

支援工学理学療法学会誌

Vol.3 No.2
2024



支援工学理学療法学会誌

第3巻 第2号

Journal of Assistive Technology in Physical Therapy
Vol.3 No.2



原著	回復期リハビリテーション病棟の脳卒中片麻痺者における 長下肢装具の膝継手の違いがカットダウンに与える因子の特徴	小野塚雄一 ……71 井上和久
原著	ウエルウォーク 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～	宮永陽亮 ……79 平川裕紀 倉爪康裕 東洋介 河野寛一 森下元賀
短報	乳幼児用抱っこ紐における腰部への負担と筋疲労の軽減に関する 検討	松田雅弘 ……89 掛川圭 藤野雄次 高橋容子 北原エリ子 楠本泰士
症例報告	皮質脊髓路および皮質網様体路の損傷を認めた重度片麻痺例に対する 長下肢装具を用いた前型歩行練習による理学療法経験	関崇志 ……98 阿部浩明
原著	臨床家による長下肢装具作製の是非の判断を予測する客観的因子	大鹿糠徹 ……111 阿部浩明 辻本直秀 関崇志
症例報告	脊髄梗塞により対麻痺を呈した一症例への下肢装具についての 効果検証	森嘉裕 ……122 昆恵介 春名弘一 加藤雄大 安彦かがり
原著	足部可動性を有する長下肢装具を用いた前型歩行トレーニングの 実施による実際の退院時の歩行予後と二木による予後予測指標を 用いた際の退院時の歩行自立度との比較	高橋智佳 ……128 阿部浩明 佐藤亘 梅木淳

投稿要領 138

編集後記 141

◎原著

回復期リハビリテーション病棟の脳卒中片麻痺者における
長下肢装具の膝継手の違いがカットダウンに与える因子の特徴Characteristics of factors affecting cutdown by different knee joints of knee 5 ankle foot orthoses
in hemiplegic stroke patients in recovery phase rehabilitation wards小野塚雄一¹, 井上和久²

要旨

【目的】 本研究は、長下肢装具におけるカットダウンの可否に与える因子が何かを明らかにすることである。

【方法】 対象は2015年4月から2021年4月の期間に回復期リハビリテーション病棟へ入院された初発脳卒中片麻痺者で、長下肢装具が処方された44名をカットダウンの可否によって2群に分けて比較した。また、有意な差を認めた項目を独立変数とし、カットダウンの可否を従属変数とするロジスティック回帰分析を行った。

【結果】 カットダウンの可否に対するロジスティック回帰分析の結果、膝継手の種類と入院時認知FIMが独立した規定因子として抽出された。

【結語】 初発脳卒中片麻痺者におけるカットダウンの可否には、膝継手の種類の違いと入院時認知FIMが影響を与える可能性があることが示唆された。

【キーワード】 長下肢装具、カットダウン、膝継手

1. はじめに

脳卒中片麻痺者(cerebral vascular accident 以下、CVA)が回復期リハビリテーション病棟(以下、回りハ)に入院する日数は、発症後平均28.6日(2020年度)と報告されている¹⁾。CVAの歩行機能の改善を図るために、頻回な歩行練習を行うことが勧められており、膝伸筋筋力や股関節周囲筋力が十分でない患者に対して、歩行練習を行うために長下肢装具(knee ankle foot orthosis 以下、KAFO)を使用することは妥当とされている²⁾。しかし、装具の必要性は、理学療法士の間

でも広まりつつあるが、具体的な歩行練習の方法や、装具療法の適応、使用方法など、統一・体系化されたものは示されていない³⁾。

回りハにおいてKAFOは治療用装具として用いられるが、日常生活において膝関節を固定する機能は起立動作や移乗動作、トイレ動作の障壁となる。そのため、KAFOから短下肢装具(ankle foot orthosis 以下、AFO)へのカットダウンは妥当であるとされている⁴⁾。カットダウンの判定基準は、歩行中に膝継手のロックを外した状態で膝の安定性があり、著明な膝折れや反張膝を認めな

1 医療法人眞幸会草加松原リハビリテーション病院 リハビリテーション課

2 埼玉県立大学保健医療福祉学部理学療法学科

投稿日：2022年11月12日 採択決定日：2023年6月7日 公開日：2024年3月29日

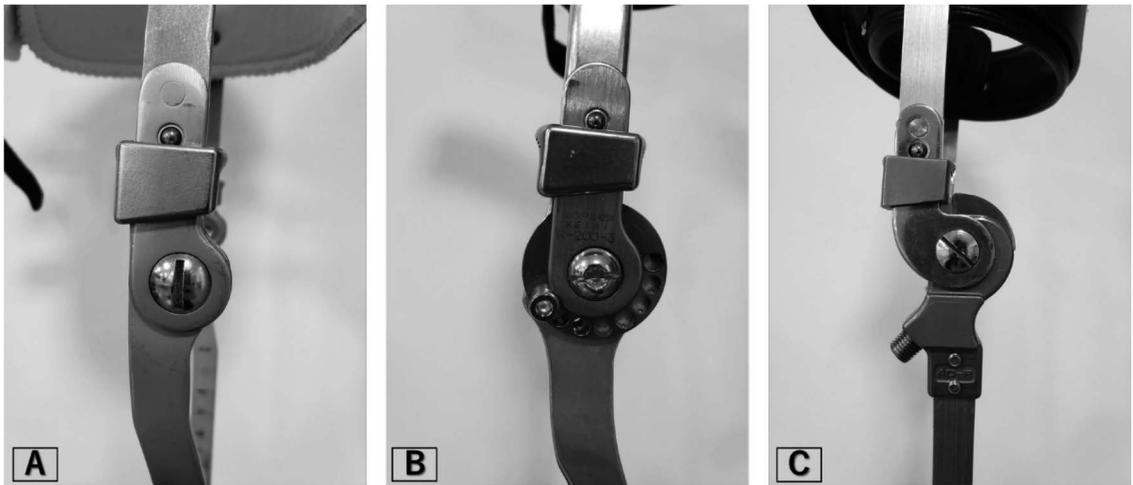


図1 当院における膝継手

A：リングロック膝継手、B：ダイヤルロック膝継手、C：SPEX 膝継手
SPEX：spring assisted extension knee joint

いこととされているが^{5,6)}、カットダウンの割合は47～65%⁵⁻⁸⁾程度である。KAFOからのカットダウンを達成するために、装具完成からAFOまでのカットダウン達成までの移行期間においてトライアル・アンド・エラーを繰り返しながら、歩行練習に用いる装具の割合をKAFOからAFOに増やしていく方法が最も確実な方法とされる⁹⁾。

当院の装具処方基準は、下肢の支持性が不十分で、立位・歩行練習が困難な場合にKAFOが処方される。KAFOの膝継手の種類として、リングロック膝継手(図1A)やダイヤルロック膝継手(図1B)などの膝関節を固定することを目的とした継手の使用頻度が高い。当院において2015～2017年度までリングロック膝継手は13.0%、ダイヤルロック膝継手は87.0%の使用率であった。KAFOからAFOへ移行を行う際に、膝継手のロックを外して評価を行うがCVAの膝関節の随意制御が課題となる。そのため、バネを用いた屈曲制動と伸展補助の伸展補助機構の調節機能を有す¹⁰⁾ Spring assisted extension knee joint(以下、SPEX)膝継手(アドバンフィット株式会社)(図1C)を2018年度より採用した。SPEX膝継手は、KAFOからAFOのカットダウン移行期間に膝折れや反張膝、下肢の支持性に応じて、伸展補助機

構を調整しながら練習を行える利点がある。そのため、KAFOの使用率は2018～2020年度において、リングロック膝継手14.8%、ダイヤルロック膝継手25.9%、SPEX膝継手59.3%となり、以前に比べダイヤルロック膝継手の使用率の減少に伴いSPEX膝継手の使用率が増加した。膝継手の選択の判断基準として、SPEX膝継手は身体面(身長が低すぎるとSPEX膝継手の部品が大き過ぎるための適合不全となる)や金銭面(高額)に考慮することがあり、それ以外、他の継手とは適応・禁忌の差はない。

現在、カットダウンの可否と膝継手の種類の関係を示した報告は確認されない。そこで、本研究は初発CVAにおけるカットダウンの可否に与える影響が何かを明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2-1 対象

対象は、2015年4月から2021年4月までに1施設における回りハへ入院した初発CVAのうち、KAFOが処方された44名を対象とした。対象者をカットダウンが達成された者(以下、可能群)とカットダウンが未達成だった者(以下、不可能群)の2群に分けた。

また、膝継手の処方における差を確認するため、KAFOが処方された44名をリングロック・ダイヤルロック膝継手(以下、膝固定群)とSPEX膝継手(以下、SPEX群)の2群に分けた。

対象に処方されたKAFOは、全てAFOへカットダウンが可能なタイプであり、足継手はどちらもダブルクレンザック足継手であった。

カットダウンの判定基準は石神ら^{5,6)}に準じ、「歩行中に膝継手のロックを外した状態で膝の安定性がある」、「著明な膝折れや反張膝を認めないこと」とした。

2-2 方法

本研究のデザインは後ろ向き研究とした。診療録より年齢、性別、病型、麻痺の左右、入院時下肢Brunnstrom recovery stage(以下、BRS)、半側空間無視(Unilateral spatial neglect 以下、USN)の有無(USN評価はBehavioral Inattention Testの通常検査を用い、合計得点が131点以下の場合をUSN陽性と判定)、膝継手の種類(膝固定、SPEX)、発症から入院までの期間、発症から装具処方までの期間、入院から装具処方までの期間、在院日数、採型から完成期間、入院時総合Functional Independence Measure(以下、FIM)、入院時運動FIM、入院時認知FIMを調査した。

2-3 統計学的解析

対象者をカットダウンの可否の群間比較に対し、年齢、入院時下肢BRS、発症から入院までの期間、発症から装具処方までの期間、入院から装具処方までの期間、在院日数、採型から完成期間、入院時総合FIM、入院時運動FIM、入院時認知FIMの10項目をMann-Whitney U検定、性別、病型、麻痺の左右、USNの有無、膝継手の種類の5項目は χ^2 検定を用いて検討した。

また、膝継手の種類の群間比較に対し、年齢、入院時下肢BRS、発症から入院までの期間、発症から装具処方までの期間、入院から装具処方までの期間、在院日数、採型～完成期間、入院時総合FIM、入院時運動FIM、入院時認知FIMの10項目をMann-Whitney U検定、性別、病型、麻痺の左右、USNの有無、カットダウンの可否の5項

目は χ^2 検定を用いて検討した。

さらに、カットダウンの可否の群間比較で有意差が認められた各項目を独立変数とし、多重共線性を考慮するため、独立変数間でSpearmanの順位相関係数の値が0.9以上を示したものを除外した。その後、カットダウンの可否を従属変数、単変量解析で有意差を認めた項目を独立変数とし、変数増加法(尤度比)によるロジスティック回帰分析を行った。

統計学的解析はSPSSソフトウェアバージョン28.0(IBM社)を使用し、有意水準は5%とした。

本研究は、埼玉県立大学倫理委員会(承認番号:22047)の承認を得て実施した。

3. 結果

カットダウンの可能群($n = 24$)と不可能群($n = 20$)の比較の結果を表1に示す。年齢(可能群:71.0(64.8-78.3)歳、不可能群:80.5(72.8-84.3)歳)、発症から装具処方までの期間(可能群:32.0(27.8-41.3)日、不可能群:48.0(39.5-63.3)日)、入院から装具処方までの期間(可能群:9.0(6.0-12.3)日、不可能群:15.5(10.3-34.5)日)、入院時総合FIM(可能群:52.0(48.8-64.0)点、不可能群:31.0(23.8-49.0)点)、入院時運動FIM(可能群:27.0(23.8-39.8)点、不可能群:19.0(15.5-28.0)点)、入院時認知FIM(可能群:25.0(22.0-26.0)点、不可能群:14.0(7.0-18.5)点)は有意差を認め、USNの有無(可能群:有6名、無18名、不可能群:有11名、無9名)、膝継手の種類(可能群:膝固定11名、SPEX13名、不可能群:膝固定17名、SPEX3名)は有意差を認めた。

膝継手の膝固定群($n = 28$)とSPEX群($n = 16$)の比較の結果を表2に示す。発症から装具処方までの期間(膝ロック群:43.0(33.3-56.3)日、SPEX群:32.0(26.3-42.8)日)、カットダウンが可能(膝ロック群:39.3%、SPEX群:81.3%)に有意差を認め、その他の項目においては有意差を認めなかった。

カットダウンの可否において有意差を認めた項目の相関行列の結果を表3に示す。項目の内部相関の分析において、年齢と入院時処方までの期間

表1 カットダウン可能群とカットダウン不可能群の比較

	カットダウン可能群 (n = 24)	カットダウン不可能群 (n = 20)	P 値
年齢 (歳)	71.0 (64.8-78.3)	80.5 (72.8-84.3)	0.030*
性別			0.283
男	11 名 (45.8%)	6 名 (30.0%)	
女	13 名 (54.2%)	14 名 (70.0%)	
病型			0.317
脳出血	12 名 (50.0%)	7 名 (35.0%)	
脳梗塞	12 名 (50.0%)	13 名 (65.0%)	
麻痺側			0.865
右	9 名 (37.5%)	8 名 (40.0%)	
左	15 名 (62.5%)	12 名 (60.0%)	
下肢 BRS			0.331
I	3 名 (12.5%)	4 名 (20.0%)	
II	11 名 (45.8%)	10 名 (50.0%)	
III	9 名 (37.5%)	6 名 (30.0%)	
IV	1 名 (4.2%)	0 名 (0%)	
USN			0.042*
有	6 名 (25.0%)	11 名 (55.0%)	
無	18 名 (75.0%)	9 名 (45.0%)	
膝継手			0.007**
膝ロック	11 名 (45.8%)	17 名 (85.0%)	
SPEX	13 名 (54.1%)	3 名 (15.0%)	
発症から入院期間 (日)	24.5 (18.0-29.3)	27.0 (22.0-36.3)	0.283
発症から装具処方までの期間 (日)	32.0 (27.8-41.3)	48.0 (39.5-63.3)	< 0.001***
入院から装具処方までの期間 (日)	9.0 (6.0-12.3)	15.5 (10.3-34.5)	0.003**
在院日数 (日)	147.5 (139.5-151.3)	148.0 (138.8-153.8)	0.759
採型から完成期間 (日)	7.0 (7.0-7.0)	7.0 (7.0-11.8)	0.192
完成からカットダウン移行期間 (日)	42.0 (30.8-64.3)	-	
入院時総合 FIM (点)	52.0 (48.8-64.0)	31.0 (23.8-49.0)	< 0.001***
入院時運動 FIM (点)	27.0 (23.8-39.8)	19.0 (15.5-28.0)	0.004**
入院時認知 FIM (点)	25.0 (22.0-26.0)	14.0 (7.0-18.5)	< 0.001***

BRS : Brunnstrom Recovery Stage、USN : Unilateral Spatial Neglect、SPEX : Spring assisted extension knee joint、FIM : Functional Independence Measure。Mann-Whitney U 検定、中央値(第1四分位数-第3四分位数)
 χ^2 検定、* : $p < 0.05$ 、** : $p < 0.01$ 、*** : $p < 0.001$

($p < 0.01$ 、 $\rho = 0.45$)、発症から装具処方までの期間と入院時処方までの期間($p < 0.01$ 、 $\rho = 0.58$)、入院時総合 FIM と入院時運動 FIM ($p < 0.01$ 、 $\rho = 0.94$)、入院時総合 FIM と入院時認知 FIM ($p < 0.01$ 、 $\rho = 0.77$)、入院時運動 FIM と入院時認知 FIM ($p < 0.01$ 、 $\rho = 0.56$)の間に有意な相関が認められた。 ρ が 0.9 以上であるものは入院時総合 FIM と入院時運動 FIM であったため、今回、入院時総合 FIM は除外した。

カットダウンの可否を従属変数(否可能 : 0、可能 : 1)とし、年齢、USN の有無(有 : 0、無 : 1)、膝継手の種類(膝ロック : 0、SPEX : 1)、発症から装具処方までの期間、入院から装具処方までの

期間、入院時運動 FIM、入院時認知 FIM の 7 項目を独立変数としてロジスティック回帰分析を行った結果を表 4 に示す。膝継手の種類($p = 0.014$ 、オッズ比 23.844、95% 信頼区間 : 1.909-297.753)、入院時認知 FIM ($p = 0.003$ 、オッズ比 1.335、95% 信頼区間 : 1.100-1.621)はカットダウンの可否に対する有意な変数として選択された。また、Hosmer と Lemeshow の検定において適合度は高い値を示した($p = 0.700$)。

4. 考察

本研究の目的は、回リハに入院中の初発 CVA を対象とし、KAFO のカットダウンの可否に与え

表2 膝ロック群と SPEX 群の比較

	膝ロック群 (n = 28)	SPEX 群 (n = 16)	P 値
年齢 (歳)	79.0 (67.0-84.0)	71.0 (67.0-79.3)	0.127
性別			0.599
男	11 名 (60.7%)	7 名 (43.8%)	
女	17 名 (39.3%)	9 名 (56.2%)	
病型			0.954
脳出血	12 名 (42.8%)	7 名 (43.7%)	
脳梗塞	16 名 (57.2%)	9 名 (56.3%)	
麻痺側			0.070
右	8 名 (25.6%)	9 名 (56.3%)	
左	20 名 (74.4%)	7 名 (43.7%)	
下肢 BRS			0.368
I	5 名 (17.8%)	2 名 (12.5%)	
II	14 名 (50.0%)	7 名 (43.8%)	
III	9 名 (32.2%)	6 名 (37.5%)	
IV	0 名 (0%)	1 名 (6.2%)	
USN			0.907
有	11 名 (39.3%)	6 名 (37.5%)	
無	17 名 (60.7%)	10 名 (62.5%)	
カットダウンの可否			0.007**
可能	11 名 (39.3%)	13 名 (81.3%)	
不可能	17 名 (60.7%)	3 名 (18.7%)	
発症から入院期間 (日)	27.0 (22.0-34.5)	25.0 (17.3-28.8)	0.379
発症から装具処方までの期間(日)	43.0 (33.3-56.3)	32.0 (26.3-42.8)	0.031*
入院から装具処方までの期間(日)	12.5 (8.0-22.3)	8.0 (6.0-14.0)	0.057
在院日数 (日)	148.5 (138.8-162.8)	145.0 (139.0-148.3)	0.271
採型から完成期間 (日)	7.0 (7.0-9.5)	7.0 (7.0-7.0)	0.221
入院時総合 FIM (点)	49.0 (26.8-63.3)	49.0 (39.5-53.0)	0.971
入院時運動 FIM (点)	25.0 (19.0-37.3)	24.0 (20.8-33.3)	0.788
入院時認知 FIM (点)	22.5 (9.5-25.0)	21.0 (15.8-25.5)	0.597

BRS : Brunnstrom Recovery Stage、USN : Unilateral Spatial Neglect、SPEX : Spring assisted extension knee joint、FIM : Functional Independence Measure、Mann-Whitney U 検定、中央値(第 1 四分位数-第 3 四分位数)、 χ^2 検定、* : p < 0.05、** : p < 0.01

表3 独立変数の相関行列

	年齢	発症から装具処方 までの期間	入院から装具処方 までの期間	入院時総合 FIM	入院時運動 FIM	入院認知 FIM
年齢	1.00	0.15	0.45**	- 0.26	- 0.22	- 0.23
発症から装具処方 までの期間	0.15	1.00	0.58**	- 0.19	- 0.17	- 0.24
入院から装具処方 までの期間	0.45**	0.58**	1.00	- 0.22	- 0.19	- 0.26
入院時総合 FIM	- 0.26	- 0.19	- 0.22	1.00	0.94**	0.77**
入院時運動 FIM	- 0.22	- 0.17	- 0.19	0.94**	1.00	0.56**
入院時認知 FIM	- 0.23	- 0.24	- 0.26	0.77**	0.56**	1.00

FIM : Functional Independence Measure、** : p < 0.01

表4 カットダウンの可否に対するロジスティック回帰分析

	偏回帰係数	Wald χ^2	P 値	オッズ比	95% 信頼区間
入院時認知 FIM	0.289	8.533	0.003**	1.335	1.100 1.621
膝継手の種類	3.172	6.062	0.014*	23.844	1.909 297.753

FIM : Functional Independence Measure、単変量解析で有意を示した項目を独立変数として投入
* : p < 0.05、** : p < 0.01、モデル χ^2 検定、Hosmer と Lemeshow の検定(p = 0.700)、判定的中率 81.8%

る因子を明らかにすることであった。その結果、膝継手の種類と入院時認知 FIM がカットダウンの可否に影響を与える因子として抽出された。

第一に膝継手の種類がカットダウンの可否に影響を与える因子の一つとして抽出された。回復期リハビリテーション病棟協会¹⁾の報告において、CVA 患者が回りハへの入院までの期間は発症後平均 28.6 日であり、早期座位・立位、装具を用いた早期歩行練習などを含んだ積極的なリハビリテーションを発症後できるだけ早期から行うことや頻回な歩行練習を行うことが脳卒中治療ガイドライン 2021²⁾で勧められている。そのため発症早期から KAFO を用いて立位・歩行練習を行う必要性が高い。今回、カットダウンの可否においては、発症から装具処方までの期間(可能群：32.0 日、不可能群：48.0 日)や入院から装具処方までの期間(可能群：9.0 日、不可能群：15.5 日)に有意差を認めており、カットダウン不可能群に比べて可能群が早期に KAFO を処方している。斎藤ら¹¹⁾や幸田ら¹²⁾によれば、装具処方の必要性は運動練習がリハビリテーション室で開始されてから 1～2 週間以内に判断すると述べられており、カットダウン可能群が不可能群と比較して早期に KAFO が処方されている。また膝継手の種類の方において、膝継手の種類の群間比較は発症から装具処方までの期間に有意差を認めており、膝ロック群が 43.0 日、SPEX 群が 32.0 日と SPEX 群が早い処方となった。これは KAFO の処方における意思決定において、膝継手の選択の際、SPEX 群の方がリングロック膝継手やダイアルロック膝継手よりも歩行獲得や KAFO から AFO へのカットダウンを意識して処方している可能性がある。また膝継手を選択する際の前段階として、身体機能の差による影響が考えられる。しかし、膝継手の種類の群間比較の結果から入院時下肢 BRS、入院時運動 FIM の運動機能の項目に有意な差が認められなかった。そのため、膝継手の選択の判断基準として、SPEX 膝継手と他の継手との差は発症から装具処方までの期間以外は認められていない。しかし、発症から装具処方までの期間を因子としたロジスティック回帰分析を行ったところ因子に選出されなかった。そのため、今回

の項目で検討していないカットダウン移行期間における介入方法が影響した可能性が考えられる。

カットダウン移行期間において、膝継手のロックを外して評価を行うが CVA の膝関節の随意制御が課題となる場合がある。目標課題が難しすぎる場合には課題の容易化を図り、限界難度課題を提供する必要があるため¹³⁾、カットダウンの移行期間中に SPEX 膝継手の伸展補助機構を用いて運動療法を行うことは、セラピストが CVA 患者の身体機能に合わせて課題難易度を提供できた可能性がある。課題難易度の調整方法には他にも KAFO から AFO へのカットダウン移行期に対してセパレートカフ式の KAFO⁹⁾や軟性膝装具と AFO を併用して段階的に課題難易度を調整する方法もあり⁴⁾、カットダウンには装具の特性と運動療法との組み合わせた課題難易度を設定する必要がある。そのため、入院時の因子ではなく、カットダウン移行期間において運動療法の介入の影響が考えられる。しかし、今回はカットダウンの移行期間の運動療法の介入量や介入方法などが検討できていない。また、膝固定のなかにダイアルロック膝継手が用いられており、ダイアルロック膝継手は円背や膝関節の伸展制限に用いられるため、今回のカットダウンの可否の結果において運動療法の介入量や介入方法が影響した可能性が考えられる。

第二に入院時認知 FIM においてもカットダウンの可否における因子として抽出された。FIM の認知項目はコミュニケーション 2 項目(理解・表出)、社会的認知 3 項目(社会的交流・問題解決・記憶)の 5 項目 35 点で構成¹⁴⁾されており、記憶、意欲、理解、判断などの高次脳機能が関与する。つまり、運動療法を行う上でリハビリテーションへの意欲や運動学習へ影響する可能性が高い。FIM の認知項目はカットダウンの移行期間に関連する因子として報告されている¹⁵⁾。横田ら¹⁶⁾によれば FIM の認知項目の合計点が 20 点以下であると FIM の運動項目の改善量が少ないと報告しており、本研究においても FIM の認知項目はカットダウンの不可能群においては 14.0 点であり 20 点以下であった。西尾ら¹⁷⁾によれば認知機能の低下はリハビリテーションによる日常生活動作(Activities of Daily Living 以下、ADL)能力向

上の阻害因子であり、このように認知機能面の低下は、ADLを含め様々な身体機能に影響を与えているため、カットダウンの可否にも影響を及ぼした可能性が考えられる。

本研究の限界として、研究方法が後方視的研究であり、患者背景が不均一である。そして単一施設での調査であり、KAFOの処方基準や活用頻度は施設間の差が大きく、今後は多施設間での検証が必要と考える。また、理学療法評価が不十分であり、中枢・末梢部における筋出力の評価が実施できておらず、USN以外の高次脳機能障害の検討はできていない。

