症例報告

急性期脳卒中患者に対してウェルウォーク WW-1000 を用いて歩行練習を行った1症例　― 効果と開始時期の検討 ―*

永田健太郎・小口和代・伊藤正典・星野高志・山口裕一

【要　旨】

急性期脳卒中患者においてウェルウォーク WW-1000（以下，WW）を用いた歩行練習を開始した症例の経過を報告し，その効果および開始時期を検討した．症例は左被殻出血により右片麻痺を呈した64歳の男性．第3病日より当院救命センターにて理学療法開始，第5病日に尿路感染による発熱が生じた．第10病日には全身状態が落ち着き，第17病日より通常理学療法に加えWW練習を開始し，4週間実施した．歩行距離は増大し，運動機能，バランス機能は改善した．歩行に関して，開始時はサイドケイン，短下肢装具を用いて最大介助であったが，終了時にはT字杖，短下肢装具を用いて監視レベルとなり，歩行介助量の軽減や歩容の改善，歩行速度の向上が得られた．本症例は，第17病日よりWW練習を開始し，終了まで全身状態の悪化や麻痺の増悪などの有害事象はなく，急性期からのWW練習は安全に実施することができた．開始時期については，より早期から開始できる可能性があると考えられた．

キーワード：脳卒中，急性期，ロボット

はじめに

脳卒中治療ガイドライン2015において，急性期リハビリテーションでは「不動・廃用症候群を予防し，早期の日常生活動作（activity of daily living；以下，ADL）向上と社会復帰を図るために，十分なリスク管理のもとにできるだけ発症後早期から座位・立位，装具を用いた歩行訓練，積極的なリハビリテーションを行うことが強く勧められる（グレードA）」[1]，「歩行補助ロボットを用いた歩行訓練は発症3カ月以内の歩行不能例に勧められる（グレードB）」[2]と示されている．また，令和2年度診療報酬改定で運動量増加機器加算が新設され，脳血管疾患に対するロボットを用いた歩行練習の効果が期待されている．

歩行補助ロボットの一つである，ウェルウォーク WW-1000（以下，WW）はトヨタ自動車株式会社と藤田医科大学が共同開発した，脳卒中片麻痺患者の歩行練習支援を目的としたロボットである[3-5]（図1）．①安全懸架ハーネス，②脚免荷ハーネス，③操作パネル，④正面モニタ，⑤膝関節モータ角度センサ，⑥足関節可動範囲可変機構，⑦低床トレッドミル，⑧足圧センサ，で構成される[6]．足圧センサより麻痺側下肢の荷重率や立脚時間，歩行率などの測定が可能である．また，正面モニタを使用した視覚フィードバック，荷重率や膝折れエラーを音で知らせる音声フィードバックなど，リアルタイムの豊富なフィードバック手段や，膝伸展アシスト（10段階，最小Lv．1～最大Lv．10），振り出しアシスト（6段階，最小Lv．1～最大Lv．6）といった補助調整性が特徴である．これらのフィードバック機能やアシスト量を調整することで，患者の身体機能に合わせた難易度の歩行練習が可能である[7]．

近年，急性期，回復期，生活期でWWを使用し

＊ Gait exercise by using Welwalk WW-1000 for patient with acute stroke -the effects and consideration of start time- a case report

刈谷豊田総合病院　リハビリテーション科
（〒448-8505　愛知県刈谷市住吉町5丁目15番地）
Kentaro Nagata, PT, Kazuyo Oguchi MD, PhD, Masanori Itoh, PT, MS, Takashi Hoshino, PT, PhD, Yuichi Yamaguchi, PT: Department of Rehabilitation, Kariya Toyota General Hospital

