

理学療法学

Physical Therapy Japan

2026
VOL. 53
No.3

●研究論文（原著）

理学療法士が看取り経験から自己成長感を得るまでのプロセス

—複線径路等至性アプローチ (Trajectory Equifinality Approach) による分析—

…喜多一馬・他

骨格筋電気刺激が生体電気インピーダンス法による Phase Angle に及ぼす影響

…内海裕也・他

CT 画像の空間的標準化法を用いた脳画像解析

—一般病院での脳卒中リハビリテーション研究のための手法提示と妥当性の検討—

…伊藤直城・他

Branch Atheromatous Disease における早期神経学的悪化と入院時併存疾患数の関連

—単施設後方視的コホート研究—

…小宮大輔・他

生活期リハビリテーションを利用中の高齢者における Self-efficacy for Home Exercise Programs Scale の検者内信頼性の検討

…桑田一記・他

回復期リハビリテーション病棟のサルコペニア患者におけるサルコペニア改善に関連する入院時身体機能および日常生活動作の検討

…鷺田 恵・他

●症例報告

起立性低血圧を合併した外傷性頸髄損傷急性期にリカンベントエルゴメーターによる Activity-based Therapy を実施した 1 例

…深田 亮・他

●総 説

シリーズ「物理療法の最近の動向と将来」

連載第3回目 集中治療室からはじめる物理療法—骨関節・外傷患者を中心に—

…桂田功一

シリーズ「痛みに対する理学療法の考え方」

連載第3回目 腰部脊柱管狭窄症における生物心理社会モデルに基づいた包括的評価と行動変容に向けた理学療法戦略

…田島健太郎

●投稿規程

理学療法学 第53巻 第3号 2026年

目 次

研究論文 (原著)

理学療法士が看取り経験から自己成長感を得るまでのプロセス

—複線径路等至性アプローチ (Trajectory Equifinality Approach) による分析— …… 喜多 一馬・他・159

骨格筋電気刺激が生体電気インピーダンス法による Phase Angle に及ぼす影響 …… 内海 裕也・他・168

CT画像の空間的標準化法を用いた脳画像解析

—一般病院での脳卒中リハビリテーション研究のための手法提示と妥当性の検討— …… 伊藤 直城・他・175

Branch Atheromatous Diseaseにおける早期神経学的悪化と入院時併存疾患数の関連

—単施設後方視的コホート研究— …… 小宮 大輔・他・183

生活期リハビリテーションを利用中の高齢者における Self-efficacy for Home Exercise

Programs Scaleの検者内信頼性の検討 …… 桑田 一記・他・192

回復期リハビリテーション病棟のサルコペニア患者におけるサルコペニア改善に

関連する入院時身体機能および日常生活動作の検討 …… 鷺田 恵・他・201

症例報告

起立性低血圧を合併した外傷性頸髄損傷急性期にリカンベントエルゴメーターによる

Activity-based Therapyを実施した1例 …… 深田 亮・他・209

総 説

シリーズ「物理療法の最近の動向と将来」

連載第3回目 集中治療室からはじめる物理療法—骨関節・外傷患者を中心に— …… 桂田 功一・215

シリーズ「痛みに対する理学療法の考え方」

連載第3回目 腰部脊柱管狭窄症における生物心理社会モデルに基づいた包括的評価と

行動変容に向けた理学療法戦略 …… 田島健太郎・220

投稿規程 …… 226

CONTENTS Vol. 53 No. 3 2026

Research Reports (Original Article)

- The Process by Which Physical Therapists Develop a Sense of Personal Growth
Through End-of-life Care Experiences: An Analysis Using the Trajectory Equifinality Approach
..... Kita K., *et al.* • 159
- Effects of Electrical Muscle Stimulation on Phase Angle Assessed
by Bioelectrical Impedance Analysis Utsumi Y., *et al.* • 168
- CT-based Spatial Normalization for Brain Imaging: Methodological Framework
and Validation for Stroke Rehabilitation Research in General Hospitals Itoh N., *et al.* • 175
- Comorbidity Count and Early Neurological Deterioration in Branch Atheromatous Disease:
A Single-center Retrospective Cohort Study Komiya D., *et al.* • 183
- Intra-rater Reliability of the Self-efficacy for Home Exercise Programs Scale
Among Older Adults Receiving Community-based Rehabilitation Kuwata K., *et al.* • 192
- Investigation of Admission Physical Function and Activities of Daily Living Associated
with Improvement in Sarcopenia among Patients with Sarcopenia
in a Convalescent Rehabilitation Ward Washida K., *et al.* • 201

Case Report

- Activity-based Therapy Using a Recumbent Ergometer in The Acute Phase
of Traumatic Cervical Spinal Cord Injury with Orthostatic Hypotension: A Case Report
..... Fukata R., *et al.* • 209

Reviews

- Treatment Using Physical Therapy Equipment in Intensive Care Unit Katsurada K. • 215
- Comprehensive Assessment and Physical Therapy Strategies for Behavioral Change
Based on the Biopsychosocial Model in Lumbar Spinal Stenosis Tajima K. • 220

研究論文 (原著)

理学療法士が看取り経験から自己成長感を得るまでのプロセス* —複線径路等至性アプローチ (Trajectory Equifinality Approach) による分析—

喜多一馬^{1) #} 森田隆剛²⁾ 池田耕二³⁾

要旨

【目的】本研究の目的は理学療法士が患者の看取り経験から自己成長感を得るまでのプロセスを明らかにすることとした。【方法】対象は、患者の看取り経験から自己成長感を得た理学療法士5名である。方法は、複線径路等至性アプローチ (Trajectory Equifinality Approach) とし、質問紙によるアンケートと2回の半構造化面接を実施した。【結果】自己成長感を得るまでのプロセスは、第1期：看取りにかかわる基本的な理学療法知識や技術を習得するまでの学びのプロセス、第2期：看取り期に適切な理学療法を実践するまでのプロセス、第3期：看取り期に適切な理学療法の実践から成長感を得るまでのプロセスから構成されていた。そのなかで価値観・信念は「緩和ケアの自立支援の視点から理学療法を実践する」を確立させていた。【結論】理学療法士が患者の看取り経験から自己成長感を得るプロセスから提案された支援・教育方法ならびに職場・学習環境整備の提案は実践的指針となると考えられる。

キーワード 理学療法士, 看取り, 複線径路等至性アプローチ

はじめに

医療専門職はキャリアの各段階で知識・教訓・技術・能力を獲得し続ける生涯の学習者である¹⁾。経験から熟達に至る理論枠組みには、Kolbの経験学習理論²⁾、Dreyfusらの技能熟達モデル³⁾、Bennerの「初心者から達人へ」⁴⁾、臨床現場での暗黙知と非形式学習を強調したErautらの議論⁵⁾などが国際的に蓄積している。国内では松尾の経験学習プロセスの枠組みが広く用いられ、看護師⁶⁾、保健師⁷⁾、診療放射線技師⁸⁾、救急救命士⁹⁾、救急医¹⁰⁾、公衆衛生医師¹¹⁾などで明らかにされてきた。加えて、近年は理学療法領域でも、池田らが

理学療法士 (Physical Therapist: 以下, PT) のキャリアと経験学習プロセスの解明を進め、キャリア段階ごとの成長を促す経験と学習内容を報告している¹²⁾¹³⁾。その成長を促す経験のひとつに『患者の死を見守った経験』、つまり「看取り経験」がある¹²⁾。看取り経験による成長は、国内の看護師⁶⁾、保健師⁷⁾、救急医¹⁰⁾でも報告されており、海外でも医師・看護師・ソーシャルワーカー¹⁴⁻¹⁶⁾で報告されている。ただし、これらの研究において看取り経験の解釈や射程は必ずしも一致していない。そこで本研究では、看取り経験を「緩和ケアのなかかわりを通して、死に至るまで対象者のその人らしさを支える経験」と定義することとした。一方、看取り経験は成長を停滞させる側面もある。例えば、PTでは心理的ストレス¹⁷⁾や意欲低下・無力感¹⁸⁾につながることで、看護師では二次的外傷性ストレス¹⁹⁾や苦悩・葛藤²⁰⁾につながることで報告されている。海外でも、医師・看護師の怒り・無力感・負担感²¹⁾、救急看護師の二次的外傷性ストレス症状²²⁾、緩和ケア・腫瘍ケアに従事する医療従事者の心理的苦痛やバーンアウト²³⁾が報告されている。すなわち、看取り経験は、成長と停滞 (負荷) の相反する効用を併せ持つと考えることができる。しかし、これら2つの効用がどのように生起し、いかなる条件、分岐を経て異なる帰結 (成長・停滞) に至るかのプ

* The Process by Which Physical Therapists Develop a Sense of Personal Growth Through End-of-life Care Experiences: An Analysis Using the Trajectory Equifinality Approach

1) 株式会社ホワイトアンドブルー
(〒151-0053 東京都渋谷区代々木1丁目3-1)

Kazuma Kita, PT: White and Blue Co., Ltd.

2) 城山病院リハビリテーション科

Takayoshi Morita, PT: Shiroyama Hospital Rehabilitation Department

3) 奈良学園大学保健医療学部リハビリテーション学科

Koji Ikeda, PT, PhD: Department of Rehabilitation, Faculty of Health Sciences, Naragaku University

E-mail: kitakazuma@gmail.com

(受付日 2025年12月2日 / 受理日 2026年2月11日)

[J-STAGEでの早期公開日 2026年4月23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。

© 2026 日本理学療法学会連合

ロセスは不明である。身体、生活機能の改善を主領域として発展してきた理学療法は、看取り経験と一定の距離をおいてきた歴史があるため、特に不明と考えられる。また、近年の悲嘆²⁴⁾やバーンアウト²⁵⁾に関するスコopingレビューでは、看取り経験後の適切な支援や環境整備の必要性を示している。これらより、看取り経験を自己成長へと接続する方策を提示するためには、単に出来事を列挙するのではなく、「どのような経路で」「何が分岐点となり」「どの条件下で」「どのような相互作用を経て」成長・停滞に至るのかというプロセスの可視化が不可欠である。

複線経路等至性アプローチ (Trajectory Equifinality Approach: 以下, TEA) は、個人が多様な分岐を経ながら複数の等至点 (Equifinality Point: 以下, EFP) に至りうることを前提に、ライフイベントの時間的展開を図示・記述する分析手法であり、プロセスを可視化できる。理学療法分野でのTEA適用報告は乏しいが、作業療法分野では複数の報告がなされており²⁶⁻²⁸⁾、臨床実践に根ざしたプロセス研究として一定の妥当性を有するアプローチと考えられる。したがって、看取り経験から自己成長感に至る過程の多様性と分岐・転回点を理論的に捉えるには、TEAが最も適した方法と考える。TEAにより、看取り経験から自己成長感を得るプロセスを明らかにできれば、適切な支援方法の開発が期待できる。

本研究では、PTが看取り経験から自己成長感を得るまでのプロセスをTEAにより明らかにし、支援・教育方法および職場環境整備の具体的示唆を導出することを目的とする。

対象および方法

1. 研究デザイン

本研究デザインは質的研究法である。分析手法はTEAを採用する²⁹⁾。これは、時間を捨象せずに人生の理解を可能にしようとする文化心理学のアプローチであり、1) 複線経路等至性モデル (Trajectory Equifinality Model: 以下, TEM)、2) 歴史的構造化ご招待 (Historically Structured Inviting: 以下, HSI)、3) 発生の三層モデル (Three Layers of Genesis: 以下, TLMG) の3つの理論的構成からなる。

1) TEMは、研究協力者らが等しく至ると考えられる経験や地点のことを示すEFPに至る複数の経時的な経路をモデルとして描く方法である。EFPに到達するための必須の経験である必須通過点 (Obligatory Passage Point: 以下, OPP)、経路が複線化する分岐点 (Bifurcation Point: 以下, BFP)、EFPに向かう促進的な力である社会的助勢 (Social Guidance: 以下, SG)、抑制的な力である社会的方向付け (Social Direction: 以下, SD) といった特有の概念ツールを用いて記述する。これにより、ど

の時期にいかなる支援が求められるかを把握できる。2) HSIは、研究協力者選定のための枠組みであり、EFPを経験した人を調査にお招きすることで構成される。これは質的研究にある理論的サンプリングに相当する。本研究では「看取り経験から自己成長感を得たPT」を対象とする。3) TLMGは、人間の内的変容過程を個人活動レベル (第1層)、記号レベル (第2層)、価値観・信念レベル (第3層) という3層構造として理解する理論である。これにより、臨床経験によって仕事観がどのように変容し、深層的な価値・信念へどのように影響を及ぼすのかを捉えることが可能となる。

2. 研究協力者

2025年2~9月の期間に、HSIに基づき5名のPTを研究協力者ABCDEとして選定した。この際、PTとしての経験を振り返る必要があることから、医療職としてのキャリアが熟達し、回顧が可能になるとされる臨床経験10年以上を追加条件とした³⁰⁾。サンプリング方法には、身近なものから紹介を続けるスノーボールサンプリングを用いた。なお、TEMには、サンプリングにおける特有の理論として、1名では個人の経路を深く探ることができ、4±1名では経験の多様性を把握でき、9±2名では経路の類型を抽出できるという「1・4・9の法則」がある³¹⁾³²⁾。本研究では看取り経験における個々の多様性を把握することを目的としたため、対象者数を5名と設定した。5名の研究協力者ABCDEの内訳は、男性5名、平均年齢37.8±1.5歳、平均臨床経験年数16.2±1.3年であり、各研究協力者の詳細情報は表1に記した。

3. データ収集ならびに分析

各研究協力者に対して、アンケート調査ならびにオンライン会議システムGoogle Meetを用いた2回の半構造化面接によるインタビュー調査を実施した。アンケート調査では、本研究の目的に合わせて独自に作成したア

表1 研究協力者の詳細情報

研究協力者	主な臨床経歴の概要	現在の勤務先
A	急性期・回復期・生活期リハビリテーションを経験後、訪問看護ステーションに転職	訪問看護ステーション
B	博士前期課程修了後、現職にて小児医療に従事	一般病院
C	超急性期・回復期・スポーツリハビリテーションを経験後、訪問看護ステーションへ転職	訪問看護ステーション
D	通所・訪問リハビリテーションを経験後、複数の訪問看護ステーションを経て現職	訪問看護ステーション
E	現職にて回復期を経て、がんリハビリテーションを担う急性期病棟に異動	一般病院

ンケートを配布し、回答を依頼した。アンケートは次の6項目で構成した。1) PTとして看取りを経験するまでの過程、2) 看取りを経験するまでの看取りに対する印象や考え方、3) はじめて看取りを経験したときの苦勞した点やその対処方法、4) 看取り経験のなかで自己成長感につながった事例とそのときの職場や関連職種等からの支援、5) 看取り経験を自己成長感につなげるために必要であった自己学習や学会参加等の自己研鑽、6) 看取り経験から自己成長感を得たことで生じた看取りを行ううえでの変化であった。加えて、PTとしての経歴、経験、年数、性別といった基本情報も聴取した。

第1回インタビュー調査は、アンケート項目をインタビューガイドとし、必要に応じて看取り経験に関連する状況や条件についての質問を追加した半構造化面接とした。追加した項目は、「看取りに関する職場の方針はどのようなものでしたか」や「看取りの経験が豊富なPTや他職種とは一緒に働いていましたか」などである。インタビュー内容はICレコーダーに録音し、録音データは逐語録としてテキスト化し、精読した。なお、研究協力者の負担を考慮し、所要時間は約60分とした。その後、本研究代表者と研究分担者らが協議し、逐語録の内容を概念ツールに照合しながら、PTとして働きはじめた時点から看取り経験を通じて自己成長感を得るまでの過程を解釈・ラベリングした。これらを非可逆的時間に沿って整理し、研究協力者ごとにTEM図を作成した。

第2回のインタビュー調査では、作成したTEM図を研究協力者に提示し、TEM図の修正・補足・追加を共同で行った。この過程において各TEM図に対する研究協力者との合意形成が得られたため、TEAにおけるトランスビュー的飽和が達成されたと判断した²⁹⁾。最終的に、すべての研究協力者のTEM図を統合し、統合図においても研究協力者に依頼して確認する機会を設けることで、妥当性の向上に努めた。

4. 倫理的配慮

本研究は、医療法人春秋会城山病院倫理委員会の承認(承認番号: 2024-023)を得た。研究協力者らには研究の目的・方法・撤回等について書面ならびに口頭にて説明を行い、同意を得たうえで実施した。

結 果

TEAを用いて分析した結果を図1に示す。第1層の活動レベル(個人の出来事・経験)では、経験した出来事や行動・感情・思考等を記載した。研究協力者らが実際に経験した経路は実線で示し、選択しなかったが有り得た仮想経路は点線で示した。第2層の記号レベル(意味づけの形成)では、研究協力者らの行動変容に影響を与えた思考を示した。第3層の価値観・信念レベル(仕

事観や信念、価値観の形成)では、思考の基盤となるものを示した。図における概念ツールの用語と定義、それぞれに対する本研究における意味づけを表2に示す。なお、本研究における概念ツールの意味づけは、その定義に合致するものを研究代表者と分担者が協議したうえで決定した。

以下では、各研究協力者がEFPに至るまでのプロセスをその特徴から、第2層の記号レベルと照らし合わせ、第1期: 看取りにかかわる基本的な理学療法知識や技術を習得するまでのプロセス、第2期: 看取り期に適切な理学療法を実践するまでの学びのプロセス、第3期: 看取り期に適切な理学療法の実践から成長感を得るまでのプロセスの3期に分け、各期の結果を説明する。なお、TEM図における活動レベルを〈〉、記号レベルを《》、価値観・信念レベルを『』で示した。図1と結果の本文中にあるアルファベットABCDEは研究協力者を意味する。

1. 第1期: 看取りにかかわる基本的な理学療法知識や技術を習得するまでのプロセス

研究協力者らは〈PTとして働きはじめ(ABCDE)〉、〈OPP-1: 担当患者の死を初めて経験する〉を経験していた。そこで〈SG-1: 看護師における患者の死の受け止め方(A)〉を受け〈患者の死の受け止め方を知る(A)〉や〈看取り期に提供した理学療法に疑問を抱く(B)〉を経て、〈OPP-2: 担当患者の死を繰り返し経験する〉に至っていた。その後、〈SG-2: 周囲のPTとのかかわり(BCD)〉、看取り経験ある他職種とのかかわり(BCDE)、理学療法介入が中止とならない(B)、多様な疾患・病態像の患者の経験(AC)、職場内の研修体制、研修支援体制(DE)、自己研鑽ができる時間的余裕(D)の後押しを得て、〈BFP-1: 看取りに関する基本的な理学療法知識・技術を習得する〉に至っていた。一方、〈SD-1: 理学療法中止指示(ACD)〉、終末期理学療法の教育の乏しさ(CD)が抑制的に働いていた。

このプロセスでは、第2層の記号レベルとして《看取りにかかわる基本的な理学療法技術の習得(ABCDE)》と《担当患者の死の経験(ABCDE)》という意味づけが形成されていた。また、この時期の基本的な理学療法技術は、疾病の予防、治療、心身・生活機能の維持・改善といった自立支援と位置付けられる内容であり、第3層の価値観・信念レベルとしては、『自立支援の視点から理学療法を実践する』という仕事観や信念が形成されていた。

2. 第2期: 看取り期に適切な理学療法を実践するまでの学びのプロセス

A・C・D・E氏は〈BFP-1〉を経験したものの、〈患者

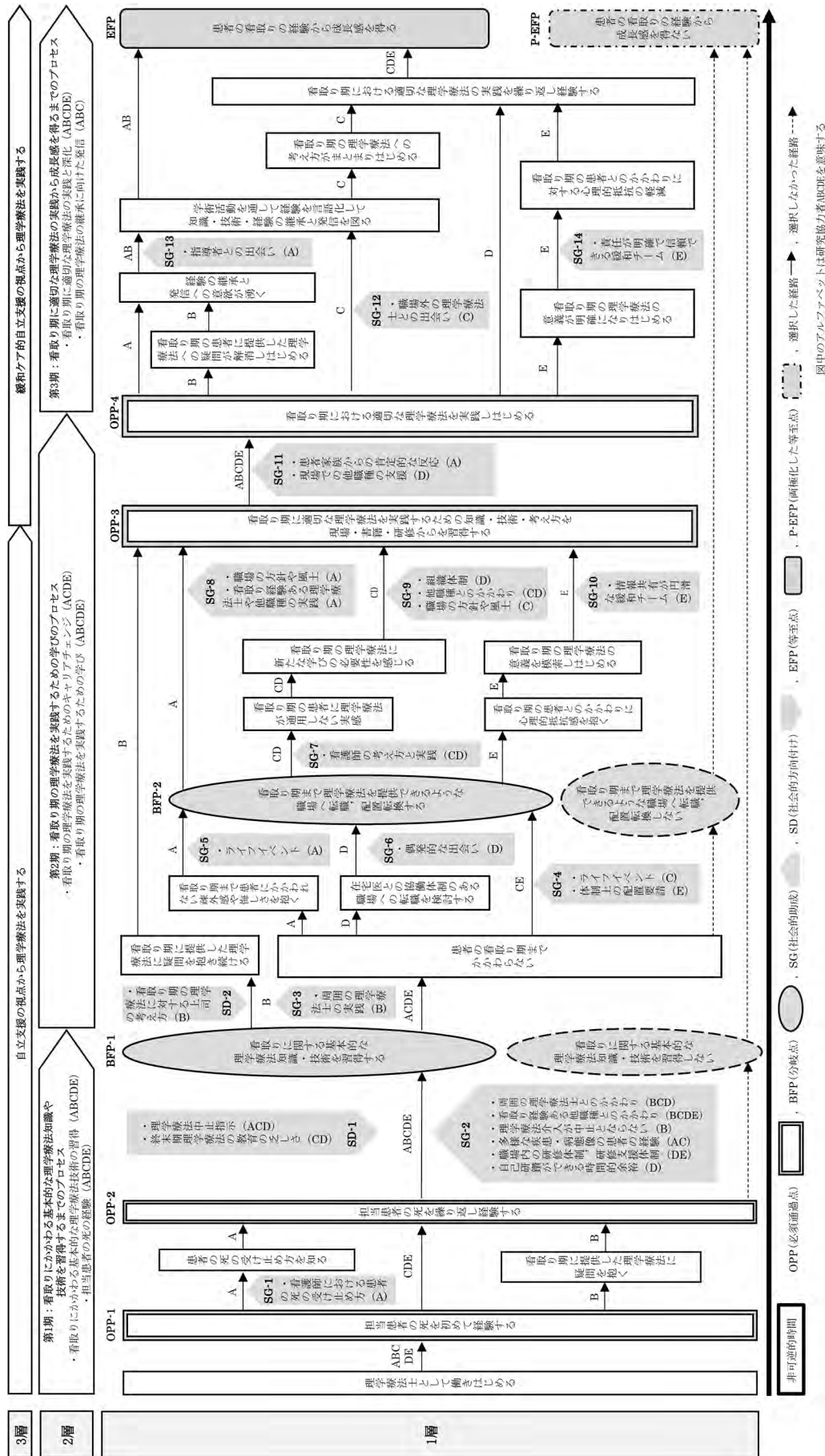


図1 研究協力者が患者の看取りの経験から成長感を得るまでのプロセス

表2 TEMにおける概念ツールと本研究における意味づけ

用語	定義	本研究における意味づけ
Equifinality Point (EFP) 等至点	研究協力者らが等しく至ると考えられる経験や地点	患者の看取りの経験から成長感を得る
Polarized Equifinality Point (P-EFP) 両極化した等至点	研究協力者らが等しく至ると考えられる経験や地点の対極に位置づけられる経験や地点	患者の看取りの経験から成長感を得ない
Obligatory Passage Point (OPP) 必須通過点	EFPに到達するための必須の経験	OPP-1: 担当患者の死を初めて経験する OPP-2: 担当患者の死を繰り返し経験する OPP-3: 看取り期に適切な理学療法を実践するための知識・技術・考え方を現場・書籍・研修から習得する OPP-4: 看取り期における適切な理学療法を実践しはじめる
Bifurcation Point (BFP) 分岐点	経路が複線化する分岐点	BFP-1: 看取りに関する基本的な理学療法知識・技術を習得する BFP-2: 看取り期まで理学療法を提供できるような職場へ転職、配置転換する
Social Guidance (SG) 社会的助勢	EFPに向かう促進的な力	看取りの経験から成長感を得ることに促進的に作用する環境からの影響
Social Direction (SD) 社会的方向づけ	EFPに向かう抑制的な力	看取りの経験から成長感を得ることに抑制的に作用する環境からの影響

の看取り期までかわらない(ACDE)状態であった。A氏は〈看取り期まで患者にかかわれない疎外感や悔しさを抱く(A)〉が、〈SG-5: ライフイベント(A)〉の影響を受け、〈BFP-2: 看取り期まで理学療法を提供できるような職場へ転職、配置転換する(ACDE)〉に至る。D氏においても同じく〈BFP-2〉に至るが、〈在宅医との協働体制のある職場への転職を検討する(D)〉なかで〈SG-6: 偶発的な出会い(D)〉から影響を受けるという経路であった。C・E氏においても同様に、〈SG-4: ライフイベント(C), 体制上の配置要請(E)〉の影響を受け〈BFP-2〉に至っていた。

その後、A氏は〈SG-8: 職場の方針や風土、看取り経験あるPTや他職種の実践(A)〉から後押しを得て、〈OPP-3: 看取り期に適切な理学療法を実践するための知識・技術・考え方を現場・書籍・研修から習得する〉に至った。C・D氏は〈SG-7: 看護師の考え方と実践(CD)〉の影響から〈看取り期の患者に理学療法が通用しない実感(CD)〉を抱き、〈看取り期の理学療法に新たな学びの必要性を感じる(CD)〉。そして、〈SG-9: 組織体制(D), 他職種とのかかわり(CD), 職場の方針や風土(C)〉という後押しを得て、〈OPP-3〉に至る。E氏は、〈看取り期の患者とのかかわりに心理的抵抗感を抱く(E)〉が、〈看取り期の理学療法の意義を模索しはじめる(E)〉なかで〈SG-10: 情報共有が円滑な緩和チーム(E)〉からの後押しを得て、〈OPP-3〉に至っていた。

他方、B氏は、〈SD-2: 看取り期の理学療法に対する上司の考え方〉と〈SG-3: 周囲のPTの実践〉の影響を受け〈看取り期に提供した理学療法に疑問を抱き続ける(B)〉状態であったが、〈OPP-3〉に至っていた。

そして、すべての研究協力者らは〈OPP-4: 看取り期

における適切な理学療法を実践しはじめる〉が、このとき〈SG-11: 患者家族からの肯定的な反応(A), 現場での他職種の支援(D)〉といった影響を受けた者もいた。

このプロセスでは、第2層の記号レベルとして《看取り期の理学療法を実践するためのキャリアチェンジ(ACDE)》と《看取り期の理学療法を実践するための学び(ABCDE)》という意味づけが形成されていた。看取り期の理学療法を実践する学びとは、自立支援の理学療法に緩和ケアとしての理学療法を加えた、緩和ケア的自立支援の理学療法であった。ここでは第3層の価値観・信念レベルとして『緩和ケア的自立支援の視点から理学療法を実践する』という仕事観や信念が形成され、変容していくことが示唆された。

3. 第3期: 看取り期に適切な理学療法の実践から成長感を得るまでのプロセス

研究協力者らは〈OPP-4〉の後、それぞれに〈EFP: 患者の看取り経験から成長感を得る〉に至っていた。A・B氏は〈経験の継承と発信への意欲が湧く(AB)〉ことで〈学術活動を通して経験を言語化して知識・技術・経験の継承と発信を図る(ABC)〉ようになり、〈EFP〉へと到達する。このとき、B氏は〈看取り期の患者に提供した理学療法への疑問が解消しはじめる(B)〉ことを経由し、A氏は〈SG-13: 指導者との出会い(A)〉が後押しとなっていた。C氏も学術活動を通じた発信を経由するが、〈SG-12: 職場外のPTとの出会い(C)〉が後押しとなっていた。その後、〈看取り期の理学療法への考え方がまともにはじめる(C)〉ようになり、〈看取り期における適切な理学療法の実践を繰り返し経験する(CDE)〉ことで〈EFP〉へと到達していた。D氏においても同様に実践を

繰り返すことで〈EFP〉へと到達していた。他方、E氏は〈OPP-4〉の後、〈看取り期の理学療法の意義が明確になりはじめる(E)〉ようになり〈SG-14:責任が明確で信頼できる緩和チーム〉から後押しを得て、〈看取り期の患者とのかかわりに対する心理的抵抗の軽減〉に至っていた。そして、実践を繰り返すことで〈EFP〉へと到達していた。

このプロセスでは、第2層の記号レベルとして《看取り期に適切な理学療法の実践と深化(ABCDE)》と《看取り期の理学療法の継承に向けた発信(ABC)》という意味づけが形成され、第3層の価値観・信念レベルとして『緩和ケア的自立支援の視点から理学療法を実践する』という仕事観・信念を確立していく段階であることが示唆された。

考 察

本研究の目的は、PTが患者の看取り経験から自己成長感を得るプロセスを解明することであった。以下では、本研究で明らかとなったプロセスの特徴を踏まえ、その核心となるポイントを考察し、そこからPTの看取り経験を支える支援・教育ならびに職場環境や学習環境の整備に向けた示唆を提示することに焦点を置く。

1. PTが看取り経験から自己成長感を得るまでのプロセス

第1期では、すべてのPTは担当患者の死の経験(OPP-1, 2)から看取りにかかわる基本的な理学療法技術を習得しており(BFP-1)、それは自立支援としての理学療法といえるものであった。このような知識や技術を有し、その実践を図ることは、看取り期のPTの固有の役割とされている³³⁾。そのため、この経路を通過しなければ、看取り期に適切な理学療法を実践すること(OPP-4)にもつながらず、看取り経験から自己成長感を得ないこと(P-EFP)へと到達するものと考えられる。

しかし、この時期には、理学療法中止指示や終末期理学療法の教育の乏しさがSDとして認められた(SD-1)。2008年の国内における報告では、多くの医療機関でがん末期に至る前にリハビリが終了するため、治療的なアプローチが多く、患者とかかわるためのトレーニングや教育が不足していると指摘されている³⁴⁾。また、近年でも緩和ケアにPTが介入できないことやその必要性を認識されていないことが指摘されている³⁵⁾。したがって、研究協力者らが患者の看取りを経験できず、体系的な教育を受けられていなかったことには一定の妥当性が認められる。このような背景から、研究協力者らが看取りにかかわる自立支援の知識や技術を習得するために、SGとして多くの要因を必要としていたものと考えられる。

第2期では、研究協力者らは患者の看取りにかかわる

職場への転職や配置転換に至っていた(BFP-2)。看取り経験から自己成長感を得る(EFP)には、実際に患者の看取りにかかわる必要があるため、この経路を通過しなければ、看取り経験から自己成長感を得ない(P-EFP)へと到達してしまうものと考えられる。しかし、転職や配置転換に至るまでの経路はそれぞれに意図しない環境からの影響を受けたものであった(SG-5, 6, 7)。職業人の非自発的なキャリアチェンジは多様かつさまざまな関係性の影響により深く形作られていることがあるが³⁶⁾、そのような機会によりキャリアは開かれるとされている³⁷⁾。すなわち、研究協力者らはそのような機会を活用できたものと考えられる。ただし、B氏のみは患者の看取りを経験できる環境があり、転職や配置転換(BFP-2)を経由しなかった。このような経路も理解しておく必要があるだろう。

その後、研究協力者らは看取り期に適切な理学療法を実践するための知識・技術・考え方を習得する(OPP-3)。それは、自立支援としての理学療法に、緩和ケアとしての理学療法を取り入れた、緩和ケア的自立支援としての理学療法であった。緩和ケアとしての理学療法とは、ナラティブ(物語り)による受容、身体活動・睡眠・食事・排泄・コミュニケーション・感情表出の視点に基づく評価、新たな生活スタイルの提案、人生の振り返り支援、家族・介護者へのケアを柱とする実践と提唱されている³⁸⁾。そして、緩和ケア的自立支援とは、自立支援と緩和ケアが相互に補完し合う理学療法として提唱された実践的枠組みである³⁹⁾。研究協力者らは理学療法が通用しない実感や理学療法の意義を模索するといった一見すると否定的な経路を経由しながら内省を繰り返し、一方で緩和ケアにかかわりの深い職場や組織の環境、専門職種たちからの後押しを得ることで(SG-8, 9, 10)、自らによって実践的枠組みを構築していったものと考えられる。

第3期では、研究協力者らは看取りの経験から成長感を得るに至り(EFP)、緩和ケア的自立支援の視点から理学療法を実践するという価値観・信念を確立させていた。医療専門職はキャリア後期において難易度の高い経験から学習を深化させており⁴⁰⁾、PTでは多職種連携による介入経験や担当患者の死を見守った経験が該当する経験であると報告されている¹²⁾。すなわち、本研究結果で示したような経験が学習を深化させることは、新たな視点と考えられる。他方、第3期には学術活動を経由した者もいた。PTの省察的实践に関するスコーピングレビューでは、省察的实践としてブログ、日記、フィールドノートなどの書面が最も一般的と報告している⁴¹⁾。同論文のレビューがキャリア初期のPTに焦点を当てていたことを踏まえると、キャリアの後半では学術活動を活用していた点には一定の妥当性があるものと考えられ

る。

2. PTの看取り経験への適切な支援・教育方法、職場・学習環境整備に向けた提案

PTが看取り経験から成長感を得るための支援には、現場で働く個々のPTを直接的に支援する提案と組織やシステムの改善を介して間接的に支援する提案が必要となる。

まず、現場で働く個々のPTの支援には、自立支援としての理学療法と緩和ケアとしての理学療法の両者に関する知識・技術・考え方等を習得できる支援・教育が必要である。しかし、緩和ケアとしての理学療法は近年によく提唱されたものであり³⁸⁾、理学療法分野の緩和ケアに対する研究が十分でないこと⁴²⁾、介入の不明瞭さがあること⁴³⁾も報告されている。したがって、すでに看取り経験のあるPT、看護師や医師といった他職種の知識・技術・考え方等を取り入れていくことが必要である。具体的には、PTや他職種の看取り期の実践に同行すること、共に看取り期のかかわりを検討すること、研修や学術書などから学習することである。これらは本研究のSG-2, 3, 7, 8, 9に該当する支援である。また、PTの学術活動を支援することも重要であり、この点においても理学療法分野に加え、他職種が参加する緩和ケアや各疾患に関する学会参加や発表、論文投稿を促すことが必要と考えられる。これはSG-12, 13に該当する支援である。

つぎに、PTが所属する組織や取り巻くシステムの改善を介した間接的な支援には、看取り期における理学療法の実践的枠組みを確立することが必要と考えられる。それは、近年に提唱された緩和ケア的自立支援の知見を積み重ねていくことであり、SD-1の解消に該当する支援である。そして、組織体制の整備には、PTが緩和ケア的自立支援の実践を図れるような体制づくりを進めることが必要であり、それはPTが患者の看取り期まで理学療法中止とならずにかかわれるようにすること、医師や看護師などとの良好な多職種連携を推進することである。これらはSD-1, 2の解消ならびにSG-2, 9, 10, 11, 14に該当する支援である。

以上が、本研究結果から得られた支援・教育方法ならびに職場・学習環境整備に向けた示唆である。これらは実際に病院や訪問看護ステーションにて働くPTらから得られたものであるため、現場等への転用も可能であると考えられる。しかし、その検証はこれからの課題である。

3. 本研究の限界と課題

本研究にはいくつかの限界がある。第一に、研究協力者が5名であり、看取り経験に至る個々の経路を深く検

討することや経路の類型化には適していない。今後は、より多様な背景をもつPTを対象とし、複線的経路の比較や類型の抽出を行い、看取り経験から成長に至るプロセスをより包括的に明らかにする必要がある。第二に、本研究協力者は全員男性であったため、性別による違いを検討することはできなかった。今後は、性別・経験年数・専門分野などの属性差を踏まえた比較分析も必要である。第三に、本研究は過去の経験を想起して語ってもらう調査デザインであり、リコールバイアスの影響を受ける可能性がある。とくに看取り期の経験は感情的負荷が大きく、時間経過により記憶が再構成されやすい側面がある。今後は、縦断的データの収集や、観察・記録を併用する方法などを組み合わせ、より精度の高いプロセスの把握が期待される。

他方で、本研究で得られたPTが患者の看取り経験から自己成長感を得るまでのプロセスと考察から導かれた支援・教育の提案は、今後多くのPTが看取り経験に直面する際の一助となりうる。緩和ケア的自立支援という実践的枠組みの形成プロセスとの重なりを明らかにした点は、国内における緩和ケア領域の理学療法研究がまだ十分に蓄積されていない現状において、理論的・実践的意義を有すると考えられる。今後も本研究のような質的プロセス研究を重ねることで、看取り期における理学療法の学術的基盤がより強固になっていくことが期待される。

結 論

本研究では、PTが患者の看取り経験から自己成長感を得るまでのプロセスは、第1期：看取りにかかわる基本的な理学療法知識や技術を習得するまでのプロセス、第2期：看取り期に適切な理学療法を実践するまでの学びのプロセス、第3期：看取り期に適切な理学療法の実践から成長感を得るまでのプロセスから構成されていた。そして、価値観・信念は「自立支援の視点から理学療法を実践する」から「緩和ケア的自立支援の視点から理学療法を実践する」へと変化していた。これらから提案された支援・教育方法ならびに職場・学習環境整備の提案は実践的指針となると考えられ、今後はその検証が求められる。

助 成

本研究は自己資金にて行われており、活用した助成等はない。

利 益 相 反

本研究に開示すべき利益相反はない。

謝辞：本研究において、快く協力していただいた研究協

力者の皆様に感謝を申し上げます。

文 献

- Mann K, Gordon J, *et al.*: Reflection and reflective practice in health professions education: A systematic review. *Adv Health Sci Educ Theory Pract.* 2009; 14: 595–621.
- Kolb DA: *Experiential learning experience as the source of learning and development.* Prentice-Hall, New Jersey, 1984, pp. 39–60.
- Dreyfus SE, Dreyfus HL: A five-stage model of the mental activities involved in directed skill acquisition. University of California, Berkeley, Operations Research Center Technical Report ORC-80-2.1980; 1–22.
- Benner P: From novice to expert. *Am J Nurs.* 1982; 82: 402–407.
- Eraut M: Non-formal learning and tacit knowledge in professional work. *Br J Educ Psychol.* 2019; 70: 113–136.
- 松尾 睦, 正岡経子, 他: 看護師の経験学習プロセス. 札幌医科大学保健医療学部紀要. 2008; 11: 11–19.
- 松尾 睦: 保健師の経験学習に関する探索的研究. 神戸大学経営学研究科 Discussion paper. 2010; 33: 1–10.
- 松尾 睦, 武藤浩史, 他: 診療放射線技師の経験学習プロセス. 日本診療放射線技師会誌. 2014; 61: 13–20.
- 高橋平徳: 救急救命士の経験学習—経験と能力の関係性—. 日本保健医療福祉連携教育学会学術誌・保健医療福祉連携. 2015; 8: 2–9.
- 松尾 睦: 救急医の熟達と経験学習. 国民経済雑誌. 2010; 202: 13–44.
- 北川信一郎: 公衆衛生医師の熟達と経験学習に関する探索的研究. 医学教育. 2013; 44: 227–235.
- 池田耕二, 田坂厚志, 他: 理学療法士の経験学習プロセスの解明と支援方法の開発に向けた探索的研究—熟達理学療法士の成長を促す経験とそこから得る知識や教訓等—. 理学療法学. 2021; 48: 19–28.
- 池田耕二, 田坂厚志, 他: 熟達理学療法士における成長を促した経験学習サイクルを探索する: 教訓と応用. 理学療法管理学. 2023; 1: 15–22.
- Chen C, Chen J: Subjective rather than objective patient death experiences and professional quality of life. *BMC Nurs.* 2024; 15: 23–41.
- Beaune L, Muskat B, *et al.*: The emergence of personal growth amongst healthcare professionals who care for dying children. *Palliat Support Care.* 2018; 16: 298–307.
- Zhang J, Cao Y, *et al.*: The experiences of clinical nurses coping with patient death in the context of rising hospital deaths in China: A qualitative study. *BMC Palliat Care.* 2022; 21: 1–9.
- 喜多一馬, 池田耕二: 理学療法士が経験する患者やその家族・同僚・関連職者の感情から受けるストレス: 語りをベースにした質的事例研究. 理学療法ジャーナル. 2024; 58: 957–963.
- 中田加奈子, 池田耕二, 他: 3年目の理学療法士は終末期理学療法実践をどのように体験しているか? 「無力感や意欲低下」の生成過程について. 理学療法科学. 2010; 25: 523–528.
- 五島沙織, 涌水理恵: 看取り体験がNICU看護師に与える二次的外傷性ストレスの実態とその関連要因. 小児保健研究. 2020; 79: 353–362.
- 兵庫哲平, 今井芳枝, 他: 終末期肺がん患者・家族の看護に対する看護師の心情. *Journal of Nursing Investigation.* 2021; 19: 1–7.
- Choi EK, Kang J, *et al.*: Moral distress regarding end-of-life care among healthcare personnel in Korean university hospitals: Features and differences between physicians and nurses. *J Korean Med Sci.* 2023; 38: 1–14.
- Morrison LE, Joy JP: Secondary traumatic stress in the emergency department. *J Adv Nurs.* 2016; 72: 2894–2906.
- Delafontaine AC, Anders R, *et al.*: Impact of confrontation to patient suffering and death on wellbeing and burnout in professionals: A cross-sectional study. *BMC Palliat Care.* 2024; 23: 1–15.
- Phillips CS, Trainum K, *et al.*: Hidden in plain sight: A Scoping review of professional grief in healthcare and charting a path for change. *Health Serv Insights.* 2025; 18: 1–27.
- Romão ME, Setti I, *et al.*: Exploring risk and protective factors for burnout in professionals working in death-related settings: A scoping review. *Public Health.* 2025; 241: 1–11.
- 山口桜子, 友利幸之介, 他: 学校作業療法を円滑に実践できるようにするまでのプロセス—障壁やその対処方法に関する質的研究. 作業療法. 2023; 42: 630–637.
- 齋藤佑樹, 友利幸之介, 他: 訪問リハビリテーションに従事する作業療法士が対象者の活動・参加レベルの目標達成を支援するプロセス—複線径路等至性アプローチ (TEA) による分析の試み—. 作業療法. 2022; 41: 226–238.
- 草野佑介, 寺岡 睦, 他: 後天性脳損傷児の通常学級への適応プロセスに関する保護者の経験の質的解明—複線径路等至性アプローチを用いて—. 作業療法. 2022; 41: 4–50.
- サトウタツヤ, 安田裕子: TEA実践編—複線径路等至性アプローチを活用する—. 安田裕子, 滑田明暢(編), 編新曜社, 東京, 2015, pp. 3–51.
- 松尾 睦: 医療プロフェッショナルの経験学習. 同文館出版, 東京, 2018, pp. 1–10.
- 荒川 歩, 安田裕子, 他: 複線径路・等至性モデルのTEM図の描き方の一例. 立命館人間科学研究. 2012; 25: 95–107.
- 安田裕子: TEMでわかる人生の経路. 安田裕子, サトウタツヤ(編), 誠心書房, 東京, 2012, pp. 1–48.
- Kumar SP, Jim A: Physical therapy in palliative care: From symptom control to quality of life: A critical review. *Indian J Palliat Care.* 2010; 16: 138–146.
- 櫻井卓郎, 朴 文華, 他: 終末期におけるリハビリテーションの全体像把握を目的とした作業療法士・理学療法士が記載するカルテの用語分析—テキストマイニングソフトを用いた分析—. 日本感性工学会論文誌. 2009; 8: 347–353.
- Egloff M, Eychemüller S, *et al.*: Physiotherapists' perceptions of palliative care: A qualitative survey: A scoping review. *Physiother Theory Pract.* 2025; 41: 2641–2653.
- Masdonati J, Frésard CE, *et al.*: Involuntary career changes: A lonesome social experience. *Front Psychol.* 2022; 13: 1–17.
- 吉川雅也: ハプンスタンス学習理論実践のための理論的枠組みと現代的意義. キャリア教育研究. 2023; 42: 3–13.
- 池田耕二: 老年療法における自立支援と緩和ケアの調和: 理学療法士の立場から. 日本老年療学会誌. 2025; 4: 1–7.
- 池田耕二, 山本秀美, 他: 介護付き有料老人ホームにおけるリハビリテーションに関する一考察—事例研究: リハビリテーション・ケアセンターうららかににおける実践の振り返り—. 奈良学園大学紀要. 2021; 14: 7–17.
- 松尾 睦: 医療プロフェッショナルの経験学習. 同文館出版, 東京, 2018, pp. 297–308.
- Ziebart C, MacDermid JC: Reflective practice in physical therapy: A scoping review. *Phys Ther.* 2019; 99: 1056–1068.
- Gauche L, Wolf D, *et al.*: The role of the physiotherapist in palliative care in oncology patients: A systematic review. *Journal of Cancer Rehabilitation.* 2024; 7: 23–42.
- Möller UO, Stigmar K, *et al.*: Bridging gaps in everyday life: A free-listing approach to explore the variety of activities performed by physiotherapists in specialized palliative care. *BMC Palliat Care.* 2018; 17: 1–10.