5. 結論

本研究は、回りハに入院する初発CVAにおけるカットダウンの可否に与える因子を検討した。その結果、カットダウンの可否に与える因子は、膝継手の種類と入院時認知FIMであった。カットダウンには装具の特性と運動療法による課題難易度を設定や運動学習やリハビリテーションへの意欲などの高次脳機能が影響する可能性がある。ただ、今回は身体項目の評価や理学療法の介入量の検討は不十分のため、結果に対してバイアスとなる可能性が考えられた。

6. 利益相反

本研究について開示すべき利益相反はない。

7. 謝辞

本論文の執筆にあたり、ご協力を頂いた草加松原リハビリテーション病院の岡田智美氏に深謝いたします。

引用文献

- 1) 一般社団法人 回復期リハビリテーション病棟協会, http://plus1co.net/d_data/2019_zitai_book_kaitei.pdf (2022年9月24日確認)
- 2) 日本脳卒中学会 脳卒中ガイドライン委員会: 脳卒中ガイドライン委員会編集, 脳卒中治療ガイドライン2021: 263-265, 協企画, 東京, 2021.
- 3) 高木治雄: 回復期脳卒中片麻痺に対するGaitSolution付長下肢装具の適応と臨床的役割. 長崎理学療法, 12: 1-7, 2011.
- 4) 阿部浩明, 辻本直秀, 大鹿糠徹, 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(第二部). 理学療法の歩み, 28: 11-20, 2017.
- 5) 石神重信, 高田研, 新舎規由, 他: 長下肢装具. JOURNAL OF CLINICAL REHABILITATION, 19: 943-949, 2010.
- 6) 高橋紳一, 石神重信: 脳卒中急性期の下肢装具の選択. リハビリテーション医学, 39: 681-718, 2002.
- 7) 明日徹, 川上公孝, 竹村仁, 他: 装具作製はいつ行うか?. 理学療法, 32: 211-218, 2005.
- 8) 増田岳彦, 井田真人, 榎本陽介, 他: 当院における装具処方の実態調査—現状把握と今後の課題—. 理学療法臨床・研究・教育, 14: 52-57, 2007.
- 9) 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: 22-27, 2013.
- 10) 村山稔: スベックス膝継手[®]. 勝谷将史監修, 大村優慈編集, 脳卒中リハ 装具活用実践レクチャー: 52-54. MEDICAL VIEW, 東京, 2018.
- 11) 齊藤智子, 石神重信: 私の脳卒中急性期リハプロトコル(IV). JOURNAL OF CLINICAL REHABILITATION, 8: 49-52, 1999.
- 12) 幸田剣, 上西三島, 山中緑, 他: 急性期病院におけるリハ戦略① 徹底した早期リハビリテーション: 和歌山県立医科大学附属病院. JOURNAL OF CLINICAL REHABILITATION, 17: 732-740, 2008.
- 13) 園田茂, 才藤栄一, 小口和代: 運動学習エッセンス. 園田茂編, 最強の回復期リハビリテーション—FITプログラム: 14-33, 藤田保健衛生大学リハビリテーション部門/学会誌刊行センター, 東京, 2015.
- 14) 千野直一, 椿原彰夫, 園田茂, 他: FIM Ver.3認知項目の具体的評価法. 千野直一, 椿原彰夫, 園田茂, 道免和久, 高橋秀寿編著, 脳卒中の機能評価—SIASとFIM[基礎編]: 121-134, 金原出版, 東京, 2012.
- 15) 田中周, 武藤友和, 吉田真一, 他: 脳卒中片麻痺患者における長下肢装具処方例でのカットダウン移行期間に影響を及ぼす入院時因子の検討. 理学療法科学, 32: 757-761, 2017.
- 16) 横田尚美, 長坂雅世, 本間晴美, 他: 脳卒中患者のADL—機能的自立度評価法(FIM)の入院時と入院後1週の変化. 総合リハビリテーション, 26(3): 281-285, 1998.
- 17) 西尾大祐, 平野恵健, 伊藤志保, 他: 回復期リハビリテーション病棟における重症脳卒中患者の転帰と臨床的特徴. 脳卒中, 32: 86-90, 2010.

Abstract :

Objective : The purpose of this study is to determine the effect of different knee joints in knee ankle foot orthosis on the availability of cut-down.

Methods : Subjects were first-episode stroke hemiplegics admitted to a rehabilitation ward between April 2015 and April 2021. 44 patients who were prescribed knee ankle foot orthosis were divided into two groups according to whether or not a cut-down was possible, and compared. A logistic regression analysis was conducted using the items that showed significant differences as independent variables and the availability of cut-down as the dependent variable.

Results : The logistic regression analysis for the possibility of cut-down revealed that the type of knee joint and cognitive FIM at admission were independent determinants of cut-down.

Conclusion : The results suggest that different types of knee joints and cognitive FIM at admission may influence whether cut-down is possible or not in hemiplegic patients with first stroke.

[Key words] knee ankle foot orthosis, cut-down, knee joints

◎原著

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～

Investigation of factors affecting walking independence at discharge in hemiplegic stroke patients at the time of discharge from a convalescent rehabilitation ward using Welwalk WW-1000
～ A study including patients with reduced cognitive and attentional functions ～

宮永陽亮^{1,2}, 平川裕紀³, 倉爪康裕³, 東洋介³, 河野寛一⁴, 森下元賀⁵

要 旨

【目的】 脳卒中片麻痺を呈してウェルウォーク WW-1000 (以下 WW) を使用した患者の、回復期リハビリテーション病棟 (以下回りハ) 入棟時の認知・注意機能面を含めた各評価から、退院時の歩行自立因子とそのカットオフ値を検討した。

【方法】 対象は脳卒中片麻痺患者 113 名で、回りハ入棟時の Functional Independence Measure (以下 FIM) 歩行 4 点以下、麻痺側立脚中期の膝折れが著明なため歩行練習において長下肢装具が必要で、WW を 10 回以上使用した方とした。加えて何らかの方法で自分の意志を伝えられる方は包含とした。調査項目は、年齢、脳卒中機能障害評価法、FIM 運動項目、FIM 認知項目、Mini-Mental State Examination、Catherine Bergego Scale、Trail Making Test (以下 TMT)、WW で算出される各パラメータとした。退院時の歩行レベルを自立群と非自立群に分類し、二項ロジスティック回帰分析を実施した。

【結果】 予測因子は年齢 (オッズ比 0.88)、TMT-A (オッズ比 0.96) であり、カットオフ値は年齢 68 歳、TMT-A 148 秒であった。

【結論】 WW 使用者の歩行自立因子は年齢と注意機能であり、臨床現場での歩行予後予測の一助になると考える。

【キーワード】 片麻痺、ウェルウォーク、歩行、認知機能障害、注意機能障害

1. はじめに

2020 年 4 月の診療報酬改訂において、運動量

増加機器加算が新設され¹⁾、脳卒中に対するリハビリテーションロボットの活用が期待されてい

1 一般財団法人 潤和リハビリテーション振興財団 潤和会記念病院

2 吉備国際大学 (通信制) 大学院 保健科学研究科理学療法専攻

3 潤和会記念病院 リハビリテーション療法部

4 潤和会記念病院 リハビリテーション科

5 令和健康科学大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

投稿日: 2023 年 4 月 29 日 採択決定日: 2023 年 10 月 18 日 公開日: 2024 年 3 月 29 日

る。脳卒中治療ガイドライン 2021 の歩行障害に対する歩行訓練では、「歩行ができない発症後 3 カ月以内の脳卒中患者に対して、歩行補助ロボットを用いた歩行訓練を行うことは妥当である (推奨度 B)」とされている²⁾。ロボットを用いた歩行リハビリテーションを概観すると、脳卒中片麻痺者に対する歩行獲得のためのプログラムとして **Robot Assisted Gait Training** (以下、**RAGT**) が挙げられる。2018 年の Cho ら³⁾ のシステマティックレビューにおいて、**RAGT** は亜急性脳卒中片麻痺者に対して、従来の理学療法と比較し歩行能力の改善に有効であることが示されている。

近年様々なタイプの歩行支援ロボットが開発されており、そのなかのひとつにウェルウォーク **WW-1000** (以下、**WW**) がある。**WW** はトヨタ自動車株式会社と藤田医科大学が共同開発した、脳卒中片麻痺者の歩行練習を目的としたロボットである。脳卒中治療ガイドライン 2021 では、脳卒中発症後 3 カ月以内の歩行自立度・歩行速度が改善されるとされ、**WW** も同様に発症早期で重度な麻痺がある方が適応となっている²⁾。また機器の特徴として、麻痺側下肢の荷重と振り出し量をアシストでき、視覚と聴覚のフィードバック (**Feedback** : 以下、**FB**) 機能を有している⁴⁻⁶⁾。先行研究において、**WW** による回復期リハビリテーション病棟 (以下、**回リハ**) に入院した初発脳卒中片麻痺者の歩行改善期間の短縮、歩行改善効率の向上、退院時に自力歩行可能になった割合の改善が報告されている⁷⁾。また、Katoh ら⁸⁾ は **WW** が歩行の異常パターン軽減に有効であると報告し、Wang ら⁹⁾ は **WW** の開発段階の機器である **GEAR** を一定期間使用すると、歩容と麻痺側立脚時間・歩行率の改善効果が持続すると示している。

しかし、これらの報告では認知機能や注意機能に問題を有する者を除外している。実際に臨床場面で **WW** を用いる際は重度麻痺に加え、認知機能障害や注意機能障害を併存している事が多い。認知機能障害は高次脳機能障害と同義語として使われる事もあるが、今回の認知機能障害の定義は、**Mini-Mental State Examination** (以下、**MMSE**) のカットオフ値¹⁰⁾ である 23 点以下の方とした。

認知機能障害と歩行練習について、Ozdemir

ら¹¹⁾ は **MMSE** 得点が高いほど日常生活動作の改善率は良好で、歩行能力も改善するとしている。また大田尾ら¹²⁾ は、脳卒中片麻痺者の歩行自立に影響を及ぼす要因として、認知機能低下を挙げて改訂長谷川式簡易知能評価スケールのカットオフ値を 25 点としている。認知機能低下が歩行獲得の阻害因子となる理由として、**MMSE** の下位項目である記憶・注意・理解・言語に関連があり、特に理解 (教示された命令を理解し実行する能力) が重要とされている¹⁰⁾。

注意機能障害も歩行練習に影響する。注意障害は、全般性注意の障害が全般性注意障害、方向性注意の障害である半側空間無視に分けられている¹³⁾。全般性注意障害について松谷ら¹⁴⁾ は、対象者のバランス能力が高いにも関わらず注意障害により歩行監視に留まり、増田ら¹⁵⁾ は歩行中の二重課題は注意機能が低下すると報告している。方向性注意障害である半側空間無視 (**Unilateral Spatial Neglect** : 以下、**USN**) と歩行の関係について、網本ら¹⁶⁾ は、**USN** の重症度が高い症例の歩行自立度は低く、北里ら¹⁷⁾ は、発症後 3 カ月以上経過した **USN** を合併する症例では、実用的な移動能力獲得が難しいと報告している。その他、脳卒中患者の歩行獲得の阻害因子として、認知機能障害と注意機能障害が影響していると報告されている¹⁸⁻²⁰⁾。

WW を使用すると、認知機能障害や注意機能障害を有していても歩行改善につながったとも報告されている²¹⁾。理由として、正面モニタによる視覚 **FB** と音による聴覚 **FB** を用いて課題に集中しやすい環境を整えることと、機器のアシスト量と歩行速度を調整することで適切な難易度での歩行練習が提供できることを挙げている。本報告は 1 症例の症例報告のため、その事例に限定された経過である可能性も否定できないが、対象の個別性に合わせて反応を見ながら **WW** 上のパラメータを調整することで、認知機能障害や注意機能障害を有していても歩行能力が改善する可能性を示唆している。しかし認知機能障害の重症度や注意機能障害の状態によっては、歩行能力の改善が異なるかもしれない。例えば、指示に従うことができない、課題に集中することができない、画面を

注視することができない、空間認識に問題があるなどが、歩行自立の阻害因子となる可能性がある。

当院では医師の指示の下に、脳卒中治療に対してのWW介入を理学療法の一環として行っている。拒否や疼痛の訴えができない方のみを除外対象としており、先行研究と対象者の条件が異なっている。そのため、WW先行研究において包含とならなかった対象者を含めており、WW対象である重度麻痺と併存していることの多い認知機能面と注意機能面を含めた対象のWW予後予測法を明らかにしたいと考えた。また、今まで先行研究において除外基準とされていた症例も対象として含んでいる。そのためこれまでWWを使用していない対象に対してのWW効果も調べることにした。そこで本研究では、脳卒中片麻痺者の回リハ入棟時の身体機能、日常生活能力、WW上のパラメータに、認知機能面・注意機能面を含めて、そのなかから歩行自立の関連因子とそのカットオフ値を見出すことを目的とした。それによりWWを適用した際の、歩行予後予測が明確になることが期待される。

2. 対象および方法

本研究はヘルシンキ宣言に沿い、WWの介入は理学療法の一環として行われた。全症例に入院時包括同意を得た。当院の倫理審査委員会の承認を得て(承認番号:20220519)、WW介入内容ならびに効果をカルテ情報から後方視的に利用した。研究内容を院内掲示およびホームページに掲載し、オプトアウトの機会を保証した。

2-1 対象

対象は、2018年10月～2022年3月までに当院の回リハに入院した脳卒中片麻痺患者で、WW

を10回以上使用した患者とした。包含基準は、WWの初回介入時において、初発の脳卒中、脳卒中発症から90日以内、年齢20歳～85歳、Functional Independence Measure(以下、FIM)歩行4点以下、Brunnstrom Recovery Stage(以下、BRS)下肢IV以下、麻痺側立脚中期の膝折れが著明なため歩行練習において長下肢装具が必要なこと^{22,23)}とした。除外基準は、テント下病変、心機能の低下や呼吸機能障害による制限、コントロール不良の高血圧、重度の関節拘縮または四肢の変形、トレーニングを妨げる視覚または聴覚障害、歩行に影響を与える整形外科または神経疾患の病歴とした。急変による転院、胃瘻造設や頭蓋形成術のための転院、コロナ感染などによる転院、死亡例についても除外した。さらに指示に従えない重度の認知機能障害や注意機能障害を認める方を除外した。なお、何らかの方法で疼痛、拒否などの自分の意志を伝えられる方は包含した(表1)。認知機能と注意機能以外はWWの先行研究の包含基準、除外基準に準じている。

2-2 方法

歩行自立度については、歩行自立度分類(Functional Ambulation Categories:以下、FAC)を指標とした。FACは移動範囲と介助量によって、0点から5点までの6段階に得点化することができる。今回は退院時の歩行レベルにおいて、4点から5点を自立群、1点から3点を非自立群に分類した。

評価項目は、以下の項目を電子カルテから後方視的に調査した。患者属性の指標としては、年齢、性別、麻痺側、在棟日数、回リハ入棟時FACと回リハ退棟時FAC。回リハ入棟時の身体機能として、BRS下肢、Stroke Impairment Assessment

表1 包含基準と除外基準

包含基準	除外基準
<ul style="list-style-type: none">・初発の脳卒中・脳卒中発症から90日以内・年齢20歳～85歳・歩行FIM4点以下・BRS下肢IV以下・歩行練習に長下肢装具が必要な方	<ul style="list-style-type: none">・心機能の低下や呼吸機能障害による制限・コントロール不良の高血圧を有する方・四肢の重度の関節拘縮または変形・トレーニングを妨げる視覚または聴覚障害・歩行に影響を与える整形外科または神経疾患の病歴・指示に従えない重度の認知機能障害や注意機能障害を認める方(何らかの方法で自分の意志を伝えられる方は包含)

Set(以下、SIAS)の「麻痺側下肢運動」「感覚」「筋緊張」「体幹」。日常生活能力として FIM 運動項目。認知機能面として FIM 認知項目、MMSE。注意機能面として、Catherine Bergego Scale の観察評価(以下、CBS)²⁴⁾、Trail Making Test 日本語版(TMT-J: Japanese Version of trail making test。以下、TMT)。TMT は、注意の持続と切り替え、視覚的探索などの評価に広く用いられている神経心理学的検査である。TMT-J の手引き²⁵⁾に習い、TMT の検査の最長検査時間を TMT-A は 180 秒(3 分)、TMT-B は 300 秒(5 分)とした。WW のパラメータは、WW 実施回数、WW で算出される初回介入時の最終歩行試技の麻痺側最大荷重量(全荷重・前足部荷重・踵荷重) [% BW]、膝伸展最大トルク [N・m]、麻痺側立脚時間[秒]、麻痺側遊脚時間[秒]とした。

2-3 歩行練習内容

WW の歩行練習は 1 日 40 分間、週 5 回の頻度

で行った。トヨタ主催の WW 操作研修(3 日間)を修了した理学療法士が、WW に搭載されている練習ガイド機能(対象者の異常歩行のパターンに応じて、どのパラメータを変更したら良いかを療法士が参照できる機能)⁶⁾に従って WW 設定を適時調整し、ロボットの介助量は可能な限り低く設定した。また、療法士は必要に応じて最低限の介助や声掛けを行った。WW を含めて 1 日 3 時間以内のリハビリテーション(理学療法・作業療法・言語聴覚療法)が毎日行われた。その後、歩行時の膝折れが改善し、WW パラメータの膝伸展アシスト機能が必要ではなくなった時点で WW の使用を終了し、平地での短下肢装具を使用しての歩行練習などを実施した。

2-4 統計解析

退院時の最終歩行レベルを FAC の指標に基づき自立群と非自立群に分類し、表 2 の各項目に対して、対応のない t 検定、Mann-Whitney の U 検

表 2 対象者の基本情報

		自立群 n = 45	非自立群 n = 68	p 値
年齢	(歳)	61.6 ± 10.5	69.1 ± 11.1	*
性別 (男/女)	-	20/25	38/30	-
麻痺側 (右/左)	-	18/27	28/40	-
在棟日数	(日)	137.4 ± 29.4	146.9 ± 28.0	-
発症から回復期入棟までの日数	(日)	31.0 ± 12.3	36.2 ± 13.4	-
入棟から WW 開始までの日数	(日)	47.5 ± 19.1	44.3 ± 17.9	-
WW 実施回数	(回)	23.1 ± 9.9	22.9 ± 8.8	-
回りハ入棟時 FAC	-	1.4 ± 0.5	1.4 ± 0.4	-
回りハ退棟時 FAC	-	4.1 ± 0.3	2.1 ± 0.7	*
FAC 変化量	-	2.6 ± 0.7	0.8 ± 0.6	*
BRS 下肢	-	3 (2.5-4)	3 (2-3)	*
SIAS 下肢点数	(点)	11.7 ± 4.2	8.2 ± 4.3	*
運動 FIM 点数	(点)	30.1 ± 10.0	22.3 ± 7.9	*
認知 FIM 点数	(点)	21.9 ± 7.5	17.5 ± 7.1	*
MMSE	(点)	25.1 ± 5.0	18.9 ± 8.5	*
CBS	(点)	7.5 ± 7.2	15.8 ± 7.1	*
TMT-A	(秒)	74.1 ± 37.3	156.6 ± 38.9	*
TMT-B	(秒)	150.8 ± 81.2	282.5 ± 47.0	*
麻痺側全荷重量	(% BW)	62.3 ± 4.0	56.5 ± 11.2	-
麻痺側前足部荷重量	(% BW)	23.4 ± 18.3	25.1 ± 18.5	-
麻痺側踵荷重量	(% BW)	51.6 ± 9.1	46.6 ± 14.7	-
麻痺側最大伸展トルク	(N・m)	11.0 ± 4.6	11.0 ± 3.4	-
麻痺側立脚時間	(秒)	2.4 ± 1.0	3.0 ± 1.2	-
麻痺側遊脚時間	(秒)	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	-

平均値 ± 標準偏差あるいは中央値(四分位範囲) * : p < 0.05

FAC 変化量 : 回りハ退棟時 FAC - 回りハ入棟時 FAC

定、 χ^2 検定の群間比較を実施した。次に、歩行自立群 / 非自立群 (自立 : 1、非自立 : 0) を従属変数、群間比較で有意差の認められた因子を独立変数とし、ステップワイズ法による二項ロジスティック回帰分析を実施した。さらに二項ロジスティック回帰分析で選択された項目について受信者動作特性曲線 (Receiver Operating Characteristic curve : 以下、ROC 曲線) を作成した。ROC 曲線を作成する際は、自立を陽性 (1) として、閾値以下を陽性とした。そして、各指標における Youden index を算出し、最大となる値をカットオフ値とした。また、曲線下面積 (Area Under the Curve : 以下、AUC)、感度、特異度、尤度比を算出した。また、WW 使用における FAC 変化を知るために、回リハ退棟時 FAC から回リハ入棟時 FAC を除し、FAC 変化量を調べた。全ての統計解析は、R およ

び R コマンドの機能を拡張した統計ソフトウェアである ERZ (Easy R, Ver 1.54、自治医科大学附属さいたま医療センター)²⁶⁾ を使用した。統計学的有意水準は 5% とした。

3. 結果

3-1 自立群と非自立群の比較

解析対象者 113 名のうち自立群 45 名、非自立群 68 名であった。対象者の基本情報を表 2 に示す。群間比較では、自立群に比べて非自立群では、年齢、CBS、TMT-A、TMT-B の項目が有意に低く、BRS 下肢、SIAS 下肢点数、運動 FIM 点数、認知 FIM 点数、MMSE の項目が有意に高かった。WW の各パラメータの項目には有意差が見られなかった。また認知・注意機能障害の項目は中央値と最大値に近い数値が見られたため、詳細を図 1

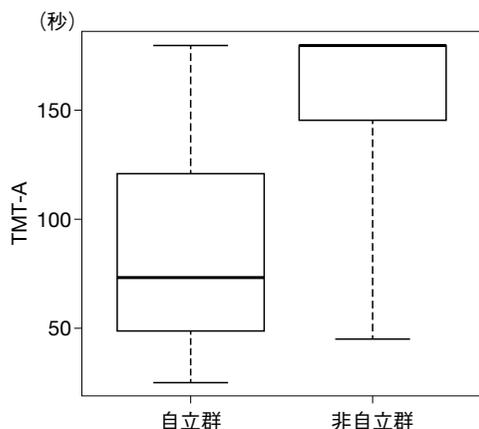


図 1-a TMT-A 項目値の詳細

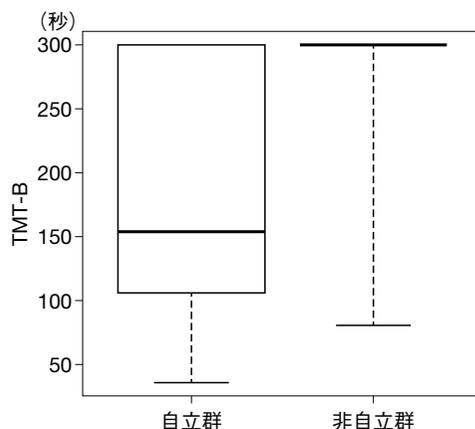


図 1-b TMT-B 項目値の詳細

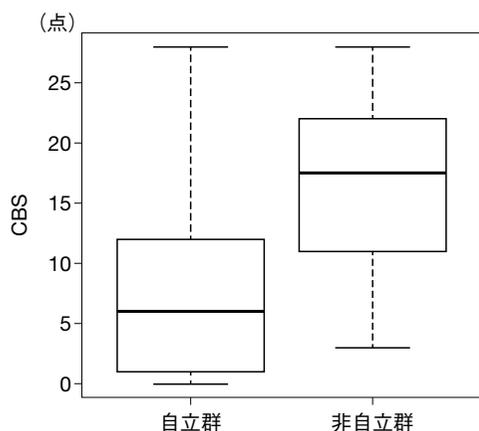


図 1-c CBS 項目値の詳細

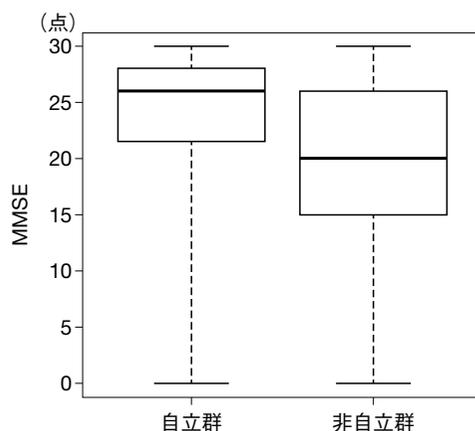


図 1-d MMSE 項目値の詳細

に示した。TMT-A と TMT-B において、非自立群の中央値と最大値が同じであった。加えて、表 2 の自立群と非自立群で、それぞれ回復期入棟時と退棟時の FAC 変化量を確認したところ、自立群の FAC 変化量は 2.6 ± 0.7 、非自立群の FAC 変化量は 0.8 ± 0.6 、と両群ともに改善が見られていた。

3-2 最終歩行レベルにおける歩行自立度の関連因子

最終歩行レベル歩行自立群 / 非自立群(自立 :

1、非自立 : 0) を従属変数とした二項ロジスティック回帰分析の結果を示す。独立変数には、年齢、BRS 下肢、SIAS 下肢点数、運動 FIM 点数、認知 FIM 点数、MMSE、CBS、TMT-A、TMT-B の 9 項目を用いて検討した。その結果、年齢(オッズ比 0.88、95% 信頼区間 0.81-0.95、 $p < 0.05$)、TMT-A(オッズ比 0.96、95% 信頼区間 0.93-0.99、 $p < 0.05$) の 2 項目が採択された(表 3)。