E-mail: ngt_kntr_0418@yahoo.co.jp

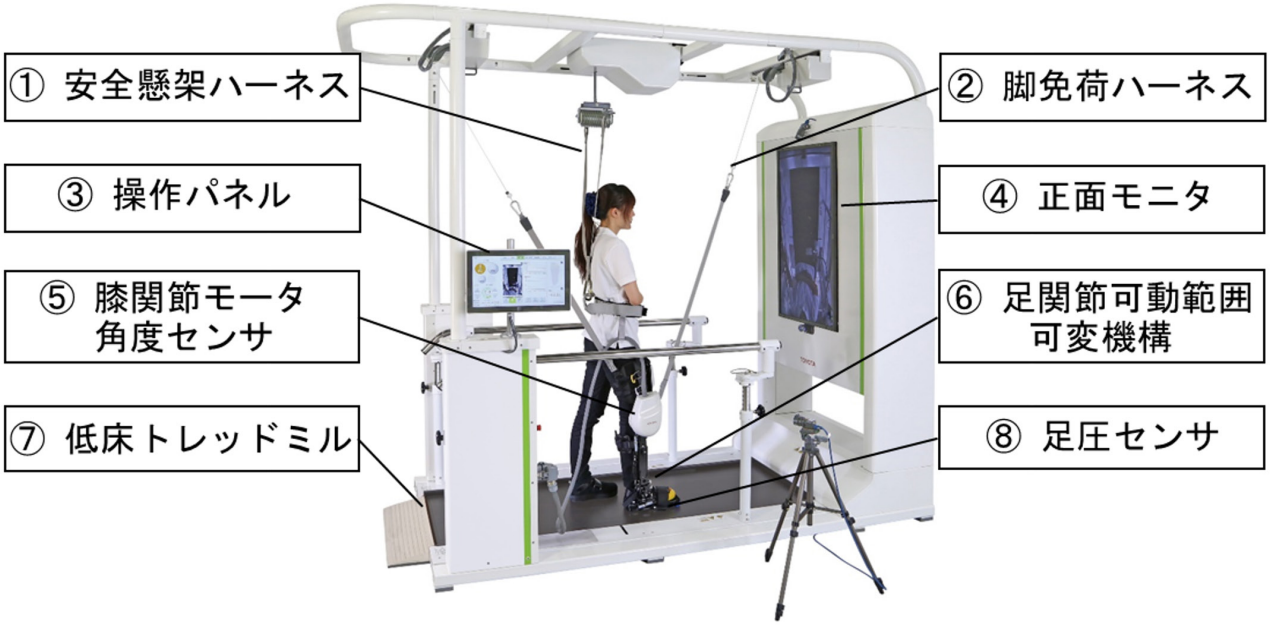

図 1．ウェルウォーク WW-1000（トヨタ自動車の許可を得て使用）

た歩行練習の効果が報告されている[8-12]．平野らは，発症 60 日以内の脳卒中片麻痺患者に対して，WW の前身である Gait Exercise Assist Robot（GEAR）を用いた歩行練習を 1 日 40 分，週 5 日行った群（WW 群）と，一般的な理学療法のみ行った群（対照群）を比較し，歩行自立度がより早く改善する可能性を示したと報告しており，WW を使用した歩行練習の有効性を報告している[13]．また，長森らは急性期（第 5 病日）より WW 練習を開始し，歩行能力が改善した症例を報告している[14]．しかし，急性期より WW 練習を開始した報告は少なく，最適な開始時期は明らかではない．本研究では，急性期脳卒中患者において WW 練習を開始した症例の経過および効果，開始時期について検討したので報告する．

症例紹介

症例は，左被殻出血により，右片麻痺を呈した 64 歳の男性（身長 170.0 cm，体重 53.0 kg，BMI 18.3）である．運動機能に影響する既往歴は無く，入院前 ADL は自立であった．理学療法開始時，第 3 病日の National Institute of Health Stroke Scale（NIHSS）は 14 点，運動麻痺は Stroke Impairment Assessment Set（以下，SIAS）の運動項目で 0-0-1-2-2，感覚は SIAS の感覚項目（以下，SIAS 感覚）で触覚，位置覚の順に SIAS 感覚 2-2 であった．認知機能は Mini Mental State Examination（MMSE）22 点，軽度の病識低下や離床意欲の低下はみられたものの，明らかな高次脳機能障害はなかった．被殻出血の血腫の大きさは 24 mm ＊ 15 mm ＊ 34 mm（縦＊横＊高さ）で保存的に加療された（図 2）．入院時の血圧は 200/99 mmHg で降圧剤による点滴治療が開始された．

経過

第 3 病日より救命センターにて理学療法，作業療法を開始した（血圧 130 / 80 mmHg）．第 5 病日より手すりと短下肢装具（Adjustable Posterior Strut-Ankle Foot Orthosis；以下，APS-AFO），（足継手背屈 2°　固定）を用い，最大介助にて平地での歩行練習を開始した（4 m × 2 セット，計 8 m）．同日夜間に，尿路感染により 40.0℃の発熱があり，抗生剤が開始された．2 日で解熱し，第 10 病日に一般病棟へ転棟した．第 12 病日にリハビリテーション科医師の診察にて，全身状態が安定しており，歩行練習を積極的に行える状態であるため，WW 適応と判断され，第 17 病日より WW 練習を開始した．WW 練習を 2 単位，通常の理学療法，作業療法，言語療法を 7 単位，合計 9 単位を実施した．通常の理学療法では，下肢筋力強化運動や立位バランス練習，ADL 練習を行った（図 3）．

