

症例報告



起立着座練習と歩行練習の順序比較による歩行能力への即時効果 — 高齢脳卒中片麻痺者を対象とした N-of-1 trials — *

栞山千穂・壹岐英正

【要 旨】

【目的】 高齢脳卒中片麻痺者に対し、起立着座練習と歩行練習の順序が歩行能力に及ぼす即時効果を検証した。【方法】 80歳代女性1例を対象に、10日間×2期のランダム化クロスオーバー N-of-1 trials を実施した。A期は歩行練習の後に起立着座練習を行い、B期は起立着座練習の後に歩行練習を行った。なお、各練習は15分ずつ行い、介入直後に5 m歩行テスト (5-meter Walk Test ; 以下, 5 mWT) と5回立ち上がりテスト (Sit-to-Stand-5 ; 以下, SS-5), 異常共同運動を評価した。【結果】 5 mWTの所要時間は、A期で52.0秒、B期で70.5秒であり、歩行練習先行時に有意に短縮した ($p < 0.05$, $r = 0.89$)。SS-5と異常共同運動には有意差は認められなかった。【結論】 本研究は、歩行速度の向上を目指す臨床場面において、歩行練習を先行させる順序が有益である可能性を示した。本症例において得られた結果は、今後の臨床実践や研究に示唆を与えるものである。

キーワード：脳卒中リハビリテーション, N-of-1 trials, 歩行

はじめに

脳卒中は2022年において要介護の原因の19%を占め¹⁾、高齢者における主要な要介護要因の一つである。その後遺症として生じる運動機能障害は、ADLの自立に大きな制限を及ぼす。特に片麻痺を伴う脳卒中患者では、起き上がりや起立、歩行といった基本動作の再獲得がリハビリテーションの中核課題となる。

基本動作の難易度は、一般的に「寝返り→起座→起立→歩行」の順に高くなると考えられており、多くの症例では起立動作の自立が歩行よりも先に達成される傾向がある。実際、脳卒中患者において歩行動作が起立動作よりも高次の運動能力

を必要とする報告もあり²⁾、臨床現場では歩行再獲得に先立って起立練習を優先する場面が多いと考えられる。

このような介入順序は、正常発達段階(座位→膝立ち→立位→歩行)を踏まえた段階的アプローチと一致するが、必ずしも全ての症例に適応されるとは限らない。大川ら³⁾は「膝立ち歩行」が「立位での歩行」よりも難しいと報告しており、発達段階に反する動作難易度の逆転が存在する可能性を示唆した。また西田ら⁴⁾も、起き上がりが困難でも起立や歩行が可能な症例があることを報告しており、体幹や股関節の可動域制限、高齢、半側空間無視といった個別要因が動作の難易度順に影響を与える可能性を指摘している。

運動学および神経学的観点からも、起立と歩行には明確な特性の違いがある。起立動作は、座位から重心を前方に移動させ、両下肢を同時に伸展することで身体を垂直に持ち上げる動作であり、瞬発的かつ強い抗重力筋力が求められる。両脚支持が基本であるため、片麻痺患者では非麻痺側への荷重偏位が生じやすく、麻痺側下肢は免荷状態となりやすい。このような不適切な荷重配分

* Immediate effects on walking ability by comparing the order of sit-to-stand exercises and walking exercises — N-of-1 trials in older adults with hemiplegia after stroke —

医療法人瑞心会 渡辺病院 リハビリテーション科
(〒470-3235 知多郡美浜町大字野間字上川田45-2)
Chiho Kuwayama, PT, Hidemasa Iki, PT, MS: Department
of Rehabilitation, Watanabe Hospital

E-mail: 14001whprh@gmail.com

(受付日 2025年8月16日/受理日 2026年1月5日)

