

症例報告



小脳性運動失調患者に対する短下肢装具を用いた歩行練習が歩行速度および時間距離因子に及ぼす治療効果 — 症例報告 — *

水野敬太・山田将成

【要 旨】

【はじめに】小脳性運動失調を呈した一症例に対して、短下肢装具を用いた歩行練習を実施し、運動失調患者に対する装具療法の治療効果を検討した。【症例紹介】症例は右前下小脳動脈梗塞と診断され、右上下肢に運動失調を呈した66歳の男性である。歩行は単脚支持時間の短縮、変動性の増加、歩行速度の低下を認めた。【経過】装具歩行練習は21日間実施した。装具装着の効果判定として、歩行速度、時間距離因子の計測を装具歩行と裸足歩行の2条件を隔日で計測した。短下肢装具装着直後から歩行速度は上昇し、単脚支持時間の変動性は減少し即時効果を認め、これらは練習の継続とともに更なる改善が得られた。裸足歩行も同様の改善がみられ、装具療法終了後もその改善は維持された。【考察】本症例の経過から、装具歩行練習を継続することで裸足歩行においても改善がみられ治療効果を認める可能性が示唆された。

キーワード：運動失調，短下肢装具，歩行

はじめに

小脳性運動失調は、小脳またはその接続部の損傷によって引き起こされるさまざまな病態によっておこる障害である¹⁾²⁾。運動失調の症状として、測定異常、運動の分解、反復拮抗運動不能、筋緊張低下、時間測定異常などがみられる²⁾。運動失調患者の歩行の特徴としては、健常者と比較して歩行速度の低下や、ストライド長の減少、両脚支持時間の延長に加え、ストライド長やストライド時間といった時間距離因子のばらつき（変動性）が増加することが報告されており³⁾、これらの時間距離因子の変動性が高いほど転倒リスクが高いことも報告されている⁴⁾。運動失調に対する理学療法は四肢、体幹の関節可動域練習、静的・動的

なバランス練習、起立、階段昇降、平地歩行練習、トレッドミルトレーニング⁵⁻⁸⁾などがあり、その介入効果として、Scale for the Assessment and Rating of Ataxia（以下、SARA）のスコア改善、Functional Balance Scale（以下、FBS）のスコア改善、歩行能力の改善が報告されている。これらの練習に併用が可能なデバイスとして装具がある。運動失調患者に対する短下肢装具（Ankle Foot Orthosis；以下、AFO）を併用した運動療法に関する報告として、小脳・脳幹梗塞により四肢・体幹失調を呈し、発症後2か月が経過した一症例に対して、プラスチック製AFOを装着して通常理学療法を実施した結果、2週間経過時点での歩行速度、立位アライメントが改善し、重心軌跡は装具装着前と比較し中心位置への収束がみられ装具取り外し直後もその効果は持続した報告⁹⁾がある。また、頭部外傷により右上下肢に運動失調を呈し、受傷後5か月が経過した一症例に対して、油圧制動付きAFOを装着したうえで、歩行練習、階段昇降練習を実施し、4か月、15か月経過時点で、装具装着下での歩行速度、歩行率の改善、15か月経過時点で装具を装着していない状態で歩行

* Therapeutic effects of gait training with ankle foot orthosis on gait speed and spatiotemporal parameter in a patient with cerebellar ataxia -case report.

鶴飼リハビリテーション病院 リハビリテーション部
(〒453-0811 愛知県名古屋市中村区太閤通4丁目1)
Keita Mizuno, PT, Masanari Yamada, PT, MS: Department
of Rehabilitation, Ukai Rehabilitation Hospital

E-mail: keterecas716@gmail.com

(受付日 2024年11月19日／受理日 2025年7月3日)

速度、歩行率が改善した報告¹⁰⁾がある。Dunningら¹¹⁾は装具装着による効果を、装具を装着した際に生じる歩行の変化（以下、即時効果）、装具を装着した状態で一定期間練習した際に生じる変化（以下、練習効果）、装具を装着していなくてもみられる変化（以下、治療効果）に分類している。上記の運動失調に対する装具療法の報告は、立位バランスや歩行速度、歩行率に関する即時効果および練習効果、装具を取り外した後の経過（治療効果）を報告しているが、いずれも報告数が少なく、特に運動失調患者の歩行の特徴である時間距離因子の異常に対する治療効果は不明確である。

