

理学療法学

Physical Therapy Japan

2025
VOL. 52
No.4

●研究論文（原著）

脳卒中患者のバランス機能と関連する脳領域

—Support Vector Regression-lesion Symptom Mappingによる解析—

…橋本優香・他

慢性心不全患者に対する包括的訪問リハビリテーションによる身体機能の推移

…古田佳祐・他

●症例報告

同種造血幹細胞移植後の移植片対宿主病治療に伴うステロイドミオパチーに対する

理学療法と栄養療法—症例報告—

…田中 孝・他

重症疾患治療後の認知機能障害症例における二重課題トレーニングが注意機能・遂行機能に

与える影響—Single Case BAB Design Study—

…松木良介・他

早期からリハビリテーション介入を開始し自宅退院に至ったBickerstaff型脳幹脳炎の1症例

…浦邊順史・他

脊髄梗塞患者の歩行再建の経過—長下肢装具を用いた歩行練習を行った—症例—

…小宮直起

●実践報告

回復期リハビリテーション病棟において装具療法を中心としたリハビリテーションを実施した

最重症脳卒中患者の治療成績

…成原 徹・他

●調査報告

生成人工知能による理学療法士国家試験の不適切問題検出能力の検討

…禹 炫在・他

●総 説

シリーズ「心疾患患者に対する理学療法のアップデート」

連載第4回目 心不全患者に対する呼吸筋トレーニング

…田屋雅信

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

連載第4回目 大腿骨頸部・転子部骨折における臨床予測ルールの適用

…川端悠士

●投稿規程

理学療法学 第52巻 第4号 2025年

目 次

研究論文 (原著)

脳卒中患者のバランス機能と関連する脳領域

—Support Vector Regression-lesion Symptom Mappingによる解析— 橋本 優香・他・187

慢性心不全患者に対する包括的訪問リハビリテーションによる身体機能の推移 古田 佳祐・他・198

症例報告

同種造血幹細胞移植後の移植片対宿主病治療に伴うステロイドミオパチーに対する

理学療法と栄養療法—症例報告— 田中 孝・他・207

重症疾患治療後の認知機能障害症例における二重課題トレーニングが

注意機能・遂行機能に与える影響—Single Case BAB Design Study— 松木 良介・他・213

早期からリハビリテーション介入を開始し自宅退院に至った

Bickerstaff型脳幹脳炎の1症例 浦邊 順史・他・219

脊髄梗塞患者の歩行再建の経過—長下肢装具を用いた歩行練習を行った一症例— 小宮 直起・224

実践報告

回復期リハビリテーション病棟において装具療法を中心としたリハビリテーションを

実施した最重症脳卒中患者の治療成績 成原 徹・他・231

調査報告

生成人工知能による理学療法士国家試験の不適切問題検出能力の検討 禹 炫在・他・239

総 説

シリーズ「心疾患患者に対する理学療法のアップデート」

連載第4回目 心不全患者に対する呼吸筋トレーニング 田屋 雅信・245

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

連載第4回目 大腿骨頸部・転子部骨折における臨床予測ルールの適用 川端 悠士・250

投稿規程 255

CONTENTS Vol. 52 No. 4 2025

Research Reports (Original Article)

- Brain Regions Associated with Balance Function in Stroke Patients:
A Support Vector Regression-lesion Symptom Mapping Analysis Hashimoto Y., *et al.* • 187
- Changes in Physical Function with Home-visit Rehabilitation for Patients
with Chronic Heart Failure Furuta K., *et al.* • 198

Case Reports

- Physical Therapy and Nutrition Therapy for Steroid Myopathy Associated with Graft Versus Host
Disease Treatment after Allogeneic Hematopoietic Stem Cell Transplantation:
A Case Report Tanaka T., *et al.* • 207
- Effects of Dual-task Training for a Patient with Cognitive Impairment in ICU:
Single Case BAB Design Study Matsuki R., *et al.* • 213
- A Case of Bickerstaff Brainstem Encephalitis Discharged Home after Early Rehabilitation
Intervention Urabe J., *et al.* • 219
- Course of Gait Reconstruction in Patients with Spinal Cord Infarction:
A Case of Gait Practice with Knee-ankle-foot Orthosis Komiya N. • 224

Practical Report

- Treatment Outcomes of Severe Stroke Patients Who Underwent Rehabilitation Focused on Bracing
in a Rehabilitation Ward Narihara T., *et al.* • 231

Clinical Report

- Detection Accuracy of Generative Artificial Intelligence for Inappropriate Items in the National
Examination for Physical Therapists Woo H., *et al.* • 239

Reviews

- Respiratory Muscle Training in Patients with Heart Failure Taya M. • 245
- Application of Clinical Prediction Rules in Hip Fractures Kawabata Y. • 250

研究論文 (原著)

脳卒中患者のバランス機能と関連する脳領域* —Support Vector Regression-lesion Symptom Mappingによる解析—

橋本優香¹⁾ 佐藤 亮¹⁾ 日塔啓太¹⁾
矢吹祐太郎¹⁾ 高橋 成²⁾ 阿部浩明^{2) #}

要旨

【目的】脳卒中後のバランス機能低下と関連する脳領域を明らかにし、さらに下肢運動麻痺の影響を調整して関連脳領域を検証することを目的とした。【方法】バランス機能障害を有する初発脳卒中者57名を対象とした。support vector regression-lesion symptom mappingを用いてBerg Balance Scale (以下、BBS) と関連する脳領域を調査し、さらに下肢運動麻痺の影響を調整して解析を実施した。【結果】退院時BBSは上縦束、中心前回、皮質脊髓路と関連し、下肢運動麻痺で調整後は上縦束、頭頂連合野、中心後回、一次体性感覚野へ投射する線維が関連した。【結論】退院時BBSには運動関連領域と上縦束の損傷が関与し、下肢運動麻痺を調整すると頭頂連合野を含む体性感覚領域の損傷が関与したことから、バランス機能障害には下肢運動麻痺に加え感覚統合や前頭頭頂ネットワークの損傷も影響する可能性が示唆された。

キーワード 脳卒中, バランス, Support vector regression-lesion symptom mapping

はじめに

バランス機能障害は歩行自立度の低下や日常生活動作など、国際生活機能分類における活動制限、ひいては参加制約につながる可能性もあり、その改善は脳卒中片麻痺者の日常生活動作の自立度や活動範囲を左右する重要な課題の一つである¹⁻³⁾。脳卒中患者を対象としたバランス機能障害に対するアプローチを検討する上で、バランス機能の低下に関連する要因を特定すること、また、バランス機能の低下に関連する脳領域を特定することができれば、効果的なアプローチを提供する上で考慮すべき情報の一つになる可能性があり、予後予測の側面においても有益な情報となり得ると思われる。

近年、脳の損傷領域と様々な機能障害についての研究が複数報告され機能障害と関連する脳領域が明らかとなっている⁴⁻⁸⁾。上肢運動麻痺の重症度は皮質脊髓路(corticospinal tract: 以下、CST)の損傷程度に関連していることが拡散テンソル(diffusion tensor imaging: 以下、DTI)を用いた研究で明らかになっており⁹⁾、さらにvoxel based lesion symptom mapping (以下、VLSM)を用いて上肢運動麻痺の重症度と関連する病巣を明らかにした研究ではCSTとその周辺組織の関連を明らかにしている¹⁰⁾。これらを用いて、脳画像による機能障害の予測は可能となってきており、予後予測およびゴール設定の際の資料として活用可能である。しかし、バランス機能障害に関しての報告は機能障害と比べて一貫しておらず、内包後脚、被殻、放線冠、島や視床などがその機能の低下に関連したと報告されている¹¹⁻¹³⁾。その中で共通して報告されているのが内包後脚や中心前回を中心とした上肢や下肢の運動麻痺と関連があるCSTが走行する白質及び起始する皮質領域であり、バランス機能には下肢の運動麻痺が影響していることはこれまでの研究でも明らかである^{14) 15)}。しかしながら、臨床では下肢運動麻痺が比較的軽症であってもバランス機能の低下を呈する症例や、逆に下肢運動麻痺が重度であるにも関わらず、日常生活動作や歩行などのパフォーマンスが安定し

* Brain Regions Associated with Balance Function in Stroke Patients: A Support Vector Regression-lesion Symptom Mapping Analysis

1) 南東北福島病院リハビリテーション科
Yuka Hashimoto, PT, Ryo Sato, PT, Keita Nitto, PT, Yutaro Yabuki, PT:
Department of Rehabilitation, Minamitohoku Fukushima Hospital

2) 福島県立医科大学保健科学部
(〒960-8516 福島県福島市栄町10-6)
Jo Takahashi, PT, Hiroaki Abe, PT, PhD: School of Health Sciences,
Fukushima Medical University

E-mail: abe-hrk@fmu.ac.jp
(受付日 2024年11月13日/受理日 2025年4月30日)
[J-STAGEでの早期公開日 2025年8月2日]



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

© 2025 日本理学療法学会連合

自立に至る症例を経験することがある。過去のバランス機能障害と脳損傷領域の関連について調査した研究⁴⁻⁸⁾では、下肢運動麻痺に関連する領域は共通してバランス機能の低下と関連していたものの、下肢運動麻痺の影響を調整した場合にはどのような領域が関連するのかわからない。つまり、下肢運動麻痺の重症度と直接関係せず、かつ、バランス機能の低下に関わる領域は不明である。

近年、support vector regression-lesion symptom mapping (以下、SVR-LSM) という画像解析方法が確立され、この方法を用いた場合、特定の因子を共変量として投入し、その因子の影響を調整した上で、標的とする機能障害や能力低下と関連する領域の特定が可能となった¹⁶⁾¹⁷⁾。下肢運動麻痺の影響を調整した場合にバランス機能障害と関連する領域が明らかになれば、下肢運動麻痺が軽度でありながらバランス機能が低下している症例への神経学的要因を考慮した治療アプローチ選択における有用な手がかりとなることが期待され、また、それらの領域が損傷を免れているという情報は重度の下肢運動麻痺を呈した症例でも移動や日常生活の自立度を改善し得ることを予測する新たな臨床的な資料となる可能性があると思われる。

バランス機能を定量的に評価する指標にはBalance Evaluation Systems Test (以下、BESTest) やmini-BESTest、Berg Balance Scale (以下、BBS) など複数存在する¹⁸⁻²⁰⁾。そのなかでBBSは、評価者間、評価者内、および再テストにおける高い信頼性が報告されている。また、Postural Assessment Scale for Stroke PatientsやFunctional Reach Test、Rivermead Mobility Indexなどの他のバランス評価指標、さらには歩行速度との相関による妥当性がシステマティックレビュー²¹⁾にて報告されており、脳卒中理学療法ガイドラインでもバランス機能の評価バッテリーとして推奨されている²²⁾。BBSは評価項目も限られており、所要時間も短く、臨床では脳卒中患者のバランス機能の評価に広く使用され、転倒リスクの指標²⁰⁾²³⁾や歩行自立度予測のカットオフ値を検討した報告も散見される²⁴⁾²⁵⁾。このことから本研究ではバランス機能の指標としてBBSを使用することとした。

本研究の目的は機械学習モデルを回帰分析手法に応用し、関連病巣の抽出が高い精度で可能なSVR-LSMを用いてバランス機能障害と関連する脳領域を調査し、さらにバランス機能と関連が示された下肢運動麻痺の影響を調整した上でバランス機能障害と関連する脳領域を明らかにすることである。

対象および方法

1. 対象

2021年8月から2023年10月までの間に脳卒中を発症

し、脳梗塞または脳出血の診断を受け南東北福島病院に入院した患者416名のうち初発の脳卒中患者であった257名を後方視的に抽出した。対象には急性期病棟へ発症直後より入院した患者、他院で急性期治療を受けた後、当院回復期病棟へ転院となった患者が含まれている。除外基準は死亡した患者、日常生活に関わる重篤な合併症（骨折や脊髄障害など）がある患者や入院中に症状が増悪した患者、magnetic resonance imaging (以下、MRI) を撮像していない患者、入院前の日常生活が自立していない患者、画像の不備がある患者とした。除外基準で除外されなかった156名のうちデータ欠損がなく、入院時のBBSがカットオフ値である46点以下の患者が60名おり、これらを対象とした。画像解析において病巣の重なりが5%である3に満たない病巣のみ有した患者が3名おり、画像解析時に排除された。それらを除いた57名が最終的な解析の対象となった。また、退院時のBBSが欠損した患者が2名おり、最終BBSの解析時には排除された (図1)。

2. データ収集

解析対象となった57名の基本的情報はカルテより遡及的に収集した。年齢、脳病変の側性 (右/左)、病態 (脳梗塞/脳出血)、在院日数、発症から当院での理学療法介入開始及び、MRI撮像までの日数など、臨床的特性と人口統計学的情報が収集された。さらに入院時と退院時に実施した各種評価の情報をカルテより収集した。バランス機能の評価としては、BBSを調査した。バランス機能以外の機能評価としては、下肢機能評価としてFugl Meyer Assessment score (以下、FMA)²⁶⁾の下肢運動項目 (FMA-lower extremity: 以下、FMA-LE) を、感覚障害の評価としてStroke Impairment Assessment Set (以下、SIAS)²⁷⁾の表在覚と位置覚のスコアを、筋緊張の評価として、SIASの腱反射と筋緊張、半側空間無視の評価としてはSIASの視空間認知項目を採用した。FMAは脳卒中片麻痺患者の運動機能やパフォーマンスの回復を定量的に評価することのできる評価方式で、運動機能、感覚機能、バランス機能、関節可動域、疼痛の5項目から構成される。下肢運動は最大34点で点数化される。SIASは脳卒中により引き起こされる身体機能への影響の程度を定量的に測定するための包括的な評価ツールであり、運動機能、筋緊張、感覚、関節可動域、疼痛、体幹機能、視空間認知、言語機能、非麻痺側の機能についてそれぞれ評価し点数化する。感覚機能については0~3点で上下肢それぞれ評価される。腱反射と筋緊張は0~3点、うち2点は2A、2Bに分けられ、亢進と減弱を区別している。本研究では腱反射と筋緊張の亢進と減弱は分類せず、上下肢を合計し6点満点で点数化した。視空間認知については3点満点で評価した。認知機能につい

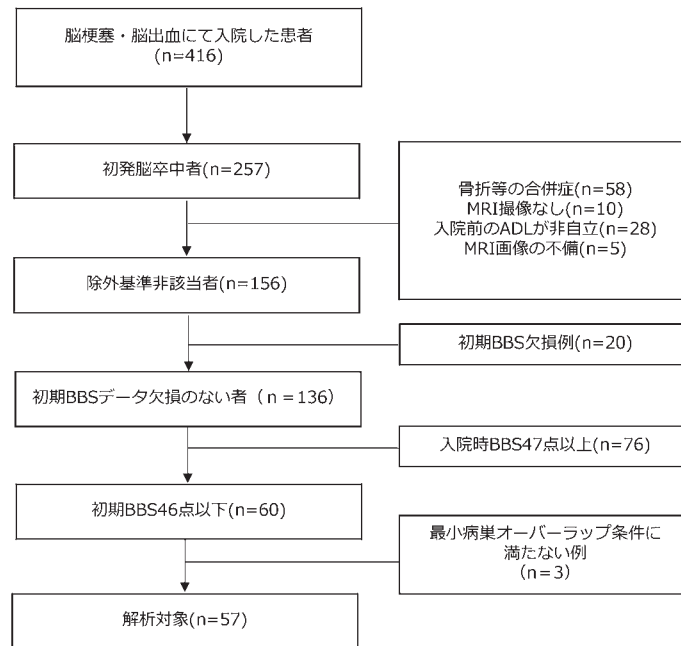


図1 解析対象者の取り込みと除外

ては mini-mental state examination (以下, MMSE)²⁸⁾ を使用した。

3. 病変解析

病変の特定にはMRIcronソフトウェア (<http://www.mricron.com/mricron>) を用いた。Diffusion weighted imaging (以下, DWI) と Fluid attenuated inversion recovery (以下, FLAIR) は, statistical parametric mapping (以下, SPM) 12 (www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm) を使用して, あらかじめ各被験者の T2 強調画像と coregister によって位置合わせを行った。虚血性病変の特定においては, 入手可能な画像のうち, 発症から最も時間が経過していない DWI を用いて病変の位置と大きさを定義した。出血性病変の特定には FLAIR を用いた。急性期や亜急性期の FLAIR では出血性病変の一部が高信号域や低信号域として描出される。特に出血性病変の場合には, 血腫周囲の圧排を受けた組織が虚血化しその虚血性変化が FLAIR にて高信号域として捉えられる特性を活かして, 高信号低信号域も含めて病巣 (血腫周囲浮腫) として選択した。血腫そのものは低信号域として描出されるため高信号域の内部の信号変化が確認できる領域を病変として, 病巣の位置と大きさを定義した。MRIcron を使用してマニュアルにて病変を描き, 病変の正確な特定のために intensity filter 機能を使用し半自動的に病巣を抽出した。病変と非病巣側の正常組織の信号値との対比を行い, Galinovic らの先行研究²⁹⁾ を参考として正常組織の 1.2 倍の信号値を超えたものを異常と判定することにし, DWI, FLAIR とともに非病巣側正常組織よりも 120% 以上の高信号領域, および, 80% 未満の低信号領域が病巣として選択されるよう独自

に設定した。なお, 発症初期の画像が病巣を十分に捉えていない場合, すなわちその後に撮像した画像にて病巣の拡大が認められた場合には最大の病巣を描出している画像を解析に利用した。全ての病変は検出力を高めることを目的に右半球に反転して解析した。

SPM12 を使用して空間的標準化 (normalization) を図った。まず T2 強調画像に病巣画像をマスク画像として掛け合わせ, T2 強調画像から病変を除外した。病変がマスクされた T2 強調画像を segmentation し, その情報に基づいて空間的標準化を行い, 病巣画像も同様のアルゴリズムに基づいて空間的標準化した。T2 強調画像が撮像されていなかった症例が 1 名存在したため T2 強調画像に換えて FLAIR を用いた。その後, 病変画像が正しく空間的標準化がなされていることを肉眼にて確認し, さらに Montreal Neurologic Institute (以下, MNI) 152 テンプレートを使用して, MNI 空間に正規化した。それぞれの脳卒中病変に関連する MRI ボクセル数が計算され病巣体積として算出された。この volume データによって SVR-LSM¹⁶⁾¹⁷⁾ の補正が行われ, 病巣データと BBS データに対して調整が行われるよう設定した。すべての画像解析プロセスは経験豊富な画像解析に精通した者 (H.A.) が精度を確認した上で解析した。この画像解析者には臨床データは提示されておらず盲検であり, 画像情報のみが提示された状態で解析が行われた。

BBS と関連する病巣を特定するために MATLAB にて起動する Graphical User Interface の解析ツールである SVR-LSM を使用した¹⁷⁾。SVR-LSM¹⁶⁾ は, 多変量解析技術で, 機械学習理論を応用し, すべての病変ボクセルを考慮しながら, 損傷を受けたボクセルと行動との関連性

を特定する。SVR-LSMは、真に関連する病変に隣接するボクセルは自ずと関連がないのに関連があると誤検出されてしまうという問題³⁰⁾、数万回の検定を繰り返すことによって生じるエラー（偽陽性）の補正によって生じてしまうタイプ2エラー（偽陰性を生み出すこと）が生じる問題³¹⁾、血管解剖学的影響を受けて病変頻度が高まる領域が自ずと生じることによる統計的検出力の不均衡の問題³²⁾³³⁾など、これまでのVLSMで避けられなかったいくつかの制限を克服できる。SVR-LSMは、単一の行動に複数の脳領域が関与している場合、VLSMよりも優れている³²⁾³⁴⁾とされている。その理由はVLSMでは、各ボクセルが個別に解析されるため、特定の行動に複数の脳領域が関与している場合、それらの相互作用や複雑な関係性を十分に捉えられないことがあるためである。SVR-LSMでは、機械学習を活用しており、複数の脳領域が連携して行動に影響を与えている場合でも、それらの関係をより正確に捉えることができる。つまり、各ボクセルごとの関係をモデル化するのではなく、病変マップ全体との行動の関係を非線形関数を用いてモデル化できる¹⁶⁾。これにより、ボクセル間の相関が本質的に考慮され、病巣と行動・症状の関係をより鋭敏に検出できる。SVRモデルは、脳のどこに損傷があるかの情報を使って、その損傷が行動データにどう影響するかを予測するように作られたモデルで、脳全体の損傷状況を把握し、正確にその影響を予測できるように訓練されている。

本研究では全対象者のうち少なくとも5% (n=3) の被験者で病変を示したボクセルのみを最終の関連病巣解析に含めた。この設定によって病巣の重なりが5%未満となっている領域はSVR-LSMの関連病巣として除外されることになる。

10,000回のpermutation testを行い、統計的マップはDeMarcoら¹⁷⁾の設定を参照としてvoxel-wise threshold (p<.005)でボクセル単位において補正し、cluster wise threshold (p<.05)にて基準を超えるクラスターのみを扱うように補正した。Cluster thresholdの基準を超えた統計学的に意味のあるボクセルの統計量を表すカラーマップを作成し、病巣をFMRIB Software Library (FSL)に付属するJHU White-Matter Tractography Atlas, Harvard-Oxford Cortical Structural Atlases, Atlas of the Human Sensorimotor Tractsにオーバーレイし、関連領域を特定した。解析は共変量を病変のサイズのみとしてSVR-LSMを行ったのちに、下肢運動麻痺の影響を調整するためFMA-LEを共変量として投入した上で解析を行った。なお、この際にFMA-LEのデータが欠損していた3名は解析から除外した。

4. 統計処理

カルテから得た情報（基本的情報と理学療法評価項目）の平均値、標準偏差を求めた。BBSと関連する要因

を調査する目的で、カルテから得た情報とBBSとの相関をSpearmanの相関係数にて調査した。統計解析には統計ソフト改変Rコマンダー 4.4.1 (<https://home.hirosaki-u.ac.jp>)を使用した。

5. 倫理的配慮

本研究は南東北福島病院倫理委員会の承認を得て後方視的に実施した（承認番号：23-4）。対象者には、研究の趣旨と内容、得られたデータは研究の目的以外には使用しないこと、および個人情報の漏洩には注意することについてホームページを利用したオプトアウトにて告示した。

結 果

1. 対象者の特性

患者の人口統計学的情報と臨床的特性を表1に示す。入院時BBSは平均22.61±16.65点、退院時BBSは40.10±17.23点だった。入院時FMA-LEの平均が23.01±10.99点、退院時FMA-LEの平均が28.01±8.28点であった。

2. 病変解析結果

1) 全解析対象者の病変オーバーレイ（病変の重なりを示す画像）

図2に全解析対象者の病変オーバーレイを示す。病巣

表1 解析対象者の基本的情報 (n=57)

項目		
年齢	74.12±13.92	74 (67-87)
病変側 (右/左)	29/28	
テント下病変	14	
診断名 (脳梗塞/脳出血)	45/12	
在院日数	89.28±50.81	
発症から当院理学療法開始までの日数	13.33±17.35	
発症から画像撮像日までの日数	12.54±17.59	
入院時BBS	22.61±16.65	21 (7-40)
退院時BBS	40.10±17.23	48.5 (34.5-52)
入院時FMA-LE	23.01±10.99	28 (14-32)
退院時FMA-LE	28.01±8.28	31.5 (25.25-34)
入院時SIAS 腱反射	4.85±1.54	6 (4-6)
退院時SIAS 腱反射	5.13±1.27	6 (4-6)
入院時SIAS 筋緊張	4.91±1.35	5.5 (4-6)
退院時SIAS 筋緊張	5.13±1.09	6 (4-6)
入院時SIAS 表在覚	4.5±2.09	6 (3.75-6)
退院時SIAS 表在覚	4.90±1.72	6 (4-6)
入院時SIAS 位置覚	4.46±2.05	6 (4-6)
退院時SIAS 位置覚	4.94±1.78	6 (4-6)
入院時SIAS 視空間認知	2.5±0.855	3 (2-3)
退院時SIAS 視空間認知	2.7±0.72	3 (3-3)
入院時MMSE	23.04±6.48	24 (21-28)
退院時MMSE	25.68±3.58	26 (23-29)

平均値±標準偏差、中央値（四分位範囲）。

BBS: Berg Balance Scale, FMA-LE: Fugl Meyer Assessment score（下肢運動項目）、SIAS: Stroke Impairment Assessment Set, MMSE: mini-mental state examination.

は放線冠や内包, 中心前回, 中心後回などを中心に広範囲に分布がみられた。

2) SVR-LSM

SVR-LSMによる解析の結果, 入院時のBBSと関連する脳領域は特定できず, 退院時BBSと関連する脳領域が存在した。図3に退院時BBSと関連した領域のカラーマップを作成したものを示した。緑色で示された部分が病変サイズ以外の共変量を投入せず, 退院時BBSと関連のあった領域である。そこで, 退院時BBSと各種評価の相関を調べた結果, 相関の高かったFMA-LEを共変量として投入し, 再度SVR-LSMを行い, 下肢運動麻痺の影響を調整した上での退院時BBSと関連する脳領域の特定を試みた。図3の赤色で色付けされた部分が, FMA-LEの結果を共変量として投入した場合に退院時BBSと関連した領域である。FMA-LEで補正することで, 関連する病変は背側へシフトする結果となった。

病巣がテント下に及んでいた症例が14名存在した。この14名を対象から除外して同様の解析を行った結果を確認し, 関連病巣が極めて近似したことを確認した。

3) 関連領域の同定

図4は病変サイズ以外の共変量を投入しなかった場合の関連領域を緑色で示している。上縦束 (superior longitudinal fasciculus: 以下, SLF) (a), 中心前回(b), CST

(c)と一致した。また, 共変量をFMA-LEとした場合の関連領域を図5に赤色で示す。SLF (a), 上頭頂小葉(b), 下頭頂小葉(c), 中心後回(d), 一次体性感覚野へ投射する線維(e)と一致した。

4) BBSとの相関

共変量として投入する変数を決定するために行った, 退院時BBSと各種評価との相関を表2に示す。退院時BBSは退院時FMA-LEと中等度の相関を示し, SIAS (位置覚) とは弱い相関を示した。

考 察

本研究ではSVR-LSMを用いてバランス機能障害と関連する脳領域の特定を試みた。その結果, 入院時のBBSとの有意な関連を示す領域の特定はできなかったが, 退院時BBSの結果と関連する脳領域が明らかとなった。共変量を病変サイズのみとし, その他の共変量を投入せずに解析した結果, 退院時BBSと関連した領域はSLF, CST, 中心前回であった。また, FMA-LEを共変量として投入して解析を行った場合, SLF, 上頭頂小葉, 下頭頂小葉, 一次体性感覚野へ投射する線維, 中心後回に関連領域がみられた。すなわちこれらの領域が退院時のBBSと関連する領域であることが示唆された。

共変量を病変サイズのみとして解析を行った結果, 中

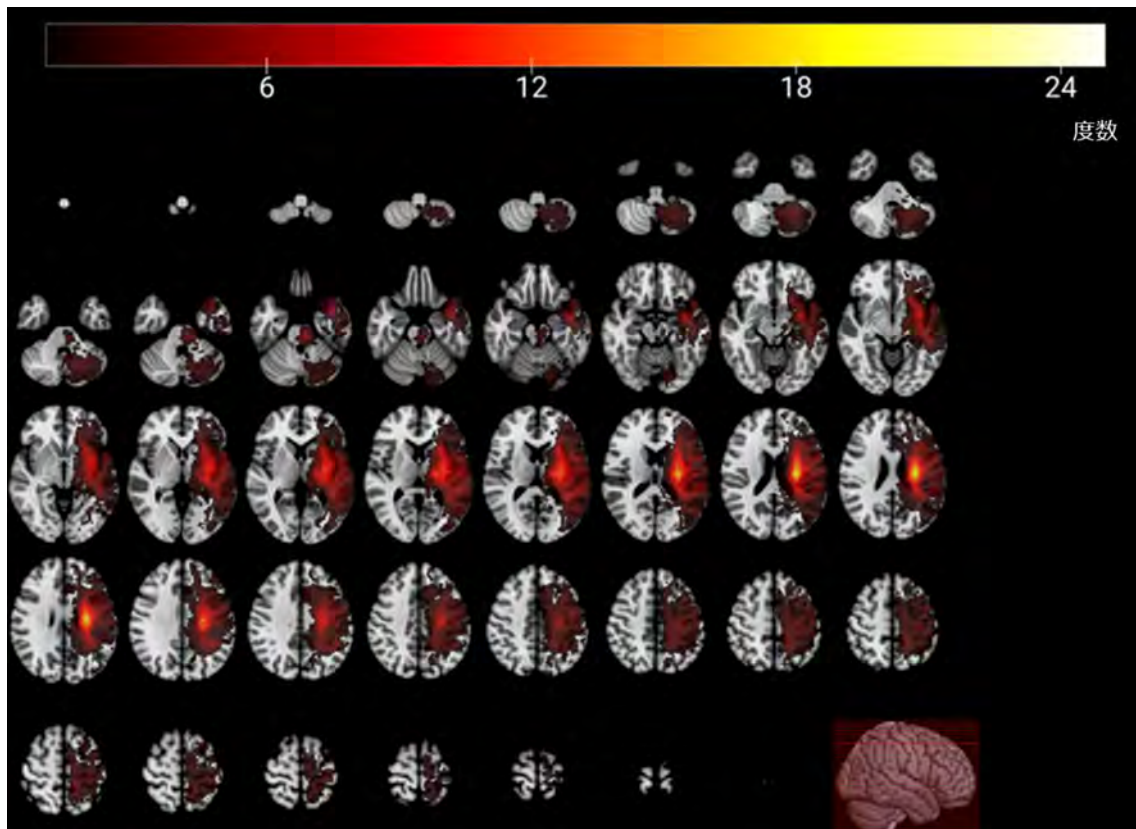


図2 全解析対象者の病変オーバーレイ

空間的標準化を行い標準的なMINI脳に全解析対象者の病巣を重ね合わせた。濃淡は病巣の重なり(度数)を示し病変の重なりが強いほど黄色～白で表示されている。

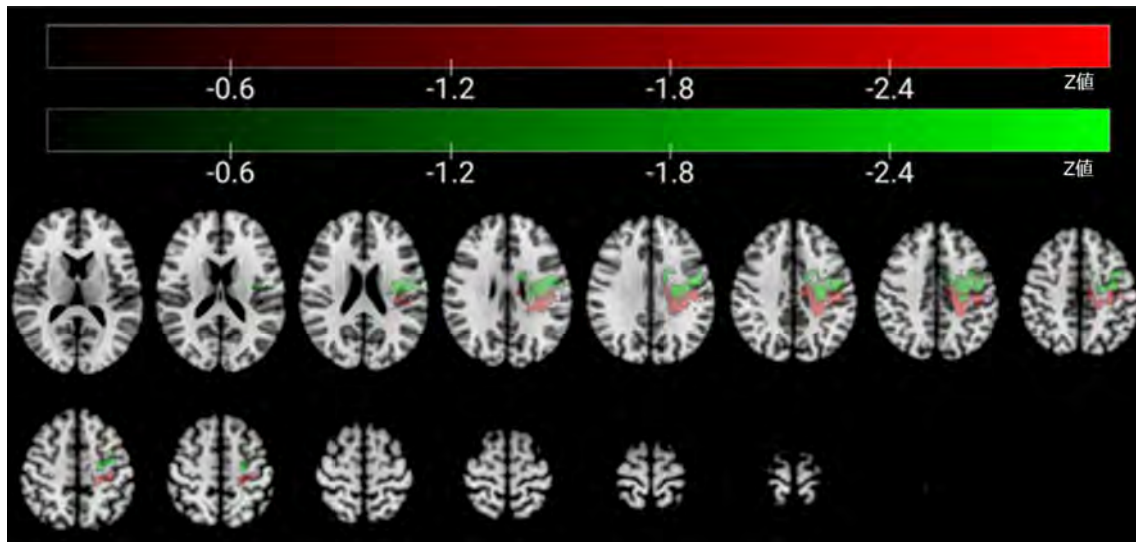


図3 support vector regression-lesion symptom mapping (SVR-LSM) の結果

緑：病変のみを共変量とした場合の退院時BBSと関連した領域。赤：FMA-LEを共変量として投入し退院時BBSと関連した領域。色の濃淡はZ値を示す。FMA-LEで補正することで関連する病変は背側へシフトした。

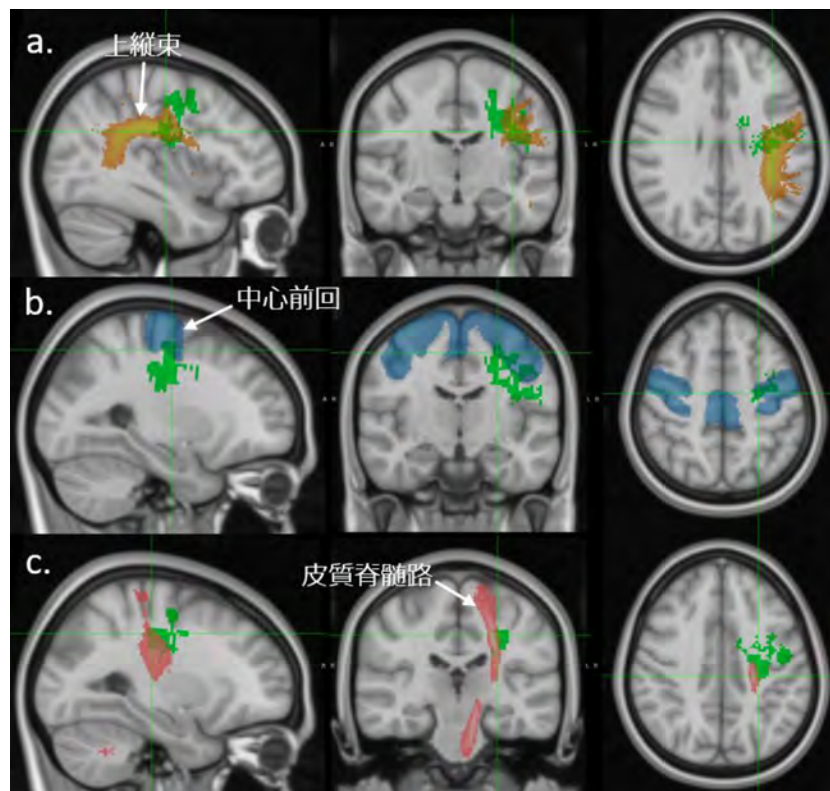


図4 関連領域の同定 (共変量：投入なし)

病変サイズ以外の共変量を投入せず統計解析を行い、退院時BBSと有意な関連が認められた脳領域を緑色で示した。関連領域の解剖学的位置を明確にするため、矢状面・前額面・水平面の画像上に標準アトラスを重ね合わせて表示した。

a. SLF(橙)と一致している (MNI coordinates: $-37, -15, 27$)。b. 中心前回 (淡青)と一致している (MNI coordinates: $-26, -13, 51$)。c. CST (桃)と一致している (MNI coordinates: $-24, -24, 42$)。

心前回やCSTとの一致が認められた。中心前回には一次運動野(4野)が位置し、そこからCSTが下降することが明らかであり³⁵⁾、その大部分が内包後脚を通過し、錐体交叉して体部位局在に対応した対側の体幹・上下肢の運動を制御するといわれている³⁵⁾³⁶⁾。BBSと各種評価の相関を調べた結果、BBSは下肢運動麻痺(FMA-LE)

との関連を示しており、BBSが座位や立位、移乗、立位バランスを評価する指標であることから下肢運動麻痺の影響を受けることが自明である。我々の結果において、中心前回やCST走行領域にBBSとの関連領域が確認されたことは下肢運動麻痺との関連性を示唆すると思われる、先行研究の結果を支持するものとなった¹¹⁻¹³⁾。

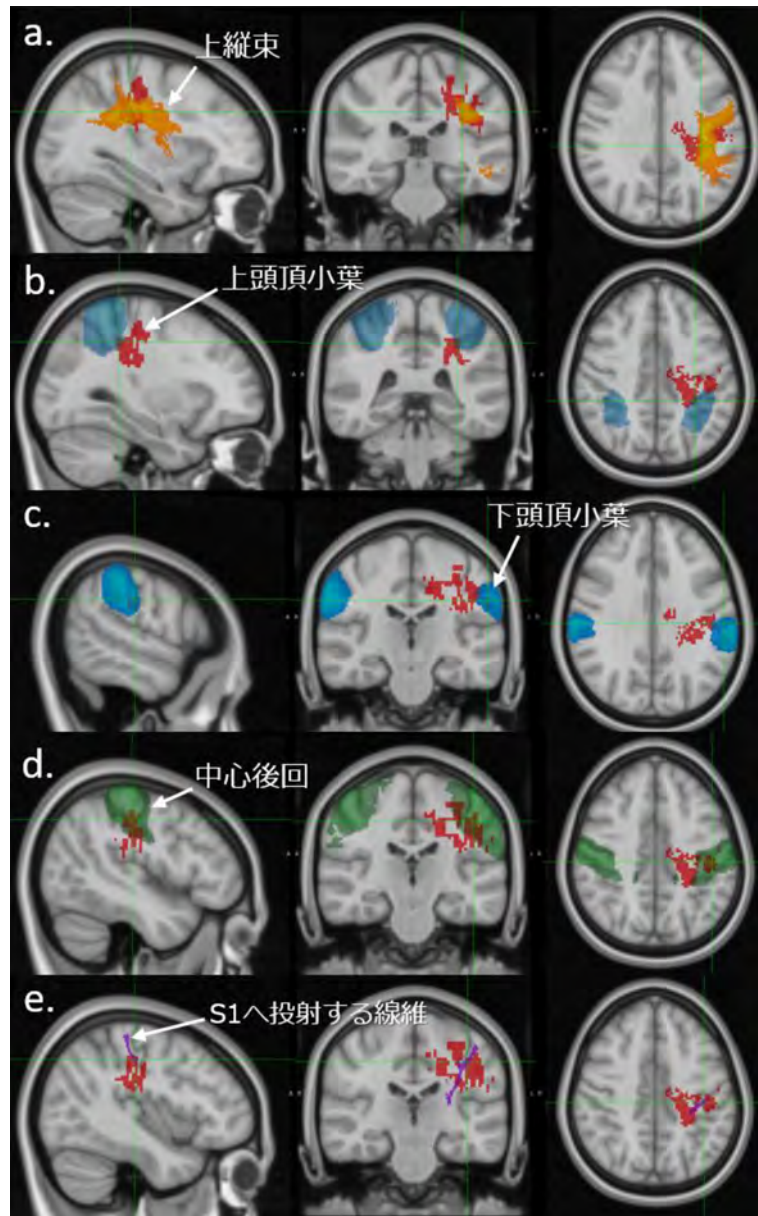


図5 関連領域の同定 (共変量：FMA-LE)

FMA-LEを共変量として統計解析を行い、退院時BBSと有意な関連が認められた脳領域を赤色で示した。関連領域の解剖学的位置を明確にするため、矢状面・前額面・水平面の画像上に標準アトラスを重ね合わせて表示した。

a. SLF(橙)と一致している (MNI coordinates: $-32, -30, 32$)。b. 上頭頂小葉(淡青)と一致している (MNI coordinates: $-30, -38, 42$)。c. 下頭頂小葉(水色)と一致している (MNI coordinates: $-57, -21, 31$)。d. 中心後回(緑)と一致している (MNI coordinates: $-45, -23, 43$)。e. 一次体性感覚野(S1)へ投射する線維(紫)と一致している (MNI coordinates: $-39, -24, 43$)。

一方、臨床においては、下肢運動麻痺が軽度にも関わらずバランス機能の低下がみられ、日常生活や歩行の自立が困難となる症例を経験することもあり、下肢運動麻痺以外にバランス機能低下に関わる要因がある可能性もあると考えられる。これまで損傷領域と機能障害や能力低下との関連を調査する方法としてVLSMが用いられてきた^{4) 11) 12)}。しかし、従来のVLSMには複数の関連領域が存在した場合には解析に限界があるため、下肢運動麻痺の影響を調整した上での新たな検証が必要と考えられる。我々が渉猟し得る限り、下肢運動麻痺の影響を調整した上でBBSと関連する脳領域を特定した研究は存在せず、我々が行った研究が下肢運動麻痺(FMA-LE)を

共変量とした上で関連領域の特定を試みた初の報告となる。FMA-LEによって調整した結果、関連領域が背側にシフトし、SLF、上頭頂小葉、下頭頂小葉、中心後回と一次体性感覚野へ投射する線維の走行領域に関連がみられた。このことはBBSと強く相関している下肢運動麻痺以外にバランス機能障害へ影響を及ぼしている要因が存在することを示唆していると考えられる。後方にシフトした領域は触覚や位置覚に関する固有感覚情報を伝え認識する領域であり、同領域の損傷は触覚や固有感覚といった体性感覚障害に関連する³⁷⁾。脳卒中後の体性感覚障害は運動能力や脳卒中後のリハビリテーションに影響を与える^{38) 39)}。ヒトでは運動課題に適応するため、

表2 退院時BBSと各種評価の相関

	相関係数 (r)	p 値
年齢	-0.364	0.005
在院日数	-0.268	0.044
発症から理学療法開始までの日数	-0.120	0.376
発症からMRI撮像までの日数	-0.098	0.466
退院時FMA-LE	0.596	<0.001
退院時SIAS 腱反射	0.179	0.196
退院時SIAS 筋緊張	0.191	0.167
退院時SIAS 表在感覚	0.329	0.018
退院時SIAS 位置覚	0.449	<0.001
退院時SIAS 視空間認知	0.307	0.028
退院時MMSE	0.225	0.25

Spearmanの順位相関係数。

FMA-LE: Fugl Meyer Assessment score (下肢運動項目), SIAS: Stroke Impairment Assessment Set, MMSE: mini-mental state examination.