〈Abstract〉

**The Process by Which Physical Therapists Develop a Sense of Personal Growth
Through End-of-life Care Experiences:
An Analysis Using the Trajectory Equifinality Approach**

Kazuma KITA, PT

White and Blue Co., Ltd.

Takayoshi MORITA, PT

Shiroyama Hospital Rehabilitation Department

Koji IKEDA, PT, PhD

Department of Rehabilitation, Faculty of Health Sciences, Naragakuen University

Objective: This study aimed to clarify the process through which physical therapists develop a sense of self-growth based on their end-of-life care experiences.

Methods: This study included five physical therapists who experienced self-growth through end-of-life care. The trajectory equifinality approach was used, comprising a questionnaire and two semi-structured interviews.

Results: Self-growth development consisted of three stages: (1) acquiring fundamental knowledge and skills related to end-of-life physical therapy, (2) practicing appropriate physical therapy for patients at the end of life, and (3) recognizing personal growth through such practice. During these stages, participants developed core values characterized by “providing physical therapy from a palliative care-based independent living support perspective.”

Conclusion: Support and educational methods, along with suggestions for improving workplace and learning environments derived from this process, may serve as practical guidelines for promoting self-growth of physical therapists involved in end-of-life care.

Key Words: Physical Therapist, End-of-life Care, Trajectory Equifinality Approach

研究論文 (原著)

骨格筋電気刺激が生体電気インピーダンス法による Phase Angleに及ぼす影響*

内海 裕也^{1)2)#} 三浦 哉³⁾ 中村みづき⁴⁾
田村 靖明⁵⁾ 村上亜弥子⁶⁾ 高橋 啓悟³⁾

要旨

【目的】位相角 (Phase angle: 以下, PhA) は筋質に関連する指標であり, 定期的なレジスタンストレーニングにより改善する。しかし, そのようなトレーニングが困難な対象者には, 骨格筋電気刺激 (Electrical muscle stimulation: 以下, EMS) が, 代替手段のひとつと考えられるが, EMSがPhAに及ぼす影響は未検討である。【方法】対象は, 健康な成人男性12名であり, PhAの測定は, Baseline, 4週間のControl期間後, 8週間のEMS介入後, 4週間のDetraining後にそれぞれ実施した。介入期間におけるEMSは最大耐性強度で1日30分, 週2回, 8週間, 両側の大腿部に実施した。【結果】下肢PhAは, Baselineと比較してEMS後, EMS前と比較してEMS後, EMS前と比較してDetraining後に有意に増加した。上肢のPhAは変化が認められなかった。【結論】健康な成人男性において, 下肢に対する定期的なEMS介入は下肢PhAを改善させる。
キーワード 筋質, 位相角, 骨格筋電気刺激

はじめに

人間の「立つ」, 「歩く」といった基本的動作の実行において, 主たる役割を担っている臓器のひとつが骨格筋である。その骨格筋機能を判断する代表的な指標として, 「筋力」, 「筋量」, 「筋質」があり, 多くの臨床場面で,

さまざまな手段を用いて評価されている¹⁾。加齢に伴い筋質は, 筋力および筋量に先行して低下することが報告されており, 骨格筋機能の低下を早期発見する上で重要な指標といえる²⁾³⁾。さらに, European Working Group on Sarcopenia in Older People (以下, EWGSOP) によると, 筋質は「筋の構造および組成」を指す用語であり, 筋萎縮時には筋内脂肪および結合組織の増加など質的な変化も起こりうることから, その評価を重要視している¹⁾。

この筋質は, 骨格筋への脂肪浸潤の程度により判定されると定義されており, Magnetic resonance imaging (MRI) およびComputed tomography (以下, CT) を用いた画像の減衰による評価がゴールドスタンダードとされている¹⁾。しかし, 撮影にかかるコスト, 測定時間, 侵襲を考慮すると骨格筋評価を目的とした撮影をルーチンに実施することは困難である上に, 測定可能な施設も少ない。そのような状況において, 近年, 短時間で測定可能であり, 測定スキルを問わず非侵襲的な, 生体電気インピーダンス (Bioelectrical impedance analysis: 以下, BIA) 法により測定される位相角 (Phase angle: 以下, PhA) が筋質に関連することが多く報告されている¹⁾⁴⁾。また, EWGSOPガイドラインにおいても, PhAが筋質の評価として使用できる可能性が記載されている¹⁾。PhAは, 細胞の健全性を反映するリアクタンス (reactance),

* Effects of Electrical Muscle Stimulation on Phase Angle Assessed by Bioelectrical Impedance Analysis

1) 徳島大学大学院創成科学研究科
(〒770-8502 徳島県徳島市南常三島町1丁目1番地)
Yuya Utsumi, PT: Graduate School of Advanced Science and Technology, Tokushima University
2) 徳島赤十字病院リハビリテーション科
Yuya Utsumi, PT: Department of Rehabilitation, Tokushima Red Cross Hospital
3) 徳島大学大学院社会産業理工学研究部
Hajime Miura, PhD, Keigo Takahashi, PhD: Laboratory for Applied Physiology, Institutes of Socio-Arts and Sciences, Tokushima University
4) 関西福祉科学大学保健医療学部
Mizuki Nakamura, PT, PhD: Faculty of Allied Health Sciences, Kansai University of Welfare Sciences
5) 徳島県鳴門病院リハビリテーション技術科
Yasuaki Tamura, PT, PhD: Department of Rehabilitation Medicine, Tokushima Prefecture Naruto Hospital
6) 四国大学生生活科学部健康栄養学科
Ayako Murakami, PhD: Department of Health and Nutrition, Shikoku University

E-mail: utsumi0827@gmail.com

(受付日 2025年8月25日/受理日 2026年2月24日)
[J-STAGEでの早期公開日 2026年4月24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。

© 2026 日本理学療法学会連合

体水分量に反比例するレジスタンス (resistance) から得られる指標であり、値が大きいほど細胞の構造的完成度が高いことを示す⁵⁾。生体における細胞膜は電荷を蓄積する能力を有しており、電流と電圧の位相の差を作りだし、細胞の構造的完成度が高いと大きな位相差が生じることで位相角は大きくなる⁶⁾。PhAは、女性より男性で大きく、加齢とともに低下し、Body mass index (以下、BMI) および筋量が多いとPhAも大きな値となりやすい⁵⁾。Katoら⁴⁾によると、筋横断面積、年齢、BMI、性別で調整後も大腿部におけるCT画像におけるX線の吸収減衰度を示すCT値は独立して下肢のPhAに関連する因子であったと報告されており、PhAは筋質と関連する指標であることが示されている。

このPhAは定期的なレジスタンストレーニングにより改善することが報告されているが、これらの研究は健康な若年者や高齢者を対象に中強度で実施されたものであり、疾病者や低体力者にはトレーニングの実施が困難な可能性がある⁷⁻¹⁰⁾。そこで、疾病者および低体力者の筋質の改善へ向けたレジスタンストレーニングの代替策のひとつとして、骨格筋電気刺激 (Electrical muscle stimulation: 以下、EMS) を用いた介入が挙げられる。EMSは骨格筋に対して経皮的に電気刺激を行うことで、骨格筋が一定サイクルで収縮-弛緩を繰り返す物理療法のひとつであり、メタアナリシスにおいて、筋力および筋量の改善に有用であると報告されている¹¹⁾¹²⁾。EMSは対象者の努力なく臥位もしくは座位で実施可能であるために、前述したPhAの改善へ向けた中強度以上のレジスタンストレーニングが実施困難な疾病者および低体力者であっても用いることが可能である。また、心肺機能に対する負担に関しても、高齢心不全患者を対象としたランダム化比較試験において、EMS実施前後で血圧や心拍数に有意差はなく、致死性不整脈も認められず安全性が示されている¹³⁾。さらに、従来のレジスタンストレーニングであればトレーニング中の転倒予防およびトレーニング実施状況の確認ために監視が必要であるが、EMSであればそのような実施者側の負担も軽減され、実施者および対象者の双方に有益であるといえる。

これらのことから、EMSは十分なレジスタンストレーニングが実施困難な対象者における筋質の改善の有効な手段となる可能性があるが、その効果は十分に検討されていない。そこで本研究では、将来的な低体力者および疾病者への応用を見据えた前段階として、健康な成人男性を対象に、定期的なEMSによる介入が筋質と関連するPhAに及ぼす影響を検討した。

対象および方法

1. 対象者

対象は、健康な成人男性であり、現在の服薬、競技レベルの運動習慣がある者、研究の参加に同意が得られなかった者は除外し、12名 (年齢: 26.1 ± 3.7 歳, 身長: 173.0 ± 5.0 cm, 体重: 65.3 ± 8.4 kg, 体脂肪率: $15.0 \pm 4.1\%$) とした。

2. 実験のプロトコル

実験のプロトコルは図1に示すとおりであり、Baselineの後、4週間のControl期間、8週間のEMSによる介入期間、4週間のDetraining期間を設けた単群の前後比較試験である。Baseline (以下、Base), Pre-training (以下、Pre-TR), Post-training (以下、Post-TR), Detraining (以下、DeTR) における4時点で下記の骨格筋機能評価を実施した。なお、先行研究に準じ、Post-TRの骨格筋機能評価は、最後のEMS実施から72時間後以降に実施した⁷⁻⁹⁾。また、対象者には、DeTR期間はControl期間と類似した生活を送るように指示し、身体活動制限および食事制限などは設けなかった。

3. EMSによる介入の概要

EMS介入は、介護トレーニング用EMS装置 (パルスケアGMS-01, 株式会社ホームイオン研究所) を使用した。下腹部に腰ベルト、両側大腿に膝上ベルトを装着し、経皮的に両側の大腿部に電気刺激を行った (図2)。電極部分のベルト幅は5.4 cmであり、事前に水またはぬるま湯で濡らしたものを装着した。EMS装置は、刺激周波数は20 Hz, パルス幅は100-250 μ sec, 刺激波形は

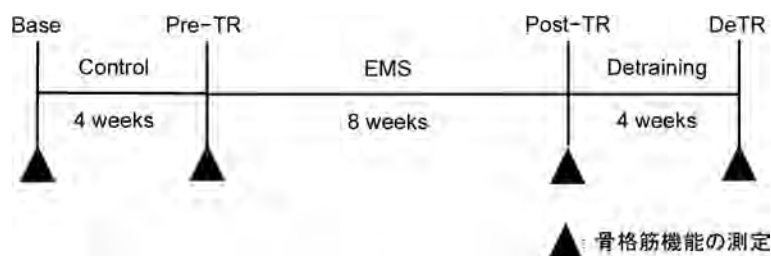


図1 実験のプロトコル

Baselineの骨格筋機能の評価を行い、その後4週間のControl期間、8週間のEMSによる介入期間、4週間のDetraining期間を設けた。Base, Pre-TR, Post-TR, DeTRにおける4時点で骨格筋機能の評価を実施した。

Base: Baseline, Pre-TR: Pre-training, Post-TR: Post-training, DeTR: Detraining.



図2 刺激ベルトの装着部位および刺激部位

図に示す通り、腰および両側の膝上に刺激ベルトを装着し、両側の大腿部に電気刺激を行った。

指数関数的漸増波、刺激時間サイクルは5秒on-2秒offに設定されたものを使用した。EMSのプロトコルは、最大耐性強度 (11.2 ± 2.5 mA) で1日30分、週2回、8週間、両側の大腿部に実施した。EMS介入は気温20-25°Cに設定された室内において、パソコン作業中に椅子座位で実施し、作業に支障をきたさない範囲の最大耐性強度に各々で設定するように指示した。なお、パソコン作業は、座位作業のひとつであり、低体力者および疾病者に対する介入を見据えた上で、在宅環境、リハビリテーション施設などにおいても置換可能であると考えられる。

4. 測定項目および測定方法

1) 体組成測定

マルチ周波数体組成計 (株式会社タニタ, MC-780A-N) を用いて測定した。測定方法はガイドラインで推奨されている方法に準じ、運動および食事直後の測定は避け、電極接触領域は直前にアルコール消毒を行った¹⁴⁾。また、すべての対象者において測定時刻は17-18時に統一した。PhAは50 kHz時の値を採用し、両上肢のPhAの平均を上肢PhAの値(°)、両下肢のPhAとして出力されたものを下肢PhAの値(°)とした。骨格筋指数 (Skeletal muscle mass index: 以下, SMI) は, Asian Working Group for Sarcopeniaが推奨している算出方法を参考に、両上肢の筋量の合計を身長²で除した値を上肢SMIの値 (kg/m^2)、両下肢の筋量の合計を身長²で除した値を下肢SMIの値 (kg/m^2) とした²⁾。

2) 握力測定

スモドレー式デジタル握力計 (竹井機器工業株式会社, デジタル握力計グリップ-D) を用いて測定した。測

定肢位は立位とし、両側上肢で1回ずつ測定した。平均値を体重で除した値 (%BW) を算出した。

3) 等尺性膝伸展筋力

ハンドヘルドダイナモメーター (アニマ株式会社, μ TasF-100) を用いて測定した。測定肢位および測定方法は先行研究を参考にした¹⁵⁾。端座位にて両上肢を軽度外転位で検査台に接地し、下腿が下垂する位置で測定した。約5秒間の最大努力による等尺性膝伸展運動を両側下肢でそれぞれ1回ずつ測定し、平均値を体重で除した値を等尺性膝伸展筋力の値 (%BW) とした。

5. 主要および副次アウトカム

主要アウトカムは、8週間のEMS実施後における下肢PhAの変化とした。また、副次アウトカムは、同地点における下肢SMIおよび等尺性膝伸展筋力の変化とした。

6. 統計解析

すべての対象者はプロトコルを予定通り完遂し、得られたデータを解析に使用した。Base, Pre-TR, Post-TR, およびDeTRにおいて測定した各測定項目については、Mauchlyの球面性検定を行い、球面性を仮定できた場合、反復測定による一元配置分散分析を行い、事後検定としてTukeyの多重比較法を行った。

また、Post-TRおよびPre-TRにおける下肢PhA、等尺性膝伸展筋力の値を用いて変化率を算出し、両者の関連を相関分析により検討した。

なお、データの解析には、統計解析ソフト (SPSS ver.29.0.1, IBM社) を使用し、有意水準は5%とした。

7. 倫理的配慮

本研究の実施に際して、徳島大学総合科学部人間科学分野における研究倫理委員会の承認後、対象者には事前に文章および口頭にて研究の内容・趣旨、参加の拒否・撤回・中断などについて説明し、書面にて承諾を得た上で実施した (承認番号: 151)。

結 果

下肢PhA(°)の結果は、図3(右)に示す通りであり、Base, Pre-TR, Post-TR, DeTRにおいて、それぞれ、 6.3 ± 0.5 (°), 6.2 ± 0.4 (°), 6.6 ± 0.4 (°), 6.5 ± 0.5 (°)であった。反復測定による一元配置分散分析の結果、主効果が認められたため、多重比較を行った。BaseおよびPost-TR, Pre-TRおよびPost-TR, Pre-TRおよびDeTRとの間にそれぞれ有意な差が認められた ($F=7.12$, $p<0.05$)。上肢PhA(°)の結果は、図3(左)に示す通りであり、Base, Pre-TR, Post-TR, DeTRにおいて、それぞれ、 6.8 ± 0.6 (°), 6.9 ± 0.5 (°), 6.9 ± 0.6 (°), 6.8 ± 0.6 (°)であった。反復測定による一元配置分散分析の結果、各測定時期に有意な差は認められな

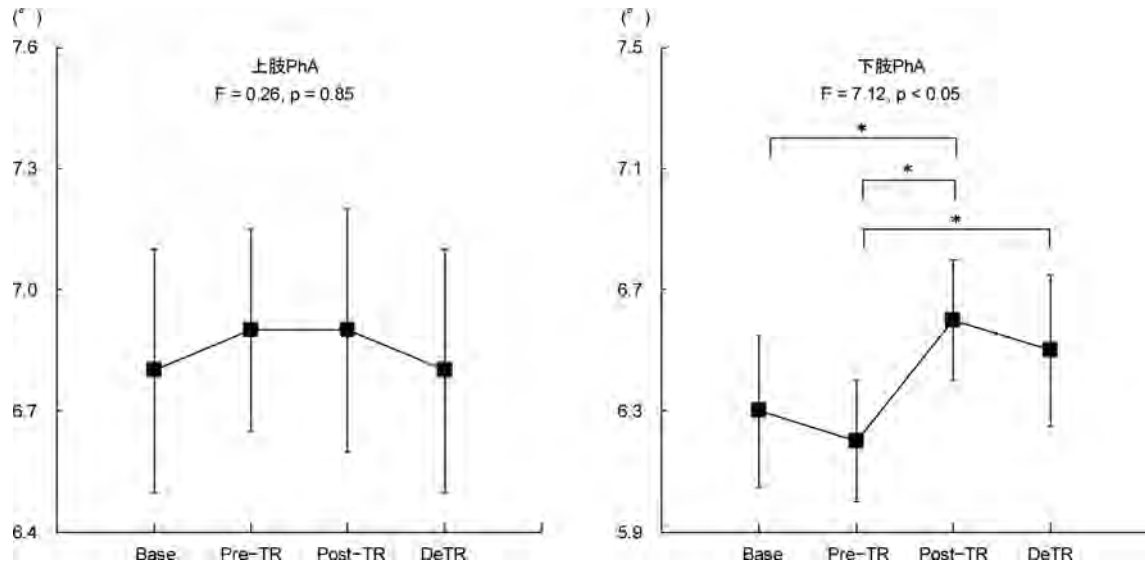


図3 上肢および下肢PhAの変化

*: $p < 0.05$. Base: Baseline, Pre-TR: Pre-training, Post-TR: Post-training, DeTR: Detraining.

表1 各測定項目の変化

項目	Baseline	Pre-training	Post-training	Detraining	p	F
上肢PhA (°)	6.8±0.6	6.9±0.5	6.9±0.6	6.8±0.6	0.85	0.26
下肢PhA (°)	6.3±0.5	6.2±0.4	6.6±0.4*†	6.5±0.5†	< 0.05	7.12
体重 (kg)	65.3±8.4	65.7±8.3	66.2±8.6	66.8±8.7*†	< 0.05	7.00
体脂肪率 (%)	15.0±4.1	15.5±4.5	15.8±4.6	15.6±4.5	0.24	1.46
体水分量 (kg)	38.9±4.5	38.9±4.6	38.6±4.3	39.3±4.1	0.14	2.12
上肢SMI (kg/m ²)	1.8±0.2	1.8±0.2	1.8±0.2	1.8±0.2	0.20	1.64
下肢SMI (kg/m ²)	6.9±0.6	6.9±0.6	6.9±0.6	7.0±0.5	0.94	2.32
握力 (%BW)	66.7±9.5	65.5±8.3	63.9±7.7	63.7±7.4	0.06	2.81
等尺性膝伸展筋力 (%BW)	55.0±8.8	54.0±6.7	60.0±9.3*†	57.7±10.6	< 0.05	6.41

*: vs. Baseline ($p < 0.05$). †: vs. Pre-training ($p < 0.05$).

PhA: Phase angle, SMI: Skeletal muscle mass index, BW: Body weight.

かった ($F = 0.26, p = 0.85$)。

その他の測定項目である、体重、体脂肪率、体水分量、上肢SMI、下肢SMI、握力、等尺性膝伸展筋力の結果については、表1に示すとおりである。反復測定による一元配置分散分析の結果、体重および等尺性膝伸展筋力において主効果が認められたため、多重比較を行った。体重は、BaseおよびDeTR、Pre-TRおよびDeTRの間にそれぞれ有意な差が認められた。等尺性膝伸展筋力は、BaseおよびPost-TR、Pre-TRおよびPost-TRの間にそれぞれ有意な差が認められた。なお、体脂肪率、体水分量、上肢SMI、下肢SMI、および握力においては、主効果が認められなかった。

また、Pre-TR、Post-TRにおける下肢PhAおよび等尺性膝伸展筋力の変化率（下肢PhA： $5.1 \pm 3.8\%$ 、等尺性膝伸展筋力： $11.3 \pm 10.5\%$ ）の関連について検討した結果、両者に有意な相関関係は認められなかった ($r = -0.08, p = 0.80$)。

考 察

BIA法を用いて評価されるPhAは筋質と関連する指標とされ、値が大きいほど筋質が優れていると評される¹⁾⁴⁾。本研究では、成人男性を対象に下肢へのEMSによる1回30分、週2回、8週間の介入が筋質と関連するPhAに及ぼす影響を検討したところ、EMSの刺激部位である下肢のPhAが介入前と比較して介入後に改善した。

PhAは、筋質と関連する指標のひとつであり、筋力および筋量とは独立した骨格筋指標として用いられている¹⁾。男性の急性心筋梗塞患者に対する検討においては、握力、等尺性膝伸展筋力および、下肢SMIで調整した場合であっても、下肢PhAが独立して運動耐容能に関連する骨格筋指標であると報告されており、PhAは筋力および筋量とは異なる側面を評価している指標であると考えられる¹⁶⁾。したがって、筋質と関連するPhAの改善は、筋力および筋量の変化とは異なる側面の骨格筋機能に変化が生じた可能性を示唆している。

また、本研究では、トレーニング部位である下肢のPhAのみ改善が認められ、トレーニングを行っていない上肢のPhAは変化が認められなかったことから、下肢PhAの改善はEMSの影響によるものであると考えられる。すなわち、PhAの変化はトレーニング部位に対して特異的に生じる変化であり、EMSによる局所への介入効果を示していると示唆される。

さらに、改善したPhAは4週間のDetraining期間後においても維持されており、このように改善したPhAが維持される期間に関する検証は十分に行われておらず、新たな知見のひとつであると考えられる。この結果から、PhAの変化はトレーニング直後に生じた一過性の変化ではなく、骨格筋細胞の構造的完成度が高い状態が一定期間保持されることを示している可能性が考えられる。

筋質を反映するPhAがEMSにより改善するメカニズムとして以下の2点が考えられる。1点目に、Iijimaら¹⁷⁾は、レジスタンストレーニングにより骨格筋で発現・誘導されたperoxisome proliferators-activated receptor- γ co-activator-1 α (PGC-1 α)により、ミトコンドリアでの脂肪酸酸化が促進されることで間葉系前駆細胞の脂肪分化が抑制され、その結果として筋内脂肪が減少するメカニズムを報告している。2点目に、ラットに対して7日間のEMSを行った先行研究において、脂肪酸トランスロカゼ/CD36と呼ばれる主要な脂肪酸輸送タンパク質の発現が増加することが報告されており¹⁸⁾、このような変化は、骨格筋において、脂質成分をエネルギー源として利用する能力が向上したことを示すものであり、PhAが改善したメカニズムである可能性がある¹⁹⁾。

本研究では下肢へのEMS介入により筋力の指標である等尺性膝伸筋筋力の改善も認められた。EMSによる介入の効果を示したメタアナリシスにおいても、EMSは筋力の改善に有効であると示されている¹¹⁾。また、レジスタンストレーニングにより、PhAおよび膝伸筋筋力の両者が改善したという報告があり、EMSを用いた本研究と同様の結果であった⁷⁾¹⁰⁾。一方で、レジスタンストレーニングによる筋力の改善は、神経学的な要素である動員される運動単位の増加が先行し、その後、筋の肥大に起因すると報告されているが²⁰⁾、EMSによる筋力の改善に、上記のいずれの要素が主たる要因であるか報告されたものはない。本研究において、Pre-TR、Post-TRにおける下肢PhAおよび等尺性膝伸筋筋力の変化率の関連について検討した結果、PhAと筋力の改善に関連性があるとはいえず、それぞれの改善は異なる要素が影響している可能性が考えられる。

さらに、本研究では筋量の指標としてBIA法によるSMIを評価したが、上肢および下肢のいずれにおいても有意な変化は認められなかった。レジスタンストレーニング

による介入の効果を検討した先行研究においても、CTにより評価した筋量の変化なしに筋質が改善したものの⁸⁾、また、筋量が低下したにもかかわらず、筋質が改善したものが報告されており²¹⁾、両者の変化は乖離する可能性がある。その原因として、CTおよび骨格筋エコーによる測定では筋内脂肪も含めた筋の大きさを評価するため、筋内脂肪の減少が筋量を減少させることが指摘されており、筋量とは別にPhAの評価を行うことが重要であると示唆される²¹⁾。

本研究の限界および課題として以下の4点が挙げられる。1点目に、対象者を若年の健常者としたため、高齢者、疾病者、低体力者、運動器疾患患者などにおいても、EMSの介入のみでPhAの改善が得られるか否かは不明である。一方で、EMSは、従来の中～高強度レジスタンストレーニングが実施困難な対象者に対して、臥位もしくは座位のまま安全に実施できる点が利点である。特に、入院中の高齢者の活動量は極めて低く²²⁾、下肢筋活動の不足は筋質低下につながると考えられ、そのような対象者で今後検討していく必要がある。2点目に、本研究はPhAの改善を目的にしたEMSを高齢者および疾病者などに適応していくことが将来的に可能か否かを検討したパイロットスタディであり、サンプルサイズの決定方法に関する明確な根拠がない。また、対象者数が少なく、非介入群を設定できていない点も課題である。今後は、非介入群を設けた無作為化比較試験を行い、EMSによる介入効果を強く示すことが必要である。しかし、EMSによる介入を行わなかった上肢のPhAは研究期間を通して変化は認められず、このことから下肢PhAの改善は刺激部位である下肢へのEMS介入の影響を受けたものと示唆された。3点目に、EMS刺激強度および時間に関して、確立されたプロトコルがない点である。入院患者の筋力および筋量に対するEMSの効果を検証したシステマティックレビューにおいて、各研究に用いられた刺激周波数は10～200 Hzと幅広く、1回の実施時間においても30分未満の実施が9件、30～60分の実施が19件、60分以上の実施が7件であったと報告されている¹¹⁾。刺激強度および刺激時間は運動処方を行う上で重要な要素であり、今後はEMSにより筋質を改善させるためのプロトコルを検討する必要がある。また、EMS刺激装置に関して、近年は本研究で用いたベルト型の刺激装置が多く用いられているが、従来は小さな電極を貼付することで筋収縮を誘導していた。後者は、少量の電流で効果的な筋収縮を得るには神経筋接合部 (motor point) の近傍に正確に電極を設置する必要があるうえに、ベルト型と比較してより局所への刺激となるために疼痛も伴いやすい²³⁾。したがって、刺激方法の異なる両者に使用された刺激強度を一概に比較することは難しく、骨格筋機能の改善効果も含めて検討して

いく必要がある。4点目に、本研究で筋質を反映する指標として用いたPhAは筋質の変化のみならず、うっ血、炎症および細胞量の変化も反映する指標とされている点である²⁴⁾。また、BIAによる測定は、ペースメーカー留置後の対象者には禁忌とされている点¹⁴⁾、大部分の測定機器は立位保持が困難な対象者では測定困難である点、筋量および筋質の両者を同一の測定方法で可視化できる点を踏まえると骨格筋エコーの評価を用いた筋質の検討も行なっていくべきである。

結 論

健康な成人男性を対象にした定期的な下肢へのEMS介入が筋質と関連するPhAに及ぼす影響を調査した結果、EMSの刺激部位である下肢のPhAが改善した。今後、レジスタンストレーニングが実施困難な低体力者および疾病者において、EMSによる介入がPhAの変化に及ぼす影響を検討する必要がある。

利 益 相 反

本研究に対して、全著者において利益相反関係にある企業、団体などはない。

文 献

- 1) Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, *et al.*: Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2: Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019; 48: 16–31.
- 2) Chen LK, Woo J, *et al.*: Asian working group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Dir Assoc*. 2020; 21: 300–307.
- 3) Fukumoto Y, Ikezoe T, *et al.*: Age-related ultrasound changes in muscle quantity and quality in women. *Ultrasound Med Biol*. 2015; 11: 3013–3017.
- 4) Kato M, Okada Y, *et al.*: Bioimpedance phase angle is independently associated with myosteatosis: The Shizuoka study. *Clin Nutr*. 2023; 42: 793–799.
- 5) Bosy-Westphal A, Danielzik S, *et al.*: Phase angle from bioelectrical impedance analysis: Population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2006; 30: 309–316.
- 6) Foster KR, Lukaski HC: Whole-body impedance--what does it measure? *Am J Clin Nutr*. 1996; 64(Suppl): 388S–396S.
- 7) Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, *et al.*: Resistance training prescription with different load-management methods improves phase angle in older women. *Eur J Sport Sci*. 2017; 17: 913–921.
- 8) Ribeiro AS, Avelar A, *et al.*: Hypertrophy-type resistance training improves phase angle in young adult men and women. *Int J Sports Med*. 2016; 38: 35–40.
- 9) Souza MF, Tomeleri CM, *et al.*: Effect of resistance training on phase angle in older women: A randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*. 2017; 27: 1308–1316.
- 10) Taaffe DR, Henwood TR, *et al.*: Alterations in muscle attenuation following detraining and retraining in resistance trained older adults. *Gerontology*. 2009; 55: 217–223.
- 11) Alqurashi HB, Robinson K, *et al.*: The effects of neuromuscular electrical stimulation on hospitalised adults: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Age Ageing*. 2023; 52: 1–13.
- 12) Kemmler W, Shojaa M, *et al.*: Efficacy of whole-body electromyostimulation (WB-EMS) on body composition and muscle strength in non-athletic adults. A systematic review and meta-analysis. *Front Physiol*. 2021; 12: 640657.
- 13) 岩祐生輝, 宮本俊朗, 他: 高齢急性心不全に対する神経筋電気刺激療法を用いた心臓リハビリテーション早期介入の安全性, 有効性についての検討—ランダム化比較試験—. *理学療法学*. 2022; 49: 15–24.
- 14) Kyle UG, Bosaeus I, *et al.*: Bioelectrical impedance analysis-part II: Utilization in clinical practice. *Clin Nutr*. 2004; 23: 1430–1453.
- 15) 平澤有里, 長谷川輝美, 他: 健康者の等尺性膝伸筋力. *PTジャーナル*. 2004; 38: 330–333.
- 16) Utsumi Y, Takase K, *et al.*: Investigation of skeletal muscle indices affecting anaerobic thresholds after acute myocardial infarction. *Phys Ther Res*. 2024; 27: 100–107.
- 17) Iijima H, Ambrosio F, *et al.*: Network-based systematic dissection of exercise-induced inhibition of myosteatosis in older individuals. *J Physiol*. 2023; 0: 1–23.
- 18) Kiens B, Richter EA: Utilization of skeletal muscle triacylglycerol during postexercise recovery in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 1998; 275: E332–E337.
- 19) Bonen A, Dyck DJ, *et al.*: Muscle contractile activity increases fatty acid metabolism and transport and FAT/CD36. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 1999; 276: E642–E649.
- 20) Sala DG: Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc*. 1988; 5(Suppl): S135–S145.
- 21) Yoshiko A, Tomita A, *et al.*: Effects of 10-week walking and walking with home-based resistance training on muscle quality, muscle size, and physical functional tests in healthy older individuals. *Eur Rev Aging Phys Act*. 2023; 15: 1–10.
- 22) Brown CJ, Redden DT, *et al.*: The underrecognized epidemic of low mobility during hospitalization of older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2009; 57: 1660–1665.
- 23) Gobbo M, Maffiuletti NA, *et al.*: Muscle motor point identification is essential for optimizing neuromuscular electrical stimulation use. *J Neuroeng Rehabil*. 2014; 11: 17.
- 24) Bellido D, Garcia CG, *et al.*: Future lines of research on phase angle: Strengths and limitations. *Rev Endocr Metab Disord*. 2023; 24: 563–583.

〈Abstract〉

Effects of Electrical Muscle Stimulation on Phase Angle Assessed by Bioelectrical Impedance Analysis

Yuya UTSUMI, PT

Graduate School of Advanced Science and Technology, Tokushima University

Yuya UTSUMI, PT

Department of Rehabilitation, Tokushima Red Cross Hospital

Hajime MIURA, PhD, Keigo TAKAHASHI, PhD

Laboratory for Applied Physiology, Institutes of Socio-Arts and Sciences, Tokushima University

Mizuki NAKAMURA, PT, PhD

Faculty of Allied Health Sciences, Kansai University of Welfare sciences

Yasuaki TAMURA, PT, PhD

Department of Rehabilitation Medicine, Tokushima Prefecture Naruto Hospital

Ayako MURAKAMI, PhD

Department of Health and Nutrition, Shikoku University

Objective: Phase angle (PhA) is an indicator associated with muscle quality and is known to improve with regular resistance training. However, for individuals who have difficulty engaging in such training, electrical muscle stimulation (EMS) may serve as an alternative method. Nevertheless, the effects of EMS on PhA have not been fully investigated.

Methods: Twelve healthy adult males participated in this study. PhA of the upper and lower limbs was measured at baseline, after a 4-week control period, after an 8-week EMS intervention, and following a 4-week detraining period. During the intervention period, EMS was applied to both thighs at the maximum tolerable intensity for 30 minutes per day, twice a week, for 8 weeks.

Results: Lower limb PhA significantly increased compared to baseline, after the EMS intervention compared to before the intervention, and after the detraining period compared to before the intervention. No significant changes were observed in upper limb PhA before and after the intervention.

Conclusion: Regular EMS applied to the lower limbs improves lower-limb phase angle in healthy adult males.