は、いわゆる「学習性不使用」の進行を助長する可能性がある。

一方、歩行動作は交互の脚を用いた前方推進と支持の反復から構成され、単脚支持期が存在することから、より高度な動的バランスや下肢間の協調性が求められる。特に麻痺側の単脚支持期では、強制的に麻痺肢に荷重がかかるため、固有感覚入力が増加し、麻痺側下肢の荷重量増加に寄与する可能性がある⁵⁾⁶⁾。さらに、歩行中の荷重刺激は脊髄レベルの興奮性を低下させ、痙縮や異常共同運動の軽減を促すことが報告されている⁷⁾。

このように、起立と歩行は支持脚の数や重心移動の様式が異なり、求められる筋活動や運動制御に質的な違いが存在する。そのため、起立から歩行への段階的な介入が必ずしも最適とは限らず、歩行を先行させることで機能改善を促進できる可能性もある。

脳卒中片麻痺者に対する起立着座練習や歩行練習による異常共同運動の改善⁸⁾⁹⁾、起立着座、歩行能力向上は明らかにされている¹⁰⁾¹¹⁾、その実施順序について効果を検証している報告はない。臨床現場では多くの場合、介入者の経験や判断に基づいて順序が決定されていると考えられる。

そこで本研究では、起立着座練習と歩行練習の順序が脳卒中片麻痺患者の基本動作能力、特に起立着座および歩行能力に与える影響を、N-of-1 trials を用いて検証することを目的とした。

対象および方法

1. 研究デザイン

本研究ではランダム化した複数回クロスオーバーデザインによるN-of-1 trialsを採用した。介入順序の割り付けは、Microsoft Excel 2019 (Microsoft社)を用いて作成した乱数表に基づき無作為に決定した。A期では歩行練習を先行し、その後に起立着座練習を実施、B期では起立着座練習を先行し、その後に歩行練習を実施した。各介入期間は10日間ずつとし、介入順序が無作為な割り付けのためウォッシュアウト期間は設けずに連続して実施した。練習は対象者の体調と安全性を確認したうえで1日1回、各15分間実施した。

2. 対象

80歳代女性、左被殻放線冠梗塞による右片麻痺を呈した症例である。現病歴としてX日に右上下肢麻痺症状認め救急搬送され保存療法を開始した。X+86日に当院回復リハビリテーション病棟へ転棟され、本研究はX+125日より開始した。

Stroke Impairment Assessment Setは、運動機能が上肢近位1、上肢遠位0、下肢近位(股屈曲)2、下肢近位(膝伸展)2、下肢遠位1、Brunnstrom Recovery Stageは、上肢II、手指I、下肢IIIであった。既往歴に認知症があり、入院前のADLは修正自立レベル、夫と長男と同居しており要介護認定は2であった。

3. 倫理的配慮

瑞心会臨床倫理委員会の承認を得た(承認番号24-001)。対象には研究内容を説明し同意を得た。

4. 介入方法

起立着座介入においては、以下のような環境設定および介入構成とした。練習環境は、座面高45cmのプラットフォームベッドを用い、支持物として背もたれ高75cmの椅子を配置した。また、起立着座中の足部支持性を高めるために、装具として短下肢装具(ankle-foot orthosis; 以下、AFO)を用いた。AFOはRemodeled Adjustable Posterior Strut (RAPS, 東名ブレース株式会社)を用い、背屈0-10°の可動域を許容する構造で介入した。介入内容は、1) 離殿練習、2) 裸足での立ち上がり練習、3) AFO装着下での起立着座練習の3要素を含めて構成した。離殿練習では、前方への重心移動を言語的・身体的に誘導し、対象者自身が運動前期において骨盤および体幹の前傾・重心移動を適切に意識できるよう支援した。裸足での練習は、足底からの感覚入力を高め、立ち上がり時の荷重位置や足部安定性の向上を図る目的で行った。またAFO装着下では、起立着座動作中に誘発されやすい下肢の異常共同運動を抑制し、運動分離性を促進することを意図した。練習中は麻痺側下肢へ荷重促通する声かけと最小限の誘導及び補助を実施し、動作の自主的遂行を引き出すよう配慮した。なお練習は時間制約を設けずに姿勢の最適化を目的として行った。

