

失調性歩行を呈した亜急性期橋梗塞例に対する リズム音刺激を用いた歩行練習の効果 ：シングルケースデザイン

岡村大地¹⁾、五十嵐達也²⁾

要旨：【目的】失調性歩行を呈した亜急性期橋梗塞例を対象に、リズム音刺激（Rhythmic Auditory Stimulation：以下、RAS）を用いた歩行練習の効果をシングルケースデザインによって検証すること。【対象】橋梗塞で入院となった60歳代の男性で、介入開始時、運動失調がScale for the Assessment and Rating of Ataxiaで8点、歩行能力がFunctional Ambulation Categoryで2点であった。【方法】各期を5日間としたABA法によるシングルケースデザインを21病日から開始した。1時間の理学療法介入のうち、40分の通常介入と20分間の歩行練習が行われた。B期の歩行練習では、快適歩行速度（Comfortable Walking Speed：以下、CWS）から10%を加算した規則的なテンポのRASを用い、リズムに合わせて歩行した。測定は毎日の介入前にCWSを2回測定し、平均値を代表値とした。【結果】CWS（m/s）は、A1期-B期は $\text{Tau}=0.92$ （ $p<0.05$ ）で、A1期-A2期間は $\text{Tau}=1.00$ （ $p<0.01$ ）で、いずれも優れた効果量であった。【結論】介入による効果量に優れていたことから、通常の歩行練習よりもRASを用いた歩行練習は、失調性歩行を呈した橋梗塞症例に対する歩行速度の向上に有用である可能性が示唆された。また、介入終了後も歩行速度の向上に短期的な持続効果をもたらす可能性が示唆された。

キーワード：脳卒中・聴覚刺激・歩行速度

1) 沼田脳神経外科循環器科病院

〒378-0014 群馬県沼田市栄町8番地

2) 文京学院大学 保健医療技術学部 理学療学科

〒356-8533 埼玉県ふじみ野市亀久保1196

（受付日 2024年5月8日／受理日 2024年11月26日）

I. 目的

脳卒中の発症により、運動麻痺による歩容の非対称性や、運動失調を呈することによる失調性歩行などが出現することがある。片麻痺による歩行能力低下へのリハビリテーションとして、リズム音刺激（Rhythmic Auditory Stimulation：以下、RAS）を用いた歩行練習が行われるようになっている¹⁾。RASとは、聴覚と動作実行を同調させることを目的としたリズムカルな聴覚的合図を指す。Gonzalesら¹⁾は、亜急性期脳卒中片麻痺患者に対して、RASを用いた歩行練習の介入効果を検証し、RAS介入群は通常介入群に比べ、バランス能力、運動能力の改善がみられたと報告している。また、脳卒中片麻痺患者に対しRASを用いた歩行練習を行うことで、バランス能力、歩行速度、歩容の改善などを

認めた研究はいくつか報告されている²⁻⁶⁾。

失調性歩行は、小脳性運動失調によって呈した特徴的な歩容を指し、体幹の前後左右への動揺、転倒予防のための歩隔の拡大、歩幅の短縮、遊脚期の短縮、足底接地期の延長、上肢の振りの減少などを生じ、歩行関連動作が不安定になることが特徴として挙げられる。そのため、歩行に杖や歩行器などの歩行補助具や、人による介助が必要になる場合が多い⁷⁾。リハビリテーションの一般的な介入方針としては、Frenkel体操、重錘負荷や弾性緊縛帯を用いたバランス練習や歩行練習、固有受容性神経筋促通法などが代表的である⁸⁾。

本症例は小脳性運動失調に対して一般的な介入を施すも、失調性歩行による特徴的な歩容と歩行速度の著しい低下を継続して認めた。失調性歩行を呈し

た症例に対するRASを用いた歩行練習は、聴覚による外在的フィードバックにより感覚情報の誤差学習や歩調の規則性に貢献し、歩行速度の改善に寄与する可能性がある。しかし、テント下病変によって失調性歩行を呈した亜急性期脳梗塞患者を対象にしたRASを用いた歩行練習の効果は十分に検討されていない。本研究では、失調性歩行を呈した亜急性期橋梗塞例を対象に、RASを用いた歩行練習の効果をシングルケースデザインによって検証した。

