

支援工学理学療法学会誌

Vol.5 No.2
2026



支援工学理学療法学会誌

第5巻 第2号

Journal of Assistive Technology in Physical Therapy
Vol.5 No.2





目次

原著	変形性膝関節症に対する装具療法の実態と重要視項目の記述的調査 －理学療法士を対象とした報告－	山本裕晃……………77 田中創 平塚健太 小林英司
短報	前十字靭帯再建術後患者における術前後の 松葉杖完全免荷歩行獲得の変化と影響因子	栗田慎也……………85 金田藍香 末永玲鶴 眞壽田彰彦
スコーピングレビュー	災害用ダンボールベッドの体圧分散性に関する スコーピングレビュー	羽柴涼太……………90 清水三紀子 小山総市朗
症例報告	生活期脳卒中片麻痺一例に対するカーボン製湾曲杖の長期使用が 歩行速度と生活範囲に及ぼす影響：シングルケース実験研究	永井公規……………96 山崎寛史 五十嵐星也 掬川晃一 和氣彩花 小桑隆 堺裕太 手島雅人
症例報告	長下肢装具が適用不能であった超高度肥満脳出血患者に対する 歩行再建の経過	金子達哉……………105
症例報告	生活期の下肢切断者に対する振動触覚フィードバックが 歩行機能に与える影響－シングルケーススタディー－	中村恒太……………113 川口俊太郎 石井健史 佐藤寛 安田和弘
原著	脳卒中者の歩行における反張膝の定量的評価に関する試み	小田桐伶……………120 金子純一朗 浅見正人 吉田英樹

原 著 ロボット支援歩行練習が脳卒中片麻痺患者の歩行自立度に及ぼす
 要因の検討 田巻督広 ……126
 山重太希
 熊木純一
 浜辺政晴

症例報告 慢性期脳卒中患者の下肢痙縮に対するボツリヌス療法と
 体重免荷式トレッドミル併用トレーニングの有用性：症例報告 千葉大輔 ……135
 五十嵐達也
 山本直弥
 榊原時生

投稿要領 …… 142

編集後記 …… 146

◎原著

変形性膝関節症に対する装具療法の実態と重要視項目の 記述的調査—理学療法士を対象とした報告—

A Descriptive Survey on the Actual State and Key Considerations of Orthosis Therapy for Knee Osteoarthritis:
A Report on Physical Therapist

山本裕晃¹⁾, 田中創²⁾, 平塚健太³⁾, 小林英司⁴⁾

要 旨

【目的】変形性膝関節症（Knee osteoarthritis；以下、膝 OA）に対する装具療法の実態と理学療法士が重要と捉える項目の分布を記述的に把握すること。

【方法】膝 OA 患者の理学療法に従事している理学療法士に対して、web アンケート調査にて膝 OA の装具療法の実態と重要視項目を記述的に集計した。

【結果】全回答者数は 123 名で、膝 OA 患者に対する装具適応経験が有る者は 58 名であった。適応経験が有る者が重要視する項目として回答した上位項目は、疼痛 53 名（91.4%）、姿勢アライメント 36 名（62.1%）、歩行能力 36 名（62.1%）であった。

【結論】膝 OA に対する装具療法は、複数の項目から判断され、身体機能レベルと動作レベルのいずれもが重要視する項目として挙げられた。

キーワード：変形性膝関節症、装具、記述的調査

1. はじめに

変形性膝関節症（Knee osteoarthritis；以下、膝 OA）の装具療法は、簡便で動作時に直接作用するため有効な治療法であり、臨床現場で用いられている¹⁾。膝 OA に対する装具療法は、足底板、硬性膝装具、軟性膝装具に分類される²⁾。足底板は、膝内反の矯正と下肢重心線の移動により膝関節内側の荷重負荷を軽減することを目的としており、足部に装着する物と靴の中敷きタイプの物が使用されている³⁾。膝装具は、硬性膝装具と軟性膝装具の 2 種類が用いられており⁴⁾、目的は関節構成体の障害による不安定さや異常運動を関節外から

補填して関節の生理的な動きを再現し、関節構成体にそれ以上の障害を与えないことである。具体的な役割として、変形の矯正と予防、関節の異常運動の制御、関節の運動補助、免荷が挙げられ⁵⁾、関節面への負荷を減らすことができ、疼痛の軽減や膝 OA の進行予防が期待できる⁶⁾。日本整形外科学会の変形性膝関節症診療ガイドラインでは、変形性膝関節症に対する膝装具、外側楔型足底板を用いた装具療法は鎮痛および機能改善に関して、その有用性は弱く推奨されている⁷⁾。一方、米国整形外科学会では Moderate の推奨とされており⁸⁾、各種ガイドラインにおける膝 OA 患者に

1) 福岡天神医療リハビリ専門学校 理学療法学科

2) 福岡整形外科病院 臨床研究センター

3) 函館市医師会看護・リハビリテーション学院 生体医工学研究センター

4) 日本医療大学 保健医療学部 リハビリテーション学科

投稿日：2025 年 6 月 9 日 採択決定日：2025 年 9 月 24 日 公開日：2026 年 3 月 31 日

に対する装具療法の推奨度は異なることから、膝 OA に応じた装具の選択が必要であることが示唆される。

このように膝 OA に対する装具療法の根拠や効果が示されているが、処方された装具を用いる適応に対する判断は膝 OA の重症度分類 (Kellgren Lawrence grading system ; 以下、K-L 分類) のみを指標にしていることが多い⁹⁾。実際に、K-L 分類の Grade I ~ II といった初期から進行期の膝 OA には足底板やサポーター型装具が、Grade III の進行期では支柱付き軟性装具、Grade IV 以上の末期では硬性装具が適応になるとされている^{10,11)}。しかし、X線所見では同期の病期であっても疼痛や腫脹などの臨床症状、歩行パターンには個人差があるため、装具の効果にも差が生じることを考慮し、膝 OA に応じた装具の選択が必要であるという意見もある¹²⁾。そのため、膝 OA に対する装具療法の適応判断は、科学的根拠に示されているのではなく個々の臨床家によって差異があることが想定されるが、その実態は明らかではない。理学療法士が膝 OA 患者の装具適応の際に重要と捉える項目を明確化し、実態・認識の把握を記述・探索的に示すことは、膝 OA 患者の装具療法を展開する上での一助となり臨床的意義がある。

そこで本研究の目的は、理学療法士が膝 OA 患者の装具療法の適応を判断する際の重要視項目を記述的に明らかにすることである。

2. 対象および方法

2-1 対象

対象は、膝 OA 患者の理学療法に従事している理学療法士とし、アンケートの回答にて従事していない者は対象から除外した。

2-2 方法

研究デザインは Google Forms を用いた無記名の web アンケートによる調査とした。アンケートの内容は、選択肢より択一あるいは複数選択する方法とし、複数選択の場合に選択肢の順位付けは行わなかった。アンケートの配布は、著者と共著者が把握している膝 OA 患者の理学療法に従事し

ておりアンケートの回答に協力が得られる可能性が高い協力施設にアンケート回答 URL をメールにて送付した。協力施設について、施設の代表者に対して案内を行い、代表者より施設内の個々の理学療法士に伝達された。その際に、施設数、地区、法人などの制約は設けず、施設内でのアンケートの周知や配布方法について著者から特別な指示は出さなかった。なお、一部の代表者によりソーシャル・ネットワーキング・サービス (SNS) でも案内したが、その際には「日頃から変形性膝関節症患者の理学療法に従事している理学療法士を対象としていること」を明記し、それ以外の対象者は除外した。調査期間は、2024 年 7 月 31 日から同年 8 月 31 日とした。調査項目は、回答者の基本情報と膝 OA の装具に関する内容とした。

上述の調査項目について、回答者の基本情報は、年齢、性別、臨床経験年数、最終学歴、登録理学療法士・認定理学療法士・専門理学療法士の有無と分野、所属施設の種類、膝 OA 患者の月間介入患者数とした。膝 OA の装具に関する内容は、膝 OA に対する装具適応の経験有無 (無しの場合はその理由)、膝 OA に装具を適応する頻度の高い装具の種類、膝 OA 患者に装具適応の際に意見をどの程度考慮するか、膝 OA に装具を適応する目的、膝 OA の装具適応を考える上で最も重要視する項目について聴取し、記述的に集計した。膝 OA に対する装具適応の経験有無にて無しの場合とその理由、膝 OA に装具を適応する頻度の高い装具の種類、膝 OA に装具を適応する目的、膝 OA の装具適応を考える上で最も重要視する項目は複数回答可に設定した。なお、適応する頻度の高い装具の種類、膝 OA 患者に装具適応の際に意見をどの程度考慮するか、膝 OA に装具を適応する目的、膝 OA の装具適応を考える上で最も重要視する項目については、回答者のうち、装具適応の経験が有りとは回答した者に聴取した。

2-3 倫理的配慮

本研究は、ヘルシンキ宣言に遵守して行い、福岡天神医療リハビリ専門学校研究倫理委員会において承認を受けた (承認番号 : 2024-1)。なお、アンケートフォームのアクセスページに研究内容の

説明を記載し、アクセスページに「同意する」の回答欄を設け、対象者がチェックした場合に同意したものとした。

3. 結果

アンケート調査の回答者数は123名であり、調査項目と選択肢の全ては表の通りである。回答者の基本情報の特徴(表1)は、20～30歳台が103名(83.7%)、経験年数5年目以下が62名(50.5%)と若い世代が多く、最終学歴は専門学校が80名(65%)であった。資格について、登録理学療法士取得者が63名(48.8%)、認定理学療法士取得者が30名(24.4%)、専門理学療法士取得者が6名(4.9%)であった。所属先は、整形外科施設が51名(41.5%)、回復期リハ病棟が43名(35%)と多かった。また、膝OA患者の月間介入患者数は0～9人が69名(56.1%)、10～49人が47名(38.2%)であり、膝OAに対する装具適応経験が有る者は58名(47.2%)であった。膝OAに対する装具適応経験が無い者は65名(52.8%)で、その理由は「装具が対象となる患者が少ない」が47名(72.3%)で最も多く、次いで「装具に対する知識が不足している」が33名(50.8%)、「施設に試す備品が少ない」が14名(21.5%)、「装具に必要性を感じる患者が少ない」が11名(16.9%)で多かった(表2)。

次に、膝OAに適応する頻度の高い装具の種類として、足底板が最も多く34名(58.6%)、次にショートサイズの支柱有りの軟性膝装具が30名(51.7%)、ショートサイズの支柱無しの軟性膝装具が29名(50.0%)であった(表3)。膝OA患者に装具適応の際に意見をどの程度考慮するかは、「大いに考慮する」が21名(36.2%)、「ある程度考慮する」が35名(60.3%)と多くは考慮する結果となった(表4)。装具の目的は、「疼痛軽減」が53名(91.4%)、「歩行能力向上」が37名(63.8%)、「異常運動の制御と固定」が36名(62.1%)であった(表5)。

最後に、膝OAの装具適応を考える上で重要視する項目で多かった回答は、疼痛53名(91.4%)、姿勢アライメント36名(62.1%)、歩行能力36名(62.1%)であった(表6)。

なお、適応する頻度の高い装具の種類、膝OA患者に装具適応の際に意見をどの程度考慮する

表1 アンケートの回答者の基本情報

年齢	人数(名)	百分率(%)
20歳台	69	56.1
30歳台	34	27.6
40歳台	17	13.8
50歳台	3	2.4
60歳台	0	0.0
性別		
男性	85	69.1
女性	38	30.9
未回答	0	0.0
臨床経験年数		
1年目	12	9.8
2～3年目	30	24.4
4～5年目	20	16.3
6～10年目	20	16.3
11～15年目	22	17.9
16～20年目	15	12.2
21年目以上	4	3.3
最終学歴		
専門学校	80	65.0
短期大学	0	0.0
専門職大学	2	1.6
大学	32	26.0
大学院修士課程	8	6.5
大学院博士課程	1	0.8
登録理学療法士		
有	63	51.2
無	60	48.8
認定理学療法士		
運動器認定理学療法士	14	11.4
運動器以外の認定理学療法士	16	13.0
無	93	75.6
専門理学療法士		
運動器専門理学療法士	1	0.8
運動器以外の専門理学療法士	5	4.1
無	117	95.1
所属先		
大学教員	0	0.0
専門学校・短期大学教員	0	0.0
研究所	0	0.0
整形外科病院	14	11.4
整形外科クリニック	37	30.1
急性期病棟	27	22.0
回復期リハ病棟	43	35.0
地域包括ケア病棟	6	4.9
療養病棟	8	6.5
訪問	1	0.8
老健	1	0.8
通所介護	0	0.0
通所リハ	6	4.9
民間企業	0	0.0
変形性膝関節症患者の月間介入数		
0～9人	69	56.1
10～49人	47	38.2
50～99人	5	4.1
100～199人	2	1.6
200人以上	0	0.0
変形性膝関節症に対する装具適応の経験有無		
有	58	47.2
無	65	52.8

表 2 変形性膝関節症に対する装具適応の経験が無い理由 (N = 65)

項目	人数 (名)	百分率 (%)
装具が対象となる患者が少ない	47	72.3
装具に必要性を感じる患者が少ない	11	16.9
装具を受け入れる患者が少ない	7	10.8
施設に試す備品が少ない	14	21.5
装具に対する知識が不足している	33	50.8
装具の効果判定が困難である	9	13.8
装具療法以外の運動療法や物理療法にて効果が十分に得られる	9	13.8
装具は主に他職種が関わっている	9	13.8
主治医が装具を処方する	1	1.5
変形性膝関節症が主疾患である患者が少ない	1	1.5
保存ではなく術後の患者が多い	1	1.5
担当することがない	1	1.5

表 3 適応する頻度の高い装具の種類 (N = 58)

項目	人数 (名)	百分率 (%)
足底板	34	58.6
軟性膝装具、ショート、支柱無	29	50.0
軟性膝装具、ショート、支柱有	30	51.7
軟性膝装具、ロング、支柱無	5	8.6
軟性膝装具、ロング、支柱有	17	29.3
硬性膝装具	1	1.7

表 4 適応における患者意見の考慮度 (N = 58)

項目	人数 (名)	百分率 (%)
大いに考慮する	21	36.2
ある程度考慮する	35	60.3
あまり考慮しない	1	1.7
ほとんど考慮しない	1	1.7

表 5 適応する装具の目的 (N = 58)

項目	人数 (名)	百分率 (%)
変形の矯正や予防	28	48.3
異常運動の制御と固定	36	62.1
運動補助	15	25.9
体重の支持	16	27.6
免荷	6	10.3
保護	10	17.2
保温	3	5.2
疼痛軽減	53	91.4
歩行能力向上	37	63.8
固有知覚改善	6	10.3
足底荷重位置誘導	1	1.7

か、膝 OA に装具を適応する目的、膝 OA の装具適応を考える上で重要視する項目については、全 123 名の回答者のうち、装具適応の経験が有りとなり回答した 58 名から聴取した結果である。

4. 考察

アンケート回答の結果から、膝 OA 患者に適応する頻度の高い装具は足底板が最も多く 34 名 (58.6%)、次にショートサイズの支柱有りの軟性膝装具が 30 名 (51.7%)、ショートサイズの支柱無し軟性膝装具が 29 名 (50.0%) であった。足底板は、踵骨を距骨下関節において外反させ、股関節から踵骨までの荷重軸を鉛直化することにより効果が生じるとされている¹³⁾。しかし、疼痛軽減、軟骨体積の変化に効果を示さなかったことや、着

用遵守率が低いことが報告されており課題となっている^{14,15)}。軟性膝装具は、伸縮性素材で作られ、硬性膝装具と比較して軽量で装着方法も容易であることから広く用いられており¹⁶⁾、バランス能力の向上¹⁷⁾や固有知覚の改善¹⁸⁾の効果が示されている。ロングサイズとショートサイズの比較では、効果に大きな差がないこと、使用者は短いデザインを好むことが報告されている¹⁹⁾。足底板は、着用遵守率が低い荷重軸を鉛直化する効果が期待できる装具療法であること、軟性膝装具は疼痛や固有知覚などある一定の効果を示すことから、特に使用感が好まれるショートサイズの普及が進んでおり、それぞれ適応する頻度の高い装具として挙げられたことが考えられる。

また、膝 OA 患者に装具適応の際に意見をどの

表 6 装具適応に重要視する項目 (N = 58)

項目	人数(名)	百分率(%)
OA 重症度 (K-L 分類)	26	44.8
画像所見 (骨髄異常像、内側半月板逸脱)	24	41.4
雑音	10	17.2
姿勢アライメント	36	62.1
荷重位と非荷重位の比較	22	37.9
他関節 OA の有無	5	8.6
体格 (BMI)	11	19.0
関節可動域	12	20.7
筋力	19	32.8
固有知覚	1	1.7
疼痛	53	91.4
歩行能力	36	62.1
認知機能	11	19.0
教育歴	2	3.4
装具を継続して使用する能力	18	31.0
生活環境	22	37.9
仕事環境	16	27.6
経済力	3	5.2
装具の固定や矯正力	13	22.4
装具の免荷作用	5	8.6
装具の外観	4	6.9
装具の重量	4	6.9
装具の耐久性	3	5.2
装具の保温性	0	0.0
装具の金額	11	19.0
装具の装着し易さ	28	48.3
装具の調整し易さ	13	22.4
装具の衛生管理のし易さ	5	8.6
二次傷害のリスク	2	3.4
作製までの時間	1	1.7

程度考慮するかについては、「大いに考慮する」が 21 名(36.2%)、「ある程度考慮する」が 35 名(60.3%)と多くは患者の意見を考慮する結果となった。硬性膝装具は 41.7% もの患者が継続使用を脱落したこと、患者は痛みのため長時間装着することができなかつたことが報告されており²⁰⁾、そのコンプライアンスの低さが指摘されている。効果が発揮されても膝 OA 患者の意向により使用されないことがあるため、装着を促す上でも患者の意見を重要視する傾向があることが考えられる。インフォームドコンセントを取る上で患者の意見は必ず聞くことが推察されるが、その中で患者がどのような装具を装着したいと思うかなどの装具に対する希望は考慮することがある。本研究の結果においても、効果が期待される装具でも患

者の意見に反して装着されなければ発揮されないため、患者の意見を考慮した上で適応を考える理学療法士が多かったことが考えられる。

さらに、装具の目的は、「疼痛軽減」が 53 名(91.4%)、「歩行能力向上」が 37 名(63.8%)、「異常運動の制御と固定」が 36 名(62.1%)であった。装具の目的は、関節構成体の障害による不安定さや異常運動を関節外から補填して関節の生理的な動きを再現し、関節構成体にそれ以上の障害を与えないことである。具体的な役割として、変形の矯正と予防、関節の異常運動の制御、関節の運動補助、免荷が挙げられる⁵⁾。装具を使用する際に、関節の異常運動の制御を目的とすることが多く、それに伴う疼痛軽減や歩行能力向上を期待していることが考えられる。また、膝 OA の装具適応を考える上で重要視する項目で多かった回答は、疼痛 53 名(91.4%)、姿勢アライメント 36 名(62.1%)、歩行能力 36 名(62.1%)であった。最も重要視している項目は疼痛であり、目的と同様に、疼痛を軽減するために装具療法を適応することが多いことが想定され、疼痛の有無は重要と捉えることが確認された。また、次いで挙げられた姿勢アライメントにおいても、目的の異常運動の制御と固定に関与することが考えられる。膝 OA 患者の疼痛と姿勢アライメントについて、膝 OA では関節内局所への過剰な力学的負荷の結果として炎症が発生する²¹⁾。膝 OA の大部分は内側型膝 OA であるため、外側コンパートメントに比べ内側コンパートメントのほうが炎症は強く²²⁾、膝 OA の滑膜炎のバイオマーカーである血清ヒアルロン酸は、疼痛のある群とない群と比較して有意に高値であった²³⁾。つまり、膝 OA の疼痛は、主に関節軟骨の摩耗に伴う滑膜炎と関連しており、組織学的に検討した報告においても、滑膜炎の程度と疼痛の程度は相関している²⁴⁾。そのため、姿勢アライメントの不良による影響が疼痛の増強に関与している可能性が高いことが考えられるため、装具適応を考える上で疼痛と姿勢アライメントが上位に挙げられたことが考えられる。また、次に重要視している項目として歩行能力が挙げられた。内側型膝 OA の歩行時の病態として、立脚早期にみられる外側スラスト(lateral thrust)がある。内側

型膝 OA では、脛骨関節面の内方傾斜、下肢アライメントの内反、関節の弛緩により、荷重時に膝関節内反が急激に増加し、膝が外側へ shift する異常運動を示す²⁵⁾。この lateral thrust を認めた 25 例では WOMAC pain score が有意に高く、lateral thrust を抑制することは膝 OA の疼痛を改善できる可能性があるとされている²⁶⁾。膝 OA の装具適応を考える上で、疼痛と姿勢アライメントの身体機能レベルと合わせて、歩行能力の動作レベルを重要視する可能性が考えられる。これらの装具の目的と重要視項目を比較すると、装具の目的は「疼痛軽減」、「歩行能力向上」、「異常運動の制御と固定」が、重要視項目は「疼痛」、「姿勢アライメント」、「歩行能力」が挙げられた。装具の目的と重要視項目は類似する内容が多く、両者の相違は大きくないことが推察される。さらに、整形外科分野での経験年数が 5 年目以上のリハビリテーション医師や整形外科医、理学療法士を対象に行われた研究で、膝 OA 患者に対する装具療法を適応する際の推奨事項が示された²⁷⁾。具体的には、重度の疼痛、膝関節や足関節の生体力学的な障害、膝関節の不安定性などの症状に対して装具の推奨を報告している。先行研究と同様に、疼痛は類似する結果であったが、姿勢アライメントや歩行能力は異なる内容であり、職種の違いなどで重要視項目は変化する可能性がある。

本研究は、web アンケート調査であるため、正確な配布件数や回収率が算出困難であり、回答者の選択バイアスに留意する必要がある。対象者は、膝 OA 患者の理学療法に従事している理学療法士と設定したが、特定の地域や施設の回答に偏りが生じている可能性がある。今後は、該当する回答者の選定を正確にするとともに、量的データのみではなく質的データにおける膝 OA 患者の装具療法の主観的な回答を明確にすることが望まれる。さらに、記述統計だけでなく推測統計を用いることで、より統計学的解析を進めることが可能となり多角的な視点での調査を進めていく。

5. おわりに

本研究は、膝 OA 患者に対する装具療法の実態と重要視項目の分布を示した。結果、膝 OA の装

具適応を考える上で重要視する項目で多かった回答は、疼痛、姿勢アライメント、歩行能力であることが確認された。膝 OA に対する装具療法は、複数の項目から判断され、その優先度は疼痛や姿勢アライメントなどの身体機能レベルと歩行能力などの動作レベルを考慮して適応していることが示された。今後は、質的研究や推測統計の検証をすることが望まれる。

6. 利益相反

本研究において、開示すべき利益相反はない。

7. 謝辞

本研究の実施にあたり、アンケート調査にご協力いただきました全ての皆様に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 岡本卓也, 石井陽介, 出家正隆: 装具療法の有効性と課題. 関節外科, 38 : 57-63, 2019.
- 2) 大森豪: 変形性膝関節症. Journal of Clinical Rehabilitation, 24 : 344-351, 2015.
- 3) 戸田佳孝, 月村規子: 高齢女性の変形性膝関節症患者に対する足関節固定付き足底板の臨床的効果. 臨床整形外科, 39 : 1397-1402, 2004.
- 4) 戸田佳孝, 月村規子, 梶浩司: 変形性膝関節症の治療: 装具療法の有効性と限界—2006 ~ 2010年の国際雑誌掲載論文からの考察—. 日本老年医学会雑誌, 48 : 329-336, 2010.
- 5) 元田英一: 膝装具に必要な力学的特性. 日本義肢装具学会誌, 24 : 12-14, 2008.
- 6) 出家正隆, 岡本卓也: 膝疾患の装具. MB Orthop, 30 : 29-33, 2017.
- 7) 日本整形外科学会: 変形性膝関節症診療ガイドライン2023. 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会, 変形性膝関節症診療ガイドライン策定委員会・編集. 南江堂, 2023, pp62-65.
- 8) Brophy RH, Fillingham YA : AAOS Clinical Practice Guideline Summary : Management of Osteoarthritis of the Knee (Nonarthroplasty), Third Edition. J Am Acad Orthop Surg, 30(9) : e721-e729, 2022.
- 9) Kellgren JH, Laurence JS : Radiological assessment of osteoarthritis. Am Rheum Dis, 16 : 494-501, 1957.
- 10) 香川真二, 高橋昭彦, 青木修・他: 変形性膝関節症患

- 者に対する装具療法の留意点. 理学療法, 20 : 861-866, 2003.
- 11) 寺井千晶, 島田昇, 岩城大介 : 変形性膝関節症に対する装具療法. 日本運動器科学会誌, 24 : 279-283, 2013.
 - 12) 松尾智史, 大森豪, 西野勝敏・他 : 内側型変形性膝関節症におけるLateral thrust, 膝内反モーメントおよび下肢筋力とX線進行度との関連性. 臨床バイオメカニクス, 32 : 401-405, 2011.
 - 13) Yasuda K, Sasaki T : The mechanics of treatment of the osteoarthritic knee with a wedged insole. Clin Orthop Relat Res, 215 : 162-172, 1987.
 - 14) Bennel KL : Lateral wedge insoles for medial knee osteoarthritis. 12 month randomized controlled trial. BMJ, 342, 2011.
 - 15) Toda Y : A 2-year follow-up of a study to compare the efficacy of lateral wedged insoles with subtalar strapping and in-sole lateral wedged insoles in patients with varus and meta-analysis. Osteoarthritis Cartilage, 14 : 231-237, 2006.
 - 16) 遠山晴一, 湯沼祐希, 佐橋健人 : 変形性膝関節症に対する装具療法の作用機序とその有用性. MB Orthop, 36 : 21-28, 2023.
 - 17) Chuang SH, Huang MH, Chen TW, et al : Effect of knee sleeve on static and dynamic balance in patients with knee osteoarthritis. Kaohsiung J Med Sci 23 : 405-411, 2007.
 - 18) Collins AT, Blackburn JT, Olcott CW, et al : Stochastic resonance electrical stimulation to improve proprioception in knee osteoarthritis. Knee, 18 : 317-322, 2011.
 - 19) 戸田佳孝, 月村規子, 槻浩司 : 変形性膝関節症に対する装具療法. MB Orthop, 22 : 256-262, 2009.
 - 20) Kutzner L, Kuther S, Heinlein B, et al : The effect of valgus braces on medial compartment load of the knee joint-in vivo load measurements in three subjects. J Biomech, 44 : 1354-1360, 2011.
 - 21) 東村潤, 金子晴香, 石島旨章 : 変形性膝関節症に対する薬物療法の実際と有用性. MB Orthop, 36 : 29-41, 2023.
 - 22) Felson DT : Clinical practice. Osteoarthritis of the knee. N Engl J Med, 354 : 841-848, 2006.
 - 23) Ishijima M, Watari T, Naito K, et al : Relationship between biomarkers of cartilage, bone, synovial metabolism and knee pain provide insights into the origins of pain in early knee osteoarthritis, 13 : R22, 2011.
 - 24) Liu L, Ishijima M, Futami I, et al : Correlation between synovitis detected on enhanced-magnetic resonance imaging and a histological analysis with a patient-oriented outcome measure for Japanese patients with end-stage knee osteoarthritis receiving joint replacement surgery. Clin Rheumatol, 29 : 1185-1190, 2010.
 - 25) 名倉武雄 : 変形性膝関節症—病態・評価・治療—バイオメカニクスからみた評価. 関節外科, 38 : 31-36, 2019.
 - 26) Lo GH, Harvey WF, McAlindon TE. Associations of varus thrust and alignment with pain in knee osteoarthritis. Arthritis Rheum, 64 : 2252-2259, 2012.
 - 27) Bazancir-Apaydin Z. Orthosis Management in knee osteoarthritis : evaluating existing recommendations and achieving consensus on implementation through the Delphi method. Musculoskeletal Care, 22 : 1-10, 2024.

Abstract:

Objective: To descriptively understand the current state of orthotic therapy for knee osteoarthritis (Knee OA) and the distribution of items considered important by physical therapists.

Methods: A web-based questionnaire was administered to physical therapists engaged in the physical therapy of knee osteoarthritis patients to descriptively compile data on the current state of knee OA orthotic therapy and the factors they consider important.

Results: Survey of Decision-Making Factors in Orthotic Adaptation for Knee Osteoarthritis - A Report on Physical Therapists - A total of 123 respondents, 58 of whom had experience in orthotic adaptation for knee OA patients. The top factors that were considered important by those who had experience with orthotics were pain (53 [91.4%] respondents), postural alignment (36 [62.1%] respondents), and walking ability (36 [62.1%] respondents).

Conclusion: Orthosis therapy for knee OA was determined by multiple factors, and both physical function level and movement level were identified as important factors.