Key Words: Muscle quality, Phase angle, Electrical muscle stimulation

研究論文 (原著)

CT画像の空間的標準化法を用いた脳画像解析*

—一般病院での脳卒中リハビリテーション研究のための手法提示と妥当性の検討—

伊藤直城¹⁾ 高屋成利²⁾#

要旨

【目的】頭部computed tomography (以下, CT) 画像の空間的標準化法による脳画像解析の手順を提示し, 脳卒中リハビリテーションにおける病変に基づく予後予測やグループ解析への有用性を voxel-based lesion-symptom mapping (以下, VLSM) で検証すること。【方法】回復期リハビリテーション病棟に入院した片側テント上脳出血患者のうち, 退院時に歩行可能であった25名を対象に, 各患者の発症時の頭部CT画像と病変マスクをCTテンプレートに空間的標準化し, 退院時の最大歩行速度と病変部位との関連をVLSMで解析した。【結果】退院時の最大歩行速度と有意に関連する病変は内包後脚後部に認められ, 下肢筋を支配する皮質脊髓路後部に一致した。【結論】本手法により magnetic resonance imaging (以下, MRI) を用いた先行研究と整合する領域が検出され, MRIを保有しない一般病院における頭部CT画像を用いた脳卒中リハビリテーション研究・臨床への応用可能性が示された。

キーワード Voxel-based lesion-symptom mapping, 脳卒中, 歩行速度, 回復期リハビリテーション病棟

はじめに

脳卒中後のリハビリテーションを行う上で, 脳画像解析は脳機能局在の解明や予後の推定に有用であり, こうした画像情報を活用することで, 理学療法の目標設定や期待される到達レベルをより適切に見積もることが可能となる。脳画像のグループ解析をする際には, 複数の被験者の脳画像を共通の座標系に揃える「空間的標準化 (spatial normalization)」を行うことで, 統計解析を含む客観的な画像評価が可能になる。一般的な空間的標準化では, 形や大きさがさまざまな個人の脳画像を, 標準テンプレート画像に合致するように自動で変形させる

処理が行われる¹⁾²⁾。標準テンプレート画像としては, カナダのモントリオール神経学研究所 (Montreal Neurological Institute: 以下, MNI) が多数の健康被験者の頭部magnetic resonance imaging (以下, MRI) 画像を平均化して作成したMNIテンプレートが使用されることが多い。またMNIテンプレート上の位置については, MNI座標として3次的に表現される。空間的標準化を用いた脳画像のグループ解析においては, MRIを用いることが一般的である。しかし, MRIは高額であり, 安全に検査を行うためには体内金属の有無の確認やMRI撮像室への磁性体の持ち込み防止などの安全管理が必要であるため, 導入される施設は限られている。一方で, computed tomography (以下, CT) はより多くの施設で導入されていることから, 頭部CT画像を空間的に標準化できれば, MRIを保有しない施設でも脳画像解析が可能となり, 研究や臨床応用の裾野が広がることが期待されていた。

CT画像では, X線が組織を透過する際の減弱の程度 (X線の通過しにくさ) がHounsfield単位 (HU) を使って画像の濃淡で表現されている。この単位では水を0 HU, 空気を-1000 HUと定義していることから, 脳脊髄液は0 HU, 脳実質は30 HU前後である一方, 骨は1000 HU以上になる³⁾。一般的な空間的標準化では, 個人の脳画像が標準テンプレート画像と同一の脳領域でできるだけ

* CT-based Spatial Normalization for Brain Imaging: Methodological Framework and Validation for Stroke Rehabilitation Research in General Hospitals

1) 千里リハビリテーション病院セラピー部
(〒562-0032 大阪府箕面市小野原西4-6-1)
Naoki Itoh, PT: Department of Physical Therapy, Senri Rehabilitation Hospital

2) 千里リハビリテーション病院脳神経内科・リハビリテーション科
Shigetoshi Takaya, MD, PhD: Department of Neurology and Rehabilitation Medicine, Senri Rehabilitation Hospital

E-mail: takaya.shigetoshi.i17@kyoto-u.jp
(受付日 2025年12月17日/受理日 2026年3月6日)
[J-STAGEでの早期公開日 2026年5月13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。

© 2026 日本理学療法学会連合

同じ信号強度を持つように、個人の脳画像に変形を加える。しかし、CT画像ではHUに基づくスケールの特性上、空気や骨のコントラストが強く、脳の実質や脳脊髄液のコントラストが弱いので、最小二乗法などの標準的なコスト関数 (cost function) では脳構造の位置合わせがうまくいかないという問題があった。これに対してRordenらは、HU値を非線形的に変換して、空気や骨の影響を抑えつつ、脳脊髄液と脳実質のコントラストを強調する強度変換 (invertible intensity transform) を導入し、これを適用した画像を用いて標準化を行うことで、CT画像に対する精度の高い空間的標準化を可能にした⁴⁾。海外の論文では、この技術を用いた脳画像解析の報告が散見されるものの⁵⁾⁶⁾、本邦での利用報告は限られており、この方法の妥当性を一般病院における脳卒中患者の頭部CT画像で評価した研究はない。

本研究の目的は、頭部CT画像の空間的標準化法を用いた実践的な脳画像解析の手順を紹介するとともに、その妥当性をvoxel-based lesion-symptom mapping (VLSM) を用いて検証することである。脳画像は、1辺が数mm程度のボクセル (voxel: 体積要素) が三次元的に配列したデータであり、空間的標準化によって各被験者のボクセルが共通の座標系上で対応づけられる。ボクセル単位での解析 (voxel-based analysis) では、空間的標準化を行った後の全脳の各ボクセルについて統計解析を行う。VLSMは、脳画像の各ボクセル単位での病変の有無と行動や症状との関連を統計学的に解析し、特定の機能に与える脳領域を明らかにする手法である⁷⁾。ボクセル単位での解析で妥当な結果を得るためには、空間的標準化が正しく行われていることが必要条件である⁸⁾。そのため、今回紹介した空間的標準化法を用いたVLSM解析において、特定の症状との関連がすでに知られている脳領域が検出されれば、本法によるCT画像の標準化の妥当性を確認できる。本研究では、脳出血後患者が回復期リハビリテーション病棟で理学療法を含む包括的なリハビリテーションを受けた後の退院時の歩行能力と関連する病変位置を調べた。退院時の歩行能力としては、理学療法評価において代表的なアウトカム指標のひとつである歩行速度を用いた。脳卒中後の皮質脊髄路の障害は、リハビリテーション後の歩行速度と関連することが頭部MRIの空間的標準化を用いた先行研究で示されていることから⁹⁾¹⁰⁾、今回の研究において同部位が検出されれば、頭部CTの空間的標準化を含むVLSM解析が正しく行われたことが検証できたと考えられる。

対象および方法

1. 対象

2020年1月から2023年12月の期間に千里リハビリテーション病院回復期リハビリテーション病棟へ入院し

た初発の片側テント上脳出血患者291名の中で、退院時に歩行可能であった患者192名を抽出した。これらから下記調査項目の欠損があった患者 (167名) を除いた25名を画像解析の対象とした。

2. 調査方法と調査項目

年齢、性別、病変側、発症から回復期リハビリテーション病棟退院までの日数、入院時および退院時の下肢Brunnstrom stage (BRS) およびFunctional Independence Measure (FIM) 歩行項目、最大歩行速度を、診療録から後方視的に抽出した。発症24時間以内に撮像された初回の頭部CTを脳画像解析に用いた。

3. 画像解析の手順

1) データ形式の変換

一般的に、CTを含む医療用画像機器で撮像されたデータは、1辺が数mm程度のボクセル (立方体もしくは直方体) から構成される3次元データである。これらは、国際標準規格であるDigital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) 形式 (拡張子は.dcmが一般的) で保存されている。これを画像解析に適した形式であるNeuroimaging Informatics Technology Initiative (以下、NIFTI) 形式 (拡張子は.niiが一般的) へ変換する作業には、フリーソフトウェアであるdcm2nii (<https://www.nitrc.org/projects/dcm2nii/>) を使用した。CT画像は急性期病院に搬送された当日に撮像されたデータであり、撮像機器や撮像パラメータ (マトリックスサイズ、ボクセルサイズ、スライス厚) はさまざまであった。

2) 画像の原点設定とオリエンテーション補正

一般的に空間的標準化処理は、脳内の前交連を画像の原点と仮定して計算を開始する。また、標準化しようとしている画像と標準テンプレート画像の位置が標準空間上で大きくかけ離れている場合は、空間的標準化のための計算が正しく行われない可能性がある。そのため、脳画像を空間的標準化する手続きを開始する前に、前処理として画像の座標系の中心、すなわち原点を適切に設定するとともに、大まかな位置合わせをしておくことが必要である。今回使用したソフトウェアにおいては、空間的標準化処理を行う前に、自動的に原点の位置合わせを行うプログラムが組み込まれている。しかし、画像によってはこれがうまく作動しない可能性があるため、Statistical Parametric Mapping (以下、SPM) のDisplay上で各被験者のCT画像の原点の位置を確認した上で、必要に応じて左右、前後、上下に平行移動させたり、3つの座標軸 (x軸、y軸、z軸) を中心とした回転を加えたりすることで、標準化しようとしている画像と標準テンプレート画像とが大まかに重なり合うようにしておくのが良い (図1)。具体的な方法については、NeuroImaging Tools

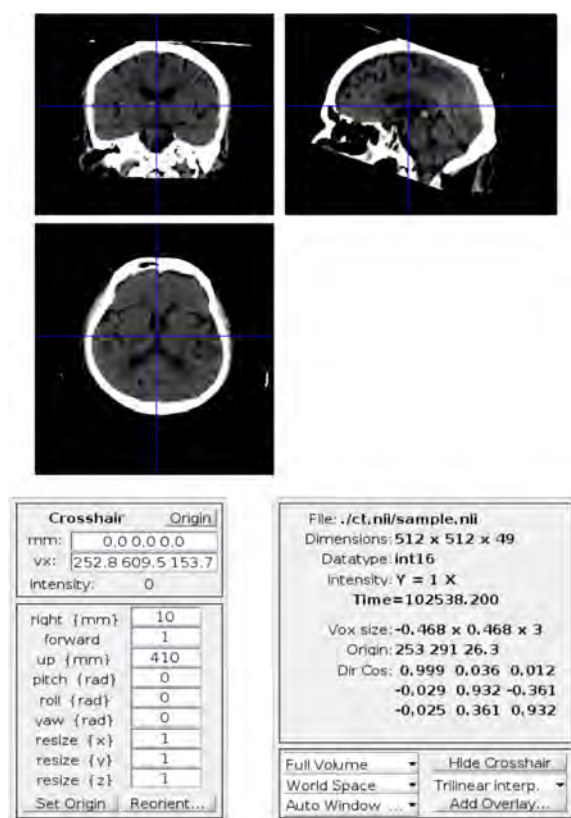


図1 SPM上での原点設定とオリエンテーション補正

空間的標準化処理を行う前に、各個人の頭部CT画像上の前交差が標準空間上の中心座標に一致するように原点 (origin) の設定を行うとともに (原点設定)、各個人の頭部CT画像が標準テンプレート画像と大まかに重なるように画像の位置を補正した (オリエンテーション補正)。なお、画面上のright (左右), forward (前後), up (上下), pitch角 (x軸回転), roll角 (y軸回転), yaw角 (z軸回転) を調整することで、画像の位置を修正することができる。

and Resources Collaboratory (NITRC) のウェブサイトに掲載されているマニュアル (<https://www.nitrc.org/docman/view.php/881/1853/manual.pdf>) に基づき実施した。

3) CT上の病変部位を定義するマスク画像の作成

各症例の頭部CT画像において、脳出血病変の範囲を定義するためのマスク画像を作成した。マスク画像では、病変部を値1、その他の領域を値0として二値化した (図2左)。マスクの作成にはMRIcronGL (<https://www.nitrc.org/projects/mricrongl>) を使用した。まず、MRIcronGLの自動描画機能を用いて病変領域を抽出した。自動描画では、病変中心のボクセルを基準点として設定し、その基準ボクセルとのCT値 (HU) の差を閾値として指定することで、類似したCT値をもつ周辺ボクセルを自動的に抽出できる。また、基準ボクセルを中心とした抽出範囲を半径で設定することが可能である。これらのパラメータ (CT値差および半径) は、実際の病変形状と一致するよう各症例で調整した。CT値差の設定は症例により異なったが、おおむね50~80 HUの範囲であった。自動描画によって正確に抽出できなかった複雑な形状の病変や頭蓋骨近傍の病変については、補助的に手動で修正

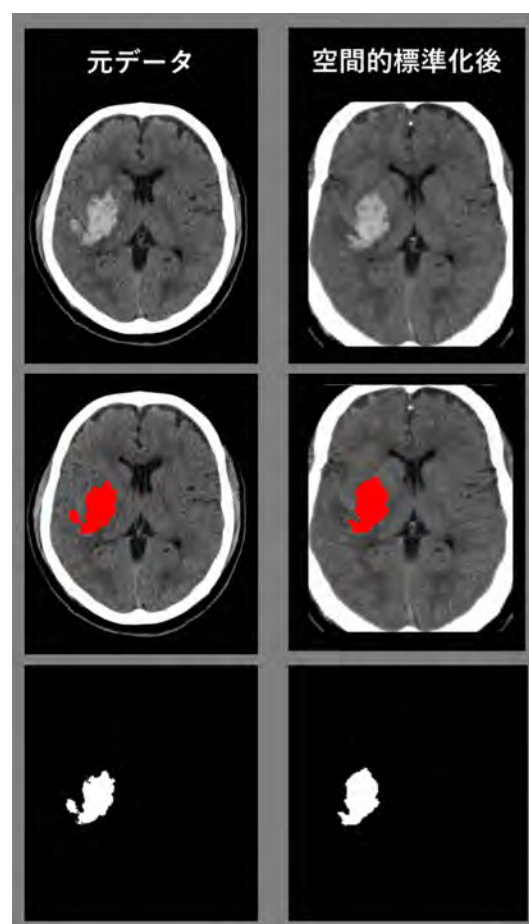


図2 病変マスクの抽出と空間的標準化

標準化前のCT (左上段) からMRIcronGLを用いて病変を抽出し (左中段)、病変部を値1、その他の領域を値0として二値化したマスク画像 (左下段) を作成した。頭部CTの空間的標準化 (右上段) で利用した変換行列を用いて、マスク画像を空間的標準化した (右中下段)。

を行った。評価者の主観的バイアスを避けるため、マスク作成時には対象患者の臨床情報を確認できない状態で実施した。なお、脳卒中病変の手動抽出については評価者間・評価者内の再現性が高いことが報告されている¹¹⁾。特に本研究対象である脳出血はCT上で高吸収域として描出され、周辺脳実質とのコントラストが大きいため、病変境界は比較的同一しやすい。

4) 空間的標準化

空間的標準化には、SPM8 (<https://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/spm8/>) を用いた。SPMは1990年代にイギリスのFristonらにより開発されて、その後も発達を遂げている最も一般的な画像解析のためのフリーウェアのひとつである²⁾。また、SPMはMATLAB (MathWorks社製) 上で動作させる必要があり、空間的標準化においては標準脳テンプレートとしてMNIテンプレートが用いられている。

空間的標準化のアルゴリズムでは、個人の脳画像が標準空間上のテンプレート画像にできるだけ一致するように、ボクセルごとの信号強度差の二乗和を最小化する

変換パラメータが推定される(最小二乗法)²⁾。その際には、まずはアフィン変換(affine transformation)により平行移動・回転・拡大縮小・シアーを含む12自由度(3平行移動+3回転+3拡大縮小+3シアー)の線形変換を行い、大まかな位置合わせを行う。なお、シアーとは、長方形を平行四辺形に傾けるような変形である。次に、脳の局所的な解剖学的違いを補正するために、基底関数を用いた非線形変形(non-linear warp)が適用される¹⁾。これは、例えるなら、おおまかに型にはめ込まれた粘土を指で押し込んで隅々まで型に合わせるような操作である。このようにして得られたアフィン変換と非線形変形のパラメータを用いて、個人の脳画像は標準空間上のテンプレート画像と一致するように座標変換される。

本来、SPMは頭部MRI画像の空間的標準化を行うために最適化されている。今回は、SPMを用いて頭部CT画像の空間的標準化およびマスク画像の標準空間へのマッピングを行うために、Rordenらが開発した方法⁴⁾を用いた。この方法は、Clinical Toolbox for SPMとして公開されている(<https://www.nitrc.org/projects/clinicaltbx>)。本研究では、Rordenらと同様にこのToolboxをSPM8に導入し、個人の頭部CT画像の空間的標準化を行った(図3)。このToolboxでは、今回解析した患者とほぼ同年代の平均年齢65歳の中老年の被験者から作成されたCTテンプレート画像が使用されている。一般的には脳出血などの異常な信号強度を呈する病変部位がある場合は、空間的標準化が正確に行われにくい。しかし、このToolboxでは異常信号を呈する病変部位を空間的標準化の際の計算から除外するcost function masking法¹²⁾が導入されているため、病変があっても正確な結果を得られることが示されている⁴⁾。個々の患者の頭部CTを空

間的標準化した際に用いられた変換行列を用いて、上記3)で作成した個々の患者の病変部位を定義するマスク画像を標準空間へ変換した(図2右)。今回の解析の目的は、歩行速度に関する病変側の左右差を評価するものではなく、解剖学におおむね左右対称の構造が想定される皮質脊髓路の検出を想定したものである。また、先行研究においても、病変側は脳卒中後の歩行速度を予測する因子としては挙がっていない¹³⁾。そこで今回の解析では、空間的標準化により得られたデータのうち右半球損傷例の画像を左右反転し、病変を左半球に統一した。

5) Voxel-based lesion-symptom mapping (VLSM) 解析

退院時の最大歩行速度に関連する脳出血発症時の病変部位を明らかにするために、MATLAB上で動作するNiiStat(<https://www.nitrc.org/projects/niistat/>)を用いてVLSM解析を行った⁷⁾。解析の前段階として、作成したすべてのマスク画像をそれぞれNIFTI形式からMATLAB解析用のデータ形式であるMATLAB MAT-file(拡張子は.matが一般的)へMATLABを用いて変換した。空間的標準化を行った後、各ボクセルについて、そのボクセルが病変に含まれる患者(病変あり)と含まれない患者(病変なし)に分け、両群で最大歩行速度が有意に異なるかをt検定を用いて評価した。VLSMは数万から数十万に及ぶ多数のボクセルを検定する解析であるため、多重比較補正としてfalse discovery rate (FDR)を適用した⁷⁾¹⁰⁾。有意水準はFDR補正後 $p < 0.05$ とした。結果はZ-scoreで表示した。結果の解釈は単一ボクセルではなく、連続した領域として行った。

退院時の最大歩行速度との関連が検出された領域と白質の神経線維束との位置関係を確認するために、主

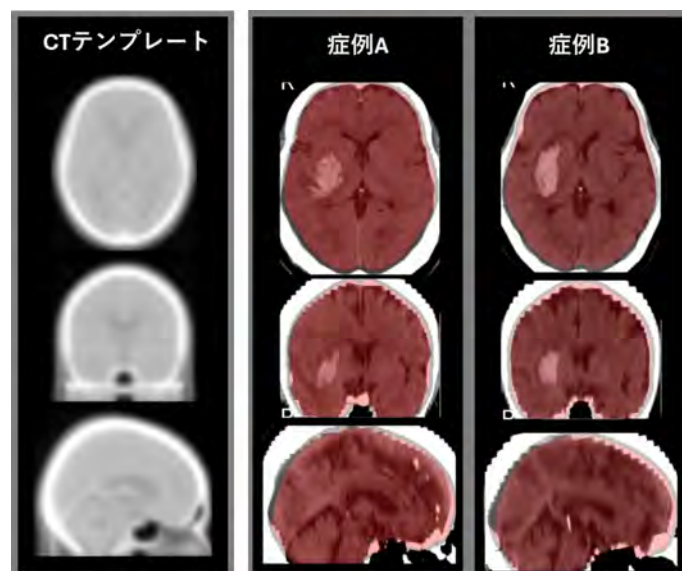


図3 頭部CT画像の標準テンプレートと個人の頭部CT画像の空間的標準化の結果
左図の頭部CT画像の標準テンプレートに合致するように、各個人の頭部CT画像を変形(線形・非線形変形)した。右図は空間的標準化された各個人の頭部CT画像の代表例に頭蓋部分を除去したCTテンプレート(赤色部分)を重ね合わせている。

要な神経線維束を標準空間上で表示する白質アトラス(地図)を重ね合わせた。ここでは白質アトラスとして、ジョンズ・ホプキンス大学 (Johns Hopkins University: 以下, JHU) が提供している JHU-ICBM-tracts-maxprob-thr25-1mm.nii を用いた。これは, MRIトラクトグラフィーで描出した複数名の被験者の神経線維束のうち, 25%以上の確率で軌道として一致する領域を描出したものである。また, NiiStatが提供するVLSM解析においては, 患者の病変部位を定義する全患者25名分のマスク画像を標準脳テンプレート画像上に重ね合わせてMRIcronGL上で表示することで, 対象患者の病変部位の傾向を視覚的に確認することができる。

4. 倫理的配慮

本研究はヘルシンキ宣言に基づき, 千里リハビリテーション病院倫理審査委員会の承認を得て実施された(承認番号: 202505)。得られたデータは匿名化を行い, 個人情報特定されないように配慮した。

結 果

対象患者の背景および評価項目を表1に示す。対象患者の平均年齢は60.3±10.1歳, 出血部位の臨床診断は右視床出血2名, 左視床出血5名, 右被殻出血5名, 左被殻出血7名, 右尾状核出血1名, 右前頭葉皮質下出血2名, 左前頭葉皮質下出血1名, 右頭頂葉皮質下出血1名,

表1 対象患者の背景および評価項目

項目	数値
年齢(年齢幅)	60.3±10.1 (42-79)
性別 男:女(%)	16:9 (64:36)
病変側 右:左(%)	11:14 (44:56)
発症から回復期退院までの日数(日)	165.0±47.4
入院時 下肢BRS	3 (2-5)
退院時 下肢BRS	5 (4-6)
入院時 FIM歩行項目	1 (1-1)
退院時 FIM歩行項目	6 (5-7)
退院時 最大歩行速度(m/秒)	1.01±0.48

連続変数は平均値±SD, 順序変数は中央値(四分位)で表記。
BRS: Brunnstrom stage, FIM: Functional Independence Measure.

左側頭葉皮質下出血1名であった。退院時の最大歩行速度の平均値は1.01±0.48 m/秒であった。

画像解析においては, 空間的標準化が行われた各患者の頭部CT画像をCTテンプレートに3次的に重ね合わせて比較した結果, 前後反転などの明らかな誤整合がないこと, およびおおむね良好な位置合わせが得られていることを目視により確認した。対象患者の病変部位を定義したマスク画像を標準脳テンプレートに重ね合わせたところ, 被殻後部に最も病変が集中しており(n=18), 前頭葉や頭頂葉, 側頭葉皮質下に病変が広がるものもあった(図4)。VLSM解析の結果, 退院時の最大歩行速度と有意に関連のある脳出血病変部位として, 内包後脚後部(MNI座標: 24, -21, 7)に検出された(z-scoreの最大値は-3.67, クラスターサイズは9ボクセル)(図5)。Z-scoreは負の値を示しており, 抽出された領域は歩行速度の低下に関連していることを示している。JHU白質アトラスを重ねた結果, 内包後脚を走行する皮質脊髄路の後部に位置していることが確認できた(図6)。

考 察

本研究では, 頭部CT画像の空間的標準化法を用いた脳画像解析の手順について, 解説を交えながら説明した上で, その妥当性についてVLSMを用いて検証した。Rordenらの方法を用いた頭部CT画像の空間的標準化は, 1例ずつの視察的評価では, 適切に行われていることが確認できた。さらにはこの空間的標準化が正確に行われていることを前提にしたVLSM解析において, 脳卒中後の最大歩行速度と関連する領域として, MRIを用いた先行研究と同様に内包後脚後部が検出された⁹⁾¹⁰⁾¹⁴⁾。白質アトラスとの重ねあわせによって詳細な解剖学的位置を確認したところ, 検出された領域は皮質脊髄路の後部に位置することが分かった。内包後脚の皮質脊髄路においては, 前から順番に顔, 上肢, 下肢の筋を支配する神経線維が走行していることから¹⁵⁾, 今回検出された領域は下肢の筋を支配する神経の走行部位と合致すると考えられ, 最大歩行速度との関連が認められたことと整合していると考えられた。以上の結果より, 一般病院で撮像された撮像機器や撮像パラメータの異なる頭部CT

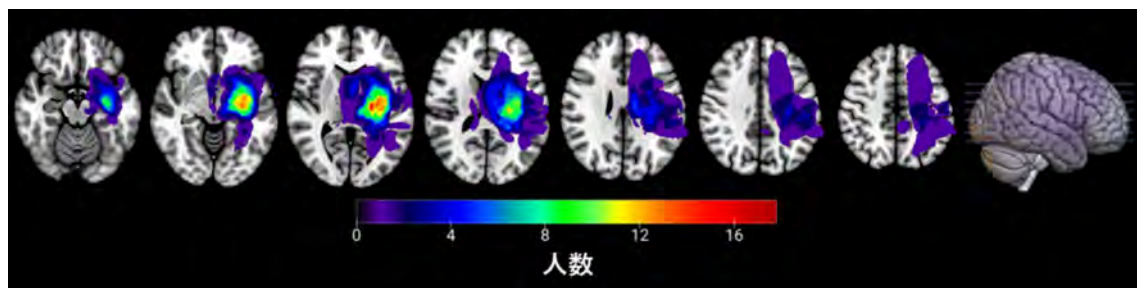


図4 発症時の脳出血病変の空間的分布
対象患者(n=25)の発症時の脳出血病変の重なりを示している。

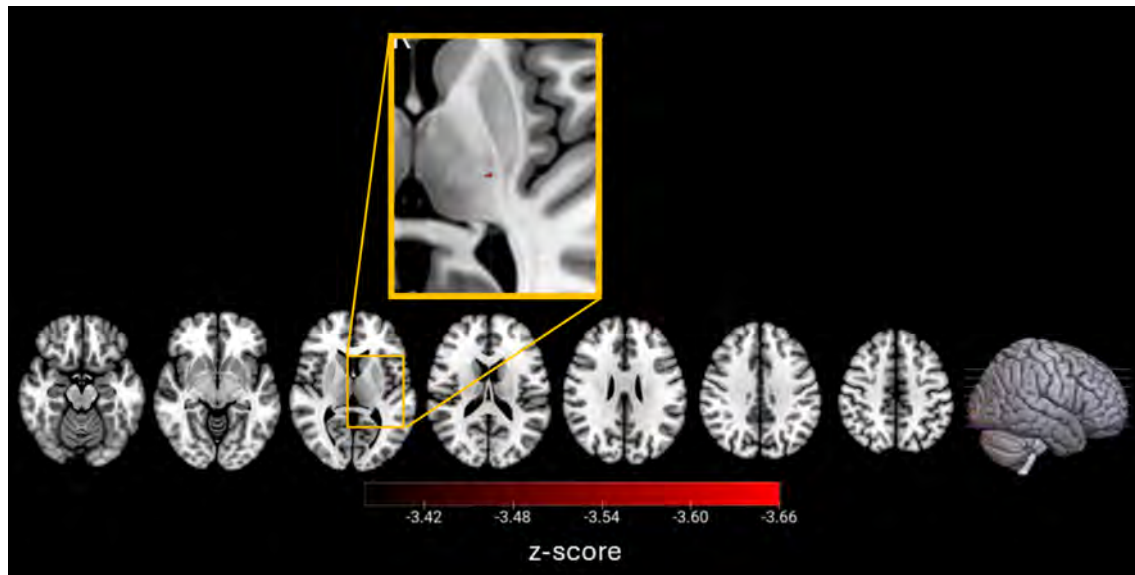


図5 VLSM解析の結果

退院時の最大歩行速度と有意に関連のある発症時の脳出血病変部位として、内包後脚後部 (MNI座標: 24, -21, 7) が検出された (z-scoreの最大値は-3.67, クラスターサイズは9ボクセル)。

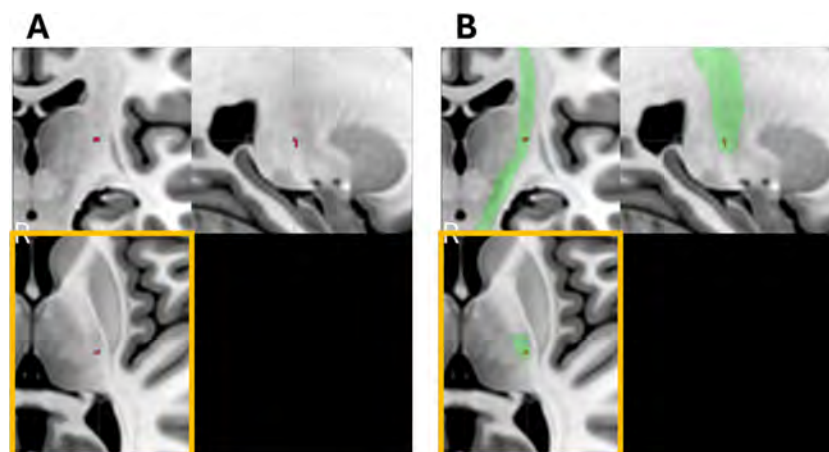


図6 退院時の最大歩行速度との関連が認められた病変部位と皮質脊髄路との関係

退院時の最大歩行速度と有意に関連のある発症時の脳出血病変部位の直交断面図 (図A) と、それに標準空間上の皮質脊髄路 (JHU 白質アトラス; 緑色) を重ね合わせた図 (図B)。検出された部位が皮質脊髄路の後方領域であることが分かる。オレンジ枠は図5と同じ領域であることを示している。

の空間的標準化が適切に行われたと考えられる。

先行研究においては、今回の研究で検出された皮質脊髄路に加えて、被殻¹⁰⁾¹⁶⁾、島皮質⁹⁾¹⁶⁾、上縦束⁹⁾¹⁶⁾なども脳卒中後の歩行速度低下に関連する領域として報告されている。先行研究との比較において、本研究で検出された領域は限定的であったが、これは対象群の病態やサンプルサイズ、共変量のコントロールの有無などの違いに起因する可能性はある。

脳卒中中の病態については、本研究と先行研究で対象の違いが検出領域に影響した可能性がある。すなわち、本研究の対象者は脳出血患者に限定しているのに対し、先行研究では被験者の74~82%が脳梗塞であった⁹⁾¹⁰⁾¹⁶⁾。脳梗塞においては、支配血管を同じくする複数の領域が病変に含まれることがある。そのため、内包後脚と支配

血管を同じくするその他の領域についても、脳卒中後の歩行速度低下に関連する領域として同時に検出された可能性がある⁹⁾¹⁶⁾。今回検出された内包後脚後部は、レンズ核線条体動脈もしくは前脈絡動脈によって支配されていることが多い¹⁷⁾¹⁸⁾。そのため、前者の閉塞による脳梗塞では被殻を含む基底核が同時に病巣に含まれやすい¹⁷⁾。また、レンズ核線条体動脈が由来する中大脳動脈や前脈絡動脈が由来する内頸動脈などの、より中枢側における血管閉塞では、内包後脚に加えて基底核や島皮質、さらには上縦束を含むより広範な領域が脳梗塞病変に同時に含まれることになる¹⁷⁾。このようなことから、主に脳梗塞を対象とした先行研究においては、脳卒中後の歩行速度と関連する領域として、内包後脚以外に、被殻や島皮質、上縦束などが含まれていた可能性がある。

一方、本研究は脳出血患者に限定しており、発症直後のCT画像を用いた点で異なる。脳出血では発症早期に血腫による圧排や浮腫が存在し、画像上の病変範囲は広範に及ぶが、時間経過とともに血腫は吸収されて、浮腫は消退する。これに伴って、急性期CTで定義された病変範囲に比べて、後の神経機能回復段階での実質的な損傷領域は限局されるため、検出領域の違いに影響した可能性がある。

サンプルサイズの違いについては、本研究における対象症例数の少なさが検出力の制約となった可能性はある。一般的にVLSM解析においては、サンプルサイズが小さくなるほど結果のばらつきが大きくなりやすく、検出力が低下する。言語機能課題と病変との関係についてVLSM解析を用いて調べた先行研究においては、サンプルサイズ30では、サンプルサイズ360で解析を行った時に比べて、約40%しか有意結果を再現できなかった¹⁹⁾。もちろん、高次脳機能に比べると歩行速度のような単純な運動機能は、局所的な神経基板に依存するため、病変との対応関係が明確になりやすく、統計学的に大きな効果量を示しやすい¹⁹⁾。そのため、比較的小規模なサンプルでも一定の信頼性は得られると考えられるが、本研究におけるサンプルサイズ25は、内包後脚以外に有意な領域を検出するための検出力を備えていなかった可能性はある。

脳卒中後の歩行速度に影響しうる共変量については、急性期・亜急性期・慢性期といった異なる臨床段階のいずれにおいても、年齢、発症時のバランス能力(Berg Balance Scale)、および発症からの経過期間が報告されている¹³⁾。本研究は後方視的研究であり、最大歩行速度が測定された退院時における発症からの経過期間は一定でない。今回の解析ではサンプルサイズの制約から単変量VLSMとしたが、実際にこれらを共変量として導入してMRIを使ってVLSM解析をした結果、内包後脚を含む皮質脊髄路以外に、島皮質や上縦束も脳梗塞後の歩行速度に関連する領域として検出されたことが報告されている⁹⁾。さらには、大きな病変は重要な解剖学的部位を巻き込みやすいため、VLSM解析においては症状と統計的に結びつきやすいこと(病変サイズバイアス)が知られているため²⁰⁾、病変の大きさも共変量に加えて解析されることが多い。しかし、一般的に病変サイズバイアスが存在する場合には、より広範な領域が「有意」として検出されやすくなる。そのため、本研究で内包後脚のみの限局した領域しか検出されなかったことは、病変サイズバイアスの影響とは考えにくい。

以上のように、いくつかの制約はあるものの、CT画像を用いた本解析でMRI研究と整合する結果が得られたことは、頭部CT画像の空間的標準化法の信頼性を支持する結果であると考えられる。特にRordenらのClinical

Toolboxを用いた手法は、異常信号部位をcost function masking法により自動的に除外できるため、脳卒中のように信号変化を伴う病変を含む症例においても安定した変換を可能にする⁴⁾。本研究で得られた結果は、この手法の本邦における臨床応用の可能性を実証するものであり、MRI設備を持たない一般病院において、脳卒中患者の脳画像解析を行う際の重要な技術基盤になると考えられる。

結 論

本研究では、Rordenらが開発したClinical Toolboxを用いた頭部CT画像の空間的標準化手順を提示し、片側テント上脳出血患者を対象としたVLSM解析によりその妥当性を検証した。その結果、退院時の最大歩行速度と関連する病変部位としてMRIを用いた先行研究と整合する所見が得られた。以上より、本手法は一般病院において脳卒中リハビリテーションの脳画像解析を支える有用な技術基盤となりうると考えられた。

助 成

本研究の一部は、文部科学省科学研究費助成基盤研究C(16K09715)および基盤研究B(23H03263)の助成を受けた。

利 益 相 反

本論文に関連して、著者全員に開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Ashburner J, Friston KJ: Nonlinear spatial normalization using basis functions. *Hum Brain Mapp.* 1999; 7: 254–266.
- 2) Ashburner J: SPM: A history. *Neuroimage.* 2012; 62: 791–800.
- 3) Cala LA, Thickbroom GW, *et al.*: Brain density and cerebrospinal fluid space size: CT of normal volunteers. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1981; 2: 41–47.
- 4) Rorden C, Bonilha L, *et al.*: Age-specific CT and MRI templates for spatial normalization. *Neuroimage.* 2012; 61: 957–965.
- 5) Winder K, Seifert F, *et al.*: Lesion mapping of stroke-related erectile dysfunction. *Brain.* 2017; 140: 1706–1717.
- 6) Sperber C, Nolingberg C, *et al.*: Post-stroke cognitive deficits rarely come alone: Handling co-morbidity in lesion-behaviour mapping. *Hum Brain Mapp.* 2020; 41: 1387–1399.
- 7) Bates E, Wilson SM, *et al.*: Voxel-based lesion-symptom mapping. *Nat Neurosci.* 2003; 6: 448–450.
- 8) Pepe A, Dinov I, *et al.*: An automatic framework for quantitative validation of voxel based morphometry measures of anatomical brain asymmetry. *Neuroimage.* 2014; 100: 444–459.
- 9) Moon H, Kim SH, *et al.*: Lesion location associated with gait velocity and symmetry in stroke patients. *Neuroradiology.* 2017; 59: 609–618.
- 10) Handelzalts S, Melzer I, *et al.*: Analysis of brain lesion impact on balance and gait following stroke. *Front Hum Neurosci.* 2019; 13: 149.
- 11) Liew SL, Anglin JM, *et al.*: A large, open source dataset of stroke

- anatomical brain images and manual lesion segmentations. *Sci Data*. 2018; 5: 180011.
- 12) Brett M, Leff AP, *et al.*: Spatial normalization of brain images with focal lesions using cost function masking. *Neuroimage*. 2001; 14: 486–500.
 - 13) Jasper AM, Lazaro RT, *et al.*: Predictors of gait speed post-stroke: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture*. 2025; 121: 70–77.
 - 14) Dubey P, Kumar N, *et al.*: Lesion mapping of corticospinal tract involvement in post-stroke motor recovery. *Neurorehabil Neural Repair*. 2016; 30: 876–884.
 - 15) Pan C, Peck KK, *et al.*: Somatotopic organization of motor pathways in the internal capsule: A probabilistic diffusion tractography study. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2012; 33: 1274–1280.
 - 16) Jones PS, Pomeroy VM, *et al.*: SWIFT-Cast investigators: Does stroke location predict walk speed response to gait rehabilitation? *Hum Brain Mapp*. 2016; 37: 689–703.
 - 17) Marinkovic S, Gibo H, *et al.*: Anatomic and clinical correlations of the lenticulostriate arteries. *Clin Anat*. 2001; 14: 190–195.
 - 18) Nuñez M, Guillotte A, *et al.*: Blood supply to the corticospinal tract: A pictorial review with application to cranial surgery and stroke. *Clin Anat*. 2021; 34: 1224–1232.
 - 19) Lorca-Puls DL, Gajardo-Vidal A, *et al.*: The impact of sample size on lesion–symptom mapping. *Neuropsychologia*. 2018; 115: 101–111.
 - 20) Sperber C, Karnath HO: Impact of correction factors in human brain lesion-behavior inference. *Hum Brain Mapp*. 2017; 38: 1692–1701.

〈Abstract〉

CT-based Spatial Normalization for Brain Imaging:

Methodological Framework and Validation for Stroke Rehabilitation Research in General Hospitals

Naoki ITOH, PT

Department of Physical Therapy, Senri Rehabilitation Hospital

Shigetoshi TAKAYA, MD, PhD

Department of Neurology and Rehabilitation Medicine, Senri Rehabilitation Hospital

Objective: To present and validate a CT-based spatial normalization framework for brain imaging that supports lesion-based outcome prediction and group-level analyses in stroke rehabilitation.

Methods: We retrospectively analyzed data from 25 patients with unilateral supratentorial intracerebral hemorrhage who were admitted to a convalescent rehabilitation ward. The hemorrhagic lesion on each patient's CT image was segmented and converted to a binary mask. The whole-brain CT image and the lesion mask were spatially normalized onto an age-specific CT template using the Clinical Toolbox for Statistical Parametric Mapping. Voxel-based lesion–symptom mapping (VLSM) was used to relate lesion location to maximal gait speed at discharge.

Results: Spatial normalization was successful in all patients and yielded accurate anatomical alignment despite variability in routine clinical CT acquisition. VLSM identified a cluster in the posterior part of the posterior limb of the internal capsule. Overlay with a white matter atlas indicated that this cluster corresponded to corticospinal tract fibers innervating the lower limb muscles, consistent with previous MRI-based reports.

Conclusion: VLSM using spatially normalized CT images identified brain regions consistent with those reported in previous MRI-based studies, thereby demonstrating the validity of this method. This approach may facilitate wider implementation of quantitative neuroimaging in general hospitals.

