

症例研究

脳性麻痺児における歩行アシスト装具 ACSIVE の効果： 三次元歩行分析を用いた 1 症例研究

伊藤 忠^{1,2*}, 鈴木 光久³, 川口 大輔⁴, 冨田 秀仁^{4,5}, 則竹 耕治⁶, 杉浦 英志²,
佐野 明人⁷

¹愛知県三河青い鳥医療療育センター 三次元動作解析室
²名古屋大学大学院医学系研究科 リハビリテーション療法学専攻
³名古屋市総合リハビリテーションセンター
⁴愛知県三河青い鳥医療療育センター リハビリテーション科
⁵豊橋創造大学大学院健康科学研究科
⁶愛知県三河青い鳥医療療育センター 整形外科
⁷名古屋工業大学大学院工学研究科電気・機械工学専攻

要旨

無動力歩行支援機 ACSIVE を活用した歩行練習が、脳性麻痺児の歩行機能に与える効果について検討することを目的とした。粗大運動能力分類システムの GMFCS レベルⅡの 16 歳男児 1 名を対象とした。ACSIVE を活用した歩行練習を、週 5 日、1 日 60 分、6 ヶ月間実施した。歩行計測には三次元動作解析装置を用いた。身体機能は、5-chair stand テスト (5CS), Timed Up & Go テスト (TUG), 2 分間歩行テストを計測した。歩行練習の前後で歩幅と歩行速度の増加が認められた。加えて、立脚期における股関節の最大伸展角度と、前遊脚期の股関節屈曲と足関節の底屈モーメント、足関節の産生パワーが増加した。身体機能については、5CS, TUG, 2 分間歩行距離が向上した。6 ヶ月間の ACSIVE による歩行練習は、脳性麻痺児の歩行機能と身体機能の改善に有効であることが示唆された。

受付日 2020 年 1 月 15 日
採択日 2020 年 3 月 20 日

*責任著者

伊藤 忠, RPT, PhD
愛知県三河青い鳥医療療育センター 三次元動作解析室
E-mail: sanjigen@mikawa-aitori.jp

キーワード

脳性麻痺, 歩行分析, 歩行アシスト

はじめに

脳性麻痺児の歩容の改善は、小児理学療法における重要な課題の 1 つである。これまで脳性麻痺児の歩行障害に対して種々の歩行アシスト機器を用いた歩行練習の有効性が示されている¹⁻³⁾。一方で、下肢の動きを機械的にアシストするロボット型歩行練習機器を用いた歩行練習によって、歩行速度、6 分間歩行距離、粗大運動機能の改善が報告されている⁴⁾。これらのことから、歩行アシストの活用が歩容や身体機能を効率的に向上させることができると考えられる。

ただし、これらの歩行練習を実施する場合、専用の機器や設備が必要であることから、機器や設備の整っていない施設での実施は難しい。近年、バネの弾性エネルギーを利用して歩行時の下肢の運動をアシストする無動力歩行支援機

ACSIVE (Figure 1) が国内で流通している。この支援装具は、軽量で取り外しも簡便に行えることから、歩行が自立している脳性麻痺児の屋内だけでなく屋外での歩行練習に用いることができる可能性が高い。ACSIVE を装着することによって、歩行時の下肢の振り出しが容易になることや立脚期後期で股関節を十分に伸展させ、トレイリングリムを取りやすくなる効果が期待できる。

これまで、国内で ACSIVE を活用することによって歩行機能が向上したといった報告は散見される程度である^{7,8)}。さらに、ACSIVE が脳性麻痺児の歩行練習に効果的であるかどうかは検討されていない。ACSIVE の練習効果が歩容にどのような変化を与えるのかを歩行分析によって明らかにできれば、より効果的な歩行練習プログラムを立案することが可能となる。また、ACSIVE の練習効果によって身



