

亜急性期右小脳・脳幹梗塞後に前庭機能低下を呈した症例に対するGaze stabilization exercisesを用いた歩行速度とバランス機能の効果：BABシングルケースデザイン

西須一紗¹⁾、五十嵐達也²⁾

要旨：【はじめに】小脳・脳幹梗塞後に前庭機能低下を呈した一症例に対し、Gaze stabilization exercises（以下GSE）による歩行速度への効果をシングルケースデザインによって検証した。【症例紹介】対象は右小脳・脳幹梗塞後に入院した80歳代の女性であった。運動麻痺は認めないが、責任病巣や入院初期のめまい症状、Head Impulse Testの結果から、前庭機能低下が歩行速度の低下に影響していると推察された。【方法】BAB法によるシングルケースデザインを用いた。1時間の理学療法介入のうち、B1、B2期は40分の通常介入とGSEを20分、A期では40分の通常介入と20分のバランス練習を実施した。主要な効果判定の指標として、各介入の翌日に最大歩行速度（Maximum Walking Speed：以下MWS）を2回測定し、平均値を代表値とした。副次指標として、Berg Balance Scale（以下BBS）、Modified Clinical Test of Sensory Interaction in Balance（以下mCTSIB）を評価した。【結果】MWS(m/s)は介入前が0.56で、B1期が0.47/0.66/1.10で、A期が0.99/0.96/0.84で、B2期が1.06/1.10/1.05であった。Tau-Uは、介入前-B1期がTau=0.33(p=0.65)、介入前-A期がTau=1.00(p=0.18)、A-B2期がTau=1.00(p<0.05)であった。介入前/B2期のBBS（点）は29/39、mCTSIB（秒）はEO Form（開眼フォーム上）条件で0/30、EC Form（閉眼フォーム上）条件で0/18.1であった。【結論】GSEによる前庭系への代償的变化が歩行速度、バランス機能に変化を認めたと考えた。

キーワード：脳卒中、前庭障害、前庭リハビリテーション

- 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 理学療法学科
〒356-8533 埼玉県ふじみ野市亀久保1196
- (受付日 2024年3月1日/受理日 2024年5月29日)

I. 目的

脳卒中患者の最も典型的な症状として片麻痺や視力喪失、しびれ、複視、運動失調などがあり¹⁾、歩行やバランスの制限を引き起こす。脳卒中後の歩行とバランスの低下は日常生活活動の低下の最も一般的な要因である²⁾。したがって、脳卒中発症後の早期から歩行やバランス能力に着目した理学療法介入を行うことは重要である。

適切な姿勢制御には、感覚系および中枢神経系が必要であり、人体が重力や環境に対して適切に機能する必要がある³⁾。姿勢制御に用いられる感覚情報は、主に内耳の前庭系、視覚、固有受容感覚とされている⁴⁾、脳卒中患者は、感覚戦略における視覚または体性感覚系と比較し、前庭系が姿勢制御に依存する傾向にあるとされている⁵⁾。そのため、基本動作や日常生活活動を獲得するために、前庭機能に着

目した理学療法介入を行うことは重要な視点である。

前庭リハビリテーション（Vestibular Rehabilitation：以下VR）は患者の視線の安定化、姿勢の安定性を改善し、感覚統合を促進することを目的とした運動である⁶⁾。VRには、前庭動眼反射（Vestibulo-Ocular Reflex：以下VOR）機能の適応を助ける姿勢安定訓練と前庭脊髄反射（Vestibulo-Spinal Reflex：以下VSR）機能を再訓練する代替訓練などのバランス練習がある⁷⁾。VORとは頭頸部が回転した際、視野がぶれないよう前庭神経系を用いて眼球位置を補正する反射機能を指す。VSRとは体の傾きに対し、前庭神経系を介して抗重力筋が働き姿勢を保つ反射機能を指す。前庭系はVORとVSRを通じて視線の安定化、姿勢の安定性に貢献する⁸⁾。VRの1つにGaze stabilization exercises（以下GSE）がある。