3-3 歩行自立の関連因子とカットオフ値

二項ロジスティック回帰分析で採択された 2 つの因子について ROC 解析を行った。結果は、年齢のカットオフ値は 68 歳(感度 0.75、特異度 0.61、AUC 0.75、陽性尤度比 1.99、陰性尤度比 0.39)、TMT-A のカットオフ値は 142 秒(感度 0.84、特異度 0.85、AUC 0.90、陽性尤度比 5.72、陰性尤度比 0.01)であった(図 2・表 4)。

表 3 二項ロジスティック回帰分析の結果

	オッズ比	95% 信頼区間	p 値
年齢	0.88	0.81-0.95	*
BRS 下肢	1.25	0.44-3.56	-
SIAS 下肢点数	1.18	0.95-1.47	-
運動 FIM 点数	1.07	0.97-1.18	-
認知 FIM 点数	0.96	0.84-1.10	-
MMSE	0.99	0.89-1.09	-
CBS	0.95	0.87-1.05	-
TMT-A	0.96	0.93-0.99	*
TMT-B	1.01	0.99-1.02	-

SIAS : Stroke Impairment Assessment Set * : $p < 0.05$
 MMSE : Mini-Mental State Examination、CBS : Catherine Bergego Scale
 TMT-A : Trail Making Test part A、TMT-B : Trail Making Test part B

4. 考察

本研究は、WW を使用した脳卒中片麻痺者において、回りハ入棟時の各データから歩行自立の関連因子とそのカットオフ値を見出すことを目的とした。結果は、関連因子として年齢と TMT-A が選択され、カットオフ値は年齢 68 歳(AUC 0.75)、TMT-A 142 秒(AUC 0.90)であった。いずれのカットオフ値も AUC が 0.70 以上であり AUC の基準に基づくと予測性能が高いと考える²⁷⁾。

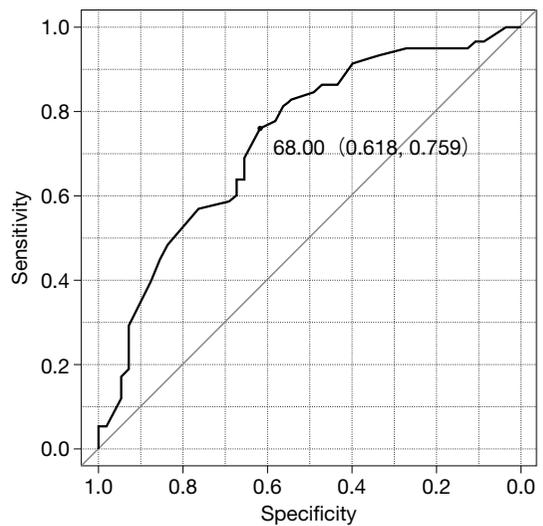


図 2-a 年齢の ROC 曲線

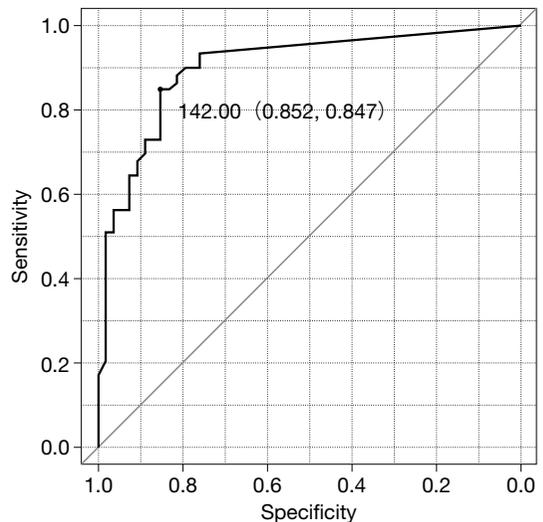


図 2-b TMT-A の ROC 曲線

表4 各項目のカットオフ値と感度、特異度、AUC

	カットオフ値	感度	特異度	AUC	陽性尤度比	陰性尤度比	AUC 95%信頼区間
年齢	68.0	0.75	0.61	0.75	1.99	0.39	0.64-0.82
TMT-A	142.0	0.84	0.85	0.90	5.72	0.01	0.84-0.95

TMT-A : Trail Making Test part A

年齢が関連因子として選択された結果は、脳卒中患者の歩行自立の関連因子として年齢を挙げている先行研究²⁸⁻³⁰⁾を支持した。道免ら³¹⁾も、将来の歩行能力を予測する重要な因子として年齢を挙げており、その基準を78.5歳としている。しかしこの報告では年齢だけでなく、SIAS 股関節・垂直性テスト・MMSEを加えた4項目から歩行能力を予測するものである事と、研究対象者の麻痺が本研究に対して軽度である事などの理由により、本結果の68歳と比較すると10歳程度の解離がみられたのではないかと思われる。また、一般的に加齢により筋力低下³²⁾と認知機能低下³³⁾が起るとされており、このことも歩行能力の予測において年齢が重要な関連因子である理由だと考える。

関連因子としてTMT-Aも抽出された。TMT-Aは、注意の持続、TMT-Bは、注意の転換や分配を反映した評価とされている³⁴⁾。本研究ではTMT-Aのみが抽出された。WWは歩行課題を行いながら視覚や聴覚のFBを確認していく二重課題と捉えられる。一般的に二重課題では、要求される2つの課題を同時にこなすため、2つの課題への注意を適切に配分しながら、課題を遂行する能力が求められる³⁵⁾。限られた注意資源のなかで必要な対象に必要なだけの注意を適切に配分しながら、動作を遂行する必要がある³⁶⁾。TMT-Aの重要性は、WW上に提示された正面モニタを含む歩行の運動学習課題に集中できる注意の持続が必要であることを反映すると考える。TMT-Bが選択されなかった理由として、図1-bのように非自立群の中央値と最大値が同じであるため、評価自体の床効果が考えられる。

先行研究においてUSNを歩行自立における阻害因子としている報告が多い^{16,17)}。Suzukiら³⁷⁾は、USNを有する患者を対象とした画面上で顔を認識する課題において、座位時よりトレッドミル歩行中の方が、USN側の画面見落としが増え

たと報告している。しかしWWを用いた今回の結果ではUSNの評価であるCBSは抽出されなかった。WW上での歩行練習では、症例の歩行能力に合わせて、歩行時における麻痺側下肢の膝伸展や振り出しのアシスト量、トレッドミル速度を調整した上で、視覚FBや聴覚FBなどのパラメータ調整を行っている。そのためUSNの著明な症例においては、正面モニタで目印をUSN側に配置しない配慮や、視覚FBに反応が悪い症例には聴覚FBを積極的に活用するなど、適時調整を行っている。そのため、WW上ではUSNの影響が歩行練習に現れにくいと考えられる。これは患者属性のWW各パラメータにおいて、自立群と非自立群でどの項目にも有意差が見られていないことから、症例に合わせた難易度調整が行えていたと推察する。

認知機能障害の評価であるMMSEは選択されなかった。WWを含む歩行ロボットの先行研究において指示が入りにくいいため包含基準をMMSE 24点以上としている研究デザインが多い。認知症では視覚や聴覚へのFBは良好とされている^{38,39)}。WWでは視覚FBや聴覚FBを活用するため、WWにおいてはMMSEが24点以下であっても、練習の意図を直観的に理解できると考える。

本研究では、これまで除外されてきた認知機能障害や高次脳機能障害の部分も対象として含めている。今回の結果を総括すると、年齢が68歳以下でTMT-Aが142秒以下の症例はWWを用いた歩行練習で最終的に自立歩行になる可能性が高いと思われる。特にUSNやMMSE低下のある症例では早期から積極的にWWを活用していく必要があると考える。一般的にUSNは歩行の阻害因子としてされているが、今回の結果においては、WWパラメータと環境調整する事でUSNがあっても歩行機能が改善する可能性を秘めていると考える。

本研究において、表2の回りハ入棟時のFACの項目を見てみると、回りハ入棟時のFACは自立群が 1.4 ± 0.5 、非自立群が 1.4 ± 0.4 であり、その研究対象が重度の脳卒中片麻痺患者となっている。一般的に、重度麻痺に加えて認知機能障害や注意機能を有する症例の歩行の改善は難しいとされている^{15,40,41}。今回は先行研究と同等の対象のなかで非自立群のFAC変化量も改善がみられていることから、カットオフ値以下でも歩行の改善はするが自立歩行には至らないという結果となった。これらのことは歩行の予後予測や退院時の環境調整などの有用な情報になりうると考える。

本研究の限界について、第1に認知機能障害や注意機能障害の評価項目として限局した評価項目に留まっている点が挙げられる。今後は、知能検査、記憶検査、遂行機能障害に関する検査項目を吟味していくことが必要と考える。第2に優位半球損傷と劣位半球損傷での分析、失語症の取り扱いが曖昧な点が挙げられる。失語症はMMSEとTMTの点数を下げる可能性が高いため、その点も考慮して分析していくことが課題である。また、対象者において左麻痺の症例が多くなっている。除外基準である「指示に従えない重度の認知機能障害や注意機能障害を認める方を除外した。なお、何らかの方法で疼痛、拒否などの自分の意志を伝えられる方は包含した」において、6名の方が除外対象となった。そのなかの5名が右麻痺であった。今回は失語症の有無まで分析できていないが、失語の有無が選択基準に関係している可能性もある。第3に今回の研究デザインが後ろ向き症例対照研究である点が挙げられる。そのため選択バイアスや情報バイアスの可能性は否定できない。WWの導入施設は全国で94施設98台(2022年7月20日時点)⁴²と日々増えているため、今後は多施設共同での前向きコホート研究などに発展させていきたいと考える。

5. 結論

本研究は、WWを使用した脳卒中片麻痺者において、回りハ入棟時の各データから歩行自立の関連因子とそのカットオフ値を明らかにした。その

結果、WW使用者の回りハ入棟時における歩行自立に関連する因子は年齢とTMT-Aであり、カットオフ値は年齢68歳、TMT-A 142秒であった。これらは臨床現場において、WWを適用した際の歩行の予後予測に関しての一助になると考える。

6. 利益相反

研究に関して開示すべき利益相反はない。

7. 謝辞

本研究の実施にご協力いただきました対象者、関係各位の方々に心から深謝いたします。

文献

- 1) 厚生労働省ホームページ 中央社会保険医療協議会総会. 令和2年2月7日, <https://www.mhlw.go.jp/content/12404000/000593372.pdf> (2022/5/1確認)
- 2) 日本脳卒中学会 脳卒中ガイドライン委員会: 脳卒中治療ガイドライン2021: 263-264, 協和企画, 東京, 2021.
- 3) Cho, J E, Yoo, J S, Kim, K E, et al.: Systematic review of appropriate robotic intervention for gait function in subacute stroke patients. *Biomed Res Int*, 2018 : 2018.
- 4) Hirano, S, Saitoh, E, Tanabe S, et al.: The feature of Gait Exercise Assist Robot-precise assist control and enriched feedback. *NeuroRehabilitation*, 41 : 77-84, 2017.
- 5) 才藤栄一, 平野哲, 田辺茂雄, 他: 運動学習と歩行練習ロボット—片麻痺の歩行再建—. *Jpn J Rehabil Med*, 53 : 27-34, 2016.
- 6) 山内実, 今井田昌幸, 藤掛祥則, 他: 片麻痺者向け歩行練習支援ロボット「ウエルウォークWW-1000」. *日本ロボット学会誌*, 37 : 65-66, 2019.
- 7) Takuma, I, Tanabe, S, Tanabe, S et al.: Robot-assisted Gait Training Using Welwalk in Hemiparetic Stroke Patients: An Effectiveness Study with Matched Control. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 29 : 105377, 2020.
- 8) Katoh, D, Tanikawa, H, Hirano, S, et al.: The effect of using gait exercise assist robot (GEAR) on gait pattern in stroke patients: a cross-sectional pilot study. *Top Stroke Rehabil*, 27 : 103-109, 2020.
- 9) Wang, Y, Mukaino, M, Hirano, S, et al.: Persistent Effect of Gait Exercise Assist Robot Training on

Gait Ability and Lower Limb Function of Patients With Subacute Stroke: A Matched Case-Control Study With Three-Dimensional Gait Analysis. *Front Neurobot*, 14 : 42, 2020.

- 10) 森下守弘, 逸見功, JADNI研究: MMSE-J(精神状態短時間検査—日本版)原法の妥当性と信頼性. *認知神経科学*, 20 : 91-100, 2018.
- 11) Ozdemir, F, Birtane, M, Tabatabaei, R, et al.: Cognitive evaluation and functional outcome after stroke. *Am J Phys Med Rehabil*, 80 : 410-415, 2001.
- 12) 大田尾浩, 八谷瑞紀, 村田伸, 他: 脳卒中片麻痺患者の歩行自立に影響を及ぼす要因—認知機能が低下した患者を対象に含めた検討—. *ヘルスプロモーション理学療法研究*, 1 : 93-99, 2012.
- 13) 杉本諭: 高次脳機能障害に対する理学療法—全般的注意障害と方向性注意障害に対する理学療法評価と治療の考え方—. *理学療法学*, 40 : 248-251, 2013.
- 14) 松谷茂, 佐々木和人, 永井勝信, 他: 脳卒中片麻痺者の歩行自立度判定スケールの作成. *埼玉理学療法学*, 11 : 45-51, 2004.
- 15) 増田司, 平野正仁, 本田哲三, 他: 安静時と歩行時における注意機能の比較検討. *脳科学とリハビリテーション*, 5 : 39-42, 2005.
- 16) 網本和, 杉本諭, 小松みゆき, 他: 高次脳機能障害が歩行自立に及ぼす影響. *理学療法学*, 17 : 353-358, 1990.
- 17) 北里堅二, 入江泰子, 園田知恵, 他: 半側空間無視を有する脳卒中片麻痺患者の歩行能力. *PTジャーナル*, 37 : 29-34, 2003.
- 18) 近藤和泉: 自立歩行を阻害する要因は何か(特集 脳卒中の歩行障害). *総合リハ*, 27 : 1117-1121, 1999.
- 19) Paker, N, Bugdayci, D, Tekdos, D, et al.: Impact of cognitive impairment on functional outcome in stroke. *Stroke Res Treat*, 2010 : 652612, 2010.
- 20) 山下浩樹, 前山裕樹, 諸橋勇, 他: ロジスティック回帰分析を用いた回復期病棟脳卒中患者の歩行自立確率の検討. *東北理学療法学*, 21 : 69-73, 2009.
- 21) 宮永陽亮, 平川裕紀, 郡敏宏, 他: 症例報告「ウエルワーク WW-1000」を使用して歩行能力の早期改善を認めた1症例—高次脳機能障害を呈する脳卒中片麻痺患者—. *臨床と理学療法*, 7 : 35-42, 2020.
- 22) 大畑光司: 特集 理学療法と下肢装具 歩行獲得を目的とした装具療法—長下肢装具の使用とその離脱, *PTジャーナル*, 51 : 291-299, 2017.
- 23) 増田知子: エビデンスからみた下肢装具と理学療法. *Jpn J Rehabil Med*, 56 : 277-281, 2019.
- 24) 水野勝広, 辻哲也, 水野勝広, 他: Catherine Bergego Scale (CBS)を用いた左半側空間無視の評価—Behavioral Inattention Test (BIT)との比較. *リハ医学*, 44 : S253, 2007.
- 25) 日本高次脳機能障害学会: *Trail Making Test 日本語版 (TMT-J): 1-13*, 新興医学出版社, 東京, 2019.
- 26) Kanda, Y : Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant*, 48 : 452-458, 2013.
- 27) Akobeng, AK : Understanding diagnostic tests 3: receiver operating characteristic curves. *Acta paediatrica*, 96 : 644-647, 2007.
- 28) 道免和久: リハビリテーションに役立つ予後予測—脳卒中における予後予測—. *J Clin Rehabil*, 7 : 347-356, 1998.
- 29) 近藤克則, 安達元明: 脳卒中リハビリテーション患者の退院先決定に影響する因子の研究. *日本公衆衛生雑誌*, 46 : 542-549, 1999.
- 30) 平野恵健, 新田収, 高橋秀寿, 他: ロジスティック回帰分析を用いた重度脳卒中片麻痺患者の歩行可否に及ぼす因子の検討—回復期リハビリテーション病棟での試み—. *理学療法学*, 29 : 885-890, 2014.
- 31) 道免和久, 里宇明元, 近藤国嗣, 他: Classification and Regression Trees (CART)による脳卒中患者の退院時ADL予測. *リハ医学*, 32 : 920-921, 1995.
- 32) Doherty, TJ : aging and sarcopenia. *Journal of applied physiology*, 2003.
- 33) 神崎恒一: 加齢に伴う認知機能の低下と認知症. *日本内科学会雑誌*, 107 : 2461-2468, 2018.
- 34) 田淵肇: 遂行機能障害の評価法. 高次脳機能障害のリハビリテーション. *臨床精神医学*, 35 : 1517-1525, 2006.
- 35) Baddeley, A : Working memory: looking back and looking forward. *Nat Rev Neurosci*, 4 : 829-839, 2003.
- 36) Baddeley, A : Working memory. *Science*, 255 : 556-559, 1992.
- 37) Suzuki, E, Chen, W, Kondo, T, et al.: Measuring unilateral spatial neglect during stepping. *Arch Phys Med Rehabil*, 78 : 173-178, 1997.
- 38) 大谷道明, 岡村仁: 高齢者の認知機能と運動療法(特集/高齢者の運動療法の効果と限界). *PTジャーナル*, 41 : 47-52, 2007.
- 39) 水野裕, 渡辺智之: 認知症高齢者に対する運動介入の効果について—無作為割り付け比較試験—. *老年精神医学雑誌*, 18 : 68-76, 2007.
- 40) 二木立: 脳卒中リハビリテーション患者の早期自立

- 度予測. リハビリテーション医学, 19 : 201-223, 1982.
- 41) Jorgensen, S, Nakayama, H, Raaschou, HO, et al.: Recovery of walking function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study. Arch Phys Med Rehabil, 76 : 27-32, 1995.
- 42) 株式会社グッドライフデザイン/リハビリテーション支援ロボット・ウエルウォーク, <https://www.toyota.co.jp/robotics/welwalk/>(2022/11/20確認)

Abstract :

Objective : This research aimed to investigate independently the factors that influence gait, and cutoff values in patients with stroke who underwent gait training using WelWalk WW-1000 (WW). It is based on various assessments, including cognitive and attentional functions, from the time of admission to the recovery phase rehabilitation ward.

Methods : We included 113 patients with stroke who presented with a Functional Independence Measure (FIM) gait score 4 or below, and needed to use Knee-Ankle-Foot Orthosis (KAFO) for gait training. They underwent gait training using WW at least 10 times, and their communicative functions were sufficient. The assessment items to analyze were age, side of paralysis, Stroke Impairment Assessment Set (SIAS), FIM motor items, FIM cognitive items, Mini-Mental State Examination (MMSE), Catherine Bergego Scale, Trail Making Test Japanese version (TMT-J), and parameters calculated by WW. A binomial logistic regression analysis was conducted by dividing the participants into two groups depends on the final gait level at the time of discharge: the independent and non-independent group.

Results : The predictors were age (odds ratio: 0.880) and TMT-J part-A (odds ratio: 0.964). The cut off values were 68 years old in age, and 148 seconds in TMT-J part-A.

Conclusion : This study revealed that age, and cognitive and attentional functions are likely to be related to gait independently in patients with stroke using WW.

[Key words] Patients with hemiparesis, WelWalk, Gait, cognitive, attentional

◎短報

乳幼児用抱っこ紐における腰部への負担と筋疲労の軽減に関する検討

A Study on the Reduction of Lumbar Stress and Muscle Fatigue in Baby Carriers

松田雅弘¹, 掛川圭², 藤野雄次¹, 高橋容子¹, 北原エリ子³, 楠本泰士⁴

要旨

家事や移動中に従来の抱っこ紐を装着することは、育児の精神的ストレスに加え、肩こりや腰痛を引き起こすなど、母親にとって肉体的負担が大きい可能性がある。そこで、母親が長時間赤ちゃんを抱っこできる負担の少ない抱っこ紐が必要だと考え、その抱っこ紐を開発した。本研究では、左右の腰椎に装着するサポートストラップ、腰椎ベルト、肩ストラップを工夫して、新しく作製した抱っこ紐を装着し、30分間の運動前後の身体的歩行と主観的疲労を調査した。その結果、主観的疲労の低下、歩行時の頭部と体幹の上下動の減少、骨盤傾斜の改善が認められた。このことは新しい抱っこ紐で工夫した点が、抱っこ紐を装着して安定した姿勢で動作が可能となり、疲労度が軽減したことが考えられる。

【キーワード】抱っこ紐、身体的負担、人間工学

1. はじめに

抱っこ紐は子どもを長時間安全に縦抱っこする構造で製作されている。抱っこされる対象となる乳幼児の体重は成長とともに増加し、抱っこ紐の使用者となる保護者の身体的負担が高まることが考えられる。主な身体的負担は肩や腰に集中するため¹⁾、継続的な抱っこ紐の使用は肩こりや腰痛の原因となりうる。そのため、身体的負担を少なくする抱っこ紐の構造が望まれている。今まで抱っこ紐に関する報告として、生理反応から身体的負担を解析した報告¹⁾や、抱っこ姿勢を画像分析した報告²⁾などがみられる。これらの研究成果

をもとにした抱っこ紐の構造的な改善によって、抱っこ紐使用者の負担感軽減に寄与してきた。しかし、本邦でも抱っこ紐使用者の数は増え、生活様式の変化によってさらに負担を軽減し、子どもにも抱っこ紐使用者にも安全・安心な抱っこ紐の開発が望まれている。

今回、腰部負担感の軽減を目的に、人間工学的な発想をもとに肩ベルトの工夫と腰部パッドのなかに中芯を挿入することで、更なる身体的負担を軽減することが可能ではないかと発案した。本研究では、主観的な疲労度だけでなく、筋硬度、姿勢変化を含め多角的な評価を行い、異なる抱っこ

1 順天堂大学保健医療学部

2 順天堂大学大学院

3 順天堂大学医学部附属順天堂医院

4 福島県立医科大学保健科学部

投稿日：2023年10月8日 採択決定日：2023年12月1日 公開日：2024年3月29日

紐を使用した際の身体的な負担感の違いを検討することを目的とした。

2. 方法

2-1 対象

子育ての経験のある女性 10 名(31 ~ 38 歳、平均年齢 35.7 ± 2.4 歳)、平均身長(±標準偏差) 158.5 ± 3.9 cm、平均体重(±標準偏差) 51.8 ± 5.0 kg を対象とした(表 1)。現在の身体的な有症状として、肩こりは 8 名あり；2 名なし、腰痛は 7 名あり；3 名なし、3 名はその他の部位にも有痛の症状があった。

本研究は順天堂大学保健医療学部研究倫理委員会の承認(20-003)を得て、本人に文書を用いて説明したうえで、文書にて同意を得て実施した。

2-2 測定方法と運動介入

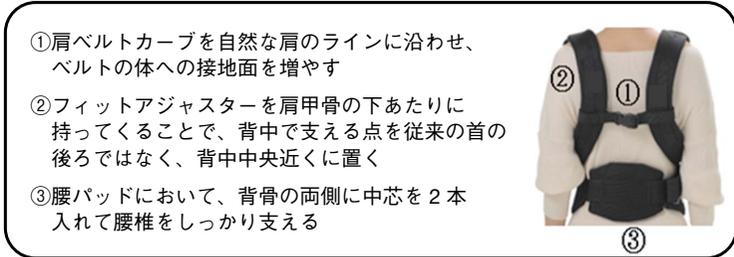
子どもの抱っこ紐は今回開発した抱っこ紐 A(A 社製)と、肩ベルトのカーブがなく、腰部パッドに中芯が挿入されていない抱っこ紐 B(B 社製)の 2 種類を用いた。(図 1)抱っこ紐 A の改良点は、肩ベルトのカーブにより抱っこ紐と体の接地面を増やし、フィットアジャスターを身体の中央部に来るようにした。さらに、腰部パッドのなか

表 1 被験者の特性

ID	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	子どもの月齢	肩こり	腰痛	その他
1	38	154	60	長女 6 才	○	○	
2	33	155	47	長女 4 才 次女 1 才 7 カ月			
3	35	160	53	長男 8 才 次男 4 才	○	○	
4	34	153	48	長女 7 才 長男 3 才	○		
5	37	160	45	長男 4 才 長女 1 才 3 カ月	○	○	左外側太腿に疼痛
6	38	163	53	長男 19 才 次男 11 才 三男 9 才 長女 6 才	○		
7	38	163	58	長男 5 才		○	○
8	36	155	53	長女 13 才 長男 6 才	○		
9	37	162	47	長男 2 才	○	○	背中に疼痛
10	31	160	54	長女 中学一年 長男 6 才	○	○	背中に疼痛
平均値±標準偏差	35.7 ± 2.4	158.5 ± 3.9	51.8 ± 5.0				



図 1 2 種類の抱っこ紐



- ①肩ベルトカーブを自然な肩のラインに沿わせ、ベルトの体への接地面を増やす
- ②フィットアジャスターを肩甲骨の下あたりに持ってくることで、背中で支える点を従来の首の後ろではなく、背中中央近くに置く
- ③腰パッドにおいて、背骨の両側に中芯を2本入れて腰椎をしっかり支える