Key words: knee osteoarthritis, orthosis, descriptive survey

◎短報

前十字靭帯再建術後患者における術前後の
松葉杖完全免荷歩行獲得の変化と影響因子Factors Influencing Early Postoperative Acquisition of Complete Non-Weight-Bearing Crutch Walking
in Patients after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction栗田慎也¹⁾, 金田藍香¹⁾, 末永玲鶴²⁾, 眞壽田彰彦³⁾

要 旨

【背景】前十字靭帯再建術（ACLR）後の患者は術後一定期間、松葉杖を用いた免荷歩行を指示される。しかし、一部の患者では術前に免荷歩行が可能であっても術後に獲得できないことがある。本研究では、ACLR後早期における免荷歩行獲得に影響を与える因子を明らかにすることを目的とした。

【方法】2020年3月から2023年2月までに当院でACLRを受けた100名のうち、術前に免荷歩行が行え、術後合併症などのない51名を対象とし、術後6日目までに免荷歩行を獲得できた群（自立群：33名）と獲得できなかった群（非自立群：18名）を比較した。年齢、術前後の炎症マーカー、疼痛評価、大腿周径などの臨床指標を統計解析により検討した。

【結果】ロジスティック回帰分析では年齢が唯一の予測因子であった（OR 1.09, 95% CI: 1.020-1.160, $p=0.007$ ）。ROC 曲線から求めた AUC は 0.706（95% CI: 0.56-0.853）、カットオフ値は 25 歳と算出された。

【結論】術前に免荷歩行を獲得した ACLR 後患者において、免荷歩行再獲得に、年齢が重要な制限因子となる可能性が示唆された。

キーワード：松葉杖、完全免荷歩行、前十字靭帯再建術、術前術後、制限因子

1. はじめに

腋窩松葉杖（以下、松葉杖）は歩行補助具の中でも広く使用されている¹⁾。その使用に関する記述の起源は古代エジプト時代に遡るとされる²⁾。近年では、下肢の手術後や骨折、重度の捻挫、人工関節置換術などで、自立した移動補助や治癒促進を目的として非荷重歩行が処方されている³⁾。

理学療法士は臨床で松葉杖指導を担う。術後に

完全免荷歩行（以下、免荷歩行）が指示される予定手術患者には術前指導を行うことがある。前十字靭帯再建術（以下、ACLR）では一般に患肢免荷が指示されるため、術前に免荷歩行や部分荷重歩行の指導を行う。免荷歩行の早期再獲得は入院中の移動手段の確保や早期退院に重要である。一方、術前に免荷歩行が可能でも術後に再獲得できない症例が一定数存在する。

1)（地独）東京都立病院機構 東京都立大久保病院 リハビリテーション科

2)（地独）東京都立病院機構 東京都立大久保病院 医事課 医療秘書

3) 武蔵小金井ますだ整形外科 医師

投稿日：2025年3月20日 採択決定日：2025年10月6日 公開日：2026年3月31日

表 1 各群の基本情報

	自立群	非自立群
症例数 (名)	33	18
受傷から手術までの期間 (月)	7.0 ± 13.9	6.5 ± 11.5
年齢 (歳)	26.7 ± 10.3	35.5 ± 11.4
性別 (男:女)	17:16	9:9
身長 (cm)	166.7 ± 9.8	165.9 ± 9.8
体重 (kg)	63.8 ± 12.8	64.6 ± 11.0
BMI	22.7 ± 2.5	23.5 ± 2.6
術前日 CPR 値 (mg/dl)	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.2
術前日安静時 NRS (score)	0.4 ± 0.7	0.1 ± 0.5
術前日体動時 NRS (score)	2.1 ± 2.4	1.2 ± 1.4
術前日膝蓋骨周径 (cm)	37.6 ± 3.2	38.0 ± 2.4
術前日膝蓋骨から 5 cm 位周径 (cm)	40.2 ± 3.7	40.9 ± 2.9
術前日膝関節伸展角度 (°)	-6.1 ± 14.0	-1.1 ± 4.0
免荷歩行獲得日数 (日)	4.5 ± 1.3	-

CRP : C-reactive protein

NRS : Numerical Rating Scale

先行研究では、健常成人や下肢骨折患者において免荷歩行の獲得に影響を与える因子として、片脚立位時間や上肢筋力が報告されている⁴⁾。しかし、術前後で健側の片脚立位能力や上肢筋力は大きく変化しにくく、主要な制限要因となりにくいと考えられる。そのため、ACLR 前後にはこれらの因子が主要な制限要因である可能性は低い。一方で免荷歩行再獲得を妨げる要因として、心理・行動要因(荷重恐怖、再断裂への不安、痛み強度による回避)や力学的要因(腫脹や疼痛に伴う姿勢制御や可動域の変化)が考えられる。

術前に免荷歩行を獲得していた患者が、術後早期に再獲得できるかを検討した報告は乏しい。そこで、術前基本情報や術後指標および術前後の差を後方視的に解析した。本研究の目的は、ACLR 後早期の免荷歩行再獲得を規定する因子を明らかにすることを目的とした。

2. 対象および方法

対象は 2020 年 3 月から 2023 年 2 月までの間に当院で ACLR を受けた 100 名とした。そのうち、術前に当院で理学療法評価を受けていない者や術前に免荷歩行が不可能であった者、再断裂による ACLR を受けたもの、過去に松葉杖の使用歴がある者、術後に当院の定められた評価に欠損がある者、術後リハビリテーション介入が合併症や疼痛

が強く行えなかった者を除外した 51 名とした。なお、年齢の取込み基準は 17 ~ 60 歳とした。

この 51 名を、術後 6 日目までに免荷歩行を自立できた患者(自立群:33 名)と自立できなかった患者(非自立群:18 名)に分けて比較を行った。両群の基本情報を表 1 に示す。なお、免荷歩行自立は「病院内の移動(エレベーター操作を含む)が車椅子を用いず自立して遂行可能」と定義した。術後 7 日目から 1/3 部分荷重を開始する当院プロトコル(表 2)に基づき、判定日は術後 6 日目までとした。

評価項目は年齢、性別、術側、BMI、CRP : C-reactive protein 値(術前日/術後 3 日目)、疼痛(NRS : Numerical Rating Scale ; 安静時/体動時)、大腿周径(膝蓋骨上縁/5 cm 上の大腿周径)、膝関節伸展可動域とした。これらのデータは診療録から抽出した。なお、ACLR の術式は ST 法または STG 法で、術後の荷重・可動域管理は当院標準プロトコルで統一した(表 2)。

統計解析は、EZR(version1.55)を使用し、Mann-Whitney の U 検定を用いて各項目の術後の免荷歩行獲得に対する影響を検討した。この単変量解析の結果、統計学的に有意な差が認められた項目に加え、臨床的に重要と考えられる因子(安静時 NRS、体動時 NRS、大腿周径)を考慮し、術後の免荷歩行獲得に関連する独立した予測因子を明ら

表2 当院の ACLR 後荷重プロトコル

	手術	術後1日目	術後7日目	術後14日目	術後21日目
荷重制限	NWB		1/3PWB	2/3PWB	FWB

NWB : non weight bearing
 PWB : partial weight bearing
 FWB : full weight bearing

表3 結果

項目	自立群 (n=33)	非自立群 (n=18)	P value
年齢 (歳)	26.7 ± 10.3	35.5 ± 11.4	p < 0.01
性別 (男:女)	17 : 16	9 : 9	
患足 (右:左)	13 : 20	6 : 12	
BMI	22.7 ± 2.5	23.5 ± 2.6	n.s.
術後3日目のCRP値 (mg/dl)	2.8 ± 1.0	2.8 ± 1.9	n.s.
術後3日目の安静時NRS (score)	1.3 ± 1.5	1.9 ± 1.5	n.s.
術後3日目の体動時NRS (score)	4.0 ± 2.0	4.0 ± 2.3	n.s.
術後3日目の膝蓋骨上縁の大腿周径 (cm)	39.8 ± 3.6	39.7 ± 2.4	n.s.
術後3日目の膝蓋骨上縁5cm上の大腿周径 (cm)	41.2 ± 3.9	41.5 ± 2.9	n.s.
術後3日目の膝関節伸展可動域 (°)	-10.7 ± 6.0	-11.1 ± 6.3	n.s.
術前と術後3日目のCRP値 (mg/dl)	2.7 ± 1.9	2.7 ± 2.0	n.s.
術前と術後3日目の膝蓋骨上縁の大腿周径 (cm)	2.2 ± 1.3	1.7 ± 0.9	n.s.
術前と術後3日目の膝蓋骨上縁5cm上の大腿周径 (cm)	1.0 ± 1.1	0.6 ± 1.6	n.s.

CRP : C-reactive protein
 NRS : Numerical Rating Scale

かにするため、多変量解析としてロジスティック回帰分析を実施した。さらに、ロジスティック回帰分析で有意と認められた項目について、ROC曲線解析を実施し、免荷歩行獲得の予測能を評価した。ROC曲線解析では、曲線下面積 (Area Under the Curve; AUC) 値およびカットオフ値を算出した。なお、有意水準は5%とした。

本研究は当院の倫理審査委員会の承認(承認番号:2022-25)を得て実施した。診療録は匿名化し、患者個人が特定されないよう十分な配慮を行った。

3. 結果

両群の各項目の結果を表3に示す。自立群と非自立群のMann-WhitneyのU検定では、術前基本情報(表1)の群間比較では年齢にのみ有意な差を認め、他項目は有意な差を認めなかった。また、術後の炎症や腫脹の影響を考慮し、術後3日から術前を除いたCRP値および大腿周径を算出したが、いずれも群間差は検出されなかった。術後3日

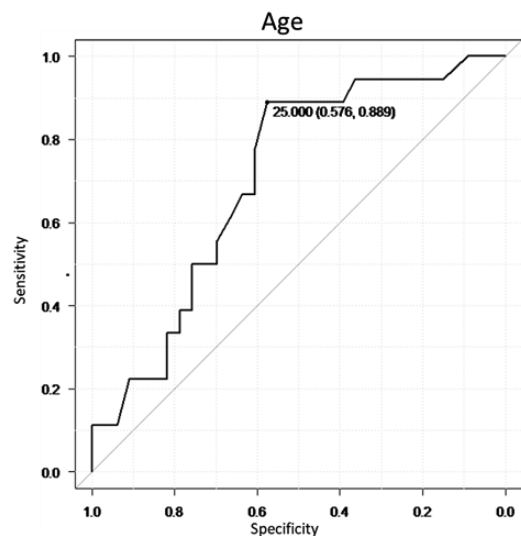


図1 ROC解析曲線の結果(年齢)

目の臨床指標(表3)にも有意差は認めなかった。ロジスティック回帰分析の結果は、年齢のオッズ比は1.09(95%CI:1.020-1.160, p=0.00731)で

あった。また、ROC 曲線(図 1)から求めた AUC は年齢が AUC 0.706(95% 信頼区間 0.56–0.853)でカットオフは 25 歳と算出された。

4. 考察

本研究では、ACLR 後の免荷歩行獲得に年齢が影響を与えることが示された。また、ロジスティック回帰では年齢のみが独立した予測因子であり、ROC 曲線から求めた AUC は 0.706 で中等度の識別能であった。特に、30 歳前後の壮年世代では術後 6 日目時点で免荷歩行獲得が遅れる傾向があり、術前に獲得していた免荷歩行が術後に獲得できない可能性が示唆された。これまでの松葉杖免荷歩行の獲得に与える影響は、新たな関節痛の発生⁵⁾が報告されているが、本研究では該当するものはなかった。そのため、年齢は ACLR 後の早期免荷歩行獲得の予測因子として有用であると考えられる。過去の研究⁶⁻⁹⁾でも、ACLR と年齢が免荷歩行獲得に対する影響について報告されており、例えば Iriuchishima ら⁶⁾は ACLR 後の筋力回復に年齢が関連すると述べている。また、40 歳以上と 40 歳未満で下肢筋力に差があることも報告^{7,8)}されている。さらに、ACLR 後の回復への影響は 25 歳以下の方が、スポーツ復帰の可能性が高い¹⁰⁾という報告もあり、本研究で得られたカットオフ 25 歳と整合的である。これは、若年者では術後リハビリテーションの質や量などのアドヒアランスが相対的に高いことが示唆¹⁰⁾されており、術後早期の歩行再獲得を促進し得る可能性がある。これらの結果から筋力やスポーツ復帰は術後から一定期間の報告ではあるが、術後早期から良好な結果を得ることはこれらの一助となると考えるため、年齢は術後の患肢の機能やパフォーマンスに影響する一因と考えられる。

本研究では年齢が免荷歩行獲得の独立した予測因子であることが示されたが、術後変化である痛みや腫脹、関節可動域制限などの要因も影響を与えている可能性がある。しかし、結果では CRP や疼痛(NRS)、大腿周径、膝伸展可動域に群間差を認めず、術後 3 日目と術前日の CRP 値変化と大腿周径変化でも群間差は認めなかった。したがって、炎症・腫脹の変化量のみでは年齢差に基づく群間

差を説明しにくい。加えて、術後の免荷歩行獲得には心理的要因も影響を与える可能性がある。例えば、術後の不安や転倒への恐怖、再断裂や患肢免荷を遵守することへの不安が歩行能力の回復を妨げることが考えられる。Bhandari らの研究¹¹⁾では、整形外科外傷後患者の約 20% が心理的苦痛を訴えていたと報告されている。さらに、免荷歩行は杖操作と免荷遵守、環境への注意などを要する課題であるため、動的バランスや上肢・体幹の協調、感覚統合は上肢筋力や静的平衡のみでは説明しきれない。

本研究で示されたのは年齢であり、加齢自体の影響を示すものではない。年齢は未測定要因(神経筋学習、遂行機能、心理など)の代理指標である可能性がある。これらは本研究では評価できておらず、今後は該当指標を含む調査を必要がある。

5. 結論

本研究では、ACLR 後の免荷歩行再獲得に年齢が有意な影響を与える因子であることが示された。術後 6 日目までの免荷歩行自立に関して、年齢が独立した予測因子であることはロジスティック回帰および ROC 解析によって確認された(カットオフ値 25 歳、AUC0.706)。この年齢を超えると術後の免荷歩行獲得が困難になる可能性が示唆された。一方で、心理的因子が関与している可能性があるため、これらを含めた前向き評価が今後必要である。臨床的には、25 歳以上(とくに 30 歳前後の壮年世代)では、術前から術後 1 週までの免荷歩行の反復練習・段階的指導および心理的支援を強化する対応が求められる。

6. 利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

7. 謝辞

本研究の実施にあたりご協力いただいた患者の皆様、当院の ACLR 前後の理学療法評価プロトコルの整備にご尽力いただいた済生会中央病院の勝山詠理氏、査読結果に関して助言を賜った東京都立病院機構研究推進センターの佐藤船斗氏に、こ

ここに深謝いたします。

引用文献

- 1) Rasouli F, Reed KB. Walking assistance using crutches: A state of the art review. *J Biomech*, 98: 109489, 2020.
- 2) Lowman EW, Rusk HA. Self-help devices: crutch prescriptions: types of crutches. *Postgrad Med*, 30: 508-509, 1961.
- 3) Kathrins BP, O'Sullivan SD. Cardiovascular responses during nonweight-bearing and touchdown ambulation. *Phys Ther*, 64(1): 14-18, 1984.
- 4) 大森圭貢, 熊切博美, 鈴木智裕, 他. 両側松葉杖一側下肢完全免荷歩行の可否と上肢筋力の関連. *高知リハビリテーション学院紀要*, 18: 11-15, 2016.
- 5) Quested R, Wiltshire D, Sommerville S, et al. The impact of non-weight bearing: A prospective cohort study. *Injury*, 48(6): 1129-1132, 2017.
- 6) Iriuchishima T, Shirakura K, Horaguchi T, et al. Age as a predictor of residual muscle weakness after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 20: 173-178, 2012.
- 7) 山口志保子, 山本恵太郎, 矢野浩明, 他. 当科における中高年女性に対する膝前十字靭帯再建術の治療成績. *整形外科と災害外科*, 58: 192-198, 2009.
- 8) Nishino T, Kondo E, Onodera J, et al. Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Hamstring Tendon Hybrid Grafts in Patients Over 40 Years of Age. *Orthop J Sports Med*, 6: 2018.
- 9) 三宅秀俊, 石川徹也, 杉山貴哉, 他. 膝前十字靭帯再建術後に年齢が身体機能に与える影響. *日臨スポーツ医*, 30(3): 732-739, 2022.
- 10) Edwards PK, Ebert JR, Joss B, et al. Patient Characteristics and Predictors of Return to Sport at 12 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: The Importance of Patient Age and Postoperative Rehabilitation. *Orthop J Sports Med*, 6(9): 2325967118797575, 2018.
- 11) Bhandari M, Busse JW, Hanson BP, et al. Psychological distress and quality of life after orthopedic trauma: an observational study. *Can J Surg*, 51(1): 15-22, 2008.

Abstract:

Background: Patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) are instructed to perform non-weight-bearing (NWB) walking with crutches postoperatively. However, some fail to reacquire NWB walking despite preoperative ability. This study aimed to identify factors associated with the early reacquisition of NWB walking after ACLR.

Methods: Among 100 patients who underwent ACLR at our institution (March 2020-February 2023), 51 who could perform NWB walking preoperatively and had no postoperative complications were included. They were divided into an independent group (achieved NWB walking by postoperative day 6, n=33) and a non-independent group (n=18). Age, inflammatory markers, pain scores, and knee circumference were analyzed statistically.

Results: Logistic regression identified age as the sole independent predictor (odds ratio per year 1.09; 95% CI: 1.020-1.160; p=0.0073). The area under the ROC curve (AUC) was 0.706 (95% CI: 0.560-0.853), with an optimal cutoff of 25 years.

Conclusion: Among ACLR patients who could perform non-weight-bearing (NWB) crutch walking preoperatively, age was suggested to be an important limiting factor for its postoperative reacquisition.

Key words: crutches, non-weight-bearing ambulation, anterior cruciate ligament reconstruction-preoperative and postoperative, limiting factor

◎スコーピングレビュー

災害用ダンボールベッドの体圧分散性に関するスコーピングレビュー

A Scoping Review of the Pressure Distribution Characteristics of Cardboard Beds Used in Disaster Situations

羽柴涼太¹⁾, 清水三紀子²⁾, 小山総市朗³⁾

要 旨

【目的】 本研究は、ダンボールベッドの体圧分散に関する研究を調査し、これまでの知見と課題を特定することを目的とした。

【方法】 PubMed および医中誌 Web を用いて、2024 年 12 月 31 日までに英語または日本語で出版された文献を検索した。各研究から、対象者、測定機器、測定部位、測定条件、結果を抽出した。

【結果】 合計 6 件の研究を対象とした。対象者は健常成人または代替モデルであった。研究間で測定機器、測定部位、測定条件は異なった。ダンボールベッドは、仙骨部・全身の圧が他の寝具より高く体圧分散性の低下が報告された。

【結論】 ダンボールベッド上では体圧が集中しやすく、除圧素材の併用が推奨される。今後は、測定指標の標準化ならびに高リスク群を対象とした研究が求められる。

キーワード：スコーピングレビュー、圧分散、ダンボールベッド

1. 緒言

1-1 背景

2011 年の東日本大震災発災以降、避難所環境においてダンボールベッドの活用が進んでいる¹⁾。主なダンボールベッド導入の利点は、床上生活による下肢血流低下と深部静脈血栓症 (Deep Vein Thrombosis : DVT) のリスクの軽減である^{2,3)}。2018 年に発生した北海道胆振東部地震における避難所での調査では、ダンボールベッドの導入と早期の運動介入を組み合わせることで、DVT の発症率が有意に低下したと報告されている⁴⁾。加えて、ダンボールベッドの使用は、寒冷環境下における睡眠の質の改善にも寄与する⁵⁾。

避難所では、住居スペースや行動範囲が限られるため、長時間臥位を強いられることが多い⁶⁾。ダンボールベッドは、局所的な圧の集中により褥瘡や腰痛を引き起こす可能性がある。しかし、発災直後の混乱期においては、避難場所の環境条件や支援物資の搬送状況に左右され、被災者が床上やダンボールベッド上に直接あるいは薄手の布を介して臥床せざるを得ない状況が生じる可能性は十分にある。褥瘡は、皮膚の毛細血管が一定時間虚血状態に陥り、組織が不可逆的な阻血性障害を起こすことで発生する⁷⁾。また腰痛は、硬すぎるマットレスで仰臥位をとることによって、腰部がマットレスに接触し難く、腰椎の自然な前弯が減

1) 藤田医科大学保健衛生学部リハビリテーション学科理学療法専攻

2) 藤田医科大学保健衛生学部看護学科

3) 藤田医科大学保健衛生学部リハビリテーション学科

投稿日：2025 年 5 月 14 日 採択決定日：2025 年 10 月 6 日 公開日：2026 年 3 月 31 日

表1 本レビューにおけるPCCフレームワーク
(Patient, Concept, Context)の定義

項目	内容
P (Patient)	健常者
C (Concept)	ダンボールベッドの使用と体圧・褥瘡リスクとの関連
C (Context)	避難所環境、災害医療の現場

少するために生じやすい^{8,9)}。したがって特に高齢者や基礎疾患を有する避難者は、ダンボールベッド上での褥瘡や腰痛などの深刻な健康被害が懸念される。以上より体圧が適切に分散されない寝具は、避難所生活の質を低下させる要因となる可能性がある。

本研究は、災害時にダンボールベッドを使用する際の体圧分散に関する研究を調査し、適切な寝具や除圧素材の有効性に関する知見と課題を明らかにすることを目的として、スコーピングレビューを行った。

2. 方法

2-1 手法

本研究は、Arksey & O'Malleyの方法論¹⁰⁾に基づいて実施した。研究疑問の設定にあたってはPCC(Patient, Concept, Context)フレームワークを用いた。PCCの構成要素は表1に示した。研究疑問は「ダンボールベッド上で測定された体圧および接触圧の傾向やその特徴を明らかにする。」とした。

本研究では、検索式および文献の選定基準を含むプロトコルを事前に策定し、それに基づいて実施を開始した。本研究が探索的であり、研究の進行に伴って検索式や選定基準の調整が想定されたためPROSPERO等の国際登録は行わなかった。本研究の報告は、スコーピングレビューの報告ガイドラインであるPRISMA-ScR(PRISMA extension for Scoping Reviews)¹¹⁾に準拠して構成された。

本研究では、体圧に関する用語の混乱を避けるため、以下のように用語を使い分けた。仙骨部など身体の特定位位に加わる局所的な圧力は「接触圧」とし、全身の圧力分布から得られる圧力は「体

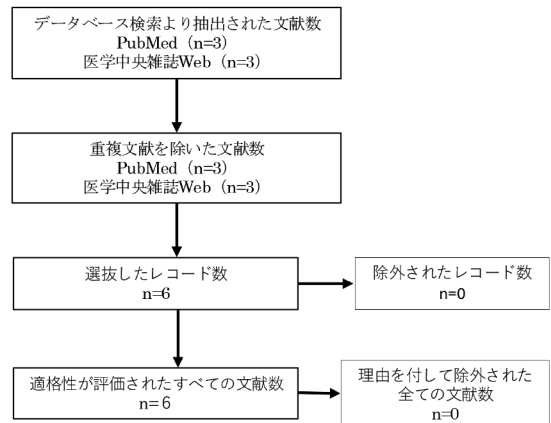


図1 文献検索と論文抽出フローチャート

圧]として記述した。

2-2 文献検索

2024年12月31日までに発表された論文のうち、ダンボールベッド上での体圧または接触圧を測定した研究を対象とした。検索は2025年3月10日に実施した。文献検索は、英語および日本語で発表された文献を対象とし、MED-LINEのPubMedおよび医学中央雑誌Web(医中誌Web)を用いて実施した。PubMedの検索式は、「("body pressure" OR "contact pressure") AND ("cardboard bed")」を用いた。医中誌Webの検索式は、「(ダンボールベッド OR 段ボールベッド) AND (接触圧 OR 体圧)」を用いた。除外基準は、(1)症例報告、(2)総説・解説論文とした。

2-3 データの抽出

文献のスクリーニングとデータ抽出は2名のレビューアが独立して実施した。意見の不一致があった場合は、協議の上で最終判断を行った。抽出項目は、論文名、著者、発表年、研究デザイン、対象者、対象者の年齢、測定機器、測定部位、測定回数、条件、結果の11項目とした。図1には、各段階における文献数および除外理由を示した。

2-4 倫理的配慮

本研究は厚生労働省における「人を対象とする

表2 ダンボールベッド使用時の体圧に関する文献レビューの概要

著者	発表年	国	研究デザイン	対象者	対象者の平均年齢	測定機器	測定部位	測定回数	条件	結果
久我原朋子, 大西智行 ¹²⁾	2020	日本	実験研究	健常者 5名	22.6 ± 1.2 歳	パーム Q	仙骨部	3回	病院用ベッド、ダンボールベッド、フロアーマット、ブルーシート	最大接触圧 (mmHg) : 病院用ベッド 58.8 ± 18.2 ダンボールベッド 103.2 ± 17.7 フロアーマット 134.8 ± 57.9 ブルーシート 153.2 ± 37.9
Seiji Hamanishi ¹³⁾	2021	日本	予備的研究	高性能看護シミュレーター	—	SR Soft Vision	全身	10回	プラスチックシート、ダンボールベッド、ダンボールベッド+毛布、ダンボールベッド+マットレストッパー	平均体圧 (mmHg) : プラスチックシート 30.40 ± 1.90 ダンボールベッド 30.70 ± 1.57 ダンボールベッド+毛布 30.70 ± 1.64 ダンボールベッド+マットレストッパー 21.50 ± 0.97
小山恵美子, 鈴木千絵子 ¹⁴⁾	2022	日本	実験研究	砲丸練習用 6.0kg	—	パーム Q	—	3回	4種類のダンボールベッド、医療用マットレス、エアマットレス、プラスチックシート	最大接触圧 (mmHg) : ダンボールベッド C 60.5 医療用マットレス 54.5 エアマットレス 33.8 プラスチックシート 57.1
小山恵美子, 鈴木千絵子 ¹⁵⁾	2023	日本	実験研究	健常者 32名	46.5 ± 12.1 歳	パーム Q	仙骨部	3回	プラスチックシート 4種類のダンボールベッド (A, B, C, D)	最大接触圧 (mmHg) : プラスチックシート 169.3 ± 34.8 ダンボールベッド 140 mmHg 台
Seiji Hamanishi, Yukiko Asada, Yu Ikushima, Yurika Ikeda, Mai Chinushi ¹⁶⁾	2023	日本	ランダム化クロスオーバー試験	健常者 27名	21.50 ± 0.65 歳 21.54 ± 0.52 歳	SR Soft Vision	全身	2回	ダンボールベッド、ダンボールベッド+ダブルラップ、ダンボールベッド+エアマットレス	平均体圧 (mmHg) : ダンボールベッド 40.43 ± 4.12 ダンボールベッド+ダブルラップ 40.11 ± 3.59 ダンボールベッド+エアマットレス 30.39 ± 3.66
Seiji Hamanishi, Airo Miki, Shinsuke Sasaki ¹⁷⁾	2024	日本	ランダム化クロスオーバー試験	健常成人 20名	26.10 ± 10.46 歳 27.40 ± 3.37 歳	SR Soft Vision	全身	2回	ダンボールベッド、キャンプコット	キャンプコットはダンボールベッドよりも、平均体圧が仰臥位で34%、側臥位で11%低い。

生命科学・医学系 研究に関する倫理指針」の人を対象とする研究に該当しないため、倫理審査は行っていない。

3. 結果

3-1 対象文献の概要

文献検索の結果、PubMed で3件、医中誌 Web で3件の文献が得られた(図1)。いずれも除外基準に該当する文献はなく、計6件の文献が本レビューの対象として選定された。これら6件の研究は、いずれも2020年から2024年の間に発表されたものであった¹²⁻¹⁷⁾。抽出された研究の概要は表2に示す。

本レビューに含まれた6件の研究のうち、4件の研究対象者は健常成人であった^{12,15-17)}。対象者の年齢は18歳から60歳の範囲であり、平均年齢が最も高い研究は46.5歳であった¹⁵⁾。一方、20歳前後の若年層を対象とした研究も存在した¹²⁾。また、人体を対象としない代替モデルの研究も2件含まれていた。その内、1件は体重20kg・身長

152cmのダミー人形を用い¹³⁾、残りの1件は6kgの砲丸が使用されていた¹⁴⁾。

3-2 測定の条件と方法の傾向

対象研究では、使用された測定機器、体位、測定回数、測定部位、評価指標に一定の傾向が見られた。

測定機器は2種類であった。3件の研究において、体圧分布を可視化する体圧分布測定装置(SR Soft Vision、住友理工)が主に全身の平均体圧や接触面積の評価に用いられていた^{13,16,17)}。一方残りの3件は、局所的な圧力を測定する接触圧測定装置(パーム Q、ケーブ)が使用され、仙骨部など褥瘡好発部位の最大接触圧が評価されていた^{12,14,15)}。体位は全ての研究で仰臥位を含み、そのうち2件では側臥位での測定も行われていた^{16,17)}。測定は、体位保持後10~30秒の安静時間を挟んで行われ、2~10回の繰り返し測定が実施されていた。平均値が分析指標として用いられ、特にダミーモデル使用時には10回の反復測定が

行われていた¹³⁾。評価指標は、体圧分散の総合評価として平均体圧や接触面積を用いる研究があった^{13,16,17)}。一方で、最大接触圧によって局所的な圧力の強さや褥瘡リスクを評価する研究も存在した^{12,14,15)}。測定部位は、背面全体^{13,16,17)}と仙骨部に着目した局所的な評価^{12,14,15)}に分かれていた。

3-3 体圧および接触圧の結果

ダンボールベッドにおける体圧および接触圧は、病院用ベッド、医療用マットレス、エアマットレス、キャンプコットと比較して高い値が報告されている^{12,13,17)}。仰臥位における平均体圧および仙骨部の最大接触圧では、ダンボールベッドは他の寝具よりも高い数値を示した^{12,14,17)}。

久我原らの研究¹²⁾では、ダンボールベッド上における仰臥位での仙骨部最大接触圧は 103.2 ± 17.7 mmHg (平均 \pm SD) であった。一方、小山らの研究¹⁵⁾では、4種類のダンボールベッド A～D における仰臥位時の仙骨部の最大接触圧を測定した結果、最大接触圧は 140 mmHg 台となり、標準偏差は A で 34.8 mmHg、B で 42.2 mmHg、C で 38.0 mmHg、D で 47.2 mmHg であった。

除圧具による接触圧変化において、2021年の Hamanishi らは、ダミー人形を用いた仰臥位時の平均体圧を測定しており、ダンボールベッド上での体圧は 30.70 mmHg、マットレス併用時には 21.50 mmHg として、9.2 mmHg 低下したと報告している¹³⁾。また、小山らは、砲丸を用いた実験により、ダンボールベッド C 上での最大接触圧が 60.5 mmHg であったのに対し、エアマットレス使用時には 33.8 mmHg となり、26.7 mmHg 低下したと報告している¹⁴⁾。2023年の Hamanishi らは、健常者 27 名を対象とした仰臥位時の平均体圧測定において、ダンボールベッド単独使用時の平均体圧が 40.43 mmHg であったのに対し、エアマットレス併用時には 30.39 mmHg となり、約 10.0 mmHg 低下したと報告している¹⁶⁾。またバブルラップを併用した場合は、平均体圧が 40.11 mmHg となり、ダンボールベッド単独時の 40.43 mmHg との差は約 0.3 mmHg であった。2024年の Hamanishi の研究では、ダンボールベッドとキャンプコットで体圧を比較し、具体的な数

値の記載はなかったものの、キャンプコットでは仰臥位で平均体圧が 34%、側臥位で 11% それぞれ低いと報告されていた¹⁷⁾。

4. 考察

4-1 ダンボールベッドの体圧分散性能と健康リスク

本レビューの結果から、ダンボールベッドは他の寝具と比較して体圧分散性が劣る傾向が明らかとなった。これは、褥瘡や腰痛などの健康被害を及ぼす可能性がある¹²⁻¹⁷⁾。加えて、簡易的な除圧素材として用いられている気泡緩衝材(バブルラップ)のダンボールベッド単独との差は約 0.3 mmHg にとどまり¹⁶⁾、除圧素材としての有用性には慎重な検討が求められる。一方、エアマットレスやウレタン製マットレストッパーなどの柔軟性と厚みを兼ね備えた素材を併用することで、体圧の有意な低下が得られた^{13,16)}。したがって、ダンボールベッド使用時には、各素材が有する除圧機能の特性を踏まえ、体圧分散効果の高い素材との併用が望ましい。

Hamanishi らの研究^{13,16,17)}では、SR Soft Vision (測定上限: 110 mmHg) を用いて平均体圧を評価していた。しかし、小山らの研究¹⁵⁾では、ダンボールベッド上で仙骨部最大接触圧が 140 mmHg に達しており、SR Soft Vision の測定上限値を超えていた。SR Soft Vision では、圧力が 110 mmHg を超えると、それ以上の値は測定できず、上限値として記録される。そのため、仙骨部などの局所的に圧が高くなる部位では、真値よりも低く示された可能性がある。この高圧部位の影響が平均体圧に十分に反映されず、全体として体圧が過小評価されている可能性がある。