常に感覚フィードバックが提供され、感覚機能は運動のパフォーマンスにおいて重要な役割を果たす⁴⁰⁾。閉眼での立位バランスや方向変換などの動的なバランスを要求される課題の遂行において体性感覚の重要性は自明であり、実際に、退院時BBSはSIAS(位置覚)と相関していたため、退院時BBSへの関与は妥当と考えられる。さらに関連領域は上頭頂小葉・下頭頂小葉にも及んでいた。頭頂連合野は体性感覚、視覚、聴覚などを統合し、運動の制御にも関与する⁴¹⁾。頭頂連合野の機能として、上頭頂小葉(BA5)には体性感覚ニューロンよりも複雑な構造をもった、複数の関節角度の組み合わせや関節角度と皮膚刺激の組み合わせに特異的に反応するニューロンが存在し、関節と皮膚からの感覚情報を統合処理することで、自己身体の姿勢パターンを全体的に捉え、身体図式(body schema)が生成されと考えられている⁴²⁾。さらに下頭頂小葉にはmulti-modal neuronと呼ばれる視覚と体性感覚、前庭覚の統合に関与している細胞が存在し、視覚を伴った身体像の知覚に関与していると考えられている。これらの生成された情報は補足運動野、運動前野、前頭眼野などの皮質運動関連領域に伝達され、随意運動のプログラムが生成され、目的の動作に随伴する姿勢制御プログラムが皮質-網様体投射を介して予期的姿勢調節を誘発するとされている⁴³⁾。今回、頭頂連合野の損傷に関与した背景には調査対象者のうち同領域に損傷が及んだ症例において、視覚、体性、前庭と言った姿勢制御に関わる感覚の統合が障害され、body schemaの生成においてなんらかの影響が生じていた可能性があると考えた。BBSの課題は、上肢リーチや下肢挙上、起立や振り返りなどの姿勢変化を伴うものが多く、リアルタイムでの自己身体位置の把握が求められる。多感覚の適切な統合が行われることが垂直知覚の構築に影響して

いることを示唆する報告もある⁴⁴⁾。すなわち、頭頂連合野の損傷が身体感覚情報の統合過程において潜在的な影響を及ぼした結果、課題を遂行する上での姿勢保持に影響を与えBBSスコアの低下に関連していた可能性があると考えられる。関連領域の一部はSLFにも一致した。頭頂連合野で統合された感覚情報をもとに、前頭葉領域(運動前野・補足運動野)で運動プログラムが構成され、一次運動野の興奮により運動が出現する前頭-頭頂ネットワークがある⁴⁵⁾。このネットワークが目標指向行動の基礎となる様々な認知プロセスに関与していることが示唆されている⁴⁶⁾⁴⁷⁾。このネットワークの同側半球間皮質の連絡を担う線維束がSLFであり、SLF Iは、上頭頂小葉と補足運動野および運動前野を相互に結び、下肢と体幹の身体部位の位置に関する情報を前頭葉へ伝達し運動の調整に関わる⁴⁸⁾。SLF IIは下頭頂小葉から前頭回中部に投射し、視空間的な情報を運動関連領域へ伝える⁴⁹⁾⁵⁰⁾。SLFの損傷は、目的の運動における身体位置情報(すなわちbody schema)の障害を引き起こし、SLF IIの損傷が空間における到達運動の障害に関与する⁵¹⁾との報告もある。リーチ動作や下肢挙上などの空間の中での到達運動を必要とする課題において、SLFの損傷が潜在的な影響を与えた可能性があると考えられる。

本研究の結果、退院時BBSと関連する脳領域として、SLF、CST走行領域、中心前回が抽出され、FMA-LEを共変量として調整した際には、SLF、上頭頂小葉、下頭頂小葉、一次体性感覚野へ投射する線維および中心後回が関連領域として抽出された。これらの結果は、脳卒中後のバランス機能障害に関連する脳領域を示し、今後の調査によって神経学的要因を考慮したリハビリテーション戦略の構築に資する情報を得るための手がかりとなり得る情報である。下肢の運動麻痺が軽度にも関わらずバランス機能障害を呈す症例や重度運動麻痺でもバランス能力が高い症例など、必ずしも下肢の運動麻痺の回復とバランス機能障害の回復が一致しない症例を臨床では経験することがある。そのような症例のバランス能力を左右する要因として今回明らかとなった領域の損傷の有無が潜在的に関与している可能性が考えられる。つまり下肢運動麻痺に関連する領域のみの損傷例と、今回FMA-LEで調整した上で関連が明らかとなった領域も併せて損傷している症例においては、バランス機能障害の予後が異なる可能性があり、異なる背景を持った症例ごとの治療戦略を検討すべきであることを示している可能性もあると考えられる。今後は、これらの関連領域が実際にバランス機能障害のどのような要因に関連するのか、関連領域の損傷の有無が改善に与える影響の程度はどの程度か、また予後予測の精度はどの程度かなどを検証し、リハビリテーションにおける適用可能性を調査する更なる研究が必要である。

本研究ではBBSと脳領域に関する先行研究の報告とは一部異なる結果となった。先行研究では下肢運動麻痺に関連する領域以外に、被殻¹¹⁾や島皮質¹²⁾が報告されている。本研究で用いたSVR-LSMはVLSMと比較して、病変のサイズをはじめとした共変量を投入でき、特定の関連因子の影響を調整することができる利点がある。先行研究ではBBSへの下肢運動麻痺の影響を排除した上での関連領域を特定することは困難であったが本研究ではそれを可能としている。つまり、画像解析方法の進歩に伴い、解析方法が異なるため今回の結果がこれまでのVLSMによる結果と異なることは当然の結果と考えられる。ただし、下記に示す要因は研究の限界として考慮する必要があり、研究結果が異なることに影響した可能性があると推察される。一つは対象者の年齢である。本研究は74.12±13.92歳と、先行研究の65.77±13.85歳¹²⁾や60.9±8.9歳¹¹⁾よりも比較的高齢であった。もう一つは調査期間の相違である。先行研究では対象となるBBSスコアは概ね1ヵ月の間に行われた結果を使用しているのに対し、本研究は入院時、退院時ともにBBSの評価時期にはばらつきがあった。Duncanらは脳卒中の発症からの経過時間により機能回復の程度に違いがあることを報告している⁵²⁾。評価時期のばらつきにより機能改善がどの段階にあるのかが統一されていないことが本研究の結果に影響を及ぼした可能性がある。さらに調査対象者数の相違があり、Moonらの研究¹²⁾では102名を対象としており、本研究はそれと比較し対象者数が少なかった。その上、本研究の対象者のデータを確認すると入院時BBSの点数の偏りが大きく、中央値が21、四分位範囲が7-40とデータの範囲は広範囲だったものの、分布を確認したところ、中央値付近の度数が少なく5点以下と40点以上の双極性に偏っており、データを的確に捉えることができなかった可能性がある。これらのことが入院時BBSと脳領域の関連が示されなかったことに影響している可能性がある。これらは本研究の限界であり、年齢、評価時期、対象者数などの問題が解決されればさらに精度の高い脳領域の特定が可能となる可能性がある。

結 論

本研究はSVR-LSMを使用し、バランス機能障害と脳の関連領域の特定を試みた。その結果、退院時BBSとSLF、CST、中心前回が関連領域として抽出された。加えて、バランス機能障害に関連が明らかな下肢運動麻痺の影響を調整した上で解析を行い、頭頂連合野や体性感覚系などの領域との関連が明らかとなった。バランス機能障害には下肢運動麻痺以外に感覚統合やその伝達過程の障害が影響していることが推察された。

利 益 相 反

該当なし。

文 献

- 1) 宮本真明, 松本卓也, 他: 脳血管障害患者のバランス能力とADL自立度の関係. 行動リハビリテーション. 2012; 1: 16-22.
- 2) Lee KB, Lim SH, *et al.*: Factors related to community ambulation in patients with chronic stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2015; 22: 63-71.
- 3) Alvarenga MT, Avelino PR, *et al.*: Deficits in dynamic balance were the motor impairments that best explained limitations in community ambulation after stroke. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2023; 59: 145-151.
- 4) Moon HI, Pyun SB, *et al.*: Neural substrates of lower extremity motor, balance, and gait function after supratentorial stroke using voxel-based lesion symptom mapping. *Neuroradiology.* 2016; 58: 723-731.
- 5) Park CH, Kou N, *et al.*: The contribution of lesion location to upper limb deficit after stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2016; 87: 1283-1286.
- 6) Dronkers NF, Wilkins DP, *et al.*: Lesion analysis of the brain areas involved in language comprehension. *Cognition.* 2004; 92: 145-177.
- 7) Frenkel-Toledo S, Ofir-Geva S, *et al.*: Stroke lesion impact on lower limb function. *Front Hum Neurosci.* 2021; 15: 592975.
- 8) Picelli A, Tamburin S, *et al.*: Association between severe upper limb spasticity and brain lesion location in stroke patients. *BioMed Res Int.* 2014; 2014: 162754.
- 9) Zhu LL, Lindenberg R, *et al.*: Lesion load of the corticospinal tract predicts motor impairment in chronic stroke. *Stroke.* 2010; 41: 910-915.
- 10) Lo R, Gitelman D, *et al.*: Identification of critical areas for motor function recovery in chronic stroke subjects using voxel-based lesion symptom mapping. *Neuroimage.* 2010; 49: 9-18.
- 11) Handelzalts S, Melzer I, *et al.*: Analysis of brain lesion impact on balance and gait following stroke. *Front Hum Neurosci.* 2019; 13: 149.
- 12) Moon HI, Lee HJ, *et al.*: Lesion location associated with balance recovery and gait velocity change after rehabilitation in stroke patients. *Neuroradiology.* 2017; 59: 609-618.
- 13) Reynolds AM, Peters DM, *et al.*: Neuronal injury in the motor cortex after chronic stroke and lower limb motor impairment: A voxel-based lesion symptom mapping study. *Neural Regen Res.* 2014; 9: 766-772.
- 14) Jeon HJ, Hwang BY: Effect of bilateral lower limb strengthening exercise on balance and walking in hemiparetic patients after stroke: A randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci.* 2018; 30: 277-281.
- 15) de Oliveira R, Cacho EW, *et al.*: Post-stroke motor and functional evaluations: A clinical correlation using Fugl-Meyer assessment scale. *Arq Neuropsiquiatr.* 2006; 64(3B): 731-735.
- 16) Zhang Y, Kimberg DY, *et al.*: Multivariate lesion-symptom mapping using support vector regression. *Hum Brain Mapp.* 2014; 35: 5861-5876.
- 17) DeMarco AT, Turkeltaub PE: A multivariate lesion symptom mapping toolbox and examination of lesion-volume biases and correction methods in lesion-symptom mapping. *Hum Brain Mapp.* 2018; 39: 4169-4182.
- 18) Horak FB, Wrisley DM, *et al.*: The Balance Evaluation Systems test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Phys Ther.* 2009; 89: 484-498.

- 19) Franchignoni F, Horak F, *et al.*: Using psychometric techniques to improve the balance evaluation systems test: The mini-BESTest. *J Rehabil Med.* 2010; 42: 323–331.
- 20) Berg KO, Wood-Dauphinee SL, *et al.*: Measuring balance in the elderly: Validation of an instrument. *Can J Public Health.* 1992; 83(Suppl. 2): 7–11.
- 21) Blum L, Korner-Bitensky N: Usefulness of the Berg Balance Scale in stroke rehabilitation: A systematic review. *Phys Ther.* 2008; 88: 559–566.
- 22) 一般財団法人日本理学療法学会連合ホームページ：理学療法ガイドライン第2版（Web版）. https://cms.jspt.or.jp/upload/jspt/obj/files/guideline/2nd%20edition/p001-106_01.pdf (2024年11月1日引用)
- 23) Lima CA, Ricci NA, *et al.*: The Berg Balance Scale as a clinical screening tool to predict fall risk in older adults: A systematic review. *Physiotherapy.* 2018; 104: 383–394.
- 24) Louie DR, Eng JJ: Berg Balance Scale score at admission can predict walking suitable for community ambulation at discharge from inpatient stroke rehabilitation. *J Rehabil Med.* 2018; 50: 37–44.
- 25) Makizako H, Kabe N, *et al.*: Use of the Berg Balance Scale to predict independent gait after stroke: A study of an inpatient population in Japan. *PM R.* 2015; 7: 392–399.
- 26) Fugl-Meyer AR, Jääskö L, *et al.*: The post-stroke hemiplegic patient. 1. A method for evaluation of physical performance. *J Rehabil Med.* 1975; 7: 13–31.
- 27) Chino N, Sonoda S, *et al.*: Stroke impairment assessment set (SIAS) – A new evaluation instrument for stroke patients. *Jpn J Rehabil Med.* 1994; 31: 119–125.
- 28) Folstein MF, Folstein SE, *et al.*: “Mini-mental state”. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res.* 1975; 12: 189–198.
- 29) Galinovic I, Puig J, *et al.*: Visual and region of interest-based inter-rater agreement in the assessment of the diffusion-weighted imaging-fluid-attenuated inversion recovery mismatch. *Stroke.* 2014; 45: 1170–1172.
- 30) Vigliocco G, Krason A, *et al.*: Multimodal comprehension in left hemisphere stroke patients. *Cortex.* 2020; 133: 309–327.
- 31) Bennett CM, Wolford GL, *et al.*: The principled control of false positives in neuroimaging. *Soc Cogn Affect Neurosci.* 2009; 4: 417–422.
- 32) Mah YH, Husain M, *et al.*: Human brain lesion-deficit inference remapped. *Brain.* 2014; 137: 2522–2531.
- 33) Sperber C, Karnath HO: Impact of correction factors in human brain lesion-behavior inference. *Hum Brain Mapp.* 2017; 38: 1692–1701.
- 34) Herbet G, Lafargue G, *et al.*: Rethinking voxel-wise lesion-deficit analysis: A new challenge for computational neuropsychology. *Cortex.* 2015; 64: 413–416.
- 35) 高草木薫：大脳基底核による運動の制御. *臨床神経学.* 2009; 49: 325–336.
- 36) Zarei M, Johansen-Berg H, *et al.*: Two-dimensional population map of cortical connections in the human internal capsule. *J Magn Reson Imaging.* 2007; 25: 48–54.
- 37) Meyer S, Kessner SS, *et al.*: Voxel-based lesion-symptom mapping of stroke lesions underlying somatosensory deficits. *Neuroimage Clin.* 2015; 10: 257–266.
- 38) Meyer S, Karttunen AH, *et al.*: How do somatosensory deficits in the arm and hand relate to upper limb impairment, activity, and participation problems after stroke? A systematic review. *Phys Ther.* 2014; 94: 1220–1231.
- 39) Tyson SF, Hanley M, *et al.*: Sensory loss in hospital-admitted people with stroke: Characteristics, associated factors, and relationship with function. *Neurorehabil Neural Repair.* 2008; 22: 166–172.
- 40) Rabin E, Gordon AM: Tactile feedback contributes to consistency of finger movements during typing. *Exp Brain Res.* 2004; 155: 362–369.
- 41) 渡辺雅彦：脳卒中理学療法の理論と技術. 原 寛美(編), メジカルビュー社, 東京, 2019, pp. 4–10.
- 42) Sakata H, Takaoka Y, *et al.*: Somatosensory properties of neurons in the superior parietal cortex (area 5) of the rhesus monkey. *Brain Res.* 1973; 64: 85–102.
- 43) 高草木薫：大脳皮質・脳幹・脊髄による姿勢と歩行の制御機構—. *脊髄外科.* 2013; 27: 208–215.
- 44) Barra J, Marquer A, *et al.*: Humans use internal models to construct and update a sense of verticality. *Brain.* 2010; 133: 3552–3563.
- 45) Uddin LQ, Yeo BTT, *et al.*: Towards a universal taxonomy of macro-scale functional human brain networks. *Brain Topogr.* 2019; 32: 926–942.
- 46) Andersen RA, Cui H: Intention, action planning, and decision making in parietal-frontal circuits. *Neuron.* 2009; 63: 568–583.
- 47) Battaglia-Mayer A, Caminiti R: Corticocortical systems underlying high-order motor control. *J Neurosci.* 2019; 39: 4404–4421.
- 48) Schmahmann JD, Smith EE, *et al.*: Cerebral white matter: Neuroanatomy, clinical neurology, and neurobehavioral correlates. *Ann N Y Acad Sci.* 2008; 1142: 266–309.
- 49) Hecht EE, Gutman DA, *et al.*: Virtual dissection and comparative connectivity of the superior longitudinal fasciculus in chimpanzees and humans. *Neuroimage.* 2015; 108: 124–137.
- 50) Makris N, Kennedy DN, *et al.*: Segmentation of subcomponents within the superior longitudinal fascicle in humans: A quantitative, in vivo, DT-MRI study. *Cereb Cortex.* 2005; 15: 854–869.
- 51) Rodriguez-Herreros B, Amengual JL, *et al.*: Microstructure of the superior longitudinal fasciculus predicts stimulation-induced interference with on-line motor control. *Neuroimage.* 2015; 120: 254–265.
- 52) Duncan PW, Goldstein LB, *et al.*: Measurement of motor recovery after stroke. Outcome assessment and sample size requirements. *Stroke.* 1992; 23: 1084–1089.

〈Abstract〉

**Brain Regions Associated with Balance Function in Stroke Patients:
A Support Vector Regression-lesion Symptom Mapping Analysis**

Yuka HASHIMOTO, PT, Ryo SATO, PT, Keita NITTO, PT, Yutaro YABUKI, PT

Department of Rehabilitation, Minamitohoku Fukushima Hospital

Jo TAKAHASHI, PT, Hiroaki ABE, PT, PhD

School of Health Sciences, Fukushima Medical University

Objective: The present study aimed to identify the brain regions associated with post-stroke balance disturbance, and to further elucidate said brain regions after adjusting for the influence of lower limb paresis, which is closely related to balance function.

Methods: Forty-seven first-ever stroke patients with balance disturbance were included. Lesion locations were identified on MRI images, and brain regions associated with the Berg Balance Scale (BBS) were analyzed using support vector regression-lesion symptom mapping. Additionally, further analysis was conducted after adjusting for the influence of lower limb paresis.

Results: The BBS was associated with lesions in the superior longitudinal fasciculus, precentral gyrus, and cortico-spinal tract. After adjusting for lower limb paresis, lesions in the superior longitudinal fasciculus, parietal association cortex, postcentral gyrus, and ascending fibers to the primary somatosensory cortex were found to be associated with the BBS.

Conclusion: Balance function was determined to be associated with damage to the motor regions and the superior longitudinal fasciculus. After adjusting for lower limb paresis, balance function was associated with damage to the parietal association cortex, including the somatosensory areas. These findings suggest that balance function is influenced not only by motor function but also by damage to the sensory integration and fronto-parietal networks.

Key Words: Stroke, Balance, Support vector regression-lesion symptom mapping

研究論文 (原著)

慢性心不全患者に対する包括的訪問リハビリテーションによる 身体機能の推移*

古田 佳 祐^{1) #} 大 浦 啓 輔²⁾ 齊 藤 正 和^{3) 4)} 鬼 村 優 一^{4) 5)} 弓 野 大⁴⁾

要旨

【目的】慢性心不全患者に対する訪問リハビリテーション (以下、訪問リハ) が下肢機能に及ぼす影響を、訪問リハ開始時の日常生活動作能力 (Activities of Daily Living: 以下、ADL) レベルおよび要介護度別に検討することとした。【方法】訪問リハを実施した心不全患者116例をBarthel Index得点および要介護度別にそれぞれ3群に分類し、開始時と3ヶ月後のShort Physical Performance Battery (以下、SPPB) 得点および変化割合を比較した。【結果】全対象のSPPB得点は3ヶ月後に有意に改善した ($p<0.001$)。また、ADLレベル別・要介護度別に分類した3群間でSPPB改善、維持、低下の分布が有意に異なっていた ($p<0.05$)。【結論】訪問リハにより下肢機能を維持・改善できる可能性が示唆され、ADLレベルや要介護度によりSPPB得点変化の傾向が異なっていた。

キーワード 慢性心不全、訪問リハビリテーション、SPPB

はじめに

循環器疾患診療実態調査報告書 (The Japanese Registry Of All cardiac and vascular Diseases: JROAD) では心不全入院患者数は2016年の23万人から2020年には28万人へと増加している¹⁾。また心不全の大規模登録研究であるJapanese Cardiac Registry of Heart Failure in Cardiology (JCARE-CARD)²⁾では、心不全増悪による再入院率が高いことが報告されている。さらに、国民医療費のうち年齢別では65歳以上が全体の60%以上を占め、その中でも傷病分類別では循環器疾患が最も多く24.2%を占め

る³⁾。高齢者人口の増加に伴い、高齢心不全の新規発症者数も年々増加すると予測され⁴⁾、今後医療費高騰がさらに大きな社会問題になると考えられる。このような状況から健康寿命の延伸を目標に、2018年には脳卒中・循環器病対策基本法⁵⁾が成立し、超高齢社会を迎えるわが国において心不全再入院予防のための医療制度体制の確立が喫緊の課題となっている。

運動療法を中心とした心臓リハビリテーション (以下、心リハ) は、心不全再入院予防に有用⁶⁾であることが示されており、心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドラインにおいても、退院後に心不全患者に対し運動療法や疾病管理プログラムを含んだ包括的心リハ介入を行うことが推奨されている⁷⁾。しかしながら、本邦における心不全患者の外来心リハは実施率が7%と極めて低いのが現状である⁸⁾。特に高齢心不全患者では、重複障害や交通を理由に外来心リハへの参加率が低いことが課題とされている⁹⁾。外来心リハに通院困難な高齢心不全患者に対する在宅支援として心血管疾患患者に対する機能改善、生活支援、疾病管理支援を含む包括的訪問リハビリテーション (以下、訪問リハ) の需要が高まっていると言える。しかし、全国の通所・訪問リハ事業所へのアンケート調査¹⁰⁾によると、訪問リハが必要となった原因疾患のうち心不全はわずか7.6%に過ぎない。また、介護保険制度下で訪問リハを実施する

* Changes in Physical Function with Home-visit Rehabilitation for Patients with Chronic Heart Failure

1) ゆみのハートクリニック渋谷
(〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町15-3 堀ビル301)
Keisuke Furuta, PT: Yumino Heart Clinic Shibuya
2) のぞみハートクリニック天王寺
Keisuke Oura, PT, MSc: Nozomi Heart Clinic Tennoji
3) 順天堂大学
Masakazu Saitoh, PT, PhD: Juntendo University
4) 医療法人社団ゆみの
Masakazu Saitoh, PT, PhD, Yuichi Onimura, PT, PhD, Dai Yumino, MD, PhD: YUMINO Medical
5) 筑波大学
Yuichi Onimura, PT, PhD: University of Tsukuba
E-mail: furuta.keisuke@yumino-clinic.com
[受付日 2025年1月27日/受理日 2025年5月15日]
[J-STAGEでの早期公開日 2025年7月15日]



にはケアマネジャーの協力や理解が重要だが、ケアマネジャーの心不全に対する疾患理解が浅いこと、心不全患者に対する不安を抱えているケアマネジャーが多いことが報告されて¹¹⁾おり、心不全患者に対する訪問リハの安全性や有用性を明らかにする必要性は高い。

さらに、心不全の主要症状である呼吸困難感は日常生活動作能力 (Activities of Daily Living : 以下、ADL) 遂行を制限する重要な因子であり、心不全患者はその軽減のためにADLの難易度に応じた遂行時間の調整など、代償的行動をとるとされる¹²⁾。このため、心不全の重症度がADLに与える影響は大きい、要介護度は必ずしも実際の生活上の制限や支援・介助量を正確に反映するとは限らない。したがって、ADLレベルおよび要介護度ごとの下肢機能の変化を明らかにすることは、訪問リハの適切な介入を検討する上で重要である。

そこで本研究では、慢性心不全患者に対する包括的訪問リハの安全性および下肢機能への影響を、訪問リハ開始時のADLレベルおよび要介護度別に検討することを目的とした。

対象および方法

1. 対象

2018年3月から2022年7月の間に医療法人社団ゆみの (以下、当法人) が開設した4つの診療所にて訪問リハを開始した心不全患者のうち、訪問リハ開始時と訪問リハ開始後3ヶ月の2時点での下肢機能の評価を行えた患者を対象とした。除外基準は、必須評価項目に欠損のあった患者、心不全の病態が終末期の患者とした。本研究は、診療録記録調査による後方視的観察研究である。

本研究はヘルシンキ宣言および日本の臨床研究に関する倫理指針に基づき実施され、対象者に対してはゆみのハートクリニックのホームページにてオプトアウト形式で通知・公開した。本研究は、順天堂大学保健医療学部の倫理審査委員会にて承認を得た (実施許可番号00129)。

2. 測定項目

基本情報として年齢、性別、Body Mass Index (以下、BMI)、血液生化学検査として診療開始時のアルブミン値 (Albumin : 以下、Alb)、ヘモグロビン値 (Hemoglobin : Hb)、推定糸球体濾過量 (estimated Glomerular Filtration Rate : eGFR)、N-Terminal pro-B-type Natriuretic Peptide (以下、NT-proBNP)、心臓超音波検査の所見として左室駆出率 (Left Ventricular Ejection Fraction : LVEF)、心不全分類 (Heart Failure with reduced Ejection Fraction : HFrEF, Heart Failure with mid-range Ejection Fraction : HFmrEF, Heart Failure with preserved Ejection Fraction : HFpEF)、心不全入院歴の有無、New York Heart Association (以下、NYHA) 心機能分類、心不全基礎疾患、生活

環境、訪問リハ頻度、介護サービス、要介護度、訪問リハでの有害事象として訪問リハ実施に伴う入院加療を必要とする心不全増悪、訪問リハ実施中の転倒・転落の有無を研究開始時に診療録より調査した。ADL能力の評価はBarthel Index (以下、BI)、下肢機能の評価はShort Physical Performance Battery (以下、SPPB) を調査した。SPPBの評価は訪問リハ開始時と訪問リハ開始後3ヶ月の2時点とした。

1) 要介護度

介護保険制度では、常時介護を必要とする状態 (要介護状態) や介護予防サービスが効果的な状態 (要支援状態) になった場合に、介護の必要度合いに応じた介護サービスを受けることができる。この要介護状態や要支援状態にあるかどうかの程度判定を行うのが要介護認定であり、介護の必要量を全国一律の基準に基づき、客観的に判定し要支援1~2、要介護1~5に分類される。

2) Barthel Index

BI¹³⁾ は「食事」「車椅子からベッドへの移動」「整容」「トイレ動作」「入浴」「平地歩行」「階段昇降」「更衣」「排便コントロール」「排尿コントロール」の10項目から構成され、各項目を自立度に応じて15点、10点、5点、0点のいずれかで採点し点数が高いほどADL自立度が高いことを示す (得点範囲0~100点)。

3) Short Physical Performance Battery

SPPB¹⁴⁾ はバランス、4m歩行、5回椅子立ち座りの3種類のテストを行い、それぞれの結果を4点満点で評価し、その合計点 (0~12点) を指標とする。合計得点が高いと下肢機能が高いことを示す。SPPBの臨床的に意義のある最小変化量 (Minimal Clinically Important Difference : 以下、MCID) は0.5~1点¹⁵⁻¹⁷⁾ とされており、先行研究¹⁸⁾ において1点以上の低下が将来的な移動障害の発生リスクに関連するとも報告されている。そこで、本研究ではSPPBの得点変化 (以下、 Δ SPPB) について、訪問リハ開始時と比較し訪問リハ開始後3ヶ月においてSPPB合計得点が1点以上改善した場合を改善、同値だった場合を維持、1点以上低下した場合を低下と定義しカテゴリー変数化した。

3. 訪問リハビリテーション

対象者への介入は120分/週を上限とし、1回あたり40~60分、週1~2回の頻度で理学療法士または作業療法士が実施した。訪問リハの実施にあたっては、定期的な医師の診察に加え、看護師、医療ソーシャルワーカー、ケアマネジャーといった多職種が連携し、適宜情報を交換しながら訪問リハの目標や介入内容について協議した。なお、当法人の理学療法士および作業療法士は実務経験5年以上のスタッフで構成されており、定期的な勉強会および症例検討会の開催に加え、リスク管理、

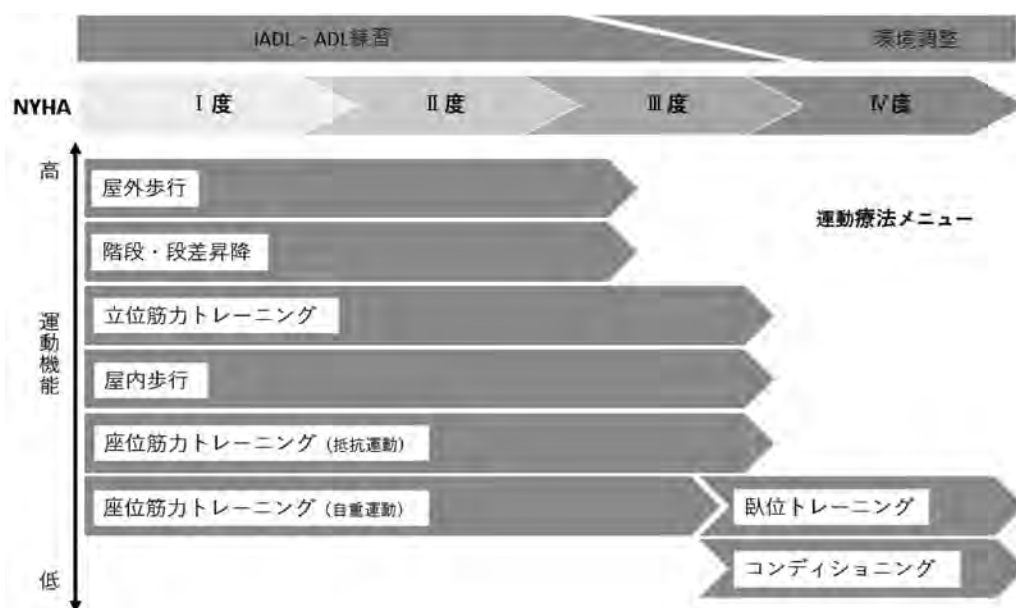


図1 訪問リハの運動療法プログラム

患者の心不全重症度と運動機能に応じ、運動療法の種目および負荷量を調整している。

IADL: Instrumental Activities of Daily Living, ADL: Activities of Daily Living, NYHA: New York Heart Association心機能分類。

アセスメント、目標設定、介入方法に関する具体的な手順を記したマニュアルを作成して教育を行っている。訪問リハの内容は、日本循環器学会の心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン（以下、ガイドライン）⁷⁾に基づき、運動療法に加えセルフケア支援、環境調整、家族介護支援、疾病管理指導・教育を含む包括的プログラムを個々の症例に応じて実施した。運動療法プログラムは患者の心不全重症度（NYHA心機能分類）と運動機能を目安に実施内容を変更し（図1）、運動前後の血行動態や自覚症状に加えNT-proBNP測定値、訪問リハ実施日以外を含めた息切れ、体重変化、浮腫といった心不全所見についての確認および聞き取りなどを参考に負荷量の調整を行った。

4. 統計解析

SPPBの得点変化を比較するために、対象をADLレベルと要介護度別にそれぞれ3群に分類した。ADLレベル別の比較では、先行研究¹⁹⁾²⁰⁾と同様に訪問リハ開始時のBIの点数によりADL自立群（BI $\geq$ 95）、軽度ADL低下群（90 $>$ BI $\geq$ 60）、高度ADL低下群（BI $<$ 60）の3群とし、要介護度別の比較では、先行研究²¹⁾²²⁾と同様に訪問リハ開始時の要介護度で要支援群、要介護1~2群、要介護3~5群の3群とした。なお、要介護度別の比較の際、要介護・要支援の認定のなかった患者は除外した。

3群において、連続変数は一元配置分散分析およびTukey法による多重比較を、カテゴリ変数は χ^2 検定を行った。結果は、連続変数については平均値 $\pm$ 標準偏差で記載した。統計解析には統計解析ソフトIBM SPSS Statistics 27を用い、いずれの解析も有意水準は5%とした。

結 果

2018年3月から2022年7月の間に訪問リハを開始した心不全患者268例のうち、訪問リハ開始時と訪問リハ開始後3ヶ月の2時点で下肢機能の評価を行えた144例から除外基準に該当した28例を除いた116例（年齢83.1 $\pm$ 9.9歳、女性62例、男性54例）を解析対象とした（図2）。除外基準に該当した患者の内訳は、必須評価項目に欠損のあった患者23例、心不全の病態が終末期の患者5例であった。116例全てにおいて、訪問リハ実施に伴う心不全増悪や実施中の転倒・転落といった有害事象は認めなかった。

表1にADLレベル別の対象者基本情報について示す。解析対象116例のうち、ADL自立群は31例（26.7%）、軽度ADL低下群は63例（54.3%）、高度ADL低下群は22例（19.0%）であった。年齢は高度ADL低下群がADL自立群に比べ有意に高く（ $p<0.05$ ）、BMIは軽度ADL低下群と高度ADL低下群がADL自立群に比べそれぞれ有意に低く（ $p<0.05$ ）、Albは高度ADL低下群がADL自立群、軽度ADL低下群に比べそれぞれ有意に低かった（ $p<0.05$ ）。訪問リハ開始時のSPPBは、合計得点および全ての下位項目において、高度ADL低下群がADL自立群および軽度ADL低下群に比べ有意に低値で、軽度ADL低下群はADL自立群に比べ有意に低値であった（ $p<0.05$ ）。要介護認定は、ADL自立群では要支援が8例（28.6%）、要介護1~2が15例（53.6%）、要介護3~5が5例（17.9%）、軽度ADL低下群では要支援が9例（16.4%）、要介護1~2が23例（41.8%）、要介護3~5が23例（41.8%）、高度ADL低下群では要支援が0例（0.0%）、

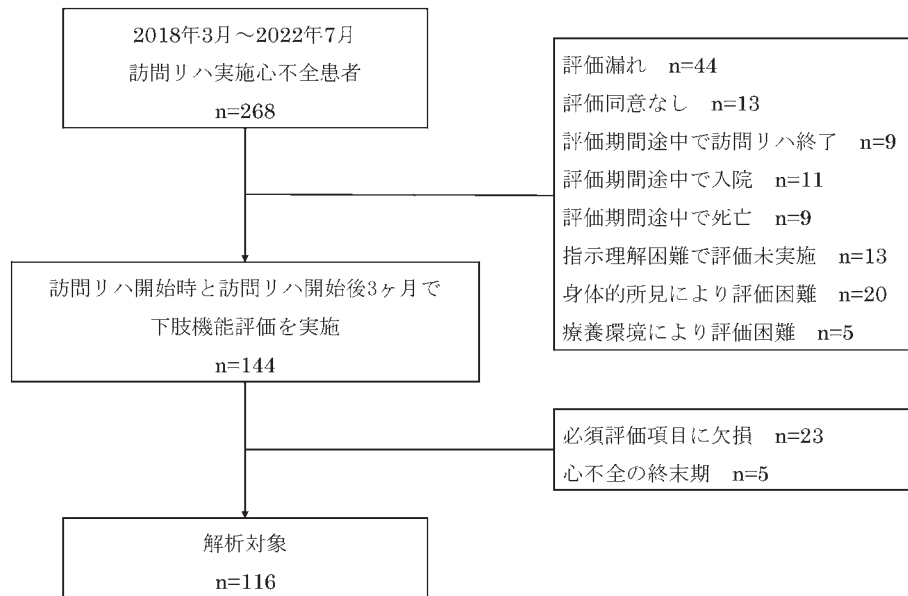


図2 対象者の選択基準

要介護1～2が3例（14.3%）、要介護3～5が18例（85.7%）と認定状況が有意に異なっていた（ $p<0.001$ ）。要介護・要支援認定のなかった12例を除いた104例を要介護度別に分類すると、要支援群17例（16.3%）、要介護1～2群41例（39.4%）、要介護3～5群46例（44.2%）であった。

ADLレベル別と要介護度別の訪問リハ開始時と3ヶ月後のSPPB得点の比較をそれぞれ表2、表3に示す。ADLレベル別の全症例では 5.4 ± 3.9 点から 6.3 ± 3.9 点へと有意に改善し（ $p<0.001$ ）、軽度ADL低下群において 5.3 ± 3.2 点から 6.3 ± 3.2 点へと有意に改善した（ $p<0.001$ ）。介護保険認定のあった104例の要介護度別の比較でも、全症例で 5.1 ± 3.9 点から 5.9 ± 3.9 点へと有意に改善し（ $p<0.001$ ）、要支援群、要介護1～2群もそれぞれ 5.5 ± 3.3 点から 7.0 ± 3.3 点、 6.4 ± 4.0 点から 7.1 ± 3.5 点へと有意に改善した（それぞれ $p=0.002$, $p=0.046$ ）。

ΔSPPBの患者割合は、ADLレベル別（ $p=0.031$ ）、要介護度別（ $p=0.039$ ）ともにSPPB改善、維持、低下の分布が3群で有意に異なっていた（図3）。ADLレベル別では、改善がADL自立群で13例（41.9%）、軽度ADL低下群で38例（60.3%）、高度ADL低下群で8例（36.4%）、維持がADL自立群で10例（32.3%）、軽度ADL低下群で13例（20.6%）、高度ADL低下群で12例（54.5%）、低下がADL自立群で8例（25.8%）、軽度ADL低下群で12例（19.0%）、高度ADL低下群で2例（9.1%）であった。要介護度別では、改善が要支援群で13例（76.5%）、要介護1～2群で19例（46.3%）、要介護3～5群で20例（43.5%）、維持が要支援群で2例（11.8%）、要介護1～2群で11例（26.8%）、要介護3～5群で20例（43.5%）、低下が要支援群で2例（11.8%）、要介護1～2群で11例（26.8%）、要介護3～5群で6例（13.0%）であった。

考 察

心不全患者に対し3ヶ月間の包括的訪問リハを実施した結果を訪問リハ開始時のADLレベルで分類すると、下肢機能の指標であるSPPBが改善した割合は、それぞれADL自立群41.9%、軽度ADL低下群60.3%、高度ADL低下群36.4%であった。同様に要介護度別のSPPBが改善した割合は、要支援群で76.5%、要介護1～2群で46.3%、要介護3～5群で43.5%であった。ADLレベル、要介護度別のいずれの分類においても下肢機能の変化状況の分布が有意に異なっていた。

1. 訪問リハの安全性について

本研究の対象は平均年齢 83.1 ± 9.9 歳と高齢であったにも関わらず、先行研究²³⁾と同様に解析対象全例において評価期間中に心不全増悪や訪問リハ実施中の転倒・転落といった有害事象を起こすことなく、訪問リハを実施することができた。高齢心不全患者には併存症の多さ、運動機能障害の存在、フレイルの合併といった特徴がある²⁴⁾ため、運動療法を含む訪問リハの実施には注意を要する患者が多い。今回、定期的な医師の診察による疾病管理の下、個々の患者の心不全重症度と運動機能に応じて運動強度および活動量を調整した結果、安全に訪問リハを実施できたものと考えられる。また、解析対象の66.4%が訪問看護を利用しており、ガイドライン⁷⁾にて推奨されている職種間連携による包括的介入を行えたことも、有害事象を回避できた要因の一つと考えられる。

2. 訪問リハ開始時のADLレベルと下肢機能の推移

軽度ADL低下群は、訪問リハ開始時と比較し3ヶ月後にSPPBが有意に改善しており、約60%の患者でSPPB

表1 ADLレベル別の対象者基本情報比較

		全例 (n = 116)	ADL 自立群 (n = 31)	軽度 ADL 低下群 (n = 63)	高度 ADL 低下群 (n = 22)	p 値
年齢 (歳)		83.1±9.9	79.6±11.7	83.4±9.3	87.4±7.3*	0.017 ^a
性別 (男性)		54 (46.6)	13 (41.9)	32 (50.8)	9 (40.9)	0.606 ^b
BMI (kg/m ²)		20.4±3.6	21.9±2.8	20.0±3.7*	19.0±3.5*	0.013 ^a
血液生化学検査						
Alb (g/dL)		3.5±0.4	3.7±0.4	3.5±0.4	3.2±0.3*†	<0.001 ^a
Hb (g/dL)		11.3±1.7	11.4±1.9	11.3±1.7	11.0±2.0	0.680 ^a
eGFR (mL/min/1.73m ²)		40.0±15.1	40.9±15.8	39.4±14.4	40.6±17.0	0.905 ^a
NT-proBNP (pg/mL)		4260±4722	3032±2246	4619±5776	5197±3887	0.502 ^a
LVEF (%)		45.4±15.7	46.9±15.4	44.8±16.8	45.5±12.7	0.838 ^a
心不全分類						0.131 ^b
HFrEF		36 (31.0)	9 (33.3)	23 (37.7)	4 (21.1)	
HFmrEF		18 (15.5)	4 (14.8)	7 (11.5)	7 (36.8)	
HFpEF		53 (45.7)	14 (51.9)	31 (50.8)	8 (42.1)	
心不全入院歴あり		93 (80.2)	22 (71.0)	53 (84.1)	18 (81.8)	0.326 ^b
NYHA						0.081 ^b
I		6 (5.2)	3 (9.7)	2 (3.2)	1 (4.5)	
II		63 (54.3)	22 (71.0)	28 (44.4)	13 (59.1)	
III		44 (37.9)	5 (16.1)	31 (49.2)	8 (36.4)	
IV		3 (2.6)	1 (3.2)	2 (3.2)	0 (0.0)	
心不全基礎疾患						0.534 ^b
虚血		27 (23.3)	8 (25.8)	14 (22.2)	5 (22.7)	
弁膜症		30 (25.9)	8 (25.8)	14 (22.2)	8 (36.4)	
高血圧		12 (10.3)	3 (9.7)	6 (9.5)	3 (13.6)	
拡張型心筋症		8 (6.9)	4 (12.9)	4 (6.3)	0 (0.0)	
心房細動		14 (12.1)	4 (12.9)	6 (9.5)	4 (18.2)	
肥大型心筋症		10 (8.6)	2 (6.5)	7 (11.1)	1 (4.5)	
その他		15 (12.9)	2 (6.5)	12 (19.0)	1 (4.5)	
訪問リハ開始時 SPPB(点)	合計	5.4±3.9	8.6±2.8	5.3±3.2*	1.1±2.2*†	<0.001 ^a
	バランス	2.3±1.6	3.5±0.9	2.4±1.5*	0.5±1.0*†	<0.001 ^a
	歩行	1.6±1.2	2.5±1.2	1.5±1.0*	0.3±0.5*†	<0.001 ^a
	立ち座り	1.5±1.5	2.5±1.2	1.4±1.4*	0.3±0.9*†	<0.001 ^a
訪問リハ頻度	週1回／週2回 (%)	94 (81.0)/22 (19.0)	27 (87.1)/4 (12.9)	51 (81.0)/12 (19.0)	16 (72.7)/6 (27.3)	0.421 ^b
生活環境						0.119 ^b
同居		85 (73.3)	23 (74.2)	44 (69.8)	18 (81.8)	
独居		23 (19.8)	8 (25.8)	14 (22.2)	1 (4.5)	
施設		8 (6.9)	0 (0)	5 (7.9)	3 (13.6)	
介護サービス						
訪問看護		77 (66.4)	17 (54.8)	42 (66.7)	18 (81.8)	0.122 ^b
訪問介護		47 (40.5)	9 (29.0)	27 (42.9)	11 (50.0)	0.264 ^b
通所サービス		14 (12.1)	6 (19.4)	7 (11.1)	1 (4.5)	0.249 ^b
要介護度※						<0.001 ^b
要支援		17 (16.3)	8 (28.6)	9 (16.4)	0 (0.0)	
要介護1～2		41 (39.4)	15 (53.6)	23 (41.8)	3 (14.3)	
要介護3～5		46 (44.2)	5 (17.9)	23 (41.8)	18 (85.7)	

※：要介護認定のなかった12例を除外した104例を対象として比較。

連続変数：平均値±SD。名義変数：n(%)。a：一元配置分散分析，b： χ^2 検定。*：Tukey法，p<0.05 vs. ADL自立群，†：Tukey法，p<0.05 vs. 軽度ADL低下群。

BMI: Body Mass Index, Alb: Albumin, Hb: Hemoglobin, eGFR: estimated Glomerular Filtration Rate, NT-proBNP: N-Terminal pro-B-type Natriuretic Peptide, LVEF: Left Ventricle Ejection Fraction, HFrEF: Heart Failure with reduced Ejection Fraction, HFmrEF: Heart Failure with mild reduced Ejection Fraction, HFpEF: Heart Failure with preserved Ejection Fraction, NYHA: New York Heart Association心機能分類, SPPB: Short Physical Performance Battery.