Key Words: Voxel-based lesion-symptom mapping, Stroke, Gait speed, Convalescent rehabilitation ward

研究論文 (原著)

Branch Atheromatous Diseaseにおける早期神経学的悪化と 入院時併存疾患数の関連* —単施設後方視的コホート研究—

小宮大輔^{1) #} 大鶴晃誠²⁾

要旨

【目的】本研究の目的はBranch atheromatous disease (以下, BAD) における早期神経学的悪化 (early neurological deterioration: 以下, END) と併存疾患数の関連を検討することである。【方法】単施設・後方視的観察研究としてBAD患者132例を解析した。ENDは入院後72時間以内に, National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) スコアが総合2点以上, または運動項目が1点以上悪化した場合と定義し, 併存疾患数は入院時点で治療中または経過観察中の疾患件数と定義した。併存疾患数とENDの関連を多変量ロジスティック回帰分析で評価した。【結果】併存疾患数はENDと独立して関連した (オッズ比1.44)。【結論】併存疾患数はENDと関連した。予測指標としての有用性は今後の検証を要する。

キーワード 脳卒中, Branch atheromatous disease, 併存疾患, 早期神経学的悪化, リスク評価

はじめに

Branch atheromatous disease (以下, BAD) は, 穿通動脈起始部におけるアテローム性プラークによる閉塞を特徴とする虚血性脳卒中の一亜型である¹⁾。BADは初期症状が軽微であっても, 発症後数日以内に早期神経学的悪化 (early neurological deterioration: 以下, END) をきたしやすく, ENDの発生率は14.7–39.4%と報告され, ENDはその後の機能低下とも関連している^{2–4)}。

ENDの早期同定は, 急性期診療における治療選択や管理方針の検討において临床上重要である。例えば, 進行性脳梗塞に対する治療介入は転帰改善と関連すると報告される一方⁵⁾, 出血リスクなどを踏まえた適応判断については見解が分かれている^{6) 7)}。このため, ENDハイ

リスク患者を入院早期に層別化できれば, 治療選択の検討に役立つ可能性がある。また理学療法においても, 離床計画や運動療法の進行, 神経症状モニタリングの頻度を検討するうえで, ENDリスクの早期層別化は安全管理に有用となる可能性がある。

既報においてはEND関連因子として, テント下病変, 女性, 2型糖尿病 (type 2 diabetes mellitus: 以下, T2DM) などの臨床因子^{8–10)}, 血清尿酸/クレアチニン比 (serum uric acid-to-creatinine ratio: 以下, SUA/SCr) などのバイオマーカー^{3) 11–13)}, 中大脳動脈プラークなどの血管所見^{14–16)}が報告されている。しかし, これらの一部は追加の検査や高度な画像診断を要し, 日常診療での適用には制約がある。

併存疾患負荷の高さは, 脳卒中後の障害, 死亡, 生活の質の低下と関連することが知られている^{17–19)}。他領域では, 併存疾患や関連臨床因子を取り入れた予後スコアが広く用いられており, Charlson Comorbidity Index (以下, CCI)²⁰⁾に加え, がん領域のAdult Comorbidity Evaluation-27, 同種造血細胞移植前評価のhematopoietic cell transplantation (HCT)-specific comorbidity index, 整形外科領域のNottingham Hip Fracture Scoreが代表例である^{21–23)}。また, 対象疾患や測定時点が研究により異なる点に留意を要するが, プライマリケア領域の系統的レビューでは, 併存疾患の単純件数が広く用いられ, 多

* Comorbidity Count and Early Neurological Deterioration in Branch Atheromatous Disease: A Single-center Retrospective Cohort Study

1) 地方独立行政法人大牟田市立病院リハビリテーション科
(〒836-8567 福岡県大牟田市宝坂町2-19-1)

Daisuke Komiya, PT: Division of Rehabilitation, Omuta City Hospital

2) 産業医科大学病院 リハビリテーション部
Kousei Ootsuru, PT: Department of Rehabilitation, Hospital of the University of the Occupational and Environmental Health

E-mail: komikomi_rock@hotmail.com

(受付日 2026年1月16日/受理日 2026年3月11日)

[J-STAGEでの早期公開日 2026年5月16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。

© 2026 日本理学療法学会連合

くのアウトカムで複雑な指標に匹敵する予測能を示し、実装も容易と報告されている²⁴⁾。一方、BADにおけるENDとの関連についての報告は限られている。入院時の併存疾患数（以下、併存疾患数）は入院早期に把握でき、追加の特殊検査を要しない。そこで本研究では、併存疾患数とBADにおけるENDとの関連を検討し、簡便で実装しやすいリスク層別化指標としての可能性を評価した。

対象および方法

1. 研究デザインと対象

本研究は、320床を有する日本の急性期病院である地方独立行政法人大牟田市立病院（以下、当院）における単施設・後方視的観察研究である。対象は、2014年4月～2022年11月にBADと診断され、入院後24時間以内の磁気共鳴画像法における拡散強調画像で、レンズ核線条体動脈または橋穿通枝領域に限局する急性期脳梗塞を確認できた症例とした²⁾。診断は専門医が臨床・画像所見に基づき確定した。大血管閉塞または心原性塞栓が疑われる症例は、磁気共鳴血管撮影法・心電図・経胸壁心エコーで除外した。また、発症から入院まで4日以上を経過した症例、および院内死亡例を除外した。研究の性質上、事前のサンプルサイズ設計は行わず、期間内の適格例を連続例として登録した。以上の基準により、142例をスクリーニングし、10例を除外後、132例を最終解析対象とした。

ENDは、入院後72時間以内にNational Institutes of Health Stroke Scale（以下、NIHSS）スコアが総合2点以上、または運動項目が1点以上増悪した場合と定義した¹²⁾。入院時NIHSSが欠測の場合は、脳卒中専門医が入院時の神経診察記録に基づき、NIHSSの各項目（意識、視線、視野、顔面麻痺、上肢運動、下肢運動、運動失調、感覚、言語、構音、消去・無視）を後方視的にスコア化して入院時NIHSS総合点および運動項目スコアを再構成した。再構成した入院時スコアと入院後72時間以内に記録されたNIHSS評価を比較し、上記定義に基づいてENDの有無を判定した。

2. ベースラインデータの収集

1) 患者背景・臨床特性

年齢、性別、発症前modified Rankin Scale（以下、mRS）、Body Mass Index（BMI）、喫煙（現喫煙の有無）、病変部位（テント上／テント下）、入院時NIHSSスコアを収集した。

2) 併存疾患評価

併存疾患数は、入院時点で治療中または経過観察中の慢性疾患の件数として定義した。併存疾患の抽出は主治医の診療録を基本とし、必要に応じて入院時間診記録、

既往歴欄、紹介状、入院時持参薬、過去の病名登録履歴を情報源として確認した。慢性疾患は、入院時点で継続的な管理（治療または定期的フォローアップ）を要する病態とし、急性期の一過性変化のみで継続管理を要しないものは除外した。カウントは原則として疾患単位で行い、同一病態の重複記載（例：糖尿病性腎症と慢性腎臓病）は1件として扱った。さらに、判別可能な記載がある場合、同一臓器系の疾患であっても病態機序が明らかに異なる慢性疾患を併存している場合（例：経過観察中のウイルス性肝炎とアルコール性肝障害）は別疾患としてカウントした。

併存疾患の分布は再現性の観点から、あらかじめ定義した13カテゴリに集約して記述した。加えて、CCIを算出した²⁰⁾。高血圧（hypertension：以下、HT）、T2DM、脂質異常症（dyslipidemia：以下、DL）は、13カテゴリの枠組みに含めたうえで、主要な心血管・代謝性併存症として解析上の解釈を明確にする目的で個別にその有無を抽出した。

3) 血液・生化学検査

すべての検査値は入院1日目に採取した血液検体を用い、当院の標準検査法で測定した。血液学的指標はヘモグロビン、血小板数、白血球数、好中球・リンパ球百分率、好中球／リンパ球比（neutrophil-to-lymphocyte ratio：以下、NLR）とし、生化学的指標はクレアチニン、推算糸球体濾過量、尿酸、SUA/SCr、C反応性タンパク、脳性ナトリウム利尿ペプチド（B-type natriuretic peptide：以下、BNP）とした。加えて、ヘモグロビンA1c、プロトロンビン時間、プロトロンビン時間国際標準比、活性化部分トロンボプラスチン時間、総タンパク、アルブミン、総コレステロール、低密度リポタンパクコレステロール（low-density lipoprotein cholesterol：以下、LDL-C）、中性脂肪を収集した。なお、発症から採血までの期間は記録していない。

4) 薬物治療

入院中の薬物治療は診療録および処方記録から抽出した。収集対象薬剤はアルガトロバン、ヘパリン、オザゲレル、エダラボン、デキストラン、組換え組織型プラスミノゲンアクチベータ（recombinant tissue plasminogen activator：以下、rt-PA）とした。抗血小板療法は二剤併用抗血小板療法または単剤抗血小板療法に分類し、具体的な薬剤の組合せまたは単剤の内訳、ならびにデキストラン併用の有無を記録した。治療選択は担当医の裁量によった。

3. 統計学的処理

解析対象をEND群と非END群に群別し、連続変数は分布に応じてt検定またはMann-WhitneyのU検定、カテゴリ変数は χ^2 検定またはFisherの正確確率検定で群間

比較した。

欠測値は多重代入により補完した。代入モデルには、背景因子、血管危険因子、併存疾患指標、入院時重症度、転帰 (END)、検査値、治療内容、および時間関連変数を含めた。時間関連変数のうち、入院からENDまでの日数は欠測補完の補助変数として代入モデルに含めたが、主要解析の説明変数としては用いなかった。SUA/SCrは派生変数であるが、本研究では比 (SUA/SCr) そのものを代入対象とした。多重代入の設定は代入回数 $m=20$ 、反復回数10とした。代入後の推定値はRubinのルールにより統合し、オッズ比 (odds ratio: 以下, OR)、95% 信頼区間 (95% confidence interval: 以下, 95%CI)、 p 値を算出した。主要な欠測率は、発症前 mRS (21.2%)、入院時 NIHSS (19.7%)、BNP (12.1%)、SUA/SCr (13.6%) および LDL-C (6.8%) であった。多重代入モデルに投入した変数一覧と欠測率は補遺表にまとめた。

ENDとの独立した関連は多変量ロジスティック回帰分析で評価した。主要説明変数は併存疾患数とし、既報および臨床的重要性に基づき、SUA/SCr、NLR、性別 (女性)、入院時 NIHSS スコア、LDL-C を共変量として同時に投入し、これをベースモデルと定義した。また、2 群比較で有意差を認め、交絡の可能性のある変数 (HT、アルガトロバン使用、BNP) を追加した追加調整モデルでの補足解析を実施し、主要説明変数の推定値が追加調整後も大きく変化しないかを確認した。さらに、欠測補完の影響を補足的に評価するため、ベースモデルと同一共変量を用いて、すべての共変量が欠測のない症例に限定した完全ケース解析による多変量ロジスティック回帰分析を実施した。

多重共線性は分散拡大係数 (variance inflation factor: 以下, VIF) で評価し、 $VIF \geq 5$ を多重共線性ありと判定

した。併存疾患数については、臨床での運用を想定して二値分類の cutoff を検討した。併存疾患数を 0-6 の各 cutoff で「cutoff 以上」を陽性として二値化し、判別の中率を算出した。判別の中率が最大となる cutoff を採用し、同 cutoff における感度、特異度、陽性的中率 (positive predictive value: 以下, PPV)、陰性的中率 (negative predictive value: 以下, NPV) を算出した。統計解析は Python (scikit-learn) および EZR を用いて実施した。モデル適合は Hosmer-Lemeshow 検定により確認した。すべての検定は両側検定とし、有意水準は $p < 0.05$ とした。

4. 倫理的配慮

本研究は、大牟田市立病院倫理審査委員会の承認を得て実施した (承認番号: 第2415号)。研究はヘルシンキ宣言に準拠し、診療情報は個人が特定されないよう匿名化して取り扱った。本研究は後方視的観察研究であり、侵襲的介入および患者への直接的な接触を伴わないため、文書によるインフォームドコンセントは取得しなかった。研究実施に関する情報は公開し、対象者が診療情報の研究利用を拒否できる機会を保障した。

結 果

1. 患者背景

研究フローチャートを図1に示す。最終解析対象は132例で、END群52例 (39.4%)、非END群80例 (60.6%) であった。患者背景・臨床特性 (表1) では、いずれにも有意な群間差を認めなかった。

2. 併存疾患

併存疾患数はEND群で高値であった (中央値 [四分位範囲 (25-75%)] : 2.5 [2.00-3.25] vs 2.0 [1.00-3.00], $p = 0.004$,



図1 研究対象選定と群別化のフローチャート
END: early neurological deterioration.

表1 ベースライン特性および臨床転帰の比較

	全体 (n=132)	END群 (n=52)	非END群 (n=80)	p値
患者背景・臨床特性				
年齢(歳)	73 [66.00–82.00]	73 [66.00–80.25]	73 [66.00–82.00]	0.434 ^a
女性, n(%)	63 (47.7)	28 (53.8)	35 (43.8)	0.257 ^b
発症前mRS	0 [0–1.00]	0 [0–1.00]	0 [0–1.00]	0.628 ^a
BMI (kg/m ²)	22.04 [19.98–25.22]	21.80 [20.30–25.10]	22.14 [19.55–25.22]	0.616 ^a
喫煙, n(%)	26 (19.7)	9 (17.3)	17 (21.2)	0.578 ^b
テント下病変, n(%)	34 (25.8)	16 (30.8)	18 (22.5)	0.288 ^b
入院時NIHSSスコア	5 [3.00–6.00]	5 [2.00–6.00]	4 [3.00–6.00]	0.941 ^a
入院からENDまでの日数	—	1 [0–1]	—	—
併存疾患				
併存疾患数	2 [1.00–3.00]	2.5 [2.00–3.25]	2 [1.00–3.00]	0.004 ^{a***}
CCI	0 [0–1.00]	0 [0–0.25]	0 [0–1.00]	0.469 ^a
HT, n(%)	103 (78.0)	46 (88.5)	57 (71.2)	0.020 ^{b*}
T2DM, n(%)	47 (35.6)	22 (42.3)	25 (31.2)	0.195 ^b
DL, n(%)	36 (27.3)	17 (32.7)	19 (23.8)	0.260 ^b

連続変数は「中央値(四分位範囲[25–75%])」で、カテゴリ変数は「n(%)」で示した。入院からENDまでの日数はEND群のみで定義されるため、全体・非END群は非該当(—)とし、群間比較は行わなかった。統計学的検定：^a=Mann–WhitneyのU検定、^b= χ^2 検定、有意水準：^{*}p<0.05、^{**}p<0.01。END: early neurological deterioration, mRS: modified Rankin Scale, BMI: body mass index, NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale, CCI: Charlson comorbidity index, HT: hypertension, T2DM: type 2 diabetes mellitus, DL: dyslipidemia。

表1)。一方、CCIには群間差を認めなかった。主要な心血管代謝性併存症のうち、HTはEND群で頻度が高かった(88.5% vs 71.2%, p=0.020)。T2DMおよびDLの頻度には有意差を認めなかった。併存疾患のカテゴリ別頻度を表2に示す。表2は再現性の観点から、併存疾患を13カテゴリに集約して示し、カテゴリの包含関係および「その他」に含めた疾患は脚注に明示した。全体ではHTが103例(78.0%)と最多で、T2DM 47例(35.6%)、DL 36例(27.3%)であった。

3. 血液・生化学検査

血液・生化学検査所見(表3)では、BNPがEND群で高値であった(81.80 [31.55–163.95] vs 38.00 [21.30–73.90], p=0.005)。SUA/SCr, NLR, LDL-Cを含むその他の血液学的・生化学的指標には有意差を認めなかった。

4. 薬物治療

入院中治療では、アルガトロバン使用は非END群で多かった(86.2% vs 67.3%, p=0.009)。その他の治療(rt-PA, 抗血小板療法の各レジメンを含む)については、群間差を認めなかった(表4)。

5. 多変量ロジスティック回帰分析

欠測を多重代入で補完し、Rubinの規則により推定値をプールした多変量ロジスティック回帰分析では、併存疾患数がENDと独立に関連した(OR 1.44, 95%CI

表2 併存疾患のカテゴリ別頻度

併存疾患カテゴリ	n(%)
HT	103 (78.0)
T2DM	47 (35.6)
DL	36 (27.3)
精神疾患	17 (12.9)
筋骨格系疾患	13 (9.8)
CAD	10 (7.6)
腎疾患	10 (7.6)
泌尿器疾患	7 (5.3)
肝疾患	6 (4.5)
神経・脳疾患	5 (3.8)
不整脈	4 (3.0)
PAD	3 (2.3)
その他	38 (28.8)

併存疾患は入院時点で治療中または経過観察中の慢性疾患と定義し、主治医診療録を基本に、問診、既往歴、紹介状、持参薬、過去病名履歴などを参照して確認した。急性一過性の病態は除外した。カウントは疾患単位で行い、同一病態の重複記載は1件として扱った。一方、同一臓器系であっても病態機序が明らかに異なる慢性疾患は別疾患としてカウントした。HT/T2DM/DLは13カテゴリに含めたうえで、主要併存症として解析上の解釈を明確にする目的で個別に抽出した。精神疾患には認知症を、筋骨格系疾患には骨粗鬆症および関節リウマチ(RA)を、その他には悪性腫瘍、緑内障、甲状腺疾患、GERD、めまい症候群、便秘症、および低頻度の併存疾患を含めた。

HT: hypertension, T2DM: type 2 diabetes mellitus, DL: dyslipidemia, CAD: coronary artery disease, PAD: peripheral artery disease, RA: rheumatoid arthritis, GERD: gastroesophageal reflux disease。

表3 血液・生化学検査所見の比較

	全体 (n=132)	END群 (n=52)	非END群 (n=80)	p値
血液学的検査				
ヘモグロビン (g/dL)	14.00 [12.78–15.20]	13.75 [12.78–14.93]	14.25 [12.78–15.20]	0.317
血小板 ($\times 10^4$ /uL)	22.00 [17.80–26.10]	22.40 [18.53–25.85]	21.70 [17.05–26.30]	0.610
WBC ($\times 10^3$ /uL)	6.80 [5.57–8.29]	6.57 [5.54–8.29]	6.91 [5.59–8.29]	0.904
好中球分画 (%)	67.00 [57.15–76.00]	68.40 [56.62–77.55]	66.40 [57.35–74.80]	0.711
リンパ球分画 (%)	25.35 [18.23–33.92]	23.60 [18.98–35.90]	26.30 [18.10–33.62]	0.838
NLR	2.68 [1.71–4.04]	2.86 [1.54–3.99]	2.56 [1.71–4.04]	0.876
生化学検査				
クレアチニン (mg/dL)	0.73 [0.57–0.91]	0.72 [0.58–0.95]	0.73 [0.57–0.88]	0.443
eGFR (mL/min/1.73m ²)	71.50 [57.80–86.20]	67.90 [56.53–78.47]	74.50 [59.05–87.00]	0.142
SUA (mg/dL)	5.40 [4.30–6.60]	5.30 [4.40–6.60]	5.55 [4.30–6.57]	0.895
SUA/SCr	4.87 [4.09–5.78]	4.59 [4.05–5.55]	5.17 [4.11–5.99]	0.135
CRP (mg/dL)	0.15 [0.06–0.35]	0.17 [0.06–0.33]	0.15 [0.07–0.35]	0.625
BNP (pg/mL)	47.75 [23.22–96.83]	81.80 [31.55–163.95]	38.00 [21.30–73.90]	0.005**
HbA1c (%)	6.05 [5.67–6.93]	5.95 [5.60–6.47]	6.10 [5.70–7.17]	0.149
PT (秒)	11.35 [10.70–11.90]	11.40 [10.70–11.80]	11.30 [10.80–11.90]	0.787
PT-INR	0.99 [0.95–1.04]	0.98 [0.94–1.03]	0.99 [0.95–1.04]	0.624
APTT (秒)	26.90 [25.4–29.00]	26.60 [25.48–28.30]	27.30 [25.40–29.45]	0.315
TP (g/dL)	7.30 [7.00–7.60]	7.30 [7.00–7.65]	7.25 [6.97–7.60]	0.910
アルブミン (g/dL)	4.25 [4.00–4.50]	4.20 [4.07–4.50]	4.30 [4.00–4.43]	0.978
T-cho (mg/dL)	208.5 [173.25–235.25]	209.50 [175.00–245.00]	208.00 [172.75–229.75]	0.563
LDL-C (mg/dL)	123.00 [98.00–148.50]	119.50 [101.25–151.50]	131.00 [95.00–145.00]	0.900
TG (mg/dL)	120.5 [77.00–181.00]	121.00 [89.00–171.00]	120.00 [74.00–192.00]	0.902

すべての変数は「中央値 (四分位範囲 [25–75%])」で示した。

統計学的検定：Mann-WhitneyのU検定，有意水準：** p<0.01。

END: early neurological deterioration, WBC: white blood cell count, NLR: neutrophil-to-lymphocyte ratio, eGFR: estimated glomerular filtration rate, SUA: serum uric acid, SCr: serum creatinine, CRP: C-reactive protein, BNP: B-type natriuretic peptide, HbA1c: hemoglobin A1c, PT: prothrombin time, PT-INR: prothrombin time–international normalized ratio, APTT: activated partial thromboplastin time, TP: total protein, T-cho: total cholesterol, LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol, TG: triglyceride.

1.08–1.93, p=0.013)。一方, SUA/SCr, NLR, 女性, 入院時NIHSSスコア, LDL-Cはいずれも有意な関連を示さなかった (表5)。モデル適合では不適合を示す所見は認めなかった (p=0.465)。また, いずれの説明変数もVIFは低値であり (最大約1.22), 多重共線性は認めなかった。補足的な完全ケース解析 (n=86) でも, 併存疾患数はENDと独立に関連した (OR 1.76, 95%CI 1.17–2.65, p=0.007)。併存疾患数によるENDの判別では, 判別率の中率が最大となる閾値は「併存疾患数 ≥ 3 」であった。この閾値を用いた二値分類における判別率の中率は64.4%で, 感度は50.0%, 特異度は73.8%, PPVは55.3%, NPVは69.4%であった。cutoff検討の結果は図2に示す。

6. 追加調整モデルによる補足解析

2群比較で有意差を認めたHT, アルガトロバン使用, およびBNPを共変量として追加した追加調整モデルでも, 併存疾患数はENDと独立に関連した (調整オッズ比 [adjusted odds ratio: 以下, aOR] 1.58, 95%CI 1.13–2.20, p=0.007)。このモデルでは, HTはENDと正に関連し

(aOR 6.06, 95%CI 1.84–19.96, p=0.003), アルガトロバン使用はENDと負に関連した (aOR 0.26, 95%CI 0.10–0.72, p=0.009)。BNPは有意ではなかった (表5)。モデル適合では不適合を示す所見は認めなかった (p=0.124)。VIFはいずれも低値であり (最大約1.22), 多重共線性は認めなかった。

考 察

本研究では, BAD患者において併存疾患数がENDと有意に関連した。併存疾患の集積は脳小血管性変化と関連し, 特にHT, T2DM, DLの併存が白質高信号や微小構造障害と累積的に関連するという地域住民研究の知見は, この結果と整合する²⁵⁾。また, 多疾患併存が疾患横断的に増悪や不良転帰と関連するという先行報告とも一致する^{26–28)}。

一方, 本研究ではCCIに群間差がみられず, 併存疾患数のみがENDと関連した。CCIは疾患ごとの重み付けにより長期予後, 特に死亡を念頭に設計されており, ENDのような急性期の神経学的増悪を説明するための重み付

表4 薬物療法の比較

	全体 (n=132)	END群 (n=52)	非END群 (n=80)	p値
rt-PA	2 (1.5)	0 (0.0)	2 (2.5)	0.519 ^a
アルガトロバン	104 (78.8)	35 (67.3)	69 (86.2)	0.009 ^{b**}
ヘパリン	6 (4.5)	1 (1.9)	5 (6.2)	0.402 ^a
オザグレル	22 (16.7)	11 (21.2)	11 (13.8)	0.265 ^b
エダラボン	114 (86.4)	44 (84.6)	70 (87.5)	0.637 ^b
デキストラン	4 (3.0)	1 (1.9)	3 (3.8)	1.000 ^a
DAPT (ASA+CLP)	93 (70.5)	37 (71.2)	56 (70.0)	0.887 ^b
DAPT (ASA+CIZ)	1 (0.8)	1 (1.9)	0 (0.0)	0.394 ^a
DAPT (CLP+CIZ)	1 (0.8)	1 (1.9)	0 (0.0)	0.394 ^a
DAPT (ASA+PRAS)	1 (0.8)	1 (1.9)	0 (0.0)	0.394 ^a
DAPT (ASA+CLP) +デキストラン	3 (2.3)	1 (1.9)	2 (2.5)	1.000 ^a
SAPT (ASA)	17 (12.9)	10 (19.2)	7 (8.8)	0.079 ^b
SAPT (CLP)	4 (3.0)	1 (1.9)	3 (3.8)	1.000 ^a
SAPT (CIZ)	1 (0.8)	1 (1.9)	0 (0.0)	0.394 ^a
SAPT (PRAS)	2 (1.5)	1 (1.9)	1 (1.2)	1.000 ^a
SAPT (CLP) +デキストラン	8 (6.1)	3 (5.8)	5 (6.2)	1.000 ^a

すべての変数はn(%)で示した。

統計学的検定：^a=Fisherの正確確率検定，^b= χ^2 検定，有意水準：** p<0.01。

rt-PA: recombinant tissue plasminogen activator, DAPT: dual antiplatelet therapy, ASA: aspirin, CLP: clopidogrel, CIZ: cilostazol, PRAS: prasugrel, SAPT: single antiplatelet therapy。

表5 早期神経学的悪化の関連因子

	ベースモデル		追加調整モデル	
	OR (95%CI)	p値	aOR (95%CI)	p値
併存疾患数	1.44 (1.08-1.93)	0.013	1.58 (1.13-2.20)	0.007
SUA/SCr比	0.90 (0.72-1.13)	0.366	0.88 (0.69-1.13)	0.321
NLR	1.03 (0.87-1.21)	0.762	1.04 (0.86-1.25)	0.719
女性	1.45 (0.69-3.03)	0.323	1.46 (0.66-3.22)	0.348
入院時NIHSSスコア	0.98 (0.86-1.12)	0.808	1.02 (0.88-1.18)	0.812
LDL-C	1.00 (0.99-1.01)	0.518	1.00 (0.99-1.01)	0.412
HT	—	—	6.06 (1.84-19.96)	0.003
アルガトロバン使用	—	—	0.26 (0.10-0.72)	0.009
BNP	—	—	1.00 (0.99-1.00)	0.948

Hosmer-Lemeshow検定の結果は，ベースモデルでp=0.465，追加調整モデルでp=0.124であった。併存疾患数によるENDの判別率の最大(64.4%)となる閾値は「併存疾患数 ≥ 3 」であり，感度50.0%，特異度73.8%，陽性的中率55.3%，陰性的中率69.4%であった。ベースモデルは併存疾患数，SUA/SCr，NLR，女性，入院時NIHSSスコア，LDL-Cで調整した。追加調整モデルはこれらに加えてHT，アルガトロバン使用，BNPを追加した。表中の「—」は当該モデルに投入していないことを示す。欠測は多重代入(m=20)で補完し，推定値はRubinのルールにより統合した。

OR: odds ratio, aOR: adjusted odds ratio, CI: confidence interval, SUA: serum uric acid, SCr: serum creatinine, NLR: neutrophil-to-lymphocyte ratio, NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale, LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol, HT: hypertension, BNP: B-type natriuretic peptide。

けとは一致しない可能性がある。したがって，本研究の目的に対しては，併存疾患数の方がより適合していたと解釈できる。

2群比較で差を認めたHT，アルガトロバン使用，BNPを共変量に追加した追加調整モデルでも，併存疾患数とENDの関連は大きく変化しなかった。同モデルではHTがENDと正に関連し，アルガトロバン使用が負に関連した。HTは既知の血管危険因子であり，BADの病態と

関連する可能性がある。一方，アルガトロバン使用については，出血リスク，発症からの時間，施設方針などを反映した適応交絡を考慮する必要がある。

本研究ではEND群でBNPが高値であった一方，多変量解析ではBNPは有意な関連を示さなかった。BNPは心室壁伸展や圧負荷に反応して心筋から分泌され，心不全に限らず，高血圧性心疾患や潜在的な心機能障害，腎機能障害など複数の要因の影響を受けて上昇する²⁹⁾。

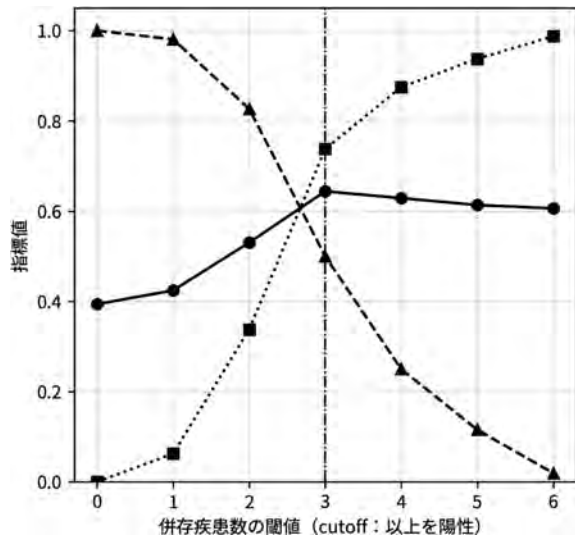


図2 併存疾患数によるEND判別におけるcutoffの探索的検討
併存疾患数による早期神経学的悪化 (END) の二値分類におけるcutoffの検討。併存疾患数を各cutoff (0-6) で二値化し、判別の中率、感度、特異度を算出した。判別の中率が最大 (64.4%) となるcutoffは「併存疾患数 ≥ 3 」であった。
実線+●=判別の中率、破線+▲=感度、点線+■=特異度、一点鎖線=最大判別の中率のcutoff。
END: early neurological deterioration.

本研究でEND群にHTが多かったことを踏まえると、同群で観察されたBNP高値は、HTを背景とした心負荷を反映していた可能性がある。さらに、急性期脳梗塞ではBNPが上昇し、臨床重症度や心機能指標、病型などと関連することが報告されている³⁰⁾。本研究では発症から採血までの時間を記録できなかったため、採血時点の違いに伴う急性期反応や循環動態の変動がBNPに影響した可能性も否定できない。このように、BNPの解釈にはHTによる交絡と測定時点の影響を考慮する必要がある。

併存疾患数は簡便であり、定義が明確で運用しやすい一方²⁴⁾、判別の中率は高くなく、単独指標としてリスク層別化を担うには限界がある。これは、併存疾患数が全身状態を簡便に要約する反面、ENDに関連する可能性がある病態情報を十分に反映していないことによる可能性がある。本研究では血管所見や病変の解剖学的特徴など¹⁴⁻¹⁶⁾、既報で関連が示されている因子を解析に組み込めおらず、残余交絡が存在する可能性がある。

本研究にはいくつかの限界がある。第一に、単施設・後方視的観察研究である点に由来する一般的制約がある。連続登録により選択バイアスの抑制を図ったが、後方視的デザインのため完全には排除できない。特に、発症から入院まで最大3日を許容したため、入院前に神経症状が進行していた症例が含まれ、入院後72時間以内の悪化として定義したENDの発生率を過小評価した可能性がある。第二に、事前のサンプルサイズ設計を行っていないため、推定値の不安定性や検出力不足の懸念が残る。第三に、日本の単施設データであり、診療体制や

治療方針が異なる集団への外部妥当性には限界がある。第四に、一部変数に欠測があり、推定バイアスが残る可能性がある。特に入院時NIHSSが欠測した症例では、診療録情報に基づき専門医が後方視的に再構成したため、評価時点や記録の正確性・詳細度に依存した誤差が生じ、入院時重症度の調整に影響した可能性がある。第五に、本研究では併存疾患数のcutoffを事後的に最適化しており、本解析は探索的解析であるため、特定のサンプル (n=132) に対して過学習 (overfitting) や性能の楽観的推定が生じている可能性がある。以上より、併存疾患数はBADにおけるENDと関連する簡便な指標候補であるが、単独での運用は避け、他の臨床情報と統合して解釈することが望ましい。今後は、診療体制や治療方針の異なる集団を含む多施設データでの外部検証を実施し、加えて、未測定因子の交絡の影響を検討する必要がある。

結 論

本研究では、併存疾患数はBAD患者における入院後ENDと独立して関連し、診療録情報から簡便に算出できる評価指標の候補であることが示された。その有用性の確立には今後の検証を要する。

利 益 相 反

本研究に関して開示すべき利益相反はなく、特定の研究助成も受けていない。

謝辞：本研究の実施にあたり、ご協力いただいた対象者ならびに関連施設の職員の皆様に深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) Duan H, Yun HJ, *et al.*: Branch atheromatous disease and treatment. *Brain Circ.* 2022; 8: 169-171.
- 2) Li S, Wang L, *et al.*: BAD-Study Investigators: Clinical and prognostic characteristics of acute BAD-related stroke: A multicenter mri-based prospective study. *Stroke.* 2024; 55: 2431-2438.
- 3) Liu Y, Wang H, *et al.*: Serum uric acid to serum creatinine ratio predicts neurological deterioration in branch atheromatous disease. *Front Neurol.* 2023; 14: 1098141.
- 4) Li S, Zhang D, *et al.*: Efficacy and safety of tirofiban in patients with acute branch atheromatous disease-related stroke (BRANT): A protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open.* 2024; 14: e082141.
- 5) Zhang X, Zhong W, *et al.*: Argatroban in patients with acute ischemic stroke with early neurological deterioration: A randomized clinical trial. *JAMA Neurol.* 2024; 81: 118-125.
- 6) Wada T, Yasunaga H, *et al.*: Outcomes of Argatroban treatment in patients with atherothrombotic stroke: Observational Nationwide Study in Japan. *Stroke.* 2016; 47: 471-476.
- 7) Adeoye O, Broderick J, *et al.*: Adjunctive intravenous Argatroban or eptifibatide for ischemic stroke. *N Engl J Med.* 2024; 391: 810-820.
- 8) Yamamoto Y, Ohara T, *et al.*: Predictive factors for progressive motor deficits in penetrating artery infarctions in two different arterial territories. *J Neurol Sci.* 2010; 288: 170-174.

- 9) Takahashi Y, Yamashita T, *et al.*: Different characteristics of anterior and posterior branch atheromatous diseases with or without early neurologic deterioration. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2017; 26: 1314–1320.
- 10) Tanaka R, Ueno Y, *et al.*: Impact of diabetes and prediabetes on the short-term prognosis in patients with acute ischemic stroke. *J Neurol Sci.* 2013; 332: 45–50.
- 11) Sun S, Wang Y, *et al.*: Lipid and hyperglycemia factors in first-ever penetrating artery infarction, A comparison between different subtypes. *Brain Behav.* 2017; 7: e00694.
- 12) Nam KW, Kwon HM, *et al.*: Different predictive factors for early neurological deterioration based on the location of single subcortical infarction: Early prognosis in single subcortical infarction. *Stroke.* 2021; 52: 3191–3198.
- 13) Oji S, Tomohisa D, *et al.*: Mean platelet volume is associated with early neurological deterioration in patients with branch atheromatous disease: Involvement of platelet activation. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2018; 27: 1624–1631.
- 14) Ha SH, Jeong S, *et al.*: Association between arterial tortuosity and early neurological deterioration in lenticulostriate artery infarction. *Sci Rep.* 2023; 13: 19865.
- 15) Men X, Hu M, *et al.*: Culprit plaques of large parent arteries, rather than cerebral small vessel disease, contribute to early neurological deterioration in stroke patients with intracranial branch atheromatous disease. *Cerebrovasc Dis.* 2024; 53: 88–97.
- 16) Yan Y, Jiang S, *et al.*: Lenticulostriate artery length and middle cerebral artery plaque as predictors of early neurological deterioration in single subcortical infarction. *Int J Stroke.* 2023; 18: 95–101.
- 17) Barow E, Probst AC, *et al.*: Effect of comorbidity burden and polypharmacy on poor functional outcome in acute ischemic stroke. *Clin Neuroradiol.* 2023; 33: 147–154.
- 18) Heinze M, Leberherz L, *et al.*: Higher comorbidity burden is associated with lower self-reported quality of life after stroke. *Front Neurol.* 2022; 13: 1023271.
- 19) Gallacher KI, Jani BD, *et al.*: Multimorbidity in stroke. *Stroke.* 2019; 50: 1919–1926.
- 20) Quan H, Li B, *et al.*: Updating and validating the Charlson comorbidity index and score for risk adjustment in hospital discharge abstracts using data from 6 countries. *Am J Epidemiol.* 2011; 173: 676–682.
- 21) Piccirillo JF, Tierney RM, *et al.*: Prognostic importance of comorbidity in a hospital-based cancer registry. *JAMA.* 2004; 291: 2441–2447.
- 22) Sorror ML, Maris MB, *et al.*: Hematopoietic cell transplantation (HCT)-specific comorbidity index: A new tool for risk assessment before allogeneic HCT. *Blood.* 2005; 106: 2912–2919.
- 23) Wiles MD, Moran CG, *et al.*: Nottingham Hip Fracture Score as a predictor of one year mortality in patients undergoing surgical repair of fractured neck of femur. *Br J Anaesth.* 2011; 106: 501–504.
- 24) Huntley AL, Johnson R, *et al.*: Measures of multimorbidity and morbidity burden for use in primary care and community settings: A systematic review and guide. *Ann Fam Med.* 2012; 10: 134–141.
- 25) Maillard P, Carmichael OT, *et al.*: Cooccurrence of vascular risk factors and late-life white-matter integrity changes. *Neurobiol Aging.* 2015; 36: 1670–1677.
- 26) Krishnan JK, Martinez FJ, *et al.*: Multimorbidities in COPD are associated with increased exacerbations and health care resource utilization in real-world patients from a U.S. database. *Chronic Obstr Pulm Dis (Miami).* 2024; 11: 472–481.
- 27) Kaur P, Saxena N, *et al.*: Effect of multimorbidity on survival of patients diagnosed with heart failure: A retrospective cohort study in Singapore. *BMJ Open.* 2018; 8: e021291.
- 28) Rodrigues LP, de Oliveira Rezende AT, *et al.*: Association between multimorbidity and hospitalization in older adults: Systematic review and meta-analysis. *Age Ageing.* 2022; 51: afac155.
- 29) Daniels LB, Maisel AS: Natriuretic peptides. *J Am Coll Cardiol.* 2007; 50: 2357–2368.
- 30) Kim SH, Lee JY, *et al.*: Plasma B-type natriuretic peptide level in patients with acute cerebral infarction according to infarction subtype and infarction volume. *Int J Med Sci.* 2013; 10: 103–109.

電子付録：

補遺 1 多重代入モデルに投入した変数一覧と欠測率

〈Abstract〉

**Comorbidity Count and Early Neurological Deterioration in Branch Atheromatous Disease:
A Single-center Retrospective Cohort Study**

Daisuke KOMIYA, PT

Division of Rehabilitation, Omuta City Hospital

Kousei OOTSURU, PT

Department of Rehabilitation, Hospital of the University of the Occupational and Environmental Health

Objective: We investigated whether the number of comorbidities at admission is associated with early neurological deterioration (END) in patients with Branch atheromatous disease (BAD).

Methods: We retrospectively analyzed 132 consecutive patients with BAD admitted between April 2014 and November 2022. END was defined as an increase of ≥ 2 points in the total National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) score or ≥ 1 point in the NIHSS motor subscore within 72 hours of admission. Comorbidity count was defined as the number of chronic conditions under active treatment and/or those observed at admission. Associations were assessed using multivariable logistic regression with missing data handled through multiple imputation ($m = 20$). The results were pooled using Rubin's rules. The primary model was adjusted for the serum uric acid/serum creatinine ratio, neutrophil-to-lymphocyte ratio, female sex, NIHSS score at admission, and low-density lipoprotein cholesterol. A supplementary analysis used an additionally adjusted model including hypertension, argatroban use, and B-type natriuretic peptide.

Results: END occurred in 52 patients (39.4%). The median comorbidity count was higher in the END group than in the non-END group (2.5 [interquartile range (IQR), 2.0–3.25] vs. 2.0 [IQR, 1.0–3.0]; $p = 0.004$). In the primary model, the comorbidity count was independently associated with END (odds ratio [OR], 1.44; 95% confidence interval [95%CI], 1.08–1.93; $p = 0.013$). In the additionally adjusted model, the comorbidity count remained independently associated with END (adjusted OR, 1.58; 95% CI, 1.13–2.20; $p = 0.007$).

Conclusions: In this single-center retrospective cohort of patients with BAD, a higher comorbidity count at admission was associated with END in multivariable analyses. The prognostic value of comorbidity count should be interpreted cautiously and requires further validation.