仙骨部の最大接触圧を評価した二つの研究間でも、大きな差が報告されている。久我原らの研究¹²⁾では、被験者 5 名を対象に仙骨部最大接触圧が 103.2 ± 17.7 mmHg と報告され、接触圧のばらつきは比較的小さく、安定した結果が得られていた。

一方、小山らの研究¹⁵⁾では、健常者 32 名を対象として仙骨部の最大接触圧が 140 mmHg 台と高く、4種類のベッド間で標準偏差が 34.8～

47.2 mmHg と大きなばらつきがみられた。この差には、被験者数の増加に伴う体格の多様性が影響している可能性がある。特に後者では、一部の被験者における極端な高圧値が平均を押し上げたことが考えられ、圧力評価においては「個人差の影響」を考慮する必要がある。さらに、両研究で使用された接触圧測定装置パーム Q は、センサー面積が手のひら程度と小さい。そのため、センサー位置がわずかにずれるだけでも測定値に影響を及ぼし、仙骨部の最も高圧となる部位を正確に測定することは容易ではない。そのため、仙骨部の接触圧の評価においては、体格など被験者側の要因に加え、測定機器のサイズや設置精度といった機器側の特性も、測定値のばらつきに寄与していると考えられる。

4-2 研究の限界と今後の展望

本レビューの対象研究は、健常成人または代替モデルを対象としていた。そのため、高齢者などの高リスク群への影響については今後の検証が必要である。また、対象研究間で測定機器・体位・測定方法・評価指標が異なっていたため、研究間の直接的な比較には限界があり、知見の一般化には慎重さを要する。

PubMed および医中誌 Web を用いた網羅的な文献検索の結果、適格な文献数は 6 件にとどまった。この結果は、本領域における実証的研究の不足を示唆している。さらに、高齢者や基礎疾患を有する避難者を対象とした研究は存在せず、今後の研究が強く求められる。本テーマは 2020 年以降になってようやく検討が始まったことが、研究年の偏りからも示されている。

今後の研究においては、災害時という物資供給が制限される特異な環境を踏まえ、安価でかつ避難所において調達・運用可能な除圧素材の有効性を検証することが重要である。加えて、避難所で実際に広く用いられているダンボールベッドの使用法や、その有効性・限界に関する実証的な調査を行うことが、研究の発展に不可欠である。

5. 結論

本スコーピングレビューでは、災害時の避難所

におけるダンボールベッドの体圧分散性能に関する文献 6 件を整理し、研究の構成と傾向を明らかにした。対象は健常成人または代替モデルであり、他の寝具と比較して全身および仙骨部における高圧が共通して報告されていた。

ダンボールベッド使用時には体圧が集中しやすく、マットレスや除圧素材など、適切な体圧分散用具の併用が重要である。災害現場で現実的に使用可能な素材の有効性検証が今後の課題である。また、評価指標や測定方法が異なっており、実証的エビデンスとしては不十分である。現地調達可能な素材の有効性の検討や、高リスク群（高齢者や要介護者）を対象とした研究、評価手法の標準化が今後の課題として挙げられる。

6. 利益相反

本研究に関連して開示すべき COI はない。

文献

- 1) 水谷嘉浩：災害時、避難所への段ボールベッドの供給方法と全国を対象とした防災協定の取り組みについて。静脈学, 23(4) : 335-344, 2012.
- 2) Watanabe H, Kodama M, Tanabe N, et al. : Impact of earthquake on risk for pulmonary embolism. *Int J Cardiol*, 129 : 152-154, 2008.
- 3) Ueda S, Hanzawa K, Shibata M : One-year overview of deep vein thrombosis prevalence in the Ishinomaki area since the Great East Japan Earthquake. *Ann Vasc Dis*, 7 : 365-368, 2014.
- 4) Kamada K, Uchida D, Okuda H, et al. : Venous screening activities at the site of Hokkaido East Iburi Earthquake: report from the result of venous screening in preventive awareness activities. *Ann Vasc Dis*, 16(3) : 163-168, 2023.
- 5) 水野一枝・水野康・西山加奈・他：段ボールベッドが低温環境での入眠過程に及ぼす影響。日本生気象学会誌, 54(2) : 65-73, 2017.
- 6) 中川ひろみ：東日本大震災における日本看護協会の災害支援活動と宮城県内避難所の褥瘡発生状況。褥瘡会誌, 14(1) : 21-29, 2012.
- 7) 厚生労働省委託事業・公益財団法人日本医療機能評価機構：(公財)褥瘡予防・管理ガイドライン。 <https://minds.jcqh.or.jp/n/med/4/med0036/G0000181/0021>
- 8) Hong TTH, Wang Y, Wong DWC, 他 : The Influence of

Mattress Stiffness on Spinal Curvature and Intervertebral Disc Stress-An Experimental and Computational Study. *Biology*, 11 (7): 1030, 2022.

- 9) Haex, B : Back and Bed: Ergonomic Aspects of Sleeping. CRC Press, Boca Raton, 2004.
- 10) Arksey H, O'Malley L : Scoping studies: towards a methodological framework. *Int J Soc Res Methodol*, 8 (1) : 19-32, 2005.
- 11) 友利幸之介・澤田辰徳・大野勘太・他 : スコーピングレビューのための報告ガイドライン—PRISMA-ScR日本語版の紹介と活用の提案. *日本臨床作業療法研究*, 7 : 70-76, 2020.
- 12) 久我原朋子・大西智行 : 仰臥位時, 仙骨部の体圧測定(実験研究)—ベッド, ダンボールベッド, フロアーマット, ブルーシートの比較—. *山陽論叢*, 27 : 17-31, 2020.
- 13) Hamanishi S : Cardboard bed without mattress is ineffective in improving the body contact pressure—a preliminary study using a dummy model. *J Health Care Organ Provision Financ*, 58 : 1-7, 2021.
- 14) 小山恵美子・鈴木千絵子 : 災害用ダンボールベッドの褥瘡リスクについての一考察. *姫路大学看護学部紀要*, 14 : 35-39, 2022.
- 15) 小山恵美子・鈴木千絵子 : プラスチックシートならびに災害用段ボールベッド使用時の褥瘡発生リスクの検討. *姫路大学看護学部紀要*, 15 : 24-28, 2023.
- 16) Hamanishi S, Asada Y, Ikushima Y, et al : Comparison of body pressure distribution in healthy subjects between bubble wrap and an emergency mattress laid on a cardboard bed: a randomized controlled crossover trial. *PeerJ*, 11 : e15173, 2023.
- 17) Hamanishi S, Miki A, Sasaki S : Comparative evaluation of the sleep quality metrics between a cardboard bed and a camp cot: a randomized controlled crossover study. *PeerJ*, 12 : e17392, 2024.

Abstract:

Purpose: To survey research on pressure dispersion on cardboard beds and to identify previous findings and issues.

Methods: PubMed and Igaku Chuo Zasshi Web were used to search for literature published in English or Japanese by December 31, 2024. From each study, we extracted subjects, measurement devices, measurement sites, measurement conditions, and results.

Results: A total of six studies were included. Subjects were healthy adults or alternative models. Measurement instruments, sites, and conditions differed among the studies. The cardboard bed was reported to have higher pressure in the sacral and whole-body regions and lower pressure dispersion than other bedding.

Conclusion: Body pressure tends to be concentrated on a cardboard bed, and the use of pressure-relieving materials is recommended. Future studies are needed to standardize the measurement index and to target high-risk persons.

Key words: Scoping review, Disaster medicine, Cardboard bed

◎症例報告

生活期脳卒中片麻痺一例に対するカーボン製湾曲杖の長期使用が歩行速度と生活範囲に及ぼす影響：シングルケース実験研究

Long-Term Effects of a Carbon Curved Cane on Gait Speed and Life-Space Mobility in Chronic Stroke:
A Single-Case Experimental Study

永井公規^{1,2)}, 山崎寛史³⁾, 五十嵐星也¹⁾, 掬川晃一^{1,4)}, 和氣彩花¹⁾,
小桑隆^{5,6)}, 堺裕太^{5,6)}, 手島雅人¹⁾

要 旨

非麻痺側上下肢に依存した歩行となり生活範囲が狭小していた生活期脳卒中片麻痺患者に対し、カーボン製湾曲杖を導入し、歩行能力及び生活範囲への影響を短期及び長期的に検討した。A期は3年、B1期は90日、B2期が1年のABBシングルケースデザインで、10m歩行速度や歩数、歩行の安定性を変動係数にて評価した。カーボン製湾曲杖使用後に有意な快適・最大歩行速度の向上と歩数の減少が認められた。変動係数は低下し、歩行の安定性が高まった。Timed Up and Goは転倒リスクのカットオフ値を下回り、屋外歩行が自立に至った。さらに、平均接地時間の評価では麻痺側下肢の荷重時間が延長していた。カーボン製湾曲杖が推進力や下肢荷重を補助し、歩行の対称性と安定性を高め、非麻痺側上下肢への依存を軽減させる可能性が示唆された。

キーワード：カーボン製湾曲杖、生活期、脳卒中、歩行速度、生活範囲

1. はじめに

脳卒中後の歩行障害は歩行の非対称性や麻痺側への荷重低下を伴い、転倒リスクが増加し、移動能力の低下を通じて生活の質(Quality of Life: 以下、QOL)や社会参加にも影響を及ぼすことが報告されている^{1,2)}。特に麻痺側の推進力が低下したことによる歩行の非対称性は歩行能力全体や機能回復に悪影響を及ぼすとされ³⁾、理学療法の重要な課題である。先行研究では、課題指向型トレ

ニングによって推進力の対称性が改善され、歩行速度の向上に寄与する可能性が示されている^{4,5)}。歩行速度は下肢機能の指標として広く用いられ⁶⁾、日常生活動作やコミュニティでの移動能力、QOLとも密接に関係する¹⁾。したがって、歩行対称性の向上は、歩行速度の改善を通じて身体機能や地域参加の促進に繋がると考えられる。

T字杖は、安定性の確保やバランス維持、転倒予防などを目的として広く使用されている⁷⁾。実

1) 花はたりハビリテーション病院 リハビリテーション科

2) 東京都立大学大学院 人間健康科学研究科 理学療法科学域

3) 共済病院 リハビリテーション科

4) 国際医療福祉大学大学院 保健医療学専攻 作業療法学分野・作業療法士

5) シュボーン株式会社

6) 株式会社 Welloop

投稿日：2025年6月13日 採択決定日：2025年10月18日 公開日：2026年3月31日

際に、歩行の安定性や座位バランスの維持、10 m 歩行試験や 6 分間歩行試験(6-minutes walking distance : 以下、6MD)を通じた生活空間の拡大といった利点も報告されている⁷⁻¹⁰⁾。しかし、T 字杖には、麻痺側の推進力を妨げる、非麻痺側上肢への過負荷、下肢筋活動の抑制による代償的歩行の助長といった 3 点の欠点が報告されている¹¹⁻²⁰⁾。主に非麻痺側での支持となるため荷重が偏りやすく、歩行の非対称性が強調される¹¹⁾。また、長期使用による上肢へのストレスは筋力低下や神経障害¹²⁻¹⁶⁾の要因となりえる。さらに、体重支持の偏りが筋活動を阻害し、歩幅の偏りや床反力の不均衡¹⁷⁻²⁰⁾などを招きやすく、介入効果が限定される可能性も指摘されている¹⁹⁾。したがって、杖のデメリットを考慮しつつ、適切な杖の選定と使用は理学療法士の慎重な評価のもとで行われるべきである²²⁾。

こうした課題に対応する新たな歩行補助具として、カーボン製湾曲杖(シュポーン株式会社)が開発された²³⁾。カーボン製湾曲杖は炭素繊維強化プラスチック(以下、カーボン)製で、シャフトに湾曲板バネを採用しており、軽量かつ高い弾性を持つ。接地時の衝撃を吸収しつつ、振り出し時には反発力が前方推進力を補助する設計となっている。カーボン製湾曲杖の一つである Three Part は、杖先が足部様の構造をしており、麻痺側下肢の振り出しと同時に推進力を補助する特徴がある。また、グリップは手部の機能的肢位を保持する設計で、非麻痺側上肢への負担軽減が期待される。実際、Kokuwa ら²³⁾は、生活期脳卒中片麻痺患者に対し Three Part を 4 週間使用した結果、歩行速度や歩幅、ストライド、推進力が改善し、麻痺側下肢の立脚時間延長と床反力の前方成分増加を報告している。これらの知見は、従来の T 字杖では得られにくい麻痺側推進力への介入可能性を示唆しているが、Three Part の長期間の使用による影響や生活範囲への寄与は十分に検討されていない。

以上から、先行研究^{3,4)}を参考に、Three Part の使用によって麻痺側下肢への荷重量および前方推進力が増加し、結果として歩行速度が向上し、生活範囲の拡大に寄与するという仮説を立てた。本

症例報告は、通所リハビリテーション(以下、通所リハ)を利用している生活期脳卒中片麻痺例を対象に、Three Part の ADL 場面での使用が歩行能力や生活範囲に及ぼす影響を検討した。特に、短期的及び長期的な使用効果の歩行速度と生活範囲の変化に着目し、単一症例実験デザイン(single-case experimental design : 以下、SCED)を用いて評価を行った。

2. 方法

本症例報告は、SCRIBE 2016²⁴⁾に基づいて実施した。評価の反復と時系列での介入・観察により、介入の効果及び時系列的な変化の信頼性を検討することを目的とした。対象者の生活環境において自然な条件下で実施可能な枠組みを採用し、臨床的な実践に即した検討とした。

2-1 症例紹介

本症例は 70 代後半の右利きの男性で、6 年前に右中大脳動脈の脳梗塞後に左片麻痺を呈した。発症当初は重度の片麻痺と意識障害があり、回復期リハビリテーション病院でのリハビリテーションを経て、156 病日に自宅退院となった。退院時の日常生活活動(Activities of Daily Living : 以下、ADL)は、屋内が金属支柱ダブルグレンザック足継手付き短下肢装具(Ankle Foot Orthosis : 以下、AFO)装着をし、T 字杖歩行が見守り、屋外は車椅子で全介助であった。退院時の介護度は要介護 3 であり、通所リハの他に訪問介護を週 2 回利用していた。キーパーソンである妻と二人暮らしで、手段的 ADL(Instrumental ADL : 以下、IADL)は主に妻が担っていた。妻は心筋梗塞・腎不全の既往があり透析を週 2 回実施していた。

以後、訪問リハビリテーションを経て週 2 回 90 分の短時間通所リハに移行し、屋内は AFO と T 字杖で自立、屋外は近隣での歩行が見守り、自宅から 1 km 先の病院までは車椅子で全介助であった。660 病日にタマラック足継手付きプラスチック AFO を作製したが、筋肥大により再作製した。

1646 病日の Brunstrom recovery stage(以下、BRS)は上肢Ⅳ、手指Ⅳ、下肢Ⅲ、感覚は表在・深部感覚ともに重度鈍麻であった。10 m 歩行におけ

る快適歩行速度は 0.67 m/s(22 歩)、最大歩行速度は 0.81 m/s(21 歩)、Timed Up and Go(以下、TUG)は右回りが 14.0 秒、左回りが 14.1 秒、6MD は 210 m であった。歩行の特徴として、左初期接地～立脚中期にかけて、右上肢による T 字杖への荷重が過剰となり、体幹が右側屈している点が挙げられた。ADL 評価である Bathel Index(以下、BI)は入浴と階段昇降で 5 点ずつ減点となり 90 点、IADL 評価である Lawton の IADL スケールは 4 点であった。屋外歩行は 20 分程度連続で可能であり、妻の付き添いのもと、近所の散歩や買い物に出かけていた。HOPE は「受診先の病院まで歩いていきたい」であり、短期目標は 6MD が 230 m 以上、長期目標は屋外歩行が 30 分間見守りで可能であった。

2-2 Three Part 導入の経過

2144 病日に Three Part(図 1)を試用した際に、歩行中の麻痺側への荷重量増加が視認され、歩行速度の向上が得られた。本症例からも「前に進む感じがする」、「左足に体重が乗っている感じがする」、「右手が楽」との発言があった。その後、2151 病日から Three Part のレンタルが開始となり、ADL 場面での使用が開始となった。杖の使用状況や ADL 中の運用は通所リハスタッフ及び家族によって定期的にモニタリングされた。

2-3 介入デザイン

Three Part の短期及び長期使用効果を評価するために ABB デザインの SCED²⁴⁾を用いた。Three Part 導入直前の ADL になった 3 年前から Three Part 導入までの 3 年間を通常介入期(以下、A 期)、導入から 90 日間を短期介入期(以下、B1 期)、その後 1 年間を長期介入期(以下、B2 期)とした。

通所リハでは各回 90 分間で、起立・着座練習、自転車エルゴメーター、歩行練習、関節可動域練習などを各 20 分間実施した。

2-4 評価項目

メインアウトカムは 10 m 歩行試験における快適・最大歩行速度とした。歩行速度は 16 m 歩行路(助走・減速路各 3 m、計測区間 10 m)を用い

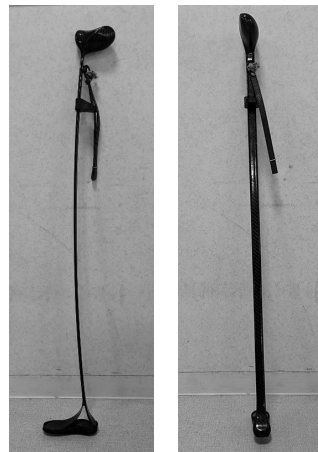


図 1 本症例が使用した Three Part

カーボン製湾曲杖 (Paracane、シュボーン株式会社) の一つである Three Part の図を示す。Paracane は炭素繊維強化プラスチック製で、シャフトに湾曲板バネを採用しており、軽量かつ高い弾性を持つ。接地時の衝撃を吸収しつつ、振り出し時には反発力が前方推進力を補助する設計となっている。Three Part は杖先が足部様の構造をしており、麻痺側下肢の振り出しと同時に推進力を補助する特徴がある。また、グリップは手部の機能的肢位を保持する設計で、非麻痺側上肢への負担軽減が期待されている。

て、AFO と T 字杖または Three Part 使用下で実施した。A 期と B2 期は 3 カ月に 1 度の定期評価時、B1 期は各利用日の介入開始時に測定した。歩行速度と歩数に関しては、快適・最大歩行時の変動係数(Coefficient of Variation: 以下、CV)を各期で算出した。CV は標準偏差を平均値で除した値とし、歩行の安定性指標として用いた。CV が大きいほど歩行の不安定性を反映し、特に歩行速度が遅い群で高い傾向にあることから²⁵⁾、本研究でもこれに準じて解釈した。

サブアウトカムは TUG、6MD、BRS、膝伸展筋力、握力、BI、Lawton の IADL スケールを Three Part 使用開始 90 日後及び定期評価の 3 カ月に一度の評価を行った。歩行中の左右下肢への接地時間の平均を AYUMIEYE(株式会社早稲田エルダリーヘルス事業団社製)にて評価した。評価は 10 m 歩行試験中に、Three Part 使用前の T 字杖、Three Part 使用直後、使用 90 日後(B1 期終了時)、および使用 1 年後(B2 期終了時)の 4 時点で実施した。

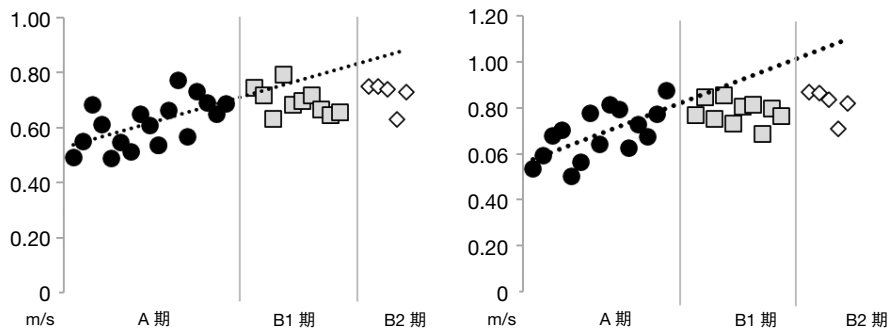


図2 歩行速度に対する回帰係数の当てはめによる目視法

快適歩行速度（左）、最大歩行速度（右）、プロットは各評価における歩行速度を示しており、黒い丸はA期、灰色の四角はB1期、白い丸はB2期のデータである。点線は二項分布を行うために用いたA期の回帰係数による基準線を示す。

表1 快適歩行及び最大歩行における速度と歩数の経過と比較

	A期前	A期 ^a	B1期 ^a	B2期 ^a	F値 (df)	P値	95% CI	Effect size
快適歩行速度 (m/s)	0.67	0.62 ± 0.09	0.70 ± 0.05	0.72 ± 0.05	6.41 (2,29)	0.005 ^{b*}	0.628-0.704	$\eta^2 = 0.31$
最大歩行速度 (m/s)	0.81	0.69 ± 0.11	0.78 ± 0.05	0.82 ± 0.07	6.12 (2,27)	0.006 ^{c*}	0.692-0.788	$\eta^2 = 0.31$
快適歩行歩数 (歩)	22	23.2 ± 2.8	20.6 ± 0.97	22.3 ± 2.6	3.75 (2,27)	0.037 ^{b*}	21.8-22.4	$\eta^2 = 0.22$
最大歩行歩数 (歩)	21	22.7 ± 2.9	19.8 ± 1.0	21.5 ± 1.7	4.77 (2,27)	0.017 ^{b*}	20.2-22.8	$\eta^2 = 0.26$

A期前：1646病日の評価結果を代表値として記載；95% CI：95% Confidence Interval；^a：平均値±標準偏差；^b：反復測定一元配置分散分析で算出されたP値；^c：Friedman検定で算出されたP値；*：P < 0.05。

2-5 統計解析

歩行速度に関して、最小二乗法による回帰係数の当てはめを目視法で傾向を把握し、A期の回帰係数を用いた二項分布で検討し、比率に基づく効果量(Percentage of Nonoverlapping Data：以下、PND)を算出した。A期の介入前データの安定性は、実務上の基準とされる回帰係数が±0.05未満という視覚的安定性の指標に基づき、目視法で確認した²⁶⁾。また、歩行速度及び歩数における各期の平均値比較にはShapiro-Wilk検定で正規性を確認後、反復測定一元配置分散分析またはFriedman検定を実施し、Bonferroni法により多重比較を行った。SPSS version 26.0を用い、いずれも有意水準は5%とした。

2-6 倫理的配慮

ヘルシンキ宣言及び厚生労働省の「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」などの医学研究に関する指針に基づき対象者の個人

情報の保護には十分留意し、口頭及び書面で説明し同意を得た。また、苑田会倫理委員会にて倫理審査不要の承認を得て実施した。

3. 結果

3-1 歩行速度の変化

歩行速度の経時的変化とその比較は図2及び表1に示した。回帰係数の当てはめによる目視法では、B1期及びB2期に改善はみられず、A期の回帰係数を用いた二項分布でも快適・最大歩行速度の有意な変化は認められなかった(P > 0.05)。A期の回帰係数は快適歩行速度が0.010、最大歩行速度が0.015であり、いずれも微弱な上昇傾向を示すに留まった。PNDは快適歩行速度でB1期が30%、B2期が0%、最大歩行速度でB1期が20%、B2期が0%で、いずれも効果量は小であった。

快適歩行速度・歩数、最大歩行速度・歩数について、A期・B1期・B2期の経時的変化を比較した。Shapiro-Wilk検定の結果、快適歩行速度と歩

表2 快適歩行及び最大歩行における速度と歩数に関する事後検定の結果

	比較	P 値 ^a	95% CI	Effect size
快適歩行速度	A-B1	0.022*	0.56-2.36	d=1.46
	A-B2	0.023*	-0.71-1.33	d=0.31
	B1-B2	1.000	0.52-3.00	d=1.76
最大歩行速度	A-B1	0.033*	0.62-2.42	d=1.52
	A-B2	0.020*	-0.61-1.43	d=0.41
	B1-B2	1.000	0.65-3.21	d=1.93
快適歩行歩数	A-B1	0.034*	-0.21-1.43	d=0.61
	A-B2	0.744	-0.52-1.52	d=0.50
	B1-B2	1.000	-0.96-1.18	d=0.11
最大歩行歩数	A-B1	0.015*	-0.15-1.49	d=0.67
	A-B2	0.620	-0.45-1.61	d=0.58
	B1-B2	0.886	-0.99-1.15	d=0.08

CI : 95% Confidence Interval ; ^a : 事後検定 (Bonferroni 法による多重比較) で算出された P 値 ; * : P < 0.05.

数、最大歩行の歩数は正規分布が認められ (P > 0.05)、最大歩行速度には正規性が認められなかった (P < 0.05)。正規分布であった快適歩行速度と歩数、最大歩行中の歩数は反復測定一元配置分散分析を行い、いずれも有意であった (快適歩行速度 : F(2,29) = 6.41、P = 0.005、 $\eta^2 = 0.31$ 、快適歩行歩数 : F(2,27) = 3.75、P = 0.037、 $\eta^2 = 0.22$ 、最大歩行歩数 : F(2,27) = 4.77、P = 0.017、 $\eta^2 = 0.26$)。最大歩行速度は Friedman 検定を行い、有意であった (F(2,27) = 6.12、P = 0.006、 $\eta^2 = 0.31$)。

事後検定 (表 2) では、快適歩行速度は A 期と B1 期 (P = 0.022、d = 1.46)、A 期と B2 期 (P = 0.023、d = 0.31) 間で有意な向上が認められた。快適歩行歩数は A 期から B1 期で有意な向上 (P = 0.034、d = 0.61) を認め、B2 期で減少傾向を示したが、有意差はなかった (P = 0.744、d = 0.50)。最大歩行速度は A 期と B1 期 (P = 0.033、d = 1.52)、A 期と B2 期 (P = 0.020、d = 0.41) 間で有意に向上した。最大歩行歩数では、A 期と B1 期間に有意な減少 (P = 0.015、d = 0.67) が認められたが、A 期と B2 期間では有意差はみられなかった (P = 0.620、d = 0.58)。B1 期と B2 期の間では、いずれの指標でも有意差はなかった (P > 0.05)。

歩行速度の CV に関して、快適歩行速度では A 期が 0.14、B1 期が 0.07、B2 期が 0.05 であり、最大歩行速度では A 期が 0.16、B1 期が 0.07、B2 期が 0.08 であった。歩数の CV は快適歩行では A 期

が 0.12、B1 期が 0.05、B2 期が 0.06 であり、最大歩行では A 期が 0.14、B1 期が 0.05、B2 期が 0.04 であった。

3-2 バランス能力・耐久性・ADL の変化

TUG は右回りで A 期が 14.2 秒、B1 期が 13.1 秒、B2 期が 13.5 秒、左回りで A 期が 14.4 秒、B1 期が 13.2 秒、B2 期が 13.4 秒であった。6MD は A 期が 205 m、B1 期が 240 m、B2 期が 245 m と増加した。BRS や膝伸筋力、握力などの身体機能、BI、Lawton の IADL スケールには大きな変化はみられなかった。AYUMIEYE による左右下肢への平均接地時間は Three Part 使用前の T 字杖で右が 0.73 秒、左が 0.63 秒、Three Part 使用直後に右が 0.56 秒、左が 0.65 秒、B1 期後に右が 0.64 秒、左が 0.73 秒、B2 期後に右が 0.52 秒、左が 0.65 秒であった。

3-3 生活範囲の変化

TUG は B1 期終了時に左右回りとも 13.5 秒を下回り、転倒リスクのカットオフ値を下回った²⁷⁾。屋外歩行練習後の面談では「これなら外も歩ける気がする」と前向きな発言も聞かれた。これらを妻と共有し、近所の散歩は自立となり、B2 期後も継続していた。一方で、目標であった受診先への歩行での移動は、妻の体調悪化もあり達成はできなかった。

4. 考察

本症例報告では、生活範囲が狭小していた生活期脳卒中片麻痺患者に **Three Part** を導入し、歩行能力と生活範囲への影響を検討した。**Three Part** 使用后、著明な身体機能の変化はなかったが、歩行速度や歩数の改善、歩行速度及び歩数の CV 低下といった歩行の安定性向上がみられた。また、屋外歩行も一部であるが自立が可能となった。**Three Part** の使用は歩行の安定性向上に寄与し、結果として生活範囲の拡大につながった可能性が考えられる。

T 字杖は非麻痺側に荷重が偏りやすく、麻痺側の推進力を妨げやすい^{11,22)}。さらに、長期使用による非麻痺側上肢への過負荷や神経障害のリスクも報告されている^{14,15)}。一方、**Three Part** はカーボン製の湾曲板バネ設計により軽量かつ弾性に富み、接地衝撃を緩和しつつ、推進力を補助する構造を有する。本症例でも、**Three Part** 使用開始後、非麻痺側上肢の負担感が軽減されたと主観的報告が得られた。また、先行研究²³⁾では、**Three Part** を 4 週間使用し、歩行速度やストライド長、麻痺側歩幅の向上が得られているため、本症例に対しても歩行速度の向上や歩幅の拡大が得られると仮説を立てていた。

本症例では、**Three Part** 導入後に快適・最大歩行速度の向上と歩数の減少がみられ、推進力増加と歩幅拡大が示唆された。歩行速度及び歩数の CV も低下し、歩行の安定性が改善した。また、AYUMIEYE による平均荷重時間では麻痺側下肢の荷重時間延長が確認され、歩行対称性の向上が示唆された。麻痺側の単脚支持時間の延長は歩行速度の向上と関連することが報告されており²⁸⁾、本症例では **Three Part** 使用により麻痺側単脚支持時間が延長したことが歩行速度の改善に寄与したと考えられる。さらに、TUG は導入後に転倒リスクのカットオフ値(13.5 秒)²⁷⁾を下回り、近所での散歩が自立可能となった。屋外歩行練習後の本人の発言は自己効力感の高まりを示し、自己効力感が活動参加の拡大に関連するとの先行研究²⁹⁾と類似する。また、本症例は **Three Part** を 1 年以上継続的に使用しており、継続使用によって歩行速度や安定性の維持が観察された可能性がある。