Figure 1. The ACSIVE: A Walking Assist Orthosis

体機能の向上が認められるかどうかを明らかにすることで、身体機能向上プログラムの1つになるかもしれない。

本研究では、脳性麻痺児を対象に ACSIVE を用いた歩行練習の効果について検証することを目的とした。

対象と方法

本症例は、脳室周囲白質軟化症に基づく痙直型両麻痺と診断され、粗大運動能力分類システム (Gross Motor Function Classification System : 以下 GMFCS) のレベル II で、12 歳時に一次的多部位手術が行われた 16 歳の男児であった。歩行に影響を与えるような視力障害、知的障害、精神運動発達遅滞の診断はされていない。歩行は、装具を使用することなく独歩可能であり、スポーツ活動にも参加しており、長距離歩行も問題のないレベルである。また、小児整形外科専門医が下肢関節可動域を測定し、各下肢の関節可動域が歩行に支障を与える制限がないことを確認した (Table 1)。

ACSIVE 装着下での歩行練習を 1 日 60 分、週 5 日、6 ヶ月間実施した。歩行練習は自宅近くの屋外で、自然な歩行で行われた。事前に装着方法を十分に指導するとともに、ACSIVE の不具合の確認や調整を定期的に 1 ヶ月に 1 度行った。

バネによるトルクは、出力で 1Nm~2Nm の間で調整す

ることが可能であり、対象者が歩行中にアシストされると感じる強さ (2Nm) に調整をした。さらに、歩行中に ACSIVE が外れることがないように理学療法士と義肢装具士で装具のベルトの調整を行った。本症例は立脚後期から前遊脚期での股関節伸展が不十分であったことから、ACSIVE のアシストを股関節伸展方向に設定した (Figure 1)。ACSIVE は、腰に装着しているユニットがカム・バネ機構になっており、アシストを伸展方向に設定することで、装着した側の下肢を前方に引くとバネが圧縮され弾性エネルギーが溜まる。そして、装着した下肢が伸展されるとバネの圧縮が減り、そのエネルギーが放出され下肢の蹴り出しをアシストすることができる。

歩行練習実施前後の歩容は、8 台の光学式赤外線カメラからなる三次元動作解析装置 (VICON MX-T20, VICON 社) を用いて評価した。同時に、8 枚の床反力計 (AMTI OPT, AMTI 社) を用いて測定をした。直径 14 mm の反射マーカを、左右の上前・上後腸骨棘、大腿骨外側、膝蓋骨を除いた膝関節中央、下腿外側、外果、踵、第 2 中足骨に貼付し、Plug-In Gait model で測定を行った (Figure 2)。また、歩行練習実施前後の歩行の測定は、ACSIVE を外した状態で、8m の歩行路 (補助路 3m×2, 歩行路 2m) の区間を至適歩行速度で歩行するように指示をした。歩行速度、ケイデンス、歩幅などの歩行パラメータと、歩行時の関節角度、モーメン

Table 1. The range of motion of the lower limbs and the Ely test

	Right	Left
Hip flexion (degrees)	110	110
Thomas test (degrees)	0	0
Hip abduction (degrees)	25	30
Frog leg position (degrees)	45	40
Hip internal rotation (degrees)	15	15
Hip external rotation (degrees)	45	45
Knee extension (degrees)	3	3
Knee flexion (degrees)	150	150
Ankle dorsiflexion in knee flexion (degrees)	10	7
Ankle dorsiflexion in knee extension (degrees)	-6	-6
Ankle plantar flexion (degrees)	50	50
Leg internal rotation (degrees)	6	12
Leg external rotation (degrees)	10	8
Dynamic popliteal angle (degrees)	78	73
Static popliteal angle (degrees)	70	63
Ely test	+	+

These findings were assessed and recorded by a trained pediatric orthopedic surgeon.

ト、角速度、パワーの3試行における左右の平均値を算出し⁹⁻¹¹⁾、歩行練習前後での比較を行った。各歩行分析の関節角度と歩行パラメータは、Polygon (Vicon Polygon 4.2, VICON社)を用いて計算された。

