

症例報告



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*

鈴木章仁¹⁾・内山恵介¹⁾・大内敬太¹⁾・中島ともみ²⁾

【要 旨】

ウェルウォーク WW-1000（以下、ウェルウォーク）は脳卒中片麻痺患者の歩行練習支援を目的に開発されたロボットである。今回は体幹機能障害・pusher 現象を呈した脳卒中片麻痺者に対して、通常の理学療法に加えてウェルウォークによる歩行練習を実施し、移乗動作の介助量軽減に至った症例を経験したため報告する。症例は左被殻出血により右片麻痺を呈した 60 代男性である。重度運動麻痺に加えて、体幹機能障害と pusher 現象を認めた。移動動作は Functional Independence Measure（以下、FIM）1 点で、2 人介助を要した。ウェルウォークによる介入期間は 10 週間。ウェルウォークによる歩行練習開始後より体幹機能の向上や pusher 現象の軽減を認めた。また移乗動作は FIM 3 点と介助量の軽減を認めた。ウェルウォークによる歩行練習はアシスト機能を用いることで低歩行能力の状態から一定の練習量が確保できたことにより、体幹機能の向上や pusher 現象の軽減に寄与したと考える。ウェルウォークによる歩行練習は移乗動作の介助量軽減に対して有効な練習方法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，移乗動作，歩行練習

はじめに

ウェルウォークはトヨタ自動車株式会社と藤田医科大学が共同で開発した脳卒中などによる片麻痺患者向けのリハビリテーション支援ロボットであり、運動学習理論に基づいた様々なリハビリテーション支援機能を 1 つのロボットとしてシステム化されている¹⁾。2017 年の 9 月よりレンタルが開始された。ウェルウォークは本体とロボット脚から構成され（図 1）、本体は①安全懸荷ハーネス、②脚免荷ハーネス、③正面モニタ、④操作

* Effect of walking exercise by Welwalk WW-1000 on transfer movement

- 1) 社会医療法人 明陽会 第二成田記念病院
(〒 440-0855 豊橋市東小池町 62-1)
Akihito Suzuki, PT, Keisuke Uchiyama, PT, Keita Oouchi,
PT: Second Narita Memorial Hospital
- 2) 聖隷クリストファー大学 リハビリテーション学部
作業療法学科
Tomomi Nakajima, OT: Seirei Christopher University
School of Rehabilitation Sciences Department of
Occupational Therapy

E-mail: ackee.s.w12@gmail.com

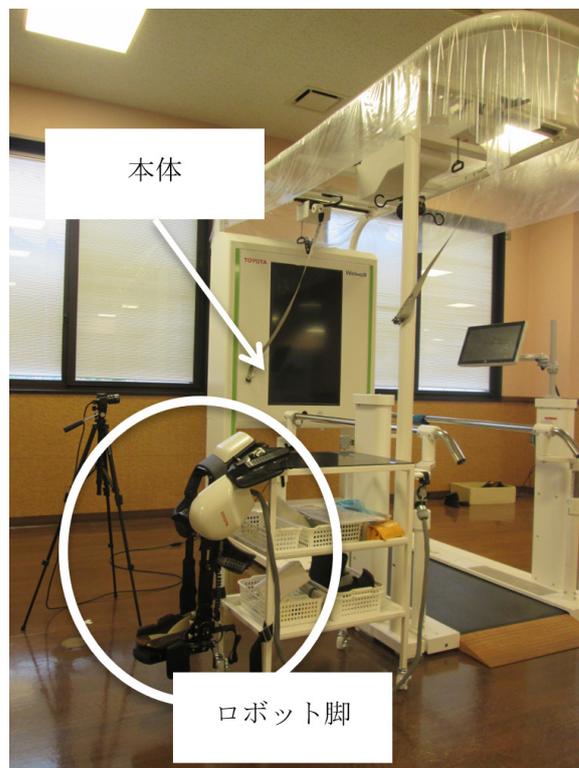


図 1. ウェルウォーク WW-1000

パネル, ⑤低床トレッドミル, ロボット脚は⑥膝関節モータ角度センサ, ⑦足関節可動範囲可変機構, ⑧足圧センサが主な構成要素である¹⁾。膝関節モータによって遊脚時に膝屈曲と振り出しを補助し, 立脚期に膝伸展を補助することで, 重度の片麻痺者であっても過剰な代償動作なしに多数歩訓練が可能となる²⁾³⁾。また充実したフィードバック性を有しており, 患者向けフィードバックとして正面モニタに全身像, 足元像が表示できるほか, 音声フィードバックも提示できる³⁾。

