う相手の種類, アドバイスをし合う人の有無, 感情を共有する人の有無, 予定や目標を一緒に立てる人の有無, 立ち話をする人の有無, 挨拶をする人の有無, 同じ場所・時間で運動する人の有無), または対応のないt検定(年齢, 運動中や運動前後の会話の楽しみ, 運動ソーシャルサポート, 運動への感情的態度, 運動への手段的態度, 運動セルフ・エフィカシー, 運動の自己調整, 週の運動時間)による。

表2 他者との運動実践の多様性と運動継続との関連性における重回帰分析

	モデル1		モデル2		モデル3		モデル4		モデル5		モデル6		モデル7		モデル8		モデル9		モデル10	
	β	p値	β	p値	β	p値	β	p値	β	p値	β	p値	β	p値	β	p値	β	p値	β	p値
運動の固定性の有無	0.12	0.024	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
運動中や運動前後の会話の楽しみ	—	—	0.08	0.114	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
運動組織への所属の有無	—	—	—	—	0.09	0.081	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
血縁者との運動実践	—	—	—	—	—	—	-0.05	0.349	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
血縁者および非血縁者との運動実践	—	—	—	—	—	—	0.04	0.509	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
アドバイスをし合う人の有無	—	—	—	—	—	—	—	—	0.09	0.083	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
感情を共有する人の有無	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.06	0.275	—	—	—	—	—	—	—	—
予定や目標と一緒に立てる人の有無	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.08	0.114	—	—	—	—	—	—
立ち話をする人の有無	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.13	0.015	—	—	—	—
挨拶をする人の有無	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.11	0.046	—	—
同じ場所・時間で運動する人の有無	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-0.01	0.846

従属変数は週の運動時間の残差変化量（半年後）とした。決定係数 (R^2) はモデル1で0.024 ($p=0.112$)、モデル2で0.017 ($p=0.279$)、モデル3で0.018 ($p=0.232$)、モデル4で0.015 ($p=0.454$)、モデル5で0.018 ($p=0.235$)、モデル6で0.013 ($p=0.418$)、モデル7で0.017 ($p=0.279$)、モデル8で0.026 ($p=0.084$)、モデル9で0.021 ($p=0.168$)、モデル10で0.010 ($p=0.575$)であった。いずれのモデルでも、分散拡大係数 (Variance Inflation Factor) はすべて2未満であった。なお、いずれのモデルにおいても調整変数として基本属性を含めた解析を行っているが、これらの結果の記載については省略した。

については、人数が1~2名にとどまることが、半年後の運動時間の変化との有意な正の関連を示していた。

3. 他者との運動実践の多様性と運動時間の変化との媒介要因（メカニズムの検証）

目的2に対応したパス解析の結果を図1から図3に示す。運動の固定性の有無、運動の前後などに立ち話をする人の有無は、週の運動時間の変化と直接的に有意に関連していたが、運動ソーシャルサポート、運動への手段的・感情的態度、運動の自己調整、運動セルフ・エフィカシーを媒介した関連性は認められなかった。一方、挨拶をする人の有無については、運動時間の変化と直接的にも間接的にも有意に関連していなかった。

考 察

目的1に対応した主要解析の結果、我々の以前の研究¹¹⁾で取り上げた、他者との運動実践の多様性を捉える4つの側面の中では、運動の固定性の有無が半年後の運動時間の変化と有意に関連していた。この結果は、他者と運動を実践する際に曜日や時間を固定することが運動継続に有効である可能性を示している。我々以外の横断研究²⁶⁾でも同様のことが示唆されているものの、我々の先行研究¹¹⁾では、運動の固定性は運動時間の変化に有意に関連していなかった ($\beta=0.08$ ($p=0.528$))。本研究の β は0.12 ($p=0.024$)であったため、運動の固定性の関連性に対する我々の先行研究¹¹⁾と本研究との不一致は、サンプルサイズには起因していない。一方で、我々の先行研究¹¹⁾の追跡期間は1年であったが、本研究の追跡期間は半年であったことから、この不一致は、

追跡期間の違いに起因している可能性がある。自身や配偶者の健康状態の変化や身近な人の死別など、大きなライフイベントに遭遇すると、余暇の身体活動（運動と同義）は変化する傾向にあるが²⁷⁾、追跡期間が長くなるほど、これらに遭遇する可能性が高まる。そのため、追跡期間の違いが、この不一致をもたらした可能性がある。

また、目的1に対応した主要解析の結果、本研究で新たに導入・検証した、運動を通じた社会的ネットワークの中では、ゆるやかなつながりに該当¹⁶⁾する、運動の前後などに立ち話をする人の有無や挨拶をする人の有無が半年後の運動時間の変化と有意に関連していた。ただし、副次解析では、運動の前後などに立ち話をする人数や挨拶をする人数は、多ければ多いほど、運動時間の増加につながりやすいわけではないことが示された。この結果は、高齢者の運動継続の促進には、運動を通じたゆるやかなつながりの存在が重要である可能性を示している。2021年の内閣府の調査²⁸⁾によれば、“会えば挨拶をする”や“外でちょっと立ち話をする”程度のゆるやかな近所付き合いを行っている高齢者が多く、“相談ごとがあった時、相談したり、相談されたりする”や“趣味をともにする”などの濃密な近所付き合いを行っている高齢者は少ない。また、ゆるやかなつながりは良好なメンタルヘルス²⁹⁾や死亡リスク低減³⁰⁾と関連している反面、強いつながりは肥満のリスク増大と関連している³¹⁾。このことから、近所付き合いと同様に、運動実践の場面でも、濃密な付き合いよりもゆるやかな付き合いが好まれ、その帰結として、運動継続につながりやすくなっている可能性がある。ただし、頑健な知見ではないものの、目的1に対応した副次解析では、強いつながり

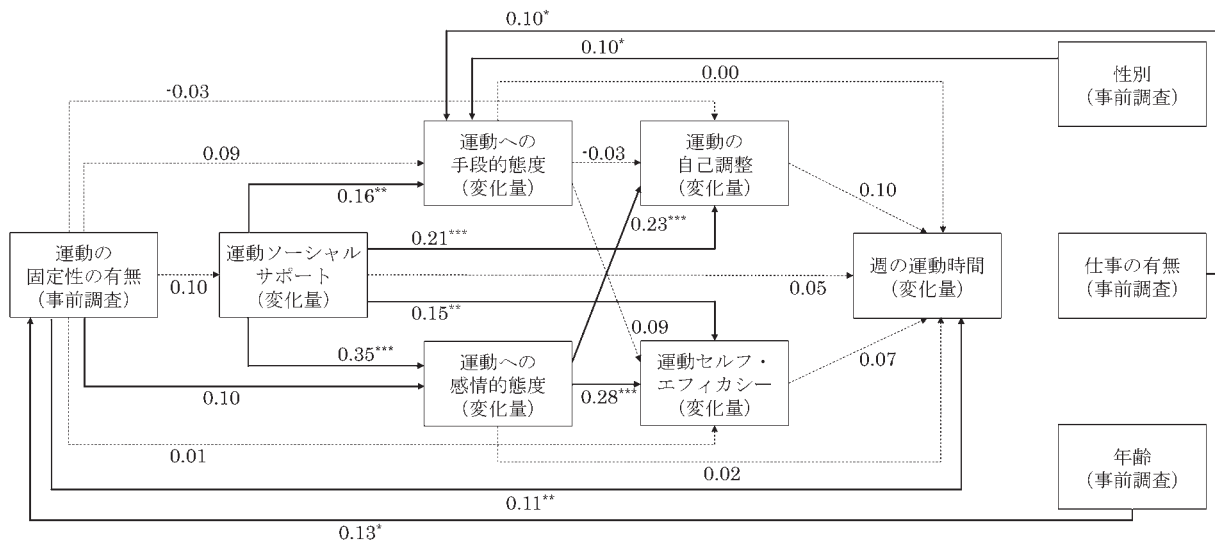


図1 運動の固定性の有無と運動時間との関連性に関するパス図

各因子間の矢印の数値はパス係数を表す。

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

なお、運動への手段的態度と運動への感情的態度、運動の自己調整と運動セルフ・エフィカシー、各基本属性間に相関を設定した。いずれの相関も可読性を保つため、図中には表記していない。モデルの適合度指標は、GFI=.992, AGFI=.977, CFI>.999, RMSEA<.001であった。

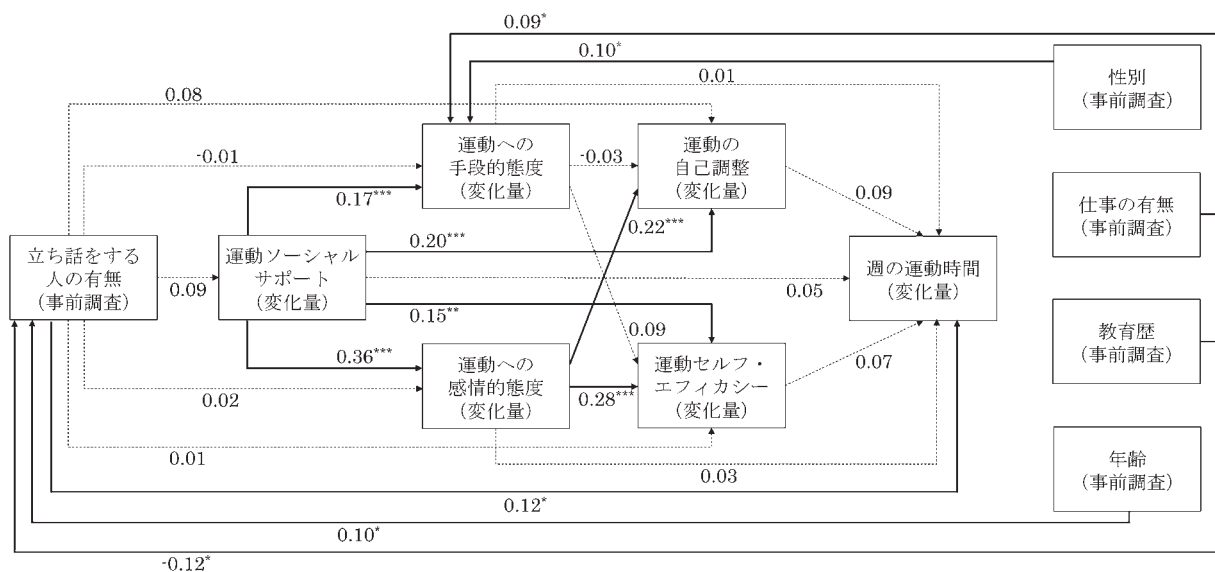


図2 運動の前後などに立ち話をする人の有無と運動時間との関連性に関するパス図

各因子間の矢印の数値はパス係数を表す。

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

なお、運動への手段的態度と運動への感情的態度、運動の自己調整と運動セルフ・エフィカシー、各基本属性間に相関を設定した。いずれの相関も可読性を保つため、図中には表記していない。モデルの適合度指標は、GFI=.992, AGFI=.977, CFI>.999, RMSEA<.001であった。

りに該当¹⁶⁾する、運動に関するアドバイスをし合う人数や、予定や目標を一緒に立てる人が数名程度いることが、運動継続に有意に好影響を及ぼしていた。先行研究³²⁾でも、強いつながりの一側面である、運動組織内の凝集性の強さが、運動継続に好影響を及ぼすとされている。目的1に対応した主要解析とは異なり、目的2に対応したパス解析では、挨拶をする人の有無が運動時間の変化と有意に関連していなかった。したがって、高齢者の運動場面に特化した社会的ネットワークの役割につ

いては、本研究で先鞭を付けた段階にとどまることから、本研究で明確な結論を導こうとするのは早計である。明確な結論を導くには、今後の更なる知見の蓄積が必須である。

次に、目的2に対応したパス解析の結果、運動の固定性の有無、運動の前後などに立ち話をする人、挨拶をする人の有無について、いずれも想定した心理的要因を媒介して運動時間に関連しておらず、これらが運動継続に及ぼす影響の心理的メカニズムは明らかにならな

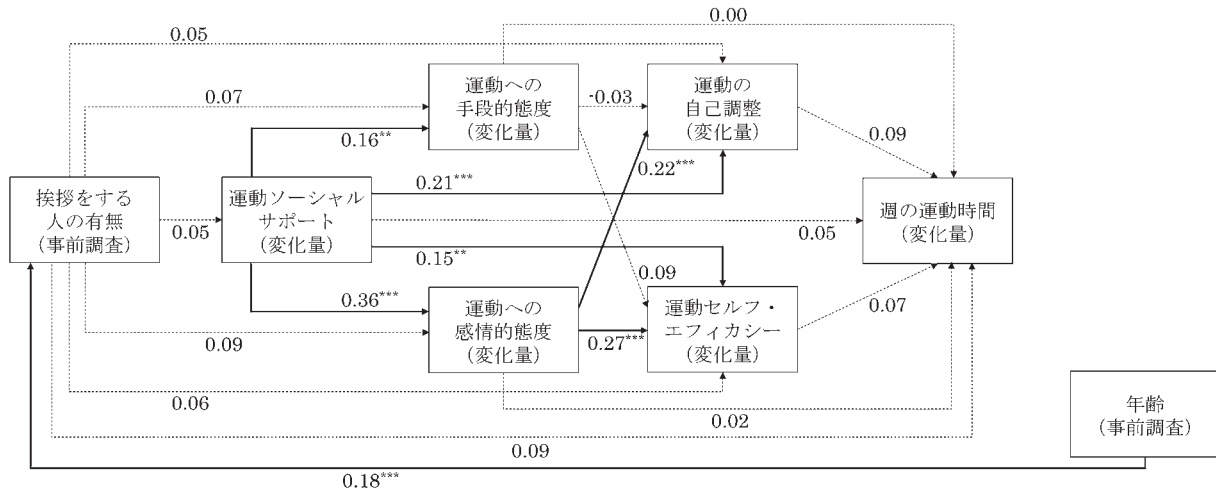


図3 運動の前後などに挨拶をする人の有無と運動時間との関連性に関するパス図

各因子間の矢印の数値はパス係数を表す。

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

なお、運動への手段的態度と運動への感情的態度、運動の自己調整と運動セルフ・エフィカシー、各基本属性間に相関を設定した。いずれの相関も可読性を保つため、図中には表記していない。モデルの適合度指標は、GFI=.996, AGFI=.975, CFI=.999, RMSEA=.012であった。

かった。この結果は、本研究で注目した心理的要因以外の要因が、これらの影響を媒介している可能性を示している。我々の先行研究¹⁰⁾でも、本研究で注目した心理的要因は、いずれも、他者との運動実践と運動時間との間を有意に媒介していなかった。我々の一連の結果と、他者からの規範意識やソーシャルコントロール、プレッシャーと運動行動に関する他の先行研究³³⁾³⁴⁾から考えると、規範意識やソーシャルコントロール、プレッシャーなど、我々のこれまでの研究で想定していなかった心理的要因が、これらの影響を媒介している可能性がある。今後の研究では、これらの要因による媒介性を検証していくことが期待される。

本研究の強みは、他者との運動実践の多様性を多くの側面から捉え、高齢者の運動継続に及ぼす影響を検証した初めての研究という点にある。また、この影響の媒介要因を検証した点も強みである。一方、本研究の限界として、次の4点が挙げられる。1点目は、運動時間の評価の信頼性や妥当性が不明であり、実際の運動時間との誤差が存在する可能性がある。2点目は、インターネット調査で回答を得たため、本研究の知見が広く一般化できるかは慎重に判断すべきである。本研究の参加者はインターネットへの親和性が高い集団であると推測されるため、日常的にインターネットを使用しない集団も含めて調査する必要がある。3点目は、重回帰分析における決定係数が低いため、本研究の知見は慎重に解釈する必要がある。4点目は、上述したように、規範意識やソーシャルコントロールなどの媒介要因を検証できていないため、これらの要因も含めたモデルを検証していく必要がある。

本研究で得られた知見の実践的な示唆を、以下に述べ

る。現在、各地域で展開されている、住民主体の通いの場における体操教室などの取り組みの多くは、時間や場所が固定されている。他者と運動を行う際に時間や場所を固定することが運動継続に好影響を及ぼすことが示されたことから、本研究は、これらの取り組みの有効性を、運動継続の観点から学術的に支持するものと言える。加えて、運動を通じたゆるやかなつながりが運動継続に好影響を持つことが示されたことから、これらの取り組みにおいて、お互い励まし合って運動したり、運動計画を共同で立てたり、あるいは、取り組み外の場面でも連絡を取り合うように促したりするなど、参加者同士の強いつながりを高めることを企図した積極的な支援は、運動継続の観点からは、あまり効果的ではない可能性がある。換言すれば、そのような場で自然に生まれる適度な距離感の交流が、無理なく運動を継続するためには重要である可能性がある。ただし、あくまでも運動継続という1つの観点からの示唆に止まり、孤立・孤独感の軽減など他の観点から見ると、このような積極的な支援が有効であると思われる。

今後の展望として、他者との運動実践に関する多様な側面の相乗効果を検証することが望ましいだろう。例えば、ゆるやかなつながりと強いつながりを同時に持っている場合や、ゆるやかなつながりを持ち運動も時間や場所を固定している場合など、複数の関係性が重層的に存在することで、相乗効果が生まることが想定される。このような複合的な多様性のあり方が、高齢者の運動継続にどのような影響を及ぼすのかを明らかにすることは、地域における運動支援の方略を検討するうえで、より有用であろう。今後の研究では、つながりの質や強さに加えて、これらの相乗効果を捉える枠組みを構築し、

運動継続への影響を多角的に検証していくことが望まれる。

結 論

本研究において、他者との運動実践の多様性と運動継続との関連性を検証した結果、運動の固定性がある、運動の前後などに立ち話をする人、挨拶をする人がいることが、運動継続へ好影響を及ぼすことが示された。一方で、これらの好影響の心理的メカニズムについては明らかにならなかった。

利 益 相 反

本研究において、開示すべき利益相反はない。

謝辞：本研究は、公益財団法人戸部眞紀財団研究助成金(23-JC-004)の補助を受けて実施された。

文 献

- Oral O, Rezaee Z, *et al.*: A comprehensive review of the metabolic and psychophysiological effect of regular exercise on healthy life. *Global Sport Science*. 2024; 26–30.
- 厚生労働省：健康日本21（第三次）の推進のための説明資料（その1）。<https://www.mhlw.go.jp/content/001426890.pdf>（2025年3月1日引用）
- Fujii Y, Fujii K, *et al.*: Effect of exercising with others on incident functional disability and all-cause mortality in community-dwelling older adults: A five-year follow-up survey. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17: 4329.
- Nagata K, Tsunoda K, *et al.*: Impact of exercising alone and exercising with others on the risk of cognitive impairment among older Japanese adults. *Arch Gerontol Geriatr*. 2023; 107: 104908.
- Hayashi T, Kondo K, *et al.*: Differences in falls between older adult participants in group exercise and those who exercise alone: A cross-sectional study using Japan Gerontological Evaluation Study (JAGES) data. *Int J Environ Res Public Health*. 2018; 15: 1413.
- Kanamori S, Takamiya T, *et al.*: Exercising alone versus with others and associations with subjective health status in older Japanese: The JAGES cohort study. *Sci Rep*. 2016; 6: 39151.
- Seino S, Kitamura A, *et al.*: Exercise arrangement is associated with physical and mental health in older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2019; 51: 1146–1153.
- Harada K, Masumoto K, *et al.*: Exercising alone or exercising with others and mental health among middle-aged and older adults: Longitudinal analysis of cross-lagged and simultaneous effects. *J Phys Act Health*. 2019; 16: 556–564.
- 太田幸志, 原田和弘, 他：他者との運動実施が高齢者の運動継続に及ぼす影響—基本属性および外向性との交互作用の検証—。理学療法学。2022; 49: 265–274.
- 太田幸志, 原田和弘：他者との運動実践と高齢者の運動継続との縦断的関連およびその心理的メカニズムの検証。日本予防理学療法学会雑誌。2023; 3: 39–50.
- 太田幸志, 原田和弘：他者との運動実践の多様性と高齢者の運動継続・ソーシャルサポートとの縦断的関連。健康支援。2024; 26: 129–136.
- Holt-Lunstad J, Uchino BN: Social support and health. Chap 10. In: Karen G, Rimer BK, *et al.* (eds): *Health Behavior: Theory, Research, and Practice*. 5th ed, San Francisco, Jossey-Bass, 2015, pp. 183–204.
- Nemoto Y, Sakurai R, *et al.*: Social contact with family and non-family members differentially affects physical activity: A parallel latent growth curve modeling approach. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18: 1–12.
- Harada K, Masumoto K, *et al.*: Social network and health behaviors among Japanese older adults: A three-wave longitudinal study. *Health Promot Int*. 2023; 38: 1–13.
- Harada K, Masumoto K, *et al.*: Three-year effects of neighborhood social network intervention on mental and physical health of older adults. *Aging Ment Health*. 2021; 25: 2235–2245.
- Fukuzawa A, Katagiri K, *et al.*: A longitudinal study of the moderating effects of social capital on the relationships between changes in human capital and ikigai among Japanese older adults. *Asian J Soc Psychol*. 2019; 22: 172–182.
- Zhang N, Campo S, *et al.*: Effects of social support about physical activity on social networking sites: Applying the theory of planned behavior. *Health Commun*. 2015; 30: 1277–1285.
- Ayotte BJ, Margrett JA, *et al.*: Physical activity in middle-aged and young-old adults: The roles of self-efficacy, barriers, outcome expectancies, self-regulatory behaviors and social support. *J Health Psychol*. 2010; 15: 173–185.
- 板倉正弥, 武田典子, 他：成人の運動行動と運動ソーシャルサポートの関係。ウォーキング研究。2003; 7: 151–158.
- 原田和弘, 村上晴香, 他：運動に関する感情経験、態度、および行動意図尺度の作成と運動行動との関連性の検討。体力科学。2019; 68: 105–116.
- 武田典子, 岡浩一郎, 他：成人における運動に関する行動的スキルと運動行動の変容ステージの関連。行動医学研究。2008; 14: 8–14.
- 岡浩一郎：中年者における運動行動の変容段階と運動セルフ・エフィカシーの関係。日本公衆衛生雑誌。2003; 50: 208–215.
- Saida TGRH, Juul Sørensen T, *et al.*: Long-term exercise adherence after public health training in at-risk adults. *Ann Phys Rehabil Med*. 2017; 60: 237–243.
- Picorelli AMA, Pereira LSM, *et al.*: Adherence to exercise programs for older people is influenced by program characteristics and personal factors: A systematic review. *J Physiother*. 2014; 60: 151–156.
- Murakami K, Hashimoto H, *et al.*: Distinct impact of education and income on habitual exercise: A cross-sectional analysis in a rural city in Japan. *Soc Sci Med*. 2011; 73: 1683–1688.
- Pimm R, Vandelandotte C, *et al.*: Cue consistency associated with physical activity automaticity and behavior. *Behav Med*. 2016; 42: 248–253.
- Engberg E, Alen M, *et al.*: Life events and change in leisure time physical activity: A systematic review. *Sports Med*. 2012; 42: 433–447.
- 内閣府：令和3年度高齢者の日常生活・地域社会への参加に関する調査。https://www8.cao.go.jp/kourei/ishiki/r03/zentai/pdf/2_2_1.pdf（2025年3月1日引用）
- Kim HHS: “Strength of weak ties,” Neighborhood ethnic heterogeneity, and depressive symptoms among adults: A multilevel analysis of Korean General Social Survey (KGSS) 2012. *Soc Sci (Basel)*. 2017; 6: 65.
- Kauppi M, Kawachi I, *et al.*: Characteristics of social networks and mortality risk: Evidence from 2 prospective cohort studies. *Am J Epidemiol*. 2018; 187: 746–753.
- Wu YH, Moore S, *et al.*: Social capital and obesity among adults: Longitudinal findings from the Montreal neighborhood networks and healthy aging panel. *Prev Med*. 2018; 111: 366–370.
- Beauchamp MR, Liu Y, *et al.*: Psychological mediators of exercise adherence among older adults in a group-based randomized trial. *Health Psychol*. 2021; 40: 166–177.

- 33) Newsom JT, Denning EC, *et al.*: Older adults' physical activity-related social control and social support in the context of personal norms. *J Health Psychol.* 2022; 27: 505–520.
- 34) Berzins TL, Gere J, *et al.*: Associations between social control, motivation, and exercise: How romantic partners influence exercise during young adulthood. *J Health Psychol.* 2019; 24: 1425–1435.

電子付録：

- 補遺 1 解析対象者のフローチャート
- 補遺 2 運動を通じた社会的ネットワークと運動継続との関連性の副次解析
- 補遺 3 パスモデル

〈Abstract〉

Impact of Exercising with Others on the Maintenance of Exercise Behavior among Older Adults: An Exploratory Examination

Koji OTA, PT, MSc, Kazuhiro HARADA, PhD

Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

Koji OTA, PT, MSc

Osaka College of Rehabilitation

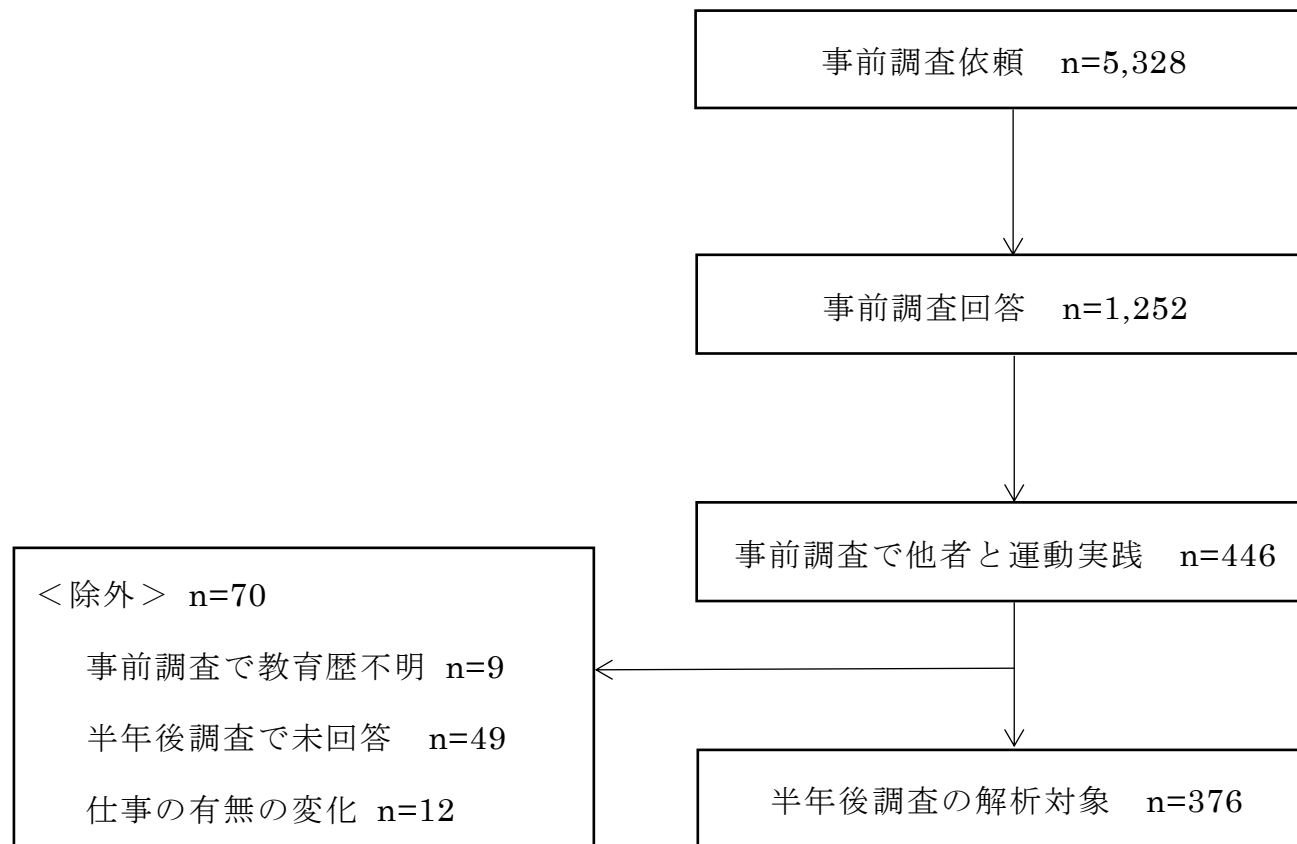
Objective: This study aimed to clarify the influences and psychological mechanisms of the diversity of social relationships with exercising with others on the maintenance of exercise behaviors among older adults.

Methods: Internet surveys (baseline and six-month follow-up) were conducted with registered members of a social research company aged 65–74 years. Among them, 376 individuals who engaged in exercise behavior with others at baseline and responded to the six-month follow-up surveys were analyzed.

Results: Multiple regression analysis revealed that exercising with others at a set time and place at baseline, and chatting and greeting each other before and after exercising significantly influenced the six-month maintenance of exercise behavior. However, path analysis revealed that their influence was not significantly mediated by exercise social support, attitude toward exercise, exercise self-regulation, or exercise self-efficacy.

Conclusions: The present study indicates that exercising with others at a set time and place, and chatting and greeting each other before and after exercise have desirable influences on the maintenance of exercise behavior. However, the psychological mechanisms underlying this influence remain unclear.

Key Words: The other, Exercise, Social support, Diversity, Healthy aging



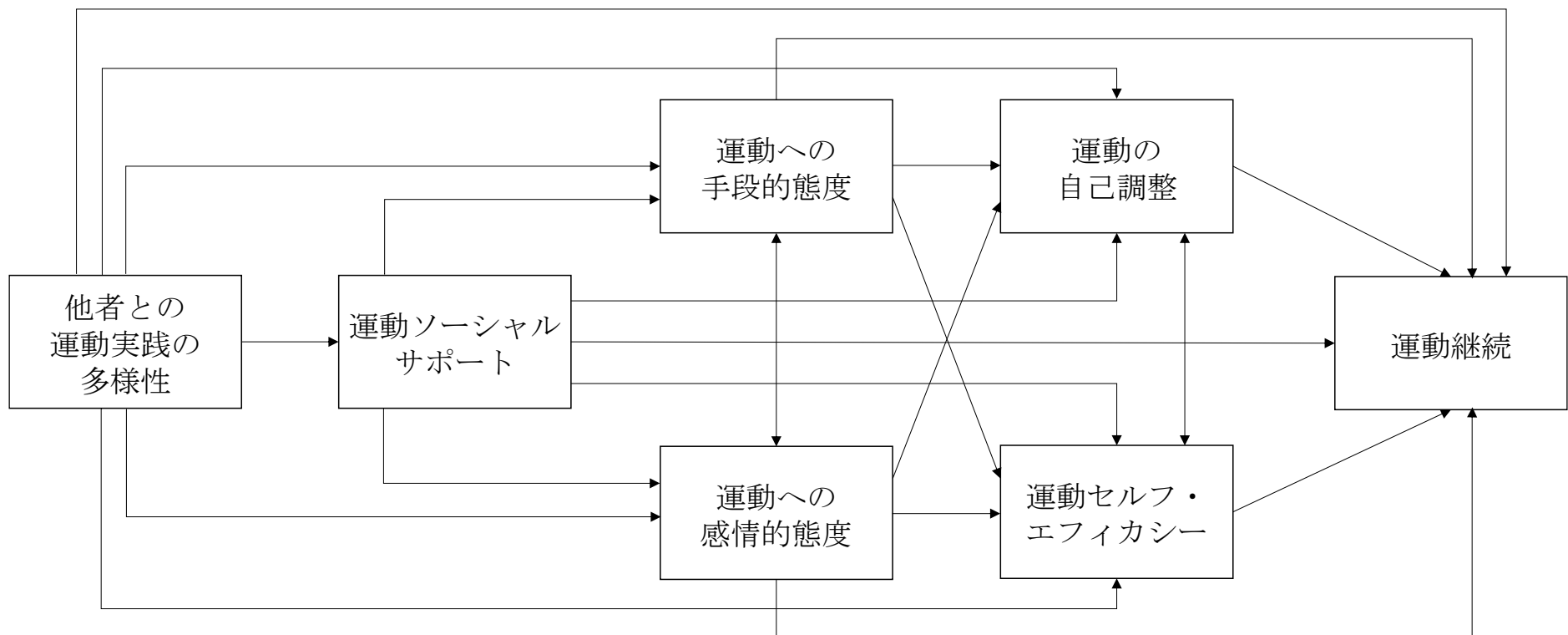
補遺 1. 解析対象者のフローチャート

補遺 2. 運動を通じた社会的ネットワークと運動継続との関連性の副次解析

	%	β	p 値
アドバイスをし合う人数：連続変数	—	0.14	0.006
アドバイスをし合う人数：カテゴリ変数			
0 人	44.9%	参照群	—
1～2 人	24.7%	0.03	0.602
3 人以上	30.3%	0.13	0.024
感情を共有する人数：連続変数	—	0.05	0.388
感情を共有する人数：カテゴリ変数			
0 人	21.5%	参照群	—
1 人	19.4%	0.06	0.387
2～4 人	21.3%	0.02	0.722
5～8 人	21.3%	0.07	0.278
9 人以上	16.5%	0.07	0.257
予定や目標を一緒に立てる人数：連続変数	—	0.03	0.534
予定や目標を一緒に立てる人数：カテゴリ変数			
0 人	55.3%	参照群	—
1～2 人	26.3%	0.12	0.031
3 人以上	18.4%	0.01	0.888
立ち話をする人数：連続変数	—	0.10	0.056
立ち話をする人数：カテゴリ変数			
0 人	22.1%	参照群	—
1 人	13.6%	0.11	0.064
2～3 人	19.7%	0.07	0.309
4～5 人	22.1%	0.16	0.017
6 人以上	22.6%	0.15	0.025
挨拶をする人数：連続変数	—	0.08	0.121
挨拶をする人数：カテゴリ変数			
0 人	23.1%	参照群	—

1～4 人	19.1%	0.09	0.152
5～9 人	21.3%	0.04	0.488
10 人	19.9%	0.15	0.018
11 人以上	16.5%	0.11	0.071
同じ場所・時間で運動する人数：連続変数	—	0.08	0.128
同じ場所・時間で運動する人数：カテゴリ変数			
0 人	33.5%	参照群	—
1～9 人	26.1%	-0.06	0.282
10 人以上	40.4%	0.03	0.608

従属変数は週の運動時間の残差変化量（半年後）とした。いずれのモデルも、基本属性の影響を調整した。決定係数（ R^2 ）は、アドバイスをし合う人数（連続変数）に関するモデルで 0.030（ $p=0.043$ ），アドバイスをし合う人数（カテゴリ変数）に関するモデルで 0.024（ $p=0.172$ ），感情を共有し合う人数（連続変数）に関するモデルで 0.012（ $p=0.475$ ），感情を共有し合う人数（カテゴリ変数）に関するモデルで 0.015（ $p=0.673$ ），予定や目標を一緒に立てる人数（連続変数）に関するモデルで 0.011（ $p=0.525$ ），予定や目標を一緒に立てる人数（カテゴリ変数）に関するモデルで 0.023（ $p=0.189$ ），立ち話をする人数（連続変数）に関するモデルで 0.020（ $p=0.189$ ），立ち話をする人数（カテゴリ変数）に関するモデルで 0.031（ $p=0.160$ ），挨拶をする人数（連続変数）に関するモデルで 0.017（ $p=0.288$ ），挨拶をする人数（カテゴリ変数）に関するモデルで 0.029（ $p=0.209$ ），同じ場所・時間で運動する人数（連続変数）に関するモデルで 0.016（ $p=0.295$ ），同じ場所・時間で運動する人数（カテゴリ変数）に関するモデルで 0.017（ $p=0.384$ ）であった。いずれのモデルにおいても、分散拡大係数（Variance Inflation Factor）はすべての変数について 2 未満であった。



補遺 3. パスモデル

研究論文 (原著)

回復期リハビリテーション病棟に入院する患者の 移動方法に関わる要因*

—機械学習モデルを用いた歩行自立度の横断的研究—

大塚 雄斗^{1) #} 嶺村 圭¹⁾ 香取 秀一¹⁾

要旨

【目的】本研究の目的は、入院患者の移動方法に関わる要因を示し、妥当性を検討することである。【方法】348名の患者情報から、移動方法を3クラスに分類する複数の機械学習モデルを構築し、特徴量重要度の算出、知識蒸留による決定木の取得、および精度検証を実施した。【結果】Random ForestモデルのArea Under the Curveのマクロ平均 (Macro-averaged AUC: 以下, Macro-AUC) は0.95であり, Permutation Importance (以下, PI) により, Functional Balance Scaleの点数 (PI=0.074), 徒手筋力検査法の膝伸展スコア (PI=0.044), 入院時からの経過月数 (PI=0.023), 改訂長谷川式簡易知能評価の合計点 (PI=0.020), 入院疾患分類 (PI=0.016), 半側空間無視の有無 (PI=0.010) が上位要因と特定された。蒸留後の決定木は深度5でMacro-AUC 0.93であった。【結論】複数の要因が主要な因子であることが示され, 説明可能な意思決定プロセスが可視化された。