その他の評価として、身体計測(身長、体重、body mass index: BMI)と身体機能測定を実施した。身体機能測定では、5-chair stand test (5CS)、Timed Up & Go test (TUG)、2分間歩行距離を評価した。5CSは、膝関節が90°屈曲位となる高さの椅子での、椅子座位から5回の連続した立ち座り動作をできるだけ速く繰り返し、ストップウォッチを使用して動作開始から5回の立ち上がり動作終了後の完全立位までの時間を計測した¹¹⁻¹⁴⁾。測定回数は1回とした。TUGの測定は、高さ40cmの椅子に腰掛けた姿勢から、楽な速さで3m前方のコーンを回って着座するまでの時間をストップウォッチで計測した^{15,16)}。測定は1回のみとした。2分間歩行距離は、10分間の安静座位を保持した後、10mの歩行路を往復して2分間でできるだけ長い距離を歩くように指示し、歩行した距離を記録した¹⁷⁻¹⁹⁾。これらの身体機能は、すべて理学療法士によって測定された。

対象者と保護者に対しては、ヘルシンキ宣言に基づき事前に研究の趣旨と内容、結果の取り扱いについて十分に説明した上で書面にて同意を得た。本研究は、愛知県三河青い鳥医療療育センター倫理審査委員会の承認(承認番号: 29002)を得た。

結果

対象者の歩行練習前の基本情報は、身長163.1cm、体重56.0kg、BMI 21.1kg/m²、歩行練習後は、身長163.7cm、体重58.2kg、BMI 21.7kg/m²であり、成長や発達による体格の著明な変化は認められなかった。歩行練習前の歩行速度と歩幅はそれぞれ1.1m/s、51.8cmであり、歩行練習後にはそれぞれ、0.25m/s、12.7cm増加した(Table 2)。一方、歩行練習前のケイデンスは132.6歩/分であったが、歩行練習後に2.3歩/分減少した(Table 2)。次に、歩行時の関節角度、モーメント、角速度と関節まわりのパワーをTable 3に示す。立脚期における最大骨盤前傾角度は歩行練習前が21.7°であったが、歩行練習後に3.9°減少した。立脚期における最大股関節伸展角度は、歩行練習前が0.7°であった