歩行練習では、前述のAFOを常時装着し、四脚杖を歩行補助具として用いた。練習内容は、1) ステップ練習、2) 歩行練習の2構成を含んだ。ステップ練習は、昇降台に手掌を置く補助を行いながら実施した。麻痺側下肢の立脚期では荷重時間の延長を図ることを目的に、遊脚期では異常共同運動による尖足からの分離動作が可能となるよう反復動作を実施した。これは下肢の交互運動や荷重移動の精度を高め、後続する歩行練習に向けた準備的機能練習として位置づけた。続く歩行練習では、歩行距離を限定せず、15分間の中で安全に

実施可能な距離を反復歩行した。練習中は側方からの接触レベルの補助とし、麻痺側立脚期の延長および遊脚期のトゥクリアランスの改善を図った。

5. 効果判定

介入の効果判定は、対象者の基本動作能力および異常共同運動の変化を評価する目的で実施した。評価項目には、「5回立ち上がりテスト (Sit-to-Stand-5 ; 以下, SS-5)」、*「SS-5 中に観察される異常共同運動 (Abnormal synergies) の程度 (以下, SS-5_AS)」、*「5 m 歩行テスト (5-meter Walk Test ; 以下, 5 mWT)」、*「5 mWT 中に観察される異常共同運動の出現回数 (以下, 5 mWT_AS)」*の4項目を用いた。なお測定は撮影した動画をもとに観察して実施した。

SS-5 は、対象者に対して座面高 45 cm のプラットフォームホームベッドに座った状態で安全のため非麻痺側前方に置いた椅子の背もたれを把持した状態から起立と着座を5回繰り返すよう指示し、その所要時間 (以下, SS-5 time) をストップウォッチにより測定した。SS-5_AS は、SS-5 の動作中に認められる異常共同運動の程度を評価し、「1 (股関節外旋なし)」「2 (動作の一部でわずかに足部内側が浮く)」「3 (足部内側が浮き続ける)」「4 (大きく股関節外旋)」までの4段階スケールを用いて記録した。なお SS-5_AS は起立 (以下, SS-5 stand_AS) と着座 (以下, SS-5 sit_AS) で分けて5回の合計点数を記録した (図 1a)。

5 mWT は、対象者に 5 m の直線距離を快適歩行速度で歩行してもらい、歩行に要する時間 (以下, 5 mWT time) と歩数 (以下, 5 mWT steps) を測定した。歩行時にはAFO装着、四点杖を使用し、介助量は基本的に見守りとし転倒リスクに応じて側方からの接触レベルの補助を行った。5 mWT_AS は、5 mWT 実施中における異常共同運動として麻痺側遊脚初期の尖足で振り出し困難となる回数を、撮影した動画をもとに目視でカウントした (図 1b)。また、5 mWT_AS と歩数との割合 (5 mWT_AS%) を算出した。これらの観察評価 (SS-5_AS および 5 mWT_AS) は、評価の信頼性を確認するため理学療法士2名により独立して行った。

各期の評価は介入直後に行い、評価順序については介入順序と同期させる形で設定した。すなわち、A期では歩行練習を先に実施したため、介入後に5 mWT, SS-5の順に測定した。一方、B期では起立着座練習を先に実施したため、SS-5, 5 mWTの順に測定した。このように介入順序に応じて評価順序を調整することで、各練習の即時的な



図 1. 異常共同運動の評価方法

- a) 起立動作時における下肢異常共同運動の例 (4点: 足の内側が浮き続け大きく前足部が外を向く)
- b) 歩行動作時における下肢異常共同運動の例 (尖足によるトゥクリアランスの低下)

影響が直接的に評価に反映されないことを意図した。また、評価間には疲労の影響を最小限に抑える目的で、対象者の体調に応じて2-3分の休憩時間を設けた。さらに、動画を用いた評価は介入を担当する理学療法士とは別の者が行い、かつ評価者には介入順序を盲検化した。