そこで今回、右中小脳脚の損傷により小脳性運動失調を呈し、失調側単脚支持期でのバランス不良、単脚支持時間の短縮や変動性の増加、両脚支持時間の延長、歩行速度の低下が観察された一症例に対して、AFOを用いた歩行練習を実施した。歩行速度、時間距離因子の経時的変化から運動失調患者に対する装具療法の治療効果を検討した。

症例紹介

症例は、60歳代の男性、身長167 cm、体重64.8 kgである。現病歴は歩行中の右下肢脱力、食事の際の右上肢の動かしにくさを認め、A病院へ搬送された。搬送先でのMagnetic Resonance Angiography画像にて右前下小脳動脈梗塞と診断され、拡散強調画像にて右中小脳脚に高信号を認めた（図1）。A病院入院当初は眩暈、吐き気があり、離床には消極的であった。発症から27日目にリハビリテーション目的で当院回復期リハビリテーション病棟へ転院となった。当院入院直後は眩暈、吐き気は軽快していた。併存疾患には、糖尿病、左内頸動脈狭窄があり、服薬は血糖降下薬が処方されていた。

入院時のSARAは19点（表1）、躯幹協調機能

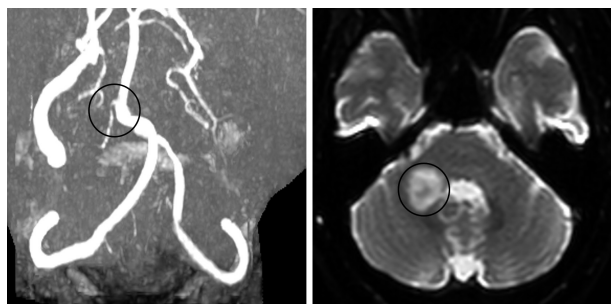


図1. 発症時のMagnetic Resonance Angiography画像、拡散強調画像

丸部分は梗塞部位および梗塞巣を表す。

表1. 入院時のScale for the Assessment and Rating of Ataxiaの結果

歩行	6
立位	4
座位	1
言語障害	2
指追い試験	1
鼻－指試験	2
手の回内・回外運動	1
踵－すね試験	2

ステージは1、FBSは30点であった。感覚障害は表在感覚、深部感覚共に左右差を認めなかった。筋緊張は触診¹²⁾、Pendulousnessの試験¹³⁾から膝関節伸展筋に筋緊張低下を認めた。基本動作は、起き上がり、座位保持は見守り、起立は離殿後にふらつきがあり軽介助、移乗は立位から動揺があり、方向転換でふらつきが増悪し軽介助から中等度介助が必要であった。歩行は、失調側単脚支持期でのバランス不良、単脚支持時間の短縮、両脚支持時間の延長、歩行速度の低下が見られた。歩行のFIMは3点であった。

倫理的配慮

本報告にあたり、本症例の個人情報およびプライバシーの保護に配慮し、報告に関して十分に説明をおこない、同意書による同意を得た。

経過

1. 発症27日目～50日目の理学療法介入および経過

理学療法は1日あたり60～80分実施し、起立練習や立位保持練習を計20分、平行棒内や4点杖、ロフトランド杖での平地歩行練習を40～60分行った。平行棒内での歩行は徐々に安定し、発症後45日時点で、軽介助で歩行可能となった。しかし歩行補助具なしでの歩行や杖歩行では、単脚支持時間の短縮、両脚支持時間の延長、歩行速度の低下やふらつきが残存しており、発症50日時点で中等度の介助が必要であり、この時点の歩行FIMは3点のままであった。

表 2. 歩行速度及び各時間距離因子の即時効果

	裸足歩行	装具歩行
歩行速度 (m/s)	0.54	0.64
失調側の単脚支持時間割合 (%)	27.1	26.9
失調側の単脚支持時間の CV [※] 値	0.45	0.26
失調側のストライド長の CV [※] 値	0.10	0.22
非失調側のストライド長の CV [※] 値	0.14	0.17