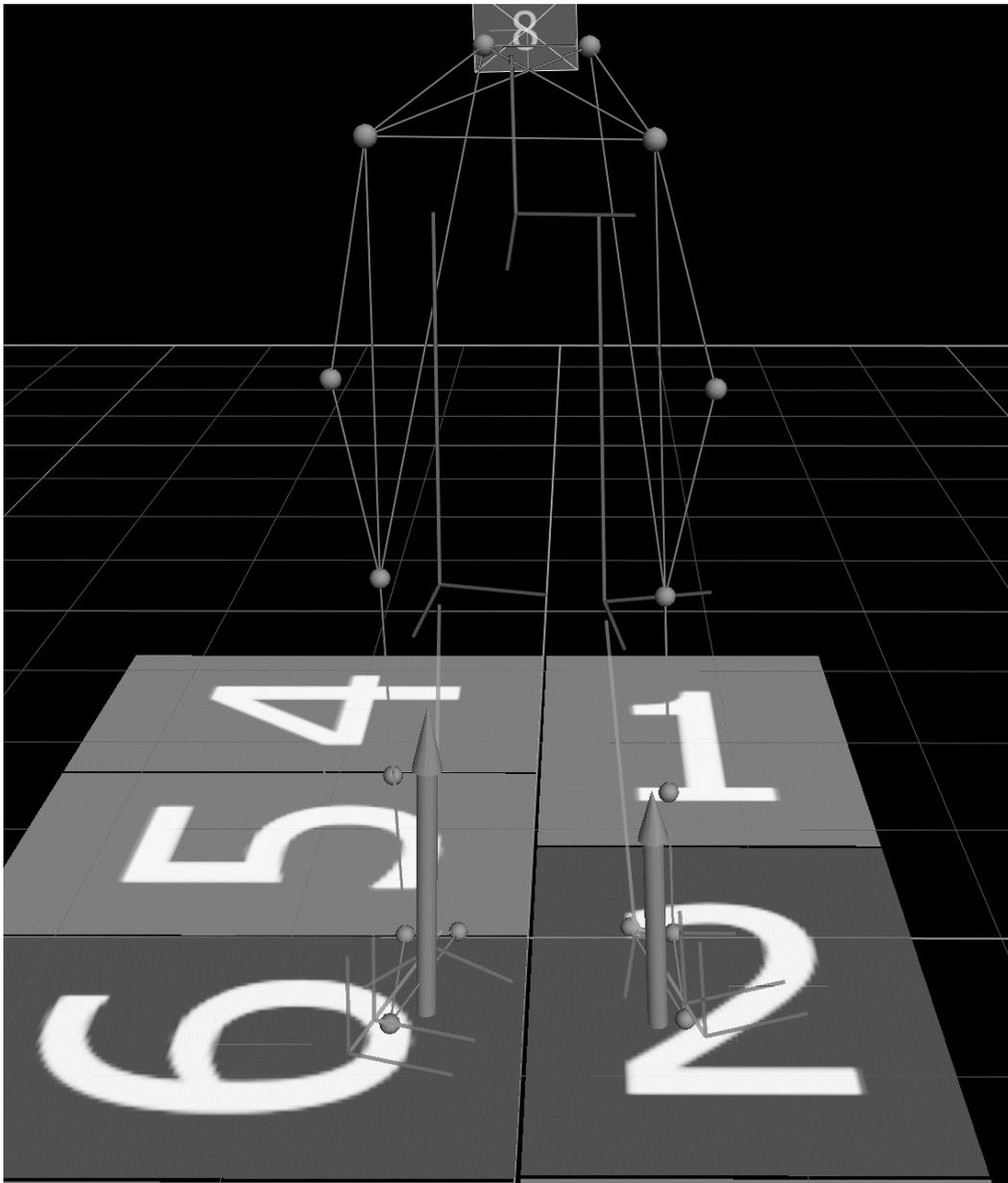


Figure 2. Measurements were performed using a Plug-In Gait model marker set.

Table 2. Gait parameters

	Before ACSIVE training	After ACSIVE training
Gait speed (m/s)	1.1	1.4
Step length (cm)	51.8	64.5
Cadence (step/min)	132.6	130.2

In this case study, training with ACSIVE increased gait speed and step length, while cadence decreased.

Table 3. Gait kinematics, kinetics, angular velocity, and power

	Before ACSIVE training	After ACSIVE training
Maximum pelvis tilt angle of stance phase (degrees)	21.7	17.8
Maximum hip extension angle of stance phase (degrees)	0.7	10.5
Maximum knee flexion angle of swing phase (degrees)	41.5	45.6
Maximum ankle plantar flexion angle of pre-swing (degrees)	-1.9	-1.1
Hip joint peak flexion moment of pre-swing (Nm/kg)	-0.6	-1.0
Knee joint peak extension moment of pre-swing (Nm/kg)	0.3	0.3
Ankle joint peak plantar flexion moment of pre-swing (Nm/kg)	1.1	1.3
Hip joint peak flexion angular velocity of pre-swing (degrees/s)	15.2	6.29
Knee joint peak flexion angular velocity of pre-swing (degrees/s)	165.0	218.0
Ankle joint peak plantar flexion angular velocity of pre-swing (degrees/s)	-15.6	-39.4
Hip joint peak generation power of pre-swing (W/kg)	1.3	1.2
Knee joint peak absorption power of pre-swing (W/kg)	-0.9	-0.9
Ankle joint peak generation power of pre-swing (W/kg)	2.0	2.5

In this case study, ACSIVE training resulted in an increase of maximum hip extension and knee flexion of pre-swing, hip flexion moment, ankle plantar flexion moment, knee and ankle joint peak angular velocity, and ankle joint peak generation power, and a decrease in the maximum pelvis tilt.

が、歩行練習後に 9.8° 増加した。立脚期における最大足関節底屈角度には、著明な変化が認められなかった。さらに、遊脚期における膝関節最大屈曲角度は、歩行練習前は 41.5° であったが、歩行練習後に 4.1° 増加した。前遊脚期における足関節底屈モーメントは歩行練習後に 0.2Nm/kg、足関節の底屈運動の角速度は 23.8 degree/s、足関節最大産生パワーは 0.5 W/kg 増加した。股関節屈曲モーメントは 0.4Nm/kg 増加したが、膝関節伸展モーメントに変化は認められなかった。一方で、股関節屈曲運動の角速度は減少し、膝関節屈曲運動の角速度は 53 degree/s に増大したが、関節パワーに著明な変化は認められなかった。身体機能につい