Kokuwa ら²³⁾は即時的な改善に注目しているが、本症例報告は **Three Part** の長期使用が生活範囲の拡大に関与した可能性があると考えた。

本症例報告の解析において、目視法では有意な変化は検出されなかったが、反復測定一元配置分散分析では有意であった。この違いは、A 期が 3 年にわたる長期間であったことに起因するばらつきや、期間中の生活状況や体調の変化が歩行能力に影響し、データの変動性を高めた可能性がある。目視法に基づく回帰係数では、A 期にも歩行速度の緩やかな向上が認められた。この変化は、通所リハビリの継続や生活場面での活動量の変化、体調の変動など、複数の要因が関与した結果であると推察される。一方で、B1 期以降では歩行速度の傾きが鈍化していたことから、**Three Part** の導入が歩行速度の直接的な改善をもたらしたと結論づけるには慎重な解釈が求められる。しかし、歩行速度および歩数の CV は B1 期以降で低下しており、**Three Part** の使用が歩行の安定性に寄与した可能性が示唆された。なお、A 期の回帰係数は、快適歩行速度が 0.010、最大歩行速度が 0.015 であり、いずれも実務的な安定性基準とされる ± 0.05 を下回っていたことから、A 期のデータは概ね安定していたと解釈できる²⁶⁾。目視法は定性的手法であり、ばらつきの大きい期間では変化の検出に限界がある。一方で、分散分析は定量的手法として平均的な変化を捉えることが可能であり、両者を併用することで歩行能力の変化をより多角的かつ精緻に評価できたと考えられる。

以上より、**Three Part** は T 字杖に比べて非麻痺側上肢の主観的負担感を軽減し、麻痺側下肢への荷重時間を延長することで、推進力や安定性の改善に寄与した可能性がある。これらの変化は、歩行能力の改善と生活範囲の拡大に関与した可能性が考えられる。**Three Part** は、非麻痺側に依存した歩行パターンからの脱却を支援する補助具として、新たな選択肢となり得るかもしれない。一方で、**Three Part** の使用にあたっては、杖先の使い方や反発特性への理解が乏しい場合には、効果が得られない可能性があると考えられる。杖先に意識を向けることで、むしろ非麻痺側への依存が強まることも懸念される。これらを踏まえ、身体機能や

認知機能を考慮した適応の判断と、今後の適応基準の明確化が求められる。

本症例報告には三つの限界点があった。一つ目は、後方視的に通常期(A期)を設定した点である。これにより、各期のデータ数のばらつきや期間の差が生じていることから、本結果の解釈には注意が必要であると考えられる。二つ目は、1症例による検討のため、結果の偶然性が否定できない点である。今後は、多くの症例を対象とした検討が必要になる。また、AYUMIEYEを用いた歩行評価を行っているが、実際の麻痺側下肢の推進力や筋電図に関しては評価ができていない。そのため、三次元動作解析機や筋電図による詳細な評価を行わなければならない。最後に、カーボン製湾曲杖の適応に関しては、まだ不明な点である。症例による杖や非麻痺側上肢への依存には差があり、適応にならない患者も経験している。今後は、適応になる症例に関する特徴を検討することも必要であると考えられる。

5. 利益相反

開示すべき利益相反はない。

6. 結論

生活範囲が狭小化し、T字杖への依存が強かった生活期左片麻痺例に対して、カーボン製湾曲杖をADLに導入した。短期的には歩行速度や歩行の安定性の改善がみられ、近所の散歩が自立可能となった。さらに、継続的な使用により、その効果が維持された可能性がある。本症例では、同杖の使用が麻痺側下肢の推進力や荷重を補助し、歩行の対称性と安定性の改善を通じて、非麻痺側上肢への依存軽減に寄与した可能性が示唆された。本症例報告は、歩行補助具選定における選択肢の一つとして、カーボン製湾曲杖の臨床的有用性を検討するための知見を提供するものである。

引用文献

- 1) Khanittanuphong P, Tipchatyotin S: Correlation of the gait speed with the quality of life and the quality of life classified according to speed-based community ambulation in Thai stroke survivors. *NeuroRehabilitation*, 41 (1): 135-141, 2017.
- 2) Rowland DM, Lewek MD: Linking gait mechanics with perceived quality of life and participation after stroke. *PLoS One*, 17(9): e0274511, 2022.
- 3) Roelker SA, Bowden MG, Kautz SA, et al.: Paretic propulsion as a measure of walking performance and functional motor recovery post-stroke: A review. *Gait Posture*, 68: 6-14, 2019.
- 4) Alingh JF, Groen BE, Kamphuis JF, et al.: Task-specific training for improving propulsion symmetry and gait speed in people in the chronic phase after stroke: a proof-of-concept study. *J Neuroeng Rehabil*, 18(1): 69, 2021.
- 5) Hsiao H, Awad LN, Palmer JA, et al.: Contribution of Paretic and Nonparetic Limb Peak Propulsive Forces to Changes in Walking Speed in Individuals Poststroke. *Neurorehabil Neural Repair*, 30(8): 743-752, 2016.
- 6) 村田伸, 大田尾浩, 村田潤, 他: 虚弱高齢者における Timed Up and Go Test. 歩行速度, 下肢機能との関連. *理学療法科学*, 25(4): 513-516, 2010.
- 7) 奥壽郎: 地域在住高齢者に対する杖に関する意識調査. *臨床福祉ジャーナル*, 5: 34-37, 2008.
- 8) 及川真人, 久保晃: 地域在住脳卒中片麻痺者の屋外活動可否を決定する要因. *理学療法科学*, 30(6): 843-846, 2015.
- 9) 田代英之, 井所拓哉, 星文彦: 慢性期脳卒中者の地域における移動能力と歩行機能および身体活動の関係. *理学療法学*, 41(3): 131-137, 2014.
- 10) 及川真人, 久保晃: 地域在住脳卒中片麻痺者の歩行能力と生活空間の関係. *理学療法科学*, 30(2): 183-186, 2015.
- 11) Ribeiro TS, Silva EMGS, Silva IAP, et al.: Effects of treadmill training with load addition on non-paretic lower limb on gait parameters after stroke: A randomized controlled clinical trial. *Gait Posture*, 54: 229-235, 2017.
- 12) Kawase K, Sato T, Kudo S, et al.: Characteristics of upper limb joint mechanics with increased cane dependence during walking. *J Phys Ther Sci*, 36(10): 614-619, 2024.
- 13) Lee H, Eizad A, Lee G, et al.: Comparative Study on Overground Gait of Stroke Survivors With a Conventional Cane and a Haptic Cane. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 29: 2183-2192, 2021.
- 14) Dozono K, Hachisuka A, Wada F, et al.: Peripheral Neuropathies in Nonparetic Upper Extremities of Stroke Patients Induced by Excessive Use of a Walking De-

- vice. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 24(8): 1841–1847, 2015.
- 15) Shinoda M, Abe M: Ultrasound measurements of the median nerve at the carpal tunnel in ambulant chronic stroke patients: comparison between paretic and non-paretic sides. *J Phys Ther Sci*, 31(12): 997–1001, 2019.
 - 16) Chen JL, Wang RY, Lee CS, et al.: Immediate effect of hip taping on balance and walking ability in cane-dependent ambulators with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*, 55(2): 156–161, 2019.
 - 17) Allet L, Leemann B, Guyen E, et al.: Effect of different walking aids on walking capacity of patients with post-stroke hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil*, 90(8): 1408–13, 2009.
 - 18) Kang YS, Cho KH: Changes in lower limb muscle activation and gait function according to cane dependence in chronic stroke patients. *Technol Health Care*, 29(1): 133–141, 2021.
 - 19) Balasubramanian CK, Bowden MG, Neptune RR, et al.: Relationship between step length asymmetry and walking performance in subjects with chronic hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil*, 88(1): 43–49, 2007.
 - 20) Allen JL, Kautz SA, Neptune RR: Step length asymmetry is representative of compensatory mechanisms used in post-stroke hemiparetic walking. *Gait Posture*, 33(4): 538–543, 2011.
 - 21) Turns LJ, Neptune RR, Kautz SA: Relationships between muscle activity and anteroposterior ground reaction forces in hemiparetic walking. *Arch Phys Med Rehabil*, 88(9): 1127–1135, 2007.
 - 22) Hamzat TK, Kobiri A: Effects of walking with a cane on balance and social participation among community-dwelling post-stroke individuals. *Eur J Phys Rehabil Med*, 44(2): 121–126, 2008.
 - 23) Kokuwa R, Sakai Y, Nagasaka Y, et al. Effect of the carbon-curved cane use on gait in chronic stroke-induced hemiplegia: a prospective single-case study. *Case Rep Med*. 2025;2025:7294729.
 - 24) Tate RL, Perdices M, Rosenkoetter U, et al.: The Single-Case Reporting guideline In BEhavioural Interventions (SCRIBE) 2016: Explanation and Elaboration. *Archives of Scientific Psychology*, 4(1): 10–31, 2016.
 - 25) Chow JW, Stokic DS: The contribution of walking speed versus recent stroke to temporospatial gait variability. *Gait Posture*, 100: 216–221, 2023.
 - 26) Horner RH, Carr EG, Halle J, et al.: The use of single-subject research to identify evidence-based practice in special education. *Except Child*, 71(2): 165–179, 2005.
 - 27) Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M: Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther*, 80(9): 896–903, 2000.
 - 28) Chow JW, Stokic DS: Longitudinal changes in temporospatial gait characteristics during the first year post-stroke. *Brain Sci*, 11(12): 1648, 2021.
 - 29) Schmid AA, Van Puymbroeck M, Altenburger PA, et al.: Balance and balance self-efficacy are associated with activity and participation after stroke: a cross-sectional study in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 93(6): 1101–1107, 2012.

Abstract:

A carbon-curved cane was introduced for a patient with chronic post-stroke hemiparesis who exhibited gait characterized by excessive dependence on the non-paretic upper and lower limbs and had a restricted life space. This study aimed to examine the short- and long-term effects of the cane on gait ability and life space using an ABB single-case experimental design, consisting of a 3-year baseline phase (Phase A), a 90-day short-term intervention phase (Phase B1), and a 1-year long-term intervention phase (Phase B2). Comfortable and maximum walking speeds, step counts, and gait stability were evaluated using the coefficient of variation (CV) during the 10-m walk test. Following the introduction of the carbon-curved cane, significant increases in comfortable and maximum walking speeds and decreases in step counts were observed. The CV values decreased, indicating improved gait stability. The Timed Up and Go test score achieved the cutoff value associated with fall risk, and independent outdoor walking became possible. In addition, the mean stance time of the paretic limb increased, suggesting improved weight bearing. These findings suggest that the carbon-curved cane may facilitate propulsion and weight bearing on the paretic limb, improve gait symmetry and stability, and reduce dependence on the non-paretic limbs. This case provides preliminary clinical evidence supporting the potential usefulness of a carbon-curved cane as an assistive device for individuals with chronic stroke.

Key words: carbon-curved cane, chronic stroke, stroke, gait speed, life space

◎症例報告

長下肢装具が適用不能であった超高度肥満脳出血患者に対する歩行再建の経過

Course of Gait Reconstruction in a SuperMorbidly Obese Patient with Intracerebral Hemorrhage for Whom Knee-Ankle-Foot Orthosis (KAFO) Was Inapplicable

金子達哉

要 旨

【目的】 推定体重 170 kg 超の超高度肥満脳出血患者に対し、ガイドラインに準拠できない状況下で実施された理学療法の妥当性を評価し、臨床意思決定に資する実践的知見を提供することである。

【症例】 左被殻出血を呈した推定体重 170 kg 超の 40 代女性。長下肢装具（knee-ankle-foot orthosis：以下、KAFO）は耐荷重超過で適用不能であった。

【経過】 減量を進めながら、段階的に knee brace および短下肢装具（ankle-foot orthosis：以下、AFO）を用いた歩行練習を実施し、発症 8 カ月で 4 点杖およびリジッド AFO による屋内見守り歩行を獲得し退院した。発症 3 年後には継ぎ手付き AFO へ移行可能となった。

【考察】 現行の装具耐荷重基準では超高度肥満症例への KAFO は適用不能であり、個別化と環境整備が必須である。

【結論】 KAFO 非適用例においても、多面的介入により歩行獲得を目指すことは可能である。また、装具部品の耐荷重見直しと超肥満症例に対する環境の整備が喫緊の課題である。

キーワード：長下肢装具、肥満、脳出血、早期離床、歩行

1. はじめに

本邦における脳出血は、日本脳卒中データベースの報告において、全脳卒中の 18.0% を占めるとされており¹⁾、欧米諸国と比較して高い発症頻度を示している。例えば、米国では脳出血は全脳卒中の約 10% にとどまると報告されている²⁾。さらに、脳出血は急性期脳卒中の中でも致死率が高い病態の一つであり、発症早期の死亡率は 30～40% に達し²⁾、生存例においても重度の後遺障害を残すリスクが高いとされている³⁻⁴⁾。

一方で、発症 24～72 時間以内の早期離床は、

軽～中等度の脳出血患者における日常生活動作の自立度の向上に寄与することが報告されている⁵⁻⁶⁾。しかしながら、重症例においては介助体制の確保が困難であることなどから、離床開始が遅延しやすい傾向がある。その結果、臥床時間の延長を来し、褥瘡、深部静脈血栓症、肺合併症、うつ病などの発症リスクが高まり、最終的に機能予後をさらに悪化させる可能性が指摘されている⁷⁾。

このような課題を背景に、近年では臥床による廃用症候群を抑制し、覚醒レベルや下肢の支持性

医療法人社団葵会 柏たなか病院

投稿日：2025 年 7 月 28 日 採択決定日：2025 年 10 月 18 日 公開日：2026 年 3 月 31 日



図1 頭部CT

a: 搬送時 b: フォローアップ頭部CT (1時間後) c: フォローアップ頭部CT (7時間後)
 [略語] CT: Computed Tomography

を向上させる目的で、急性期から長下肢装具(knee-ankle-foot orthosis: 以下、KAFO)を用いた荷重・歩行練習を導入する報告が増加している⁸⁻¹¹⁾。しかしながら、肥満患者の歩行では、床反力垂直成分が体重に比例して増加し、標準体型者と比較して最大値で1.5倍以上に達することが報告されている¹²⁾。これにより、装具に加わる圧縮応力および屈曲モーメントが増大し、構造耐性を超過する可能性が高まると考えられ、安全かつ適切な装具療法の選択が困難となる。特に、本邦における一般的なKAFOの支柱や継手の耐荷重性能については公表されておらず、十分な情報が存在しない。

今回、推定体重170kgを超える超高度肥満の脳出血患者に対して、既存のガイドラインに準拠できない状況下で実施された理学療法についての妥当性を評価し、今後の臨床意思決定に資する実践的知見を提供することを目的とする。

2. 症例

40代女性。自宅で意識障害および右片麻痺を呈し、当院に救急搬送された。搬送後、頭部コンピュータ断層撮影(Computed Tomography: 以下、頭部CT)で15mLの高血圧性左被殻出血が確認された(図1a)。これを受け、直ちにニカルジピン持続静注による降圧療法が開始された。併存疾患は未治療の本態性高血圧のみであった。

初回頭部CTから1時間後および7時間後のフォローアップ頭部CT(図1bおよびc)では血腫量の増大を呈し、最大約30mLに達した。そのた

め、開頭血腫除去術が検討されたが、周術期リスク評価として施行した心エコーで左室駆出率30%と重度の心機能低下が確認されたことから、最終的に保存的治療方針となった。

発症前は無杖歩行で手段の日常生活動作は完全自立であった。入院時体重は、パラマウントベッド社製I.C.U. ベッドKA8950A(はかりのひょう量180kg)を用い、エアーマットレス・リネン類約10kgを減算してもひょう量域を超過し測定困難であったため、身長167.0cm、推定体重170kg超、推定BMI 61.0kg/m²と評価した。

3. 経過

本症例における理学療法経過を表1および表2に示す。観察期間は第2病日から第1139病日までとし、評価は急性期(～第56病日)、回復期(第57～228病日)、生活期(退院日翌日の第229～1139病日)の3期に区分した。なお、主要イベントは表の病日と本文の叙述を一致させて記載とした。急性期における理学療法は週6～7回、1回40分、回復期では週7回、1回60分を基本として実施した。

第2病日の頭部CT検査で血腫増大ならびに脳ヘルニア徴候が観察されなかったため、発症32時間後より理学療法を開始した。介入時の神経学的所見はGlasgow Coma Scale(以下、GCS)E3Va(3)M5、運動機能はFugl-Meyer Assessment(以下、FMA)で上肢2/66、下肢4/34点、機能的自立度評価表(Functional Independence Measure: 以下、FIM)の運動項目は13/91点であり、車椅子への移

表1 理学療法経過

評価項目	急性期				回復期					生活期
	第2病日 (初回介入)	第21病日	第23病日	第48病日	第57病日	第96病日	第131病日	第140病日	第228病日 (退院日)	第1139病日 (装具完成)
意識レベル GCS	E3Va(3) M5	清明	清明	清明	清明	清明	清明	清明	清明	清明
体重	170 kg	152.6 kg	151.8 kg	143.1 kg	141.2 kg	135.8 kg	131.8 kg	130.4 kg	123.6 kg	未評価
FMA 下肢	4/34 点	5/34 点	6/34 点	10/34 点	12/34 点	12/34 点	16/34 点	17/34 点	18/34 点	20/34 点
麻痺側腓腹筋 MAS	0	0	0	0	0	1	1	1	1	退院 1+
麻痺側足関節 関節可動域	10 度	10 度	10 度	10 度	10 度	10 度	5 度	5 度	5 度	5 度
FAC	0 点	0 点	0 点	0 点	1 点	2 点	3 点	2 点	3 点	4 点

[略語]GCS: Glasgow Coma Scale FMA: Fugl Meyer Assessment MAS: Modified Ashworth Scale FAC: Functional Ambulation Category
 ※生活期の体重: 退院後は当院へ外来診察目的でのみ通院しており、サービス付き高齢者向け住宅由来の看護情報(定期体重測定値)の共有がなかったため取得できず、未評価とした。

表2 超高度肥満脳出血患者における基本動作およびADL介助量の経時的推移

評価項目	急性期						回復期					生活期	
	第2病日 (初回介入)	第15病日	第21病日	第23病日	第36病日	第48病日	第57病日	第70病日	第96病日	第131病日	第140病日	第228病日 (退院日)	第1139病日 (装具完成)
起立動作の 介助量	不可	不可	5人介助 (臀部離床困難)	3人介助	1人介助 全介助	1人介助 最大介助	1人介助 中等度 介助	1人介助 中等度 介助	1人介助 軽介助	1人介助 軽介助	見守り	見守り	自立
移乗動作の 介助量	評価 困難	評価 困難	評価 困難	3人介助 スライド	3人介助 全介助	1人介助 全介助	1人介助 最大介助	1人介助 中等度 介助	1人介助 軽介助	1人介助 軽介助	1人介助 軽介助	見守り	修正 自立
移乗動作の FIM	1点	1点	1点	1点	1点	1点	2点	3点	4点	4点	4点	5点	退院 6点
歩行動作の 介助量	歩行 不能	歩行 不能	歩行 不能	歩行 不能	歩行 不能	歩行 不能	中等度 介助	中等度 介助	軽介助	見守り	軽介助	見守り	自立
歩行動作に 用いる補助具 および補装具	不可	不可	不可	不可	不可	不可	手すり フレキシブル AFO knee brace	手すり フレキシブル AFO knee brace	手すり フレキシブル AFO knee brace	4点杖 本人用 リジッド AFO knee brace	4点杖 本人用 リジッド AFO	4点杖 本人用 リジッド AFO	可動性 多脚杖 本人用 継手付 AFO

[略語]AFO: ankle-foot orthosis FIM: Functional Independence Measure

乗や歩行動作は困難であった。

先行研究における機能予後の改善と関連が示唆される離床開始時間^{5-6,13)}を踏まえても、本症例において離床を医学的に制限すべき明確な理由は存在しなかった。しかしながら、当院には推定体重170 kg 超に対応可能な車椅子や離床支援機器を備えておらず、さらに意識障害と重度運動障害の存在が介助の難易度を高めていた。その結果、医学的には離床可能であるにもかかわらず、実際の離床開始は物理的・環境的制約により大きく制限される状況であった。加えて、院内には適合病衣の備えがなく、患者私物衣類は高伸縮素材で把持時の破損リスクが高かったため、介助の安全性と

操作性に課題を生じた。

実際の離床を困難にしていた最大の要因の一つは、超高度肥満に伴う物理的制限であり、介助動作や機器対応の限界を早期に認識する必要があった。そこで、離床の実現性を高めることを目的として、栄養面と運動面からの体重管理を重視し、減量介入を開始した。本症例の栄養介入はエネルギー制限を中心に実施し、経鼻経管栄養の供給量は、40代女性の1日推定エネルギー必要量約2050 kcal に対し、1200 kcal/日へと制限された。運動面においては、筋収縮は運動に伴うエネルギー消費の増大および反復刺激による筋量維持・増加、ミトコンドリア生合成、脂肪酸酸化亢進、イ

ンスリン感受性改善を目的に、離床前からの非麻痺側・麻痺側下肢の随意的運動練習および麻痺側への神経筋電気刺激(neuromuscular electrical stimulation: 以下、NMES)を先行実施した。

第3病日には一時的にGCSがE2Va(3)M3へと低下したが、その後徐々に改善し、第10病日にはGCS E4Va(4)M6まで回復した。第15病日には、ずり落ち対策を講じたうえで3人介助による端座位練習を開始し、軽介助での保持が可能となった。第18病日には意識レベルが清明となり、下肢装具を用いずに3人介助での起立練習を試みたが、殿部の離床は困難であった。第21病日には、ずり落ち防止と介助性向上を目的として、ベッドシーツを体幹に巻き付けた介助方法を5人介助で実施したものの、依然として殿部離床には至らなかった。本段階で、立位練習への移行に際し、金属支柱付の本人用KAFO(リングロック膝継手、ダブルクレンザック足継手、足部覆い型)の作製を検討した。しかし、本人の体重(第21病日時点では、152.6 kg)を考慮した結果、義肢装具製作所の社内会議において、仕様強化や破損リスクに関する同意を前提としても耐荷重上限は120 kgであることが決定され、本人用KAFOの作製は断念せざるを得なかった。また、本症例が乗車およびレンタル可能な車椅子はフランスベッド社が取り扱うオートボック社製「M4 キングス」(耐荷重160 kg)のみであることが判明し、医師・患者本人・家族を交えた上で自費レンタルによる導入を検討した。

第23病日には、体重は151.8 kgへ減少し、起立練習は3人介助により可能となった。しかし、自室のマットレスはエアーマット仕様であり、座位・立位練習には適していないと判断した。そこで、より積極的な離床練習を実施するため、使用中の介護ベッドをそのままリハビリテーション室へ搬送し、臥位のままプラットホームへスライド移乗したのちに座位・立位練習を開始した。第36病日には、プラットホームからの起立練習が1人介助で可能となったが、プラットホームと介護ベッド間など方向転換を伴う移乗動作には依然として3人介助を要していた。第40病日には、前述のM4 キングス車椅子が納入され、2人介助での

移乗が可能となった。さらに第48病日には、体重は143.1 kgまで減少し、1人介助での車椅子移乗が可能となり、日常的な離床動作の自立度が大きく向上した。

第57病日に当院の回復期リハビリテーション病棟(以下、回りハ)へ転棟した。転棟時の体重は141.2 kgであった。以降は体重減少の継続に加え、身体機能の向上および日常生活動作(activities of daily living: 以下、ADL)における介助量の軽減を目的として、積極的な立位・歩行練習に向けた本人用KAFOの作製について再検討を継続した。しかし、KAFOの使用および作製については、この段階(表1)においても、本人の体重を考慮した結果、装具の耐荷重性能が限界を超えたとの義肢装具製作所の判断により、作製は困難とされた。そのため、代替案として短下肢装具(ankle-foot orthosis: 以下、AFO)の早期作製も検討されたが、超高度肥満から適正体重に向けた積極的な減量過程におけるAFOの早期作製は回りハ退院時の適合性低下を招き、自費での再作製を余儀なくされるリスクが高いと考えた。回復期初期評価では、麻痺側足関節背屈可動域が 10° であり、他の関節に拘縮はなかった。筋緊張はModified Ashworth Scaleで麻痺側腓腹筋が1であった。また、標準失語症検査における「聴く」の項目が、単語の理解: 10/10点、短文の理解: 8/10点、口頭命令に従う1/10点、仮名の理解: 8/10点であった。さらに、レーヴン色彩マトリックス検査は30/36点であった。

そこで、短期的な代替手段として、手すりの把持、伸展位膝関節支持帯(以下、knee brace)および備品の後方支柱付きフレキシブルAFOを併用した立位・歩行訓練を第57病日より開始し、Functional Ambulation Category(以下、FAC)は1点であった。使用装具はアルケア株式会社販売のknee brace(商品コードNo.20852、大腿周囲47~54 cm、長さ49.5 cmのLサイズで膝継手はなし)およびパシフィックサプライ株式会社製の後方支柱付きフレキシブルAFO(商品コードNo.2821、評価用シューホン(黄)、素材はポリプロピレン、Lサイズ27 cm、プラスチックの厚み表記なし)を用いた。なお、本来であれば備品装具の

破損リスクを考慮し、リジッドAFOを用いたかったが、該当規格の備品がなく、フレキシブルAFOを用いた。なお、knee braceの取扱説明書には耐荷重表記はなかったものの、KAFOよりは支柱の変形が起こりやすいことが想定された。しかし、KAFOが作製できない中での現実的代替と判断し、本人・家族ならびにリハビリテーション部責任者と破損リスクを協議のうえ実施した。その後、体重減少の速度が緩やかになってきたタイミングを見計らい、第96病日にAFOの採型を実施した。この際の体重は135.8 kgであった。第110病日にはコポリマー性のリジッドAFO(素材の厚さ5 mm)が完成し、以降は本人用AFO、手すり、knee braceを併用した立位・歩行練習を継続した(FAC 2点)。第131病日からは4点杖、knee brace、本人用AFOによる歩行練習を開始し(FAC 3点)、第140病日からはknee braceを外した状態で、4点杖および本人用AFOによる歩行練習へ移行した(FAC 2点)。

第228病日には、体重は123.6 kgへ減少し、4点杖+リジッドAFO装着下で屋内歩行が見守り(FAC 3点)で可能となり、サービス付き高齢者向け住宅(以下、サ高住)へ退院となった。この時、FIM運動項目は65/91点へと改善した。

退院後はリハビリテーションの継続的な介入は受けず、サ高住で日常生活を送っていたが、体重減少の進行に伴い、次第に装具のフィッティング不良が生じた。そのため、一度義肢装具製作所が介入し、装具の修理対応が行われた。その後、第1117病日(発症から3年0カ月)に本人より装具の再作製に関する相談があり、第1125病日(発症から3年1カ月)に医師の判断のもと、装具の再作製を実施する方針が決定された。この際、再作製に先立ち装具なしでの歩行評価を行った後、本人用リジッドAFOの下腿ベルトを装着せず、足関節底屈制限・背屈遊動の継ぎ手付きAFOを想定した条件下で歩行を評価した。その結果、起立着座における足関節背屈の出現および歩行時の麻痺側立脚後期における足関節背屈の出現による歩容の改善が確認され、本人の内観も良好であったため、発症から3年を経過したタイミングで、リジッドAFOから継ぎ手付きAFO(素材はポリプロピ

レン、素材の厚みは4 mm、足継手はタマラック)への装具変更を実施し第1139日目に完成となった。

4. 考察

4-1 超高度肥満例における離床・下肢装具使用の現状と課題

本邦において脳出血は欧米諸国と比較して高頻度に発症し、発症後の致死率および重度後遺障害のリスクが高いことが報告されている¹⁻⁴⁾。このような背景を踏まえ、予後改善に向けた早期介入の重要性が指摘されており、近年では、発症24～72時間以内の早期離床がADLの改善に寄与することが報告されている⁵⁻⁶⁾。一方、超高度肥満症例において、医療機器や装具の物理的制約が早期離床の大きな障壁となり得る。

Kimらは、高齢脳卒中患者において、肥満がADLおよびバランス機能の改善を有意に抑制することを報告している¹⁴⁾。上記の知見を踏まえれば、本症例が発症8カ月後に4点杖およびリジッドAFO装着下で屋内見守り歩行を獲得し、3年後には継ぎ手付きAFOへの移行が可能となった経過は、体重減少を目的とした栄養介入、耐荷重機器の確保、ベッド搬送による環境整備など、多面的な戦略が有機的に組み合わせられた結果として一定の意義を有すると考えられる。

加えて、下肢装具以外の離床支援の不足も、離床開始時期を規定する。本症例では、ベッドのひょう量域超過により体重測定が不能、適合する車椅子の調達遅延、院内に適合病衣がなく私物衣類の把持破損リスクが高い、といった実務的制約が生じた。したがって、超高度肥満例に対応可能な高耐荷重ベッド・車椅子・リフト、適合病衣等の標準配備は、装具戦略と同等に重要であると考えられる。

また、重度脳卒中例に対するKAFOを用いた荷重・歩行練習は、ADLの早期自立や下肢装具の脱却割合などの観点から有用とされている⁸⁻¹¹⁾。しかし、現行では耐荷重性能についての明確な基準やガイドラインは存在せず、装具製作の適否は製作所の裁量に委ねられている。本症例では、推定体重170 kg超によりKAFOは適応不能と判断さ

れ、現行の作製適応枠組みが超高度肥満例への対応に十分でない可能性が示唆された。今後は、装具部品の耐荷重見直しに加え、超高度肥満者に対応可能な部品の開発など柔軟な個別対応の構築が求められる。

4-2 歩行再建に向けた多面的介入と柔軟な臨床判断

Winter は、歩行中の立脚相において身体を支持し安定性を保つためには、股関節・膝関節・足関節の三関節が協調的に伸展モーメントを生成することが不可欠であると報告している¹⁵⁾。本症例においては、KAFO が適用外であったため、支持性の代償戦略として足関節の固定を選択した。対象者特性に適合したAFOを早期に作製・適用することで、歩行練習の本格的導入をより早期に実現できると考えられた。しかし当該時期は、超高度肥満からの急速な減量期にあり、AFOの早期作製は回りハ退院時の適合性低下を招き、自費での再作製を余儀なくされるリスクが高いと考えた。

そこで、医療経済性と実用性を優先し、体重減少の速度が落ち着く時期を見計らってAFOの採型・作製を実施した。本対応は、資源制約下でもリハビリテーションを継続しながら、本人用下肢装具の導入時期を的確に見極めた柔軟な臨床判断の実践例であり、今後同様の症例における下肢装具処方への参考となる可能性がある。

さらに、肥満患者では歩行時の床反力垂直成分が体重に比例して増加し¹²⁾、耐荷重超過は、装具破損や転倒など重大な安全リスクに直結する可能性がある。Shettyら¹⁶⁾が報告する膝脱臼後の外固定困難例と同様に、超高度肥満症例ではKAFOの使用が構造的・力学的制約により実質的に困難であることが多く、安全性、装着の実効性、医療経済的影響など多角的観点から総合的に評価し、最も妥当とされる介入を選択する臨床的熟慮が求められる。

4-3 今後の臨床的課題と展望

本症例は超高度肥満と脳出血という二重の困難を抱えながらも、急性期からの栄養介入による体重減少、段階的な下肢装具を用いた歩行練習、耐

荷重 160 kg 対応の車椅子の確保など、複数の環境的・戦略的対応が有機的に連携した結果、歩行獲得に至った症例である。これは、本邦において比較的稀な超高度肥満脳出血症例においても、下肢装具の段階的導入と体重管理を含む多面的介入を組み合わせることで機能回復が可能であることを示す実践的示唆となると考える。ただし、単一症例であるため、介入の効果を一般化するには限界がある。しかしながら、同様の症例に対する臨床的判断やリハビリテーション戦略を検討するうえで、有用な知見を提供するものと考えられる。