Ⅱ. 症例紹介

症例のタイムラインを図1に示す。対象は60代男性。既往に高血圧、脂質異常症があり、内服コントロールを行っていた。X日に外出先で転倒、ふらつきを自覚し救急入院となった。頭部MRI撮影の結果

から右橋梗塞の診断となった。発症時の頭部Magnetic Resonance Imaging (MRI) を図2に示す。X+1日よりリハビリテーション介入を開始した。入院時より失調性歩行を認め、歩行には常に介助を要した。病前は独居で歩行は自立しており、転倒歴は認めなかった。

X+21日の理学療法所見として、表在感覚、深部感覚ともに正常であり、MMT5レベル、Scale for the Assessment and Rating of Ataxia（以下、SARA）で8点、歩行能力はFunctional Ambulation Category（以下、FAC）で2点、Berg Balance Scale（以下、BBS）で48点であった。「体が揺れて足を出すのが怖い」との主訴があり、排泄はポータブルトイレに行っていた。

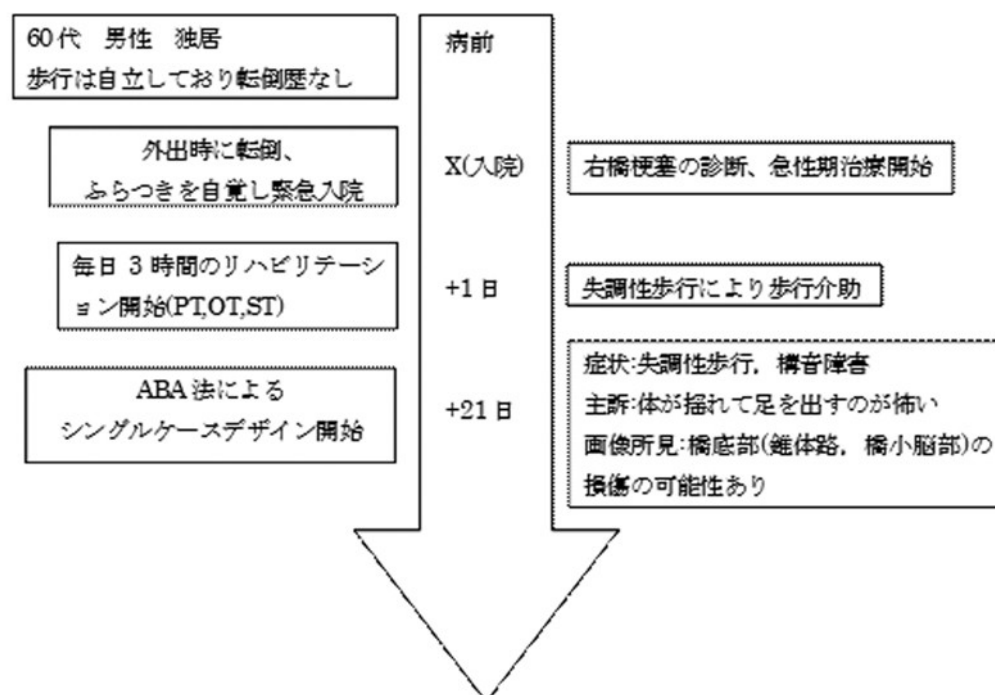


図1 症例のタイムライン

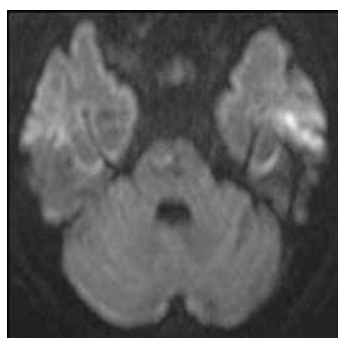


図2 頭部MRI画像

Ⅲ. 方法

ABAシングルケースデザインを用い、A1期、A2期は通常介入と歩行練習を行った。B期は、通常介入とRASを用いた歩行練習を実施した。各期の理学療法介入は通常介入40分、歩行練習20分の計60分とした。各期の介入期間に関しては、シングルケースデザインにおけるデータのエビデンス基準を満たすために、各期のデータポイントは少なくとも5日間ずつ設けることが推奨されている⁹⁾。そのため、各期5日ずつ合計15日間の介入を行った。通常介入の内容は、症例の自立度に合わせて課題難易度を調整し、筋力トレーニングや協調性トレーニング、バランス練習などを行った。担当理学療法士が不在の際は、十分な申し送りを行った上で、異なる理学療法士が対応するようにし、15日間の介入で3人の理学療法士が関わった。作業療法、言語聴覚療法は1日約1時間ずつ、毎日行われた。