GSEは頭頸部を動かしている間、指標に焦点を維持させることで、頭頸部の動きに対する前庭システムの発火頻度を長期的に変化させる。GSEは前庭機能障害患者および健常者の姿勢の安定性が向上することや⁸⁾、脳卒中患者の姿勢制御や歩行能力に改善を示す報告がされている^{5, 7)}。後部循環脳卒中(Posterior Circulation Stroke: 以下PCS)は、めまいや眼振などの前庭症状と同様な臨床症状を示すが⁵⁾、PCS単独例に対して複数回のGSEを施行した歩行速度への効果は十分に検証されていない。GSEによる介入が姿勢制御や歩行速度に効果をもたらすのであれば、脳卒中理学療法の介入方針の意思決定に貢献する知見となり得る。

今回、前庭機能低下が推察された亜急性期右小脳・脳幹梗塞例を対象に、前庭リハビリテーションの1つであるGSEを用いて、歩行速度とバランス機能の改善効果をシングルケースデザインによって検証した。

II. 対象と方法

1. 対象

症例のタイムラインを図1に示す。症例は、右小脳・脳幹梗塞と診断された80歳代女性。現病歴としてX日に構音障害、回転性めまいを認め、同日に緊急入院となった。同日より、抗凝固療法等の急性期

治療が開始となった。図2に入院時の脳画像(Diffusion-weighted MRI)を示す。病前は二人暮らしで、歩行は自立しており、転倒歴は認めなかった。X+1日よりリハビリテーション介入が開始され、理学療法、作業療法、言語聴覚療法を各1時間ずつ、毎日3時間実施した。

GSE実施前(X+47日)の理学療法所見として、運動麻痺は認めず、感覚検査は上肢位置覚が軽度鈍麻、下肢は正常であった。運動失調の評価指標であるScale for the Assessment and Rating of Ataxia(以下SARA)は10点であり、歩行や立位項目での減点が著明であった。Functional Ambulation Category(以下FAC)は3点で、主訴は「歩くと右側に倒れそう」であった。回転性めまいは認めず、Dizziness Handicap Inventory(以下DHI)⁹⁾は0点であった。DHIはめまいやふらつきによる日常生活活動の障害度を評価でき、合計点数は0から100点である。点数が高い人ほど、めまいやふらつきの症状が重度であることを意味する。頭部の高速回転中のVORを評価する指標であるHead Impulse Test(以下HIT)では左右方向へのcatch-up-saccade(以下CUS)を認めた。CUSとは移動する目標物に対して正確に眼球運動が追跡できない場合に認め、HITでCUSを認めた場合、外側半規管の機能低下を意味する。脳卒中後の歩行の質を評価するWisconsin