表2 ADLレベル別訪問リハ開始前後のSPPB得点比較

	訪問リハ開始時	3ヶ月後	平均差 (95%CI)	p 値
全症例 (n=116)	5.4±3.9	6.3±3.9	0.9 (0.5, 1.3)	<0.001
ADL自立群 (n=31)	8.6±2.8	9.1±3.1	0.5 (-0.1, 1.1)	0.080
軽度ADL低下群 (n=63)	5.3±3.2	6.3±3.2	1.1 (0.5, 1.6)	<0.001
高度ADL低下群 (n=22)	1.1±2.2	2.0±2.7	0.9 (0.0, 1.7)	0.054

平均値±SD. 平均差は3ヶ月後－開始時. 95%CI: 95% 信頼区間.

表3 要介護度別訪問リハ開始前後のSPPB得点比較

	訪問リハ開始時	3ヶ月後	平均差 (95%CI)	p 値
全症例 (n=104)	5.1±3.9	5.9±3.9	0.8 (0.4, 1.2)	<0.001
要支援群 (n=17)	5.5±3.3	7.0±3.3	1.5 (0.7, 2.4)	0.002
要介護1～2群 (n=41)	6.4±4.0	7.1±3.5	0.7 (0.0, 1.4)	0.046
要介護3～5群 (n=46)	3.9±3.8	4.4±4.0	0.6 (0.0, 1.2)	0.053

平均値±SD. 平均差は3ヶ月後－開始時. 95%CI: 95% 信頼区間.

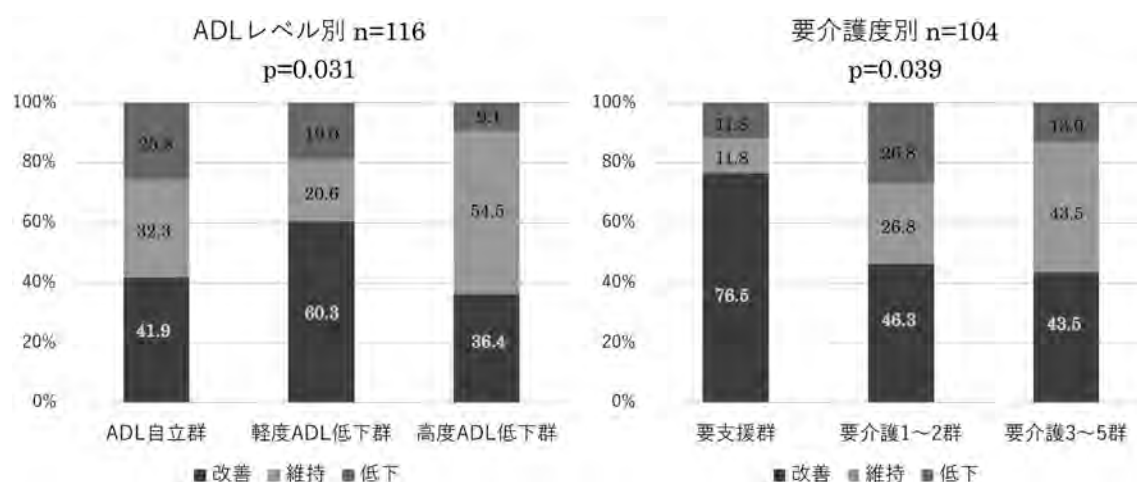


図3 ADLレベル別、要介護度別ΔSPPBの患者割合比較

χ^2 検定.

改善: Δ SPPB $\geq$ 1, 維持: Δ SPPB=0, 低下: Δ SPPB $\leq$ -1.

が改善していた。BIは60点が部分自立と介助のカットオフ²⁵⁾とされるため、軽度ADL低下群は部分自立とされるADLレベルの患者群といえる。また、軽度ADL低下群の訪問リハ開始時SPPB得点は5.3±3.2点であり、下肢機能が中等度低下¹⁴⁾した患者が多い患者群でもあったと考えられる。先行研究では、入院中のフレイル心不全患者に対する心リハ介入²⁶⁾や心不全患者に対する12週間の回復期心リハ²⁷⁾において、SPPB改善効果が報告されている。本研究の結果より、ADLが部分介助レベルで下肢機能が中等度低下した訪問リハの対象となるような高齢心不全患者であっても、適切な包括的訪問リハを実施することで、先行研究と同様に下肢機能の改善を得られる可能性が示唆された。

高度ADL低下群では、訪問リハ開始時と比較しSPPBは有意な改善および低下を認めず、SPPBが改善した患者割合は36.4%であった。高度ADL低下群の訪問リハ開始時のSPPB得点は1.1±2.2点であり、ADLに介助を要

するうえに下肢機能が重度低下していた症例が多かったといえる。加えて、本群のΔSPPBが維持と判定された12例中10例は訪問リハ開始時のSPPBが0点であり、床効果により下肢機能低下が検出されにくかった可能性がある。ガイドライン⁷⁾では、心不全患者への訪問リハの介入内容として運動療法に加え、セルフケア支援、環境調整、家族介護支援が重要であるとしている。諸富ら²⁸⁾は、在宅療養を要する心疾患患者は体力やQuality of Life (以下、QOL)の向上に向けたアプローチだけでなく、現状の心不全の状態や身体機能でも継続できる安全な日常生活や満足のある暮らしづくりが重要であると述べている。また、心不全患者に対する3ヶ月間の訪問リハの効果を検討した先行研究²³⁾では、社会生活機能が有意に向上したのに対しSPPBの改善度には有意差を認めず、その原因として心不全では体調に左右されやすいため十分な運動療法を施行できていなかった可能性を指摘している。以上を踏まえると、高度ADL低下群で

は訪問リハ開始時のADLと下肢機能が重度低下していた患者が多かったため、セルフケア支援や環境調整、家族介護支援が訪問リハのニーズとして高く、運動療法以外の介入内容の割合が多くなり、下肢機能を改善させ得るだけの十分な強度と量の運動療法が実施できていなかった可能性が考えられる。しかし、心不全患者に対する訪問リハの目標は「生活機能が低下した者に対するADL・Instrumental ADL (IADL) の維持・向上」と「社会参加への支援」とされており、さらに「緩和・終末期ケア」における役割も期待されている⁷⁾。したがって、高度ADL低下群においてSPPB維持は54.5%であり、改善した36.4%と合わせて、90%近くの症例で下肢機能を改善または維持できており、平均得点の有意な低下も生じなかったということは、高度にADLが低下した心不全患者に対する訪問リハの効果を示唆する結果であるとも捉えられる。

心不全は進行性の臨床症候群であり、高齢心不全患者においてはサルコペニアが予後規定因子のひとつとして報告されている²⁹⁾。本研究の対象は平均SPPB得点が 5.4 ± 3.9 点であり、サルコペニアの診断基準の一つであるSPPB9点以下³⁰⁾に該当する患者が多く含まれていた。さらに本研究の対象は平均年齢 83.1 ± 9.9 歳であり、Paneroniら³¹⁾の研究対象の平均 71 ± 5 歳や、Yamamotoら³²⁾のシステマティックレビューに含まれるランダム化比較試験の93%において平均年齢が79歳以下であることと比較してもより高齢な患者が多かったと考えられる。すなわち、本研究において訪問リハの対象となった心不全患者は予後不良リスクが高く、心リハによるADL³¹⁾や運動耐容能³²⁾の改善が報告された先行研究の対象と比較しても、より高齢な患者群であったといえる。本研究においてADLレベルに関わらずSPPBの有意な低下が生じなかったことは、心不全患者に対する訪問リハの有用性を示唆する結果になると考えられた。

3. 訪問リハ導入時の要介護度分類別の下肢機能の推移

要介護度別の分類においても、 Δ SPPBの患者分布は有意に異なっており、要支援群と要介護1~2群ではSPPB平均得点が訪問リハ開始時と比較し3ヶ月後に有意に改善していた。要支援群と要介護1~2群の訪問リハ開始時のSPPBはそれぞれ 5.5 ± 3.3 点、 6.4 ± 4.0 点であり、先述した軽度ADL低下群と同程度の下肢機能の患者群であったといえる。そのため、軽度ADL低下群と同様の下肢機能のトレーニングを有しており、3ヶ月の訪問リハによりSPPBの改善を得られた可能性が考えられる。要介護度は心不全患者の再入院および死亡率の予後規定因子であると報告³³⁾されているが、要介護認定は介護サービスの必要度を判断するものであり、疾病の重症度と要介護度の重症度が必ずしも一致しない

場合があるため³⁴⁾、要介護度が同一であっても幅広いADLレベルや下肢機能の患者が含まれる可能性が考えられる。また、訪問リハ実施患者は非訪問リハ実施患者に比べ要介護認定更新時に要介護認定が軽度化する傾向にあったと報告³⁵⁾されており、訪問リハ開始時の要介護度はその後の経過次第で変化し得るものである。そのため、訪問リハ開始時の要介護度が重度な症例であっても訪問リハ介入により下肢機能を維持または改善できる可能性があり、機能的な予後に関しては、要介護度の数字のみから推測するのではなく実際の患者の全身状態や身体機能を直接評価する必要があると考えられる。

ガイドラインでは2021年改訂版⁷⁾から訪問リハについての記述が追加され、心不全患者に対する訪問リハの普及が期待されているが、包括的訪問リハの効果に関する報告は未だ少ない²³⁾³⁶⁾。本研究は、心不全患者に対する包括的訪問リハの実施によって多くの症例で下肢機能を維持・改善できることを示せたという点で意義があると考ええる。心不全患者への包括的訪問リハの普及のためには、医師やケアマネジャーといった他職種に対しその効果を示すことが必要である。そのためには、下肢機能のみならず、ADL、自覚症状、QOL、介護負担度などのアウトカムも含めて検討すること、訪問リハのみならず、訪問看護や訪問介護との連携などの相乗効果などについても検討することが重要と考えられる。

4. 研究の限界

本研究にはいくつかの限界がある。第1に後方視的研究であるため対象者抽出の際にデータ不備の症例を除外しており、選択バイアスが懸念される。さらに、解析対象数が減少したため、検出力不足によるタイプIIエラーの可能性が否定できない。第2に下肢機能に影響を及ぼす可能性が高い要因である訪問リハの介入内容、時間、頻度についてのデータや併存疾患のデータを含めた解析を行っていない。さらに、本研究の対象者には訪問リハの目標が機能およびADLの改善である例と、維持である例が含まれており、結果に影響を与えた可能性がある。より精度の高い結果を得るためには、除外症例数を最小限とし訪問リハの実施状況や併存疾患などのデータを含めた前向き研究の実施が必要である。第3に本研究では単変量解析しか行っておらず、SPPB得点を目的変数とした多変量解析を行っていない。本研究の結果のみで、各要因と下肢機能の因果関係について解釈するには注意が必要である。第4に本研究では、下肢機能の指標としてSPPBを使用し、その1点変化をMCIDとして解釈したが、この基準は地域在住高齢者¹⁵⁾、急性心疾患患者¹⁶⁾、慢性閉塞性肺疾患患者¹⁷⁾を対象とした研究に基づいており、在宅の慢性心不全患者に適用するには慎重な解釈が求められる。また、要介護高齢者ではSPPBの

床効果が指摘されており³⁷⁾、本研究でも訪問リハビリ開始時のSPPB0点の患者が複数存在したことから、下肢機能の評価法の再検討も課題である。

結 論

本研究において、慢性心不全患者に対する包括的訪問リハビリが下肢機能の改善や維持に有用であることが示された。訪問リハビリ開始時のADLレベルごとの下肢機能の改善率は、ADL自立群41.9%、軽度ADL低下群60.3%、高度ADL低下群36.4%であった。また、要介護度別の下肢機能の改善率は、要支援群76.5%、要介護1～2群46.3%、要介護3～5群43.5%であった。

利 益 相 反

本研究に関連し開示すべき利益相反はない。

文 献

- 日本循環器学会：循環器疾患診療実態調査報告書（2020年実施・公表）。https://www.j-circ.or.jp/jittai_chosa/media/jittai_chosa2019web.pdf（2024年8月9日引用）
- Tsutsui H, Tsuchihashi MM, *et al.*: Clinical characteristics and outcome of hospitalized patients with heart failure in Japan. *Circ J*. 2006; 70: 1617–1623.
- 厚生労働省ホームページ：令和2（2020）年度国民医療費の概況 結果の概要。<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-iryohi/20/dl/kekka.pdf>（2024年8月9日引用）
- Shimokawa H, Miura M, *et al.*: Heart failure as a general pandemic in Asia. *Eur J Heart Fail*. 2015; 17: 884–892.
- 参議院法制局：平成30年12月14日法律第105号。<https://houseikyoku.sangiin.go.jp/bill/outline30105.htm>（2024年8月9日引用）
- Kamiya K, Sato Y, *et al.*: Multidisciplinary cardiac rehabilitation and long-term prognosis in patients with heart failure. *Circ Heart Fail*. 2020; 13: e006798.
- 日本循環器学会：心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン（2021年改訂版）。https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2021/03/JCS2021_Makita.pdf（2024年8月9日引用）
- Kamiya K, Yamamoto T, *et al.*: Nationwide survey of multidisciplinary care and cardiac rehabilitation for patients with heart failure in Japan—An analysis of the AMED-CHF study—. *Circ J*. 2019; 83: 1546–1552.
- 上月正博, 大宮一人：重複障害の時代における心大血管疾患リハビリテーション。心臓リハ。2010; 15: 75–77.
- 全国デイ・ケア協会：通所・訪問リハビリテーションの目的を踏まえた在り方に関する調査研究事業 報告書。<https://day-care.jp/wp/wp-content/uploads/fa15e10924242c4141492d390f170c41.pdf>（2024年8月9日引用）
- 田淵嵩人, 田内悠太, 他：在宅心臓リハビリテーションを推進するための介護支援専門員の心不全ケアマネジメントのアンケート調査—兵庫県都市部と地方部の比較—。心臓リハ。2020; 26: 369–375.
- Mapelli M, Salvioni E, *et al.*: How patients with heart failure perform daily life activities: An innate energy-saving strategy. *Circ Heart Fail*. 2020; 13: e007503.
- Mahoney FI, Barthel DW: Functional evaluation: The barthel index. *Md State Med J*. 1965; 14: 61–65.
- Guralnik JM, Simonsick EM, *et al.*: A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*. 1994; 49: M85–M94.
- Perera S, Mody SH, *et al.*: Meaningful change and responsiveness in common physical performance measures in older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2006; 54: 743–749.
- Rinaldo L, Caligari M, *et al.*: Functional capacity assessment and minimal clinically important difference in post-acute cardiac patients: The role of short physical performance battery. *Eur J Prev Cardiol*. 2022; 29: 1008–1014.
- Stoffels AA, De Brandt J, *et al.*: BASES Consortium: Short physical performance battery: Response to pulmonary rehabilitation and minimal important difference estimates in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 2021; 102: 2377–2384.
- Brown JD, Lo-Ciganic WH, *et al.*: Trajectories of short physical performance battery are strongly associated with future major mobility disability: Results from the LIFE study. *J Clin Med*. 2020; 9: 2332.
- Togashi Y, Fujita T, *et al.*: Effect of life-space mobility on subjective well-being in aged home-based rehabilitation users with different levels of independence in activities of daily living. *J Phys Ther Sci*. 2022; 34: 18–21.
- De Wit L, Putman K, *et al.*: Five-year mortality and related prognostic factors after inpatient stroke rehabilitation: A European multi-centre study. *J Rehabil Med*. 2012; 44: 547–552.
- 有田真己, 万行里佳, 他：施設及び在宅での実施を想定した運動種目に対する自身の差およびセルフ・エフィカシーとの関連。理学療法学。2016; 43: 90–97.
- 山本 光, 滝澤恵美, 他：通所リハビリテーションにおける余暇活動の活発さに移動の自立度と手段が及ぼす影響。理学療法学。2021; 48: 482–489.
- 諸富伸夫, 小林 琢, 他：在宅高齢心不全患者に対する訪問心臓リハビリテーションの効果。心臓。2019; 51: 36–43.
- 日本心不全学会ガイドライン委員会：高齢心不全患者の治療に関するステートメント。https://www.asas.or.jp/jhfs/pdf/Statement_HeartFailure.pdf（2025年2月15日引用）
- Granger CV, Dewis LS, *et al.*: Stroke rehabilitation: Analysis of repeated Barthel index measures. *Arch Phys Med Rehabil*. 1979; 60: 14–17.
- 矢野博義, 西 功, 他：65歳以上の入院心不全患者におけるフレイル有症率とリハビリテーション効果の検討。心臓リハ。2020; 26: 88–94.
- Kitzman DW, Whellan DJ, *et al.*: Physical rehabilitation for older patients hospitalized for heart failure. *N Engl J Med*. 2021; 385: 203–216.
- 諸富伸夫, 齊藤正和：在宅診療における心臓リハビリテーション。Jpn J Rehabil Med. 2020; 57: 1150–1154.
- Narumi T, Watanabe T, *et al.*: Sarcopenia evaluated by fat-free mass index is an important prognostic factor in patients with chronic heart failure. *Eur J Intern Med*. 2015; 26: 118–122.
- 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.
- Paneroni M, Scalvini S, *et al.*: The impact of cardiac rehabilitation on activities of daily life in elderly patients with heart failure. *Front Physiol*. 2022; 12: 785501.
- Yamamoto S, Okamura M, *et al.*: Impact of long-term exercise-based cardiac rehabilitation in patients with chronic heart failure- A systematic review and meta-analysis. *Circ J*. 2024; 88: 1360–1371.
- Takabayashi K, Iwatsu K, *et al.*: Clinical characteristics and outcomes of heart failure patients with long-term care insurance-Insights from the Kitakawachi clinical background and outcome of heart failure registry-. *Circ J*. 2020; 84: 1528–1535.
- 厚生労働省ホームページ：要介護認定はどのように行われる

- か. https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/kaigo_koureisha/nintei/gaiyo2.html (2024年8月9日引用)
- 35) 富山大輔, 沖野公香, 他: 訪問リハビリテーションが要介護度の経時的変化に及ぼす影響—理学療法介入の有無による比較—. 理療の臨研. 2016; 25: 91-96.
- 36) 小林 琢, 諸富伸夫, 他: 慢性心不全患者の身体機能は訪問リハビリテーションの利用期間と関連する. 日在宅医療連会誌. 2022; 3: 36-43.
- 37) 杉本 諭, 古山つや子, 他: Short Physical Performance Batteryは要介護高齢者に対するパフォーマンステストとして利用できるか? 理学療法科学. 2020; 35: 237-243.

〈Abstract〉

Changes in Physical Function with Home-visit Rehabilitation for Patients with Chronic Heart Failure

Keisuke FURUTA, PT

Yumino Heart Clinic Shibuya

Keisuke OURA, PT, MSc

Nozomi Heart Clinic Tennoji

Masakazu SAITOH, PT, PhD

Juntendo University

Masakazu SAITOH, PT, PhD, Yuichi ONIMURA, PT, PhD, Dai YUMINO, MD, PhD

YUMINO Medical

Yuichi ONIMURA, PT, PhD

University of Tsukuba

Objective: This study aims to investigate the outcome of home-visit rehabilitation on lower limb function in patients with chronic heart failure (CHF), based on their baseline activities of daily living (ADL) and long-term care classification.

Methods: A total of 116 patients with CHF (mean age 83 ± 10 years, 55% female) who received home-visit rehabilitation were involved in this study. Patients were categorized into three groups based on their ADL levels, assessed using the Barthel Index (independent, mildly dependent, and moderately to severely dependent), and their long-term care classification (support level, care levels 1-2, and care levels 3-5) at the initiation of home-visit rehabilitation. Changes in physical function were evaluated using the Short Physical Performance Battery (SPPB). Based on their SPPB score, patients were classified into three groups (improved, maintained, or declined).

Results: After three months of home-visit rehabilitation, SPPB scores showed significant improvement ($p < 0.001$). A significant association was observed between baseline ADL level and changes in SPPB scores (improved, maintained, and declined: 41.9%, 32.3%, and 25.8%, respectively, in the independent group; 60.3%, 20.6%, and 19.0%, respectively, in the mildly dependent group; and 36.4%, 54.5%, and 9.1%, respectively, in the moderately to severely dependent group). Similarly, the long-term care was significantly associated with changes in SPPB scores.

Conclusion: This study suggests that home-visit rehabilitation can improve physical function in patients with CHF by maintaining or enhancing their mobility. The initial ADL level and long-term care may also have influence in physical function following home-visit rehabilitation.

Key Words: Chronic heart failure, Home-visit rehabilitation, Short physical performance battery

症例報告

同種造血幹細胞移植後の移植片対宿主病治療に伴う ステロイドミオパチーに対する理学療法と栄養療法*

—症例報告—

田中 孝^{1) #} 中江 吉希²⁾ 藤岡 栄悟¹⁾ 麦田 盛穂¹⁾ 泉本 亮二¹⁾
白川 桂¹⁾ 片岡 宏一郎¹⁾ 川上 学²⁾ 辻 成佳^{1) 3)}

要旨

【背景】同種造血幹細胞移植後の移植片対宿主病 (Graft Versus Host Disease: 以下, GVHD) は, 日常生活動作 (Activities of Daily Living: 以下, ADL) の低下を引き起こす合併症である。GVHDの治療はステロイド投与を行うが, 副作用にステロイドミオパチーがある。ステロイドミオパチーを発症した場合, ステロイドの減量に加え理学療法と栄養療法を組み合わせた包括的治療が推奨されるが, これらの詳細な治療経過に関する報告は乏しい。【症例と経過】臍帯血移植を受けた48歳男性がGVHDを発症し, ステロイド投与を開始したところ, ステロイドミオパチーを合併しADL全介助となった。ステロイドの減量と計画的な理学療法, 栄養療法を行い, 最終的に自立歩行の再獲得に至った。【結論】計画的な理学療法と栄養療法の併用はステロイドミオパチーの改善に寄与する可能性が示唆された。

キーワード 同種造血幹細胞移植, 移植片対宿主病, ステロイドミオパチー, 理学療法, 栄養療法

はじめに

同種造血幹細胞移植は, 難治性血液疾患に対して治療の可能性のある治療法である。日本国内では2010年以降, 年間3500件以上が施行され, 移植後の5年生存率は50%, 10年生存率は45%である¹⁾。しかし移植に伴う合併症に移植片対宿主病 (Graft Versus Host Disease: 以下, GVHD) があり, 全身ステロイド投与が必要な急性GVHDの発生頻度は35%, 長期的なステロイド投与を要

する慢性GVHDの発生頻度は20%と報告されている²⁾。GVHDの治療はステロイドが第一選択であるが, 長期投与により多様な副作用を生じる可能性がある。その中でもステロイドミオパチーはGVHD患者の約40%に確認された報告もある³⁾ ため, 対策を考慮する必要がある。

ステロイドミオパチーは, ステロイドの長期投与によって引き起こされる筋力低下症であり, 特に下肢近位筋の障害が顕著である⁴⁾。そのため患者は立ち上がりや歩行が困難になり, 最終的には日常生活動作 (Activities of Daily Living: 以下, ADL) が全介助に至ることもある。治療はステロイドの減量が主であるが, それに加えて適切な理学療法 (Physical Therapy: 以下, PT) と栄養療法を行うことが筋力回復において重要となる。現時点では, 軽度から中等度のレジスタンス運動と有酸素運動が筋力回復に有用であると報告⁵⁾ されているが, 運動の具体的な頻度や強度についての詳細な指針は確立されていない。また栄養療法がステロイドミオパチーの改善に寄与する可能性が指摘されているものの, その実態は十分に解明されていない。

今回, GVHDの治療中にステロイドミオパチーを発症し, ADL全介助となった患者に対し, 計画的な理学療法と栄養療法を実施し, 自立歩行を再獲得した症例を報

* Physical Therapy and Nutrition Therapy for Steroid Myopathy Associated with Graft Versus Host Disease Treatment after Allogeneic Hematopoietic Stem Cell Transplantation: A Case Report

1) 日本生命病院リハビリテーション科
(〒550-0006 大阪府大阪市西区江之子島2丁目1-54)
Takashi Tanaka, PT, Eigo Fujioka, PT, Moriho Mugita, PT, MHSc, Ryoji Izumoto, PT, Kei Shirakawa, PT, Koichiro Kataoka, PT, Shigeyoshi Tsuji, MD, PhD: Department of Rehabilitation, Nippon Life Hospital
2) 日本生命病院血液・化学療法内科
Yoshiki Nakae, MD, PhD, Manabu Kawakami, MD, PhD: Department of Hematology and Chemotherapy, Nippon Life Hospital
3) 日本生命病院整形外科
Shigeyoshi Tsuji, MD, PhD: Department of Orthopaedic surgery, Nippon Life Hospital
E-mail: taka4no3806@gmail.com
(受付日 2025年2月14日/受理日 2025年5月13日)
[J-STAGEでの早期公開日 2025年7月13日]



告する。

症例と経過

1. 症例紹介

症例は48歳男性である。入院前のADLは自立していた。併存症は糖尿病、既往歴は特記すべき事項はない。生活歴はデスクワークに従事し、エレベーター付き集合住宅に妻、子供3人と同居していた。室内には10 cm未満の段差が複数存在し、5 mの自立歩行能力が求められる環境であった。日常生活の援助は妻のみが担当可能であった。

2. 理学療法と栄養療法併用介入までの経過 (図1: 再入院後1日目から98日目)

20XX-2年8月急性前骨髄球性白血病を発症し化学療法で寛解したが、3ヶ月後に再発し、20XX-1年8月再寛解導入療法を施行後、20XX年3月に臍帯血移植を実施した。移植後32日目に下部消化管急性GVHD stage 3 (急性GVHD grade III) を発症した。メチルプレドニゾロン (methyl-prednisolone: 以下, mPSL) 160 mg/日を開始し、症状は消失したためステロイドの漸減を行った。しかし移植後108日目にGVHDが再燃し、再入院した。再入院後5日目にmPSL 160 mg/日に再増量しヒト骨髄由来間葉系幹細胞製剤を投与したところ、下部消化管急性GVHDは消失した。再入院後8日目よりPTを開始した。ADLは全自立で独歩も可能であったが、200 m連続歩行で疲労感を訴え、6分間歩行テストは160 m、10 m最大歩行速度は0.56 m/sであった。下肢筋力は近位筋、遠位筋ともに徒手筋力検査 (Manual Muscle Testing: 以下, MMT) で5レベルであった。入院後11日目から倦怠感と下腿浮腫が出現し体動困難となり、浮腫により20日間で体重は18 kg増加した。原因精査の結果、倦怠感と下腿浮腫は同種造血幹細胞移植に伴う血管内皮障害及びステロイドミオパチーによるものと診断され、急性GVHDの再燃を認めなかったためステロイドの漸減を実施された。漸減経過中、再入院後52日目に侵襲性肺炎アスペルギルス症を、88日目に薬剤性急性膵炎を発症し、ADLはさらに低下し臥床状態となり、Barthel Index (以下, BI) は25点となった。この時点で腹痛や呼吸困難のためPTを休止した。経過中、食事形態の調整や経静脈栄養を行ったが、一日平均エネルギー摂取量は1111 kcal/日で、エネルギー必要量として仮定した標準体重×30 (kcal) の1796 kcal/日を達成することはなかった。また、タンパク質摂取量は平均41.63 g/日 (0.52 g/kg/日) であり1.0 g/kg/日を下回っていた。

侵襲性肺炎アスペルギルス症、薬剤性急性膵炎が改善した再入院後99日目よりPT再開及び栄養療法を開始した。

3. PT再開時の評価、PTと栄養療法の経過

以下入院後99日目をPT再開後1日目とする。

1) PT再開時評価

身体所見は身長165 cm、体重78.6 kg、Body Mass Index (BMI) 28.9 kg/m^2 、全身に著明な浮腫を認めた。血圧122/89 mmHg、脈拍110拍/分、体温37.1°C、 SpO_2 95% (酸素3 L/分) であり、診察所見では明らかな炎症兆候や嚥下機能障害は認めなかった。排便は軟便が一日数回であった。血液所見は白血球数4960/ μL 、ヘモグロビン8.8 g/dL、血小板数48000/ μL 、AST 59 U/L、ALT 49 U/L、LDH 559 U/L、総ビリルビン2.6 mg/dL、ALP 662 U/L、 γ -GTP 374 U/L、総タンパク4.5 g/dL、アルブミン2.2 g/dL、クレアチンキナーゼ44 U/L、Cre 0.71 mg/dL、CRP 1.41 mg/dL、尿検査所見は正常であった。基本動作レベルは、ベッド柵を把持すれば寝返りは可能、起き上がりは困難、端座位は介助下最長10分で、立ち上がりや歩行は不可であった。下肢筋力は近位筋、遠位筋共に2レベル (右>左) で、膝伸展筋力は、測定不可であった。握力は右18.2 kg、左14.2 kg、下腿最大周径は右32.0 cm、左33.4 cm、BIは35点であった。身体組成は、体重78.6 kg、筋肉量43.2 kg、Skeletal Muscle Index (以下, SMI) 7.8 kg/m^2 、細胞外水分 (Extracellular Water: 以下, ECW)/体内総水分量 (Total Body Water: 以下, TBW) 0.449、Phase Angle 2.2° 、基礎代謝量1153 kcal (体成分分析装置 (株) インボディ・ジャパン、Inbody S10を用いた) であった。初期評価前後7日間の平均栄養摂取量は、総摂取エネルギー1054 kcal、タンパク質42.7 g、脂質49.3 g、糖質168.6 g、エネルギーバランスは-742 kcalであった。

2) 理学療法経過 (表1)

既報のガイドラインはないため、過去の報告⁶⁻⁸⁾を参考にリハビリテーションチームで方針を策定した。1日のリハビリテーションプログラムを2~3回に分け、合計40~80分、週5日実施とした。レジスタンス運動は、自動介助運動から開始し、筋力の改善に応じて自動運動へ移行し、その後、重錘負荷や徒手による抵抗運動へと段階的に負荷を増やす方針とした。端座位保持が安定した段階で立ち上がり練習へ移行し、立位保持の安定性や耐久性を得た後に、抗重力位での種目を行うこととした。歩行練習は、2名介助下での四輪歩行器から開始し、段階的に距離を拡大した後に四点支持歩行器、杖、独歩へと進め、自立歩行に移行する方針とした。運動負荷は、生化学データにおいてクレアチンキナーゼが基準値を超えないこと、翌日に強い筋痛や筋疲労が出現しないこと、明らかな筋力低下が急速に出現しないことを確認しながら、過負荷が生じないよう負荷調整を行い、Borg scaleにおいて自覚的運動強度13 (ややきつい) を目安とした。

PT再開後2日目より介助下でベッドサイドにて10分

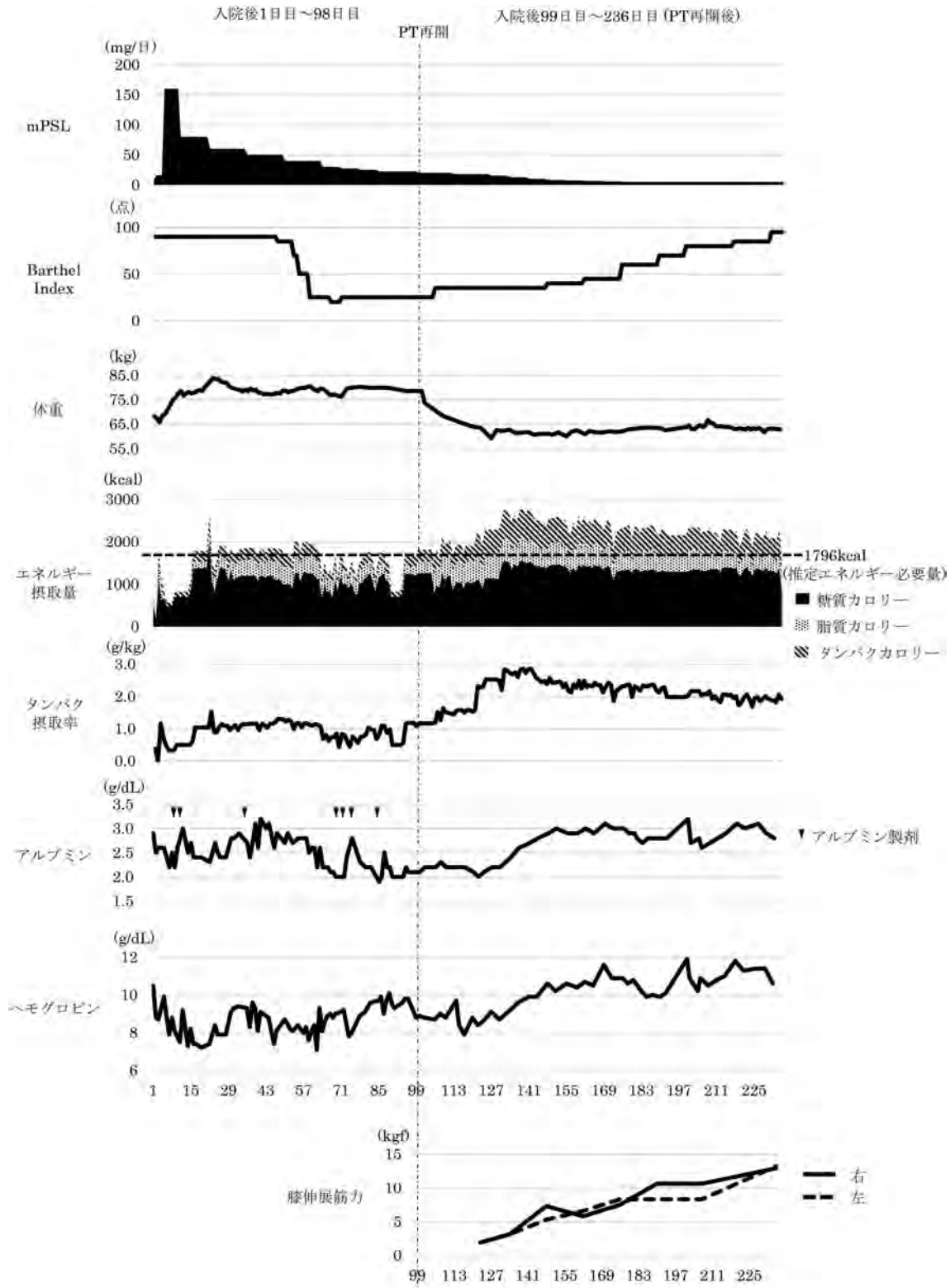


図1 再入院後全経過におけるステロイド投与量, Barthel Index, 体重, エネルギー摂取量, タンパク摂取率, アルブミン, ヘモグロビン, 膝伸展筋力の経時的変化

間の端座位練習を開始し、10日目より2名全介助下で座面高60 cmでの立ち上がり練習を実施した。レジスタンス運動は、自動介助運動から自動運動、さらに抵抗運動へと進めた。PT再開後36日目には2名中等度介助下で座面高60 cmからの立ち上がりが可能となり、46日目より1名軽介助下での立ち上がり練習に移行した。PT再

開後64日目に座面高60 cmで1名軽介助下での立ち上がりが可能となった。これまでの期間に歩行練習を行うことはできなかった。この時点で寝返りや起き上がりはベッド柵を把持すれば可能となり、端座位保持も可能となった。車椅子移乗はアームレスト跳ね上げ式車椅子とスライディングボードを用いることで近位監視下

表1 ステロイド投与量, 筋力と体組成結果, 理学療法プログラム, ADLの回復過程

理学療法開始後		8日目	22日目	35日目	50日目	64日目	78日目	92日目	106日目	120日目	134日目
ステロイド量 (mg)		20.0	17.5	15.0	8.0	6.4	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
筋力	握力 (右/左) (kg)	—	—	18.2/14.2	22.2/14.4	22.8/15.2	24.4/15.8	22.4/15.8	23.9/16.2	22.8/16.2	26.6/19.1
	膝伸展筋力 (右/左) (kgf)	—	1.9/1.9	3.1/3.1	7.3/5.3	5.8/6.6	7.5/8.3	—	10.6/8.3	—	12.9/13.2
	体重比 (右/左) (%)	—	3.0/3.0	5.0/5.0	12.0/8.8	9.3/10.6	11.9/13.2	—	16.0/13.0	—	20.0/20.0
体組成	体重 (kg)	78.6	64.0	62.6	61.0	61.0	62.2	63.4	65.6	63.0	62.9
	筋肉量 (kg)	43.2	—	33.8	32.1	32.4	33.4	33.9	37.3	34.5	34.8
	骨格筋指数 (kg/m ²)	7.8	—	5.0	4.7	5.0	4.9	5.2	5.8	5.4	5.5
	ECW/TBW	0.449	—	0.426	0.423	0.421	0.418	0.418	0.422	0.418	0.415
	Phase Angle (°)	2.2	—	2.1	2.7	3.1	2.7	2.9	2.7	3.0	3.3
理学療法プログラム		ストレッチング									
		自動介助運動, 自動運動, 抵抗運動 (電極付加, 徒手抵抗)									
		レッグプレス									
		端座位保持	立ち上がり	立ち上がり	立ち上がり	立ち上がり	立ち上がり	立ち上がり	立ち上がり	立ち上がり	立ち上がり
			立位保持	車椅子移乗	歩行器	歩行器	歩行器	歩行器	歩行器	歩行器	歩行器
ADL		ADL練習									
		立ち上がり	不可	全介助	2名	1名	1名	両手支持	両手支持	両手支持	両手支持
					中等度介助	中等度介助	軽介助	自立	自立	自立	自立
					座面高 60cm	座面高 60cm	座面高 60cm	座面高 50cm	座面高 45cm	座面高 40cm	座面高 40cm
		歩行	不可	不可	歩行器			25m	50m	100m	杖歩行
					車椅子			25m	50m	100m	杖歩行
		移動方法	全介助	全介助	移乗3名	移乗2名	移乗1名	移乗近位見守り	移乗近位見守り	移乗近位見守り	移乗近位見守り
					全介助	全介助	介助 (補助具要)	介助 (補助具要)	介助 (補助具要)	自立	杖歩行
Barthel Index (点)		35	35	35	40	45	55	65	80	85	95

にて可能であった。下肢筋力は近位筋MMT3+レベル, 遠位筋MMT3レベル (いずれも右>左) へ改善し, 膝伸展筋力は等尺性筋力測定装置 (ANIMA株式会社, μ Tas MF-01) にて測定し, 右5.8 kgf, 左6.6 kgfであった。握力は右22.8 kg, 左15.2 kgに向上した。下腿最大周径は右24.4 cm, 左24.0 cmと減少したが, これは初期評価時に認められた下腿浮腫の消失に伴うものと考えられた。BIは45点に改善し, 身体組成は, 体重61.0 kg, 筋肉量32.4 kg, SMI 5.0 kg/m², ECW/TBW 0.421, Phase Angle 3.1°, 基礎代謝量1116 kcalであった。

以降は, 座面高を5 cmずつ下げながら40 cmに至るまで立ち上がり練習を継続した。PT再開後73日目には立位保持の安定性や耐久性が向上したため, 両脚スクワット, カーフレイズなど抗重力位での種目へと変更した。PT再開後116日目からマシントレーニング (レッグプレス: OG技研社製 GX-310) を導入した。レッグプレスの運動負荷設定は, 1 Repetition Maximum (以下, RM) を測定の上で1RMの60~75%の負荷量で10回3セットを1日量とし, 運動頻度は隔日 (週3日) とした。

歩行練習は, PT再開後65日目に2名介助下での四輪歩行器を用いた25 m歩行から開始し, 92日目に50 m, 106日目に100 mへと距離を拡大した。PT再開後113日目には杖歩行, 123日目に短距離の独歩も可能となり, 137日目には安定した杖歩行を獲得したため, 138日目に退院となった。PT再開後の運動遵守率は100%であった。退院時の基本動作レベルについて, 起居動作は自

立, 立ち上がりは座面高40 cmから自立可能となり, 杖歩行は100 m, 短距離の独歩も可能であった。10 m最大歩行速度は0.57 m/sであり, 階段昇降は介助下で2足1段にて可能, 床からの立ち上がりも支持物を用いることで可能であった。下肢筋力は近位筋MMT4レベル, 遠位筋はMMT3レベルであった。膝伸展筋力は右12.9 kgf, 左13.2 kgf, 握力は右26.6 kg, 左19.1 kgと向上し, 下腿最大周径は右24.8 cm, 左24.2 cm, BIは95点であった。身体組成は, 体重62.9 kg, 筋肉量34.8 kg, SMI 5.5 kg/m², ECW/TBW 0.415, Phase Angle 3.3°, 基礎代謝量1169 kcalであった。

3) 栄養療法経過 (図1: 再入院後99日目から236日目 (PT再開後1日目から137日目))

既報のガイドラインはないため, 過去の報告⁹⁻¹¹⁾ を参考に栄養サポートチームと方針を策定した。エネルギー摂取量はエネルギー必要量を標準体重×30 (kcal) である1796 kcal/日と仮定し, エネルギーバランスがプラスとなるように計画した。糖質はエネルギー摂取量の50%, 脂質は20~30%, タンパク質は1~2 g/kg/日を目標とした。併存症に糖尿病を認めていたため, インスリンを用いて血糖コントロールを実施した。エネルギー摂取量の推定には目視法¹²⁾ を用い, 食後に摂取量を記録した。タンパク質摂取は食事に加えて栄養補助食品, プロテインサプリメント, アミノ酸製剤の経静脈投与を組み合わせで行った。栄養補助食品は食事タイミングに合わせて, プロテインサプリメントは運動終了直後に, 経