※ CV : Coefficient of Variation

2. 装具療法導入の経緯と効果判定の方法

本症例の歩行時の問題点として失調側単脚支持期でのバランス不良、単脚支持時間の短縮、両脚支持時間の延長が残存していた。そのため失調側下肢を固定し、関節の自由度制約、失調側単脚支持期の安定性向上を目的に、発症 51 日目を装具歩行練習開始 1 日目として、起立、立位保持練習に加え、調整機能付き後方平板支柱型 AFO（東名ブレース株式会社、Remodeled Adjustable Posterior Strut；以下、RAPS）¹⁴⁾ を用いた平地歩行練習を開始した。RAPS の設定は背屈 5° 固定、支柱はアルミ支柱とカーボン支柱のうち、最も固定性の高いアルミ支柱とした。この時点での裸足歩行の FIM は 3 点、RAPS を装着した歩行（以下、装具歩行）の FIM は 3 点であった。歩行練習は見守りで歩行が可能となるように体幹と大腿部が結合しているハーネスを装着し体重免荷装置（株式会社モリトー、レール走行免荷リフト SS-450）を使用した。体重免荷は 5 kg とし、鏡を使用した視覚的フィードバックを併用し、理学療法士が適宜助言を行いながら練習を実施した。装具歩行練習の効果判定は、①歩行速度、②失調側の単脚支持時間割合、③失調側の単脚支持時間の変動性 (Coefficient of Variation；以下、CV 値)、④ストライド長の CV 値を装具歩行、裸足歩行の 2 条件で小型慣性計測装置（ゼロシーセブン株式会社、歩行分析アプリ Step lab+）を用いて隔日測定し変化を記録した。時間距離因子の計測は歩行速度の計測と同時に実施した。歩行条件は装具歩行、裸足歩行の 2 条件ともに計測時は統一して歩行補助具は用いないこととした。装具歩行と裸足歩行の経過の類似性は、相互相関係数を算出して求めた。

3. 装具療法の即時効果（発症 51 日目）

発症 51 日目（装具歩行練習開始 1 日目）の裸足歩行、装具歩行の歩行速度、時間距離因子の即時

効果を表 2 に示す。歩行速度は、裸足歩行で 0.54 m/s、装具歩行で 0.64 m/s となった。時間距離因子に関して、失調側の単脚支持時間割合は、裸足歩行で 27.1%、装具歩行で 26.9% となった。失調側の単脚支持時間の CV 値は、裸足歩行で 0.45、装具歩行で 0.26 となった。裸足歩行におけるストライド長の CV 値は、単脚支持時間の CV 値よりも小さく、失調側のストライド長の CV 値は、裸足歩行で 0.10、装具歩行で 0.22、非失調側のストライド長の CV 値は、裸足歩行で 0.14、装具歩行で 0.17 となった。AFO を装着することで歩行速度、失調側の単脚支持時間の CV 値で即時的な改善を認めた。

4. 装具療法の練習効果および治療効果（発症 51 日目～71 日目）

歩行速度、時間距離因子は、AFO 装着下でそれぞれ経時的に改善し、練習効果を認めた。一方で裸足歩行の練習を実施していないにもかかわらず、装具歩行の練習効果と同様に裸足歩行においても歩行速度、時間距離因子は経時的に改善し、治療効果を認めた。歩行速度は、装具療法を開始した発症 51 日目（装具歩行練習 1 日目）では裸足歩行と比較し装具歩行で速かったが、その後はほぼ横ばいの経過であった。一方で裸足歩行は経過と共に改善し、発症 71 日目（装具歩行練習 21 日目）に装具歩行と同程度となった（図 2）。相互相関係数は 0.66 で強い相関を認めた。失調側の単脚支持時間割合は、発症 51 日目から同程度で、装具歩行、裸足歩行共に経過と共に同様の改善傾向を示した（図 3）。相互相関係数は 0.71 で強い相関を認めた。失調側の単脚支持時間の CV 値は、発症 51 日目では裸足歩行と比較して装具歩行の方が AFO 装着の即時効果により CV 値は小さかった。装具歩行は経過と共に次第に CV 値は小さくなり、裸足歩行も装具歩行と同様に経過と共に改善し、発症 71 日目にて