Key Words: Stroke, Branch atheromatous disease, Comorbidity, Early neurological deterioration, Risk assessment

補遺 1 多重代入モデルに投入した変数一覧と欠測率

変数	変数タイプ	代入モデルでの役割	代入対象（欠測あり）	欠測率（%）
女性	二値	予測子	No	0
年齢	連続	予測子	No	0
BMI	連続	予測子	Yes	1.5
発症前 mRS	順序/カテゴリ	予測子	Yes	21.2
喫煙	二値	予測子	No	0
テント下病変	二値	予測子	No	0
T2DM	二値	予測子	No	0
HT	二値	予測子	No	0
DL	二値	予測子	No	0
CCI	順序/カテゴリ	予測子	No	0
併存疾患数	順序/カテゴリ	予測子	No	0
入院時 NIHSS	連続	予測子	Yes	19.7
入院後 END	二値	アウトカム（代入モデルに含める）	No	0
WBC	連続	予測子	No	0
好中球分画	連続	予測子	No	0
リンパ球分画	連続	予測子	No	0
NLR	連続	予測子	No	0
TP	連続	予測子	Yes	0.8
Alb	連続	予測子	No	0
T-cho	連続	予測子	Yes	1.5
TG	連続	予測子	Yes	4.5
LDL-C	連続	予測子	Yes	6.8
SCr	連続	予測子	Yes	0.8
eGFR	連続	予測子	Yes	0.8

SUA	連続	予測子	Yes	6.8
SUA/SCr 比	連続	予測子	Yes	13.6
CRP 定量	連続	予測子	Yes	3
HbA1c	連続	予測子	Yes	3
Hb	連続	予測子	No	0
PLT	連続	予測子	Yes	0.8
PT	連続	予測子	No	0
PT-INR	連続	予測子	No	0
APTT	連続	予測子	Yes	0.8
BNP	連続	予測子	Yes	12.1
入院から END〔日〕	順序/カテゴリ	補助変数 (代入モデルのみ)	Yes	61.4
rt-PA 使用	二値	予測子	No	0
アルガトロバン使用	二値	予測子	No	0
ヘパリン使用	二値	予測子	No	0
オザグレール使用	二値	予測子	No	0
エダラボン使用	二値	予測子	No	0
デキストラン使用	二値	予測子	No	0
DAPT (レジメン別) 使用	二値	予測子	No	0
SAPT (レジメン別) 使用	二値	予測子	No	0

研究論文 (原著)

生活期リハビリテーションを利用中の高齢者における Self-efficacy for Home Exercise Programs Scale の 検者内信頼性の検討*

桑田一記^{1) #} 中口拓真¹⁾ 石本泰星²⁾ 安丸直希³⁾
北原佑磨¹⁾ 柳川楓香¹⁾ 星野好則¹⁾

要旨

【目的】本研究では生活期リハビリテーション（以下、生活期リハ）を利用中の高齢者における Self-efficacy for Home Exercise Programs Scale（以下、SEHEPS）の検者内信頼性を検討することを目的とした。【方法】訪問リハビリテーションまたはデイケアを利用する高齢者を対象に SEHEPS を測定し、初回評価から2週間以内に再評価を行った。信頼性の検証には級内相関係数、標準誤差および Bland-Altman 分析を用いて系統誤差の検討を行った。【結果】級内相関係数は 0.84 (95%CI: 0.78 to 0.89)、標準誤差は 7.9 (95%CI: 7.0 to 9.2) であった。固定誤差はなく ($p=0.23$)、比例誤差が認められた ($p<0.05$)。【結論】SEHEPS は生活期リハを利用する高齢者においても信頼性の高い評価指標であり、自己効力感の変化や介入効果を検証する上で有用であることが示唆された。

キーワード 地域在住高齢者、自己効力感、ホームエクササイズ、検者内信頼性

はじめに

本邦では超高齢社会を迎えており、令和6年度の報告では65歳以上の人口が29.3%となっている¹⁾。それに伴い、介護保険サービスの利用者数も年々増加傾向にあり、訪問リハビリテーション（以下、訪問リハ）では前年度比3.2%、通所リハビリテーション（以下、デイケア）では0.7%増加している²⁾。これらの介護保険サービスを利用している高齢者では支給限度額の影響から、医療保険の疾患別リハビリテーションと比較して、理学

療法士が直接関与できる時間が限られているため、自身で自宅にて行う運動（Home Exercise Programs：以下、HEP）の継続および遵守が身体機能の維持・向上のために必要不可欠である³⁻⁵⁾。

しかし、HEPは専門職による直接的な監視や即時的なフィードバックが得られにくいことから遵守率が低いことが課題となっている⁶⁾。近年では、HEPの遵守に影響を与える心理的要因として自己効力感が注目されている⁶⁾。自己効力感とは、自らが望ましい結果を導く行動を実行できるという信念を指し、行動の持続や再挑戦への意欲に深く関与する心理的構成概念である⁷⁾。運動自己効力感と運動との関連については多くの研究が行われており、運動自己効力感が運動習慣の形成や維持に寄与することが示されている⁸⁻¹⁰⁾。しかし、既存の運動自己効力感指標は、運動領域における包括的な側面を評価するものであり、HEPのような「在宅環境で指示された運動を継続する」という特定の行動背景を十分に反映していない可能性がある。自己効力感は行動や状況に依存することが明らかとなっていることから⁶⁾⁸⁾、HEPの遵守を正確に評価・支援するためには、HEPという背景に即した領域特異的かつ課題・状況特異的自己効力感を測定

* Intra-rater Reliability of the Self-efficacy for Home Exercise Programs Scale Among Older Adults Receiving Community-based Rehabilitation

1) 医療法人明星会星野クリニック
(〒640-8342 和歌山市友田町5丁目32番地)
Kazuki Kuwata, PT, Takuma Nakaguchi, PT, Yuma Kitahara, PT, Fuka Yanagawa, PT, Yoshinori Hoshino, MD, PhD: Hoshino Clinic

2) 社会医療法人三車会赤ひげクリニック
Taisei Ishimoto, PT, MSc: Akahige Clinic

3) 大阪医療福祉専門学校
Naoki Yasumaru, PT, MSc: Osaka College of Medical Secretary & Welfare

E-mail: kazuki.k.pt.61@gmail.com
(受付日 2026年1月9日/受理日 2026年3月13日)
[J-STAGEでの早期公開日 2026年5月21日]



する指標が必要である。

このような背景から HEP に特化した自己効力感を測定する指標「Self-efficacy for Home Exercise Programs Scale (以下, SEHEPS)」が開発され, 級内相関係数 (Intraclass Correlation Coefficient: 以下, ICC) (1,1) が 0.88 と高い信頼性が報告されている¹¹⁾。SEHEPS は指導された HEP を生活上の障壁があっても遵守できるかという領域特異的かつ課題・状況特異的自己効力感を評価する指標であり, HEP の実施・継続と関連することが報告されている¹¹⁾。また, SEHEPS は山崎ら¹²⁾により日本語版が開発されている。

しかし, 先行研究¹¹⁾¹²⁾では若年層を対象としており, 高齢者において SEHEPS を臨床評価として用いるためには, 対象特性を踏まえた信頼性の検証が不可欠である。高齢者は加齢に伴う身体機能および認知機能の低下や抑うつ症状を呈することが多く¹³⁾, これらの要因はいずれも自己効力感と関連することが報告されている⁸⁾¹⁴⁾。そのため, 生活期リハビリテーション (以下, 生活期リハ) を利用中の高齢者では, 先行研究¹¹⁾とは異なる特性を有し, 回答の再現性が低下する可能性がある。臨床現場において, SEHEPS を評価指標として適切に用いるためには, 高齢者特性を踏まえた信頼性, 特に検者内信頼性の検証が不可欠である。したがって, 本研究では本邦の生活期リハを利用中の高齢者を対象として SEHEPS の検者内信頼性を調査することを目的とした。これにより, 高齢者の HEP 遵守状況を評価し, 個別指導や介入効果のモニタリングに活用することで, HEP の継続率向上や身体機能維持への貢献が期待される。

対象および方法

1. 対象

研究デザインは前向きコホート研究である。対象は 2024 年 10 月 1 日～2025 年 9 月 30 日までの期間に和歌山市の診療所 (単一施設) の訪問リハおよびデイケアを利用している 65 歳以上の高齢者 205 名のうち, 除外基準に該当した 105 名を除いた 100 名 (平均年齢 85.3±6.9 歳) とした。除外基準は Clinical Dementia Rating (以下, CDR) ≥ 2 の者, 終末期状態の者, 評価の実施に支障をきたす重度の言語障害を有する者, 本調査に同意を得られなかった者とした。対象には週 1～2 回の訪問リハまたは週 1～3 回のデイケアが提供された。SEHEPS のような Health-related Quality of Life 評価指標では認知機能の低下が信頼性の低下に影響を及ぼす可能性が指摘されている¹⁵⁾。そのため, SEHEPS の信頼性を担保する上では認知症が疑われる CDR=0.5 以上の者を除外することが望ましいと考えられる。一方で, 生活期リハを利用する高齢者の多くは認知機能低下を有しており, CDR=0.5 以上の者が 77.3% を占めることが報告されている¹⁶⁾。本

研究では, 生活期リハの実臨床における SEHEPS の適用可能性を検討することを目的としているため, 日常生活において一定の自立が可能であると想定される CDR=1 の者を包含基準に含め, CDR ≤ 1 を主解析の解析対象とした。

2. 調査項目

対象者の基本属性として, 年齢, 性別, Body Mass Index, 主疾患種別 (脳血管疾患, 運動器疾患, 内部障害, その他), 主疾患の発症から初期評価までの期間, 併存疾患数 (主治医からの指示書に記載されているもの), CDR, 障害高齢者の日常生活自立度, 認知症高齢者の日常生活自立度, 要介護度, 同居人数, 訪問診療の利用の有無, 薬剤師訪問サービスの利用の有無, 訪問リハ頻度 (週あたりの訪問回数), 訪問リハ時間 (週あたりの訪問時間), 各介護保険サービスの利用状況, 生活居住環境 (自宅/施設), サービス利用形態, Functional Ambulation Categories, 歩行補助具 (補助具なし, 杖, 歩行器), 指導された HEP の数, Barthel Index (以下, BI) を調査した。メインアウトカムは SEHEPS とした。自己効力感は身体機能や心理的要因との関連があることが明らかとなっている⁸⁾。このため, SEHEPS の背景因子を考慮するために運動機能評価として, Short Physical Performance Battery (以下, SPPB), 心理面の評価として, うつリスクの評価である Patient Health Questionnaire-2 (以下, PHQ-2) を測定した¹⁷⁾。基本データは医療カルテおよび医療法人明星会介護データベースから取得した。

3. SEHEPS の測定方法および HEP の指導方法

SEHEPS は指導された運動に対する飽きや痛み, 疲労, ストレス, 気分の落ち込みといった心理・身体的要因, 忙しさや楽しめない状況, 一人で行う場合といった環境要因および支援ツールの有無, 他者や専門職からの見守りやフィードバックが得られない場合といった社会的要因を想定した 12 項目で構成される質問指標である。それぞれ 0～6 点 (自信がない～とても自信がある) で, 最小が 0 点, 最大が 72 点である。点数が高いほど運動に対する自己効力感が高いことを示す。また, 先行研究では運動遵守率 70% 以上を予測するカットオフ値を 59 点 (感度: 0.92, 特異度: 0.55, Area Under the Curve: 0.78) と報告しており, 他の自己効力感指標との高い妥当性も示されている¹¹⁾。

測定は臨床経験 5 年以上の担当理学療法士または作業療法士 (以下, 担当療法士) が面接法にて行った。先行研究¹¹⁾では自己記入にて測定が行われていたが, 自己記入式は高齢者を対象とした調査では, 加齢に伴う認知機能低下や老眼などの身体的障害により信頼性や回答率の低下, 測定時間へ影響を与える可能性が指摘されてい

る¹⁵⁾¹⁸⁾。また、Pruchnoら¹⁹⁾は高齢者では自己記入式よりも面接法の方が質の高いデータが得られると報告している。さらに、臨床現場を想定した場合においても、限られた時間内でより信頼性のある評価を行うためには面接法での実施が妥当であると判断し、今回の調査では面接法による評価を採用した。評価に際して面接マニュアルは作成しておらず、代わりに評価者には口頭にてSEHEPSの目的、各項目の意義、測定方法について説明を行い、理解度を確認した。

SEHEPSの測定は先行研究¹¹⁾と同様にHEPの指導後に実施した。HEPの内容に関しては対象者の個々の疾患特性や身体機能を考慮して、1日あたり約30分以内で完了できる必要性の高い3種類程度の運動を選択し、担当療法士が指導した。訪問リハ利用中の対象者に対しては、各担当療法士が訪問した際にHEPの指導を行い、デイケア利用中の対象者に対しては、デイケアの担当療法士が利用中にHEPの指導を行った。いずれの場合も、指導は口頭にて10～15分程度で行った。また、必要に応じてHEPの内容を記載した書面も手渡した。

運動の種類の違いは自己効力感に影響を与える可能性が報告されている²⁰⁾。しかし、生活期リハの利用者は、疾患特性や身体機能の個人差が大きく、運動内容を統一することが不利益となる可能性がある。そのため、本研究では対象者の能力および疾患特性に応じて個別化されたHEPを指導した。HEPの指導を行う上で、系統的な中止基準は設定せず、担当療法士が個々の身体機能や疾患に応じたリスク管理方法を併せて説明した。また、調査期間中は担当療法士が対象者に対してHEPの実施を促す声掛けを行わないこと、および訪問時にHEPの実施状況の確認を行わないことを事前に周知した。

SEHEPSの初回評価後、検者内信頼性を確認するために、同一の担当療法士が次のサービス利用日に再評価を行った(2週間以内)。

4. サンプルサイズ

信頼性研究の国際的な方法論基準であるConsensus-based Standards for the selection of health Measurement Instruments (COSMIN)では、ICCを用いた信頼性評価において100名以上のサンプルサイズが非常に良好(Very good)とされている²¹⁾。本研究ではこの基準に基づき、主解析におけるサンプルサイズを100名以上に設定した。

5. 統計解析

SEHEPSの検者内信頼性を確認するために初回評価値と再評価値の測定値に対してICC(1,1)を算出した。また、測定誤差の程度を把握するため、標準誤差(Standard Error of Measurement: 以下, SEM)および最小可検

変化量(Minimal Detectable Change 95: 以下, MDC_{95})を以下の式より算出した²²⁾。

$$SEM = \text{標準偏差} / \sqrt{n}$$

$$MDC_{95} = SEM \times 1.96 \times \sqrt{2}$$

その後、測定時における系統的な誤差の有無を検討するため、Bland-Altman分析を実施した。初回評価値と再評価値の平均値を横軸に、測定間の差を縦軸にプロットし、測定値の系統誤差の有無を評価した。測定間の差の平均値および95%信頼区間(95% Confidence Interval: 以下, 95%CI)を算出し、95%CIが0を含まない場合、固定誤差が存在すると判断した。比例誤差の有無は測定間の差と平均値との間のPearson積率相関係数を算出し、さらにBland-Altman分析における単回帰分析を実施した。回帰分析において、回帰係数が統計学的に有意($p < 0.05$)である場合、比例誤差が存在すると判断した。加えて、背景因子がSEHEPSの信頼性に及ぼす影響を検討するため、感度解析として性別、CDR、サービス利用形態および生活居住環境、同居者の有無の因子をサブグループとして層別化して初回・再評価時の平均値およびICC(1,1)、SEMを算出した。

また、SEHEPSに対する背景因子との関係を検討するためにKendallの順位相関係数にて検討を行った。解析ソフトはR (version 4.4.0)を使用し、統計学的有意水準は5%とした。

6. 研究倫理

本研究はヘルシンキ宣言に基づき、対象者のプライバシーおよび個人情報の保護、研究内容、研究への参加の撤回について十分に説明を行い、書面にて同意を得た。また、本研究は大阪医療福祉専門学校倫理委員会の承認を得た(承認番号: 24-88)。

結 果

1. 対象者の基本属性

本研究の包含基準(図1)に含まれる100名(平均年齢: 85.3 ± 6.9 歳)のSEHEPSの初回評価の平均値は34.0(± 21.5)点、再評価の平均値は35.3(± 18.8)点であった(図1)。その他の対象者の基本属性の平均値(標準偏差)またはn(%)を表1に示す。

2. 検者内信頼性

今回、評価を実施した担当療法士の経験年数は6～20年の7名で、中央値は10年であり、再評価までの期間は平均6.9(± 2.3)日であった。SEHEPSのICC(1,1)は0.84(95%CI: 0.78 to 0.89)、SEMは7.9(95%CI: 7.0 to 9.2)点であった。Bland-Altman分析の結果では、平均差は1.36(95%CI: -0.87 to 3.59)であり、有意な固定誤差は

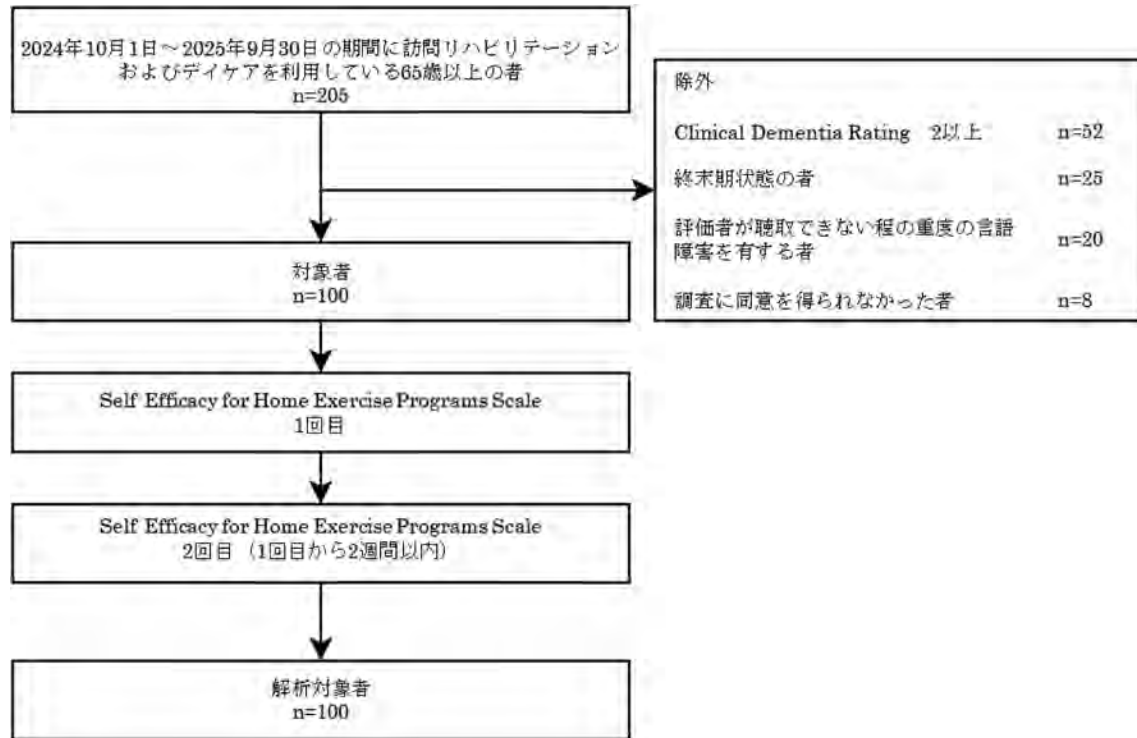


図1 研究対象者のフローチャート

認めなかった ($p=0.23$)。一方、測定間の差の平均との間には有意な負の相関が認められ、($r=-0.26$, $p<0.05$)、回帰分析においても回帰係数が -0.15 (95%CI: -0.26 to -0.04 , $p<0.05$) と有意な比例誤差を認めた (表2)。Bland-Altman分析の分布は図2に示す。Bland-Altman分析において比例誤差が存在する場合、測定誤差が測定値の大きさに依存することを意味しており、測定誤差が平均値に依存せず一定であることを前提としている MDC_{95} の算出は適切ではない。このため、本研究では MDC_{95} の算出は行わなかった。

また、サブグループ別の SEHEPS の初回評価・再評価の平均値および ICC(1,1), SEM を表3に示す。性別 [男性 ($n=29$), 女性 ($n=71$)], CDR [CDR=0 ($n=22$), CDR=0.5 ($n=51$), CDR=1 ($n=27$)], サービス利用形態 [訪問リハのみ ($n=64$), デイケアのみ ($n=20$), 併用 ($n=16$)], 生活居住環境, 同居者の有無 [施設入居者 ($n=28$), 自宅 ($n=72$)], [自宅 ($n=72$) のうち, 独居 ($n=25$), 同居者あり ($n=47$)] の各サブグループにおける ICC(1,1) は $0.76\sim 0.93$ の範囲であった。いずれのサブグループにおいても ICC(1,1) はおおむね 0.80 前後の値を示した。

SEHEPS と背景因子の相関分析では関連のある項目として BI ($\rho=0.37$, $p<0.01$), SPPB ($\rho=0.25$, $p<0.05$), PHQ-2 ($\rho=-0.45$, $p<0.01$) において有意な相関関係を認めた (表4)。

考 察

本研究において、生活期リハを利用中の高齢者における SEHEPS の検者内信頼性は ICC(1,1) で 0.84 (95%CI: 0.78 to 0.89) であった。ICC(1,1) は 0.75 以上で「良好な信頼性」と評価されることから²³⁾、本研究における ICC(1,1) = 0.84 は十分な検者内信頼性を有する指標であることが示唆された。

一方で、先行研究¹¹⁾と比較すると ICC(1,1) はやや低値を示した。この要因として2つ挙げられる。1つ目は再評価までの期間の違いによる影響である。先行研究¹¹⁾では再評価までの期間を48時間以内に実施していたが、本研究では介護保険サービスの特性上、平均 6.9 (± 2.3) 日であった。安藤ら²⁴⁾は、再評価の遅延が再現性の低下につながる可能性を指摘している。横川ら¹⁰⁾も運動自己効力感の検討において再評価まで4週間を要し、ICC(1,1) = 0.57 と報告している。同報告¹⁰⁾では、再評価までの期間に介入による成功体験や運動に伴う疲労蓄積、疼痛などの生理的反応が影響を及ぼした可能性が示唆されている。本研究では再評価までの期間が比較的短期間であったため、これらの影響は限定的と考えられるが、心理的要因の影響を完全に排除できとは言えない。2つ目として、高齢者の身体的および心理的要因が影響した可能性が挙げられる。高齢者では身体機能および認知機能の低下、抑うつ症状を呈することが多い¹³⁾。本研究の Bland-Altman 分析では固定誤差は認めなかったが ($p=0.23$)、測定間の差と平均値に有意な

表1 対象者の基本属性 (n=100)

年齢 [歳]	85.3 (6.9)
性別 [n(%)] 女性/男性	71 (71)/29 (29)
BMI [kg/m ²]	21.9 (4.0)
主疾患種別 [n (%)] 脳血管疾患/運動器疾患/内部障害/他	13 (13)/42 (42)/24 (24)/21 (21)
主疾患の発症から初期評価までの期間 [月]	29.8 (23.5)
併存疾患数 [個]	8.2 (2.9)
CDR [n (%)] 0/0.5/1	22 (22)/51 (51)/27 (27)
障害高齢者の日常生活自立度 [n (%)] 生活自立/準寝たきり/寝たきり	63 (63)/32 (32)/5 (5)
認知症高齢者の日常生活自立度 [n (%)] 正常/I/IIa/IIb/IIIa/IIIb/IV	16 (16)/53 (53)/20 (20)/11 (11)
要介護度 [n (%)] なし/支援1/支援2/介護1/介護2/介護3以上	7 (7)/6 (6)/12 (12)/29 (29)/26 (26)/20 (20)
同居人数 (自宅の者) [n (%)] 0/1/2/3/4人以上	25 (35)/34 (47)/11 (15)/1 (1)/1 (1)
訪問診療の利用 [n(%)] なし/月1回/月2回	29 (29)/11 (11)/60 (60)
薬剤師訪問サービスの利用: あり [n (%)]	67 (67)
介護保険サービス利用状況	
訪問リハビリ頻度 [回/週]	1.4 (0.6)
訪問リハビリ時間 [分/週]	55.7 (23.0)
訪問看護: あり [n (%)]	35 (35)
訪問入浴: あり [n (%)]	1 (1)
訪問介護: あり [n (%)]	53 (53)
通所介護: あり [n (%)]	20 (20)
通所リハビリ: あり [n (%)]	39 (39)
ショートステイ: あり [n (%)]	0 (0)
生活居住環境 [n (%)] 自宅/施設	72 (72)/28 (28)
サービス利用形態 [n (%)] 訪問リハ/デイケア/併用	44 (44)/20 (20)/16 (16)
FAC [n (%)] 1/2/3/4/5	5 (5)/3 (3)/7 (7)/35 (35)/50 (50)
歩行補助具 [n(%)] 補助具なし/杖/歩行器	48 (48)/21 (21)/31 (31)
指導されたHEPの数	3.0 (1.5)
BI [点]	90.5 (11.6)
SPPB [点]	7.9 (3.3)
PHQ-2 [点]	1.7 (1.5)
SEHEPS (初回評価) [点]	34.0 (21.5)
SEHEPS (再評価) [点]	35.3 (18.8)
再評価までの期間 [日]	6.9 (2.3)

平均値 (標準偏差) または n: Number (%).

BMI: Body Mass Index, リハビリ: リハビリテーション, デイケア: 通所リハビリテーション, FAC: Functional Ambulation Categories, HEP: Home Exercise Program, BI: Barthel Index, SPPB: Short Physical Performance Battery, PHQ-2: Patient Health Questionnaire-2 for Depression Screening, SEHEPS: Self-Efficacy for Home Exercise Programs Scale.

負の相関が認められたことから比例誤差の存在が示唆された ($p<0.05$)。つまり、低得点者では測定値の変動が相対的に大きくなる傾向が示唆された。さらに、SEHEPSと背景因子の相関分析では、PHQ-2との間に中等度の負の相関 ($\rho=-0.45$) があり、BI ($\rho=0.37$) とSPPB ($\rho=0.25$) は中等度の正の相関を示した。低い自己効力感は身体活動制限や精神的なQuality of Lifeの低下と関連し²⁵⁾、自己効力感が抑うつ症状や不安感と関連することが報告されている^{14) 26) 27)}。したがって、自己効力感が低い者では抑うつ症状や不安の影響により、測定時の変動が大きくなる可能性がある。また、BI、SPPBが高く日常生活動作 (Activities of Daily Living: 以下、ADL) が自立している者では自己効力感が高く、誤差が少ない傾向を示した。この結果は身体機能が自己効力感と関連するという先行研究⁸⁾の結果を追従するものである。これらの高齢者特

有の身体的および心理的状态が再評価値の変動に影響した可能性がある。一方で、大谷ら²⁸⁾は高齢者を対象とした転倒自己効力感に関するICC(1,1)が0.83と報告している。本研究では大谷ら²⁸⁾の報告よりも再評価までの期間が長く、高齢であったにもかかわらず、ICC(1,1)は同等の値を示した。以上より、本研究のICC(1,1)=0.84は許容範囲可能な水準と判断できる。さらに、本研究ではSEHEPSの測定に面接法を採用した点が信頼性に寄与している可能性がある。高齢者では自己記入式において理解不足や誤解によるバイアスが生じやすく¹⁹⁾、面接法の方が自己記入式よりも信頼性の高いデータを得られることが示されている。面接法では評価者が適宜説明や補足を行えるため、今回のICCに反映された可能性がある。しかし、本研究では自己記入式との直接比較は行っておらず、その効果については推察の域を出ない。サブ

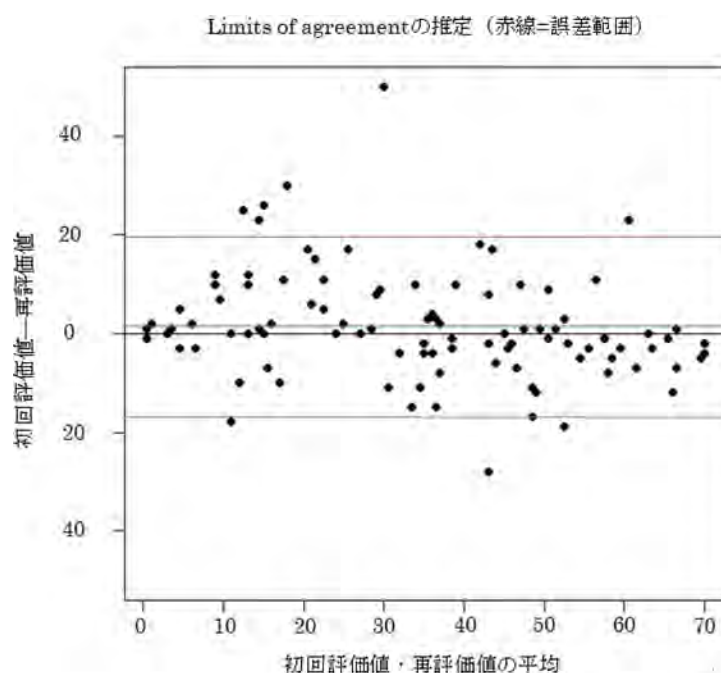


図2 Self-efficacy for Home Exercise Programs Scale の検者内信頼性に関する Bland-Altman 分析
初回評価値と再評価値の平均値を横軸に、測定間の差を縦軸にプロットした。

表2 SEHEPS の検者内信頼性

ICC (1,1) (95%CI)		0.84 (0.78 to 0.89)
SEM (95%CI)		7.9 (7.0 to 9.2)
Bland-Altman 分析		
LOA (上限 to 下限)		1.36 (-16.81 to 19.53)
固定誤差	平均値 (95%CI)	1.36 (-0.87 to 3.59)
	p 値	0.23
比例誤差	回帰係数 (95%CI)	-0.15 (-0.26 to -0.04)
	p 値	<0.05*
	相関係数	-0.26

*: $p < 0.05$.

SEHEPS: Self-Efficacy for Home Exercise Programs Scale, ICC: Intraclass Correlation Coefficient (級内相関係数), 95%CI: 95% Confidence Interval, SEM: Standard Error of the Measurement, LOA: Limit of Agreement.

グループ別の結果では、性別、CDR、サービス利用形態および生活居住環境、同居者の有無のいずれにおいても ICC(1,1) が 0.70 以上を示しており、大きな信頼性の低下は認められなかった。性別などの一部のサブグループにおいて ICC(1,1) と SEM のばらつきを認めたが、これらの群ではサンプルサイズが小さく、95%CI が広いことから推定精度の影響を受けた可能性がある。このため、ICC の差をこれらの因子による影響として解釈することは慎重を要する。以上のことから、本研究では SEHEPS が生活期リハを利用中の高齢者において信頼性のある評価指標であることが示された。一方で、SEHEPS の再評価においては、特に初回評価時の低得点者において測定時の変動が大きくなる可能性があるため、単一評価による判

断ではなく、他の心理的指標や臨床情報と併せた解釈が望まれる。

本研究における SEHEPS の測定は先行研究¹¹⁾と同様に HEP の指導後に実施した。自己効力感は環境などの因子により変化しうる心理的概念であるため⁶⁾、初回評価時には課題理解や期待の影響を含む可能性は否定できない。特に高齢者では特有の身体的および心理的状態が評価結果に影響を及ぼすことも考えられる。しかし、SEHEPS は「処方された HEP を遵守できるという自己効力感を有しているか」を評価する課題特異的指標であり、評価対象となる運動課題が提示されていない状態では適切な評価が困難となる可能性がある。このため、HEP 指導後に測定を行うことが前提条件として位置付けられる。すなわち、HEP 指導後の評価は介入ではなく、対象行動を明確にした上での自己効力感評価として妥当である。

本研究ではいくつかの課題が存在する。1 つ目にサンプルのバイアスを考慮できていない点である。本研究の対象は介護サービスを利用している高齢者である。SEHEPS は中等度以上の認知症患者や終末期医療を受けている者、言語障害を有する者を除く対象者、特に介護保険サービスを利用しており、ADL が自立している者に対しては信頼性のある指標であることが示された。一方で、地域在住高齢者では医療機関を利用していない者や介護保険を利用していない者が含まれていない。これらの者は ADL や心理的状況、環境因子が今回の対象者と大きく異なる。そのため、地域在住の医療機関や社会保険サービスの必要のない高齢者には一般化できない可

表3 サブグループ別のSEHEPSの初回評価・再評価の平均値およびICC (1,1)

	初回評価の平均値 (SD)	再評価の平均値 (SD)	ICC (95%CI)	SEM (95%CI)
全体 (n=100)	34.0 (21.5)	35.3 (18.8)	0.84 (0.78 to 0.89)	7.9 (7.0 to 9.2)
性別				
男性 (n=29)	36.1 (17.3)	35.2 (22.6)	0.77 (0.56 to 0.88)	9.9 (7.8 to 13.3)
女性 (n=71)	35.0 (19.4)	33.5 (21.2)	0.88 (0.81 to 0.92)	7.1 (6.1 to 8.5)
CDR				
0 (n=22)	36.0 (20.4)	35.8 (21.2)	0.79 (0.57 to 0.91)	9.7 (7.5 to 13.9)
0.5 (n=51)	35.1 (16.4)	32.8 (20.3)	0.87 (0.78 to 0.92)	6.6 (5.5 to 8.2)
1 (n=27)	35.2 (21.9)	34.8 (24.5)	0.86 (0.72 to 0.93)	8.9 (7.0 to 12.2)
サービス利用形態				
訪問リハのみ (n=64)	33.0 (18.1)	31.2 (20.8)	0.82 (0.72 to 0.88)	8.3 (7.1 to 10.1)
デイケアのみ (n=20)	45.8 (17.9)	48.5 (17.1)	0.89 (0.75 to 0.96)	5.6 (4.2 to 8.1)
併用 (n=16)	32.0 (18.8)	27.1 (22.4)	0.82 (0.58 to 0.93)	8.2 (6.1 to 12.7)
生活居住環境				
施設入居者 (n=28)	35.9 (18.8)	35.1 (21.0)	0.90 (0.79 to 0.95)	6.4 (5.0 to 8.8)
自宅 (n=72)	35.2 (19.0)	33.5 (21.9)	0.83 (0.74 to 0.89)	8.5 (7.3 to 10.2)
同居者の有無				
独居 (n=25)	36.5 (20.6)	37.6 (21.9)	0.93 (0.86 to 0.97)	5.5 (4.3 to 7.7)
同居者あり (n=47)	34.3 (18.1)	31.4 (21.7)	0.76 (0.62 to 0.86)	9.6 (8.0 to 12.0)

SEHEPS: Self-Efficacy for Home Exercise Programs Scale, SD: Standard Deviation, ICC: Intraclass Correlation Coefficient (級内相関係数), SEM: Standard Error of the Measurement, 95%CI: 95% Confidence Interval, CDR: Clinical Dementia Rating, 訪問リハ: 訪問リハビリテーション, デイケア: 通所リハビリテーション.

表4 SEHEPSと背景因子の相関分析の結果

	ρ	95% 信頼区間	p 値
年齢	-0.02	-0.21 to 0.18	0.87
BMI	-0.03	-0.24 to 0.18	0.77
BI	0.37	0.18 to 0.52	<0.01**
SPPB	0.25	0.05 to 0.44	<0.05*
PHQ-2	-0.45	-0.59 to -0.27	<0.01**

Kendallの順位相関係数. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

SEHEPS: Self-Efficacy for Home Exercise Programs Scale, BMI: Body Mass Index, BI: Barthel Index, SPPB: Short Physical Performance Battery, PHQ-2: Patient Health Questionnaire-2 for Depression Screening.

能性があり、さらなる検証が必要である。また、単一施設での調査であり、外的妥当性には他施設での検討が必要である。2つ目に本研究ではSEHEPSを面接法により測定した点である。面接法は高齢者において回答の理解を補助できる一方で、評価者の説明やかかわり方による影響を完全に排除することはできない。また、本研究では面接マニュアルを作成しておらず、評価者間で解釈の差が生じた可能性は否定できない。さらに、自己記入式との直接比較は行っていないため、本研究の結果は面接法によるSEHEPSの測定特性に基づく信頼性として解釈される必要がある。3つ目に評価者間信頼性や他評価指標との併存的妥当性を検討していない点である。本研究では検者内信頼性に焦点を当てており、評価者間での再現性や、他の自己効力感指標との併存的妥当性を検討できていない。そのため、SEHEPSが他の自己効力感指標

や異なる評価者によっても同様の結果を得られるかについては明らかでなく、信頼性と妥当性の外的検証には課題が残る。

結 論

本研究では、本邦の生活期リハを利用中の高齢者を対象にSEHEPSの信頼性の検討を行った。その結果、ICC(1,1)は0.84と検者内信頼性を有する指標であることが示された。SEHEPSを活用することで、HEPに対する自己効力感を評価することが可能になり、自己効力感の経時的変化を追う上での一助となる可能性がある。

利 益 相 反

開示すべき利益相反はない。

謝辞: 本研究にご協力いただいた星野クリニックの訪問診療部門および在宅リハビリテーション部門、在宅医療コーディネーターに深謝申し上げる。

文 献

- 1) 総務省統計局(編): 人口推計2024年(令和6年)10月1日現在—全国: 年齢(各歳), 男女別人口・都道府県: 年齢(5歳階級), 男女別人口—結果の概要—. 総務省統計局, 東京, 2025. <https://www.stat.go.jp/data/jinsui/2024np/pdf/2024gaiyou.pdf> (2025年9月16日引用)
- 2) 厚生労働省: 令和5年度 介護給付費等実態統計の概況(令和5年5月審査分～令和6年4月審査分). 厚生労働省,

2024. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kaigo/kyufu/23/dl/02.pdf> (2025年9月16日引用)
- 3) Mañas A, Gómez-Redondo P, *et al.*: Unsupervised home-based resistance training for community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ageing Res Rev.* 2021; 69: 101368.
 - 4) Mahjur M, Norasteh AA: The effect of unsupervised home-based exercise training on physical functioning outcomes in older adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Biol Res Nurs.* 2021; 23: 504–512.
 - 5) Blackwell J, Atherton PJ, *et al.*: The efficacy of unsupervised home-based exercise regimens in comparison to supervised laboratory-based exercise training upon cardio-respiratory health facets. *Physiol Rep.* 2017; 5: e13390.
 - 6) Picha KJ, Howell DM: A model to increase rehabilitation adherence to home exercise programmes in patients with varying levels of self-efficacy. *Musculoskeletal Care.* 2018; 16: 233–237.
 - 7) Bandura A: Self-efficacy. Chap. In: Ramachandran VS (ed) : *Encyclopedia of Human Behavior*, Vol. 4, Academic Press, San Diego, 1994, pp. 71–81.
 - 8) Jack K, McLean S, *et al.*: Barriers to treatment adherence in physiotherapy outpatient clinics: A systematic review. *Man Ther.* 2010; 15: 220–228.
 - 9) 有田真己, 竹中晃二, 他: 高齢者における在宅運動セルフ・エフィカシー尺度の開発. *理学療法科学.* 2014; 41: 338–346.
 - 10) 横川吉晴, 中村慶佑, 他: 日本語版高齢者運動セルフエフィカシー尺度の信頼性と妥当性の検証. *理学療法科学.* 2022; 49: 114–123.
 - 11) Picha KJ, Lester M, *et al.*: The self-efficacy for home exercise programs scale: Development and psychometric properties. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2019; 49: 647–655.
 - 12) 山崎千聖, 高崎博司: Self-efficacy for home exercise programs scale の日本語版作成. *徒手理学療法.* 2022; 22: 79–85.
 - 13) Payette H, Gueye NDR, *et al.*: Trajectories of physical function decline and psychological functioning: The Quebec longitudinal study on nutrition and successful aging (NuAge). *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci.* 2011; 66(Suppl. 1): i82–i90.
 - 14) Lewin A, Jöbges M, *et al.*: The influence of self-efficacy, pre-stroke depression and perceived social support on self-reported depressive symptoms during stroke rehabilitation. *Neuropsychol Rehabil.* 2013; 23: 546–562.
 - 15) Parker SG, Peet SM, *et al.*: Measuring health status in older patients: The SF-36 in practice. *Age Ageing.* 1998; 27: 13–18.
 - 16) Tokudome Y, Okumura K, *et al.*: Development of the Japanese version of the Council on Nutrition Appetite Questionnaire and its simplified versions, and evaluation of their reliability, validity, and reproducibility. *J Epidemiol.* 2017; 27: 524–530.
 - 17) Kroenke K, Spitzer RL, *et al.*: The patient health questionnaire-2: Validity of a two-item depression screener. *Med Care.* 2003; 41: 1284–1292.
 - 18) Hauer K, Yardley L, *et al.*: Validation of the falls efficacy scale and falls efficacy scale international in geriatric patients with and without cognitive impairment: Results of self-report and interview-based questionnaires. *Gerontology.* 2010; 56: 190–199.
 - 19) Pruchno RA, Hayden JM: Interview modality: Effects on costs and data quality in a sample of older women. *J Aging Health.* 2000; 12: 3–24.
 - 20) Katula JA, Blissmer BJ, *et al.*: Exercise intensity and self-efficacy effects on anxiety reduction in healthy, older adults. *J Behav Med.* 1999; 22: 233–247.
 - 21) Mokkink LB, Prinsen CA, *et al.*: COSMIN Study Design checklist for patient-reported outcome measurement instruments. COSMIN, Amsterdam, 2019, pp. 1–32.
 - 22) 下井俊典: 評価の絶対信頼性. *理学療法科学.* 2011; 26: 451–461.
 - 23) Koo TK, Li MY: A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med.* 2016; 15: 155–163.
 - 24) 安藤明人, 曾我祥子, 他: 日本版Buss-Perry 攻撃性質問紙 (BAQ) の作成と妥当性, 信頼性の検討. *心理学研究.* 1999; 70: 384–392.
 - 25) Bertera EM, Bertera RL: Fear of falling and activity avoidance in a national sample of older adults in the United States. *Health Soc Work.* 2008; 33: 54–62.
 - 26) Tahmassian K, Jalali Moghadam N: Relationship between self-efficacy and symptoms of anxiety, depression, worry, and social avoidance in a normal sample of students. *Iran J Psychiatry Behav Sci.* 2011; 5: 91–98.
 - 27) Liu L, Dakkalirad A, *et al.*: Anxiety, self-efficacy, and their determinants in school students during the COVID-19 pandemic: A survey in Southeastern Iran. *BMC Psychiatry.* 2023; 23: 737.
 - 28) 大谷知浩, 宮田一弘, 他: 整形外科疾患入院患者の歩行獲得早期における Falls Efficacy Scale-International (FES-I) の信頼性および転倒恐怖感予測精度に関する検討. *理学療法科学.* 2021; 36: 587–593.