6. 統計学的事項

統計解析は、IBM SPSS statistics (version 22.0, IBM社)を用いて実施した。まず、SS-5_AS および 5 mWT_AS に関しては、2名の評価者間の一致度について κ 係数 (kappa coefficient) を用いて検証し、観察評価の信頼性を確認した。

次に、A期およびB期の各評価項目 (SS-5 time, SS-5 stand_AS, SS-5 sit_AS, 5 mWT time, 5 mWT steps, 5 mWT_AS, 5 mWT_AS%) について、各介入期の中央値を算出し、それぞれの介入順序が基本動作能力や異常共同運動に与える影響を比較検討した。比較には、対応のある2群間のノンパラメトリック検定である Wilcoxon の符号付き順位検定を用いた。

さらに、効果の大きさを補完的に評価するため、Cohen's d, Hedges' g, および相関係数 r を算出した。統計的有意水準は $p < 0.05$ に設定した。

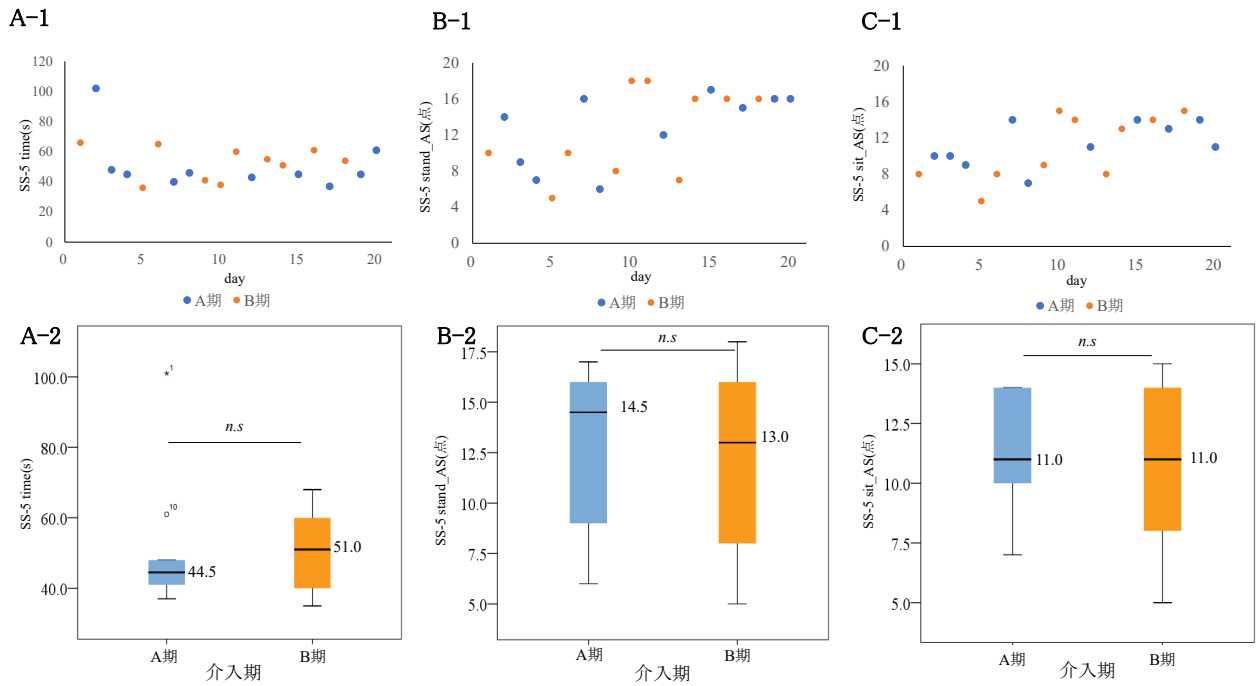


図2. Sit-to-Stand-5 (SS-5) におけるA期とB期の所要時間および異常共同運動の変化と比較

Sit-to-Stand-5 (SS-5) において、A期およびB期の比較を行った。

A-1 および A-2 は SS-5 の所要時間、B-1 および B-2 は起立時の異常共同運動の点数、C-1 および C-2 は着座時の異常共同運動の点数をそれぞれ示す。