静脈栄養はPTを行っていない時間に投与した。

介入開始時、エネルギーバランスはマイナスであり、タンパク摂取率は0.95 g/kg/日であった。PT再開後2日目にエネルギーバランスはプラスに転じた。PT再開後8日目よりブイクレドリンク® (ニュートリー株式会社) 2本/日 (タンパク質24 g/日) を追加し、タンパク摂取率を1.4 g/kg/日に増加させた。1日あたりのタンパク質摂取量を2.0 g/kg/日とするためにPT再開後24日目からプロテインサプリメントを40 g/日、26日目からブイクレドリンク® を3本/日 (タンパク質36 g/日) に増量し、タンパク摂取率を2.2 g/kg/日とした。PT再開後34日目より嗜好の問題でブイクレドリンク® を中止し、GFO® (大塚製薬) 3袋 (タンパク質10.8 g/日)、ペプチーノ® (ニュートリー株式会社) 3本 (タンパク質21.6 g/日)、ネオアミュー® 輸液 (エイワイファーマ株式会社) 400 mL (アミノ酸23.6 g/日) に変更し、タンパク摂取率を2.7 g/kg/日とした。PT再開後47日目より嗜好の問題でGFO® は中止とし、以降はプロテインサプリメント、ペプチーノ®, ネオアミュー® 輸液を継続し、タンパク摂取率を2.5 g/kg/日とし、PT再開後95日目まで継続した。以降は退院後も継続することができるようプロテインサプリメントとペプチーノ® のみを継続し、タンパク摂取率を2.0 g/kg/日としPT再開後138日目の退院するまで継続した。経過中、高タンパク食による腎機能障害は認められなかった。PTと栄養療法の開始後、約1ヶ月後からヘモグロビンとアルブミンは上昇傾向を示し、膝伸展筋力の増強も認められた (図1)。また、体成分分析装置による測定においてもSMIとPhase Angleの上昇が認められた (表1)。

考 察

本症例は、臍帯血移植後にGVHDを発症し、その治療のためのステロイド投与によりステロイドミオパチーを発症した結果、ADL全介助となった症例である。ステロイドの漸減に加え、適切な負荷設定によるPTと栄養療法を併用したことが、自立歩行の再獲得及び自宅復帰に寄与したと考えられた。

ステロイドミオパチーの治療はステロイドの漸減とリハビリテーションであるが、筋力回復には個人差があり、回復には1~4ヶ月を要するとされている⁴⁾。ステロイドミオパチーに対する運動療法の報告では、運動により筋量及び筋力の回復が可能である⁶⁾ ことや、運動量の増加が症状を軽減させるといった報告⁷⁾ がなされているが、具体的なメニューや回復指標を含めた報告は乏しい。また、ステロイドミオパチーにおいて高強度負荷は筋萎縮を生じる可能性⁸⁾ が指摘されているため、今回の運動療法における運動負荷は軽~中等度に抑え、複数回の介入とすることで、運動回数やセット数、頻度を十分確保し、1日の総運動負荷量を増加させる方針とし

た。この方針はアスリート¹³⁾ やサルコペニアの症例¹⁴⁾ でも報告されており、本症例においても筋力、歩行、ADLレベルの向上に繋がったと考えられる。

ステロイドミオパチーは骨格筋の異化亢進と同化抑制が同時に進行するため、PT単独では筋量の増加が難しい。今回の栄養療法は、サルコペニアに対して推奨されている、必要エネルギーの充足及び1.2~1.5 g/kg/日のタンパク質摂取を行う方針⁹⁾ を参考とした。さらに、分枝鎖アミノ酸の摂取が筋タンパク合成を促進し異化を抑制する効果¹⁰⁾ や、レジスタンス運動後のタンパク質摂取が筋タンパク合成を促進する¹¹⁾ ことを考慮し、運動後にプロテインサプリメントを積極的に摂取した。タンパク摂取率を2.0 g/kg/日とした高タンパク食の介入は、本症例において腎機能への悪影響を認めず、筋力及びADLの改善に寄与したと考えられた。ステロイドミオパチー患者における運動療法と栄養療法の併用を評価した報告は乏しく、本症例は貴重な事例と考えられる。

同種造血幹細胞移植において移植前後のリハビリテーションの重要性が報告されている¹⁵⁾ が、PTや栄養療法の具体的なプログラムや評価方法にはばらつきが多く、標準化が困難な状況にある¹⁶⁾。現在進行中の無作為化比較試験 (IRENE-G study)¹⁷⁾ はGVHD患者に対するレジスタンス運動及び栄養療法についての指針となりうるが、本症例のようにADLが全介助に陥った患者は対象外であるため、本研究のような症例報告の集積も将来的な治療方針の構築に重要であると考ええる。

本症例報告の限界点

ステロイドは様々な疾患に対して投与されるため、ステロイドミオパチーによる筋量低下を認められた場合でも、基礎疾患によって全身状態は異なるが、本症例では同種造血幹細胞移植後の血管内皮障害に起因する全身性浮腫を合併していた。筋肉量の評価を体成分分析装置で行ったが、PT再開直後が最も筋肉量が多い結果となった (表1)。体成分分析装置は生体に電流を流し、その電気抵抗をもとに筋肉量や体脂肪量を算出するため、浮腫の多い本症例では電気抵抗に影響を及ぼし筋肉量が過大に評価された可能性が推察された。Phase Angleは浮腫と関わらず改善傾向を認めているため、浮腫改善後のSMIの上昇は増加した筋肉量を示している可能性もあるが、ECW/TBWは約0.4と不変であり残存浮腫の影響も示唆されるため、真に筋肉量が増加したかを判定することは困難であった。浮腫を伴う症例の場合、Computed Tomography (CT) での筋肉量評価を併用することも重要と考えられた。

結 語

臍帯血移植後にGVHDを発症し、ステロイド投与を開

始したところステロイドミオパチーを合併した症例に対し、PTと栄養療法を併用することで、ADL全介助の状態から自立歩行を再獲得した。1日あたりのPT介入を複数回実施することで総活動量の増加を図ると同時に、タンパク質摂取を中心とした栄養療法を行ったことが重要な役割を果たしたと考えられる。ステロイド投与が必要となる疾患は多岐にわたり、GVHD症例に限らず、異なる基礎疾患を有するステロイドミオパチー症例においても、同様のPT及び栄養療法を適用できる可能性について、今後さらなる検討が必要である。

倫理的配慮

対象者には本症例報告の趣旨を説明し口頭にて同意を得た。

利益相反

本症例報告において開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 日本造血細胞移植データセンター, 日本造血・免疫細胞療法学会: 日本における造血細胞移植/細胞治療. 2023年度 全国調査報告書. https://www.jdchct.or.jp/data/slide/2023/NationwideSurvey_Annual_Report%202023_Separate_vol.pdf (2025年1月15日引用)
- 2) Kanda J, Mitsuyoshi T, *et al.*: Real-world outcomes of graft-versus-host disease after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation in Japan: Retrospective analysis of the transplant registry unified management program registry. *Transplant Cell Ther.* 2024; 30: 907.
- 3) Lee HJ, Oran B, *et al.*: Steroid myopathy in patients with acute graft-versus-host disease treated with high-dose steroid therapy. *Bone Marrow Transplant.* 2006; 38: 299–303.
- 4) Kohsaka H: Mechanism, diagnosis, and treatment of steroid myopathy. *Brain Nerve.* 2013; 65: 1375–1380.
- 5) Tsetlina V, Stanford RA, *et al.*: Steroid myopathy and rehabilitation in patients with cancer. *PM R.* 2024; 16: 908–918.
- 6) Horber FF, Scheidegger JR, *et al.*: Thigh muscle mass and function in patients treated with glucocorticoids. *Eur J Clin Invest.* 1985; 15: 302–307.
- 7) 庄司進一: ステロイドミオパチーの成因と治療. *神経内科治療.* 1988; 5: 233–239.
- 8) Uchikawa K, Takahashi H, *et al.*: Strenuous exercise-induced alterations of muscle fiber cross-sectional area and fiber-type distribution in steroid myopathy rats. *Am J Phys Med Rehabil.* 2008; 87: 126–133.
- 9) Cruz-Jentoft AJ, Landi F, *et al.*: Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: A systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age Ageing.* 2014; 43: 748–759.
- 10) Yoshimura Y, Uchida K, *et al.*: Effects of nutritional supplements on muscle mass and activities of daily living in elderly rehabilitation patients with decreased muscle mass: A randomized controlled trial. *J Nutr Health Aging.* 2016; 20: 185–191.
- 11) 立松典篤: 栄養と運動の併用効果のメカニズム. *理学療法学.* 2023; 50: 98–102.
- 12) Kawasaki Y, Sakai M, *et al.*: Criterion validity of the visual estimation method for determining patients' meal intake in a community hospital. *Clin Nutr.* 2016; 35: 1543–1549.
- 13) 藤田 聡: アスリートの効率的な筋量増加にむけた運動と栄養摂取. *日本スポーツ栄養研究誌.* 2017; 10: 10–15.
- 14) 三枝信吾, 加茂亜里沙, 他: 二次性サルコペニアを合併したTrousseau症候群に対して栄養療法と運動療法の併用により自宅復帰に至った一例. *理学療法学.* 2022; 49: 169–176.
- 15) Potiaumpai M, Caru M, *et al.*: IMPROVE-BMT: A pilot randomized controlled trial of prehabilitation exercise for adult hematopoietic stem cell transplant recipients. *J Clin Med.* 2024; 13: 2052.
- 16) Prins MC, van Hinte G, *et al.*: The effect of exercise and nutrition interventions on physical functioning in patients undergoing haematopoietic stem cell transplantation: A systematic review and meta-analysis. *Support Care Cancer.* 2021; 29: 7111–7126.
- 17) Bujan Rivera J, Kühl R, *et al.*: Impact of resistance exercise and nutritional endorsement on physical performance in patients with GVHD (IRENE-G study) - design and rationale of a randomized controlled trial. *BMC Cancer.* 2022; 22: 440.

症例報告

重症疾患治療後の認知機能障害症例における二重課題トレーニングが注意機能・遂行機能に与える影響*

—Single Case BAB Design Study—

松木良介^{1) #} 児島範明¹⁾ 砂原正和¹⁾ 宮崎泰広¹⁾
崎田佳希²⁾ 恵飛須俊彦¹⁾ 端野琢哉³⁾

要旨

【目的】重症疾患の治療後に合併する認知機能障害を改善する目的で、入院期より二重課題トレーニングを実施した症例を経験したので報告する。【症例・介入】症例は、70歳代男性、食道胃接合部がん切除後に縫合不全を発症し、人工呼吸器を含む集中治療室 (Intensive Care Unit: 以下、ICU) 管理を要した症例である。本研究はsingle case BAB designを用いて、運動療法のための介入 (A期) と二重課題トレーニングを追加した介入 (B1期, B2期) をB1-A-B2の順に14日間ずつ実施した。【結果】Trail Making Test Part BはB1, B2期で改善したが、A期では増悪を認めた。Montreal Cognitive Assessment-Japanese Version, Trail Making Test Part AはB1-A-B2の介入期間中に変化はなかった。【結論】ICU退室後の二重課題トレーニングは注意機能・遂行機能を改善する可能性がある。

キーワード 二重課題トレーニング, 認知機能障害, 集中治療後症候群

はじめに

重症疾患治療後の身体機能・認知機能・精神機能の障害は集中治療後症候群 (Post Intensive Care Syndrome: PICS) と呼ばれ、集中治療後の社会的な問題となっている。その中でも、重症疾患治療後に遷延する認知機能障害は重症疾患治療後生存者の約33%の患者に発症し¹⁾、集中治療室 (Intensive Care Unit: 以下、ICU) 退室後12ヶ月時点でも障害は残存しており、障害の程度は軽度認知機能障害 (Mild Cognitive Impairment: 以下、MCI) から

中等度の外傷性脳損傷患者と同程度の障害まで呈していたと報告²⁾ されている。重症疾患治療後の認知機能障害の特徴として、遂行機能、注意機能、記憶または処理能力が低下するとされる³⁾。特に、遂行機能の障害は手段的日常生活動作 (Activities of Daily Living: 以下、ADL) 能力の低下と関連⁴⁾ するため、退院後の生活や職場復帰に影響を与える。そのため、認知機能障害に対する治療が必要とされているが、その治療法は確立されておらず、特に入院期における認知機能障害に対する治療介入の方法や効果については明らかにされていない。

一方で、MCI患者を対象とした場合、認知課題と運動課題を組み合わせた二重課題トレーニングが注意機能や遂行機能の改善⁵⁾ を図る治療法として期待されている。本邦でよく使用される二重課題トレーニングとして“コグニサイズ”⁶⁾ があり、MCI患者の認知機能改善に効果的⁷⁾ であったと報告されている。また、座位姿勢からでも導入可能なメニューが設定されており、基本動作が不安定な場合でも導入可能であるため、入院患者の二重課題トレーニングとして安全に実施可能である。

本症例報告の目的は、重症疾患治療後の認知機能障害を呈した症例に対して、入院期に実施する二重課題トレーニングが全般的認知機能・遂行機能・注意機能に及

* Effects of Dual-task Training for a Patient with Cognitive Impairment in ICU: Single Case BAB Design Study

1) 関西電力病院リハビリテーション部

(〒553-0003 大阪府福島区福島2-1-7)

Ryosuke Matsuki, PT, MSc, Noriaki Kojima, OT, MSc, Masakazu Sunahara, PT, MSc, Yasuhiro Miyazaki, ST, PhD, Toshihiko Ebisu, MD, PhD: Department of Rehabilitation Kansai Electric Power Hospital

2) 大阪急性期総合医療センター

Yoshiaki Sakita, PT: Osaka General Medical Center

3) 関西電力病院救急集中治療センター

Takuya Hashino, MD, PhD: Kansai Electric Power Hospital, Department of Critical Care Center

E-mail: matsuki56624@gmail.com

(受付日 2025年1月22日 / 受理日 2025年5月20日)

[J-STAGEでの早期公開日 2025年7月20日]



ばす影響をSingle Case BAB Designによって検証を行うことである。

対象と方法

1. 対象

症例は70歳代男性で、入院前のADLは自立しており、手術前のJapanese Version of Montreal Cognitive Assessment (以下、MoCA-J)は未評価であったが、臨床的認知症尺度は0であり、認知症は疑われていなかった。本症例の教育歴は16年、喫煙歴は15本×30年(ブリンクマン指数:450)、飲酒歴はビール1本/日、週3回、40年間であった。食道胃接合部がん(Stage II)と診断され、術前化学療法が施行された。術前化学療法後のパフォーマンスステータスは0で、化学療法は身体機能や精神機能の低下なく完遂された。化学療法前後で2 kg程度の体重減少を伴ったが、耐術能には問題なく、今回、食道胃接合部がんの切除手術目的で入院となった。既往歴は糖尿病、高血圧症であった。

2. 経過

入院後、食道胃全摘、胃管形成術が施行された。術後1日目に一度、人工呼吸器離脱・抜管となったが、術後2日目に縫合不全による全身状態の悪化を認め、再挿管・人工呼吸器管理となった。術後16日目に人工呼吸器を離脱し、一般病棟に転床となった。ICU管理中は、ノルアドレナリンによる循環管理、プロポフォール、デクスメデトミジンによる鎮静管理が施行された。せん妄はIntensive Care Delirium Screening Checklistを用いて、1日に1回、朝10時に評価が行われ、4点以上を“せん妄を認める”と判断⁸⁾した。ICU入室中にせん妄を認めた日数は7日間であった。集中治療専門医による神経学的所見の評価により、新たな中枢神経疾患の発症は除外された。

ICU入室中は、関西電力病院で設定している意識レベル・四肢筋力に応じて座位、立位、歩行練習などの離床目標を設定して段階的に離床を進めていくICUリハビリテーションプロトコル⁹⁾に準じた介入が行われ、ICU退出後は運動療法学が理学療法士によって実施された。また、作業療法学は術後1日目より開始され、ICUリハビリテーションプロトコル⁹⁾と並行したADL練習を実施し、言語聴覚療法学は人工呼吸器離脱後の術後17日目より開始され、摂食・嚥下の評価・介入が実施された。手術後から二重課題トレーニング開始までの経過を図1に示す。術後2日目から4日目までは縫合不全部位の安定化を目的とした鎮静・安静管理が行われ、医師の指示により離床は実施せずに、床上での関節可動域練習や呼吸理学療法を実施された。

ICU退室直後はせん妄を認めていたため、認知機能評

価は実施しなかった。認知機能障害はMoCA-Jを用いて評価を行い、MCIを判別するためのカットオフ値である25点以下を“認知機能障害を認める”と判断することとした¹⁰⁾。せん妄を認めなくなった術後28日目(ICU退室後12日目)に認知機能評価を実施したところ、MoCA-Jが23点と認知機能障害を認めた。この時点でのBarthel Indexは80点であったが、認知機能障害の影響により記憶が曖昧で動作の手順などを覚えることが難しく、点滴ルートやデバイスを自分で管理して安全に移動することができなかった。そのため、認知機能障害の改善を図る目的で二重課題トレーニングを追加することが計画された。

3. 介入方法

研究デザインはSingle Case BAB Designを採用した。介入期間は、通常運動療法期(A期)および通常運動療法+二重課題トレーニング期(B期)をそれぞれ14日間と設定した(図2)。

介入は図1のように術後28日目に開始された。A期は、1セッションあたりの介入時間は40分間、内容は有酸素運動(目標心拍数(心拍予備能40%))を20分~30分とレジスタンス運動(レッグプレス最大挙上重量の50%を10回3セット)で構成した。B期は、A期と同様の通常運動療法内容に加えて10分間の二重課題トレーニングを実施した。コグニサイズは運動(ステップや足踏み)と認知課題(計算、しりとりなど)を組み合わせた運動で、組み合わせによって9種類程度の運動が考案されている。本症例への二重課題トレーニングは、コグニサイズをパンフレット⁶⁾より2種目選択し、正答率が50~60%となるように難易度を調節しながら実施した(図3)。コグニサイズの実施種目は、介入セッションごとにランダムに選択したが、転倒リスクに配慮して座位で実施できる種目から開始して、段階的に立位や歩行などが求められる種目に難易度を上げて選択した。

4. 測定項目

評価項目は全般的認知機能の指標としてMoCA-J、注意機能・遂行機能の指標としてTrail Making Test Part A(以下、TMT-A)、Trail Making Test Part B(以下、TMT-B)を実施した。TMT-Aはランダムに記載された「1から25」の数字を、1から順番に線で結び、TMT-Bは「1から13」の数字と「あ~し」の文字を、1—あ—2—い—3—のように数字と文字を交互に結び、作業完了までの所要時間を評価する検査である¹¹⁾。MoCA-J、TMT-A、TMT-BはBAB介入を行う理学療法士とは別の作業療法士によって評価された。加えて、等尺性膝伸展筋力、6分間歩行距離の評価を実施した。等尺性膝伸展筋力はハンドダイナモメーター(アニマ社、 μ Tas F-1)を使用して測定した。

縫合不全による状態悪化										
術後日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ICU	入室		再入室							
一般病棟		入室								
人工呼吸器	PC		PC				CPAP			
循環作動薬 ノルアドレナリン			開始							
鎮静剤 プロポフォール			開始							
デクスメトミジン			開始							
せん妄				あり	あり		あり	あり		
RASS	-1	-1	-4	-4	-2	-2	0	-1	-1	-1
心拍数(bpm)	72	140	98	66	97	60	79	71	95	83
血圧(mmHg)	142/60	148/78	118/63	85/60	123/60	143/66	116/52	137/64	115/75	106/60
SpO ₂ (%)	100	95	100	97	97	97	97	100	100	98
離床	歩行	中止	中止	中止	臥位	座位	立位		車椅子移乗	
ADL										
コグニサイズ開始										
術後日数	11	12	13	14	15	16	*	*		28
ICU						退室				
一般病棟						入室				
人工呼吸器						離脱				
循環作動薬 ノルアドレナリン		終了								
鎮静剤 プロポフォール						終了				
デクスメトミジン						終了				
せん妄	あり				あり	あり				
RASS	-1	-1	0	-2	1	1				
心拍数(bpm)	82	70	90	65	95	85				76
血圧(mmHg)	113/70	120/59	130/80	101/49	120/70	110/76				141/75
SpO ₂ (%)	97	98	98	98	98	98				97
離床		歩行							運動療法可能	
ADL									見守り歩行	

図1 手術後からICU退室、二重課題トレーニング開始までの経過
PC: Pressure Control, CPAP: Continuous Positive Airway Pressure, RASS: Richmond Agitation-Sedation Scale.

評価はB1期前（ベースライン）、B1期後、A期後、B2期後に計4回実施した。

5. 分析

評価で得られた数値を目視で分析する視覚的分析¹²⁾を用いた。

6. 倫理的配慮

本研究は関西電力病院の倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号：22-064）。症例に対して研究の目的・趣旨を紙面及び口頭にて説明し、書面にて同意を得た。

結 果

二重課題トレーニングの介入セッション数はB1期で10セッション、B2期で10セッション実施され、セッションが中断されるような有害事象は認めなかった。B1期およびB2期におけるコグニサイズの実施種目を表1に示す。B1期前、B1期後、A期後、B2期後において、MoCA-Jは23点、24点、25点、26点、TMT-Aは52秒、49秒、45秒、41秒、TMT-Bは169秒、92秒、126秒、106秒、等尺性膝伸展筋力は29.1 kgf、34.4 kgf、31.0 kgf、30.6 kgf、6分間歩行距離は415 m、445 m、460 m、470 mであった。MoCA-J、TMT-A、TMT-Bの経時的な変化を図4、等尺性膝伸展筋力と6分間歩行距離の経時的な変化を図5示す。

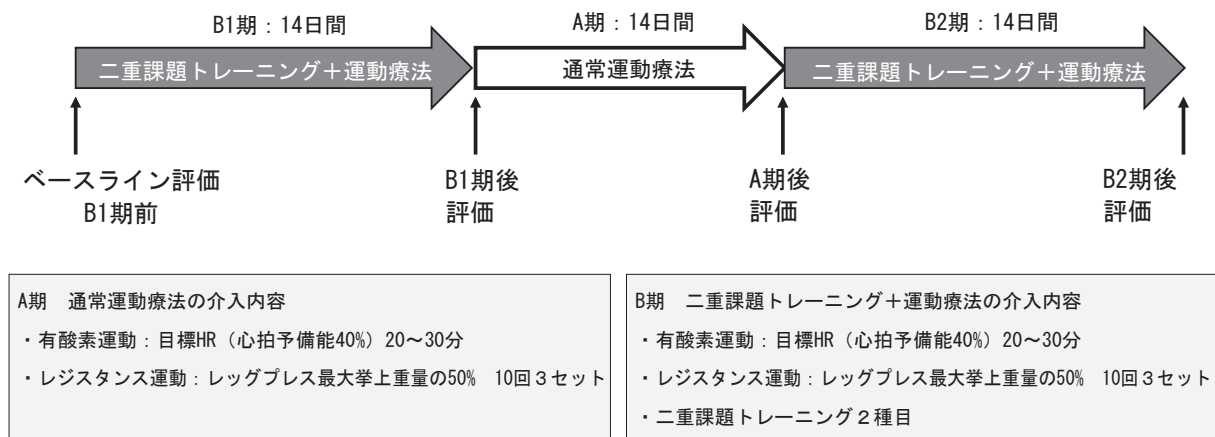


図2 運動療法介入と評価のプロトコル



図3 二重課題トレーニングの実施風景

表1 セッション毎のコグニサイズ実施種目

セッション	B1期										B2期									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
①コグニステップ(右横、左横ステップ)			●	●	●	●						●								
②コグニステップ(左右前にステップ)							●	●	●				●							●
③コグニステップ(その場で足踏み・肩タッチ)										●				●	●			●		
④コグニウォーク									●						●	●			●	●
⑤コグニラダー(基本形)																●	●	●		
⑥椅子に座ってコグニサイズ	●	●		●			●				●						●			
⑦椅子に座ってコグニラダー	●	●	●			●				●	●	●							●	
⑧床に座ってコグニサイズ①					●								●							
⑨床に座ってコグニサイズ②							●							●						

●：実施。

考 察

重症疾患治療後に認知機能障害を呈した症例に対して、二重課題トレーニングと運動療法を組み合わせた介入が全般的認知機能・遂行機能・注意機能に及ぼす影響をSingle Case BAB Designで検証した。重症疾患治療後の認知機能障害に対する治療法の問題点として、認知機

能障害の程度や症状に個性が大きいこと、治療介入について確立されていないことが挙げられる。今回は個体差が大きい病態であること、二重課題トレーニングという特異的な介入を試みたことより研究デザインとしてSingle Case BAB Designを選択した。その結果、MoCA-J、TMT-AはB1-A-B2の期間を通して著明な変化はなかったが、TMT-Bは二重課題トレーニングを追加した期間

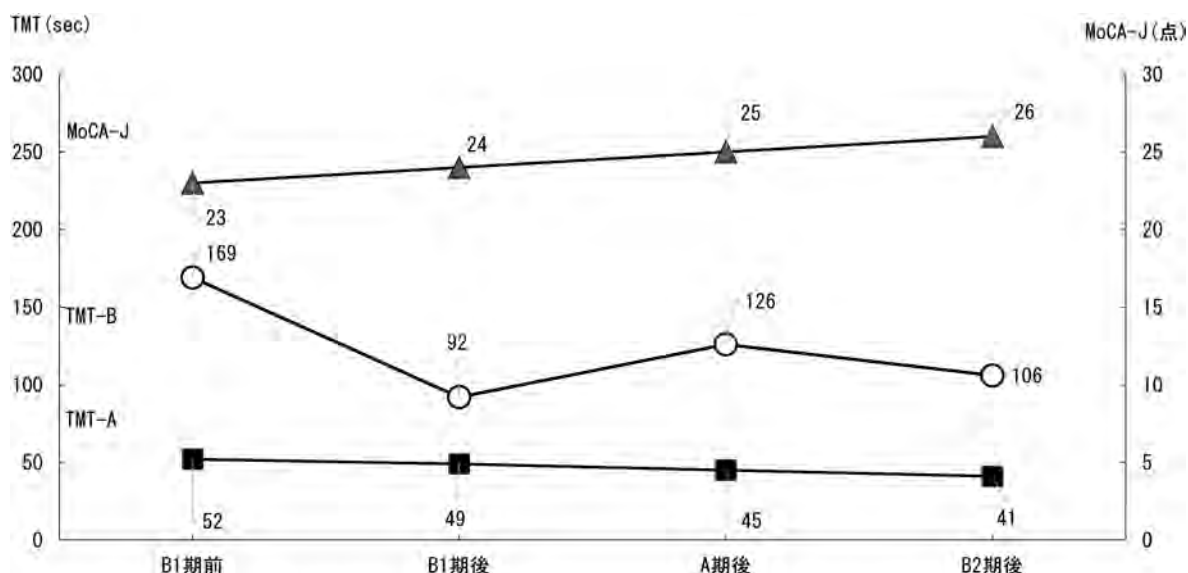


図4 MoCA-J(▲), TMT-A(■), TMT-B(○)のスコアの推移

MoCA-J: Japanese Version of Montreal Cognitive Assessment, TMT-A: Trail Making Test Part A, TMT-B: Trail Making Test Part B.

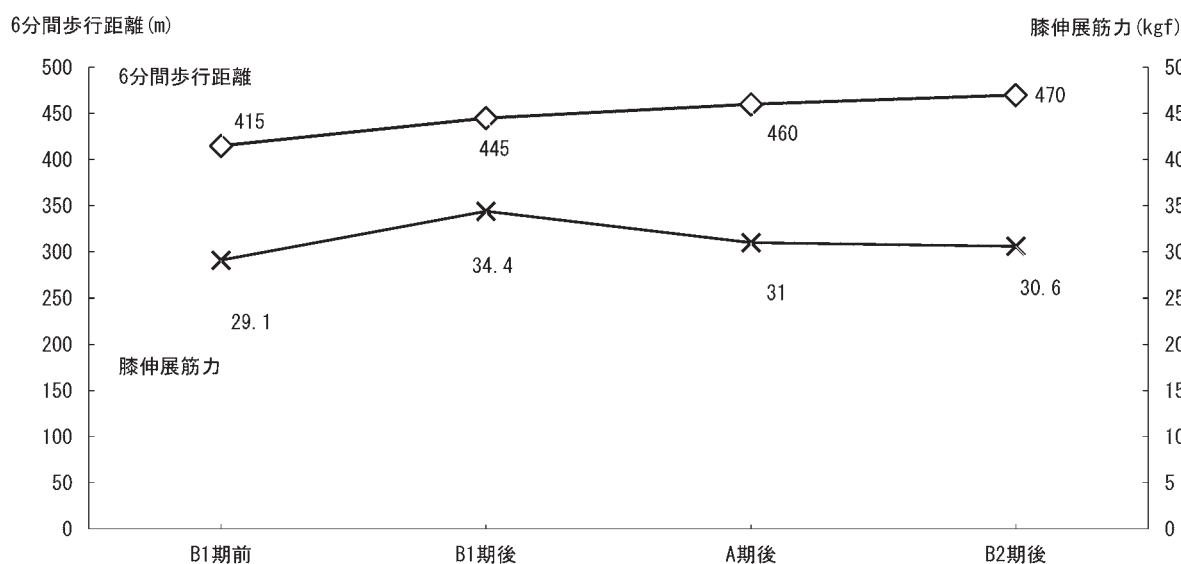


図5 等尺性膝伸展筋力(◇), 6分間歩行距離(x)の推移

(B1, B2期)でのみ改善を認めた。等尺性膝伸展筋力, 6分間歩行距離はB1-A-B2の期間を通して維持もしくは改善した。

本症例は術前に認知症を疑われていなかった。しかし、術後28日目のB1期前評価において、本症例のMoCA-Jスコアは23点であり、MCIを判別するためのカットオフ値である25点¹⁰⁾を下回っており、認知機能障害を有していると判断された。また、ICU入室中の新たな中枢神経疾患の発症は除外されていたため、重症疾患治療後に遷延する認知機能障害であると考えられた。TMT-A, TMT-Bはともに注意機能・遂行機能を必要とする高次脳機能検査であり、本症例の特徴に対応する教育歴10年以上の70歳~74歳における日本人の健常平均値はそれぞれTMT-A 49.8秒, TMT-B 116.7秒¹³⁾とされている。TMT-BはTMT-Aよりも難易度が高く、全般性注

意に加えて分配性注意やワーキングメモリーが必要な課題とされている。本症例ではB1期でTMT-Aが52秒, TMT-Bが169秒であり、特にTMT-Bで健常平均値との解離が大きく、注意機能・遂行機能が低下しており、なかでも分配性注意やワーキングメモリーの異常を認めていた。

本症例において、二重課題トレーニングを実施したB1, B2期ではTMT-Bの所要時間がB1期後に77秒, B2期後に20秒ずつ短縮し、一方で二重課題トレーニングを実施していないA期後では34秒の延長を認めた。MCI患者におけるTMT-Bの最小限の臨床的に重要な違い (Minimally Clinically Important Difference: 以下, MCID) は20秒¹⁴⁾とされており、二重課題トレーニング実施後にTMT-BはMCID以上の変化を認めており、本症例において二重課題トレーニングはTMT-Bのスコアを改善した

と解釈できる。MCI患者に対する二重課題トレーニングは前頭前皮質の神経効率を増加させ¹⁵⁾、TMT-Bのスコアを改善する¹⁶⁾とされており、MCIに有効な介入が重症疾患治療後の認知機能障害に対しても同様の効果を有している可能性が示唆された。

一方で、MoCA-JとTMT-AはTMT-Bとは異なる経過であった。MoCA-Jは23点から26点までの変化を示したが、MoCA-Jの最小検出可能な変化 (Minimally Important Difference: 以下、MID) が4点¹⁷⁾であることを踏まえると、MoCA-Jは介入による反応を示さなかったと考えられた。同様に、TMT-Aの変化量もMCIDである13秒¹⁴⁾未満の変化であり、介入による反応を示していなかった。TMT-AとTMT-Bの変化パターンの違いは、検査の難易度の違いによるものと考えられ、本症例のTMT-Aスコアはベースライン時 (B1期) でも健常平均値からの低下の程度が小さかったため、本症例のような軽微な注意・遂行機能障害を正しく検出できていない可能性があった。

本研究はSingle Case BAB Designで介入効果を検証したが、いくつかの研究の限界を有している。はじめに、本研究で使用した視覚的分析は一貫性の低さと効果が過大評価される可能性を指摘されているため、反復測定を行い統計学的な分析を併用することが推奨されている¹²⁾。本研究の主要アウトカムである認知機能評価は学習効果の点から反復測定ができず、統計学的分析の併用が困難であったために、既知のMCID, MIDとの比較分析のみを行った。そのため、本研究の結果を外挿できる範囲は小さく、得られた知見は限定的である。次に、介入期間・回数は、退院後に認知機能トレーニングを行った研究¹⁸⁾を基に設定したが、急性期における認知機能トレーニングの適切な頻度・量については不明確であり、今後、検討が必要な点である。最後に、身体活動量は認知機能に影響すること¹⁹⁾が知られているが、本症例の身体活動量は未計測であり、リハビリテーションによる活動を除いた身体活動量が認知機能に及ぼす影響を考慮できていない可能性がある。

結 語

重症疾患後の認知機能障害を呈した症例には、二重課題トレーニングを行うことで注意機能・遂行機能の指標であるTMT-Bのスコアが改善する症例が存在する。

利 益 相 反

本研究において開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Jackson JC, Hart RP, *et al.*: Six-month neuropsychological outcome of medical intensive care unit patients. *Crit Care Med.* 2003; 31: 1226-1234.
- 2) Pandharipande PP, Girard TD, *et al.*: BRAIN-ICU Study Investigators: Long-term cognitive impairment after critical illness. *N Engl J Med.* 2013; 329: 1306-1316.
- 3) Hopkins RO, Weaver LK, *et al.*: Two-year cognitive, emotional, and quality-of-life outcomes in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 2005; 171: 340-347.
- 4) Marshall GA, Rentz DM, *et al.*: Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative: Alzheimer's disease neuroimaging initiative. Executive function and instrumental activities of daily living in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement.* 2011; 7: 300-308.
- 5) Nishiguchi S, Yamada M, *et al.*: A 12-Week Physical and Cognitive Exercise Program Can Improve Cognitive Function and Neural Efficiency in Community-Dwelling Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *J Am Geriatr Soc.* 2015; 63: 1355-1363.
- 6) 国立長寿医療研究センターホームページ: 認知症予防へ向けた運動コグニサイズ. <https://www.ncgg.go.jp/ri/lab/cgss/department/gerontology/documents/cogni.pdf> (2025年1月15日引用)
- 7) Suzuki T, Shimada H, *et al.*: A randomized controlled trial of multicomponent exercise in older adults with mild cognitive impairment. *PLoS One.* 2013; 8: e61483.
- 8) Bergeron N, Dubois MJ, *et al.*: Intensive care delirium screening checklist: Evaluation of a new screening tool. *Intensive Care Med.* 2001; 27: 859-864.
- 9) Matsuki R, Kojima N, *et al.*: Impact of a rehabilitation protocol and a dedicated therapist in the intensive care unit on physical function and activities of daily living. *Prog Rehabil Med.* 2020; 5: 20200027.
- 10) Fujiwara Y, Suzuki H, *et al.*: Brief screening tool for mild cognitive impairment in older Japanese: Validation of the Japanese version of the Montreal Cognitive Assessment. *Geriatr Gerontol Int.* 2010; 10: 225-232.
- 11) Lezak MD: Neuropsychological assessment. 4th ed, Oxford University Press, New York, 2004. pp. 371-437.
- 12) Smith JD: Single-case experimental designs: A systematic review of published research and current standards. *Psychol Methods.* 2012; 17: 510-550.
- 13) 原田浩美, 能登谷晶子, 他: 健常高齢者における神経心理学検査の測定値—年齢・教育年数の影響—. *高次脳機能研究.* 2006; 26: 16-24.
- 14) Borland E, Edgar CE, *et al.*: Clinically relevant changes for cognitive outcomes in preclinical and prodromal cognitive stages: Implications for clinical alzheimer trials. *Neurology.* 2022; 99: e1142-e1153.
- 15) Park JH: Effects of cognitive-physical dual-task training on executive function and activity in the prefrontal cortex of older adults with mild cognitive impairment. *Brain Neurorehabil.* 2021; 14: e23.
- 16) Salzman T, Sarquis-Adamson Y, *et al.*: Associations of multi-domain interventions with improvements in cognition in mild cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw Open.* 2022; 5: e226744.
- 17) Feeney J, Savva GM, *et al.*: Measurement error, reliability, and minimum detectable change in the mini-mental state examination, Montreal cognitive assessment, and color trails test among community living middle-aged and older adults. *J Alzheimers Dis.* 2016; 53: 1107-1114.
- 18) Jackson JC, Ely EW, *et al.*: Cognitive and physical rehabilitation of intensive care unit survivors: results of the RETURN randomized controlled pilot investigation. *Crit Care Med.* 2012; 40: 1088-1097.
- 19) Makizako H, Liu-Ambrose T, *et al.*: Moderate-intensity physical activity, hippocampal volume, and memory in older adults with mild cognitive impairment. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2015; 70: 480-486.