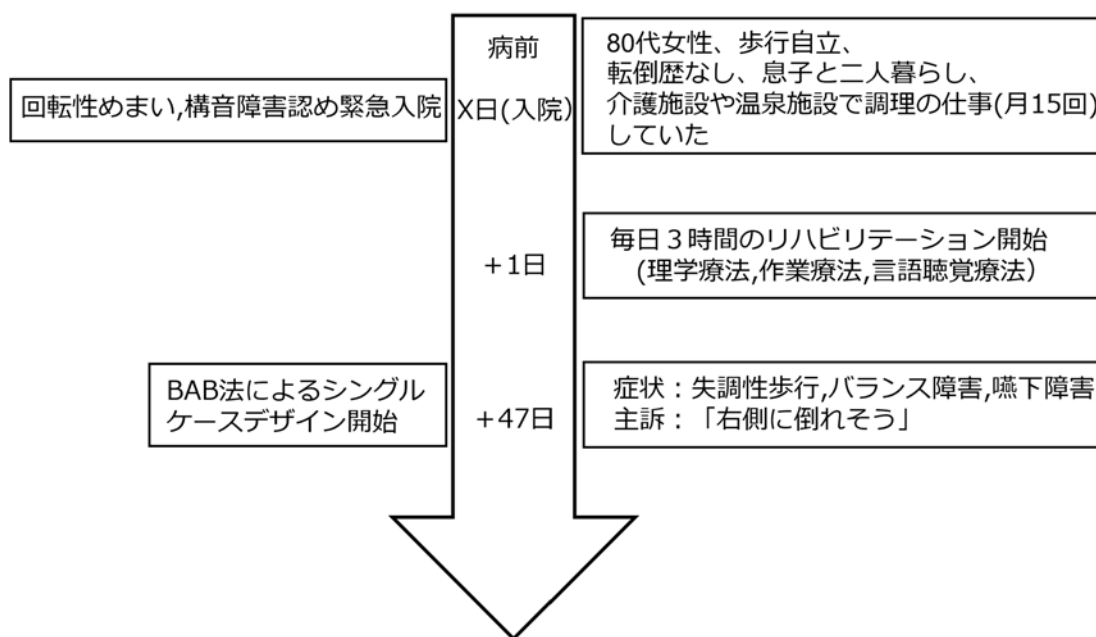


図1 症例のタイムライン

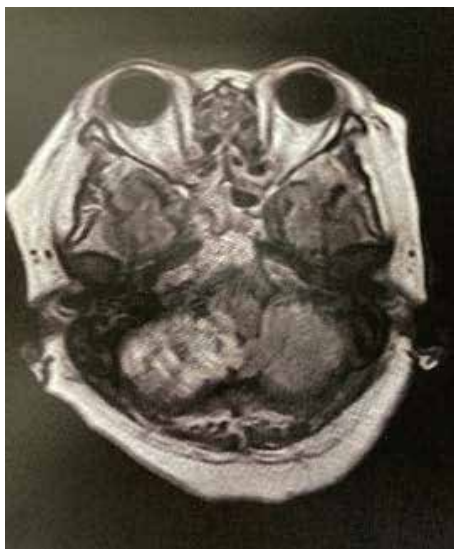


図2 症例の入院時のMRI画像

Gait Scale (以下WGS)¹⁰⁾ は24.85点であった。WGSは歩行リハビリテーションの進捗状況を評価し点数が低いほど正常な歩容に近いことを意味する。Berg Balance Scale (以下BBS) は29点、感覚相互作用とバランスの臨床評価であるModified Clinical Test of Sensory Interaction in Balance (以下mCTSIB)¹¹⁾ はEO Form (開眼フォーム上)、EC Form (閉眼フォーム上) 条件での立位保持時間は0秒であった。病棟ではポータブルトイレを見守りで利用していた。なお、本報告は症例の個人情報とプライバシーの保護に配慮し、十分な説明を行った後に口頭および書面にて同意を得た。また、症例報告を行うにあたりSCRIBEのガイドライン¹²⁾を参照した。

2. 方法

介入効果の検証には、BAB法によるシングルケースデザインを用いた。1時間の理学療法介入のうち、B1、B2期は40分の通常介入とGSEを20分、A期では40分の通常介入と20分のバランス練習を実施した。B1、B2期では同一内容を実施し、各期3日、計9日実施した。GSEの介入内容は、先行研究⁸⁾を参考に、座位姿勢により頭頸部を正中位に固定した状態で、1) 2つの静止した目標物間で眼球を左右に動かす運動、2) 1つの目標物を左右に動かして眼球を移動させる運動、静止した1つの目標物を注視した状態で3) 頭頸部を左右に回旋する運動、

4) 目標物を注視した状態で頭頸部と目標物を水平方向と反対方向に動かす運動を実施した。目標物の距離は、被験者の目から約30cm離れたところで実施した。各介入は休憩や指導を入れながら5分ずつで合計20分実施した。それぞれ症例が不快を感じない程度の速さ(1Hz程度)で実施した。

