

## 症例報告



## 不全頸髄損傷者に対するウェルウォーク WW-1000 を使用した歩行練習\*

柴田将寛・山田将成・牧 芳昭

### 【要旨】

【はじめに】今回、不全頸髄損傷者に対してウェルウォーク WW-1000 を用いた歩行練習（以下、WW 練習）を実施したため報告する。【症例紹介】50 歳代男性。転落により C2-4 脊髄損傷を受傷し、受傷後 12 日に当院へ転院した。高位残存レベルは C4、American spinal injury association（以下、ASIA）lower extremity motor score（右/左）は 4/18、ASIA impairment scale は C であった。【経過】WW 練習は、歩行状態に合わせアシスト量は漸減、速度・時間は漸増させ 4 週間実施した。ASIA lower extremity motor score（右/左）は 21/25、walking index for spinal cord injury- II は 18、10 meters walking test は 0.96 m/s となった。【考察】不全脊髄損傷者でも歩行獲得が望め、片側の下肢機能が良好な例においては WW 練習が有用となる可能性が示唆された。

キーワード：ウェルウォーク WW-1000、頸髄損傷、歩行

### はじめに

脊髄損傷（spinal cord injury；以下、SCI）者に関して、近年の外傷性 SCI の推定発生率や頸髄損傷率、転倒による不完全損傷は日本における急激な高齢化の進展に起因し増加しており、重症度に関しては Frankel grade D が最多との報告<sup>1)</sup>がある。また、麻痺の形態も 8 割以上が不全麻痺を呈し、歩行獲得に関しては、何らかの形で歩行が可能となる例が多くなっており<sup>2)</sup>、発症約 4.5 週の時点で American spinal injury association（以下、ASIA）impairment scale（以下、AIS）C および D と判定された患者は、6 か月までに地域活動に必要な距離をゆっくりとした速度で歩く能力を回復する可能性がある<sup>3)</sup>と報告<sup>3)</sup>されている。不全 SCI (incomplete spinal cord injury；以下、ISCI) による歩行障害は

日常生活動作や生活の質の低下につながるため、歩行再建は理学療法実施上の主たる目標である。そのため実用的な歩行能力の獲得の可能性を考慮し、早期に積極的な介入を行う必要がある<sup>2) 4) 5)</sup>。

SCI 者に対する歩行再建に関して、従来の理学療法に加えて、体重免荷型トレッドミル（body weight support treadmill training；以下、BWSTT）やロボット支援歩行練習（robot assist gait training；以下、RAGT）、機能的電気刺激（functional electrical stimulation）等の使用に関する報告がある<sup>2) 6)</sup>。理学療法ガイドラインでは、BWSTT や RAGT での歩行練習は、平地歩行より練習量の促進や歩行介助者の負担軽減が期待できるとされており、平地歩行と同等の歩行速度・歩行耐久性の改善が期待できるとされている<sup>2)</sup>。しかし、Cochrane review では取り込める論文の数が少ないことや、各々のプロトコル、アウトカムが異なることから、歩行機能を改善するために、従来の歩行練習と比較し BWSTT や RAGT、機能的電気刺激が効果的であると結論づけるには、十分な証拠がないと結論づけており<sup>6)</sup>、従来の平地歩行練習と比較し、RAGT の優位性は明らかになっていない。

先行研究で SCI 者に対して RAGT で使用されて

\* Gait training using the Welwalk WW-1000 for patient with incomplete spinal cord injury -a 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  
Masahiro Shibata, PT, Masanari Yamada, PT, MS,  
Yoshiaki Maki, PT, MS: Department of Rehabilitation,  
Ukai Rehabilitation Hospital

# E-mail: tiad.b.ktp.a.wtp@gmail.com

(受付日 2023年6月29日/受理日 2023年12月11日)