平野ら²⁾は, ウェルウォークの前身モデルである歩行練習アシスト (Gait Exercise Assist Robot: 以下, GEAR) を用いた脳卒中片麻痺者における有効性の検討において, FIM 歩行改善率 (FIM 歩行点数の利得を練習経過週数で除した値) は GEAR 群で平均 1.0, 対照群 (装具歩行訓練群) で平均 0.54 であり, GEAR 群で有意に高かったと報告しており, 歩行能力の回復を促す可能性が示唆されている。同様に GEAR を用いた歩行練習により Activities of Daily Living (以下, ADL) の向上や立位姿勢改善効果につながったとの報告もあり⁴⁾⁵⁾, 歩行能力以外においても有用性が期待される。また Bergmann ら⁶⁾ は 2 週間の集中的なロボット支援歩行練習は非ロボット理学療法と比較して持続的に pusher 現象を軽減させると報告しており, ロボット支援歩行練習における pusher 現象の改善への効果が期待される。

ただし, 歩行能力を効率的に改善するためには, 安定した体幹機能 (腹筋, 垂直性), 非麻痺側を含めた両側機能の必要性が報告されており⁷⁾⁸⁾, 体幹機能障害, pusher 現象などを有する場合には歩行能力の改善が効率的に進まないことも想定される。このような場合においても ADL や立位姿勢など歩行能力以外での改善が期待できると考えられるが, 歩行能力改善以外の目的でウェルウォークによる歩行練習の有用性に関しては十分に検証されていない。

今回は体幹機能障害, pusher 現象を呈した脳卒中片麻痺者に対して, ロボットの補助による麻痺側下肢への荷重量向上及び pusher 現象の軽減, 能動的な非麻痺側への重心移動機会の提供を目的に, ウェルウォークによる歩行練習を通常の理学療法に加えて実施し, 移乗動作の介助量軽減に至った症例を経験したので報告する。

倫理的配慮, 説明と同意

本症例の報告について, 患者及び家族へ口頭で十分に説明を行い, 書面にて同意を得た。

症例提示

症例は 60 代男性。診断名は左被殻出血。発症時, コンピューター断層撮影にて左被殻出血を認め, 開頭血腫除去術を施行された。第 36 病日に当院回復期リハビリテーション病棟へ入院となった。

入院時の意識レベルは Japan Coma Scale I -3。運動機能は Stroke Impairment Assessment Set (以下, SIAS) 下肢運動項合計 0 点, Brunnstrom Recovery Stage は上肢, 手指, 下肢ともに stage I と重度の運動麻痺が認められた。感覚機能は精査困難であった。体幹機能は SIAS 腹筋 0 点, SIAS 垂直性 0 点, Trunk Control Test (以下, TCT) 合計 0 点と体幹機能障害を認めた。また pusher 現象も認め, Clinical Assessment Scale for Controversive Pushing (以下, SCP) 合計 5 点 (座位項目: 姿勢 1 点・外転と伸展 0 点・修正への抵抗 1 点: 合計 2 点, 立位項目: 姿勢 1 点・外転と伸展 1 点・修正への抵抗 1 点: 合計 3 点) であった。非麻痺側下肢機能は SIAS 大腿四頭筋 0 点と機能低下を認めた。高次脳機能障害は注意障害と重度運動性失語を認めた。音声表出は得られず, 理解も単語レベルで不良であった。FIM は合計 18 点 (運動項目: 13 点, 認知項目: 5 点) であった。

入院時では端座位の保持も困難であり, 起立動作も全介助であった。移乗動作には 2 人介助を必要とした。立位, 歩行練習も介助量が多かった (全介助)。立位, 歩行練習には病院備品の両側金属支柱付き長下肢装具 (膝継手: ダイアルロック, 足継手: ダブルクレンザック) を使用した。歩行練習は全介助にて 10 m 程度と積極的な歩行練習は困難であった。通常の理学療法内では立位練習を中心に実施した。立位練習では立位保持まで可能であったものの, 動的な立位練習は困難であった。通常の理学療法内での積極的な歩行練習及び動的な立位練習が困難である為, 第 57 病日よりウェルウォークによる歩行練習を開始した。ウェルウォークによる歩行練習開始時における身体機能としては入院時と比較して TCT のみ 0 点から 12 点へ改善を認めた (改善項目: 麻痺側への寝返り)。SCP に関して変化はなく, 入院時同様に重度の pusher 現象を呈していた。