評価項目は、各介入の翌日に最大歩行速度(Maximum Walking Speed: 以下MWS)を2回測定し、平均値を代表値とした。BBSは介入前とB2期に測定し、WGSとmCTSIBは介入前と各期の最終日に測定した。解析はFingerhutらのチャート¹³⁾に沿い、A期に有意な傾向がないことを確認し、Tau-Uにより介入前-B1期、介入前-A期、A-B2期の効果量を確認した。解析はonline Tau-U calculator¹⁴⁾を用いた。有意水準は5%であった。

Ⅲ. 結果

表1から表3に評価結果を示した。介入前/最終で、BBS(点)は29/39、SARA(点)は10/6.5であった。mCTSIBは介入前/B2期と比較しEO Form条件で0/30、EC Form条件で0/18.1であった。WGS(点)は24.85 / 16.35であった。

図3に歩行速度の結果を示した。MWSは介入前が0.56m/s、B1期は0.47/0.66/1.10m/s、A期は0.99/0.96/0.84m/s、B2期は1.06/1.10/1.05m/sであった。Tau-Uは、介入前-B1期がTau=0.33 (p=0.65)、介入前-A期がTau=1.00 (p=0.18)、A-B2期がTau=1.00 (p<0.05)であった。主観的变化では介入後「姿勢が傾かなくなった」と内省にも変化を認めた。なお、有害事象は認めなかった。

Ⅳ. 考察

今回、右小脳・脳幹梗塞後に前庭機能低下を呈した一症例に対して、複数回のGSE介入による歩行速度に対する効果をシングルケースデザインによって検証した。GSE介入後、内省や静的バランスと共に歩行速度に改善を示した。PCS症例を対象としたGSE介入の有用性は報告されているが⁵⁾本報告は前庭機能低下を呈したPCS症例に対してGSEを実施し歩行速度とバランス能力の効果を検証した初めての報告である。

表1 介入前後のバランス、運動失調、歩行自立度の結果

		介入前	B2期後
主訴		「右側に倒れそう」	「傾かなくなった」
BBS	項目1：立ち上がり	2	4
	項目2：静的立位	3	3
	項目3：座位保持	4	4
	項目4：着座	2	3
	項目5：移乗	3	4
	項目6：閉眼立位	3	3
	項目7：閉脚立位	0	3
	項目8：リーチ動作	3	3
	項目9：拾い上げ	3	3
	項目10：振り返り	4	4
	項目11：方向転換	2	2
	項目12：踏み台昇降	0	3
	項目13：タンデム立位	0	0
	項目14：片脚立位	0	0
	合計 (0-56：点)	29	39
SARA	項目1：歩行	5	3
	項目2：立位	3	2
	項目3：座位	0	0
	項目4：言語障害	0	0
	項目5：指追い試験	0.5	0.5
	項目6：指-鼻試験	1.5	1
	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：点)	10	6.5
FAC		3	3
歩数		44	25.2

BBS; Berg balance scale, SARA; Scale for the assessment and rating of ataxia, FAC; Functional ambulation categories