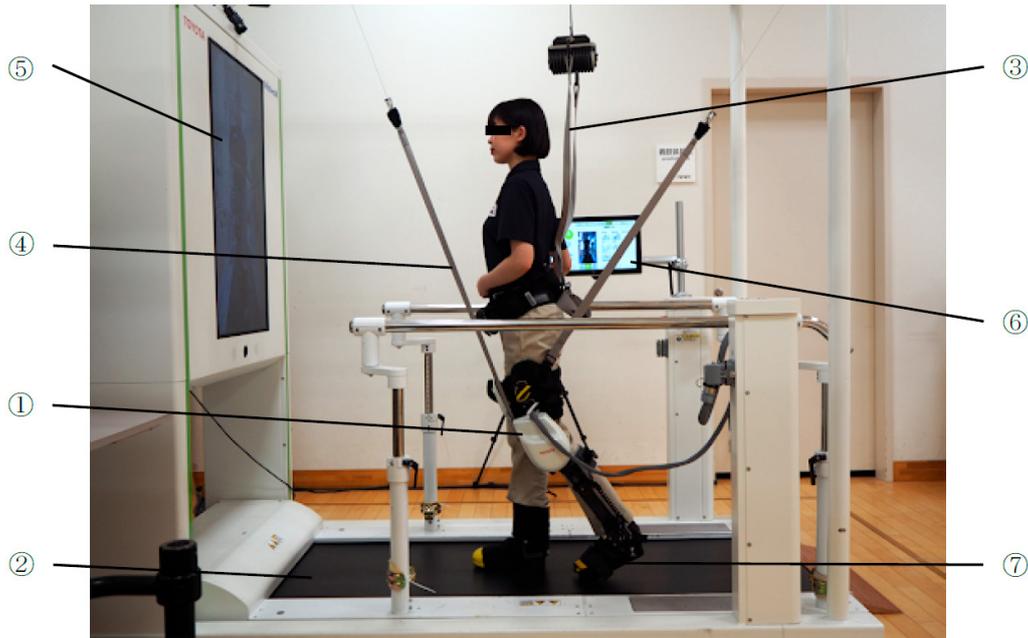


図1. ウェルウォーク WW-1000 の概要

①ロボット脚（膝関節モータ角度センサ）、②低床型トレッドミル、③安全懸架装置、④脚部免荷装置、⑤前面モニタ、⑥操作パネル、⑦圧力センサ

いることが多い歩行補助ロボットは、Hocoma 社（スイス）が SCI 者を対象に開発した Lokomat<sup>®</sup> である。Lokomat<sup>®</sup> は、ハーネスによる体重免荷システムに外骨格による関節運動を組み合わせたシステムで、トレッドミル上で股関節と膝関節に対してモータによって受動的な歩行動作を実現するロボットである<sup>7)</sup>。Lokomat<sup>®</sup> は骨盤帯から両下肢をロボットでアシストするため、介助にて立位練習が可能となる早期から発症後 1 年以上経過した慢性期まで主に海外において幅広く利用されている<sup>7)8)</sup>。本邦において導入施設が多い歩行補助ロボットとして、藤田医科大学とトヨタ自動車株式会社が共同開発し、脳卒中片麻痺患者の歩行練習を目的としたウェルウォーク WW-1000（以下、WW）（図 1）がある。WW はロボット脚、低床型トレッドミル、安全懸架装置（体重免荷装置としても使用可能）、脚部免荷装置、前面モニタ、操作パネルから構成され、トレッドミル上で歩行練習を行う。下肢に対するアシスト機能は振り出しアシストと膝伸展アシストがある。振り出しアシストは脚部免荷装置による振り出しの補助を行い 6 段階の変更が可能である。膝関節モータ角度センサは、遊脚期に膝関節の屈曲・伸展を行いクリアランスを確保し、立脚期には膝伸展を補助し、膝伸展アシストのトルクは 10 段階の変更が可能である。両アシストともロボット脚足底部の圧力センサと膝関節角度から歩行周期を判断し適切なタイ