上段の散布図は各測定日の個別データの推移を、下段の箱ひげ図は各期の中央値とばらつきを示す。

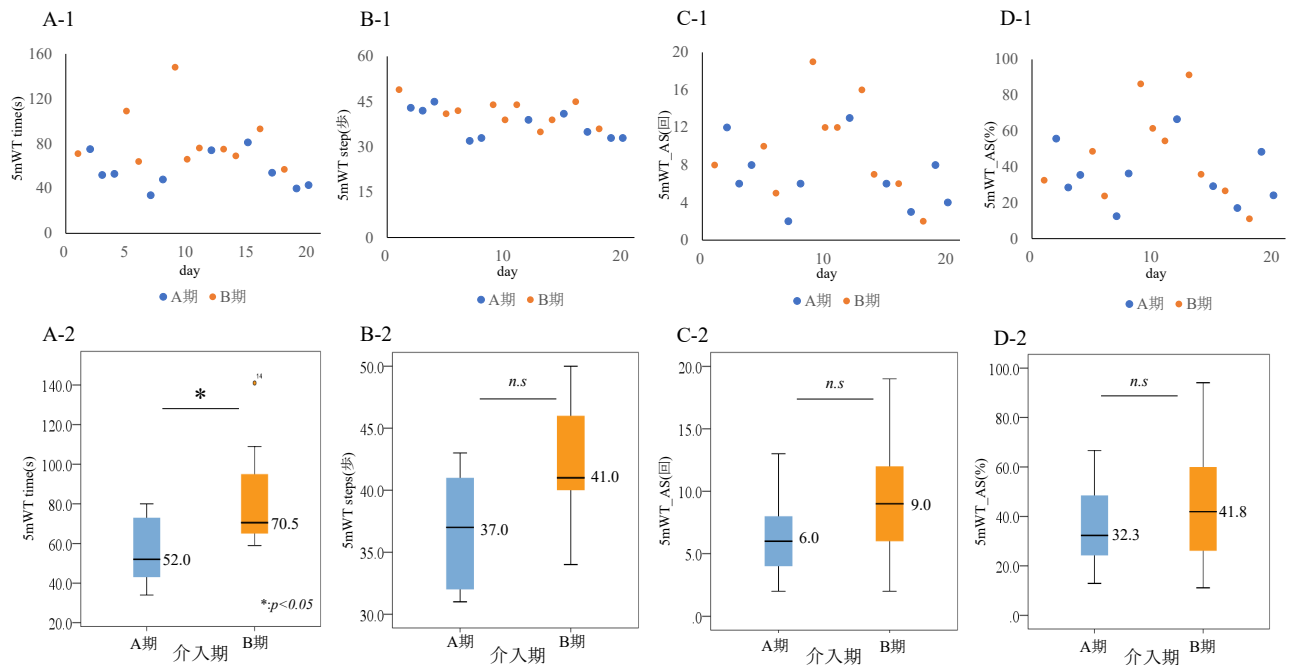


図3. 5-meter Walk Test (5mWT) におけるA期とB期の所要時間と歩数および異常共同運動の変化と比較

5-meter Walk Test (5mWT) において、A期およびB期の比較を行った。

A-1 および A-2 は 5mWT の所要時間、B-1 および B-2 は歩数、C-1 および C-2 は異常共同運動の出現回数、D-1 および D-2 は異常共同運動の出現割合をそれぞれ示す。

上段の散布図は各測定日の個別データの推移を、下段の箱ひげ図は各期の中央値とばらつきを示す。

結果

評価者間のκ係数は SS-5 stand_AS は 0.863, SS-5 sit_AS は 0.954, 5 mWT_AS は 0.955 とほぼ完全な一致を示し、評価の信頼性が確認されたが、5 mWT_AS% は 0.429 と中程度の一致となった。