キーワード 回復期リハビリテーション, 入院患者, 歩行自立度, 機械学習, 決定木

はじめに

回復期リハビリテーション病棟に入院する患者の病棟内移動方法は重要な検討課題である。安全面とのバランスをとりながら可能な限り高い自立度を設定することは、患者の治療効果や心理的負担に大きく影響する。

回復期リハビリテーション病棟における患者の病棟内移動方法は、医師や看護師、リハビリテーション専門職を含む多職種チームで協議し決定されることが一般的である。その中でも、患者の身体機能評価を通じて最適な移動手段を提案する上で、理学療法士は重要な役割を担う。しかし、移動方法を設定する際に重視する要因については、担当者の裁量が大きい。その結果、施設間・担

当者間での設定基準にばらつきが生じたり、最終的な決定が先延ばしになる場合がある。

従来、入院患者の移動能力に関わる要因は主にロジスティック回帰 (Logistic Regression: 以下, LR) 分析により明らかにされてきた¹⁻⁵⁾。Paolucciら¹⁾は、リハビリテーション病棟に入院した初発脳卒中後の後遺症を有する患者を対象に、退院後1年時点の移動能力に影響を与える要因をLRを用いて検討した。その結果、移動能力低下の予測において、全失語症、半側空間無視 (Unilateral Spatial Neglect: 以下, USN), および75歳以上が重要な要因として示された。

一方、近年では意思決定の自動化や補助に機械学習が広く用いられている。特に症例数が限られる医療研究では、決定木や複数の決定木を組み合わせたアンサンブル学習法を用いることで高い予測精度が得られている⁶⁾⁷⁾。Floaresら⁶⁾の、診断精度のための最小サンプルサイズの研究によると、決定木およびアンサンブル学習法を乳がん組織のmicroRNA測定データに適用した際に、いずれの手法でも100サンプルでArea Under the Curve (以下, AUC) = 0.95以上の精度であったと報告されている。

決定木を用いた分析は、たとえば運動機能が良好で

* Factors Associated with Methods of Mobility in Patients Admitted to Convalescent Rehabilitation Wards: A Cross-sectional Study of Walking Independence Using Machine Learning Models

1) 新座病院リハビリテーション科
(〒352-0023 埼玉県新座市堀ノ内3-14-30)
Yuto Otsuka, PT, Kei Minemura, PT, Hidekazu Katori, OT: Department of Rehabilitation, Niiza Hospital

E-mail: niiza_hp@tmg.or.jp
(受付日 2025年5月21日 / 受理日 2025年8月29日)
[J-STAGEでの早期公開日 2025年11月12日]



本論文はクリエイティブ・コモンズ [表示 4.0 国際] ライセンスの下に利用許諾されています。

© 2025 日本理学療法学会連合

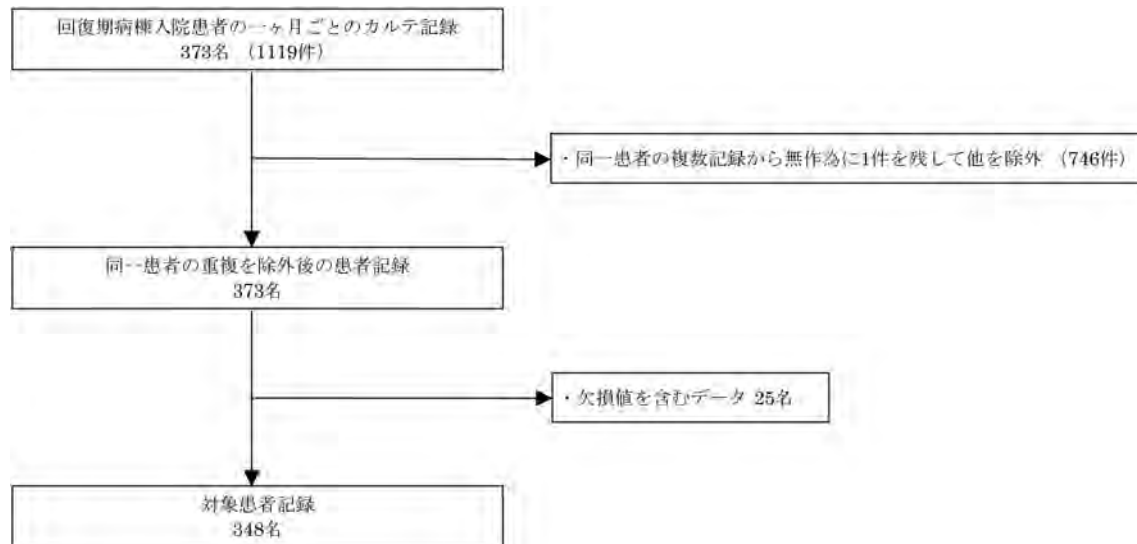


図1 対象フロー図

あっても認知機能の低下がある場合は、歩行自立と判断されないといったように、要因間に交互作用がある場合に適している。また、確率分布や尺度に寛容であり、外れ値の影響を受けにくいいため、多次元にわたる要因の分析を容易に行うことができる⁸⁾。決定木を適用して入院患者の移動方法について検討した先行研究⁹⁻¹⁴⁾では、脳卒中片麻痺や大腿骨頸部骨折などの特定の疾患を有する者を対象としており、その多くは退院時や特定の時点における予後予測に関する研究である。また、テスト用データを用いて汎化性能の検証を行った研究は限られる。

よって本研究の目的は、回復期リハビリテーション病棟入院患者の背景情報・臨床評価を説明変数、病棟内の移動方法を目的変数として決定木およびそのアンサンブル学習法を適用し、分析結果の妥当性を検討することである。これにより、患者の移動方法設定に重要な要因を明らかにし、意思決定に関わる基盤情報の提供を目指す。

対象および方法

1. 研究デザイン

本研究は、対象ごとに解析変数が同一時点で収集された横断的研究である。

2. 対象

本研究は、埼玉県新座市に所在する医療法人社団武蔵野会新座病院の回復期リハビリテーション病棟において実施された。2023年4月1日から2024年3月31日までの間に、当該病棟に入院した患者373名のカルテデータを週及的に取得し、入院後1か月ごとの記録計1119件を抽出した。抽出後、同一患者の重複記録があった場合には乱数を用いて無作為に1件のみを残し、それ以外を除外した。さらに、欠損値を含む記録を除外し、最終的に

348名を対象とした。対象の選定フローを図1に示す。

3. 方法

1) 解析変数

対象に含める解析変数の選定にあたっては、多変量の解析が可能であるという決定木分析の特性を踏まえ、先行研究で歩行自立度との関連が報告されている因子に加え、臨床的に理論的または経験的な関連性が示唆される因子を、可能な限り網羅的に抽出する方針を採用した。Functional Balance Scale（以下、FBS）やFunctional Reach Testなどのバランス機能評価、改訂長谷川式簡易知能評価（Hasegawa Dementia Scale-Revised：以下、HDS-R）やMini-mental State Examination（MMSE）などの認知機能評価、年齢、膝伸展筋力、および失語やUSNなどの高次脳機能障害は、複数の先行研究¹⁾⁹⁻¹⁴⁾において歩行能力に関わる重要因子として取り上げられている。さらに、脳血管障害や骨折の既往の有無、下肢の運動麻痺の程度についても、予測への寄与が報告されている。加えて、入院疾患分類、入院から評価までの経過月数、要介護認定区分、患者の覚醒状態、小脳性運動失調の有無、ならびに栄養状態を反映する血清アルブミン値（Albumin Level：以下、Alb）は、歩行能力や病棟での移動方法に影響を及ぼす可能性のある要因として臨床的意義が高いと考えられるため、本研究ではこれらの因子を解析対象に含めた。

以上の方針に基づき、対象データには、患者の背景情報として、年齢、性別、日本の医療保険制度における算定対象疾患に基づく入院疾患分類、回復期病棟入院開始から記録時点までに経過した完全な月数、脳卒中既往の有無、骨折既往の有無、および日本の介護保険制度に基づく要介護認定の有無と認定区分を含めた。さらに、臨床評価として、Japan Coma Scale（以下、JCS）の桁数、

徒手筋力検査法の膝伸展スコア (Knee Extension-Manual Muscle Testing: 以下, KE-MMT), 下肢Brunnstrom Recovery Stage (Lower Extremity-Brunnstrom Recovery Stage: 以下, LE-BRS), FBSの点数, HDS-Rの合計点, Functional Independence Measure (以下, FIM) の認知項目 (以下, FIM-C) 合計点, USNの有無, 小脳性運動失調の有無, Albを含めた。

KE-MMTおよびLE-BRSは, 両側値のうち機能低下が大きい側の値を採用した。なお, 研究実施施設では入院疾患分類に関わらず, 下肢運動麻痺の有無をLE-BRSを用いて標準的に評価し, 一括管理している。このため, 本研究でStage VIとされた患者には, 脳卒中後にStage VIを呈している患者と脳卒中運動麻痺を有していない患者の両者が含まれている。USNの有無は, 入院時に医師から提供された情報提供書またはリハビリテーション情報提供書の作業療法・言語聴覚療法評価において既にUSNの存在が明示されている者, 入院中にBehavioral Inattention TestもしくはCatherine Bergego Scaleを一度以上実施された者のいずれかに該当し, 当該月の高次脳機能評価でUSNありと記載されている者をUSNありとし, スクリーニング目的で行われた検査や観察のみを根拠とした判定は含めなかった。

また, 病棟内移動方法の指標として, FIM歩行項目スコアを基準に以下のとおり定義した。スコア5点以下を車椅子使用または歩行不能, 歩行に監視・介助が必要とみなし, 「車椅子・歩行非自立」クラスと定義した。スコア6点を「補助具歩行」クラス, 7点を「自立歩行」クラスとした。これらの情報は, 該当する入院時からの経過月数における最新のデータを用いた。

2) データ前処理

解析に用いない未知データへの汎化性能を評価するために, 対象を用いて348名×17変数からなるデータフレームを作成し, そのうち70%を訓練データ (Training Data: 以下, Train), 30%をテストデータ (Test Data: 以下, Test) として層化分割した。

解析結果の安定を図るため, Trainの各変数間の関係をSpearmanの順位相関係数(ρ 値)を用いて相関行列として算出した。その結果, ρ 値が0.7以上となる変数ペアについては, 病棟内移動方法との ρ 値がより低い変数をその後の解析から除外した。

3) 解析方法

Trainに含まれる患者の背景情報および臨床評価を説明変数として, 病棟内移動方法を予測する3クラス分類モデルを構築した。使用したモデルはLR, 決定木, ランダムフォレスト (Random Forest: 以下, RF), およびLight Gradient-Boosting Machine (以下, LightGBM) である。RFとLightGBMのハイパーパラメータは, Optuna¹⁵⁾を用いて層化5分割交差検証 (Stratified 5-fold Cross-validation) を

行いながら最適化した。

構築した各モデルの精度指標を求め, 解析対象とするモデルを選定した。各モデルに対しTestを入力し, One-vs-Rest (OvR) 法によるAUCのマクロ平均 (Macro-averaged AUC: 以下, Macro-AUC), 正答率 (Accuracy), 分類クラスごとのPrecision, Recall, F1_Scoreを比較した。

最もMacro-AUCが高いモデルから, 特徴量の重要度の指標として, Macro-AUCを用いたPermutation Importance (以下, PI) を取得した。さらに, 最もMacro-AUCが高いモデルから知識蒸留手法により生成した決定木を取得した。蒸留後の決定木に対して, 他モデルと同様にTestによる精度評価を行った。これらのPIおよび蒸留後の決定木を用いて, 入院患者の移動方法の設定に重要な要因について検討した。

すべての解析は, Python言語で記述したJupyter Notebook上で実行し, プログラムコードを含むNotebookファイルをweb上で管理できるGitHubに公開した (<https://github.com/78348060/Exploring-Factors-Affecting-Inpatient-Mobility-in-the-Ward>)。

4) 分類モデル

本研究で使用したモデルの概要について述べる。決定木は, ジニ指数やエントロピーなどの指標を用いて不純度を最小化する分割を繰り返すアルゴリズムである¹⁶⁾。解釈性に優れており, モデルを直感的に理解できる。学習データに過剰適合しやすいため, 剪定や最大深度の制限が行われる。RFは, 決定木を用いたアンサンブル学習法である。データのランダムサンプリングや特徴量の無作為な選択により, 多数の決定木を構築し, それらの予測結果を統合することで, 過剰適合を避け, 安定した汎化性能を発揮する¹⁷⁾。LightGBMは, 勾配ブースティング (Gradient Boosting Machine: GBM) アルゴリズムに基づく軽量な実装である。GBMは, 弱い学習器として通常は浅い決定木を用いて予測値と実値の残差を反復的に学習し, 徐々に残差を縮小する。標準機能による欠損値の適切な処理, ハイパーパラメータ設定による過剰適合の抑制といった機能を持ち, 特に不完全データに適する¹⁸⁾。LightGBMによる実装は, 深い決定木を生成し易く, 適切なハイパーパラメータ設定など, 過剰適合に配慮する必要がある¹⁹⁾。いずれの決定木ベースのモデルも, 外れ値に対して堅牢であり, 交互作用の検出に優れる。LRは, 比較基準として導入した。これら4モデルの実装には, scikit-learnのAPIを用いた。

5) 知識蒸留

本研究では, 分類モデルの解釈のために知識蒸留を行った。知識蒸留は, 大規模モデルやアンサンブルモデルの知識を, 小規模モデルや単一モデルに転移する手法である²⁰⁾。Breimanらのデータ生成方法²¹⁾を参考に, Trainの50倍に相当するデータを生成し, 分類モデルに

よるハードラベルを付与した上で決定木を学習した。蒸留後の決定木の複雑さを抑えるため、最大深度を5, ccp_alphaを0.0005に設定した。

4. 倫理的配慮

本研究は、医療法人社団武蔵野会新座病院倫理委員会の承認を得ている（承認番号：2024-6）。本研究で収集した情報は、氏名や住所などの直接的な個人情報を含んでいない。情報の取り扱いに十分に配慮した上で、本研究の終了について報告された日から5年を経過した日、または当該研究結果の最終の公表について報告された日から3年を経過した日のいずれか遅い日までの期間保管した後に削除する予定である。

結 果

対象を用いて作成した348名×17変数のデータフレームを、Train 70%243名およびTest 30%105名に層化分割した（表1）。Trainの各変数間について、 ρ 値を相関行列として算出してヒートマップ化した（図2）。その結果、HDS-Rの合計点とFIM-C合計点の ρ 値が0.74と0.7を上回ったため、病棟内移動方法との ρ 値がより低いFIM-Cを、その後の解析から除外した。

Trainに含まれる背景情報および臨床評価から、病棟内移動方法を予測する3クラス分類モデルを構築した。構築した複数の分類モデルに対して、Testを用いた精度検証を実施した。その結果、各モデルのMacro-AUCは、RF：AUC=0.95, LightGBM：AUC=0.94, LR：

AUC=0.90, 決定木：AUC=0.77とRFで最も高値であった。RFの分類クラスごとのPrecision, RecallおよびF1_Scoreはそれぞれ、車椅子・歩行非自立クラスで0.95, 0.95, 0.95, 補助具歩行クラスで0.70, 0.76, 0.73, 自立歩行クラスで0.75, 0.60, 0.67であった。

RFから、特徴量の重要度としてPIを取得した（図3）。RFのPIは、上位から順に、FBSの点数（PI=0.074±0.02）、KE-MMT（PI=0.044±0.01）、入院時からの経過月数（PI=0.023±0.01）、HDS-Rの合計点（PI=0.020±0.01）、入院疾患分類（PI=0.016±0.01）、USNの有無（PI=0.010±0.01）、性別（PI=0.006±0.00）、Alb（PI=0.005±0.00）、年齢（PI=0.004±0.00）、LE-BRS（PI=0.003±0.00）、脳卒中既往の有無（PI=0.001±0.00）、JCSの桁数（PI=0.000±0.00）、骨折既往の有無（PI=0.000±0.00）、要介護認定の有無と認定区分（PI=-0.001±0.00）、小脳性運動失調の有無（PI=-0.002±0.00）であった。

RFに知識蒸留を適用した結果、第1分岐にFBSの点数、第2分岐にFBSの点数とKE-MMT、第3分岐にAlb、HDS-Rの合計点、そしてUSNの有無を分割指標として、最終的に第5分岐まで続く決定木を得た。分岐に用いられた各指標の閾値は、FBSの点数では50点、44点、41点、54点、KE-MMTでは3, 4, HDS-Rでは27点、24点、20点、Albでは3.95g/dL、入院時からの経過月数では0ヶ月であった。図4に蒸留後の決定木の構造を示した。各分岐には分岐条件、クラスごとのサンプル数および割合を記載し、決定木の分類過程を可視化した。

蒸留後の決定木に対して他モデルと同様に精度検証

表1 訓練データおよびテストデータの分布比較

調査項目	訓練データ n=243	テストデータ n=105
年齢	80 (73-84)	81 (74-83)
性別 (男/女)	113 (46)/130 (54)	49 (47)/56 (53)
入院疾患分類 (脳血管/運動器/廃用症候群)	93 (38)/118 (49)/32 (13)	49 (47)/41 (39)/15 (14)
入院時からの経過月数	2 (1-3)	2 (1-3)
脳卒中既往の有無 (有/無)	69 (28)/174 (72)	22 (21)/83 (79)
骨折既往の有無 (有/無)	49 (20)/194 (80)	21 (20)/84 (80)
要介護認定の有無と認定区分 (無/1/2/3/4/5)	179 (75)/24 (10)/10 (4)/25 (10)/1 (0)/4 (2)	86 (85)/5 (5)/6 (6)/7 (7)/1 (1)
JCSの桁数 (1/2/3)	224 (91)/1 (0)/18 (7)	97 (91)/1 (1)/7 (7)
KE-MMT (0/1/2/3/4/5)	1 (0)/20 (6)/55 (17)/125 (38)/42 (13)	1 (1)/14 (18)/28 (36)/41 (52)/21 (27)
LE-BRS (I/II/III/IV/V/VI)	2 (1)/4 (2)/13 (5)/23 (8)/45 (16)/156 (57)	1 (1)/2 (3)/12 (16)/7 (9)/20 (25)/63 (79)
FBSの点数	45 (38-50)	46 (39-50)
HDS-R 合計点	24 (16-28)	24 (17-27)
FIM-C 合計点	24 (16-29)	23 (16-29)
USNの有無 (有/無)	34 (14)/209 (86)	16 (15)/89 (85)
小脳性運動失調の有無 (有/無)	12 (5)/231 (95)	12 (11)/93 (89)
Alb	3.5 (3.3-3.8)	3.6 (3.3-3.9)
病棟内移動方法 (車椅子・歩行非自立/ 補助具歩行/自立歩行)	162 (67)/57 (24)/24 (10)	70 (67)/25 (24)/10 (10)

連続データは中央値（四分位範囲25%-75%）、カテゴリーデータはクラスごとに「/」区切りでサンプル数と（割合）を表記。

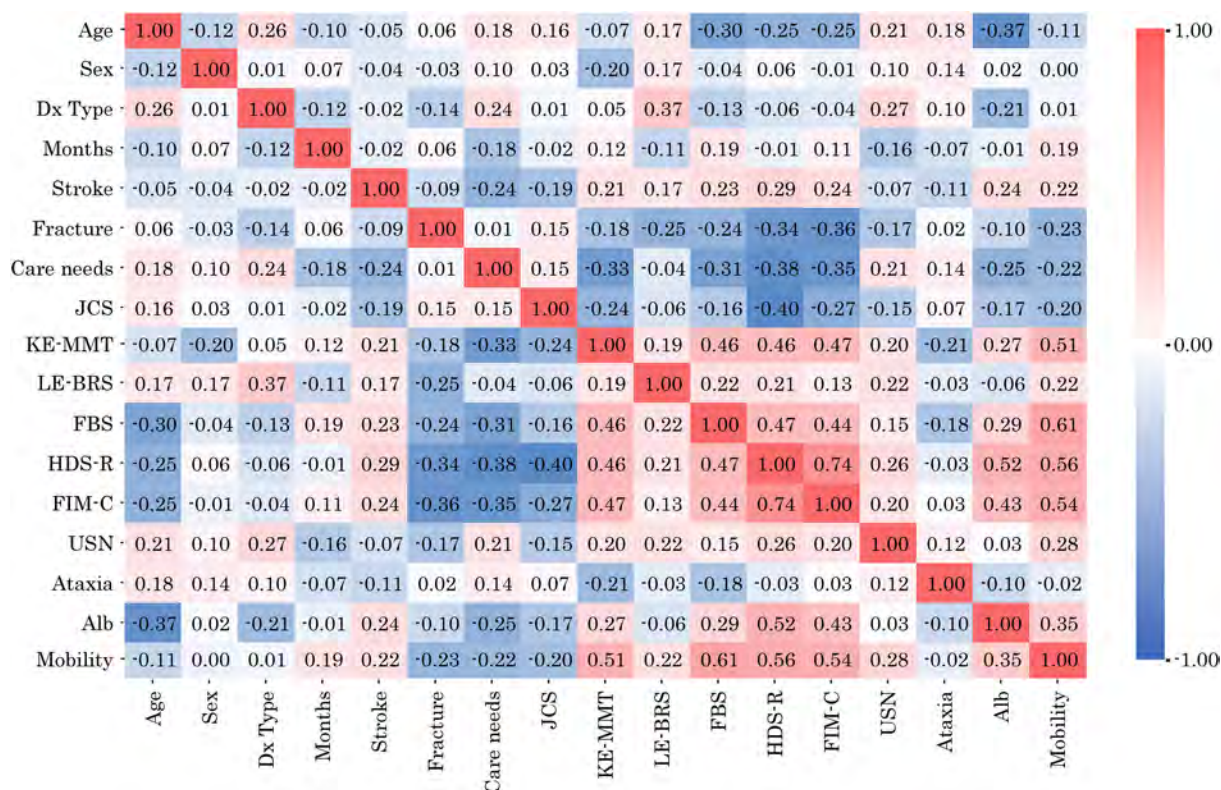


図2 訓練データの各変数間の相関行列のヒートマップ

Age：年齢，Sex：性別，Dx Type：入院疾患分類，Months：入院時からの経過月数，Stroke：脳卒中既往の有無，Fracture：骨折既往の有無，Care needs：要介護認定の有無と認定区分，JCS：JCSの桁数，FBS：FBSの点数，HDS-R：HDS-Rの合計点，USN：USNの有無，Ataxia：小脳性運動失調の有無，Mobility：病棟内移動方法。

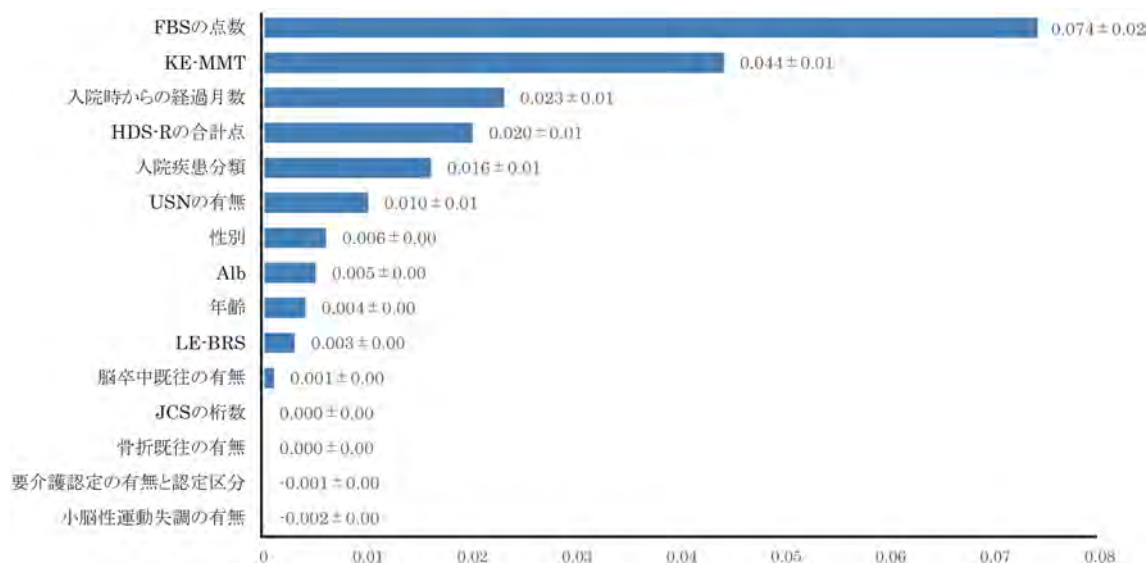


図3 ランダムフォレストによる特徴量の重要度 (Permutation Importance)

を実施した。その結果，Macro-AUCは0.93，分類クラスごとのPrecision，RecallおよびF1_Scoreはそれぞれ，車椅子・歩行非自立クラスで0.85，0.99，0.91，補助具歩行クラスで0.74，0.56，0.64，自立歩行クラスで0.67，0.20，0.31であった。本研究で構築したすべての分類モデルに使用したハイパーパラメータを表2に，各分類モデルの精度検証結果をまとめたものを表3にそれぞれ示した。

考 察

本研究では，回復期リハビリテーション病棟に入院する患者の病棟内移動方法を車椅子・歩行非自立，補助具歩行，自立歩行の3クラスに分類し，患者背景や臨床評価との関連を機械学習モデルを用いて横断的に検討した。LR，決定木，RF，LightGBMの4種類の分類モデルを構築・比較した結果，RFが最も高い汎化性能を示

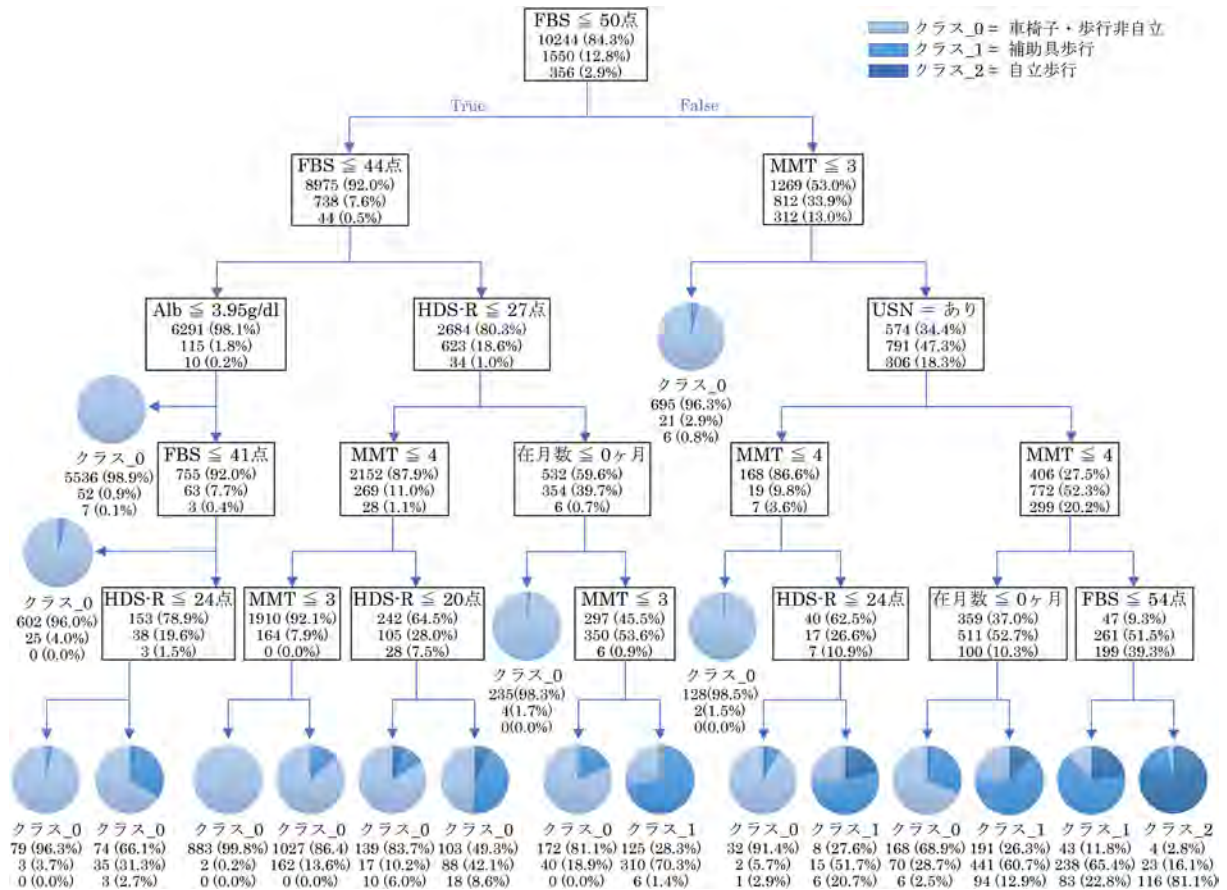


図4 ランダムフォレストより蒸留した決定木
 各分岐に、分岐条件、クラスごとのサンプル数（割合）を表記。FBS：FBSの点数，MMT：KE-MMT，USN：USNの有無，HDS-R：HDS-Rの合計点，在月数：入院時からの経過月数。

表2 分類モデルの使用ハイパーパラメータ

モデル	ハイパーパラメータ
Random Forest	criterion='gini', max_depth=9, max_features='sqrt' min_samples_split=2, min_samples_leaf=1 n_estimators=190, bootstrap=True
LightGBM	objective='multiclass', metric='multi_logloss', learning_rate=0.030406683596093803, n_estimators=100, max_depth=10, num_leaves=186, min_child_samples=4, lambda_l1=0.004335551811007204, lambda_l2=0.005459237324334797, feature_fraction=0.5846578731787533, bagging_fraction=0.7705868193010917, bagging_freq=3
Distilled Tree	criterion='gini', max_depth=5, min_samples_split=2, min_samples_leaf=1 ccp_alpha=0.0005
Logistic Regression	C=1.0 max_iter=1000 multi_class='ovr'
Decision Tree	criterion='gini' min_samples_split=2, min_samples_leaf=1 ccp_alpha=0.0

Random Forest：ランダムフォレスト，Distilled Tree：蒸留後の決定木，Logistic Regression：ロジスティック回帰，Decision Tree：決定木。

した。RFより特徴量の重要度としてPIを求めることで、病棟内移動方法の設定に重要な要因が示された。さらに、知識蒸留手法を適用することで、高い汎化性能を示した分類モデルの意思決定プロセスを、決定木として可視化しうることが示された。

1. 特徴量重要度と知識蒸留結果

本研究ではFBSの点数が最も高いPIを示し、知識蒸留後の決定木でも初期分岐の重要指標として用いられた。この結果は、バランス能力が歩行や移動方法の自立度を大きく規定するという臨床的知見を再確認するも

表3 テストデータを用いた分類モデルの精度検証結果

モデル	Macro-AUC	正答率	車椅子・歩行非自立			補助具歩行			自立歩行		
			Precision	Recall	F1_Score	Precision	Recall	F1_Score	Precision	Recall	F1_Score
Random Forest	0.95	0.88	0.95	0.95	0.95	0.70	0.76	0.73	0.75	0.60	0.67
LightGBM	0.94	0.89	0.95	0.97	0.96	0.76	0.76	0.76	0.75	0.60	0.67
Distilled Tree	0.93	0.82	0.85	0.99	0.91	0.74	0.56	0.64	0.67	0.20	0.31
Logistic Regression	0.90	0.82	0.89	0.92	0.91	0.58	0.60	0.59	0.83	0.50	0.63
Decision Tree	0.77	0.79	0.89	0.89	0.92	0.52	0.64	0.57	0.40	0.40	0.40

Random Forest：ランダムフォレスト，Distilled Tree：蒸留後の決定木，Logistic Regression：ロジスティック回帰，Decision Tree：決定木。

のである。蒸留後の決定木では、FBSの点数が44点以下は、98.1%と高い割合で車椅子・歩行非自立クラスであり、FBSの転倒予測カットオフ値として頻用される45点²²⁾との一致が示された。

次いで、KE-MMTが高いPIを示した。Fujitaら⁹⁾の先行研究のように、解析変数にバランススケールが含まれない場合、患側の膝伸展筋力が決定木の第1分岐として選ばれることが示されている。本研究でも、移動方法の自立度における患側膝伸展筋力の重要性が示された。

HDS-Rの合計点やUSNの有無といった認知機能指標も $PI \geq 0.010$ を示し、予測精度への寄与が高かった。病棟における移動方法の設定の際には、移動中に生じる危険を適切に回避するために、患者自身のリスク管理能力や注意能力が大きな課題となる。本研究においても認知機能の重要性を示す結果となった。HDS-Rの合計点は、蒸留後の決定木において第3分岐以降の下位分岐で使用されており、他の主要な指標による分類を補完していると考えられる。また、HDS-R合計点が20点、24点、27点など一定の水準を超えた場合には、車椅子・歩行非自立クラスに分類されたとしても、34.0%、40.4%、50.7% (図4より算出) の割合で補助具歩行または自立歩行クラスが含まれており、運動機能の低下が良好な認知機能によって補われる可能性が示唆された。

また、入院時からの経過月数も $PI \geq 0.010$ を示した。蒸留後の決定木では、入院時からの経過月数が0か月の場合は、他の重要指標が良好であっても歩行が自立と判定されにくい傾向が示されており、入院期間の初期においては移動方法の設定が慎重に行われていることを反映した結果と考えられる。

入院疾患分類は $PI \geq 0.010$ を示したものの、蒸留後の決定木の分岐には組み込まれなかった。また、JCSの桁数、骨折既往の有無、要介護認定の有無と認定区分、小脳性運動失調の有無は明確な重要度を示さなかった。これらの指標は、FBSの点数やKE-MMTといった他の重要指標によってカバーされている可能性や、重症度に関する情報が十分に反映されていないこと、解析変数における不均衡性の高さなどのために、予測への寄与が限定的

であった可能性が考えられる。

2. 分類モデルの汎化性能

Testを用いた各分類モデルの精度検証では、RFやLightGBMといったアンサンブル学習法が良好な汎化性能を示した。移動方法クラスごとの精度検証では、いずれの分類モデルにおいても、補助具歩行および自立歩行クラスは、車椅子・歩行非自立クラスに比べて低値であり、自立歩行と補助具の使用を区分する要因の同定には至らなかった。これらのクラスにおける相対的な精度低下は、クラス間のデータ不均衡によって生じた可能性がある。

蒸留後の決定木は、RFやLightGBMに次ぐ高いMacro-AUCを示しながら、補助具歩行や自立歩行クラスのRecallが低下し、特に自立歩行クラスのRecallが0.20と大きく低下した点に注意すべきである。これは決定木が歩行自立と判定しにくい保守的な木であることを示しており、たとえば、補助具なしでの歩行自立と判定されるための最終分岐ではFBSの点数が55点以上必要であるが、この条件を満たさずに補助具歩行と判定された場合であっても、22.8%の自立歩行クラスが含まれている。低い自立度に判定された患者が必ずしも高い自立度の移動方法を望めないわけではないと考えられる。蒸留によって生じたRecallの低下は、蒸留過程において、解釈性のために行われた最大深度の制限や剪定のために、分割が不十分となり、特定の閾値が過度に高く設定されたために生じた可能性がある。

3. 研究の限界

本研究における制約として、単一施設の回復期リハビリテーション病棟のデータを用いた研究であるため、対象施設や病期、地域の特徴が結果に影響した可能性を否定できない。他施設の回復期病棟や急性期・慢性期病棟では、入院患者の特性の傾向や入院中の生活様式などの要因が異なるため、本研究の結果をそのまま一般化することには慎重を要する。また、本研究では移動方法の設定に変わる要因を網羅的に検討することを試みたが、結

果に寄与しうるすべての要因が解析されていない。たとえば、歩行速度やTimed Up & Go Testのように、ある程度の歩行能力を前提とした評価指標は、全対象に対して一貫して取得できておらず、分析に含めていない。施設データや多様な症例背景を対象に、より網羅的な要因を含む大規模研究による再現性の検証が望まれる。

結 論

本研究では、回復期リハビリテーション病棟に入院する患者の病棟内移動方法に関わる要因を、機械学習モデルを用いて検討した。

Testによる精度検証の結果、RFがもっとも高い汎化性能を示した。PIを用いた解析結果から、FBSの点数、KE-MMT、入院時からの経過月数、HDS-Rの合計点、入院疾患分類、USNの有無が高いPIを示した。さらに、知識蒸留により、FBSの点数、KE-MMT、Alb、HDS-Rの合計点、USNの有無、入院時からの経過月数によって分岐する決定木が得られた。これらの指標が、病棟内移動方法の設定における重要な要因と考えられる。蒸留後の決定木は高い精度を維持しつつ、説明可能な意思決定過程を示した。

本研究では専門職が行ってきた多要因に関わる意思決定プロセスを分析し、分析結果の妥当性を検証した。その結果、アンサンブル学習法の有効性、各要因の数値的重要性度、ならびに意思決定の説明可能性といった知見が示唆された。

利 益 相 反

本研究において開示すべき利益相反はない。

助 成

本研究は特定の助成を受けずに実施された。

謝辞：本研究の実施にあたり、ご協力いただいた医療法人社団武蔵野会新座病院のスタッフの皆様、英文校閲にご協力いただいたEditage (www.editage.jp) に感謝申し上げます。

文 献

- 1) Paolucci S, Grasso MG, *et al.*: Mobility status after inpatient stroke rehabilitation: 1-year follow-up and prognostic factors. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001; 82: 2-8.
- 2) Zisberg A, Syn-Hershko A: Factors related to the mobility of hospitalized older adults: A prospective cohort study. *Geriatr Nurs.* 2016; 37: 96-100.
- 3) Ishiwatari M, Tani M, *et al.*: Prediction of gait independence using the Trunk Impairment Scale in patients with acute stroke.