ミングでアシストを行う。また、WW の特徴として豊富なフィードバック機構がある。患者向けのフィードバック項目には、前面モニタを用いた視覚フィードバックと音声フィードバックが存在する。前面モニタには全身像（鏡像）、足元像、側面像を選択して表示可能であるほか、垂直線（姿勢修正のフィードバックとして使用）、足部目標位置、麻痺側荷重量（足部全体または前足部）、足圧中心軌跡を重ねて表示できる。音声フィードバックとしては、膝折れ、荷重成功などが提示可能である<sup>9)</sup>。WW では遊脚期での短下肢装具と立脚期での長下肢装具の長所を活かすことができるとされており、WW は患者の麻痺の状態や歩行能力に応じてスムーズにアシスト量を調整できるため、最小限のアシスト量で歩行ができる。これらの機能や利点から、WW の効果として、歩行に介助が必要である脳卒中患者に対し、通常の歩行練習を実施した群と比較して、functional independence measure（以下、FIM）歩行の改善効率を有意に向上させることが報告されている<sup>10)11)</sup>。

Lokomat<sup>®</sup> は骨盤帯から両脚をロボットアシストする<sup>8)</sup> のに対し、WW は片脚のみのアシストであるが、体重免荷装置を併用しつつ片脚のアシストのみで歩行が可能の場合、WW の適用が可能になると考える。

今回、ISCI 者に対して、より機能が低下した下肢に対してアシストをすることによって多数歩練

習を実施し、下肢機能の回復と歩行自立度の改善を目指した WW 練習を実施したため報告する。

## 症例紹介

症例は、50 歳代男性、身長 175cm、体重 96kg。受傷前は建設業をしており、作業中にトラックの荷台より転落し四肢麻痺を呈し救急搬送された。搬送先での MRI にて C2-4 の分節型後縦靭帯骨化症と同部位に SCI を認めた。受傷直後は、胸式呼吸の減弱と C5 以下の筋力低下が見られた。また、知覚障害と C5 領域にアロディニアも認めた。同日、頸髄後方除圧術と椎弓形成術を施行し、受傷から 12 日後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。併存疾患には、糖尿病、高血圧、後縦靭帯骨化症があり、服薬は、疼痛治療薬としてプレガバリン、セレコキシブ、アセトアミノフェン、不眠症治療薬としてベルソムラが処方されていた。また、頸椎カラーを装着しており、前院へ確認したところ術後 1 か月は着用が必要と指示を得た。排尿に関してはバルーンカテーテルが挿入されており、排便に関しては非排泄期間に応じて適宜、浣腸や摘便を実施していた。

入院時の ASIA を用いた理学療法評価では、高位残存レベルは C4、ASIA lower extremity motor score (以下、LEMS) (右/左) は 4/18、AIS は C であった。これらの評価をもとに、SCI 者の歩行自立確率を予測する van Middendorp らの予測曲線<sup>12)</sup> に当てはめスコアを算出するとスコアは 34 であり、1 年後に約 100% の確率で自立歩行が獲得できると予測された。

## 倫理的配慮

報告にあたり症例には口頭にて十分な説明を行い、書面にて同意を得た。

## 経過

回復期リハビリテーション病院入院翌日より理学療法を開始した。理学療法は 1 日あたり 120 分実施し、臥位での関節可動域運動や下肢筋力増強運動を計 30 分、チルトテーブルでの下肢荷重練習を 40 分、懸垂装置で 25-30% body weight (以下、BW) での体重免荷と knee brace を装着した状態で平行棒内の立位保持練習を 50 分行った。主治医から注意点や負荷量など具体的な指示はなかったものの、下肢荷重練習や立位保持練習では下腿に弾性包帯を巻き、自覚症状の聴取や、他覚症状の観察、血圧の測定を行い、適宜休息を取りつつ、起