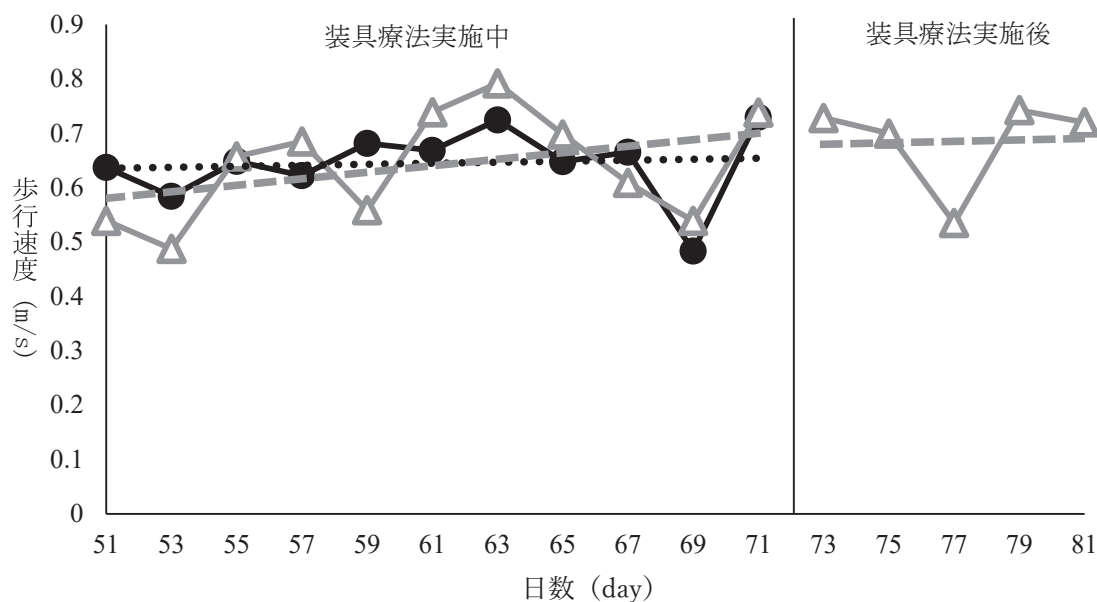


図2. 歩行速度の練習効果及び治療効果

●は装具歩行, △は裸足歩行を表す. 点線は装具歩行の経過, 破線は裸足歩行の経過の回帰直線を表す. 縦線は装具療法実施中および実施後を表す.

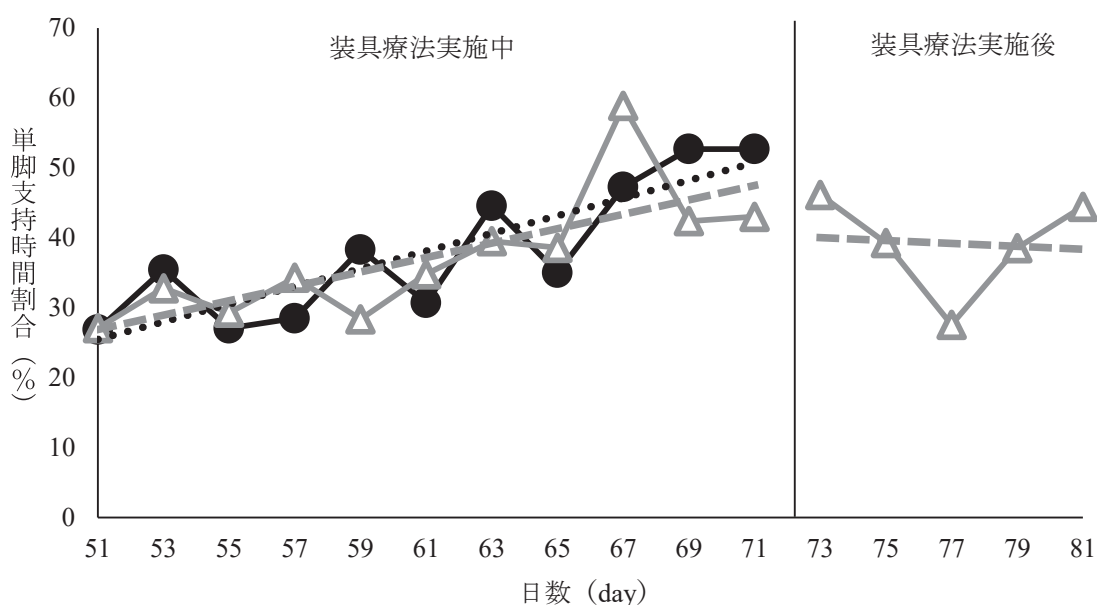


図3. 失調側の単脚支持時間割合の練習効果及び治療効果

●は装具歩行, △は裸足歩行を表す. 点線は装具歩行の経過, 破線は裸足歩行の経過の回帰直線を表す. 縦線は装具療法実施中および実施後を表す.

CV 値は同程度まで小さくなり治療効果を認めた (図4). 相互相関係数は0.75で強い相関を認めた. 失調側のストライド長の CV 値は, 練習開始1日目では裸足歩行と比較して装具歩行の方が CV 値は大きかった. 装具歩行は経過と共に次第に CV 値は小さくなり改善傾向を認めた. 裸足歩行は装具歩行と同様に経過と共に改善傾向を示し, 発症71日目に CV 値は同程度となった (図5).