なお、本邦においては超高度肥満者に対応可能なリハビリテーション環境(高耐荷重の車椅子、下肢装具・リフト等)を十分に備えている施設は依然として限られているのが現状である。今後は、高耐荷重車椅子の整備、下肢装具に用いる部品や素材の耐久性に関する基準や情報の明確化、さらに超高度肥満者への対応を見据えた環境設計の標準化が、臨床における喫緊の課題であると考えられる。また、下肢装具においては、超高度肥満例に対する環境の一律標準化は難しいため、保険算定可能な範囲での補強の工夫や、特注部品に対応可能な特例申請等の制度整備が課題である。また、本症例の栄養介入においては、エネルギー制限を中心に実施していたため、今後は管理栄養士主導のプロトコル化を含む包括的介入(たんぱく・微量栄養素管理)の整備が課題である。

5. 結論

本症例は、推定体重 170 kg 超の超高度肥満脳出血患者において、KAFO の適用不能という制約下でも、段階的な装具導入を含む多面的アプローチにより、最終的に4点杖とリジッドAFOを用いた見守りレベルでの屋内歩行獲得に至った経過を示したものである。KAFO が適用困難な状況でも、体格・環境・患者希望などを複合的制約の中で、柔軟な臨床判断が求められることを示唆しており、今後同様の特殊症例に対する対応の一助となる可能性がある。

6. 利益相反

本研究に関して、開示すべき利益相反はない。

7. 謝辞

本症例報告にご協力いただきました対象者様に深く感謝申し上げます。

8. 倫理的配慮

本人に研究の目的・症例の取り扱い・プライバシー保護のための手立て・承諾の自由と同意後に症例対象からの撤回を希望しても不利益を被らないことなどを説明した後、書面で同意を得た。また、得られたデータは数値化し、画像は個人が特定されないよう匿名化し使用した。

文献

- 1) 日本脳卒中データバンク運営委員会：「脳卒中レジストリを用いた我が国の脳卒中診療実態の把握(日本脳卒中データバンク)」報告書2022年」。日本脳卒中データバンク事務局：1-23, 2022.
- 2) Greenberg SM, Ziai WC, Cordonnier C, et al.: 2022 Guideline for the Management of Patients With Spontaneous Intracerebral Hemorrhage: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 53: 282-361, 2022.
- 3) Woo D, Falcone GJ, Devan WJ, et al.: One-year outcomes and recovery after intracerebral hemorrhage in the Ethnic/Racial Variations of Intracerebral Hemorrhage (ERICH) study. *JAMA Neurol*, 79(4): 365-373, 2022.
- 4) Shah VA, Thompson RE, Yenokyan G, et al.: One-year outcome trajectories and factors associated with functional recovery among survivors of intracerebral and intraventricular hemorrhage with initial severe disability. *JAMA Neurol*, 79(9): 856-868, 2022.
- 5) Yen HC, Jeng JS, Chen WS, et al.: Early mobilization of mild-moderate intracerebral hemorrhage patients in a stroke center: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*, 34(1): 72-81, 2020.
- 6) Marek K, Zielińska-Nowak E, Redlicka J, et al.: Intracranial hemorrhage-Is very early rehabilitation safe? A narrative review. *J Clin Med*, 13(13): 3776, 2024.
- 7) Norton L, Sibbald RG.: Is bed rest an effective treatment modality for pressure ulcers? *Ostomy Wound Manage*, 50(10): 40-52, 2004.
- 8) 阿部浩明：脳卒中重度片麻痺者の歩行再建をめざした急性期の理学療法. *理学療法学*, 47(3)：280-288, 2020.
- 9) 阿部浩明, 大鹿糠徹, 辻本直秀, 他：急性期から行う脳卒中重度片麻痺例に対する歩行トレーニング. *理学療法法の歩み*, 27(1)：17-27, 2016.
- 10) 栗田慎也, 高橋忠志：急性期病院での長下肢装具の作製が脳卒中片麻痺患者の回復期リハビリテーション病棟退院時の歩行能力に与える効果—多施設の回復期リハビリテーション病棟のデータより—。 *理学療法科学*, 36(1)：41-45, 2021.
- 11) 高島悠次, 阿部浩明：重度片麻痺例における急性期からの長下肢装具作製が歩行および階段昇降の予後におよぼす影響. *日本義肢装具学会誌*, 34(1)：52-59, 2018.
- 12) Browning RC, Kram R.: Effects of obesity on the biomechanics of walking at different speeds. *Med Sci Sports Exerc*, 39(9): 1632-1641, 2007.
- 13) Bernhardt J, Churilov L, Ellery F, et al.: Prespecified dose-response analysis for a Very Early Rehabilitation Trial (AVERT). *Neurology*, 86(23): 2138-2145, 2016.
- 14) Kim NY, Choi YA.: Obesity impairs functional recovery of older stroke patients with possible sarcopenia: a retrospective cohort study. *J Clin Med*, 12(11): 3676, 2023.
- 15) Winter DA.: Overall principle of lower limb support during stance phase of gait. *J Biomech*, 13(11): 923-927, 1980.
- 16) R R Shetty, Mostofi SB, Housden PL.: Knee dislocation of a morbidly obese patient: a case report. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 13(1): 76-78, 2005.

Abstract:

Objective: To evaluate the appropriateness of physical therapy provided under conditions that did not allow adherence to standard clinical guidelines in a super-morbidly obese patient with intracerebral hemorrhage (ICH), and to offer practical insights to support clinical decision-making in similar contexts.

Case: A woman in her 40s with an estimated body weight exceeding 170 kg presented with a left putaminal hemorrhage. Conventional use of a knee-ankle-foot orthosis (KAFO) was deemed unfeasible due to excessive weight surpassing standard load-bearing specifications.

Course: A progressive rehabilitation strategy was implemented, focusing on weight reduction and staged gait training using a knee brace and an ankle-foot orthosis (AFO). By 8 months post-onset, the patient achieved supervised indoor ambulation using a quad cane and a rigid AFO and was subsequently discharged. By 3 years post-onset, she was able to transition to an articulated AFO.

Discussion: Current orthotic load-bearing standards do not accommodate super-morbidly obese patients, rendering KAFO application impractical in such cases. Individualized approaches and comprehensive environmental adaptations are essential.

Conclusion: Even in cases where KAFO use is contraindicated, ambulation can be achieved through multifaceted interventions. Re-evaluation of orthotic component load limits and improved infrastructure for managing super-obese patients are urgent issues in rehabilitation medicine.

Key words: Knee-ankle-foot orthosis, obesity, intracerebral hemorrhage, early mobilization, gait training

◎症例報告

生活期の下肢切断者に対する振動触覚フィードバックが歩行機能に与える影響—シングルケーススタディー

Effects of Vibrotactile Feedback on Gait Function in Chronic Lower Limb Amputee: A Single Case Study

中村恒太¹⁾, 川口俊太郎¹⁾, 石井健史¹⁾, 佐藤寛¹⁾, 安田和弘²⁾

要 旨

今回、下腿切断者に対する歩行練習として、歩行中の足底圧情報をリアルタイムに振動刺激で提示することが可能となる振動触覚フィードバックシステムを用いることで、歩行機能の改善を認めた症例を経験した。介入期間はベースライン期をA期、介入期をB期と設定し、各期ともに週2回の介入を6週間ずつ、合計12週間の介入を実施した。

介入内容はA期では5分間の歩行練習、下肢筋力強化練習、切断側への荷重練習を実施し、B期は振動触覚フィードバックシステムを用いて5分間の歩行練習を3セットとA期同様の下肢筋力強化練習、荷重練習を実施した。その結果、歩行速度、ケイデンス、6分間歩行距離などの評価項目で有意な改善が認められた。改善をもたらした要因として、振動触覚フィードバックシステムによるリアルタイムな足圧情報のフィードバックは、切断によって失われた感覚情報を補完し歩行動作の自己修正を可能にし、繰り返されるフィードバックによって効果的な運動学習を可能にしたと考えられる。

キーワード：下肢切断、振動触覚フィードバック、歩行

1. はじめに

本邦では下肢切断の原因は、交通事故などの外傷を起因とするものから糖尿病や下肢末梢動脈疾患(peripheral arterial diseases: PAD)を起因にした下肢切断が増加している¹⁾。下肢切断患者において歩行の可否は生命予後に影響を与える要因²⁾として報告されており、歩行機能の獲得、維持は下肢切断者において重要であり、有効な理学療法を検討する事は非常に意義深いと言える。

下肢切断者の歩行の特徴として、健側下肢への過度な依存により歩行中の荷重量は健側下肢が大きく非対称的となる³⁾。また、立脚期時間も健側

下肢で長くなり、非対称的な歩行動作となる事が報告されている⁴⁾。これにより健常者と比較して歩行速度は遅くなり、転倒リスクが増加する可能性がある⁵⁾。さらに、下肢切断患者における非対称的な歩行動作は、健側下肢の変形性関節疾患の発生率を増加させ、腰痛の発症リスクを高める可能性がある³⁾と報告されている。

一般的に歩行動作は、骨格筋、関節、皮膚などの感覚受容器から体性感覚情報が脊髄や上位中枢にフィードバック(FeedBack: FB)され、その情報を統合して処理することによって円滑な動作が可能になるとされる⁶⁾。しかしながら、下肢切断

1) 医療法人社団苑田会 苑田会ニューロリハビリテーション病院 リハビリテーション部

2) 東京保健医療専門職大学

投稿日：2025年3月14日 採択決定日：2025年12月12日 公開日：2026年3月31日

者は下肢の喪失に伴い末梢神経系からの感覚FB情報や固有受容覚が低下する⁷⁾と報告され、これが歩行動作の獲得を阻害し予後を不良にする一つの要因だと推測される。

このような下肢切断者の歩行動作中の問題点に対して、先行研究では視覚的FB⁸⁻⁹⁾や聴覚FB⁴⁾、触覚FB¹⁰⁻¹¹⁾など感覚FBによる治療効果の報告がされている。しかしながら、これまでの報告においてリアルタイムでのFBの提供による治療効果の報告は少ない。運動課題中におけるリアルタイムでのFBの提供は、運動方法を即時的に適応させることが可能であり、特に歩行訓練など持続的で反復的な運動課題の実行時には有効である¹²⁾と報告されている。

近年、歩行中の足底圧情報をリアルタイムに振動刺激で提示することが可能となる振動触覚FBシステムが開発され、下肢切断者に対して振動触覚FBシステムを使用しリアルタイムでFBを提供することにより歩行機能の改善に寄与する可能性があると考えた。そこで今回、下肢切断者に一症例に対し振動触覚FBシステムを用いた歩行練習により、歩行機能の改善を認めたため報告する。

2. 対象および方法

2-1 症例紹介

本症例は60代の女性である。現病歴として3年程前に左下肢痛が出現し、左下肢閉塞性動脈硬化症発症と診断され、同年に左下腿切断術を施行。その後、当院の回復期病棟にて下腿義足を作成しリハビリテーションを受けた後、自宅へ退院された。自宅退院後は、訪問リハビリテーションを利用し継続したリハビリテーションを受けていたが、さらなる運動量の確保を希望されたため当院の通所リハビリテーションを利用する運びとなった。

介入開始時の筋力は、徒手筋力検査にて両大腿四頭筋4、他動関節可動域による関節制限は認められていなかった。歩行状態は、屋内は独歩もしくは伝い歩きで自立しており、屋外はシルバーカーを使用して自立歩行が可能な状態ではあったが、健側と比較し切断側への体重移動は不十分であり、立脚時間も短縮しており、非対称的な歩行

表1 介入開始時の症例情報

徒手筋力検査（両側大腿四頭筋）	4
他動関節可動域テスト	可動域制限なし
歩行（屋内）	独歩自立
歩行（屋外）	自立（シルバーカー使用）
表在感覚（触覚・痛覚）	正常
深部感覚（振動覚）	正常
改訂長谷川式簡易知能評価	30点

動作である事が観察された。幻肢痛や感覚障害はなく、認知機能の低下も認められなかった。日常生活に大きな支障はなく自立して生活は可能な状態であるが、買い物等での長距離歩行時の不安の訴えがあり連続歩行距離の拡大を希望されている状態であった(表1)。

2-2 使用機器

今回は、振動触覚FBシステムArbre(株式会社レクア社製)を使用した。Arbreは足圧センサーを搭載したインソール、振動ベルト、タブレットの3点で構成されている(図1)。インソールには母趾・母指球・小指球・踵の4点に対称的に足圧センサーが搭載されている。振動ベルトは左右の上前腸骨棘と上後腸骨棘の周辺に四つの振動刺激装置を配置させインソールの足圧情報を感知し、振動ベルトが足圧に応じた振動をリアルタイムで対象者・セラピストに呈示することが可能な支援機器である。例として、左踵接地時に踵のセンサーで感知された足圧情報は即時に左の上後腸骨棘周辺の振動刺激装置へ送られ、踵接地の有無や荷重量が対象者・セラピストにFBされる。タブレットは、歩行中の足底圧の測定や、歩行中の足圧情報がリアルタイムで表示されているため歩容の見える化が可能であり、過去のデータとの経時的変化などの確認から対象者へのFB、治療介入の条件設定に使用可能である。また、タブレット上にて刺激方法のモード変更も可能であり、センサーで一定の足圧を感知した際に振動刺激が行われる「通常モード」、足圧センサーで感知した足圧の強さに対応して振動刺激の強さも変化する「リニアモード」等の変更も可能で対象者に合わせたモード選択が可能な機器である。



図1 歩行練習中の使用機器

- ①インソール搭載シューズ：母趾・母指球・小指球・踵の4点に足圧センサーが搭載されており動作中の足圧情報を測定する。
- ②振動ベルト：左右の上前腸骨棘と上後腸骨棘の周辺に振動刺激装置が配置されており足圧情報に応じて振動刺激が生じる。
- ③タブレット：専用アプリにより、足圧情報の測定や測定結果の出力、刺激モードの選択などの管理に用いる。

2-3 介入内容

今回は、AB デザインによるシングルケースデザインを実施した。介入期間はベースライン期をA期、介入期をB期と設定し、各期ともに週2回の介入を6週間ずつに設定して、合計12週間の介入とした。介入内容としてA期はシルバーカーを使用して5分間の歩行練習を3セット、股関節・膝関節を中心とした下肢筋力強化練習、切断側への荷重練習を実施した。B期は振動触覚FBシステムを用いて5分間の歩行練習を3セットとA期同様の下肢筋力強化練習、荷重練習を実施した。A期B期ともに歩行練習の際には、踵接地と蹴り出しを意識するように口頭による指示を行った。また、歩行練習中にリアルタイムで提示される足圧データのFBを適宜行いながら介入を実施した。

振動触覚FBシステムの刺激条件は、左下肢の踵接地時と蹴り出し時に刺激が生じるように設定し、刺激モードは足圧センサーで感知する足圧の強さに対応して振動刺激の強さも変化する、リニアモードに設定し実施した。

2-4 評価方法

今回の評価は、6分間歩行距離(以下、6MD)、10m最大歩行テスト(以下、10mMWT)より歩行速度とケイデンス、10mMWT中の左右それぞれの踵骨部の足圧平均値(以下、足圧平均値)、左側の等尺性股関節外転筋力(以下、股関節外転筋力)の評価を実施した。股関節外転筋力にはHand

Held Dynamometer μ -Tas F-1(アニメ株式会社製)を使用し、先行研究¹³⁾の測定方法に準じて評価を実施した。

評価時期は、全ての評価項目を治療前から治療後まで2週に1度の計8回を実施した。

2-5 統計解析

統計解析は、実施した評価の全項目に対して視覚的分析として2標準偏差帯法を用いて分析を実施した。加えて、介入効果の有効性の検証を目的にTau-U検定にてp値および効果量の算出を行った。2標準偏差帯法については、A期の平均値と標準偏差(以下、SD)を用いて、平均値 \pm 2SDよりも連続二つ以上のデータポイントが大きいもしくは小さい場合は有意な差があると判断した¹⁴⁾。Tau-U検定による効果量の判定には、Ninciら¹⁵⁾の報告に基づき、0~20%の場合には「小さな変化(small change)」、20~60%の場合には「適度な変化(moderate change)」、60~80%の場合には「大きな変化(large change)」、80~100%の場合には「非常に大きな変化(very large change)」と判定した。有意水準は、5%未満とした。

2-6 倫理的配慮

本症例には研究の内容と目的を口頭と書面にて説明しインフォームドコンセントを得た。また、本研究に関連する全ての手順はヘルシキ宣言の原則に従って実施した。

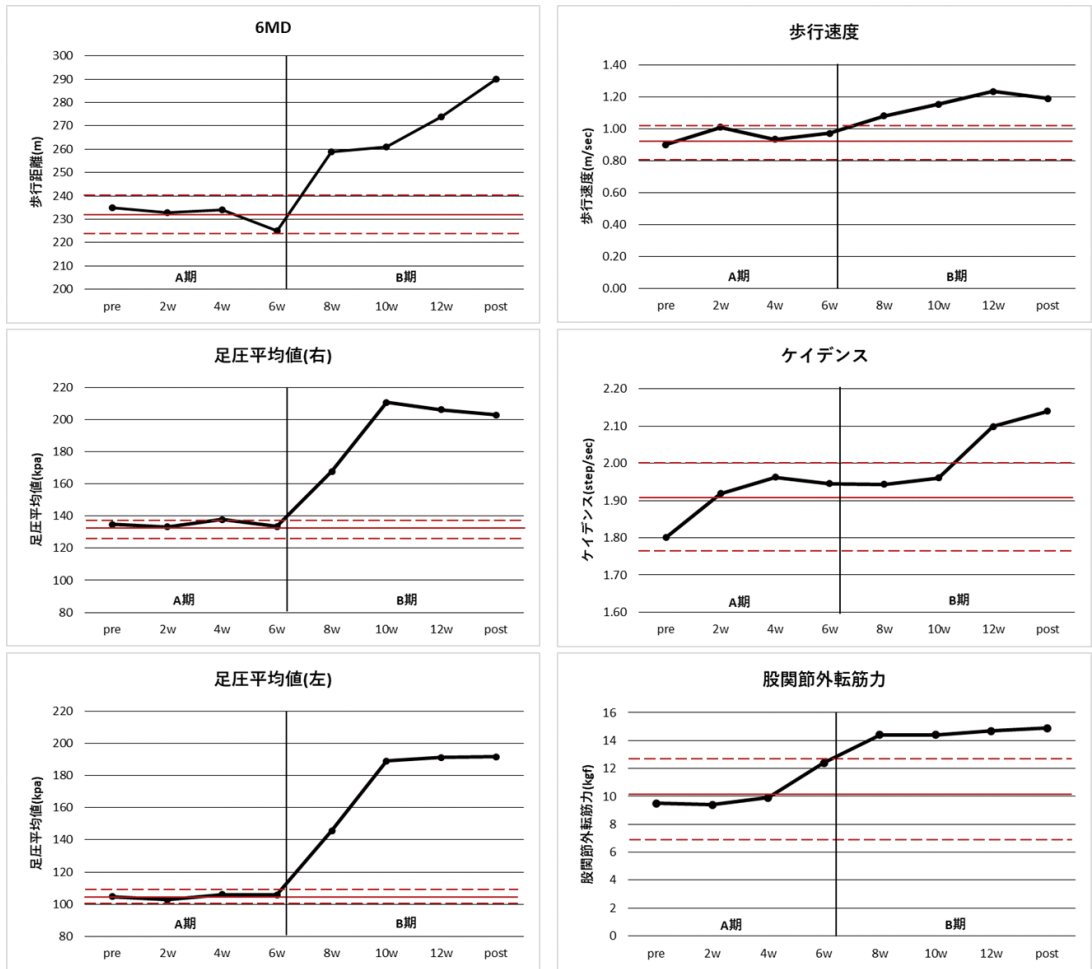


図2 6MD、足圧平均値、歩行速度、ケイデンス、股関節外転筋力の経時的変化

3. 結果

各評価項目の測定結果の一覧を図2、表2に示す。

6MDは、介入前の235 mから介入後には290 mへと改善が認められた。足圧平均値については、右側が134.9 kPaから202.9 kPaへ、左側が104.8 kPaから191.6 kPaへとそれぞれ増加した。歩行速度は0.90 m/secから1.19 m/secへと向上し、ケイデンスは1.80 step/secから2.14 step/secへと増加した。股関節外転筋力は9.5 kgfから14.9 kgfへと改善が認められた。

視覚的分析として実施した2標準偏差帯法では、全ての評価項目において有意な変化が認めら

れた。Tau-U検定による統計解析では、ケイデンスについて有意差は認められなかったが、効果量は「大きな変化(large change)」と判定された。その他の項目では、いずれも有意差が認められ、効果量は「非常に大きな変化(very large change)」に該当した。

なお、本症例においては、全ての介入を有害事象なく実施することができた。

4. 考察

今回、下腿切断患者一症例に対して振動触覚FBシステムを用いた歩行練習が歩行機能の改善に有効かを検証した。その結果、介入による有害

表 2 各評価項目の平均値と標準偏差、Tau-U 検定の結果

	A 期	B 期	p 値	Tau-U (%)	判定
6MD (m)	231.8 ± 4.6	271.0 ± 14.3	0.02	100	very large change
右足圧平均値 (kpa)	134.9 ± 2.1	196.9 ± 19.7	0.02	100	very large change
左足圧平均値 (kpa)	104.8 ± 1.5	179.5 ± 22.5	0.02	100	very large change
股関節外転筋力 (kgf)	10.3 ± 1.4	14.6 ± 0.2	0.02	100	very large change
歩行速度 (m/sec)	0.95 ± 0.04	1.16 ± 0.06	0.02	100	very large change
ケイデンス (step/sec)	1.91 ± 0.07	2.04 ± 0.10	0.11	68.7	large change

事象はなく、視覚的分析により評価項目の全てで有意な改善が認められ、高い効果量が示された。

下肢切断者の特徴的な歩容として、健側下肢への荷重量が切断側下肢より大きく非対称的な歩容であることが報告されている。その結果として、歩行効率は低下し歩行速度も低下することで、長距離歩行も困難になっていると推測される。本症例においても、介入前の足圧平均値から左右差が認められ、切断側への荷重が不十分な状態であり、歩行観察からも健側への依存度が高い歩容となっているように観察されていた。しかしながら、介入経過とともに歩行中の左右の足圧平均値の差は減少し、切断側への体重移動が可能となり、荷重量の非対称性が改善された。

改善の要因には、切断によって失われた歩行中の感覚情報が振動触覚 FB システムによるリアルタイムな FB によって補完されたことが関与していると考えられる。特に本研究で使用した振動触覚 FB システムには足圧の強さに応じて振動の強度が変化する「リニアモード」が搭載されており、この FB システムの使用により本症例は視覚や言語指示に頼ることなく、荷重量の偏りを体性感覚として直接的に認識できたものと考えられる。このような特性は、先行研究¹⁰⁻¹¹⁾で使用されている断続的または一定の刺激を提供する FB デバイスと比較して新規性が高く、臨床的にも優位性があるものと考えられる。また、振動触覚刺激は、聴覚や視覚からの影響を受けにくく、基本的な機能を妨げることなく追加情報の提供手段として有用¹⁶⁾と報告されている。この点においても、振動触覚 FB を使用した事が、様々な情報の入力が増やされる臨床場面での使用においても有用であったものと考えられる。

実際に対象者は、リアルタイムかつ足圧に応じ

た FB が繰り返し提示されたことによって歩容の偏りに気づき、踵接地からつま先離地までの各相で適切な自己修正を行いながら歩行練習を実施できたものと考えられる。その結果、健側に近い対称的な歩行動作の学習が促され、歩行速度や連続歩行距離の改善につながったと推測される。また、FB による運動学習の学習過程について Sigrist¹⁷⁾は、運動学習の初期段階においては運動課題中のリアルタイムの FB や頻回な FB が効果的であると述べている。

加えて、本症例では股関節外転筋力の改善も認められている。Nadollek¹⁸⁾は下肢切断患者において切断側の股関節外転筋力は歩行速度と有意な関連を示すことを報告している。また、筋力の改善に伴い骨盤の安定性が改善され歩行能力が向上する¹⁹⁾と報告されている。このことから、股関節外転筋力の改善も、本症例の歩行機能を向上させた要因であると考えられる。股関節外転筋力が改善した要因について、加藤²⁰⁾は踵接地を意識した歩行練習を行うことによって股関節外転筋の筋活動が増加すると報告している。本症例において筋活動の評価は実施していないものの、先行研究と同様に、踵接地を意識させた歩行練習を実施した。これにより、股関節外転筋力の改善が得られ、歩行速度の改善にも寄与したのではないかと推測される。

今回、振動触覚 FB システムを用いた歩行練習が荷重量の非対称性を改善させ、歩行機能を向上させる可能性は確認できた。しかしながら、今回は一症例に対する AB デザインによる検証に留まっている。その為、従来の運動療法の介入効果の影響か FB システムを用いた介入による効果なのか区別が困難でありさらなる検証は必要だと考えられる。また、介入期間の中で症例から歩行に

対する自信が高まっている様な発言も聞かれ、歩行に対する自己効力感の高まりが影響している可能性も考えられた。今後は、研究デザインを再考し症例数を増加させ、歩行に対する自己効力感など精神面の評価もふまえた比較検証を行い、下肢切断者に対する振動触覚FBの有効性を精査していきたいと考える。

5. 結論

今回、下肢切断者に対する振動触覚バイオフィードバックシステムを用いた歩行練習が歩行機能の改善に有効であることを明らかにした。介入によって、歩行速度、ケイデンス、6分間歩行距離などの評価項目で有意な改善が認められた。振動触覚FBシステムによるリアルタイムな足圧情報のFBは、切断によって失われた感覚情報を補完し歩行動作の自己修正を可能にし、繰り返されるFBによって効果的な運動学習を可能にしたと考えられる。今後は症例数を増やし、精神面の評価を含めた比較検証を行い、振動触覚FBが下肢切断者の歩行機能の改善に与える影響を検証していく必要がある。

6. 利益相反

本研究について開示すべき利益相反はない。

文献

- 1) 澤村誠志：切断と義肢，第1版：1-17，医歯薬出版，東京，2007。
- 2) 渡辺隆洋，富田文久，羽場等，他：虚血性足部壊死症例に対する切断術の治療成績およびその予後に関する検討。臨床整形外科，39(11)：1403-1407，2004。
- 3) Nolan, L, Wit, A, Dudziński, K, et al.: Adjustments in gait symmetry with walking speed in trans-femoral and trans-tibial amputees. *Gait & posture*, 17(2) : 142-151, 2003.
- 4) Yang, L, Dyer, PS, Carson, RJ, et al.: Utilization of a lower extremity ambulatory feedback system to reduce gait asymmetry in transtibial amputation gait. *Gait & posture*, 36(3) : 631-634, 2012.
- 5) Escamilla-Nunez, R, Michelini, A, Andrysek, J.: Bio-feedback systems for gait rehabilitation of individuals with lower-limb amputation: a systematic review. *Sensors*, 20(6) : 1628, 2020.
- 6) Rossignol, S, Dubuc, R, Gossard, JP.: Dynamic sensorimotor interactions in locomotion. *Physiological reviews*, 86(1) : 89-154, 2006.
- 7) Latanioti, EP, Angoules, AG, Boutsikari, EC. Proprioception in above-the-knee amputees with artificial limbs. *The Scientific World Journal*, 2013 : 1-5, 2013.
- 8) Esposito, ER, Choi, HS, Darter, BJ, et al.: Can real-time visual feedback during gait retraining reduce metabolic demand for individuals with transtibial amputation?. *Plos one*, 12(2) : 1-14, 2017.
- 9) Brandt, A, Riddick, W, Stallrich, J, et al.: Effects of extended powered knee prosthesis stance time via visual feedback on gait symmetry of individuals with unilateral amputation: a preliminary study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 16 : 1-12, 2019.
- 10) Rusaw, D, Hagberg, K, Nolan, L, et al.: Can vibratory feedback be used to improve postural stability in persons with transtibial limb loss?. *Journal of rehabilitation research and development*, 49(8) : 1239-1254, 2012.
- 11) Martini, E, Cesini, I, D'Abbraccio, J, et al.: Increased symmetry of lower-limb amputees walking with concurrent bilateral vibrotactile feedback. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 29 : 74-78, 2020.
- 12) Gupta, A, Hilliard, RJ, Mudie, KL, et al.: Does providing real-time augmented feedback affect the performance of repeated lower limb loading to exhaustion?. *Gait & Posture*, 44 : 204-208, 2016.
- 13) 山崎裕司，片岡千春，大倉三洋，他：ハンドヘルドダイナモメーターによる等尺性股関節外転筋力の測定—固定用ベルトの使用が再現性に与える影響—。高知リハビリテーション学院紀要，10 : 61-66, 2009。
- 14) Nourbakhsh, MR, Ottenbache, KJ.: The statistical analysis of single-subject data: a comparative examination. *Physical therapy*, 74(8) : 768-776, 1994.
- 15) Ninci J, Vannest KJ, Willson V, et al.: Interrater agreement between visual analysts of single-case data: a meta-analysis. *Behavior Modification*, 39(4) : 510-541, 2015.
- 16) Haggerty S, Jiang LT, Galecki A, et al.: Effects of bio-feedback on secondary-task response time and postural stability in older adults. *Gait & posture*, 35(4) : 523-528, 2012.
- 17) Sigrist, R, Rauter, G, Riener, R, et al.: Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor

- learning: a review. *Psychonomic bulletin & review*, 20 : 21–53, 2013.
- 18) Nadollek, H, Brauer, S, Isles, R.: Outcomes after trans-tibial amputation: the relationship between quiet stance ability, strength of hip abductor muscles and gait. *Physiotherapy Research International*, 7(4) : 203–214, 2002.
- 19) Powers, CM, Boyd, LA, Fontaine, CA, et al.: The influence of lower-extremity muscle force on gait characteristics in individuals with below-knee amputations secondary to vascular disease. *Physical therapy*, 76(4) : 369–377, 1996.
- 20) 加藤浩：術後股関節疾患患者に対する踵接地を意識させた歩行訓練が股関節外転筋活動に及ぼす影響—表面筋電図による積分筋電図及びwavelet周波数解析—。理学療法科学, 27(4) : 479–483, 2012.

Abstract:

In this study, we experienced a case in which the use of a vibrotactile feedback system that enables real-time vibration stimulation of plantar pressure information during gait as gait practice for a lower leg amputee improved gait function. The intervention period was set up as a baseline period (Period A) and an intervention period (Period B), and the intervention was conducted twice a week for 6 weeks in each period, for a total of 12 weeks.