方法

ウェルウォークによる歩行練習は発症より第 57 病日から開始し, 1 日 2 単位を週 5 日, 計 10 週間実施した。ウェルウォークによる歩行練習 2 単位の内訳は, 歩行時間: 計 10 分程度 (3-3.5 分×3 施行), ロボット脚着脱時間: 6-7 分程度, 歩行練

習開始前の準備運動時間：計 10 分程度，歩行練習のための準備時間（施行間の休憩時間含む）：計 12-13 分程度である。

ウエルウォークによる歩行練習の設定は，速度 0.20 km/h，膝伸展アシスト 10，振り出しアシスト 4，荷重値 / 抜重値：45 / 20 [%BW]，膝屈曲角度 55°，膝屈伸時間 0.86 秒，足関節角度：背屈 4° 固定とした。視覚的なフィードバックとして正面モニタに前額面画像を提示した。さらに前額面画像に加えて，非麻痺側上に赤線での垂直線を提示した。本症例に対してウエルウォークでの歩行練習を成立させる為，以下のように工夫が必要であった。体幹機能障害に対しては体幹支持ハーネスによる部分免荷を利用した。部分免荷に関しては体幹垂直位保時可能な最小限とし，ウエルウォークによる歩行練習開始時では約 17%，経過とともに漸減し，最終的に転倒予防ハーネスへ変更した。pusher 現象に対しては上肢支持方法を手すり把持からハーネス把持へ変更し，補高差 10 mm から 0 mm へ減少した。非麻痺側機能低下に対してバンテージによる非麻痺側膝関節伸展補助を実施した（図 2）。

ウエルウォークによる歩行練習の 1 日の施行結

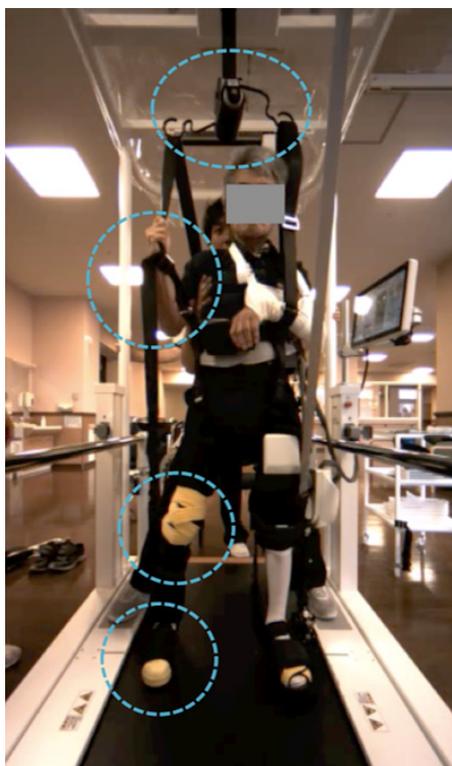


図 2. ウエルウォーク WW-1000 での歩行練習を成立させるための工夫

- ・体幹支持ハーネスによる部分免荷の利用
- ・上肢支持方法をハーネス把持へ変更
- ・バンテージによる非麻痺側膝関節伸展補助
- ・補高差 0mm へ減少

果は，前半 5 週間（第 57 病日～第 92 病日）では歩行時間：8.8 ± 2.4 分・歩行距離：29.3 ± 8 m・歩数：268 ± 81 steps，後半 5 週間では歩行時間：9.7 ± 2 分・歩行距離：32.3 ± 6.7 m・歩数：287 ± 59.7 steps であった（図 3）。ウエルウォークの速度設定は全期間を通して 0.20 km/h と一定であった為，歩行時間の変動に伴って歩行距離，歩数は変動した。ウエルウォーク上での歩行介助量は歩行練習開始当初 FIM 2-3 点相当を要した。しかし，経過とともに歩行介助量の軽減（FIM 2-3 点相当から FIM 3-4 点相当へ軽減），歩行介助方法（両側腋窩介助から骨盤介助）の変更を認めた。

