

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：33111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11171

研究課題名(和文)脳卒中片麻痺者における体幹ベルト付下肢装具歩行の機能特性の解明

研究課題名(英文)Analysis of mechanism during gait with ankle foot orthosis with trunk belt in hemiparetic stroke persons

研究代表者

相馬 俊雄(Soma, Toshio)

新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・教授

研究者番号：40339974

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、まず健常成人を対象にして、体幹ベルト付下肢装具(CVAid)を使用した歩行中の下肢関節運動の比較検討を行った。その結果、CVAidは正常歩行に近似した関節運動を再現していることが明らかとなった。次に、CVA者を対象として、CVAidを装着した歩行における立脚支持と遊脚制御機構について、力学的側面からCVAidの機能特性について検討した。その結果、歩行時はCVAid装着側(麻痺側)に身体重心が変位していることが分かった。このことから、CVA者に対してCVAidを使用することは、麻痺側下肢への荷重を促す働きがあり、装具療法として有効であることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳卒中診療ガイドラインの装具療法において、CVAidは高い治療効果が期待できると紹介されている。しかし、その科学的根拠の背景となっている研究は希少である。そこで我々は、これまでに取り組んできた三次元動作解析のバイオメカニクス的手法を用いて、CVAidの機能特性について明らかにした。今回の結果からCVA者を対象としてCVAidを装着した歩行において、立脚相に麻痺側である装具装着側へ身体重心が変位することがわかった。つまり、CVAidを装着した歩行では、CVA者の麻痺側下肢への荷重の促しに効果的であり、CVA者への装具療法として社会的意義は大きいと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we first compared lower limb joint motions during gait using a lower limb orthosis with trunk belt (CVAid) in healthy adults. The results showed that the CVAid reproduced joint motions similar to those of a normal gait. Next, we examined the functional characteristics of the CVAid from the mechanical aspect of the stance support and swing leg control mechanism during walking with the CVAid in CVA patients. As a result, it was found that the body center of gravity was shifted to the CVAid-wearing side (paralyzed side) during walking. The results suggest that the CVAid is effective as an orthotic therapy for CVA patients because it promotes weight bearing on the paralyzed side of the lower limb.

研究分野：理学療法学

キーワード：脳卒中片麻痺 歩行 下肢装具 重心 筋電図 関節モーメント

1. 研究開始当初の背景

本邦では、CVA 者の歩行能力を向上させる下肢装具 (AFO) は、従来からプラスチック製 AFO が利用されている。このプラスチック製 AFO は、CVA 者の歩行中に変化する麻痺側下肢の筋緊張に対して、立脚相の体重を支持する膝折れ防止に役立っている。しかし、CVA 者の歩行の特徴は、立脚相だけでなく、麻痺側下肢の振り出しを行う遊脚相も深刻な問題となっている。この下肢の振り出しが原因で、足趾が床面に引っかかり転倒が引き起こされている¹⁾。そのため、多種多様の AFO が立脚相に重点を置いて製作されているが、遊脚相にも視点を向けて改良される必要があると考えられる。本研究で使用する CVAid (図 1) は、2006 年にオランダで製作された新型の装具である。この装具の特徴は、両肩から弾性ベルトで下肢を吊り上げており、ベルトの弾性張力を利用して、麻痺側下肢の振り出しを補助している。主に CVA 者の歩行における遊脚相に重点を置いて開発された下肢装具である。



図1. 体幹ベルト付下肢装具 (CVAid)

2. 研究の目的

脳卒中診療ガイドラインの装具療法において、CVAid は高い治療効果があると紹介されている²⁾が、その科学的背景の根拠となっている研究は希少である。そこで我々は、現在までに取り組んできた三次元動作解析および筋電図学的解析のバイオメカニクス的手法を用いて、CVAid の機能特性について明らかにしようと考えた。そして、「CVAid 装着歩行は、CVA 者のどの程度の麻痺レベルに適應するか?」、次に「CVAid の介入により CVA 者の歩行能力は、即時および長期的に改善されるか?」という2つの学術的な「問い」を検証することを考えた。