立性低血圧の発生に留意しながら介入を行った。入院 5 日目 (発症より 17 日目) から臥位での運動 30 分、下肢荷重練習 30 分に加えて、平地歩行練習を 60 分間行った。平地歩行練習は懸垂装置を使用し 20%BW 懸垂下で、右下肢に knee-ankle foot orthosis (KAFO) を装着し平行棒内にて倒れ込みの抑制や下肢振り出しの際の重心移動、直接的な下肢振り出しの介助など最大介助で実施した。歩行距離は 10 m 歩行路 1 往復から開始し、休息を取りながら本人の疲労度や下肢の支持性に合わせて歩行距離を延長した。入院 10 日目の評価は、入院時と比較して、LEMS (右/左) は 4/18 から 12/24 へ、AIS は C から D に変化していた。AIS は C から D に変化していた。Walking index for spinal cord injury- II (以下、WISCI- II) はレベル 2 (表 1) であり、平行棒内で両側金属支柱付短下肢装具 (double upright ankle foot orthosis ; 以下、DU-AFO) を使用し 2 人介助 (最大介助) で 10 m の歩行が可能であった。その後、適宜膝折れや歩行状態に合わせ懸垂量を減少させ、歩行補助具は歩行車、片ロフトランド杖へ変更した。また、WW 練習開始直前には見守り～軽介助で歩行が可能となっており、WISCI- II はレベル 2 から 10 へ変化し、1 本クラッチまたは杖と装具を使用し、1 人介助 (少量の介助) で 10 m の歩行が可能であった。入院 13 日目にはバルーンカテーテルが抜去され、入院 18 日目には主治医からリハビリテーション時から頸椎カラーを取り外す許可が出され、痺れや疼痛の悪化が無ければ病棟でも取り外していくこととなった。入院 20 日目より WW 練習を開始した。

WW 練習開始時の評価は、入院 10 日目と比較して、LEMS (右/左) は 12/24 から 17/25 へ変化した。WISCI- II はレベル 10 と変化なく、10 meters walking test (以下、10MWT) は最速が 0.39 m/s であった。

WW 練習は 1 日 40 分を週 5 日、計 4 週間実施した。WW 練習以外のリハビリテーションは通常の理学療法を 80 分、作業療法を 60 分実施した。WW 練習 40 分の内訳は、歩行時間 10-20 分 (5-20 分×1-2set 施行)、ロボット脚着脱時間 10 分、移動時間や set 間休憩時間、フィードバック時間など 10-15 分であった。WW 練習実施の基本的な方針を「より機能低下している右脚をアシストすることによって、最適な難易度で多数歩の歩行練習を実施し、歩行自立度の向上を図る」こととした。

WW 練習 1 週目は、難易度を容易にすることと介助者による徒手的介助を極力行わないために、

表1. Walking index for spinal cord injury-II (WISCI-II)

| レベル | 定義            |      |      |           |
|-----|---------------|------|------|-----------|
| 0   | 介助しても歩けない     |      |      |           |
| 1   | 平行棒内で         | 装具使用 | 2人介助 | 10m以下の歩行可 |
| 2   | 平行棒内で         | 装具使用 | 2人介助 | 10m歩行可    |
| 3   | 平行棒内で         | 装具使用 | 1人介助 | 10m歩行可    |
| 4   | 平行棒内で         | 装具なし | 1人介助 | 10m歩行可    |
| 5   | 平行棒内で         | 装具なし | 2人介助 | 10m歩行可    |
| 6   | 歩行器で          | 装具使用 | 1人介助 | 10m歩行可    |
| 7   | 2本クラッチで       | 装具使用 | 1人介助 | 10m歩行可    |
| 8   | 歩行器で          | 装具なし | 1人介助 | 10m歩行可    |
| 9   | 歩行器で          | 装具使用 | 介助なし | 10m歩行可    |
| 10  | 1本クラッチまたは杖使用で | 装具使用 | 1人介助 | 10m歩行可    |
| 11  | 2本クラッチで       | 装具なし | 1人介助 | 10m歩行可    |
| 12  | 2本クラッチで       | 装具使用 | 介助なし | 10m歩行可    |
| 13  | 歩行器で          | 装具なし | 介助なし | 10m歩行可    |
| 14  | 1本クラッチまたは杖使用で | 装具なし | 1人介助 | 10m歩行可    |
| 15  | 1本クラッチまたは杖使用で | 装具使用 | 介助なし | 10m歩行可    |
| 16  | 2本クラッチで       | 装具なし | 介助なし | 10m歩行可    |
| 17  | 補助具なしで        | 装具なし | 1人介助 | 10m歩行可    |
| 18  | 補助具なしで        | 装具使用 | 介助なし | 10m歩行可    |
| 19  | 1本クラッチまたは杖使用で | 装具なし | 介助なし | 10m歩行可    |
| 20  | 補助具なしで        | 装具なし | 介助なし | 10m歩行可    |

出典：菅野晴夫：頸髄損傷の予後判断. MB Orthopaedics. 2016; 10: 40.