ウエルウォークによる歩行練習に加えて通常の

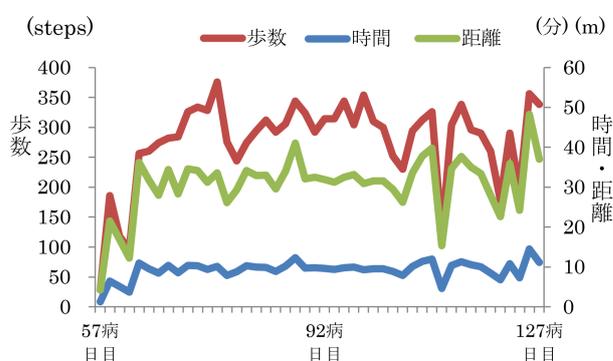


図 3. ウエルウォーク WW-1000 による歩行練習の 1 日の施行結果の経過

- ・左 Y1 軸：歩数（steps）の値，右 Y2 軸：時間（分）
- ・距離（m）の値

理学療法を，1 日 2 単位を週 7 日実施した。通常の理学療法では，入院時である第 36 病日からは病院備品の両側金属支柱付き長下肢装具を利用した立位練習を中心に実施した。支持物は平行板（on-elbow 支持）とし，後方介助にて介入した。積極的な歩行練習及び動的な立位練習は困難であった為，介助下での立位保持練習がメインであった。この時点では pusher 現象及び体幹機能障害が重度であり，移乗動作の介助量は全介助であり，移乗動作練習は困難であった。

第 52 病日に本人用の Remodeled Adjustable Posterior Strut- Knee Ankle Foot Orthosis（以下，RAPS- KAFO）を作成した為，作成以降では本人用の RAPS-KAFO を使用した。第 57 病日目からは RAPS-KAFO を使用した立位練習における支持物を平行棒へ変更し，第 62 病日目には短時間ではあるが立位保持が監視で可能となる場面もあった。また通常の理学療法内での歩行練習は，RAPS-KAFO を使用して平行棒歩行（全介助）を実施し

た。しかし、ウエルウォークでの歩行練習を併用した為、通常の理学療法内では歩行練習よりも立位練習に重きを置いた。この時点においても、入院時同様に pusher 現象及び体幹機能障害が重度であり、移乗動作の介助量は全介助であり、移乗動作練習は困難であった。ウエルウォークによる歩行練習・RAPS-KAFO を使用した立位練習にて立位での活動時間を確保し、pusher 現象の軽減及び体幹機能向上を図った。第 67 病日目から重心移動を含めた動的な立位練習が可能となり、追加した。この時期ではウエルウォークによる歩行練習において、体幹垂直位保持に改善を認め、部分免荷も約 10% 程度まで減量可能であった。

第 95 病日ではウエルウォークによる歩行練習において、非麻痺側膝関節伸展補助を目的としてバンテージを使用しなくても、立脚期における非麻痺側膝関節伸展位が確保可能となり、非麻痺側機能の改善が推測された。起立動作においても非麻痺側機能の改善により離殿時の介助量が軽減し、また移乗動作においても pusher 現象の軽減により非麻痺側への重心移動が可能となったことで方向転換時の介助量が軽減した。したがって同日よりカットダウンした本人用の Remodeled Adjustable Posterior Strut- Ankle Foot Orthosis (以下、RAPS-AFO) を使用した起立練習・移乗動作練習を追加した。起立練習は自室ベッドサイドにて、設置した縦手すりを用いて実施した。起立動作の介助量は側方介助にて最小介助程度要したが、第 109 病日目以降では監視での起立練習が可能となった。移乗動作練習も同様に自室ベッドサイドにて、設置した縦手すりを用いてベッド-車椅子間の移乗動作を中心に実施した。介助量は最大介助程度を要したが、第 116 病日目以降では中等度介助での移乗動作が可能となった。同時期における通常の理学療法内での歩行練習は、RAPS-KAFO を使用して平行棒及び Side-cane 歩行 (最大介助) を実施していたが、通常の理学療法内では起立練習・移乗動作練習に重きを置いた。評価は入院時 (第 36 病日)・ウエルウォーク開始時 (第 57 病日)・ウエルウォーク開始 5 週後 (第 92 病日)・ウエルウォーク開始 10 週後 (第 127 病日) に行った。