本研究の目的は、CVA 者の歩行能力向上のために開発された CVAid の機能特性について、バイオメカニクスの側面から明らかにすることである。具体的には、まず健康成人を対象に CVAid を装着した歩行における下肢の筋活動を明らかにする。次に CVA 者の麻痺をステージ別に分け、CVAid を装着した歩行における下肢の筋電図学的特徴を明らかにする。そして、CVA 者に CVAid の介入前後の歩行能力の効果判定と CVAid の臨床応用への有効性について検証することである。

3. 研究の方法・結果

【実験1】歩行時における足関節角度の比較検討

実験1では、三次元動作解析装置と床反力計を使用して、健康成人を対象として、CVAid 装着時、プラスチック製短下肢装具 (AFO) 装着時、装具なし時の3条件での歩行時における足関節角度の比較検討を行った。本研究で使用する CVAid と従来のプラスチック製 AFO の機能面の明らかな違いは、足関節の可動性である。そこで我々は、健康成人 10 名を対象にして2つの装具を使用した歩行時の足関節角度の変化について比較検討を行った (図 2)³⁾。その結果、CVAid は正常歩行の足関節角度の変化を再現していることがわかった。つまり、CVAid 歩行は、つま先を床面に接触させることなく、下肢の振り出しが可能になっていることがわかった。このことから、CVAid は、振り出し時の足関節の背屈運動を補助する働きがあり、CVA 者の前脛骨筋の筋活動の抑制作用が期待できると推察される。今後は、CVA 者を対象に CVAid を装着して一定時間の歩行練習 (介入) を実施した後、CVAid を脱着してからも麻痺側下肢の筋緊張の抑制作用が持続しているかを明らかにする予定である。本研究の成果は、CVAid の機能を特徴付けるエビデンスとなり、CVA 者の装具療法において国内外のリハビリテーションの臨床場面への波及効果が期待できる。

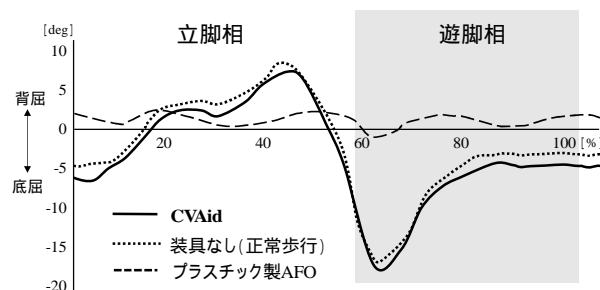


図2. 装具装着歩行における足関節角度の変化 (対象: 健康成人)

【実験2】歩行時における身体重心変位の比較検討

CVA 者の歩行能力を決定づける身体機能の一つは、麻痺の程度である。CVA 者の麻痺の程度は、筋収縮が起こらない弛緩した状態から筋緊張が亢進した状態まで様々である。筋緊張が亢進した CVA 者は、歩行時に体重を支持することは可能であるが、下肢を振り出すことが困難となる。CVAid の特徴は、弾性ベルトの張力を利用した麻痺側下肢の振り出しの補助である。そこで、実験2では、この麻痺側下肢の振り出し機構を明らかにするため、CVA 者を対象に CVAid を装着した歩行における身体動

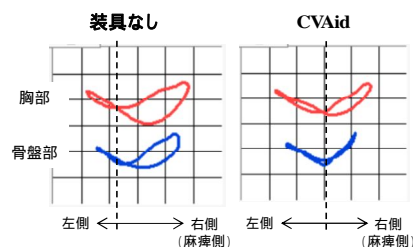


図3. 脳卒中片麻痺者 (右片麻痺) における CVAid 装着歩行の身体動揺 (前顔面)

揺の変化について解析を行った。その結果、CVAid を装着した歩行では、装具装着（麻痺）側へ身体重心が変位していることがわかった（図3）^{4,6)}。これは、歩行時におけるCVA者の麻痺側への荷重の促しに有効であると考えられ、臨床場面におけるCVA者の歩行練習にCVAidは効果的であると推察された。今後は、筋電図学的手法を用いて歩行中のCVA者の麻痺の程度を定量的に計測する予定である。そして、CVAidの機能特性を解明することができれば、CVA者への適応について重要な判断基準になると考えている。

【実験3】歩行時における下肢筋活動の比較検討

実験3では、筋電図装置を用いた研究を行った⁷⁻⁹⁾。これまでに我々は、健常成人およびCVA者を対象に装具を装着した歩行において力学的視点から装具の特徴を明らかにしてきた。そこで今回、CVA者に対して装具を装着した歩行における麻痺側足関節の運動制御機構について明らかにすることを目的とした。