〈Abstract〉

**Intra-rater Reliability of the Self-efficacy for Home Exercise Programs Scale
Among Older Adults Receiving Community-based Rehabilitation**

Kazuki KUWATA, PT, Takuma NAKAGUCHI, PT, Yuma KITAHARA, PT, Fuka YANAGAWA, PT,
Yoshinori HOSHINO, MD, PhD

Hoshino Clinic

Taisei ISHIMOTO, PT, MSc

Akahige Clinic

Naoki YASUMARU, PT, MSc

Osaka College of Medical Secretary & Welfare

Objective: In this study, we aimed to examine the intra-rater reliability of the Self-Efficacy for Home Exercise Programs Scale (SEHEPS) among older adults receiving community-based rehabilitation.

Methods: We investigated older adults receiving home-based rehabilitation or day-care services using the SEHEPS. We performed reassessment within two weeks of the initial evaluation. We evaluated intra-rater reliability using the intraclass correlation coefficient (ICC), standard error of measurement (SEM), and Bland–Altman analysis to examine systematic error.

Results: The ICC and SEM values were 0.84 (95% CI: 0.78–0.89) and 7.9 (95% CI: 7.0–9.2), respectively. We observed no fixed bias ($p=0.23$), whereas we detected proportional bias ($p<0.05$).

Conclusion: SEHEPS demonstrated good intra-rater reliability among older adults receiving community-based rehabilitation, suggesting that it is a useful tool for self-efficacy alteration and intervention effect assessment.

Key Words: Community-dwelling older adults, Self-efficacy, Home exercise, Intraclass reliability

研究論文 (原著)

回復期リハビリテーション病棟のサルコペニア患者における サルコペニア改善に関連する入院時身体機能および 日常生活動作の検討*

鷺田 恵^{1) #} 中泉 大¹⁾ 宮田 伸吾¹⁾

要旨

【目的】回復期リハビリテーション病棟のサルコペニア患者において、退院時のサルコペニア改善と関連する入院時身体機能指標を明らかにすることを目的とした。【方法】Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS) 2019の基準でサルコペニアと判定された87例を対象に、退院時に重症度が1段階改善を改善群、維持・悪化を非改善群とした。入院時の骨格筋量指数 (Skeletal Muscle mass Index: SMI)、位相角、筋力、機能的自立度評価法 (Functional Independence Measure: 以下、FIM) を群間比較し、サルコペニア改善を目的変数とするベイズロジスティック回帰分析を行った。【結果】回帰分析では入院時運動FIMがサルコペニア改善と関連する指標として推定された。【結論】回復期リハ病棟において、入院時運動FIMはサルコペニア改善と関連する可能性があり、回復期アウトカム把握の参考となる可能性がある。

キーワード 回復期リハビリテーション病棟, サルコペニア, 機能的自立度評価法 (FIM), ベイズロジスティック回帰

はじめに

サルコペニアは、加齢や疾患などを背景として生じる骨格筋量の減少および筋力・身体機能の低下を特徴とする進行性かつ全身性の筋疾患であり、超高齢社会において重要な健康課題の一つとなっている。サルコペニアは、高齢者における転倒や骨折、要介護状態への移行、さらには死亡率の上昇とも密接に関連しており、医療および介護の両面に影響を及ぼすことが明らかにされている¹⁻³⁾。

疫学研究によればサルコペニアの有病率は、地域在住高齢者では約10%⁴⁾、介護施設入所者では30-50%、入

院患者では23-24%と報告⁵⁾されており、特に医療・介護資源の集中的な活用が必要な集団での発症率が高いことが示されている。なかでも、入院患者においては、サルコペニアの存在が入院期間の延長、日常生活動作 (Activities of Daily Living: 以下、ADL) の低下、再入院率の上昇、医療費の増加といった不利益な転帰と関連することが複数の研究で報告されている^{3) 6)}。

回復期リハビリテーション病棟 (以下、回復期リハ病棟) は、急性期治療後の機能回復と在宅復帰を目指す重要な機能を有している。回復期リハ病棟では、機能的自立度評価法 (Functional Independence Measure: 以下、FIM) スコアを用いたADLのアウトカムが2016年度から実績指数として導入され、入院料区分に反映される指標としても位置づけられている。加えて、回復期リハ病棟では、FIM利得や自宅退院率などを用いたアウトカム評価が求められており、これらの指標の改善は極めて重要な課題となっている⁷⁾。一方で回復期リハ病棟においては、サルコペニアの有病率が50%程度と高く、機能回復の遅延やFIMスコアの改善度低下といった臨床的課題が指摘されており^{8) 9)}、サルコペニアの実態や予後への影響を明らかにすることは重要である。

* Investigation of Admission Physical Function and Activities of Daily Living Associated with Improvement in Sarcopenia among Patients with Sarcopenia in a Convalescent Rehabilitation Ward

1) 金沢赤十字病院リハビリテーション科
(〒921-8162 石川県金沢市三馬2丁目251番地)
Kei Washida, PT, Dai Nakaizumi, PT, PhD, Shingo Miyata, PT: Department of Rehabilitation, Japanese Red Cross Kanazawa Hospital

E-mail: washida.kei@gmail.com
(受付日 2025年12月24日/受理日 2026年4月29日)
[J-STAGEでの早期公開日 2026年6月6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。

© 2026 日本理学療法学会連合

回復期リハ病棟において、リハビリテーションなどの介入によりサルコペニアが改善した場合には、FIMスコアの有意な向上や自宅退院率の上昇といったポジティブな転帰が報告¹⁰⁾されている。他領域においては、通所リハ（デイケア）利用の要介護高齢者を対象とした研究により、初期評価で得られた栄養状態や下肢周径が6カ月後のサルコペニア改善と関連する可能性が報告されている¹¹⁾。これらのことから、回復期リハ病棟における早期の評価と適切な介入は重要な課題である。しかし、回復期リハ病棟には脳血管疾患、運動器疾患、廃用症候群など複数の病態を有する患者が含まれるにもかかわらず、先行研究の多くは脳卒中など特定の疾患群を対象を限定している。そのため、これら複数の疾患を包含する回復期リハ病棟入院患者におけるサルコペニア改善に関連する知見は、必ずしも十分に整理されていない。したがって、回復期リハ病棟においてサルコペニアを有する患者のうち、どのような身体的・機能的特徴を有する患者が入院期間中にサルコペニアの改善に至りやすいかは十分に明らかでない。加えて、サルコペニアの改善には筋量、筋力、ADL、栄養状態など複数の要因が関与する可能性があり、これらのサルコペニア改善と関連する指標を同時に考慮して関連を推定する必要がある。これらを明らかにすることは、改善が見込まれる患者像の把握や早期介入の推進にも寄与すると考えられる。

そこで本研究では、金沢赤十字病院（以下、当院）回復期リハ病棟に入院した患者のうちサルコペニアと判定された患者を対象とし、サルコペニアの改善に関連する入院時の身体機能指標を明らかにすることを目的とした。

対象および方法

1. 研究デザインおよび対象

本研究は、単一施設において実施した前向き観察コホート研究である。対象は、2023年7月から2024年7月までの期間に、当院回復期リハ病棟へ入院した患者のうち、研究参加への同意が得られた者とし、解析対象者は、入院時にサルコペニアと判定された患者とした。除外基準は、病状急変や合併症などにより転棟した者、回復期リハ病棟の在院期間が1カ月未満であった者、評価項目の大部分が欠測し、サルコペニアの判定が困難であった者とした。なお、本研究は当院回復期リハ病棟に入院した患者を対象とする探索的な前向き観察研究であり、事前の仮説検証に基づくサンプルサイズ設計は行わなかった。サンプルサイズは、研究期間内に適格基準を満たし、入院時にサルコペニアと判定された患者数により規定した。バイアス低減のため、対象期間内の適格症例のうち研究参加に同意が得られた連続症例を登録し、選択バイアスの最小化に努めた。一方で、研究参加に同意が得られなかった患者については研究用データを収集

しておらず背景の比較ができないため、同意取得に起因する選択バイアスは否定できない。また、転棟例や短期在院例、評価欠測が多くサルコペニア判定が困難であった症例を除外したことにより、解析対象は病状が比較的安定し、一定期間在棟し、評価が実施可能であった患者に偏っている可能性がある。

そのため同意が得られた患者に限り、解析対象者と除外基準により除外された患者のベースライン背景を結果に示し、選択の偏りを確認した。

2. 基本情報の収集

解析対象者の診療録から、疾患分類（脳血管疾患・運動器疾患・廃用症候群）、年齢、性別、身長、体重、Body Mass Index（以下、BMI）、FIMスコア、発症から回復期リハ病棟入棟までの日数、在院日数、実績指数、退院先（自宅／自宅外）ならびに栄養障害の有無を収集した。

FIM¹²⁾はADLの自立度を総合的に評価する尺度で、18項目（運動13項目・認知5項目）から構成される。各項目は1～7点で評価され、合計点は18～126点となり、得点が高いほどADL自立度が高いことを示す。FIM評価は回復期リハ病棟入棟時および退院時に、各患者の担当リハビリテーションスタッフ（理学療法士など）と病棟看護師が共同で実施した。

実績指数は、入院中のFIM利得（運動FIM項目の退院時と入院時の差）を分子とし、分母は在院日数を算定上限日数で割った値であり、規定の計算式¹³⁾から値を算出したものを診療録から抽出した。

栄養障害の有無は、管理栄養士が入退院時に実施した栄養評価に基づき判定した。具体的には、Subjective Global Assessment (SGA) およびGlobal Leadership Initiative on Malnutrition (GLIM) 基準を用いて総合的に評価し、管理栄養士が栄養障害ありと判定した場合を栄養障害ありとした。これらの情報は、診療録から抽出した。

3. 身体機能評価

1) 握力

スメドレー握力計（TTM、東京、日本）を使用し、立位または座位にて左右2回ずつ測定し、最大値を代表値とした。

2) 5回立ち上がりテスト

肘掛けのない椅子を使用し、上肢を胸の前で組んだ状態から起立動作を5回繰り返した所要時間をストップウォッチにて計測した。2回測定し、最速値を代表値とした。

3) 膝伸展筋力

ハンドヘルドダイナモメーター（アニマ株式会社、μTas F-100）を用いて測定した。被検者は検査台上で端

座位となり、大腿が水平位となるよう調整後、膝関節屈曲90°で左右各2回ずつ最大随意等尺性収縮を実施し、最大値を代表値とした。端座位が困難な場合は車いす座位（下腿下垂・膝屈曲約90°）で同手順により測定した¹⁴⁾。

これら3つの身体機能評価の測定は同一の測定室で、同一機器・固定具・同一検者により実施した。

4. 体組成の評価

体組成の測定には生体電気インピーダンス法 (Bioelectrical Impedance Analysis: 以下, BIA) を用いた体成分分析装置 (インボディ・ジャパン株式会社, InBody S10) を使用した。評価項目として、骨格筋量指数 (Skeletal Muscle Mass Index: 以下, SMI, kg/m²)、位相角 (Phase Angle: PhA, °) を記録した。測定はすべて背臥位で実施し、食後直後および運動直後を避け、夕方の時間帯に統一して行った。

5. サルコペニアの判定

サルコペニアの判定には、Asian Working Group for Sarcopenia 2019 (以下, AWGS2019) の基準を用いた¹⁾。握力、5回立ち上がりテストを評価し、骨格筋量の低下を必須条件とし、これに加えて筋力低下または身体機能低下のいずれかが認められた場合を「サルコペニア」、両者が認められた場合を「重症サルコペニア」と判定した。

骨格筋量の低下については、BIAで得られた四肢筋肉量からSMI (kg/m²) を算出し、AWGS2019に準拠して男性<7.0 kg/m²、女性<5.7 kg/m²を低下ありとした。筋力低下の基準は握力を用い、男性<28 kg、女性<18 kgとした。身体機能低下は5回立ち上がりテストの所要時間が12秒以上とした¹⁵⁾。

入院時および退院時にそれぞれサルコペニア重症度 (非サルコペニア／サルコペニア／重症サルコペニア) を判定した。

6. 評価時期

すべての評価は、入院後1週間以内および退院前1週間以内にそれぞれ実施した。

7. 統計解析

サルコペニアと判定された者は入院から退院までのサルコペニア重症度が少なくとも1段階改善した者を「改善群」、重症度が維持または悪化した者を「非改善群」と定義した。

患者背景はサルコペニア改善群と非改善群の2群に分けて要約し、連続変数は平均・標準偏差または中央値・四分位範囲、カテゴリー変数は人数・割合で示した。患

者背景の差の程度を評価するため、標準化平均差 (standardized mean difference: SMD) を算出した。

サルコペニア改善群と非改善群の2群間で、入院時の身体機能および臨床指標を比較した。群間比較は連続変数については分布を確認した上で手法を選択した。BMI, SMI, 膝伸筋筋力、位相角にはt検定を用い、握力、5回立ち上がりテスト、運動FIM、認知FIM、FIM合計、実績指数にはWilcoxon順位和検定を用いた。カテゴリー変数については、栄養障害には χ^2 検定を、退院先 (自宅／自宅外) にはFisherの正確確率検定を用いた。群間比較の結果 (平均差, 中央値差, 比率差およびオッズ比) は95%信頼区間とともに示し、有意水準は5%とした。

本研究では、患者数が限られていることおよび欠測値を多重代入で補完したデータを用いて推定精度と不確実性を適切に評価することを重視したため、頻度主義的なロジスティック回帰分析ではなくベイズ推定を採用した。ベイズ推定により、オッズ比の事後分布と95%信用区間を提示することで、各共変量とサルコペニア改善との関連の不確実性を直感的に解釈できるようにした。サルコペニア改善の有無 (二値) を目的変数としてベイズロジスティック回帰分析を行った。欠測値は多重代入法を用いて処理し、20個の代入データセットを作成した。目的変数 (サルコペニア改善の有無) は代入しなかった。各代入データセットに4チェーン・4,000反復 (ウォームアップ2,000) でマルコフ連鎖モンテカルロ法を実行し、チェーンを結合して事後分布を得た。事前分布は回帰係数に対してCauchy (0, 10) の弱情報事前分布を設定し、切片には正規分布: Normal (0, 10) の弱情報事前分布を設定した。回帰係数の推定値は事後中央値と95%信用区間で求め、オッズ比に変換して示した。オッズ比の95%信用区間が1を含まない場合を、関連があることを示す指標として解釈した^{16) 17)}。収束はR-hatを用いて確認した。共変量として年齢、性別、疾患分類、BMI、運動FIM、認知FIM、握力、SMI、位相角、栄養障害を投入した。廃用症候群が1名のみであったため、記述統計、群間比較および回帰分析の一貫性を保つ目的で運動器疾患に含めて扱った。事前分布の違いによる影響を確認するため、より平坦な事前分布を用いた感度分析も実施した。

なお、本研究の主解析は、サルコペニア改善の有無を目的変数としたベイズロジスティック回帰分析である。群間比較は探索的解析 (補足的解析) として、入院時評価の分布と群間差の概要把握を目的に実施し、多重比較による補正は行わなかった。

統計解析はR (version 4.5.2; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) を用い、brms, rstan, miceパッケージを使用した。

8. 倫理的配慮

本研究は、ヘルシンキ宣言に基づき倫理的配慮を行い、金沢赤十字病院倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号：632-2023）。すべての対象者に対して、研究の目的・内容・個人情報の取扱いについて説明を行い、文書による同意を取得した。参加は自由意志に基づき、同意後もいつでも撤回できる旨を説明した。

結 果

研究期間中に当院回復期リハ病棟へ入院した204名のうち、研究参加同意が得られなかった21名を除外し、対象者は183名であった。次に、除外基準に該当した63名を除外し、解析対象者は120名となった。このうち、入院時にAWGS2019基準にてサルコペニアと判定されなかった33名を除外し、最終的な解析対象者は87名となった（図1）。解析対象者（ $n=87$ ）と除外者（ $n=63$ ）のベースライン背景の比較を表1に示す。除外者では、解析対象者と比べて入院時FIM（合計、運動、認知）が低値であり、ADL能力が低い傾向がみられた。入院時にサルコペニアを認めた87名のうち、サルコペニア改善群は29名（33%）、重症度が維持または悪化した非改善群は58名（67%）であった（表2）。

年齢は改善群で低く（SMD -0.61 ）、性別では非改善群で女性が多かった（SMD 0.32 ）。疾患については非改善群で運動器疾患・廃用症候群が多く、改善群では脳血管疾患が多かった（SMD 0.28 ）。発症から入院までの日数の差は小さく（SMD -0.02 ）、在院日数は非改善群が長

かった（SMD -0.22 ）。

主解析として、サルコペニア改善の有無を目的変数としたベイズロジスティック回帰分析の結果を表3に示す。入院時運動FIMはサルコペニア改善と関連し、オッズ比は1.06（95%信用区間：1.02–1.12）であった。他の共変量（年齢、性別、疾患分類、BMI、入院時認知FIM、握力、SMI、位相角、栄養障害）は、いずれも95%信用区間が1を含んでいた。事前分布を変更して実施した感度分析でも推定値はおおむね同様であり、主要な結果は変わらなかった。

探索的解析として、入院時の身体機能および臨床指標の群間比較の結果を表4に示す。SMI、握力、膝伸展筋力、運動FIM、認知FIM、FIM合計、位相角はいずれも改善群で高かった。BMIと5回立ち上がりテストには有意差は認められなかった。栄養障害の割合は非改善群で高かったが、差は明確ではなかった。実績指数は改善群で高く、中央値差は21.82（95%信頼区間：8.57–34.44）であった。退院先については改善群で自宅退院が多く、オッズ比は7.55（95%信頼区間：2.33–34.15）であった。

考 察

本研究は、脳血管疾患、運動器疾患および廃用症候群を含む回復期リハ病棟入院中のサルコペニア患者を対象に、入院時身体機能指標から入院期間中のサルコペニア改善に関連する要因を検討した。ベイズロジスティック回帰分析の結果から、入院時運動FIMがサルコペニア改善と関連する指標として示された。異なる疾患背景を有

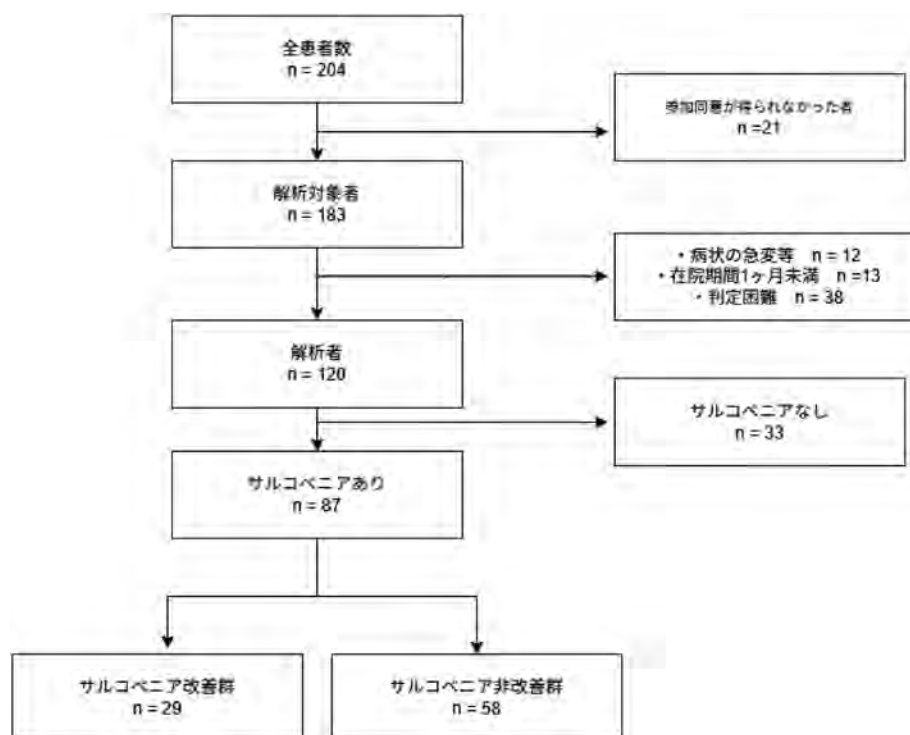


図1 フローチャート

表1 解析対象者と除外者のベースライン背景の比較

項目	解析対象者, n=87	除外者, n=63	SMD
疾患分類, n (%)			0.21
廃用	1 (1.1%)	0 (0%)	
脳血管	40 (46%)	25 (40%)	
運動器	46 (53%)	38 (60%)	
性別, n (%)			0.00
男	33 (38%)	24 (38%)	
女	54 (62%)	39 (62%)	
年齢(歳)			-0.21
平均 (SD)	79.6 (11.1)	82.0 (10.7)	
中央値 (IQR)	82.0 (74.0-86.0)	85.0 (75.0-89.0)	
体重 (kg)			0.15
平均 (SD)	50.7 (9.0)	49.2 (11.6)	
中央値 (IQR)	50.0 (44.6-54.8)	46.8 (41.6-57.5)	
BMI (kg/m ²)			0.14
平均 (SD)	20.9 (2.9)	20.5 (3.5)	
中央値 (IQR)	21.1 (19.3-22.9)	20.6 (17.9-22.4)	
栄養障害, n (%)			0.17
なし	29 (33%)	16 (25%)	
あり	58 (67%)	47 (75%)	
入院時FIM			
FIM合計(点)			0.54
平均 (SD)	64.7 (22.8)	52.9 (21.1)	
中央値 (IQR)	63.0 (47.0-83.0)	50.0 (37.0-67.0)	
運動FIM(点)			0.52
平均 (SD)	39.4 (17.1)	31.0 (15.3)	
中央値 (IQR)	39.0 (23.0-51.0)	30.0 (18.0-41.0)	
認知FIM(点)			0.40
平均 (SD)	25.3 (8.3)	21.9 (8.8)	
中央値 (IQR)	27.0 (19.0-33.0)	22.0 (15.0-29.0)	

SMD：標準化平均差, SD：標準偏差, IQR：四分位範囲.

BMI: Body Mass Index, FIM: Functional Independence Measure.

表2 解析対象者の背景

項目	全体, n=87	改善群, n=29	非改善群, n=58	SMD
年齢(歳)				-0.61
平均 (SD)	79.6 (11.1)	75.0 (13.9)	82.0 (8.6)	
中央値 (IQR)	82.0 (74.0-86.0)	77.0 (73.0-84.0)	83.0 (76.0-88.0)	
性別, n (%)				0.32
女性	54 (62%)	15 (52%)	39 (67%)	
男性	33 (38%)	14 (48%)	19 (33%)	
疾患, n (%)				0.28
脳血管	40 (46%)	16 (55%)	24 (41%)	
運動器・廃用	47 (54%)	13 (45%)	34 (59%)	
発症から入院までの日数				-0.02
平均 (SD)	30.2 (20.6)	29.9 (24.3)	30.3 (18.6)	
中央値 (IQR)	27.0 (16.0-39.0)	21.0 (16.0-37.0)	27.0 (18.0-39.0)	
在院日数				-0.22
平均 (SD)	70.0 (33.2)	65.3 (30.8)	72.4 (34.3)	
中央値 (IQR)	67.0 (43.0-87.0)	63.0 (42.0-77.0)	72.0 (45.0-88.0)	

SMD：標準化平均差, SD：標準偏差, IQR：四分位範囲.

表3 サルコペニア改善と関連する因子のバイズロジスティック回帰分析

変数	オッズ比 (95% 信用区間)
年齢(歳)	0.96 (0.89–1.03)
性別	
女性	参照
男性	0.25 (0.02–2.42)
疾患分類	
脳血管	参照
運動器・廃用	0.37 (0.08–1.57)
BMI (kg/m ²)	1.15 (0.86–1.55)
運動FIM(点)	1.06 (1.02–1.12)
認知FIM(点)	1.04 (0.93–1.17)
握力 (kg)	1.13 (0.99–1.31)
SMI (kg/m ²)	2.64 (0.64–11.7)
位相角(°)	1.43 (0.46–4.53)
栄養障害	
あり	参照
なし	0.56 (0.12–2.36)

BMI: Body Mass Index, FIM: Functional Independence Measure, SMI: Skeletal Muscle Mass Index.

する回復期リハビリ病棟入院患者を対象としてサルコペニアの改善に着目し、入院時身体機能指標との関連を多変量で推定した報告は限られており、本研究はその点について一定の手がかりを示したものとする。

主解析として行ったバイズロジスティック回帰分析では、入院時運動FIMがサルコペニア改善と関連する指標として抽出された。運動FIMは基本的ADLを評価する指標であり、そのスコアには筋量や筋力に加えて、バランス能力、全身持久力、疾患の重症度など多様な要因が反映される。本研究では、筋量 (SMI)、位相角、筋力など複数の指標で群間差を認めたにもかかわらず、多変量推定では、運動FIMのみがサルコペニア改善との関連を示した。この結果から、筋量や筋力といった単一の筋指標そのものよりも、それらを背景とした運動FIM (ADL遂行能力) を有していることがサルコペニア改善にとって重要である可能性が考えられる。先行研究では、1日あたりの起立回数が多い群ほどサルコペニア有病率の低下や筋量・筋力の改善が大きかったことから、

表4 入院時の身体機能および臨床指標の群間比較

項目	改善群, n=29	非改善群, n=58	推定値 (95% 信頼区間) ¹	p値 ²
BMI (kg/m ² , 入院時)				0.2
平均 (SD)	21.5 (2.9)	20.6 (2.8)	0.89 (−0.42–2.20)	
SMI (kg/m ² , 入院時)				<0.001
平均 (SD)	5.6 (0.8)	4.9 (0.9)	0.76 (0.37–1.15)	
握力 (kg, 入院時)				<0.001
中央値 (IQR)	18.0 (13.0–24.0)	11.5 (7.5–15.0)	6.50 (3.50–10.00)	
欠測	0	4		
膝伸展筋力 (n・m/kg, 入院時)				<0.001
平均 (SD)	0.8 (0.2)	0.6 (0.3)	0.21 (0.09–0.33)	
欠測	0	18		
5回立ち上がり (秒, 入院時)				0.5
中央値 (IQR)	16.1 (12.4–24.0)	22.8 (17.0–25.9)	−3.10 (−12.43–5.91)	
欠測	14	53		
運動FIM (点, 入院時)				<0.001
中央値 (IQR)	51.0 (45.0–60.0)	32.0 (20.0–43.0)	17.00 (10.00–25.00)	
認知FIM (点, 入院時)				0.008
中央値 (IQR)	31.0 (25.0–33.0)	24.5 (17.0–31.0)	4.78 (1.00–9.00)	
FIM合計 (点, 入院時)				<0.001
中央値 (IQR)	78.0 (67.0–91.0)	58.0 (41.0–68.0)	22.00 (13.00–32.00)	
位相角 (°, 入院時)				<0.001
平均 (SD)	4.0 (0.6)	3.4 (0.7)	0.57 (0.27–0.86)	
栄養障害 (入院時), n (%)			−0.22 (−0.46–0.02)	0.064
あり	15 (52%)	43 (74%)		
なし	14 (48%)	15 (26%)		
実績指数				0.001
中央値 (IQR)	54.3 (36.2–78.1)	31.2 (12.1–48.2)	21.82 (8.57–34.44)	
退院先 n (%)			7.55 (2.33–34.15)	<0.001
自宅	26 (90%)	31 (53%)		
自宅外	3 (10%)	27 (47%)		

¹推定値は、各項目に応じて平均差、中央値差、比率差、またはオッズ比を示す。

²p値はt検定、Wilcoxon検定、 χ^2 検定、またはFisherの正確確率検定により算出した。

SD: 標準偏差, IQR: 四分位範囲。

BMI: Body Mass Index, SMI: Skeletal Muscle Mass Index, FIM: Functional Independence Measure.

全身抵抗運動を十分な頻度で実施できることがサルコペニア改善の一要因であることが示されている²⁰⁾。本研究において入院時運動FIMが高い患者では、起立運動など比較的高頻度の全身運動を安全に実施しやすく、病棟内での移動や自主練習を含めた日常的な身体活動量も確保されやすい可能性がある。

今回、限られた患者数の中でサルコペニア改善と関連する因子をベイズロジスティック回帰分析を用い推定した。ベイズ法は従来の頻度主義的手法に比べて、小規模サンプルでも適用しやすく、また複数の相関する説明変数を含むモデルにも対応できるとされている²¹⁾。対象者数が限られ、測定される身体機能指標も多岐にわたることが多いリハビリテーション領域では、このようなベイズ法を用いたアプローチは有用であると報告されている²¹⁾。したがって本研究で得られた入院時運動FIMは、オッズ比が1を上回る方向に分布し、信用区間も含めて効果の方向性が明瞭であったことから患者数が多くない条件下においても、入院時運動FIMとサルコペニア改善との関連について一定の推定結果が得られたと考える。

一方、探索的に行った群間比較の結果では、サルコペニア改善群は、サルコペニアの構成項目である筋量(SMI)、位相角に加えて、筋力(握力)、FIMスコア、実績指数がいずれも非改善群より高値であり、自宅退院率も高かった。先行研究では、サルコペニアを有する患者では退院時運動FIMの回復が不良であり、自宅退院率と関連すること¹⁸⁾、サルコペニアが実績指数の独立した予測因子であることが報告されている¹⁹⁾。さらに、サルコペニア改善群では、FIM総得点および自宅退院割合が高いことが示されている¹⁰⁾。本研究においてもサルコペニア改善群で自宅退院率と実績指数が高く、既報と整合的であった。ただし、群間比較の結果は探索的解析であり、解釈には慎重を要すると考える。

最後に本研究の限界点を述べる。1つ目に本研究の解析対象は、研究期間中に当院回復期リハビリテーション病棟へ入院した患者のうち、研究参加同意が得られ、除外基準に該当せず、サルコペニア判定が可能であった症例に限定される。したがって、同意が得られなかった患者や病状急変・短期入院・評価困難などにより除外された患者が存在しており、より重症で臨床経過が不安定な症例が解析対象に含まれにくい可能性がある。実際に解析対象者と除外者のベースライン背景を比較したところ、除外者では入院時FIM(合計、運動、認知)が低値であり、ADL能力が低い患者が解析から除外されやすかった可能性が考えられる(表1)。2つ目に単一施設の観察研究であり、結果の一般化には慎重な解釈が必要である。3つ目にサルコペニアの改善を重症度カテゴリーの変化で定義しているため、閾値付近の変化など連続量としての筋量・筋力変化を十分に反映できていない可能性がある。4つ目

に本研究では年齢・性別・疾患分類は考慮したものの、栄養療法の詳細、入院前ADLなどの未測定因子による残余交絡の影響を十分に除去できていない可能性がある。今後は多施設研究などにより、大規模なデータを用いてサルコペニア改善の要因と各種評価指標、自宅退院率、実績指数との関連を検証することが必要である。あわせて、リハビリテーション介入量や内容、栄養療法の詳細を含めた介入プロセスがサルコペニアの改善ならびに在宅復帰、実績指数と関連するかを検討する必要がある。

結 論

本研究では、回復期リハビリテーション病棟入院中のサルコペニア患者を対象に、入院期間中のサルコペニア改善に関連する入院時身体機能指標を検討した。その結果、入院時運動FIMがサルコペニア改善と関連する指標として示された。回復期リハビリテーション病棟においては、入院時のADL能力の評価が、サルコペニア改善の見込みを予測するうえで有用である可能性がある。今後は多施設データや介入研究により、その妥当性を検証する必要がある。

利 益 相 反

本研究に関連し、開示すべき利益相反はない。

謝辞：本研究の実施にあたり、測定およびデータ収集にご協力いただいた当院回復期リハビリテーション病棟のスタッフ各位に深謝する。また、本研究にご参加いただいた患者の皆様により感謝申し上げる。

文 献

- 1) Chen LK, Woo J, *et al.*: Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Dir Assoc.* 2020; 21: 300–307.e2.
- 2) Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, *et al.*: Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2: Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019; 48: 16–31.
- 3) Yoshimura Y, Wakabayashi H, *et al.*: Impact of sarcopenia on rehabilitation outcomes after hip fracture in older inpatients. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2020; 11: 1099–1109.
- 4) Makizako H, Nakai Y, *et al.*: Prevalence of sarcopenia defined using the Asia Working Group for Sarcopenia criteria in Japanese community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Res.* 2019; 22: 53–57.
- 5) Papadopoulou SK, Tsintavis P, *et al.*: Differences in the prevalence of sarcopenia in community-dwelling, nursing home and hospitalized individuals: A systematic review and meta-analysis. *J Nutr Health Aging.* 2020; 24: 83–90.
- 6) Yuan S, Larsson SC: Epidemiology of sarcopenia: Prevalence, risk factors, and consequences. *Metabolism.* 2023; 144: 155533.
- 7) 近藤国嗣：回復期リハビリテーション医療—これまでの20年、これからの20年—。 *Jpn J Rehabil Med.* 2021; 58: 468–481.
- 8) Yoshimura Y, Bise T, *et al.*: Prevalence of sarcopenia and its

- association with activities of daily living and dysphagia in convalescent rehabilitation ward inpatients. *Clin Nutr.* 2018; 37(6 Pt A): 2022–2028.
- 9) Yamasaki Y, Honda Y, *et al.*: The association between sarcopenia and functional outcomes in patients undergoing convalescent rehabilitation. *J Med Invest.* 2023; 70: 457–463.
 - 10) Matsushita T, Nishioka S, *et al.*: Effect of improvement in sarcopenia on functional and discharge outcomes in stroke rehabilitation patients. *Nutrients.* 2021; 13: 2192.
 - 11) Sato R, Sawaya Y, *et al.*: Indicators predicting the development and improvement of sarcopenia in older adults requiring long-term care. *J Phys Ther Sci.* 2023; 35: 242–246.
 - 12) Linacre JM, Heinemann AW, *et al.*: The structure and stability of the Functional Independence Measure. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994; 75: 127–132.
 - 13) 厚生労働省ホームページ：個別事項（その5: リハビリテーション）. <https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka> (2025年11月1日引用)
 - 14) 加藤宗規：ハンドヘルドダイナモメーターによる等尺性膝伸筋力の測定—測定方法の違いが測定値に与える影響—. *東保学誌.* 2003; 6: 201–204.
 - 15) Guralnik JM, Simonsick EM, *et al.*: A short physical performance battery assessing lower extremity function. *J Gerontol.* 1994; 49: M85–M94.
 - 16) Hespanhol L Jr., Costa LOP, *et al.*: Understanding and interpreting confidence and credible intervals around effect estimates. *Braz J Phys Ther.* 2019; 23: 290–301.
 - 17) Yang YJ, Bang CS, *et al.*: Prokinetics for the treatment of functional dyspepsia: Bayesian network meta-analysis. *BMC Gastroenterol.* 2017; 17: 83.
 - 18) Yoshimura Y, Wakabayashi H, *et al.*: Sarcopenia is associated with worse recovery of physical function and dysphagia and a lower rate of home discharge in Japanese hospitalized adults undergoing convalescent rehabilitation. *Nutrition.* 2019; 61: 111–118.
 - 19) 八木拓磨, 井上達朗, 他：サルコペニアは回復期リハビリテーション病棟での実績指数に影響する. *理学療法学.* 2022; 49: 204–211.
 - 20) Yoshimura Y, Wakabayashi H, *et al.*: Chair-stand exercise improves sarcopenia in rehabilitation patients after stroke. *Nutrients.* 2022; 14: 461.
 - 21) Quintela-del-Río A, Rodríguez-Romero B, *et al.*: Bayesian methods in the field of rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil.* 2019; 98: 516–520.

〈Abstract〉

Investigation of Admission Physical Function and Activities of Daily Living Associated with Improvement in Sarcopenia among Patients with Sarcopenia in a Convalescent Rehabilitation Ward

Kei WASHIDA, PT, Dai NAKAIZUMI, PT, PhD, Shingo MIYATA, PT

Department of Rehabilitation, Japanese Red Cross Kanazawa Hospital

Objective: To identify admission physical function indicators associated with improvement in sarcopenia status at discharge among patients with sarcopenia in a convalescent rehabilitation ward.

Methods: Eighty-seven patients diagnosed with sarcopenia according to the Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS) 2019 criteria were included. Patients whose sarcopenia severity improved by one stage at discharge were classified as the improved group, whereas those whose severity was maintained or worsened were classified as the non-improved group. Admission skeletal muscle mass index (SMI), phase angle, muscle strength, and the Functional Independence Measure (FIM) were compared between groups. Bayesian logistic regression was performed with sarcopenia improvement as the dependent variable.

Results: In the regression analysis, admission motor FIM was estimated as an indicator associated with sarcopenia improvement.

Conclusion: In a convalescent rehabilitation ward, admission motor FIM may be associated with improvement in sarcopenia status and may serve as a reference for understanding convalescent rehabilitation outcomes.