SS-5 の所要時間について、A 期では中央値 44.5 秒（四分位範囲：40.75-51.25）、B 期では 51.0 秒（39.5-61.0）であり、介入順序による有意差は認められなかった（図 2A-2）。5 mWT の所要時間は、A 期で 52.0 秒（43.35-73.5）、B 期で 70.5 秒（64.0-98.5）であり、歩行先行介入時（A 期）に有意な改善が認められた（ $p < 0.05$ ）（図 3A-2）。また 5 mWT における B 期に対する A 期の効果量は、Cohen's $d = -3.66$, Hedges' $g = -3.50$, $r = 0.89$ と極めて大きな効果量を示した。一方、SS-5 における B 期に対する A 期の効果量は、Cohen's $d = -5.62$, Hedges' $g = -5.38$, $r = 0.95$ と、効果量の観点からは非常に大きな介入効果が認められた。

異常共同運動の評価では、SS-5 stand_AS, SS-5 sit_AS および 5 mWT_AS のいずれの項目においても、介入順序による統計学的有意差は認められなかった（図 2, 3）。

考察

N-of-1 trials は、単一の被験者を対象として、複数の治療介入を無作為化・交差法により比較する研究デザインであり、個人における治療効果を高い内的妥当性のもとで評価可能とする点に特徴がある¹²⁾。本デザインは、個人内比較によって交絡因子の影響を最小限に抑えることができ、盲検化を併用することでバイアスの制御も可能である¹³⁾。

とりわけ、治療反応に個体差が大きい慢性疾患や精神・神経疾患においては、集団ベースのランダム化比較試験（randomized controlled trial: RCT）によって得られる平均的効果では、個々の患者に対する臨床的有用性が十分に担保されない場合がある。そのような場合において、N-of-1 trials は個人に最適化された治療選択を可能にするという点で、臨床上極めて有意義であり、個人に対するエビデンスレベルとしては最も高位（Level 1）に位置づけられることがある¹⁴⁾。

本研究では、高齢脳卒中片麻痺者に対し、起立着座練習と歩行練習の介入順序の違いが基本動作能力および異常共同運動に及ぼす影響を検討した。結果、歩行練習を先行させた A 期では、5 mWT の所要時間が有意に短縮し、歩行機能の改善が示唆された。一方、SS-5 や SS-5_AS, 5 mWT_AS に関しては、介入順序による有意差は認められな

かった。本研究の主要な示唆は、歩行練習を先行させることで歩行機能の改善効果が高まる可能性があるという点である。実際、歩行練習は歩行能力改善のみならず、麻痺側下肢への荷重促進や運動協調性の再学習を促す機能的な練習であり、脳卒中患者における機能向上に寄与する重要な介入である。理学療法では動作の難易度に応じて、起立動作を優先的に獲得し、その後に歩行へと進める段階的なアプローチが一般的であると考えられる。しかし、本研究の結果は、介入順序によっては歩行能力の改善効率が変化しうることを示唆している。先行研究においても、急性期の早期から歩行練習を実施した方が歩行速度や協調性の改善が促進される傾向があると報告されている¹⁵⁾。この背景として、急性期に不活動になりやすく活動量が低くなる時期に歩行動作が活動性を高めることが奏功していると考えられる。また、歩行中には単脚支持期が存在し、麻痺側下肢に荷重がかかる局面が強制的に発生するため、より積極的に麻痺側下肢の使用が促されるという点も、歩行能力向上に寄与している可能性がある。またこの結果は、歩行練習そのものの効果に加え、歩行直後に起立着座練習を行ったことも影響した可能性がある。起立着座は下肢伸展筋群を強く動員し、立位バランスを要求する運動であり、歩行練習後に実施することで歩行に必要な下肢筋力や協調性を即時的に促進し、歩行速度を改善させた可能性がある。以上の機序に加えて、本研究で認めた歩行速度の改善は、練習順序効果と評価直前課題の特性によって増幅された可能性がある。すなわち A 期では、歩行練習で整えた運動制御の設定を維持したまま、その後に行った起立着座の練習を時間制約のない条件で実施しており、疲労や課題切替えの影響を最小限に保った状態で歩行評価に臨めた点が、前段で述べた効果を実測値として顕在化させたと考えられる。一方 B 期では、歩行練習の後に SS-5 を時間制約下で先行させているため、末梢性疲労に加えて課題切替えにより直前課題で形成された運動制御の設定を次課題用に再調整する際の一時的な遂行低下が直後の歩行評価に不利に作用し、歩行時間の延長につながった可能性がある。以上より、本症例では歩行練習後の起立着座練習という順序が起立着座練習後の歩行練習に比べて歩行改善に有利に働いたことが示唆される。