対象は、CVA者25名（男性24名/女性1名）とした。年齢は 46.4 ± 17.8 歳（平均値 \pm 標準偏差）、身長は 166.4 ± 7.8 cm、体重は 65.7 ± 11.2 kgであった。内訳は、脳梗塞14名、脳出血10名、くも膜下出血1名、右片麻痺14名、左片麻痺11名、罹患期間 45.8 ± 48.1 ヶ月であった。下肢の麻痺のグレードは、Brunnstrom recovery stage（BRS）において、 ≤ 3 名、 ≤ 4 名、 ≤ 5 名であった。すべての対象者は、屋内歩行が自立していた。対象者は、事前に研究内容を説明し、同意が得られた者を対象とした。課題動作は、装具を麻痺側下肢に装着した歩行とした。装具の体幹ベルトの張力を被験者間で統一するため、テンションメーターを用いて、静止立位時に2.0kgに設定した。麻痺側の前脛骨筋の筋活動の測定は、表面電極を用いた。また、三次元動作解析装置と同期させ、麻痺側の足関節の底背屈角度を計測した。解析は、装具を装着しない歩行（通常歩行）と装具を装着した歩行（装具歩行）における麻痺側足部が床面に接地した時の前脛骨筋の筋活動と足関節の底背屈角度を比較検討した。なお、本研究は新潟医療福祉大学（17622）および金沢医科大学病院（H233）の倫理委員会の承認を受け、本研究に関連する利益相反はない。

その結果、BRS ≤ 3 のCVA者では、歩行時の歩幅・リズムに連続性がみられなかったため、解析対象から除外した。足関節背屈角度においてBRS ≤ 3 のCVA者は、 2.1 ± 6.0 度/ 4.5 ± 6.1 度（通常歩行/装具歩行）、BRS ≤ 4 のCVA者は、 6.1 ± 5.2 度/ 9.8 ± 5.0 度であり、それぞれ有意差がみられた。また、BRS ≤ 3 に比べBRS ≤ 4 の方が有意に大きな値を示した。前脛骨筋の筋活動において通常歩行時を100%とした場合、装具歩行は、BRS ≤ 3 で $14.6 \pm 34.7\%$ 、BRS ≤ 4 で $26.4 \pm 28.8\%$ の有意な減少がみられた。また、BRS ≤ 3 に比べBRS ≤ 4 の方が有意に小さな値を示した。

BRS ≤ 3 のCVA者は、足関節を共同運動から分離させることが困難であるため、一般的にプラスチック製短下肢装具などを使用して歩行を行う。今回、装具を装着しても歩行中の麻痺側下肢の筋緊張が変化したことにより、足関節運動を制御することが困難であった。その結果、歩行時の歩幅やリズムに連続性がみられなかったと考えられる。また、装具歩行において足関節背屈角度が有意に大きな値を示し、さらにBRS ≤ 3 よりBRS ≤ 4 の方が足関節の背屈角度が大きな値を示した。このことから、本装具は麻痺が軽度な程、足関節の背屈運動を補助しており、装具の特性を発揮していると推察される。前脛骨筋の筋活動は、装具歩行で有意な減少を示した。このことから、装具の装着は、前脛骨筋の筋活動を抑制させ、足関節の背屈運動を補助していることがわかった。以上より、装具の装着は、麻痺側下肢がBRS ≤ 3 以上のCVA者に対して、歩行能力を向上させると考えられる。

本研究の結果から、装具を装着した歩行は、体幹ベルトの弾性張力により麻痺側下肢の足部接地時に足関節の背屈運動の補助と前脛骨筋の筋活動の抑制機能があることがわかった。また、装具は、麻痺側下肢の共同運動から分離したBRS ≤ 3 以上のCVA者に適していると考えられた。