図2 抱っこ紐の改良点



図3 抱っこ紐使用による姿勢の変化

に背骨の両側に位置するように中芯を2本挿入した(図2)。2つの抱っこ紐をランダムに装着し、それぞれの測定の間には十分な休憩時間を設けた。

抱っこ紐を使用し赤ちゃんの人形(10 kg)を抱っこして運動介入前後の姿勢・動作の違いと疲労度を下記の測定方法で比較した。運動介入は、運動①：床に貼った140 cm幅に貼られたマーク間を5分間モップかけ掃除の実施、運動②：トレッドミル上にて快適歩行速度で10分間の歩行、運動③：重りの移動として2.5 kgの重錘を持ちあげ、椅子(椅子の高さ40 cm)を2 m間に2脚用意した椅子上に置く課題を実施した。運動後には即時の測定を実施した。

- ①立位体前屈(FFD; Finger Floor Distance)：20 cm台に乗り、両膝関節伸展位で体幹を前屈

させて、台の平行ラインを0 cmとして、それ以上をマイナス、それ以下をプラスとして到達距離を計測した。

- ②主観的な腰部の疲労度についてVAS(Visual Analog Scale)を用いて回答を求めた。
- ③筋疲労(組織硬度)：第1腰椎棘突起、第4腰椎棘突起の高さで、左右の傍脊柱起立筋に対して組織硬度計(Myotone; パイオリサーチ社製)を用いて5回の押圧による組織硬度を測定した。
- ④歩行と姿勢の計測：三次元動作解析装置(Xsens; ゼロシーセブン社製)と、姿勢の画像解析(Visionpose; ネクストシステム社製)を用いて姿勢と歩行動作の解析を行った。また、姿勢に関して、理学療法士がKendallらの姿勢の分類を参考にして姿勢の種類を選択した。
- ⑤筋活動：第3腰椎棘突起の左右2横指の脊柱

起立筋に表面筋電計(Ts-myoe; トランクソリューション社製)を装着し、歩行時と運動時の筋活動を計測した。得られた筋電波形は全波整流を行って積分し、RMS(root mean square)の平均として筋活動を算出した。

2-3 統計分析

統計分析には統計ソフト SPSS Ver.24.0(IBM社製)を使用し、VAS と筋硬度の比較では対応のある t 検定、歩行と姿勢の計測では一元配置分散分析を用いた。有意水準は 5% とした。

表 2 抱っこ紐使用前後での立位体前屈の結果

装着前	脱着後	
	抱っこ紐 A	抱っこ紐 B
6.6 ± 7.5	5.1 ± 7.0	4.7 ± 6.8*

注: 単位 cm、平均値 ± 標準偏差

* p < 0.05 抱っこ紐装着前と比較して抱っこ紐外した後

3. 結果

3-1 立位体前屈の結果

抱っこ紐装着前の状態での立位体前屈と、運動後に抱っこ紐外した後の立位体前屈の結果を表 2 に示した。抱っこ紐装着前 6.6 ± 7.5 cm と比較して、抱っこ紐 B を外したあと 4.7 ± 6.8 cm となり、有意に立位体前屈が低下していた。

3-2 VAS の結果

抱っこ紐装着前後、運動後の VAS を聴取した結果を表 3 に示した。どちらの抱っこ紐も装着前、装着後と運動③のあとに有意な増大がみられた。抱っこ紐 B においては運動①よりも運動③で増大が有意であった。

3-3 組織硬度の結果

抱っこ紐を装着しての運動前後で脊柱起立筋の組織硬度を比較した結果を表 4 に示した。運動開始前と比較して、第 1 腰椎部の左右で抱っこ紐 A において Elasticity が有意に低下し、抱っこ紐 B

表 3 抱っこ紐別の VAS の変化

	装着前	装着後	運動①	運動②	運動③	脱着後
抱っこ紐 A	2.1 ± 3.1	2.3 ± 2.9	3.3 ± 2.7	3.8 ± 2.8	6.2 ± 3.0**	3.2 ± 2.6
抱っこ紐 B	2.1 ± 3.1	2.1 ± 2.1	2.5 ± 2.0	3.5 ± 2.4	6.1 ± 2.5*†	3.7 ± 2.8

注: 単位 cm、平均値 ± 標準偏差

* p < 0.05 装着前 VS 運動③

p < 0.05 装着後 VS 運動③

† p < 0.05 運動① VS 運動③

表 4 抱っこ紐別の装着前後の組織硬度の比較

		部位	左右	Tone (Hz)	Stiffness (N/m)	Elasticity (D Log)	Relaxation (ms)	Creep	
運動前	第 1 腰椎部	右	右	16.7 ± 1.1	325.1 ± 38.1	1.32 ± 0.26	16.4 ± 1.7	1.00 ± 0.09	
		左	左	16.8 ± 1.4	326.2 ± 43.8	1.34 ± 0.33	16.4 ± 1.7	1.00 ± 0.09	
	第 4 腰椎部	右	右	15.6 ± 1.3	276.8 ± 49.2	1.19 ± 0.23	18.1 ± 2.3	1.08 ± 0.11	
		左	左	15.6 ± 1.5	277.6 ± 61.8	1.27 ± 0.32	18.0 ± 2.6	1.07 ± 0.13	
運動後	抱っこ紐 A	第 1 腰椎部	右	右	17.0 ± 2.0	321.9 ± 73.8	1.13 ± 0.19*	16.9 ± 3.3	1.03 ± 0.17
			左	左	17.4 ± 1.9	324.4 ± 63.3	1.10 ± 0.13*	16.6 ± 2.6	1.01 ± 0.14
		第 4 腰椎部	右	右	16.2 ± 2.0	291.0 ± 77.8	1.11 ± 0.38	16.3 ± 1.8	1.00 ± 0.10
			左	左	15.8 ± 1.8	282.1 ± 67.6	1.15 ± 0.26	17.8 ± 2.6	1.06 ± 0.13
	抱っこ紐 B	第 1 腰椎部	右	右	16.3 ± 2.4	296.6 ± 73.4	1.10 ± 0.24	17.5 ± 2.8*	1.05 ± 0.14
			左	左	17.6 ± 2.7	338.1 ± 75.7	1.13 ± 0.33	16.0 ± 3.2	0.98 ± 0.18
		第 4 腰椎部	右	右	15.9 ± 2.9	284.1 ± 84.1	1.11 ± 0.19	18.0 ± 3.3	1.05 ± 0.13
			左	左	15.1 ± 2.2	260.8 ± 61.1	1.13 ± 0.17	18.9 ± 2.8	1.11 ± 0.11

注: 平均値 ± 標準偏差

* p < 0.05 装着前との比較

では Relaxation が第 1 腰椎部の右で有意に増大した。

3-4 姿勢と歩行の結果について

3-4-1 姿勢 (図 3)

装着前後の姿勢の変化を理学療法士が確認し、

表 5 に示した。装着前と脱着後の姿勢を比較して、姿勢の変化が大きい場合に青く示した。抱っこ紐 A では 1 名、抱っこ紐 B では 5 名となった。

3-4-2 歩行 (表 6 ~ 11)

1 歩行周期で装着前後の歩行を比較すると股関節の屈伸運動は抱っこ紐 A で装着前とほとんど

表 5 抱っこ紐装着前後の姿勢の変化

ID	装着前	抱っこ紐 A		
		装着後①	装着後②	脱着後
1	腰椎前弯+, lordosis	腰椎前弯+, lordosis	腰椎前弯+, lordosis	腰椎前弯+, lordosis
2	kyphosis	kyphosis	kyphosis	kyphosis
3	kyphosis	sway back	sway back	kyphosis
4	kyphosis	sway back	sway back	kyphosis
5	kyphosis	kyphosis	kyphosis	kyphosis
6	kyphosis, forardhead	kyphosis, forardhead	kyphosis, forardhead	kyphosis, forardhead
7	腰椎前弯+, lordosis	腰椎前弯+, lordosis	腰椎前弯+, lordosis	腰椎前弯+, lordosis
8	normal	normal	lordosis	normal
9	kyphosis	sway back	sway back	sway back
10	lordosis	lordosis	lordosis	lordosis

ID	装着前	抱っこ紐 B		
		装着後①	装着後②	脱着後
1	腰椎前弯+, lordosis	腰椎前弯+, lordosis	腰椎前弯+, lordosis	腰椎前弯+, lordosis
2	kyphosis	sway back	sway back	sway back
3	kyphosis	sway back	sway back	kyphosis
4	kyphosis	sway back	sway back	kyphosis
5	kyphosis	kyphosis	kyphosis	kyphosis
6	kyphosis, forardhead	sway back, forardhead	sway back, forardhead	sway back, forardhead
7	腰椎前弯+, lordosis	腰椎前弯+, lordosis	腰椎前弯+, lordosis	腰椎前弯+, lordosis
8	normal	normal	lordosis	normal
9	kyphosis	sway back	sway back	sway back
10	lordosis	lordosis	lordosis	sway back, forardhead

注：大きな変化を青く示す

装着①：赤ちゃんを抱っこした直後、装着②：運動介入した直後

表 6 1 歩行周期の股関節の最大値と最小値の違い

	左		右		
	最大値 (°)	最小値 (°)	最大値 (°)	最小値 (°)	
装着前	33.9 ± 7.4	- 4.0 ± 7.4	33.9 ± 7.8	- 4.9 ± 7.8	
抱っこ紐 A	運動前	34.7 ± 11.5	- 0.1 ± 11.5	33.5 ± 11.4	- 0.3 ± 11.4
	運動後	35.8 ± 10.9	- 1.1 ± 10.9	36.4 ± 10.4	- 1.7 ± 10.4
抱っこ紐 B	運動前	7.9 ± 5.2	- 1.5 ± 5.2	37.7 ± 11.8	7.7 ± 11.8
	運動後	35.6 ± 14.0	10.4 ± 14.0	37.6 ± 12.3	10.0 ± 12.3

注：平均値 ± 標準偏差

表 7 1 歩行周期の膝関節の最大値と最小値の違い

		左		右	
		最大値 (°)	最小値 (°)	最大値 (°)	最小値 (°)
装着前		61.0 ± 9.6	- 0.1 ± 9.6	61.6 ± 10.4	- 0.6 ± 10.4
抱っこ紐 A	運動前	60.3 ± 10.9	0.8 ± 10.9	59.0 ± 12.8	3.7 ± 12.8
	運動後	62.2 ± 10.0	2.0 ± 10.0	64.1 ± 10.2	3.8 ± 10.2
抱っこ紐 B	運動前	49.0 ± 15.7	2.6 ± 15.7	54.4 ± 13.9	1.2 ± 13.9
	運動後	47.7 ± 17.2	6.7 ± 17.2	50.3 ± 15.6	1.6 ± 15.6

注：平均値 ± 標準偏差

表 8 1 歩行周期の足関節の最大値と最小値の違い

		左		右	
		最大値 (°)	最小値 (°)	最大値 (°)	最小値 (°)
装着前		13.9 ± 7.1	- 15.0 ± 7.1	11.7 ± 5.9	- 14.1 ± 5.9
抱っこ紐 A	運動前	12.9 ± 6.8	- 15.7 ± 6.8	9.4 ± 6.5	- 14.6 ± 6.5
	運動後	13.3 ± 6.6	- 18.5 ± 6.6	11.5 ± 6.0	- 19.3 ± 6.0
抱っこ紐 B	運動前	8.8 ± 8.4	- 14.5 ± 8.4	12.3 ± 6.6	- 12.7 ± 6.0
	運動後	8.9 ± 8.9	- 12.8 ± 8.9	10.8 ± 7.0	- 12.7 ± 7.0

注：平均値 ± 標準偏差

表 9 1 歩行周期の体幹の側屈の最大値と最小値の違い

		左		右	
		最大値 (°)	最小値 (°)	最大値 (°)	最小値 (°)
装着前		4.3 ± 2.2	- 2.8 ± 2.2	4.1 ± 2.2	- 2.7 ± 2.2
抱っこ紐 A	運動前	3.1 ± 3.8	- 3.2 ± 3.8	3.2 ± 3.9	- 2.6 ± 3.9
	運動後	4.5 ± 3.5	- 2.6 ± 3.5	4.5 ± 0.9	- 2.6 ± 0.9
抱っこ紐 B	運動前	1.2 ± 5.0	- 4.1 ± 5.0	0.9 ± 4.8	- 4.0 ± 4.8
	運動後	1.6 ± 5.6	- 3.6 ± 5.6	2.3 ± 5.4	- 4.1 ± 5.4

注：平均値 ± 標準偏差

表 10 1 歩行周期の体幹の回旋の最大値と最小値の違い

		左		右	
		最大値 (°)	最小値 (°)	最大値 (°)	最小値 (°)
装着前		5.2 ± 2.8	- 4.9 ± 2.8	4.8 ± 2.8	- 5.2 ± 2.8
抱っこ紐 A	運動前	2.6 ± 3.3	- 0.9 ± 3.3	2.5 ± 3.2	- 0.8 ± 3.2
	運動後	2.0 ± 3.7	- 2.9 ± 3.7	1.7 ± 3.7	- 3.2 ± 3.7
抱っこ紐 B	運動前	1.7 ± 3.9	- 1.5 ± 3.9	1.7 ± 3.8	- 1.2 ± 3.8
	運動後	1.9 ± 4.1	- 0.9 ± 4.1	1.9 ± 0.2	- 1.3 ± 0.2

注：平均値 ± 標準偏差

表 11 1 歩行周期の体幹の前後屈の最大値と最小値の違い

		左		右	
		最大値 (°)	最小値 (°)	最大値 (°)	最小値 (°)
装着前		-3.4 ± 5.0	-6.1 ± 5.0	-3.3 ± 4.9	-6.0 ± 4.9
抱っこ紐 A	運動前	-7.3 ± 8.1	-8.4 ± 8.1	-7.1 ± 7.6	-8.2 ± 7.6
	運動後	-7.6 ± 8.8	-8.8 ± 8.8	-7.6 ± 8.7	-8.8 ± 8.7
抱っこ紐 B	運動前	-12.3 ± 8.0	-14.0 ± 8.0	-12.4 ± 7.7	-13.9 ± 7.7
	運動後	-14.3 ± 7.6	-15.6 ± 7.6	-12.9 ± 7.9	-14.1 ± 7.9

注：平均値±標準偏差

表 12 抱っこ紐別の装着前後の筋活動の比較

		平均 (μV)		最大 (μV)	
		左	右	左	右
装着前		0.038 ± 0.057	0.018 ± 0.017	0.249 ± 0.416	0.163 ± 0.282
抱っこ紐 A	歩行前	0.020 ± 0.024	0.023 ± 0.033	0.094 ± 0.148*	0.092 ± 0.040
	運動①	0.019 ± 0.017	0.025 ± 0.011	0.069 ± 0.049*	0.076 ± 0.048
	運動②	0.014 ± 0.015	0.020 ± 0.010	0.062 ± 0.026*	0.087 ± 0.072
	運動③	0.031 ± 0.008	0.035 ± 0.012*	0.088 ± 0.040	0.088 ± 0.031
	歩行後	0.015 ± 0.007*	0.015 ± 0.006	0.059 ± 0.019*	0.076 ± 0.032
抱っこ紐 B	歩行前	0.017 ± 0.013	0.019 ± 0.008	0.104 ± 0.130	0.106 ± 0.133
	運動①	0.031 ± 0.042	0.021 ± 0.008	0.110 ± 0.162	0.062 ± 0.033
	運動②	0.019 ± 0.006	0.018 ± 0.006	0.081 ± 0.037	0.072 ± 0.039
	運動③	0.033 ± 0.022	0.031 ± 0.012*	0.099 ± 0.033	0.085 ± 0.052
	歩行後	0.016 ± 0.005*	0.017 ± 0.007	0.082 ± 0.027*	0.079 ± 0.028

注：平均値±標準偏差

* p < 0.05 装着前との比較

変化がないが、抱っこ紐 B では股関節の伸展角度が低下していた。また、膝関節の動きも同様で、抱っこ紐 B で低下していた。体幹回旋の動き、体幹の前後傾の動きも抱っこ紐 A は装着前と同じ動きを示しているのに対して、抱っこ紐 B では数値が低下していた。

3-5 筋活動について (表 12)

右側の筋活動の平均値は装着前と比較して、重りの移動で両抱っこ紐とも有意に筋活動が増大していた。左側の筋活動の平均値は装着前と比較して、脱着後で両抱っこ紐とも有意に筋活動が低下していた。筋活動の最大値の比較は右側で有意差はなかったが、左側において抱っこ紐 A で装着前よりも有意に低下する項目が多かった。

4. 考察

今回、育児経験のある女性 10 名を対象に構造の異なる 2 つの抱っこ紐を装着し、同様の運動負荷を与えた前後で、抱っこ紐による疲労の影響について検討した。その結果、腰部の組織の **Elasticity** は抱っこ紐 A で有意に低下し、抱っこ紐 B で **Relaxation** は増大していた。しかし、腰部の筋と下肢の筋の総合的な柔軟性に関しては抱っこ紐 B に関して有意に低下していた。また、主観的な腰部の疲労に関しては両抱っこ紐とも抱っこ紐装着前、抱っこ紐装着直後よりも有意に増大していたが、抱っこ紐 B は運動①のモップ掛け直後よりも運動全て終わったあとで有意に増大していた。組織硬度計から算出される **Tone**、**Stiffness**、**Elasticity** といった筋の生体工学的特性を表す指標である³⁾。**Tone** は、安静時の緊張状態または安静時

の受動的ストレッチに対する筋肉の抵抗力、**Stiffness** は、収縮や初期状態を変形させる外部からの力への抵抗を表す性質、**Elasticity** は、収縮や変形のための外部の力から解放された後の初期状態への回復力をそれぞれ表すと定義されている³⁾。そのため、抱っこ紐 **A** は初期状態への回復力は低下していたが、抱っこ紐 **B** の方が筋の回復の変化だけでなく、立位体前屈や **VAS** の変化からみても腰部への負担が大きかったことで、腰部の筋が硬く柔軟性が低下していたものと考えられる。

姿勢は、装着前の姿勢と比較にして、脱着後の姿勢の変化が抱っこ紐 **B** で著しかった(表 5)。これは歩行解析でも同様で、抱っこ紐 **B** では股関節と膝関節の可動性、体幹の回旋と前後傾も低下する傾向があった(表 6～11)。筋活動は抱っこ紐 **A** で腰部の筋活動が低下する傾向が強かった。このことから、姿勢や歩行の変化は抱っこ紐の装着前後で腰部の筋活動にも影響を及ぼしていたことがわかった。両抱っこ紐とも装着前と運動後の姿勢や歩行は変化しており、体幹がやや後ろに沿って、かつ下肢の可動域が小さくなる傾向があることが考えられる。その傾向は抱っこ紐 **B** で大きかった。そのため、抱っこ紐 **B** は運動①～③で腰部を中心とした身体への負担が大きいことで、代償的な姿勢の変化と歩容の変化につながったと考えられる。腕での抱っこおよび抱っこ紐を装着した状態では、垂直方向の床反力、衝動および制動力が大きくなったことが確認され、背部の伸展の増大、歩幅の低下が認められている⁴⁾。また、腕での抱っこ抱っこ紐の活用とを比較した結果、荷重膝外転モーメントが 8.7%、荷重膝伸展モーメントが 16.7% 増加すると示されている⁵⁾。今回モーメントの計測までは実施していないが、より負担の少ない抱っこ紐の場合は抱っこ紐装着前の歩容と変化がないことが予測されるため、抱っこ紐 **A** の方で負担が少なく安定していたことが考えられる。

子どもの運搬方法によって疲れを感じる身体部位が異なることが報告されており、腕での抱っこでは腕(90.4%)、子守帯を用いた抱っこやおんぶでは肩(80%以上)・腰(50%以上)が疲れるという結果であった¹⁾。日本では以前より、おんぶの方法が多く用いられてきた⁶⁾が、現在では腕や子

守帯での抱っこが 78.1% と最も頻度の高いものになっている¹⁾。そのため、抱っこをするときの負担を軽減させることは、安心して赤ちゃんを抱っこするために重要である。今回開発した抱っこ紐の構造は腰部を保護するような構造とした。そのため、腰部に特化して運動前後の変化が少なかったことが考えられる。抱っこをした姿勢は、抱っこしていない直立姿勢よりも全身が後方へ傾く²⁾。この報告からも抱っこすることにより姿勢の変化が生じ、それが一要因となって腰部への負担が増すことが考えられる。同様の抱っこ紐での検討⁷⁾でも、抱っこ紐使用時の負担感は軽減しており、今回工夫した腰部パッドによって運動時の動作が楽になり、一定時間の運動をしても腰にかかる負担が減少したことが考えられる。

本研究の限界として、負荷を一定にし、定量化するために運動を 3 種類設定したが、その設定が日常的な生活の負荷と同等であったのか不明である。また、有痛の症状のある被験者も多く、本研究結果との関連は不明である。さらに、2 種類の抱っこ紐の比較となり、今回の開発した構造の効果は環境や順番にも左右されるため、もう少し環境の統制が必要であった。ただ、どちらの製品が良い、悪いを判断するものではなく、腰部の負担を軽減するために必要な構造を加えて、どのように変化するかを明確にするための研究であった。

5. 研究資金・利益相反

本研究は、ニューウェルブランズ・ジャパン合同会社と松田雅弘が研究資金を受けて実施した。今後とも赤ちゃんの抱っこが安心して実施できるような構造を模索して、使用者・被使用者ともゆとりのある生活が送れるように理学療法士の視点をもとに支援をしていきたい。

参考文献

- 1) 犬飼博子：子どもの「運搬」における身体的負担。日本家政学会誌, Vol.49, No.11, pp.1233-1239, 1998.
- 2) 岩田浩子：乳児運搬具を用いた抱っこの姿勢について。名古屋女子大学 紀要, Vol. 44, pp.1-12, 1997.
- 3) <https://product.brck.co.jp/maker/m/myoton/myoton->

pro(2023年9月30日閲覧)

- 4) Havens KL, Severin AC, Bumpass DB, et al.: Infant carrying method impacts caregiver posture and loading during gait and item retrieval, *Gait posture*, Vol.80, pp.117–123, 2020.
- 5) Williams L, Standifird T, Madsen M: Effects of infant transportation on lower extremity joint moments: Baby carrier versus carrying in-arms, *Gait Posture*, Vol.70, pp.168–174, 2019.
- 6) 吉田麻未, 森田道子, 平むつ子: 子守帯の使用状況における母親世代と祖母世代との比較 子守帯の所有と使用場面・使用時の危険について. 秋田県母性衛生学会雑誌, Vol.24, pp.34–39, 2010.
- 7) 掛川圭, 松田雅弘, 藤野雄次, 他: 腰部に負担の少ない乳幼児用の抱っこ紐の開発. LIFE2022講演概要集, 2022.

Abstract :

Wearing a traditional baby carrier while doing chores or traveling is a physical burden to mothers causing stiff shoulders and back pain in addition to the emotional stress of childcare. A less burdensome baby carrier allowing a mother to carry a baby for longer periods of time is proposed. We investigated physical gait and subjective fatigue before and after 30 min of exercise while wearing novel baby carrier support straps to the left and right lumbar vertebrae, tightened lumbar belt, and shoulder straps. We found lower subjective fatigue, less vertical movement of the head and trunk during walking, and improved pelvic tilt. This may be attributed to the innovations in the new swaddling straps, which allow the child to maintain a stable position while wearing them, consequently reducing fatigue.