初日の歩行設定を体幹支持ハーネスによる懸垂17% BW, 振り出しアシストLv. 6/6 (最大), 膝伸展アシストLv. 10/10 (最大) より開始した. 平地歩行練習時にDU-AFOでの実施が可能になっている状態であったため, 膝伸展アシストはWW練習時の膝不安定性に合わせて初日から漸減させLv. 4/10にて実施した. トレッドミル速度は歩行位置が後方に流されないことや, 異常歩行が増悪しない範囲で0.9-1.3 km/hで実施した. フィードバック機能は前面モニタに足元像を表示させた足元フィードバックを使用し, 足元注視による頭頸部, 体幹の前傾を抑制した. WW練習4日目からは尿路感染症によりWW練習は一時中断となった. そのため, WW練習1週目終了時の評価は実施できなかった.

WW練習2週目開始時は, 1週目に引き続きWW練習を中止しており, 4日目より再開した. この間の介入は主治医より熱発の状況に応じてベッド上にて下肢関節可動域練習を実施することと指示があり, 解熱に応じて病棟内の歩行や短時間のリハビリテーション室への移動の許可が出た. 再開時, 懸垂18% BW, 振り出しアシストや膝伸展アシスト量, フィードバック機能は変化させず, トレッドミル速度を異常歩行が増悪しない範

囲で1.3-1.5 km/hに増加させた. WW練習2週目終了時の評価は, LEMS (右/左) は20/25, WISCI-IIはレベル18であり, 歩行補助具なしでDU-AFOを装着し, 介助なしで10mの歩行が可能な状態で, 10MWTは最速が0.60 m/sであった.

WW練習3週目は, 体幹支持ハーネスによる体重免荷から転倒防止ハーネスへと変更し, 懸垂なしとした. 振り出しアシストは足尖離地や遊脚保持が可能な範囲でLv. 6/6 (最大) から漸減させLv. 3/6で実施した. 膝伸展アシストはLv. 4/10から漸減させLv. 1-2/10 (最小) で実施するとともに, 歩行速度に合わせて, 膝の屈伸時間を短縮した. トレッドミル速度は異常歩行が増悪しない範囲で徐々に増加させ, 2.1 km/hで実施し, フィードバック機能は足元フィードバックと併せて, 音声フィードバックである膝折れアラームも追加し, より能動的に下肢による体重支持を意識させた歩行練習を実施した. WW練習3週目終了時の評価は, 2週目終了時と比較して, LEMS (右/左), WISCI-IIは変化がみられず, 10MWTは最速が0.60 m/sから0.86 m/sへ変化した.

WW練習4週目は, 懸垂 (安全懸架), 振り出しアシストは変化させず, 膝伸展アシストは疲労や膝折れアラームに合わせて, Lv. 1-2/10 (最小)