相互相関係数は0.39であった. 非失調側のストライド長の CV 値は, 発症51日目では同程度であり, 装具歩行, 裸足歩行共に経過と共に同様な改善傾向となった (図6). 相互相関係数は0.17であった. 発症71日目に, 歩行速度や時間距離因子の CV 値が, 装具歩行と裸足歩行の両者で同程度となったことから装具療法を終了し, 裸足歩行での練習へ移行した.

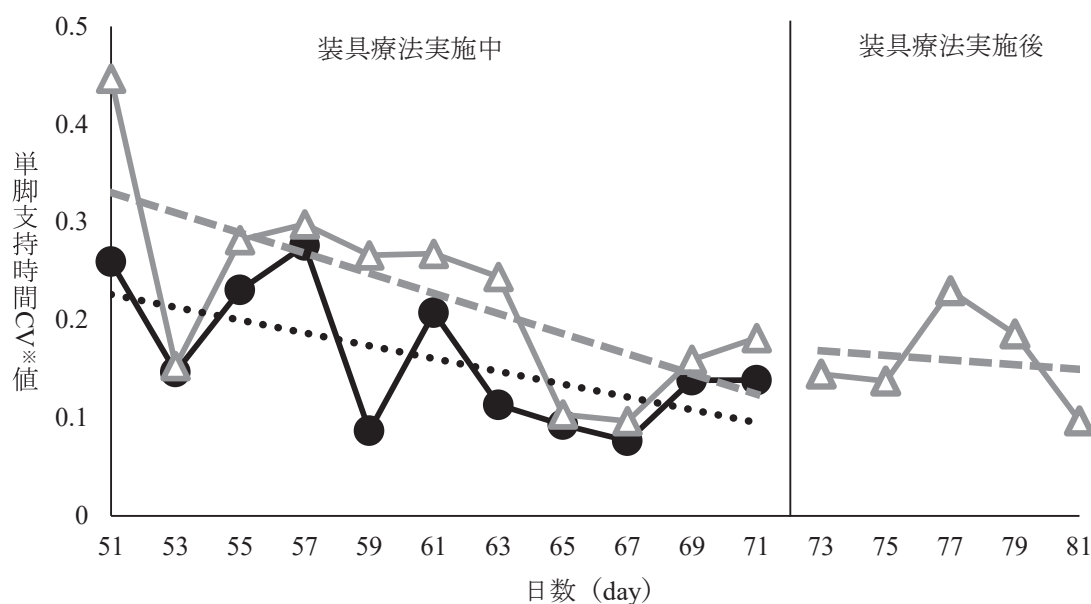


図 4. 失調側の単脚支持時間の Coefficient of Variation 値の練習効果及び治療効果

●は装具歩行，△は裸足歩行を表す．点線は装具歩行の経過，破線は裸足歩行の経過の回帰直線を表す．縦線は装具療法実施中および実施後を表す．

※ CV : Coefficient of Variation

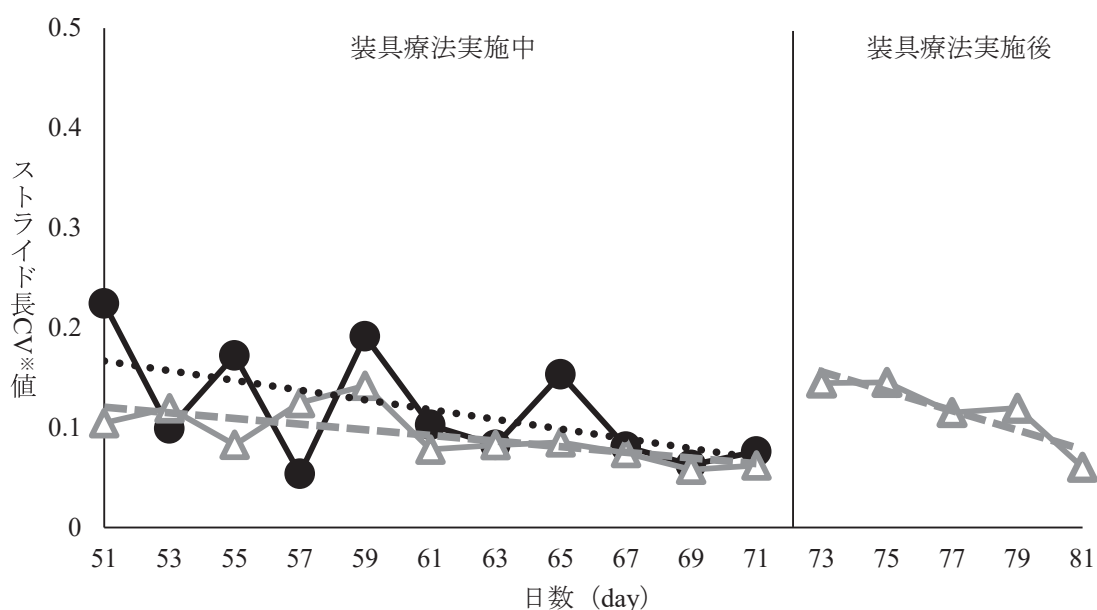


図 5. 失調側のストライド長の Coefficient of Variation 値の練習効果及び治療効果

●は装具歩行，△は裸足歩行を表す．点線は装具歩行の経過，破線は裸足歩行の経過の回帰直線を表す．縦線は装具療法実施中および実施後を表す．

※ CV : Coefficient of Variation

5. 装具療法終了後の経過（発症 73 日目～121 日目）