結果

ウエルウォーク開始時 (第 57 病日) と比較してウエルウォーク開始 10 週後 (第 127 病日) では、SIAS 腹筋 1 点・垂直性 2 点・非麻痺側大腿四頭筋 1 点と改善を認めた (図 4)。その他の SIAS 項目に関しては変化が認められなかった。TCT は

合計 36 点と体幹機能に改善が認められ、SCP は合計 1.5 点 (座位項目: 姿勢 0 点・外転と伸展 0 点・修正への抵抗 0 点: 計 0 点, 立位項目: 姿勢 0 点・外転と伸展 0.5 点・修正への抵抗 1 点: 計 1.5 点) と pusher 現象の改善を認めた (図 5)。各動作の介助量に関しては、立位 (起立・立位保持) は RAPS-AFO を用いて監視で可能、移乗動作も RAPS-AFO を用いて中等度介助で可能となった。歩行は実用的な移動手段としては獲得できず、RAPS-KAFO を用いて平行棒もしくは side-cane にて最大介助を要した (図 6)。FIM は合計 28 点 (運動項目: 21 点, 認知項目: 7 点) で、食事・清

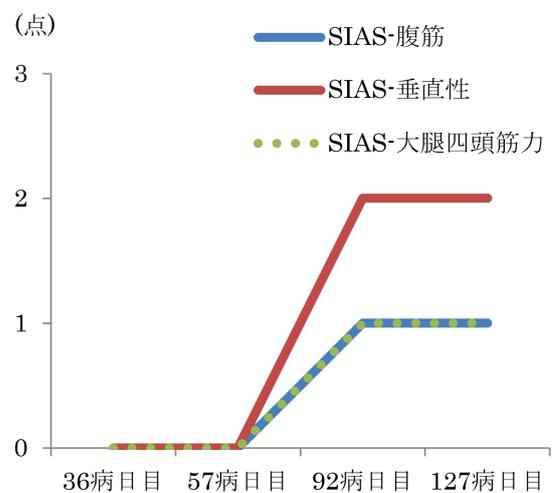


図 4. Stroke Impairment Assessment Set の推移

・Stroke Impairment Assessment Set - 運動機能・感覚機能は変化なし

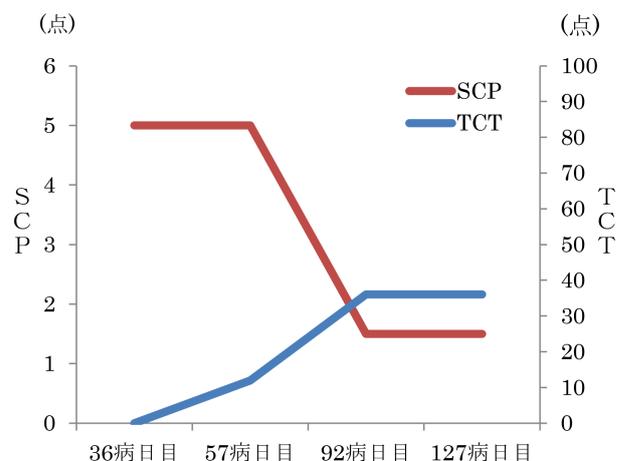


図 5. SCP・TCT の推移

・Clinical Assessment Scale for Controversive Pushing : SCP (最重症 6 点)
 ・Trunk Control Test : TCT (最重症 0 点)
 ・左 Y1 軸 : SCP の値, 右 Y2 軸 : TCT の値