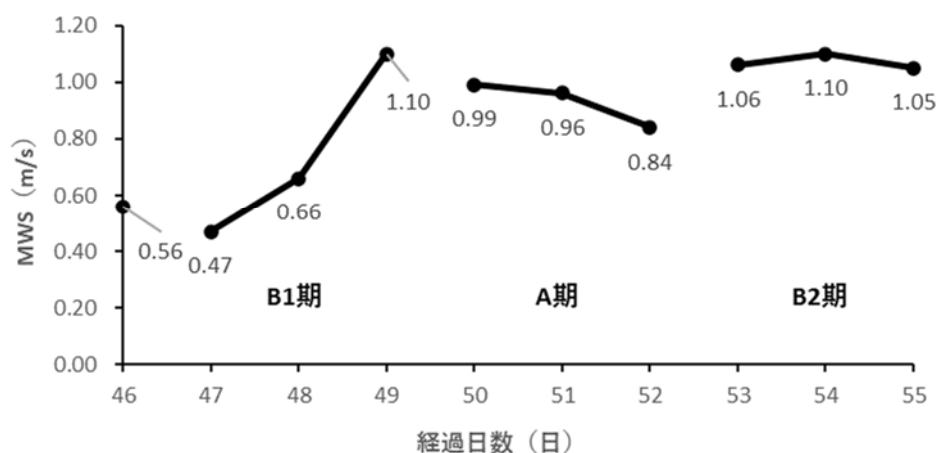


図3 各期の最大歩行速度の結果
MWS; Maximum Walking Speed

表2 4時点のmCTSIBの結果

	介入前	B1期	A期	B2期
EO Firm	30	30	30	30
EC Firm	30	30	30	30
EO Form	0	30	30	30
EC Form	0	2.0	4.0	18.1

mCTSIB; Modified Clinical Test of Sensory Interaction in Balance, EO Firm; Eyes Open Firm Surface, EC Firm; Eyes Closed Firm Surface, EO Form; Eyes Open Form Surface, EC Form; Eyes Closed Foam Surface

表3 4時点での歩容指標の結果

		介入前	B1期	A期	B2期
麻痺側立脚相	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	2	1	1	1
	III、非麻痺側の歩幅	2	2	1	1
	IV、麻痺側への重心移動	3	2	1	2
	V、歩隔	3	2	2	2
麻痺側の足尖離地	VI、慎重さ	2	2	3	1
	VII、麻痺側の股関節	1	1	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、遊脚中期での骨盤挙上	1	1	1	1
	XI、足尖離地から遊脚中期まで股関節屈曲	2.25	1.5	0.75	0.75
	XII、足クリアランス	2	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	3	2	2	2
合計(点)		24.85	19.1	17.35	16.35

※Wisconsin Gait Scale

本症例では右小脳・脳幹梗塞により、X+17病日まで自発眼振、回転性めまいを生じHITで両側にcatch-up saccadeを認めたため、前庭機能低下による歩行能力やバランス機能に影響が生じていると考えた。亜急性期脳卒中の歩行速度向上がQOLや社会移動性と関連する報告がある¹⁵⁾。そのため、GSE介入による前庭機能の代償的变化が歩行速度や姿勢制御の変化に有用である可能性があり、GSE介入の意思決定に至った。

本報告のWGS、MWSの結果から、麻痺側立脚期の延長、重心移動の減少、歩幅の改善、歩行速度の向上、内省に変化を認めた。脳卒中患者の歩行能力を評価する指標であるWGSは臨床的に意義のある最小変化量である2.25点¹⁰⁾を上回る改善を認めた。亜急性期脳卒中患者における週3回各20分、4週間

のVRが歩行速度と歩幅に有意に改善を示す報告¹⁶⁾や亜急性期脳卒中患者に対し、3週間20分のVRが歩行不安定性を評価するdynamic gait index (DGI)に有意に改善¹⁷⁾を示し、VRによる歩行能力の改善は本結果と一致している。介入前-B1期で有意な効果はなく、A-B2期で有意な効果が得られた。PCS症例に対するGSE介入は、一定期間継続することで歩行速度への効果が得られることが示唆された。本症例において、バランス機能もVR後に改善を示した。身体のバランスの維持は前庭系、視覚系、体性感覚系からの感覚情報の統合に影響^{18, 19)}されており、ある感覚情報が適切な情報を提供できない場合に、他の感覚情報の重みづけを調整することで姿勢の安定を保つことが報告されている²⁰⁾。mCTSIBのEO Form条件とEC Form条件で立位保持時間が改

善されていることから、視覚系、体性感覚系と比較し、前庭系での代償的变化が関与したと考えた。

本報告には限界があった。1つ目に介入期間が短期間であった点である。VRは長期的な介入期間での効果があるとされている^{7, 16)}。そのため介入期間を延長し、十分に評価する必要があった。2つ目に1症例のみの検討である点である。そのため、知見の一般化や解釈には注意が必要である。