1．WW 練習

WW 練習は 1 日 2 単位，週 5 日，4 週間（第 17 病日から第 42 病日）実施した．時間の内訳は，ロボット脚着脱 10 分程度，歩行練習 20 分程度，施行間休憩，バイタル測定，フィードバックなどが 10 分程度であった．WW 練習の目標を「WW

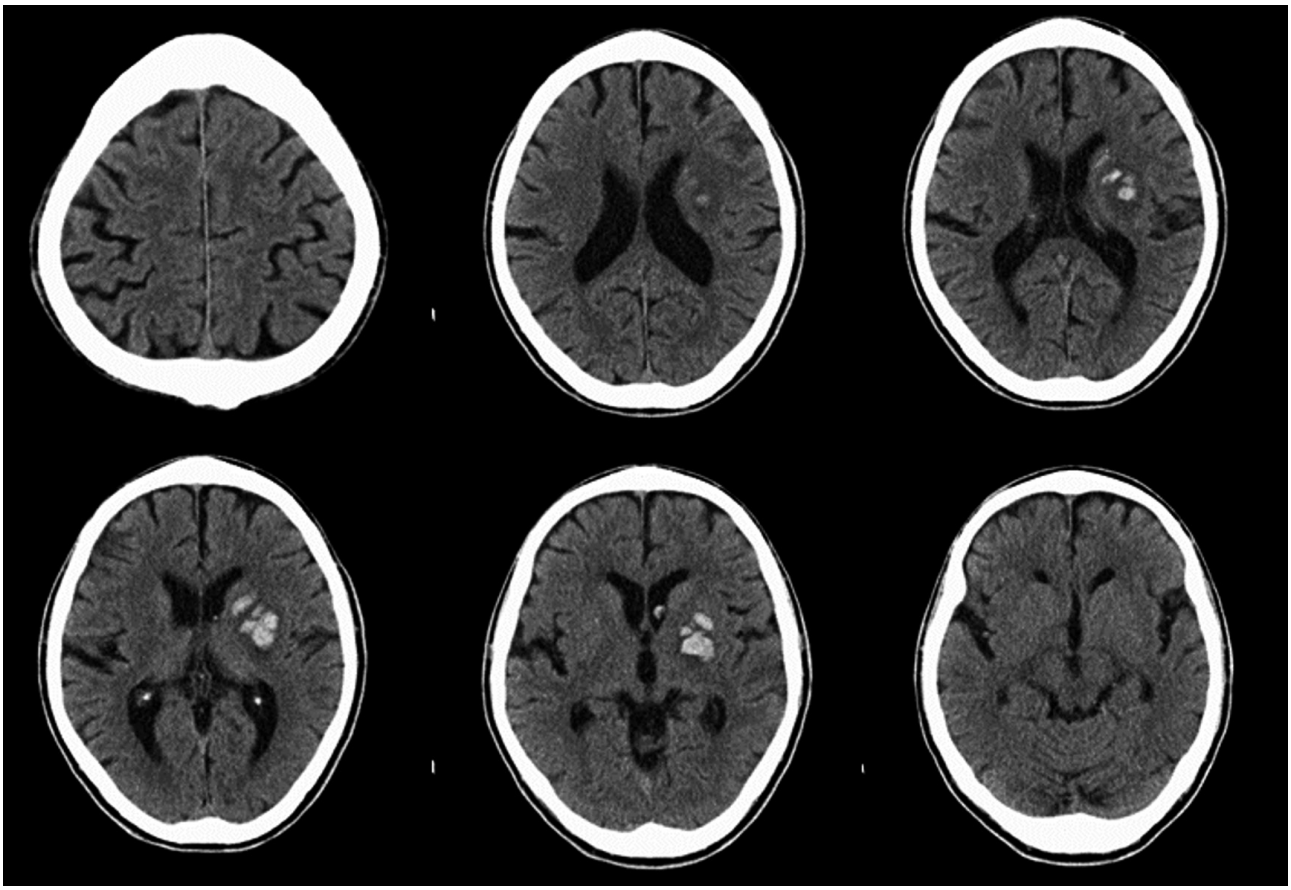

図2．発症時CT画像

上左：皮質レベル，上中：放線冠レベル，上右と下左と下中：視床レベル，下右：中脳レベル
血腫の大きさは24 mm ＊ 15 mm ＊ 34 mm（縦＊横＊高さ）

での歩行に慣れる」，「WW上での監視歩行を獲得する」，「WWのアシストを減らしていく」と段階的に設定した．WW練習開始初日は，WWでの歩行に慣れるため，トレッドミル速度を低速の 0.2 km/h とした．WW開始時の平地歩行評価にて麻痺側立脚期での過度な膝屈曲が見られ，遊脚期では振り出しに介助を要したため，膝伸展アシスト Lv. 10（最大），振り出しアシスト Lv. 6（最大）で開始した．体幹伸展を保持できていたため，転倒防止ハーネスを使用した．2週目にWW上での監視歩行を獲得できたが，非麻痺側上肢での手すりの把握が強く，麻痺側立脚期の平均荷重率は 58.9% と低値だった．