1) Jackson JC, Hart RP, *et al.*: Six-month neuropsychological outcome of medical intensive care unit patients. *Crit Care Med.* 2003;

症例報告

早期からリハビリテーション介入を開始し自宅退院に至った Bickerstaff型脳幹脳炎の1症例*

浦邊 順史^{1) #} 高松 賢司¹⁾ 山本 洋司¹⁾

要旨

【目的】Bickerstaff型脳幹脳炎 (Bickerstaff Brainstem Encephalitis: 以下, BBE) は脳幹を病変の首座とする自己免疫疾患であり, 人工呼吸器管理や後遺症の残存が生じる症例も少なくはない。今回BBE患者に対し, 早期離床を実施し, 自宅退院に至ったため, 経過を報告する。【症例紹介】30歳代男性, 病前日常生活動作 (Activities of Daily Living: 以下, ADL) は自立していた。発熱, めまい, 意識障害, 構音障害, 嚥下障害, 運動失調により基本動作は全介助であった。集中治療室に入室した翌日から離床を開始した。【経過】咳嗽時の最大呼気流速, 最長発声持続時間は一時的な低下を認めたが, その後向上し, 有害事象や人工呼吸器管理に至ることなく入室8日後に集中治療室を退室。歩行練習やバランス練習継続の後, ADL自立に至り, 自宅退院となった。【結論】本症例によりBBEにおける早期からのリハビリテーション介入が有効である可能性が示唆された。BBEの急性期における経時的な身体機能の変化を示した初めての報告である。

キーワード Bickerstaff型脳幹脳炎, 運動失調, 早期離床

はじめに

Bickerstaff型脳幹脳炎 (Bickerstaff Brainstem Encephalitis: 以下, BBE) は眼球運動障害や運動失調, 意識障害を3徴候とし, 脳幹を病変の首座とする自己免疫疾患である。BBEはフィッシャー症候群と同様に多くの症例の血中にIgG型の抗GQ1b抗体が検出されることなどの知見に基づき, ギラン・バレー症候群 (Guillain-Barre Syndrome: 以下, GBS) の亜型と捉えられており, 先行感染に伴い誘導された自己免疫的機序が病因として推測されている¹⁾。本邦での年間発症率は127万人当たり1人 (0.078人/10万人)²⁾と, 非常に稀な疾患である。経過は発症から1～8週間で症状は固定, その後3～18か月ではほぼ回復に至ると報告されており, 発症3か月後ま

で88%は介助無しでの歩行を獲得する, 予後良好な疾患である²⁾³⁾。しかしながら, 約2割の症例では人工呼吸器管理を要し, 上下肢の失調症状や感覚障害, 構音障害や嚥下障害が後遺症として残る場合も多い⁴⁾⁵⁾。

BBEにおけるリハビリテーション介入についての報告は少なく, 特徴として, 介入例の大半が人工呼吸器管理により離床が遅れている⁶⁻⁸⁾。一方, BBEの病態に近似しているGBSにおいては, 急性期からのリハビリテーション介入が予後や死亡率に影響することが報告されている⁹⁾。一般的に早期リハビリテーションは, 疾患の新規発症, 手術または急性増悪から48時間以内に開始される運動制御機能, 呼吸機能, 摂食嚥下機能, 消化吸収機能, 排泄機能, 睡眠機能, 免疫機能, 精神機能, 認知機能, などの各種機能の維持, 改善, 再獲得を支援する一連の手段のことを指し, 退院時の日常生活動作 (Activities of Daily Living: 以下, ADL) や機能的自立度の改善, 早期離床による呼吸器合併症の予防が期待されるなど, エビデンスは確立されている¹⁰⁾。しかし, BBEにおいては早期離床による身体機能の評価およびその経時的な変化については明らかではない。

今回, BBEを発症し意識障害, 運動失調, 眼球運動障害を呈し, 集中治療室 (Intensive Care Unit: 以下, ICU)

* A Case of Bickerstaff Brainstem Encephalitis Discharged Home after Early Rehabilitation Intervention

1) 関西電力病院リハビリテーション部
(〒553-0003 大阪府大阪市福島区福島2丁目1-7)
Junji Urabe, PT, MSc, Kenji Takamatsu, PT, Hiroshi Yamamoto, PT, MSc:
Department of Rehabilitation, Kansai Electric Power Hospital

E-mail: urabe.junji@d4.kepco.co.jp
(受付日 2025年4月15日/受理日 2025年5月28日)
[J-STAGEでの早期公開日 2025年7月26日]



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

© 2025 日本理学療法学会連合

に入室した症例に対して早期からのリハビリテーション介入を実施した。その結果、人工呼吸器管理に至ることなくICUを退室し、ADL自立、自宅退院に至った。急性期の咳嗽時の最大呼気流速 (Cough Peak Flow: 以下, CPF) を用いた呼吸機能評価や、自宅退院に至るまでの運動失調、身体機能評価の経過について報告する。

症例紹介

対象は30歳代男性である。主訴は発熱、めまい、頸部痛、四肢の痺れ感であった。既往歴無し、病前は独居、ADLは自立しており、職業は測量士であった。

現病歴は20YY年X日に顎の疲れやすさを自覚し、X+2日の起床時よりめまい、四肢の痺れ感を自覚し、その後頸部複視と四肢の感覚障害が増悪したため、X+2日に関西電力病院に受診し入院となった。入院後に意識障害、構音障害、嚥下障害の増悪があり、X+4日にICU入室、X+5日からリハビリテーション介入が開始となった。

検査所見は抗体検査でGQ1b抗体、GM1抗体ともに陽性で、髄液検査にて初圧: 20 mmH₂O、単核: 5個、分葉核: 4個、髄液蛋白: 37.4 mg/dL、髄液糖: 65 mg/dLと圧と細胞数の軽度上昇を認めた。血液検査は白血球: $79 \times 10^3/\mu\text{L}$ 、血沈1時間値: 33.0 mm、2時間値: 54.0 mm、 β -Dグルカン: 3.91 pg/mL、CRP: 0.76 mg/dL、IgG: 1615 mg/dL、IgM: 183 mg/dL、HIV抗原/抗体: (-)、CEA: 2.7 ng/mL、CA19-9: 2.5 U/mL、フリーT4: 1.01 ng/dL、TSH: 0.2620 $\mu\text{U/mL}$ 、梅毒RPR定性: (-)、梅毒TP抗体定性: (-)であった。頭部Magnetic Resonance Imaging (以下, MRI) はFluid Attenuated Inversion Recovery (FLAIR) にて蝶形骨洞に高信号を認めたが、その他の異常は認めなかった。

初期治療としてメロペネム、バンコマイシン、ボリコナゾール、アシクロビルを投与、その後、蝶形骨洞炎に伴うBBEと診断され、X+5-9日に免疫グロブリン大量療法、および自己免疫脳炎の可能性も考慮し、X+4-6日、X+12-14日にメチルプレドニゾン1 gでの加療となった。

リハビリテーション初回介入時 (X+5日、ICU入室より19時間後)、Glasgow Coma Scale (以下, GCS) E3/V4/M6, Richmond Agitation-sedation Scale (RASS) +1 (鎮静フリー)、心拍数77 bpm、血圧143/95 mmHg、酸素飽和度98% (room air)、眼球運動は左眼で僅かに上方へ動く程度、輻輳困難、複視の訴えがあった。四肢の筋力は徒手筋力テスト (Manual Muscle Test: 以下, MMT) 5レベルであったが、頸部屈曲はMMT4レベル、伸展はMMT2レベルで、端座位で頸部伸展保持困難のため、体幹伸展による代償動作を認めた。運動協調性はScale for the Assessment and Rating of Ataxia (以下, SARA) が38点、

ベッド柵に上肢が衝突するような様子がみられ拙劣であった。そのため転倒転落リスクが非常に高く、端座位は3名介助を要した。感覚は四肢体幹に異常感覚があり、表在感覚も重度鈍麻であった。顔面の不随意運動や混合性構音障害も著明であり、発話明瞭度4、自然度4.5、発話速度の低下、発話の短い途切れ、発話リズムの乱れ、声の大きさの変動、重度の開鼻声のみられた。「サ、行、が、い、い、に、くい」「に、よ、し (助詞) が、伝、わり、にくい」との内省がきかれた。開口運動や口唇運動は運動範囲を保持できていたが、巧緻性は明らかに低下し、軟口蓋挙上は左右とも不可であり、最長発声持続時間 (Maximum Phonation Time: 以下, MPT) は15秒であった。CPFはピークフローメータ (フジ・レスピロニクス社、アセスピークフローメータ) を使用して評価した。測定時は空気漏れがないよう測定器具を咥え、最大吸気位から随意的な咳嗽を全力で行うよう、「できるだけ大きく息を吸って、全力で咳払いしてください」と説明し、自由なタイミングで行わせた。測定肢位は車いす座位とし、3回の最大値を採用した。初期評価では270 L/minであった。嚥下機能は摂食嚥下障害臨床の重症度分類 (Dysphagia Severity Scale: 以下, DSS) 1, Food Intake LEVEL Scale (以下, FILS) 1, 反復唾液嚥下テスト (Repetitive Salive Swallowing Test: 以下, RSST) 3であった。

リハビリテーション介入として理学療法士、作業療法士による離床、動作練習を1日2回以上実施した。ICU入室時にはX+5日から端座位保持、X+6日から立位保持を3人介助にて実施し、その後も足踏みや移乗練習など早期からの離床を段階的に実施した。加えて誤嚥予防のため、臥床時に頸部屈曲位になるようポジショニングを実施した。嚥下障害と構音障害に対しては、言語聴覚士による日々の評価を継続した。ICU退室後、X+13日より歩行器歩行練習を開始し、X+21日より独歩練習や立位バランス練習、X+30日からは復職に向け動的バランス練習や、タンデム歩行などの応用歩行や段差昇降練習などを実施した。また、運動失調に対し、臥位、座位、立位でのFrenkel体操、重錘や弾性包帯を用いて感覚入力を促しながらの歩行練習を継続した。経過の中で、X+14日より心拍数が安静時120 bpm台、運動時は140 bpm以上まで増加し、心房細動も認めたため、ピソプロロール2 mgの貼付を開始し、その後は心拍数<140 bpmで運動療法を実施した。嚥下障害に関してはX+16日より嚥下調整食1・薄トロミ付きから食事を開始し、発話明瞭度の改善度合いと日々の摂食状況に応じ段階的に食形態を調整した。

本症例の報告にあたり、ヘルシンキ宣言に基づき、関西電力病院倫理委員会の承認を受けて実施した (承認番号25-004号)。なお、人を対象とする医学系研究に関す

る倫理指針を遵守して実施した。対象者には、研究の概要を書面にて説明したうえで、同意書への自筆署名にて同意を得た。

経 過

リハビリテーション介入開始後1週間のCPFの経過を図1に、MPTの経過を図2に示す。CPF、MPTともにX+6-8日に一時的な低下を認めたが、その後向上し、有害事象や人工呼吸器管理に至ることなくX+12日にICUを退出した。

意識レベルはX+6日にてGCSでE4/V5/M6に改善した。眼球運動はX+24日までに眼瞼下垂の出現と消失、輻輳改善、眼球運動制限の消失がみられた。複視は改善傾向であったが退院時まで残存した。

深部腱反射は発症時は上下肢ともに正常であったが、X+12-24日では上肢筋腱（上腕二頭筋、上腕三頭筋、腕橈骨筋）において亢進を認めた。四肢の筋力は低下することなく、MMT5レベル、膝伸展筋力はX+20日の時点で41.8/39.3 kgf、体重比は75.6/71.1%（右/左）であった。頸部伸展保持はX+16日より可能となった。感覚はX+6日の時点で、Th2レベル以下の振動覚鈍麻、異常感覚を

認めていたが、X+28日には振動覚は正常、異常感覚は体幹、両側肘以遠、両側大腿以遠のみ、X+36日には異常感覚が体幹、両側手関節以遠、両側足関節以遠のみに改善した。

身体機能評価の経過を表1に示す。運動失調は重度の測定障害、振戦を認めていた。しかし、徐々に改善を示し、上下肢の測定障害、振戦ともにX+13日には右は軽度、左は中等度に改善、X+21日には右で消失、左で軽度に改善し、座位保持と軽介助の歩行が可能となった。X+28日には測定障害、振戦は左右とも消失し、継ぎ足歩行は一部可能、継ぎ足立位は保持可能となり、病棟内歩行器歩行自立に至った。X+35日の最終評価時には継ぎ足歩行可能、座位での動揺消失に至り、SARA0点、病棟内独歩自立が可能となった。バランス機能はX+21日の時点でFunctional Balance Scale（以下、FBS）29点であり、移乗、閉脚立位保持、上肢前方到達で著明な減点を認め、360°回転、段差踏み換え、片足を前に出して立位保持、片足立ち保持は実施困難であった。X+28日には56点に改善したが、Mini-Balance Evaluation Systems

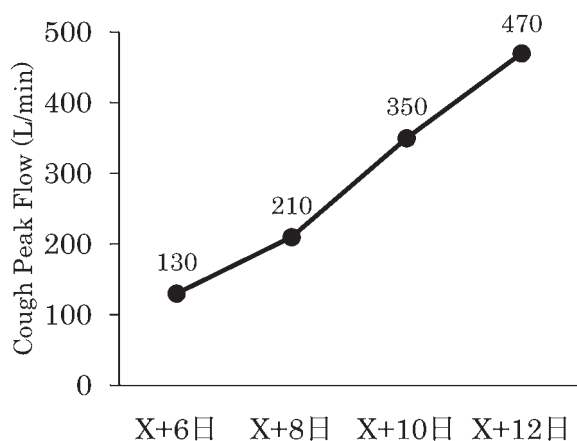


図1 Cough Peak Flowの経過

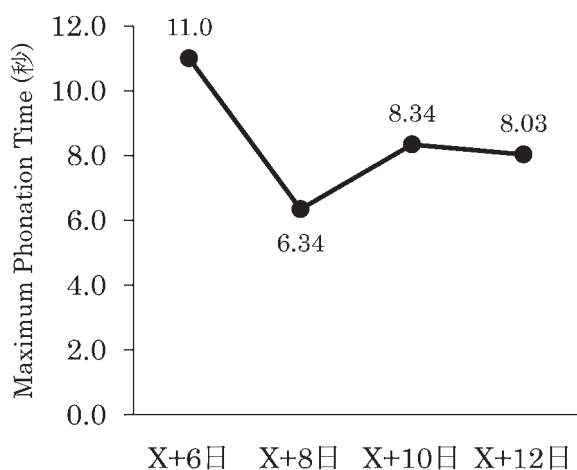


図2 Maximum Phonation Timeの経過

表1 身体機能評価の経過

	X+7日	X+14日	X+21日	X+28日	X+35日
SARA(点)	38	26.5	11	4.5	0
握力					
右 (kg)	10	20	36	40	40
左 (kg)	15	21	31	34	38
FACT(点)	0	12	12	20	20
FRT (cm)	—	—	10	27	33
SRT (cm)	—	—	31	45	46
SSRT					
右 (cm)	—	—	22	34	40
左 (cm)	—	—	27	34	42
FBS(点)	—	—	29	56	56
DGI(点)	—	—	—	23	24
Mini-BESTest(点)	—	—	—	23	28
TCT(点)	0	50	100	100	100
STEF					
右(点)	—	—	83	100	100
左(点)	—	—	88	100	100
発話明瞭度	4	3	1.5	1.5	1
自然度	4.5	3	1.5	1.5	1
DSS	1	1	4	4	6
FILS	1	3	6	6	9
RSST(回)	3	6	5	5	5

SARA: Scale for the Assessment and Rating of Ataxia, FACT: Functional Assessment for Control of Trunk, FRT: Functional Reach, SRT: Sit-and-Reach Test, SSRT: Sit-and-Side Reach Test, FBS: Functional Balance Scale, DGI: Dynamic Gate Index, Mini-BESTest: Mini-balance Evaluation Systems Test, TCT: Trunk Control Test, STEF: Simple Test for Evaluating Hand Function, DSS: Dysphagia Severity Scale, FILS: Food Intake LEVEL Scale, RSST: Repetitive Salive Swallowing Test.

Test (以下, Mini-BESTest) 23点でつま先立ち, 前後の代償修正ステップ, 歩行時ピボットターン, Time Up & Go Test 2重課題に低下を認めた。X+35日にはMini-BESTest 28点に改善し, ランニングも可能となった。

循環動態については, X+14日より心拍数が安静時120 bpm台, 運動時は140 bpm以上まで増加し, 心房細動も認めたが, X+22日には運動時110 bpm台まで落ち着き, 退院時まで著変なく経過し, 胸部症状や心不全兆候は認めなかった。

構音障害はX+9日には開鼻声が残存するも発話速度がやや向上, 全般的に音の歪が軽減し発話明瞭度3.5, 自然度3.5まで改善, 退院時には発話明瞭度1, 自然度1に改善した。MPTはX+8日に6.34秒まで低下していたが, X+27日で26秒まで向上した。嚥下機能はX+30日より普通食水分トロミなし摂取可能となり, 退院時にはDSS6, FILS 9, RSST 5に改善し, 普通食にて食事可能となった。

上記の経過を辿った後, ADLは自立に至り, X+37日に自宅退院となった。症例の職業では不整地での移動や負荷の高い作業が必要になるため, 退院後3か月程度は自宅療養及び自宅での自主トレーニングを継続した後, 復職の運びとなった。

考 察

今回, BBE発症により意識障害, 運動失調, 眼球運動障害を呈した症例を担当した。本症例は入院初期時にICU管理が必要であり, 予後としては様々な後遺症が残存する可能性が高いと考えられた。しかし, 早期からのリハビリテーション介入によって運動失調などの大幅な改善を認めた。一時, 呼吸筋力の低下や咳嗽動作の拙劣性を認めたが, 人工呼吸器管理に至ることなくADL自立となり自宅退院することができた。咳嗽機能のメカニズムは第1相(誘発), 第2相(吸気), 第3相(圧縮), 第4相(呼出)に区分される¹¹⁾。第2~4相ではCPFが指標となり, 排痰能力を判断するのに有効であることが報告されており¹²⁾¹³⁾, 自己排痰の可否, および気管吸引が必要となるCPF水準は, 順に240 L/min(感度81%, 特異度95%), 100 L/min(感度77%, 特異度83%)である¹⁴⁾。本症例ではX+6日に130 L/minまで低下したが, その後回復し, X+12日には470 L/minまで改善し, 痰詰まりや肺炎, 無気肺などの有害事象は生じなかった。また, MPTは第3相(圧縮)に求められる声門閉鎖能力の指標であり¹⁵⁾, 自己排痰に関するカットオフは示されていないが, 先行研究では嚥下障害においてMPTの平均が自己排痰不可能群にて3.3秒, 自己排痰可能群にて8.8秒であった¹⁶⁾。本症例でのMPTはX+8~12日に6~8秒台であり, 影響するCPFとともに咳嗽困難のリスクが高い状態であったと考えられる。さらに先行研究でも

GBSなどにより脳神経の障害がある患者は誤嚥や呼吸器合併症を起こしやすいと報告されている¹⁷⁾。一方, 早期離床は呼吸筋の筋力を向上させることや, 換気量増大により呼吸器合併症の予防が期待できると報告されている¹⁸⁾¹⁹⁾。本症例においては, 症状増悪から48時間以内に早期リハビリテーション介入を実施し, 頻回な離床ができたことで総離床時間やリハビリテーションスタッフ・病棟スタッフとのかかわりが増加した。CPFやMPTは呼吸筋力や声門閉鎖能力の指標の1つにすぎないが, 排痰能力の維持, 回復に寄与した可能性がある。加えて頻回な介入による離床時間の増加や, 臥床時のポジショニングを検討することで誤嚥性肺炎や無気肺などの呼吸器合併症を予防できたと考えられる。

本症例は, BBEの診断基準²⁾である, ①BBEの3徴候(両側外眼筋麻痺, 運動失調, 意識水準の低下)の全てが急性進行性にみられ, 発症後4週以内にピークとなり, 3か月以内に軽快傾向を示す, ②血中IgG型のGQ1b抗体陽性, ③ウェルニッケ脳症, 脳血管障害, 多発性硬化症, 視神経脊髄炎, 急性散在性脳脊髄炎, 神経ベーチェット病, 神経スウィート病, 下垂体卒中, ウイルス性脳幹脳炎, 重症筋無力症, 脳幹部腫瘍性病変, 血管炎, ボツリヌス中毒, 橋本脳症が除外できる, を満たしており, 蝶形骨洞炎を契機として発症したと考えられる。臨床症状として, 発熱, めまい, 頸部痛, 複視, 四肢の痺れ感, 四肢の感覚障害, 意識障害, 構音障害, 嚥下障害, 運動失調, 深部腱反射亢進が生じていた。BBEにおける先行研究でも, 初期症状として発熱(9%), 複視(52%), 歩行障害(35%), 上肢もしくは下肢の感覚障害(19%), 意識障害(13%), 構音障害(11%)を認め, 経過の中で外眼筋麻痺および運動失調(100%), 意識障害(74%)および再覚醒(100%), 深部腱反射亢進(34%), 内眼筋麻痺と球麻痺(34%), 眼瞼下垂(29%)の出現が報告されている⁵⁾。めまいと頸部痛に関する疫学的な報告は見当たらなかった。本症例では発症より1~2週間が症状のピークであったと考えられ, 1か月程度で歩行自立に至ったため, 先行研究²⁻⁴⁾と相違なく経過したと考えられる。退院時に複視のみ残存したが, 発症から6か月後でも5%の症例で同様のことが報告されている⁵⁾。

BBEにおけるリハビリテーション介入については報告が少なく, 統一されたプログラムは存在しない。先行研究では関節可動域練習, 体位ドレナージ, 離床, 四肢体幹筋力強化練習, 協調動作練習, 深部感覚練習, ADL練習など, 安静度や症状に合わせた介入が報告されている⁶⁻⁸⁾。本症例においても早期には前述した離床に加え, 病状変化をとらえるために身体機能評価や嚥下機能評価, 発声発語器官の評価を実施し, 安静度の拡大, 経口摂取に移行した。その後は立位バランスや歩行能力に

合わせた歩行練習, FBSやMini-BESTestの減点項目に合わせ自宅生活, 復職を見据えた動的バランス練習と運動課題の難易度を調整した。運動失調は病巣により小脳性, 脊髄性, 前庭性, 大脳性に分類される²⁰⁾が, 神経難病などでは発症してからの経過やそれに伴う新たな病巣の出現により臨床症状が混在する場合も多いと報告されている²¹⁾。本症例では上下肢の感覚障害が著明であり, MRIでは他の病変が見られていないことから, 脊髄性運動失調の要素が強いと考えられた。そのため運動失調に対するアプローチとしてはFrenkel体操や歩行練習を, 重錘や弾性包帯で感覚入力を促した状態で視覚的フィードバックを用いながら実施した。その結果, SARA 0点まで回復し運動失調の改善に至った。

結 論

今回, BBEを発症し意識障害, 運動失調, 眼球運動障害を呈しICUに入室した症例に対して, 早期からリハビリテーション介入を開始した。呼吸機能の低下がみられたが, 人工呼吸器管理に至ることなく, ICUを退室した。また発症から約1か月で運動失調は消失し, 自宅退院可能なレベルまで身体機能が改善した。BBE症例における早期からのリハビリテーション介入と, 症状に合わせた個別的なプログラムの実施が有効である可能性が示唆された。また, 本症例は筆者らの知る限りにおいて, BBEの急性期における経時的な身体機能の変化を示した初めての報告である。

利 益 相 反

本症例報告に関して, 開示すべき利益相反関係にある企業などはない。

謝辞: 本報告の作成にあたり, 協力いただいた患者様およびご家族, リハビリテーションスタッフ, 病棟スタッフに感謝の意を示します。

文 献

- Shahrizaila N, Yuki N: Bickerstaff brainstem encephalitis and Fisher syndrome: Anti-GQ1b antibody syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2013; 84: 576–583.
- Koga M, Kusunoki S, *et al.*: Nationwide survey of patients in Japan with Bickerstaff brainstem encephalitis: Epidemiological and clinical characteristics. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2012; 83: 1210–1215.
- 平林久吾, 今井壽正, 他: 神経系の感染症: 診断と治療の進歩 IV. 重要な神経系の感染症 6. 脳幹脳炎. *日本内科学会雑誌*. 1996; 85: 720–724.
- 古賀道明: Bickerstaff型脳幹脳炎の全国疫学調査からわかったこと: 病態機序の多様性. *臨床神経学*. 2013; 53: 1322–1324.
- Odaka M, Yuki N, *et al.*: Bickerstaff's brainstem encephalitis: Clinical features of 62 cases and a subgroup associated with Guillain-Barré syndrome. *Brain*. 2003; 126: 2279–2290.
- 井上美帆, 仲山 舞, 他: 急性期よりリハビリテーションを開始し良好な経過を辿ったBickerstaff脳幹脳炎の一例. *リハビリテーション科診療*. 2015; 15: 39–44.
- 阿部めぐみ, 山下裕太郎, 他: Bickerstaff脳幹脳炎に対する理学療法アプローチの経験. *静岡理学療法ジャーナル*. 2011; 22: 43–43.
- 吉木健悟, 田沼昭次, 他: Bickerstaff型脳幹脳炎における急性期理学療法介入の経験 後遺症なく寛解した一症例における臨床経過. *理学療法学 Supplement*. 2013; 40: 48101165.
- Inokuchi H, Yasunaga H, *et al.*: Effect of rehabilitation on mortality of patients with Guillain-Barre syndrome: A propensity-matched analysis using nationwide database. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2014; 50: 439–446.
- 日本集中治療医学会リハビリテーション検討委員会: 集中治療における早期リハビリテーション〜根拠に基づくエクスパートコンセンサス〜. *日本集中医学会誌*. 2017; 24: 255–303.
- Myslinski MJ, Scanlan CL: Bronchial hygiene therapy. In: Wilkins RL, Stoller JK, Kacmarek RM (eds): *Fundamentals of respiratory care*. 9th ed, Mosby, St. Louis, 2009, pp. 921–923.
- 山川梨絵, 横山仁志, 他: Cough Peak Flow測定信頼性と妥当性. *日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌*. 2012; 22: 110–113.
- Bach JR, Saporito LR: Criteria for extubation and tracheostomy tube removal for patients with ventilator failure. A different approach to weaning. *Chest*. 1996; 110: 1566–1571.
- 山川梨絵, 横山仁志, 他: 排痰能力を判別する cough peak flowの水準—中高齢患者における検討—. *人工呼吸*. 2010; 27: 260–266.
- 上川紀道, 對東俊介, 他: 咳嗽の最大流量に影響を与える因子. *日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌*. 2016; 26: 200–203.
- 垣内優芳: 排痰能力と最長発声持続時間の関係. *日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌*. 2018; 27: 206–209.
- Khan F: Rehabilitation in Guillain Barre syndrome. *Aust Fam Physician*. 2004; 33: 1013–1017.
- Dantas CM, Silva PF, *et al.*: Influence of early mobilization on respiratory and peripheral muscle strength in critically ill patients. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2012; 24: 173–178.
- Stiller K, Montarello J, *et al.*: Efficacy of breathing and coughing exercises in the prevention of pulmonary complications after coronary artery surgery. *Chest*. 1994; 105: 741–747.
- 水野義邦: 神経内科ハンドブック. 医学書院, 東京, 2011, pp. 330–341.
- 後藤 淳: 運動失調に対するアプローチ. *関西理学療法*. 2014; 14: 1–9.

症例報告

脊髄梗塞患者の歩行再建の経過*

ー長下肢装具を用いた歩行練習を行った一症例ー

小宮 直起¹⁾#

要旨

【はじめに】脊髄梗塞 (Spinal Cord Infarction: 以下, SCInf) 例に長下肢装具 (Knee Ankle Foot Orthosis: 以下, KAFO) を用いた報告は希少である。本報告では, SCInf 例への KAFO を用いた歩行練習 (以下, KAFO 歩行) の効果を検討し, 実施条件を提示する。【症例】L2 以下の筋力低下, L4 以下の感覚障害, 歩行障害を認めた。歩行再建を目的に, KAFO 歩行を筋力強化や歩行器歩行練習と併用した。【結果と考察】KAFO 歩行後, 歩行速度は 0.12 m/s から 0.18 m/s, 歩行率は 0.6 歩/s から 0.86 歩/s, Manual Muscle Testing (MMT) は右股関節伸展が 2 から 3, 左右膝関節伸展が 4 から 5 に向上した。これらの変化は Central Pattern Generator (以下, CPG) 賦活が関与した可能性を示唆する。実施には介助者や歩行環境が重要であった。【結論】KAFO 歩行後, 歩行速度, 歩行率, 下肢筋力が向上し, CPG 賦活に関与するとされる要素を含む歩行条件で行った KAFO 歩行が影響した可能性がある。実施条件は 2 名介助, 適切な介助者, 直線歩行環境であった。

キーワード 脊髄梗塞, 長下肢装具, 歩行練習

はじめに

脊髄梗塞 (Spinal Cord Infarction: 以下, SCInf) は, 脊髄動脈の閉塞により生じ, 脊髄障害の 4.2% を占めるとされている¹⁾。その希少性から, 理学療法の介入報告は限られている。

脊髄障害の歩行再建では, 体重免荷型トレッドミル (Body Weight Supported Treadmill Training: 以下, BWSTT) を用いた介入が主流である。脊髄損傷者では, 歩行を模した受動的動作により歩行周期に同調した筋活動 (以下, 歩行様筋活動) が誘発されるとされ, 脊髄に存在する Central Pattern Generator (以下, CPG) の賦活が関与しているとされている²⁾。しかし, BWSTT が不適用な症例や機器が未設置の施設では, 別の介入手段の検討が求められる。

その方法の一つとして, 長下肢装具 (Knee Ankle Foot Orthosis: 以下, KAFO) を用いた平地歩行練習が挙げられる。KAFO は脳卒中例で普及し, 2 動作前型での歩行練習が提案されている³⁾。脊髄損傷例では交互歩行装具が主に用いられるが⁴⁾, KAFO を治療目的に使用した報告は少ない。今回, SCInf 例に対し両下肢に KAFO を用いた歩行練習を一定期間実施した。本報告の目的は, 本症例における KAFO を用いた歩行練習の効果を検討し, 実施条件を提示することである。

症例記述

1. 症例紹介

症例は 70 歳代前半の男性, 入院前の日常生活動作 (Activities of Daily Living: 以下, ADL) は自立していた。腹部大動脈瘤に対する人工血管置換術後, 術後 1 日目 (1 病日) より理学療法を開始したが, 両下肢の筋力低下, 感覚障害, 膀胱直腸障害が生じていた。11 病日に Magnetic Resonance Imaging (MRI) で L1 レベルの SCInf が確認され (図 1), 30 病日に回復期病院へ転院した。その後, 褥瘡の悪化, バンコマイシン耐性腸球菌 (Vancomycin Resistant Enterococci: VRE) の検出と尿路感染症の疑いで 43 病日に千葉中央メディカルセンター (以下, 当院) 急性期病棟へ再入院し, 184 病日まで同病棟で加療

* Course of Gait Reconstruction in Patients with Spinal Cord Infarction: A Case of Gait Practice with Knee-ankle-foot Orthosis

1) 医療法人社団誠馨会千葉中央メディカルセンターリハビリテーション課
(〒264-0017 千葉県千葉市若葉区加曽利町 1835-1)

Naoki Komiya, PT; Section of Rehabilitation, Chiba Central Medical Center

E-mail: naoki.komiya1102@gmail.com

(受付日 2024 年 12 月 9 日 / 受理日 2025 年 6 月 6 日)

[J-STAGE での早期公開日 2025 年 8 月 6 日]





図1 MRI画像所見

a: T2強調矢状断像, b: T2強調水平断像 (L1-L2レベル).

L1レベルの脊髄円錐部, 脊髄中心灰白質に淡い高信号を認めている.

を要した。併存症は慢性腎臓病, 糖尿病があり, 既往歴に狭心症があった。身長は166 cm, 体重は55 kgであった。症例のHopeは「歩行獲得」であった。

初期評価 (14病日) では, The International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (以下, ISNCSCI) よりL2以下の筋力低下, L4-S3の感覚鈍麻, S4-5の感覚消失を認めた (表1)。仙骨部褥瘡 (8×4 cm) のためS4・S5は医師を中心に評価した。分類はAまたはCの可能性があるが, 最終的な判定は困難であった (肛門深部圧 (Deep Anal Pressure: 以下, DAP) 測定不可のため)。Manual Muscle Testing (以下, MMT) は右股関節屈曲・左右外転2, 左右足関節底屈2, 左足関節背屈1であった (表2)。歩行は両下肢に金属支柱付き短下肢装具 (Ankle Foot Orthosis: 以下, AFO) を装着し, 介助ありで平行棒内片道1回が最大であった (Walking Index for Spinal Cord Injury II (WISCI II) Level 1)。ADLは寝返り・起き上がり軽介助, 端座位見守り, 車椅子移乗中等度介助, 排泄はバルーンカテーテル・おむつ対応, Barthel Index (BI) は15点であった (表3)。

脊髄損傷例の自立歩行に重要な要素に, Minら⁵⁾は股関節屈曲と膝関節伸展の筋力をあげている。本症例の筋力 (MMT) は右股関節屈曲2, 左股関節屈曲3, 左右膝関節伸展4と一部残存していた。梗塞部位は画像所見 (図1) より比較的中心部で, 外側皮質脊髓路および前皮質脊髓路が一部温存されている可能性があった。脊髄の損傷高位別獲得機能⁶⁾によると, L3~L4レベルは「片側でもこのレベルに達すれば, 膝伸展が実用的となり, 短下肢装具と両クラッチで生活の一部として歩行が可能」とされている。以上より, 本症例は歩行自立獲得要素を一部備えており, 歩行獲得の可能性が残されていると考えられた。症例のHopeが歩行獲得であることも考慮し, 最終目標を両下肢にAFOを装着しロフトランド杖を用いた歩行自立とした。

2. 理学療法介入 (43~98病日)

本報告は再入院後 (43病日以降) の経過を述べ, 全体の流れを図2にまとめた。理学療法の問題点は歩行能力低下と股関節伸展筋および外転筋の筋力低下とした。43病日より下肢筋力強化を開始し, 53病日には両下肢に金属支柱付きAFOを装着して平行棒内での歩行練習を開始した。63病日からは, Pick Up Walker (以下, PUW) を用いた歩行練習を実施した。

98病日では, PUW歩行が20 m可能となった。MMTは63病日と84病日に再測定した (表2)。一部の筋に13段階の筋力評価 (以下, 13PMMT)⁷⁾の併用を開始した。その他の評価結果については表3に示す。

3. KAFO歩行の検討

98病日では杖歩行に必要なバランス能力を欠き, 歩行獲得には下肢筋力, 特に歩行の安定性に関与する股関節伸展筋や外転筋の強化が求められた。脊髄損傷例における歩行再建には, CPG賦活に伴う歩行様筋活動の誘発が重要とされている。CPGは脊髄内に存在するリズムカルな歩行パターンを生成する神経回路で, 歩行中に交替性の屈筋-伸筋の不随意活動に関与しているとされている²⁾。SCI例においても, CPGを賦活した歩行練習が歩行再建に寄与する可能性が示されており⁸⁾, 本症例でも筋力強化や歩行器歩行練習にとどまらず, CPGを賦活して機能向上を目指すこととした。一般的にはBWSTTを用いることが多いが, 当院では実施困難であった。そこで, 両下肢にKAFOを用いた介助歩行練習 (以下, KAFO歩行) を選択した。KAFO歩行は, CPG賦活による歩行リズムの改善が期待され, 歩行能力自体の向上に繋がると考えられた。また, 脳卒中例のKAFO歩行は, 麻痺側大殿筋を含む下肢筋活動を促すと報告されており⁹⁾, 本症例でも股関節周囲筋の強化の一助となると考えた。

表1 ISNCSCIの経過

	[初期]		[中間]		[KAFO前]		[KAFO後]	
	14 病日		63 病日		95 病日		156 病日	
NLI 分類	L1 ND(AorC)		L2 ND(AorC)		L1 ND(AorD)		L2 ND(AorD)	
運動								
	右	左	右	左	右	左	右	左
C5～C8	all5	all6	all5	all5	all5	all5	all5	all5
T1	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*
合計	21(UER)	21(UEL)	21(UER)	21(UEL)	21(UER)	21(UEL)	21(UER)	21(UEL)
UEMS 合計	42(UER+UEL)		42(UER+UEL)		42(UER+UEL)		42(UER+UEL)	
L2	2	3	3	3	4	4	4	4
L3	4	4	4	4	4	4	5	5
L4	3	1	4	1	4	1	4	1
L5	2	1	2	1	2	1	3	1
S1	2	2	2	2	2	2	2	1
合計	13(LER)	11(LEL)	15(LER)	11(LEL)	16(LER)	12(LEL)	18(LER)	12(LEL)
LEMS 合計	24(LER+LEL)		26(LER+LEL)		28(LER+LEL)		30(LER+LEL)	
肛門随意収縮	なし		NT		NT		NT	
肛門深部圧	NT		NT		NT		NT	
感覚								
触覚 (LT)／痛覚 (PP)								
	右	左	右	左	右	左	右	左
C2～C6	all2/all2	all2/all2	all2/all2	all2/all2	all2/all2	all2/all2	all2/all2	all2/all2
T1～T12	all2/all2	all2/all2	all2/all2	all2/all2	all2/all2	all2/all2	all2/all2	all2/all2
L1	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
L2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2	2/1	2/2	2/2
L3	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2	2/2
L4	2/1	2/1	1/1	1/1	2/1	2/1	2/1	1/1
L5	1/1	1/1	1/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
S1	1/1	1/1	1/1	1/0	1/1	1/1	1/1	1/0
S2	2/2	1/1	2/1	2/1	1/1	2/1	1/2	1/2
S3	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1
S4-5	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
合計	51/50	50/49	50/48	50/47	49/49	51/47	50/50	49/49
LT 合計	101(LTR+LTL)		100(LTR+LTL)		100(LTR+LTL)		99(LTR+LTL)	
PP 合計	99(PPR+PPL)		95(PPR+PPL)		96(PPR+PPL)		99(PPR+PPL)	

1*：両側小指切断のため測定困難。

NLI: Neurological Level of Injury, ND: Not Determinable, UEMS: Upper Extremity Motor Subscores, UER: Upper Extremity Right, UEL: Upper Extremity Left, LEMS: Lower Extremity Motor Subscores, LER: Lower Extremity Right, LEL: Lower Extremity Left, NT: Not Stable, LTR: Light Touch Right, LTL: Light Touch Left, LT: Light Touch, PP: Pin Prick, PPR: Pin Prick Right, PPL: Pin Prick Left.

4. KAFO 歩行介入 (101～156 病日)

介入は101～156病日の間に週2回の頻度で、合計16日間実施した。症例にはKAFO装着に影響する関節可動域制限はなく、装具受容も良好であった。KAFOは内外側ダブルクレンザック足継手、SPEX膝継手を用い、大腿近位カフまでの長さとした。設定は両側とも膝関節伸展0°固定、足関節背屈15°遊動、底屈-5°制限とした。歩行場所は病棟廊下(片道直線80 m)とし、介助は前方お

よび側方から2名で行った。介助方法は、左右の遊脚期を補助し股関節の交互的屈曲伸展運動(2動作前型歩行)を再現した(図3)。歩行リズムは、「1, 2, 1, 2」と声をかけながら一定を保つように調整した。1回の歩行距離は疲労感に応じて40～260 mの範囲で実施し、1SETのみ実施した日が2日間、2SET行った日が14日間であった。介入は毎回同じ理学療法士が行った。後方介助者は経験年数14年の男性(173 cm, 63.5 kg)で、脳卒中例へKAFO

表2 筋力評価

MMT (13P) 右/左	[初期] 9病日	[中間] 63病日	[KAFO 前] 84病日	[KAFO 後] 156病日	[最終] 183病日
股関節屈曲	2/3	3/3	3/3	4/4	4/4
股関節伸展	未/未	2/2	2/2 (2-/1+)	3/2 (3/2-)	3/2 (3/2-)
股関節外転	2/2	2/2	2/2 (2-/1+)	2/2 (2+/2-)	2/2 (2+/2-)
膝関節屈曲	未/未	2/2	2/2	2/2	3/2
膝関節伸展	4/4	4/4	4/4	5/5	5/5
足関節背屈	3/1	4/1	4/1	4/1	4/1
足関節底屈	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2

表3 理学療法評価

評価項目	[初期] 14病日	[中間] 63病日	[KAFO 前] 98病日	[KAFO 後] 156病日	[最終] 183病日
膝蓋腱反射	消失/減弱	消失/消失	消失/消失	消失/消失	消失/消失
アキレス腱反射	消失/消失	消失/消失	消失/消失	消失/消失	消失/消失
最大連続歩行 (Max.)	平行棒片道1回	PUW10 m	PUW20 m	PUW50 m	①PUW55 m ②ロフト25 m
装具	両下肢にAFO	両下肢にAFO	両下肢にAFO	両下肢にAFO	①②両下肢にAFO
介助量	中等度	軽介助	軽介助	見守り	①見守り②両腋窩
10 m 歩行 (Avg.)	未実施	未実施	85s, 48歩 (揃え型)	57s, 47歩 (揃え型)	40s, 27歩 (前型)
* 歩行速度 (m/s)			0.12 m/s	0.18 m/s	0.25 m/s
* 歩幅 (m)			0.20 m	0.21 m	0.37 m
* 歩行率 (歩/s)			0.6歩/s	0.86歩/s	0.68歩/s
WISCI II	Level1	Level6	Level6	Level9	Level9
BBS	未実施	未実施	6点	19点	19点
立位保持 (支持なし)	困難	困難	30 s	3 min	3 min
閉脚立位 (支持なし)	困難	困難	困難	2 min	3 min
移乗動作	中等度	中等度介助	中等度介助	自立	自立
BI	15点	25点	35点	45点	45点

*: 10 m 歩行より算出。BBS: Berg Balance Scale, Avg.: average, Max.: maximum, s: 秒, min: 分。

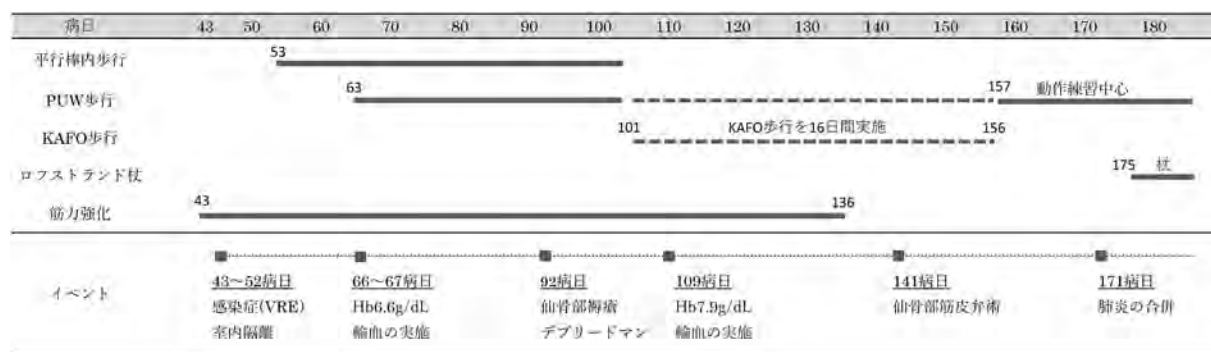


図2 理学療法介入

VRE: Vancomycin Resistant Enterococci, Hb: hemoglobin.

を用いた介入経験が豊富であった。介入期間中、KAFO歩行実施日以外の理学療法介入日はPUW歩行および筋力強化を実施し、筋力強化については褥瘡治療のため136病日までとした。

KAFO歩行後(156病日)、ISNCSCIの運動スコアは右L3・L5、左L3で向上がみられた。MMTは左右股関節屈曲、右股関節伸展、左右膝関節伸展の向上がみられ

(表2)、左股関節伸展と左右股関節外転は13PMMTで向上が確認された。最大連続歩行は両下肢にAFOを装着し、PUWを使用して50 m (見守り) となった。10 m 歩行では歩幅にほとんど変化はなかったが、歩行速度は0.18 m/s、歩行率は0.86歩/sへ向上した(表3)。128病日にKAFO歩行中(80 m)の動画を撮影し、歩行リズム、歩行速度、歩幅を算出した。それぞれ1.3 Hz、0.47 m/s

(1.69 km/h), 0.38 mであった。また、歩行中の矢状面動画から得られた立脚終期の静止画像において、股関節伸展角度は18.0°であった(図3)。

5. KAFO歩行終了後(157~184病日)

ロフストランド杖歩行を介助下で試行したが、側方動揺が大きく、患者が恐怖感を訴え継続が困難であった。その時点で、目標をPUW歩行自立へ変更し、直線・曲線歩行、方向転換、持ち上げ動作等のPUW動作練習を中心に実施した。歩行は3動作揃え型だけでなく、3動作前型でも実施した。ロフストランド杖歩行は患者の意向を尊重し175病日以降に実施した(4動作揃え型、後方両腋窩介助)。

最終評価(183病日)では、PUW歩行を前型で実施でき、ロフストランド杖歩行は介助下で25 m可能となった。筋力やバランス、ADL能力は156病日以降変化がなかった(表3)。

考 察

本報告では、SCInf例に対しKAFO歩行を中心とした理学療法介入を実施し、歩行能力や下肢筋力の経時的変化について報告した。KAFO歩行は、脊髄CPGの賦活による歩行能力向上や股関節周囲筋の強化を目的として実施した。KAFO歩行後、歩行速度は0.12 m/sから0.18 m/s、歩行率は0.6歩/sから0.86歩/sに向上した。MMTは右股関節伸展が2から3、左右膝関節伸展が4から5に向上した。13PMMTでは左股関節伸展が1+から2-、右股関節外転が2-から2+、左股関節外転が1+から2-へ向上した。KAFO歩行終了後、PUW歩行を中心とした介入を行い、最終評価時で歩行速度は0.25 m/sに向上した。

KAFO歩行期間では歩幅に大きな変化は認められな

かったが、歩行速度および歩行率の向上が確認された。特に歩行率の向上は歩行リズムの改善を示唆するものであり、KAFO歩行がCPG賦活に寄与した可能性がある。KAFO歩行終了後にはPUW歩行が前型で可能となっており、KAFO歩行で改善された歩行リズムがPUW歩行時にも適応された可能性がある。

筋力は、KAFO歩行前後の期間(63~84病日、156~183病日)ではほとんど変化が認められなかったものの、KAFO歩行期間では股関節および膝関節周囲筋において向上が確認された。筋力向上の要因については、まず歩行様筋活動の影響が挙げられる。KAFO歩行中にCPG賦活に伴う歩行様筋活動が繰り返して誘発された可能性があり、踵接地時の大腿直筋および大殿筋、立脚中期以降の大腰筋の活動が学習され、神経適応が促進された結果、筋出力が向上し、筋力向上に寄与した可能性がある。しかし、CPG賦活が筋力向上に直接関与するメカニズムは明確ではなく、さらなる検討が必要である。次に、KAFOによる股関節伸展刺激の影響が挙げられる。吉尾¹⁰⁾は、歩行中の股関節伸展に伴い大腰筋が伸張されると、網様体脊髄路が活性化され股関節周囲筋の筋活動が促されると述べている。本症例ではKAFO歩行時の立脚終期における股関節伸展角度は18.0°であり(図3)、大腰筋が十分に伸張されていた可能性がある。その結果、網様体脊髄路の活性化を介し股関節伸筋および外転筋の筋活動が促され、筋力向上に寄与した可能性がある。しかし、筋力向上への寄与度は不明であり、さらなる検討が求められる。

本症例は、136病日まで下肢筋力強化を併用し、KAFO歩行を実施しない日はPUW歩行を行った。そのため、これらの介入が歩行速度向上や下肢筋力向上に影響した可能性がある。本報告の主題はKAFO歩行であ

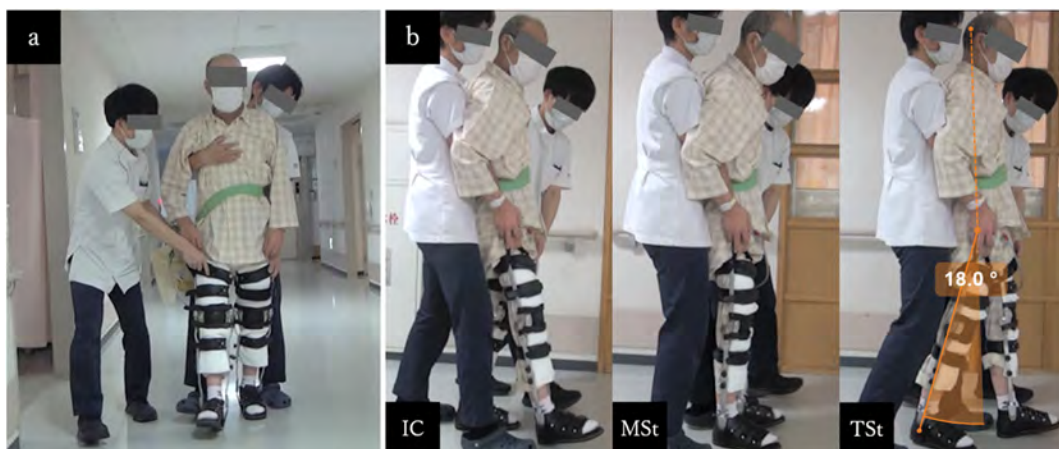


図3 KAFO歩行

a: 前額面, b: 矢状面.