[Key words] Baby carriers, physical load, ergonomics

◎症例報告

皮質脊髄路および皮質網様体路の損傷を認めた重度片麻痺例に対する長下肢装具を用いた前型歩行練習による理学療法経験

Physical therapy of alternate gait training using knee-ankle-foot orthosis for regain gait function severe hemiplegia with damage to the corticospinal and corticoreticular tracts

関崇志¹, 阿部浩明²

要旨

【背景および目的】 拡散テンソル画像を用いた評価にて皮質脊髄路および皮質網様体路の顕著な損傷を認めた重度片麻痺例に対し、長下肢装具（以下、KAFO）を使用した前型歩行練習を実施し、麻痺は残存したものの屋内外ともに歩行自立に至った症例の経過を報告する。

【症例紹介】 脳梗塞を発症した60歳代の男性である。重度の右の下肢運動麻痺を呈して随意運動は困難であった。歩行時には麻痺側立脚期での下肢支持性が乏しくKAFOの装着を必要とした。

【介入】 下肢筋活動の誘発を目的に、足部可動性を有するKAFO装着下で前型歩行練習を行い、歩行能力の改善に伴い、段階的に短下肢装具（以下、AFO）へと移行した。

【結果】 皮質脊髄路の画像所見が示す通り、発症後4カ月経過しても重度の運動麻痺は残存したものの、歩行はAFOとT字杖を使用し、屋内外ともに自立に至り、歩行速度は64.2 m/minに到達し、復職を果たした。

【結論】 KAFOを用いた前型歩行練習を実践し、継続したことが歩行能力の向上に寄与した可能性があると思われた。

【キーワード】 長下肢装具、前型歩行練習、皮質脊髄路、皮質網様体路、拡散テンソル画像

1. はじめに

脳卒中患者の66%が発症後に歩行障害を呈し、その後の歩行獲得率（歩行自立に至った割合）は入院時の下肢麻痺が重症であるほど低く、重度麻痺者では21%、完全麻痺者では6%であると報告されている¹⁾。歩行は日常生活動作(Activities of Daily Living: 以下、ADL)の基本的な能力の一つで、手段的ADL^{2,3)}や生活の質⁴⁾に影響を及ぼす因

子であることから、重度片麻痺者の歩行再建はリハビリテーションにおける重要な課題の一つであり、より効果的な治療手技の確立は急務といえる。

皮質脊髄路(Corticospinal Tract: 以下、CST)の損傷により随意運動が困難となった重度片麻痺患者に対する歩行練習として、長下肢装具(Knee-Ankle-Foot Orthosis: 以下、KAFO)を用いた前型歩行が注目されており、その実践によって歩行

1 広南病院 リハビリテーション部

2 福島県立医科大学 保健科学部

投稿日: 2023年8月30日 採択決定日: 2023年12月4日 公開日: 2024年3月29日

再建に効果をもたらしたとの報告⁵⁻⁹⁾がなされている。

歩行には、体幹および四肢近位筋の制御、予測的姿勢調整を担う皮質網様体路(Corticoreticular Tract：以下、CRT)も関与していると考えられている¹⁰⁾。CSTおよびCRTの拡散テンソル画像(Diffusion Tensor Imaging：以下、DTI)所見と歩行能力との関連について調査した横断的な研究では、CST、CRTの双方が損傷した群は、どちらか一方のみが損傷した群よりも歩行能力が低いことを報告している¹¹⁾。更に、辻本ら¹⁰⁾は、DTI所見からCSTは著しい損傷を受けているが、CRTの損傷は免れていることが確認された重度片麻痺患者に対しKAFOを用いた前型歩行練習を実践し、前型歩行の獲得に至った症例を報告している。

今回、随意運動が不能な重度片麻痺を呈し、DTI所見から損傷側のCST、CRTともに著しい損傷を認めた脳卒中患者に対し、急性期からKAFOを用いた前型歩行練習を継続し、発症後4カ月で前型歩行を獲得し復職に至った症例を経験した。CST、CRTに顕著な損傷があり重度の麻痺を呈した症例の歩行獲得に至る経緯を記した報告は、我々が渉猟しうる限りでは見当たらず、脳卒中重度片麻痺患者の歩行再建に関わる理学療法士にとって治療内容を考慮する際に参考になる可能性があると思われるため報告する。

2. 症例紹介

60歳代の男性。就業中に右片麻痺が出現し、当院へ救急搬送され、遺伝子組み換え組織型プラスミノゲン・アクティベータの静脈内全身投与法が施行された。既往には、脂質異常症、高血圧があり内服治療を継続中であった。この他、慢性硬膜下血腫に対する外科治療が他院にて2年前になされていたが後遺症はなく、病前のADLは自立していた。職業は福祉施設の施設長であった。

本症例報告においては、症例に目的、方法、倫理的配慮について説明し書面にて同意を得た。

2-1 神経放射線学的所見

2-1-1 入院時神経放射線学的所見

入院時の拡散強調画像(Diffusion Weighted

Imaging：以下、DWI)では、下肢のCSTおよび補足運動野の領域に非常に薄い高信号がみられ(図1A)、7病日のDWIでは、それらの領域の信号強度が上昇していた(図1B)。

2-1-2 空間的標準化と拡散テンソル画像による画像解析

本症例の病巣を正確に特定するため、42病日に撮像されたT1強調画像(図1C)を参照として、病変をMRICronを使用して関心領域(region of interest：以下、ROI)設定しStatistical Parametrical Mapping 12(SPM12)soft-ware(The Wellcome Trust Center for Neuroimaging, The Institute of Neurology at University College London, London, United Kingdom)を用いてROIした病変画像を空間的標準化(図1D)した。さらに三次元的な病変位置をMRICronのvolume render機能を用いて図1Eに示した。標準化された病変画像はMRICronのtemplateであるBrodmann template、JHU White-Matter labels 1 mm templateを参考にして詳細に特定した。病巣は皮質ではBrodmannの第4野、第6野、第32野に及び、白質病変は上部放線冠に及んでいた。

42病日にはDTIが3.0テスラMR装置(Signa Excite HD scanner、General Electric、Milwaukee、USA)を用いて撮像された。撮像パラメータはecho time = 59 ms、repetition time = 9.000 ms、flip angle = 90°、slice thickness = 3 mm with no gap、field of view = 28.8 × 28.8 cm、acquisition matrix = 96 × 96、image matrix = 256 × 256 with a voxel size of 1.125 × 1.125 × 3.0 mm、number of excitations = 1、band width = 250 kHz、b value = 1000 s/mm²、number of diffusion-encoding directions = 15であった。解析にはDSI studio(CMRM、Johns Hopkins Medical Institute、Baltimore、USA)を用いた。DSI studioのeddy correctおよびmotion correct機能を用いて解析の前処理を行った。損傷半球および非損傷半球それぞれのROI設定として、CSTは中脳大脳脚と中心前回を、感覚路(Sensory Tract：以下、ST)は中脳被蓋部外側と中心後回を設定した。CRTは先行研究¹²⁾にて示されたその

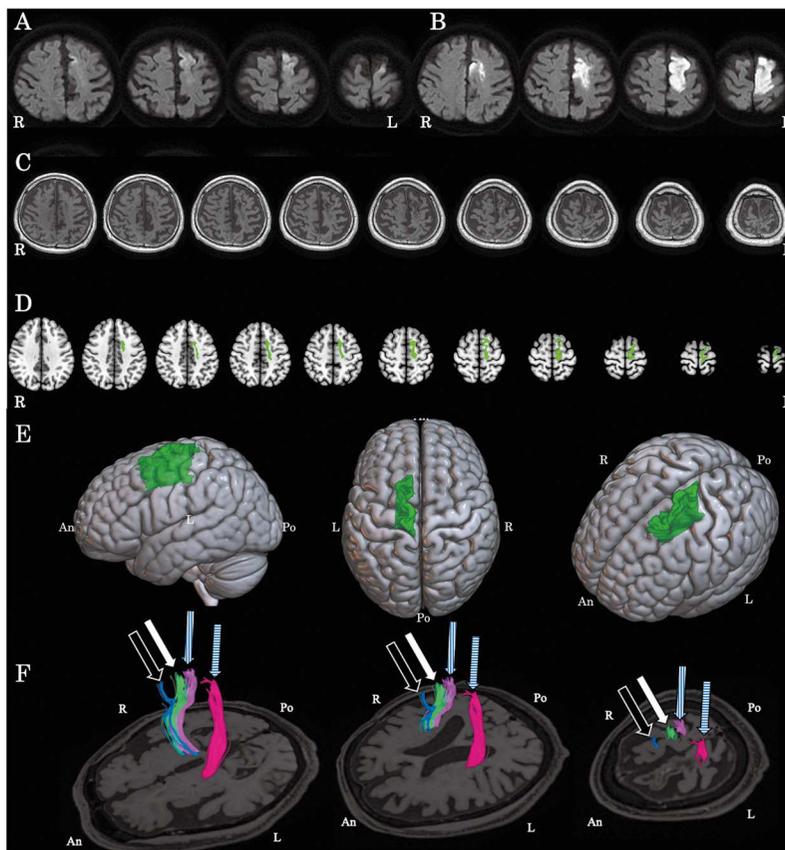


図1 MR画像

- A：0病日撮像のDWI。 B：7病日撮像のDWI。 C：42病日撮像のT1強調画像。
 D：Cの画像から病変を抽出し、その病変を空間的標準化した後にMNI152テンプレート上へmappingした画像。
 E：MNI152テンプレートにvolume render機能を使用して示した病巣の図。
 F：拡散テンソルトラクトグラフィーをCで示したT1強調画像にfusionさせた図。白矢印は非損傷側の皮質脊髄路、黒矢印は非損傷側の皮質網様体路、縦縞矢印は非損傷側の感覚路、横縞矢印は損傷側の感覚路を示す。
 L：左側、R：右側、An：前方、Po：後方、DWI：Diffusion Weighted Imaging

走行を参考として補足運動野と中脳被蓋正中部をROI設定した。図1FにDTIによるCST、ST、CRTのfiber trackingの結果(拡散テンソルトラクトグラフィー)を示した。非損傷側のCST、ST、CRTおよび損傷側のSTは大腦皮質の下肢領域まで描出されたが、損傷側のCSTとCRTは描出されなかった。これらの画像所見から、下肢の随意運動の最終指令を担う一次運動野ならびにCSTの損傷は大きく、麻痺側下肢の運動機能は予後不良であると推察された。

2-2 入院時理学療法評価

1病日に理学療法が処方され、同日より介入を開始した。Japan Coma Scale(以下、JCS)は2で意識障害はあったもののコミュニケーションは可能であった。Stroke Impairment Assessment Set(以下、SIAS)¹³⁾の麻痺側運動機能は上肢近位テスト0、上肢遠位テスト1、下肢近位テスト(股関節)0、下肢近位テスト(膝関節)0、下肢遠位テスト(足関節)0で、下肢の随意運動は不能であった。下肢の筋緊張は低下していた。感覚は下肢に軽度の触

覚鈍麻を認めたのみで、その他の部位の触覚、関節位置覚は正常であった。関節可動域に制限はなかった。SIASの体幹機能(腹筋)は0であった。起き上がり、座位保持、立位保持に介助を要し、Barthel Index(以下、BI)は20点であった。

8病日の時点でJCSは0となった。軽度の右半側空間無視を認めBehavioural Inattention Test(以下、BIT)通常検査¹⁴⁾は140点であり、cutoff値を超えたものの文字抹消試験、模写試験、線分二等分試験、描画試験にて減点となった。歩行中の非麻痺側方向への重心移動が不十分でありScale for Contraversive Pushing(以下、SCP)^{15,16)}は0.5と判定した。このスコアは、Bacciniら¹⁷⁾によるpushing behavior陽性とするcutoff値を下回っており、身体を麻痺側へ傾斜するように非麻痺側上肢で積極的に押してくるpusher behaviorとは異なっていることからlisting phenomenon¹⁸⁻²⁰⁾に該当すると判断した。SIASの麻痺側運動機能は、上肢遠位テストが3、その他は0のままであった。筋緊張、感覚、関節可動域に変化はなかった。起き上がり動作、座位保持は手すりを使用せずに監視で可能であり、移乗動作、起立動作は手すりを把持すれば監視で可能であった。歩行はバランスを保つために平行棒を把持する必要がある。麻痺側立脚期では膝関節が過剰に屈曲した状態での支持となり、KAFOで膝関節を固定する必要がある。麻痺側下肢の振り出しは不可能で全介助を要した(図2A)。

2-3 本人用KAFOの作製

歩行練習でKAFOが必要となる場合、個々の患者における適合性を考慮すると、急性期から本人用のKAFOを作製することが好ましい²¹⁾。当院では、リハビリテーション科専門医、理学療法士全員が参加する装具カンファレンスで協議し、KAFO作製の是非を判断している²²⁾。本症例においては、9病日に開催された装具カンファレンスにて、上述した評価内容を基に協議し、身体所見、画像所見から、長期的なKAFOの使用が見込まれるため、本人用に作製する必要があるとの判断に至った。患者本人および家族から作製の承諾を得て、13病日に採型をし、22病日に納品と

なった。我々は、重度片麻痺患者に対する歩行練習においては、麻痺側下肢の筋活動をより惹起することを目的とした前型歩行²³⁾を積極的に実践している。この前型歩行の実践のために、本症例に作製したKAFOの外側の足継手にはGait Solution(以下、GS)足継手(Pacific Supply社製)を採用した。GS足継手はオイルダンパーによる油圧で無段階に底屈の制動を調整することが可能であり²⁴⁾、この制動により、Loading Response(以下、LR)での緩やかな足関節底屈と、それに伴う下腿の前方推進の補助を期待した。加えて、GS足継手は背屈が遊動となっており²⁴⁾、ankle rocker²⁵⁾すなわち足関節の背屈運動を妨げない構造であることから、Terminal Stance(以下、TSt)での股関節伸展運動の確保を期待した。今後、GS足継手の機能を利用できないような下肢運動機能の変化が生じた場合を想定し、内側の足継手にはダブルクレンザック足継手を採用したが、本症例の歩行練習においては、ロット棒による足関節運動制限は設けなかった。KAFOは足部から大腿全体にかけて覆っているが、カットダウンできるように予め設計し、下肢の支持性の改善に合わせて、KAFO、semi-KAFO(大腿カフが上下二分割にできる構造で、その上部を除去したKAFO)、短下肢装具(Ankle-Foot Orthosis: 以下、AFO)へ変更できる構造とした。

2-4 経過

理学療法を開始した1病日より、歩行練習の際には、KAFO装着により膝関節を伸展位に固定し、GSの油圧の設定は目盛り3に合わせ、底屈制動が強くなるように設定した。それでも、麻痺側のInitial Contact(以下、IC)以降、下腿の前方移動は不十分で、TStに骨盤が後方に残る歩容となり揃え方の歩行であった(図2B)。12病日で端座位は自立となり、顕著な体幹機能の低下は観察されない状態に改善したが、それに伴う歩行能力の改善はみられなかった。歩行練習では、麻痺側IC後の下肢および骨盤の前方推進をセラピストの徒手によってアシストすることで、麻痺側のTStで股関節が伸展域に達し、非麻痺側下肢が支持脚足部の位置を超え前方へstepする前型歩行

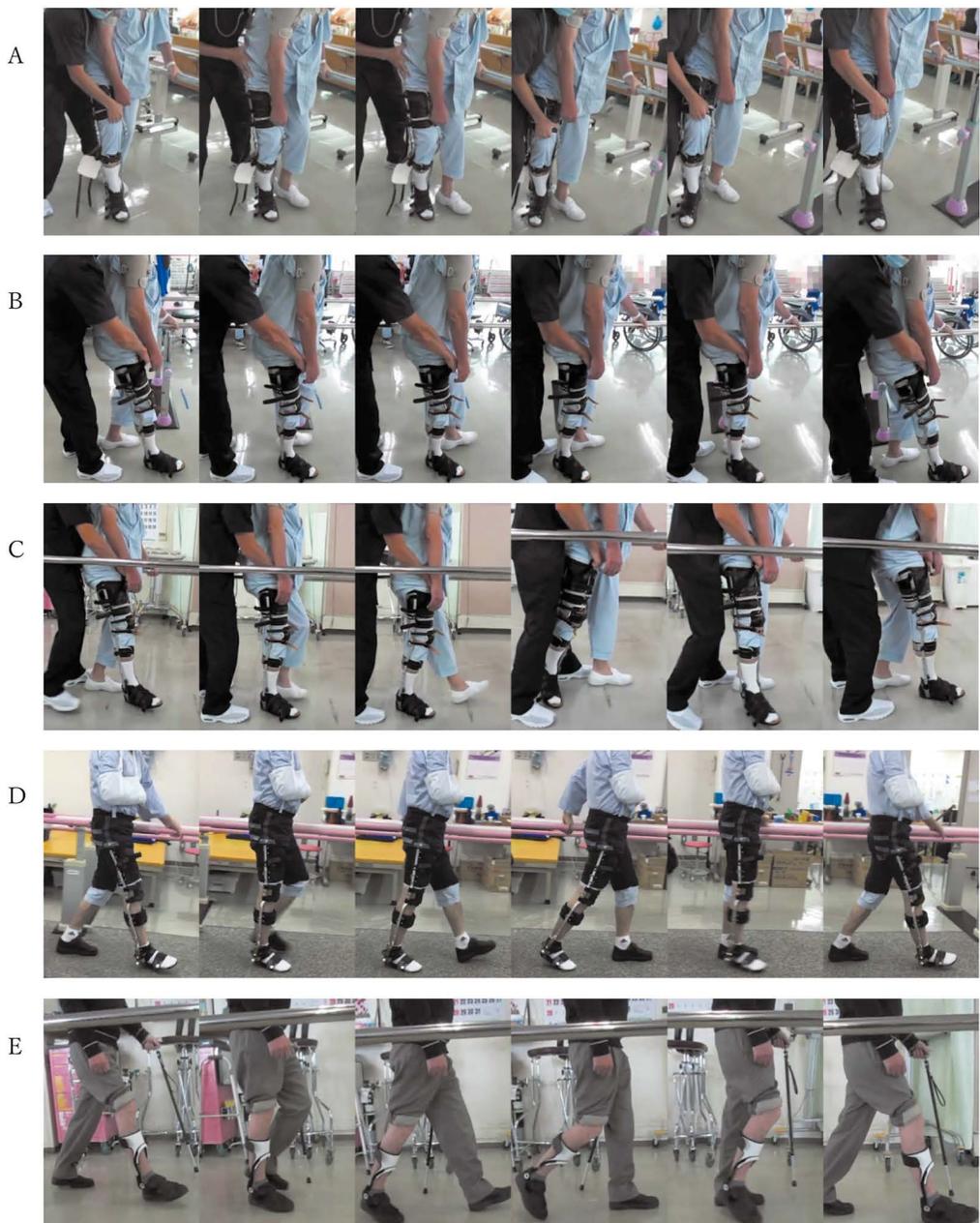


図2 矢状面からみた歩行の様子

- A : 8 病日。AFO 装着下での平行棒内歩行(KAFO を装着しているが、リングロック膝継手は解除しており AFO と同義)。麻痺側遊脚のみを介助。揃え型歩行。
- B : 8 病日。KAFO 装着下での平行棒内歩行。麻痺側遊脚のみを介助。揃え型歩行。
- C : 8 病日。KAFO 装着下での平行棒内歩行。麻痺側遊脚を介助。麻痺側立脚期の骨盤の前方移動も介助し前型歩行。
- D : 35 病日。KAFO 装着下での平行棒内歩行。無介助で前型歩行。
- E : 107 病日(自宅退院)。AFO 装着下での T 字杖歩行。無介助で前型歩行。
- AFO : Ankle-Foot Orthosis KAFO : Knee-Ankle-Foot Orthosis

表 1 理学療法プログラムの経時変化

	発症からの日数												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	107	
入退院	↓急性期入院			↓急性期退院						↓回復期退院			
起き上がり	=====												
立位で側方リーチ	=====												
階段昇降 (KAFO)	=====												
平行棒内歩行 (KAFO)	=====												
T字杖歩行 (KAFO)				=====									
平行棒内歩行 (semi-KAFO)				=====									
T字杖歩行 (semi-KAFO)							=====						
T字杖歩行 (AFO)							=====						
無杖歩行 (AFO)							=====						
T字杖歩行 (無装具)							=====						
無杖歩行 (無装具)							=====						
T字杖階段昇降							=====						
JCS	2				0							0	
SIAS麻痺側運動機能													
下肢近位テスト (股関節)	0				0							3	
下肢近位テスト (膝関節)	0				0							2	
下肢近位テスト (足関節)	0				0							0	
SIAS体幹機能 (腹筋)	0				3							※1	
BBS	—				37							47	
快適歩行速度 (m/min)													
T字杖使用・GSD装着	※2				※2							64.2	
T字杖使用・無装具	※2				※2							58.8	

AFO : Ankle-Foot Orthosis

BBS : Berg Balance Scale

JCS : Japan Coma Scale

KAFO : Knee-Ankle-Foot Orthosis

SIAS : Stroke Impairment Assessment Set

※ : 急性期ですでに最大値に到達したため未評価。

※ 2 : 歩行時に介助が必要であったため未実施。

— : 未実施

を実践した(図 2C)。KAFO 装着下の遊脚期は、膝関節を屈曲して足部クリアランスを確保することが出来ず、下肢の振り出しが困難となる。したがって、体幹を非麻痺側へ寄せる代償運動が必要となるが、症例は listing phenomenon を呈しており、代償運動が困難で介助を要した。体幹を非麻痺側へ寄せる練習として、階段昇降を行った^{26,27)}。KAFO で膝伸展位に固定された下肢を昇段させるためには、非麻痺側上肢で手すりを引き寄せて、より強く体幹を非麻痺側方向へ傾斜しなければならない。この動作の反復により、前額面上での姿勢制御の学習を図った^{26,27)}。理学療法は 1 週間に 5 日、1 日あたり 60 分間実施した。60 分の時間配分は、起き上がりや移乗の動作練習に 10 分、階段昇降練習や立位での側方リーチ練習に 20 分、平行棒内歩行練習に 30 分とした。本症例に対し実施した理学療法プログラムの経時変化を表 1

に示す。

26 病日には、listing phenomenon は消失し SCP は 0 となった。麻痺側下肢の振り出しは独力で出来るようになった。この時点より、1 日あたり 60 分の理学療法は病棟での ADL 練習を除き、多くの時間を歩行練習にあてるよう配慮した。

KAFO 装着下での平行棒内歩行は、介助なしでも麻痺側の IC 以降で下肢および骨盤がスムーズに前方移動し、TSt で股関節が伸展域に達する歩容となったため(図 2D)、35 病日より、KAFO からカットダウンした semi-KAFO 装着下での平行棒内歩行練習も並行して行った。semi-KAFO では IC 後の下肢の前方移動のタイミングが遅れ、非麻痺側の歩幅も短縮していたため、IC から mid stance にかけて骨盤後面より前方へ押し出すように補助しながらの歩行練習を実施した。

43 病日の SIAS の麻痺側運動機能は、上肢近位

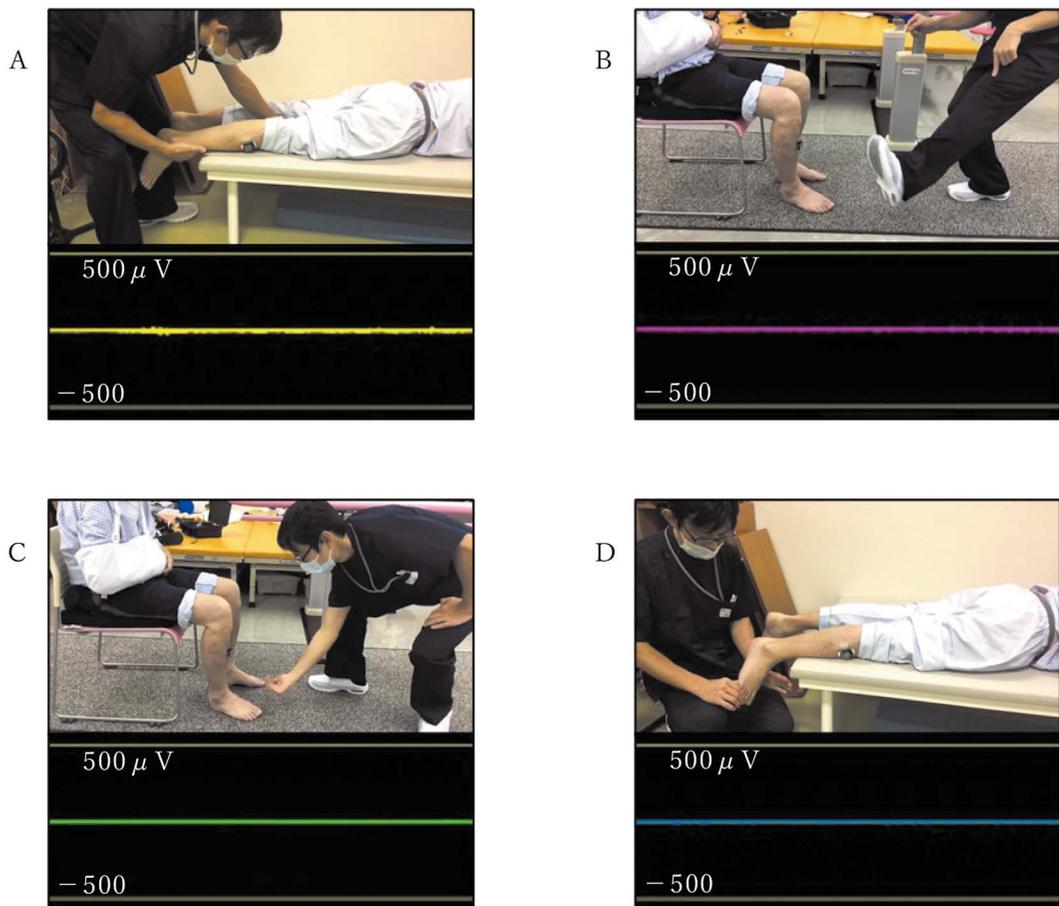


図3 43 病日の麻痺側下肢随意運動を指示した際の筋電図波形

- A: 上段は股関節伸展運動を指示している様子。下段はその際の大殿筋の筋電図波形。
 B: 上段は膝関節伸展運動を指示している様子。下段はその際の大腿直筋の筋電図波形。
 C: 上段は足関節背屈運動を指示している様子。下段はその際の前脛骨筋の筋電図波形。
 D: 上段は足関節底屈運動を指示している様子。下段はその際の腓腹筋の筋電図波形。

テストが1、上肢遠位テストが4、下肢の3項目は全て0のみであった。膝屈筋群の筋緊張がわずかに亢進しており、感覚は正常であった。SIASの体幹機能(腹筋)は3であった。Berg Balance Scale(以下、BBS)は37点であった。BIは55点であった。歩行する上で、足関節底屈の制動のためのAFOの装着は遊脚中に足関節が底屈位となるため必須であったが、装具による膝関節の固定がなくとも四脚杖で歩行可能な状態であった。しかしながら、麻痺側立脚期での膝関節伸展は不十分であり、非麻痺側下肢の歩幅が短縮していたた