麻痺側立脚期における徒手的な重心移動の介助や正面モニタに垂直線を表示し，麻痺側下肢への重心移動と荷重を促すことで，3週目には平均荷重率は70.9%まで増加し，手すりの把握は減少した．しかし，膝伸展アシストを減らすと麻痺側立脚期での過度な膝屈曲（平均19°，最大31.5°）が生じた．そのため，膝屈曲エラーの音声フィードバック（立脚期で膝関節が30°以上の屈曲で反応するように設定）を用いて，立脚期における膝関節伸展の練習を繰り返し行い，立脚期の支持性向上を図った．本症例は，WW開始から3週目の第35病日に当院回復期病棟へ転棟した．その後もWW練習を継続し，WW練習開始から4週目にはWW上で最小アシストにて監視歩行が可能となった．日常生活場面での歩行練習へ移行させていくため，第42病日にWW練習は終了とした．WW練習終了時には，トレッドミル速度は 0.7 km/h，平均荷重率は 74.2%，膝伸展アシスト Lv. 1（最小），振り出しアシスト Lv. 1（最小）となった．最終的には脚ロボットを外し，短下肢装具でのトレッドミル歩行練習が可能となった（表1）．WW練習終了後は通常理学療法の単位を増やし，日常生活場面での歩行練習やADL練習を集中的に実施し，第59病日に転院となった．転院時のADLは病棟内をT字杖，短下肢装具を用いて歩行監視，トイレはオムツ内失禁が多く，また，ベッドサイドでの転倒があり，自立には至らなかった．