4. 研究成果

CVA者では、麻痺の程度により歩行能力が異なるため、体幹ベルトの張力設定を変化させながら最適な張力値の模索を行った。無線筋電図は、下肢装具を装着する麻痺側下肢から導出し、遊脚相の下肢の振り出し時の筋活動を計測した。これにより、力学的側面からCVAidの遊脚相の下肢の振り出しの制御機能について検討を行った。健常者の歩行の遊脚相では、下肢を振り出すように振り出すため、下肢の筋活動はみられない。しかし、CVA者は、麻痺の重症度により麻痺側下肢の筋緊張が変化する。特に筋緊張が亢進している場合は、大腿四頭筋、下腿三頭筋などの抗重力筋の筋活動が増加し、振り出しが困難となる。そこでCVAidを装着することで振り出しが補助されるため、大腿四頭筋、前脛骨筋などの筋活動が減少（抑制）されると考えられる。この結果からCVAidの装着が、麻痺側下肢筋の筋活動の減少（抑制）につながり、脳卒中片麻痺者の歩行能力を向上させると予想される。本研究の成果が、CVA者の歩行能力向上に寄与することを期待している。

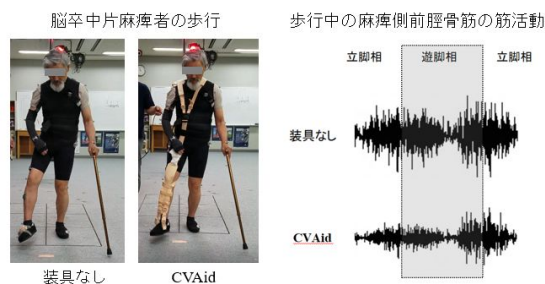


図4. 歩行時におけるCVA者の麻痺（CVAid装着）側の前脛骨筋の筋活動

5 . 文献

- 1) Dean JC, Kautz SA.:Foot placement control and gait instability among people with stroke. J Rehabil Res Dev 52(5),577-90. 2015.
- 2) Thijssen DH, Paulus R, van Uden, et al.: Decreased energy cost and improved gait pattern using a new orthosis in persons with long-term stroke, Arch Phys Med Rehabil, 88(2): 181-186, 2007.
- 3) 相馬俊雄 . 脳卒中片麻痺者に対する体幹ベルト付下肢装具歩行の臨床応用 . BIO Clinica . 2020 ; 35 (14) : 44-46 .
- 4) 相馬俊雄 , 丹保信人 , 西片寿仁 . 脳卒中片麻痺者における体幹ベルト付下肢装具歩行の身体動揺解析 . 第 36 回日本義肢装具学会学術大会 (東京) . 2020.10.31-11.1 .
- 5) 相馬俊雄 , 丹保信人 , 西片寿仁 , 内田貴洋 , 布施優一 , 伊藤秀敏 , 渡部朱織 , 神田基生 , 神戸晃男 , 松下功 . 脳卒中片麻痺者における体幹ベルト付下肢装具歩行が身体重心に及ぼす影響 . 第 47 回日本臨床バイオメカニクス学会 (新潟) . 2020.11.6-11.7 .
- 6) 相馬俊雄 . 体幹ベルト付下肢装具歩行の身体動揺と下肢への荷重効果 . 地域ケアリング . 2021 ; 23 (14) : 63-65 .
- 7) 相馬俊雄 , 丹保信人 , 西片寿仁 , 内田貴洋 , 布施優一 , 伊藤秀敏 , 渡部朱織 , 神田基生 , 池田法子 , 古西幸夫 , 松下功 . 脳卒中片麻痺者における体幹ベルト付下肢装具歩行の麻痺側足関節の運動制御機構 . 第 21 回新潟医療福祉学会学術集会 (新潟市 : Web) . 2021.10.30 .
- 8) 古西幸夫 , 相馬俊雄 , 丹保信人 . 体幹ベルト付下肢装具歩行における遊脚下肢の筋電図学的検討 . 第 37 回日本義肢装具学会学術大会 (Web) . 2021.12.4-5 .
- 9) 相馬俊雄 . : 脳卒中片麻痺者の歩行能力改善のための体幹ベルト付下肢装具 . Precision Medicine . 2022 ; 5 (9) , 67 (843) -69 (845) .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 相馬俊雄	4. 巻 5 (12)
2. 論文標題 リハビリテーションおよび介護分野における支援ロボットの進歩	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Precision Medicine	6. 最初と最後の頁 50-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 相馬俊雄	4. 巻 5 (9)
2. 論文標題 脳卒中片麻痺者の歩行能力改善のための体幹ベルト付下肢装具	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Precision Medicine	6. 最初と最後の頁 67-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 相馬俊雄	4. 巻 23 (11)
2. 論文標題 脳卒中片麻痺者の歩行能力を向上させる体幹ベルト付下肢装具	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地域ケアリング	6. 最初と最後の頁 80-82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 相馬俊雄	4. 巻 23 (11)
2. 論文標題 脳卒中片麻痺者に対する杖の機能と効果	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地域ケアリング	6. 最初と最後の頁 91-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 相馬俊雄	4. 巻 23 (14)