ては、5CS が歩行練習前の 9.1 秒から 4.3 秒の短縮、TUG が 10.4 秒から 3.2 秒の短縮、2 分間歩行距離は 100.0m から 19.8m の延長が認められた (Table 4)。

考察

本研究は、ACSIVE を用いた歩行練習の効果について三次元歩行分析と身体機能を測定して検証した。その結果、歩行練習の前後で歩行速度、歩幅の増加が認められ、ケイデンスの減少が確認された。また、立脚期における骨盤の最大前傾角度に軽度の減少が認められ、立脚期における股関節の最大伸展角度、前遊脚期における股関節屈曲と足関節底屈

Table 4. Physical function tests

	Before ACSIVE training	After ACSIVE training
5-chair stand test (s)	9.1	4.8
Timed Up & Go test (s)	10.4	7.2
2-minute walk test (min)	100.0	119.8

In this case study, ACSIVE training resulted in time decreases in the 5-chair stand test and the Timed Up & Go test, and an increase in the 2-minute walk test time.

モーメント、膝関節屈曲運動と足関節底屈運動の角速度、足関節の蹴り出し時の産生パワーが歩行練習前よりも歩行練習後で増加した。また、遊脚期における膝関節最大屈曲角度の軽度の増大が認められた。

ACSIVE の装着効果として、立脚終期から前遊脚期にかけて股関節屈曲運動をアシストすると報告がされている²⁰⁾。本症例では、歩行練習前にトレイリングリムが不十分であったため、股関節の屈曲運動ではなく、伸展運動をアシストするように設定した。伸展運動（蹴り出し）のアシスト期には、対側の接地準備期にあたり、バネにエネルギー蓄積しながら、対側脚の減速（振り出しの制動）をしている時期である。このことから、ACSIVE の非使用時と比較して踵接地のタイミングを遅らせており、対側下肢の好適位置への接地を待つことになる。歩行練習の結果、立脚期における最大股関節伸展角度は歩行練習前が 0.7° であったものが、歩行練習後には 9.8° 増大し、 10.5° と正常歩行に近い値となった²⁰⁾。また、前遊脚期の股関節屈曲モーメントと膝関節屈曲運動の角速度が増大した。すなわち、トレーニングによりトレイリングリムが十分可能となったことを示している。この姿勢が適切に取れることによって、股関節屈曲モーメントと膝関節屈曲運動の角速度が増大し、さらに十分な歩幅が得られたため、歩行速度も向上した可能性が高いことが示唆された。また、本症例に用いた ACSIVE による股関節の伸展運動をアシストする力は、立脚終期から前遊脚期にかけては股関節屈曲運動に抵抗を加える力として働く。歩行練習の際に、ACSIVE による抵抗に抗して股関節を屈曲する運動を反復したことが、股関節の屈曲筋力を高めることに繋がった可能性がある。

一方で、最大骨盤前傾角度も歩行練習後に減少した。骨盤を前傾させることで股関節を伸展させなくても下肢を後方に引くことができる。歩行練習後に立脚期における最大股関節伸展角度が増大したことで、骨盤前傾による代償を行う必要性が低くなり、最大骨盤前傾角度が減少したと考えられる。さらに、遊脚期において、立脚終期から前遊脚期における足関節のプッシュオフと股関節の屈曲によって膝関

節が受動的に屈曲されるといわれている。本症例において足関節のプッシュオフ時の産生パワーが増大したことに加えて、歩行練習の際に ACSIVE による股関節屈曲方向への抵抗に抗して股関節を屈曲する運動が繰り返されたことによる股関節屈曲筋力の増加が、遊脚期の膝関節屈曲角度の増大に寄与したのではないかと推察される。