- Ther Adv Neurol Disord.* 2022; 15: 17562864221140180.
- 4) Sturt RN, Holland AE, *et al.*: Walking ability at discharge from inpatient rehabilitation in a cohort of non-traumatic spinal cord injury patients. *Spinal Cord.* 2009; 47: 763-768.
- 5) 平野恵健, 新田 収, 他: ロジスティック回帰分析を用いた重度脳卒中片麻痺患者の歩行可否に及ぼす因子の検討—回復期リハビリテーション病棟での試み—. *理学療法科学.* 2014; 29: 885-890.
- 6) Floares AG, Ferisgan MA, *et al.*: The smallest sample size for the desired diagnosis accuracy. *Int J Oncol Cancer Ther.* 2017; 2: 13-19.
- 7) Sato M, Morimoto K, *et al.*: Machine-learning approach for the development of a novel predictive model for the diagnosis of hepatocellular carcinoma. *Sci Rep.* 2019; 9: 7704.
- 8) Song YY, Lu Y: Decision tree methods: Applications for classification and prediction. *Shanghai Jingshen Yixue.* 2015; 27: 130-135.
- 9) Fujita T, Ohashi Y, *et al.*: Functions necessary for gait independence in patients with stroke: A study using decision tree. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2020; 29: 104998.
- 10) 新井智之, 金子志保, 他: 大腿骨頸部骨折患者の歩行自立に必要な要因—決定木分析による検討—. *日本老年医学会雑誌.* 2011; 48: 539-544.
- 11) 吉松竜貴, 加辺憲人, 他: 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—. *理学療法科学.* 2018; 33: 145-150.
- 12) Inoue Y, Imura T, *et al.*: Developing a clinical prediction rule for gait independence at discharge in patients with stroke: A decision-tree algorithm analysis. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2022; 31: 106441.
- 13) Hiratsuka K, Tamiya T, *et al.*: Stroke impairment, balance, and cognitive status on admission predict walking independence up to 90 days post-stroke but their contributions change over time. *Int J Rehabil Res.* 2023; 46: 61-69.
- 14) 平塚健太, 田宮高道, 他: 脳卒中患者における発症15日後の歩行自立因子とその相互関係—決定木分析を用いた検討—. *理学療法科学.* 2021; 36: 361-367.
- 15) Akiba T, Sano S, *et al.*: Optuna: A next-generation hyperparameter optimization framework. In: Teredesai A, Kumar V, *et al.* (eds): KDD '19: Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining. ACM, New York, 2019, pp. 2623-2631.
- 16) Breiman L, Friedman J, *et al.*: Classification and Regression Trees. 1st ed, Chapman and Hall/CRC, New York, 1984, pp. 1-368.
- 17) Breiman L: Random Forests. *Mach Learn.* 2001; 45: 5-32.
- 18) Friedman JH: Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *Ann Stat.* 2001; 29: 1189-1232.
- 19) Ke G, Meng Q, *et al.*: LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree. In: Guyon I, Luxburg UV, *et al.* (eds): Advances in Neural Information Processing Systems. Curran Associates, New York, 2017, pp. 3146-3154.
- 20) Hinton G, Vinyals O, *et al.*: Distilling the knowledge in a neural network. In: NeurIPS Deep Learning Workshop. NeurIPS, Montreal, Canada, arXiv. 2014; doi: 10.48550/arXiv.1503.02531.
- 21) Breiman L, Shang N: Born again trees. University of California, Berkeley, Berkeley, CA, Technical Report. 1996; 1: 4.
- 22) Berg KO, Wood-Dauphinee SL, *et al.*: Measuring balance in the elderly: Validation of an instrument. *Can J Public Health.* 1992; 83(Suppl. 2): S7-S11.

〈Abstract〉

**Factors Associated with Methods of Mobility in Patients Admitted to Convalescent Rehabilitation Wards:
A Cross-sectional Study of Walking Independence Using Machine Learning Models**

Yuto OTSUKA, PT, Kei MINEMURA, PT, Hidekazu KATORI, OT

Department of Rehabilitation, Niiza Hospital

Objective: To identify the factors involved in determining the most appropriate mobility methods for inpatients in convalescent rehabilitation wards and to evaluate their validity.

Methods: A total of 348 participants were included in this study. Using demographic and clinical evaluation data, multiple machine-learning models were developed to classify mobility into three categories. Permutation Importance (PI) was assessed, and decision trees were obtained through knowledge distillation. The accuracies of the models were evaluated.

Results: The Random Forest model achieved a Macro-AUC of 0.95. Factors with a high PI included the Functional Balance Scale (FBS) score (PI=0.074), the Knee Extension–Manual Muscle Testing (KE-MMT) score (PI=0.044), the number of months since admission (PI=0.023), the total score of the Hasegawa Dementia Scale-Revised (PI=0.020), the classification of admission diagnoses (PI=0.016), and the presence or absence of unilateral spatial neglect (PI=0.010). The distilled decision tree model maintained high generalizability (Macro-AUC=0.93, maximum depth=5).

Conclusion: Multiple factors, including the FBS and KE-MMT scores, were identified as primary determinants of mobility method selection. An interpretable decision-making process was visualized using a decision tree based on these factors.

Key Words: Convalescent rehabilitation, Inpatients, Walking independence, Machine learning, Decision trees

症例研究

急性期脳梗塞患者に対する歩行学習支援ロボットによる併用歩行練習は歩行機能を改善させるか*

工藤健太郎^{1) #} 遠藤陽季^{1) 2)} 工藤一輝¹⁾ 千葉直¹⁾

要旨

【目的】本研究は、急性期脳梗塞患者に対する歩行学習支援ロボットOrthobot（以下、Orthobot）を用いた歩行練習の効果を検証することを目的とした。【方法】対象は発症4日目の急性期脳梗塞患者1例である。BABデザインを用い、従来の歩行練習期（A期）とOrthobotを併用した歩行練習期（B1期、B2期）を比較し、歩行速度、歩幅、歩容（Wisconsin Gait Scale）を評価した。データ解析には視覚的分析を用いた。【結果】全期間で歩行速度の改善が認められたが、Orthobot練習期における顕著な向上はみられなかった。一方、歩幅は経時的に増加し、Orthobot練習期でより大きな改善を示した。歩容も全般的に改善し、最終的に平地歩行の自立に至ったが、麻痺側の立脚期時間の短縮は限定的な改善にとどまった。【結論】急性期脳梗塞患者において、Orthobotを用いた歩行練習は、歩幅の改善に有効であり、歩容の改善にも寄与する可能性が示唆された。

キーワード 歩行補助ロボット、急性期脳卒中、歩行機能

はじめに

脳卒中の新規発症例は年間1190万人とされ¹⁾、脳卒中後の多様な後遺症は日常生活活動（Activities of Daily Living：以下、ADL）の低下を引き起こす。特に脳卒中後の歩行障害は在宅復帰を検討する際に重要な要素となり、歩行自立度は脳卒中患者のQuality of Life（QOL）に密接に関連することが報告されている²⁾。そのため、歩行機能の改善は脳卒中リハビリテーションにおける主要な目標の一つとされている。近年、歩行補助ロボットの導入が進んでおり、歩行機能の改善を目的とした新たなリハビリテーション手法として注目されている。

歩行補助ロボットを用いた歩行練習（Robot-assisted Gait Training：以下、RAGT）は2000年代初頭からその開発と臨床応用が進められ、その有効性が数多く報告されている³⁾。MehrholtzらによるCochrane Review³⁾では、一般的な理学療法とRAGTを併用することで歩行自立度を高めることを示した。一方で、効果的な適用時期については依然として議論が続いている。RAGTが歩行速度やADLの改善に効果的であったとする報告は多いが、多くの研究では回復期や生活期の脳卒中患者を対象としており、急性期患者に対するRAGTの報告は限られている^{4) 5)}。また、急性期から亜急性期の脳卒中患者を対象とした数少ない先行研究を概観すると、有意な歩行速度の改善が得られたとする報告⁶⁾と、従来の歩行練習を行った対照群と比較し有意差がなかったとする報告⁷⁻⁹⁾も散見されている。したがって、急性期脳卒中患者を対象としたRAGTの有効性については一貫した結論が得られていない状況である。

脳卒中治療ガイドライン2021（改訂2023）¹⁰⁾においては、急性期脳卒中患者の歩行障害に対して早期から頻回な歩行練習を行うことが推奨されている。また、急性期においては限られた時間内でリスク管理を徹底しつつ、歩行練習量を確保することが重要とされる。しかし、現在の多くの歩行補助ロボットは装着や設定に時間を要

* Does Gait Training Combined with a Gait-learning Support Robot Improve Walking Function in Acute Ischemic Stroke Patients: A Single-case Study Using a BAB Design

1) 医療法人雄心会青森新都市病院リハビリテーション科
〒038-0003 青森県青森市石江3-1
Kentaro Kudoh, PT, PhD, Haruki Endo, PT, MSc, Kazuki Kudoh, PT, Sunao Chiba, PT: Department of Rehabilitation, Aomori Shintosh Hospital

2) 青森県立保健大学健康科学研究科
Haruki Endo, PT, MSc: Aomori University of Health and Welfare Graduate School of Health Science

E-mail: bndvs.nk@gmail.com
[受付日 2025年4月23日 / 受理日 2025年8月19日]
[J-STAGEでの早期公開日 2025年10月30日]



本論文はクリエイティブ・コモンズ [表示 4.0 国際] ライセンスの下に利用許諾されています。

© 2025 日本理学療法学会連合

し、部分免荷トレッドミルなどと併用されることが多いため¹¹⁾¹²⁾、急性期の限られた時間内の歩行練習では使用が制限されることが課題である。

本研究で使用する歩行学習支援ロボットOrthobot（サンコール社製：以下、Orthobot）は、従来の歩行補助ロボットと比較して装着が容易であり、短時間での設定が可能のため、急性期脳卒中患者において歩行練習量の確保に適していると考えられる。歩行補助ロボットはその種類に応じて異なる特性を有し、使用目的や対象に応じた適切な選択が求められるため、その適応について明確にしていく必要があるとされる³⁾。単一症例における詳細な病態と具体的な練習方法を示す研究報告は、今後のロボットリハビリテーションの臨床応用に向けた重要な知見を提供する可能性がある。そこで本研究では、急性期脳卒中患者に対して一般的な理学療法に加えてOrthobotを使用した歩行練習を行い、歩行機能改善の効果についてBABデザインを用いたシングルケーススタディにより検討した。

対象および方法

1. 症例概要

対象は60歳代後半の男性（身長170 cm、体重71.0 kg）である。20XX年X月X日起床時に右上下肢の脱力感を認め、同居の妻により救急要請された。精査の結果、左アテローム血栓性脳梗塞と診断され医療法人雄心会青森新都市病院（以下、当院）高度治療室へ入院となった。保存的治療として、抗血小板薬2剤併用療法（Dual Antiplatelet Therapy：DAPT）が施行された。X+1日時点の拡散強調画像では左放線冠から内包後脚にかけて高信号を認めた。

発症前のADLは自立しており、職業は自動車運転代行業であった。X日より職業復帰を目的としたリハビリテーションが処方され、X+1日に離床と歩行を含む理学療法評価を実施した。表1に介入開始時の理学療法評価を示す。X+1日時点では意識障害を認めず、清明であり、問題なくコミュニケーションが可能であった。X+2日に定量的な歩行評価を実施した。

2. 研究デザイン

本研究では、BABデザインによるシングルケーススタディを採用した。介入は初回のOrthobot練習期（以下、B1期）、ベースラインとなる従来練習期（以下、A期）、2回目のOrthobot練習期（以下、B2期）の順に実施し、各期の介入期間を5日間とした。

BABデザインは、介入期（B1期）から開始し、再度の介入期（B2期）で終了する構造をもつため、ABAデザインに比べて臨床実践との親和性が高く、特に急性期の症例に適しているとされる。また、ABABデザインのように

に複数回の介入と中断を繰り返す必要がないため、介入の持ち越し効果の影響を比較的受けにくいという利点もある¹³⁾。

各期の介入内容は以下の通りである。B1期およびB2期では、一般的な運動療法に加え、Orthobotを用いた歩行練習を行う期間とした。一方、A期では、B期と同様に一般的な運動療法と従来の歩行練習を行う期間とした。Orthobot練習期はX+3日から開始され、X+18日の最終評価をもって研究を終了した。

3. 練習方法

本研究で使用するOrthobotは、2017年にKawasaki¹⁴⁾により開発された歩行学習支援ロボットであり、長下肢装具（Knee-ankle-foot Orthosis：以下、KAFO）、駆動用モーターを内蔵した本体ユニット、充電池と操作パネルを搭載した腰ベルトユニット、ならびに設定操作用のタブレットで構成される（図1）。KAFOの外側に装着される本体ユニットには位相角生成器が搭載され、大腿部の姿勢角を基に歩行状態を推定し、遊脚期の膝関節運動に対するアシストのタイミングを決定する。アシストの設定には標準・引っ掛かり防止・歩幅アップの3つのプリセットモードに加え、カスタムモードからも選択可能となっている。カスタムモードでは、アシストは1～7、タイミングは-3～+3の間で設定可能である。

介入期間中の理学療法は、1日1回80分間実施した。練習内容は、歩行練習および運動療法の2種類で構成された。歩行練習は30分間とし、Orthobotを用いた歩行練習と従来の歩行練習を実施した。Orthobotを用いた歩行練習には装着時間および設定時間を含め、理学療法士が側方より軽度介助を提供し、転倒を防止する形で開始した。アシスト設定は標準モード（膝屈曲3・タイミング±0、膝伸展3・タイミング±0）を初期設定とし、歩容を観察しながら最小限のアシストとなるようにカスタムモードで調整した。一方、従来の歩行練習ではOrthobotや他の装具を使用せずに、軽度介助または歩行器を用いた監視下での練習を実施した。いずれの歩行練習も可能な限り速い歩行速度で実施した。運動療法は50分間行い、関節可動域運動、筋力強化トレーニング、有酸素運動、ならびにステップ練習および段差昇降練習を実施した。すべての練習は当院のリハビリテーションセンターにおいて実施した。歩行路は1周50m程度の平地であり、左回りの歩行を繰り返した。

4. 評価方法

本研究では、主要評価項目として10m歩行テストを実施し、最大歩行速度および歩幅を算出してグラフ化した。10m歩行テストは、歩行練習終了後に休憩を挟み、計2回測定した。2回の測定のうち、歩行時間が短



図1 Orthobot (サンコール社)

左：タブレット操作画面 右：Orthobotの本体ユニット。図はサンコール社の許諾を得て使用している。

い値を記録として採用した。効果判定としては、中央値分割法 (median split method) を用いた Celeration Line (以下, CL) 分析による視覚的分析 (visual analysis) を実施した。CL分析では、練習期間ごとにCLを算出してその延長線から勾配 (以下, Slope) の算出を行い、A期のCLの最後の値とB2期のCLの最初の値との差異を水準 (以下, Level) としてグラフに付記した¹⁵⁾。結果の視覚的判定においては、Slopeの変化があれば経時的変化とし、Levelの変化があれば即時的効果として判断した。また、歩行練習の内容については、介入期間内の1日あたりの平均歩行練習距離および歩行練習速度を算出し、その変化を評価した。

歩容の定量的評価には Wisconsin Gait Scale (以下, WGS) を使用し、介入前・B1期終了後・A期終了後・B2期終了後の4時点で測定した。WGSは脳卒中患者における異常歩容を評価する14項目から構成される。歩容評価は、本研究の介入者を含まない3名の理学療法士が歩行動画を確認し、各中央値を使用して総得点および各項目の得点推移を分析した。総得点の算出は、Rodriguezら¹⁶⁾の方法に従い、13.35～42.0点の範囲で評価した。この方法で算出された総得点は点数が高いほど異常歩容が強いことを示す。

その他の評価項目として、Brunnstrom Recovery Stage (BRS), Fugl-Meyer Assessment (FMA), Timed Up and Go test (TUG), Berg Balance Scale (BBS), Functional Independence Measure (FIM), および Functional Ambulation Categories (FAC) を介入前後で比較し、運動機能および歩行能力の変化を検討した。

5. 倫理的配慮

本研究は医療法人雄心会青森新都市病院研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。また対象者へ十分な説明を行い、書面による同意を得た (承認番号R05-006)。

結 果

研究期間における有害事象はなかった。介入前後の運

表1 介入前後の運動機能・日常生活活動・歩行様式

	介入前 (X+1~2)	介入後 (X+18)
Brunnstrom Recovery Stage (右上肢/手指/下肢)	V/V/IV	V/V/V
Fugl-Meyer Assessment 下肢運動項目 (点)	22	33
Timed Up and Go test (秒)	38.45	6.25
Berg Balance Scale (点)	37	51
Functional Independence Measure (点) (運動項目/認知項目)	64 (33/31)	108 (75/33)
Functional Ambulation Categories	2 (介助歩行レベル)	4 (平地歩行自立)

動機能・日常生活活動・歩行様式について表1に示す。介入後、下肢BRS, FMA, TUG, BBS, FIM運動項目において改善を認め、FAC4の平地歩行自立レベルとなった。

各期の歩行練習距離および歩行練習速度を表2に示す。介入初期であるB1期では、歩行練習距離が 290 ± 20 mと他の期に比べ少なかった。一方、A期およびB2期では、歩行練習距離がともに 500 ± 63 mであった。なお、介入期間中の歩行練習速度は全期間を通じて安定していた (B1期: 0.86 ± 0.06 m/s, A期: 0.82 ± 0.04 m/s, B2期: 0.83 ± 0.02 m/s)。なお、Orthobotのアシスト設定については、B1期では膝屈曲2~3・タイミング0~1, 膝伸展2~5・タイミング-2~0, B2期では膝屈曲2・タイミング-1~1, 膝伸展2・タイミング0へと推移した。

最大歩行速度および歩幅の経時的変化を図2および図3に示す。10 m歩行テストにおける最大歩行速度のCL分析では、全期間において増加傾向を示し、経時的な増加を認めたものの、各期におけるSlopeとLevelに明確な差異は認められなかった (図2)。SlopeはB1期で0.08, A期で0.12, B2期で0.07と推移し、各期において大きな変化は認められなかった。なお、A期終了時点とB2期開始時点の間には、Level変化として0.03 m/sの僅かな増加が認められ、即時的変化としては限定的であった。

一方、歩幅のCL分析では全期間で経時的な増加を認めた。特にB1期ではSlopeが5.5と大きな向上を示した

表2 介入期間中の歩行練習距離、歩行練習速度とその介助方法

	B1期	A期	B2期
歩行練習距離(m)	290±20	500±63	500±63
歩行練習速度(m/s)	0.86±0.06	0.82±0.04	0.83±0.02
介助方法	軽介助	近位監視	遠位監視

が、A期で1.4と増加率が低下し、B2期では2.5と再び増加した(図3)。すなわち、Orthobotを使用した歩行練習期(B1期およびB2期)では、従来の歩行練習期(A期)と比較して歩幅の増加率がより顕著であった。加えて、A期終了時点からB2期開始時点にかけてのLevel変化は8.8 cmであり、即時的な改善も確認された。

歩容の定量的評価として、WGSを用いた測定結果の経過を表3に示す。WGSの総得点は介入前の34.5点から、B1期終了時には25.9点、A期終了時には20.1点、B2

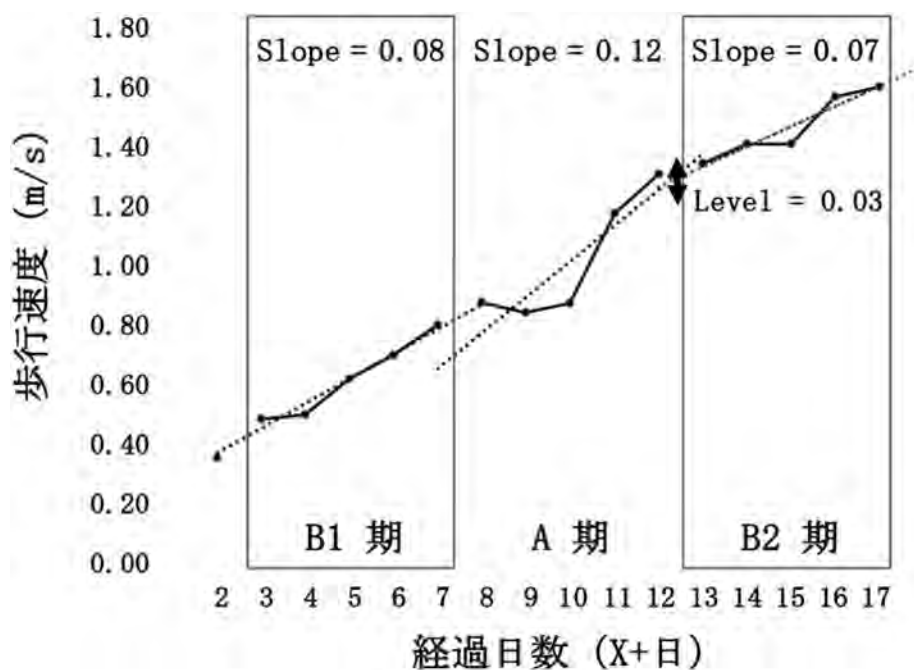


図2 練習期間における最大歩行速度の経時的変化
破線：Cerection lineとその延長線を示す。

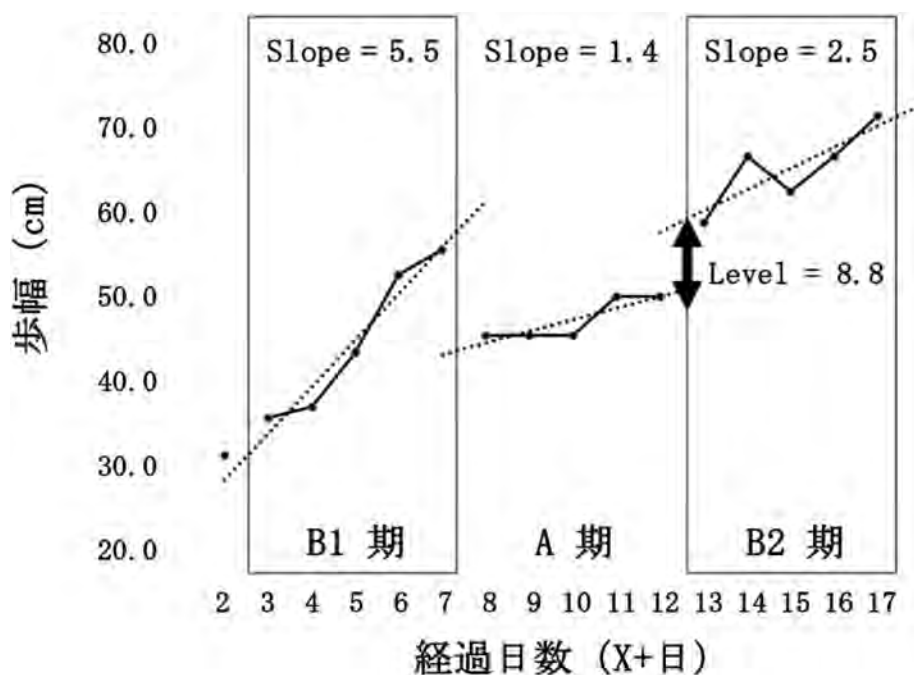


図3 練習期間における歩幅の経時的変化
破線：Cerection lineとその延長線を示す。

表3 Wisconsin Gait Scaleによる歩容評価の経過

	介入前	B1期 終了後	A期 終了後	B2期 終了後
1.杖などの使用	5	4	1	1
2.麻痺側における立脚期	3	2	2	2
3.非麻痺側の歩幅	2	1	1	1
4.麻痺側への重心移動	3	2	2	1
5.歩隔	3	2	2	1
6.慎重さ	3	2	1	1
7.麻痺側の股関節伸展	3	2	2	1
8.遊脚初期の外旋	3	2	1	1
9.遊脚中期での分回し	2	2	1	1
10.遊脚中期での骨盤挙上	2	2	2	1
11.足尖離地から遊脚中期まで股関節屈曲	2	2	2	1
12.足部クリアランス	2	2	2	1
13.遊脚終期の骨盤回旋	2	2	1	1
14.足部接地	2	1	1	1
総得点	34.5	25.9	20.1	14.35

期終了時には14.35点へと推移し、介入を通じて歩容が全体的に改善したことが示された。しかし、項目2の麻痺側における立脚期の短縮に関しては、B2期終了時点においてもスコア2点と、十分な改善には至らなかった。

考 察

本研究では、急性期脳梗塞患者に対し、発症4日目よりOrthobotを用いた併用歩行練習を行った結果、歩行速度・歩幅・歩容が改善し、最終的に平地歩行自立に至った。介入期ごとの比較では、特にOrthobot練習期において歩幅の改善が顕著であった。歩容についてはWGS総得点の向上が示され、全体的な歩容改善を認めたが、麻痺側における立脚期時間の短縮には十分な改善が認められなかった。

歩行速度の変化については、比較的短期間で大幅な改善を認めたものの、CL分析によるOrthobot練習期と従来練習期で明確な差異は認められなかった。MehrholzらによるCochrane Review³⁾では、使用機器により結果は異なるものの、一般的な理学療法と歩行補助ロボットによる歩行練習を併用することが歩行速度を向上させることを示した。しかし、これらの対象は大半が回復期および生活期の脳卒中患者であり、病期による効果の違いを考慮する必要がある。急性期の脳卒中患者の場合は運動麻痺などの運動機能が改善し、本症例のように歩行速度が加速度的に増加するため、従来の歩行練習と比較してOrthobotの介入効果を明確に評価することが難しい可能性がある。また、ロボットリハビリテーションでは運動量の増加が、より正常な運動パターンの再獲得や、ADL・四肢機能の改善に寄与する可能性があると報告さ

れている¹⁷⁾¹⁸⁾。本症例においては耐久性が低下していた初回のOrthobot練習期(B1期)を除き、従来練習期(A期)および2回目のOrthobot練習期(B2期)で同等の歩行練習距離を確保できていた。しかしながら、急性期は神経可塑性が高く、運動量が回復に与える影響が大きい時期とされており¹⁹⁾、さらなる歩行練習量の増加が歩行機能の改善、特に歩行速度の向上に寄与する可能性がある。そのため、練習時間や練習距離をさらに拡大した場合の影響について検討する必要がある。さらに、Kimら²⁰⁾は速歩練習が下肢の筋活動や推進力を促進し、歩行速度の改善に寄与する可能性があると報告しており、本症例においても、練習中に可能な限り速い歩行を繰り返したことが、歩行速度の改善に寄与したと考えられる。

歩幅の変化については全期間を通じて経時的に増加し、特に従来練習期に比べてOrthobot練習期で顕著な改善を認めた。歩幅の改善は、Orthobotによる膝関節運動のアシストにより正常歩行に近い運動パターンの習得が促進された可能性がある。本症例の介入前の歩行は、WGSの評価により、立脚後期の麻痺側股関節伸展の不足、遊脚期中のToe clearanceの低下、および足部接地の異常が認められた。介入後、これらの異常歩容は改善された。本研究では、Orthobotの膝関節運動アシスト機能とそのタイミングを適宜調整し、歩容の確認を行いながら、最小限のアシストとなるよう設定を変更した。麻痺側立脚期において早期に出現していた膝関節屈曲運動のタイミングを遅らせてアシストを行うことで、結果として立脚後期の股関節伸展を引き出し、前遊脚期から遊脚初期にかけての膝屈曲角度を増加させToe clearanceの改善に至ったと考えられる。また、遊脚中期から終期にか

けて膝関節伸展運動をアシストすることで過剰努力が軽減され、下肢の筋緊張亢進が抑制されたことは足関節が背屈し踵接地が可能となった要因の一つとなっていると推察した。また、比較的短期間で新たな歩行パターンの習熟に至った要因としては、浅野ら⁵⁾の報告と同様に、運動学習による影響が大きいと推察される。本症例は明らかな高次脳機能障害を認めず、認知機能が良好であったため、適切なフィードバックを伴う歩行練習により運動学習が促進された可能性がある。ただし、本研究は急性期の脳卒中患者を対象としており、自然治癒による影響を完全に排除することはできない。

一方で、Orthobotは遊脚期中の膝関節屈曲・伸展運動のアシストに特化しているため、遊脚期と比較して、立脚期の改善には十分な効果を発揮しなかった可能性がある。そのため、麻痺側における立脚期時間の短縮が残存したと考えられた。麻痺側の立脚期時間を延長するためには、歩行練習以外の課題特異的な運動療法を併用し、適切な負荷設定を行う必要がある。

本研究では、急性期から亜急性期にかけて計10日間のOrthobotを用いた歩行練習を実施した結果、従来の歩行練習に比べて歩幅の改善に有効であったことは新しい発見であった。さらに、歩行自立度や歩行速度の改善にとどまらず、WGSを用いた定量的な歩容評価により、歩容の改善も確認された。Orthobotは、装着および設定を短時間で完了することができ、正常歩行に近い歩容での歩行を反復することが可能であるため、急性期においても運動量と運動学習の点で有効な介入手段となる可能性が示された。

研究の限界として、まず、単一研究での検討であるため、急性期脳卒中患者に対するOrthobot併用練習が歩行機能に与える影響については、無作為化比較試験により検証していく必要がある。次に、本研究で得られた歩行速度や歩幅、歩容等の改善における効果の持続性については言及できず、追跡調査による検討が必要である。さらに、BABデザインを採用し、CL分析により歩行機能の変化を評価したが、急性期の脳梗塞患者を対象としたため、自然治癒による影響を完全に排除することは困難であった。最後に、同様の急性期脳卒中患者を対象としたロボットリハビリテーションに関する先行研究は非常に限られており、既存の多くの研究は亜急性期以降の症例を対象としている。そのため、デバイスの種類や介入時期、患者背景などが異なることから、変化量に関して直接的な比較を行うことが困難であった。Orthobotは比較的新しいデバイスであり、特に効果的とされる脳卒中患者の病期や患者の特徴については十分に明確化されていない。今後は、異なる病期の患者や病態に応じた適応を明らかにするため、さらなる症例を積み重ねた研究が必要である。

結 論

急性期脳梗塞患者に対し、発症早期から一般的な理学療法に加えてOrthobotを使用した歩行練習を実施することは歩行機能、特に歩幅の改善に有効であることが示された。

利 益 相 反

本研究において開示すべき利益相反はない。

謝辞：本研究を実施するにあたり、ご協力いただいた患者様、青森新都市病院リハビリテーション科スタッフの皆様にご心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) Feigin VL, Abate MD, *et al.*: GBD 2021 Stroke Risk Factor Collaborators: Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2021: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet Neurol.* 2024; 23: 973–1003.
- 2) Chang WH, Sohn MK, *et al.*: Predictors of functional level and quality of life at 6 months after a first-ever stroke: The KOSCO study. *J Neurol.* 2016; 263: 1166–1177.
- 3) Mehrholz J, Thomas S, *et al.*: Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020; 10: CD006185.
- 4) 山田達也, 佐藤健二, 他: 脳卒中片麻痺患者に対する歩行補助ロボットを用いた高速度歩行練習の効果—シングルケースデザインによる検証—. *理学療法学.* 2022; 49: 408–414.
- 5) 浅野智也, 伊藤慎英, 他: 慢性期脳卒中患者に対するGait Exercise Assist Robot併用練習の効果—シングルケーススタディ ABABデザインによる検討—. *理学療法学.* 2021; 48: 396–403.
- 6) Ochi M, Wada F, *et al.*: Gait training in subacute non-ambulatory stroke patients using a full weight-bearing gait-assistance robot: A prospective, randomized, open, blinded-endpoint trial. *J Neurol Sci.* 2015; 353: 130–136.
- 7) Stutz S, Müller R, *et al.*: The effectiveness of a novel cable-driven gait trainer (Robowalk) combined with conventional physiotherapy compared to conventional physiotherapy alone following stroke: A randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil.* 2019; 42: 377–384.
- 8) Peurala SH, Tarkka IM, *et al.*: Effects of intensive therapy using gait trainer or floor walking exercises early after stroke. *J Rehabil Med.* 2009; 41: 166–173.
- 9) Han EY, Im SH, *et al.*: Robot-assisted gait training improves brachial-ankle pulse wave velocity and peak aerobic capacity in subacute stroke patients with totally dependent ambulation. *Medicine (Baltimore).* 2016; 95: 1–8.
- 10) 日本脳卒中学会脳卒中ガイドライン委員会(編): 脳卒中治療ガイドライン2021 [改訂2023]. 協和企画, 東京, 2023, pp. 269–271.
- 11) Bergmann J, Krewer C, *et al.*: Robot-assisted gait training to reduce pusher behavior: A randomized controlled trial. *Neurology.* 2018; 91: e1319–e1327.
- 12) Tomida K, Sonoda S, *et al.*: Randomized controlled trial of gait training using Gait Exercise Assist Robot (GEAR) in stroke patients with hemiplegia. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2019; 28:

- 2421–2428.
- 13) 柴田克之：臨床教育講座 臨床家のための実践と報告のすすめ：入門編（第2回）事例報告と効果判定のまとめ方。作業療法。2013; 32: 214–220.
 - 14) Kawasaki S, Ohata K, *et al.*: Development of new rehabilitation robot device that can be attached to the conventional Knee-Ankle-Foot-Orthosis for controlling the knee in individuals after stroke. IEEE Int Conf Rehabil Robot. 2017; 2017: 304–307.
 - 15) 庄本康治：シングルケースデザインの意義と重要性。理学療法学。2007; 34: 202–205.
 - 16) Rodriguez AA, Black PO, *et al.*: Gait training efficacy using a home-based practice model in chronic hemiplegia. Arch Phys Med Rehabil. 1996; 77: 801–805.
 - 17) Mehrholz J, Pohl M, *et al.*: Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. Cochrane Libr. 2015; 2015: CD006876.
 - 18) 大畑光司：下肢機能における神経可塑性変化。The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine. 2023; 60: 773–779.
 - 19) Kleim JA, Jones TA: Principles of experience-dependent neural plasticity: Implications for rehabilitation after brain damage. J Speech Lang Hear Res. 2008; 51: S225–S239.
 - 20) Kim J, Lee J, *et al.*: Relationship between lower limb muscle activity and cortical activation among elderly people during walking: Effects of fast speed and cognitive dual task. Front Aging Neurosci. 2023; 14: 1059563.

〈Abstract〉

Does Gait Training Combined with a Gait-learning Support Robot Improve Walking Function in Acute Ischemic Stroke Patients: A Single-case Study Using a BAB Design

Kentaro KUDOH, PT, PhD, Haruki ENDO, PT, MSc, Kazuki KUDOH, PT, Sunao CHIBA, PT

Department of Rehabilitation, Aomori Shintoshin Hospital

Haruki ENDO, PT, MSc

Aomori University of Health and Welfare Graduate School of Health Science

Objective: To investigate the efficacy of robot-assisted gait training (Orthobot) in patients with acute ischemic stroke.

Methods: A single-case study was conducted using a BAB design to compare the performance of conventional gait training (Phase A) and Orthobot-assisted gait training (Phases B1 and B2). Gait speed, step length, and pattern (Wisconsin Gait Scale) were assessed using visual analysis.

Results: Gait speed improved throughout the intervention; however, no distinct acceleration was observed during Orthobot training. In contrast, step length showed continuous improvement, with greater gains in the Orthobot phases. The gait pattern also improved, allowing for independent overground walking; however, the paretic-side stance phase remained short.

Conclusion: Orthobot-assisted gait training may enhance step length and contribute to gait pattern improvement in patients who have had an acute stroke.