IC: Initial Contact, MS: Mid Stance, TS: Terminal Stance.

後方および側方から2名で介助した。後方介助者は片側の遊脚を介助、反対側上肢で患者の体幹が前傾しないよう介助した。側方介助者は対側の遊脚を介助した。

り、併用した介入の効果については詳細な検討を行っていないが、その影響は考慮する必要がある。各練習がどの程度結果に寄与したかは不明であり、今後の検討が必要である。他にも、KAFO歩行期間後に最大連続歩行距離の延長 (KAFO歩行前: PUW20 m, KAFO歩行後: PUW50 m) がみられ、KAFO歩行やPUW歩行の継続的な練習が歩行耐久性向上に繋がった可能性がある。この歩行距離の延長には、下肢筋力やバランス能力の向上 (Berg Balance Scale (以下, BBS): KAFO前6点, KAFO後19点) も関与している可能性がある。

本症例におけるKAFO歩行の歩行条件が、脊髄CPG賦活に関与した可能性について考察する。脊髄CPGの賦活には、荷重刺激および股関節からの求心性入力¹¹⁾、下肢の交互運動¹²⁾ が関与している可能性が示唆されており、これらを同時に提供できることが重要である。また、脊髄損傷者への受動的な歩行介入では、歩行リズム1 Hz¹²⁾、歩行速度1.5 km/h¹³⁾ や1.9 km/h¹¹⁾ で実施された例が報告されている。本症例におけるKAFO歩行では、KAFOで膝関節を伸展0°に固定し、2名で下肢の遊脚期を介助することで、全荷重をかけながら交互に股関節の屈曲伸展運動が行われた。この歩行形態は、CPG賦活に関与するとされる荷重刺激、股関節からの求心性入力、下肢の交互運動の同時提供を可能にした。さらに、KAFO歩行中の歩行リズムは1.3 Hz、歩行速度は1.69 km/hであり、先行研究での介入例と類似していた。これらの点から、KAFO歩行はCPG賦活に関与し得る重要な刺激を提供し、適切な歩行リズムおよび歩行速度で実施できていた可能性がある。一方で、歩行中の筋電図測定は実施しておらず、歩行様筋活動の有無は確認できなかった。そのため、KAFO歩行がCPG賦活に寄与したかどうかは明確ではなく、本症例の結果はその可能性を示唆するにとどまる。今後は、筋電図測定を含めた詳細な評価によって、明らかにしていく必要がある。また、KAFO歩行中の歩行リズムおよび歩行速度の測定は1日のみであり、介入全体を通して維持されていたかどうかは確認できなかった。今後は、複数回の測定を行うとともに、メトロノームなどを用いて一定の歩行リズムを保ちながら実施することで、より信頼性の高い結果を得る必要がある。

KAFO歩行の実施に必要とされた要素を整理し、実施条件として提示する。KAFO歩行は2名での介助が求められた。当院リハビリテーション課 (以下, 当課) では、必要に応じて複数名介入が許可されている。複数名介入は、診療報酬上1名分しか算定できず費用対効果の課題が生じる。当課では、追加人員の介入を記録して人事評価に反映される仕組みがあるため、2名介入が継続可能であった。また、KAFOを装着した対麻痺患者を100 m以上介助歩行することは、高度な介助スキルが求めら

れ、介助者に大きな身体的負担がかかる。後方介助者は患者より身長が高く、14年の経験があり定期的にKAFOを使用した介入を行っていた。このため、KAFOを扱うスキルは比較的高かったと考えられる。KAFO歩行の介助には、体格や経験年数を考慮した適切な介助者の選定が重要である。さらに、実施場所の病棟廊下は片道80 mの直線であり、一定の歩行リズムおよび歩行速度を維持しやすい環境であった。CPG賦活に必要な歩行距離や時間については明らかではないが、本介入では十分な直線距離が確保されており、CPG賦活に寄与する要因の一つと考えられる。以上を踏まえ、本介入の実施には2名介助が可能な体制、適切な介助者の選定、十分な直線距離の確保が必要である。

介入期間および頻度について、脊髄損傷者に対するBWSTTを用いた歩行練習では、12週間で平均45回¹⁴⁾ や、12週間で週5回 (合計60日)¹⁵⁾ 実施された報告がある。本介入は約8週間で週2回 (合計16日) と、これらの報告と比較すると総介入日数が少なかったが、歩行速度や歩行率、下肢筋力の向上が認められた。このことから、KAFO歩行とBWSTTの介入日数に関する効果の違いについて、今後の研究で明確にする必要がある。

最後に、本症例は、目標を両下肢にAFOを装着しロフストランド杖を用いた歩行自立としていたが、156病日以降はPUW歩行自立へと変更した。杖歩行では側方安定性が確保できず、試行時に強いふらつきと恐怖感を訴えた。BBSスコアは19点で転倒リスクが高く、左右股関節外転筋力 (MMT2) もKAFO歩行後の向上はわずかであった。股関節外転筋力は杖歩行時に重要とされ¹⁶⁾、本症例では遠位部の筋力低下や感覚障害も考慮し、PUW歩行が適切と判断した。175病日以降、ロフストランド杖歩行練習を実施したが、実用レベルには至らなかった。予後予測について振り返った結果、評価不足による影響や今後の課題が明らかとなった。まず、ISNCSCIの分類が確定できなかったことの影響である。ISNCSCIの分類は脊髄損傷例の予後予測に重要とされている¹⁷⁾。分類Aでは神経学的回復や歩行獲得の可能性は低いとされているが、分類Cでは75%が歩行獲得できるとされており¹⁷⁾、予後に大きな差がある。分類ごとに神経学的回復の指標も示されており、痛覚残存は分類B、年齢は分類Cの予後因子として重要とされている¹⁷⁾。本症例では、DAPの測定ができなかったため分類判定が困難となり、予後予測に十分に反映させることができなかった。DAPの測定ができなかった要因として、当院において評価手技が十分に共有されておらず、評価体制が整っていなかったことが挙げられる。今後、院内での評価手技の周知が課題である。次に、個人因子の影響である。本症例は糖尿病および慢性腎臓病を有し、褥瘡治癒の遅延や手術、Hb低下による輸血が実

施された。これらの影響により理学療法の進行が遅れ、練習量や筋力改善に影響を及ぼした可能性がある。今後は、DAPの評価体制を整備し、個人因子の影響を含めて予後を検討することが重要と考える。

結 論

本症例では、KAFO歩行を含む理学療法介入後、歩行速度、歩行率、下肢筋力の向上が認められた。これらの変化には、荷重刺激、股関節からの求心性入力、下肢の交互運動といった、CPG賦活に関与するとされる要素を含む歩行条件で行ったKAFO歩行が影響した可能性がある。ただし、他介入の影響を排除できず、KAFO歩行単独の効果を示すことには限界がある。KAFO歩行の実施条件として、2名介助体制、適切な介助者の選定、十分な直線歩行環境が必要であると考えられた。なお、CPG賦活への寄与については直接的な評価を行っていないため、本結果はその可能性を示唆するにとどまる。

倫理的配慮

本報告は、千葉中央メディカルセンター倫理委員会の簡易審査を受け、承認を得た（整理番号2024-研2）。患者にはヘルシンキ宣言に基づき十分な説明を実施し、書面にて同意を得た。

利 益 相 反

本報告について開示すべき利益相反はない。

助 成

本報告にあたり助成はない。

謝辞：本症例の介入に際し、千葉中央メディカルセンターの東充先生には多大なるご協力を賜った。また、執筆にあたり、SBC東京医療大学の兎澤良輔先生には貴重な指導をいただいた。患者様をはじめ、関係者の皆様に深謝申し上げる。

文 献

- 1) Iseli E, Cacicelli A, *et al.*: Prognosis and recovery in ischaemic and traumatic spinal cord injury: Clinical and electrophysiological evaluation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1999; 67: 567–571.

- 2) 河島則天：歩行運動における脊髄神経回路の役割. 国立障害リハビリテーションセンター研究紀要. 2009; 30: 9-14.
- 3) 阿部浩明：理学療法トピックス シリーズ「脳卒中重度片麻痺者の歩行再建を図る理学療法技術の進歩」連載第一回 脳卒中重度片麻痺者の歩行再建をめざした急性期の理学療法. *理学療法学*. 2020; 47: 280–288.
- 4) 越智光宏, 河津隆三, 他：特集 脊髄損傷者の歩行再建—Overview—. *日本義士装具学会誌*. 2005; 21: 120–124.
- 5) Min K, Kim M, *et al.*: Degree of contribution of motor and sensory scores to predict gait ability in patients with incomplete spinal cord injury. *Ann Rehabil Med*. 2017; 41: 969–978.
- 6) 岩崎 洋：第3版脊髄損傷理学療法マニュアル. 株式会社文光堂, 東京, 2020, p. 48
- 7) Bye EA, Harvey LA, *et al.*: A preliminary investigation of mechanisms by which short-term resistance training increases strength of partially paralysed muscles in people with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2019; 57: 774.
- 8) 小野塚一, 井上和久：Stanford A型急性大動脈解離に対する上行弓部大動脈置換術後に重度対麻痺を発症した脊髄梗塞の歩行再建の一例. *理学療法-臨床・教育・研究*. 2022; 29: 40–44.
- 9) 大鹿隼徹, 阿部浩明, 他：脳卒中重度片麻痺者に対する長下肢装具を使用した二動作背屈遊動前型無杖歩行練習と三動作背屈制限揃え型杖歩行練習が下肢筋活動に及ぼす影響. *東北理学療法学*. 2017; 29: 20–27.
- 10) 吉尾雅春：特集 モノづくりとリハビリテーションのマッチング なぜ脳卒中患者に長下肢装具を用いるのか. *日本義士装具学会誌*. 2022; 38: 110–115.
- 11) Dietz V, Muller R, *et al.*: Locomotor activity in spinal man: Significance of afferent input from joint and load receptors. *Brain*. 2002; 125: 2626–2634.
- 12) Kawashima N, Nozaki D, *et al.*: Alternate leg movement amplifies locomotor-like muscle activity in spinal cord injured persons. *J Neurophysiol*. 2005; 93: 777–785.
- 13) 中澤公孝：免荷式トレッドミル歩行トレーニングの理論と実際. 国立障害リハビリテーションセンター研究紀要. 2009; 30: 3–7.
- 14) Dobkin B, Barbeau H, *et al.*: Spinal Cord Injury Locomotor Trial Group: The evolution of walking-related outcomes over the first 12 weeks of rehabilitation for incomplete traumatic spinal cord injury: The multicenter randomized spinal cord injury locomotor trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2007; 21: 25–35.
- 15) Field-Fote EC, Roach KE: Influence of a locomotor training approach on walking speed and distance in people with chronic spinal cord injury: A randomized clinical trial. *Phys Ther*. 2011; 91: 48–60.
- 16) 川端悠士, 澄川泰弘, 他：大腿骨近位部骨折術後例における杖歩行の可否・歩行速度を決定する可変的要因の検討. *理学療法学*. 2014; 41: 347–354.
- 17) Scivoletto G, Tamburella F, *et al.*: Who is going to walk? A review of the factors influencing walking recovery after spinal cord injury. *Front Hum Neurosci*. 2014; 8: 1–11.

実践報告

回復期リハビリテーション病棟において装具療法を中心としたリハビリテーションを実施した最重症脳卒中患者の治療成績*

成原 徹^{1) #} 山本 洋司^{1) 2)} 渡辺 広希^{1) 2)} 畑中 将希¹⁾ 恵飛須俊彦^{2) 3)}

要旨

【目的】回復期リハビリテーション病棟において装具療法を中心とした運動療法を実施した最重症脳卒中患者の治療成績を後方視的に調査することとした。【方法】対象は入棟時のFunctional Independence Measure (以下, FIM) 運動項目が15点以下で長下肢装具を用いた起立歩行練習の指示があった脳卒中患者37名とした。身体機能評価, 基本動作能力, 日常生活動作能力を評価し入棟時と退院時で比較した。【結果】Japan Coma Scale (JCS), Brunnstrom Recovery Stage (BRS), Motricity Index (MI), Ability for Basic Movement Scale-2 (ABMS2) およびFIMは入棟時と比較して退院時で有意に高かった。【結論】回復期最重症脳卒中患者に対する積極的な運動療法は, 意識レベル, 下肢機能, 基本動作能力, 認知機能および日常生活動作能力を改善する。

キーワード 脳卒中, 回りハ病棟, 意識障害, Functional independence measure (FIM), Knee ankle foot orthosis (KAFO)

はじめに

回復期リハビリテーション病棟 (以下, 回りハ病棟) とは, 脳血管疾患や大腿骨頸部骨折などの疾患で急性期を脱しても医学的・社会的・心理的なサポートが必要な患者に対して, 多くの専門職がチームを組んで集中的なリハビリテーションを実施し, 日常生活動作 (Activities of Daily Living: 以下, ADL) の向上や在宅および社会復帰を目的とした病棟である¹⁾。原因疾患の内訳において脳血管疾患は全体の約45%を占め, そのうちの約16%が

高次脳機能障害を呈する重症脳卒中患者である²⁾。回りハ病棟における重症患者割合は, 令和4年度の診療報酬改定により入院料1・2で3割から4割へ引き上げられた。そのため, 今後回りハ病棟での重症患者の割合は増加するとともに重症患者へのさらなる対応が求められる³⁾。

急性期を経過した脳卒中患者のリハビリテーションに関する過去の研究では, 軽度から中等度の運動麻痺を呈した脳卒中患者に対する練習量を増やした介入が上下肢運動機能, 運動耐容能, バランス能力および歩行能力を改善させると報告されている⁴⁾。さらに, Functional Independence Measure (以下, FIM) が40点以下の重度脳卒中患者を対象とした研究においても, 回復期リハビリテーションが歩行能力やADLを改善し, 在宅復帰に寄与すると報告されている⁵⁾。これらより, 回復期リハビリテーションは軽度のみならず重度の機能障害を呈する脳卒中患者においても, 歩行能力やADLを改善し良好な転帰に寄与することが広く認知されている。一方, 実際の臨床場面において回復期リハビリテーションが奏功しない脳卒中患者を経験することがある。過去の研究において, 回りハ病棟入棟時のFIM運動項目が15点以下の脳卒中患者はADLの改善が乏しいことが報告されており, その理由として意識障害や運動麻痺, 認知機能障害が挙げられている⁶⁾。このような最重症脳卒中患者の

* Treatment Outcomes of Severe Stroke Patients Who Underwent Rehabilitation Focused on Bracing in a Rehabilitation Ward

1) 関西電力病院リハビリテーション部
(〒553-0003 大阪府大阪市福島区福島2丁目1-7)
Toru Narihara, PT, Hiroshi Yamamoto, PT, MSc, Koki Watanabe, PT, MSc, Masaki Hatanaka, PT: Department of Rehabilitation, Kansai Electric Power Hospital

2) 関西電力医学研究所リハビリテーション医学研究部
Hiroshi Yamamoto, PT, MSc, Koki Watanabe, PT, MSc, Toshihiko Ebisu, MD, PhD: Division of Rehabilitation Medicine, Kansai Electric Power Medical Research Institute

3) 関西電力病院リハビリテーション科
Toshihiko Ebisu, MD, PhD: Department of Rehabilitation, Kansai Electric Power Hospital

E-mail: toru.n.7023@gmail.com

(受付日 2025年2月13日/受理日 2025年5月19日)

[J-STAGEでの早期公開日 2025年7月19日]



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

© 2025 日本理学療法学会連合

ADLを改善させるためには、運動麻痺だけではなく意識障害や認知機能障害に対する治療介入が重要である。

脳卒中患者に対する起立歩行練習は、抗重力筋の活動促進⁷⁾、意識障害の改善⁸⁾、認知機能障害の改善⁹⁾、長期臥床による足関節背屈可動域制限の予防¹⁰⁾などの効果があり、急性期においては不動関連の合併症の予防に寄与する¹¹⁾。意識障害の改善を示した過去の研究⁸⁾についてはTilt Tableを用いた立位を実施しており、認知機能障害の改善を示した過去の報告⁹⁾については歩行を用いた有酸素運動を実施している。歩行不能な脳卒中患者に対して起立歩行練習を実施するための手段の一つとして長下肢装具(Knee Ankle Foot Orthosis: 以下、KAFO)が挙げられる。KAFOを用いた起立歩行練習は、随意運動が困難な重度運動麻痺を呈する脳卒中患者においても筋活動を促せるという利点がある⁷⁾。これらより、最重症脳卒中患者におけるKAFOを用いた起立歩行練習は、意識障害や体幹および下肢筋力、認知機能障害を改善させる一助となり得ると考える。関西電力病院(以下、当院)ではこれらの仮説をもとに最重症脳卒中患者に対するKAFOを用いた起立歩行練習を積極的に実践している。

今回、当院回りハ病棟に入棟しKAFOを用いた起立歩行練習を中心とした運動療法を実施した最重症脳卒中患者の治療成績について後方視的に調査した。

対象および方法

1. 研究デザインと研究セッティング

研究デザインは単一施設での後ろ向き症例集積研究である。研究セッティングについて、本研究は大阪府大阪市福島区にある当院で実施した。当院は病床数400床、診療科31科の第2次救急指定病院であり、急性期病院に回りハ病棟が併設されている。理学療法評価および介入は主任研究者ならびに共同研究者を含みハビリテーション部の職員で実施した。データの抽出作業および集計は主任研究者および共同研究者が実施した。

2. 対象

対象は2015年4月から2022年3月の間に当院回りハ病棟へ入棟し、入棟時のFIM運動項目が15点以下かつ医師よりKAFOを用いた起立歩行練習の指示があった最重症脳卒中患者44名のうち、除外基準に該当した者を除いた37名とした。過去の研究では、回りハ病棟入棟時のFIM運動項目が15点以下の者は入院期間が最長であるもののFIM運動項目の改善は期待できないと報告されている⁶⁾。そのため、本研究においてはFIM運動項目15点以下の者を最重症脳卒中患者と定義した。除外基準は、入院中に急性期治療を目的に転科または転院した者、入棟から1ヶ月以内に退院した者とした。

対象者の基礎的情報を表1に示す。診療録より年齢、

表1 対象者の基礎的情報

	最重症脳卒中患者	
	37名	
年齢(歳)	72.8±14.7	
性別(n)		
男性/女性	15/22	
病型(n)		
梗塞/出血/くも膜下出血	15/20/2	
病巣側(n)		
右/左/両側	16/16/5	
病巣部位(n)		
脳梗塞		
前大脳動脈領域	1	
中大脳動脈領域	10	
後大脳動脈領域	0	
テント下	1	
多発性脳梗塞	3	
脳出血		
被殻	7	
視床	3	
皮質下	9	
テント下	1	
くも膜下出血		
前大脳動脈	1	
前交通動脈	0	
中大脳動脈	0	
内頸動脈	0	
椎骨脳底動脈	1	
入棟時NIHSS(n)		
mild(1-7)	0	
moderate(8-16)	14	
severe(>16)	23	
発症前mRS(n)		
0	26	
1	4	
2	3	
3	2	
4	2	
5	0	
rt-PA(n)	1	
血栓回収療法(n)	1	
装具作製の有無(n)		
作製/備品	31/6	
発症から作製までの日数(日)	63.5±42.3	
装具の種類(n)		
骨盤帯付き両側KAFO	1	
両側KAFO	7	
片側KAFO	29	
発症から入棟までの日数(日)	47.4±28.9	
在院日数(日)	131.5±38.4	
転帰先(n)		
施設	25	
療養型病院	9	
自宅	3	

数値：平均値±標準偏差または実数。

NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale, mRS: modified Rankin Scale, rt-PA: recombinant tissue-type Plasminogen Activator, KAFO: Knee Ankle Foot Orthosis.

性別、病型、病巣側、病巣部位（脳梗塞：前大脳動脈領域・中大脳動脈領域・後大脳動脈領域・テント下・多発性脳梗塞、脳出血；被殻・視床・皮質下・テント下、くも膜下出血；前大脳動脈・前交通動脈・中大脳動脈・内頸動脈・椎骨脳底動脈）、回りハ病棟入棟時のNational Institutes of Health Stroke Scale（以下、NIHSS）、発症前のmodified Rankin Scale（以下、mRS）、アルテプラゼ静注療法（recombinant tissue-type Plasminogen Activator：以下、rt-PA）施行の有無、血栓回収療法の有無、装具作製の有無、発症から装具作製までの日数、装具の種類、発症から入棟までの日数、在院日数、転帰先を調査した。

なお、本研究は関西電力病院倫理審査委員会（承認番号：第23-007）の承認を受けるとともに、個人情報の取り扱いには十分に留意し検討を行った。

3. 調査項目と調査方法

1) 調査項目

調査項目は主要評価項目（身体機能評価／基本動作能力／ADL能力）、リハビリテーション実施量（単位数／実施日数）とした。

主要評価項目は、身体機能評価としてJapan Coma Scale（以下、JCS）、Brunnstrom Recovery Stage（以下、BRS）、麻痺側および非麻痺側のMotricity Index（以下、MI）、基本動作能力の評価としてAbility for Basic Movement Scale-2（以下、ABMS2）、ADL能力の評価としてFIM（各下位項目／運動項目／認知項目／合計点）とした。各評価項目は入棟時および退院時に評価されたものを調査した。JCSはI桁をI群、II桁およびIII桁をII・III群に分類した。なお変動があることを考慮し、過去の研究¹²⁾を参考に各理学療法士および作業療法士が評価した最も低い点数を採用した。ABMS2は基本動作（寝返り、起き上がり、座位保持、立ち上がり、立位保持）で構成されており、各項目1～6点の30点満点で採点する評価である。特に脳卒中患者においては、歩行能力と転帰を予測する指標であると報告されている¹³⁾。FIM運動項目については、過去の研究¹⁴⁾を参考に入棟時から退院時のFIM運動項目の点数が変わらなかった者を改善なし群、14点～33点に改善したものを小幅改善群、34点以上に改善したものを大幅改善群の3群に群分けした。

リハビリテーション実施量は、単位数と実施日数をそれぞれ調査した。リハビリテーション実施単位数は、入院中における理学療法（Physical Therapy：以下、PT）、作業療法（Occupational Therapy：以下、OT）、言語聴覚療法（Speech Therapy：以下、ST）の1日あたりの平均単位数および合計単位数を調査し、それらの総合計単位数を算出した。なお、リハビリテーション実施日数は在院日数からリハビリテーションを実施していない退院日を引いた日数とした。

2) 調査方法

データの抽出作業および集計は病院内の電子カルテより後方視的に行った。

4. 回りハ病棟における中止基準とリハビリテーション

1) リハビリテーション治療方針

当院における脳卒中患者に対する回復期リハビリテーションは、脳卒中治療ガイドライン2021¹⁵⁾に準拠した他職種連携に基づく包括的なリハビリテーションを実施している。入院初期には上下肢運動機能や姿勢保持能力などの機能障害に対してリハビリテーションを実施し、入院後期には更なるADL向上および在宅復帰のための基本動作練習やADL練習に重点を置いたりリハビリテーションに移行し、必要に応じて動作指導や家族への介助指導、環境調整も積極的に実施している。これらのリハビリテーションについては、PT・OT・ST（摂食嚥下機能練習を含む）の合計単位数が1日あたり9単位となるように毎日実施している。PTにおいては起立歩行練習および起立着座練習を積極的に行い、必要に応じてKAFOを用いた起立歩行練習を実施している。装具療法は歩行を再建するための補助装具としての意味合いだけでなく、意識障害や認知機能障害を呈した最重症脳卒中患者に対して離床や起立歩行練習を行うための治療用装具の役割として実践している（図1）。OTにおいても座位や立位などの離床を進め、身体機能に応じて上肢機能練習や基本動作練習、ADL練習を実施している。また、重度脳卒中患者においては自発的に離床をすることが困



図1 長下肢装具を使用した歩行練習

難であることから、リハビリテーション以外の時間は臥床傾向となりやすい¹⁶⁾。そのため、食事の時間に経口摂取や経管栄養などの食事形態に関わらず、看護師が積極的に離床を促している。

2) 最重症脳卒中患者に対する起立歩行練習の実践

脳卒中患者における歩行障害の改善を目的とするKAFOを用いたリハビリテーションの有用性については多数報告されている⁷⁾¹⁷⁾。しかし、仮に歩行自立まで至らない場合でも、KAFOを使用した起立歩行を進めることにより、廃用症候群や二次的合併症の予防および意識障害や循環調節障害、基本動作能力、ADLの改善が期待できる。そのため当院では、最重症脳卒中患者であっても積極的にKAFOを用いた起立歩行練習を実施している。

起立歩行練習を実施するにあたりリハ医の指示のもと個人用のKAFOを作製し、作製が困難な者は当科備品のKAFOを使用している。基本的にKAFOは片側KAFOを処方され、必要に応じて両側KAFOあるいは骨盤帯付き両側KAFOを処方している。作製する装具は基本的に金属支柱付きKAFOであり、その仕様として膝関節はリングロック、足関節はダブルクレンザック足継手、足部は靴型で歩行の獲得が困難と判断した場合には前開き型、ヒールにはサッチヒールと外側フレアヒールを加工し、痙性が強い場合にはTストラップを追加している。JCSII桁以上の意識障害や重度運動麻痺により介助下での立位が困難な場合には、必要に応じて頸椎カラーおよび体幹ベルトで固定し2名以上の介助で起立歩行練習を行っ



図2 2名介助体制で両側長下肢装具を使用した歩行練習

ている(図2)。また、Vital Signのモニタリングが必要な場合には、送信機を装着しセントラルモニタでのモニタリングを看護師へ依頼した上で起立歩行練習を行っている。

3) リハビリテーション中止基準

回りハ病棟におけるリハビリテーション中止基準を表2に示す。リハビリテーション中止基準はリハ医の監修のもと作成した。なお、中止基準に当てはまる場合はリハビリテーションを一時中止し、その後主治医より継続可能との指示があればリハビリテーションを再開する。不整脈や弁膜症などの心機能障害を呈する場合には心電図モニターでモニタリングし、起立性低血圧を呈する場合には腹帯や下肢へ弾性包帯の着用を個別に指示を受けて起立歩行練習を進めている。

5. 統計学的解析

入棟時および退院時におけるFIM, BRS, MI, ABMS2はWilcoxonの符号付順位検定を用いて比較し、算出された検定統計量(Z)と対象者数(n)から効果量(r)を示した。入棟時および退院時におけるJCSは χ^2 検定を用いて比較し、その効果量(ϕ)を算出した。なお効果量の数値の解釈は、0.1~0.3を小さい効果、0.3~0.5を中等度の効果、0.5以上を大きい効果とした。

統計ソフトはSPSS statistics ver. 22.0 (IBM) を使用し、有意水準は5%未満とした。

結 果

身体機能評価について表3に示す。JCSは入棟時I群: 20名, II・III群: 17名, 退院時I群: 34名, II・III群: 3名であり、入棟時と比較して退院時で有意にI群が多かった($p<0.001$, $\phi=0.43$)。BRSは、入棟時でI: 9名, II: 18名, III: 8名, IV: 2名, 退院時でI: 7名, II: 15名, III: 7名, IV: 6名, V: 2名であり、入棟時と比較

表2 回復期リハビリテーション中止基準

1) 血圧
安静時収縮期血圧が180 mmHg以上、または80 mmHg以下の場合
安静時拡張期血圧が100 mmHg以上、または50 mmHg以下の場合
2) 脈拍・心拍数
安静時の脈拍または心拍数が50 bpm以下、100 bpm以上となる場合
歩行時の脈拍または心拍数が140 bpm以上となる場合
3) 呼吸
安静時の呼吸数が25 rpm以上かつSpO ₂ がroom airで90%以下となる場合
4) 前日との比較
前日と比較して意識レベルの悪化や下肢の浮腫・熱感・腫脹・発赤の出現などの異常を感じた場合

して退院時で有意に高かった ($p=0.01, r=0.42$)。非麻痺側のMIは入棟時 59.5 ± 19.0 点と比較して退院時 68.9 ± 22.6 点で有意に高かった ($p=0.001, r=0.57$)。麻痺側のMIは入棟時 19.6 ± 20.1 点と比較して退院時 29.3 ± 23.6 点で有意に高かった ($p=0.001, r=0.54$)。

基本動作能力およびADL能力について表4に示す。ABMS2は入棟時 11.0 ± 1.4 点と比較して退院時 13.9 ± 4.4 点で有意に高かった ($p<0.001, r=0.52$)。FIM運動項目は入棟時 13.4 ± 0.8 点と比較して退院時 23.5 ± 14.0 点で有意に高かった ($p<0.001, r=0.76$)。FIM認知項目は入棟時 8.9 ± 4.6 点と比較して退院時 13.1 ± 7.5 点で有意に高かった ($p<0.001, r=0.66$)。FIM合計点は入棟時 22.3 ± 4.6 点と比較して退院時 36.6 ± 19.2 点で有意に高かった ($p<0.001, r=0.78$)。なお退院時FIM運動項目の変化は、改善なし群が9名 (24.3%)、小幅改善群が20名 (54.1%)、大幅改善群が8名 (22.6%) であった。

リハビリテーション単位数および実施日数を表5に示す。リハビリテーション実施日数は 130.4 ± 38.4 日であり、1日における平均単位数がPT: 3.7 ± 0.6 単位, OT: 2.4 ± 0.4 単位, ST: 1.6 ± 0.6 単位, 総合計: 7.6 ± 0.6 単位であった。また、入院中の総計単位数はPT: 490.1 ± 190.4 単位, OT: 301.3 ± 88.4 単位, ST: 207.9 ± 99.0 単位, 総合計: 999.2 ± 297.2 単位であった。

表3 身体機能評価

	入棟時	退院時	P-value	効果量 (ϕ, r)
JCS (n)				
I群/II・III群 (II/III)	20/17 (16/1)	34/3 (3/0)	<0.001	0.43
BRS (n)				
I/II/III/IV/V	9/18/8/2/0	7/15/7/6/2	0.01	0.42
MI (点)				
非麻痺側	59.5 ± 19.0	68.9 ± 22.6	0.001	0.57
麻痺側	19.6 ± 20.1	29.3 ± 23.6	0.001	0.54

数値: 平均値±標準偏差または実数。

JCS: Japan Coma Scale, BRS: Brunnstrom Recovery Stage, MI: Motricity Index.

表4 基本動作能力および日常生活動作能力

	入棟時	退院時	P-value	効果量 (r)
ABMS2 (点)	11.0 ± 1.4	13.9 ± 4.4	<0.001	0.52
FIM (点)				
運動項目	13.4 ± 0.8	23.5 ± 14.0	<0.001	0.76
認知項目	8.9 ± 4.6	13.1 ± 7.5	<0.001	0.66
合計点	22.3 ± 4.6	36.6 ± 19.2	<0.001	0.78

数値: 平均値±標準偏差。

ABMS2: Ability for Basic Movement Scale-2, FIM: Functional Independence Measure.

考 察

今回、回りハ病棟において装具療法を中心とした運動療法を実施した最重症脳卒中患者の治療成績を後方視的に調査した。結果として、意識レベル、下肢機能、基本動作能力、認知機能およびADL能力が改善した。

JCSは入棟時と比較して退院時で有意にI群が多かった。意識レベルの改善について、痙攣発作や水頭症など意識障害を遷延させる環境がない限りは最長でも4週間以内に覚醒状態へと改善し、3ヶ月以上植物状態が続くと回復がほとんど見込めなくなると報告されている¹⁸⁾。そのため、多くは4週間以内に改善するが3ヶ月程度は自然経過として緩徐に改善する可能性がある。また過去の研究において、Tilt Tableを用いた受動的な立位が意識レベルを改善させると報告されている⁸⁾。これは、一般的に感覚情報が網様体賦活系に作用し覚醒状態を変化させるという仮説に基づいている¹⁹⁾。一方、中等度から重度の運動麻痺を呈した脳卒中患者において立位を安定させることのできる手段としてKAFOが挙げられる²⁰⁾。運動麻痺を呈する脳卒中患者に対してKAFOを使用することにより、立位だけでなく速度のあるリズムカルな2動作前型歩行が可能となる。特に2動作前型歩行による股関節や足底への荷重感覚および筋紡錘への伸張刺激はCentral Pattern Generatorを賦活し²¹⁾、大脳や脳幹、小脳などの上位中枢へ情報を伝達する¹⁹⁾。そのため、覚醒にはTilt Tableによる荷重刺激より歩行による重心の移動や筋紡錘の伸張刺激がより好ましいと考えられている²²⁾。以上より、意識障害を呈した最重症脳卒中患者において、自然回復に加えKAFOを用いた起立歩

表5 リハビリテーション単位数および実施日数

	最重症脳卒中患者 37名
リハビリテーション実施単位数 (単位)	
PT	
1日平均単位数	3.7 ± 0.6
合計単位数	490.1 ± 190.4
OT	
1日平均単位数	2.4 ± 0.4
合計単位数	301.3 ± 88.4
ST	
1日平均単位数	1.6 ± 0.6
合計単位数	207.9 ± 99.0
総合計単位数	
1日平均単位数	7.6 ± 0.6
合計単位数	999.2 ± 297.2
リハビリテーション実施日数 (日)	130.4 ± 38.4

数値: 平均値±標準偏差。

PT: Physical Therapy, OT: Occupational Therapy, ST: Speech Therapy.

行練習による荷重刺激や筋紡錘への伸張刺激などの体性感覚入力意識レベルの改善に寄与した可能性がある。

BRSおよびMIは入棟時と比較して退院時で有意に高かった。過去の研究において、運動麻痺は発症後30日で最も劇的な回復を示すが、中等度および重度の障害を呈する症例においては最大で3ヶ月から6ヶ月続くと報告されている²³⁾。本研究においては発症から入棟までの期間が平均47.4日であるものの、全症例が中等度以上の運動麻痺を呈していたことから、自然回復により運動麻痺が改善したことで麻痺側のMIも改善したと考える。非麻痺側のMIについては、一般的に脳卒中患者における非麻痺側の筋力は健常者と比較して60%程度低下するとされており、廃用性筋力低下と皮質脊髓路における同側支配の障害が影響していると報告されている²⁴⁾。そのため、厳密には非麻痺側にも障害があることから左右両方へのアプローチが必要となる。過去の研究において、慢性脳卒中患者に対する一般的な理学療法に起立着座練習を付加することにより、麻痺側および非麻痺側の筋力が向上することが報告されている²⁵⁾。以上より、最重症脳卒中患者に対して廃用性筋力低下および皮質脊髓路における同側支配の障害による非麻痺側下肢の筋力低下を考慮した上で、起立着座練習および起立歩行練習を実施したことが非麻痺側のMIの改善に寄与したと考える。

ABMS2は入棟時と比較して退院時で有意に高かった。座位および立位保持には抗重力伸展筋の活動が必要である²⁶⁾。また、寝返りや起き上がりについては前鋸筋および僧帽筋などの上部体幹や腹直筋および腹斜筋などの下部体幹の筋力が重要であり²⁷⁾、立ち上がりについては体幹筋力に加え腸腰筋や大殿筋、大腿四頭筋などの抗重力筋の機能が重要である²⁸⁾。一方、過去の研究においてKAFO導入までの日数と体幹機能には相関があり、KAFOを用いた歩行練習が体幹機能を向上させる可能性が示されている²⁹⁾。これらより、ABMS2についてはKAFOを用いた歩行練習により抗重力位における体幹筋の収縮を促したことが基本動作能力の改善に寄与したと考える。しかし、本研究においては体幹機能に関する評価を実施していないため、最重症脳卒中患者に対する体幹機能の評価方法については今後検討する必要がある。

FIM運動項目は入棟時と比較して退院時で有意に高かった。また退院時FIM運動項目の変化として、改善なし群が9名(24.3%)、小幅改善群が20名(54.1%)、大幅改善群が8名(21.6%)であった。脳卒中患者のADLに影響を及ぼす因子は、年齢³⁰⁾、性別³⁰⁾、意識レベル³¹⁾、運動麻痺³²⁾³³⁾、非麻痺側の筋力³²⁾、体幹機能³³⁾、感覚障害³²⁾、認知機能障害³²⁾、高次脳機能障害³⁴⁾³⁵⁾など多岐にわたる。過去の研究では、回りハ病棟入棟時のFIM運動項目が13点の脳卒中患者64名におけるFIMの

推移について、改善なし群が27名(42%)、小幅改善群が29名(45%)、大幅改善群が8名(13%)と報告されており、FIMの改善には意識障害や指示理解力の改善が影響しているとされている¹⁴⁾。以上より、本研究においては意識レベル、運動麻痺、非麻痺側の筋力および認知機能の改善により、FIM運動項目の改善した症例が多く、過去の研究と比較して良好な結果であったと考える。また、基本動作能力とADLの関連について、重度脳卒中患者における起居動作がADLに影響を与えると報告されている³⁶⁾。そして座位については食事能力と関連しており³⁷⁾、立位や立ち上がりについては移乗動作およびトイレ動作の獲得に重要であると報告されている³⁸⁾³⁹⁾。つまり、ABMS2の向上もADL能力の改善に関連していると考ええる。一方、回復期脳卒中患者を対象とした過去の研究において、FIM利得の改善に必要なPT・OTの総単位数のカットオフ値は、FIM運動項目が50点以下の低群で747単位であったと報告されている⁴⁰⁾。また、機能改善が見込めない発症3ヶ月以上の脳卒中患者において、代償戦略を考慮したりハビリテーションによりADLの質が向上すると報告されている⁴¹⁾。本研究においては、1日あたりのPT・OTの総合単位数は平均7.6単位、入院中におけるPT・OTの総合単位数は平均791単位であった。以上より、十分な機能改善が見込めない最重症脳卒中患者においても、一定量の動作練習の反復により代償戦略を取得したことがADL能力の改善に寄与したと考える。

FIM認知項目は入棟時と比較して退院時で有意に高かった。意識レベルと認知機能の関係について、神経心理学的ピラミッドでは覚醒度を基盤として、その上に注意力や記憶、遂行機能などの認知機能、さらに上位に論理的な思考力や自信の障害に対する気づきが形成されると示されている⁴²⁾。つまり、覚醒の改善が認知機能や高次脳機能を向上させるための基盤となる。そのため、意識レベルの向上が認知機能の改善に寄与していると考ええる。一方、有酸素運動や身体活動は脳卒中患者の認知機能を改善させることが報告されている⁴³⁾。しかし、有酸素運動の介入内容については自転車トレーニングやトレッドミル歩行、一般的な理学療法など様々な方法が報告されており、認知機能を改善させる効果的な有酸素運動の頻度や強度、種類については明らかではない。過去の研究において、健常者と比較して片麻痺患者は基本動作の反復で有意に心拍数が上昇し、立位保持および足踏みの反復で有意に酸素摂取量が増加すると報告されている⁴⁴⁾。そのため、脳卒中患者における基本動作、立位および足踏みなどの反復動作も有酸素運動になり得ると考える。以上より、最重症脳卒中患者に対する起立着座練習や起立歩行練習を中心とした運動療法の認知機能の改善に寄与した可能性がある。

FIM合計点は入棟時と比較し退院時で有意に高く、入棟時22.3±4.6点から退院時36.6±19.2点へ向上した。これは前述した要因でFIM運動項目および認知項目が改善したことによる影響である。入棟時から退院時におけるFIM合計点の変化の意義として、脳卒中患者のFIMと介護時間の関係について示した過去の研究では、FIM1点あたり1.61分の時間を要すると報告されている⁴⁵⁾。また、介護老人施設に勤務するケアワーカーのうち約55%が腰痛を抱えながら業務に従事し、特に排泄や入浴に伴う移乗および移動動作が負担となっていると報告されている⁴⁶⁾。これらより、本研究の対象者においては施設または療養型病院への退院が大多数を占める結果となったが、回りハ病棟入院中に1点でも多くFIMを向上させることにより、施設や病院において介護業務に従事している従業員の介護負担および腰痛予防に寄与した可能性がある。

本研究の限界を以下に挙げる。第一に本研究は単一施設による後ろ向き症例集積研究であり、多施設および対照群を設けた介入研究ではない。また、当院はKAFOが必要なすべての最重症脳卒中患者に装具療法を実施しているため対象群を設けることが困難であり、KAFOを用いた起立歩行練習を中心とした運動療法の効果を示すには不十分である。第二に本研究の対象者は当院急性期病棟から転科した者と他院から転院した者が含まれており、最も機能改善が得られるとされている発症1～2ヶ月間のリハビリテーション内容が統一されていない。第三に本研究の対象者のほとんどが発症から3ヶ月以内に回りハ病棟へ入棟しており、自然経過に伴う機能改善の要素が否定できない。第四に対象者やその家族に対する満足度およびQuality of Life (以下、QOL) の評価を行っておらず、FIMの改善による影響を示すには不十分である。今後は回りハ病棟入棟前のリハビリテーション内容を考慮した非無作為化試験または無作為化試験で、最重症脳卒中患者に対するKAFOを用いた起立歩行練習の有効性を検証する必要がある。また、対象者やその家族の満足度およびQOLに関する評価や機能改善に必要な起立歩行練習の実施時間および実施期間についても詳細に検討する必要がある。

結 論

KAFOを用いた起立歩行練習を中心とした運動療法を実施した最重症脳卒中患者において、入棟時と比較し退院時で意識レベル、下肢機能、基本動作能力、認知機能およびADL能力が改善した。最重症脳卒中患者においても、積極的な回復期リハビリテーションは一定の効果を有することが示唆された。