歩行練習後には、前遊脚期における足関節最大パワー産生が増大した。パワーは角速度とモーメントを乗じたものであるため、歩行練習後の底屈運動の角速度と底屈モーメントの増大により、足関節のパワー産生が増大したと考えられる。歩行練習後に最大股関節伸展角度が増大し、トレイリングリムが取りやすくなったことで、前遊脚期に床反力が足部のより前方まで移動するようになる。それに抗するための足関節底屈モーメントが増大するとともに、角速度が増大した結果、足関節最大パワー産生が増大したのかもしれない。ACSIVE は股関節運動をアシストするものであるが、股関節だけでなく、下肢の他の関節のキネマティクスやキネティクスも改善する可能性が示唆された。

遊脚期における下肢の振り出しは、股関節屈筋群と足関節底屈筋群の求心性収縮が適切なタイミングで協調的になされることで達成される²⁰⁾。つまり、歩行練習後に足関節の最大パワー産生が増大したことは、下肢の振り出しをより容易にすることを意味する。加えて、立脚後期から前遊脚期での最大股関節伸展角度が増大したことは、股関節屈筋群をより伸張位にするため、その後の筋力をより有効に作用させることにもつながるかもしれない。つまり、股関節伸展角度の増大も振り出しをより容易にすることにつながると考えられる。本症例では歩行練習後に遊脚期の最大膝関節屈曲角度が増大した。歩行練習後に振り出しがスムーズになったことで、遊脚期の膝関節運動もよりスムーズになり、結果的に最大屈曲角度が増大した可能性が考えられる。ACSIVE を装着したトレーニングにより、立脚後期から前遊脚期、遊脚期にかけての下肢の協調的な運動が学習できるのかもしれない。

遊脚期に下肢がスムーズに振り出されることは、下肢を



より前方へと移動させる推進力を増大させるために、歩幅を増大させることにつながる。本症例では、歩行練習後に歩幅の増大が認められたが、これには最大股関節伸展角度が得られたことに加え、下肢の振り出しがスムーズになったことも関係しているであろう。さらに、ACSIVE を用いた歩行練習による歩行時の関節運動の改善が歩行速度の増大とケイデンスの減少につながったのではないかと考えられる。

歩行の運動学習は、一定の部位に一定の強さで外乱が加えられると生じるといわれている²³⁾。本症例においても、ACSIVE の活用が外乱刺激として、歩容の改善と歩行パラメータの向上に繋がったのではないかと考えられる。このことから、トレーニングが不十分な脳性麻痺児において、ACSIVE を装着した歩行練習を行えば、歩容の改善が見込める可能性がある。

ACSIVE を用いた歩行練習によって、身体機能の向上が認められた。下肢筋力に関係しているといわれている 5CS と TUG の向上が認められた理由として^{13,16)}、バネの圧縮による軽度の負荷が掛った状態で、繰り返し歩行練習を行ったことによって、下肢筋力を発揮しやすい歩行パターン・歩行姿勢の獲得に至った可能性があるかと推察される。さらに、歩行練習前よりも歩行距離は増加し、ロボットアシストの先行研究と同様の結果であった^{5,24)}。これは、歩行練習中の下肢の蹴り出しを促進するためのアシスト力が加えられたことによって生じた可能性が示唆される⁵⁾。

これらのことから、GMFCS レベル II の脳性麻痺児において、ACSIVE は週 5 日の 1 時間の歩行練習を 6 ヶ月間継続することによって、歩行練習後の歩行機能と身体機能に対して効果が得られる可能性があるだろう。

本症例に対する評価は、歩行練習前後に 1 回ずつしか実施していないことに加え、トレーニング期間が 6 ヶ月と比較的長期間であった。つまり、測定結果に対する成長や発達の影響、さらには測定自体の練習効果の可能性を完全には否定できない。ただし、身長と体重、BMI は歩行練習前後で変わらなかったことから、身体の成長面での影響は大きくないと考えられる。加えて、歩行能力を含む粗大運動能力の発達は小学校低学年程度でプラトーに達すると報告されている²⁵⁾。さらに、脳性麻痺児の一部は高校生年代から移動能力の低下を実感するようになるとの報告もある²⁶⁾。これらのことから、本症例で得られた歩行練習後の歩行や身体機能の改善が運動発達の影響である可能性は低いであろう。また歩行練習前後の期間が 6 ヶ月あるため、測定自体の練習効果も考えにくい。すなわち、本症例においては 6 ヶ月間の ACSIVE を用いたトレーニングの効果である可能性が高いといえる。