一方で、異常共同運動の評価（SS-5_AS および 5 mWT_AS）においては、介入順序による明確な差は認められなかった。これは、評価方法が観察ベースであり、出現頻度や重症度の変化を十分に

検出できなかった可能性がある。近年では、異常共同運動をより客観的に捉えるために、表面筋電図 (EMG) による同時収縮指数 (Co-contraction Index: CCI) の導入¹⁶⁾や、深度センサーカメラを用いた運動解析が進められており¹⁷⁾、それらは信頼性・妥当性ともに高い評価指標として確立されつつある。今後は、これらの機器的評価も導入し行うことで、異常共同運動の定量的把握と介入効果の検出感度を高めていく必要がある。

また、本研究ではABクロスオーバーデザインを採用したが、ウォッシュアウト期間を設けなかった点も結果解釈上の課題と考えられる。クロスオーバーデザインでは、先行介入の効果が後続期に持ち越されるキャリーオーバー効果の影響を排除するため、十分なウォッシュアウト期間が推奨されている¹⁸⁾。我々は今回の効果検証として即時効果を測定していると判断し、ウォッシュアウト期間は設けなかったが、より正確な検証を行うために考慮が必要である。そして、本研究では各期を10日間としたが、施行期間を増やすことで結果の信頼性をさらに高められた可能性がある。また、各日に介入後のみの測定を行ったため、変化量としての即時効果を十分に捉えきれていない可能性がある。したがって、今後は施行期間を増やすことや、介入前後の評価を行うことで、結果の再現性と妥当性をより強固に検証する必要がある。

さらに、単一症例における結果であるため、他の対象者に対して一般化することは難しく、被験者固有の特性 (年齢, 感覚障害, 認知機能など) が結果に影響を及ぼしている可能性を排除できない。今後は、複数症例を対象とした多施設共同研究や、ランダム化比較試験 (RCT) により、介入順序の違いによる効果の再現性および一般化を検討する必要がある。

以上より、本研究は、高齢脳卒中者における歩行練習と起立着座練習の介入順序が歩行機能に与える影響に関する臨床的示唆を提供するものであり、歩行先行の介入戦略が歩行速度の改善に有利に働く可能性を示した。一方で、異常共同運動に対する効果検出の困難さや、クロスオーバーデザインにおける方法論的限界を踏まえ、より厳密かつ包括的な評価体系の構築が今後の課題である。

結論

本研究では、高齢脳卒中片麻痺者に対し、起立着座練習および歩行練習の介入順序の違いが歩行能力および異常共同運動に与える影響を検討した。その結果、歩行練習を先行させた介入順序で

は5 m歩行速度が有意に改善し、歩行能力の向上に有利に作用する可能性が示唆された。一方、立ち上がり動作の所要時間や異常共同運動の出現頻度については、介入順序による有意な差は認められなかった。

これらの研究結果は、歩行機能の改善を目的とする脳卒中リハビリテーションにおいて、歩行練習を優先的に実施する戦略の有用性を支持する知見であり、介入順序を考慮するという、副作用も高価な機器も必要としない介入で効果を示した点が強みである。今後は、より客観的な評価指標の導入および多症例による検証を通じて、介入順序が機能回復に及ぼす効果の一般化可能性を明らかにしていく必要がある。