Key Words: Robot-assisted gait training, Acute stroke, Walking ability

症例報告

脳卒中発症後に重度の心疾患が判明した多疾患・重複障害患者に対する心臓外科手術後理学療法経験*

五月女宗史^{1) #} 工藤玲佳¹⁾ 松濱 稔²⁾

要旨

【目的】脳卒中発症後に心疾患が判明した多疾患・重複障害 (multimorbidity and multiple disabilities: 以下, MMD) の心臓外科手術後に, 理学療法によって運動耐容能の向上を経験した症例を報告する。【対象】70歳代後半, 男性, 脳梗塞を発症したが, 運動機能および日常生活動作は良好な改善が予測された。その後重篤な大動脈弁狭窄症, 虚血性心疾患が判明し心臓外科手術方針となったが, MMDであり運動耐容能改善は難渋すると予測された。【経過】脳梗塞発症32日後に心臓外科手術が施行され, 急性期から段階的な身体活動量向上を促し, 回復期と維持期での患者・家族教育を含めた包括的理学療法を実施し, 心肺運動負荷試験の結果から運動耐容能の改善を認めた。【考察】MMDを有する脳卒中患者が心臓外科手術を享受する場合には総合的な予後予測と包括的理学療法が有効である。

キーワード 多疾患・重複障害, 心臓外科手術, 予後予測, 身体活動量, 運動耐容能

はじめに

脳卒中は循環器病に包含される疾患である。現に, わが国で使用されている「疾病, 傷害及び死因の統計分類」において, 脳血管疾患は循環器系疾患に分類されている¹⁾。脳卒中を含む循環器病に関与する動脈硬化は全身を巡る血管に波及し, 高血圧症はあらゆる臓器に影響を与える。脳卒中と循環器病には密接な関係があり, Nakaiら²⁾は脳血管疾患の入院患者のうち17.7%が心血管疾患を併存していたと報告している。脳卒中患者は心血管病変の一つの表現形にすぎないことを考慮すべきである。さらに, 多疾患・重複障害 (multimorbidity and multiple disabilities: 以下, MMD) が増加しており, 臓器

連関に基づく様々な留意点を理解する必要がある³⁾。

近年, 脳卒中において予後予測に関する報告が増えており, 臨床評価から予測ツールを活用する方法や脳画像に基づく方法などが報告されている。脳卒中治療ガイドラインにおいても, 予後予測に基づいて急性期リハビリテーションプログラムを計画することが推奨されているが, その活用には注意が必要である⁴⁾⁵⁾。この注意喚起は予後予測に完成されたものはないため, 様々な要素を考慮すべきという意味である。一方で, 2022年度改訂の医学教育モデル・コア・カリキュラム⁶⁾では, 「患者の抱える問題を臓器横断的に捉えた上で, 心理社会的背景も踏まえ, ニーズに応じて柔軟に自身の専門領域にとどまらずに診療を行い, 個人と社会のウェルビーイングを実現する」という総合的に患者・家族をみる姿勢が追加された。この「総合的に患者・家族をみる姿勢」は理学療法においても同様である。MMDが急増し多様な病態を呈する臨床場面が多く, 完成された予後予測がない現状だからこそ, 総合的視点を踏まえた理学療法が求められる。

今回, 脳梗塞発症後の運動機能改善が期待できたが, 大動脈弁狭窄症 (aortic stenosis: 以下, AS) と虚血性心疾患 (ischemic heart disease: 以下, IHD) により運動耐容能の改善が難渋したが, 心臓外科手術と理学療法により運動耐容能の改善を認め, 生命予後の改善に寄与しう

* A Physical Therapy Experience after Cardiac Surgery for Multimorbidity and Multiple Disabilities Patient Who Was Discovered Severe Heart Disease after Stroke

1) 社会医療法人中山会宇都宮記念病院リハビリテーション科 (〒320-0811 栃木県宇都宮市大通り1-3-16) Takashi Soutome, PT, Reika Kudo, PT; Department of Rehabilitation, Utsunomiya Memorial Hospital

2) 社会医療法人中山会宇都宮記念病院心臓外科 Minoru Matsuhama, MD, PhD; Department of Cardiac Surgery, Utsunomiya Memorial Hospital

E-mail: umh_reha@nakayamakai.com

(受付日 2025年6月3日/受理日 2025年8月21日) [J-STAGEでの早期公開日 2025年11月7日]



本論文はクリエイティブ・コモンズ [表示 4.0 国際] ライセンスの下に利用許諾されています。

© 2025 日本理学療法学会連合

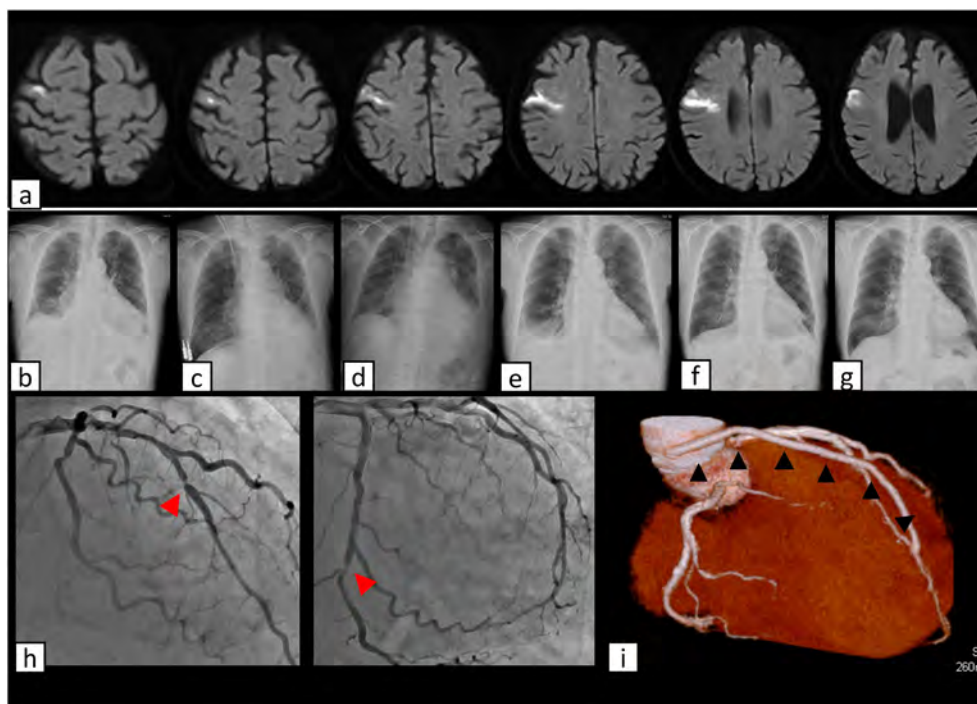


図1 画像所見

a: magnetic resonance imaging (MRI), 拡散強調画像, 脳梗塞発症2日目. b: 胸部単純X線検査, X-1日, 心胸郭比 (cardiothoracic ratio: CTR) 60.0%. c: 胸部単純X線検査, X日 (術直後), CTR 57%. d: 胸部単純X線検査, X+3日, CTR 65%. e: 胸部単純X線検査, X+17日 (退院前日). f: 胸部単純X線検査, X+46日, CTR 51%. g: 胸部単純X線検査, X+92日, CTR 50%. h: 冠動脈造影検査, アメリカ心臓協会分類にて左冠動脈前下行枝#7 90% (左赤矢印), 回旋枝#15 90% (右赤矢印) の狭窄を認めた. i: 術後の冠動脈 computed tomography (CT), X+8日, (グラフト: 黒矢印).

る経験をしたので報告する。

倫理的配慮として、患者に対して本報告の目的と意義について文書および口頭にて十分に説明を行い書面にて同意を得た。また、本報告は社会医療法人中山会倫理委員会にて承認を得た (承認番号: 2025-001)。

症例紹介

70歳代後半の男性。他院での維持透析中に血圧低下があり、その後に意識障害、左上下肢不全麻痺が出現した。搬送後の精査により脳梗塞の診断で入院治療が開始された。翌日より理学療法が開始となり、左上下肢麻痺および構音障害を認め、Stroke Impairment Assessment Set (以下, SIAS) は61点, SIAS-Motorは左上肢近位4, 左上肢遠位2, 左下肢近位(股)5, 左下肢近位(膝)4, 左下肢遠位4であった。

発症2日に一人でベッド上での起座・座位保持が自立したこと、基礎的な日常生活動作 (activities of daily living: 以下, ADL) の食事および寝返りが自立したことから、発症3日時点で早期歩行自立が予測された⁷⁾。また、発症3日に Time to Walking Independently After Stroke (以下, TWIST) スコア⁸⁾ は4点であり, ADL自立の確率が高いと予測された。さらに脳画像から皮質脊髄路損傷は軽度であったことから、運動機能は良好であることも確認した (図1a)。発症5日に見守りで独歩可能となっ

たが、労作時呼吸苦が著明で湿性ラ音と収縮期雑音を聴取し、心不全増悪の疑いで循環器内科に紹介された。精査の結果、重度ASとIHDが判明し早期手術が必要と判断された。発症24日後に自宅退院し、その8日後に心臓外科手術目的で再入院となった。

既往歴に慢性腎不全 (4年前より週3回維持透析)、腎性貧血、高血圧症、脂質異常症、高尿酸血症、気管支喘息、慢性心不全があった。10年前まで1日20本の喫煙歴があった。

術前評価

身長155.4 cm, 体重57.2 kg, Body Mass Index (BMI) 23.7 kg/m², 血圧115/73 mmHg, 心拍数94 bpm, 経皮的酸素飽和度 (saturation of percutaneous oxygen: 以下, SpO₂) 96%であった。SIASは67点, SIAS-Motorは左上肢近位4, 左上肢遠位4, 左下肢近位(股)5, 左下肢近位(膝)5, 左下肢遠位5, Short Physical Performance Battery (SPPB) は9点であった (表1)。連続歩行は50 mが限度であり, 6分間歩行距離 (six-minute walk distance: 以下, 6MWD) は度々休息を要し3分31秒102 mで終了し, SpO₂は80%に低下した。心電図 (electrocardiogram: 以下, ECG) では心室性期外収縮 (Lown分類Grade1), 左房負荷があり, 歩行時のST低下を認めた。入院前の身辺動作は自立していたが, New York Heart Association

表1 身体機能評価

評価項目		術前	退院前日	術後約2か月	術後約5か月	終了時
		X-2日	X+17日	X+50,57日	X+141,148日	X+183,190日
体重	kg	57.2	50.6	52.8	53.2	53.0
BMI	kg/m ²	23.7	21.0	22.0	22.1	21.9
SIAS	/76点	67	67	72	72	72
SIAS-Motor	/25点	23	23	25	25	25
上肢近位	/5点	4	4	5	5	5
上肢遠位	/5点	4	4	5	5	5
下肢近位(股)	/5点	5	5	5	5	5
下肢近位(膝)	/5点	5	5	5	5	5
下肢遠位	/5点	5	5	5	5	5
SPPB	/12点	9	11	12	12	12
バランス	/4点	2	3	4	4	4
4 m 歩行	/4点(秒)	4 (4.57)	4 (3.38)	4 (3.18)	4 (3.37)	4 (3.47)
5回椅子からの立ち上がり	/4点(秒)	3 (13.16)	4 (8.83)	4 (7.29)	4 (9.22)	4 (8.18)
握力	kg	右18.4 左15.7	右17.6 左16.0	右18.2 左17.3	右15.4 左16.3	右17.6 左17.1
膝伸展筋力	kgf	右18.8 左14.7	右20.0 左14.3	右34.4 左34.2	右33.8 左32.3	—
膝伸展筋力体重比	%	右32.9 左25.7	右39.5 左28.3	右65.2 左64.8	右63.5 左60.7	—
TUG	秒	9.4	8.6	7.0	8.4	7.0
10 m 歩行テスト	秒	9.8	9.0	6.0	7.0	5.9
6分間歩行距離	m	102	309	425	419	425

BMI: Body Mass Index, SIAS: Stroke Impairment Assessment Set, SPPB: Short Physical Performance Battery, TUG: Timed Up and Go test.

表2 採血検査・心臓超音波検査

採血検査		X-1日	X+17日	X+46日	X+182日
BNP	pg/mL	3550.4	—	1479.5	—
白血球数	μ L	6100	4800	4700	4400
CRP	ug/L	0.24	0.87	0.64	0.05
尿素窒素	mmol/L	52.3	32.4	34.4	46.8
クレアチニン	umol/L	14.12	11.32	10.21	11.71
心臓超音波検査※		X-21日	X+7日	X+48日	X+190日
左室拡張終期径	mm	54.7	51.5	46.3	43.2
左室収縮終期径	mm	46.4	44.5	38.9	29.9
左房径	mm	40.5	44.1	41.2	35.3
左室駆出率	%	34	33	34	60
大動脈弁口面積	cm ²	0.85	—	—	—
最高血流速度	m/s	3.5	—	2.4	2.8
最大圧較差	mmHg	48	—	23.5	32.6
平均圧較差	mmHg	26	—	12.5	18.0

※：術後心不全に至ることなく経過し、生体弁の機能不全は認めなかった。

BNP：brain natriuretic peptide, CRP：C-reactive protein.

(以下, NYHA) 分類Ⅲ～Ⅳであり, 高度呼吸苦により自宅内移動が限度であった。高次脳機能は軽度注意機能低下を認め, 改訂長谷川式簡易知能評価スケール(Hasegawa's Dementia Scale, Revised: 以下, HDS-R) 23点であった。

胸部単純X線検査では心胸郭比(cardiothoracic ratio: 以下, CTR) 60.0%, 左胸水と軽度のうっ血を認めた(図1b)。頸動脈エコーにおいて両側総頸動脈内, 頸動

脈球部から内頸動脈内に石灰化とプラークを認め, computed tomography (CT) 検査では上行大動脈に軽度石灰化, 弓部大動脈以下は高度石灰化を認めた。冠動脈造影検査では左冠動脈に高度狭窄を認め(図1h), 心臓超音波検査において心収縮機能低下(左室駆出率(left ventricular ejection fraction: 以下, LVEF) 34%)と重度ASを認め, それにともない高度の心不全を合併していた(表2)。ASは臨床症状が出現すると急激に死亡リスクが高まり⁹⁾, 術

前リスクもJapan SCOREにおいて30 Days Operative Mortalityは18.4%, 30 Days Operative Mortality+主要合併症は51.4%であった¹⁰⁾。生命予後は極めて悪く、手術リスクも高い状況であった。

理学療法介入経過

20ZZ年Y月X日大動脈弁置換術 (aortic valve replacement: 以下, AVR) と冠動脈バイパス術 (coronary artery bypass graft surgery: 以下, CABG) が施行された (胸骨正中切開, AVR: INSPIRIS大動脈弁19 mm, CABG: 上行大動脈-左大伏在静脈-左前下行枝, 手術時間5時間1分, 麻酔時間6時間40分, 人工心肺時間2時間48分, 大動脈遮断時間1時間53分)。左鎖骨下動脈に高度石灰化を伴う狭窄があるため, CABGは上行大動脈から左大伏在静脈で左前下行枝をつなぐのみとなった (図1i)。術後は人工呼吸器管理となり, 一酸化窒素 (inhaled nitric oxide: 以下, iNO) 療法とカテコラミンを使用しながら集中治療室管理となった。X+1日に人工呼吸器を離脱, 左胸腔ドレーンと動脈血カテーテルが抜去となった。X+2日までiNOを継続使用し, 以降カテコラミンが漸減された。

術後早期は, 術前からの著明な運動耐容能低下, MMD, 高齢であることから慎重にリスク管理を行い, 運動療法実施中の中止基準を¹¹⁾ 参照にし, 適宜主治医と運動負荷を協議して理学療法を実施した。X+1日よりベッドサイド理学療法が開始となり, X+2日に立位および足踏み, 歩行20 mを実施した。X+2日より透析が再開され, dry weight (以下, DW) は緩徐に漸減された。X+3日にカテコラミンを終了し, 心嚢胸骨下ドレーンと中心静脈カテーテルが抜去となり, 150 mまで歩行距離を漸増し, 下肢筋力向上のための起立着座反復練習を実施した。X+4日, X+5日は歩行150 mを行い, X+5日から低強度レジスタンストレーニングを実施した。X+6日に連続歩行を200 mに増大したが, 低流量鼻カニューラによる酸素療法 (流量1 L/分) での歩行でSpO₂ 90%未満に低下した。X+3日 (図1d) 以降は利尿期を迎えており, X日 (図1c) と比して肺うっ血と胸水が出現し, 一時的なCTR拡大を認めた。X+6日に一般病棟に転出し, 以降は月曜・水曜・金曜の週3日3時間の透析となり, 透析日の理学療法は透析後に実施した。倦怠感と疲労感が生じた際には, 歩行100 mを3セットにし, 歩行距離・休息・セット数をその都度調整した。また, 非透析日も身体活動量を向上させるために作業療法が実施された。X+7日以降は下肢運動量増加と身体活動量向上, ADLの拡大を主目的に理学療法を実施した。サイクルエルゴメータを追加し, レジスタンストレーニングや階段昇降などのADL練習を積極的に行った。X+10日にシャワー負荷, さらにX+14日に階段昇

降負荷を実施し, 異常所見なく動作遂行が可能であることを確認してADLは自立した。X+16日に心肺運動負荷試験 (cardiopulmonary exercise testing: 以下, CPX) による運動耐容能評価を行った (肺運動負荷モニタリングシステム (ミナト医科学株式会社, AE-310S), 運動負荷心電図測定装置 (日本光電工業株式会社, STS2100), エルゴメータ (三菱電機エンジニアリング株式会社, ストレングスエルゴ8))。X+18日に自宅退院となった。

退院後は火曜・木曜・土曜の週3日維持透析となり, 理学療法を非透析日に週1回の頻度で継続し, 運動療法以外に自主トレーニング指導, 身体活動量把握, 家族指導も合わせて行った。特に非透析日に40分程度の快適歩行速度でのウォーキングを実施すること, 定期的に家族と外出する機会を設けることなど, 身体活動量の向上を促した。また, 理学療法中の生体反応評価をもとに医師と協議し, 内服薬調整や透析時間を3.5時間に増大することによるDW調整が行われた。しかし, Y+4月頃から認知機能が低下し, HDS-R 14点となった。近所の商業施設を徘徊することがあり, 非透析日の患者単身でのウォーキングを家族が制限するようになり, 身体活動量の減少が徐々に生じた。身体活動量の維持を可能な限り確保することの重要性を家族に説明し, 家族の都合も考慮したうえで1日6000歩のウォーキング週2回を目標に家族同伴で継続してもらった。また, 今後を見据えて介護保険申請を行い (要介護2に該当), 介護保険サービスを使用して身体活動量を可能な限り維持することを理学療法終了時期に合わせて指導し, さらに透析医療機関において透析時運動指導が実施できるよう連絡調整を行った。X+190日に理学療法が終了となった。

結 果

身体機能評価, 採血・心臓超音波検査所見, CPX結果の推移を, それぞれ表1, 表2, 表3に示す。X+50日, 57日と比して, X+141日, 148日は6MWDの微減と膝伸展筋力の減弱を認めた。X+148日のCPXでは, anaerobic threshold (以下, AT), Peak $\dot{V}O_2$ とともに退院時から向上したが, peak work rate (以下, WR) はX+57日と同負荷の時点で下肢疲労と認知機能の影響 (症候限界への誤認識) のために途中で検査を終了した。理学療法終了時の6MWDはX+50日と同等に改善した。

考 察

透析中の血圧低下後に脳梗塞を発症し, その後重篤なASとIHDが判明した。脳卒中の予後予測においては, 発症後の身辺動作やTWISTスコアから運動機能は良好な改善が期待できた。一方で, 心臓外科手術後のリハビリテーション遅延の要因として, 年齢, 術前腎機能障害, 低心機能, 手術侵襲の関与が報告されており¹⁴⁾,

これらすべての項目に該当していた。手術はAVRとCABGが同時に施行され、CABGは完全血行再建ではなかった。さらにJapan SCOREから術後合併症のリスクは高い状況であった。これらのことから、術後理学療法が遅延し、運動耐容能の改善が難渋するものと予測された。

術後早期介入は、呼吸循環状態のモニタリング、採血データ、胸部単純X線検査やECG所見などの評価により、介入日時ごとに運動負荷量の判断を慎重に行う必要があった。特に透析患者の術後除水管理は、左室内腔が狭いため緩徐に行われる¹⁵⁾。そのため肺うっ血にともなう呼吸状態の許容度と循環動態に配慮しながら、離床時間と歩行距離を漸増させることが重要であった。さらに、一般病棟へ転出した後も透析日と非透析日で運動負荷量を調整しながら、徐々に運動負荷と身体活動量を向

上させたことが有効であった。透析日の理学療法は透析時間を調整し、可能な限り透析前に実施することで疲労感を抑えつつ実施時間を確保することにつながるとされている¹⁶⁾。本症例の場合、肺うっ血の残存にともなう労作時呼吸苦を考慮し、理学療法は透析後に実施した。除水による呼吸苦の緩和により、理学療法実施時の身体活動量向上に寄与できたと考えられる。

また、本症例は脳卒中軽症例であったため、下肢運動量と身体活動量の向上を主目的とした運動療法を最優先に実施した。特に脳卒中理学療法診療ガイドラインにおいても、運動耐容能の向上を目的とした場合に下肢に対する運動量を増やすことは推奨されている¹⁷⁾。そのため早期から下肢運動量と身体活動量を向上させる方針も奏功した要因と考えられる。

表3 CPX結果

		1回目(退院2日前) X+16日	2回目(術後約2か月) X+57日	3回目(術後約5か月) X+148日
体格(身長/体重)	cm/kg	155/50.2	155/52.8	155/53.2
protocol ^{※1}		ramp 10 watt	ramp 10 watt	ramp 10 watt
peak $\dot{V}O_2$	mL/min/kg	10.7	12.1	12.5
% peak $\dot{V}O_2$ ^{※2}	%	50.2	57.3	59.2
peak $\dot{V}O_2$ /HR	mL/beat	5.1	6.0	8.8
%peak $\dot{V}O_2$ /HR ^{※3}	%	54.3	60.6	88.0
peak R		1.01	1.26	1.1
peak borg scale		SOB13 LF13	SOB15 LF15	SOB15 LF15
rest BP	mmHg	94/60	125/85	129/100
peak BP	mmHg	127/38	130/79	150/97
rest HR	beat/min	87	74	58
peak HR	beat/min	106	107	76
peak WR	watt	40	56	55
% peak WR ^{※4}	%	56	75	73
peak METs		3.07	3.47	3.56
AT- $\dot{V}O_2$	mL/min/kg	9.2	9.9	10.4
%AT ^{※2}	%	67.2	72.8	76.5
AT-WR	watt	23	28	38
AT-METs		2.64	2.82	2.98
RCP- $\dot{V}O_2$	mL/min/kg	解析に至らず	11.8	解析に至らず
RCP-WR	watt	解析に至らず	52	解析に至らず
RCP-METs		解析に至らず	3.36	解析に至らず
peak ETCO ₂	%	4.12	4.68	5.27
$\Delta \dot{V}O_2/\Delta WR$	mL/min/W	8.23	5.55	7.73
minimum VE/VCO ₂	mL/mL	51.2	36.9	36.2
$\dot{V}E$ vs. $\dot{V}CO_2$ slope		41.8	37.9	32.7
服薬状況 ^{※5}		ビソプロロールフマル 酸塩 5 mg 1日0.5錠	ビソプロロールフマル 酸塩 5 mg 1日0.5錠	ビソプロロールフマル 酸塩 5 mg 1日0.5錠

※1: X+16日(退院2日前)は医師指示にてAT検出後に検査終了とした。X+148日は下肢疲労と認知機能の影響(症候限界への誤認識)によりRCP到達前に検査終了となった。※2: 伊東らの標準値をもとに算出した¹²⁾。※3: 日本循環器学会の標準値をもとに算出した¹³⁾。※4: 安達らの「最高仕事率の標準値」をもとに算出した¹³⁾。※5: 運動処方に影響を与える薬剤のみ抽出した。

CPX: cardiopulmonary exercise testing (心肺運動負荷試験), $\dot{V}O_2$: oxygen uptake (酸素摂取量), HR: heart rate (心拍数), R: gas exchange ratio (ガス交換比), BP: blood pressure (血圧), WR: work rate (仕事率), AT: anaerobic threshold (嫌気性代謝閾値), METs: metabolic equivalents, RCP: respiratory compensation point (呼吸性代償開始点), ETCO₂: end-tidal carbon dioxide tension (呼気終末二酸化炭素濃度), $\dot{V}E$: minute ventilation (分時換気量), $\dot{V}CO_2$: carbon dioxide output (二酸化炭素排出量), SOB: shortness of breath (息切れ), LF: leg fatigue (下肢疲労)。

退院時の身体機能評価におけるバランス、筋力、6MWDは改善を示したが、CPXでの心機能と呼吸機能の改善は不十分であり、退院後の外来理学療法において改善の余地があると考えられた。脳卒中患者においては、身体活動量に関する患者教育や目標設定、セルフモニタリングを継続的に行う必要がある¹⁸⁾。さらに、Konoら¹⁹⁾は地域在住の軽症脳梗塞患者の心血管イベントを3年間フォローし、心血管イベントに関する歩数のカットオフ値が6,025歩であると報告している。また、回復期脳血管疾患における身体活動(歩数)は骨格筋量と相関するという報告がある²⁰⁾。さらに透析患者の場合、運動耐容能が高く運動習慣があり、運動回数が多い患者では生命予後が良いとされている²¹⁾²²⁾。このことから1日6,000歩という目標値を提示し、身体活動量の向上を促すことを継続できたことも奏功した要因と考えられる。

認知機能に関しては、高齢者の認知機能とADL・手段的ADL能力には関連があり²³⁾、術前HDS-Rの結果から術後に認知機能が維持できていれば、ADLの維持も可能であると考えた。しかし、経過の中で認知機能の低下が生じ、これにより家族が患者単独でのウォーキングを制限したことで身体活動量の低下が生じた。既述したとおり、術後早期から下肢運動量と身体活動量を向上させたことで骨格筋機能および運動耐容能は術後2か月まで順調に改善したが、認知機能低下にともなう身体活動量低下がさらなる改善を阻害していた可能性があった。骨格筋機能低下の所見は、X+141、148日の6MWDと膝伸筋力の軽度低下、さらにX+148日のCPXにおいて%peak WR低下、%AT以上の%Peak $\dot{V}O_2$ 低下、CPX検査終了事由が下肢疲労であることに裏付けられる。身体活動量を向上させることは認知機能低下を抑制する重要な要素である²⁴⁾。それらを総合的に踏まえて患者・家族教育を行い、認知機能低下が進行してからは身体活動量低下を可能な限り予防したことで、終了時の6MWDなどの運動機能は再び改善した。

運動耐容能に関しては、LVEF 60%と正常値に改善したが、予後予測因子としてはPeak $\dot{V}O_2$ が重要である²⁵⁾。予後予測指標の正確性は、LVEFよりもPeak $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}E$ vs. $\dot{V}CO_2$ slopeが上回り²⁶⁾、Peak $\dot{V}O_2$ が10 mL/kg/min未満であれば1年生存率は50%以下になる²⁷⁾。本症例はX+148日にPeak $\dot{V}O_2$ は12.5 mL/kg/minに上昇し、 $\dot{V}E$ vs. $\dot{V}CO_2$ slopeは正常範囲内となった。Peak $\dot{V}O_2$ は下肢疲労により呼吸性代償開始点と真の症候限界を迎えられないままガス交換比1.1でCPX検査を終了し、検査終了時点で心肺予備能力を有していた。さらに、%ATはNYHA分類に関係しており²⁸⁾、本症例の%AT 76.5%はNYHA分類Iに相当する。これらのことから包括的理学療法は運動耐容能と生命予後の改善に寄与することができたと考えられた。

本症例のようにMMDを合併した症例における心臓外科手術後の理学療法を行う場合には、理学療法が難渋することを想定し、あらゆる要素を踏まえた総合的な視点が必要である。CABGを行った慢性腎臓病透析患者がリハビリテーションを行うことで全死亡率、心死亡率ともに30%以上も低下したとする報告があり²⁹⁾、重複障害があるからこそリハビリテーション効果が大きい可能性がある³⁰⁾。術後急性期からMMDを想定した病態評価を行い、そしてそれらに基づく運動負荷の漸増、ADL拡大と身体活動量の向上を促すことができたこと、さらに退院後も身体活動量の視点を踏まえて患者・家族教育を含む包括的理学療法を継続できたこと、これらが運動耐容能の改善をもたらし、生命予後の改善に寄与したのと考えられる。

本症例の経過において、術後急性期の認知機能低下が生じやすい時期では、早期離床により認知機能低下を防ぐことができた。しかし、外来での回復期・維持期に認知機能低下を認め、その原因の検証は不可能であった。また、終了時点においてさらなる運動耐容能の改善が期待されたがCPXを実施できなかった。これらは本症例報告の限界である。

結 論

急性期からの段階的な運動負荷と身体活動量向上、回復期・維持期での患者・家族教育を含めた包括的理学療法により、運動耐容能の改善に寄与できた。

利 益 相 反

開示すべき利益相反はない。

謝辞：本症例報告にご協力いただいた患者様、ご家族様、宇都宮記念病院の職員の皆様に深く感謝申し上げます。

付記：本症例報告の要旨は第23回日本神経理学療法学会学術大会(2025年10月31日-11月1日、石川県)で発表した。

文 献

- 1) 厚生労働省ホームページ：疾病、傷害及び死因の統計分類。 <https://www.mhlw.go.jp/toukei/sippe/> (2025年3月12日引用)
- 2) Nakai M, Iwanaga Y, *et al.*: Associations among cardiovascular and cerebrovascular diseases: Analysis of the nationwide claims-based JROAD-DPC dataset. *PLoS One*. 2022; 17: e0264390.
- 3) 上月正博：多疾患・重複障害 (multimorbidity and multiple disabilities: MMD) とは。 *PTジャーナル*. 2024; 58: 1194-1200.
- 4) 日本脳卒中学会脳卒中ガイドライン委員会(編)：脳卒中治療ガイドライン2021(改訂2023)。協和企画、東京、2023, pp. 46-47.
- 5) 佐々木信幸：脳卒中の予後予測に関する現状と課題。 *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 60: 222-229.
- 6) 文部科学省ホームページ：医学教育モデル・コア・カリキュラム(令和4年度改訂版)。 https://www.mext.go.jp/a_

- menu/koutou/iryou/mext_00005.html (2025年8月4日引用)
- 7) 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.
 - 8) Smith MC, Barber AP, *et al.*: The TWIST tool predicts when patients will recover independent walking after stroke: An observational study. *Neurorehabil Neural Repair*. 2022; 36: 461-471.
 - 9) Ross J Jr., Braunwald E: Aortic stenosis. *Circulation*. 1968; 38(Suppl): 61-67.
 - 10) 日本心臓血管外科手術データベース JCVSD 成人部門: Japan SCORE. <http://www.jacvsd.umin.jp/japanscore.html> (2025年3月12日引用)
 - 11) 日本循環器学会, 日本心臓リハビリテーション学会: 2021年度改訂版心臓血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン. https://www.jacr.jp/cms/wp-content/uploads/2015/04/JCS2021_Makita2.pdf (2025年3月12日引用)
 - 12) Itoh H, Ajisaka R, *et al.*: Committee on Exercise Prescription for Patients (CEPP) Members: Heart rate and blood pressure response to ramp exercise and exercise capacity in relation to age, gender, and mode of exercise in a healthy population. *J Cardiol*. 2013; 61: 71-78.
 - 13) 安達 仁: CPX・運動療法ハンドブック心臓リハビリテーションのリアルワールド改訂4版. 中外医学社, 東京, 2019, pp. 104-107, 130-134.
 - 14) 森沢知之, 湯口 聡, 他: 心臓外科手術後リハビリテーション遅延の特徴—他施設による検討—. 総合リハビリテーション. 2015; 43: 459-464.
 - 15) 齊藤正和: 特殊な疾患の術後リハビリテーション, 透析患者, 心臓血管外科リハビリテーション—ゴールドスタンダード. 高橋哲也(編), ヒューマン・プレス, 神奈川県, 2018, pp. 222-224.
 - 16) 河野健一: 透析療法期における理学療法. 理学療法学. 2019; 46: 283-288.
 - 17) 日本神経理学療法学会: 脳卒中理学療法ガイドライン 2021. https://cms.jspt.or.jp/upload/jspt/obj/files/guideline/2nd%20edition/p001-106_01.pdf (2025年3月12日閲覧)
 - 18) 久保宏紀: 脳卒中と Physical Activity. PT ジャーナル. 2024; 58: 43-49.
 - 19) Kono Y, Kawajiri H, *et al.*: Predictive impact of daily physical activity on new vascular events in patients with mild ischemic stroke. *Int J Stroke*. 2015; 10: 219-223.
 - 20) Nozoe M, Kubo H, *et al.*: Physical activity, physical function, and quadriceps muscle thickness in male patients with sub-acute stroke during hospitalization: A pilot study. *Eur Neurol*. 2018; 80: 157-162.
 - 21) O'Hare AM, Tawney K, *et al.*: Decreased survival among sedentary patients undergoing dialysis: Results from the dialysis morbidity and mortality study wave 2. *Am J Kidney Dis*. 2003; 41: 447-454.
 - 22) Tentori F, Elder SJ, *et al.*: Physical exercise among participants in the dialysis outcomes and practice patterns study (DOPPS): Correlates and associated outcomes. *Nephrol Dial Transplant*. 2010; 25: 3050-3062.
 - 23) 久野真矢, 清水 一, 武内 淳, 他: 高齢者の認知機能と ADL・IADL 能力の関連: MMSE-J に基づいた 生活機能に対する介入モデル. 日本認知症予防学会誌. 2013; 2: 9-13.
 - 24) 富田浩輝, 島田裕之: 身体活動と認知症. 最新精神医学. 2023; 26: 295-301.
 - 25) Jonathan M, Manish P, *et al.*: Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 2002; 11: 793-801.
 - 26) Agostoni P, Paolillo S, *et al.*: Multiparametric prognostic scores in chronic heart failure with reduced ejection fraction: A long-term comparison. *Eur J Heart Fail*. 2018; 20: 700-710.
 - 27) Mancini DM, Eisen H, *et al.*: Value of peak exercise oxygen consumption for optimal timing of cardiac transplantation in ambulatory patients with heart failure. *Circulation*. 1991; 83: 778-786.
 - 28) Itoh H, Koike A, *et al.*: Severity and pathophysiology of heart failure on the basis of anaerobic threshold(AT) and related parameters. *Jpn Circ J*. 1989; 53: 146-154.
 - 29) Kutner NG, Zhang RZ, *et al.*: Cardiac rehabilitation and survival of dialysis patients after coronary bypass. *J Am Soc Nephrol*. 2006; 17: 1175-1180.
 - 30) 上月正博: 重複障害のリハビリテーションの定義と課題. *Journal of Clinical Rehabilitation*. 2024; 33: 732-738.