本研究の限界として、矢状面のキネマティクスとキネティクス以外での検証と詳細な筋力評価や痙縮が考慮されていないことが挙げられる。また、1 症例のみの検討であり、コントロールの設定がされておらず、単純な歩行練習との比較をすることまではできていないため、今後検証が必要である。

まとめると、ACSIVE を用いた歩行練習が、脳性麻痺児の歩容と身体機能の改善に一定の効果があることが示唆された。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご協力いただいた関係各位、株式会社今仙技術研究所とインターリハ株式会社に感謝します。

利益相反

本研究に、開示すべき利益相反はない。

文献

- 1) Alazem H, McCormick A, Nicholls SG, et al: Development of a robotic walker for individuals with cerebral palsy. *Disabil Rehabil Assist Technol* 23: 1-9, 2019.
- 2) Patane F, Rossi S, Del Sette F, et al: WAKE-UP Exoskeleton to Assist Children With Cerebral Palsy: Design and Preliminary Evaluation in Level Walking. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 25: 906-916, 2017.
- 3) Schmartz AC, Meyer-Heim AD, Müller R, et al: Measurement of muscle stiffness using robotic assisted gait orthosis in children with cerebral palsy: a proof of concept. *Disabil Rehabil Assist Technol* 6: 29-37, 2011.
- 4) Wallard L, Dietrich G, Kerlirzin Y, et al: Robotic-assisted gait training improves walking abilities in diplegic children with cerebral palsy. *Eur J Paediatr Neurol* 21: 557-564, 2017.
- 5) Carvalho I, Pinto SM, Chagas DDV, et al: Robotic Gait Training for Individuals With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch Phys Med Rehabil* 98(11):2332-2344, 2017.
- 6) Wu M, Kim J, Arora P, et al: Effects of the Integration of Dynamic Weight Shifting Training Into Treadmill Training on Walking Function of Children with Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Study. *Am*