V. 付記

本研究において開示すべき利益相反 (Conflict of Interest : COI) はない。

VI. 引用文献

- 1) Sana V, Ghous M, et al. : Effects of vestibular rehabilitation therapy versus virtual reality on balance, dizziness, and gait in patients with subacute stroke : A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)* 102(24) : e33203, 2023.
- 2) Yu HX, Wang ZX, : Effect of Cognitive Function on Balance and Posture Control after Stroke. *Neural Plast* 6636999, 2021.
- 3) Chiba R, Takakusaki K, et al. : Human upright posture control models based on multisensory inputs; in fast and slow dynamics. *Neurosci Res* 104:96-104, 2016.
- 4) Henry M, Baudry S : Age-related changes in leg proprioception: implications for postural control. *J Neurophysiol* 122(2) : 525-538, 2019.
- 5) Mitsutake T, Sakamoto M, et al. : Effects of Gaze Stability Exercises on Postural Stability in Patients With Posterior Circulation Stroke. *J Mot Behav* 50(4) : 467-472, 2018.
- 6) Meng L, Liang Q, : Vestibular rehabilitation therapy on balance and gait in patients after stroke: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med* 21(1) : 322, 2023.
- 7) Mitsutake T, Imura T, et al. : The Effects of Vestibular Rehabilitation on Gait Performance in Patients with Stroke : A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 29(11) : 2020.
- 8) Morimoto H, Asai Y, et al. : Effect of oculomotor and gaze stability exercises on postural stability and dynamic visual acuity in healthy young adults. *Gait Posture* 33(4) : 600-3, 2011.
- 9) Zamyslowska-Szmytke E, Politanski P, et al. : Dizziness Handicap Inventory in Clinical Evaluation of Dizzy Patients. *Int J Environ Res Public Health* 18(5) : 2210, 2021.
- 10) Guzik A, Druzbicki M, et al. : The Wisconsin gait scale - The minimal clinically important difference. *Gait Posture* 68 : 453-457, 2019.
- 11) Boonsinsukh R, Khumnonchai B, et al. : The effect of the type of foam pad used in the modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (mCTSIB) on the accuracy in identifying older adults with fall history. *Hong Kong Physiother J* 40(2) : 133-143, 2020.
- 12) Tate RL, Perdices M, Rosenkoetter U, et al. : The Single-Case Reporting Guideline In BEhavioural Interventions (SCRIBE) 2016 Statement. *Am J Occup Ther* 70(4) : 1-11, 2016.
- 13) Joelle Fingerhut, Xinyun Xu, et al. : Selecting the proper Tau-U measure for single-case experimental designs: Development and application of a decision flowchart. *Evidence-Based Communication Assessment and Intervention*, 2021.
- 14) Parker RI, Vannest KJ, et al. : Combining nonoverlap and trend for single-case research: Tau-U. *Behav Ther* 42(2) : 284-99, 2011.
- 15) Grau-Pellicer M, Chamarro-Lusar A, et al. : Walking speed as a predictor of community mobility and quality of life after stroke. *Top Stroke Rehabil* 26(5) : 349-358, 2019.
- 16) Tramontano M, Bergamini E, et al. : Vestibular rehabilitation training in patients with subacute stroke: A preliminary randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation* 43(2) : 247-254, 2018.

- 17) Mitsutake T, Sakamoto M, et al. : Effects of vestibular rehabilitation on gait performance in poststroke patients: a pilot randomized controlled trial. *Int J Rehabil Res* 40(3) : 240-245, 2017.
- 18) Macedo C, Gazzola JM, et al. : Influence of sensory information on static balance in older patients with vestibular disorder. *Braz J Otorhinolaryngol* 81(1) : 50-7, 2015.
- 19) Ueta Y, Matsugi A. : Gaze stabilization exercises derive sensory reweighting of vestibular for postural control. *J Phys Ther Sci* 29(9) : 1494-1496, 2017.
- 20) Horak FB, Nashner LM, et al. : Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Exp Brain Res* 82(1) : 167-77, 1990.