表 2. 入院時からウエルウォーク練習終了時までの評価

|             |     | ウエルウォーク練習 |             |         |              |             |             |             |
|-------------|-----|-----------|-------------|---------|--------------|-------------|-------------|-------------|
|             |     | 入院時       | 入院<br>10 日目 | 開始時     | 1 週目<br>終了時※ | 2 週目<br>終了時 | 3 週目<br>終了時 | 4 週目<br>終了時 |
| AIS         |     | C         | D           | D       | —            | D           | D           | D           |
| UEMS        | C5  | 3 / 4     | 4 / 4       | 4 / 5   | —            | 4 / 5       | 4 / 5       | 4 / 5       |
| (右 / 左)     | C6  | 1 / 1     | 1 / 1       | 1 / 2   | —            | 1 / 2       | 1 / 2       | 1 / 2       |
|             | C7  | 1 / 1     | 3 / 7       | 4 / 4   | —            | 3 / 4       | 4 / 5       | 4 / 5       |
|             | C8  | 1 / 1     | 1 / 4       | 3 / 4   | —            | 3 / 4       | 3 / 4       | 3 / 4       |
|             | Th1 | 1 / 1     | 1 / 1       | 1 / 2   | —            | 1 / 2       | 1 / 3       | 1 / 3       |
|             | 合計  | 7 / 7     | 10 / 17     | 13 / 17 | —            | 12 / 17     | 13 / 19     | 13 / 19     |
| LEMS        | L2  | 2 / 4     | 4 / 5       | 3 / 5   | —            | 4 / 5       | 4 / 5       | 4 / 5       |
| (右 / 左)     | L3  | 1 / 5     | 4 / 5       | 4 / 5   | —            | 5 / 5       | 5 / 5       | 5 / 5       |
|             | L4  | 0 / 4     | 1 / 5       | 1 / 5   | —            | 2 / 5       | 2 / 5       | 3 / 5       |
|             | L5  | 0 / 3     | 1 / 4       | 4 / 5   | —            | 4 / 5       | 4 / 5       | 4 / 5       |
|             | S1  | 1 / 2     | 2 / 5       | 5 / 5   | —            | 5 / 5       | 5 / 5       | 5 / 5       |
|             | 合計  | 4 / 18    | 12 / 24     | 17 / 25 | —            | 20 / 25     | 20 / 25     | 21 / 25     |
| WISCI- II   |     | —         | 2           | 10      | —            | 18          | 18          | 18          |
| 10MWT (m/s) |     | —         | —           | 0.39    | —            | 0.60        | 0.86        | 0.96        |

AIS: American spinal injury association impairment scale, UEMS; American spinal injury association upper extremity motor score, LEMS; American spinal injury association lower extremity motor score, WISCI-II; walking index for spinal cord injury-II, 10MWT; 10 meters walking test

※ウエルウォーク練習 1 週目終了時は熱発により評価を実施することができなかった

表 3. ウエルウォーク練習設定の経過

|                 | WW 練習 1 週目 | WW 練習 2 週目 | WW 練習 3 週目       | WW 練習 4 週目       |
|-----------------|------------|------------|------------------|------------------|
| 懸垂 (% BW)       | 17         | 18         | 0                | 0                |
| 膝伸展アシスト         | 10 → 4/10  | 4/10       | 4 → 1 ~ 2/10     | 1 ~ 2/10         |
| 振り出しアシスト        | 6/6        | 6/6        | 3/6              | 3/6              |
| フィードバック機能       | 足元モニタ      | 足元モニタ      | 足元モニタ<br>膝折れアラーム | 足元モニタ<br>膝折れアラーム |
| トレッドミル速度 (km/h) | 0.9 ~ 1.3  | 1.3 ~ 1.5  | 2.1              | 2.2              |

WW 練習 ; ウエルウォーク練習, % BW ; % Body Weight

で実施した。トレッドミル速度は 2.2 km/h で実施した。フィードバック機能は変化させなかった。WW 練習 4 週目終了時の評価は、3 週目終了時と比較して、LEMS (右 / 左) は 20/25 から 21/25 へ変化した。WISCI- II は変化がみられず、10MWT は最速が 0.86 m/s から 0.96 m/s へ変化した (表 2, 3)。

## 考察

今回、ISCI 者に対して、WW 練習を 4 週間実施した。WW 練習では、開始数日は練習に慣れるた

めに多めの懸垂量や低速の歩行速度、多めのアシスト量で開始し、歩行状態に合わせて適宜、懸垂量の漸減、歩行速度の漸増、アシスト量の漸減といった調整を実施した。WW 練習開始時と終了時を比較すると、LEMS や WISCI- II, 10MWT などの身体機能や歩行能力の改善が得られた。

### 1. WW 練習が適応となる ISCI 者

ISCI 者に対する RAGT の先行研究<sup>8) 13-16)</sup>では、対象者は受傷後 50-120 日程度、40-50 歳代、AIS が C もしくは D が大半を占めており、WISCI-II が