In Period A, the intervention consisted of 5-minute walking exercises, lower limb muscle strengthening exercises, and loading exercises on the amputated side. In Period B, three sets of 5-minute walking exercises, lower limb muscle strengthening exercises, and loading exercises were conducted as in Period A, using a vibrotactile feedback system. As a result, significant improvement was observed in such evaluation items as walking speed, cadence, and 6-minute walking distance. The real-time feedback of foot pressure information by the vibrotactile feedback system is thought to have contributed to the improvement by supplementing the sensory information lost due to the amputation, enabling self-correction of walking behavior, and effective motor learning through repeated feedback.

Key words: Lower limb amputation, vibrotactile feedback, gait

◎原著

脳卒中者の歩行における反張膝の定量的評価に関する試み

An Attempt to Quantitatively Assess Recurvatum Knee During Gait After Stroke

小田桐侖¹⁾, 金子純一郎²⁾, 浅見正人²⁾, 吉田英樹³⁾

要 旨

反張膝の定量的評価法として、麻痺側下腿にジャイロセンサを取り付け、角速度を計算する計測法を検討した。対象は介助なしで歩行が可能な脳卒中片麻痺患者 12 名とした。方法は、歩行中得られた立脚期における角速度波形の極大値と極小値の差を反張膝の指標とし、**Gait Assessment and Intervention Tool** の 13 項目 (C) にて 0~1 点の者を反張膝なし群、2~3 点の者を反張膝あり群とし、差の検定を行った。また、10 m 歩行テストを 2 回実施した際の反張膝の指標の検者内信頼性を確認するため、級内相関係数と測定標準誤差を算出した。その結果、2 群間で反張膝の指標に有意な差を認め、級内相関係数は 0.86、95% 信頼区間は 0.61-0.96、SEM は 8.54°/s であった。この手法は検査結果にばらつきが見られるものの、臨床現場での客観的かつ再現性のある評価法として活用できる可能性が示唆された。

キーワード：脳卒中, 歩行, 反張膝, ジャイロセンサ

1. はじめに (序論、緒言)

脳卒中による片麻痺症状は特異的な歩行パターンを引き起こす要因である¹⁾。この正常から逸脱した歩行パターンは、麻痺側下肢筋の筋出力低下や筋緊張異常¹⁾、各筋の筋出力のアンバランス²⁾、アライメント不良³⁾などにより引き起こされる。歩行パターンは歩行速度と強い関連があり⁴⁾、歩行速度が低下している者ほど立脚期の膝関節の動きに異常を呈しており、De Quervain らは **Extension thrust pattern**, **Stiff knee pattern**, **Buckling knee pattern** と呼ばれるパターンに分類した⁵⁾。いずれも立脚期における **Double knee action** の異常である。**Extension thrust pattern** は踵接地直後に膝が過伸展する歩容であるが、踵接地後に一度

膝が屈曲した後に急速に膝が過伸展する歩容は反張膝と臨床場面では判断されており、De Quervain らの分類に加え **recurvatum knee** (反張膝) や **back knee** などと括られている^{6,7)}。反張膝は立脚期における膝関節の制御が不良であることが多く、歩行効率が悪く⁸⁾、膝関節変形や膝関節痛を引き起こすリスクがあるため⁹⁾、理学療法介入により改善が求められる歩行パターンである。この異常歩行を定量的に評価する方法は三次元動作解析にて関節角度や関節トルクを測定する方法などであるが¹⁰⁾、高価な機器であることに加え測定準備に時間を要する。そのため、臨床では特定の評価バッテリーを用いることも少なく、目視によって歩行観察する方法がとられることが多い。目視

1) 目白大学

2) 日本保健医療大学

3) 弘前大学

投稿日：2025 年 9 月 20 日

採択決定日：2025 年 12 月 12 日

公開日：2026 年 3 月 31 日

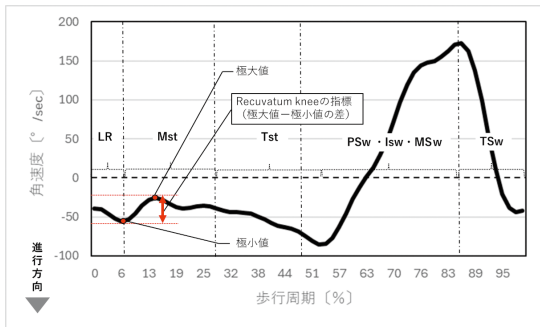


図1 健常者における腓骨頭付近の角速度変化と反張膝の定量化のための算出値

LR：荷重応答期、Mst：立脚中期、Tst：立脚終期、PSw：前遊脚期、Isw：遊脚初期、MSw：遊脚中期、TSw：遊脚終期



図2 加速度計の設置位置

による歩行観察では検査者の主観が入りやすいため、より定量的に評価する方法を調査することには意義がある。そこで我々は、より安易で簡便に評価するために、ジャイロセンサ併用加速度計を麻痺側腓骨頭に取り付け、立脚期の下腿が回転する角速度から、立脚期における Double knee action を定量的に評価することができるのではないかと考えた。図1は健常者を対象とした予備実験における1歩行周期の角速度変化である。荷重応答期付近を中心に谷型の波形ができた後に小さな山形の波形が生じるため、この波形の極大値と極小値の差から、膝が急激に過伸展する歩行パターンを定量評価できるのではないと思われる。本研究では荷重応答期における角速度波形の極大値と極小値の差が、Gait Assessment and Intervention Toolの13項目(C)の、立脚期の膝関節の評価と合致するのかが検討し、測定法の検者内信頼性を確認することとした。

2. 対象および方法

対象は脳卒中片麻痺患者12名(年齢：66 ± 9.2歳、身長：162.7 ± 10.3 cm、体重：55 ± 9.2 kg、性別：男11名、女1名、脳梗塞6名、脳出血6名)とした。対象者の条件は、歩行に介助を必要としない者、著明な高次脳機能障害及び整形外科的疾患がない者、研究参加の同意が得られた者とした。方法は対象者に最大10 m歩行テストを2回実施した。杖や短下肢装具(以下、AFO)などの歩行補

助具は、リハビリテーション場面や日常で対象者が頻回に使用している場合には使用してテストを行った。T字杖を使用している者は8名、AFOを使用している者は12名であった。AFOは、Gait solution 継手付きAFO(以下、GS-AFO)使用者が9名、Remodeled Adjustable Posterior Strut AFO(以下、RAPS-AFO)使用者が3名であった。テストの際、膝が急激に後退する角速度変化を確認するために、「ジャイロ併用型加速度計(マイクロストーン株式会社、6軸モーションセンサーMP-M6-06/2000C)」を麻痺側腓骨頭に取り付け、上下方向の測定方向を下腿長軸(腓骨頭と外果を結ぶ軸)に合うよう固定した(図2参照)。固定方法はジャイロ併用型加速度計に皮膚用両面テープを張り付け、腓骨頭に固定した後にさらに上からサージカルテープで固定した。ジャイロ併用型加速度計のサンプリング周波数は100 Hzとし、歩行開始から5回目の麻痺側踵接地から6回目の麻痺側踵接地までの1ストライドを1歩行周期とし、5歩行周期分のデータを用いた。踵接地の同定は先行研究を参考に¹¹⁾、上方向の加速度が大きく上昇した時点とした。各時系列における角速度変化をグラフによって目視にて確認できるようにすることに加え、「Excel(2016、日本マイクロソフト株式会社)」による高速フーリエ変換を利用したフィルタ処理を行うため、1歩行周期を全て64個データ数に変換し、はじめの踵接地が0%～次点の踵接地が100%になるよう標準化した。高速フーリエ変換

後、トレンド成分とその他のノイズを除去するためローパスフィルター(1~9 Hz)を用いた後に逆フーリエ変換した。得られた5歩行周期の平均値をとったものを対象者の平均的な1歩行周期とした。得られたデータのグラフが、立脚初期~中期で波形が谷と山を描いていることを確認し、立脚初期(歩行周期2~10%)の波形の極小値と、立脚初期~中期(歩行周期10~16%)の波形の極大値との差を、反張膝の指標として算出した(図1参照)。最大10m歩行テスト中の矢状面像は、「デジタルカメラ(ソニーグループ株式会社、サイバショット DSC-W530)」の動画撮影モードにて撮影した。カメラは高さ110cmの三脚の上に置き、歩行路から3m離れた地点に設置した。通常の見視による歩行観察よりも、さらに検査精度を向上させる目的で、先行研究を参考にスローモーション再生機能を利用することに加え、複数回撮影動画を確認しながら¹²⁾、臨床経験10年以上の理学療法士2名がGait Assessment and Intervention Toolの13項目(C)にて評価し、0~1点の者を反張膝なし群、2~3点の者を反張膝あり群の2群に分類した¹³⁾。反張膝あり群が5名、反張膝なし群が7名に分類されたため、「G power(3.1.9.4、ハインリッヒ・ハイネ大学)」を使用し、1標本5名、2標本7人で α error=0.05、 β error=20%で両側検定を行った際、両群の差が効果量 $d=1.83$ 以上大きく離れると有意差を認めることを確認した。統計解析は「Windows版のR4.4.2(CRAN、freeware)」を使用した。両群間に選択バイアスがないか確認す

るため、年齢、性別、身長、体重、Fugl meyer assessment scale 下肢項目、表在・深部感覚テスト、10m歩行テストについて、両群の正規性と等分散性を検定し、前提を満たす場合には2標本t検定、満たさない場合にはMann-WhitneyのU検定を用いて群間比較を行った。その後、反張膝の指標について、正規性を確認した後に2標本t検定を行った。有意水準は5%とした。反張膝の指標の検者内信頼性に関しては、最大歩行テストの1回目と2回目から測定値を算出し、母集団が正規分布に従うと仮定し、級内相関係数ICC(1,1)および、測定の標準誤差(SEM)によって確認した。SEMは標準偏差 \times (1-級内相関係数)1/2にて算出した。級内相関係数のサンプルサイズはG powerを使用し、効果量 $\rho=0.7$ 、 $\alpha=0.05$ 、 $\beta=0.2$ で両側検定を行った際11名のサンプルサイズが必要であることを確認した。倫理的配慮に関して、対象者の個人情報の保護には十分留意し、対象者には本研究に関する説明を、口頭と書面の両方で実施し、同意を得た後に行われた。本研究は、弘前脳卒中・リハビリテーションセンター倫理委員会の承認を受けた(承認番号:16A012)。

3. 結果 (成績)

両群間において年齢、性別、身長、体重、Fugl meyer assessment scale 下肢項目、表在・深部感覚テスト、歩行速度、歩数には有意差を認めなかった(表1参照)。反張膝あり群では反張膝の指標の平均 \pm 標準偏差が $60.2 \pm 16.2^\circ/s$ で、反張膝なし

表1 両群の基本属性と身体機能、両群の差の検定

	反張膝あり群 (5名)	反張膝なし群 (7名)	p-value
反張膝の指標 ($^\circ/s$)	60.2 \pm 16.2	27.3 \pm 10.6	$p > 0.05$
歩行速度 (m/s)	0.7 \pm 0.2	0.8 \pm 0.4	n.s.
歩数 (歩)	21.6 \pm 5.2	21.3 \pm 4.3	n.s.
年齢 (歳)	67.0 \pm 10.2	65.3 \pm 7.9	n.s.
性別	男5名	男6名、女1名	n.s.
身長 (cm)	163.8 \pm 6.4	161.9 \pm 11.5	n.s.
体重 (kg)	58.6 \pm 11.4	52.5 \pm 5.7	n.s.
FMA 下肢項目	21.0 \pm 3.5	23.3 \pm 4.7	n.s.
表在感覚	軽度鈍麻3名、重度鈍麻1名、精査困難1名	正常2名、軽度鈍麻3名、中等度鈍麻2名	n.s.
深部感覚	軽度鈍麻3名、重度鈍麻1名、精査困難1名	正常3名、軽度鈍麻2名、中等度鈍麻2名	n.s.

FMA: Fugl meyer assessment scale

※平均値 \pm 標準偏差

群では $27.3 \pm 10.6^\circ/\text{s}$ であり有意差を認めた。反張膝の指標の級内相関係数は 0.86、95% 信頼区間は 0.61–0.96、SEM は $8.54^\circ/\text{s}$ であった。

4. 考察 (分析)

本研究より、スロー動画再生を複数回観察して行った G.A.I.T に基づく評価による反張膝の有無と、立脚期における矢状面での角速度変化に有意差を認めた。G power において $d=1.83$ 以上大きく離れると有意差を認めることを確認しているため、2 群間における測定値は大きく離れており、立脚初期～中期での膝関節が急速に伸展する動きを、ジャイロセンサを用いることである程度定量的に評価することが可能と思われる。また、2 回の測定における級内相関係数は 0.86 であり、Landis らは級内相関係数が 0.8 ~ 1.0 である場合ほぼ完全一致としていることから¹⁴⁾、検者内信頼性は高いと思われる。しかし、SEM は 8.54 と大きく、検査時に測定値にばらつきが生じやすいと思われ

る。測定値にばらつきが生じる要因について、健康者の歩行においても荷重応答期における下肢運動はある程度の冗長性を有しており¹⁵⁾、全ての歩行周期において同様の下肢の運動を行っているとは考えられにくいことが挙げられる。特に、歩行の学習が習熟していない脳卒中片麻痺患者においては測定値にばらつきが生じやすいと思われる¹⁶⁾。図 3 は対象者の歩行周期を五つ示した図であるが、各々で加速度波形に変動が生じていることが分かる。それ以外に、図 4 は歩行速度が遅い対象者 A と歩行速度が速い対象者 B の歩行周期を表したグラフであるが、歩行速度の速い対象者 B の方が荷重応答期以降に角速度が上昇と低下を繰り返していることがわかる。これは素早い歩行で急速に下腿が前に動いた後に制動されると、下腿自体が前後方向に動揺するか、皮膚上で慣性センサが前後方向に動揺している可能性が考えられる¹¹⁾。そのため、センサの固定方法やノイズの処理方法などを再検討する必要があると思われる。それ以外に、トレンド成分を除去することで初速度の影響を排除しているものの、Ankle locker 機構による下腿の前傾などの角速度成分は周期的な成分であることが予想され、低周波成分として測定値に含まれている可能性がある。歩行速度の速い対象者 B は荷重応答期以降も進行方向に対する角速度成分を有しており、反張膝の指標に影響を与えている可能性がある。そのため、サンプルサイズを増やし、必要があれば歩行速度で正規化することを検討する必要がある。反張膝の指標の外的妥当性に関して、本研究では歩行能力が監視

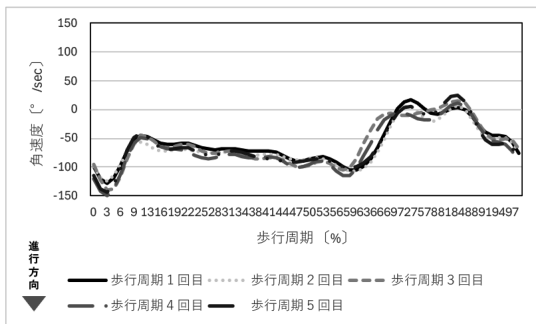


図 3 歩行周期のばらつきについて

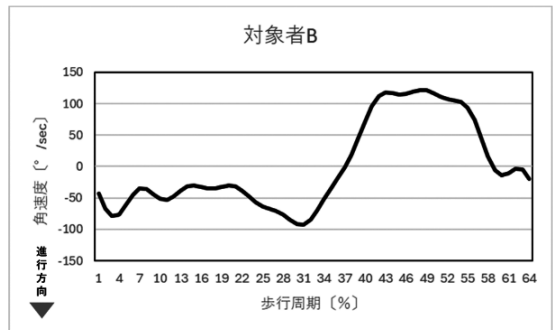
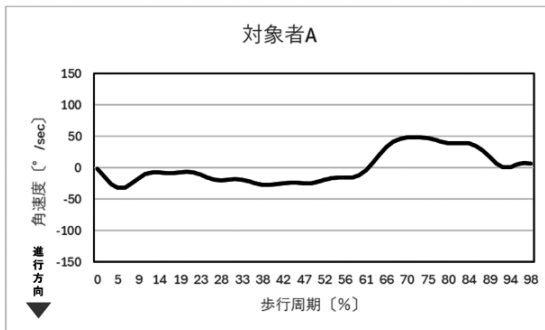


図 4 歩行速度が遅い対象者 A と歩行速度が速い対象者 B の歩行周期

歩行以上とし、日常的にAFOを使用している場合はAFOを使用する設定であった。本研究の対象者はGS-AFOあるいはRAPS-AFOを使用しており、本人の能力に合わせて個別に調整されていた。GS-AFOは背屈遊動と底屈制動、RAPS-AFOは任意の範囲で背屈制動と底屈制動がなされていたため、AFOなしの歩行と比べると、加速度データの波形の変動が小さくなった可能性がある。今後は、装具なしでの歩行や、介助が必要な者に対して評価可能であるのかについては明らかにしていく必要がある。また、著明なExtension thrust patternやBuckling knee patternを呈している者は対象者に含まれていなかったため、反張膝以外の歩行パターンの際に測定値が変化するかについては検討できていない。例えば、強く足を踏みつけて歩いた場合、下腿が急速に前に移動するため測定値が高くなってしまふ可能性がある。また、反張膝を起こしていなくても、Buckling knee patternのように膝屈曲位の中で下腿が急速に前後に動いた場合も測定値が高くなる可能性がある。これは観測データが一つの加速度計からしか行っていないために生じる問題である。そのため、大腿部と下腿部に装着したジャイロセンサの出力から相対的な回転角度を算出し、それを膝関節角度として推定方法や、歩行観察と合わせてパターン分類した後に、数値を割り出すなどの新たなデータ収集手段が必要である。今後の展望について、加速度計測地点を2点以上にする、サンプルサイズを増やすことや、より歩行レベルの低い者を対象に評価を実施することに加え、クラスター分析によって加速度波形の特徴を調査することが必要である。

5. 結論

反張膝の定量的評価法として、麻痺側下腿にジャイロセンサを取り付け、角速度を計算する計測法を検討した。その結果、角速度波形の極大値と極小値の差を指標とすることで、スロー動画再生を複数回観察して行ったG.A.I.Tに基づく評価と一致することが示された。この手法は検査結果にばらつきが見られるものの、臨床現場での客観的かつ再現性のある評価法として活用できる可能

性が示唆された。本研究で得られた知見は、脳卒中片麻痺患者の歩行パターン評価に新たなアプローチを提供し、リハビリテーションにおける介入効果の定量的な評価に寄与する可能性がある。

6. 利益相反

開示すべき利益相反はない。

7. 謝辞 (Acknowledgments)

研究の実施にあたり、一般財団法人黎明郷弘前脳卒中・リハビリテーションセンターの山本賢雅先生をはじめとするスタッフの皆様には心より感謝いたします。

文献 (References)

- 1) Vardaxis VG, Allard P, et al. : Classification of able-bodied gait using 3-D muscle powers. *Human movement science*. 1998 ; 17 : 121-136.
- 2) Knutsson E, Richards C : Different types of disturbed motor control in gait of hemiparetic patients. *Brain. a journal of neurology*. 1979 ; 102 : 405-430.
- 3) Kobayashi T, Orendurff MS, et al. : The effects of alignment of an articulated ankle-foot orthosis on lower limb joint kinematics and kinetics during gait in individuals post-stroke. *Journal of biomechanics*. 2019 ; 83 : 57-64.
- 4) Mulroy S, Gronley JA, et al. : Use of cluster analysis for gait pattern classification of patients in the early and late recovery phases following stroke. *Gait & posture*. 2003 ; 18 : 114-125.
- 5) Quervain IAK De, Simon SR, et al. : Gait pattern in the early recovery period after stroke. *JBJS*. 1996 ; 78 : 1506-14.
- 6) Yngve DA : Recurvatum of the knee in cerebral palsy : A review. *Cureus*. 2021 ; 13 : e14408. doi : 10.7759/cureus.14408.
- 7) 有馬奈穂, 安藤将孝, 他 : Extension thrust patternとRecurvatum knee patternを有する脳卒中片麻痺患者の歩容改善に対する課題指向型アプローチの有効性について. *大分県理学療法学会誌*. 2020 ; 15 : 20-26.
- 8) Tani Y, Otaka Y, et al. : Prevalence of genu recurvatum during walking and associated knee pain in chronic hemiplegic stroke patients : a preliminary survey. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2016 ; 25 : 1153-1157.

- 9) Sutherland DH, Davids JR. Common gait abnormalities of the knee in cerebral palsy : Clinical Orthopaedics and Related Research (1976–2007). 1993 ; 288 : 139–147.
- 10) Kwon JW, Son SM, et al. : Changes of kinematic parameters of lower extremities with gait speed : a 3D motion analysis study. Journal of Physical Therapy Science. 2015 ; 27 : 477–479.
- 11) Kavanagh JJ, Menz HB. Accelerometry : a technique for quantifying movement patterns during walking. Gait & posture. 2008 ; 28 : 1–15.
- 12) Arya KN, Pandian S, et al. : Post-stroke Visual Gait Measure for Developing Countries: A Reliability and Validity Study. Neurol India. 2019 ; 67 : 1033–1040.
- 13) Daly, Janis J, et al. : Update on an observational, clinically useful gait coordination measure: The gait assessment and intervention tool (gait). Brain Sciences. 2022 ; 12, 8 : 1104.
- 14) Landis JR, Koch GG : The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977 ; 33 : 159–174.
- 15) 田川善彦, 山下忠 : 2足歩行の開始特性の可操作性による解析.日本機械学会論文集 C 編. 1990 ; 56 : 1444–1448.
- 16) 穴戸健一郎, 田中聡, 他 : 脳卒中片麻痺患者の方向転換課題における歩行特性—加速度計を用いた解析—. 理学療法科学. 2018 ; 33 : 229–234.

Abstract:

A novel quantitative evaluation method for accessing knee recurvatum in hemiplegic stroke patients was investigated. This method involved attaching a gyro sensor to the paralyzed lower leg to calculate the angular velocity during gait. Twelve stroke patients who could walk independently participated in the study. The recurvatum knee index was calculated by subtracting the minimum angular velocity value from maximum value during the stance phase of walking. Two physical therapists visually classified participants into the recurvatum and non-recurvatum knee groups, and a test for differences between the two groups was performed. In addition, the intraclass correlation coefficient and standard error of measurement were calculated to confirm the intra-examiner reliability of the index of recurvatum knee when the 10-m walking test was performed twice. As a result, a significant difference was found in the index of the recurvatum knee, with an intraclass correlation coefficient of 0.86, 95% confidence interval of 0.61–0.96, and SEM of 8.54°/s. Although the index of the recurvatum knee was variable, this method demonstrated potential as an objective and reproducible evaluation method in clinical settings. These findings provide a new approach for quantitatively evaluating the gait patterns of hemiplegic stroke patients and may contribute to the objective evaluation of rehabilitation interventions.

Key words: Stroke, Gait, Recurvatum Knee, Gyro sensor

◎原著

ロボット支援歩行練習が脳卒中片麻痺患者の歩行自立度に及ぼす要因の検討

Factors Influencing Gait Independence in Patients with Post-Stroke Hemiplegia Following Robot-Assisted Gait Training

田巻督広, 山重太希, 熊木純一, 浜辺政晴

要 旨

【はじめに】 脳卒中片麻痺者に対するロボット支援歩行練習 (RAGT) は歩行自立度を向上させるとされているが、歩行自立度に影響を与える要因については明らかではない。本研究の目的は、RAGT 開始時の身体機能が RAGT 終了時の歩行自立度に与える因子を明らかにすることである。

【方法】 回復期リハビリテーション病棟に入院し、RAGT 開始時の FIM 歩行が 4 点以下の初発の脳卒中片麻痺者 32 例を対象とした。調査項目は、患者属性、RAGT 開始時の装具・補助具、SIAS 運動・感覚・体幹の合計、FIM 認知合計、FIM 歩行とした。RAGT 終了時の歩行を FIM 歩行 1～3 点の「歩行目標非達成群」と 4～7 点の「歩行目標達成群」に分類し、関連する因子を抽出した。

【結果】 年齢および SIAS 体幹合計が抽出され、カットオフ値は年齢が 62 歳、SIAS 体幹合計が 4 点であった。

【考察】 RAGT 終了時の歩行自立度において、年齢と SIAS 体幹合計が重要な予測因子であることが示唆された。

キーワード: ロボット支援歩行練習、脳卒中、歩行自立度、回復期リハビリテーション病棟、体幹機能

1. はじめに

厚生労働省の令和 4 年国民生活基礎調査によると、要支援・要介護の主な原因は認知症が 16.6%、脳卒中が 16.1% であった¹⁾。要介護区分別でも脳卒中は要介護 4 で 28.0%、要介護 5 で 26.3% と最頻であり、脳卒中患者の介護量と介護者負担の大きさが示唆される¹⁾。

脳卒中リハビリテーションでは歩行能力の再獲得が主要目標とされ、歩行自立度は退院先の決定に強く影響する²⁻⁴⁾。重度片麻痺例では、早期に長

下肢装具 (knee-ankle-foot orthosis ; KAFO) で歩行練習を開始し、機能回復に伴って短下肢装具 (ankle-foot-orthosis ; AFO) へ移行する「カットダウン」が有効とされる^{5,6)}。しかし、カットダウンの実施基準は質的評価に依存しており、難易度調整の難しさ⁶⁾、過剰な代償動作の定着⁷⁾、介助者の身体的負担⁸⁾などの課題が残る。

これらの課題を解決する方策として、ロボット支援歩行練習 (robot-assisted gait training ; RAGT) が注目されている^{9,10)}。近年のシステム

ティックレビューでは、発症後3カ月以内の脳卒中患者に対するRAGTの有効性が示されており¹¹⁻¹⁵⁾、脳卒中治療ガイドラインでも推奨されている¹⁶⁾。歩行補助ロボットは構造上、エクソスケルトン型(装着型)とエンドエフェクター型(足底駆動型)に大別される。エクソスケルトン型については歩行速度・歩行距離・バランスの向上に関する高い質のエビデンスが蓄積されている¹⁷⁻²¹⁾。一方、エンドエフェクター型の有効性に関する報告は限定的であり²²⁾、ロボット構造・患者特性・病期によって介入効果が一定ではないこと、そして歩行自立を規定する予後因子が未だ十分に解明されていない。本研究で用いるウエルウォーク(Wellwalk: WW)は、藤田医科大学とトヨタ自動車株式会社が共同開発した片脚エクソスケルトン型ロボットである。

本研究は、『WWを用いたRAGT開始時の身体機能評価指標は、RAGT終了時の歩行自立度を予測する因子となる』という仮説に基づき、その検証を目的として実施した。

2. 対象および方法

本研究はヘルシンキ宣言に基づき、当院倫理委員会にて承認されている(承認番号2024-002)。得られた情報は匿名化を行い、患者情報が特定できないように留意して行った。

2-1 研究デザイン

本研究は後方視的コホート研究として実施した。

2-2 対象

2022年7月～2024年2月に当院に入院した脳卒中患者のうち、WWを用いたRAGTを実施した症例をスクリーニング対象とした。RAGTには明確な適応基準や患者選定は存在しないが、当院では先行報告²³⁾を参考に、主治医および担当療法士が適応可否を検討している。具体的には、①できる能力でFunctional Independence Measure(FIM)歩行が4点以下であること、②平地歩行において膝折れを認め、長下肢装具の適応があること、③注意・遂行機能・記憶などを行動観察で簡

便に評価するCognitive-related Behavioral Assessment(CBA)(意識・感情・注意・記憶・判断・病識の6領域を各1～5点で採点し、総得点6～30点で認知機能を示す検査)を実施し、総得点が11点以上であることをRAGTの適応基準としている。本評価法は、河野らによって開発され、脳卒中患者の高次脳機能障害のスクリーニングにおける信頼性・妥当性が確認されている²⁴⁾。

また、安全性を確保する目的で、トヨタ自動車株式会社が定める安全基準²⁵⁾に抵触する症例はRAGT施行前に除外した。具体的には、①心機能の低下や呼吸機能障害により運動制限がある、②コントロール不良の高血圧を有する、③有症状の不整脈および著しい徐脈や頻脈を認める、④ペースメーカーを使用している、⑤強い感染症を有する疾患に罹患している、⑥歩行に支障をきたす重度の下肢拘縮を有する、⑦下肢や体幹に易骨折性がある、⑧指示に従うことが困難な重度の高次脳機能障害を認める、⑨その他、医師が不適切と判断した場合を除外としている。

そのうえで、本研究の包含基準は、①初発の脳卒中による片麻痺であること、②RAGT開始時のFIM歩行が4点以下であることの2点とした。除外基準は、①RAGT施行期間が14日以下であること、②評価項目に欠測があること、の2点とした。これらの基準をもとに対象者を選定した。

2-3 介入内容と終了基準

WW-2000は、①ロボット脚、②安全懸架装置、③脚免荷ハーネス、④正面モニタ、⑤低床トレッドミル、⑥操作パネルが主な構成要素である。ロボット脚は、足底部に搭載した圧力センサからのデータ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膝関節の屈曲・伸展を行う。また、3次元カメラと脚部の姿勢センサで、マーカーレスの歩行分析を可能とし、WW上で発生しやすい典型的な14の異常歩行パターンを自動で検知し、異常歩行パターンの出現頻度を提示することができる。視覚フィードバックとして、前面モニタに、全身像、足元像、側面像の表示が可能である。姿勢目標、足部接地位置、目標麻痺側荷重、足圧中心軌跡を重ねて表示ができる。音声フィード

バックとしては、膝折れエラー、麻痺側荷重成功、メトロノームによるリズム音を提示可能である。調整可能なパラメータとして、①膝伸展アシスト(立脚期の膝伸展補助)、②振り出しアシスト(遊脚期の麻痺側下肢振り出し補助)、③膝屈曲開始タイミング、④膝屈曲伸展時間、⑤体重免荷量などがあり、操作パネルで設定できる。これにより、常に最適な難易度の練習を提供でき、運動学習効果が高められるとされている²⁵⁾。

対象者は、RAGTの適応基準に基づいて選定し、全ての対象者に対して週6回の頻度で介入を実施した。理学療法介入の3単位のうち、2単位をWWを用いたRAGTとした。アシスト量や免荷量などのパラメータは、初回介入時にロボット専任療法士が評価を行い、身体機能・体幹の定性・姿勢制御の状態を総合的に判断した上で初期設定を行った。その後は、歩行能力や身体機能の改善状況に応じて再評価し、パラメータの見直しを行った。

WWによるRAGTの終了基準は以下のいずれかを満たした時点と定義した。①平地での歩行が5点に到達した場合、②WW上での歩行が監視レベルに到達した場合、③WWでの歩行能力改善が見込めないと判断された場合である。対象者の評価は、週1回の歩行動画撮影および歩行パフォーマンスの評価、また、月1回の定期評価をもとに、ロボット専任療法士・担当理学療法士によるウェルウォークカンファレンスを実施し、情報共有と意見交換を通じて、評価の客観性と妥当性の向上に努めた。