利 益 相 反

本研究において開示すべき利益相反はない。

謝辞：本研究に御協力いただいた方々ならびに当院リハビリテーション部の職員に深く御礼申し上げる。

文 献

- 1) 回復期リハビリテーション協会ホームページ：回復期リハビリテーションとは、<http://www.rehabili.jp/patient/> (2023年7月14日引用)
- 2) 回復期リハビリテーション病棟協会：平成30年度 回復期リハビリテーション病棟の現状と課題に関する調査報告書【修正版】。回復期リハビリテーション病棟協会、東京、2019, pp. 31
- 3) 日本リハビリテーション医学会社会保険委員会：令和4年度リハビリテーション医療に関する診療報酬改定について—回復期リハビリテーション病棟と地域包括ケア病棟—。Jpn J Rehabil Med. 2022; 59: 650–653.
- 4) Duncan P, Studenski S, *et al.*: Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke. Stroke. 2003; 34: 2173–2180.
- 5) Nolfe G, D'Aniello AM, *et al.*: The aftermath of rehabilitation for patients with severe stroke. Acta Neurol Scand. 2003; 107: 281–284.
- 6) 鈴木英二, 間嶋 満, 他：脳卒中回復期前期における患者の層別化の試み。リハビリテーション医学。2004; 41: 540–547.
- 7) 阿部浩明, 大鹿糠徹, 他：急性期から行う脳卒中重度片麻痺例に対する歩行トレーニング。理学療法の歩み。2016; 27: 17–27.
- 8) Ng H, King A: A systematic review of head-up tilt to improve consciousness in people with a prolonged disorder of consciousness. Clin Rehabil. 2021; 35: 13–25.
- 9) 先崎 章：高次脳機能障害（外傷性脳損傷や脳卒中などによる）。Jpn J Rehabil Med. 2018; 55: 198–205.
- 10) 松永貴史：脳卒中片麻痺患者の下肢関節における拘縮の予防および改善の方法に関する一考察。愛知県理学療法学会誌。2008; 19: 148–154.
- 11) 山本洋司, 渡辺広希, 他：脳卒中患者に対する発症後48時間以内の起立と定義した早期離床導入の効果—テント上病変ならびに保存的治療例を対象とした検討—。理学療法。2020; 47: 615–623.
- 12) 松本幸樹, 加藤拓彦, 他：急性期病院入院脳梗塞患者における意識障害の程度とリハビリテーションの実施状況を考慮した自宅退院関連因子の検討。保健科学研究。2022; 13: 1–8.
- 13) Yang DG, Gu R, *et al.*: The ability for basic movement scale ii can predict functional outcome and discharge destination in stroke patients. J Stroke Cerebrovasc Dis. 2020; 29: 1–6.
- 14) 水野志保, 園田 茂, 他：全介助で回復期リハビリテーション病棟に入院した脳卒中患者の帰結。臨床リハビリテーション。2009; 18: 948–952.
- 15) 日本脳卒中学会脳卒中ガイドライン委員会：脳卒中治療ガイドライン2021。協和企画、東京、2021, pp. 254
- 16) 植木琢也, 平岡俊也, 他：回復期リハビリテーション病棟に入院中の脳卒中患者における身体活動量—生活活動度計を用いた定量的評価—。理学療法。2019; 46: 317–326.
- 17) Kobayashi E, Hiratsuka K, *et al.*: Efficacy of knee-ankle-foot orthosis on functional mobility and activities of daily living in patients with stroke: A systematic review of case reports. J Rehabil Med. 2022; 54: 1–12.
- 18) 柳本広二：意識障害の成因と神経系脱分極現象。洛和会病

- 院医学雑誌. 2014; 25: 28-38.
- 19) 高草木薫: 脳の可塑性と理学療法. 理学療法学. 2010; 37: 575-582.
- 20) Ota T, Hashidate H, *et al.*: Early effects of a knee-ankle-foot orthosis on static standing balance in people with subacute stroke. J Phys Ther Sci. 2019; 31: 127-131.
- 21) 吉尾雅春: 脳卒中後遺症の理学療法最前線. 理学療法学. 2017; 44: 18-20.
- 22) 吉尾雅春: 歩行練習の進め方. 総合リハビリテーション. 2023; 51: 133-143.
- 23) Duncan PW, Lai SM, *et al.*: Defining post-stroke recovery: Implications for design and interpretation of drug trials. Neuropharmacology. 2000; 39: 835-841.
- 24) Andrews AW, Bohannon RW: Short-term recovery of limb muscle strength after acute stroke. Arch Phys Med Rehabil. 2003; 84: 125-130.
- 25) Tung FL, Yang YR, *et al.*: Balance outcomes after additional sit-to-stand training in subjects with stroke: A randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2010; 24: 533-542.
- 26) 鈴木俊明: 運動学, 解剖学で解説する姿勢動作分析と運動療法. 関西理学療法. 2018; 18: 1-2.
- 27) 石井慎一郎: 寝返り動作の分析, 動作分析 臨床活用講座—バイオメカニクスに基づく臨床推論の実践—. 石井慎一郎(編), メディカルレビュー社, 東京, 2013, pp. 36-49.
- 28) 後藤 敦, 高田 毅, 他: 立ち上がり動作—力学的負荷に着目した動作分析とアセスメント—. 関西理学療法. 2002; 2: 25-40.
- 29) 岩瀬弘明, 東 智里, 他: 脳血管障害患者に対する長下肢装具導入までの日数と麻痺側運動機能およびFIM変化率との関係. ヘルスプロモーション理学療法研究. 2017; 7: 185-190.
- 30) Cioncoloni D, Martini G, *et al.*: Predictors of long-term recovery in complex activities of daily living before discharge from the stroke unit. NeuroRehabilitation. 2013; 33: 217-223.
- 31) Shigematsu K, Nakano H, *et al.*: The eye response test alone is sufficient to predict stroke outcome—reintroduction of Japan Coma Scale: A cohort study. BMJ Open. 2013; 3: 1-5.
- 32) 木山良二, 浜田博文, 他: 脳血管疾患患者においてADL能力に影響を与える因子. 理学療法科学. 1998; 13: 11-15.
- 33) 江連亜弥, 原田慎一, 他: 脳卒中片麻痺者の体幹機能と日常生活活動(ADL)との関係について. 理学療法科学. 2010; 25: 147-150.
- 34) 兵頭 久, 加藤宗規, 他: 回復期リハビリテーション病棟に入院する片麻痺患者における注意障害と半側空間失認が日常生活活動の自立に及ぼす影響. 高知リハビリテーション学院紀要. 2014; 15: 33-38.
- 35) 谷 哲夫, 田島香苗, 他: 回復期リハビリテーション病棟を退棟した脳卒中患者の分析—失語症の有無が治療効果と転帰先へ及ぼす影響—. リハビリテーション科学ジャーナル. 2017; 13: 11-19.
- 36) 佐藤惇史, 藤田貴昭, 他: 重度脳卒中患者における入院1ヵ月のMotor Assessment Scaleと退院時FIMとの関連—編相関分析による検討—. 理学療法学. 2016; 43: 236-240.
- 37) 若尾 勝, 福光英彦, 他: 座位能力, 摂食嚥下機能および, 尿失禁の関連性についての検討—特に座位能力の重要性について—. 理学療法科学. 2014; 29: 377-381.
- 38) 武井圭一, 杉本 諭, 他: 脳卒中患者の移乗動作能力に対する予測因子の検討. 理学療法科学. 2006; 21: 369-374.
- 39) Kawanabe E, Suzuki M, *et al.*: Impairment in toileting behavior after a stroke. Geriatr Gerontol Int. 2018; 18: 1166-1172.
- 40) 梅原拓也, 梯 正之, 他: 回復期リハビリテーション病棟に入院した脳卒中患者のADL回復に関連する要因—後ろ向きコホート研究—. 理学療法学. 2016; 44: 1-10.
- 41) Waehrens EE, Fisher AG: Improving quality of ADL performance after rehabilitation among people with acquired brain injury. Scand J Occup Ther. 2007; 14: 250-257.
- 42) 先崎 章: 脳外傷の高次脳機能障害(神経心理学的障害)—精神科的問題がみられた症例をもとに—. 精神神経学雑誌. 2007; 209: 199-214.
- 43) Hugues A, Marco JD, *et al.*: Aerobic exercises for cognition rehabilitation following stroke: A systematic review. PLoS One. 2019; 14: 1-22.
- 44) 森 英二: 脳卒中片麻痺患者の基本動作に関する運動生理学的研究. リハビリテーション医学. 1996; 33: 49-60.
- 45) 才藤栄一, 園田 茂, 他: リハビリテーション医療における障害ADL評価法に関連してFIMを中心に. リハビリテーション医学. 1994; 31: 321-325.
- 46) 向井通郎: 介護業務およびその実践方法とケアワーカーの腰痛の関連性について. 老年社会科学. 2011; 33: 426-435.

調査報告

生成人工知能による理学療法士国家試験の 不適切問題検出能力の検討*

禹 炫在^{1) #} 福井直樹¹⁾ 松井有史¹⁾ 吉田一平²⁾

要旨

【目的】本研究は生成人工知能 (Artificial Intelligence: 以下, AI) が理学療法士国家試験における不適切問題の早期発見に有効かを検証することを目的とした。【方法】第60回理学療法士国家試験を対象に ChatGPT4o (以下, GPT) および Gemini Advanced 2.0 (以下, Gemini) に厚生労働省の最終判断公表前に全200問を評価させた。不適切問題は厚生労働省が発表した7問と定義し, 各AIがそれらを的確に判断できたか (以下, 的中), 見落とししたか (以下, 見落とし), 適切な問題を誤って不適切と判定したか (以下, 誤判定) に分類して分析した。【結果】不適切問題の的中数はGPTが1問, Geminiが3問, 見落としはそれぞれ6問と4問, 誤判定は7問と6問であった。【結論】現時点において, 生成AIを不適切問題の早期発見に実用的に活用することは困難であり, 今後のモデル精度の向上や判断根拠の検証が不可欠である。

キーワード 理学療法士, 国家試験, 生成人工知能, 不適切問題

はじめに

理学療法士国家試験 (以下, 国家試験) は, 理学療法士としての資格を付与するための最終的かつ重要な評価手段であり, 日本では1966年の資格制度誕生以降, 約60年にわたり制度的, 教育的改革を経て進化してきた¹⁾。国家資格制度の確立, 養成教育の大学化, 実地問題の導入, 出題形式の多様化といった変遷を経ながら, 今日では年間10,000名以上の新規合格者を輩出するまでに至っている¹⁾。このように国家試験は, 医療専門職としての質を担保する社会的インフラであると同時に, 教育制度や医療政策とも深く関係する極めて公共性の高い制度である。また, 本試験は資格取得のための最終関門

として, 受験者の知識と臨床推論能力を総合的に評価するものである。近年は出題内容の多様化, 高度化が進んでおり, それに伴って, 試験問題の構成や妥当性を維持および向上させることの重要性が, 教育, 試験運営の現場においてより意識されるようになってきている²⁾。

その中で, 特に注目されるのが不適切問題の存在である。国家試験における不適切問題とは, 出題文, 選択肢, 解答のいずれかに問題があり, 正当な評価が困難と判断される設問を指す。具体的には, (1) 本来1つの正答が求められているにもかかわらず複数の選択肢が正答となり得る場合, (2) 解答数の指示に対して選択肢の数が一致しない場合, (3) 問題内容が過度に専門的または曖昧で, 受験者に不利となる場合が該当する³⁾。

不適切問題の発見プロセスは, 国家試験後に理学療法士養成校へ送付される調査依頼に基づいた, 各校からの報告をもとに日本理学療法士協会が情報を取りまとめ, 厚生労働省へ提出し, 最終的な判断が下される仕組みとなっている⁴⁾。この一連のプロセスは, 各養成校や協会関係者による人的な確認作業に依存しており, 正確な情報の収集, 整理, 分析には時間と労力を要する。結果として, 調査報告の作成および厚生労働省による最終判断の確定には一定の期間を要し, 試験直後の早期対応が求められる現場からは, 情報伝達の遅延が課題として認識されている。

不適切問題が認定された場合, 厚生労働省では以下の

* Detection Accuracy of Generative Artificial Intelligence for Inappropriate Items in the National Examination for Physical Therapists

1) 和歌山リハビリテーション専門職大学理学療法学専攻 (〒640-8222 和歌山県和歌山市湊本町3丁目1番地) Hyunjae Woo, PT, PhD, Naoki Fukui, PT, MSc, Yuji Matsui, PT, PhD: Department of Physical Therapy, Wakayama Professional University of Rehabilitation

2) 和歌山リハビリテーション専門職大学作業療法学専攻 Ippei Yoshida, OT, PhD: Department of Occupational Therapy, Wakayama Professional University of Rehabilitation

E-mail: hyunjae0610@gmail.com

(受付日 2025年3月26日 / 受理日 2025年6月3日)

[J-STAGEでの早期公開日 2025年8月3日]



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

© 2025 日本理学療法学会連合

ような対応がなされる。複数解答の可能性がある場合にはすべての選択肢を正解とする、正答が存在しない場合には当該問題を採点から除外する、または、難易度が過度に高いと判断された問題に対しては、不正解者にのみ配慮するなど、複数の方法が採られている³⁾。このような対応は、試験の公平性を担保する目的があるが、同時に合格基準点や試験満点の変更、さらには合格者数の変動を引き起こす要因ともなる。

実際、近年の国家試験では毎年複数の不適切問題が発生しており、それに伴い試験の満点や合格点にも変動が生じている。図1は、最近10年間（第50回～第59回）の国家試験における不適切問題数と満点の推移を示しており、不適切問題の発生が定常的であること、ならびにその影響が試験制度全体に及んでいることが理解できる。なお、10年間という分析期間は、国家試験制度における出題傾向や評価基準の中期的変化を捉えるために適した期間と考えられており、日本理学療法士協会のマスタープランにおいても制度的課題の整理に「中期（7～10年）」という時間枠が用いられている¹⁾。この期間中の代表的な例として、第59回国家試験では、不適切問題の訂正により、理学療法士試験で16名、作業療法士試験で18名が新たに合格とされた。これにより、最終的な合格者数は理学療法士が11,282名、作業療法士が4,840名に訂正された³⁾。このような事例は、国家試験の信頼性や透明性に対する社会的な疑念の高まりや、試験終了後から合格発表までの期間において、受験者や教育現場に一定の心理的負担を与える可能性もある。実際に、筆者らの教育現場においても「不適切問題の行方が気になって落ち着かなかった」といった学生からの声が寄せられており、制度上の遅延や曖昧さが精神的な不安の要因となっていることが示唆される。このような背景を踏まえると、厚生労働省による最終判断が公表される

合格発表以前の段階において不適切問題を「早期発見」することには、一定の教育的および制度的意義があると考えられる。試験直後の段階で設問の不整合を自動的に検出できる手段があれば、初期レビュー作業の効率化、受験者への迅速な情報提供、試験制度の透明性確保にもつながる可能性がある。

一方、近年急速に進展している生成人工知能（Artificial Intelligence：以下、AI）の活用が注目されている。とくに大規模言語モデル（Large Language Models：LLMs）は、自然言語処理能力の高さから、教育・評価分野においてもその応用が期待されている⁵⁾。医療系国家試験に対しても、生成AIが解答を行い、正答率や解釈精度を評価する試みが国内外で始まっており、初期的ながらも一定の信頼性と応用可能性が報告されている⁶⁻⁸⁾。理学療法士国家試験に関しても、ChatGPT-4を用いた解答精度の検証が行われており、生成AIが合格水準に達することが示されている⁷⁾。これは、生成AIが国家試験問題において、設問の形式や構造に対して一定の整合性がある応答を行う能力を有していることを示唆している。

しかしながら、生成AIが国家試験に含まれる不適切問題をどの程度検出できるか、またその判定の妥当性やエラー傾向に関する知見は極めて限られている。とりわけ、日本語で構成された国家試験を対象とした研究は皆無である。

そこで本研究では、最新の生成AIを用い、第60回国家試験における不適切問題の検出能力を検証することを目的とした。国家試験は、理学療法士としての資格認定を担う重要な評価制度であり、その設問構造や判定根拠の透明性は、養成教育全体の信頼性と整合性に関わる。本研究は、生成AIの出力結果を通じて、設問のレビュー支援や出題整合性の確認といった教育的補助への応用可能性を検討するものである。また教育実践や制度

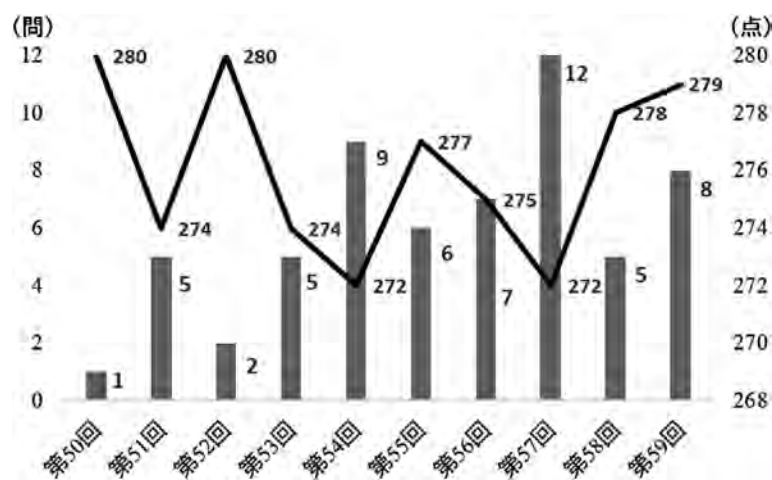


図1 最近10年間の国家試験における不適切問題数と満点の推移

第50回～第59回国家試験における「不適切問題数（棒グラフ）」と「その年の満点（折れ線）」の推移を示した図である。不適切問題は毎年一定数存在しており、それにより試験の満点（通常280点）も変動している。X軸：年度（第50回～第59回国家試験）、Y軸（左軸）：不適切問題数（問）[棒グラフ]、Y軸（右軸）：試験の満点（点）[折れ線グラフ]。

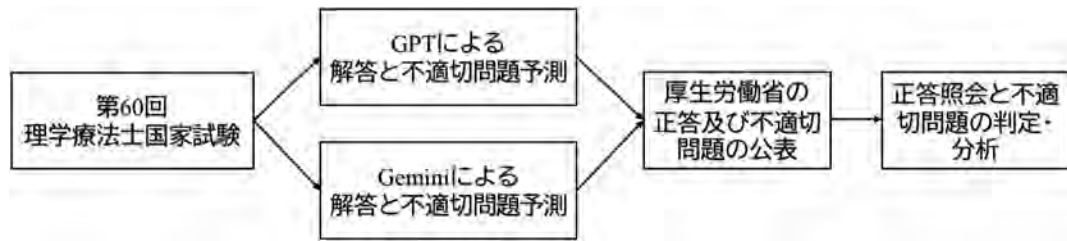


図2 生成AIによる国家試験解析の手順

本研究において生成AI（GPTおよびGemini）を用いて国家試験を解析した際の一連の手順を示す。

設計において生成AIが果たす役割の初期的検証を通して、理学療法士養成課程における評価支援の新たな視点を提供することを目指す。

方 法

本研究は、生成AIによる国家試験問題における不適切問題の早期発見能力を評価する横断的調査である。

対象は2025年2月24日に実施された第60回国家試験の専門問題と共通問題を含む、全200問とした⁹⁾。用いた生成AIは、OpenAI社（米国）が提供するChatGPT-4o（以下、GPT）およびGoogle社（米国）が開発したGemini Advanced 2.0 Pro Experimental（以下、Gemini）である。両AIモデルは画像や視覚情報を含むマルチモーダル入力にも対応しており¹⁰⁾、本研究においては図や写真を含む問題に対しても認識および解答が可能なことを確認したうえで評価を実施した。

問題を入力する前に、両AIモデルに対して共通のプロンプトを設定した。プロンプトは、指示、不適切問題の定義、タスクの3要素から構成される。具体的には、指示として、「次の国家試験問題を解答してください。そのうえで、不適切問題の可能性があるか評価してください。」と記述した。次に不適切問題の定義として、不適切とみなす条件を、①解答を1つ選ぶべき問題で、答えが2つ以上選べてしまう場合、②解答を2つ求められているのに、1つしかない、あるいは3つ以上ある場合、③問題として成立していても、内容が国家試験の標準と比較して著しく難解である場合の3点を明示した。最後にタスクとして、①正答とその根拠の提示、②不適切と判断される場合の具体的な理由、③「難しすぎる」と判断した場合の理由説明、④最終的な「適切」または「不適切」の分類とその理由提示、の4点を設定した。また、プロンプトは生成AIに不適切問題の定義および具体的なタスクを入力し、そのうえで各モデルに適した応答構造を生成させた後、出力結果をもとに汎用性と再現性の観点から統合、整理した共通のものを用いた。生成AIにプロンプトの生成を補助させる設計の手法は、最近のプロンプトエンジニアリング領域でも応用されており¹¹⁾、本研究においてもその有効性を参考にした。

両AIモデルによる問題の解答は、2025年2月26日か

ら3月5日までに実施した。両AIモデルのWebインターフェースに対して、画像問題は1問ずつ、文字問題は5問ずつのバッチ形式で入力し、それぞれの解答と不適切性に関する判断を記録した。

その後、2025年3月21日に厚生労働省より公表された「第60回理学療法士国家試験及び第60回作業療法士国家試験の合格発表について」¹²⁾に基づき、両AIモデルの解答と照合した。この発表によって、専門領域2問および共通領域1問、計3問が採点対象から除外された。したがって、不適切問題の検出能力の評価においては、厚生労働省が除外した3問と、それ以外に不適切問題として扱われた4問を合わせた7問に対して、両AIモデル不適切と判断できたか（以下、的中）、判断できなかったか（以下、見落とし）を評価した。また、実際には不適切とされていない193問題に対して生成AIが不適切と誤って判定した数（以下、誤判定）についても別途集計し、その傾向を分析した。生成AIによる国家試験問題解析の手順は図2に示す。

解析には記述統計を用い、両AIモデルの不適切問題の的中数および誤判定数を算出した。なお、本研究は人を対象とした研究ではないため、和歌山リハビリテーション専門職大学の倫理審査委員会において倫理審査の対象外と判断された。

結 果

厚生労働省が公表した不適切問題7問に対し、両AIモデルがそれらを不適切であると予測できたかを評価した結果を表1に示す。GPTは7問中1問を的中させ（的中率14.3%）、6問を見落とししていた。一方、Geminiは3問を的中させ（的中率42.9%）、4問を見落とししていた。また、GPTは本来適切とされる問題のうち7問を不適切と誤判定し、Geminiは6問を誤判定していた。なお、採点対象から除外された3問（専門午前第3問、第20問、共通午後第98問）について、GPTはいずれも不適切と判断せず、すべて見落としであった。一方でGeminiは専門午前第20問に対して、「情報が限定的であり正確な解答が困難であるため、不適切と判断される可能性がある」との判断を示し、実質的に的中していた（的中率33.3%）（表1）。

表2は両AIモデルが誤判定した11問とその詳細を示

す。GPTでは7問、Geminiでは6問を誤判定していた。生成AI出力の文中では、誤判定の理由として、複数の回答が成立する可能性がある、設問に対して明確な正答が存在しない、設問文と図に不整合があるといった記述が確認された。その理由を基に、①複数正答型（複数の選択肢が成立すると判断）、②正答欠如型（どれも正しくないと判断）、③図表・基準不整合型（設問と図や基準値との整合性に疑義）、④設問形式不備型（選択肢の指示がないなど）の4つに分類した。GPTでは、複数正答型4問および正答欠如型2問の誤判定が多く、Geminiでは、図表・基準不整合型が2問および設問形式不備型が1問の誤判定が目立った（表2）。

考 察

本研究では、生成AIによる第60回国家試験に対する不適切問題の検出能力を評価した。その結果、不適切問題の予測精度にはモデル間で差が見られ、Geminiがやや高い中率を示したものの、両モデルともにいくつかの問題に対して誤判定していた。本章では、これらの結果の解釈と意味、補助的な利活用の可能性、そして限界点について考察する。

本研究では、生成AIによる不適切問題の早期発見能

力については、課題が多く見られた。本研究における「不適切問題の早期発見」とは、厚生労働省による最終的な不適切問題の公表以前の段階において、設問の妥当性や構造的欠陥を生成AIが自動的に示唆できる可能性を指す。国家試験後の初期段階に問題点を特定できることで、教育機関や職能団体が行う設問レビューの迅速化や、受験者への情報提供、制度の透明性確保に寄与する可能性がある。このような観点から、単なる「発見」ではなく、「早期発見」というタイミングの観点到焦点を当てることには一定の意義がある。ただし、厚生労働省が不適切と判断した7問に対して、GPTは1問（14.3%）、Geminiは3問（42.9%）しか的中できず、多くを見落とししていた。このことは、現時点の生成AIには解答はできるが⁶⁻⁸⁾、設問の構造的欠陥や評価上の妥当性にまで深く踏み込んで分析する能力の限界があることを示している。不適切問題の判定には、設問の出題意図、臨床における現実性、出題基準との整合性、図表との一致性、そして受験者側の解釈の多様性といった複雑な要素が関与する。現時点の両AIモデルでは、正答を導く能力には優れているものの⁶⁻⁸⁾、こうした問題作成者の意図や教育評価としての設問の成立性を多角的に捉える能力が不十分であることが示唆される。加えて、厚生労働省が採

表1 厚生労働省が不適切と認定した設問への生成AIの判定結果

不適切問題	理由	採点上の取り扱い	GPT	Gemini
専門 午前第3問	正解がないため	採点対象から除外	見落とし	見落とし
専門 午前第17問	複数の正解があるため	複数の選択肢を正解	見落とし	的中
専門 午前第20問	正解がないため	採点対象から除外	見落とし	的中
専門 午後第31問	複数の正解があるため	複数の選択肢を正解	見落とし	見落とし
専門 午後第46問	複数の正解があるため	複数の選択肢を正解	見落とし	見落とし
共通 午後第53問	複数の正解があるため	複数の選択肢を正解	的中	的中
共通 午後第98問	選択肢に不適切がある	採点対象から除外	見落とし	見落とし

AI: Artificial Intelligence.

表2 生成AIが誤って不適切と判定した設問の一覧と根拠

問題番号と特徴	AI種類	不適切と判断した理由	分類
専門 午前第19問 画像問題	両方	GPT：測定肢位と写真の不整合のため。 Gemini：測定肢位と写真の不整合のため。	複数正当型 図表・基準不整合型
専門 午後第1問	GPT	複数の解答が成立するため。	複数正答型
専門 午後第5問 画像問題	両方	GPT：複数の解答が成立するため。 Gemini：股関節屈曲の参考可動域が正確な値ではない（設問と図の不整合）。	複数正答型 図表・基準不整合型
共通 午前第53問	Gemini	問題文に指示がないため。	設問形成不備型
共通 午前第55問	Gemini	複数の解答が成立するため。	複数正答型
共通 午前第74問	Gemini	複数の解答が成立するため。	複数正答型
共通 午前第95問	GPT	複数の解答が成立するため。	複数正答型
共通 午後第28問	Gemini	股関節外転の参考可動域が正確な値（45度）ではない（設問の妥当性に疑義）。	図表・基準不整合型
共通 午後第52問	GPT	正しい解答が存在しないため。	正答欠如型
共通 午後第60問	GPT	正しい解答が存在しないため。	正答欠如型
共通 午後第88問	GPT	複数の解答が成立するため。	複数正答型

AI: Artificial Intelligence.

点対象から除外した3問のうち、Geminiは1問（専門午前第20問）に対して「情報が不足しており正確な判断ができないため、不適切と考えられる可能性がある」との評価を示していた。これは、厚生労働省の除外理由である「選択肢に正解がない」との評価と方向性として一致しており、生成AIが部分的に設問構造上の曖昧さを捉えていたと解釈できる可能性がある。一方、GPTは3問すべてに対して見落としであった。Geminiによるこの1問的の中は、生成AIによる判断が一部設問において限定的に一致することもあるという事例にすぎず、現時点では補助的活用に向けた検討の端緒にとどまる。

さらに、本研究における誤判定の内容を分析した結果、GPTでは複数正答型および正答欠如型の誤判定が多く、Geminiでは図表・基準不整合型および設問形式不備型の誤判定が目立った。これは、両モデルの出力戦略および情報処理構造の違いに基づく傾向であると考えられる。GPTは、自己回帰型の言語モデルであり、直前の文脈にもっとも適合する語を逐次予測して出力を生成する構造を持つ¹³⁾。この構造上、出力は意味的整合性や文脈の一貫性を重視するため、設問と選択肢の内容において複数の解釈が成立する場合には「単一選択が困難＝不適切」と判断しやすくなる。また、明確な正答が見いだせないときには「正答が存在しない」と判断して、設問全体を不適切とみなす傾向がある。一方、Geminiは検索強化生成（Retrieval-Augmented Generation：RAG）構造をもち、外部知識と照合しながら応答を生成する¹⁴⁾。これにより、Geminiは構文的整合性や形式的な精度に対して非常に敏感であり、設問中の数値、図、選択形式などの構造的な不一致に強く反応する傾向がある。たとえば、「選び方の指定がない」、「参考可動域と図が一致しない」などを根拠に、設問全体を不適切と判定する例が見られた。実際、専門午前第19問（関節可動域測定の画像問題）では、GPTは複数の選択肢が正しいと解釈し、単一選択形式との矛盾を理由に「不適切」と判定した（複数正答型）。一方、Geminiは図中の軸表示が教科書的定義と一致していないことに着目し、「図表・基準不整合型」として不適切と判断した。また、午後第5問では、GPTが「正しい選択肢が2つある」と判断した一方、Geminiは画像内の運動方向の曖昧さや参考可動域のズレに反応して判定しており、文脈の一貫性に基づくGPTと、構造的な一貫性に基づくGeminiの差異が顕著に表れている。

こうした誤判定の背景に関して、GPTでは特に、事実に基づかない情報生成というhallucinationの影響が見られた¹⁵⁾。実在しないガイドラインや根拠不明の統計値を引用して説明を補完するなど、「もっともらしい」出力を生成する過程で事実に基づかない記述が含まれることがあった。これは、GPTの生成原理が訓練データに含ま

れない情報に対しても、自信を持って整合的に語ろうとする性質に起因する。一方、Geminiは外部知識との照合を重視する構造により、hallucinationの頻度はGPTよりも低い傾向があるとされる¹⁴⁾。ただし、hallucinationは少ないものの、図表や構文に対する過度の厳密さゆえに、設問の意図や教育的背景を読み取る前に「構造的な不備」として切り捨てる判断がみられた。すなわちGeminiは、hallucinationは起こしにくい、現実的許容性に対する柔軟性にも欠けるという特徴があるということになる。いずれのモデルも試験問題を、形式的あるいは論理的整合性から評価しており、人間のように出題意図や学習評価文脈を汲み取って判断する構造にはなっていない。そのため、生成AIの判断に頼りすぎると、hallucinationに起因する誤認や構造的整合性への過剰反応によって¹⁵⁾、実務的には問題のない設問が「不適切」と判定されるリスクがある。以上より、生成AIによる不適切問題のスクリーニングを導入する際には、各モデルの出力傾向と誤判定パターンを事前に理解したうえで、出力の妥当性を人間が再評価、検証する体制が不可欠である。また、異なるモデルの併用による相互補完的な活用も、精度向上の一手段として検討する価値がある。

本研究では、生成AIによる国家試験問題の不適切問題検出能力を評価したが、厚生労働省が除外または不適切と判断した問題の的中率は極めて限定的であり、見落としや誤判定も多く認められた。とくに、生成AIは設問全体の出題意図や学習評価文脈を多角的に把握することができず、形式的あるいは論理的整合性に過剰に反応することで、実際には適切と判断された問題を「不適切」と誤って判定する例も少なくなかった。これらの結果から、現時点において、生成AIを不適切問題の早期発見に実用的に活用することは困難であるといえる。

しかしながら、生成AIが一部の設問において、複数正答の可能性や図表との不一致、設問形式の曖昧さといった構造的な不整合に着目して反応していた例も確認された。これらの出力は明確な誤りの検出には至らないものの、設問構造に対する初期的な違和の指摘として、人的レビューの補助的参考情報となる可能性がある。とくに、試験直後の速報的なレビューや、設問作成時の簡易的な事前確認といった限定的な場面では、注意喚起の一助となり得る。さらに、将来的な応用を検討するためには、複数の生成AIモデルを併用し、それぞれの出力傾向や誤判定の特徴を比較および補完することにより、構造的な不整合への感度を活かした支援の方向性が見出される可能性がある。ただし、こうした応用の実現には、今後のモデル精度の向上とともに、教育的妥当性や出題基準に基づく判断根拠の明確化と検証が不可欠である。

本研究にはいくつかの限界がある。まず、今回の検証対象は第60回国家試験に限定されており、出題傾向や

問題構造が特定年度に依存している可能性がある。より多年度にわたる問題をを用いた検証により、生成AIの安定性や時系列的変化への対応力を評価する必要がある。次に、本研究では両AIモデルに共通のプロンプトを使用した。これは比較の公平性と汎用性を重視したものであるが、プロンプト設計に際して近年有効性が示されている手法を参考に¹¹⁾、両AIモデルに対して不適切問題に関するタスクを提示したうえで、応答構造を生成させた後に統合しているため、一定の適合性は担保されている。しかしながら、両AIモデルはプロンプトの構造に敏感に反応するため¹¹⁾、各モデルにとって最適な状態ではなかった可能性があり、本来の性能が十分に発揮されなかった可能性は否定できない。また、プロンプトそのものが生成AI出力の方向性や判断傾向に強く影響を与えることは既知であり¹¹⁾、特に不適切問題の検出という繊細な判断を要するタスクにおいては、プロンプト構造や表現の微細な違いが結果に影響を与える可能性がある。今後は、モデル特性に応じたプロンプト設計や複数形式による検証が望まれる。

結 論

本研究の結果から、生成AIによる国家試験問題に対する不適切問題の判定精度は十分とはいえず、厚生労働省が不適切または除外と判断した設問の多くを的中させることができなかったほか、実際には適切とされている設問に対しても誤判定する例が複数認められた。これらのことから、現時点において、生成AIを不適切問題の早期発見に実用的に活用することは困難であるといえる。今後、モデル精度の向上に加え、教育的妥当性や出題基準に基づく判断根拠の整理と検証が不可欠であり、実用的な応用にはさらなる検討が求められる。

利 益 相 反

本研究に関する報告すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 丸山仁司：理学療法の過去と未来、そして挑戦。理学療法科学。2024; 39: 201–206.
- 2) 公益社団法人日本理学療法士協会：第57回理学療法士国家試験における問題の精査及び不適切問題に対する対応に関する要望書。2022. https://www.japanpt.or.jp/info/asset/pdf/youbousyo_220331.pdf (2025年2月26日引用)
- 3) 厚生労働省：第59回理学療法士国家試験及び作業療法士国家試験の合格発表について。2024. https://www.mhlw.go.jp/general/sikaku/successlist/2024/siken08_09-2/about.html (2025年2月26日引用)
- 4) 公益社団法人日本理学療法士協会：理学療法士国家試験に関する調査報告。2024. https://www.japanpt.or.jp/activity/asset/pdf/kokkashikenn2024_c.pdf (2025年2月26日引用)
- 5) Rodman A, Mark NM, *et al.*: Using generative artificial intelligence in medical education. *Acad Med.* 2025; 100: 250.
- 6) Gilson A, Safranek CW, *et al.*: How does ChatGPT perform on the United States Medical Licensing Examination (USMLE)? The implications of large language models for medical education and knowledge assessment. *JMIR Med Educ.* 2023; 9: e45312.
- 7) 澤村彰吾, 尾藤貴宣, 他：理学療法士国家試験に対するChatGPTのパフォーマンス評価。理学療法ジャーナル。2024; 58: 363–366.
- 8) 守下昌輝, 福田 晃, 他：ChatGPT-3.5および4を用いた歯科医師国家試験正答率の比較。日本歯科医学教育学会雑誌。2024; 40: 3–10.
- 9) 厚生労働省：理学療法士国家試験について。2025. https://www.mhlw.go.jp/kouseiroudoushou/shikaku_shiken/rigakuryouhoushi/ (2025年2月26日引用)
- 10) Kadiyala LA, Mermer O, *et al.*: The implementation of multi-modal large language models for hydrological applications: A comparative study of GPT-4 Vision, Gemini, LLaVa, and Multimodal-GPT. *Hydrology.* 2024; 11: 148.
- 11) Morales S, Clarisó R, *et al.*: Impromptu: A framework for model-driven prompt engineering. *Soft Syst Model.* 2025.
- 12) 厚生労働省：第60回理学療法士国家試験及び作業療法士国家試験の合格発表について。2025. https://www.mhlw.go.jp/general/sikaku/successlist/2025/siken08_09/about.html (2025年3月22日引用)
- 13) Hu Z, Chan HP, *et al.*: PLANET: Dynamic content planning in autoregressive transformers for long-form text generation. *arXiv preprint.* 2022; doi: 10.48550/arXiv.2203.09100.
- 14) Lee HR, Kim SH: Bring retrieval augmented generation to Google Gemini via external API: An evaluation with BIG-bench dataset. *Research Square.* 2024; doi: 10.21203/rs.3.rs-4394715/v1.
- 15) Ji Z, Lee N, *et al.*: Survey of hallucination in natural language generation. *ACM Comput Surv.* 2023; 55: 1–38.