レベル4-14程度、LEMSが左右の合計で33程度などであり、RAGT介入前から歩行練習が可能であり、歩行練習の予後も良好であったことが考えられる。本症例のWW練習開始日は発症後22日時点であり、身体機能、歩行能力はAISがD、WISCI-IIはレベル10で杖と装具を使用して介助下ではあるものの歩行可能であった。また先行研究に基づく予後予測<sup>12)</sup>においても歩行獲得が期待できた。したがって、本症例の受傷日数や身体機能、歩行能力などの基本属性は先行研究においてRAGTを実施した対象者と同程度であったため、RAGTの実施は妥当であったと考える。先行研究においてRAGTで用いられるロボットは両脚に対してアシストをするものが多いが、WWは片脚のアシストのみとなる。SCI患者では両側性の障害が生じることが多い一方で、下肢機能に左右差を生じる例もあることが報告されている<sup>17)</sup>。本症例もWW練習開始時のLEMSは(右/左)は17/25と左右差を認めていたが、WISCI-IIはレベル10であり装具の使用は右下肢にDU-AFOを装着するのみで、左下肢には装具を必要としなかった。そのため、より機能が低下した右下肢にロボット脚を装着することでWW練習の実施が可能であった。これらのことから、ISCI者に対する基本的なRAGTの対象として、SCIによる機能低下は中等度で歩行練習が可能であり予後も良好と考えられることに加えて、本症例のようにISCI者で一侧の下肢機能が比較的保たれている例では片脚のみのアシストであるWWが適用できると考えられる。

## 2. ISCI者に対するRAGT実施時の練習条件

ISCI者に対するRAGTの先行研究では様々な練習条件やパラメータ設定が報告されている。Alcobendas-Maestroら<sup>13)</sup>は、1回あたり30分の練習を8週間実施しており、RAGTの際の設定速度は、快適速度で実施している。そして、懸垂量は65% BWより開始し、負荷耐性に応じて最終的に25% BWになるように調整しており、WISCI-IIやsix-minute walk distanceといった歩行能力や下肢機能であるLEMSの改善がみられたと報告している。Labruyereの報告<sup>14)</sup>では1回あたり45分の練習を4週間実施し、最初のセッションでは参加者がシステムに慣れることに重点を置き、速度は1-2 km/h、懸垂量は30% BWに設定している。RAGTの際の設定速度、ロボットによるアシストのレベルなどのトレーニング強度は段階的に増加している。Esclarin-Ruzらの報告<sup>8)</sup>では、1回あた

り30分の従来のトレーニングと30分のRAGTを実施し、合計60分のセッションを8週間実施している。懸垂量は60% BWから開始し25% BWの懸垂量まで段階的に漸減し、10MWTは対照群との間に有意差は見られなかったが、six-minute walk distanceやLEMS、FIM-locomoterの改善は対照群との間に有意差を認めたと報告されている<sup>8)</sup>。Cheungら<sup>15)</sup>は、懸垂量は40% BW、速度は快適速度、アシスト量に関しては、適切な歩行パターンを補助するために必要に応じてアシストを与えたと報告している。Wirzらの報告<sup>16)</sup>では、1回あたり50分以下で、1日1-2回を週3-5回、合計8週間実施しており、懸垂量は膝折れやつま先立ちをしない範囲としており、速度は1.3-3.1 km/h、アシストは100%から許容範囲の最小値で設定している。これらの報告<sup>8) 13-16)</sup>から、ISCI者に対するRAGTでは練習時間および期間の確保、練習中の歩行速度の漸増、アシスト量の漸減が重要であると考えられる。本症例には1回あたり40分の練習を週5回で4週間実施した。懸垂量は17% BWで開始し、体幹の制御や倒れ込みのリスク軽減に応じて懸垂量を調整していき、最終的には懸垂なしでの条件であった。また、振り出しアシストや膝伸展アシストは最大のアシスト量から開始したが、下肢の振り出し不全の改善や支持性の向上に合わせて適宜調整していき、最終的に振り出しアシストはLv. 3/6、膝伸展アシストはLv. 1-2/10となり、トレッドミル速度は快適速度から開始し最終的には最大速度での練習となった。先述したISCI者に対するRAGTの先行研究<sup>8) 13-16)</sup>と比較すると、実施期間や実施時間、懸垂量の漸減や速度の漸増、歩行状態に合わせたアシスト量の漸減など、類似した調整を行っており、歩行能力の向上に応じて細かくアシスト量の調整を行えたことから、最小限のアシスト量で歩行ができ、その時々での最大負荷で歩行練習を実施することができ、妥当な練習条件を提供できたと考える。