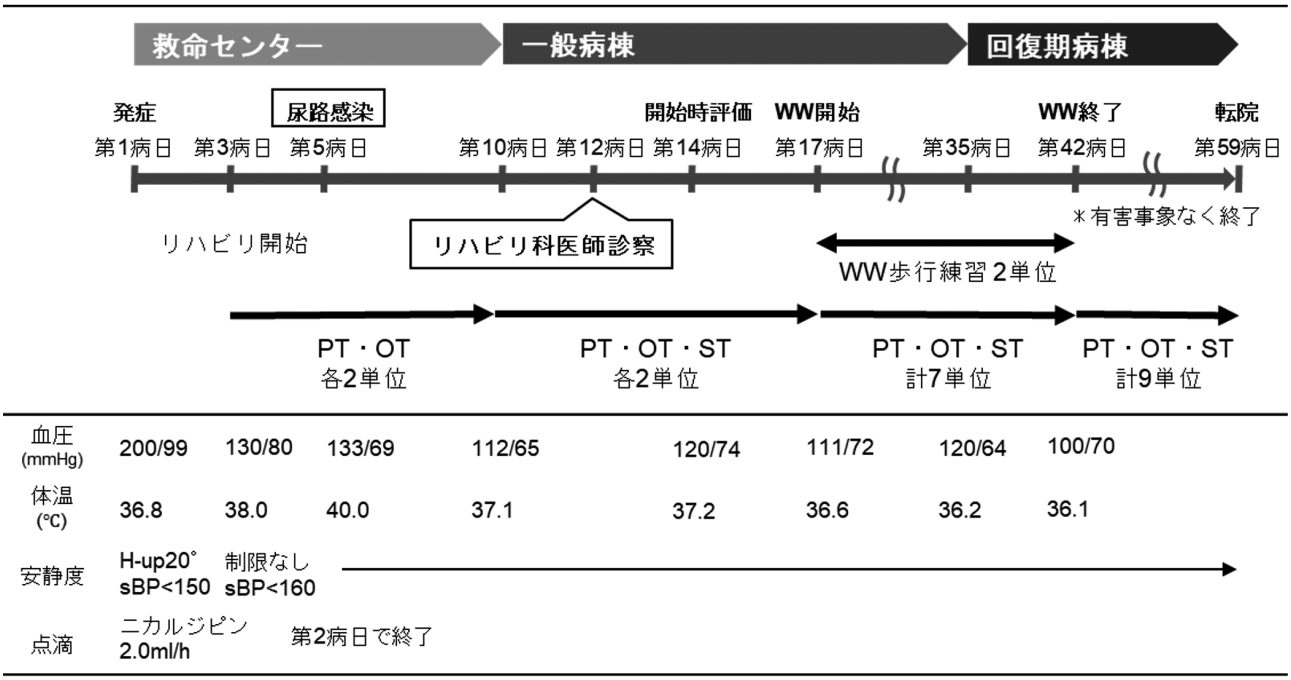

図 3.　発症からの経過と全身状態の推移

WW: ウェルウォーク WW-1000，sBP: systolic blood pressure 収縮期血圧，H-up: Head-up 電動ベッドのヘッドアップ

表 1.　ウェルウォークの経過

	開始時	1 週	2 週	3 週	終了時
膝伸展アシスト（Lv.）*1	10	7	5	7	1
振出しアシスト（Lv.）*2	6	2	2	1	1
平均荷重率（%）*3	58.9	65.1	70.0	70.9	74.2
平均トレッドミル速度（km/h）	0.2	0.4	0.6	0.6	0.7
平均歩行距離（m/ 日）*4	―	135	178	193	220

*1　Lv. 1（最小）～ Lv. 10（最大）　*2　Lv. 1（最小）～ Lv. 6（最大）　*3　全体重に対する麻痺側下肢の荷重量
*4　ウェルウォーク練習のみの平均歩行距離

2. 評価方法

評価は SIAS の下肢運動項目（股関節屈曲－膝関節伸展－足関節底背屈）（以下，SIAS 下肢），SIAS 感覚（触覚－位置覚），SIAS の体幹項目（腹筋－垂直性）（以下，SIAS 体幹），Berg Balance Scale（以下，BBS），10 m 歩行テストにて歩行介助量，および歩行速度を WW 練習開始時，1 週，2 週，3 週，終了時と 1 週毎に評価した．歩行距離について，WW 練習開始までの通常の理学療法での平地歩行練習距離は診療録より，WW 練習の歩行距離は WW 内データから抽出した．また，WW 練習のトレッドミル速度，麻痺側下肢立脚期の平均荷重率（全体重に対する荷重量），膝伸展アシスト，振り出しアシストは WW 内データから抽出した．

3. 評価結果（表 2）

WW 練習開始時の運動機能は，SIAS 下肢 1-2-2 であったが，終了時には 4-3-3 になり，随意性が向上した．感覚は，SIAS 感覚 2-3 から 3-3，体幹機能は SIAS 体幹 2-3 から 3-3 と改善した．バランス機能は，BBS 23 点から 45 点に改善した．平地歩行は，WW 開始時ではサイドケイン，APS-AFO を用いて 3 動作揃え型で最大介助だったが，2 週で 4 点杖，APS-AFO を用いて 2 動作前型，監視となり，終了時には T 字杖，APS-AFO にて 2 動作前型，監視となった．歩行速度は，0.07 m/s から 0.53 m/s と改善した．歩行距離について，WW 開始前の通常の理学療法での平地歩行距離は，平均で発症 1 週目は 11 m/ 日，発症 2 週目は 12 m/ 日であった．WW 練習開始後は WW 練習のみの歩