症例報告

横紋筋融解症を伴う重症ICU獲得性筋力低下を呈した患者に 低負荷高頻度の運動療法を実施し、Medical Research Council Score と日常生活動作の改善に至った一例*

芝原孝治^{1) #} 山添忠史¹⁾ 中馬優樹¹⁾

要旨

【目的】プロポフォール注入症候群が疑われ、横紋筋融解症を伴う重症ICU獲得性筋力低下 (Intensive Care Unit-acquired weakness: 以下、ICU-AW) を発症した患者を担当し、低負荷高頻度での運動を実施してMedical Research Council Score (以下、MRCスコア)、日常生活動作の改善に至ったため、その経過を報告する。【症例と方法】細菌性肺炎による気管支喘息重責発作で人工呼吸器管理となった50歳代男性。第13病日にプロポフォール注入症候群が疑われ、横紋筋融解症を伴う重症ICU-AWとなった。その後、早期離床と低負荷高頻度の運動療法を過負荷に注意しながら実施した。【結果】約3ヶ月でMRCスコアが5点から52点、機能的自立度評価法 (FIM) が123点まで改善し自宅退院となった。【結論】横紋筋融解症を伴う重症ICU-AW患者に対して、過用性筋力低下に注意して低負荷高頻度の運動療法を実施することは安全で有効な治療法である可能性が示唆された。

キーワード ICU-AW, 横紋筋融解症, PRIS, 低負荷高頻度

はじめに

ICU獲得性筋力低下 (Intensive Care Unit-acquired weakness: 以下、ICU-AW) は、重症疾患による治療でICUに入室した患者において、神経や筋の機能障害により全身性かつ対称性に四肢筋力低下を呈する二次的な疾患¹⁾で、集中治療領域におけるその対策が注目されている。ICU-AWの発症率は、報告によって25%から100%と幅がある²⁾。身体運動機能の回復には、数ヶ月を要し、プラトーに達するまでに1年程度を必要とすることも示されている^{3) 4)}。

ICU-AWの予防や回復を目的とした理学療法について

は、標準化が進められている段階にある。日本集中治療医学会による「重症患者リハビリテーション診療ガイドライン2023」⁵⁾でも、重症患者に対する段階的リハビリテーションプログラムのプロトコルに沿った実施が推奨されている。また、神経筋電気刺激、床上エルゴメーターの使用、ICU退室後の強化リハビリテーションの実施などが、いずれも弱く推奨されている。ただし、その多くはエビデンスの確実性が「中等度」から「非常に低」と、標準的な理学療法として確立されているとはいえない。

プロポフォール注入症候群 (Propofol-related infusion syndrome: 以下、PRIS) とは、集中治療領域で鎮静目的にプロポフォールを使用している患者に発生することがある合併症である。その主な症状として、心血管機能障害、代謝性アシドーシス、乳酸アシドーシス、横紋筋融解症、高カリウム血症、脂質異常症、肝腫大、急性腎不全などが挙げられている⁶⁾。

横紋筋融解症は、ICU-AWの一形態であるCritical illness myopathy (以下、CIM) の進行により、まれに発症する可能性があると考えられている⁷⁾。しかし、そのようにCIMが進展し横紋筋融解症を合併した症例の理学療法経過を

* A Case of Severe ICU-acquired Weakness with Rhabdomyolysis Successfully Treated with Low-load, High-frequency Exercise Therapy, Leading to Improvement in Medical Research Council Score and Activities of Daily Living

1) 済生会兵庫県病院リハビリテーション科
(〒651-1302 兵庫県神戸市北区藤原台中町5丁目1-1)
Koji Shibahara, PT, Tadahumi Yamazoe, PT, Yuki Chuman, PT: Department of Rehabilitation, Saiseikai Hyogo Hospital

E-mail: shiba20131946@gmail.com
(受付日 2025年2月13日 / 受理日 2025年8月28日)
[J-STAGEでの早期公開日 2025年11月1日]



本論文はクリエイティブ・コモンズ [表示 4.0 国際] ライセンスの下に利用許諾されています。

© 2025 日本理学療法学会連合

詳細に記載した報告は極めて少ない。さらに、PRISに起因すると考えられる横紋筋融解症と、ICU-AWを併発した病態に関する報告、ならびにその理学療法経過を詳細に記載した報告は、国際的にもほとんどみられない。

今回、PRISに起因すると考えられる横紋筋融解症と、ICU-AWを併発した重症患者を担当した。理学療法としては、過用性筋力低下を避けるために負荷量に配慮しつつ、早期離床と並行して低負荷高頻度での運動療法を実施した。その結果、約3ヶ月でMedical Research Council Score (以下、MRCスコア) が5点から52点に改善した。また、日常生活動作 (Activities of Daily Living: 以下、ADL) では機能的自立度評価法 (Functional Independence Measure: 以下、FIM) が123点まで改善し、自宅退院に至った。本稿では、その経過を報告する。

症例紹介

【基本情報】50歳代後半、男性、身長: 178.0 cm、体重: 120.0 kg、Body Mass Index (BMI): 37.9。

【診断名】気管支喘息重責発作。

【現病歴】入院1日前、仕事から帰宅後に発熱を認めた。翌朝7時頃より喘鳴と呼吸困難が出現したため、済生会兵庫県病院 (以下、当院) に救急搬送された。来院後、細菌性肺炎による気管支喘息重責発作の診断で、気管挿管による人工呼吸器管理となり、回復室に入室した (第0病日)。薬剤は気管支喘息に対してソル・メ

ドロール125 mg、メブチンが投与され、細菌性肺炎に対して抗菌薬としてセフトリアキソンナトリウムが投与された。鎮静薬はミダゾラム8 mL/h、プロポフォール5 mL/h、鎮痛薬はフェンタニル2 mL/h、筋弛緩薬としてロクロニウム2 mL/hが投与された。また、血圧低下があったためノルアドレナリンが2 mL/h投与された。人工呼吸器設定は従圧式の同期的間欠的強制的換気 (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation: 以下、SIMV) でFiO₂: 0.4、吸気圧 (Positive End-expiratory Pressure: 以下、PEEP含む): 35 cmH₂O、Pressure Support (以下、PS): 20 cmH₂O、PEEP: 12 cmH₂O、換気回数20回/分であった (表1)。第4病日、理学療法を開始した。

【既往歴】気管支喘息、高血圧、糖尿病、右変形性股関節症 (人工股関節全置換術)。

【入院前ADL】屋外独歩。【職業】建築業自営。

【倫理的配慮】本報告に関して、ヘルシンキ宣言に基づき、患者に書面にて十分な説明を行い、同意を得た。

初期評価 (第4病日)

人工呼吸器設定は従圧式のSIMVで、FiO₂: 0.55、吸気圧 (PEEP含む): 35 cmH₂O、PS: 24 cmH₂O、PEEP: 11 cmH₂O、換気回数: 22回/分、Richmond Agitation-Sedation Scale (以下、RASS): -5であった。血液ガス分析はpH: 7.20、PaCO₂: 85.0 mmHg、PaO₂: 76.1 mmHg、HCO₃⁻: 31.9 mmol/LでP/F比: 138.4であった。なお、第0

表1 回復室入室、初期評価時の各種データ

		回復室入室 (第0病日)	初期評価 (第4病日)
血液ガス分析	pH	7.39	7.20
	PaCO ₂ (mmHg)	37.8	85.0
	PaO ₂ (mmHg)	90.7	76.1
	HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	22.3	31.9
P/F比		226.8	138.4
CRP (mg/dL)		12.08	3.99
人工呼吸器設定	モード	従圧式SIMV	従圧式SIMV
	FiO ₂	0.4	0.55
	吸気圧 (cmH ₂ O)	35	35
	PS (cmH ₂ O)	20	24
	PEEP (cmH ₂ O)	12	11
	換気回数 (回/分)	20	22
RASS		-4	-5
一回換気量 (mL)		780	420
呼吸数 (回/分)		20	22
自発呼吸		なし	なし
フィジカルアセスメント	努力呼吸	—	なし
	呼吸パターン	—	浅呼吸様
	呼吸音	—	全肺野減弱 (背側で著明)
	異常呼吸音	—	軽度 wheezes あり (両側肺野)

PaCO₂: partial pressure of arterial carbon dioxide, PaO₂: partial pressure of arterial oxygen, HCO₃⁻: bicarbonate, P/F比: PaO₂/FiO₂ ratio, CRP: C-reactive protein, FiO₂: fraction of inspired oxygen, PS: pressure support, PEEP: positive end-expiratory pressure, RASS: Richmond Agitation-sedation Scale.

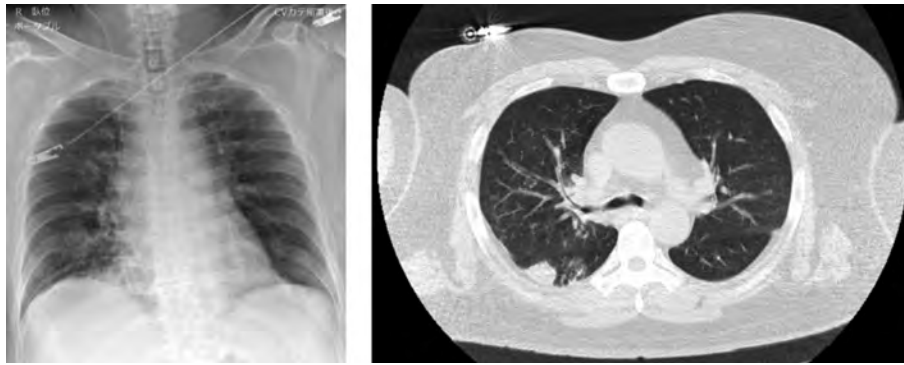


図1 第0病日の胸部X線写真およびCT画像

CT画像では気管支壁の肥厚および内腔の狭小化が確認され、右下葉には細菌性肺炎に伴う浸潤影を認めた。

病日のComputed Tomography (以下、CT) 画像 (図1) では気管支狭窄所見を認め、高い呼吸器設定圧や高度のCO₂貯留に加えて、両側肺野にwheezesを認めていた。これらの所見から主治医は、末梢気管支狭窄による換気障害が高炭酸ガス血症の原因であり、それが主な要因となったアシデミアであると判断した。さらに、CT画像では右肺優位の細菌性肺炎所見も認められ、酸素化障害の一因となっていたと考えられた。鎮静、鎮痛薬はミダゾラム、プロポフォール、フェンタニル、筋弛緩薬はロクロニウム (第5病日に中止) が人工呼吸器管理開始後から同量で投与されていた。また、血糖値は200~400 mg/dLと高血糖であり、インスリン注射としてノボリンを使用していた。ノルアドレナリンは投与中止となり、バイタルサインは血圧: 158/87 mmHg, 心拍数: 99回/分, SpO₂: 96%であった。フィジカルアセスメントでは、自発呼吸は認められず、人工呼吸器との同調は良好であり、努力呼吸は認めなかった。一回換気量は420 mLで、体格からするとやや少なく、胸郭の可動性は低下しており、視診上は浅呼吸様であった。呼吸音は全肺野で減弱しており、背側では著明に減弱していた。また、両側肺野全体から軽度のwheezesを聴取した。吸引時には白色で軽度粘調性の痰が少量認められ、CT画像所見や

C-reactive protein (CRP) 値 (第0病日: 12.08 mg/dL, 第4病日 3.99 mg/dL) より、細菌性肺炎に起因する痰と考えられた。FIM: 18点であった。

病態としては、主に換気障害に起因するアシデミアの状態であり、深鎮静下で呼吸状態をコントロールしていた。また、細菌性肺炎や高度肥満による背側の含気低下に伴う下側肺障害のリスクも認められた。これらを踏まえ、治療方針としては、まず拘縮予防と、肺合併症予防を目的とした体位ドレナージを実施することとした。さらに、換気量の増加および排痰促進を図るため、高度肥満による背側肺への圧迫の解除および腹圧の軽減を目的に、端座位での離床を検討した。

経過 (図2)

1. 理学療法開始～抜管: 第4~21病日

第4病日より、四肢の関節可動域運動および多職種による端座位練習を開始した。しかし、端座位後、一回換気量が420 mLから290 mL, SpO₂が96%から86%まで低下した。このため、末梢気管支狭窄が強くみられている状態であると判断し、端座位のメリットは少ないと考え、主に左右の前傾側臥位を実施した。

その後、腎機能および肝機能の悪化が認められた。第

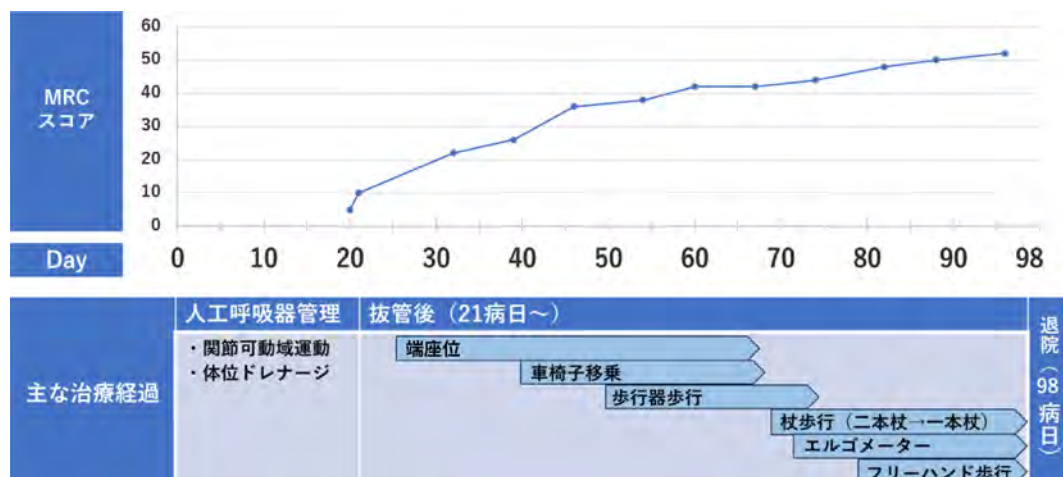


図2 MRCスコアと主な治療経過

10病日の血液ガス分析では、pH: 7.20, PaCO_2 : 90.9 mmHg, PaO_2 : 86.0 mmHg, HCO_3^- : 32.0 mmol/Lであり、 PaCO_2 に対する予測 HCO_3^- (39.3 mmol/L)との乖離がみられた。このことから、呼吸性アシドーシスに加えて、代謝性アシドーシスを合併していると考えられた。第13病日にクレアチンキナーゼ (以下、CK) 値が4394 IU/Lまで上昇した。また、ミオグロビン尿がみられ、プロポフォール注入症候群の疑いによる横紋筋融解症と診断された。そのため、プロポフォールは投与中止となった。第15, 16, 18および19病日には、急性腎不全に伴う著明な尿量低下がみられたため、血液透析を施行した。CK値は第18病日に16,184 IU/Lとピークを示し、その後は徐々に減少した。

気管切開については、2週間前後で実施する予定であったが、呼吸状態が徐々に改善したため抜管する方針に変更となった。第19病日、人工呼吸器設定はPS: 5 cmH₂O, PEEP: 5 cmH₂Oの自発呼吸での呼吸管理に移行した。呼吸数は15回/分、一回換気量は783 mLであり、胸郭可動性低下は改善していた。また、努力呼吸はなく、呼吸音は清音であり、背側の著明な減弱は軽度減弱へと改善していた。ミダゾラムは2 mL/hに減量しRASS-1となった。第20病日、MRCスコア (右/左): 肩関節外転1/1, 肘関節屈曲0/0, 手関節背屈0/0, 股関節屈曲0/0, 膝関節伸展2/1, 足関節背屈0/0の合計5点であった。第21病日には合計10点であり、横紋筋融解症を伴う重症ICU-AWを呈していた。なお、感覚障害はみられなかった。理学療法としては自動介助レベルでの四肢・体幹の筋再教育、ピーナツ型バランスボールでのキッキング、腹式呼吸練習を追加した。第21病日に人工呼吸器抜管され高流量鼻カニューラ酸素療法 (High-flow Nasal Cannula: HFNC) に変更となった。設定は FiO_2 : 0.4, 流量: 40 L/分で、呼吸数: 16回/分、努力呼吸はみられず、 SpO_2 : 98%を維持できていた。

2. 抜管後～車椅子離床: 第22～第48病日

第22病日には右下葉に無気肺がみられた (図3)。そ

のため、左前傾側臥位による体位ドレナージを実施した。また、四肢・体幹の運動、腹式呼吸について可能な範囲で自主トレーニングを指導した。回数は10～20回の1～2セットを、1日2～3回程度実施した。負荷は、過用性筋力低下を避けるためにBorg Scale (以下、ボルグスケール) 11～13の範囲で、翌日に疲労が残らない程度に設定した。第25病日には無気肺が改善したため、端座位練習を複数人介助で開始した。端座位保持は最小介助で5～10分可能であったが、徐々に頸部保持が困難となり疲労が出現した。第26病日に作業療法を開始した。その後、上肢の運動頻度を増加させ、ADL練習を増量した。第32病日に回復室退室となった。第39病日に酸素療法を終了し、立ち上がり練習を最大介助で開始した。同時期にCK値は正常化した。第40病日、端座位の耐久性の向上に伴い、複数人介助でスライディングボードを用いて車椅子移乗練習を開始した。しかし、移乗後10～20分で起立性低血圧 (血圧: 123/76 mmHgから86/50 mmHgまで低下) を認めたため、離床時間を段階的に延長する方針とした。

3. 立位、歩行練習～自宅退院: 第49～第98病日

第49病日、起立性低血圧が改善したため、病棟での車椅子離床時間と頻度を増加した。また、同時期より歩行器を用いた立位・歩行練習を介助下で開始した。徒手筋力検査 (右/左): 股関節屈曲2/2・伸展2/2・外転2/2, 膝関節屈曲2/2・伸展4/4, 足関節背屈2/2・底屈2/2であり、両側下垂足に対して足関節背屈位保持のためのプラスチック製短下肢装具を使用した。

歩行練習では、呼吸困難感と下肢疲労感を区別して評価し、両者ともボルグスケール11～13の範囲で実施した。心拍数が110回/分を超えると両者ともボルグスケール14以上になりやすいため、目標心拍数は100回/分前後とした。その範囲で可能な歩行距離を設定し、休憩を挟みながら反復して実施した。

第63病日、当初は回復期リハビリテーション病院へ



図3 a: 第4病日 (初期評価), b: 第22病日, c: 第25病日の胸部X線写真
bでは右下葉に無気肺を認め、cではその改善が確認された。

表2 身体機能推移

		初期評価 第4病日	20病日	67病日	最終評価 96病日
FSS-ICU		—	0	33	42
MRCスコア		—	5	42	52
筋力 (右/左)	握力 (kg)	—	—	10.0/12.2	18.5/18.3
	膝伸展HHD (kgf/kg)	—	—	14.4/17.6	30.1/37.5
歩行	10 m歩行 (秒)	—	—	—	9.11
	TUG (秒)	—	—	—	9.54
	6MWD (m)	—	—	—	300
SPPB		—	—	5	12
FIM (運動項目/Total)		13/18	29/43	57/92	88/123

FSS-ICU: Functional Status Score for the Intensive Care Unit, MRCスコア: Medical Research Council Score, HHD: Hand-held Dynamometer, TUG: Timed Up and Go Test, 6MWD: 6-min walk distance, SPPB: Short Physical Performance Battery, FIM: Functional Independence Measure.

の転院を検討していたが、自宅内歩行が自立して通院可能となれば自宅退院とする方針に変更した。

第71病日より、一本杖歩行練習を開始した。また、両下肢筋持久力、全身持久力の改善を目的に理学療法プログラムの最後にリカンベントエルゴメーターを10～30 Wの負荷で5～10分程度実施することとした。負荷量はカルボーネン法における運動強度30%程度となる心拍数105回/分程度、2～3 Metabolic equivalents (METs)程度で調整した。さらに、下肢の自主トレーニングメニューには、立ち上がり、踵挙上運動などの閉鎖運動連鎖 (Closed Kinetic Chain: CKC) の内容を追加し、立位での運動中心に変更した。その後、歩行機能は段階的に向上し、第74病日に歩行器歩行が自立となり、第95病日には病棟内でのフリーハンド歩行が自立となった。

第90病日には、起床後から初めて四肢に筋疲労感がみられた。前日の理学療法プログラムの内容が多く、ボルグスケール14に達する場面もあったことから、筋疲労の蓄積が要因と考えられた。そのため、2日間は自主トレーニングを中止し、理学療法プログラムも軽負荷の内容に調整した。その結果、翌日には症状が改善した。

第96病日の最終評価 (表2) では、MRCスコア (右/左): 肩関節外転5/5, 肘関節屈曲5/4, 手関節背屈4/4, 股関節屈曲3/4, 膝関節伸展5/5, 足関節背屈4/4の合計52点, Hand-held Dynamometer (HHD) の膝伸展筋力 (体重比): 右30.1 kgf/kg, 左37.5 kgf/kg, 10 m歩行速度 (通常速度): 9.11秒, 屋内フリーハンド歩行自立, 屋外杖歩行自立, FIM: 123点となり、第98病日に自宅退院となった。

考 察

今回、PRISが疑われ、横紋筋融解症を伴う重症ICU-AWを発症した患者を担当した。PRISは、ミトコンドリア呼吸鎖や脂肪酸 β 酸化の異常によるadenosine triphosphate (ATP) 合成低下を背景に、心血管機能障害、代謝性アシドーシス、横紋筋融解症、急性腎不全などの臨床症

状を呈するとされている⁶⁾。しかし、Hemphillらのレビュー⁸⁾では、PRISの発症メカニズムには未だ解明されていないことが多いともいわれている。また、高用量 (5 mg/kg/h以上) や長時間 (48時間以上) のプロポフォール投与が原因とされるが、推奨用量範囲内の低用量でも発症例が報告されている⁸⁾。さらに、リスク因子として昇圧剤の使用、ステロイド療法、肥満なども挙げられている⁶⁾。本症例ではプロポフォールの投与は0.42 mg/kg/hと低用量ではあったが、約2週間の長期間投与されていた。さらに、昇圧剤の使用、ステロイド療法、高度肥満などのリスク因子があり、代謝性アシドーシス、横紋筋融解症、急性腎不全の症状がみられていた。その後、プロポフォールの投与中止から5病日目にはCK値の減少が認められた。これらの経過からPRISであった可能性が示唆された。

ICU-AW発症の関連因子として、高齢、女性、多臓器不全、敗血症、長期の人工呼吸器管理、ICU滞在期間の延長、高血糖、鎮静の長期化、神経筋遮断薬、コルチコステロイド、アミノグリコシド系抗菌薬、ノルエピネフリンなどの使用、腎代替療法、早期離床の遅れなどが挙げられる²⁾。本症例も長期の人工呼吸器管理、ICU滞在期間の延長、高血糖、鎮静の長期化、神経筋遮断薬、コルチコステロイド、ノルエピネフリンなどの使用、腎代替療法、早期離床の遅れが該当していた。ICU-AWの病態別の発症頻度については、ミオパチーであるCIMと、ポリニューロパチーであるCritical illness polyneuropathy (以下、CIP) を合併したCritical illness neuromyopathy (以下、CIMN) が最も多く、次いでCIM単独、CIP単独の順に少ないことが報告されている⁹⁾。本症例では、ICU-AWの病態の鑑別診断はされていないが、感覚障害を認めなかったため、横紋筋融解症に加えてCIMに該当する症状を呈していた可能性が高いと考えられた。

横紋筋融解症とCIMの病態について、横紋筋融解症は骨格筋細胞が壊死し、CK値の著明な上昇やミオグロ

ビン尿を呈し、急性腎不全に至ることがある疾患である¹⁰⁾。一方、CIMは重篤な患者に発症する急性の原発性ミオパチーで、筋線維断面積の全般的な減少と、ミオシンの選択的消失を特徴とし、ときに筋線維壊死を伴うこともあるとされている¹¹⁾。一般にCIMではCK値は正常域から軽度上昇にとどまることが多いが、Zhouらの報告⁷⁾では、ミオパチーが重症化した場合に、まれに横紋筋融解症に進展する可能性があることも指摘されている。しかし、本症例では臨床経過や検査所見から、PRISに起因する横紋筋融解症と、CIMがそれぞれ独立して併発した病態であると考えられた。これにより、MRCスコア5点に相当する重度の筋力低下を呈したと推察された。

運動療法について、横紋筋融解症の理学療法の経過報告は少ないが、一般に過負荷にならないよう運動負荷を考慮する必要があるといわれている。また、ICU-AWについては、神経筋疾患に該当するとされるため、過度な運動強度による過用性の筋力低下に注意をする必要があり、低負荷高頻度での運動が一般に推奨されている¹²⁾。佐伯らの報告¹³⁾では、神経筋疾患の運動負荷量としては、低負荷高頻度の筋持久力向上訓練を実施するのが安全であり、筋の過用を避ける予防策として、間欠的な休憩、一連の運動中の十分な休憩時間を確保すべきといわれている。また、遠藤らの症例報告¹⁴⁾ではICU-AWの患者に対し、ボルグスケール11~13程度の運動強度にて過負荷に注意しながら運動療法を実施し、身体機能・ADLが改善したとされている。そこで、本症例においても、主に筋持久力の向上を目的に、ボルグスケール11~13の範囲で、運動ごとに十分な休憩時間を確保しながら実施した。また、心拍数100回/分前後、翌日の筋疲労感がない、CK値が上昇しないことなどを目安に負荷量を調節した。さらに、日本集中治療医学会による「重症患者リハビリテーション診療ガイドライン2023」⁵⁾では、ICU退室後において、非監視型の自主的運動も含め、リハビリテーションの頻度、時間、強度を増加させることが弱く推奨されている。本症例でも理学療法・作業療法の実施時間以外に、低負荷での自主トレーニングを1日2~3回、ボルグスケール11~13の範囲で、翌日に疲労が残らないことを目安に実施してもらった。CK値高値を伴う過用性筋力低下については、基本原則として過大な運動強度と運動量を低減し、数日の可及的安静が必要とされている¹³⁾。本症例では第90病日に前日の運動量増加により四肢の筋疲労がみられた。CK値は正常であったが、2日間は軽負荷の理学療法プログラムに変更し、それ以降の運動量も調整した。その結果、翌日には症状が改善し、安全な継続につながったと考える。

ICU-AWの予後は、病態により異なるとされている。Intisoらのスコーピングレビュー¹⁵⁾によれば、CIM患者はCIPまたはCIMN患者と比較して予後が良好であり、

早期に完全回復する傾向が示唆されている。同レビューでは、Kochらの研究¹⁶⁾において、CIM患者の50%が3ヶ月以内にADLを再開できるまでに回復したとされている。また、Guarneriらの報告¹⁷⁾でも、多くのCIM患者が6ヶ月以内に回復し、CIPやCIMN患者よりも早期に機能的改善を示したと報告されている。本症例では、MRCスコアが約3ヶ月で5点から52点へと大きく改善した。この回復経過について、長期の人工呼吸器管理、急性腎不全、および重度の筋力低下を呈した重症例であったことを踏まえると、比較的早期の回復と捉えることもできる。しかし、CIM患者の中では特異とまではいえない可能性もある。したがって、本報告の臨床的意義は、PRISが疑われ、横紋筋融解症とCIMを併発した病態に対し、安全かつ効果的に理学療法を遂行できた点にあると考えられる。

本報告の限界点を述べる。まず、横紋筋融解症については診断されたが、PRISについては診断基準が明確ではなく、確定診断には至っていない点である。次いで、横紋筋融解症とICU-AWの双方が四肢筋力低下に関与していたと考えられるが、それぞれの寄与の程度は明らかでなかった。また、CIMについても当院では神経内科医が不在であることもあり、神経伝導速度や針筋電図などの検査は実施せず、病態の鑑別診断には至らなかった点が挙げられる。最後に、理学療法開始時より電気刺激療法の適応があると考えられたが、当院では取り扱っていないため実施できなかった。電気刺激療法は、かつては効果が不明確であったが、現在は重症患者に対して弱く推奨され、エビデンスの確実性は「中等度」となっている⁵⁾。ICU-AWの予防および治療において、今後さらに検討すべき重要な方法と考えられる。

結 論

今回、PRISに起因すると考えられる横紋筋融解症と、ICU-AWを併発した重症患者を担当した。早期離床と並行して低負荷高頻度の運動療法を過用性筋力低下に注意しながら実施することは、MRCスコアおよびADL改善につながる安全かつ有効な治療法である可能性が示唆された。

利 益 相 反

本論文執筆に際して開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Vanhorebeek I, Latronico N, *et al.*: ICU-acquired weakness. *Intensive Care Med.* 2020; 46: 637–653.
- 2) Fuentes-Aspe R, Gutierrez-Arias R, *et al.*: Which factors are associated with acquired weakness in the ICU? An overview of systematic reviews and meta-analyses. *J Intensive Care.* 2024; 12: 33.

- 3) Fan E, Dowdy DW, *et al.*: Physical complications in acute lung injury survivors: A two-year longitudinal prospective study. *Crit Care Med.* 2014; 42: 849–859.
- 4) Needham DM, Dinglas VD, *et al.*: NIH NHLBI ARDS Network: Physical and cognitive performance of patients with acute lung injury 1 year after initial trophic versus full enteral feeding. EDEN trial follow-up. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013; 188: 567–576.
- 5) 日本集中治療医学会：重症患者リハビリテーション診療ガイドライン2023. 日集中医誌. 2023; 30: S905–972.
- 6) Singh A, Anjankar AP: Propofol-related infusion syndrome: A clinical review. *Cureus.* 2022; 14: e30383.
- 7) Zhou CK, Wu LM, *et al.*: Critical illness polyneuropathy and myopathy: A systematic review. *Neural Regen Res.* 2014; 9: 101–110.
- 8) Hemphill S, McMenamin L, *et al.*: Propofol infusion syndrome: A structured literature review and analysis of published case reports. *Br J Anaesth.* 2019; 122: 448–459.
- 9) Park SH, Jeong YJ, *et al.*: Critical illness neuromyopathy. *Ann Clin Neurophysiol.* 2020; 22: 61–66.
- 10) Gupta A, Thorson P, *et al.*: Rhabdomyolysis: Revisited. *Ulster Med J.* 2021; 90: 61–69.
- 11) Larsson L, Rodriguez B, *et al.*: Critical illness myopathy: Diagnostic approach and resulting therapeutic implications. *Curr Treat Options Neurol.* 2022; 24: 173–182.
- 12) 蜂須賀明子, 二宮正樹, 他：ICU-AWの予防とリハビリテーション治療. 臨床神経生理学. 2020; 48: 146–151.
- 13) 佐伯 覚, 松嶋康之, 他：神経筋疾患におけるoverwork weakness. *Jpn J Rehabil Med.* 2013; 50: 795–798.
- 14) 遠藤 聡, 小林道生, 他：重症肺炎後にintensive care unit-acquired weaknessと起立性低血圧を合併したが長期間のリハビリテーション診療により改善した症例. *Jpn J Rehabil Med.* 2018; 55: 508–515.
- 15) Intiso D, Centra AM, *et al.*: Recovery and long term functional outcome in people with critical illness polyneuropathy and myopathy: A scoping review. *BMC Neurol.* 2022; 22: 50.
- 16) Koch S, Wollersheim T, *et al.*: Long-term recovery in critical illness myopathy is complete, contrary to polyneuropathy. *Muscle Nerve.* 2014; 50: 431–436.
- 17) Guarneri B, Bertolini G, *et al.*: Long-term outcome in patients with critical illness myopathy or neuropathy: The Italian multi-centre CRIMYNE study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2008; 79: 838–841.

症例報告

メトロニダゾール脳症とビタミンB6欠乏症の合併により 日常生活動作が低下した1症例のリハビリテーション経過*

笠井 翔 吾^{1) #} 堀 太 貴²⁾ 丸 笹 卓 也¹⁾

要旨

【目的】メトロニダゾール脳症 (Metronidazole-induced Encephalopathy: 以下, MIE) とビタミンB6欠乏症を呈し, その神経症状によって日常生活動作 (Activities of Daily Living: 以下, ADL) が高度に低下した症例を報告する。【症例紹介】80代, 男性, 入院前はADLが自立していたが, 肝膿瘍治療中に低下し, 当院に入院した。経過中にMIEが診断されたが, 原因薬中止後も神経症状が残存し, ビタミンB6欠乏症も明らかとなった。【経過】失調症状, 感覚障害に対して段階的な運動療法を実施し, リハビリテーション目的の転院を経て, 自宅退院に至った。退院3ヶ月後も神経症状は残存しているが, 改善傾向にありADLはほぼ自立している。【結論】MIEやビタミンB6欠乏症は稀であるものの, ADLの回復に長時間を要することがあり, リハビリテーション職種のアセスメントによる早期発見と長期支援が必要である。

キーワード メトロニダゾール脳症, 抗菌薬関連脳症, ビタミンB6欠乏症

はじめに

メトロニダゾール (Metronidazole: 以下, MNZ) は, 原虫および嫌気性菌の感染症治療に広く用いられている抗菌薬の一つである。しかし, MNZの長期使用により, 小脳症状や四肢筋力低下などを呈するメトロニダゾール脳症 (Metronidazole-induced Encephalopathy: 以下, MIE) を稀に発症することが報告されている¹⁾。

ビタミンB6は, 水溶性ビタミンの一種であり, 多くの食品に自然に含まれている。ピリドキシン (Pyridoxine), ピリドキサル (Pyridoxal), ピリドキサミン (Pyridoxamine) から構成され, 炭水化物, タンパク質, 脂質の代謝および神経伝達物質の産生に関連する重要な補酵素である²⁾。抗結核薬であるイソニアジドの副作用を代

表として, ビタミンB6欠乏症は末梢神経障害や皮膚炎などの多様な症状を引き起こす³⁾⁴⁾。

MIEおよびビタミンB6欠乏症は, いずれも日常生活動作 (Activities of Daily Living: 以下, ADL) の低下を招く可能性があるが, 発症頻度が低いため, 実際のリハビリテーション経過やその改善過程に関する報告は少ない。

今回, 肝膿瘍の治療中にMIEとビタミンB6欠乏症を合併し, ADLが著明に低下した症例を経験した。症状に応じたリハビリテーションを実施し, 自宅退院に至った経過を, 文献的考察をふまえて報告する。

なお, 本報告にあたり, 本人に対し書面を用いて報告の目的・趣旨および個人情報の取り扱いについて説明し, 同意を得た。

症 例 紹 介

80歳代, 男性, 妻と二人暮らしであった。既往に高尿酸血症, 前立腺肥大症があり, ADLは自動車運転を含め全て自立していた。2022年X月Y-67日, 嘔吐を主訴に当院へ救急搬送された。肝膿瘍を伴う総胆管結石性胆管炎が指摘され, 翌日にA病院へ転院し, 内視鏡的逆行性胆管ドレナージが施行された。Y-46日に経皮的肝膿瘍ドレナージが追加され, 解熱傾向となり全身状態は改善した。Y-43日からはレボフロキサシン水和物250 mg/日とMNZ 1500 mg/日へと抗菌薬が変更され, Y-29日に自

* Rehabilitation Course of a Case of Decreased ADL Due to a Combination of Metronidazole Encephalopathy and Vitamin B6 Deficiency

1) 徳島県立海部病院リハビリテーション技術科 (〒775-0006 徳島県海部郡牟岐町中村杉谷266)
Shogo Kasai, PT, Takuya Maruzasa, OT: Department of Rehabilitation, Tokushima Prefectural Kaifu Hospital
2) 徳島大学大学院医歯薬学研究部血液内分泌代謝内科学分野
Taiki Hori, MD: Department of Hematology, Endocrinology and Metabolism, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences

E-mail: kasai.81028@gmail.com
(受付日 2025年7月4日/受理日 2025年9月7日)
[J-STAGEでの早期公開日 2025年11月7日]



本論文はクリエイティブ・コモンズ [表示 4.0 国際] ライセンスの下に利用許諾されています。

© 2025 日本理学療法学会連合

宅退院した。

退院後、緩徐にADLが低下し、自宅で転倒してからは嘔気による食思不振や下肢脱力、しびれが増悪した。数日の経過でも改善しなかったため、Y-10日に徳島県立海部病院（以下、当院）を受診した。明らかな原因は指摘されなかったが、自宅での生活が困難となっており、精査加療目的で入院した。

入院後も嘔気と四肢のしびれが残存し、食事摂取が進まず、ADLも改善しなかった。Y-8日からリハビリテーションが開始されたが、四肢遠位のしびれにより歩行器歩行は突進様歩行となり、転倒予防のため介助を要していた。また、嘔気と倦怠感が強く、離床できない日もあった。Y日に発熱と意識障害が出現し、画像検査および腰椎穿刺が施行された。頭部単純Computed Tomography (CT) 検査にて、両側の小脳歯状核領域に低吸収域の経時的な進行があり、MIEが疑われたため、MNZは中止された（図1）。

MNZ中止後も四肢のしびれは残存したが、嘔気は著明に改善し、食事摂取がわずかに可能となった。肝臓病に対しての抗菌薬はMNZからスルバクタムナトリウム・アンピシリンナトリウムに変更して継続され、所定の治療期間をもって終了された。

その後も残存する四肢のしびれや、抗菌薬終了後も遷延する消化器症状の原因検索の過程で、ビタミンB6（ピリドキシン）欠乏症が指摘された（ピリドキサミン

<0.2 ng/mL、ピリドキサル3.0 ng/mL、ピリドキシン<3.0 ng/mL）。なお、ビタミンB1（チアミン）、B9（葉酸）、B12（コバラミン）の欠乏は認めなかった。

リン酸チアミンジスルフィド・B6・B12配合剤の点滴投与により、消化器症状は著明に改善し、四肢のしびれも自覚的に軽度改善した。軽度の嘔気が残存していたが、食事摂取量は増加し、服薬が安定して可能となったため、ピリドキサルリン酸エステル水和物錠の内服へ変更された。さらなるADLの改善が見込まれたため、Y+51日にリハビリテーション目的でB病院へ転院した。B病院でのリハビリテーションを経てADLはさらに改善し、Y+101日に自宅退院した。ビタミンB6の補充はピリドキサルリン酸エステル水和物錠の内服で継続されており、フォローアップ検査にてビタミンB6欠乏症が是正されていることが確認できた。

経 過

1. 理学療法初期評価（MIE指摘直後：Y+3日）

初期評価はMNZ中止後、意識レベルが安定したタイミングで実施した。MIE指摘直後は意識の清明さを欠き、改定長谷川式簡易知能評価（Hasegawa's Dementia Scale-revised：以下、HDS-R）は16点とカットオフ値を下回っていた。また、入院直後には見られなかった眼球運動の低下および構音障害を認めた。Manual Muscle Test（以下、MMT）は、入院時は上下肢4、体幹3程度であっ

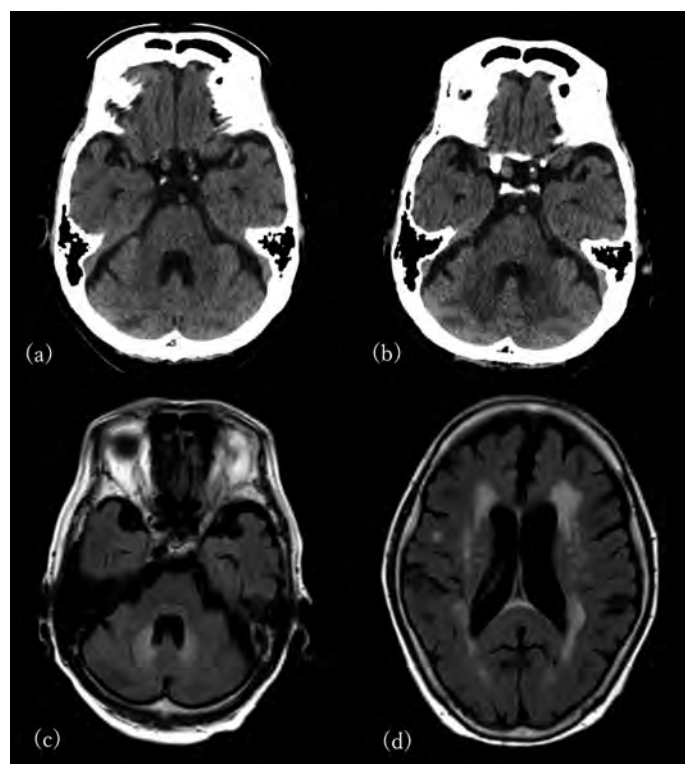


図1 脳画像所見（a：X月Y-67日のCT画像、b：X月Y日のCT画像、c・d：X月Y日のMRI画像）

初診時と比較して、CT画像では小脳歯状核領域の低吸収域が増大していた。MRIのFluid Attenuated Inversion Recovery (FLAIR) 画像では、同部位は高信号を呈していた。また、CTでは明らかではなかったが脳梁膨大部にも、FLAIR画像での高信号域を認めた。