RASの設定については、先行研究^{10, 11)}を参考に、A1期での平均歩行速度を算出し、電子メトロノーム（YAMAHA ME-110）を用いてbpmを平均歩行速度の110%のテンポに設定した。できる限り静寂した場所で、電子メトロノームの音がはっきり聞こえているか確認し、1 bpmと踵接地が一致するように、座位で5分リズムを合わせ、同様の作業を5分立位で行った。その後、疲労感がないことを確認し、歩行の途中で停止しないように十分なスペースを確保してから歩行練習を行った。指示や声掛けに関し

ては、構音障害も認めていたため、できる限りクローズドクエスチョンにて行った。期間中の評価として、毎日の理学療法開始前に、快適歩行速度（Comfortable Walking Speed：以下、CWS）を2回測定した。また、Wisconsin Gait Scale（以下、WGS）を用いて、介入開始時、A1期、B期、A2期における歩容の変化を評価した。介入開始日と終了日にBBSとSARAを評価した。解析はFingerhutら（2021）のチャートに沿い、A1期の有意な傾向がないことを確認し、Tau-UよりA1-B期、A1-A2期の効果量を確認した。解析はonline Tau-U calculatorを用いた。本研究は症例の個人情報とプライバシーの保護に配慮し、十分な説明を行なった後に口頭および書面にて同意を得た。症例報告を行うにあたり、SCRIBEのガイドラインを参照した¹²⁾。なお、本報告における開示すべき利益相反はない。

Ⅳ. 結果

各期の歩行速度の変化を図3に示した。毎日のCWS（m/s）はA1期が0.43/0.36/0.33/0.37/0.36で、B期が0.38/0.49/0.59/0.71/0.69で、A2期が0.58/0.74/0.73/0.77/0.88であった。A1-B期間はTau=0.92(p<0.05)、A1-A2期間はTau=1.00(p<0.01)であり、いずれも優れた効果量であった。介入開始時は、「体が揺れて足を出すのが怖い」との訴えがあったが、介入最終日には「体が揺れなくなって足が出しやすくなった」と主訴の変化がみられた。介