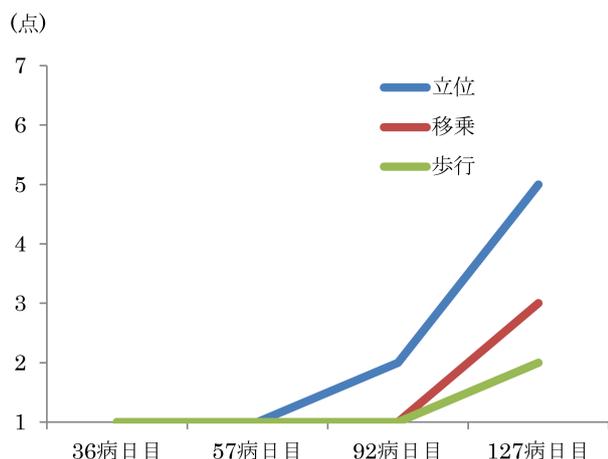


図 6. 各動作の介助量の推移

- ・ FIM に準じて介助量を点数化
- ・ 立位・移乗動作は RAPS-AFO 使用
- ・ 歩行動作は RAPS-KAFO 使用

拭・ベッド車椅子移乗・トイレ移乗・理解・社会的交流で改善を認めた。

考察

本症例では重度の運動麻痺に加えて、体幹機能障害、pusher 現象を有しており、移乗動作においても 2 人介助を要した。脳卒中片麻痺患者の移乗動作能力の予測には、下肢運動麻痺や認知機能障害よりも、体幹機能を指標とした評価が有用であると報告されており⁹⁾、移乗動作と体幹機能の関連性が強いことが考えられる。また pusher 現象を有する場合、pusher 現象を有しない場合と比較して運動機能及び ADL の改善効率やリハビリテーションの効果を約半分にまで低下させると報告されている¹⁰⁾が、一方で pusher 現象の有無により ADL 能力の最大到達機能には影響を及ぼさないとの報告もある¹¹⁾。pusher 現象が長期間存在する場合、リハビリテーションの効果を低下させるが、pusher 現象の持続期間は患者間で大きく異なり、現在では長期間の pusher 現象を発症する患者を特定するための予後基準は確立されていない¹⁰⁾。pusher 現象の軽減は ADL 能力を効率よく改善するためには重要な要因であると考えられる。

ウエルウォークでは、重度下肢麻痺のため立脚、遊脚ともに不十分な状態でも、トレッドミル上での多数歩歩行を成立させる¹²⁾。本症例ではウエルウォークを利用することで、さまざまなアシスト機能により低歩行能力の状態から積極的な歩行練習が可能となり、最小限の補助により患者自身により能動的な運動機会が提供できたことが利点であった。また通常理学療法では歩行距離は

全介助 (FIM 1 点相当) にて 10 m 程度と積極的な歩行練習は困難であったが、ウエルウォーク上で FIM 2-3 点相当の介助量で約 30-40 m の歩行練習が可能であり、練習量を確保する上でも利点は大きかったと考える。積極的な歩行練習により練習量が増加したことにより、体幹機能や非麻痺側を含めた両側機能が賦活されたと考えられる。また脳卒中後の廃用性筋萎縮について、大川ら¹³⁾は非麻痺側上下肢ともに正常者の 42.2-81.6% と著明な筋力低下を示し、加えて発症期間と筋力とは有意の高い負の相関があり、これは潜在性の麻痺ではなく、非麻痺側上下肢の廃用性筋力低下である可能性を示唆するものであると報告している。近藤ら¹⁴⁾は、歩行不能なものほど非麻痺側・麻痺側ともに廃用性筋萎縮が進行したと報告している。本症例においてもウエルウォークによる歩行練習を開始する前での間、積極的な歩行練習は困難であり、活動量の不足の観点からも廃用性筋萎縮が進行していたと推測される。ウエルウォークによる歩行練習にて歩行量を確保できたことは、麻痺側だけではなく非麻痺側下肢の廃用性筋萎縮の進行を防ぐという点でも貢献したと考えられる。

本症例ではウエルウォークによる歩行練習開始後より、SCP の改善が認められた。Bergmann ら⁶⁾の報告にあるように、ロボット支援歩行練習は pusher 現象を軽減させる可能性があるが、同様にウエルウォークによる歩行練習に関しても pusher 現象を軽減する効果が期待できるのではないかと考えられる。また pusher 現象の軽減にはウエルウォークに備わっているリハビリテーション支援機能である体幹支持ハーネス (安全懸荷ハーネス) による部分免荷や正面モニタによる視覚的なフィードバックも有効であったと考えられる。Krewer ら¹⁵⁾は免荷により歩行中の直立姿勢を強制的にコントロールすることは pusher 現象を軽減させるのに有効な方法であると考えられると報告しており、今回はウエルウォークによる歩行練習開始時では約 17% の部分免荷を利用したことも pusher 現象の軽減の一助になったと考えられる。視覚フィードバックに関して、阿部¹⁶⁾は pusher 現象に対して視覚情報を積極的に利用して自己身体軸の垂直軸からの逸脱を修正させようとする理学療法が推奨されていると報告しており、視覚的なフィードバックとして正面モニタに前額面画像及び非麻痺側上に赤線での垂直線を提示したことは、非麻痺側への重心移動を促通するだけでなく、pusher 現象に対しても効果的であったと考えられる。