## 結語

SCI者のうち、若年かつAIS C~D、発症早期で何らかの形で歩行練習が実施可能で将来的にある程度の歩行獲得が望め、片脚の下肢機能が良好な例においては、十分な免荷下で片脚のアシストのみで歩行練習が可能な症例であればWWを使用した歩行練習が有用となる可能性が示唆された。

## 【文 献】

- 1) Miyakoshi N, Suda K, et al.: A nationwide survey on the incidence and characteristics of traumatic spinal cord injury in Japan in 2018. *Spinal Cord*. 2021; 59: 626-634.
- 2) 一般社団法人 日本理学療法学会連合 理学療法標準化検討委員会ガイドライン部会：理学療法ガイドライン第2版. 医学書院, 東京, 2021, pp. 108.
- 3) Dobkin B, Barbeau H, et al.: The evolution of walking-related outcomes over the first 12 weeks of rehabilitation for incomplete traumatic spinal cord injury: the multicenter randomized Spinal Cord Injury Locomotor Trial. *Neurorehabili Neural Repair*. 2007; 21: 25-35.
- 4) 吉川憲一, 水上昌文・他：ロボットスーツ HAL を用いた脊髄損傷不全麻痺者に対する継続的歩行練習の効果－シングルケースデザインを使用して－. *理学療法学*. 2014; 29 (2): 165-171.
- 5) 和田太：不全脊髄損傷のロボット補助歩行訓練. *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*. 2012; 49 (8) : 508-511.
- 6) Mehrholz J, Kugler J, et al.: Locomotor training for walking after spinal cord injury (Review). *Spine*. 2008; 33 (21) : 768-777.
- 7) 松元秀次：脊髄損傷に対するロボットを用いたリハビリテーション医療. *脊髄外科*. 2019; 33 (2) : 132-140.
- 8) Esclarin-Ruz A, Alcobendas-Maestro M, et al.: A comparison of robotic walking therapy and conventional walking therapy in individuals with upper versus lower motor neuron lesions: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014; 95 (6) : 1023-1031.
- 9) 平野啓：脳卒中患者の歩行再建を目指したロボットリハビリテーション. *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020; 57 (5) : 392-398.
- 10) Li T, Hirano S, et al.: Robot-assisted gait training using welwalk in hemiparetic stroke patients: an effectiveness study with matched control. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2020; 29 (12) : 105377.
- 11) 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 (9) : 2421-2428.
- 12) Van Middendorp JJ, Hosman AJ, et al.: A clinical prediction rule for ambulation outcomes after traumatic spinal cord injury: a longitudinal cohort study. *Lancet*. 2011; 377 (9770) : 1004-1010.
- 13) Alcobendas-Maestro M, Esclarin-Ruz A, et al.: Lokomat robotic-assisted versus overground training within 3 to 6 months of incomplete spinal cord Lesion: randomized controlled trial. *Neurorehabili Neural Repair*. 2012; 26 (9) : 1058-1063.
- 14) Labruyere R, van Hedel HJ, et al.: Strength training versus robot-assisted gait training after incomplete spinal cord injury: a randomized pilot study in patients depending on walking assistance. *J Neuroeng Rehabil*. 2014; 11: 4.
- 15) Cheung EYY, Yu KKK, et al.: Effect of EMG-biofeedback robotic-assisted body weight supported treadmill training on walking ability and cardiopulmonary function on people with subacute spinal cord injuries - a randomized controlled trial. *BMC Neurol*. 2019; 19 (1) : 140.
- 16) Wirz M, Mach O, et al.: Effectiveness of automated locomotor training in patients with acute incomplete spinal cord injury: a randomized controlled multicenter trial. *J Neurotrauma*. 2017; 34 (10) : 1891-1896.
- 17) Kumrou M, Amatachaya P, et al.: Do ambulatory patients with spinal cord injury walk symmetrically?. *Spinal Cord*. 2017; 55 (2) : 204-207.