- J Phys Med Rehabil. 96: 765-772, 2017.
- 7) 齋藤恒一, 畠中泰彦, 中俣孝昭・他: 歩行支援機 ACSIVE を活用した歩行練習が, 歩行パターンに与える影響の運動力学解析. 日本義肢装具学会誌 33 : 111-117, 2017.
 - 8) 山田和政, 今井優利, 境澤大貴: 高齢者における歩行援助ツールとしての歩行支援機 ACSIVE の有用性. 健康レクリエーション研究= Japanese journal of health recreation 11 : 45-48, 2015.
 - 9) Malt MA, Aarli Å, Bogen B, et al: Correlation between the Gait Deviation Index and gross motor function (GMFCS level) in children with cerebral palsy. J. Child. Orthop. 10: 261-266, 2016.
 - 10) Desloovere K, Molenaers G, Feys H, et al: Do dynamic and static clinical measurements correlate with gait analysis parameters in children with cerebral palsy? Gait Posture 24:302-13, 2006.
 - 11) Ito T, Noritake K, Sugiura H, et al: Association between Gait Deviation Index and Physical Function in Children with Bilateral Spastic Cerebral Palsy: A Cross-Sectional Study. J Clin Med. 9: 28, 2020.
 - 12) Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, et al: A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. J Gerontol 49: M85-94, 1994.
 - 13) Wang TH, Liao HF, Peng YC: Reliability and validity of the five-repetition sit-to-stand test for children with cerebral palsy. Clin. Rehabil 26: 664-671, 2012.
 - 14) Kumban W, Amatachaya S, Emasithi A, et al: Five-times-sit-to-stand test in children with cerebral palsy: reliability and concurrent validity. NeuroRehabilitation 32: 9-15, 2013.
 - 15) Podsiadlo D, Richardson S: The timed up & go: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. J Am Geriatr Soc 39: 142-148, 1991.
 - 16) Carey H, Martin K, Combs-Miller S, et al: Reliability and responsiveness of the timed up and go test in children with cerebral palsy. Pediatr Phys Ther 28: 401-408, 2016.
 - 17) Butland RJ, Pang J, Gross ER, et al.: Two-, six-, and 12-minute walking tests in respiratory disease. Br Med J (Clin Res Ed) 284: 1607-1608, 1982.
 - 18) Rossier P and Wade DT: Validity and reliability comparison of 4 mobility measures in patients presenting with neurologic impairment. Arch Phys Med Rehabil 82: 9-13, 2001.
 - 19) Hiengkaew V, Jitaree K, Chaiyawat P: Minimal detectable changes of the Berg Balance Scale, Fugl-Meyer Assessment Scale, Timed & "Up & Go" Test, gait speeds, and 2-minute walk test in individuals with chronic stroke with different degrees of ankle plantarflexor tone. Arch Phys Med Rehabil 93: 1201-1208, 2012.
 - 20) 佐野明人, 鈴木光久. 受動歩行由来の無動力歩行支援機 ACSIVE. PT ジャーナル 49 : 889 - 895, 2015.
 - 21) Rose SA, Ounpuu S, DeLuca PA: Strategies for the assessment of pediatric gait in the clinical setting. Phys Ther 71: 961-980, 1991.
 - 22) Perry J, Burnfield JM, 武田 功 (監訳) : ペリー歩行分析 正常歩行と異常歩行, 原著第 2 版, pp28-29, 医歯薬出版, 2012.
 - 23) Yanagihara, D. and Udo, M: Climbing fiber responses in cerebellar vermal Purkinje cells during perturbed locomotion in decerebrate cats. Neurosci. Res 19: 245-248, 1994.
 - 24) Beretta E, Storm FA, Strazzer S, et al: Effect of Robot-Assisted Gait Training in a Large Population of Children With Motor Impairment Due to Cerebral Palsy or Acquired Brain Injury. Arch Phys Med Rehabil 101:106-112, 2020.
 - 25) Hanna SE, Rosenbaum PL, Bartlett DJ, et al. Stability and decline in gross motor function among children and youth with cerebral palsy aged 2 to 21 years. Dev Med Child Neurol, 51: 295-302, 2009.
 - 26) 廣木幸恵, 川間 健之介: 成人脳性まひ者の身体機能の変化とその対応: 特別支援学校の在校生と卒業生に対する質問紙調査を通して. 筑波大学特別支援教育研究 12 : 65-72, 2018.



Case Study

Effect of using ACSIVE for children with cerebral palsy: A 3D gait analysis case study

Tadashi Ito, RPT, PhD^{1,2,*†}, Mitsuhsa Suzuki, PO, MSc³, Daisuke Kawaguchi, RPT, MSc⁴, Hidehito Tomita, RPT, PhD^{4,5},
Koji Noritake, MD, PhD⁶, Hideshi Sugiura, MD, PhD², Akihito Sano, PhD⁷

¹Three-Dimensional Motion Analysis Room, Aichi Prefectural Mikawa Aotiori Medical and Rehabilitation Center for Developmental Disabilities

²Department of Physical Therapy, Graduate School of Medicine, Nagoya University

³Nagoya City Rehabilitation Center

⁴Department of Rehabilitation, Aichi Prefectural Mikawa Aotiori Medical and Rehabilitation Center for Developmental Disabilities

⁵Graduate School of Health Sciences, Toyohashi SOZO University

⁶Department of Orthopedic Surgery, Aichi Prefectural Mikawa Aotiori Medical and Rehabilitation Center for Developmental Disabilities

⁷Department of Electrical and Mechanical Engineering, Nagoya Institute of Technology

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of ambulatory-training using the orthotic device ACSIVE on a 16-year-old boy with level II cerebral palsy. Ambulatory-training utilizing ACSIVE was performed 5 days/week for 60 minutes/day for 6 months. Gait measurements were recorded using a 3D motion analysis system. Physical functions were measured using the 5-chair stand, the Timed Up & Go, and the 2-minute walk tests. The patient's step length, gait speed, hip joint maximum extension angle in the stance phase, and peak generation power of the ankle joint in the pre-swing increased after practice walking. All three physical functions tests also improved. These results suggest that ambulatory exercises using ACSIVE for 6 months can be effective in improving the gait and physical functions of children with cerebral palsy.

Key words: cerebral palsy, gait analysis, walking assist