2-4 評価項目

調査項目は、性別、年齢、疾患(脳梗塞/脳出血)、麻痺側、発症からRAGT開始までの期間、転院からRAGT開始までの期間、RAGT開始時の装具の種類(短下肢/長下肢)、歩行補助具の種類(平行棒/杖)、Stroke Impairment Assessment Set (SIAS)運動合計・感覚合計・体幹合計、FIM認知合計、FIM歩行とした。情報収集は電子カルテより、後方視的に調査を行った。

2-5 統計解析

本研究では、主要アウトカムをRAGT終了時のFIM歩行とした。当院のWWの運用規定上はFIM歩行5点を終了基準としているが、臨床ではFIM4点に到達した時点でRAGTを終了し、平地歩行練習や日常生活動作練習へ移行する症例が多いため、本研究ではRAGT終了時のFIM歩行を用いて1~3点を「歩行目標非達成群」、4~7点を「歩行目標達成群」と定義し比較した。

まず、各変数の正規性を確認した上で、Mann-Whitney U検定、 χ^2 検定、Fisherの正確確率検定を用いて2群間の比較を実施した。次に、2群間で有意差が認められた変数間の関連性について、多重共線性を考慮し、Spearmanの順位相関分析を行った。

その後、歩行目標達成の有無を従属変数、有意差が認められた項目を独立変数とした二項ロジスティック回帰分析をステップワイズ法により実施し、最も判別精度に寄与する変数を抽出した。ステップワイズ法を採用した理由としては、サンプル数に制限がある中で過剰な説明変数の投入による過学習やモデルの不安定性を避けるためであり、変数選択の客観性と予測精度のバランスを考慮した判断である²⁶⁻²⁹⁾。

さらに、回帰分析において有意と判定された連続変数については、Receiver Operating Characteristic (ROC) 曲線を描出し、Youden 指数(感度+特異度-1)が最大となる点をカットオフ値として設定した。解析における95%信頼区間はDeLong法を用いて算出した。ROC曲線によるカットオフ値の算出により、介入初期の患者情報から歩行目標達成を予測する臨床的閾値を明示することで、今後の患者選定や治療方針決定の一助とすることを目的とした。

全ての統計解析は、RおよびR Commanderを拡張した統計ソフトウェアであるEZR(Ver.1.64)を使用し、統計学的有意水準は両側 $p < 0.05$ とした。

3. 結果

3-1 解析対象者：

2022年7月~2024年2月までに当院回復期リ

ハビリテーション病棟に入院した初発の脳卒中患者のうち、WWによるRAGTを実施した42例を対象とした。症例数の段階別内訳に関しては、研究除外基準(RAGT ≤ 14日9例、評価項目欠測1例)に該当した10例を除外し、最終解析対象は32例となった(図1)。

3-2 歩行目標非達成群と達成群の群間比較：

歩行目標非達成群は20例(内訳：FIM歩行1点12例、2点1例、3点7例)でRAGT実施期間の平均は53.1 ± 33.5日、歩行目標達成群は12例(内訳：FIM歩行4点8例、5点4例、6点0例、

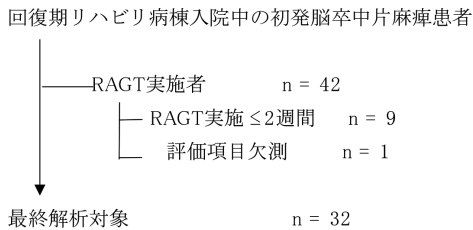


図1：研究対象者の選択フロー

回復期リハビリテーション病棟に入院中の初発脳卒中片麻痺患者42例のうち、RAGT実施期間が14日以下であった9例と、主要評価項目が欠測であった1例を除外した。最終的に32例が解析対象となった。

※ RAGT：robot-assisted gait training

7点0例)でRAGT実施期間の平均は58.6 ± 29.8日であった。表1に2群間の単変量解析の結果を示す。歩行目標非達成群は歩行目標達成群に比べ、年齢が有意に高かった。SIAS体幹合計、RAGT開始時FIM歩行およびFIM認知では有意に低かった。その他の項目では有意差を認めなかった。

3-3 2群間で有意差が認められた項目での相関分析：

2群間で有意差を認めた項目の相関行列の結果を表2に示す。結果は、内部相関の分析において、SIAS体幹とFIM認知の間に正の相関(R=0.583)を認めた。また、SIAS体幹合計とFIM歩行の間にも正の相関(R=0.459)を認めた。しかし相関係数が0.7を超えるものはなく、各項目での相関は高くなかった。

3-4 ロジスティック回帰分析：

RAGT終了時のFIM歩行が1～3点(歩行目標非達成群)と4～7点(歩行目標達成群)の2群を従属変数、有意差が認められた年齢、SIAS体幹合計、FIM歩行、FIM認知を独立変数とした二項ロジスティック回帰分析では、年齢(オッズ比：0.915、95%信頼区間：0.848-0.988、p=0.023)と

表1 歩行目標達成群と歩行目標非達成群の患者属性および身体機能の比較

調査内容	全体 (n=32)	歩行目標達成群 (n=12)	歩行目標非達成群 (n=20)	p値
患者属性				
性別(男/女)	20/12	8/4	12/8	1
年齢(歳)†	70.5 (61.3-77.3)	62 (50.5-69.8)	76.5 (68.3-82)	0.005
疾患(脳出血/脳梗塞)	14/18	6/6	8/12	0.854
麻痺側(右/左)	17/15	6/6	11/9	1
発症～RAGT開始までの期間(日)†	50 (37.8-63)	49 (36.3-58.3)	51 (42.5-82.8)	0.206
転院～RAGT開始までの期間(日)†	19 (11.8-33.8)	15 (9.0-22.3)	27 (12.8-40.5)	0.067
RAGT開始時の装具(KAFO/AFO)	20/12	6/6	14/6	0.288
RAGT開始時の歩行補助具(平行棒/杖)	20/12	7/5	13/7	0.724
身体機能				
SIAS(運動合計)†	3.5 (1-6)	5 (3.8-6.3)	4.3 (2-11)	0.054
(感覚合計)†	3.0 (1-5)	3.5 (1.75-5)	2 (1-4.3)	0.297
(体幹合計)†	3.5 (1-5)	5 (4-5)	2 (1-4.3)	0.015
FIM(認知合計)†	20.5 (15.0-28.3)	26 (20-29)	15.5 (13.8-25)	0.016
(歩行)†	1.0 (1-2)	1.5 (1-3)	1 (1-1)	0.049

各項目の尺度に合わせてMann-Whitney U検定、 χ^2 乗検定およびFisherの正確確率検定を用いた。†の数値は各評価内容の中央値(四分位範囲)を示している。その他項目は症例数を示している。RAGT(Robot Assisted Gait Training)、KAFO(Knee-Ankle-Foot Orthosis)、AFO(Ankle-Foot Orthosis)

表2 患者属性と身体機能との相関関係

	年齢	FIM 認知合計	SIAS 体幹合計
年齢			
FIM 認知合計	- 0.297*		
SIAS 体幹合計	- 0.094	0.583**	
FIM 歩行	- 0.071	0.246	0.459**

Spearman の順位相関分析 * : p < 0.05 ** : p < 0.01

表3 RAGT 終了時の歩行能力に関するロジスティック回帰分析

変数	オッズ比	95%信頼区間	p 値
年齢	0.915	0.848-0.988	0.023
SIAS 体幹合計	1.830	1.070-3.120	0.026

※ RAGT: robot-assisted gait training
数値は小数点以下3桁に統一。

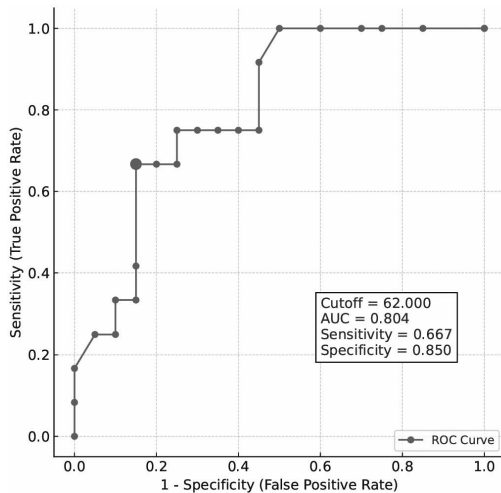


図2-a 年齢によるROC曲線

年齢を歩行目標達成の予測因子として評価したROC曲線。図中のAUCは予測精度を示している。

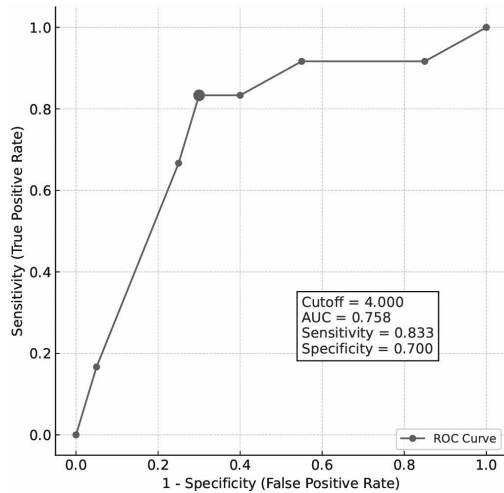


図2-b SIAS 体幹合計によるROC曲線

SIAS 体幹合計を歩行目標達成の予測因子としたROC曲線。図中のAUCは予測精度を示している。

※ AUC : Area Under the Curve

SIAS 体幹合計(オッズ比: 1.830、95% 信頼区間: 1.070-3.120、p=0.026)が抽出された(表3)。

3-5 ROC 曲線:

ROC 曲線を算出した結果、年齢のカットオフ値は62歳(AUC: 0.804、95% CI: 0.640-0.968、感度0.667、特異度: 0.850)、SIAS 体幹合計は4点(AUC: 0.758、95% CI: 0.567-0.949、感度: 0.833、特異度: 0.700)であった(図2-a、図2-b)。

4. 考察

本研究では、WWを用いたRAGTを実施した脳卒中片麻痺症例を対象に、RAGT終了時の歩行自立度に影響を与える要因を検討した。その結果、歩行目標達成群は年齢が若く、SIAS 体幹合計、FIM 歩行、FIM 認知が高い傾向を示した。また、

ロジスティック回帰分析により年齢とSIAS 体幹合計が有意な予測因子として抽出され、これらがRAGTの効果を左右する重要な要素であることが示唆された。

歩行目標非達成群と目標達成群の2群間の比較では、年齢、SIAS 体幹合計、FIM 歩行、FIM 認知で有意差を認めた。一般的に脳卒中者の歩行獲得の阻害因子として、年齢、認知機能、高次脳機能障害の有無、運動麻痺の重症度、体幹機能、非麻痺側下肢筋力が歩行獲得の可否に大きく影響する³⁰⁾と報告されており、いずれの結果も先行研究を支持する結果となった。さらに、ロジスティック回帰分析の結果では、年齢とSIAS 体幹合計の2項目が抽出され、RAGT終了時の歩行自立度を予測する指標となり得ることが示唆された。

ROC 曲線を用いて設定したカットオフ値は、年

年齢 ≤ 62 歳 (AUC = 0.804) と SIAS 体幹合計 ≥ 4 点 (AUC = 0.758) が良好な予測性能 (AUC > 0.70)³¹⁾ を示し、歩行自立度の改善が期待できる基準として臨床的妥当性が確認された。

RAGT 終了時の歩行自立度を予測するには、認知機能や歩行能力よりも年齢と体幹機能がより重要であると考えられた。

年齢について、Veerbeek らは、年齢が数カ月後の日常生活活動の自立度を予測する重要な因子であると報告している³¹⁾。臨床において年齢は操作できない因子であるが、対象者の年齢を念頭に置きつつ RAGT 実施の有無を検討する必要がある。

また、牧らの研究では発症後約 4 週の亜急性期 37 例を対象としており、年齢中央値 61 歳 (IQR 52-71 歳) と比較的若年層が中心であった。これに対し、本研究では対象全体の年齢中央値が 70.5 歳 (IQR 61.3-77.3 歳) と高齢であり、この年齢構成の違いが、本研究で「年齢」が歩行自立度の独立因子として抽出された一因と考えられる³³⁾。

体幹機能について、江西らは脳卒中重度片麻痺例では体幹機能が良好であると、最終的に獲得する歩行能力が高いと報告されている³⁴⁾。また、WW は、必要最小限の免荷・アシストを前提とした構造設計により、運動学習を促進するロボットである。そのため、歩行中の姿勢制御を自身の体幹機能に大きく依存する。牧らは、WW による RAGT では体幹機能が歩行自立度に強く影響することを報告³²⁾しており、本研究においても、SIAS 体幹スコアが 4 点以上の症例で歩行目標達成率が高い傾向が確認された。これらより、WW での歩行練習を安全かつ効果的に遂行するには、一定水準以上の体幹機能が必要であると考えられる。

さらに、先行研究と比較して対象の年齢や認知機能の分布が異なっていたにもかかわらず、本研究においても体幹機能が主要な予測因子として抽出された。これは、体幹機能が歩行自立獲得において普遍的に重要であることを示唆している。

また、認知機能や高次脳機能が RAGT 終了時の歩行自立度を規定すると報告されている。牧らは FIM 歩行効率の有意な予測因子として認知機能を挙げ、WW の多彩なフィードバックを理解・活用するには一定レベルの認知機能が必要と解釈し

ている³³⁾。宮永らは年齢と注意機能を歩行自立の予測因子として報告している³⁵⁾。本研究では適応基準として CBA ≥ 11 点を設定した結果、認知機能が低い症例を事前に除外している。このため、対象者全体の認知レベルが先行研究より高く、認知機能の分散が小さかったと考えられる。さらに、認知機能を FIM 認知で評価したことも寄与する。FIM 認知は天井効果が指摘されており、高次脳機能の軽微な障害を捉えにくい^{36,37)}。今後は CBA など特異的指標を併用し、認知機能の分布を広げた検証が必要である。施設ごとに適応判断が異なる点も、先行報告との差異要因として考えられる。

本研究の限界としては、以下の点が挙げられる。第一に、本研究は単一の医療機関における検討であるため、外的妥当性に限界がある。今後は、複数施設による共同研究を通じた検証が求められる。

第二に、RAGT の適応者の選定において、重度の高次脳機能障害や認知機能低下を有する患者を除外している点が挙げられる。したがって、今後は高次脳機能障害や認知機能障害を有する患者も対象に含めた検討が必要である。

第三に、RAGT 開始時点における身体機能データを用いて統計解析を行っているため、身体機能の経時的変化と歩行自立度との関係性については明らかでない。歩行獲得を予測する因子としては、年齢および体幹機能が示唆されたものの、RAGT の実施によって身体機能が向上するかどうかは不明である。今後、RAGT 実施者における身体機能の経時的変化を検討することが、適切な患者選択および練習内容の構築に資するものと考えられる。

5. 結論

回復期リハビリテーション病棟に入院し、WW を用いた RAGT を実施した脳卒中片麻痺症例において、RAGT 終了時の歩行自立度に影響を与える要因を検討した。結果、年齢と SIAS 体幹合計が重要因子であり歩行獲得を予測する一指標となることが示唆された。また、年齢は 62 歳以下、SIAS 体幹合計が 4 点以上の症例は歩行自立度が

改善しやすいことが示唆された。これらは RAGT での歩行自立度予測の一助となると考える。

6. 利益相反

本研究に関連して開示すべき利益相反はない。

7. 謝辞

本研究に協力いただいた患者様、関係者様へ感謝申し上げます。

引用文献

- 厚生労働省：2022(令和4)年 国民生活基礎調査の概況。厚生労働省，東京，2023.
- Cirstea CM : Gait Rehabilitation After Stroke: Should We Re-Evaluate Our Practice? *Stroke*, 51(10) : 2892–2894, 2020.
- 金山剛, 大平雄一, 西田宗幹, 他 : 回復期リハビリテーション病棟における在宅復帰患者の特徴. *理学療法科学*, 23(5) : 609–613, 2008.
- Kakurai S, Akai M : Clinical experiences with a convertible thermoplastic knee-ankle-foot orthosis for post-stroke hemiplegic patients. *Prosthet Orthot Int*, 20(3) : 191–194, 1996.
- 青木主税, 飯田修平 : 脳卒中片麻痺に対する装具療法と今後の展望. *日本義肢装具学会誌*, 35(2) : 92–97, 2019.
- 増田知子 : 脳卒中片麻痺患者における装具療法の進め方—セパレートカフ式長下肢装具の活用—. *日本義肢装具学会誌*, 29(1) : 22–27, 2013.
- 平野哲 : ウェルウォーク. *Journal of Clinical Rehabilitation*, 29(10) : 1004–1011, 2020.
- 浦慎太郎, 甲斐太陽, 北川孝 : 脳卒中患者に対する長下肢装具の臨床使用 : スコーピングレビュー. *総合理学療法学*, 4 : 35–46, 2024.
- Mayr A, Kofler M, Quirbach E, et al.: Prospective, blinded, randomized crossover study of gait rehabilitation in stroke patients using the Lokomat gait orthosis. *Neurorehabil Neural Repair*, 21(4) : 307–314, 2007.
- Moucheboeuf G, Griffier R, Gasq D, et al.: Effects of robotic gait training after stroke: A meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med*, 63(6) : 518–534, 2020.
- Schwartz I, Sajin A, Fisher I, et al.: The effectiveness of locomotor therapy using robotic-assisted gait training in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *PM&R*, 1(6) : 516–523, 2009.
- Hidler J, Nichols D, Pelliccio M, et al.: Multicenter randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke. *Neurorehabil Neural Repair*, 23(1) : 5–13, 2009.
- Thimabut N, Yotnuengnit P, Charoenlimprasert J, et al.: Effects of the robot-assisted gait training device plus physiotherapy in improving ambulatory functions in patients with subacute stroke with hemiplegia: an assessor-blinded, randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 103(5) : 843–850, 2022.
- Lee J, Kim DY, Lee SH, et al.: End-effector lower limb robot-assisted gait training effects in subacute stroke patients: a randomized controlled pilot trial. *Medicine (Baltimore)*, 102(42) : e35568, 2023.
- Huang JJ, Chang SC, Lin LC, et al.: Therapeutic effects of powered exoskeletal robot-assisted gait training in inpatients in the early stage after stroke: a pilot case-controlled study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 21 : 206, 2024.
- 日本脳卒中学会脳卒中ガイドライン委員会(編) : 脳卒中ガイドライン2021[2025改定]. 協和企画, 東京, 2025 : 269–271.
- Hsu TH, Tsai CL, Chi JY, et al.: Effect of wearable exoskeleton on post-stroke gait: A systematic review and meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med*, 66 : 101674, 2023.
- Leow XRG, Ng SLA, Lau Y : Overground robotic exoskeleton training for patients with stroke on walking-related outcomes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Phys Med Rehabil*, 104(10) : 1698–1710, 2023.
- Chuang YC, Tsai YL, Lin TT, et al.: Effects of soft robotic exosuit on ambulation ability in stroke patients: a systematic review. *Biomed Eng Online*, 22 : 88, 2023.
- Swinnen E, Beckwée D, Meeusen R, et al.: Does robot-assisted gait rehabilitation improve balance in stroke patients? A systematic review. *Top Stroke Rehabil*, 21(2) : 87–100, 2014.
- Belas Dos Santos M, Barros de Oliveira C, Dos Santos A, et al.: A comparative study of conventional physiotherapy versus robot-assisted gait training associated to physiotherapy in individuals with ataxia after stroke. *Behav Neurol*, 2018 : 2892065, 2018.
- Maranesi E, Riccardi GR, Di Donna V, et al.: Effectiveness of intervention based on end-effector gait trainer in older patients with stroke: a systematic review. *J Am*

- Med Dir Assoc, 21 : 1036-1044, 2020.
- 23) トヨタ自動車株式会社 : ウェルウォーク通信 第54号. トヨタ自動車株式会社, 名古屋, 2023.
 - 24) 森田秋子, 石川誠, 金井香, 他 : 認知機能を行動から評価するための「認知関連行動アセスメント」の開発. 総合リハビリテーション, 42(9) : 877-884, 2014.
 - 25) トヨタ自動車株式会社 : ウェルウォークWW-2000取扱説明書(第2版). トヨタ自動車株式会社, 名古屋, 2020.
 - 26) Steyerberg EW, Eijkemans MJ, Habbema JDF : Stepwise selection in small data sets: a simulation study of bias in logistic regression analysis. *Journal of Clinical Epidemiology*, 52(10) : 935-942, 1999.
 - 27) Peduzzi P, Concato J, Kemper E, et al.: A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis. *Journal of Clinical Epidemiology*, 49(12) : 1373-1379, 1996.
 - 28) Bursac Z, Gauss CH, Williams DK, Hosmer DW : Purposeful selection of variables in logistic regression. *Source Code for Biology and Medicine*, 3 : 17, 2008.
 - 29) Babyak MA : What You See May Not Be What You Get: A Brief, Nontechnical Introduction to Overfitting in Regression-Type Models. *Psychosomatic Medicine*, 66(3) : 411-421, 2004.
 - 30) 近藤和泉, 橋本賀乃子, 相馬正始 : 自立歩行を阻害する要因は何か. 総合リハビリテーション, 27(12) : 1117-1121, 1999.
 - 31) Akobeng AK : Understanding diagnostic tests 3: Receiver operating characteristic curves. *Acta Paediatr*, 96(5) : 644-647, 2007.
 - 32) Veerbeek JM, Kwakkel G, van Wegen EEH, et al.: Early prediction of outcome of activities of daily living after stroke: a systematic review. *Stroke*, 42(5) : 1482-1488, 2011.
 - 33) Maki Y, Ii T, Yamada M, Tanabe S : Factors affecting the efficiency of walking independence in patients with subacute stroke following robot-assisted gait training with conventional rehabilitation. *Int J Rehabil Res*, 47(1) : 26-33, 2024.
 - 34) 江西一成, 安倍基幸, 緒方甫 : 片麻痺患者の体幹機能と歩行能力との関係. *理学療法ジャーナル*, 30(11) : 821-826, 1996.
 - 35) 宮永陽亮, 平川裕紀, 倉爪康裕, 他 : ウェルウォークWW-1000を使用した脳卒中片麻痺者の回復期リハビリテーション病棟退院時の歩行自立度に及ぼす因子の検討～認知機能と注意機能が低下した患者を含めた検討～. *支援工学理学療法学会誌*, 3(2) : 79-88, 2024.
 - 36) Hall KM, Cohen ME, Wright J, et al.: Characteristics of the Functional Independence Measure in traumatic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*, 80(11) : 1471-1476, 1999.
 - 37) Davidoff GN, Roth EJ, Haughton JS, Ardner MS : Cognitive dysfunction in spinal cord injury patients: sensitivity of the Functional Independence Measure subscales versus neuropsychologic assessment. *Arch Phys Med Rehabil*, 71(5) : 326-329, 1990.

Abstract:

Introduction: Robot-assisted gait training (RAGT) has been reported to enhance gait independence in patients with post-stroke hemiplegia. However, the associated factors that influence the degree of gait independence remain inadequately understood. This study aimed to identify motor function at the initiation of RAGT that are associated with gait independence upon completion of the intervention.

Methods: This retrospective cohort study analyzed data from 32 patients with first-ever stroke and hemiplegia admitted to a convalescent rehabilitation ward. All participants had a Functional Independence Measure (FIM) walking score of ≤ 4 at the start of RAGT. Collected variables included demographic data; types of orthoses and assistive devices used at RAGT initiation; total scores from the Stroke Impairment Assessment Set (SIAS: motor, sensory, trunk); total cognitive FIM scores; and FIM-walk scores. Based on the FIM-walk score at the end of RAGT, patients were classified into two groups: the “non-achievement group” (FIM 1-3) and the “achievement group” (FIM 4-7). Factors associated with goal achievement were statistically analyzed.

Results: Age and the SIAS trunk score were identified as significant independent predictors of gait independence. The optimal cut-off values were 62 years for age and 4 points for the SIAS trunk score.

Conclusion: Younger age and better trunk function are important predictors of improved gait independence following RAGT in patients with post-stroke hemiplegia.

Key words: Robot-assisted gait training, stroke, gait independence, convalescent rehabilitation, trunk function

◎症例報告

慢性期脳卒中患者の下肢痙縮に対するボツリヌス療法と
体重免荷式トレッドミル併用トレーニングの有用性：症例報告Effectiveness of Combined Botulinum Toxin Therapy and Body Weight-Supported Treadmill
Training for Lower Limb Spasticity in a Patient With Chronic Stroke: A Case Report千葉大輔¹⁾，五十嵐達也²⁾，山本直弥¹⁾，榊原時生¹⁾

要 旨

【目的】本研究の目的は、慢性期脳卒中患者1症例に対して、ボツリヌス療法と体重免荷式トレッドミル訓練（Body Weight-Supported Treadmill Training：BWSST）を併用した介入の経過について報告することである。

【対象と方法】対象は、発症から10カ月が経過した、中程度の左片麻痺を呈する57歳男性である。Modified Ashworth Scale（MAS）では、左足関節底屈筋に1+の痙縮を認めた。A型ボツリヌス毒素を上肢に100U、左ハムストリングスに50U、左足関節底屈筋群（腓腹筋・ヒラメ筋）に100U注射し、続いて2週間のBWSSTを併用した介入を実施した。介入前後の評価には、MAS、足関節可動域、10m歩行、6分間歩行、3次元動作解析を用いた。

【結果】左足関節底屈筋のMASにおける痙縮の軽減、足関節背屈角度の増大、歩行速度および歩行耐久性の向上が認められた。また、足関節底屈モーメント、ステップ長、歩行時の時間的対称性にも改善がみられた。

【結語】本症例において、ボツリヌス療法とBWSSTを併用した介入は、足関節の痙縮および可動域の改善、ならびに歩行機能の向上に寄与する可能性が示された。

キーワード：物理療法、3次元動作解析、ニューロリハビリテーション

1. はじめに

脳卒中後の痙縮は、日常生活動作(Activities of Daily Living：ADL)や生活の質の低下を招く主要な要因の一つである¹⁾。特に下肢の痙縮は、関節可動域制限や異常な運動パターンを生じ、歩行能力を制限する。痙縮に対する代表的な薬物治療としてボツリヌス療法は有効性が確立されており、上肢だけでなく下肢痙縮に対しても筋緊張の軽減や可動域改善の効果を認める²⁾。しかし、ボツリ

ヌス療法単独では筋緊張の軽減にとどまる場合も報告されており³⁾、より高次の運動機能改善を得るためには理学療法との併用が不可欠である⁴⁾。

近年、体重免荷式トレッドミルトレーニング（Body Weight Supported Treadmill Training：BWSST）は、脳卒中後の歩行再建に有効な介入法として注目されている。BWSSTは、免荷によって転倒リスクを抑えながら反復のかつ対称的な歩行練習を可能にし、下肢の筋活動や歩行パターンの改

1) 湘南慶育病院

2) 文京学院大学保健医療技術学部 理学療法学科

投稿日：2025年9月23日 採択決定日：2026年2月2日 公開日：2026年3月31日

善を促進することが示されている⁵⁻¹⁰⁾。

一般に、ボツリヌス療法後のリハビリテーションとしては電気刺激療法^{11,12)}や装具療法¹³⁾が選択されることが多いが、我々の知る限り、BWSSTを併用した脳卒中後の歩行介入に関して、ボツリヌス注射後の運動学的変化を、3次元動作解析を用いて詳細に評価した報告は見出せなかった。介入手法の臨床応用の可能性を検討するためには、治療経過を詳細に分析し、その有用性を実践的視点から報告することは不可欠である。本症例報告の目的は、脳梗塞後に下肢痙縮を呈した患者に対し、ボツリヌス療法後にBWSSTを併用した集中的リハビリテーションを実施し、その短期的効果として現れる歩行機能の変化を明らかにすることである。

2. 対象および方法

2-1 対象

対象は57歳の男性である。X(介入開始時点)のおよそ10カ月前に、構音障害と左上下肢の動かさずらさを自覚しており、転倒を機に救急搬送された。頭部磁気共鳴画像(Magnetic Resonance Imaging)の拡散強調画像で右放線冠および被殻上部に高信号域を認め、脳梗塞と診断され急性期治療が開始された。症状の軽快後、リハビリテーションを継続する目的で回復期リハビリテーション病院へ転院し、約6カ月間の入院加療を経て自宅退院となった。図1に回復期リハビリテーション病院入院時の脳画像を示す。

2-2 理学療法初期評価

退院後のX-4カ月時点、左上下肢筋の痙縮と可動域制限を認めており、患者はボツリヌス療法を希望した。治療効果や注意点について当院の医師が十分に説明し、同意を得たうえで、X月に初回のボツリヌス療法を実施した。患者には特記すべき既往歴や家族歴はなく、病前のADLは独居で全て自立していた。自宅退院後のADLはFunctional Independence Measureで運動項目89点(浴槽移乗、階段はいずれも6点)、認知項目35点、合計124点であった。ボツリヌス療法前(X-2日)の初期評価では、左下肢の運動麻痺はStroke Impair-

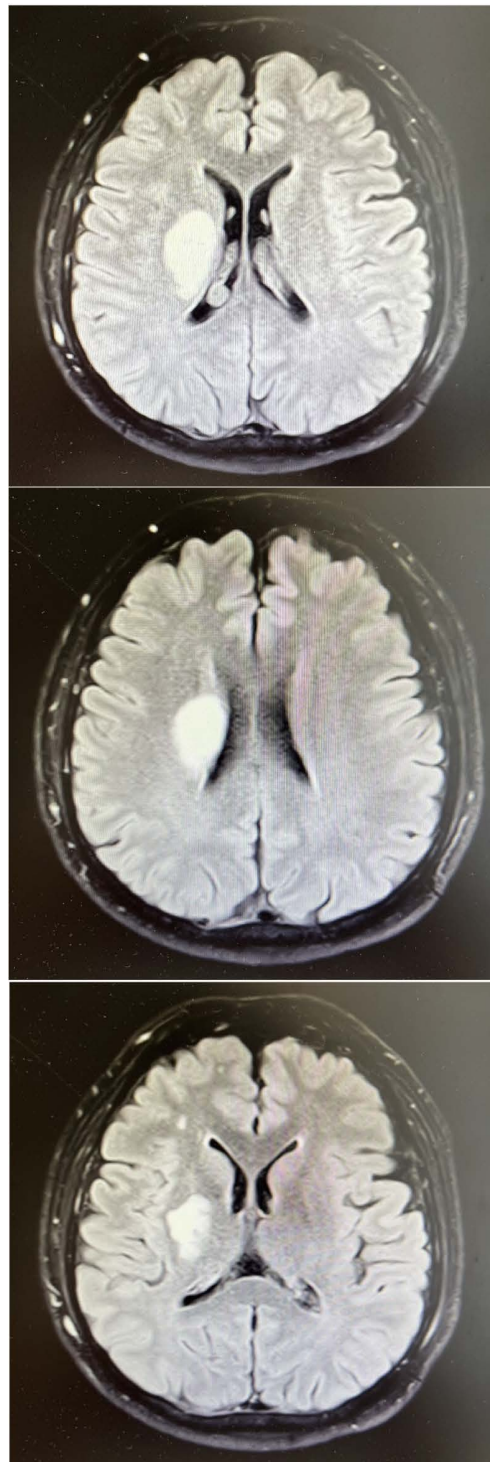


図1 症例の入院時のMRI 拡散強調画像
(放線冠～大脳基底核レベル)
MRI, Magnetic Resonance Imaging

ment Assessment Set-motor items (SIAS-M)が5-5-4であり、感覚障害は表在・深部ともに認めなかった。膝関節伸展位での左足関節背屈の Range of Motion (ROM)は 0° 、痙縮は Modified Ashworth Scale (MAS)で左膝関節屈筋1+、左足関節底屈筋1+であった。10 m 歩行速度は補助具なしの快適歩行速度で0.66 m/s、6分間歩行テスト(6 Minute Walk Test: 6MWT)では補助具なしで237.5 mであった。バランス能力は Berg Balance Scale で51/56点であった。安静時の足部クローヌスは1回につき3-5回程度で自然に消失し、歩行後にクローヌス回数の増加は認められなかった。基本動作は全て自立しており、屋内歩行は補助具なしで自立、屋外歩行は杖を使用して自立していた。ただし、屋外活動はヘルパーの同伴による近隣コンビニエンスストアでの買い物に限られていた。本人の希望は「もっと早く楽に歩きたい」「電車に乗って外出したい」であり、Needとしては歩行速度の向上と連続歩行距離の拡大が挙げられた。