謝辞

本研究にご参加いただいた症例患者様に心より感謝申し上げます。あわせて、ご支援いただいた関係各位に感謝申し上げます。

【文 献】

- 1) 厚生労働省2022 (令和4) 年国民生活基礎調査の概況. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa22/dl/05.pdf> (2025年7月16日引用)
- 2) Chandler EA, Stone T, et al.: Investigating the relationships between three important functional tasks early after stroke: movement characteristics of sit-to-stand, sit-to-walk, and walking. *Front Neurol.* 2021; 12: 660383.
- 3) 大川弥生, 上田敏: 脳卒中後片麻痺における全身動作の回復過程に関する研究. *リハビリテーション医学.* 1988; 25 (5) : 377-381.
- 4) 西田宗幹, 植松光俊・他: 脳卒中片麻痺の基本動作能力の難易度順位について. *理学療法科学.* 1998; 13 (2) : 73-78.
- 5) Aruin AS, Hanke T, et al.: Compelled weight-bearing in persons with hemiparesis following stroke: the effect of a lift insert and goal-directed balance exercise. *J Rehabil Res Dev.* 2000; 37 (1) : 65-72.
- 6) Ribeiro TS, Gomes de Souza E Silva EM, et al.: Effects of load addition during gait training on weight-bearing and temporal asymmetry after stroke: a randomized clinical trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2020; 99 (3) : 250-256.
- 7) Liang JN, Brown DA: Impaired H-reflex gain during postural loaded locomotion in individuals

- post-stroke. *PLoS One*. 2015; 10 (12) : e0144007.
- 8) Li YA, Chen ZJ, et al.: Exoskeleton-assisted sit-to-stand training improves lower-limb function through modifications of muscle synergies in subacute stroke survivors. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2023; 31: 3095-3105.
 - 9) Ebihara A, Hirota M, et al.: Analysis of muscle synergy and gait kinematics during regain of gait function through rehabilitation in a monoplegic patient. *Front Hum Neurosci*. 2024; 17: 1287675.
 - 10) de Sousa DG, Harvey LA, et al.: Two weeks of intensive sit-to-stand training in addition to usual care improves sit-to-stand ability in people who are unable to stand up independently after stroke: a randomised trial. *J Physiother*. 2019; 65 (3) : 152-158.
 - 11) 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(改訂2025)。協和企画，東京，2025，pp. 269-271.
 - 12) Duan N, Kravitz RL, et al.: Single-patient (n-of-1) trials: a pragmatic clinical decision methodology for patient-centered comparative effectiveness research. *J Clin Epidemiol*. 2013; 66 (8 Suppl) : S21-28.
 - 13) Kravitz RL, Duan N, et al.: Design and implementation of N-of-1 trials: a user's guide. Rockville, MD, Agency for Healthcare Research and Quality; 2014. pp. 1-11.
 - 14) Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. Levels of Evidence. 2009. <https://www.cebm.ox.ac.uk/resources/levels-of-evidence/oxford-centre-for-evidence-based-medicine-levels-of-evidence-march-2009> (2025年7月22日引用)
 - 15) Aimoto K, Matsui T, et al.: Gait improvement in stroke patients by gait exercise assist robot training is related to trunk verticality. *J Phys Ther Sci*. 2022; 34 (11) : 715-719.
 - 16) Bandini V, Carpinella I, et al.: Surface-electromyography-based co-contraction index for monitoring upper limb improvements in post-stroke rehabilitation: a pilot randomized controlled trial secondary analysis. *Sensors (Basel)*. 2023; 23 (17) : 7320.
 - 17) Lv L, Yang J, et al.: Precision and accuracy of measuring finger motion with a depth camera: a cross-sectional study of healthy participants. *J Hand Surg Eur Vol*. 2023; 48 (5) : 453-458.
 - 18) Senn S: The analysis of continuous data from n-of-1 trials using paired cycles: a simple tutorial. *Trials*. 2024; 25 (1) : 128.