Key Words: Convalescent rehabilitation ward, Sarcopenia, Functional Independence Measure (FIM), Bayesian logistic regression

症例報告

起立性低血圧を合併した外傷性頸髄損傷急性期に リカンベントエルゴメーターによる Activity-based Therapy を実施した1例*

深田 亮^{1)2)#} 古矢 丈雄²⁾³⁾ 土井 佑夏²⁾⁴⁾ 石井 駿¹⁾ 村田 淳¹⁾

要旨

【目的】急性期に起立性低血圧 (Orthostatic Hypotension : 以下, OH) を認める外傷性頸髄損傷症例に対し, 症状と血圧変動に基づくリスク管理のもとリカンベントエルゴメーターを用いた Activity-based Therapy (以下, ABT) の安全性と運動量確保の観点から, 安全に実施できた経過を報告する。【対象】OHを合併した外傷性頸髄損傷不全麻痺の70歳男性である。【結果】症状出現または収縮期血圧30 mmHg以上低下を中止基準, 無症状かつ30 mmHg未満を継続基準としABTを継続し, 有害事象なく下肢交互運動を確保し得た。1ヶ月後には標準型車椅子座位でOHを認めず, 転院後早期から吊り下げ式免荷歩行練習と地上歩行練習が可能であった。【結論】急性期OH合併頸髄損傷症例において症状と収縮期血圧の低下量を組み合わせたリスク管理により, リカンベントエルゴメーターを用いたABTを安全に継続し, 運動量を確保できた。
キーワード 急性期, 起立性低血圧, 外傷性脊髄損傷, リカンベントエルゴメーター

はじめに

外傷性脊髄損傷の急性期には, 自律神経機能障害により起立性低血圧 (Orthostatic Hypotension : 以下, OH) が高頻度に生じる¹⁾。特に損傷レベルが頸髄および上位胸髄の場合, 血管収縮を担う交感神経経路の中断により体位変換時の血圧維持が困難となる¹⁾。OHは通常, 起立3分以内に収縮期血圧20 mmHg以上または拡張期

10 mmHg以上の低下と, めまいや失神などの症状を伴うことを指す²⁾。

急性期リハビリテーション (以下, リハビリ) において, 高位脊髄損傷患者の74%でOHに起因する血圧低下が発生し, そのうち43%ではリハビリを中断せざるを得なかったと報告されている³⁾。このような中断は, 一時的にベッド上安静へ戻す必要を生じさせ, 1回あたりのリハビリ時間を減少させることで, 急性期リハビリの妨げとなる。また, OHの存在は長期的な機能回復や日常生活動作 (Activities of Daily Living : 以下, ADL) 自立度の達成に負の影響を及ぼす³⁾ことが示されており, 歩行能力やADLの自立に直結する重要な因子といえる。

脊髄損傷における急性期のOHに対しては, 腹帯や弾性ストッキングによる下肢および腹部の圧迫, 起立台を用いた段階的起立練習などの非薬物療法が推奨⁴⁾されている。これらの療法は, 心血行動態の改善に寄与すると報告⁴⁾されているものの, 対象数が少なく研究デザインも不均一であり, 圧迫療法の有効性については根拠が乏しいと評価されている⁵⁾。

近年, 外傷性脊髄損傷の急性期から, 神経可塑性を促す目的で Activity-based therapy (以下, ABT) を導入することが推奨されつつある⁶⁾⁷⁾。ABTは, 特定の運動課題

* Activity-based Therapy Using a Recumbent Ergometer in The Acute Phase of Traumatic Cervical Spinal Cord Injury with Orthostatic Hypotension: A Case Report

1) 千葉大学医学部附属病院リハビリテーション部
(〒260-8677 千葉県千葉市中央区亥鼻1丁目8-1)
Ryo Fukata, PT, PhD, Shun Ishii, PT, Atsushi Murata, MD, PhD: Department of Rehabilitation, Chiba University Hospital

2) 千葉大学大学院医学研究院整形外科
Ryo Fukata, PT, PhD, Takeo Furuya, MD, PhD, Yuka Doi, PT, MSc: Department of Orthopedic Surgery, Chiba University Graduate School of Medicine

3) 千葉市立海浜病院整形外科
Takeo Furuya, MD, PhD: Department of Orthopaedic Surgery, Chiba Kaihin Municipal Hospital

4) 千葉県千葉リハビリテーションセンターリハビリテーション治療局
Yuka Doi, PT, MSc: Department of Rehabilitation Therapy, Chiba Rehabilitation Center

E-mail: alice_cute_0312@chiba-u.jp
(受付日 2025年11月21日/受理日 2026年4月27日)
[J-STAGEでの早期公開日 2026年6月3日]



のために神経系を再訓練することを目的として、損傷レベルより下の神経筋系を活性化する治療を指す概念である⁸⁾。ABTには下肢の反復運動を中心とした運動様式が含まれ、リカンベントエルゴメーター、機能的電気刺激エルゴメーター、免荷式トレッドミル歩行トレーニングが挙げられる。ABTは、使用依存可塑性⁹⁾を介して、脊髓損傷患者の感覚機能および運動機能の回復を促進¹⁰⁾し、筋力や歩行能力を改善⁸⁾¹¹⁾することができる。しかし、急性期では安全性への懸念や全身持久力の低下、社会的背景の理由からABTの実装が困難であるとする報告が存在する¹²⁾。特にOHを合併している場合には、急性期にABTを導入する際のリスクがさらに高まり、どのような機器を用いたABTが有効かについては明らかでない。

今回われわれは、急性期にOHを認める外傷性頸髄損傷の1例を経験した。本例では、受傷直後からOHを合併しており、急性期にABTを実施することは困難であると予想された。しかし、急性期から下肢の反復運動量を確保する必要があり、立位および歩行練習は症候性OHにより中断リスクが高いと判断した。そこで、体幹支持が得られ、立位に比べて循環負荷を低減しつつ反復運動を実施できるリカンベントエルゴメーターを選択し、症状と収縮期血圧低下量に基づく中止基準を個別に設定した上でABTを実施した。その結果、リハビリ病院へ転院するまでの1ヶ月間、理学療法を中断することなく、有害事象も認めずに下肢の交互運動を継続することが可能であった。そこで本報告では、急性期にOHを合併した外傷性頸髄損傷症例に対し、症状と収縮期血圧の低下量を組み合わせたリスク管理のもとでリカンベントエルゴメーターを用いたABTを導入し、安全に実施し得た経過を報告する。

症 例

外傷性頸髄損傷のAmerican Spinal Injury Association Impairment Scale (以下、AIS) C (損傷高位：C3) でOHを認めた70歳の男性である。身長178 cm、体重77.8 kg、

body mass indexは24.6 kg/m²であった。既往歴は糖尿病のみであった。現病歴として、電柱を見上げている最中に一過性の意識消失をきたし、前方へ転倒した。転倒直後より両手掌に力が入らず、千葉大学医学部附属病院へ救急搬送された。

初診時の頸椎Computed Tomographyでは、C3～5椎体後方に骨棘形成を認め、脊柱管前後径は狭小化していたが、明らかな椎間亜脱臼や後咽頭腔の腫脹は認めなかった(図1A)。整形外科医による神経学的評価では、AISはCであった。上肢運動スコア(Upper Extremity Motor Score：以下、UEMS)は16点、下肢運動スコア(Lower Extremity Motor Score：以下、LEMS)は23点であった。C4領域以下でLight touchおよびPin prickの低下を認めたが、仙髄領域の感覚は保たれ、球海綿体反射も正常であった(X日)。

X+1日に実施した頸椎Magnetic Resonance Imagingでは、C3/4レベルに頸椎椎間板ヘルニアを認め、前縦靱帯の連続性は保たれていたものの、同高位脊髓中心部に髄内信号変化を認めた(図1B、C)。この所見から、頸椎椎間板ヘルニアを伴う頸髄損傷と診断された。整形外科医から本例および家族に対し、保存療法による経過観察と理学療法の実施を治療方針とすることが説明され、理学療法は同日より開始した。主訴は「上下肢の脱力による体動困難」であった。理学療法評価ではUEMSが16点、LEMSは腸腰筋2/2(右/左、以下同じ)、大腿四頭筋2/2、前脛骨筋3/2、長母趾伸筋3/2、下腿三頭筋3/2の合計23点であった。感覚機能はLight touchが左右ともに29点、Pin prickも左右ともに29点であった。深部腱反射は上腕二頭筋および腕橈骨筋で左右ともに軽度低下を認めた一方、大腿四頭筋および下腿三頭筋は左右ともに正常であった。 Hoffman反射は左右ともに陰性、バビンスキー反射は両側で陽性であり、足クローヌスは認めなかった。筋緊張はModified Ashworth Scale (以下、MAS) で股関節、膝関節、足関節のいずれも左右0(正常)であった。起居動作は全介助を要し、ADLは機能的自立度評価表(Functional Independence Measure：以下、FIM)で48点であった(表1)。

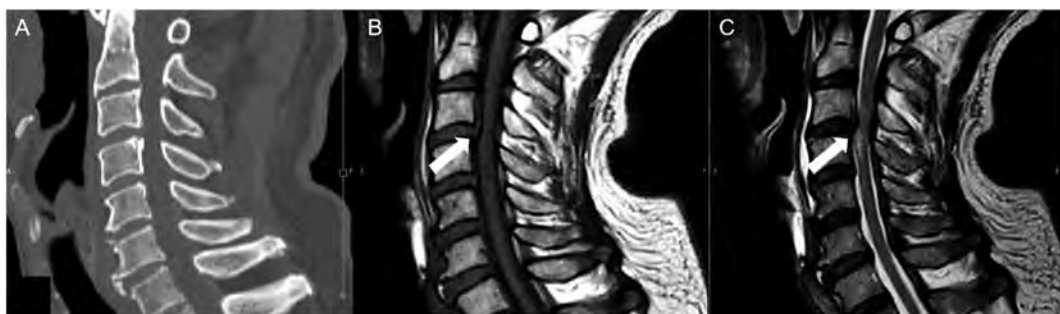


図1 頸椎画像所見

A：頸椎矢状断CT像：C3～5レベルに椎体後縁の骨棘および椎間板膨隆を認め、脊柱管前後径の狭小化を呈している。B：矢状断T1強調MRI像：C3/4レベルで脊髓が前方から圧迫されている(矢印)。C：矢状断T2強調MRI像：C3/4レベル脊髓中心部に高信号域を認め、椎間板ヘルニアによる外傷性脊髄損傷と、それに伴う髄内信号変化を示している(矢印)。MRI: Magnetic Resonance Imaging。

表1 理学療法評価

	初回 (X+1 日)	最終 (X+34 日)
AIS	C	D
UEMS (R/L), 点	8/8	20/16
LEMS (R/L), 点	13/10	25/23
Light touch (R/L)	29/29	29/29
Pin prick (R/L)	29/29	29/29
反射		
球海綿体	+	+
上腕二頭筋 (R/L)	±/±	+/+
腕橈骨筋 (R/L)	±/±	+/+
大腿四頭筋 (R/L)	+/+	+/+
下腿三頭筋 (R/L)	+/+	+/+
ホフマン (R/L)	-/-	-/-
バビンスキー (R/L)	+/+	+/+
足クローヌス (R/L)	-/-	-/-
MAS		
股関節 (R/L)	0/0	0/0
膝関節 (R/L)	0/0	0/0
足関節 (R/L)	0/0	2/2
起居動作		
寝返り	全介助	自立
起き上がり	全介助	軽介助
端坐位	全介助	自立
立位	未実施	中等度介助
歩行	未実施	重度介助
FIM, 点	48	60

AIS: American spinal injury association impairment scale, UEMS: Upper extremity motor score, LEMS: Lower extremity motor score, MAS: Modified ashworth scale, FIM: Functional independence measure.

理学療法プログラム

本例は、血圧値を正常範囲に戻すこと自体を目的とするのではなく、症候性OHの予防を最優先しつつ、実施可能な活動量を最大化することを目指した。具体的には、症状の出現と収縮期血圧低下量に基づく中止基準を設定し、症状を伴わない範囲で運動負荷と実施時間を段階的に調整した。一般的なOHの診断基準では収縮期血圧20 mmHg以上の低下が用いられるが、本例では無症候性の軽度低下を許容することで活動許容量を最大化することを優先し、30 mmHg低下を中止基準とした。ABT施行中のリスク管理を表2に示す。これらのリスク管理には既存の明確な基準がなく、本例では先行報告³⁾¹⁴⁾を参考にしつつ、症状を最優先する形で設定した。

理学療法は週5日、1日1回実施し、1回あたりの実施時間は40～60分とした。離床時には腹帯および下腿への弾性包帯を使用し、離床前および理学療法実施中には適宜飲水を促した。運動療法は、起居動作練習に加え、ABTとしてリカンベントエルゴメーター（株式会

表2 Activity-based therapy 施行中のリスク管理

中止基準：自覚症状（めまい、気分不良、視野狭窄、あくびなど）の出現、または収縮期血圧が30 mmHg以上低下した場合
継続基準：無症状であり、かつ収縮期血圧の低下が30 mmHg未満である場合
2～3分ごとに血圧を測定し、自覚症状が出現した場合には直ちに申告するよう指導した。

社ダイヤコジャパン、リハビリ用リカンベントバイクMR100) および起立台でのスクワットを実施した。

リカンベントエルゴメーターによる運動療法は、背もたれに体重を預け、両手でハンドルバーを把持した座位姿勢で行った。ペダルの回転数は55～60 rpm¹³⁾を目標とし、自覚的疲労感が修正Borg scaleで6を超えないように負荷を調整した。

起立台でのスクワットは、起立角度20～30度から開始し、自覚症状の誘発がなく、かつ収縮期血圧の低下が30 mmHg未満である場合に角度を段階的に増加させた。起立台では両手でハンドルバーを把持し、膝関節の固定性を調整しながら、下肢の随意収縮を保ったスクワットを反復した。回数は50回を1セットで実施した。

理学療法経過

X+2日、理学療法をベッドサイドより開始した。背臥位安静時の収縮期血圧は100～110 mmHgで推移していたため、端坐位練習までの離床を行った。端坐位ではめまいの自覚症状が出現し、収縮期血圧が70 mmHgまで低下したため、端坐位練習を中止し、ベッドアップ座位で休憩せざるを得なかった。

X+5日、リクライニング車椅子乗車を開始した。乗車中に収縮期血圧が一時的に70 mmHgまで低下する場面もみられたが、その際はリクライニング角度を45度まで下げることで対応し、めまいなどの自覚症状は認めなかった。

X+6日、担当理学療法士は主治医およびリハビリ科医師に対し、OHが理学療法の進行を妨げていること、ならびに今後の離床時およびABT導入時のリスク管理として表2に示す基準を用いることを提案し、了承を得た。また、OHに対する薬物療法としてメトリジンD錠2 mgが追加された。同日のLEMSは腸腰筋4/3、大腿四頭筋4/2、前脛骨筋4/2、長母趾伸筋4/2、下腿三頭筋4/2と改善を認めた。リクライニング車椅子乗車については、角度を45～90度の範囲で調整することで自覚症状を認めることなく、約60分の離床が可能となった。

X+7日、理学療法室への移動が可能となり、リカンベントエルゴメーターによる運動療法を開始した(図2A)。背もたれに体重を十分に預けた姿勢で実施し、運動負荷は5 Wとした。5分を2セットで施行し、自覚



図2 リカンベントエルゴメーターによる Activity-based therapy の実際

A: 背もたれに体幹を預け、両手でハンドルバーを把持した姿勢でのリカンベントエルゴメーター開始時の様子。B: ペダリング中に頸部痛が出現した際、後頸部に枕を挿入して疼痛を軽減しつつ運動を継続している場面。C: 左下肢筋力低下によりペダリングが不十分となったため、担当理学療法士が左下肢ペダリングを介助している場面。

症状の誘発を認めず収縮期血圧の低下がなく実施でき、本例からも「運動している感覚がある」との発言を聴取した。

X+8日、リカンベントエルゴメーターは5Wで連続15分の施行が可能であった。実施中に後頸部痛の訴えがみられたが、後頸部に枕を挿入することで疼痛は軽減し、ペダリングを継続できた(図2B)。また、本例ではLEMSに左右差を認めたことから、開始約8分で左下肢のペダリングが不十分となり、担当理学療法士が左下肢ペダリングを介助した(図2C)。同日に起立台でのスクワットを開始した。起立角度は20～30度とし、収縮期血圧の低下や自覚症状の誘発を認めることなく、50回を2セット実施できた。

X+10日、起立台でのスクワットは起立角度50～60度で50回を2セット実施した。

X+13日、リカンベントエルゴメーターは、運動負荷が5Wで連続15分間を担当理学療法士の介助なく実施可能となった。

X+16日、COVID-19に罹患し個室隔離となった。隔離期間中の理学療法はベッドサイドで実施し、下肢筋力増強練習、起居動作練習、立ち上がり練習、立位練習を中心に行った。

X+28日、個室隔離が解除となり、理学療法室でのリカンベントエルゴメーターおよび起立台スクワットを再開した。運動時間および負荷量はいずれもCOVID-19罹患前と同様のレベルまで実施可能であった。

X+31日、病棟内ADLはリクライニング車椅子から標準型車椅子へ変更し、OHを認めることなく病棟生活を送ることが可能となった。同日に歩行練習を開始した。4輪型歩行車を使用して重度介助で30m実施可能であったが、めまいの訴えおよび収縮期血圧の30 mmHg低下を認めた。

X+34日、リハビリ病院へ転院した。転院時のAISはDであった。UEMSは36点、LEMSは腸腰筋5/4、大腿四頭筋5/5、前脛骨筋5/5、長母趾伸筋5/5、下腿三頭筋5/4で合計48点と改善を認めた。Light touchおよびPin prick

は不変であった。深部腱反射は上腕二頭筋および腕橈骨筋で左右とも正常となった。MASは足関節で左右とも2となり、下肢遠位筋群に筋緊張亢進を認めた。起居動作は中等度介助から自立レベルへと改善した一方で、立位保持および歩行時にはめまいの自覚症状および収縮期血圧の低下が残存していた。FIMは60点へ改善した(表1)。

リハビリ病院転院後

転院後、リハビリ病院の理学療法士から吊り下げ式免荷歩行練習および地上歩行練習が転院早期より開始可能であった旨の報告を受けた。

考 察

本例は、外傷性頸髄損傷急性期においてOHを認める状況下でも、自覚症状と収縮期血圧の低下を組み合わせた明確なリスク管理基準を設定することで、リカンベントエルゴメーターによる運動療法を安全に実施し得た症例であった。その結果、リハビリ病院への転院時までに症候性OHを回避しつつ下肢の反復運動量を確保し、離床許容量と運動耐容能およびLEMSを段階的に高め車椅子座位でのOHを克服し、転院後早期から吊り下げ式免荷歩行練習などのABTに必要な連続した離床時間の確保、立位および歩行中の循環動態が整い円滑に移行できた。

本例から得られた知見は主に2点である。第1に、急性期にOHを認める頸髄損傷患者のリスク管理として、血圧値を正常範囲に戻すことそのものを目的とするのではなく、「症状の予防」と「活動許容の最大化」を優先することで安全に理学療法を継続し得たことである。第2に、リカンベントエルゴメーターが急性期のABTの一手段として有用である可能性を示した点である。

急性期にOHを認める頸髄損傷患者のリスク管理として、臨床現場ではOHに対する理学療法の継続または中止の判断を収縮期血圧の数値に依存しやすい³⁾。しかし、実際に理学療法中断の直接の要因となるのは低灌流

に伴うめまいや気分不良、視野暗黒感などの自覚症状である。本例では、2～3分毎の血圧および症状評価を行い、「症状出現時には即時中止」「無症候で収縮期血圧の低下が30 mmHg未満であれば継続」という明確な基準を設定した。なお、一般的なOHの診断基準では収縮期血圧20 mmHg以上の低下が用いられるが²⁾、本例では無症候性の軽度低下を許容しつつ活動許容を最大化する目的で、中止基準を30 mmHg以上低下に設定した。その結果、無症候性の軽度収縮期血圧低下のみを理由とした過度な中断を避けつつ、急性期から下肢交互運動を伴う十分な運動量を確保できた。OHには無症候性と症候性が存在する¹⁾¹⁴⁾。前者は血圧低下を認めるが自覚症状を欠き、後者はめまいなどの症状を伴う。理学療法領域では、収縮期血圧の低下量のみを基準に運動の継続可否を判断することが少なくないが、本例のように「症状を最優先とし、症状を予防しつつ活動許容を最大化する」という考え方は、先行報告³⁾¹⁴⁾の推奨とも整合的である。無症候性かつ軽度の収縮期血圧の低下はモニタリング下で許容し、症状出現を中止基準とすることは、安全性を担保しながら運動量と運動強度を確保するうえで合理的であると考えられる。本例では途中、COVID-19罹患に伴う個室隔離という外的要因による一時中断を経験したが、同一のリスク管理に基づき理学療法を再開できた。このことは、本例において、急性期から亜急性期に至る経過を通じて同様のリスク管理を継続し得たことを示しており、同様の状況における運動実施判断の一助となる可能性がある。

リカンベントエルゴメーターが急性期のABTの一手段として有用である可能性を示した。下肢の交互運動を可能とする各種エルゴメーターはABTの一つ⁷⁾¹⁵⁾として利用されており、本例もその臨床的有用性を補強する1例といえる。急性期の外傷性脊髄損傷における歩行トレーニングは、神経可塑性の観点から早期導入が推奨⁷⁾¹⁵⁾される一方で、歩行トレーニングの原則(特異性・量・強度)¹⁶⁾に照らすと、急性期OHの存在下で歩行といった特異性の高い課題を優先すると、OHによる中断が増え、結果として運動量と強度を十分に確保できない危険がある。そのため、急性期から課題特異性の高い歩行練習を全面的に実施することは必ずしも現実的ではなく、歩行トレーニングそのものを急性期から十分に行うことが困難である¹²⁾。一方、急性期OHに対する理学療法手段として、起立台は用いられている¹⁷⁾。起立台は受動的に直立位を保持し、立位特異的な荷重負荷を安全に導入できる利点がある。しかし、傾斜角度の増加に伴い自覚症状と収縮期血圧の低下を引き起こしやすく¹⁷⁾、その都度中断や角度調整を要するため、連続した運動量および強度を確保しにくい。そのため、起立台は立位耐性や代償的立位保持の獲得には一定の有用性を

有するものの、連続した有酸素運動や能動的筋収縮を伴う理学療法としては限界があると考ええる。本例の場合、受動的な起立台での立位練習ではなく、下肢筋活動を促す目的でスクワットを併用した。これは自覚症状を認めず、立位および抗重力下での下肢伸展活動という点で課題特異性は高かった。しかし、反復回数や連続施行時間には筋疲労や安全面からの制約があり、十分な運動量と強度を確保するには不十分と判断した。そのような背景のもとで、リカンベントエルゴメーターは、傾斜角度や座位姿勢を調整しながら、OHを予防しつつ運動量と強度を段階的に増量できるため、筋機能および循環機能の基盤を整える上で有利であったと考える。リカンベントエルゴメーターの有用性は、その生理学的機序にも裏づけられる。リカンベント位は立位や高座位に比べて重力による下肢への血液貯留が少なく、静脈還流が保たれやすい可能性がある¹⁴⁾。さらに、下肢の交互運動により筋ポンプが作動すると静脈還流が増加し、心拍出量が維持されやすくなる¹⁸⁾。その結果、全身循環が安定し、連続した有酸素運動が可能であったと考えられる。

一方で、リカンベントエルゴメーターは歩行トレーニングの特異性を代替するものではない。最終的な歩行能力の獲得には、吊り下げ式免荷トレッドミル歩行や地上歩行練習など、歩行パターンそのものを再学習させる特異的トレーニングが不可欠である¹⁹⁾。その意味で、本例におけるリカンベントエルゴメーターの位置づけは、特異性を犠牲にする代わりに運動量と強度を確保し、筋と循環基盤を整える前段階の手段と捉えるのが妥当と考える。今後は、複数症例を対象とした症例シリーズや対照群を設定した研究により、急性期の外傷性脊髄損傷におけるリカンベントエルゴメーターの有効性と安全性を検証していく必要がある。

本報告の限界として、単一症例であり一般化には慎重を要する。また対照条件がなくABTの有無による比較はできない。さらにOHに対して薬物療法が追加されており、その後の離床許容量や運動負荷の増大には薬物療法の影響が含まれる可能性がある⁴⁾¹⁴⁾。しかし、本例では運動の効果と薬物療法および自然回復の影響を分離して評価できていない。

結 語

本例は、歩行練習が実施可能な身体機能を有していたにもかかわらず、OHのためにそれらの実施が制限されていた症例である。このような条件下において、明確なリスク管理のもとでリカンベントエルゴメーターを用いて連続的に運動量と強度を確保した結果、筋力および筋持久力の底上げと循環耐性の改善を後押しした可能性がある。

倫理的配慮

本報告を行うにあたり、本例には目的、得られたデータおよび画像等の利用について十分な説明を行い、書面で同意を得た。実施にあたり得られたデータは数値化し、個人が特定されないように配慮した。

利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反はない。

謝辞：本報告に対して、多大なご助言をいただいた千葉大学大学院医学研究院整形外科の大鳥精司教授に深謝申し上げます。

文 献

- 1) Sidorov EV, Townson AF, *et al.*: Orthostatic hypotension in the first month following acute spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2008; 46: 65–69.
- 2) Freeman R, Wieling W, *et al.*: Consensus statement on the definition of orthostatic hypotension, neurally mediated syncope and the postural tachycardia syndrome. *Clin Auton Res*. 2011; 21: 69–72.
- 3) Illman A, Stiller K, *et al.*: The prevalence of orthostatic hypotension during physiotherapy treatment in patients with an acute spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2000; 38: 741–747.
- 4) Krassioukov A, Eng JJ, *et al.*: Spinal Cord Injury Rehabilitation Evidence Research Team: A systematic review of the management of orthostatic hypotension after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009; 90: 876–885.
- 5) Wadsworth BM, Haines TP, *et al.*: Abdominal binder use in people with spinal cord injuries: A systematic review and meta-analysis. *Spinal Cord*. 2009; 47: 274–285.
- 6) Behrman AL, Ardolino EM, *et al.*: Activity-based therapy: From basic science to clinical application for recovery after spinal cord injury. *J Neurol Phys Ther*. 2017; 41(Suppl. 3): S39–S45.
- 7) Dionne A, Cavayas YA, *et al.*: Is it safe to initiate activity-based therapy within days following traumatic spinal cord injury? Preliminary results from the PROMPT-SCI trial. *J Spinal Cord Med*. 2023; 46: 980–985.
- 8) Behrman AL, Harkema SJ: Physical rehabilitation as an agent for recovery after spinal cord injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2007; 18: 183–202, v.
- 9) Fu J, Wang H, *et al.*: Exercise training promotes functional recovery after spinal cord injury. *Neural Plast*. 2016; 2016: 4039580.
- 10) Al'joboori YD, Edgerton VR, *et al.*: Effects of rehabilitation on perineural nets and synaptic plasticity following spinal cord transection. *Brain Sci*. 2020; 10: 824.
- 11) Jones ML, Evans N, *et al.*: Activity-based therapy for recovery of walking in individuals with chronic spinal cord injury: Results from a randomized clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014; 95: 2239–2246.e2.
- 12) Jervis Rademeyer H, Gastle N, *et al.*: Activity-based therapy for individuals with spinal cord injury/disease: Perspectives of acute care therapists. *Spinal Cord Ser Cases*. 2022; 8: 39.
- 13) 深田 亮, 古矢丈雄, 他: 術後急性期の重度脊髄症患者に対する免荷式歩行器とリカンベントエルゴメーターの安全性の検討. *日脊障医誌*. 2023; 36: 18–21.
- 14) Shibao C, Lipsitz LA, *et al.*: American Society of Hypertension Writing Group: Evaluation and treatment of orthostatic hypotension. *J Am Soc Hypertens*. 2013; 7: 317–324.
- 15) Everaert DG, Okuma Y, *et al.*: Timing and dosage of FES cycling early after acute spinal cord injury: A case series report. *J Spinal Cord Med*. 2021; 44(Suppl. 1): S250–S255.
- 16) Hornby TG, Straube DS, *et al.*: Importance of specificity, amount, and intensity of locomotor training to improve ambulatory function in patients poststroke. *Top Stroke Rehabil*. 2011; 18: 293–307.
- 17) Liu DS, Chang WH, *et al.*: Development of a biofeedback tilt-table for investigating orthostatic syncope in patients with spinal cord injury. *Med Biol Eng Comput*. 2007; 45: 1223–1228.
- 18) Verma AK, Garg A, *et al.*: Skeletal muscle pump drives control of cardiovascular and postural systems. *Sci Rep*. 2017; 7: 45301.
- 19) Patathong T, Klaewkasikum K, *et al.*: The efficacy of gait rehabilitations for the treatment of incomplete spinal cord injury: A systematic review and network meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2023; 18: 60.

総 説

シリーズ 「物理療法の最近の動向と将来」

連載第3回 集中治療室からはじめる物理療法*
—骨関節・外傷患者を中心に—

桂 田 功 一¹⁾

はじめに

救急医療の進歩に伴い、重症患者に対する早期リハビリテーション治療の必要性が高まっている。診療報酬において早期離床・リハビリテーション加算が認められて以降、多くの施設で集中治療室 (Intensive care unit: 以下, ICU) からリハビリテーション治療が行われている。『リハビリテーション医療における安全管理・推進のためのガイドライン第2版』¹⁾において、全身の呼吸・循環動態が安定していると判断できる場合には訓練を実施することが提案されている。一方で、骨盤・脊柱・下肢など、荷重骨を受傷した場合、受傷骨への負荷はもとより、創外固定部位や隣接する皮膚損傷など、考慮すべき箇所が多いため離床に難渋する。安静部位を保護することを念頭に置きつつ、可能な限り残存機能を維持・向上させるうえで、理学療法士が行う物理療法には多くのメリットがあると筆者は考えている。ICUから診療をはじめめるうえで、知っておくべき物理療法の効果や注意点について述べる。

ICUにおける早期リハビリテーション医療の重要性

ICU管理を要する重症患者には、身体、認知、精神機能の障害が生じる。これらの集中治療後症候群 (Post intensive care syndrome)²⁾において、身体機能障害である集中治療室獲得性筋力低下 (ICU acquired weakness: 以下, ICU-AW)³⁾が発生すると、短期的には院内死亡率が増大し⁴⁾、長期的にみても2年後の生存率低下に関与

すること⁵⁾が報告されている。近年のメタアナリシスにおいて早期リハビリテーション医療がICU-AWの発生を予防する効果が示されている⁶⁾。

超急性期における理学療法士の役割

ICUでは患者の不安定な病態に対する細やかな対応が求められる。中でも、理学療法士には呼吸や骨格筋機能のアセスメント、腹臥位療法の際の体位のアセスメントおよび調整を行う役割がある⁷⁾。理学療法士は集中治療関連のガイドラインを参照しながら標準的かつ安全なリハビリテーション治療を患者に提供することが望ましい⁸⁾。本稿で取り上げる「ICUからはじめる物理療法」を実践する理学療法士は特に、重症患者の不安定な全身および患部の状態を十分に理解し、考慮した治療を提供する必要がある。

ICUからはじめる運動療法

重症患者に対する運動療法において早期から過度なリハビリテーション治療を行うとかえって有害となる危険性が指摘されている⁹⁾。今回取り上げる骨関節および外傷患者では特に骨への負荷および疼痛発生には最大の配慮を要する。骨折した長管骨への荷重および圧縮応力への配慮は当然のことながら、腸骨や寛骨臼を含む骨盤骨折を合併した場合には、座位姿勢における負荷にも留意すべきである。現在のところ、骨盤骨折後のリハビリテーションプロトコルには統一されたものがなく¹⁰⁾、保存治療症例における骨折タイプ毎¹¹⁾、座圧分布から骨盤への負荷を考慮したもの¹²⁾、骨接合術後¹³⁾など、各施設が独自のプロトコルを活用している。また、運動療法は体幹周囲、下肢各筋群および周辺組織の癒合時期に応じた方法を選択する必要がある、運動方法や強度に関しては筆者らの既報を参考にされたい¹⁴⁾。

また、Kadamらは脛骨近位端骨折患者に対し、従来の理学療法に加え、早期に荷重を開始することで、疼痛コントロールおよび機能的予後に関して良好な結果を

* Treatment Using Physical Therapy Equipment in Intensive Care Unit

1) 東京慈恵会医科大学西部医療センターリハビリテーション科

(〒201-8601 東京都狹江市和泉本町4-11-1)

Koichi Katsurada, PT; Department of Rehabilitation Medicine, The Jikei University West Medical Center

キーワード: 物理療法, 集中治療, 外傷, 骨関節



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。

© 2026 日本理学療法学会連合

報告している¹⁵⁾。骨接合術の臨床成績の向上に合わせ、今後は運動療法および荷重プロトコルもさらに早期から開始されるようになることが予想され、理学療法士は患者状態をよく確認しながら荷重練習を支援する必要がある。

受傷急性期の物理療法

急性痛の発現メカニズムとして、侵害受容性疼痛と炎症性疼痛があり、顕著な疼痛や炎症は身体機能の予後不良につながる¹⁶⁾。そのため、急性痛に対する治療戦略としては、消炎・鎮痛効果のある物理療法を選択することが望ましい¹⁷⁾。また、必要以上の固定に伴う不動は末梢性感作を助長させる可能性が指摘されており¹⁸⁾、患者が疼痛を感じない程度で患部の運動を行うことが推奨される。ICU入室患者は自動運動あるいは自動介助運動が実施困難なことも多いため、患者協力を要さない物理療法について以下に概説する。

疼痛管理

経皮的電気刺激療法 (Transcutaneous electrical nerve stimulation: 以下, TENS) は、皮膚上に電極を貼付し、鎮痛目的に行う電気刺激療法である。ゲートコントロール理論や内因性オピオイドの放出、下行性疼痛抑制機構の関与により、筋緊張低下および疼痛軽減が期待される。近年のシステマティックレビューでも急性痛に対するTENSの有用性および安全性が報告されている¹⁹⁾。Haraらは、受傷初期の腰椎椎体骨折患者を対象として、初回離床時の腰部あるいは下肢へのTENSの疼痛緩和効果を報告している²⁰⁾。固定や創の影響で疼痛部位の直上に電極を貼付できない場合でも、同一の皮膚分節領域あるいは正中線をまたいだ反対側へ使用することも検討できる²¹⁾。TENSは、使用が簡便かつ副作用がほとんどないため、疼痛がある患者に対し受傷早期から運動療法と併用しやすい物理療法の一つである。

褥瘡発生予防・治癒と創傷治癒

ICU入室患者を対象としたランダム化比較試験で神経筋電気刺激療法 (Neuro muscular electrical stimulation: 以下, NMES) が褥瘡発生率を低下させることが示されている²²⁾。ICUでは意識障害や鎮静により患者自身の体動が困難となるため、高機能ベッドが導入され、医療従事者による体位変換支援が行われるなどして褥瘡発生予防に努められる。その一方、一定数の患者に褥瘡が発生するため、治療を行う必要が生じる。褥瘡治療に関して、日本褥瘡学会の『日本褥瘡予防・管理ガイドライン第5版』²³⁾ のリハビリテーション医療項目では、創の縮小を目的とする物理療法として電気刺激療法が推奨度1Aとされている。近年、NMESによる単相性パルス微弱電流

刺激 (monophasic pulsed microcurrent: 以下, MPMC) の褥瘡治療促進効果が報告されている²⁴⁾。しかし、MPMCはすべての治癒段階で治療効果があるわけではなく、壊死組織が除去された後に感染・炎症が沈静化した時期になってから褥瘡部位の創閉鎖を目的に実施する必要がある²⁵⁾。これ以前の治癒段階においては、創部を十分に洗浄することが優先されるため、膿や壊死組織、細菌部位など治癒を阻害するものを可能な限り取り除き、治癒を促進する滲出液が活用できる患部周辺の環境を整える。皮膚・排泄ケア認定看護師らと協業し、理学療法士も創部洗浄や管理に積極的に参画することが望ましい。

難治性の外傷創部には、局所陰圧閉鎖療法 (Negative pressure wound therapy: 以下, NPWT) が行われることが一般的である。NPWTは創傷を密封し、陰圧環境にすることにより創縁の引き寄せ (収縮)、肉芽形成の促進、滲出液と感染性老廃物の除去を図り、創傷治癒を促進する治療法である。適応は、「既存治療に奏効しない、あるいは奏効しないと考えられる難治性創傷」とされており、①外傷性裂開創、②外科手術後離開創・開放創、③四肢切断端開放創、④デブリードマン後皮膚欠損創に用いられる。この治療が行われている期間には陰圧管理の徹底が優先され患部の安静が重視されるため、他動運動の際には十分に配慮する。

褥瘡治療には超音波も活用されている。褥瘡創面に超音波を照射することによる、線維芽細胞の増殖促進効果が期待されており、最適刺激量は、照射時間率20%のパルス波で、創面への出力は固定手技法で0.1~0.2 W/cm²、移動手技法では0.5 W/cm²とされている²⁶⁾。創面に照射するとき超音波透過性の高いフィルムドレッシング材を使用すると清潔保持が可能となる²⁷⁾。先述のガイドライン²³⁾においても超音波療法が紹介されているが推奨度が設定されておらず、引き続き実臨床での効果検証が求められる。そのほか、低周波 (47 Hz) による振動により血流を増加させ褥瘡の治癒促進を図る振動療法の効果や、体外衝撃波治療 (Extracorporeal shock wave therapy: 以下, ESWT) の難治性潰瘍治療効果に関する臨床研究などが行われており、創傷治癒に有効な物理療法の解明に向け、今後の報告に期待したい。

骨癒合促進効果

救命救急センターでは重篤な骨外傷患者に対し、可及的早期に髄内釘などの観血的整復固定術が行われ、患者状態に応じてテリパラチドなどの骨形成促進剤が使用される。基本的には患者の栄養状態 (カルシウム、ビタミンD、タンパク質) を改善することで骨癒合を期待する。そのうえで、積極的保存療法として、骨癒合促進に寄与すると考えられている物理療法に低出力超音波パルス (Low intensity pulsed ultrasound: 以下, LIPUS) が用

いられる。これは体表面に設置した治療用プローブから断続的に超音波が照射され、骨折部を機械的に刺激して骨癒合を促進する方法である。LIPUSは細胞膜上の細胞接着因子および機械的刺激受容体であるインテグリンが超音波刺激を感受し、細胞内シグナル伝達が活性化し骨癒合を促進させることが知られている²⁸⁾。骨折治療には、周期1.5 MHz、出力30 mW/cm²、パルス周期1.0 kHzで20%のデューティサイクルで毎日20分間の治療を行うことが推奨されている²⁹⁾。

ESWTの効果について前述したが、1991年のValchanouらの報告³⁰⁾以降、骨折の遷延癒合や偽関節治療にも適応されている。衝撃波が骨癒合を促進する機序として、皮質骨の微小骨折(microfracture)や骨膜下出血が生じることに加え、各種成長因子の発現亢進や新生血管の誘導によって膜性骨化と内軟骨性骨化が促進され、結果として骨新生が亢進すると考えられている³¹⁾。ICU退室後に骨折遷延患者に対し活用しうる物理療法の選択肢の一つとして知っておいてほしい。一方、国際衝撃波学会によるESWTの適応疾患に偽関節が含まれているが、現在のところ本邦において保険適応になっている疾患は難治性足底腱膜炎のみであり、偽関節にESWTを用いる場合は自由診療になるという点は考慮する必要がある。悪性腫瘍、凝固障害、胎児がいる部位や骨端線付近の使用は禁忌とされており、使用の際は注意されたい。

筋萎縮予防効果

筋萎縮予防の一手段として、NMESが実施されている。日本集中治療医学会の『重症患者リハビリテーション診療ガイドライン2023』³²⁾において重症患者に対してNMESを行うことを弱く推奨している。さらに、システマティックレビューおよびメタ解析において、ICU-AW抑制効果も報告されている³³⁾。一方で、各報告において電気刺激装置と刺激条件がさまざまであり、周波数やパルス幅、実施時間が大きく異なっていることから重症患者における最適設定や継続期間については明らかでない³⁴⁾。

ICUでは長期間の人工呼吸管理に伴い嚥下機能障害をきたすことが多く、嚥下リハビリテーション治療の手段としてNMESを用いる場合がある。挿管中にも嚥下筋に対し予防的NMESを使用することで長期挿管患者の嚥下機能の回復を促進する可能性が示唆されている³⁵⁾。

NMESは急性期でも臨床状態に影響を与えず、安全に使用可能である³³⁾。Hasegawaらは³⁶⁾、前十字帯損傷術後患者において、ベルト式NMESの効果を示している。外傷患者においては、患部への直接的な刺激を避けつつ、安全かつ有効な筋萎縮予防策としてNMESの活用をお勧めしたい。

神経再生効果

外傷患者において骨折・脱臼に伴う神経走行の変化や圧迫、転落・衝突による牽引応力により末梢神経損傷が生じることがあり、中等度以上の軸索損傷を伴う場合、神経再生のために神経除圧術や神経縫合など神経再建の手術適応となる。運動機能の回復は損傷後18~24カ月でプラトーに達することが知られている³⁷⁾。軸索の再生速度は約1 mm/日であることが知られており、その回復には脳由来神経栄養因子(brain-derived neurotrophic factor: 以下、BDNF)などの神経栄養因子を含む再生関連因子が関与している³⁸⁾。同報告では支配領域に対するElectrical stimulation(以下、ES)の有効性が示されており、末梢神経の回復において運動療法単独の効果は明確でないが、ESと運動療法がともにBDNFおよびアンドロゲンの関与に重要な役割を果たしていることが述べられている。ESの刺激条件としては、電極を損傷部位の中枢側に設置し、手術中あるいは手術直後に1回刺激を行う方法が一般的である。刺激時間は1時間、刺激周波数は20 Hz、刺激様式は双極性刺激とし、刺激強度は筋収縮を生じる最小閾値に設定する³⁹⁾。神経縫合術前からES導入を推奨する報告も散見されており、末梢神経損傷を伴う外傷患者に対し急性期からESを活用することを検討されたい。