めKAFO装着下での練習を実施すべきであると判断し実施した。図3、4に麻痺側下肢の随意運動時およびKAFO装着下での歩行中の筋電図波形を示す。麻痺側下肢の随意運動は不能で、その際の筋活動も検出されなかったが(図3)、歩行中には一部の筋で活動を認めた(図4)。腓腹筋は全歩行周期にわたる持続的な活動であった。大腿二頭筋は遊脚中期から立脚中期まで、大殿筋は活動開始時期が遅延し立脚中期までの活動となっており、活動と休止の周期性のある活動であった。このように、随意運動では筋活動が出現しないにも

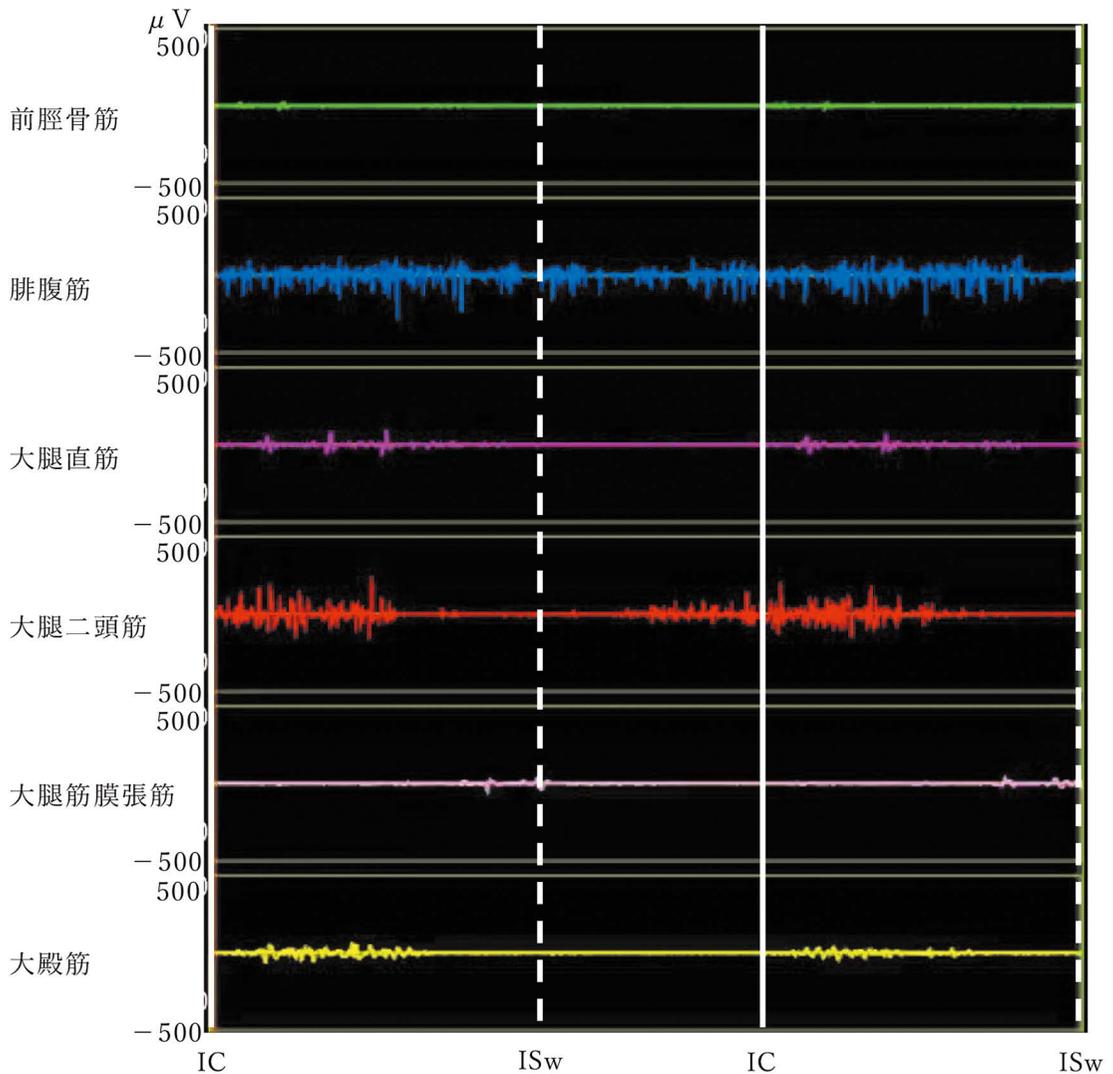


図4 43病日のKAFO装着下での歩行中の筋電図波形

麻痺側下肢筋の筋電図波形。縦の実線がIC、縦の点線がISwの時点であることを示す。

IC : Initial Contact ISw : Initial Swing KAFO : Knee-Ankle-Foot Orthosis

かわらず、歩行中には一部の筋が活動し、正常パターンとのズレはあるものの一定のタイミングで活動と休止を繰り返す筋も存在した。

44病日に回復期病院へ転院となった。以降の経過については、回復期病院の担当理学療法士より提供していただいた情報を基に記載する。44病日以降は、KAFOとsemi-KAFOを併用しながら、平行棒内からT字杖使用下の歩行練習へと移行

していった。67病日より、T字杖歩行練習をAFO装着と無装具の2パターンで実施し、徐々に無杖歩行練習も追加していった。107病日に自宅退院となり、この時点で、SIASの麻痺側運動機能は、上肢近位テストが3、上肢遠位テストが4、下肢近位テスト(股関節)が3、下肢近位テスト(膝関節)が2、下肢遠位テスト(足関節)が0であった。BBSは47点であった。足部の随意運動は不能で

あり、屋外歩行時には足関節底屈を制動する必要があったため、AFOとしてGaitSolution-Design(以下、GSD)(Pacific Supply社製)を購入し使用していた(状態変化に伴い医療保険で作製したもの)。図2Eは回復期病院退院日に当院に訪問された際の歩容である。麻痺側LRでの膝関節伸展角度がやや不十分ではあったが、TStで股関節が伸展域に達する前型歩行となっていた(図2E)。T字杖歩行時の快適歩行速度は、GSD装着下で64.2 m/min、無装具で58.8 m/minであった。屋外歩行も自立され現職復帰された。

3. 考察

本症例は、重度の片麻痺を呈し、DTIを用いた解析から、CST、CRTの双方に重大な損傷を認めたにもかかわらず、発症後4カ月で前型歩行の歩容にて屋内外とも歩行自立に至った。

脳卒中患者の歩行予後は、入院時の下肢麻痺が重症であるほど不良であることが報告されている¹⁾。運動麻痺の重症度とCSTの損傷の程度とは関連があり、DTIによりCSTを解析した調査では、CSTの損傷の割合が大きいほど、運動麻痺は重度であり^{28,29)}。歩行能力が低下する^{30,31)}ことが報告されている。また、体幹および四肢近位筋の制御、予測的姿勢調整を担うCRT¹⁰⁾もまた、歩行に参与する神経機構の一つと考えられている¹⁰⁾。CRTにおいてもDTIでの描出が可能であり¹²⁾、CRTの損傷は、近位筋優位の筋力低下³²⁾、姿勢の不安定性³³⁾と関連があることが報告されている。Yooら¹¹⁾は、被殻出血患者の30病日以内のCSTおよびCRTの損傷とFunctional Ambulation Categories(以下、FAC)との関連について調査し、CSTおよびCRTの双方が損傷した群のFACは平均0.6であったのに対し、CSTのみが損傷した群のFACは平均2.8、CRTのみが損傷した群のFACは平均2.5であったと報告している。これらの先行研究の結果を概観すると、CSTに重大な損傷があったとしても、CRTが損傷を免れていれば歩行を獲得する可能性は高いが、CSTとCRTの双方が損傷した場合、歩行予後は不良である可能性が考えられる。

本症例のDTIでは、CSTのみならずCRTも著

しく損傷されていることが推察される所見であったにもかかわらず、早期に歩行を獲得した。歩行自立に至り、その歩行パターンは重度の下肢麻痺を呈しているものの前型歩行の歩容であった。本症例の経過から歩行獲得にはCST、CRT以外の神経機構も関係している可能性が考えられる。歩行にはいくつかの側面があり、歩き出しや障害物を避けるといった「能動的な歩行」と、歩行時の下肢のリズミカルな動作や姿勢制御といった意識に上らない「自動的な歩行」がある³⁴⁾。能動的な歩行には大脳皮質の処理が必要であるが³⁵⁾、一方、自動的な歩行においては、脳幹に存在する複数の歩行誘発野や、脊髄に存在するcentral pattern generatorが深く関与すると考えられている³⁵⁾。Leeら³⁶⁾は、voxel-based lesion symptom mappingを用いて脳の損傷領域と発症後3カ月および6カ月時点の歩行自立度との関連を調査しており、放射冠、内包、淡蒼球、被殻、帯状回などの複数の領域と関連があったと報告している。このように、歩行にはCSTとそれ以外の領域の関連が指摘されている。Jangら³⁰⁾は、DTI上でCSTの完全損傷を認めた脳卒中患者の、損傷側CRTパラメータと歩行自立度には関連がなかったと報告している。神ら³⁷⁾は、急性期脳卒中片麻痺患者のCSTおよびCRTのDTIパラメータが、急性期病院退院時の歩行自立度の予測因子として選択されなかったと報告している。さらに、Junら³⁸⁾は、発症後1カ月のCST、CRTパラメータと6カ月後の歩行自立度とに関連がないことを報告しており、CST、CRTの損傷の程度と歩行予後は必ずしも一致しない可能性がある。

大鹿糠ら²³⁾は、脳卒中急性期の重度片麻痺者に対しKAFOを装着した介助歩行を提供した際の、揃え型歩行パターンと前型歩行パターンの下肢筋活動量を筋電図を用いて比較しており、前型歩行の方が有意に高い筋活動がみられたことを報告している。この歩行パターンを提供する背景には、他動的な運動を提供した際に得られた脊髄損傷例の下肢歩行様筋活動の報告がある。Dietzら³⁹⁾は、脊髄損傷患者を対象に、歩行ロボットを用いて他動的に下肢の歩行様運動をさせたときの筋活動を調査しており、下肢への荷重と、股関節の屈伸運

動を伴う場合に、歩行と同調した筋活動が得られることを報告している。Kawashima ら⁴⁰⁾は、脊髄損傷患者に3つの異なるパターンで他動的に歩行様運動を行った際の下肢筋活動を調査している。左右交互に股関節を屈伸させたパターン、一側のみ股関節を屈伸させたパターン、左右相互に股関節を屈伸させたパターンを比較したところ、左右交互に屈伸させたパターンが最も下肢筋活動を誘発したと報告している⁴⁰⁾。これらの報告は、左右交互に股関節を屈伸させる歩行パターンとなる前型歩行を実施することで、脳卒中者においても自動的な歩行制御に関連する機構を賦活する可能性を示唆するものと考えられ、脳卒中片麻痺患者へ応用できる可能性がある。

本症例は、下肢の随意運動を意図しても関節運動が生じず、下肢筋の筋電図波形も出現しなかったが、KAFO装着下での前型歩行中には下肢筋の周期的な筋電図波形が確認されたことから、前型歩行練習によって、CSTやCRT以外の歩行に参与する神経機構を賦活していた可能性が考えられる。あるいは、両側性の支配が知られているCRTは損傷側のみが歩行に重要な関与をしているのではなく、非損傷側である同側の線維束の歩行への関与があったのかもしれない³⁰⁾。今回の症例の経過は、CSTの損傷により重度の片麻痺を呈し歩行が困難で、かつ、歩行の回復に関わると考えられるCRTが損傷した症例においても、トレーニング手法によっては、実用的な歩行の獲得に至る可能性があることを示していると思われる。本症例においては、重度片麻痺患者であっても下肢筋活動をより惹起できる可能性のある前型歩行練習²³⁾を、発症後早期より実践した。前型歩行を行うためには、立脚期においては、足部のrocker機構によって下腿が前方移動し、膝関節伸展位を保持しながら股関節が屈曲位から伸展位まで可動する必要がある²⁵⁾。しかし、重度麻痺を呈している本症例においては、無装具あるいはAFO装着のみでそれを再現することは困難であり、足部rocker機構を補助するGS足継手²⁴⁾を搭載したKAFOを装着し、かつ、セラピストが徒手にてアライメントを修正しながら平行棒内での歩行練習を行った。やがて、KAFO装着下での前型歩行が

セラピストの介助がなくとも自ら構築できるようになったが、その時点でAFOへカットダウンすると、麻痺側立脚期での膝関節伸展は不十分となり非麻痺側下肢の歩幅が短縮して前型歩行は困難となった。これは、KAFOからAFOへの急激な移行は症例にとって課題難易度が高すぎることの現れであると思われ⁴¹⁾、KAFO、semi-KAFO、AFOでの練習期間をそれぞれ重複させながら徐々にカットダウンしていった。本症例における実用的な歩行とは、屋外に出て復職が可能となる歩行と考える。Perry ら⁴²⁾は、地域社会で制約なく活動するために必要な歩行速度は48 m/min以上であると報告している。脳卒中患者の歩行速度は下肢筋力と関連があり^{43,44)}、異常歩容を呈している脳卒中患者は歩行速度が低下することが報告されている⁴⁵⁾。脳卒中患者がより実用的な歩行を獲得するうえで速度は重要な要素であり、下肢筋力の強化と異常歩容からの脱却は歩行練習において必要な視点となる。本症例が可能な限り制約なく復職するためには、下肢筋活動を誘発させ、異常歩容から脱却し、速い速度で歩行できることが必要であると考えた。したがって、重度の片麻痺を呈した急性期の段階では、より筋活動を惹起するためにKAFOでの前型歩行練習を実施し、回復期では、症例本人による下肢アライメントの制御能力に合わせて、使用する装具を段階的に変更し課題難易度を調整して前型歩行練習を実施する必要があった。このように、急性期から回復期にかけて装具を用いて課題難易度を調整しながら前型歩行練習を継続したことが、本症例の前型歩行の獲得および復職に寄与した可能性があると考えられる。

4. 結論

重度の片麻痺を呈し歩行不能となり、DTI所見よりCST、CRTの著しい損傷を認めた脳卒中患者に対し、急性期からKAFOを装着し前型歩行練習を実施した。回復期での歩行練習においてもKAFOの使用を継続し段階的にAFOへと移行した。最終的に重度の片麻痺は残存したものの、AFO装着下での歩行能力は実用的な速度を備えて自立するに至り、社会復帰を果たした。麻痺側

下肢の筋活動をより多く惹起させることを目的に、足関節の底屈を制動し、背屈を遊動としたGS足継手を採用したKAFOを用いて前型歩行練習を実践し、下肢の運動機能の変化に合わせてsemi-KAFOさらにはAFOへ移行し、課題難易度を調整しながら歩行練習を継続したことが、実用的な歩行の獲得に至った一要因と思われた。

5. 利益相反

本症例報告について開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) Jørgensen HS, Nakayama H, et al. : Recovery of walking function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil*, 76: 27-32, 1995.
- 2) Furuna T, Nagasaki H, et al. : Longitudinal change in the physical performance of older adults in the community. *J Jpn Phys Ther Assoc*, 1: 1-5, 1998.
- 3) Shinkai S, Watanabe S, et al. : Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing*, 29: 441-446, 2000.
- 4) 村田伸, 大田尾浩, 他 : 地域在住高齢者の転倒と身体・認知・心理機能に関する前向き研究. *理学療法学*, 24: 807-812, 2009.
- 5) 門脇敬, 阿部浩明, 辻本直秀 : 脳卒中発症後6カ月経過し歩行に全介助を要した状態から長下肢装具を用いた歩行練習を実施し監視歩行を獲得した重度片麻痺を呈した症例. *理学療法学*, 45(3): 183-189, 2018.
- 6) 辻本直秀, 阿部浩明, 大鹿糠徹 : 皮質網様体路の残存が確認された歩行不能な脳卒中重度片麻痺者に対する長下肢装具を用いた前型歩行練習と歩行および下肢近位筋の回復経過. *理学療法学*, 45(6): 385-392, 2018.
- 7) 門脇敬, 阿部浩明, 辻本直秀 : 倒立振子モデルの形成をめざした下肢装具を用いた歩行トレーニングの実践により歩行能力が向上した片麻痺を呈した2症例. *理学療法学*, 46(1): 38-46, 2019.
- 8) Abe H, Nishiyama K, Yamamoto Y, et al. : Impact of alternate gait training using knee-ankle-foot orthoses with oil damper ankle hinge in patients with subacute severe hemiplegia. *Brain Sci*, 11(11): 1430, 2021.
- 9) Abe H, Kadowaki K, Tsujimoto N, et al. : A narrative review of alternate gait training using knee-ankle-foot orthosis in stroke patients with severe hemiparesis. *Phys Ther Res*. 2021; 24(3): 195-203.
- 10) 高草木薫 : 大脳基底核による運動の制御. *臨床神経学*, 49(6): 325-334, 2009.
- 11) Yoo JS, Choi BY, Chang CH, et al. : Characteristics of injury of the corticospinal tract and corticoreticular pathway in hemiparetic patients with putaminal hemorrhage. *BMC Neurol*, 14: 121, 2014.
- 12) Yeo SS, Chang MC, Kwon YH, et al. : Corticoreticular pathway in the human brain: diffusion tensor tractography study. *Neurosci Lett*, 508(1): 9-12, 2012.
- 13) Chino N, Sonoda S, Domen K, et al. : Stroke Impairment Assessment Set (SIAS): a new evaluation instrument for stroke patients. *Jpn J Rehabil Med*, 31(2): 119-125, 1994.
- 14) 石合純夫 (BIT日本IVM作製委員会代表) : BIT行動性無視検査 日本版: 9-22, 新興医学出版社, 東京, 1999.
- 15) Karnath HO, Ferber S, Dichgans J: The origin of contraversive pushing: evidence for a second graviceptive system in humans. *Neurology*, 55(9): 1298-1304, 2000.
- 16) Babyar SR, Peterson MG, Bohannon R, et al. : Clinical examination tools for lateropulsion or pusher syndrome following stroke: a systematic review of the literature. *Clin Rehabil*, 23(7): 639-650, 2009.
- 17) Baccini M, Paci M, Nannetti L, et al. : Scale for contraversive pushing: cutoff scores for diagnosing "pusher behavior" and construct validity. *Phys Ther*, 88(8): 947-955, 2008.
- 18) Karnath HO: Pusher syndrome--a frequent but little-known disturbance of body orientation perception. *J Neurol*, 254(4): 415-424, 2007.
- 19) Dai S, Piscicelli C, Clarac E, et al. : Balance, lateropulsion, and gait disorders in subacute stroke. *Neurology*, 96(17): e2147-e2159, 2021.
- 20) Pérennou DA, Mazibrada G, Chauvineau V, et al. : Lateropulsion, pushing and verticality perception in hemisphere stroke: a causal relationship?. *Brain*, 131(9): 2401-2413, 2008.
- 21) 大田哲生 : 脳卒中中の下肢装具. *総合リハビリテーション*, 40(10): 1285-1290, 2012.
- 22) 関崇志, 阿部浩明, 大鹿糠徹 : 脳卒中急性期から適切な長下肢装具作製を進めるための装具カンファレンス

- スの導入後の変化. 総合リハビリテーション, 48(12): 1191-1199, 2020.
- 23) 大鹿糠徹, 阿部浩明, 関崇志, 他: 脳卒中重度片麻痺者に対する長下肢装具を使用した二動作背屈遊動前型無杖歩行練習と三動作背屈制限揃え型杖歩行練習が下肢筋活動に及ぼす影響. 東北理学療法学, 29: 20-27, 2017.
- 24) Yamamoto S, Hagiwara A, Mizobe T, et al.: Development of an ankle-foot orthosis with an oil damper. *Prosthet Orthot Int*, 29(3): 209-219, 2005.
- 25) Neumann K: 歩き方—ヒトの歩容の生理学. 月城慶一, 山本澄子, 他(訳), 観察による歩行分析: 5-80, 医学書院, 東京, 2007.
- 26) Davies PM: Steps to Follow: ポバース概念にもとづく片麻痺の治療法. 富田昌夫(訳), 285-304, シュプリンガー・フェアラーク東京株式会社, 東京, 1998.
- 27) 阿部浩明: Contraversive pushingの評価と背景因子を踏まえた介入pushing training. 理学療法研究, 28(9): 10-20, 2011.
- 28) Zhu LL, Lindenberg R, Alexander MP, et al.: Lesion load of the corticospinal tract predicts motor impairment in chronic stroke. *Stroke*, 41(5): 910-915, 2010.
- 29) Yoshioka H, Horikoshi T, Aoki S, et al.: Diffusion tensor tractography predicts motor functional outcome in patients with spontaneous intracerebral hemorrhage. *Neurosurgery*, 62(1): 97-103, 2008.
- 30) Jang SH, Chang CH, Lee J, et al.: Functional Role of the Corticoreticular Pathway in Chronic Stroke Patients. *Stroke*, 44(4): 1099-1104, 2013.
- 31) Kim EH, Lee J, Jang SH: Motor outcome prediction using diffusion tensor tractography of the corticospinal tract in large middle cerebral artery territory infarct. *NeuroRehabilitation*, 32(3): 583-590, 2013.
- 32) Do KH, Yeo SS, Lee J, et al.: Injury of the corticoreticular pathway in patients with proximal weakness following cerebral infarct: diffusion tensor tractography study. *Neurosci Lett*, 546: 21-25, 2013.
- 33) Jang SH, Kim TH, Kwon YH, et al.: Postural Instability in Patients With Injury of Corticoreticular Pathway Following Mild Traumatic Brain Injury. *Am J Phys Med Rehabil*, 95(8): 580-587, 2016.
- 34) 土屋和夫, 高草木薫, 他(編著): シリーズ移動知 第2巻 身体適応—歩行運動の神経機構とシステムモデル: 25-58, オーム社, 東京, 2015.
- 35) Takakusaki K, Saitoh K, Harada H, et al.: Role of basal ganglia-brainstem pathways in the control of motor behaviors. *Neurosci Res*, 50: 137-151, 2004.
- 36) Lee KB, Kim JS, Hong BY, et al.: Brain lesions affecting gait recovery in stroke patients. *Brain Behav*, 7(11): e00868, 2017.
- 37) 神将文, 阿部浩明, 遠藤英徳, 他: 拡散テンソル画像を用いた急性期脳卒中片麻痺者における皮質網様体路の損傷度と歩行予後との関連. 理学療法学, 48(2): 163-172, 2021.
- 38) Jun S, Hong B, Kim Y, et al.: Does motor tract integrity at 1 month predict gait and balance outcomes at 6 months in stroke patients?. *Brain Sci*, 11(7): 867, 2021.
- 39) Dietz V, Müller R, Colombo G, et al.: Locomotor activity in spinal man: significance of afferent input from joint and load receptors. *Brain*, 125(12): 2626-2634, 2002.
- 40) Kawashima N, Nozaki D, Abe MO, et al.: Alternate leg movement amplifies locomotor-like muscle activity in spinal cord injured persons. *J Neurophysiol*, 93(2): 777-785, 2005.
- 41) 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.
- 42) Perry J, Garrett M, Gronley JK, et al.: Classification of walking handicap in the stroke population. *Stroke*, 26(6): 982-989, 1995.
- 43) Bohannon RW: Muscle strength and muscle training after stroke. *J Rehabil Med*, 39(1): 14-20, 2007.
- 44) Mentiplay BF, Adair B, Bower KJ, et al.: Associations between lower limb strength and gait velocity following stroke: a systematic review. *Brain Inj*, 29(4): 409-422, 2015.
- 45) De Quervain IA, Simon SR, Leurgans S, et al.: Gait pattern in the early recovery period after stroke. *J Bone Joint Surg Am*, 78(10): 1506-1514, 1996.

Abstract :

Background and Purpose : We report a case of a severe hemiplegic patient with severe damage to the corticospinal and corticoreticular tracts, as confirmed by diffusion tensor imaging. Consistent with the outcome prediction performed using diffusion tensor imaging, the paresis did not show significant improvement. However, the patient achieved independent ambulation on all surfaces through alternate gait training using a knee-ankle-foot orthosis (KAFO).

Case Description : The patient was a 60-year-old male who suffered an ischemic stroke with severe motor paralysis of the right lower limb. He had difficulty in performing voluntary movements and exhibited severe instability on the affected side during the stance phase of walking, for which a knee-ankle-foot orthosis (KAFO) was prescribed.

Intervention: Alternate gait training was provided using a KAFO with ankle joint mobility to facilitate and induce lower limb muscle activity. As the patient's walking ability improved, he was able to transition from a KAFO to an ankle-foot orthosis (AFO).

Outcomes : As indicated by the imaging findings of the corticospinal tract, severe motor paralysis persisted for four months after the onset. However, the patient achieved independent outdoor ambulation using an AFO and a single point cane, reaching a walking speed of 64.2 m/min. In addition, the patient successfully returned to work.

Conclusion : Providing alternate gait training using a KAFO and having the patient continue walking in such a way may have contributed to improvement in his walking ability.