表 2. 評価結果

	開始時	1 週	2 週	3 週	終了時
SIAS 下肢（股関節屈曲－膝関節伸展－足関節底背屈）	1-2-2	3-2-2	3-3-3	3-3-3	4-3-3
SIAS 感覚（触覚－位置覚）	2-3	3-3	3-3	3-3	3-3
SIAS 体幹（腹筋－垂直性）	2-3	3-3	3-3	3-3	3-3
BBS 合計（点）	23	28	33	42	45
1. 車椅子からの立ち上がり	2	3	3	4	4
2. 静止立位保持	3	3	3	4	4
3. 座位保持	4	4	4	4	4
4. 立位から座位	1	2	4	4	4
5. 移乗	1	2	2	2	3
6. 閉眼立位バランス	3	3	3	4	4
7. 閉脚立位バランス	0	1	3	4	4
8. 立位前方リーチ	3	3	3	3	3
9. 床からの拾い上げ	3	3	3	4	4
10. 後ろを振り向く	3	3	4	4	4
11. 一回転	0	1	1	2	2
12. 踏み台への足乗せ	0	0	0	2	3
13. タンデム立位	0	0	0	0	1
14. 片脚立位	0	0	0	1	1
平地歩行（10 m 歩行テスト）					
歩行介助量	最大介助	中等度介助	監視	監視	監視
歩行速度（m/s）	0.07	0.09	0.24	0.33	0.53
歩行補助具	サイドケイン	4 点杖	4 点杖	4 点杖	T 字杖
下肢装具	APS-AFO	APS-AFO	APS-AFO	APS-AFO	APS-AFO
歩行様式	3 動作揃え型	3 動作揃え型	2 動作前型	2 動作前型	2 動作前型

SIAS: Stroke Impairment Assessment Set　BBS: Berg Balance Scale　FIM: Functional Independence Measure
APS-AFO: Adjustable Posterior Strut-Ankle Foot Orthosis

図 4. 10 m 歩行テストの様子
（左：第 14 病日，右：第 42 病日）

第 14 病日（Welwalk 開始時）は，サイドケイン，短下肢装具を用いて麻痺側立脚期の支持と遊脚期の振出に介助を要した．第 42 病日（Welwalk 終了時）はT字杖，短下肢装具を用いて監視歩行が可能となった．

行距離で WW1 週 135 m/日，WW2 週 178 m/日，WW3 週 193 m/日，WW4 週 220 m/日と増加した（図 5）．

考察

急性期での WW 練習の効果に関して，宮永らは右被殻出血により左片麻痺（SIAS 下肢 0-0-0，SIAS 感覚 1-1，SIAS 体幹 1-1），高次脳機能障害（左半側空間無視と注意障害）を呈した患者（50 歳代，男性）に，第 14 病日から WW を用いた歩行練習を開始し，開始時の最大介助から，4 週目で監視と歩行介助量が軽減したと報告している．その理由に，視覚フィードバックと音声フィードバックを用いて歩行練習に集中しやすい環境を整え，振り出しアシストと歩行速度を調整し適切な難易度での歩行練習が提供できたことを挙げている[15]．年齢や脳損傷側，WW 練習開始時の身体機能は異なるが，本症例においても同様に，変化する身体機能に合わせてアシストを調整すること