総説

シリーズ 「心疾患患者に対する理学療法のアップデート」

連載第4回 心不全患者に対する呼吸筋トレーニング*

田屋 雅 信¹⁾

はじめに

心疾患は本邦の死因第2位となり、医療費に至っては死因第1位の悪性新生物よりも高い。また、要介護となる原因として心疾患と脳血管疾患が約2割を占め、寝たきりになるケースも多くなる傾向にある。さらに本邦では、高齢化に伴い高齢心不全患者が増加の一途をたどっている¹⁾。

心不全患者は末梢骨格筋の筋力だけでなく呼吸筋力の低下をきたすといわれている。さらに、肺機能の低下や、労作時の呼吸困難および筋疲労の増悪による身体活動レベルの低下もあいまって生活の質 (Quality of Life: 以下, QOL) の低下をきたす²⁻⁵⁾。

呼吸筋の運動学

呼吸筋は吸気と呼気で働く筋群が異なる (表1)。

横隔膜は吸気筋の中で最も強靱な筋肉であり、安静時の1回換気量と肺活量の70%を担っている。横隔膜は姿

勢や鎮静、人工呼吸器管理などの治療により動きが変化し、吸気にとって重要な役割を果たす。成人の横隔膜はType I線維 (遅筋線維: 持久力) が約30%, Type II線維 (速筋線維: 瞬発力) が70%であり⁶⁾, 持続的かつ瞬発的な運動ができる点で様々な呼吸運動に適している。横隔膜の構成比率は長期臥床によって変化するといわれている。例えば、長期間の低酸素血症によりType II線維の著明な萎縮が生じると、Type I線維の相対的増加が認められるため、吸気筋力の低下をきたす。一方、長期間の運動によりType II a線維がType I線維に転換し、呼吸筋持久力の改善に貢献するとされている⁷⁾。

労作時や最大運動負荷時の吸気は強制吸気となるため、安静吸気で使用する筋群に加えいくつかの呼吸補助筋を働かせる必要がある。呼吸補助筋は上肢の運動でも働く筋群のため、上肢を使った作業 (家事動作など) 中は酸素消費量が増加し、呼吸を補助する余裕がなくなる。特に心不全患者ではこれにより容易に呼吸苦を助長すると考えられている。

呼気に関しては肺の弾性の特性により、肺が膨らめば縮むので安静呼気で働く筋はない。咳嗽やハッフィングなどの強制呼気時に筋活動が顕著となる。

呼吸筋力の定義と測定方法

呼吸筋力は横隔膜や肋間筋群などの呼吸筋の収縮に加え、胸郭・腹腔の弾性力も併せた圧力を口腔内圧で測定する⁸⁾。呼吸筋力は、米国胸部疾患学会/欧州呼吸器学会 (American Thoracic Society/European Respiratory Society: ATS/ERS) のガイドラインに基づき測定することが一般的である⁸⁾。実際には、肺機能検査に用いる多機能スパイロメーターに呼吸筋力計をオプションセンサーとして取り付けることで測定する。測定の際には、マウスピースや、鼻から呼吸がもれる場合はノーズクリップが必要となる。マウスピースをくわえて最大呼気位 (残気量) から吸気を行った際の最大吸気圧 (以下, PI max) を最大吸気筋力 (Maximum Inspiratory Pressure: 以下, MIP), 最大吸気位 (全肺気量) から呼気を行った際

表1 呼吸筋群

吸気		呼気	
安静	強制 (労作時または最大負荷時)	安静	強制
横隔膜	呼吸補助筋	なし	腹筋群
外肋間筋	✓ 斜角筋群		✓ 腹直筋
	✓ 胸鎖乳突筋		✓ 内腹斜筋
	✓ 僧帽筋		✓ 外腹斜筋
	✓ 脊柱起立筋		✓ 腹横筋
	など		内肋間筋

* Respiratory Muscle Training in Patients with Heart Failure

1) 東京大学医学部附属病院リハビリテーション部
(〒113-8655 東京都文京区本郷7-3-1)
Masanobu Taya, PT, MSc: Department of Rehabilitation, The University of Tokyo Hospital
キーワード: 心不全, Inspiratory Muscle Weakness (IMW), 吸気筋トレーニング



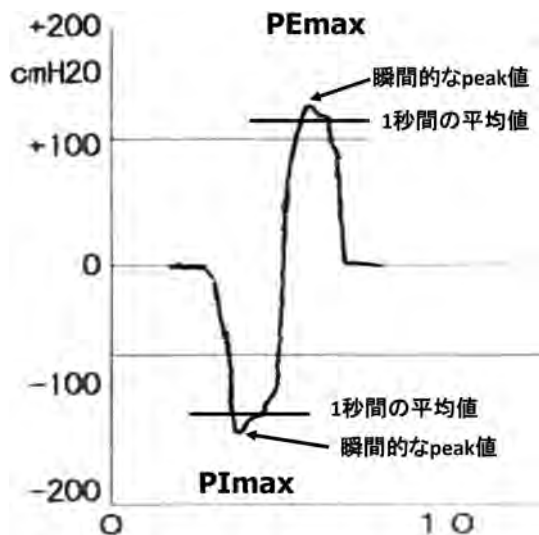


図1 最大吸気圧と最大呼気圧
呼吸圧の発生は瞬間的なpeak値ではなく、呼吸圧を1秒以上保持したうちの1秒間の平均値を最大値としている。

の最大呼気圧（以下、PE max）を最大呼気筋力（Maximum Expiratory Pressure：以下、MEP）と定義する。ただし、瞬間的に強く測定された値（peak値）を最大値とはせず、最大吸気圧、最大呼気圧を1秒以上保持したうちの約1秒間の平均値をそれぞれPI max, PE maxとして採用する（図1）⁸⁾。

測定肢位は端座位で行う。頬筋の働き（頬を膨らませる動作）による口腔内圧上昇を防ぎ口角から空気が漏れないようにするために、マウスピースを口腔内に不快感がない程度に深くくわえるようにすることが重要である。

PI max, PE maxの測定を少なくとも3回行い、測定差が20%未満を示した3回の測定値の最大値を採用する。実臨床では学習効果も考慮し、数回練習してから測定を2～3回行い最大値をとる。

心不全患者の呼吸筋力

心不全重症度（New York Heart Association：以下、NYHA心機能分類）が悪化するほどPI maxが低値を認め⁹⁾、また、PI max<約70 cm H₂Oが心不全患者の12ヵ月、36ヵ月生存のカットオフ値になるという報告がなされている¹⁰⁾。さらに、PI maxは最高酸素摂取量（以下、peak $\dot{V}O_2$ ）ならびに日常生活動作（Activities of Daily Living：ADL）や最大運動負荷時の呼吸困難感、再入院率および死亡率とも相関することから心不全の予後予測指標の一つとされている¹¹⁾¹²⁾。最近の研究では、NYHA心機能分類Ⅱ～Ⅲの心不全患者において、MIPは運動耐容能を評価するための重要な指標であると報告されている¹³⁾。

心不全の重要な症状の一つとして労作時の呼吸困難感が挙げられ、運動耐容能、QOLの低下に多大な影響を与えている。実際に心不全増悪で入院した患者の一般的な

症状は労作時の呼吸困難感であると報告されている¹⁴⁾。心不全患者は運動に伴い骨格筋の酸素（以下、O₂）消費量よりも二酸化炭素（以下、CO₂）産生量が増加するので、頸動脈小体の化学受容体のCO₂感受性が高くなり換気応答が亢進する。その結果、換気の亢進（呼吸筋仕事量の増加）とともに呼吸筋疲労をきたすことで呼吸困難感を助長するとされている。また、このような呼吸に関する化学受容体への影響だけでなく、末梢骨格筋自体が呼吸困難感の原因となる機序も報告されている。その中で代表的な機序は筋仮説（muscle hypothesis）¹⁵⁾¹⁶⁾と呼ばれている。左心不全になると副腎皮質ホルモンや炎症性サイトカイン等が過剰に分泌される。そのうえ呼吸困難感による活動量の低下や食欲不振による低栄養、筋組織への低灌流も加わって激しい異化亢進状態となる。異化亢進状態により骨格筋が萎縮してしまうため、筋力の低下などの骨格筋異常が認められるようになる。心不全の骨格筋異常は四肢だけでなく呼吸筋にも生じ呼吸困難感を惹起する。

さらに、運動による呼吸筋疲労に関しては、respiratory muscle metaboreflexという機序が報告されている¹⁷⁾¹⁸⁾。末梢骨格筋に存在するType IV線維が呼吸筋の代謝受容器からの情報を上位中枢に伝えることから、横隔膜を含めた吸気筋疲労が生じるとtype IV線維により上位中枢へその情報が伝達され、疲労した呼吸筋を代償するように運動筋のO₂輸送の減少が起き、運動筋の疲労が生じやすくなる。これらのメカニズムが心不全の労作時呼吸困難感の原因となり、特に労作時の吸気筋疲労をきたしやすくなることが示唆されている。運動負荷試験前後で呼吸筋力を測定した報告¹⁹⁾では、心不全が重症であるほど運動後にPI maxの低下を認めた。また、PI maxの低下や労作時の吸気筋疲労が心肺運動負荷試験で得られる $\dot{V}E$ vs. $\dot{V}CO_2$ slopeと関連していることが報告されており、吸気筋が換気効率に影響を及ぼすことが示唆されている²⁰⁾²¹⁾。

一方、心不全患者は四肢の骨格筋よりも早期に吸気を担う横隔膜の機能異常を呈することがあると報告され²²⁾²³⁾、吸気筋力低下（Inspiratory Muscle Weakness：以下、IMW）という概念が提唱されている。

IMWの定義

本邦では年齢、性別、身長、体重で算出された基準値に対するPI maxを示した%PI maxが心不全患者の生命予後と関連していることが報告されている¹²⁾。IMWは、%PI max<70%と定義されている報告がある²⁴⁾。

IMWは心不全患者の30～50%に認めており²⁵⁾²⁶⁾、心不全患者の運動耐容能、肺活量、握力や大腿四頭筋の筋力と関連していることが報告されている²⁷⁾。

一方、心不全患者の呼吸筋力についてはMIPに関する

	開始	1週	2週	3週	4週	5週	6週	7週	8週	9週	10週
負荷強度	負荷設定(cmH ₂ O)	9	9	13	13	23	26	29	33	36	43
	%PI max (=負荷/PI max)	19.7	15.7	22.3	20.4	32.5	34.5	35.9	35.8	40.0	44.1
	PI max標準値(cmH ₂ O)	72.2									
MIP	PI max(cmH ₂ O)	45.7	57.3	58.3	63.8	70.7	75.3	80.7	92.1	90.0	88.5
	%PI max (=標準値/PI max)	63.3		80.7		97.9		111.8		124.7	135.0
	実施記録	毎日	毎日	毎日	毎日	毎日	毎日	毎日	毎日	毎日	毎日

図2 IMT負荷強度のプロトコルの一例

負荷強度20%PI maxから開始する。可能であれば1週間ごとにPI maxを測定し負荷を調節する。負荷強度は40~60%PI maxを目標とし、IMW ($\leq 70\%$ PI max) の改善を図る。IMTが実施できているかどうかを適宜聴取する。

報告が散見されるが、MEPについては少ない。先行研究では、超音波画像検査で横隔膜の機能低下を認めた心不全患者は、横隔膜機能が保持されている患者よりもMEPが低いことが報告されている²⁾。すなわち、MIPが低下していることでMEPが付随して低下することが示唆されているのである。

以上より、IMWを呈する心不全患者に対する運動療法には、吸気筋トレーニング (Inspiratory Muscle Training: 以下、IMT) を選択することが望ましいと考えられている。

心不全に対するIMTのエビデンス

2004年の心不全患者への運動療法の効果に関するシステマティックレビュー²⁸⁾では、取り込み基準を満たす81論文のうちIMTに関する論文は2題のみであった。その後、IMTの報告は増加し、心不全に対する一定の効果が報告されるようになった²⁹⁾³⁰⁾。

本邦のガイドライン³¹⁾³²⁾では、推奨クラスIIa, エビデンスレベルBをもって「吸気筋力が低下した患者にIMTを考慮する」とされている。IMWを呈する心不全患者に対しては、有酸素運動や四肢のレジスタンストレーニングといった従来の運動療法に加えIMTをオプションとして追加することが臨床的である。

先行研究では、強度: 30~60%PI max, 時間: 10~30分, 頻度: 6~7日/週 (30%PI max) または3日/週 (60%PI max), 期間: 6~12週のIMTを行うことでPI maxだけでなくpeak $\dot{V}O_2$, 6分間歩行距離, QOL, $\dot{V}E$ vs $\dot{V}CO_2$ slopeが改善することが報告されている²⁹⁾。また心不全に対するIMTのメタアナリシスでは、IMT単独介入でMIP (25.12 cm H₂O; 95% CI=15.29-34.95), 6分間歩行距離 (81.18 m; 95% CI=9.73-152.63), 最大酸素消費量 (12週間: 3.75 mL/kg/分; 95% CI=2.98-4.51), QOL (-20.68; 95% CI=-29.03--12.32) の改善が認められたことが示されている³³⁾。

IMTのプロトコルと安全性

2000年代の報告におけるIMTのプロトコルは、1日15分×2セットであったが、運動時間が長く、トレーニングからのドロップアウトが懸念されていた。現在は、1日30回×2セットとするプロトコルが一般的である³⁴⁾。四肢のレジスタンストレーニングと同様の負荷強度や運動回数にすることで総運動時間を減らしアドヒアランスの向上が得られる。

臨床的な負荷強度としては、20%PI max程度の軽負荷から開始する³⁵⁾。開始当初より負荷を強くするとドロップアウトに至りやすいからである。また、PI maxは比較的早期に改善傾向を示すので、1週間ごとにPI maxを測定し負荷強度を調整するとよい。その後、IMT時の自覚症状 (Borg Scale 15以上) や心不全増悪徴候を認めなければ、負荷強度を40~60%PI maxまで増加させる (図2)。

心不全患者を対象とした報告では、30%PI maxの強度で15回×2セット (セット間1分の休憩) のIMT実施前後で血圧、心拍数、心電図に有意な変化を認めなかったとしている³⁶⁾³⁷⁾。

心不全患者に対するIMTの効果

1. 高齢心不全

左室駆出率の保たれた心不全 (Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: 以下、HFpEF) は高齢者に多いため、四肢骨格筋や呼吸筋のフレイルを認めることが散見される。高齢HFpEF患者 (平均年齢73歳) に対する12週間のIMT+標準治療群と標準治療のみ群のランダム化比較試験によると、IMT+標準治療群でPI max, peak $\dot{V}O_2$, 換気効率, QOLを大幅に改善させたことが報告されている³⁸⁾。

2. 重症心不全

東京大学医学部附属病院の自験例では、筋ジストロ

フィーを合併し四肢筋力のみならずIMWを呈したStageDの拡張型心筋症患者に対し、通常の運動療法に加えIMTを追加したところ心不全増悪をきたすことなく、MIPおよび運動耐容能を改善させることができた³⁵⁾。心不全の重症化はMIPの低下を助長するが、IMTによる運動の過負荷も懸念される。重症心不全においても十分なりスク管理のもとIMTが効果的な運動療法の一つとなると考えられる。

3. ペースメーカ

ペースメーカを装着した心不全患者では、近年進歩したデバイスや薬物療法にもかかわらず、労作時呼吸困難を呈することが報告されている³⁹⁾。心不全かつペースメーカを装着した患者に対するIMTにより呼吸困難が軽減することを示唆するエビデンスがある⁴⁰⁾⁴¹⁾。

おわりに

心不全に対するIMTは従来の運動療法や四肢筋群のレジスタンストレーニングに加えて、補完的に併用するという提唱にとどまっていた。近年では、MIPの低下、特にIMWを呈する心不全に対してIMTが運動療法のオプションの一つとして確立されつつある。心不全患者では、IMTの適応を評価しながらテーラーメイド型の運動療法を構築することが有用であると考えられる。

文 献

- Shimokawa H, Miura M, *et al.*: Heart failure as a general pandemic in Asia. *Eur J Heart Fail.* 2015; 17: 884–892.
- Miyagi M, Kinugasa Y, *et al.*: Diaphragm muscle dysfunction in patients with heart failure. *J Card Fail.* 2018; 24: 209–216.
- Yamada K, Kinugasa Y, *et al.*: Inspiratory muscle weakness is associated with exercise intolerance in patients with heart failure with preserved ejection fraction: A preliminary study. *J Card Fail.* 2016; 22: 38–47.
- Silva Andrade NS, Almeida L, *et al.*: Analysis of respiratory muscle strength and its relationship with functional capacity between different field tests in patients with heart failure. *Physiother Theory Pract.* 2023; 39: 2427–2437.
- Ventoulis I, Kamperidis V, *et al.*: Differences in health-related quality of life among patients with heart failure. *Medicina (Kaunas).* 2024; 60: 109.
- 進藤千代彦：呼吸筋の構造と機能—正常から病態まで—。呼吸。2004; 23: 593–600.
- 箭原 修：長期運動負荷におけるラットの呼吸筋の適応に関する基礎的研究。日胸疾会誌。1987; 25: 835–842.
- American Thoracic Society/European Respiratory Society: ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002; 166: 528–547.
- Nishimura Y, Maeda H, *et al.*: Respiratory muscle strength and hemodynamics in chronic heart failure. *Chest.* 1994; 105: 355–359.
- Meyer FJ, Borst MM, *et al.*: Respiratory muscle dysfunction in congestive heart failure: Clinical correlation and prognostic significance. *Circulation.* 2001; 103: 2153–2158.
- Mancini DM: Pulmonary factors limiting exercise capacity in patients with heart failure. *Prog Cardiovasc Dis.* 1995; 37: 347–370.
- Hamazaki N, Kamiya K, *et al.*: Prevalence and prognosis of respiratory muscle weakness in heart failure patients with preserved ejection fraction. *Respir Med.* 2020; 161: 105834.
- Shah RV, Cahalin LP, *et al.*: The role of maximal inspiratory pressure on functional performance in adults with heart failure. *ESC Heart Fail.* 2024; 11: 4231–4241.
- Devroey D, Van Casteren V: Signs for early diagnosis of heart failure in primary health care. *Vasc Health Risk Manag.* 2011; 7: 591–596.
- Coats AJS: The “muscle hypothesis” of chronic heart failure. *J Mol Cell Cardiol.* 1996; 28: 2255–2262.
- Josiak K, Jankowska EA, *et al.*: Skeletal myopathy in patients with chronic heart failure: Significance of anabolic-androgenic hormones. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2014; 5: 287–296.
- Dempsey JA, Romer L, *et al.*: Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respir Physiol Neurobiol.* 2006; 151: 242–250.
- Smith JR, Senefeld JW, *et al.*: Consequences of group III/IV afferent feedback and respiratory muscle work on exercise tolerance in heart failure with reduced ejection fraction. *Exp Physiol.* 2023; 108: 1351–1365.
- Nanas S, Nanis J, *et al.*: Respiratory muscles performance is related to oxygen kinetics during maximal exercise and early recovery in patients with congestive heart failure. *Circulation.* 1999; 100: 503–508.
- Hamazaki N, Masuda T, *et al.*: Respiratory muscle weakness increases dead-space ventilation ratio aggravating ventilation-perfusion mismatch during exercise in patients with chronic heart failure. *Respirology.* 2019; 24: 154–161.
- Taya M, Amiya E, *et al.*: Clinical importance of respiratory muscle fatigue in patients with cardiovascular disease. *Medicine (Baltimore).* 2020; 99: e21794.
- Stassijns G, Lysens R, *et al.*: Peripheral and respiratory muscles in chronic heart failure. *Eur Respir J.* 1996; 9: 2161–2167.
- Howell S, Maarek JM, *et al.*: Congestive heart failure: Differential adaptation of the diaphragm and latissimus dorsi. *J Appl Physiol.* 1995; 79: 389–397.
- Dall'Ago P, Chiappa GR, *et al.*: Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: A randomized trial. *J Am Coll Cardiol.* 2006; 47: 757–763.
- Ribeiro JP, Chiappa GR, *et al.*: Respiratory muscle function and exercise intolerance in heart failure. *Curr Heart Fail Rep.* 2009; 6: 95–101.
- Täger T, Schell M, *et al.*: Biological variation, reference change value (RCV) and minimal important difference (MID) of inspiratory muscle strength (PImax) in patients with stable chronic heart failure. *Clin Res Cardiol.* 2015; 104: 822–830.
- Spiesshoefer J, Henke C, *et al.*: Heart failure results in inspiratory muscle dysfunction irrespective of left ventricular ejection fraction. *Respiration.* 2021; 100: 96–108.
- Smart N, Marwick TH: Exercise training for patients with heart failure: A Systematic review of factors that improve mortality and morbidity. *Am J Med.* 2004; 116: 693–706.
- Smart NA, Giallauria F, *et al.*: Efficacy of inspiratory muscle training in chronic heart failure patients: A systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol.* 2013; 167: 1502–1507.
- Wu J, Kuang L, *et al.*: Effect of inspiratory muscle training in chronic heart failure patients: A systematic review and meta-analysis. *Congenit Heart Dis.* 2018; 13: 194–202.
- 日本循環器学会，日本心臓リハビリテーション学会：2021年改訂版心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン。 https://www.j-circ.or.jp/cms/wpcontent/uploads/2021/03/JCS2021_Makita.pdf (2025年4月20日引用)
- Adamopoulos S, Schmid JP, *et al.*: Combined aerobic/inspiratory

- muscle training vs. aerobic training in patients with chronic heart failure: The Vent-HeFT trial: A European prospective multicentre randomized trial. *Eur J Heart Fail.* 2014; 16: 574–582.
- 33) Azambuja ACM, de Oliveira LZ, *et al.*: Inspiratory muscle training in patients with heart failure: What is new? Systematic review and meta-analysis. *Phys Ther.* 2020; 100: 2099–2109.
 - 34) Langer D, Charusisin N, *et al.*: Efficacy of a novel method for inspiratory muscle training on people with chronic obstructive disease. *Phys Ther.* 2015; 95: 1264–1273.
 - 35) Taya M, Amiya E, *et al.*: Inspiratory muscle training for advanced heart failure with lamin-related muscular dystrophy. *J Cardiol Cases.* 2019; 20: 232–234.
 - 36) 加賀屋勇気, 皆方 伸, 他: 入院期心不全患者に対する吸気筋トレーニングの効果. *日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌.* 2019; 28: 342–348.
 - 37) 加賀屋勇気, 大倉和貴, 他: 心不全に対する吸気筋トレーニングの有用性と安全性. *日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌.* 2020; 29: 55–61.
 - 38) Palau P, Domínguez E, *et al.*: Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure with preserved ejection fraction. *Eur J Prev Cardiol.* 2014; 21: 1465–1473.
 - 39) Boşnak-Güçlü M, Bargi G, *et al.*: Comparison of functional and maximal exercise capacity, respiratory and peripheral muscle strength, dyspnea, and fatigue in patients with heart failure with pacemakers and healthy controls: A cross-sectional study. *Physiother Theory Pract.* 2021; 37: 295–306.
 - 40) Katayıfçı N, Boşnak-Güçlü M, *et al.*: A comparison of the effects of inspiratory muscle strength and endurance training on exercise capacity, respiratory muscle strength and endurance, and quality of life in pacemaker patients with heart failure: A randomized study. *Heart Lung.* 2022; 55: 49–58.
 - 41) Bosnak-Guclu M, Arikan H, *et al.*: Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure. *Respir Med.* 2011; 105: 1671–1681.

総 説

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

連載第4回 大腿骨頸部・転子部骨折における
臨床予測ルールの適用*川 端 悠 士¹⁾大腿骨頸部・転子部骨折における臨床予測
ルール構築の意義

本邦の大腿骨頸部・転子部骨折発生数は加速度的に増加しており、今後もさらなる増加が見込まれている¹⁾。本邦では大腿骨頸部・転子部骨折に対しては、受傷後早期に手術療法を施行し、術後早期から離床・荷重歩行を進め、急性期治療を終えた後に、回復期リハビリテーション病棟で集中的なリハビリテーションを行う流れが一般的となっている。大腿骨頸部・転子部骨折例では受傷後の歩行能力の低下が生命予後と関連することから、歩行能力の再獲得が非常に重要となる²⁾。一方で大腿骨頸部・転子部骨折後に、受傷前の水準の歩行能力を再獲得できる症例は全体の約50%であったと報告されており³⁾、歩行能力の再獲得に難渋する症例も少なくない。また「術後2か月で屋内のトイレへの移動が自立するか?」、「術後3か月で自宅から100m先のスーパーへの移動が自立するか?」、「自宅退院時にはどのような歩行補助具が必要となるか?」等、理学療法士は歩行予後の予測に関してさまざまな臨床判断を求められる。とりわけ歩行能力の回復は患者の転帰先にも大きな影響を及ぼすことから、患者や患者家族、他職種とともに転帰先を決定するにあたっては、歩行の予後を正確に予測することが重要となる。しかしながら経験が浅い理学療法士にとって、患者の歩行の予後を正確に予測する作業は容易ではなく、一定以上の経験を有する理学療法士にとっても、記憶違いや印象の上書き等もあり、正確な予測は難しい。

大腿骨頸部・転子部骨折例の歩行能力の関連因子に関しては、受傷前の歩行能力、認知機能、栄養状態等、古くから多くの報告がある⁴⁾。理学療法士は過去に報告された関連因子を参考に歩行の予後を予測することになるが、臨床で使用する検査・測定による評価結果は単独では尤度比や事後確率が低いものが多く、予測精度を上げるためには、複数の評価結果を組み合わせる必要がある。例えば術後2週目の荷重時の疼痛といった単独の評価結果から術後1年の歩行能力を予測するよりも、術後2週目の荷重時の疼痛、膝関節伸展筋力、認知機能低下の有無といった複数の評価結果から術後1年の歩行能力を予測した方が、精度の高い予測が可能になることは容易に想像できる。このように複数の評価結果を組み合わせ、将来のアウトカムを予測する指標が臨床予測ルール (Clinical Prediction Rule: 以下, CPR) である。過去に大腿骨頸部・転子部骨折例を対象としたCPRが報告されているが、死亡率をアウトカムとした報告は多いものの、理学療法との関連性が高い歩行能力をアウトカムとしたCPRは限られている⁵⁾。また諸外国と本邦では医療制度やリハビリテーション提供体制が大きく異なるため、諸外国で構築されたCPRを本邦で用いるには限界がある。そのため本邦で構築されたCPRを使用するのが理想であるが、歩行能力をアウトカムとしたCPRに限定すると、適用できるCPRは限られる。本稿では本邦で構築された大腿骨頸部・転子部骨折例に対するCPRを紹介し、CPRの活用方法について概説するとともに、現状のCPRを適用するうえでの限界についても述べる。

大腿骨頸部・転子部骨折例の歩行能力低下の
リスク因子

大腿骨頸部・転子部骨折例の歩行能力低下のリスク因子としては過去にもさまざまなものが報告されている⁴⁾。リスク因子は受傷前の歩行能力・認知機能、入院時の栄養状態等の術前因子と、術後せん妄・疼痛・股関

* Application of Clinical Prediction Rules in Hip Fractures

1) JA山口厚生連周東総合病院リハビリテーションセンター
(〒742-0032 山口県柳井市古開作1000-1)

Yuji Kawabata, PT: Department of Rehabilitation Center, Shuto General Hospital, JA Yamaguchi Prefectural Welfare Federation of Agricultural Cooperative

キーワード: 大腿骨頸部・転子部骨折, 臨床予測ルール (CPR), 歩行能力, リスク因子, 予後



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

© 2025 日本理学療法学会連合

節周囲筋力といった術後因子に分類できる。術前因子を用いたCPRを使用すれば、術前の段階で歩行能力低下のリスクを予測することが可能となり、より早期からリスク低減を図るための対策を講じることができる。一方で大腿骨頸部・転子部骨折例の場合には術後にせん妄、抑うつ、貧血等の合併症を併発する症例も多く、術前因子を用いたCPRでは十分な予測精度を担保できない可能性がある。術後因子を用いたCPRでは予測精度を向上させることが可能となるが、術前または術後早期からの予測は困難となる。またリスク因子は年齢、受傷前の歩行能力、骨折型等の不可変的因子と術後疼痛・股関節周囲筋力・栄養状態等の可変的因子に分類できる。不可変的因子については理学療法介入による直接的な改善を図ることは困難であるが、早期にハイリスク症例を抽出することができれば、さまざまな対策を講じることが可能となる。可変的因子については理学療法介入による改善が期待でき、積極的な理学療法介入によってリスクを低減することが可能となる。このように大腿骨頸部・転子部骨折例の歩行能力低下のリスク因子を考える際には、術前因子と術後因子のどちらを用いるのかといった視点と、理学療法介入によって改善を図ることが可能か否かといった視点が重要となる(表1)。

大腿骨頸部・転子部骨折例に対する臨床予測ルール適用の実例

表2に本邦で構築された歩行能力をアウトカムとしたCPRの一部を示した。臨床でCPRを使用する際には、CPRが構築された論文における対象者の包含基準・除外基準、予測変数、アウトカム変数に着目する必要がある。当然ながら大腿骨転子部骨折例のみを対象として構築されたCPRを大腿骨頸部骨折例に適用することはできない。また保存的に加療した症例、術後に荷重制限が設けられた症例、多発骨折例は対象から除外されていることが多いため、除外基準の詳細についても確認してお

く必要がある。予測変数については、所属施設的环境で評価が可能な変数か否かを考慮する必要がある。さらに術後1年の歩行能力の予測に術後2か月の歩行能力をアウトカム変数としたCPRを用いることはできないため、アウトカム変数の測定時期や測定方法についても確認が必要である。加えてCPRを適用するうえでは、臨床で使用するにあたっての簡便性も考慮すべきである。回帰モデルやスコアリングシステムを用いた予測では、予測変数を回帰式やスコアリングシステムに代入する必要があるため、計算が煩雑であり臨床では使用しにくい場合が多い。一方で決定木を用いた予測モデルの場合には、視覚的にも理解しやすく短時間で歩行の予後を予測することが可能である。本稿では表2に示したCPRの中からObaら⁶⁾および宮田ら⁷⁾のCPRを使用して実際の症例にCPRを適用した例を紹介する。

1. Obaら⁶⁾のCPRを使用した急性期医療機関入院時情報からの退院時歩行能力予測

ObaらのCPRは、急性期医療機関への入院時の年齢、アルブミン値、認知症の有無、受傷前における杖使用の有無、骨折型といった5つの因子から退院時(術後約1か月)の歩行能力を予測するものである。以下の数式を用いてスコアを算出し、スコアが4.2以上であれば、退院時(術後約1か月)に杖歩行または歩行補助具非使用での歩行が可能であると判断する。

$$\begin{aligned} \text{スコア} = & -0.04 \times \text{年齢} + \text{アルブミン値} \\ & - 2 \times \text{認知症の有無} \\ & \quad (\text{認知症あり}:1, \text{認知症無し}:0) \\ & - 1 \times \text{受傷前における杖使用の有無} \\ & \quad (\text{杖使用あり}:1, \text{杖使用無し}:0) \\ & - 1 \times \text{骨折型} \\ & \quad (\text{転子部骨折}:1, \text{頸部骨折}:0) + 5 \end{aligned}$$

例えば88歳の大腿骨転子部骨折例が受傷前に杖を使

表1 大腿骨頸部・転子部骨折例における歩行能力低下のリスク因子

	術前因子	術後因子
不可変的因子	●年齢 ●性別 ●受傷前の歩行能力 ●受傷前の認知機能 ●入院時の貧血 ●骨折型	●治療方法(手術療法・保存療法) ●術式 ●介護者の有無
可変的因子		●術後の疼痛 ●術後の股関節周囲筋力 ●術後の栄養状態 ●術後せん妄 ●術後貧血 ●術後抑うつ ●在院期間 ●リハビリテーション実施頻度

表2 本邦で構築された歩行能力をアウトカムとしたCPR

No	論文タイトル	著者	包含基準	除外基準	アウトカム変数	予測変数	予測モデル	感度／特異度
1	New scoring system at admission to predict walking ability at discharge for patients with hip fracture ⁶⁾	Oba T	・大腿骨近位部骨折 ・術翌日から全荷重許可	・保存加療 ・受傷前杖歩行不可 ・多発骨折	・退院時 (術後約1か月) に杖歩行または歩行補助具非使用での歩行が可能か否か	・入院時年齢 ・入院時アルブミン値 ・認知症の有無 ・受傷前杖使用の有無 ・骨折型 (鎖部・転子部)	スコアリングシステム (標準化偏帰帰係数を使用)	75.6%／74.3%
2	大腿骨近位部骨折患者の退院時歩行自立に関する臨床予測モデルの外証 ⁷⁾	宮田一弘	・大腿骨近位部骨折 ・65歳以上 ・転倒が受傷起点	・受傷前に歩行非実施 ・重度神経障害合併	・退院時 (術後約3か月) に歩行が自立しているか否か (歩行補助具の使用の有無は問わない) (FACを判断基準に使用)	・術後約3週のMMSE ・術後約3週のBBS	ロジスティック 帰帰モデル	96.0%／54.0%
3	Clinical prediction model for postoperative ambulatory ability outcomes in patients with trochanteric fractures ⁸⁾	Tomita Y	・大腿骨転子部骨折 (髄内釘による骨接合術) ・AO分類31-A1～3 ・60歳以上	・対側大腿骨近位部骨折の既往 ・病的骨折 ・受傷前歩行不可 ・開放性骨折	・術後3か月に歩行が自立しているか否か (歩行補助具の使用の有無は問わない) (modified Koval scaleを判断基準に使用)	・術後2週のBI ・認知症の有無	決定木	94.7%／40.5%
4	Clinical Prediction Rule for Declines in Activities of Daily Living at 6 Months After Surgery for Hip Fracture Repair ⁹⁾	Tanaka R	・大腿骨近位部骨折 ・術後症例 ・受傷前の障害高齢者の日常生活自立度がJまたはA ・認知症高齢者の日常生活自立度がIまたはII	・対側大腿骨近位部骨折の既往 ・多発骨折	・受傷前から術後6か月にかけて日常生活活動が低下したか否か (BIを判断基準に使用)	model1 (術前) ・年齢 ・骨折型 ・受傷前の要介護度 model2 (術後) ・術後2週のBI移乗項目 ・術後2週のBI歩行項目 ・年齢	決定木	model1 (術前) ・75.0%／81.5% model2 (術後) ・65.6%／87.0%
5	Cumulated ambulation score as predictor of postoperative mobility in patients with proximal femur fractures ¹⁰⁾	Yamamoto N	・大腿骨近位部骨折 ・65歳以上 ・受傷前歩行可能 (歩行補助具の使用は問わない)	・術後荷重制限あり ・急性期リハビリが困難 ・重篤な合併症併発	model1 (術後2週) ・歩行が自立しているか否か model2 (術後3か月) ・歩行が自立しているか否か (歩行補助具の使用の有無は問わない)	model1 (術後3か月) ・受傷前のBI ・認知機能 ・CAS model2 (術後2週) ・受傷前のBI ・認知機能 ・CAS	スコアリングシステム	model1 (術後3か月) ・82.0%／91.0% model2 (術後2週) ・71.0%／86.0%

FAC: Functional Ambulation Categories, MMSE: Mini Mental State Examination, BBS: Berg Balance Scale, AO: Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese fragen, BI: Barthel Index, CAS: Cumulated Ambulation Score.

用しており、認知症を合併しており、入院時のアルブミン値が2.8 g/dLである場合には、 $\text{スコア} = -0.04 \times 88 + 2.8 - 2 \times 1 - 1 \times 1 - 1 \times 1 + 5 = 0.28$ となり、スコアが4.2未満であるため術後1か月の段階で杖歩行や歩行補助具非使用での歩行を獲得する可能性は低いと判断できる。前述したように、本邦では大腿骨頸部・転子部骨折術後は急性期治療の後に回復期リハビリテーション病棟で集中的なリハビリテーションを行う流れが一般的である。一方で受傷前の活動性が高い症例や非転位型大腿骨頸部骨折例、安定型大腿骨転子部骨折例では回復期リハビリテーション病棟へ転院することなく急性期医療機関から直接在宅復帰を果たす症例も少なくない。ObaらのCPRは、入院時情報から退院時（術後約1か月）における歩行能力を予測するものであり、術後1か月といった比較的短い期間で急性期医療機関からの退院が可能かを判断するうえで有用である。しかしながらこのCPRは入院時の情報を用いて歩行能力を予測するものであり、予測変数はすべて不可変的因子である。そのため直接的な理学療法介入によってアウトカムを変えることは難しいが、術後1か月の段階では杖歩行の獲得が困難となるリスクが高いことを同定したうえで患者、患者家族および医師、看護師等の他職種と共有し、集中的なリハビリテーションを受けられる回復期リハビリテーション病棟への転院を進める等の対応が重要である。

2. 宮田ら⁷⁾のCPRを使用した回復期リハビリテーション病棟入院時の情報からの退院時歩行能力予測

宮田らのCPRは回復期リハビリテーション病棟入院時（術後3週）のMini Mental State Examination（以下、MMSE）とBerg Balance Scale（以下、BBS）から退院時（術後約3か月）における歩行自立の可否を評価するものである。このCPRは開発時とは異なる集団での外的妥当性検証が行われており、回復期リハビリテーション病棟へ入院する大腿骨頸部・転子部骨折例に対するCPR適用の外的妥当性についても確認されている。以下の回帰式に基づいて退院時（術後約3か月）における歩行自立の達成確率を計算することができ、 $p < 0.50$ で歩行自立、 $p \geq 0.50$ で歩行非自立と判断する。

$$p = \frac{1}{1 + \exp(-4.527 + 0.171 \times \text{MMSE} + 0.061 \times \text{BBS})}$$

例えば回復期リハビリテーション病棟入院時のMMSEが18点、BBSが22点の大腿骨転子部骨折例であれば、 $p = 1 / \{1 + \exp(-4.527 + 0.171 \times 18 + 0.061 \times 22)\} = 0.527$ となり、 p が0.50以上となるため、歩行が自立する確率が低いと判断できる。宮田らのCPRにおける対象者は回復期リハビリテーション病棟入院までの期間が術後約3週、退院時期が術後約80日程度であり、本邦の回復期リハビリ

テーション病棟における退院時の歩行自立予測に適用しやすく、目標設定やプログラム立案、転帰先の決定を行ううえでも有益である。しかしながらこのCPRでは歩行自立の基準としてFunctional Ambulation Categories（以下、FAC）が使用されており、歩行補助具の種類については規定されていない。そのため一本杖での歩行が自立となるのか、歩行器での歩行が自立となるのかといったところまでの判断は困難である。またこのCPRの感度は96.0%と極めて高いものの、特異度は54.0%と低いため、歩行が非自立となる対象者の約半数で回帰式では歩行が自立と予測されてしまうこととなる。これらの限界を考慮したうえで、このCPRを参考にすることが望ましい。

このCPRは回復期リハビリテーション病棟への入院時のMMSEとBBSを用いて退院時（術後約3か月）における歩行自立の可否を評価するものである。MMSEとBBSについては、いずれも回復期リハビリテーション病棟への入院時のスコアを用いることとなるが、入院後早期にMMSEやBBSを改善させることが歩行自立遅延のリスクを低減させることにつながる可能性がある。MMSEについては病棟看護師と協力して離床機会を増やすとともに、認知機能改善を目的とした有酸素運動の導入も検討する。BBSについては減点項目を把握したうえでバランス機能の改善を目的とした理学療法を実践し、歩行自立遅延リスクの低減を図ることが有益であろう。また退院時に歩行自立が困難となるリスクが高いことを同定したうえで患者、患者家族、および医師、看護師等の他職種と共有し、早い段階で住宅改修、福祉用具貸与・購入、通所・訪問サービス等の介護保険サービスを利用した環境調整を進めていくことも重要である。

本邦で構築されたCPRの一部を紹介したが、CPRを使用することで高い精度で歩行能力に関する予測が行えたとしても、理学療法士が予測をもとに行動を変えなければCPRがもたらす恩恵は小さなものになってしまう。よく当たる占いでも占いの結果から行動を変え、運命を変えられなければ情報の価値は無い。そのためCPRを適用して歩行自立が遅延するリスクが高い症例を同定したうえで、理学療法士がどのように対応するかが重要となる。歩行能力低下のリスク因子が可変的因子の場合には、リスク因子の改善に向けた積極的な理学療法介入を実践する。例えば術後の股関節周囲筋力がリスク因子の場合には、股関節周囲筋力改善に向けた集中的な介入を行う。また術後の栄養状態や貧血等、理学療法単独の介入による改善が困難なリスク因子の場合には、歩行自立が遅延するリスクが高いこと他職種とも共有し、チームで集学的な介入¹¹⁾を実践していく。リスク因子が不可変的因子の場合には、歩行自立が遅延するリスクが高いことを患者、患者家族および他職種と共有し、在宅復帰に向けて歩行補助具の導入や住宅改修による環境整備等を提案する。

大腿骨頸部・転子部骨折例に対する臨床予測 ルール適用の限界

本稿では大腿骨頸部・転子部骨折例に対して構築されたCPRの中でも、「歩行能力」をアウトカムとしたものを紹介した。本邦では大腿骨頸部・転子部骨折の「歩行能力」の評価に関して、未だ標準化された評価尺度が存在しない。表2に紹介した5つのCPRにおいても、FAC, modified Koval scale, Barthel Index等のさまざまな尺度が用いられている。また日常生活動作としての「歩行能力」を考える場合、歩行補助具の種類、連続歩行距離、場所(屋内・屋外)、時間帯(日中・夜間)等のさまざまな条件を考慮する必要がある。そのため先行研究のCPRをそのまま適用することには限界があり、CPRのみならずさまざまな側面から歩行能力を予測する必要がある。さらに先行研究のCPRを適用する際には、開発研究時とは異なる集団でも適切な検証(外的妥当性検証)が行われているかどうか重要となる。しかしながら本邦で構築されたCPRの中で外的妥当性まで検討されたものとなると、使用できるCPRはかなり限定されることとなる。冒頭でも述べた通り、諸外国と本邦では医療制度やリハビリテーション提供体制が大きく異なるため、諸外国で構築されたCPRを本邦で用いるには限界がある。今後、大腿骨頸部・転子部骨折例に対する歩行能力評価を標準化したうえで、本邦で構築されたCPRが増えることが期待される。

文 献

- 1) Chan LL, Ho YY, *et al.*: Incidence of fragility hip fracture across the Asia-Pacific region: A systematic review. *Arch Gerontol Geriatr.* 2024; 123: 105422.
- 2) Dubljanin-Raspopović E, Marković Denić L, *et al.*: Use of early indicators in rehabilitation process to predict one-year mortality in elderly hip fracture patients. *Hip Int.* 2012; 22: 661–667.
- 3) Fukui N, Watanabe Y, *et al.*: Predictors for ambulatory ability and the change in ADL after hip fracture in patients with different levels of mobility before injury: A 1-year prospective cohort study. *J Orthop Trauma.* 2012; 26: 163–171.
- 4) Araiza-Nava B, Méndez-Sánchez L, *et al.*: Short- and long-term prognostic factors associated with functional recovery in elderly patients with hip fracture: A systematic review. *Osteoporos Int.* 2022; 33: 1429–1444.
- 5) Kaizu Y, Tamura S, *et al.*: Clinical prediction models for nonmortality outcomes in older adults with hip fractures: A systematic review. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2023; 78: 2363–2370.
- 6) Oba T, Makita H, *et al.*: New scoring system at admission to predict walking ability at discharge for patients with hip fracture. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018; 104: 1189–1192.
- 7) 宮田一弘, 岩本紘樹, 他: 大腿骨近位部骨折患者の退院時歩行自立に関する臨床予測モデルの外的検証. *運動器理学療法学.* 2023; 3: 14–20.
- 8) Tomita Y, Yamamoto N, *et al.*: Clinical prediction model for postoperative ambulatory ability outcomes in patients with trochanteric fractures. *Injury.* 2021; 52: 1826–1832.
- 9) Tanaka R, Umehara T, *et al.*: Clinical prediction rule for declines in activities of daily living at 6 months after surgery for hip fracture repair. *Arch Phys Med Rehabil.* 2016; 97: 2076–2084.
- 10) Yamamoto N, Tomita Y, *et al.*: Cumulated ambulation score as predictor of postoperative mobility in patients with proximal femur fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2023; 143: 1931–1937.
- 11) Handoll HH, Cameron ID, *et al.*: Multidisciplinary rehabilitation for older people with hip fractures. *Cochrane Database Syst Rev.* 2021; 11: CD007125.

《 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：システムティックレビュー、症例報告、実践報告、調査報告など編集委員会で掲載が適切と判断された論文および記事（なお、症例報告とは症例の治療および経過などについて論理的に提示し、考察を行ったもの。実践報告とは、理学療法の研究・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			
査読委員	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					
	赤澤 直紀	明崎 禎輝	浅賀 忠義	浅川 育世	浅川 康吉	阿南 雅也			
	阿部 勉	新井 武志	荒木 草太	井澤 和大	石川 博明	石田 和人			
	石田 和宏	石田 水里	犬飼 康人	井上順一朗	井上 優	井平 光			
	上原信太郎	上村 一貴	臼田 滋	内田 学	内山 覚	浦川 将			
	江玉 睦明	大住 倫弘	大塚章太郎	大鶴 直史	大西 秀明	岡田 洋平			
	小栢 進也	小野 玲	片山 脩	加藤 倫卓	金村 尚彦	上出 直人			
	神谷健太郎	鳥野 大	河野 一郎	北出 一平	北原エリ子	木藤 伸宏			
	木山 良二	久保 雅義	熊丸めぐみ	肥田 朋子	小林 麻衣	小宮 諒			
	齊藤 正和	櫻井 宏明	新貝 和也	菅田 陽怜	鈴木 里砂	角園 恵			
	陶山 和晃	関 裕也	関川 清一	関口 雄介	関屋 昇	高木 聖			
	高倉 保幸	高取 克彦	高見 彰淑	田中 貴子	田中 亮	田辺 茂雄			
	谷口 匡史	田畑 稔	田平 一行	椿 淳裕	鶴崎 俊哉	富田 浩輝			
	中 徹	中井 雄貴	中尾 周平	中窪 翔	長坂 和明	中西 和毅			
	中野 治郎	中野渡達哉	中村 潤二	中村 雅俊	成田 崇矢	南角 学			
	西上 智彦	野添 匡史	信迫 悟志	花田 智	花田 匡利	藤澤 宏幸			
	藤澤 祐基	藤野 英己	本田 寛人	前島 洋	松尾 篤	松尾 英明			
	松崎由里子	松田 雅弘	宮城島沙織	宮崎 宣丞	宮下 浩二	宮本 俊朗			
	村山 尊司	森井 和枝	森岡 周	森沢 知之	森下 元賀	森野佐芳梨			
	山口 正貴	葉 清規	横川 吉晴	横川 正美	横塚美恵子	横山 茂樹			
	吉田 剛	吉松 竜貴	渡辺 学						

(五十音順)

編集後記

理学療法学 第52巻第4号が発行されました。本号では、2編の研究論文(原著)、4編の症例報告、1編の実践報告、1編の調査報告、そして2編の総説を掲載しています。基礎から臨床、さらには最新技術の応用に至るまで、多様なテーマが展開されており、理学療法分野のさらなる発展を感じさせる構成となっています。

橋本論文では、脳卒中患者のバランス機能に関連する脳領域について、support vector regression-lesion symptom mapping手法を用いて解析され、感覚統合や前頭頭頂ネットワークの関与が示唆されました。古田論文では、慢性心不全患者に対する包括的訪問リハビリテーションの効果が検討され、ADLレベルや要介護度に応じた下肢機能の変化が明らかにされました。

症例報告では、田中論文では、ステロイドミオパチーに対する理学療法と栄養療法の併用によって自立歩行を再獲得した経過が報告され、松本論文では、集中治療後の認知機能障害に対する二重課題トレーニングの有効性が検討されました。浦邊論文がBickerstaff型脳幹脳炎に対する早期リハビリテーション介入の可能性を、小宮論文が脊髄梗塞に対する長下肢装具を用いた歩行練習の有効性を示しています。

また、成原論文は、最重症脳卒中患者に対して装具療法を中心としたリハビリテーションの実践的成果を報告しており、臨床現場における試行錯誤と工夫の蓄積が感じられる内容となっています。

禹論文では、生成AIによる理学療法士国家試験の不適切問題検出に関する有効性が検証され、現状の課題と今後の展望が提示されています。

さらに、総説として、田屋論文では心不全患者に対する呼吸筋トレーニングの意義とそのエビデンスについて、わかりやすく解説されています。川端論文では、大腿骨近位部骨折における歩行予後の臨床予測ルールの活用方法と、その限界について整理・解説されています。

各論文は、研究者・臨床家・教育者それぞれにとって新たな知見や視点をもたらすものであり、本誌が理学療法学の進歩と社会への貢献に寄与する学術媒体であり続けることを願ってやみません。引き続き、皆様からのご投稿を心よりお待ちしております。

(久保田雅史)

理 学 療 法 学

第52巻 第4号

2025年8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