[Key words]knee-ankle-foot orthosis, alternate gait training, corticospinal tract, corticoreticular tract, diffusion tensor imaging

◎原著

臨床家による長下肢装具作製の是非の判断を予測する客観的因子

The factors related to clinicians' decision regarding the necessity of a custom-made knee-ankle-foot orthosis

大鹿糠徹¹, 阿部浩明², 辻本直秀³, 関崇志¹

要 旨

【目的】 本人用の長下肢装具 (Knee-Ankle-Foot Orthosis ; 以下、KAFO) 作製の是非を判断する明確な基準は不明である。本研究の目的は、急性期脳卒中者に対する KAFO 作製の是非の判断に関連する因子を調査し、臨床家が総合的に判断した結果を予測することが可能な客観的因子を明らかにすることである。

【方法】 対象は歩行に際し KAFO が必要であった急性期の脳卒中患者 249 名である。KAFO 作製が必要と判断された群と不要と判断された 2 群間における調査項目を単変量解析にて比較し、その上で、KAFO 作製の是非の判断を従属変数としたロジスティック回帰分析を行った。

【結果】 下肢 Brunstrom Recovery Stage、麻痺側下肢支持性、下肢触覚、Scale for Contraversive Pushing が関連因子として抽出された。

【結論】 臨床家は KAFO の作製の是非を判断する際に下肢運動機能、麻痺側下肢支持性、下肢感覚障害、pusher 現象の重症度を重要視して総合的に判断しているものと思われた。

【キーワード】 長下肢装具、脳卒中、急性期

1. はじめに

脳卒中片麻痺者における歩行障害は社会参加に関連する重要な因子であり、歩行能力の再獲得はリハビリテーションの主要な目標の一つである¹⁾。脳卒中治療ガイドライン 2021²⁾および理学療法診療ガイドライン³⁾では早期から積極的に下肢装具を活用した治療を行うことが強く推奨されている。脳卒中後の片麻痺を有する患者の歩行機能を再建するために下肢装具は有効な治療手段であり^{4,5)}、特に発症早期の重度の運動麻痺を有す

る脳卒中者では、膝関節を含めた下肢の制御が困難である場合が多く、このような症例に対しては長下肢装具 (Knee-Ankle-Foot Orthosis ; 以下、KAFO) を使用した歩行練習が行われる⁵⁻¹⁰⁾。Sato⁸⁾は、発症早期に KAFO を使用した脳卒中片麻痺者は KAFO の使用が遅延した脳卒中片麻痺者に比べ、入院中の Functional Independence Measure (以下、FIM) 利得が有意に高かったことを報告している。すなわち、KAFO の適応となる患者に対して可能な限り早期から KAFO を使用して

1 広南病院 リハビリテーション部

2 福島県立医科大学 保健科学部

3 西大和リハビリテーション病院 リハビリテーション部

投稿日: 2023 年 1 月 4 日 採択決定日: 2023 年 12 月 14 日 公開日: 2024 年 3 月 29 日

治療すべきであることを示している。またその使用する KAFO については、身体への適合性を考慮すると、本人用に作製した装具であることが望ましい¹¹⁾。高島ら¹²⁾は、早期から KAFO を作製した脳卒中片麻痺者は KAFO を作製しなかったほぼ同等の身体機能を有する者と比べて、FIM の歩行項目が有意に早期に改善したこと、また、FIM 階段項目が退院時に有意に高値であったことを報告している。これらの先行研究を概観すると、歩行練習を進める上で KAFO が必要となる患者においては、可及的速やかに本人用の KAFO を作製して歩行練習を行うことが望ましい。

一方、脳卒中片麻痺者に対する KAFO 作製の明確な基準は存在しておらず、医師ならびに理学療法士の各々の判断に委ねられているのが現状である。血腫の吸収やペナンプラ領域の再灌流など、脳内の変化に伴い身体機能の急激な変化が生じる急性期において、早期に KAFO 作製の是非を判断することは身体機能が劇的に改善しうる病期であるがゆえ容易ではない。例を挙げれば、KAFO の作製を決断した後に、急激な身体機能の改善が生じて膝関節の強固な固定が不要となり、KAFO が作製され納品された直後の歩行練習において KAFO が不要となった場合、医療経済的な側面からみれば KAFO 作製の判断は保留すべきであったと考えられる事例も生じる可能性があると考えられる。

装具作製の必要性を適切に判断するため、当院では装具カンファレンス(Brace Conference；以下、BC)を開催している。BC の対象は発症から 10 日までに歩行練習または立位練習に際して KAFO や短下肢装具(Ankle-Foot Orthosis；以下、AFO)などを含めた、あらゆる下肢装具の装着を一度でも要した全ての症例としている。なお、発症 10 日と規定しているのは急性期病院である研究実施施設の在院期間の都合からであり、この期間を過ぎると研究実施施設での KAFO 使用期間が短期間となるために設定されたものである。BC では、担当理学療法士が患者の脳画像を含む医学的情報、理学療法評価、立位や歩行の様子、片脚立位、下肢ステップ動作などを撮影した動画を提示し、当院リハビリテーション部に所属

するリハビリテーション専門医と理学療法士が全員参加し、提示された内容から本人用装具を作製すべきか否かを全員で協議し、その是非を判断している。我々が調査した結果、この BC を導入する前と比較して、導入後には KAFO 作製の判断精度が向上しており、より適切な装具作製の判断が可能となった¹³⁾。この BC の装具作製判断において、医師や理学療法士などの臨床家がどういった項目を重要視しているかを明らかにできれば、多くの臨床施設で開催される装具作製についての会議や相談及び検討に際し、注視すべき因子として活用できる可能性があると思われる。

本研究の目的は当院の BC における KAFO 作製の判断に関連する因子を明らかにし、急性期脳卒中者に対する KAFO 作製において臨床家が総合的に判断した結果を予測することが可能な客観的因子を明らかとし、KAFO 作製判断の際に注視すべき要因を明らかにすることである。

2. 対象および方法

2-1 研究デザイン

本研究は前方視的観察研究である。

2-2 対象

対象は 2015 年 8 月から 2020 年 6 月までに当院へ入院後、理学療法が処方された急性期脳卒中者 5258 名のうち、発症後 11 日以内に当院 BC において KAFO 作製の必要性について審議された患者 249 名である。

2-3 方法

2-3-1 調査項目

調査項目は年齢、性別、身長、体重、Body Mass Index(以下、BMI)、脳卒中病型、脳卒中既往の有無、入院前の歩行機能として Functional Ambulation Category(以下、入院前 FAC)¹⁴⁾、脳画像上での皮質脊髄路損傷の有無、麻痺側、麻痺側下肢 Brunstrom Recovery Stage(以下、下肢 BRS)、麻痺側・非麻痺側の股関節屈曲、膝関節伸展、足関節背屈における Active Range Of Motion(以下、A-ROM)、腱反射(膝蓋腱、アキレス腱)、膝関節屈筋・足関節底屈筋の Modified Ashworth

Scale¹⁵⁾、Stroke Impairment Assessment Set (以下、SIAS)¹⁶⁾の下肢触覚、下肢位置覚、視空間認知、言語の4項目、Scale for Contraversive Pushing (以下、SCP)¹⁷⁾、Trunk Control Test (以下、TCT)¹⁸⁾の合計点、麻痺側下肢支持性、理学療法実施時間(min)、立位練習時間(min)、歩行練習距離(m)であった。また、歩行練習に影響を与えるほどの疼痛の有無について聞き取り調査を実施した。これらの項目は全てBCにおいて提示される評価内容である。

年齢、性別、身長、体重、BMI、脳卒中病型、脳卒中既往の有無、入院前FACは診療録から収集した。皮質脊髄路損傷の有無については、発症時のMagnetic Resonance Imaging (以下、MRI) およびComputed Tomography (以下、CT)を参考に、共同研究者内の判定者一人がブラインド下にて判定した。さらにBCに参加している医師(脳神経外科専門医かつリハビリテーション科専門医)の読影結果との整合性を確認し、両者の判断に不一致がないことを確認した。A-ROMの計測肢位と評価方法は図1に示す。対象者は椅子に座り、可能な限り体幹を直立位で保持する。対象者はこの開始肢位から各随意運動を実施し重力に抗して保持可能な角度を、検査者がゴニオメータを用いて測定した。股関節屈曲は体幹軸への垂直線と大腿骨のなす角度とした(図1A)。膝関節伸展は大

腿骨と腓骨のなす角度を計測し、90°を除いた角度とした(図1B)。足関節背屈は腓骨への垂直線と第五中足骨のなす角度とした(図1C)。腱反射は1(消失)、2(低下)、3(正常)、4(軽度亢進)、5(中等度亢進)、6(重度亢進)の6段階で評価された。SIASの下肢触覚の評価は、足背に刺激を加え、0(強い刺激もわからない)、1(重度～中等度低下)、2(軽度あるいは主観的な低下)、3(正常)に分類された。下肢位置覚は、検査者が第一趾を他動的に動かし、閉眼した患者が運動方向を答える評価方法である。下肢位置覚のスコアは0(全可動域の動きもわからない)、1(全可動域の運動で動いていることがわかる)、2(全可動域の50%以上の運動なら運動方向がわかる)、3(全可動域の50%未満の運動でも運動方向がわかる)に分類された。同様に、SIASの視空間認知では患者が前面に提示された50cm紐の中心の位置を非麻痺側指で指し示し、検査者は実際からの距離を測定する。視空間認知のスコアは、0(中心から15cm以上離れた場合)、1(5cm以上の場合)、2(3cm以上の場合)、3(3cm未満の場合)に分類された。この視空間認知の項目は半側空間無視の評価指標として扱った。また、SIASの言語は構音障害を除く失語症の評価であり、0(全失語)、1(重度感覚性失語または重度運動性失語)、2(軽度失語症)、3(失語症なし)に分類した。理学療法

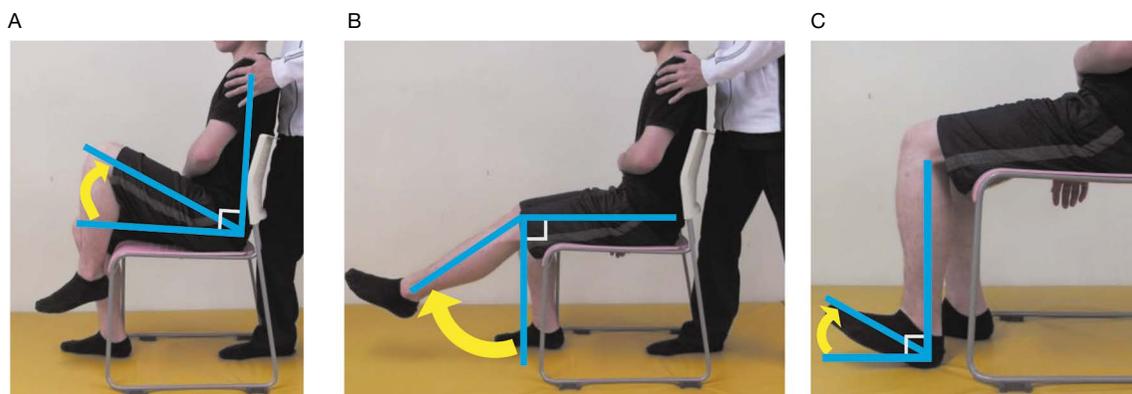


図1 Active Range Of Motion (A-ROM)の測定方法

股関節屈曲(A)、膝関節伸展(B)、足関節背屈(C)の測定肢位を示す。対象者は椅子に座り、体幹を可能な限り直立位に保持する。検査者は対象者の体幹が動かないように固定する。(A)股関節屈曲は体幹軸への垂直線と大腿骨のなす角度とした。(B)膝関節伸展は大股骨と腓骨のなす角度を計測し、90°を除いた角度とした。(C)足関節背屈は腓骨への垂直線と第五中足骨のなす角度とした。

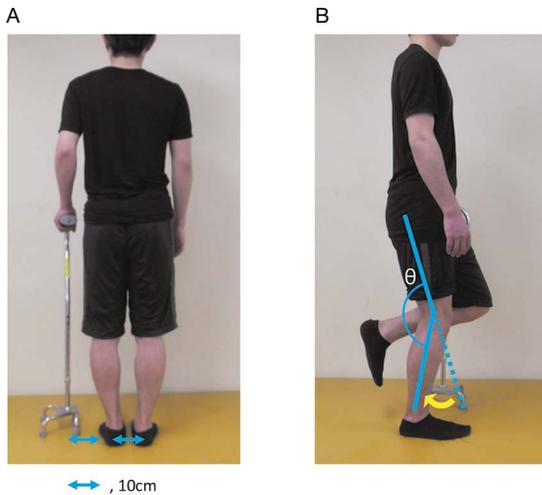


図2 麻痺側下肢支持性の評価方法

写真は右片麻痺患者の場合を示す。対象者は四点杖を使用し、可能な限り直立姿勢を保持する。両側の踵部の間隔、杖と非麻痺側踵部との間隔は約10cmとした(A)。Aの姿勢から非麻痺側下肢を挙上した際の大腿骨と腓骨のなす角度 θ を測定し、 180° から θ を除いた角度を算出した(B)。

実施時間はBC直前の実施状況における理学療法1回あたりの実施時間(min)とした。また立位練習時間はBC直前の理学療法1回あたりに実施した立位練習の総実施時間(min)とし、歩行練習距離はBC直前の理学療法1回あたりに実施した歩行練習の合計距離(m)とした。理学療法実施時間、立位練習時間、歩行練習距離は、担当理学療法士より聴取した。なおBC直前の理学療法において、体調不良などにより十分な理学療法が提供できなかった場合には、それより以前の理学療法実施時における理学療法1回あたりに実施した立位練習総実施時間ならびに歩行練習の合計距離とし、通常行われている理学療法の内容を反映するようにした。麻痺側下肢支持性についてはGait Assessment and Intervention Tool¹⁹⁾(以下、GAIT)を参考に、麻痺側での片脚立位を実施した際の下肢アライメントによって5段階に分類する指標を独自に考案した。対象者は四点杖を使用した直立姿勢(図2A)から非麻痺側下肢を挙上する。検査者は対象者の麻痺側膝関節角度 θ を測定し、 180° から θ を除いた角度を算出した(図2B)。算出した角度に従って、1(屈曲 30° 以上)、2(過伸

展)、3(屈曲 $15^\circ \sim 30^\circ$ 未満)、4(屈曲 $5^\circ \sim 15^\circ$ 未満)、5(正常)に判定した。なお、BCではGAITのスコアを情報として提供するのではなく、片脚立位保持時の動画にて共覧した。本動画を数値化することは困難であたるため、支持性指標として算出し、その影響を調査したものである。

2-3-2 対象者の分類

対象者はBCにおける装具作製の必要性判断の結果により、長期的なKAFOの使用が予測され作製必要と判断された患者群(以下、作製必要群)、早期にKAFO使用からの脱却が予想され作製不要と判断された患者群(以下、作製不要群)、十分な歩行練習量の確保が困難でありKAFO作製の利点が乏しいため作製不要と判断された患者群(以下、練習困難群)の3群に分類した。

2-3-3 統計学的解析

練習困難群は歩行練習自体不可能であることが主要な判断要因となるため、装具作製に関連する因子の調査を目的とする本研究の解析対象としては適さない。そのため、練習困難群はこの解析から除外し、作製必要群と作製不要群の2群について解析した。

KAFO作製の必要性判断に関連する因子を調査するため、KAFO作製判断の結果を従属変数とした尤度比による変数増加法を用いたロジスティック回帰分析を行った。我々が渉猟する限り、KAFOの作製判断に関連する因子は不明である。そのため、独立変数を検討するにあたり、各変数における作製必要群と作製不要群間の差異を検出するため、名義変数は χ^2 検定、その他の変数は正規性検定の後にt検定あるいはMann-Whitney U検定を用いて比較した。単変量解析において有意差が得られた変数をロジスティック回帰分析に投入する上で、変数間の多重共線性を排除するため、Spearmanの順位相関係数を用いて、2群間の比較で有意差を認めた各変数間の相関を調査し、順位相関係数が0.6未満の変数を投入することとした。さらに、ロジスティック回帰分析において有意な関連因子が抽出された場合、Receiver Operating Characteristic(以下、ROC)曲線を用いて、各因子のROC曲線下面積(Area Under the Curve: 以下、AUC)とカットオフ値を算出した。

カットオフ値の算出には、Youden index を採用した。統計解析には SPSS for Mac 25.0 (IBM) を使用した。有意水準は 5% とした。

2-4 倫理的配慮

ヘルシンキ宣言に従い研究を実施し、全ての対象者に書面にて本研究の概要を説明し、署名による同意を得た。なお、本研究は研究実施施設の倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認日: 2016年9月26日)。承認日以前に収集したデータの使用についても倫理審査委員会より承認を得た。

3. 結果

3-1 BCの結果による分類

BCが実施された249名のうち、重度の失語症などによって詳細な検査が実施できずデータが欠損した患者は63名存在した。BCの結果、62名が作製必要群、108名が作製不要群、16名が練習困難群に分類された。したがって、本研究における解析対象者は170名であった。

3-2 対象の群間比較

単変量解析の結果を表1に示す。2群間に有意差のあった変数は、体重、脳卒中病型、麻痺側、下肢BRS、麻痺側の股関節屈曲・膝関節伸展・足関節背屈A-ROM、麻痺側下肢支持性、SIAS下肢触覚・下肢位置覚・視空間認知、SCP、TCT、立位練習時間、歩行練習距離であった。

3-3 2群間に有意差を認めた項目間の相関

Spearmanの順位相関係数では、麻痺側の股関節屈曲・膝関節伸展・足関節背屈A-ROM間において、また、SIAS下肢触覚と下肢位置覚の間で0.6以上の相関を示した(表2)。さらに下肢BRSと麻痺側の股関節屈曲・膝関節伸展・足関節背屈A-ROMは0.6以上の相関を示した(表2)。下肢BRSと各種A-ROMは随意的な運動機能を評価するという点で類似した評価である。したがって本研究では、多関節の運動機能を総合的に評価できる下肢BRSを独立変数として投入することとした。感覚項目については、測定の容易さならば

に再現性の高さからSIAS下肢触覚を選択することとした。

3-4 ロジスティック回帰分析

単変量解析およびSpearmanの相関係数の結果より、ロジスティック回帰分析の独立変数には、年齢、体重、脳卒中病型、麻痺側、下肢BRS、麻痺側下肢支持性、SIAS下肢触覚、SIAS視空間認知、SCP、TCT、立位練習時間、歩行練習距離が選定された。ロジスティック回帰分析の結果、下肢BRS(オッズ比: 0.094、95%信頼区間0.036-0.249、 $p < 0.001$)、麻痺側下肢支持性(オッズ比: 0.174、95%信頼区間0.040-0.760、 $p = 0.02$)、SIAS下肢触覚(オッズ比: 0.404、95%信頼区間: 0.196-0.833、 $p = 0.014$)、SCP(オッズ比: 1.599、95%信頼区間: 1.154-2.217、 $p = 0.005$)が関連因子として抽出された(表3)。モデル χ^2 検定の結果は $p < 0.001$ で有意であり、HosmerとLemeshowの検定の結果は $p = 0.658$ であり適合度に問題はなく、正判別率は89.4%であった。実測値に対して予測値が ± 3 標準偏差を超えるような外れ値は存在しなかった。

3-5 ROC曲線

下肢BRSのAUCは0.883(95%信頼区間: 0.831-0.934)、カットオフ値は3.5(感度63.9、特異度93.5)であった。麻痺側下肢支持性のAUCは0.771(95%信頼区間: 0.702-0.840)、カットオフ値は1.5(感度59.3、特異度93.5)であった。SIAS下肢触覚のAUCは0.729(95%信頼区間: 0.646-0.811)、カットオフ値は1.5(感度59.3、特異度58.1)であった。ROC曲線を描出するにあたりSCPは高値なほど重症度が高いスケールであるため、SCP値に-1を掛けた。そのSCPのAUCは0.838(95%信頼区間: 0.774-0.902)、カットオフ値は2.875(感度79.6、特異度77.4)であった。

4. 考察

本研究では歩行に際してKAFOを必要とする急性期脳卒中片麻痺者のKAFO作製において臨床家が総合的に判断した結果を予測することが可

表 1 作製必要群と作製不要群の群間特性と比較

	作製必要群 (n = 62)	作製不要群 (n = 108)	p
年齢 (歳) ^a	65 (58-75)	69 (60-76)	.153 ^d
性別 (男性 / 女性 : 人)	33/29	62/46	.632 ^e
身長 (cm) ^b	162 (± 9.54)	160 (± 9.71)	.921 ^c
体重 (kg) ^a	65 (56-74)	61.1 (53-70)	.039 ^d
BMI (kg/m ²) ^a	24 (22-27)	23.6 (21.3-25.6)	.152 ^d
脳卒中病型 (脳梗塞 / 脳出血 / 他 : 人)	25/37/0	78/29/1	< .001 ^e
脳卒中既往 (あり / なし : 人)	8/54	18/90	.659 ^e
入院前 FAC ^a	5 (5-5)	5 (5-5)	.994 ^d
皮質脊髄路損傷 (あり / なし : 人)	61/1	101/7	.261 ^e
麻痺側 (右 / 左 : 人)	21/41	58/50	.016 ^e
下肢 BRS ^a	2 (2-3)	4 (3-5)	< .001 ^d
麻痺側股関節屈曲 A-ROM (度) ^a	0 (0-0)	5 (0-15)	< .001 ^d
麻痺側膝関節伸展 A-ROM (度) ^a	0 (0-40)	70 (60-70)	< .001 ^d
麻痺側足関節背屈 A-ROM (度) ^a	0 (0-0)	5 (0-10)	< .001 ^d
非麻痺側股関節屈曲 A-ROM (度) ^a	20 (15-25)	20 (15-25)	.680 ^d
非麻痺側膝関節伸展 A-ROM (度) ^a	90 (80-90)	85 (85-90)	.724 ^d
非麻痺側足関節背屈 A-ROM (度) ^a	15 (10-20)	20 (15-20)	.644 ^d
麻痺側下肢支持性 ^a	2 (2-2)	2 (1-2)	< .001 ^d
膝蓋腱反射 ^a	4 (3-4)	4 (4-4)	.057 ^d
アキレス腱反射 ^a	4 (3-4)	4 (4-4)	.194 ^d
膝関節屈筋 MAS ^a	1 (0-1)	1 (0-1)	.273 ^d
足関節底屈筋 MAS ^a	1 (0-1)	1 (1-1)	.283 ^d
SIAS 下肢触覚 ^a	1 (0-2)	2 (2-3)	< .001 ^d
SIAS 下肢位置覚 ^a	1 (0-2)	3 (2-3)	< .001 ^d
SIAS 視空間認知無視 ^a	3 (2-3)	3 (3-3)	.002 ^d
SIAS 言語 ^a	3 (2-3)	3 (3-3)	.100 ^d
SCP ^a	4 (3-5)	0 (0-2)	< .001 ^d
TCT ^a	49 (24-61)	87 (61-100)	< .001 ^d
理学療法実施時間 (min) ^a	40 (30-40)	40 (30-4)	.544 ^d
立位練習時間 (min) ^a	13 (10-20)	10 (5-10)	< .001 ^d
歩行練習距離 (m) ^a	30 (13-50)	60 (40-120)	< .001 ^d
歩行中の疼痛 (あり / なし : 人)	0/62	0/108	1 ^e

BMI : Body Mass Index、FAC : Functional Ambulation Category、BRS : Brunnstrom Recovery Stage、A-ROM : Active Range Of Motion、MAS : Modified Ashworth Scale、SIAS : Stroke Impairment Assessment Set、SCP : Scale for Contraversive Pushing、TCT : Trunk Control Test

^a 中央値(四分位範囲 25-75%)

^b 平均値(±標準偏差)

^c t 検定

^d Mann-Whitney U 検定

^e χ^2 検定

表 2 2 群間に有意差を認めた変数の相関関係

	下肢 BRS	麻痺側股関節屈曲 A-ROM	麻痺側膝関節伸展 A-ROM	麻痺側足関節背屈 A-ROM
下肢 BRS	1.000			
麻痺側股関節屈曲 A-ROM	0.620*	1.000		
麻痺側膝関節伸展 A-ROM	0.765*	0.692*	1.000	
麻痺側足関節背屈 A-ROM	0.830*	0.603*	0.646*	1.000
	SIAS 下肢触覚	SIAS 下肢位置覚		
SIAS 下肢触覚	1.000			
SIAS 下肢位置覚	0.839*	1.000		

Spearman 相関係数 *p < 0.01

BRS : Brunnstrom Recovery Stage、A-ROM : Active Range Of Motion、SIAS : Stroke Impairment Assessment Set

表3 ステップワイズ法を用いたロジスティック回帰分析の結果

	偏回帰係数	p	OR	95% CI
下肢 BRS	- 2.364	< .001	0.094	0.036-0.249
麻痺側下肢支持性	- 1.749	0.02	0.174	0.04-0.76
SIAS 下肢触覚	- 0.906	0.014	0.404	0.196-0.833
SCP	0.47	0.005	1.599	1.154-2.217

モデル χ^2 検定 $p < 0.001$ Hosmer と Lemeshow の検定 $p = 0.658$ 正判別率 89.4%

BRS : Brunnstrom Recovery Stage、SIAS : Stroke Impairment Assessment Set、SCP : Scale for Contraversive Pushing、OR : オッズ比、95% CI : 95% 信頼区間