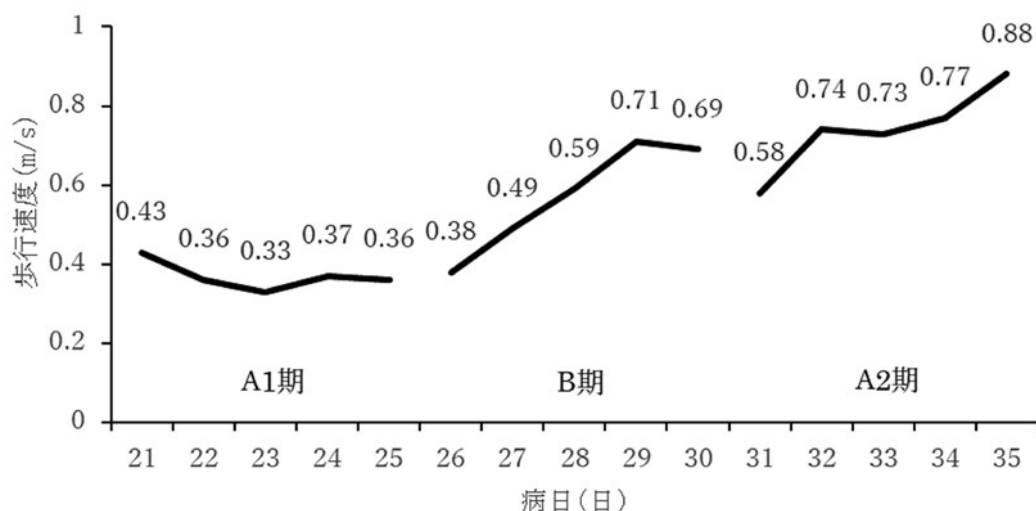


図3 各期の歩行速度の経時的変化

表1 介入前後の評価結果

		介入開始日	介入最終日
主訴		「体が揺れて足を出すのが怖い」	「体が揺れなくなって足が出しやすくなった」
BBS (点)	項目1: 椅子からの立ち上がり	4	4
	項目2: 立位保持	4	4
	項目3: 座位保持	4	4
	項目4: 着座	4	4
	項目5: 移乗	4	4
	項目6: 閉眼立位保持	4	4
	項目7: 閉脚立位保持	4	4
	項目8: 上肢の前方リーチ	3	4
	項目9: 床から物を拾う	4	4
	項目10: 左右の肩越しに後ろを振り向く	4	4
	項目11: 360°回転	2	2
	項目12: 段差踏みかえ	3	3
	項目13: 継ぎ足立位での立位保持	3	3
	項目14: 片脚立位保持	1	1
	合計 (0-56)	48	49
SARA (点)	項目1: 歩行	6	3
	項目2: 立位	1	1
	項目3: 座位	0	0
	項目4: 言語障害	3	1
	項目5: 指追いつ験	0	0
	項目6: 鼻 - 指試験	0	0
	項目7: 手の回内・回外運動	0	0
	項目8: 踵 - すね試験	0	0
合計 (0-40)		10	5
FAC (点)		2	3
10m歩行時の歩数 (歩)		30	22

※BBS: Berg Balance Scale、SARA: Scale for the Assessment and Rating of Ataxia、FAC: Functional Ambulation Category

表2 Wisconsin Gait Scale (WGS) の評価結果

		開始時	A1 期	B 期	A2 期
麻痺側立脚期	I、上肢用歩行補助具の使用	0.6	0.6	0.6	0.6
	II、麻痺側における立脚時間	0.75	0.75	0.75	0.75
	III、非麻痺側の歩幅	2	2	1	1
	IV、麻痺側への重心移動	3	3	2	1
	V、歩隔	2	2	1	1
麻痺側の足尖接地	VI、慎重さ	3	2	1	1
	VII、麻痺側の股関節	2	2	1	1
麻痺側遊脚相	VIII、遊脚初期の外旋	1	1	1	1
	IX、遊脚中期での分回し	1	1	1	1
	X、遊脚中期での骨盤浮上	1	1	1	1
	XI、足尖離地から遊脚中期までの股関節屈曲	1	1	1	1
	XII、足クリアランス	1	1	1	1
麻痺側の踵接地	XIII、遊脚初期の骨盤回旋	1	1	1	1
	XIV、足部接地	2	2	1	1
合計		21.35	20.35	14.35	13.35

入開始時のBBSは48点、介入最終日は49点で不変であり、介入開始時の10m歩行の歩数は30歩、介入最終日は22歩であった（表1）。WGSでは、A1-B期で非麻痺側の歩幅が2点から1点、麻痺側への重心移動が3点から2点、慎重さが3点から2点に改善しており、B-A2期でも麻痺側への重心移動が2点から1点、慎重さが2点から1点に改善を認めた（表2）。

V. 考察

今回、失調性歩行を呈した亜急性期橋梗塞例に対しRASを用いた歩行練習をシングルケースデザインで行い、その効果を検証した。その結果、CWSはA1-B期間で改善がみられ、WGSの結果から歩容の改善も認めた。

本症例では、橋底部に病変がみられることから、四肢の協調性運動の障害が生じたことで失調性歩行を呈したと考えられ、歩行速度の低下を認めていた。運動学習には、運動皮質からの情報と運動に関する末梢からの感覚情報を統合してフィードバックし、運動を適正化する役割を果たす小脳回路と、運動を遂行する上での順序や運動の組み合わせを制御する基底核経路が機能しているとされている。また、小脳は、課題を繰り返す間に、感覚的結果における誤差を検出してその誤差を減少させる誤差学習を行う役割を果たす¹³⁾。そのため本来であれば、内在的フィードバックにより、正常な歩行と失調性歩行の感覚情報の誤差が生じるため、小脳回路にて誤差学習が行われ、フィードバックされることで運動が適切化されていく。しかし、本症例は小脳回路に属する橋小脳路が損傷されている可能性が考えられ、内在的フィードバックによる感覚情報の誤差学習が正確に行えていなかったと考えられる。そのため、内在的フィードバックではなく、外在的なフィードバックとして聴覚フィードバックの1つであるRASを歩行中に導入することで感覚情報の誤差学習をすることができると考え、RASによる介入の臨床意思決定に至った。