装具療法終了後，フォローアップとして歩行速度，それぞれの時間距離因子の計測を継続した．発症 73 日目から発症 81 日目（装具歩行練習開始 23 日目から 31 日目）までの結果に回帰直線を引

いたが，いずれの結果も大きな変化はなく，歩行速度，全ての時間距離因子の改善は維持された．発症 77 日目（装具歩行練習開始 27 日目）は，症例の疲労感があり歩行速度，各時間距離因子で一時的な増悪を認めたが，以降の経過に影響はなかった．そのため発症 81 日目（装具歩行練習開始

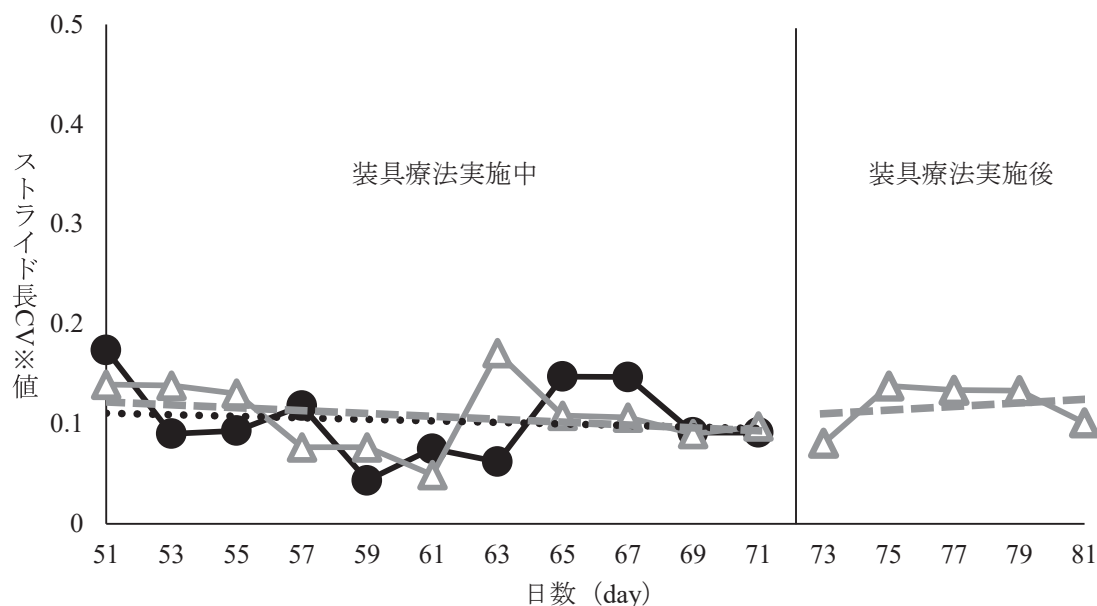


図6. 非失調側のストライド長のCoefficient of Variation値の練習効果及び治療効果

●は装具歩行, △は裸足歩行を表す. 点線は装具歩行の経過, 破線は裸足歩行の経過の回帰直線を表す. 縦線は装具療法実施中および実施後を表す.

※ CV : Coefficient of Variation

表3. 発症81日目のScale for the Assessment and Rating of Ataxiaの結果

歩行	3
立位	0
座位	0
言語障害	2
指追い試験	1
鼻-指試験	1
手の回内・回外運動	1
踵-すね試験	1

31日目)に計測を終了した. 発症81日目での歩行は, 歩行補助具を用いずFIM5点で歩行が可能となった. また, SARAは9点(表3), FBSは47点とそれぞれ改善を認めた.