たが、上肢3、下肢および体幹は2程度に低下していた。入院時から四肢のしびれは継続しており、触圧覚は遠位優位で、上肢は中等度鈍麻、下肢は重度鈍麻であった。運動覚は母指で軽度鈍麻、母趾では重度鈍麻、温痛覚は四肢遠位に過敏性を認めた。鼻指鼻試験および踵膝試験は陽性で、体幹失調も認めた。ADLは食事のみの加点で、Barthel Index (以下、BI) は5点であった。さらに、持続する嘔気により食事摂取量が減少し、入院時のBody Mass Index (以下、BMI) である18.9 kg/m²から、MIE指摘直後では18.0 kg/m²に低下していた。血圧低下とそれに伴う気分不良により短時間の端座位までにとどまった(表1)。

2. MIE指摘直後からB病院転院時までのリハビリテーション経過

MNZ中止後数日で意識レベルは改善したが、血圧低下が遷延していたため、リクライニング車椅子での離床、および主治医の許可のもと、ベッドサイドで低周波治療機器を用いた筋萎縮予防を行った。徐々に構音障害が改善し、バイタルサインが安定してきたことから、Y+12日より介助下で歩行器歩行を開始した。ベッドサイドでの動作が可能になるにしたがって、短期目標をポータブルトイレでの排泄に設定し、練習を開始した。しかし、四肢の感覚障害としびれが残存したことから、手すり支持や歩行練習に痛みを伴ったほか、下衣や靴の操作は失調症状により困難であった。そのため、転倒リスクの高さや靴の着脱を一人でできないことが問題点であった。また、食事摂取再開後から目立つようになった下痢症状もあいまって、病棟内でのADLの自立化が進まなかった。

リハビリテーションでは、手袋や靴の調整により痛覚過敏を緩和しつつ、動作練習中の支持面を段階的に減らすことで感覚入力、バランス能力にアプローチした。その際、視覚代償が過剰とならないように調整を行った。筋力増強のための運動処方として、高齢者における抵抗運動のガイドラインを参考に8~10種類の運動を組み合わせた運動を1セット10~15回と設定し、週2回からベッドサイドで開始した⁵⁾。本症例は、筋力訓練後の疲労感が強かったため、翌日の問診から過負荷、疼痛の有無を聴取した。

その後に指摘されたビタミンB6欠乏症に対する補充により消化器症状が軽減したため、本人や妻と相談し、自宅退院を長期目標に設定した。継続的なリハビリテーションが必要と判断され、Y+51日にB病院へ転院となった。改善傾向はみられたものの、この時点では、軽度の嘔気は残存していた。BMIは17.3 kg/m²と低値の状態が続いていたが、食事摂取量は徐々に増加した。感覚障害としびれに大きな変化はなかったが、B病院転院時には失調症状の軽減によってBIは40点に向上した(表1)。

3. B病院転院時から自宅退院までのリハビリテーション経過

転院後は積極的な筋力増強運動とADL練習が行われた。その結果、短期目標であったポータブルトイレでの排泄はY+66日に自立した。長期目標は移動の自立であったが、感覚障害としびれにより靴の着脱が困難であり、杖の設置位置も不安定となることから見守りレベルにとどまった。入院中に介護保険申請を行い、要介護2の認定を受けた。自宅内に手すりを整備し、ポータブル

表1 理学療法評価の推移

検査項目	MIE指摘直後 Y+3日	転院時 Y+50日	自宅退院時 Y+99日	退院後1ヶ月 Y+137日	退院後2ヶ月 Y+167日	退院後3ヶ月 Y+194日
改定長谷川式簡易知能評価	16点		17点			24点
Body Mass Index	18.0 kg/m ²	17.3 kg/m ²	18.9 kg/m ²	19.4 kg/m ²	20.0 kg/m ²	20.6 kg/m ²
Manual Muscle Test (上肢/下肢/体幹)	3/2/2	3/2/2	4/4/3	4/4/3	5/5/4	5/5/4
Barthel Index	5点	40点	65点	75点	85点	90点
Modified Rankin Scale	5	4	4	4	3	3
感覚障害 触圧覚(上肢/下肢)	中等度/重度	中等度/重度	中等度/中等度	軽度/中等度	軽度/中等度	軽度/中等度
運動覚(母指/母趾)	軽度/重度	軽度/重度	軽度/重度	軽度/重度	軽度/中等度	正常/中等度
温痛覚(上肢/下肢)	過敏	過敏	過敏	過敏	過敏	過敏
失調 鼻指鼻試験	+/+	-/±	-/-	-/-	-/-	-/-
踵膝試験	+/+	±/±	-/-	-/-	-/-	-/-
体幹	+	-	-	-	-	-
眼球運動低下	+	+	-	-	-	-
嘔気	+	+	-	-	-	-
しびれ	+	+	+	+	+	+
嗄声	+	+	-	-	-	-

検査項目の日数は評価実施日である。

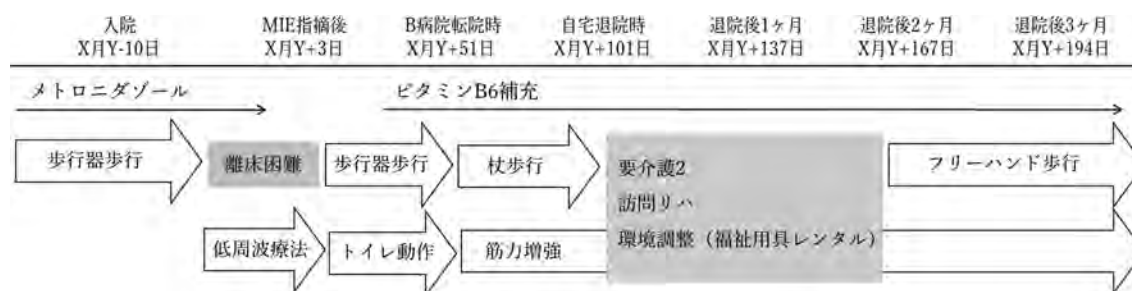


図2 リハビリテーション経過

入院後、四肢のしびれにより歩行器を用いた歩行練習を行っていた。MIE指摘時はベッド上での筋萎縮予防に努め、徐々に離床を促した。B病院転院後は杖歩行練習を開始し、トイレ動作は自立した。環境調整後に自宅退院し、退院2ヶ月後からフリーハンドでの歩行が可能となった。

トイレやベッドを設置、訪問リハビリテーションを導入し、Y+101日に自宅退院となった。食思不振は改善し、退院時のBMIは 18.9 kg/m^2 まで回復した。運動失調、筋力低下、眼球運動の低下は改善したが、感覚障害、しびれ、HDS-Rに変化はなかった。BIは65点であり、食事、トイレ動作、入浴、歩行、階段昇降、更衣、排便コントロールで減点がみられた。

4. 退院後の経過（自宅退院～3ヶ月：Y+101日～Y+194日）

最終評価時点で意思疎通は良好であり、HDS-Rは24点（逆唱-1、物品記銘-1、流暢性-4）と大幅に改善していた。嘔気は消失しており、食事摂取量の増加に伴ってBMIは 20.6 kg/m^2 まで増加していた。筋力はMMTで上下肢5、体幹4と当院入院時より改善していた。しかし、四肢のしびれは残存しており、触圧覚では、上肢で軽度鈍麻、下肢で中等度鈍麻、運動覚は母指で正常、母趾で中等度鈍麻、温痛覚は上肢遠位に過敏性を認めた。ADLは退院後も徐々に向上し、自宅退院後3ヶ月時点ではBI 90点と著明に改善していた。移動は杖を使用して自立しており、フリーハンドでの歩行も可能であった。四肢のしびれによりボタンが留められない、靴下を履けないことによる更衣、介護保険サービスを利用している入浴が減点項目であった（図2）。

考 察

抗菌薬関連脳症（Antibiotic Associated Encephalopathy：以下、AAE）は、薬剤の投与により生じる脳の代謝異常が原因で起きる脳症の一種で、抗菌薬を使用した症例の1%で出現すると報告されており、抗菌薬の併用や腎機能の低下がリスクとして考えられている⁶⁾。ペニシリン、セファロスポリン系などによる1型AAE、フルオロキノロン、マクロライド系などによる2型AAE、そしてメトロニダゾールによる3型AAE（MIE）に大別される。1型および2型AAEは、抗菌薬開始後数日で発症するが、MIEは累積投与量に依存して数週間で発症するとされる¹⁾。

SørensenらのMIE 136症例からなる系統的レビューによると、症状は頻度別に、構音障害63%、歩行障害55%、四肢の運動失調53%、意識変容41%、末梢神経障害30%、眼球運動障害23%、眩暈18%、痙攣13%、片麻痺7%、その他21%とされている⁷⁾。MIEの脳画像所見において、Magnetic Resonance Imaging（MRI）ではT2およびFluid Attenuated Inversion Recovery（FLAIR）画像にて小脳歯状核、背側脳幹、脳梁などに異常が認められる⁸⁾。これらの脳部位に好発する理由としては、エネルギー代謝障害に特に脆弱であることが考えられており⁹⁾、画像所見に一致して小脳症状が前面にでることが多いとされる。しかし、MIEの診断は必ずしも容易ではなく、症状のみでは代謝性脳症やその他の脳血管疾患と区別できないことも多い⁷⁾。代謝性脳症の代表であるウェルニッケ脳症は、慢性的なアルコール摂取によるビタミンB1の欠乏によって引き起こされ、運動失調、歩行不安定、精神状態の変化、眼球運動障害などのMIEに類似した臨床所見を呈する¹⁰⁾。本症例では、構音障害、運動失調、感覚低下やしびれ、眼球運動の低下が認められ、ウェルニッケ脳症に特徴的な画像所見やビタミンB1の欠乏を認めなかったことからMIEの診断に至った。

一般的にMIE症例の神経症状は薬剤中止から数日で自然に回復し始めるため、治療は主に対症療法である。近年の総説でもMNZ誘発性多発ニューロパチーのほとんどの症例は、時間の経過とともに症状は消失するとされ予後良好と報告されている¹¹⁾。しかし、過去には、速やかに症状の改善が得られたものの、重度の神経障害が残存した症例が報告されている¹²⁾¹³⁾。本症例でも、四肢末梢の感覚障害が遷延し、MIEによる後遺障害と考えられていたが、精査過程でビタミンB6欠乏症が新たに指摘された。

ビタミンB6の欠乏は、皮膚炎、貧血、痙攣、口内炎、舌炎、末梢神経障害などの多様な症状を引き起こす。神経障害については、感覚障害優位、手袋靴下型の分布で下肢優位であると報告されている¹⁴⁾。欠乏の原因は抗

結核薬であるイソニアジドの副作用が代表的であるが、高齢者での欠乏例では食事摂取量の低下や消化管の吸収障害も一因と考えられている¹⁵⁾¹⁶⁾。ビタミンB1は欠乏により脚気やウェルニッケ脳症の原因となることが臨床によく知られており、成合体の貯蔵が少ないため、欠乏までの期間も短い¹⁷⁾。また、ビタミンB9、B12の1日必要量はその他のビタミン群と比較して少ないため、かなり長期間の摂取量の低下や吸収障害がない限りは臨床には問題にならない¹⁸⁾¹⁹⁾。本症例は、ビタミンB1含有の末梢輸液が行われており、摂取量低下が比較的長期間にわたったためビタミンB6のみの欠乏状態に至ったと考えられた。患者の栄養状態も意識した神経症状のアセスメントによりビタミンB群欠乏症の早期発見につながる可能性がある。

イソニアジドの副作用でビタミンB6欠乏症による神経症状をきたした症例では、補充後数ヶ月で徐々に改善がみられたものの、2年後も軽度の感覚障害が遷延することがあるとされる²⁰⁾。また、KoikeらはビタミンB群(葉酸、コバラミン、チアミン)欠乏症によって神経症状が生じた症例で、血中濃度の正常化後も18人中13人はADLが改善しなかったと述べており²¹⁾、ビタミンB群欠乏症による神経障害は後遺障害やADL低下につながることを危惧される。本症例でもビタミン補充により改善した部分はあったものの、自宅退院後も一部症状が残存していた。また、入院中に生じていた、認知機能低下、体重減少、筋力低下、運動失調などは改善しており、MIEよりもビタミンB6欠乏症の後遺障害が考えられた。

MIEやビタミンB6欠乏症を呈した症例の経過はさまざまであり、リハビリテーションについての報告も少ないことから、介入を一般化することは難しい。介入は入院中に生じた廃用症候群に対する病期に応じた段階的な運動療法、病棟ADL自立化を促す環境調整、退院後の自宅環境やサービス整備の検討が主であった。Olsenらは、薬剤性末梢神経障害に対して、ほとんどの場合、早期に理学療法を開始することが重要であり、能動的および受動的な運動は拘縮や血栓性静脈炎を予防し、神経支配が回復するまでの筋の可動性を維持することができる²²⁾。また、下肢末梢神経障害を有する症例への運動療法が歩行能力、ADL、バランス能力の改善に寄与したとの報告もあり²³⁾²⁴⁾、病態の改善を待ちつつも積極的なリハビリテーション介入を行うことが重要であると考えられる。本症例では、炎症所見、食事摂取量を確認しながら有酸素運動中心の訓練から開始し、翌日に疲労が残らない程度で徐々に筋力増強訓練を取り入れた。リハビリテーション後は嘔気が出やすい傾向から、食事摂取量確保のために介入時間と運動負荷量を調整し、病棟スタッフと食形態の検討を行った。退院後は訪問リハビリ

テーションを導入し、動作練習と環境設定にて支援を継続している。

また、ADLの改善の過程では、病態の改善によるところが大きいと考えられ、ADLの向上に対してのリハビリテーションの効果は限定的であったと推測される。高齢者が繰り返す転倒や、原因不明の末梢神経障害の中に、MIEやビタミンB6欠乏症によるものが含まれていると報告されており¹⁴⁾²⁵⁾、軽微で非特異的な症状であるうちは見逃されている可能性がある。本症例は入院時から、下肢のしびれを訴えており、MIE診断時までに急激なADLの低下をきたした。また、食事摂取量低下なども影響し、ビタミンB6欠乏症も合併した複雑な病態を呈していた。これらは可逆的に改善が見込める病態であるとされるものの、本症例のように長期間のADL低下につながるものが危惧されるため、入院中の目標設定と退院後支援の継続を考慮すべきである。診断においてもアセスメント機会の多い理学療法士が早期に患者の変化に気づき、医師と協議する意識を持つことが今後の患者の予後の改善に重要である。

結 論

今回、肝臓癌治療中にMIEとビタミンB6欠乏症を発症し、ADLの低下をきたした症例を経験した。神経症状の多くは可逆的に改善するとの報告があるものの、長期間のADLの低下に直結し得るため、リハビリテーション職種においても意識して早期発見に努めるべきである。また、今後も実際の生活状況に応じたリハビリテーションや代償戦略を提供して支援する必要がある。

利 益 相 反

本報告に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

謝辞：本報告の作成にあたり、協力頂いた患者様および御家族、病棟スタッフに感謝の意を示す。

文 献

- 1) Bhattacharyya S, Darby RR, *et al.*: Anticlotting-associated encephalopathy. *Neurology*. 2016; 86: 963–971.
- 2) Vrolijk MF, Hageman GJ, *et al.*: Inter-individual differences in pharmacokinetics of vitamin B6: A possible explanation of different sensitivity to its neuropathic effects. *PharmaNutrition*. 2020; 12: 100188.
- 3) 厚生労働省：重篤副作用疾患別対応マニュアル 末梢神経障害。 <https://www.pmda.go.jp/files/000143545.pdf> (2025年6月1日引用)
- 4) Ghavanini AA, Kimpinski K: Revisiting the evidence for neuropathy caused by pyridoxine deficiency and excess. *J Clin Neuromuscul Dis*. 2014; 16: 25–31.
- 5) 木頭伸宏, 金口瑛典, 他：筋力増強運動の基本と実際. *Jpn Rehabil Med*. 2017; 54: 746–751.
- 6) Kim JH, Kim T, *et al.*: The incidence and predictors of antibiotic-associated encephalopathy: A multicenter hospital-based

- study. *Sci Rep*. 2024; 14: 8747.
- 7) Sørensen CG, Karlsson WK, *et al.*: Metronidazole-induced encephalopathy: A systematic review. *J Neurol*. 2020; 267: 1–13.
 - 8) 加藤英明, 宗佐博子, 他: メトロニダゾール誘発性脳症2例の症例報告及び国内32例の文献的考察. *感染症誌*. 2015; 89: 559–566.
 - 9) Cavanagh JB: Lesion localization: Implications for the study of functional effects and mechanisms of action. *Toxicology*. 1988; 49: 131–136.
 - 10) Sinha S, Kataria A, *et al.*: Wernicke encephalopathy—Clinical pearls. *Mayo Clin Proc*. 2019; 94: 1065–1072.
 - 11) Goolsby TA, Jakeman B, *et al.*: Clinical relevance of metronidazole and peripheral neuropathy: A asystematic review of the literature. *Int J Antimicrob Agents*. 2018; 51: 319–325.
 - 12) Onuma Y, Oki M, *et al.*: Irreversible metronidazole encephalopathy in an elderly woman with primary biliary cholangitis. *J Gen Fam Med*. 2017; 18: 436–438.
 - 13) Furukawa S, Yamamoto T, *et al.*: Metronidazole-induced encephalopathy with contrast enhancing lesions on MRI. *J Neurol Sci*. 2015; 352: 129–131.
 - 14) Yasuda H, Hoshino Y, *et al.*: Vitamin B6 deficiency polyneuropathy and dermatitis. *Am J Med*. 2023; 136: e10–e11.
 - 15) Muhamad R, Akkrivaki A, *et al.*: The role of vitamin B6 in peripheral neuropathy: A systematic review. *Nutrients*. 2023; 15: 2823.
 - 16) Parra M, Stahl S, *et al.*: Vitamin B₆ and its role in cell metabolism and physiology. *Cells*. 2018; 7: 84.
 - 17) Liu Z, Farkas P, *et al.*: B vitamin supply in plants and humans: The importance of vitamer homeostasis. *Plant J*. 2022; 111: 662–682.
 - 18) Shulpekova Y, Nechaev V, *et al.*: The concept of folic acid in health and disease. *Molecules*. 2021; 26: 3731.
 - 19) Wong CW: Vitamin B12 deficiency in the elderly: Is it worth screening? *Hong Kong Med J*. 2015; 21: 155–164.
 - 20) Arsalan R, Sabzwari S: Isoniazid induced motor-dominant neuropathy. *J Pak Med Assoc*. 2015; 65: 1131–1133.
 - 21) Koike H, Takahashi M, *et al.*: Clinicopathologic features of folate-deficiency neuropathy. *Neurology*. 2015; 84: 1026–1033.
 - 22) Olesen LL, Jensen TS: Prevention and management of drug-induced peripheral neuropathy. *Drug Saf*. 1991; 6: 302–314.
 - 23) Gialanella B, Comini L, *et al.*: Effects of motor rehabilitation on balance and functional activities in elderly patients with peripheral neuropathy and recurrent falls. *Life (Basel)*. 2023; 13: 1059.
 - 24) Caronni A, Picardi M, *et al.*: Responsiveness to rehabilitation of balance and gait impairment in elderly with peripheral neuropathy. *J Biomech*. 2019; 94: 31–38.
 - 25) Huang YT, Sun CY, *et al.*: Metronidazole-induced encephalopathy: Uncommon cause of recurrent falling in a geriatric man. *J Microbiol Immunol Infect*. 2023; 56: 203–205.

総説

シリーズ 「心疾患患者に対する理学療法のアップデート」

連載第6回 在宅の心疾患患者に対する身体活動適正化を図るポイント*

内藤 紘一¹⁾

序論：在宅心疾患患者における身体活動の重要性と本邦の課題

心不全患者に対する運動療法は、その有効性と安全性が数多くの研究によって確立されており、現代の心不全治療において不可欠な要素として位置づけられている¹⁾。複数のランダム化比較試験のメタアナリシスでは、運動療法が心不全患者の運動耐容能（最大酸素摂取量：peak $\dot{V}O_2$ など）を有意に改善し、呼吸困難などの自覚症状を軽減させ、生活の質（Quality of Life：以下、QOL）を向上させることが一貫して示されている¹⁾。さらに、その効果は身体機能の改善にとどまらず、心不全による再入院率や総死亡率を統計学的に有意に減少させるなど、長期予後にも好影響を及ぼすことが証明されている¹⁾。これらの強固なエビデンスに基づき、日本循環器学会の「心不全診療ガイドライン」をはじめとする国内外の主要な診療ガイドラインにおいて、心臓リハビリテーション（以下、心リハ）は最高レベルの推奨（クラスI）として挙げられている²⁾。

しかしながら、本邦における心リハの実態は、この確立されたエビデンスとは著しい乖離を見せている。特に、退院後の外来における監視型心リハの実施率は極めて低い水準にとどまっており、一部の報告では、入院心リハ参加者の約95%が退院後の外来心リハを継続していなかったことが示されている³⁾。この「エビデンスと実践のギャップ」の背景には、診療報酬上の課題、心リハを提供する施設や専門人材の不足、医療従事者の認知

度の問題、そして患者側の地理的・時間的・経済的障壁など、多岐にわたる構造的な問題が存在すると指摘されている³⁾。この現状は、エビデンスに基づく最適な医療を受けることができる一部の患者と、そうでない大多数の患者との間に、事実上のリハビリテーションの格差を生み出していることを示唆している。

このような状況下で、臨床的に極めて重要となるのが、患者が日常生活の大半を過ごす「在宅」での身体活動管理である。監視型心リハへの参加が困難な大多数の患者にとって、日々の身体活動量をいかに安全かつ効果的に維持・向上させるかが、予後を左右する決定的な要因となる。近年の研究では、心リハ施設での構造化された運動だけでなく、日常生活における身体活動パターンそのものが、独立して予後に影響を与えることが明らかにされている⁴⁾。したがって、本邦の医療システムが抱える構造的課題を鑑みれば、もはや課題は「運動療法が有効か否か」というエビデンスの蓄積段階にはなく、「確立されたエビデンスを、いかにして監視型ではない在宅環境で安全かつ広範に実践に移すか」という実装科学（implementation science）の次元へと移行しているといえる。

本稿では、この喫緊の課題に応えるべく、在宅生活を送る心疾患患者の身体活動を適正化するための要点を多角的に論じる。まず、客観的データに基づき在宅患者の身体活動・座位行動の実態を明らかにし、画一的な指導の限界と個別化の必要性を提示する。次に、個々の患者特性に応じた具体的な介入戦略を、行動科学や心理社会的アプローチの知見を交えて詳述する。さらに、新たな戦略として注目される遠隔心リハやリモート心リハ、モノのインターネット（Internet of Things：以下、IoT）と人工知能（Artificial Intelligence：以下、AI）技術の可能性に言及する。最終的に、これらの要素を統合し、持続可能な在宅身体活動支援のための包括的な視点を提案することを目的とする。

* Key Strategies for Optimizing Physical Activity in Home-based Patients with Cardiovascular Disease

1) 名古屋大学医療科学部理学療学科
(〒467-0003 愛知県名古屋市瑞穂区汐路町3-40)
Koichi Naito, PT, PhD: Department of Physical Therapy, Faculty of Medical Science, Nagoya Aoi University
キーワード：在宅心疾患、身体活動、遠隔支援、IoT・AI技術、セルフマネジメント



本論文はクリエイティブ・コモンズ[表示 4.0 国際]ライセンスの下に利用許諾されています。

© 2025 日本理学療法学会連合

在宅心疾患患者の身体活動・座位行動の実態と個別化の必要性

在宅心疾患患者の身体活動を適正化するための第一歩は、対象者の日常生活の実態を客観的に把握することである。従来、身体活動量の評価は自己申告式の質問票に依存することが多かったが、想起バイアスなどの影響を受けやすく、必ずしも正確な実態を反映しているとは言えなかった。しかし、三軸加速度計のようなウェアラブルデバイスの登場により、24時間の活動パターンを客観的かつ詳細に捉えることが可能となった⁵⁾。

近年の本邦における外来心リハ患者を対象とした研究では、三軸加速度計を用いて在宅での身体活動が詳細に分析され、注目すべき実態が明らかになっている。この研究によると、患者は覚醒時間の大半を座位行動 (Sedentary Behavior : SB) に費やしており、その平均時間は1日あたり約11時間 (663.7±118.1分/日) にも及んだとされる。一方で、心血管疾患の予防や管理に重要とされる中高強度身体活動 (Moderate-to-vigorous Physical Activity : 以下, MVPA) に費やす時間は極めて短く、中央値でわずか25.6分/日であった⁵⁾。このデータが示すのは、たとえ外来心リハ参加者という比較的動機づけの高い集団であっても、ひとたび在宅環境に戻れば、その生活は圧倒的に静的なものになるという厳しい現実である。これは、心リハの課題が、単に患者の動機付けを高めることだけでは解決しないことを示唆している。むしろ、臨床現場で得られた運動習慣を、構造化されていない在宅という生活空間でいかに持続させるか、という環境移行の支援こそが核心的な課題であることを物語っている。

さらに、この研究は「平均的な心疾患患者」という概念の危うさを浮き彫りにし、個別化アプローチの絶対的な必要性を統計的に裏付けている。多重線形回帰分析によって、患者の身体活動パターンに影響を与える複数の

独立した要因が同定されたのである (表1)⁵⁾。

この分析結果は、画一的な「もっと運動しましょう」という指導がいかに非効率であるかを明確に示している。

1. 性差

男性は女性と比較して1日あたり64分も座位時間が長く、低強度身体活動 (Low Physical Activity : LPA) が22%少ない。一方で、意識的な「歩行」時間は40%多い傾向にある。対照的に、女性は家事などの「生活活動」に費やす時間が男性より有意に長い⁵⁾。これは、介入戦略が性別によって異なるべきであることを示唆している。例えば、男性には長時間の座位を中断する工夫を、女性には既存の生活活動の強度を高める工夫を提案するなど、それぞれの生活パターンに根差したアプローチが求められる。

2. 年齢

加齢は、特に強度の高い活動に対する強力な負の予測因子である。年齢が1歳上がるごとにMVPAは3%、嫌気性代謝閾値 (Anaerobic Threshold : 以下, AT) を超える強度の活動時間は4%減少する⁵⁾。高齢患者に対しては、MVPAの目標達成を性急に求めるのではなく、安全性を最優先し、まずは座位時間を減らすことから始める漸進的なアプローチが不可欠である。

3. 身体的特徴

Body Mass Index (以下, BMI) が高い、すなわち肥満傾向にある患者ほど、歩行時間が短くなる (BMIが1増加するごとに4%減少)⁵⁾。肥満が身体活動の妨げとなり、活動量の低下がさらなる肥満を招くという悪循環を断ち切るためには、運動指導と並行した栄養指導や体重管理が重要となる。

表1 在宅心疾患患者の1日の身体活動・座位行動に影響を与える要因 (多重線形回帰分析)

従属変数	独立変数	β 係数 (変化量)	p値
座位行動 (SB)	性別 (男性 vs 女性)	+64.2 min	0.015
低強度身体活動 (LPA)	性別 (男性 vs 女性)	-22%	0.001
中高強度身体活動 (MVPA)	嫌気性代謝閾値 (AT)	+43% (per 1 MET)	0.031
	年齢	-3% (per 1 year)	<0.001
歩行時間	体格指数 (BMI)	-4% (per 1 kg/m ²)	0.036
	性別 (男性 vs 女性)	40%	0.024
生活活動時間	性別 (男性 vs 女性)	-24%	<0.001
AT以上の活動時間	嫌気性代謝閾値 (AT)	-87% (per 1 MET)	<0.001
	年齢	-4% (per 1 year)	0.004
AT以下の活動時間	嫌気性代謝閾値 (AT)	+57 min (per 1 MET)	<0.001

LPA, MVPA, 歩行時間, 生活活動時間, AT 以上の活動時間は対数変換後の解析結果。

β 係数は変化率または変化量を示す。

4. 運動耐容能

ATは身体活動パターンを規定する最も重要な生理学的指標の一つである。ATが1MET上昇するごとに、MVPAは43%も増加する⁵⁾。これは、心リハによる運動耐容能の向上が、在宅での活動的な生活を可能にする直接的な基盤となることを意味する。さらに注目すべきは、ATが高い患者ほど、心臓に過度な負担をかけるリスクのある「ATを超える強度」での活動時間が劇的に(87%)減少するという点である⁵⁾。これは、運動耐容能の向上が、単に活動量を増やすだけでなく、日常生活における運動負荷量が心臓に負担をかけにくい強度になっていることを示唆している。生理学的予備能が高まることで、以前は高強度であった日常動作(例:階段昇降)が中強度あるいは低強度となり、結果的に過度な負担をかける時間が自然と減少する。この事実は、たとえわずかでも運動耐容能を改善させることが、在宅での安全な活動管理において極めて重要であるという強力な根拠となる。

これらの客観的データは、在宅の心疾患患者を指導する上で、彼らを均質な集団としてではなく、性別、年齢、体格、そして何よりも客観的な運動耐容能によって層別化し、それぞれの特性に最適化された「個別化処方」を行うことが不可欠であることを強く示唆している。

身体活動適正化のための介入戦略：個別化アプローチの要点

在宅心疾患患者の身体活動パターンが極めて多様であり、個別化が不可欠であるという認識に基づき、本章では画一的な運動処方を超えた、多面的かつ個別化された介入戦略の要点を詳述する。このアプローチは、生物医学的指標だけでなく、患者の心理社会的背景や内的資源にも着目し、持続可能な行動変容を促すことを目的とする。

1. 個別特性に応じた目標設定と指導

前章で示した客観的データ⁵⁾を、具体的な臨床実践に落とし込むことが介入の第一歩となる。

1) 性差を考慮したアプローチ

- ・男性患者に対しては、座位時間が長く、意識的な歩行を好む傾向を考慮する。具体的な戦略として、スマートフォンのリマインダー機能やタイマーを用いて20-30分ごとに立ち上がることを促すなど、長時間の座位を中断させる「デジタルプロンプト」が有効であると考えられる⁵⁾。また、歩数計や活動量計を用いて日々の歩数を可視化し、具体的な数値目標(例:今週は1日平均500歩増やす)を設定することで、彼らの目標志向的な特性を活かした介入が可能となる⁶⁾。
- ・女性患者に対しては、家事や買い物といった「生活活動」が身体活動の主要な部分を占めていることを肯定的に評価し、それを介入の基盤とすることが重要であ

る⁵⁾。新たな「運動」を課すのではなく、例えば「掃除機をかける時間を少し長くする」「少し遠くのスーパーまで歩いてみる」など、既存の生活活動の強度や時間をわずかに調整することを提案する。これは、日本の高齢女性が担うことの多い社会文化的役割を尊重し、介入への心理的抵抗を低減させる上で効果的である⁵⁾。

ただし、これらの傾向は現時点に限ったものである。社会における男女共同参画の進展を考慮すれば、将来的に変容することが見込まれるため、時代ごとの評価が求められる。

2) 低体力・高齢・肥満患者へのアプローチ

- ・年齢、BMI、ATといった因子から高リスクまたは低体力と判断される患者群においては、安全性の確保が最優先される。介入は、日常生活動作評価(自覚症状がBorg Scaleで11~13程度で実施できているかなど)や指導から着手する。MVPAの増加を初期目標とせず、まずは「座位時間を減らし、低強度活動に置き換える」ことを主眼に置くべきである⁶⁾。
- ・行動変容技法(Behavior Change Techniques: 以下、BCTs)の中でも、特に「段階的課題(Graded Tasks)」が有効である⁷⁾。これは、達成が容易な小さな目標から始め、成功体験を積み重ねることで自己効力感を高め、徐々に課題の難易度を上げていく手法である。例えば、最初の1週間は「1日に3回、テレビのCM中に立ち上がる」といった極めて達成が容易な目標から始めることが、長期的な行動変容への第一歩となる。

2. 行動変容を促す心理社会的アプローチ

身体活動は生理学的な行為であると同時に、個人の価値観、動機、社会的環境に深く影響される心理社会的な行動である。したがって、効果的な介入には心理社会的アプローチが不可欠である。

1) 動機付け面接(Motivational Interviewing: 以下、MI)

MIは、患者が持つ行動変容への両価性(アンビバレンス)を探求し、解消することを支援する協働的なコミュニケーションスタイルである⁸⁾。医師や療法士が一方的に「～すべきだ」と指示するのではなく、「身体を動かすことについて、ご自身ではどうお考えですか?」のような開かれた質問を通じて、患者自身の内発的動機を引き出すことに焦点を当てる。MIは、身体活動量の増加、服薬アドヒアランスの向上、さらには心リハへの参加率向上に有意な効果があることが示唆されている⁹⁾。

2) 共同意思決定(Shared Decision-Making: 以下、SDM)

活動計画の立案は、医療者と患者の共同作業であるべきである。SDMは、医療者がエビデンスに基づいた選択肢(例:「Aという方法には～の利点とリスクが、Bという方法には…」)を提示し、患者が自身の価値観や生活上の好み(例:「私は一人で黙々と歩く方が好きだ」

「仲間と一緒にないと続かない」)を表明し、両者が対話を通じて最適な方針を共に決定するプロセスである¹⁰⁾。慢性疾患管理におけるこのような嗜好感受性の高い決定において、SDMは患者の満足度とアドヒアランスを向上させることが知られている¹¹⁾。

3) ソーシャルサポートの活用

患者を孤立した個人としてではなく、家族や地域社会というネットワークの中にいる存在として捉えることが重要である。介入計画には、積極的に家族を巻き込むべきである。特に、在宅療養を支える家族介護者は、患者のセルフケアを促進する上で極めて重要な役割を担う¹²⁾。そこで、患者と介護者を一つのユニット(ダイアド)として捉え、双方を支援する介入が有望視されている¹²⁾。また、同じ疾患を持つ仲間からの支援(ピアサポート)は、共感や情報共有を通じて孤立感を和らげ、自己管理能力を高める効果があることが心不全を含む多くの慢性疾患で報告されている¹³⁾。

3. 内的資源を引き出すための理論的枠組み

持続可能な行動変容は、外部からの指示だけでは達成されないため、患者自身の内的な力、すなわち心理的資源を引き出す必要がある。そのための理論的枠組みを介入デザインに組み込むことが望ましい。

1) 自己効力感(Self-efficacy)の醸成

自己効力感とは、「特定の行動をうまく実行できる」という自己の能力に対する信念であり、身体活動を実践する上での最も強力な心理的決定要因の一つである¹⁴⁾。心不全患者では自己効力感が低いことが多く、これが活動への大きな障壁となっている¹⁵⁾。そのため介入は、自己効力感を高めることを明確な目標とすべきである。具体的には、①達成可能な小さな目標設定による「遂行行動の達成(mastery experiences)」、②同じような状況の他者(ピア)の成功を見ることによる「代理経験(vicarious experience)」、③医療者からの励ましや肯定的なフィードバックによる「言語的説得(verbal persuasion)」といった手法を意図的に用いることが有効である。

2) ポジティブ心理学(Positive Psychology)の応用

従来の医学モデルが疾病や機能不全といった欠損(deficit)に焦点を当てるのに対し、ポジティブ心理学は人の強みや幸福感、生きがいといった肯定的側面に注目する¹⁶⁾。楽観性や人生の目的意識といったポジティブな心理状態が、心血管疾患のリスク低下や健康行動の促進と独立して関連することが示されている¹⁷⁾。介入に、感謝していることを書き出す「感謝ワーク」や、自身の「強み」を認識して日常生活で活かすといったポジティブ心理学の要素を取り入れることで、患者の視点を「失われた機能」から「残された能力や強み」へと転換させ、レジリエンスを高めることが期待できる¹⁸⁾。

3) サルーツジェネシス(Salutogenesis)と首尾一貫感覚(Sense of Coherence: 以下、SoC)

Aaron Antonovskyが提唱したサルーツジェネシスは、「病気の起源(pathogenesis)」ではなく「健康の起源」を探求する理論的視点である¹⁹⁾。その中核概念であるSoCは、①人生で起こる出来事は理解可能であるという「把握可能感(comprehensibility)」、②困難に対処できる資源があるという「処理可能感(manageability)」、③人生には乗り越える価値のある挑戦があるという「有意味感(meaningfulness)」の3要素から構成される²⁰⁾。強いSoCを持つ人は、ストレスへの対処能力が高く、健康的な行動を選択しやすいことが知られている²¹⁾。リハビリテーションの目標を、単に「身体活動量を増やす」ことだけでなく、「病気という困難な状況下でも、患者が自らの人生を把握し、対処し、意味を見出す手助けをする」、すなわちSoCを強化することと捉え直すことで、より根源的で人間中心的な支援が可能となる。

これらの多面的なアプローチを統合することは、介入の「ハイパー・パーソナライゼーション」への道を拓く。このような複雑で個別化された介入を実践する上で、本章で述べるテクノロジーの活用が鍵となる。

新たな戦略としての遠隔リハビリテーションとIoT/AIの活用

前章で詳述したハイパー・パーソナライズされた介入戦略を、地理的・時間的制約を超えて大多数の在宅患者に届けるための強力な手段が、情報通信技術(Information and Communication Technology: ICT)を活用した遠隔リハビリテーションである。本章では、ウェアラブルデバイスからIoT/AIに至る技術の進화가、在宅心リハをどのように変革しうるかを論じる。なお、本邦では同時双方向型の遠隔介入を遠隔心リハ、非同時双方向型の遠隔介入をリモート心リハと称することが一般的であるが、本稿ではまとめて遠隔心リハと表現する。