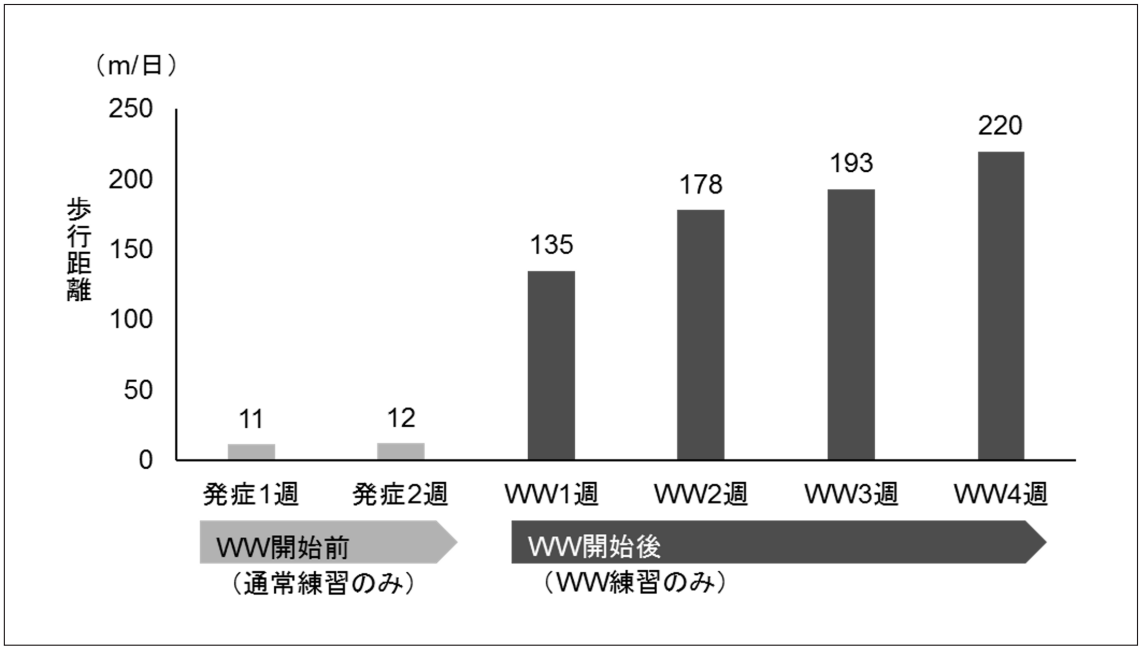

図 5．歩行距離の経過（1 日平均歩行距離）

WW: ウェルウォーク WW-1000

で適切な難易度での歩行練習が実施でき，歩行介助量の軽減や歩行速度の向上に寄与した可能性が考えられた．さらに，本症例では，3 動作揃え型歩行から 2 動作前型歩行へと歩容の改善も得られた．脳卒中片麻痺者において，杖での 2 動作歩行獲得のために非麻痺側片脚立位バランスが重要であると報告されている[16]．今回，BBS の結果から非麻痺側だけでなく，麻痺側支持性（BBS 項目 11. 一回転，12. 踏み台への足乗せ，13. タンデム立位，14. 片脚立位）の向上も得られた．また，WW 練習中の麻痺側立脚期の平均荷重率は 58.9% から 74.2% まで増加した．これらの要因として，感覚，体幹機能が良好で，認知機能が良く，音声フィードバックが有効であり，効果的な麻痺側立脚期の安定性向上のための練習を実施出来た可能性が考えられた．

長森らは左橋梗塞にて右片麻痺を呈した症例（70 歳代，男性）に対して，第 5 病日より通常歩行練習 20 分に加え，着脱の時間を含めた 20 分の WW 歩行練習を 9 日間実施し，SIAS 下肢が 0-0-1 から 4-3-1 と改善，10 m 歩行テストにて歩行速度は 0.03 m/s から 0.26 m/s と向上，介助量は最大介助から軽介助へ軽減，通常の歩行練習と比較して WW 練習において総歩行距離が増大したと報告している[14]．本症例においても，WW 開始により歩行距離は増大し，歩行速度の向上，歩行介助量の軽減といった歩行能力の改善が得られた．

WW 練習開始時期について，本症例は第 17 病日より WW 練習を開始した．Hoshino らは，急性期脳卒中では第 3 病日から姿勢変化に対し自律神経活動は適応し，第 7 病日にかけて改善が得られたと報告している[17]．WW 練習開始に際して，リスク管理の視点からリハビリテーション科医師の診察にて適応判断を実施した．WW 練習開始から終了に至るまで有害事象はなく，安全に実施できたと考えられる．本症例は第 5 病日に尿路感染による発熱を生じたが，第 10 病日には全身状態が安定し一般病棟へ転棟していることや，先行研究を考慮しても，より早期から WW 練習を開始できた可能性が考えられた．当院の WW 練習開始までのプロセスは，リハビリテーション科医師の診察の後，次の月曜日から週 5 回実施することとしている．そのため，WW 練習開始までに数日空いてしまうことがある．速やかに WW 練習を開始できる仕組み作りが今後の課題である．

WW は，体重の部分免荷が可能な安全懸架装置や車椅子のまま乗り入れ可能な低床トレッドミルなど安全面においても配慮されている[7) 18]．また，急性期では身体機能が自然回復によって急激に変化するが，その変化に応じたアシストの調整が可能である．さらに，長下肢装具を使用した平地歩行練習と比較して，立脚期で膝関節屈曲が生じない，遊脚期で膝関節屈曲を伴った振り出しが行えるといった，長下肢装具と短下肢装具の利点を兼ねた歩行様式での練習が可能である．これらの点からも，急性期から WW を開始する利点は大

きいと考える．現在，急性期におけるWW練習の明確な適応基準はなく，全身状態や障害の重症度を考慮し，個別に検討している．全身状態（バイタルサイン）の安定，病態の安定（出血傾向，血腫増大，脳浮腫，麻痺悪化がない）など，リスク管理を考慮した上で，WW練習を開始していくことは，急性期脳卒中の理学療法において有効となる可能性が考えられる．

本研究の限界として，症例報告であり，急性期からのWW練習の有効性やWW歩行練習開始時期の妥当性については十分に検討できない．通常練習よりもWWを用いた歩行練習で高い効果が得られたか明らかになっておらず，通常練習よりも効果があるのかはさらなる検討が必要である．