その後, 屋外歩行練習, 階段昇降練習等の自宅退院後に必要な練習を交えながらリハビリテーションを継続した. 発症110日目に裸足歩行にて病棟内歩行が自立となり, 発症121日目に自宅退院された.

考察

今回, 小脳性運動失調により異常歩行を呈した一症例に対して, AFOを用いた歩行練習を実施した結果, 装具を装着したことによる歩行速度と時間距離因子のうち特に時間因子の改善(即時効果), 装具歩行練習の反復による歩行速度, 時間因子の改善(練習効果)を認めた. そして, 装具を装着していない状態での歩行速度, 時間因子は, 装具装着時の改善と類似した経過をたどり, 装具療法を終了した発症71日以降も改善が維持されたことから治療効果を認めた.

1. 運動失調患者に対するAFOによる即時効果

本症例では, 歩行速度の低下や歩行時の時間距離因子の変動性の増加を認めたが, AFOを装着したことにより即時的に歩行速度, 失調側の単脚時間のCV値が改善し, 即時効果を認めた. 先行研究では, 運動失調は, 筋が協調的に働かず, 随意運動における空間的, 時間的な秩序が失われ, 肢内協調性が障害される病態である²⁾¹⁵⁾とされており, 歩行におけるバランス制御や下肢の多関節調整等の動的な全身コントロールを阻害していると報告されている¹⁶⁾. Gibson-Horn¹⁷⁾は, 静的, 動的立位で身体動揺によるバランス障害を認めた多発性硬化症患者に対し, 体幹に重錘を装着することで即時的に立位アライメントが改善されバラン

ス障害が改善したと報告しており、身体動揺を重錘の重みにより機械的に抑制することができたためと考察している。本症例は右下肢の運動失調を呈しており、その病態から膝関節と足関節を同時に制御することは困難であると考え、関節の自由度制約としてAFOによる足関節の固定を実施した。その結果、失調側の単脚支持時間のCV値が即時的に改善され、失調側単脚支持期の安定性が向上し、より円滑な歩行が可能となり歩行速度向上に寄与したと考える。以上より、装具による関節の自由度制約は、失調症状による身体動揺に対して関節を固定することで抑制し、即時的に姿勢や歩行の安定性を向上させると考える。

2. 装具歩行練習による練習効果および治療効果

本症例は装具歩行練習により即時的な歩行の改善を認め、その効果は持続し、装具歩行練習の実施期間に経時的な歩行速度の向上、時間距離因子の改善がみられたことから練習効果を認めた。Imら¹⁸⁾は運動失調に対する課題指向型トレーニングをすることで歩行時の時間距離因子のばらつきを有意に低下させると報告している。またSerraoら¹⁹⁾は、伸縮性のあるスーツを装着することにより、歩行中の体幹の動揺が減少し、歩行能力の改善が見られたと報告しており、これらはスーツの伸縮性による上肢、骨盤の固定性の強化によるものと考察している。このことから運動失調に対する歩行練習では、装具等のデバイスを使用して動揺する部位の固定性を強化することで、歩行の安定性を確保しつつ課題指向型のトレーニングを提供することが可能となると考える。

本症例は、装具歩行練習により装具歩行能力の改善が見られた一方で、裸足歩行練習を実施していないにも関わらず、裸足歩行も同様な改善が見られ、治療効果を認めた。先行研究では、脳卒中片麻痺患者に対する装具装着による治療効果が報告されている。Klydingら²⁰⁾は、装具装着での練習効果は一定期間の歩行速度向上を認め、装具を取り外した場合でも歩行速度は向上し治療効果を認めたと報告しており、これは練習効果が裸足歩行へ汎化されたことで治療効果が生じると考察されている。本症例の経過から、小脳性運動失調患者においても同様に練習効果が裸足歩行へ汎化されたことで治療効果が生じる可能性が示唆された。また運動学習によって獲得される行動単位であるスキルは、類似した運動課題を繰り返し経験することで獲得するとされている²¹⁾。転移性とは練習課題がもつ目標課題への効果の程度であり、練

習課題Aが目標課題Bを上手にすると、AはBに転移し、運動課題は課題特異的であるほど転移しやすいとされている²¹⁾。本症例は装具歩行練習(A)を一定期間練習することで裸足歩行(B)に転移し治療効果を認めたと考える。