2-3 倫理的配慮

本症例に対しては、リハビリテーションで実施する内容や目的、参加による負担および利益、個人情報保護の確保、参加の自由と撤回の権利について口頭で十分に説明し、文書による同意を得た。症例報告はヘルシンキ宣言に則り、得られたデータは匿名化して個人情報が特定されないよう配慮した。また、本報告は症例報告ガイドラインである CARE を参照して作成した。

2-4 方法

X月に初回のボツリヌス療法を施行した。投与筋および投与量は左大胸筋25 U、左上腕二頭筋25 U、左橈側手根屈筋25 U、左尺側手根屈筋25 U、左ハムストリングス50 U、左腓腹筋25 U × 2、左ヒラメ筋50 Uで、合計250 UのA型ボツリヌス毒素製剤を投与した。初回投与であったため、投与量は通常の半量の設定であった。施注筋については、担当医の臨床判断に基づき、触診と解剖学的ランドマーク指標により筋選択が行われた。1バイアルに100単位の製剤を使用しており、溶解液量は1.0 mLを使用した。治療後は2週間、毎

日1時間の理学療法の中でBWSTTを約20分間実施した。1セッション10分で、セッション間に休憩を挟みながら2セット実施した。自覚的疲労度を確認し、適宜、休憩時間を調整した。介入には免荷装置(ニューウエイト、Pneumex Inc.社製)とトレッドミル(h/p/cosmos mercury[®]、h/p/cosmos社製)を用いた(図2)。BWSTTの使用時は非麻痺側上肢で手すりを把持し、リスク管理に留意した。プロトコルは高尾らの報告¹⁰⁾を参考に決定し、免荷量は体重の20%とした。歩行速度は対象者がトレッドミル上で10分間連続歩行できる速度に設定し、初回は2.3 km/hから開始して慣れに応じて段階的に上げ、最終的に3.0 km/hまで漸増した。理学療法では、BWSTTに加えて、それぞれ約10-20分間の関節可動域練習や筋力増強練習、バランストレーニングなど、歩行速度向上や歩行距離拡大を目的とした通常の理学療法も併せて実施した。

2-5 理学療法評価項目

麻痺側下肢について、SIAS-M、Fugl-Meyer Assessment 下肢運動項目、膝関節伸展位での足関節背屈の他動的ROM、および膝関節・足関節の筋緊張をMASで評価した。歩行能力は10 m歩行速度と6MWT、バランス能力はBBSを用いて評価した。

BWSTT実施前後で歩行の3次元動作解析による運動的特徴の変化を調べた。解析には光学式モーションキャプチャシステム(Vicon MX、Vicon社製)赤外線カメラ8台と床反力計(AMTI AccuGait、AMTI社製)2枚を使用し、サンプリング周波数は100 Hzとした。空間座標は右手系に準じ、左右方向をx軸(右方:+)、前後方向をy軸(前方:+)、鉛直方向をz軸(上方:+)に設定した。被験者は7 mの歩行路(中央に床反力計を配置)を至適速度で歩行し、杖や補助具を使用せず3セット実施した。各セットで得られた歩行周期の3次元動作解析データは、各周期を時間で正規化し、その平均時系列データを代表波形として解析に用いた。反射マーカーはHelen Hayesモデルを基に35カ所に貼付した。マーカー座標と床反力データはそれぞれ6 Hzおよび18 Hzのローパス



図2 BWSTTでの歩行練習の風景
BWSTT, Body Weight-Supported Treadmill Training

フィルタで処理し、Visual 3D (C-Motion 社製) を用いて解析を行った。抽出した指標は歩幅、足関節角度、足関節モーメント、左右の立脚期比率である。評価は初期 (X+3 日) と最終 (X+14 日) の 2 時点で行った。

3. 結果

表 1 および表 2 に、初期評価 (X+3 日) と最終評価 (X+14 日) の結果を示す。下肢の運動麻痺に変化はみられなかったが、足関節背屈の他動的 ROM は 0° から 5° へ改善した。MAS は左膝関節屈筋が 1+ から 0、左足関節底屈筋が 1+ から 0 へと改善した。歩行能力では、10 m 歩行速度が 0.66 m/s から 0.77 m/s 、6MWT が 237.5 m から 280.0 m へと向上した。一方、バランス機能に明らかな変化は認められず、安静時および歩行後のいずれにおいても足部クローズスの出現はみられなかった。

3次元動作解析の結果を表 2 および図 3 に示

表 1 介入前後の運動麻痺、関節可動域、筋緊張の結果

	初期 (+3 日)	最終 (+14 日)
SIAS-M	5-5-4	5-5-4
FMA-LE (点)	26/34	26/34
ROM 左足関節背屈 ($^{\circ}$)	0	5
MAS 左膝関節屈筋	1+	0
左足関節底屈筋	1+	0
BBS (点)	51/56	51/56

SIAS-M, Stroke Impairment Assessment Set-Motor items; FMA-LE, Fugl-Meyer Assessment-Lower Extremity; ROM, Range of Motion; MAS, Modified Ashworth Scale; BBS, Berg Balance Scale. 足関節背屈の他動的 ROM: 膝関節伸展位で計測

表 2 歩行機能評価と 3 次元動作解析の結果

	初期 (+3 日)	最終 (+14 日)
10 m 歩行速度 (m/sec)	0.66	0.77
6 分間歩行テスト (m)	237.5	280
3 次元動作解析	0	5
ケイデンス (step/min)	10.0	9.0
歩行率 (step/sec)	1.7	1.5
左足関節最大背屈角度 ($^{\circ}$)	4.1	5.1
左足関節最大底屈モーメント (N·m/kg)	0.85	0.95
麻痺側下肢から非麻痺側下肢のステップ長 (m)	0.36	0.43
非麻痺側下肢から麻痺側下肢のステップ長 (m)	0.32	0.37
左右の立脚期比率	0.90	0.93
麻痺側単脚支持時間 (sec)	0.42	0.49
両脚支持時間 (sec)	0.49	0.39

左右の立脚期比率: 非麻痺側立脚期時間 / 麻痺側立脚期時間

す。歩行時の左足関節最大背屈角度は初期 4.1° から最終 5.1° へ増加した。なお、静止立位でのキャリブレーションは足関節中間位 (足関節底背屈 0°) で実施しており、この背屈角度と他動的 ROM で得られた背屈角度の差は、荷重応答における伸張反応や床反力による生理的背屈運動を反映していると考えられる。さらに、左足関節最大底屈モーメントは 0.85 N·m/kg から 0.95 N·m/kg へと、立脚後期から前遊脚期にかけて向上した。ステップ長は 0.36 m から 0.43 m へ延長し、左右の立脚期比率も 0.90 から 0.93 へ改善し、時間的対称性が向上した。

介入後、患者は「歩きやすくなった」と述べており、実施期間中に有害事象はなく、全ての理学療法を問題なく完遂した。

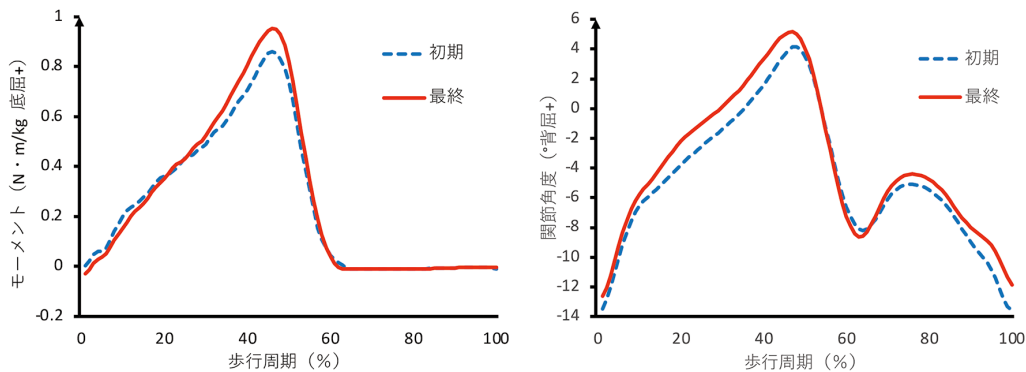


図3 3次元動作解析での足関節背屈角度と足関節底屈モーメントの結果

4. 考察

本症例では、脳梗塞後の下肢痙縮を呈した患者に対し、ボツリヌス療法後にBWSITを併用した集中的リハビリテーションを実施した。その結果、痙縮の軽減、関節可動域の拡大に加えて、歩行速度や連続歩行距離の向上が認められた。さらに3次元動作解析により、歩行時の足関節背屈角度や底屈モーメント、ステップ長、立脚期の時間的対称性が改善することが確認された。これらの所見は、ボツリヌス療法単独では得られにくい、麻痺側下肢における筋活動パターンと荷重応答の協調的再学習が、BWSITの併用によって促進された可能性を示している。

BWSITは免荷により転倒リスクを最小化しつつ、反復的で対称的な歩行練習を可能にする。BWSIT後は、実施前に比べ、下腿三頭筋の筋活動が向上することが報告されている¹⁴⁾。本症例において認められた歩行機能の改善には、同様の筋活動の向上が寄与した可能性がある。具体的には、免荷条件下での反復的な荷重応答によって、麻痺側の下腿三頭筋が立脚後期における推進力発揮を再学習し、その結果として足関節底屈モーメントの増大やステップ長の延長につながったと考える。Moriらは、BWSITの免荷率が20%で有意な時間対称性の改善が得られると報告しており¹⁵⁾、本症例も同様の免荷率で実施した。BWSITが麻痺側の単脚支持率を増加させることで、左右対称性の高い歩行パターンを促進することが示されている¹⁶⁾。ボツリヌス療法によって痙縮が軽減

した状態で、対称性の得られた反復練習を行うことにより、筋活動の効率的な再構築が促進されたと考えられる。

先行研究において、高尾らは慢性期脳卒中患者に対し、週3回・4週間のBWSITを実施した結果、歩行速度が0.07 m/s改善したと報告している¹⁰⁾。本症例における介入では、2週間という短期間でありながら集中的にBWSITを実施したことで、それを上回る歩行速度の向上が得られた。患者本人が「歩きやすくなった」と主観的に感じた点についても、歩行効率の向上を示唆する所見である。このことは、介入頻度の高さとボツリヌス療法による痙縮軽減効果が相乗的に作用し、歩行能力の改善を促進した可能性を示す。先行研究では、ボツリヌス療法と歩行練習の併用により、歩行能力の改善効果が報告されているが、その効果は介入方法や対象者特性によって一貫しない³⁾。本症例では短期間で変化が得られたことから、特に発症後一定期間を経て痙縮が安定した慢性期患者においては、ボツリヌス療法直後にBWSITを集中的に行うことが有効である可能性を示す。

本症例においてバランス機能に明らかな改善は認められなかった。これは、対象者が介入前から比較的高いバランス能力を保持していたため、天井効果が影響した可能性がある。今後は、バランス機能の改善を敏感に検出できる評価法を組み合わせることが望ましい。

本研究の限界としては、単一症例であり一般化には慎重を要する点、追跡期間が短く長期的効果

を確認できていない点が挙げられる。今後は、対象者数を増やした検討や、ボツリヌス療法後の異なる運動療法との比較研究が求められる。また、初回評価はボツリヌス療法の効果の発現とBWSSTの効果が重なり合う時期に行われた。したがって、ボツリヌス療法単独と運動療法の効果の弁別は困難であり、結果の解釈には注意を要する。次に、ボツリヌス毒素の施用量やBWSSTの速度や免荷量、頻度が適切であるかについては今後検証する必要がある、知見の一般化や解釈には注意が必要である。今後は実歩行時間や総歩数などを検証することで、併用療法の効果を明確にしていく必要がある。これらの点は、本研究の限界として認識し、今後の症例蓄積および前向き研究による検証が求められる。

5. 結論

本症例では、ボツリヌス療法とBWSSTを併用することで、痙縮の軽減に加え、関節可動域や歩行速度、歩行対称性の改善が認められた。

6. 利益相反

本研究の実施にあたり、開示すべき利益相反の関係にある企業などはない。

引用文献

- Schinwelski MJ, Sitek EJ, Wąz P, et al. : Prevalence and predictors of post-stroke spasticity and its impact on daily living and quality of life. *Neurol Neurochir Pol*, 53(6) : 449-457, 2019.
- 日本脳卒中学会 脳卒中ガイドライン委員会(改訂2023) : 脳卒中治療ガイドライン2021(改訂2023) : 263, 268, 日本脳卒中学会, 東京, 2023.
- Wu T, Li JH, Song HX, et al. : Effectiveness of botulinum toxin for lower limbs spasticity after stroke : a systematic review and meta-analysis. *Top Stroke Rehabil*, 23(3) : 217-223, 2016.
- Roche N, Zory R, Sauthier A, et al. : Effect of rehabilitation and botulinum toxin injection on gait in chronic stroke patients : a randomized controlled study. *J Rehabil Med*, 47(1) : 31-37, 2015.
- Visintin M, Barbeau H, Korner-Bitensky N, et al. : A new approach to retrain gait in stroke patients through body weight support and treadmill stimulation. *Stroke*, 29(6) : 1122-1128, 1998.
- 長谷川隆史, 内山靖 : BWSST のグローバル・スタンダード. *理学療法学*, 40(8) : 578-579, 2013.
- Peurala SH, Tarkka IM, Pitkänen K, et al. : The effectiveness of body weight-supported gait training and floor walking in patients with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 86(8) : 1557-1564, 2005.
- Srivastava A, Taly AB, Gupta A, et al. : Bodyweight-supported treadmill training for retraining gait among chronic stroke survivors : a randomized controlled study. *Ann Phys Rehabil Med*, 59(4) : 235-241, 2016.
- Mehrholz J, Thomas S, Elsner B : Treadmill training and body weight support for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*, 8(8) : CD002840, 2017.
- 高尾敏文, 斎藤秀之, 田中直樹, 他 : 慢性期脳卒中片麻痺患者に対する体重免荷トレッドミル歩行練習の即時効果および経時効果. *理学療法学*, 38(3) : 180-187, 2011.
- Johnson CA, BurrIDGE JH, Strike PW, et al. : The effect of combined use of botulinum toxin type A and functional electric stimulation in the treatment of spastic drop foot after stroke : a preliminary investigation. *Arch Phys Med Rehabil*, 85(6) : 902-909, 2004.
- Baricich A, Picelli A, Calda S, et al. : Electrical stimulation of antagonist muscles after botulinum toxin type A for post-stroke spastic equinus foot. A randomized single-blind pilot study. *Ann Phys Med Rehabil*, 62(4) : 214-219, 2019.
- 勝谷将史, 道免和久 : 慢性期脳卒中患者に対する痙縮治療と装具療法. *Jpn J Rehabil Med*, 56(4) : 298-302, 2019.
- Mulroy, S J, Klassen, T, Gronley, JK, et al. : Gait parameters associated with responsiveness to treadmill training with body-weight support after stroke : an exploratory study. *Phys Ther*, 90(2) : 209-223, 2010.
- Mori H, Tamari M, Maruyama H : Relationship between walking ability of patients with stroke and effect of body weight-supported treadmill training. *J Phys Ther Sci*, 32(3) : 206-209, 2020.
- Hesse S, Konrad M, Uhlenbrock D : Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects. *Arch Phys Med Rehabil*, 80(4) : 421-427, 1999.

Abstract:

Objective: The purpose of this study was to report the clinical course of an intervention combining botulinum toxin therapy and body weight-supported treadmill training (BWSST) in a patient with chronic stroke.

Methods: The participant was a 57-year-old male with moderate left hemiparesis, 10 months post-stroke onset. On the Modified Ashworth Scale (MAS), spasticity of grade 1+ was observed in the left ankle plantar flexors. A total of 300 units of botulinum toxin type A were administered—100 U to the left upper limb, 100 U to the left hamstrings, and 100 U to the left ankle plantar flexors (gastrocnemius and soleus muscles). Subsequently, a two-week BWSST program was implemented. Pre- and post-intervention assessments included MAS, ankle range of motion (ROM), 10-meter walk test, 6-minute walk test, and three-dimensional motion analysis.

Results: Post-intervention, reductions in spasticity of the left ankle plantar flexors were observed on the MAS, accompanied by increased ankle dorsiflexion, improved walking speed, and enhanced walking endurance. Improvements were also noted in ankle plantar flexor moment, step length, and temporal symmetry during gait.

Conclusion: In this case, the combination of botulinum toxin therapy and BWSST appeared to contribute to reductions in ankle spasticity, improvements in joint range of motion, and enhanced gait performance in a patient with chronic stroke.

Key words: Electrophysical agents, 3D motion analysis, Neurorehabilitation

支援工理学理学療法学会誌

投稿要領

1. 本誌の目的

- ①支援系理学療法学および関連する分野の研究を公表し、理学療法学を発展させる。
- ②理学療法士の卒後継続教育に資する教育的な論文を掲載する。
- ③支援系理学療法の発展に関する記録や資料を掲載する。

2. 記事の種類

- ①研究論文(原著)：新規性および独創性があり、明確な結論を示した論文。症例の臨床的問題や治療結果について科学的に研究を行い、考察を行った論文。単一の対象者であっても、被験者内での多重クロスオーバーデザイン(いわゆる n-of-1 試験*)による介入効果を検証した研究論文を含む。
(*参考：Kravitz, R.L. Design and implementation of N-of-1 trials: a user's guide.
<https://effectivehealthcare.ahrq.gov/products/n-1-trials/research-2014-5>)
- ②短報：研究の速報・略報として簡潔に記載された短い研究論文。
- ③症例報告：症例として報告の意義がある、あるいは新技術として公開することに意義がある論文
- ④その他：システムティックレビュー、症例報告、実践報告、調査報告など編集委員会で掲載が適切と判断された論文および記事(なお、症例報告とは症例の治療および経過などについて論理的に提示し、考察を行ったもの。実践報告とは、理学療法の研究・教育・臨床等の実践の中で、新たな工夫や介入、結果等について具体的かつ客観的に情報提示し、その内容が有益と判断されたもの)。

3. 投稿者の資格

本誌への投稿資格は原則として、共著者のうち

に日本支援工理学理学療法学会会員がいること。ただし、会員が含まれない場合であっても編集委員会が、本学会への貢献が認められた場合は、採択することができる。

なお、依頼原稿についてはこの限りではない。投稿論文の共著者に学生会員を含むことができる。研究や調査の際に倫理上人権上の配慮がなされ、その旨が文中に明記されていること。人および動物を対象とする研究の場合は、必要な倫理審査を受けた旨を明記すること。

4. 投稿原稿の条件

投稿原稿は他誌に発表または投稿中の原稿でないこと。本規定および執筆規定にしたがい作成すること。

5. 投稿承諾書

著者の論文への責任および著作権譲渡の確認のため、別紙の投稿承諾書に自筆による署名をして提出すること。

6. 利益相反

利益相反の可能性のある事項(コンサルタント料、株式所有、寄付金、特許など)がある場合は本文中に記載すること。なお、利益相反に関しては日本理学療法士学会連合が定める「利益相反の開示に関する基準」を遵守すること。

投稿時に「COI 自己申告書」を提出しなければならない。申告時の内容については、謝辞等にその旨記載する。COI 状態がない場合も、謝辞等に「開示すべき COI 状態はない」などの文言を記載し、自己申請書を提出する。

7. 著作権

本誌に掲載された論文の著作権は、日本支援工理学理学療法学会に属する。また、本誌に掲載された論文はオンライン公開される。

8. 研究倫理

ヘルシンキ宣言および厚生労働省の「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」などの医学研究に関する指針に基づき対象者の保

護には十分留意し、説明と同意などの倫理的な配慮に関する記述を必ず行うこと。また、研究にあたり、所属研究機関あるいは所属施設の倫理委員会ないしそれに準ずる機関の承認を得ることを必須とし、倫理審査委員会名および承認番号(または承認年月日)を必ず記載すること。なお、倫理審査委員会より承認の非該当となった場合には、その旨を記載する。

9. 原稿の採択

原稿の採否は複数の査読者の意見を参考に編集委員会において決定する。査読の結果、編集方針にしたがって原稿の修正を求めることがある。修正を求められた場合は2カ月以内に修正稿を再提出すること。提出期限を超過した場合は新規投稿論文として扱われる。また、必要に応じて編集委員会の責任において字句の訂正を行うことがある。

10. 校正

著者校正は原則として1回とし、誤字脱字を除く文章および図表の変更は原則として認めない。

11. 掲載に関する費用

規定の分量の範囲内までは無料掲載するが、超過した場合は超過分に要した実費を徴収する場合がある。

12. 原稿送付方法および連絡先

1) 原稿送付方法

本学会のメールアドレス(journal@jsatpt.jspt.or.jp)へ投稿すること。原稿書式など詳細は執筆規程に定める。

2) 問合せ先

〒106-0032 東京都港区六本木7-11-10
一般社団法人 日本支援工理学療法学会
「日本支援工理学療法学会学会誌」編集室
TEL: 03-6804-1626
E-mail: journal@jsatpt.jspt.or.jp

註1: 国際医学雑誌編集者委員会: 生物医学雑誌への投稿のための統一規定(<http://www.icmje.org/recommendations/>)

註2: 厚生労働省: 研究に関する指針について
(<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hokabunya/kenkyujigyou/ikenkyu/index.html>)

《執筆規程》

1. 原稿の分量および形式

- 1) 原稿はパソコンまたはワープロ(テキストファイル形式)を用い、A4版横書き縦40行・横40字の1,600字分を1枚とし、文献、図表、写真を含み、本文の合計が10枚(16,000字相当)以内を原則とする。1,600字用紙で3枚程度の短報も可能。
- 2) 図表、写真は、それぞれ1枚につき原稿400字分と換算し、原則として合計5枚以内とする。図は製版できるような作成し、表はタイプ又はワープロで作成する。写真は白黒を原則とし、カラー写真の場合には実費負担とする。
- 3) 刷り上がり5ページ(8,000字相当)までの掲載は無料。6ページ以上の超過ページは実費徴収する場合がある。

2. 論文の構成

- 1) 原稿の表紙に、①題名(和文および英文)、②キーワード(5語以内)、③希望する原稿カテゴリー(研究論文(原著)、短報、研究報告、症例報告、その他)、④前回投稿時のPaper ID(再投稿や再々投稿の場合のみ)。
- 2) 原稿本文には、和文の要旨(400字以内)とキーワード(5語以内)、本文、文献、英語要旨(300語以内のAbstract)とKeywords(5語以内)の順に記載し、通し番号を付け、図表及び写真を添付する。また、原稿本文の各ページには行番号を付けること。
- 3) 図、表及び写真は1枚ずつ別紙とし、図1、表1および写真1などの番号をつける。さらに図及び写真の標題や説明は、別紙1枚に番号順に記入する。
- 4) 本文: 本文は原則以下の項目に沿って本文を構成すること。ただし、研究論文(原著)以外の記事の種類の論文においては、著者の判断で項目

名を変更してもよい。

①はじめに(序論、緒言)：研究の背景、臨床的意義、研究の目的、取り扱っている主題の範囲、先行研究との関連性の明示などを記述する。

②対象および方法

用いた研究方法について第3者が追試できるように記述する。倫理的配慮も記述すること。

③結果(成績)

研究で得られた結果を本文および図表を用いて記述する。データは、検証、追試を行いやすいように図(グラフ)よりも表にして数値で示す方が望ましい。

④考察(分析)

結果の分析・評価、今後の課題、などを記述する。

⑤結論

研究で得られた結論を200～300字で簡潔に記述する。

⑥利益相反

利益相反の有無について記載する。

⑦謝辞

著者資格には該当しない研究への貢献者については謝辞に記載する。

5) 文献：引用文献のみとする

6) 年号は原則として西暦を使用し、外国語、外国人名、地名は、原語もしくはカタカナ(最初は原綴りを併記)で書く。略語は本文中の最初に出たところでフルネームを入れる。

7) 文献の記載方法

a) 本文中の該当箇所の右肩に、順に1)、2)…の通し番号を付し、文末に番号順に掲げる。

b) 雑誌の場合

著者名：題名. 雑誌名, 巻(号)：引用ページ, 発行年 の順に記載する。

(例)

井村恒郎：知覚抗争の現象について. 精神経誌, 60：1239-1247, 1958.

Baxter, L R, Schwartz, J M, et al. : Reduction of prefrontal cortex metabolism common to three types of depression. Arch Gen Psychiatry, 46：243-250, 1989.

c) 単行本の場合

著者名：題名. 監修ないし編集者, 書名, 版数：引用ページ, 発行人名, 発行地名, 西暦発行日の順に記載する。

(例)

八木剛平, 伊藤斉：躁鬱病. 保崎秀夫編著, 新精神医学：282-306, 文光堂, 東京, 1990.

Gardnar, M B : Oncogenes and acute leukemia. Stass SA(ed), The Acute Leukemias : 327-359, Marcel Dekker, New York, 1987.

d) 著者名が4名以上の場合、3名連記の上、○ ○○, 他、あるいは○○○, et al. とする。

3. 投稿は原則として以下のファイル(①表紙：上記7の(1)を参照のこと、②本文、③図表、④投稿関連電子ファイル：連絡先 査読候補者等の希望リスト 投稿承諾書 COI自己申告書 ネイティブチェック)をpdfファイルとし、以下学会アドレスに添付ファイルとして投稿してください。なおすべてのファイル名には氏名を先頭に記してください。例：「山田太郎表紙.pdf」、山田太郎本文.pdf」、他。

4. 学会アドレス：journal@jsatpt.jspt.or.jp

5. 著者校正は1回とする。校正の際の大幅な変更は認めない。

6. 採択した原稿及び電子媒体は、原則として返却しない。

7. 投稿承諾書・COI自己申告書・ネイティブチェック証明書はPDFにして、日本支援工理学療法学会事務局にメール(journal@jsatpt.jspt.or.jp)にて提出する。宛先は以下の通り。

〒106-0032 東京都港区六本木7-11-10

一般社団法人 日本支援工理学療法学会

「日本支援工理学療法学会学会誌」編集室

TEL：03-6804-1626

E-mail：journal@jsatpt.jspt.or.jp

8. 本誌に掲載された論文の著作権は日本支援工理学療法学会に帰属する。

9. 査読候補者について

(1) 査読候補を1名以上指名すること。該当者の①氏名、②所属、③e-mailアドレスを投稿の際に同時入力すること。なお、査読者

の最終的な選定は編集委員会で行うため、必ずしも査読候補者が査読者に加わるとは限らない。

- (2) 投稿者の不利益が予想される場合、投稿者は該当者を指名して査読候補者から除外するよう希望することができる。指名する場合は、①投稿者に不利益が生じる理由、および該当者の②氏名、所属、e-mail アドレス等を明記した別紙(フォーマットは任意)を添付すること。なお、査読者の最終的な選定は編集委員会で行うため、該当者が査読者に加わる場合もある。

10. 英文で執筆する場合はネイティブチェックを受け、初回投稿時に証明書のコピーを添付する。
(2021年9月26日制定)
(2024年2月29日改正)
(2024年9月11日改正)

編集後記

本号(第5巻第2号)には、支援工学理学療法の臨床実践に関わる多様な研究成果が掲載されました。災害時に使用されるダンボールベッドの体圧分散性に関するスコーピングレビューをはじめ、装具療法の実態調査や歩行支援機器の効果検証、歩行機能の定量評価に関する研究などが報告されています。また、ロボット支援歩行練習や脳卒中患者の歩行再建、下肢切断者への振動触覚フィードバックの応用など、臨床現場から生まれた実践的な症例報告も掲載されており、本分野の広がりや臨床的意義を感じさせる内容となっています。

支援工学理学療法は、工学技術の進歩と理学療法の臨床知が交差することで発展してきた学際的領域です。近年はロボティクスやセンサー技術、情報解析などの進歩により、支援機器の可能性はさらに広がりつつあります。一方で、これらの技術を実際の臨床に結びつけるためには、現場における実践知と研究成果の相互作用が不可欠です。本誌に掲載された研究が、皆様の臨床や研究に新たな視点をもたらし、支援工学理学療法のさらなる発展につながることを期待しております。本誌が研究者と臨床家をつなぐ知見共有の場として機能し、皆様の活動を支える一助となれば幸いです。今後とも、本誌への積極的なご投稿とご支援を賜りますようお願い申し上げます。

支援工学理学療法学会誌 編集委員 信太奈美

編集委員会

編集員長	新田 收	東京都立大学			
編集員	豊田 輝	帝京科学大学	西山 徹	日本医療大学	
	大西忠輔	城西国際大学	春名弘一	北海道科学大学	
	小原謙一	川崎医療福祉大学	廣島拓也	医療法人社団苑田会花はたりハビリテーション病院	
	倉山太一	植草学園大学	西川裕一	金沢大学	
	石濱裕規	医療法人社団永生会研究開発センター	信太奈美	東京都立大学	

支援工学理学療法学会では、ホームページを開設しております。
<http://jspt.japanpt.or.jp>

支援工学理学療法学会誌

Journal of Assistive Technology in Physical Therapy

(略称: jatpt)

2026年3月31日発行 第5巻第2号 ©

発行 日本支援工学理学療法学会
〒106-0032 東京都港区六本木7-11-10
一般社団法人 日本支援工学理学療法学会
「日本支援工学理学療法学会学会誌」編集室
TEL. 03-6804-1626

製作 株式会社 双文社印刷
〒173-0025 東京都板橋区熊野町13-11
TEL. 03(3973)6271 FAX. 03(3973)6228
ISSN 2436-6951

本書の内容を無断で複写・複製・転載すると、著作権・出版権の侵害となること
がありますのでご注意ください。