ウエルウォーク使用にあたっての今後の課題と

して、一般的に歩行能力改善を目的とする場合では平地での歩行がFIM 5点に達した段階でウェルウォークによる歩行練習を終了することが多いが、今回のような歩行能力以外での改善を目的とする場合での明確な終了の目安はないことが挙げられる。本症例では今回ウェルウォークによる歩行練習を10週間行ったが、その介入期間が妥当であったかは今後検証が必要である。またウェルウォークはセラピスト1人で短時間にてロボット脚を装着できるが、今回のような体幹機能障害・pusher現象を有する場合、体幹支持ハーネスの装着を必要となり、一般的な長下肢装具の装着に比べて歩行練習開始までの準備に時間がかかってしまうことや2名での装着といった人的なフォローが必要な点は考慮が必要である。

結論

通常の理学療法に加えて、ウェルウォークによる歩行練習を実施した。ウェルウォークによる歩行練習開始後より体幹機能、非麻痺側機能の向上やpusher現象の軽減を認め、移乗動作の介助量軽減に至った。ウェルウォークによる歩行練習は移乗動作の介助量軽減に対して有効な練習方法となる可能性が示唆された。

【文 献】

- 1) 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
- 2) 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; Vol8
- 3) 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
- 4) 辻智弘, 高橋真紀・他: 歩行練習アシストによる歩行訓練とADLの関係性. 九州理学療法士・作業療法士合同学会誌. 2017; 第39回九州理学療法士・作業療法士学会: p. 138
- 5) 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 Supplement. 2016; Vol43 Suppl. No.2(第51回日本理学療法学会抄録集)
- 6) Bergmann J, Krewer C, et al.: Robot-assisted gait training to reduce pusher behavior: A randomized controlled trial. Neurology. 2018; 91(14): 1319-1327
- 7) 浅野智也, 大島埴生・他: 回復期脳卒中患者に対する歩行練習アシスト(GEAR)の適応検討. 理学療法 Supplement. 2017; Vol44 Suppl. No.2(第52回日本理学療法学会抄録集)
- 8) 瀬戸達也, 菱川法和・他: 回復期脳卒中片麻痺者に対する歩行練習アシストの適応に関する検討. 日本義肢装具学会誌. 2018; Vo34(2): 154-159
- 9) 武井圭一, 杉本諭・他: 脳卒中患者の移乗動作能力に対する予測因子の検討. 理学療法科学. 2006; 21(4): 369-374
- 10) Krewer C, Luther M, et al.: Time course and influence of pusher behavior on outcome in a rehabilitation setting: a prospective cohort study. Top Stroke Rehabil. 2013; 20(4): 331-339
- 11) Pedersen PM, Wandel A, et al.: Ipsilateral pushing in stroke: incidence, relation to neuropsychological symptoms, and impact on rehabilitation. The Copenhagen Stroke Study. Arch Phys Rehabil. 1996; 77: 25-28
- 12) 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: 27-34
- 13) 大川弥生, 上田敏: 脳卒中片麻痺患者の廃用性筋萎縮に関する研究 -「健側」の筋力低下について-. リハビリテーション医学. 1988; 25(3): 143-147
- 14) 近藤克則, 太田正: 脳卒中早期リハビリテーション患者の下肢筋断面積の経時的変化 廃用性筋萎縮と回復過程. リハビリテーション医学. 1997; 34(2): 129-133
- 15) Krewer C, Rieß K, et al.: Immediate effectiveness of single-session therapeutic interventions in pusher behavior. Gait Posture. 2013; 37(2): 246-250
- 16) 阿部浩明: 姿勢定位と空間認知の障害と理学療法, 脳卒中理学療法の理論と技術. 原寛美(編), メジカルビュー社, 東京, 2013, pp. 457-478