以上のことから小脳性運動失調患者における装具歩行練習は課題指向型トレーニングを可能にし、装具を装着しない歩行に対しても治療効果をもたらす介入方法として有用であると考えられる。

結語

小脳性運動失調患者の歩行障害に対して、短下肢装具を装着した歩行練習は即時的に歩行速度の向上や安定性を向上させた状態で課題指向型トレーニングを可能にするとともに、練習を反復することで裸足歩行へ汎化し、その効果は持続する可能性が示唆された。

【文 献】

- 1) Marsden J, Harris C: Cerebellar ataxia: Pathophysiology and rehabilitation. Clin Rehabil. 2011; 25: 195-216.
- 2) 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.
- 3) Buckley E, Mazzà C, et al.: A systematic review of the gait characteristics associated with Cerebellar Ataxia. Gait Posture. 2018; 60: 154-163.
- 4) Schniepp R, Wuehr M, et al.: Increased gait variability is associated with the history of falls in patients with cerebellar ataxia. J Neurol. 2014; 261: 213-223.
- 5) Miyai I, Ito M, et al.: Cerebellar Ataxia Rehabilitation Trial in Degenerative Cerebellar Diseases. Neurorehabil Neural Repair. 2012; 26 (5): 515-522.
- 6) Freund JE, Stetts DM: Use of trunk stabilization and locomotor training in an adult with cerebellar ataxia: A single system design. Physiother Theory Pract. 2010; 26 (7): 447-458.
- 7) Ilg W, Synofzik M, et al.: Intensive coordinative training improves motor performance in degenerative cerebellar disease. Neurology. 2009; 73 (22): 1823-1830.
- 8) Vas DV, Schettino Rde C, et al.: Treadmill training for ataxic patients: a single-subject experimental design. Clin Rehabil. 2008; 22: 234-241.
- 9) 石井佑穂, 中野克己・他：四肢体幹失調症患者に対する短下肢装具の効果 —立位アライメ

- ントの修正に着目した一症例－. 理学療法－臨床・研究・教育. 2014; 21: 73-76.
- 10) 関崇志, 阿部浩明・他: 油圧制動付短下肢装具を用いた歩行練習を継続し歩容の異常と歩行速度の改善に至った重度の運動失調を呈した頭部外傷後遺症例. 理学療法学. 2018; 45 (6): 400-409.
- 11) Dunning K, O'Dell M, et al.: The functional ambulation: standard treatment vs. Electrical stimulation therapy (fastest) trial for stroke: study design and protocol. Open Access J Clin Trials. 2013; 5: 39-49.
- 12) 鈴木俊明: 筋緊張の評価と治療. 理学療法学. 2006; 33 (4): 180-186.
- 13) Bajd T, Vodovnik L: Pendulum testing of spasticity. J Biomed Eng 1984; 6 (1): 9-16.
- 14) 水野元実, 才藤栄一・他: 調整機能付き後方平板支柱型短下肢装具の開発－その概念と基本性能の検討－. 日本義肢装具学会誌. 2005; 21: 225-233.
- 15) Mari S, Serrao M, et al.: Lower limb antagonist muscle co-activation and its relationship with gait parameters in cerebellar ataxia. Cerebellum. 2014; 13 (2): 226-236.
- 16) Ilg W, Timmann D: Gait ataxia-specific cerebellar influences and their rehabilitation. Mov Disord. 2013; 28 (11): 1566-1575.
- 17) Gibson-Horn C: Balance-Based Torso-Weighting in a Patient with Ataxia and Multiple Sclerosis: A Case Report. J Neurol Phys Ther. 2008; 32 (3): 139-146.
- 18) Im SJ, Kim YH, et al.: The effect of a task-specific locomotor training strategy on gait stability in patients with cerebellar disease: a feasibility study. Disabil Rehabil. 2017; 39 (10): 1002-1008.
- 19) Serrao M, Casali C, et al.: Use of dynamic movement orthoses to improve gait stability and trunk control in ataxic patients. Eur J Phys Rehabil Med. 2017; 53 (5): 735-743.
- 20) Kluding MP, Dunning K, et al.: Foot Drop Stimulation Versus Ankle Foot Orthosis After Stroke: 30-Week Outcomes. Stroke. 2013; 44 (6): 1660-1669.
- 21) 園田茂, 才藤栄一・他: 最強の回復期リハビリテーション－FIT program. 一般財団法人学会誌刊行センター, 東京, 2015, pp. 14-30.