結論

本症例は，第17病日からWW練習を開始した．全身状態の悪化などの有害事象なくWW練習が実施でき，歩行介助量の軽減，歩容の改善，歩行速度の向上といった歩行能力の改善が得られた．通常の理学療法に加え，WWを用いた歩行練習を実施することは，歩行距離を増大し，身体機能や歩行能力の向上に効果がある可能性が示唆された．また，本症例において，急性期からのWW練習を安全に実施することはできたが，より早期から開始できた可能性があり，さらなる検討が必要である．

倫理的配慮

当院倫理委員会の規定に準じて，本症例の報告について患者および家族へ口頭で十分に説明を行い，書面にて同意を得た．

【文　献】

1) 日本脳卒中協会 脳卒中ガイドライン委員会：脳卒中治療ガイドライン2015．協和企画，東京，2015，pp. 277-278
2) 日本脳卒中協会 脳卒中ガイドライン委員会：脳卒中治療ガイドライン2015．協和企画，東京，2015，pp. 288-289
3) Hirano S, Saitoh E, et al.: The feature of Gait Exercise Assist Robot—precise assist control and enriched feedback. Neuro Rehabilitation. 2017; 41: 77-84
4) 平野哲，才藤栄一・他：歩行練習アシスト（GEAR）と運動学習．The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine. 2017; 54: 9-13
5) 平野哲，才藤栄一・他：動画で見るリハビリテーションロボットの臨床応用の実際 4. 歩行練習アシスト（GEAR）. Journal of Clinical Rehabilitation. 2016; 25: 322-327
6) 山内実，今井田昌幸・他：片麻痺者向け歩行練習支援ロボット「ウェルウォークWW-1000」．日本ロボット学会誌．2019; 37 (1) : 65-66
7) 才藤栄一，平野哲・他：運動学習と歩行練習ロボット―片麻痺の歩行再建―．The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine. 2016; 53 (1) : 27-34
8) Tomida K, Sonoda S, et al.: Randomized controlled trial of gait training using gait exercise assist robot (GEAR) in stroke patients with hemiplegia. J Stroke Cerebrovasc Dis. 2019; 28: 2421-2428
9) Itoh N, Imoto D, et al.: Gait training using a stationary, one-leg gait exercise assist robot for chronic stroke hemiplegia: a case report. J Phys Ther Sci. 2018; 30: 1046-1051
10) 伊藤正典，小口和代・他：歩行練習アシストを用いた歩行練習を実施した片麻痺患者の歩行能力と身体機能の変化．理学療法学Supplement. 2016; 43 (suppl) . No.2. https://www.jstage.jst.go.jp/article/cjpt/2015/0/2015_1007/_article/-char/ja/ (2021年4月29日引用)
11) 鈴木章仁，内藤恵介・他：ウェルウォークWW-1000による歩行練習が移乗動作に及ぼす効果．愛知県理学療法学会誌．2020; 32 (1) : 41-46
12) 西山章太，山下皓平・他：慢性期脳卒中片麻痺患者におけるWelwalk の歩行に対する影響．近畿理学療法学術大会誌．2019; 48. http://kinki58.umin.jp/cd/ippan.html (2021年4月29日引用)
13) 平野哲，加賀谷斉・他：脳卒中片麻痺者に対する歩行練習アシスト（GEAR）の有効性の検討．Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science. 2017; 8: 71-76
14) 長森香奈，中﨑亨・他：急性期脳卒中片麻痺患者に対するウェルウォークの使用経験．愛知県理学療法学会誌．2019; 31 (suppl) : 51
15) 宮永陽亮，平川裕紀・他：「ウェルウォークWW-1000」を使用して歩行能力の早期改善を認めた1症例－高次脳機能障害を呈する脳卒中片麻痺患者－．臨床と理学療法．2019; 6 (3) : 20
16) 松山徹，山田雪雄・他：脳卒中片麻痺患者の杖歩行の分析（第1報）－2動作，3動作歩行の一考察－．理学療法学．1985; 12: 169

17) Hoshino T, Oguchi K et al.: Recovery of autonomic function assessed by heart rate variability after stroke. Physiotherapy. 2016; 102s: E105-E106

18) 平野哲：脳卒中患者の歩行再建をめざしたロボットリハビリテーション．The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine. 2020; 57: 392-398