2. 論文標題 体幹ベルト付下肢装具歩行の身体動揺と下肢への荷重効果	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地域ケアリング	6. 最初と最後の頁 63-65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 相馬俊雄	4. 巻 35 (14)
2. 論文標題 脳卒中片麻痺者に対する体幹ベルト付下肢装具歩行の臨床応用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BIO Clinica	6. 最初と最後の頁 1334-1336
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 相馬俊雄	4. 巻 23 (2)
2. 論文標題 脳卒中片麻痺者への体幹ベルト付下肢装具歩行の有効性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地域ケアリング	6. 最初と最後の頁 52-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 前田雄, 林豊彦, 須田裕紀, 高橋素彦, 郷貴博, 東江由起夫, 相馬俊雄	4. 巻 44 (4)
2. 論文標題 下腿義足ソケットの後壁面高さがソケット内接触圧力と歩容に与える効果	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 バイオメカニズム学会誌	6. 最初と最後の頁 242-251
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 渡部朱織, 相馬俊雄	4. 巻 20(1)
2. 論文標題 スクワット動作における足部荷重位置の違いが下肢関節モーメントおよび下肢筋活動量に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 石川県理学療法学会誌	6. 最初と最後の頁 9-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 相馬俊雄, 丹保信人, 西片寿仁, 内田貴洋, 布施優一, 伊藤秀敏, 渡部朱織, 神田基生, 池田法子, 古西幸夫, 松下功
2. 発表標題 脳卒中片麻痺者における体幹ベルト付下肢装具歩行の麻痺側下肢への荷重効果
3. 学会等名 第10回日本支援工学理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古西幸夫, 相馬俊雄, 丹保信人
2. 発表標題 体幹ベルト付下肢装具歩行における下肢の筋電図学的解析
3. 学会等名 第10回日本支援工学理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古西幸夫, 相馬俊雄, 丹保信人
2. 発表標題 体幹ベルト付下肢装具歩行における遊脚下肢の筋電図学的検討
3. 学会等名 第37回日本義肢装具学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 相馬俊雄, 丹保信人, 西片寿仁, 内田貴洋, 布施優一, 伊藤秀敏, 渡部朱織, 神田基生, 池田法子, 古西幸夫, 松下功
2. 発表標題 脳卒中片麻痺者における体幹ベルト付下肢装具歩行の麻痺側足関節の運動制御機構
3. 学会等名 第21回新潟医療福祉学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古西幸夫, 相馬俊雄, 丹保信人
2. 発表標題 体幹ベルト付下肢装具歩行における下肢の筋電図学的解析
3. 学会等名 第21回新潟医療福祉学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 相馬俊雄, 丹保信人, 西片寿仁
2. 発表標題 脳卒中片麻痺者における体幹ベルト付下肢装具歩行の身体動揺解析
3. 学会等名 第36回日本義肢装具学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 相馬俊雄, 丹保信人, 西片寿仁, 内田貴洋, 布施優一, 伊藤秀敏, 渡部朱織, 神田基生, 神戸晃男, 松下功
2. 発表標題 脳卒中片麻痺者における体幹ベルト付下肢装具歩行が身体重心に及ぼす影響
3. 学会等名 第47回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 相馬俊雄, 丹保信人, 西片寿仁, 内田貴洋, 布施優一, 伊藤秀敏, 渡部朱織, 神田基生, 神戸晃男, 松下功
2. 発表標題 脳卒中片麻痺者における体幹ベルト付下肢装具歩行の身体動揺解析
3. 学会等名 第20回新潟医療福祉学会学術集会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大山 峰生 (Oyama Mineo) (10367427)	新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・教授 (33111)	研究指導, 解析補助

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------