1. ウェアラブルデバイスによる客観的評価とフィードバック

遠隔心リハは、もはや単なる構想ではなく、その有効性と安全性が確立されたエビデンスに基づく治療選択肢となっている。複数のシステマティックレビューやメタアナリシスにより、遠隔(在宅型またはハイブリッド型)心リハは、従来の外来通院型と比較して、運動耐容能や心血管リスク因子の改善において同等以上の効果をもたらすことが示されている²²⁾。特に、長期的な身体活動レベルの維持や介入へのアドヒアランス向上においては、遠隔アプローチの方が優れている可能性も示唆されている²³⁾。

この遠隔心リハの成功を支える基盤技術が、スマート

ウォッチや活動量計といったウェアラブルデバイスである。これらのデバイスは、前述のBCTsの中核をなす「自己監視 (self-monitoring)」と「フィードバック (feedback)」を自動的かつ継続的に提供することを可能にする²⁴⁾。これらの技術により、患者の運動や生活習慣を継続的に把握し、医療者とのデータ共有を通じて治療の質や自己管理を高めることが可能となる。また、リアルタイムの情報提供やフィードバックを介して行動変容を促進し、セルフマネジメントの強化に寄与することが報告されている²⁵⁾。

効果的な遠隔介入プログラムでは、単にデバイスを配布するだけでなく、テクノロジーを包括的な支援システムの一部として組み込んでいる。例えば、ウェアラブルデバイスによる活動量モニタリングと、医療専門家による定期的な電話カウンセリング、個別化された目標設定、教育コンテンツの提供を組み合わせた介入は、持続的な行動変容を促す上で高い効果が報告されている²⁶⁾。本邦でも、ウェアラブルデバイス+遠隔支援 (電話カウンセリング、目標設定、教育) を組み合わせた介入は、心不全患者の身体活動を増加させ、QOL改善に寄与することが報告されている²⁷⁾。

2. IoT/AIが拓く個別化介入の未来

ウェアラブルデバイスが「データの収集と可視化」を可能にしたとすれば、IoT/AIは、そのデータを活用して「インテリジェントな介入」を実現する次世代の技術である。

1) IoTとAIの融合

ヘルスケアにおけるIoTとは、活動量計、体重計、血圧計、心電計など、複数のデバイスが相互に接続され、患者の生理学的・行動学的データをクラウド上に継続的

に集約するシステムを指す²⁸⁾。AI、特に機械学習アルゴリズムは、この膨大かつ多次元のデータを解析し、単なるフィードバックを超えた予測分析や介入の最適化を可能にする²⁹⁾。本邦においても、在宅で記録された単一誘導心電図データからAIを用いて心不全の増悪を早期に検出するシステムの開発が進められている³⁰⁾。

2) デジタルフェノタイピング (Digital Phenotyping)

デジタルフェノタイピングは、スマートフォンやウェアラブルデバイスから受動的に収集されるデータ (例: GPSによる移動パターン、通話やテキストの頻度、SNSの利用状況、タイピング速度) を用いて、個人の行動様式や心理状態をリアルタイムかつ高解像度で把握する先進的な概念である³¹⁾。これにより、従来は自己申告に頼らざるを得なかった抑うつ傾向、社会的孤立、意欲低下といった、身体活動の重要な阻害要因を客観的なデータから推測できるようになる可能性がある。

3) AIによる「ナッジ (Nudge)」

デジタルフェノタイピングで得られた知見は、行動経済学の「ナッジ理論」と組み合わせることで、より洗練された介入へと昇華されうる³²⁾。ナッジとは、選択の自由を奪うことなく、人々がより良い決定を下せるように、その選択の構造 (choice architecture) を巧みに設計する介入である。たとえば、AIシステムがデジタルフェノタイピングから「長時間の非活動状態」と「SNS利用の増加」という社会的孤立を示唆するパターンを検知した場合、強制的な指示ではなく、「少し気分転換に散歩してみてもいかがですか?」といったタイミングの良い通知や、患者自身が設定した目標をさりげなくリマインドする「ナッジ」を送信することで、自発的な行動変容をそっと後押しすることが可能になる。

なお、我々も、在宅心疾患患者を対象に、ナッジ理論

表2 在宅心疾患患者に対する遠隔介入アプローチの比較

介入タイプ	主要技術	主な介入メカニズム	有効性のエビデンス	主な課題・限界
構造化電話サポート	電話	定期的なカウンセリング、教育、口頭での目標設定と進捗確認	アドヒアランスやQOL改善に一定の効果 ³³⁾	客観的データの欠如、介入の非同期性、スケーラビリティの限界
ウェアラブルデバイス+アプリ	活動量計、スマートフォンアプリ	自己監視、リアルタイムフィードバック、個別目標設定、教育コンテンツ	運動耐容能、アドヒアランス、リスク因子改善に外来型と同等の効果 ²²⁾	デジタルデバイス、長期アドヒアランスの低下、データ断片化
統合型IoTプラットフォーム	複数の連携デバイス (活動量計、体重計、血圧計等)、クラウド	多次元データの統合的モニタリング、遠隔での包括的状态把握	身体活動の増加、医師のケア時間短縮の可能性 ²⁸⁾	システムの複雑性、導入コスト、相互運用性の確保、データセキュリティ
AI駆動型適応システム	IoT、機械学習、AI	デジタルフェノタイピング、増悪リスク予測、個別化された自動ナッジ	理論的には有望だが、臨床の有効性を示す大規模研究はまだ少ない ²⁹⁾	重大なELSI懸念 (プライバシー、バイアス、監視)、技術的複雑性、ブラックボックス問題

を取り入れたウェアラブルデバイスとスマートフォンを利用した座位時間適正化のためのWebアプリケーションを開発し、2025年10月よりPilot studyを開始する予定である。

これらの技術の進化とそれに伴う課題を整理するため、表2に遠隔介入アプローチの比較を示す。

テクノロジーは、個別化されたケアを大規模に展開するための強力なツールであるが、それは決して医療者による人間的な関与の代替物ではない。むしろ、技術が高度化・自動化するほど、その運用における倫理的原則の確立と、人間中心の視点を維持するための医療者の役割がより一層重要となる。

結論：持続可能な身体活動を支えるための多層的アプローチ

本稿では、在宅生活を送る心疾患患者の身体活動をいかにして安全かつ効果的に適正化するかという、本邦の心リハにおける喫緊の課題について、多角的な視点から論じてきた。確立された運動療法の有効性が報告されているにもかかわらず、外来心リハの実施率が極めて低いという「エビデンスと実践のギャップ」は、我々に在宅環境に根差した新たな戦略の構築を迫っている。

本稿で得られた主要な結論は以下の通りである。第一に、Naitoらの研究が示すように、在宅心疾患患者の身体活動パターンは均一ではなく、性別、年齢、BMI、そしてATといった客観的指標によって有意に異なる⁵⁾。この事実は、画一的な心リハから脱却し、個々の患者特性に基づいた厳密な個別化アプローチへと移行する必要性を明確に示している。

第二に、効果的な介入戦略は、単なる運動処方にとどまらない。それは、MIやSDMといった患者中心のコミュニケーション技法、自己効力感やSoCといった患者の内的資源を育む心理社会的アプローチを統合した、包括的なものでなければならない。

第三に、ウェアラブルデバイスやIoT/AIといったテクノロジーは、個別化されたケアを大規模に展開するための強力な推進力となる。特に、客観的データに基づくリアルタイムのフィードバックや、AIを用いた予測・個別介入は、在宅心リハの質を飛躍的に向上させる可能性を秘めている。しかし、その導入は、プライバシーの保護、アルゴリズムの公平性、そして監視社会化への懸念といった深刻な倫理的・法的・社会的課題(Ethical, Legal and Social Issues: ELSI)に対する慎重な配慮と並行して進められなければならない。

最終的に、在宅患者の身体活動を最適化し、それを社会全体で持続可能なものとしていくためには、単一の解決策に依存するのではなく、以下に示す多層的アプローチを統合したシステムの構築が不可欠である。

- ①臨床的精密性 (Clinical Precision): 客観的な生体・行動データに基づき、個々の患者のリスクと能力を正確に評価し、科学的根拠に基づいた個別化された活動計画を立案する。
- ②心理的支援 (Psychological Support): 共感的かつ患者中心のコミュニケーションを基盤とし、行動科学の知見を活用して、患者の内発的動機と自己効力感を育む。
- ③技術的支援 (Technological Enablement): 遠隔モニタリングやインテリジェントシステムを、ケアの代替ではなく、臨床判断と患者の自己管理を支援するツールとして賢明に活用する。
- ④社会的統合 (Social Integration): 介入を患者の生活する地域社会の中に位置づけ、地域包括ケアシステムや「ケアのコモンズ」といった既存の社会関係資本と連携させることで、孤立を防ぎ、社会的な支援網を構築する。

この多層的アプローチこそが、本邦における心リハの「実装のギャップ」を埋め、心疾患と共に生きるすべての患者が、その人らしい生活の中で身体活動の恩恵を最大限に享受できる未来を実現するための鍵となるであろう。今後の研究と実践は、この統合的システムの構築と検証に向けて注力されるべきである。

助 成

本論文の執筆にあたり、日本学術振興会 (JSPS) 科学研究費助成事業 基盤研究(C) (課題番号: 23K10050, 研究代表者: 内藤 紘一)「心不全進行予防のためのウェアラブルデバイスを用いた座位時間適正化プログラムの開発」による助成を受けた。

文 献

- 1) 後藤葉一: 心臓リハビリテーション: エビデンスと展望. J Cardiol Jpn Ed. 2009; 3: 195-215.
- 2) 加藤貴雄, 秋山英一, 他: 2025年改訂版 心不全診療ガイドライン. 日本循環器学会/日本心不全学会, 東京, 2025, pp. 180-184.
- 3) Kanazawa N, Yamada S, *et al.*: Trends in the use of cardiac rehabilitation in japan between 2010 and 2017: An epidemiological survey. Circ Rep. 2021; 3: 569-577.
- 4) Kim Y, Canada JM, *et al.*: Physical activity, sedentary behaviors and all-cause mortality in patients with heart failure: Findings from the NHANES 2007-2014. PLoS One. 2022; 17: e0271238.
- 5) Naito K, Izawa KP, *et al.*: Characteristics of physical activity and sedentary behavior in patients undergoing outpatient cardiac rehabilitation. Sci Rep. 2024; 14: 24217.
- 6) 北村匡大, 井澤和夫: 心臓リハビリテーションにおける身体活動指導の実践. 心臓. 2024; 56: 869-876.
- 7) Amirova A, Fteropoulis T, *et al.*: Efficacy of interventions to increase physical activity for people with heart failure: A meta-analysis. Open Heart. 2021; 8: e001687.
- 8) Pietrabissa G, Ceccarini M, *et al.*: Enhancing behavioral change with motivational interviewing: A case study in a Cardiac Reha-

- bilitation Unit. *Front Psychol.* 2015; 6: 298.
- 9) Winkler DJ, Suire KB, *et al.*: Motivational interviewing impact on cardiac rehabilitation program outcomes: A systematic review of randomized controlled trials. *J Card Pulm Rehabi.* 2022; 6: 164.
 - 10) Wang H, Xiu M, *et al.*: Perceptions of shared decision-making participation during cardiac rehabilitation in coronary heart disease patients after coronary artery bypass surgery grafting: A qualitative study. *BMC Cardiovasc Disord.* 2025; 25: 529.
 - 11) Dierckx K, Deveugele M, *et al.*: Implementation of shared decision making in physical therapy: Observed level of involvement and patient preference. *Phys Ther.* 2013; 93: 1321–1330.
 - 12) Son Y-J, Choi J, *et al.*: Development and evaluation of a patient–family caregiver dyad mHealth intervention for heart failure self-care: Quasi-experimental study. *J Med Internet Res.* 2025; 27: e74922.
 - 13) Blakoe M, Olesen CS, *et al.*: The rise and fall of a social support intervention feasibility trial targeting loneliness in patients with cardiac disease: Lessons learned and future perspectives. *BMC Nurs.* 2024; 23: 423.
 - 14) Klompstra L, Jaarsma T, *et al.*: Physical activity in patients with heart failure: Barriers and motivations with special focus on sex differences. *Patient Prefer Adherence.* 2015; 9: 1603–1610.
 - 15) Marques-Sule E, Deka P, *et al.*: Physical activity readiness in patients with heart failure. *Int J Environ Res Public Health.* 2022; 19: 16332.
 - 16) Kubzansky L, Huffman J, *et al.*: Positive psychological well-being and cardiovascular disease: JACC health promotion series. *J Am Coll Cardiol.* 2018; 72: 1382–1396.
 - 17) AACVPR News & Views [Internet]. Bailey AL: Cardiac Rehab: An Ideal Location to Improve Psychological Well-being. [updated 2018 Oct 10; cited 2025 Aug 17]. Available from: <https://newsandviews.aacvpr.org/Full-Article/cardiac-rehab-an-ideal-location-to-improve-psychol-1>.
 - 18) Nikrahan GR, Suarez L, *et al.*: Positive psychology interventions for patients with heart disease: A preliminary randomized trial. *psychosomatics.* 2016; 57: 348–358.
 - 19) Moksnes UK, Lohre A, *et al.*: Sense of coherence and chronic illnesses: Scope for research in India. *J Soc Health Diabetes.* 2015; 3: 79–83.
 - 20) Moksnes UK: Sense of Coherence. In: Haugan G and Eriksson M (eds) : *Health Promotion in Health Care – Vital Theories and Research.* Springer, Cham, 2021, pp. 35–46.
 - 21) Liu Y, Zhang B, *et al.*: Non-pharmacological interventions targeting sense of coherence among older adults and adults with chronic conditions: A meta-analysis with trial sequential analysis. *J Adv Nurs.* 2025; 81: 2165–2198.
 - 22) Rawstorn JC, Gant N, *et al.*: Telehealth exercise-based cardiac rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Heart.* 2016; 102: 1183–1192.
 - 23) Antoniou V, Kapreli E, *et al.*: Safety and long-term outcomes of remote cardiac rehabilitation in coronary heart disease patients: A systematic review. *Digit Health.* 2024; 10: 20552076241237661.
 - 24) Otaka E, Oguchi K, *et al.*: Effectiveness of self-monitoring approach using fitness trackers to improve walking ability in rehabilitation settings: A systematic review. *Front Rehabil Sci.* 2021; 2: 752727.
 - 25) Zutz A, Ignaszewski A, *et al.*: A systematic review of remote cardiac rehabilitation utilizing wearable monitors. *Isr Med Assoc J.* 2025; 27: 56–62.
 - 26) Batalik L, Filakova K, *et al.*: Lifestyle walking intervention for patients with heart failure with reduced ejection fraction: The WATCHFUL trial. *Circulation.* 2024; 149: 1292–1305.
 - 27) Yamaoka K, Katsumata Y, *et al.*: Patient-centered medical tools for sustained motivation in cardiac rehabilitation of patients with heart failure: Protocol of a multicenter randomized controlled trial (EXERCISE-HF trial). *Contemp Clin Trials Commun.* 2025; 42: 101408.
 - 28) Marketou ME, Anastasiou I, *et al.*: Efficacy of an Internet of Things-based system for cardiac rehabilitation monitoring: Insights from the IntelliIoT pivotal trial in heart failure patients. *Eur Heart J Digit Health.* 2025; 6: 293–297.
 - 29) Mazumdar K, Das S: Cognitive cardiac rehabilitation using IoT and AI tools: Conclusion. Chap 13. In: *Cognitive Cardiac Rehabilitation Using IoT and AI Tools.* IGI Global, Hershey, 2023, pp. 189–191.
 - 30) SIMPLEX QUANTUM株式会社：東京大学ら、心不全AIの効果を実証する研究がAMEDの「医療機器等における先進的研究開発・開発体制強化事業」に採択と発表。デジタルシフト。 https://digital-shift.jp/flash_news/FN210606_1 (2025年8月17日引用)
 - 31) Dlima SD, Shevade S, *et al.*: Digital phenotyping in health using machine learning approaches: Scoping review. *JMIR Bioinform Biotechnol.* 2022; 3: e39618.
 - 32) Yu J, Fu Y, *et al.*: The effectiveness of nudge-based interventions on self-monitoring behaviours among patients with cardiometabolic diseases: A systematic review and meta-analysis. *Health Psychol Rev.* 2025; 1–28. doi: 10.1080/17437199.2025.2532017.
 - 33) Wakefield B, Drwal K, *et al.*: Feasibility and effectiveness of remote, telephone-based delivery of cardiac rehabilitation. *Telemed J E Health.* 2014; 20: 32–38.

総説

シリーズ 「理学療法における臨床予測ルール (clinical prediction rule) とその適用」

連載第6回 脳血管障害患者における臨床予測ルールの適用*

北地 雄¹⁾

総論：なぜ「臨床予測ルール」が今、求められるのか

「私はまた歩けるようになるのでしょうか？」

理学療法の臨床現場で、この切実な問いに直面したことのない療法士はいないだろう。私たち臨床家はこの切実な問いにどれほど誠実に、そして一貫して対応できているだろうか。従来は、知識や経験に基づく直感に頼る場面が多かった。しかし、どれほど知識や経験が豊富でも人間の判断にはバイアスが生じやすく、それらに依存した判断には限界がある。限られたリハビリテーションの資源を最適に配分し、患者・家族に現実的で、希望の持てるゴールを提示するためには、客観的で再現性の高い根拠が求められる。こうした背景から、近年注目されているのが臨床予測ルール (Clinical Prediction Rule: CPR) である。臨床予測ルールは、年齢や麻痺の重症度、バランス能力等複数の臨床情報を統計的に統合し、特定の患者が将来どのような状態になるかを確率的に予測するツールである¹⁾。しかし、これは未来を言い当てる「予言書」ではない。情報の海を航海する臨床家にとって、臨床予測ルールはリハビリテーション計画の「羅針盤」となりうる一方で、使い方を誤れば患者の可能性を狭め、誤った方向へ導く危険性もある。大切なのは、臨床予測ルールを唯一絶対の答えとしてではなく、臨床推論を補助し患者中心の個別性を高めるための賢い武器として活用することである。

本稿では、脳卒中者の理学療法における臨床予測ルールの基本的な考え方、使い方、および歩行自立を中心とした実装の要点をまとめる。

臨床疑問の解像度を上げる：PICOT/TRIPODとEBPTの視点

1. あなたの疑問はどちらのタイプ?: Background QuestionとForeground Question (図1)

臨床疑問は、Background Question (背景疑問) と Foreground Question (前景疑問) に分けられる²⁾。前者は「脳卒中者の回復は一般的にどう進むのか？」等教科書的な知識を問うものである。後者は背景的な知識がある程度整理された後に、「この患者の歩行速度を改善させるためには、通常速度と最大速度での歩行練習のどちらが効果的か？」等、複数の要素を組み合わせる生じる問いである²⁾。根拠に基づく理学療法 (Evidence-based Physical Therapy: EBPT) の実践では、まずこの二つの疑問を区別することが重要である。背景疑問は人に聞く・教科書を読む・生成人工知能 (Artificial Intelligence: 以下, AI) を含めて検索する等で解決できる。つまり、背景疑問を解決したい場合、臨床予測ルールを含めた研究論文を読むことは適していない。一方で、前景疑問は分類と構造化を行うことで、よりの確かな情報検索につなげることができる。

2. 検索可能な疑問を作る技術：PICOT/TRIPOD

次に前景疑問を分類しよう。臨床で生じる疑問はEvidence-based Medicine (EBM) 標準の4類型 (治療/診断/予後/病因・害) を現場で使いやすいように、以下の5つに分類できる²⁾；①メカニズム (この患者に何が起きているのか?)、②診療の実態 (例：自力歩行不能者に対してKnee-ankle-foot Orthosis (KAFO) を作成して歩行練習を行う割合は?)、③検査の有効性 (歩行自立判定のカットオフ値は? 信頼性は? 妥当性は?)、④要因と結果 (リスクファクターの有無で比較)、⑤介入の効果。

①は一般的に背景疑問に該当し³⁾、おもに基礎から前臨床研究で検討されるテーマである。臨床で因果推定を試みる場合は、ランダム化比較試験 (Randomized Controlled Trial: 以下, RCT)、交絡を制御したコホー

* Practical Application of Clinical Prediction Rules in People with Stroke

1) 総合東京病院リハビリテーション科

(〒165-8906 東京都中野区江古田3-15-2)

Yu Kitaji, PT, MSc: Department of Rehabilitation, Tokyo General Hospital

キーワード：臨床予測ルール、脳卒中、歩行、歩行自立、臨床適用



本論文はクリエイティブ・コモンズ [表示 4.0 国際] ライセンスの下に利用許諾されています。

© 2025 日本理学療法学会連合

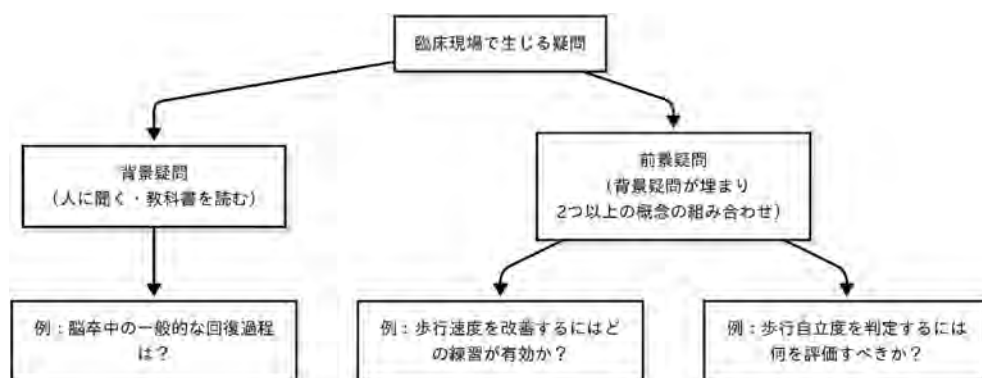


図1 臨床で生じる疑問の分類と対処法

表1 PICOT/TRIPODによる臨床疑問の構造化

フレームワーク	要素	検討事項
PICOT	P: Population/Participants	どのような患者？ 適格基準は？
PICOT	I: Index test	何を予測するどんな指標？
PICOT	C: Comparison	何と比較？
PICOT	O: Outcome	結果の指標は？
PICOT	T: Target condition	診断（予測）したい状態は？
TRIPOD	T: Type of study	対象集団はコホート型かケースコントロール型か？
TRIPOD	R: Research objectives	研究目的は？ 診断？ 予測？ 開発？ 検証？ インパクト？

TRIPODにおけるPICOTと同様の要素は省略している。
検討事項の詳細は文献2) や4) を参照していただきたい。

表2 PICOT/TRIPODの要素と脳卒中者例への適用例

要素	検討事項	脳卒中者例への適用
T	対象集団の動員	脳卒中者と同世代地域在住高齢者、単施設・多施設等
R	目的	臨床予測ルールの開発、既存のルールの外部検証等
I	予測指標	年齢、性別、NIHSS、BRS、麻痺側膝伸展筋力等
P	対象集団	自力歩行可能な急性期脳卒中者等
O/T	帰結	退院時の歩行自立等
D	結果の指標	識別能、較正能、Decision curve analysis 等

要素のアルファベットは表1を参照。

識別能、較正能については同シリーズ「膝疾患における臨床予測モデルの適用」を参照。

Decision curve analysisは検査や臨床予測ルールが「この患者に治療や介入を行うべきか」を判断するうえでどれだけ役立つかを、識別能ではなく“臨床上の正味利益 (net benefit: 真陽性と偽陽性のバランスを考慮した指標)”を用いて評価する方法である。

ト、ターゲットトライアル等反事実比較を保証できる設計が求められる。したがって、脳画像と症状を突き合わせて考察することは大切だが、個々の症例検討は仮説生成にとどめる姿勢を持ちたい。次のステップでは、疑問を検索可能な形に構造化する。今回の主題である臨床予測ルールは③に該当し、疑問の構造化にはPopulation, Index test, Comparison, Outcome, Target condition (以下、PICOT: 表1)²⁾⁴⁾ やType of study, Research objectives, Index rule, Participants, Outcome, Diagnostic/prognostic performance measures (以下、TRIPOD: 表1)²⁾ が提案されている。なお、Transparent Reporting of a multivariable prediction model for Individual Prognosis Or Diagnosis (TRIPOD)⁵⁾ は臨床予測ルールの報告ガイドラインの略称である。発

展的補足として、「3か月後に歩行が自立するかを予測したい」(予後予測研究)と、「この人を歩行自立と判断してよいか知りたい」(診断精度研究)は別問題と捉えた方がよい⁶⁾。後者の疑問の構造化にはPopulation, Index test, Reference test, Accuracy methods, Test cut off point, Expected use (PIRATE) が適する⁷⁾。本稿は前者を中心に解説する。

3. 臨床疑問の構造化 (表1, 2)

表1のように疑問を整理すると、文献検索が格段に効率化される。たとえば、「自力歩行不能な急性期脳卒中者」「退院時の歩行自立を予測するルール」「既存のルールや単一指標と比較」「感度や特異度」「開発・検証」等

の具体的なキーワードが導き出される。

臨床予測ルールとは何か

1. 経験と勘を科学するツール

臨床予測ルールは、複数の臨床情報を統計的に統合し、特定の患者が将来どのような状態になるかを確率的に推定するツールである¹⁾。診断にも、予後予測にも用いられるが、本稿では予後予測に焦点を当てる。

2. 臨床予測ルールが臨床で使えるまでの3ステップ

臨床予測ルールを安心して使うためには、以下の3つの段階を理解しておく必要がある⁸⁾。

1) 開発 (Derivation)

たとえば、急性期脳卒中者の発症6か月後の歩行自立を予測する最適モデルを作成する。この開発段階で次のステップである外部検証まで行う研究もある。

2) 妥当性検証 (Validation)

開発されたモデルやルールが、元の集団とは異なる患者集団（たとえば、異なる民族、疾患、施設等）に対しても同様の予測精度を持つかを検証する。これを外部検証と呼ぶ。この外部検証をクリアしたものは一般的に汎用性が高いと考えて良い。

3) インパクト分析 (Impact Analysis)

実際に臨床予測ルールを使用することで、意思決定や患者アウトカムが改善するかを検証する。インパクト分析が実施された臨床予測ルールは少ないが、実証されれば臨床導入が強く推奨される。論文を読む際には、対象研究がどの段階かを意識する。

3. 臨床予測ルールの質を見極めるためのガイドライン

臨床予測ルールを適用するためには、その質の評価が不可欠である。予後予測モデル研究の報告ガイドラインとしてはTRIPOD+AI、バイアスリスク評価にはPrediction model Risk Of Bias ASsessment Tool (以下、PROBAST)+AIがある⁹⁾。また、診断精度研究にはStandards for Reporting of Diagnostic Accuracy Studies (以下、STARD) 2015やQuality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies (QUADAS)-2が用いられる¹⁰⁾¹¹⁾。タイトルにAIがついているが、AIに限らず、すべての予測モデル研究はこれを参考にすることが推奨されている⁵⁾。また、STARD-AI¹²⁾の開発も進められており、こちらも近い将来更新されるだろう。

4. 臨床予測ルールの限界と賢い使い方

使用の際に重要なことは、「目の前の患者に適用可能か?」という一般化可能性である¹³⁾。たとえば人種、年齢、居住地域、診療レベル、対象集団の選択基準、疾患の重症度、アウトカムの測定方法や測定タイミング等、

目の前の患者に適用可能かを考えなくてはならない。また、臨床での実利はインパクト分析で確かめる必要がある。多くの臨床予測ルールはそこまで検証が進んでいない点も心にとどめたい。臨床では、臨床推論を補助する一手段として位置づけ、患者の価値観と自施設の環境に照らして柔軟に使いこなす姿勢が求められる。つまり、Mindsが示す診療ガイドラインの定義¹⁴⁾にあるように、「患者と医療者の意思決定を支援するための文書」というようなイメージで使用する事が望まれる。

脳血管障害領域における主要な臨床予測ルールの現状

1. 歩行自立・機能的転帰モデル (表3)

脳卒中後の歩行自立や機能的転帰を予測する臨床予測ルールの代表的なモデルにはEarly Prediction of Functional Outcome after Stroke (以下、EPOS)¹⁵⁾¹⁶⁾、Time to Walking Independently after STroke (以下、TWIST)¹⁷⁾、Australian model¹⁸⁾、Marugeri model¹⁹⁾等がある(表3)。これらは臨床現場で取得しやすい評価指標を組み合わせしており、曲線下面積 (Area Under the Curve: 以下、AUC) 0.8~0.9超の高い判別能を示すものも多い。

2. 転倒リスク予測モデルの現状と課題 (表4)

「この人を歩行自立と判断してよいか?」という問いの背後には、転倒リスクの見積もりがある。しかし、転倒リスク予測モデルは外部検証例が極めて少なく、現時点で臨床導入に耐えうるものは限られる。あるスコピングレビュー³⁰⁾によると、転倒予測のAUCは0.6以上のものが多い一方で、サンプル数の小ささや外部検証の欠如といった問題が残る。

3. AI・機械学習モデルの台頭と臨床実装の壁

近年、eXtreme Gradient Boosting (以下、XGBoost)、ランダムフォレスト、サポートベクターマシン、深層学習 (Deep Learning) 等機械学習 (Machine Learning: 以下、ML) を使った予測モデルの研究が増えている。しかし臨床実装には、「他の施設や集団でも同じように使えるか (外部検証)」「なぜその結果になったのか説明できるか (解釈性)」「普段の診療の流れに組み込めるか (ワークフロー統合)」といった壁がある。現時点では、シンプルで中身が分かりやすいモデルを優先し、AI/MLモデルはおもに研究内での活用が現実的と思われる。たとえば、Tangらは、従来のロジスティック回帰モデルとMLモデルの予測力を比べ、結果としてXGBoostの予測成績が良かったことを報告した³¹⁾。しかし、MLモデルでは「なぜこの患者は歩けると予測されたのか?」という理由が分かりにくい (ブラックボックス化しやすい) という弱点がある。実際に、Tangらの研究では「Feature im-

表3 代表的な歩行自立・機能的転帰モデル

モデル名	開発/検証	アウトカム；主要予測因子	判別能 (AUC等)/検証	外部検証	コメント・特徴	文献
EPOS	n=154/39と78	発症3/6か月後のFAC ≥ 4 ；発症2/9日目のTCT ≥ 25 , 下肢MI ≥ 25	感度94%, 特異度83%/0.92・0.85	あり(地理的/時間的検証), 評価者非盲検の記載あり	初発, 多重ロジスティックモデル, STROBE/TRIPODを参照	15) 16)
TWIST	n=41/なし	発症12週後のFAC ≥ 4 ；発症1週間以内のTCT > 37 , 股関節伸展MRC ≥ 3	感度80%, 特異度100%, AUC 0.91	なし	再発含む, 決定木分析(予測因子はロジスティック分析で $p<.05$ でCARTに投入)	17)
Australian model	n=114/914	発症6か月後のMASの歩行項目 ≥ 3 ；発症1週間以内の年齢, NIHSS	0.84/0.77	あり	2次データの使用, 開発者以外による外部検証	18)
Maugeri model	n=717/875	2か月後の運動FIM > 61 ; 1か月以内の年齢, 発症から入院までの期間, 半側空間無視, 運動FIM, 認知FIM	0.883/0.866	あり	感度分析も実施, オンライン計算機の提供あり	19)
BBS/BESTest model	n=419/なし	屋外歩行自立；BBS ≥ 51 , CWS ≥ 0.93 , 認知機能障害なし/Mini-BESTest ≥ 18	0.89/0.72	なし	内部検証としてBootstrap法を採用	20)
FIT-Stroke	n=243/なし	退院6か月後の地域歩行自立；退院後の歩行速度 ≥ 0.5 m/s	感度94%, 特異度54%	なし	2次データ利用, CART分析, 内部検証はk-fold cross validation	21)

TWISTはTWISTアルゴリズム(TCTとMRC)であり, TWIST tool²²⁾ではないので注意. なお, TWIST toolはモデルの予測と療法士の予測が比較された研究が行われており, 少なくとも発症から9週間までは予測モデルの方が予測性能が高かった.

Australian modelは完全ケース分析, 外部検証はNIHSSをSSS (Scandinavian Stroke Scale) で代用, MASはFIM ≥ 6 で代用.

歩行自立のためのより包括的なレビューは文献23), メタ分析は文献24) BBS/BESTest modelは全文入手困難であり, 海津氏のNote記事(文献20))を参照した.

EPOS: Early Prediction of Functional Outcome after Stroke, TWIST: Time to Walking Independently after Stroke, BBS: Berg Balance Scale, BESTest: Balance Evaluation System Test, FAC: Functional Ambulation Categories, TCT: Trunk Control Test, MI: Motricity Index, MRC: Medical Research Council, MAS: Motor Assessment Scale, NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale, FIM: Functional Independence Measure, CWS: Comfortable Walking Speed, AUC: Area Under the Curve, STROBE: Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology, CART: Classification And Regression Tree.

portance (特徴量の重要度)」という形で, どの項目が予測に効いているかは示されているものの, ロジスティック回帰モデルのように「この数値が1増えると歩行自立の確率がどれだけ変わる」といった直感的な説明はできない. そのため, 現時点では臨床現場で使うにはややハードルが高いと感じる.

本節を簡単にまとめると, 歩行自立モデルはEPOS¹⁶⁾/TWIST¹⁷⁾等が使いやすい. 転倒リスク予測は現状エビデンス不十分であり, 報告ガイドラインに準拠した結果の提示が求められる. AI/MLモデルは将来性が大きい一方, 臨床実装には壁がある. 現時点では, 解釈性や外部妥当性を重視して使用するモデルを選択すると良いと考えられる.

ケーススタディで学ぶ臨床予測ルールの実践

1. 症例紹介: Aさんの「歩行自立」と全体回復をどう読むか

ここでは, 架空症例「Aさん(82歳, 右ラクナ梗塞による左片麻痺)」を通じて, 臨床予測ルールの適用について考える. 本章では歩行自立の予測を主軸に, 全体的な回復予測も加味した評価・戦略立案の流れを示す. 表5にAさんの理学療法評価を示す.

2. 臨床予測ルール適用プロセス: 歩行自立を主軸とした予測と全体回復の見通し

1) 適用モデルの選択

病期に応じて表3, 4より, 適用可能なルールを選択する.

2) 入力する予測因子とモデルの解釈

麻痺側の随意運動・体幹機能: Trunk Control Test (以下, TCT) や下肢筋力から, 12週または6か月後に歩行自立する可能性は高いと判断される. 以下は, 各評価指標の解釈例を示す.

EPOSの場合:

$$L = -0.982 + 2.691 \times TCT - s + 2.083 \times MI_{leg},$$

$$p = \frac{1}{1 + \exp(-L)}$$

まずTCTとMotricity Index (以下, MI) からロジット値Lを計算する. AさんのTCT-sとMIはともに1となる. 得られたLを確率に変換するために $p=$ からの式を使う. ここの $\exp(x)$ は「自然対数の底 e (約2.718)を底とする指数関数」, つまり e^x のことである. 以上より, 歩行自立確率は約98%と見積もられる.

TWISTの場合:

CARTを用いた分類木であるTWISTアルゴリズムでは, 最初の分岐基準としてTCTが用いられる. TCTが48点以上の場合, 最初のノード(枝分かれ)で歩行自立群に分類され, 高確率で歩行自立となると予測される.

表4 脳卒中後の転倒を予測したおもな研究

モデル名	開発コホート／検証	アウトカム：主要予測因子	識別能（AUC等）	コメント・特徴	文献
Vaststroke	n=5056／なし	脳卒中ユニット内での転倒；性別＝男性，脳卒中の種類＝脳出血，脳卒中の重症度＝NIHSS2-5，喫煙＝あり，歩行能力＝介助，立位保持＝介助，上肢と手指の麻痺＝あり，認知機能障害＝あり（MoCA<26），尿路感染症＝あり	0.76	多重ロジスティック回帰モデル（係数等の記載なく実際のリスク計算困難*：全ての因子で転倒リスク約60%），欠損値は多重代入法，感度分析として完全ケース分析	25)
FallsGOT	n=403／なし	脳卒中ユニット内での転倒；性別＝男性，歩行補助具の使用＝あり，SwePASS姿勢制御評価<31	HarrellのC統計量 §=0.69	COX比例ハザードモデル使用（係数等が記載なく実際のリスク計算困難），欠損値処理が記載なし，血栓溶解・血栓回収療法は除外，転倒の定義はWHO	26)
Santa Lucia Hospital	n=397／なし	リハ病院入院中の転倒；BI, FAC, TCT	疑似決定係数†=0.72（単回転倒），0.87（複数回）	完全ケース分析，説明変数を二値化，亜急性期脳卒中対象，入院期間約90日	27)
Sweden Karolinska	n=121／なし	発症3・6・12か月，6年での転倒（自己申告）；SIS（SISのADLが15ポイント低下），3か月以内での転倒	オッズ比1.37（SIS），1.00（3か月以内での転倒）	一般化推定方程式モデリング，時間の交互作用あり（ベースラインにおける歩行・バランス障害あり群は転倒のオッズ比が3か月および12か月に比べ6年で低く，逆に歩行・バランス障害なし群は転倒のオッズ比が6か月12か月に比べ6年で高い），短報のため詳細情報不足	28)
AVERTの2次解析	n=2104／なし	入院が必要となる以上の転倒；年齢，24時間以内に評価されたMSAS（急性期脳卒中者のためのモビリティスケール），病前mRS（0-2）	年齢は1歳の増加ごとにオッズ比が6.46%増加	Firthのロジスティック回帰‡，転倒の多くは退院後の移動・移乗中に生じる，12ヶ月の追跡調査	29)

開発コホートのサンプル数は最終的な解析に取り込まれた数を示す。

Santa Lucia Hospitalの研究における主要予測因子は単回転倒がBI, FAC, 複数回がBI, FAC, TCT.