本症例では、RAS介入後に歩行速度と歩容の改善がみられた。脳卒中発症後3週間以内の参加者に対し、1日60分の従来の理学療法に加え、RAS介

入を90分週3回行った研究では、バランス能力と運動機能の有意な改善を認めたとされている¹⁾。また、脳卒中6か月未満の参加者を、RASを用いた歩行訓練（RAS介入）群と対照群に振り分け、1日30分、週5回、6週間にわたって実施した研究では、両群ともにTimed Up and Go test、BBS、Fugl-Meyer Assessmentがベースライン値と比較して有意な改善がみられたとされている。また、RAS介入群で、ステップタイムに関する歩行対称性がベースラインと比較して有意に改善したとされており、歩行能力に関して、RAS介入は、対照群と比較し有意な改善をみとめたとされている⁵⁾。本症例は、規則的な音刺激に歩行のタイミングを合わせることにより感覚情報の誤差学習を行い、それらがフィードバックされることで非麻痺側の歩幅や麻痺側の重心移動が改善され、歩行速度が向上したと考えた。さらに、A1-B期間よりもA1-A2期間の効果量が大きかったことや、WGSの結果から、RASによる歩行速度の向上には短期間ではあるが持ち越し効果がある可能性が示唆された。一方で、RAS介入前後でのバランス能力の改善はみられなかった。バランス感覚は視覚、前庭覚、体性感覚の3つが作用して成り立っているが、本症例はそれらの障害はごくわずかであった。そのため、RASは歩行動作に特異的に作用し、歩行速度の改善を認めたと考えた。

今後は複数症例での効果検証や持ち越し効果がどの程度あるのかについて、適用となる症例を考慮しながら検証する必要がある。

VI. 参考文献

- 1) Gonzalez-Hoelling S, Reig-Garcia G, et al. : The Effect of Music-Based Rhythmic Auditory Stimulation on Balance and Functional Outcomes after Stroke. *Healthcare* 10(5) : 899, 2022.
- 2) Lee Y, Shin S : Improvement of Gait in Patients with Stroke Using Rhythmic Sensory Stimulation : A Case-Control Study. *J Clin Med* 11(2) : 425, 2022.
- 3) Yoo GE, Kim SJ : Rhythmic Auditory Cueing in Motor Rehabilitation for Stroke Patients :

- Systematic Review and Meta-Analysis. J Music Ther 53(2) : 149-177, 2016.
- 4) Moumdjian L, Sarkamo T, et al. : Effectiveness of music-based interventions on motricity or cognitive functioning in neurological populations : a systematic review. Eur J Phys Rehabil Med 53(3) : 466-482, 2017.
- 5) Lee S, Lee K, et al. : Gait Training with Bilateral Rhythmic Auditory Stimulation in Stroke Patients : A Randomized Controlled Trial. Brain Sci 8(9) : 164, 2018.
- 6) Mainka S, Wissel J, et al. : The Use of Rhythmic Auditory Stimulation to Optimize Treadmill Training for Stroke Patients : A Randomized Controlled Trial. Front Neurol 9 : 755, 2018.
- 7) 安東 範明 : 小脳性運動失調のリハビリテーション医療－体幹・下肢について－. Jpn J Rehabil Med 56(2) : 101-104, 2019.
- 8) 吉尾 雅春、森岡 周・他 : 標準理学療法学専門分野、神経理学療法学第2版. 金原 俊、医学書院、東京、2018、pp149-151.
- 9) Kratochwill TR, Hitchcock J, et al. : Single-Case Designs Technical Documentation. Retrieved From What Works Clearinghouse. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED510743.pdf>
- 10) Yu L, Zhang Q, et al. : Effects of different frequencies of rhythmic auditory cueing on the stride length, cadence, and gait speed in healthy young females. J Phys Ther Sci 27(2) : 485-487, 2015.
- 11) Hasui N, Mizuta N, et al. : Effects of rhythmic auditory cueing on gait variability and voluntary control of walking -a cross-sectional study. Hum Mov Sci 85 : 102995, 2022.
- 12) Tate RL, Perdices M, et al. : The Single-Case Reporting Guideline In BEhavioural Interventions (SCRIBE) 2016 Statement. Am J Occup Ther 70(4) : 1-11, 2016.
- 13) 長谷 公隆 : 運動学習理論に基づくリハビリテーション. 四條啖学園大学リハビリテーション学部紀要 9 : 51-56, 2013.