血流改善効果

重症患者は自動運動や体動が困難なため血流が低下することが想像できる。Vanhorebeekらの報告では⁴⁰⁾、ICU-AWは対策によって部分的には予防でき、微小循環の変化により血流および酸素供給障害をきたしミトコンドリアの機能障害とも関連している可能性を指摘している。骨格筋に対するストレッチ(伸張刺激)が末梢微小循環に良い影響を及ぼすとされている⁴¹⁾。また、深部静脈血栓症の発生予防を目的として、弾性ストッキングや包帯を用いた圧迫療法が広く行われてきた。その作用機序として、圧迫による筋収縮時の筋ポンプ作用の増強、ならびに静脈径の縮小に伴う拡張静脈弁機能の改善および弁逆流の軽減が関与しているものと考えられている。しかしながら、その効果には否定的な考えも報告されており画一的な使用は推奨されていない⁴²⁾。一方で、温冷浴などの水治療法は、その静水圧に加え温度による身体反応変化により、心血管や心内圧、自律神経への作用によって循環動態を改善すると報告されている⁴³⁾。近年では炭酸浴を用いた方法も注目されており⁴⁴⁾、患者状態と安全性に十分配慮したうえで早期から水治療法の活用も検討されたい。

ICUからはじめる物理療法の実際

これまで述べたとおり、治療戦略の一つとして物理療法を活用することができる。しかしながら、集中治療管理を要する患者に導入するにあたりいくつか考慮されたい。当然のことながら、重症患者であることを認識しバイタルサインを丁寧に確認しながら進めること、医師や看護師と協議し適切な理解のもとで実践することが必要である。また、NMES実施時には生体モニター情報に電気刺激装置によるアーチファクトが混入する場合があり、モニター電極の貼付部位には配慮が必要である。さらに、NMESはペースメーカーなどの植え込み型デバイス装着患者への使用が禁忌とされている機種も多く、われわれが使用する際には集中治療医やリハビリテーション科医とその必要性を吟味している。各機器を清潔に管理したうえでICUに持ち込むとともに、各物理療法機器を使用する際には、貼付する部位を入念に観察し、接触性皮膚炎の発生に留意する。アルコール由来でなくとも、発赤を呈する患者がいるため、十分に注意されたい。

おわりに

本稿では、集中治療を要す重症患者、特に骨関節や外傷患者に対して有効な物理療法を紹介した。使用の際は多職種の理解を要し、機器の持ち運びなどの煩雑さもあるが、安全かつ効果が期待できる治療手段の一つとして、急性期の段階から活用されることが期待される。

文 献

- 日本リハビリテーション医学会リハビリテーション医療における安全管理・推進のためのガイドライン策定委員会(編): リハビリテーション医療における安全管理・推進のためのガイドライン第2版. 診断と治療社, 東京, 2018, pp. 23-58.
- Needham DM, Davidson J, *et al.*: Improving long-term outcomes after discharge from intensive care unit: Report from a stakeholders conference. *Crit Care Med.* 2012; 40: 502-509.
- Stevens RD, Dowdy DW, *et al.*: Neuromuscular dysfunction acquired in critical illness: A systematic review. *Intensive Care Med.* 2007; 33: 1876-1891.
- Ali NA, O' Brien JM Jr., *et al.*: Midwest Critical Care Consortium: Acquired weakness, handgrip strength, and mortality in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 2008; 178: 261-268.
- Saccheri C, Morawiec E, *et al.*: ICU-acquired weakness, diaphragm dysfunction and long-term outcomes of critically ill patients. *Ann Intensive Care.* 2020; 10: 1.
- Carayannopoulos KL, Chaudhuri D, *et al.*: Effect of enhanced versus usual mobilization activities in critically ill adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Care Med.* 2025; 53: 2282-2293.
- 齊藤 彬, 高橋哲也, 他: 高度救命救急センターにおけるリハビリテーション. 順天堂保健医療学雑誌. 2024; 5: 33-39.
- 高橋佑太, 高橋哲也: 集中治療室の医療安全のために理学療法士が知っておくべきこと. *ICUとCCU.* 2025; 49: 39-45.
- Hodgson CL, Bailey M, *et al.*: TEAM Study Investigators and the ANZICS Clinical Trials Group: Early active mobilization during mechanical ventilation in the ICU. *N Engl J Med.* 2022; 387: 747-1758.
- Nagai Y: Rehabilitation of pelvic fracture. *J Phys Fit Sports Med.* 2024; 13: 105-109.
- 北田真平: 脆弱性骨盤輪骨折に対する保存的治療プロトコル. *MB Orthop.* 2023; 36: 27-33.
- 井手宗樹, 加藤 浩, 他: 脆弱性骨盤骨折(FFPs) 保存療法における離床プロトコル作成の試み. 大分県理学療法学会. 2020; 13: 19-24.
- 谷 佳祐, 下村歩美, 他: 骨盤骨折手術のリハビリテーションプロトコルの検討. みんなの理学療法. 2017; 29: 37-39.
- Katsurada K, Sasaki K, *et al.*: Training methods for strengthening muscles around pelvis: A narrative review. *J Phys Fit Sports Med.* 2024; 13: 111-123.
- Kadam A, Wani S, *et al.*: Effect of early weight bearing program with conventional physiotherapy on functional outcomes in surgically treated proximal tibia fracture: A pilot randomized controlled trial. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2024; 144: 2481-2489.
- Moseley GL, Herbert RD, *et al.*: Intense pain soon after wrist fracture strongly predicts who will develop complex regional pain syndrome: Prospective cohort study. *J Pain.* 2014; 15: 16-23.
- 徳田光紀: 物理療法による疼痛の治療戦略. 物理療法科学. 2023; 30: 19-25.
- Guo TZ, Wei T, *et al.*: Immobilization contributes to exaggerated neuropeptide signaling, inflammatory changes, and nociceptive sensitization after fracture in rats. *J Pain.* 2014; 15: 1033-1045.
- Johnson MI, Paley CA, *et al.*: Efficacy and safety of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for acute and chronic pain in adults: A systematic review and meta-analysis of 381 studies (the meta-TENS study). *BMJ Open.* 2022; 12: e051073.
- Hara K, Yoshida H, *et al.*: Effect of electrode attachment location for transcutaneous electrical nerve stimulation for pain relief in lumbar vertebral body fractures. *J Phys Ther Sci.* 2024; 36: 415-419.
- Takiguchi N, Shomoto K: Contralateral segmental transcutaneous electrical nerve stimulation inhibits nociceptive flexion reflex in healthy participants. *Eur J Pain.* 2019; 23: 1098-1107.
- Baron MV, Silva PE, *et al.*: Efficacy and safety of neuromuscular electrical stimulation in the prevention of pressure injuries in critically ill patients: A randomized controlled trial. *Ann Intensive Care.* 2022; 12: 53.
- 日本褥瘡学会学術教育委員会ガイドライン改訂委員会: 褥瘡予防・管理ガイドライン(第5版). 褥瘡会誌. 2022; 24: 29-85.
- Szoltys-Brzezowska B, Bankowska A, *et al.*: Electrical stimulation in the treatment of pressure injuries: A systematic review of clinical trials. *Adv Skin Wound Care.* 2023; 36: 292-302.
- 吉川義之, 前重伯杜, 他: 創傷管理の物理療法. 物理療法科学. 2022; 29: 26-28.
- Maeshige N, Fujiwara H, *et al.*: Evaluation of the combined use ultrasound irradiation and wound dressing on pressure ulcer. *J Wound Care.* 2010; 19: 63-68.
- 杉元雅晴: 医療・介護関係者が知らない「褥瘡のリハビリテーション」の混迷. 日本褥瘡会誌. 2025; 27: 79-83.
- Harrison A, Lin S, *et al.*: Mode & mechanism of low intensity pulsed ultrasound (LIPUS) in fracture repair. *Ultrasonics.* 2016; 70: 45-52.
- Guo X, Lv M, *et al.*: Latest Progress of LIPUS in fracture healing: A mini-review. *J Ultrasound Med.* 2024; 43: 643-655.
- Valchanou VD, Michailov P: High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion of fractures. *Int Orthop.* 1991;

- 15: 181–184.
- 31) 落合信靖：骨へのESWT. 関節外科. 2020; 39: 982–987.
- 32) 卯野木 健, 林田 敬, 他：重症患者リハビリテーション診療ガイドライン2023. 日本集中治療医学会雑誌. 2023; 30: S905–972.
- 33) Nakanishi N, Yoshihiro S, *et al.*: Effect of neuromuscular electrical stimulation in patients with critical illness: An updated systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Care Med.* 2023; 51: 1386–1396.
- 34) 野々山忠芳：重症患者に対する神経筋電気刺激のエビデンスと臨床活用のためのTips. 物理療法科学. 2024; 31: 40–45.
- 35) Hwang CH, Choi KH, *et al.*: Pre-emptive swallowing stimulation in long-term intubated patients. *Clin Rehabil.* 2007; 21: 41–46.
- 36) Hasegawa S, Kobayashi M, *et al.*: Effect of early implementation of electrical muscle stimulation to prevent muscle atrophy and weakness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011; 21: 622–630.
- 37) Robinson LR: Traumatic injury to peripheral nerves. *Muscle Nerve.* 2022; 66: 661–670.
- 38) Gordon T, English AW: Strategies to promote peripheral nerve regeneration: Electrical stimulation and/or exercise. *Eur J Neurosci.* 2016; 43: 336–350.
- 39) 蜂須賀明子, 佐伯 覚：周術期の末梢神経電気刺激療法と神経再生. 末梢神経. 2024; 35: 21–28.
- 40) Vanhorebeek I, Latronico N, *et al.*: ICU-acquired weakness. *Intensive Care Med.* 2020; 46: 637–653.
- 41) Hotta K, Muller-Delp JM: Microvascular adaptations to muscle stretch: Findings from animals and the elderly. *Front Physiol.* 2022; 13: 939459.
- 42) 尾林 徹：DVTの薬物療法・圧迫療法. *Jpn J Rehabil Med.* 2021; 58: 760–764.
- 43) 宮田昌明：循環器疾患の水治療. *MB Med Reha.* 2025; 312: 18–23.
- 44) 前田眞治：炭酸浴の科学. *MB Med Reha.* 2025; 312: 9–16.

総説

シリーズ 「痛みに対する理学療法の方」

連載第3回 腰部脊柱管狭窄症における生物心理社会モデルに基づいた包括的評価と行動変容に向けた理学療法戦略*

田島健太郎¹⁾

はじめに

腰部脊柱管狭窄症（Lumbar Spinal Canal Stenosis：以下、LSCS）は、腰椎部の脊柱管あるいは椎間孔の狭小化により、神経組織の障害や血流障害が生じ、下肢痛や間欠性跛行など多様な症状を呈する疾患である。また治療の第一選択は保存療法とされており、薬物療法や運動療法が強く推奨されている。しかし、保存療法に抵抗性を示し、除圧術や固定術といった手術療法を選択せざるを得ない症例も少なくない¹⁾。

LSCSは元来、解剖学的な異常から症状が生じると定義されてきた²⁾³⁾。近年の知見では、画像上の狭窄所見と身体機能を含む臨床症状は、必ずしも相関しないことが明らかになってきている⁴⁻⁶⁾。このことから、LSCSの病態が単なる構造的な要因のみで説明できるものではないことが示唆され、疼痛のメカニズム自体を整理する必要がある。

国際疼痛学会は疼痛を「実際の組織損傷もしくは、組織損傷が起り得る状態に付随する、あるいはそれに似た感覚かつ情動の不快感体験」と定義している⁷⁾。疼痛は組織の損傷や炎症に伴い侵害受容器が刺激されて起こる「侵害受容性疼痛」、神経の損傷や機能障害によって起こる「神経障害性疼痛」、明らかな組織損傷や神経疾患の有無にかかわらず、神経系の機能異常によって生じる「痛覚変調性疼痛」の3つに分類される。LSCSではこれらが複雑に絡み合っていると考えられている。

理学療法の実践においては、構造的側面のみならず、心理社会的要因を含めた「生物心理社会モデル（Bio-

Psycho-social model：以下、BPSモデル）」⁸⁾に基づく包括的なアプローチが不可欠となる。長期的な経過をたどることの多いLSCSにおいては、急性疼痛よりも慢性疼痛を呈することが多く、慢性疼痛は神経系の機能変化や心理的側面にも多大な影響を受ける。そのため、LSCS患者の構造的・身体機能的な評価・介入のみならず、慢性疼痛に関与する心理社会的要因を適切に評価し、包括的な治療計画の立案を行うことが重要となる。

本稿では、特にLSCSにおける神経障害性疼痛を念頭においた評価や心理社会的要因により活動制限を伴っている患者を想定し、能動的な生活再建に向けた行動変容を促すための目標設定、および運動療法を円滑に導入するための工夫や負荷の設定、退院後を見据えた指導について解説する。

理学療法評価

1. 神経障害性疼痛のスクリーニング

前述の通り、LSCSの疼痛の原因は複雑に絡み合っていると考えられている。そのため、その疼痛が理学療法の適応となる侵害受容性疼痛優位なものか、あるいはより慎重な対応を要する神経障害性疼痛優位なものかの判別をする必要がある。具体的には、一般的な神経学的所見（腱反射、感覚障害、筋力低下）に加え、評価指標の活用が推奨される。代表的なものにpainDETECT⁹⁾があり、日本語版の信頼性と妥当性も検証されている（図1）¹⁰⁾。PainDETECTは神経障害性疼痛の寄与度を判定する評価指標であり、「焼けるような痛み」「電気ショックのような痛み」など、神経障害性疼痛特有の感覚を患者自身が回答する患者立脚型質問紙である。高値になるほど神経障害性疼痛である可能性が高く、判定基準として、12点以下は侵害受容性疼痛の可能性を示唆し、13～18点は侵害受容性・神経障害性疼痛が混合している可能性が高く、19点以上は神経障害性疼痛の可能性が高いと判定される。この評価により、物理的介入と教育的介入の優先順位を判断できる。

* Comprehensive Assessment and Physical Therapy Strategies for Behavioral Change Based on the Biopsychosocial Model in Lumbar Spinal Stenosis

1) 東前橋整形外科病院診療技術部リハビリテーション科
〒379-2104 群馬県前橋市西大室町1302-2)
Kentaro Tajima, PT, MSc: Department of Rehabilitation, Clinical Technology Division, East Maebashi Orthopaedic Hospital
キーワード：腰部脊柱管狭窄症、生物心理社会モデル、恐怖回避モデル、ペーシング、自己効力感



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。

© 2026 日本理学療法学会連合

2. 心理社会的要因の評価

慢性疼痛では、一般的に侵害受容性疼痛や神経障害性疼痛だけでなく、心理社会的要因の評価も重要であり、「恐怖回避モデル」に関する評価を行う必要がある。「恐

怖回避モデル」はVlaeyenら¹¹⁾が提唱したもので、疼痛そのものよりも、「疼痛に対する捉え方」が慢性疼痛や機能低下を引き起こすことを説明したモデルである(図2)。痛みの経験をしたあとに痛みに対する恐怖が少

いま現在のあなたの痛みは10点満点でどの程度ですか？

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
なし 最大

過去4週間で最も激しい痛みはどの程度でしたか。

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
なし 最大

過去4週間の痛みの平均レベルはどの程度ですか。

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
なし 最大

あなたの痛みの経過を表す図として、どれが最もあてはまりますか？□印にチェックを付けて下さい。

☐ 持続的な痛みで、痛みの程度に若干の変動がある

☐ 持続的な痛みで、時々痛みの発作がある

☐ 痛みが時々発作的に強まり、それ以外の時は痛みがない

☐ 痛みが時々発作的に強まり、それ以外の時も痛みがある

痛みのある場所を図に示してください。

痛みは他の部位にも広がりますか？
☐ はい ☐ いいえ
はいと答えた方は、その場所と広がり方も書いてください。

痛みのある部位では、焼けるような痛み(例:ヒリヒリするような痛み)がありますか？
一度もない ☐ ほとんどない ☐ 少しある ☐ ある程度ある ☐ 激しい ☐ 非常に激しい ☐

ピリピリしたり、チクチク刺したりするような感じ(蟻が歩いているような、電気が流れているような感じ)がありますか？
一度もない ☐ ほとんどない ☐ 少しある ☐ ある程度ある ☐ 激しい ☐ 非常に激しい ☐

痛みがある部位を軽く触れられる(衣服や毛布が触れる)だけでも痛いですが？
一度もない ☐ ほとんどない ☐ 少しある ☐ ある程度ある ☐ 激しい ☐ 非常に激しい ☐

電気ショックのような急激な痛みの発作が起きることはありますか？
一度もない ☐ ほとんどない ☐ 少しある ☐ ある程度ある ☐ 激しい ☐ 非常に激しい ☐

冷たいものや熱いもの(お風呂のお湯など)によって痛みが起きますか？
一度もない ☐ ほとんどない ☐ 少しある ☐ ある程度ある ☐ 激しい ☐ 非常に激しい ☐

痛みのある場所に、しびれを感じますか？
一度もない ☐ ほとんどない ☐ 少しある ☐ ある程度ある ☐ 激しい ☐ 非常に激しい ☐

痛みがある部位を、少しの力(指で押す程度)で押しても痛みが起きますか？
一度もない ☐ ほとんどない ☐ 少しある ☐ ある程度ある ☐ 激しい ☐ 非常に激しい ☐

図1 painDETECT日本語版
文献10)より引用。

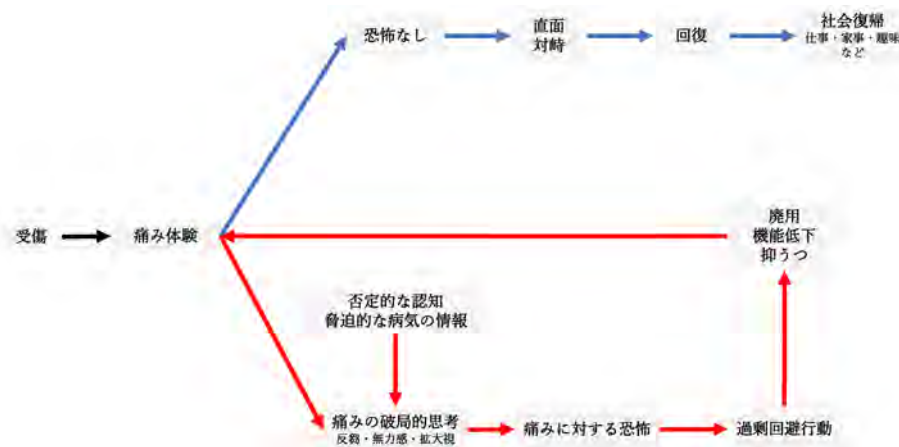


図2 恐怖回避モデル
文献11)を参考に一部改変し、筆者作図。

なければ回復していきやすいが、痛みの破局的思考が強い場合、恐怖や活動の過剰回避、それに伴う不活動や機能低下、抑うつ、疼痛の慢性化といった悪循環をたどりやすい。そのため、それぞれに対応する評価を行うことが重要である。

以下に恐怖回避モデル内に含まれる、心理社会的因子の評価指標を示す。

1) Pain Catastrophizing Scale (以下、PCS)¹²⁾

痛みの破局的思考を評価する13項目52点満点の尺度である。日本語版の信頼性・妥当性についても検証されている¹³⁾。反芻、無力感、拡大視の3つの下位項目からなり、高値になるほど破局的思考が強い(カットオフ値30点)¹⁴⁾。

2) Tampa Scale for Kinesiophobia (以下、TSK)¹⁵⁾

運動恐怖を評価する17項目68点満点の尺度である。日本語版¹⁶⁾も開発されている。高値になるほど運動恐怖が強いことを表す(カットオフ値37点)¹⁷⁾。

3) Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS)¹⁸⁾

不安と抑うつを評価する各7項目合計14項目42点満点の尺度である。日本語版の信頼性・妥当性についても検証されている¹⁹⁾。高値になるほど不安・抑うつが強く、0~7点は「不安・抑うつなし」、8~10点は「疑いあり」、11点以上は「不安・抑うつあり」と判定される。

4) Pain Self-Efficacy Questionnaire (以下、PSEQ)²⁰⁾

痛みの自己効力感を評価する10項目60点満点の尺度である。日本語版も開発されている²¹⁾。低値になるほど自己効力感が低く、20点以下で「重度の自己効力感の低下」と判断される。

3. 目標設定の決定のプロセス

心理社会的因子の評価と並行して、患者が価値を置く活動を特定し、具体的な治療目標を設定することが重要である。LSCS患者は疼痛やしびれにより活動制限や歩行障害を呈することが多く、「痛みやしびれを改善したい」と訴える。また、破局的思考や運動恐怖によって活動が制限される場合もある。しかし、LSCSの病態上、少なくとも保存療法では疼痛やしびれを完全に消失させることが困難であることが多い。そのため、疼痛やしびれと共存しながらも、患者が価値を置く活動の再開に焦点を当てた目標設定が必要となる。

このような目標設定には、身体機能的評価に加え、患者の主観的な活動制限を捉える患者立脚型評価が重要である。Oswestry Disability Index (ODI) や Roland-Morris Disability Questionnaire (RDQ) は、腰痛患者に広く用いられる標準化された患者立脚型尺度であり、疾患による活動制限の程度を定量的に評価するために使用されてきた。しかし、これらはあらかじめ設定された項目を評価するため、患者個々が重要視する活動を必ずしも反映しない。

それに対し、Patient Specific Functional Scale (以下、PSFS) は患者自身が「痛みによって制限されている」と感じる具体的な活動(例: 孫を抱きあげる、旅行に行くなど)を抽出し、0-10の11段階で困難度を評価する。つまり、患者個人の課題を抽出し、点数化するため、より個別性の高い評価として使用されている。PSFSは信頼性、妥当性が検証されており²²⁾、日本語版も開発されている²³⁾。患者が個別に価値を置く活動を治療者と共有し、それを直接的な治療目標とすることで、患者の関心を「疼痛の有無」から「活動の達成」へと転換させ、目標達成を通じた自己効力感の向上も期待できる。

理学療法介入

1. 疼痛教育と認知の修正

介入の初期段階では、「動くことで痛みが出る」という患者の誤解を解く必要がある。これを「疼痛神経生理学教育(Pain Neuroscience Education: 以下、PNE)」と呼ぶ。PNEは「痛みは組織損傷の指標ではなく、脳が鳴らす警告の感度である」ことを平易な言葉で説明する。また「神経は血流を好む組織であり、適切な運動による血流改善が痛みの緩和につながる」という理解を促すことで、ポジティブな認知への修正と身体機能・活動量の向上を図る概念である²⁴⁾。実際に、慢性腰痛患者にPNEを組み合わせたことは、疼痛の軽減や機能障害の改善・維持をもたらすと報告されている²⁵⁾。

2. 行動変容のための戦略

従来の運動指導で用いられる「痛くなったら休む」という痛み依存のアプローチは、運動の終わりが常に「痛み(失敗体験)」となり、過活動と不動を繰り返す「Boom-bust現象」を誘発しやすい。したがって、痛みの破局化により行動が制限されている、あるいはBoom-bust現象を繰り返す患者に対しては、「ペーシング」が重要な戦略となる。

ペーシングとは、オペラント学習理論に基づいた「時間(活動)依存」のアプローチである²⁶⁾。基本的には「痛みがなくても、あらかじめ設定した時間(活動量)で必ず止める」ことを前提としている。これは、疼痛の出現を活動停止の合図(負の強化)にするのではなく、設定した活動の完遂を成功体験として積み重ねることで、不適切な回避学習を抑制し、活動の安定化を図る戦略である。

具体的な設定方法としては、痛みが確実に出現する時間や距離(例: 歩行5分、300mなど)を事前に把握し、その70~80%程度を初期の活動量として設定する。症状が出現する前に終了することが、自己効力感の向上において重要となる。

3. 有酸素運動と負荷漸増法

一般的にLSCS患者に対する有酸素運動は、全身の血流改善に寄与するのみならず、下行性疼痛抑制系の賦活を促すことが期待されている。脊柱管の除圧肢位が取りやすい自転車エルゴメーターなどから開始し、ペーシングに基づき疼痛が出現しない範囲で活動量を確保する。その後、ペーシングで得られた自己効力感を基盤として、歩行形態の変更や距離の延長を徐々に進める「段階的暴露」を用いる。これは患者が回避している特定の活動（例：独歩や買い物）に対して、恐怖心の少ない状況から段階的に直面させることで、過剰な恐怖反応の消去を図る手法である²⁷⁾。

4. 自宅退院後の自己管理

リハビリテーションの最終的なゴールは、患者自身が疼痛を管理する「自己管理能力」の獲得である。その獲得に向けた教育介入としては、まず「疼痛は波であり、一時的な悪化は再発（失敗）ではない」という認識を共有することが前提となる。その上で、特に重要となるのが疼痛増悪時への対処計画、いわゆる「コーピングプラン」の設定である。これは、疼痛の波を病態の悪化と誤認して活動停止に陥るのを防ぐ、再発予防の観点から不可欠なプロセスであり²⁸⁾、患者自身が主体的に痛みをコントロールすることが重要である²⁹⁾。

具体的には表1に示すような「3つのR」に基づいたアクションプランを作成し、これを記載したメモなどを持たせることで、増悪時のパニックによる活動停止を防ぎ、長期的な予後を安定させることが可能となる。

症例提示

1. 症例紹介

70代女性、診断名はLSCSであった。現病歴として、長年腰痛を罹患、ここ数カ月で徐々に腰痛および下肢痛が増悪し、歩行困難、自宅生活困難となったため、保存的加療目的で入院、リハビリ開始となる。主訴は腰痛と両殿部～下肢外側の疼痛としびれである。立位や歩行ですぐに疼痛増悪するため、「痛くなるのが怖いので、家事は家族に頼み、ほとんど動かなかった」と訴えていた。

2. 初期評価

入院当初の評価結果を以下に示す。

1) 身体機能・歩行能力

疼痛は安静時Numerical Rating Scale（以下、NRS）3、動作時NRS8と強く、歩行器歩行でも20m程度に限定されていた。筋力はMMT4レベル、感覚は著明な感覚鈍麻はないが振動覚軽度低下を認めた。神経学的テストはSLRテスト・ブラガードテスト陽性であった。

2) 心理的因子

質問紙の結果（表2）より、神経障害性疼痛の関与が疑われ、破局的思考や運動恐怖が極めて強い状態であった。また疼痛に対する自己効力感が著しく低かった。

3) 生活状況

「痛くなるのが怖い」という回避行動のため、家事を行っておらず、課題となっていた。

3. 介入戦略と経過（図3）

1) 初期：患者教育とT字杖（T-cane）への移行

介入初期では「痛み＝組織の損傷」という認知を正すためPNEを実施した。また疼痛増悪に対するコーピング指導を行った。介入開始2週には歩行器からT-caneへ移行したが、この時期は歩行に伴う疼痛再燃への不安が強く、「杖になったり、歩く量が増えると、また痛みが強くなりそう」との発言が聞かれた。一方で、徐々に「痛みがあっても歩けた」といったポジティブに捉えることができるようになる一面も見られた。

2) 中期：ペーシングを用いた意図的な活動量の調整

介入開始3～6週にかけて歩行距離を100～150m付近で意図的に停滞させた。この時期は「少し調子が良いと歩きすぎたり、筋トレを頑張りすぎると、夜間や翌朝に痛みが強くなる」という過活動を防ぐため、ペーシングを徹底した。「痛くなる前に休む」というルールを課し、あえて歩行距離を伸ばさない戦略をとった。この介入が功を奏し、介入開始5週の質問紙における中間評価（表2）では、歩行距離延長に先んじてPCSが30点、TSKが45点へと改善した。患者からは「距離や時間を決めて歩くようにしたら、痛みを自分でコントロールできている実感が湧いてきた」との発言が聞かれ、自己効力感（PSEQ：35点）の向上が確認された。この心理面の改善と歩行能力の向上を背景に、介入開始5週時点で自宅退院した。退院に際して、自宅内での家事動作に対しても、模擬動作を練習した上でペーシングを適用するように指導した。

表1 疼痛増悪時のコーピングプラン（例）

フェーズ	理学療法的な意図	具体的な行動
休息（Rest）	過剰な侵害受容刺激を遮断し、神経系の鎮静化を図る。	強い痛みが出たら短時間の休息をとる。
緩和（Relax）	交感神経過緊張を抑制し、筋緊張の緩和と血流改善を促す。	ホットパック、深呼吸、ストレッチなどリラックスを図る。
再開（Restart）	痛み依存せずに、スケジュールに基づいた活動再開（行動変容）を図る。	痛みが落ち着いたら、元の運動量の半分から段階的に戻す。

3) 後期：活動拡大とコーピング

自宅退院後も急激な疼痛増悪なく過ごせていたため、退院後の生活に自信がついた介入開始7週より、独歩への段階的暴露を開始した。切り替え直後に一時的な疼痛増悪を認めたが、事前に策定していたコーピング計画を実践したことで、過度な不安に陥ることなく活動を維持できた。「以前ならここでダメって諦めていたけれど、休めば大丈夫だと分かっていたから大丈夫だった」という発言の通り、この疼痛増悪への対処が大きな転換点となった。

4. 最終評価

最終評価の結果を以下に示す。

1) 身体機能・歩行能力

疼痛は安静時NRS2、動作時NRS3まで減少し、連続歩行距離は独歩で600 mが可能となった。一方、神経学的所見や筋力に著明な変化は認めなかった。

2) 心理的因子

表2の通り、破局的思考 (PCS) や運動恐怖 (TSK) は大幅に改善した。また疼痛に対する自己効力感 (PSEQ) が向上し、「痛みを自身でコントロールできる」という状態が確認できた。

表2 症例の心理的評価の経過

評価指標(点)	初期 (入院時)	中間 (5週)	最終 (10週)
PainDETECT	22	18	10
PCS	46	30	18
TSK	60	45	25
HADS (不安/抑うつ)	12/8	10/7	5/4
PSEQ	20	35	48
PSFS	0	4	8

※ PSFSの内容詳細：自宅内の家事。

3) 生活状況

「痛いけど動ける」という受容的な発言が増え、目標であった家事の遂行度が上がり、能動的な生活を取り戻すことができた。

5. まとめ

本症例のポイントは、保存療法という選択の中で、認知・行動面の変容を介して最終的に大幅な歩行能力の向上を達成した点にある。初期評価では高い運動恐怖と破局的思考を認め、典型的な恐怖回避モデルの状態にあった。しかし、介入開始3~6週のペーシング導入期において、歩行距離の意図的な停滞と反比例するように心理指標が先行して改善した。「痛みは自身で管理可能である」という自己効力感の向上が、過活動と休息の悪循環を断ち切り、介入開始7週以降の独歩への段階的暴露を支える強固な土台となった。結果、一時的な疼痛増悪をコーピングで克服し、LSCSという構造的問題を抱えながらも、自己管理能力に基づいた能動的生活再建を達成することができた。

おわりに

LSCSの理学療法では、構造的病態への配慮に加え、心理社会的因子に着目したBPSモデルの実践が不可欠である。本稿で示した通り、多角的な評価に基づき「ペーシング」や「段階的暴露」を戦略的に用いることは、患者の自己効力感と自己管理能力を高め、能動的生活再建を可能とする。疼痛を消失することに固執せず、患者が主体的に生活を送れるように支援する視点こそが、慢性疼痛によって制限を抱えるLSCS患者の予後を左右すると考えられる。本稿が臨床における評価・治療戦略立案の一助となれば幸いである。

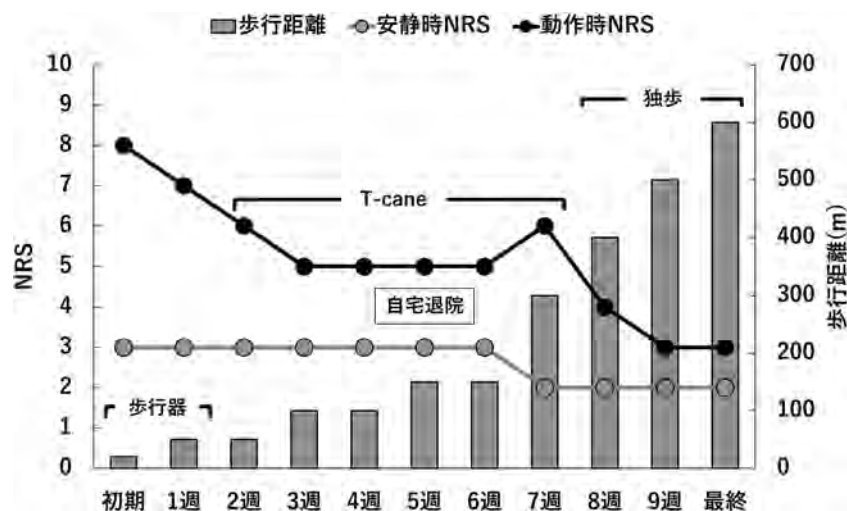


図3 症例の経過 (疼痛・歩行距離)

文 献

- 1) 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会, 腰部脊柱管狭窄症診療ガイドライン策定委員会(編): 腰部脊柱管狭窄症診療ガイドライン 2021 (改訂第2版). 南江堂, 東京, 2021, pp. 5-16.
- 2) Verbiest H: A radicular syndrome from developmental narrowing of the lumbar vertebral canal. *J Bone Joint Surg Br.* 1954; 36-B: 230-237.
- 3) Arnoldi CC, Brodsky AE, *et al.*: Lumbar spinal stenosis and nerve root entrapment syndromes. Definition and classification. *Clin Orthop Relat Res.* 1976; 115: 4-5.
- 4) Weber C, Giannadakis C, *et al.*: Is there an association between radiological severity of lumbar spinal stenosis and disability, pain, or surgical outcome?: A multicenter observational study. *Spine.* 2016; 41: E78-E83.
- 5) Sigmundsson FG, Kang XP, *et al.*: Correlation between disability and MRI findings in lumbar spinal stenosis: A prospective study of 109 patients operated on by decompression. *Acta Orthop.* 2011; 82: 204-210.
- 6) Zeifang F, Schiltenswolf M, *et al.*: Gait analysis does not correlate with clinical and MR imaging parameters in patients with symptomatic lumbar spinal stenosis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008; 9: 89.
- 7) Raja SN, Carr DB, *et al.*: The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: Concepts, challenges, and compromises. *Pain.* 2020; 161: 1976-1982.
- 8) Engel GL: The need for a new medical model: A challenge for biomedicine. *Science.* 1977; 196: 129-136.
- 9) Freynhagen R, Baron R, *et al.*: painDETECT: A new screening questionnaire to identify neuropathic components in patients with back pain. *Curr Med Res Opin.* 2006; 22: 1911-1920.
- 10) Matsubayashi Y, Takeshita K, *et al.*: Validity and reliability of the Japanese version of the painDETECT questionnaire: A multicenter observational study. *PLoS One.* 2013; 8: e68013.
- 11) Vlaeyen JWS, Linton SJ: Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain: A state of the art. *Pain.* 2000; 85: 317-332.
- 12) Sullivan MJL, Bishop SR, *et al.*: The pain catastrophizing scale: Development and validation. *Psychol Assess.* 1995; 7: 524-532.
- 13) 松岡紘史, 坂野雄二: 痛みの認知面の評価: Pain Catastrophizing Scale 日本語版の作成と信頼性および妥当性の検討. *心身医.* 2007; 47: 95-102.
- 14) Sullivan MJL: The pain catastrophizing scale user manual [Internet]. Halifax (NS): Dalhousie University; 2009 [cited 2026 Feb 1]. Available from: https://aspecthealth.ca/wp-content/uploads/2017/03/PCSManual_English1.pdf
- 15) Miller RP, Kori SH, *et al.*: The Tampa scale: A measure of kinesiophobia. *Clin J Pain.* 1991; 7: 51.
- 16) 松平 浩, 犬塚恭子, 他: 日本語版 Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK-J) の開発. *臨床整形外科.* 2013; 48: 13-19.
- 17) Vlaeyen JW, Kole-Snijders AM, *et al.*: The role of fear of movement/(re)injury in pain disability. *J Occup Rehabil.* 1995; 5: 235-252.
- 18) Zigmond AS, Snaith RP: The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatr Scand.* 1983; 67: 361-370.
- 19) 八田宏之, 東あかね, 他: Hospital Anxiety and Depression Scale 日本語版の信頼性と妥当性の検討: 女性を対象とした成績. *心身医.* 1998; 38: 309-315.
- 20) Nicholas MK: The pain self-efficacy questionnaire: Taking pain into account. *Eur J Pain.* 2007; 11: 153-163.
- 21) Adachi T, Nakae A, *et al.*: Validation of the Japanese version of the pain self-efficacy questionnaire in Japanese patients with chronic pain. *Pain Med.* 2014; 15: 1405-1417.
- 22) Stratford P: Assessing disability and change on individual patients: A report of a patient specific measure. *Physiother Can.* 1995; 47: 258-263.
- 23) 石ヶ谷侑紀, 吉川和希, 他: Patient specific functional scale 2.0 の日本語版作成. *徒手理学療法.* 2022; 22: 3-9.
- 24) Moseley GL: Evidence for a direct relationship between cognitive and physical change during an education intervention in people with chronic low back pain. *Eur J Pain.* 2004; 8: 39-45.
- 25) Moseley L: Combined physiotherapy and education is efficacious for chronic low back pain. *Aust J Physiother.* 2002; 48: 297-302.
- 26) Gatzounis R, Schrooten MGS, *et al.*: Operant learning theory in pain and chronic pain rehabilitation. *Curr Pain Headache Rep.* 2012; 16: 117-126.
- 27) Vlaeyen JW, de Jong J, *et al.*: Graded exposure in vivo in the treatment of pain-related fear: A replicated single-case experimental design in four patients with chronic low back pain. *Behav Res Ther.* 2001; 39: 151-166.
- 28) Turk DC, Rudy TE: Neglected topics in the treatment of chronic pain patients-relapse, noncompliance, and adherence enhancement. *Pain.* 1991; 44: 5-28.
- 29) Brown GK, Nicassio PM: Development of a questionnaire for the assessment of active and passive coping strategies in chronic pain patients. *Pain.* 1987; 31: 53-64.

《 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 理学療法の発展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：システマティックレビュー、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、理学療法の研究・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	井平 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	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

第53巻第3号では、研究論文が6編、症例報告が1編、総説が2編掲載されました。

研究論文の内容は多岐に及んでおり、理学療法研究の多様化を感じています。かつては、整形外科疾患のうち、上下肢関節疾患に関する研究報告や、中枢神経疾患に関する研究報告が大部分を占めることが多かったのですが、本号では理学療法士の自己成長感プロセスに関する論文、Branch atheromatous disease例を対象とした論文、生活期リハビリテーション利用中の高齢者を対象とした論文など、広い範囲の対象が見られています。

また研究方法についても様々な手法が見受けられます。いくつかの研究論文の例を挙げると、複線経路等至性アプローチによる分析、生体電気インピーダンス法によるPhase Angle、voxel-based lesion-symptom mapping 解析、ベイズロジスティック回帰分析など、私見かもしれませんが、聞き慣れない手法と思われます。

いずれにおいても現在のそして将来の理学療法に関して臨床応用のヒントを与える論文であり、これらをどのように活用するかは読者の皆様次第だと思います。「私の臨床現場の対象とは遠く離れる論文なので、あまり関係がない」とか、「なかなか内容が難しく理解できないから、読めない」などの意見もあるのではないかと思います。

理学療法を包含する医学の治療では、その治療法の生理学または薬理学などの理論的機序に基づき、特定の疾患、特定の症状に効くことを明らかにして、実際の疾患患者に適用します。治療を行う者として、この理論的機序に関する知識は基盤となる重要なものです。しかし、実際の臨床現場で治療を行う者には、“いかに疾患患者、個人個人に効かせることができるか”という知恵も必要不可欠であり、知識だけでは成立しないと自覚されていると思います。

これは研究にも通じるものがあり、自身の臨床現場とは遠くかけ離れた（と思われる）研究論文でさえ、それを活用させる知恵によっては、自らの臨床に生かすこともできるのではないのでしょうか。外面上は無関係、難解であっても、どう工夫できるかは自分次第です。理学療法の臨床現場も多様化していますから、普段とは違う目で読んでみるのも、良いのではないのでしょうか。

総説では「集中治療室からはじめる物理療法」、「腰部脊柱管狭窄症における生物心理社会モデルに基づいた包括的評価と行動変容に向けた理学療法戦略」という臨床での多くのヒントが隠されている貴重な論文となっています。本号だけではなくバックナンバー、今後発刊される「理学療法学」にも注目して下さい。

(対馬栄輝)

理 学 療 法 学

第53巻 第3号

2026年6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