多くの研究で転倒発生は入院初期が多い（環境変化に伴う要因もありか）。

§: HarrellのC統計量は生存解析版のAUCと解釈して良い。†: 論文の中ではexplained varianceとだけ記載があるが，おそらく疑似決定係数のことを示していると思われる。‡: Firthのロジスティック回帰は稀なアウトカムや完全分離がある状況で，通常のロジスティック回帰では推定が不安定になるときに，バイアス修正のために用いられる。*：解釈は文献25)のFigure2を参照。

FallsGOT: Fall Study of Gothenburg, AVERT: A Very Early Rehabilitation Trial after stroke, NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale, SwePASS: Swedish version of Postural Assessment Scale for Stroke Patients, BI: Barthel Index, FAC: Functional Ambulation Categories, TCT: Trunk Control Test, SIS: Stroke Impact Scale, ADL: Activities of Daily Living, mRS: modified Ranking Scale, AUC: Area Under the Curve, MSAS: Mobility Scale for Acute Stroke.

Berg Balance Scale（以下，BBS）の場合：

BBSモデル（表3）²⁰⁾は診断型の臨床予測ルールである。BBS≧51点で1，未満では0，快適歩行速度が≧0.93 m/sで1，未満で0，認知機能低下がなければ1，あれば0として合計0から3点，2点以上をカットオフ値として屋外歩行自立を判断する。このモデルは陰性的中率が97%と高く，現時点で屋外歩行自立は極めて難しいと判断される。ただし，アウトカムが一致するからといって臨床予測ルールを安易に適用してよいわけではない（この場合はおそらく病期が異なる）。臨床予測ルールは特定の患者群・条件で妥当性が検証されており，その前提を外れると予測精度が損なわれる可能性がある¹³⁾。たとえば，同じバランス能力低下という症状でも，運動麻痺による巧緻性の低下によるものと感覚鈍麻によるものでは，予測因子や介入反応性が異なるだろう。したがって，年齢や麻痺の重症度等の限られた因子のみから機械的にアウトカムを予測することは不適切であり，結局は個々の病態理解に基づいた判断が不可欠であるという基本が大事なのである。

Functional Ambulation Categories（以下，FAC）の場合：

将来的な歩行自立の可能性は高いが，現時点では歩行介助が必要なレベルである。将来的な歩行補助具の使用も考慮する。

National Institutes of Health Stroke Scale（以下，NIHSS）の場合：

転倒リスクを予測する報告は係数等の記載がなく，リスク計算困難である。症例は中等度の神経障害と片麻痺を認めるため，少なくとも転倒リスクがあると解釈できる（表4）²⁵⁾。

Australian model¹⁸⁾の場合：

$$L=11.0285-0.1053\times\text{Age}-0.2436\times\text{NIHSS},$$

$$p=\frac{1}{1+\exp(-L)}$$

EPOSと同様に，年齢とNIHSSを代入してLを算出する。次に歩行自立の確率を求める。6か月後の自力歩行獲得（Motor Assessment Scale（MAS）≧3）の可能性は60.9%，外部検証後の更新されたモデルの場合は以下の式であり71.5%と見積もられる。

$$L=4.80918-0.02765\times\text{Age}-0.20291\times\text{proxyNIHSS},$$

$$p=\frac{1}{1+\exp(-L)}$$

modified Rankin Scale（以下，mRS）の場合：

病前から完全自立（mRS=0）ではないことは，有意

表5 架空症例Aさんの初期評価（発症後72時間～7日目）

カテゴリ	項目	値等
基本属性	年齢	82
	性別	男性
疾患情報	診断名	右ラクナ梗塞（初発）
既往歴	高血圧、脂質異常症	
時期	評価タイミング	発症後72時間～7日目
筋力	股関節屈曲	3
	股関節伸展	3
	膝伸展	2
	足関節背屈	1
下肢機能	下肢MI	43
体幹機能	TCT	48
バランス機能	BBS	13
神経学的重症度	NIHSS	8
生活自立度	mRS（病前）	1
	mRS（発症後）	4
歩行レベル	FAC	2
ADL	運動FIM	21
	認知FIM	35
画像	画像所見	右放線冠に高信号域
個人因子	活動性	運動嫌い、もともと活動量低い
	入院歴	人生初の入院
	嗜好	酒好き
環境因子	住環境	築42年の一軒家（浴室・トイレはリフォーム済み）
	寝具	ベッド使用
	段差	段差大きめ
	家族支援	娘家族が近所に在住

筋力の段階付けはMRC (Medical Research Council) に準ずる。

ADL: Activities of Daily Living, MI: Motricity Index, TCT: Trunk Control Test, BBS: Berg Balance Scale, NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale, mRS: modified Rankin Scale, FAC: Functional Ambulation Categories, FIM: Functional Independence Measure.

な転倒リスク因子ではないものの注意が必要である（表4）²⁶⁾。

Functional Independence Measure（以下、FIM）の場合（表3）：

2か月後の運動FIMが軽度障害を示す62点以上となるか予測するモデル¹⁹⁾の式は以下のとおりである：

$$L = -1.811 - 0.035 \times \text{Age} - 0.032 \times \text{Days} - 1.280 \times \text{Neglect} \\ + 0.138 \times \text{MotorFIM} + 0.050 \times \text{CognitiveFIM},$$

$$p = \frac{1}{1 + \exp(-L)}$$

年齢、発症からの日数、半側空間無視の有無、運動および認知FIMからLを求め、その2か月後のmotor FIM>61（つまり、軽度の障害）を予測する確率を見積もる。現時点で、約2か月後にmotor FIM>61に到達する可能性は49%となる。なお、このモデル¹⁹⁾は著者にリクエストを送信することでweb計算機のexeファイルが送られてくるので、それを使用すると簡単に計算可能である。

3) 予測結果の伝え方

医師法一条四の2項には「医師、歯科医師、薬剤師、看護師その他の医療の担い手は、医療を提供するに当たり、適切な説明を行い、医療を受ける者の理解を得よう努めなければならない。」という説明努力義務が記載されている³²⁾。説明の際は、必ず所属する施設のルールに従い、医師をはじめとするチームと情報共有したうえで行う必要がある。これを怠るとトラブルに発展しやすい。また、理学療法士が医行為に踏み込むことはできないため、診断の断定、治療適応の判断、および予後の判断に言及することは厳に慎むべきである。実際に伝える時は「最終的なご説明は主治医から」「理学療法の評価に基づく見通し」「個人差があり結果を保証するものではない」こと等を明確にする。前述のように、患者と医療者の意思決定を支援するための、つまり共有意思決定への橋渡しとして使用することを心掛けてほしい。また、症例にあわせて「予測は絶対ではなく、リハビリの進行状況や考慮できていない要因で変わりうること」を伝えても良いかもしれない。それぞれの環境や症

例に合わせた環境整備を行いつつ、具体的な注意点を提供すると良い。

3. 予測に基づく介入戦略の立案例（歩行自立+全体回復）

1) 歩行自立が高確率と予測された場合

早期から立位・歩行練習を積極的に導入：歩行練習量・強度の確保、段差昇降練習、積極的に装具を活用して活動量を増加する。

下肢筋力強化：股関節・膝・足関節の個別筋力強化、荷重練習、電気刺激を行う。

バランス練習：転倒予防のためにも、静的・動的課題を段階的に実施する。歩行速度や歩行パターンの定期的な評価と再計画をする。

日常生活動作（Activities of Daily Living：以下、ADL）練習：FIM向上を目指し、移乗・トイレ・更衣・入浴等生活動作の自立を促す。

目標設定：「歩いて孫に会いに行きたい」等、患者自身の価値観や生活背景を反映した現実的なゴールを共有し、リハビリ計画に反映する。

2) 予測が不良～中等度の場合

装具や歩行補助具：Ankle-foot Orthosis (AFO) 等や杖・歩行器を早期に導入する。適合評価を継続する。

ADL練習：病棟内ADLの介助量軽減を目指し、課題特異的練習と環境調整を行う。

介助方法の共有：看護師や看護補助者と介助方法の共有・統一、安全で適した環境を整える。

多職種連携：作業療法士、言語聴覚士、医療ソーシャルワーカー、家族等で退院支援を早期に開始し、必要に応じて後方支援病院とも連携する。

制度活用：歩行自立が難しい場合は移動能力と参加の最大化を目的に、介護保険・障害者総合支援法・自立支援医療を組み合わせで福祉用具・補装具・住宅改修・移動支援を柔軟に選択する（適用条件は年齢や要介護認定等により異なるため自治体案内を確認）。

4. 転倒リスク評価と多職種連携

1) 入院中・退院後の転倒リスク評価

入院時：BBS, NIHSS, 年齢, 病前mRS等から転倒リスクは高めと見積もる。看護師、看護補助者等と方針の共通理解を図り、一貫した対応をとる。

入院中：回復に伴い活動性が増加するため、動線と環境を適切に評価して転倒を未然に防止する（例：麻痺側（左）下肢の遊脚困難でぶん回しがある場合、右回りの動線に物品を置かない。麻痺側（左）下肢の膝折れリスクがある場合、右回りになるような環境設定等を行う）。

多面的評価：多剤併用・視力・栄養状態・ADLを多職種で総合評価し情報共有する。すなわち、総合実施計画書の考え方で評価する。

退院後：住宅・周辺環境を徹底的に評価し、環境整備・福祉用具の導入を早めに提案する。

情報提供：口頭に加え紙面でも生活上の注意点、推奨方法等を簡単にまとめて提供する。

継続支援：外来・通所・訪問リハビリテーション、病院・施設等へ計画書を送るだけでなく申し送り書を作成する。申し送り書は日頃からシステムティックな記録を心掛けていれば作成に時間を要さない（検索性があがる）。

2) 介入ターゲットの明確化

歩行能力低下：歩行の何が問題か？ 麻痺側下肢の荷重応答、荷重量、蹴り出し、遊脚期、体幹不安定、視空間認識、注意分配、歩き始め、方向転換、交差点等の環境適応等を確認する。

バランス能力低下：静的・動的・反応的・予測的、不安定支持面、暗所、リーチ課題等を確認する。

下肢筋力低下：筋力低下なのか、巧緻性や協調性低下なのか等を確認する。

ADL練習・環境調整：自宅の段差の位置、高さ、家庭内の役割、生活様式、必要な環境調整、家屋訪問の要否を確認する（見ると聞くは大違いである）。

多職種連携：管理栄養士・看護師・看護補助者等と連携し、栄養状態や夜間を含めたADLを把握する。

薬剤等：薬剤師・医師と転倒リスク薬剤等の見直しを行う。

心理面：転倒恐怖感への心理的アプローチ等を行う。

5. ケーススタディアクションリスト

①担当患者の疑問をPICOT/TRIPODで構造化し、検索を容易にする。

②採用する臨床予測ルールを決定したら予測値を見積もり、結果を多職種で共有する。

③患者への伝え方には注意を払う。

④予測に基づく理学療法計画を立案し、適宜再評価、計画見直しを行う。

⑤転倒リスクは評価を行うだけでなく必ず対策をする。

臨床実装と今後の課題

1. 外部検証・アウトカム標準化・データ連携の現状

臨床予測ルールの活用にはいくつかの壁がある。第一に外部検証の不足である。病期・地域・施設・患者背景等の異なる集団での再現性（外部妥当性）を確かめる必要がある。第二にアウトカムの不統一がある。歩行自立の定義にはFAC, FIM, または「しているADL」等が、機能的転帰にはmRS, FIM, またはBarthel Index (BI) 等が使用される。臨床的には大きく異なることはない解釈されそうであるが、検証されない限り明らかではない。第三にデータ連携の課題である。電子カルテや多施設レ

ジストリとの連携、予測スコアのリアルタイム自動算出等、使いやすいシステム構築は進行中であるが、普及は限定的である。以上より、現行モデルの実装には慎重な検討と環境整備が不可欠である。臨床予測ルールを使う際はJournal of the American Medical Association (JAMA)のユーザーズガイドにエビデンスレベルが掲載されているので参考にするとよい³³⁾。

2. 臨床予測ルールの限界とリスク (バイアス・ブラックボックス性・RCT不足等)

臨床予測ルールには、いくつかの限界とリスクがある。まずバイアスの問題である。開発コホートにおける選択バイアスや過学習、欠測値処理の不備等は、モデルの信頼性を大きく損なう。次にブラックボックス性である。AI/MLモデルは高精度であっても、臨床家が納得できる説明可能性 (説明可能なAI (Explainable AI: 以下, XAI)) や、用いられる変数の妥当性には依然として課題が残る。そもそもXAIへの過度な期待に対する警鐘もある³⁴⁾。さらに、インパクトRCTが不足している点も見逃せない。脳卒中後の歩行を主題とした臨床予測ルールの使用によって実際に患者アウトカムが改善するのか検証された研究はない²²⁾。加えて、患者中心性の観点でも課題がある。患者報告型アウトカム (patient-reported outcomes: PRO) や個別の価値・目標 (例: 「歩いて孫に会いに行きたい」) を明示的に反映した臨床予測ルールは一部の領域で増えつつあるが依然少数で、閾値設定や運用 (インパクト分析や普及) の面でも患者の価値観を十分に織り込めていないのが現状である³⁵⁾³⁶⁾。以上を踏まえると、臨床予測ルールの導入と運用では、TRIPOD+AIやPROBAST+AI等を活用し、導入したいルールやモデルの慎重な評価と継続的な改善が欠かせない。

3. 臨床現場での賢い使い方と注意点

臨床で臨床予測ルールを賢く使うには、まずそれが「羅針盤」であって「地図」ではないことを理解することが重要である。予測値は確率に過ぎず、個別性や価値観、生活環境を必ず加味し、絶対視しない。モデルの選択は、外部妥当性が確認されたEPOS¹⁶⁾、Australian model¹⁸⁾、Marugeri model¹⁹⁾等を優先した方がよいだろう。予測結果は患者や家族へ希望と現実的な課題の双方を誠実に伝え、患者自身の目標をリハビリテーション計画に反映することが欠かせない。さらに、理学療法士、作業療法士、言語聴覚士、医師、看護師、看護補助者、薬剤師、管理栄養士、ケアマネジャー、家族等で予測と介入を共有し、状況に応じて柔軟にプランを修正していく姿勢が求められる。

4. 今後の展望

生成AIの発展が著しい現在、臨床予測ルールは今後どのようなようになるのだろうか。たとえば、電子カルテにAIが搭載され、患者情報、診療情報、画像情報等から関心ある転帰、たとえば自宅退院確率、生活が自立する確率、および麻痺症状の回復確率等を自動予測できるようになるかもしれない。しかも、その予測は自施設の集団からの予測であるため、過学習のリスクがある一方で、自施設の患者層に適合する可能性が高い。実際、電子カルテにAIを搭載し、患者の予後予測に役立てる研究がある³⁷⁻³⁹⁾。このようなテクノロジーの進展によって、我々は臨床予測ルールを捨てることになるだろうか? 個人的な答えは否である。外部妥当性とインパクト分析で検証された臨床予測ルールの価値は揺るがない。とはいえ、臨床で最も難しいのは閾値付近の意思決定であり、最先端技術であれ、臨床予測ルールであれ、白黒を即断できる場面は多くない。ここにこそ理学療法士の専門性が活きる。テクノロジーやルールが示す確率と不確実性を起点に、症例の状態、価値観、利用可能な資源を総合し、その症例にとっての最善の選択肢を提案する、ここにこそ理学療法士のプロフェッショナルが存在すると考える。我々は、最新知見を継続的にキャッチアップしつつ、倫理と患者中心を軸に最善の理学療法を提供していく姿勢を保ちたい。

まとめとアクションリスト

臨床予測ルールは万能の「答え」ではなく、臨床推論を補助し、経験と科学の橋渡しする「羅針盤」である。現場では、外部検証済みモデルを優先しつつ、患者の個別目標や価値観、多職種連携を重視した柔軟な運用が肝要である。間違いやご意見等があれば気軽にご連絡いただきたい。最後に有名な言葉で終わりたい。「医学は不確性の科学であり、確率のアートである」⁴⁰⁾

明日からできる実践アクションは以下のとおりである:

- ①担当患者の臨床疑問に沿った学習をしよう。
- ②臨床予測ルールの特徴と限界を把握したうえで適用し、予測結果を多職種で共有しよう。
- ③患者・家族と予測結果を共有し、現実的な目標設定に活かそう。
- ④転倒リスクの評価だけでなく、具体的で現実的な予防対策を行おう。
- ⑤予測と現実のギャップを定期的に再評価し、柔軟にプランを修正しよう。

文 献

- 1) Bonnett LJ, Snell KIE, *et al.*: Guide to presenting clinical prediction models for use in clinical settings. *BMJ*. 2019; 365: l737.

- 2) 片岡裕貴：日常診療で臨床疑問に出会ったとき何をすべきかがわかる本（第2版）。中外医学社，東京，2024，pp. 1–139.
- 3) Weinfeld JM, Finkelstein K: How to answer your clinical questions more efficiently. *Fam Pract Manag.* 2005; 12: 37–41.
- 4) 片岡裕貴，青木拓也(編)：事例から学ぶ！臨床研究は「できない」が「できる！」に変わる本。羊土社，東京，2021，pp. 170–196.
- 5) Collins GS, Moons KGM, *et al.*: TRIPOD+AI statement: Updated guidance for reporting clinical prediction models that use regression or machine learning methods. *BMJ.* 2024; 385: e078378.
- 6) Moons KGM, Altman DG, *et al.*: Transparent reporting of a multivariable prediction model for individual prognosis or diagnosis (TRIPOD): Explanation and elaboration. *Ann Intern Med.* 2015; 162: W1–W73.
- 7) 竹林由武：STARD2015に学ぶ「診断精度の分析」の書き方。SlideShare, 2016. <https://www.slideshare.net/slideshow/stard2015/63937374> (2025年8月14日引用)
- 8) Binuya MAE, Engelhardt EG, *et al.*: Methodological guidance for the evaluation and updating of clinical prediction models: A systematic review. *BMC Med Res Methodol.* 2022; 22: 316.
- 9) Moons KGM, Damen JAA, *et al.*: PROBAST+AI: An updated quality, risk of bias, and applicability assessment tool for prediction models using regression or artificial intelligence methods. *BMJ.* 2025; 388: e082505.
- 10) Cohen JF, Korevaar DA, *et al.*: STARD 2015 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies: Explanation and elaboration. *BMJ Open.* 2016; 6: e012799.
- 11) Whiting PF, Rutjes AW, *et al.*: QUADAS-2 Group: QUADAS-2: A revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med.* 2011; 155: 529–536.
- 12) Sounderajah V, Ashrafian H, *et al.*: STARD-AI Steering Committee: Developing a reporting guideline for artificial intelligence-centred diagnostic test accuracy studies: The STARD-AI protocol. *BMJ Open.* 2021; 11: e047709.
- 13) Riley RD, Archer L, *et al.*: Evaluation of clinical prediction models (part 2): How to undertake an external validation study. *BMJ.* 2024; 384: e074820.
- 14) Minds診療ガイドライン作成マニュアル編集委員会：Minds診療ガイドライン作成マニュアル2020 ver.3.0. 公益財団法人日本医療機能評価機構EBM医療情報部，東京，2021；p. 3.
- 15) Veerbeek JM, Van Wegen EE, *et al.*: EPOS Investigators: Is accurate prediction of gait in nonambulatory stroke patients possible within 72 hours poststroke? The EPOS study. *Neurorehabil Neural Repair.* 2011; 25: 268–274.
- 16) Veerbeek JM, Pohl J, *et al.*: External validation of the early prediction of functional outcome after stroke prediction model for independent gait at 3 months after stroke. *Front Neurol.* 2022; 13: 797791.
- 17) Smith MC, Barber PA, *et al.*: The TWIST algorithm predicts time to walking independently after stroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2017; 31: 955–964.
- 18) Langerak AJ, McCambridge AB, *et al.*: Externally validated model predicting gait independence after stroke showed fair performance and improved after updating. *J Clin Epidemiol.* 2021; 137: 73–82.
- 19) Scrutinio D, Lanzillo B, *et al.*: Development and validation of a predictive model for functional outcome after stroke rehabilitation: the Maugeri model. *Stroke.* 2017; 48: 3308–3315.
- 20) 海津陽一 (Super Human)：脳卒中者の屋外歩行自立。BBSとMini-BESTestを用いた臨床予測ルール。note. https://note.com/super_human/n/na372a29aeb92 (2025年8月19日引用)
- 21) Mulder M, Nijland RH, *et al.*: Prospectively classifying community walkers after stroke: Who are they? *Arch Phys Med Rehabil.* 2019; 100: 2113–2118.
- 22) Smith MC, Barber AP, *et al.*: The TWIST tool predicts when patients will recover independent walking after stroke: An observational study. *Neurorehabil Neural Repair.* 2022; 36: 461–471.
- 23) Wouda NC, Knijff B, *et al.*: Predicting recovery of independent walking after stroke: A systematic review. *Am J Phys Med Rehabil.* 2024; 103: 458–464.
- 24) Preston E, Ada L, *et al.*: Prediction of independent walking in people who are nonambulatory early after stroke: A systematic review. *Stroke.* 2021; 52: 3217–3224.
- 25) Persson CU, Hansson PO: Determinants of falls after stroke based on data on 5065 patients from the Swedish Väststroke and Riksstroke Registers. *Sci Rep.* 2021; 11: 24035.
- 26) Persson CU, Kjellberg S, *et al.*: Risk of falling in a stroke unit after acute stroke: The Fall Study of Gothenburg (FallsGOT). *Clin Rehabil.* 2018; 32: 398–409.
- 27) Morone G, Martino Cinnera A, *et al.*: Clinical features of fallers among inpatient subacute stroke: An observational cohort study. *Neurol Sci.* 2020; 41: 2599–2604.
- 28) Minet LR, Peterson E, *et al.*: Occurrence and predictors of falls in people with stroke: Six-year prospective study. *Stroke.* 2015; 46: 2688–2690.
- 29) Wang J, Bernhardt J, *et al.*: An exploration of serious falls after stroke using a large international stroke rehabilitation database. *Int J Stroke.* 2025; 20: 550–558.
- 30) Matsumoto D, Fujita T, *et al.*: Screening cutoff values to identify the risk of falls after stroke: A scoping review. *J Rehabil Med.* 2024; 56: jrm40560.
- 31) Tang Z, Su W, *et al.*: Prediction of poststroke independent walking using machine learning: A retrospective study. *BMC Neurol.* 2024; 24: 332.
- 32) 厚生労働省ホームページ：医師法（昭和23年7月30日法律第201号）。https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=80001000 (2025年8月18日引用)
- 33) McGinn TG, Guyatt GH, *et al.*: Evidence-Based Medicine Working Group: Users' guides to the medical literature: XXII: How to use articles about clinical decision rules. *JAMA.* 2000; 284: 79–84.
- 34) Ghassemi M, Oakden-Rayner L, *et al.*: The false hope of current approaches to explainable artificial intelligence in health care. *Lancet Digit Health.* 2021; 3: e745–e750.
- 35) Paudel R, Dias S, *et al.*: Use of patient-reported outcomes in risk prediction model development to support cancer care delivery: A scoping review. *JCO Clin Cancer Inform.* 2024; 8: e2400145.
- 36) Yu M, Harrison M, *et al.*: Can prediction models for hospital readmission be improved by incorporating patient-reported outcome measures? A systematic review and narrative synthesis. *Qual Life Res.* 2024; 33: 1767–1779.
- 37) Sendak MP, Ratliff W, *et al.*: Real-world integration of a sepsis deep learning technology into routine clinical care: Implementation study. *JMIR Med Inform.* 2020; 8: e15182.
- 38) Escobar GJ, Liu VX, *et al.*: Automated identification of adults at risk for in-hospital clinical deterioration. *N Engl J Med.* 2020; 383: 1951–1960.
- 39) 富士フイルム株式会社・順天堂大学医学部附属順天堂医院：AI技術を用いた，外来患者向け転倒リスク予測技術を共同開発。順天堂大学医学部附属順天堂医院Webサイト。<https://www.juntendo.ac.jp/news/18985.html> (2025年8月19日引用)
- 40) Osler W: Aphorisms from His Bedside Teachings and Writings. Bean WB (ed): Henry Schuman, New York, 1950, p.126 (Aphorism 265). [Internet Archive] (2025年8月27日引用)

《 投稿規定 》

1. 「理学療法学」の目的

- ① 理学療法学および関連する分野の研究を公表し、理学療法学を発展させる。
- ② 理学療法士の卒後継続教育に資する教育的な論文を掲載する。
- ③ 理学療法の実践に関する記録や資料を掲載する。

2. 記事の種類

- ① 研究論文（原著）：新規性および独創性があり、明確な結論を示した論文
- ② 症例研究：症例の臨床的問題や治療結果について科学的に研究を行い、考察を行った論文
- ③ 短報：研究の速報・略報として簡潔に記載された短い研究論文
- ④ その他：システムティックレビュー、症例報告、実践報告、調査報告など編集委員会で掲載が適切と判断された論文および記事（なお、症例報告とは症例の治療および経過などについて論理的に提示し、考察を行ったもの。実践報告とは、理学療法の実践・教育・臨床等の実践の中で、新たな工夫や介入、結果等について具体的かつ客観的に情報提示し、その内容が有益と判断されたもの）

3. 投稿者の資格

理学療法学（以下、「本誌」という。）への投稿は、一般社団法人 日本理学療法学会連合（以下、「本連合」という。）に寄与する論文であれば会員に限らず投稿を受理する。著者資格については註1および執筆規定を参照すること。

4. 投稿原稿の条件

投稿原稿は、他誌に発表、または投稿中の原稿でないこと。本規定および執筆規定にしたがって作成すること。

5. 投稿承諾書

著者の論文への責任および著作権譲渡の確認のため、別紙の投稿承諾書に自筆による署名をして提出すること。

6. 利益相反

すべての著者は利益相反の可能性のある事項（コンサルタント料、株式所有、寄付金、特許など）がある場合は本文中に記載すること。なお、利益相反に関しては本連合が定める「利益相反の開示に関する基準」を遵守すること。

7. 著作権とCCライセンス

本誌に掲載された論文の著作権は、本連合に属する。また、理学療法学51巻2号掲載論文からCreative Commons licenseに準拠したOpen Access Journal (CC-BY) としてオンライン公開される。

8. 研究倫理

ヘルシンキ宣言および厚生労働省の「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」などの医学研究に関する指針（註2）に基づき対象者の保護には十分留意し、説明と同意などの倫理的な配慮に関する記述を必ず行うこと。

また、研究にあたり、所属研究機関あるいは所属施設

の倫理委員会ないしそれに準ずる機関の承認を得ることを必須とし、倫理審査委員会名および承認番号（または承認年月日）を必ず記載すること。なお、倫理審査委員会より承認の非該当となった場合には、その旨を記載する。

9. 原稿の採択

原稿の採否は複数の査読者の意見を参考に編集委員会において決定する。査読の結果、編集方針にしたがって原稿の修正を求めることがある。修正を求められた場合は指定された期日までに修正稿を再提出すること。提出期限を超過した場合は新規投稿論文として扱われる。また、必要に応じて編集委員会の責任において字句の訂正を行うことがある。

10. 校正

著者校正は原則として1回とし、誤字脱字を除く文章および図表の変更は原則として認めない。

11. 審査および掲載に関する費用

規定の分量の範囲内までは無料掲載するが、超過した場合は別表に定める掲載料を徴収する。

理学療法士の免許を有する公益社団法人日本理学療法士協会の非会員および休会者・権利停止者の投稿には別表に定める審査料と掲載料を徴収する。

12. 原稿送付方法および連絡先

1) 原稿送付方法

本学会の運用するオンライン投稿システムから投稿すること。原稿書式など詳細は執筆規定に定める。

2) 問合せ先

〒106-0032 東京都港区六本木7-11-10

公益社団法人 日本理学療法士協会内

一般社団法人 日本理学療法学会連合

「理学療法学」編集室

TEL: 03-6804-1626

E-mail: journal@japanpt.or.jp

オンライン投稿システム:

<http://www.editorialmanager.com/jpta-journal/>

13. 規定の改廃

本規定の改廃は編集委員会の決議による。その後速やかに本連合理事会に報告するものとする。ただし、11. 審査および掲載に関する費用の改正は理事会決議による。

註1: 国際医学雑誌編集者委員会: 生物医学雑誌への投稿のための統一規定 (<http://www.icmje.org/recommendations/>)

註2: 厚生労働省: 研究に関する指針について (<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hokabunya/kenkyujigyoku/i-kenkyu/index.html>)

附則

1. 本規定は、令和4年1月1日に遡って施行する。
2. 本規程は、令和6年1月18日に改正し、7については第51巻2号から、11については令和6年10月1日から適用する。
3. 本規程は、令和6年12月23日に改正する。

別表. 審査料と掲載料

	審査料	掲載料 (刷上がり1ページあたり)	掲載料(規定超過分) (刷上がり1ページあたり)
協会員 (理学療法士)	無料	無料	¥11,000(税込)
非協会員・ 協会休会者 (理学療法士)	¥11,000(税込)	¥11,000(税込)	¥11,000(税込)
理学療法士以外 の者	無料	無料	¥11,000(税込)

※消費税率の改定があった場合は改定後の金額とする。

- 1-1 筆頭著者・共著者全員が、公益社団法人 日本理学療法士協会員（以下、「協会員」という。）もしくは理学療法士以外の者である場合、審査料は無料とする。
- 1-2 筆頭著者または共著者のいずれかに非協会員または休会中・権利停止中の理学療法士（以下、「協会休会者等」という。）が含まれる場合、非協会員・協会休会者等1名あたり上記別表に定める審査料を徴収する。
- 1-3 前項の審査料は投稿受付時に発生し、一度納入された審査料はいかなる理由があっても返却しない。
- 2-1 筆頭著者・共著者全員が、協会員もしくは理学療法士以外の者である場合、執筆規定「3. 原稿の規定分量」に定める範囲内の掲載料は無料とする。
- 2-2 筆頭著者または共著者のいずれかに非協会員・協会休会者等が含まれた論文が採用された場合、非協会員・協会休会者等1名あたり上記別表に定める掲載料を徴収する。
- 2-3 前項の掲載料は最終原稿受理後、論文公開前までに納入し、一度納入された掲載料は取り下げ等、いかなる理由があっても返却しない。
- 3-1 審査料および掲載料は本連合が指定する方法で納入する。審査料および掲載料の納入が確認できた論文から受付・公開を行う。納入にかかる費用は投稿者の負担とする。

理学療法学執筆規定（抜粋）

3. 原稿の規定分量

研究論文（原著）、症例研究、システマティックレビューは、要旨・英文要旨・文献・図表を含んで原則として刷り上がり8頁（400字詰め原稿用紙40枚・16,000字相当）。短報は要旨・英文要旨・文献・図表を含んで原則として刷り上がり4頁（400字詰め原稿用紙24枚・9,600字相当）。その他は要旨・文献・図表を含んで原則として刷り上がり6頁（400字詰め原稿用紙32枚・12,800字相当）。図表は、刷り上がり1/4頁大のもの1個を400字詰め原稿用紙1枚として換算すること。

編集委員長 副編集委員長 編集委員	島田 裕之								
	神津 玲	榑間 春利	菅原 憲一	対馬 栄輝	橋立 博幸				
	石垣 智也	小澤 淳也	粕山 達也	加藤 剛平	金子 文成	楠本 泰士			
	久保田雅史	河野 健一	高橋 真	土井 剛彦	永井 宏達	中山 恭秀			
	野島 一平	原田 和宏	樋口 大輔	平瀬 達哉	前田 慶明	牧迫飛雄馬			
	村松 憲	森下慎一郎	山口 智史	山田 実					
査読委員	赤澤 直紀	明崎 禎輝	浅賀 忠義	浅川 育世	浅川 康吉	阿南 雅也			
	阿部 勉	新井 武志	荒木 草太	井澤 和大	石川 博明	石田 和人			
	石田 和宏	石田 水里	犬飼 康人	井上順一朗	井上 優	井平 光			
	上原信太郎	上村 一貴	臼田 滋	内田 学	内山 覚	浦川 将			
	江玉 睦明	大住 倫弘	大塚章太郎	大鶴 直史	大西 秀明	岡田 洋平			
	小栢 進也	小野 玲	片山 脩	加藤 倫卓	金村 尚彦	上出 直人			
	神谷健太郎	鳥野 大	河野 一郎	北出 一平	北原エリ子	木藤 伸宏			
	木山 良二	久保 雅義	熊丸めぐみ	肥田 朋子	小林 麻衣	小宮 諒			
	齊藤 正和	櫻井 宏明	新貝 和也	菅田 陽怜	鈴木 里砂	角園 恵			
	陶山 和晃	関 裕也	関川 清一	関口 雄介	関屋 昇	高木 聖			
	高倉 保幸	高取 克彦	高見 彰淑	田中 貴子	田中 亮	田辺 茂雄			
	谷口 匡史	田畑 稔	田平 一行	椿 淳裕	鶴崎 俊哉	富田 浩輝			
	中 徹	中井 雄貴	中尾 周平	中窪 翔	長坂 和明	中西 和毅			
	中野 治郎	中野渡達哉	中村 潤二	中村 雅俊	成田 崇矢	南角 学			
	西上 智彦	野添 匡史	信迫 悟志	花田 智	花田 匡利	藤澤 宏幸			
	藤澤 祐基	藤野 英己	本田 寛人	前島 洋	松尾 篤	松尾 英明			
	松崎由里子	松田 雅弘	宮城島沙織	宮崎 宣丞	宮下 浩二	宮本 俊朗			
	村山 尊司	森井 和枝	森岡 周	森沢 知之	森下 元賀	森野佐芳梨			
	山口 正貴	葉 清規	横川 吉晴	横川 正美	横塚美恵子	横山 茂樹			
	吉田 剛	吉松 竜貴	渡辺 学						

(五十音順)

編集後記

理学療法学 第52巻 第6号が発刊されました。本号では4編の原著論文、1編の症例研究、3編の症例報告ならびに2編の総説を掲載しています。臨床現場の実践に根差した臨床研究から、理学療法学の今後の発展に資する症例報告まで、幅広い視点からの成果が掲載されています。いずれの論文も、日常臨床および研究活動の基盤を支える重要な知見を提供するものです。

原著論文では、池上論文が歩行支援ロボット練習を実施した脳卒中片麻痺患者における平地歩行自立時期を予測するノモグラムモデルを構築し、予後予測と退院支援への応用可能性を示しました。横田論文は、通所系サービス利用者の参加および生活空間に影響を及ぼす環境因子を明らかにし、地域理学療法の実践に示唆を与えています。太田論文は、高齢者の運動継続における他者との関わり方に着目し、時間や場所の固定、運動前後の交流といった日常的要素の意義を明らかにしました。大塚論文は、機械学習を用いて歩行自立度に関わる要因を可視化し、臨床判断の標準化に寄与する知見を提示しました。

症例研究では、工藤論文は急性期脳梗塞患者に対する歩行学習支援ロボットを併用した介入の経過を報告し、歩行能力に対する有効性を示しました。症例報告では、五月女論文は多疾患・重複障害を有する患者に対する心臓外科手術後理学療法の実践をまとめ、包括的な視点に基づく理学療法的重要性を考察しました。芝原論文は重症ICU獲得性筋力低下患者に対する低負荷高頻度運動療法の経過を報告し、その安全性と有効性を考察しました。笠井論文は、メトロニダゾール脳症と栄養障害を併発した症例のリハビリテーション過程を詳細に報告し、臨床的教訓を考察しました。

総説では、内藤先生が在宅心疾患患者に対する身体活動の適正化について最新の知見を整理し、今後の実践に向けた視点を示してくださいました。北地先生は、脳血管障害患者における臨床予測ルールの理論と臨床応用について体系的に解説してくださいました。

本号に収載された成果が、読者の皆様の臨床実践および研究活動の一助となることを願っております。今後も本誌が理学療法学の発展に寄与する場となるよう、多くのご投稿をお待ちしております。

(石垣智也)

理 学 療 法 学

第52巻 第6号

2025年12月20日 発行

編集
発行

一般社団法人 日本理学療法学会連合

〒106-0032 東京都港区六本木7丁目11番10号
公益社団法人 日本理学療法士協会内
TEL(03)5843-1747 (代表)

印刷・製本 株式会社国際文献社

〒162-0801 東京都新宿区山吹町332-6
パブリッシングセンター
TEL(03)6824-9363