能な客観的因子を明らかにするため、BC における判断結果を従属変数としたロジスティック回帰分析を実施した。その結果、KAFO 作製の必要性の判断を予測する因子として、下肢 BRS、麻痺側下肢支持性、SCP、SIAS 下肢触覚が抽出され、その正判別率は 89.4% であった。また、これら 4 変数の AUC は 0.73 ~ 0.88 と moderate accuracy に該当するものであった。すなわち、KAFO の作製を検討することに関わる理学療法士及び医師は麻痺側下肢の運動機能、麻痺側下肢支持性、pusher 現象 (Pusher Syndrome ; 以下、PS) の重症度そして感覚障害を重要視して、これらの項目を総合的に判断して作製の是非を検討しているものと思われた。また、本研究において KAFO の作製が必要であると判断された症例で、2 週間の追跡が可能であった症例の全てが、作製が必要と判断されたのち 2 週間以上に渡り KAFO 装着での歩行練習が継続されており、作製が妥当であると判断されたものの早期に不要になったという症例は存在しなかった(早期に転院となり追跡調査が不可能であった 5 名は不明である)。このことから、本研究において KAFO の作製が必要と判断された症例は 2 週間後の予後も含めても、作製が妥当であったと考えられる症例であると思われる。

片麻痺機能検査である BRS は共同運動の出現や共同運動からの分離の程度を反映する指標であり、低値なほど片麻痺が重度であることを意味する²⁰⁾。KAFO は重度の片麻痺を呈し、足関節のみならず膝関節の固定性を補う必要のある症例に対して使用するものであり、この下肢 BRS が KAFO 作製の必要性判断に関連する因子として選択されたことは容易に理解できる。また下肢 BRS は下肢筋力と有意に相関する²¹⁾ため、この

指標は下肢筋力も反映したと言える。古くより下肢筋力は歩行機能と密接に関連することが報告²²⁻²⁶⁾されており、歩行速度、歩行可能距離、歩行自立度、ストライド長などに関連する。このことから、下肢の運動機能を反映する下肢 BRS が選択されたことは妥当であろう。

GAIT¹⁹⁾を参考とし、麻痺側立脚相を模した片脚立位姿勢を保持した際の膝関節アライメントを計測することで求めた麻痺側下肢支持性の指標も BC における判断と有意に関連する項目であった。この指標は我々が多くの臨床施設で簡便に使用することが可能な指標として独自に考案したものである。通常、麻痺下肢支持性の評価は床反力計などの機器を用いて実施されている^{27,28)}が全ての臨床施設で利用可能なものではない。そこで、麻痺側下肢で片脚立位をした際の膝関節屈曲角度を計測することで麻痺側下肢支持性を簡易に評価しようとしたものである。KAFO の主な機能は歩行時の膝関節を伸展位に固定することで、麻痺側立脚相にて膝関節の安定性を提供することである^{4,29)}。その作製判断において麻痺側下肢支持性、つまりは立脚相の膝関節アライメントを評価することが重要であるのは必然といえよう。本研究において、GAIT¹⁹⁾を参考とし、簡便に評価可能な片脚立位時の膝関節屈曲角度の測定によって求めた下肢支持性を反映するスコアは歩行中の立脚相における膝関節の屈曲角度を少なからず反映する一指標となり、片脚立位で過剰な膝関節屈曲が出現した症例は、歩行中にも麻痺側下肢支持性の著しい低下が検出されるため KAFO 作製が必要であると判断されたものと思われる。

下肢運動機能並びに麻痺側下肢支持性に加え、PS の重症度を示す SCP にも関連が示された。PS

を呈さない運動麻痺の軽微な脳卒中者では、非麻痺側で使用する杖などの支持物に荷重し、麻痺側下肢への荷重量を調整することによって歩行時の立脚相のアライメント異常を軽減できるが、PS例は非麻痺側の上下肢を用いて積極的に押すため、杖などの支持物を有効に利用できず、むしろ麻痺側下肢への荷重量が増加してしまうことがあり、麻痺側立脚相での支持性を補うことが難しくなる^{30,31}。また先行研究において、PSと脳卒中後の運動麻痺は強く関連³²し、非PS例に比べPS例では重度の運動麻痺を呈する割合が高いことが報告されている³³。押す現象に加え重度の運動麻痺を有するPS例では、より強固な支持性が求められ、歩行中にKAFOが必要で作製が望ましいと判断される症例が多くなったと考えられる。

また、下肢感覚障害もKAFO作製の必要性和関連した。感覚障害は、バランスや歩行に負の影響を及ぼすことが報告されている^{23,34-38}。触覚や固有受容覚のフィードバック情報は下肢荷重に関する重要な情報を供給している³⁹。そのため、感覚障害は麻痺側下肢への荷重を検出する能力を阻害し、適度な荷重量の調整に支障を来し、立脚相におけるアライメントに悪影響を及ぼすことが考えられる。また、臨床では下肢運動機能が良好な症例においても重度の感覚障害によって歩行中にExtension Thrust Pattern(以下、ETP)⁴⁰を呈する症例を経験する。ETPは歩行機能が低下した脳卒中者に観察される歩容異常の一つである⁴⁰。そのような症例では、たとえ運動麻痺が軽度であっても歩容を改善させるためにKAFOを使用し適切な歩行中の下肢アライメントの再学習を促すこともある。このような背景からKAFO作製の必要性に下肢感覚障害の重症度が関連したことは妥当であると思われる。

本研究の限界として、KAFO作製の必要性の判断が完全に妥当と言い切れる指標ではないという問題がある。現状、KAFO作製の是非については明確な基準が存在しない。我々は装具作製に関わる職種である医師と理学療法士によって構成され、多数の意見を取り入れることを目的としたBCを開催して、適切に下肢装具の作製を判断することを試みている¹³。BCを設定し多数のス

タッフで装具作製の是非について意見交換する方が、少数のスタッフで意見交換する場合よりもその判断精度が向上する¹³ことを確認しているが、完全にKAFO作製の判断が妥当であると断言できるものではない。しかし、臨床では明確なる指針がないなかでも装具療法をよりの確に行い、多くの患者に貢献することが求められているため、今回の研究では臨床家にとって有益となる情報の提供を目指して、BCにおけるKAFO作製の是非の判断を予測する因子を調査することを試みた。さらに、本研究の最終的な目的は適切なKAFO作製を進めることに資する結果を報告することであるが、本研究で得られた知見では、経験の少ない医師や理学療法士がすぐに臨床で活用可能なレベルまで至っていない。今後は決定木分析などの方法を用い、KAFO作製の必要性を判断する上で、臨床実践し易いツールの開発を模索していく必要がある。

また、本研究は単一施設で行われた研究であり外的妥当性の検証は行われていない。実際にはKAFOの使用基準や備品装具の充実度、装具納品までの日数など、下肢装具の作製に関連する要因は多数あり、施設の特長や治療環境によっては、本研究で得られた判断基準を応用できない可能性がある。当院ではKAFOやAFO、軟性膝装具などの下肢装具を備品として多数有しており、本人用装具を作製せずとも備品装具を用いた歩行練習が可能な環境である。さらには装具採型から納品までの期間は約7～10日となっている。本研究で得られた結果は、あくまで研究実施施設における結果であり、各施設におけるKAFO作製の判断において本データを参考にする上では個々の環境を考慮した上で応用すべきである。その他の限界として、我々の調査項目には言語理解を必要とする項目が多く存在しており、簡単な指示理解が困難なほどの失語症を有する患者を包含することができず63名のデータを取り込むことができなかった。重度の失語症を有する患者においても確実に遂行可能な評価方法を用いることができれば、この問題を回避できた可能性がある。

また、脳画像情報の調査は一般撮像されたT2強調画像や、拡散強調画像、そしてCTを用いて

肉眼的に皮質脊髄路の損傷の有無を確認しただけであった。2群比較において作製必要群と作製不要群間に脳画像所見で有意差はみられていないが、拡散テンソル画像解析を応用した **diffusion tractography** や **connectivity** 解析、そして、**functional MRI** などの先端的な脳画像解析手段を使用した場合には異なる結果を示す可能性があり、これらの先端的な画像解析を行っていないことも本研究の限界である。

そして、今回の **BC** の結果は、本研究で用いた間隔尺度や順序尺度、名義尺度などで分類可能な指標のみを用いて判断されたものではないことに注意が必要である。実際の **BC** では立位や歩行の様子、片脚立位、下肢ステップ動作などを撮影した動画を提示し、さらに本研究の調査項目も含めて総合的に検討される。ロジスティック解析の結果、麻痺側下肢の運動機能、支持性、感覚障害、及び **PS** の重症度が関連する項目として抽出されたが、歩行や立位保持などの動的な評価も含めて総合的な判断が行われており、作製の是非の判断は、これらの関連項目のみならず、総合的な視点で検討されるべきである。

5. 結論

急性期脳卒中者に対する **KAFO** 作製の必要性判断において、臨床家が総合的に判断した結果を予測することが可能な客観的因子を明らかにするため、当院 **BC** における **KAFO** 作製の判断に関連する因子についてロジスティック回帰分析を用いて調査した。その結果、**KAFO** 作製の必要性の判断には、下肢 **BRS**、麻痺側下肢支持性、**SCP**、**SIAS** 下肢触覚が関連することが明らかになった。これらの項目は急性期脳卒中者に対する **KAFO** 作製を検討する際に臨床家が重要視している指標であり、**KAFO** の作製の是非を検討する際に重要視すべき指標の一つになり得るものと思われた。

6. 利益相反

本研究に関して、開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) Tyson S F, Thornton H A.: The effect of a hinged ankle foot orthosis on hemiplegic gait: Objective measures and users' opinions. *Clin Rehabil*, 15 : 53-58, 2001.
- 2) 日本脳卒中学会 脳卒中ガイドライン委員会編集：急性期におけるリハビリテーション. 脳卒中治療ガイドライン2021 : 48-49, 協和企画, 東京, 2021.
- 3) 日本理学療法士協会監修：理学療法診療ガイドライン, 第2版 : 26-27, 医学書院, 東京, 2021.
- 4) Yamanaka T, Akashi K, Ishii M: Stroke rehabilitation and long leg brace. *Top Stroke Rehabil*, 11 : 6-8, 2004.
- 5) Ota T, Hashidate H, Shimizu N, et al.: Difference in independent mobility improvement from admission to discharge between subacute stroke patients using knee-ankle-foot and those using ankle-foot orthoses. *J Phys Ther Sci*, 30 : 1003-1008, 2018.
- 6) Kakurai S, Akai M: Clinical experiences with a convertible thermoplastic knee-ankle-foot orthosis for post-stroke hemiplegic patients. *Prosthet Orthot Int*, 20 : 191-194, 1996.
- 7) Maeshima S, Okazaki H, Okamoto S, et al.: A comparison of knee-ankle-foot orthoses with either metal struts or an adjustable posterior strut in hemiplegic stroke patients. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 24 : 1312-1316, 2015.
- 8) Sato K, Inoue T, Maeda K, et al.: Early Wearing of Knee-Ankle-Foot Orthosis Improves Functional Prognosis in Patients after Stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 31 : 106261, 2022.
- 9) Abe H, Nishiyama K, Yamamoto Y, et al.: Impact of Alternate Gait Training Using Knee-Ankle-Foot Orthoses with Oil Damper Ankle Hinge in Patients with Subacute Severe Hemiplegia. *Brain Sci*, 11 : 1430, 2021.
- 10) Abe H, Kadowaki K, Tsujimoto N, et al.: A Narrative Review of Alternate Gait Training Using Knee-ankle-foot Orthosis in Stroke Patients with Severe Hemiparesis. *Phys Ther Res*, 24 : 195-203, 2021.
- 11) 太田哲生：脳卒中の下肢装具：総合リハ, 40 : 1285-1290, 2012.
- 12) 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 : 52-59, 2018.
- 13) 関崇志, 阿部浩明, 大鹿糠徹：脳卒中急性期から適切

- な長下肢装具作製を進めるための装具カンファレンスの導入後の変化. 総合リハ, 48 : 1191-1199, 2020.
- 14) Holden MK, Gill KM, Magliozzi MR: Gait assessment in the neurologically impaired patients: Standards for outcome assessment. *Phys Ther*, 66 : 1530-1539, 1986.
 - 15) Bohannon RW, Smith MB: Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther*, 67 : 206-207, 1987.
 - 16) Liu M, Chino N, Tuji T, et al.: Psychometric properties of the Stroke Impairment Assessment Set (SIAS). *Neurorehabil Neural Repair*, 16 : 339-351, 2002.
 - 17) Karnath HO, Ferber S, Dichgans J: The origin of contraversive pushing : Evidence for a second graviceptive system in humans. *Neurology*, 55 : 1298-1304, 2000.
 - 18) Collin C, Wade D: Assessing motor impairment after stroke: a pilot reliability study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 53 : 576-579, 1990.
 - 19) Daly JJ, Nethery J, McCabe JP, et al.: Development and testing of the Gait Assessment and Intervention Tool (G.A.I.T.): a measure of coordinated gait components. *J Neurosci Methods*, 178 : 334-339, 2009.
 - 20) Brunnstrom S: Motor testing procedures in hemiplegia: based on sequential recovery stages. *Phys Ther*, 46 : 357-75, 1966.
 - 21) 明間ひとみ, 山崎裕司, 加藤宗規, 他 : 片麻痺者における下肢Brunnstrom-recovery-stageと膝伸展筋力の関連. 高知リハビリテーション学院紀要, 8 : 43-46, 2007.
 - 22) Bohannon RW: Selected determinants of ambulatory capacity in patients with hemiplegia. *Clin Rehabil*, 3 : 47-53, 1989.
 - 23) Lin SI: Motor function and joint position sense in relation to gait performance in chronic stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil*, 86 : 197-203, 2004.
 - 24) Nedeau S, Arsenault AB, Gravel D, et al.: Analysis of the clinical factors determining natural and maximal gait speeds in adults with a stroke. *Am J Phys Med Rehabil*, 78 : 123-130, 1999.
 - 25) Pradon D, Roche N, Enette L, et al.: Relationship between lower limb muscle strength and 6-minute walk test performance in stroke patients. *J Rehabil Med*, 45 : 105-108, 2013.
 - 26) Hsu AL, Tang PF, Jan MH: Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 84 : 1185-1193, 2003.
 - 27) Eng JJ, Chu KS: Reliability and comparison of weight-bearing ability during standing tasks for individuals with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 83 : 1138-1144, 2002.
 - 28) Goldic PA, Matyas TA, Evans OM, et al.: Maximum voluntary weight-bearing by the affected and unaffected legs in standing following stroke. *Clin Biomech*, 11 : 333-342, 1996.
 - 29) Gerez LF, Vieira AFC: Design of an adjustable stance-control knee-ankle-foot orthosis for pediatric population. *J pediatr Rehabil Med*, 12 : 305-312, 2019.
 - 30) Daives PM: Step to follow, 初版 : 285-304, Springer-Verlag, Tokyo, 1987.
 - 31) 網本和 : Pusher現象の評価とアプローチ. 理学療法, 23 : 118-121, 1996.
 - 32) Babyar SR, Peterson GE, Reding M: Case-Control Study of Impairments Associated with Recovery from "Pusher Syndrome" after Stroke: Logistic Regression Analyses. *J stroke Cerebrovasc Dis*, 26 : 25-33, 2017.
 - 33) Danells CJ, Black AE, Gladstone DJ, et al.: Post-stroke "pushing": natural history and relationship to motor and functional recovery. *Stroke*, 35 : 2873-2878, 2004.
 - 34) Chia F Sf, Kuys S, Choy NL : Sensory retraining of the leg after stroke: systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*, 33 : 964-979, 2019.
 - 35) Tyson SF, Crow JL, Connell L, et al.: Sensory impairments of the lower limb after stroke: a pooled analysis of individual patient data. *Top Stroke Rehabil*, 20 : 441-449, 2013.
 - 36) Yoon H, Park C, Park I, et al.: A precision neurorehabilitation using SSEP for early detection of sensory deficit and restoration of the motor recovery in balance, gait and activities of daily living in acute stroke. *Technol Health Care*, 29 : 377-383, 2021.
 - 37) Duysens J, Massaad F: Stroke gait rehabilitation: is load perception a first step towards load control. *Clin Neurophysiol*, 126 : 225-226, 2015.
 - 38) Lee MJ, Kilbreath SL, Refshauge KM: Movement detection at the ankle following stroke is poor. *Aust*

J Physiother, 51 : 19–24, 2005.

- 39) Wutzke CJ, Mercer VS, Lewek MD: Influence of Lower Extremity Sensory Function on Locomotor Adaptation Following Stroke: A Review. *Top Stroke Rehabil*, 20 : 233–240, 2013.
- 40) De Quervain, Simon SR, Leurgans S, et al.: Gait pattern in the early recovery period after stroke. *J Bone Joint Surg Am*, 78 : 1506–1514, 1996.

Abstract :

Objective : Definitive criteria for the need of a custom-made knee-ankle-foot orthosis (KAFO) have not yet been established. To contribute to the decision-making process of clinicians, we investigated the factors related to the decision regarding the necessity of a custom-made KAFO for patients with stroke.

Methods : A total of 249 acute stroke patients who required a KAFO for walking were divided into two groups according to whether they were prescribed a custom-made KAFO. A univariate analysis was used to compare the factors between the two groups. Logistic regression analysis was used to detect the factors related to the decision regarding the necessity of a custom-made KAFO.

Results : According to the logistic regression analysis, Brunnstrom stage of lower extremity, stability of the affected leg, tactile sensation of the affected leg, and Scale for Contraversive Pushing were determined to be related factors.

Conclusion : Prescription of a custom-made KAFO may be determined based on an overall assessment of lower limb function, stability of the affected lower limb, lower limb sensory disturbance, and severity of pushing behavior.

[Key words] knee-ankle-foot orthosis, stroke, acute

◎症例報告

脊髄梗塞により対麻痺を呈した一症例への
下肢装具についての効果検証

Verification of the orthosis effect in a case of paraplegic patient with spinal cord infarction: a case report

森嘉裕^{1,2}, 昆恵介³, 春名弘一⁴, 加藤雄大¹, 安彦かがり¹

要旨

今回、脊髄梗塞により対麻痺を呈し、短下肢装具による装具療法を実施した症例を経験した。本症例は、右側下腿三頭筋の筋力低下による立脚中期の過度な背屈に伴う膝折れを認め、膝折れによる転倒恐怖感を訴えられていた。そこで、右側に背屈制動機能を有する Walk on Trimable を処方し、背屈制動機能の効果を検証した。方法は、三次元動作解析装置を使用し、裸足、Gait Solution Design、Walk on Trimable で至適および最大努力速度での歩行を計測した。評価パラメータは、右立脚期の床反力作用点前方移動量、右足関節底屈モーメントの最大値などを用いた。結果として、Walk on Trimable 条件で床反力作用点前方移動量、右足関節底屈モーメント最大値において有意な増加を認めた。背屈制動機能が右立脚期以降で下腿の前傾の制御と床反力作用点前方移動量増大に寄与したと考えられた。

【キーワード】脊髄梗塞、短下肢装具、背屈制動機能

1. はじめに

脊髄梗塞の発症率は脳卒中に比べて極めて低く、脳卒中の発症率の1-2%程度であると報告されている¹⁾。

神経障害に対する理学療法では、下肢装具を用いられることが多く、特に脳卒中片麻痺者に対する装具療法は広く普及している。平山らの報告によると脳卒中片麻痺者への短下肢装具(以下、AFO)は、現在50種類以上のAFOが存在しているとされている²⁾。しかし、脊髄梗塞による運動麻痺を呈した症例への装具療法や装具処方に関する

報告は極めて少ないのが現状である。

今回、当院に入院し自立歩行の獲得に至った脊髄梗塞患者の装具療法を経験した。本症例は下腿三頭筋の筋力低下が著明であり、歩行時の特徴として右立脚中期(以下、MSt)でつま先の浮き上がりがみられた。また、下腿三頭筋の筋力低下によるMStの過度な背屈に伴う膝折れを認め、膝折れによる転倒恐怖感の訴えがあった。そのため、MSt以降での前足部への荷重が不十分になり、つま先の浮き上がりが出現したと推察した。このMSt以降の過度な背屈に対して治療用装具が検討され、

1 医療法人 札幌麻生脳神経外科病院 リハビリテーション部

2 北海道科学大学大学院 保健医療学研究科 リハビリテーション科学専攻

3 北海道科学大学 保健医療学部 義肢装具学科

4 北海道科学大学 保健医療学部 理学療法学科

投稿日: 2023年5月1日 採択決定日: 2023年12月30日 公開日: 2024年3月29日

背屈制動機能を有したAFOが処方された。Lehmannは脳卒中片麻痺者を対象にAFOの背屈制動機能の有効性を検討し、背屈制動機能を付加することにより膝折れの恐怖感が減少し、下腿の前方回転の増大に寄与すると述べている^{3,4)}。一方で、背屈制動機能を有したAFOについては、下腿の前方回転を制動してしまい、足関節底屈モーメントの増加には寄与しないという報告もある⁵⁾。そこで、本症例に活用した背屈制動付きAFOの効果を検証する目的で三次元動作解析を実施した。

2. 対象と方法

2-1 対象

対象は30代、男性。現病歴は夜間に急に左下肢に痛みと脱力が出現し、立っていられなくなったため救急要請となった。A病院で脊髓梗塞の診断がなされ、翌日に当院転院となった。脊髓のMRI画像を図1に示す。当院入院から21病日後に当院回復期病棟に入棟。入棟時の身体機能はAmerican Spinal Injury Association(ASIA)グレードD⁶⁾で特に右下肢優位に筋力低下、感覚障

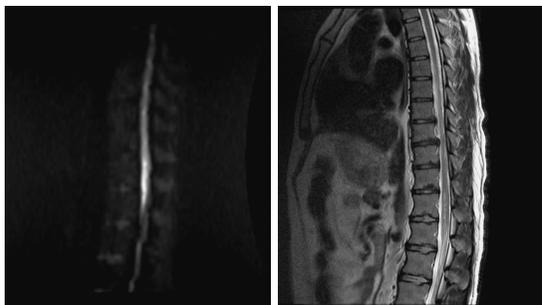


図1 入院時のDWI画像(左)とT2画像(右)

害を認めた。表在感覚は両下肢軽度低下、温痛覚は仙髄の髄節レベルで中等度から重度鈍麻。歩行はサークル歩行器使用で病棟内自立レベルであった。

退院時(発症後113病日)の身体機能及び歩行機能は、ASIAグレードD。退院時の身体機能評価を表1に示す。退院時の歩行能力としては、自宅内は装具を使用せず歩行自立し、屋外はOtto bock社製のWalk on Trimable(以下、WOT)使用下で自立し、3 km程度の連続歩行が可能となった。

入院中の理学療法経過としては、特に下腿三頭筋の筋力低下が著明で、右MStでの前足部への荷重が難しく、裸足歩行ではMSt時につま先の浮き上がりを認めた。また、背屈制動機能の効果を確認するため、背屈遊動機能を有したPacific Supply社製のGait Solution Design(以下、GSD)も試用したが、裸足と同様にMSt時につま先の浮き上がりが出現していた。つま先の浮き上がりを改善し、前足部への荷重を促すことを目的にWOTによる装具療法を実施した。

2-2 方法

歩行計測は発症から約4カ月経過し、自宅退院後に実施した。計測には、VICON社の赤外線カメラ15台(Beroカメラ6台、Tカメラ8台、Bonitaカメラ1台)、AMTI社製の床反力10枚で構成される三次元動作解析システムを用いた。計測路面は15 mであり、その中央部に床反力計を左側に5枚、右側に5枚配置した。身体にはφ14 mmの反射マーカを貼付し、サンプリング周波数100 HzにてVICON社製のソフトウェア

表1 退院時の身体機能評価

ASIA (右/左)	グレードD (総点297点)	motor 47点/motor 46点 触覚 56点/触覚 56点 痛覚 43点/痛覚 49点	
筋力 (右/左)	股関節屈曲 5/4	膝関節屈曲 3/4	足関節背屈 5/5
	股関節伸展 3/4	膝関節伸展 5/5	足関節底屈 2/2 +
	股関節外転 3/5		
片脚立位 (右/左)	10 s以上/10 s以上		
FBS	56/56点		

(Nexus2 ver12.1)を用いて、計測を実施した。三次元動作計測に当たっては身体にφ14 mmの反射マーカを、プラグインゲイトモデル⁷⁾に従って39点を貼付し、それに加えて、両股関節、両膝関節内側部、両足関節内側部、両第1中足骨頭部、両第5中足骨頭部の計49点に貼付した。

歩行計測指示にあたっては本研究の対象者に至適速度と最大努力速度での歩行を指示した。計測条件は裸足、GSD、WOTの3条件とした。GSDを条件に加えた目的は、装具の背屈制動機能(WOT条件)と背屈遊動条件(GSD)を比較するためである。本症例では日常的に装具なしでの歩行と長距離歩行時にWOT使用での歩行を併用している。GSDに関しては入院中にも試行を繰り返しており、計測前においてもGSD装着で歩行練習を実施し、可能な限り日常使用している装具との慣れのバイアスを軽減させた。データ解析にあたっては、C-motion社製のソフトウェア(Visual 3D ver2020x64)を用いて、歩き始めの3歩と歩き終わりの3歩を除き、床反力計を踏んだ際に得られる鉛直方向反力を接地信号として捉え、麻痺側(装具側：右脚)から始まる1歩行周期を抜き出し、1計測条件あたり、5-6歩行周期分のデータを取得した。また抽出した歩行周期データから、最大努力歩行速度、1歩行周期の立脚期と体重で除し正規化した右進行方向成分の床反力(以下、GRF)(N/Kg)の最大値、右前遊脚期の始まり(左の踵接地時)の前後方向の床反力作用点(以下、COP)(%)を算出。COPは踵を0としたときの第1、5中足趾節関節(以下、MP)の中間点までの

距離を1とし100%になるように正規化した。この正規化したCOPの右前遊脚期時点を使用した。装具装着下ではつま先の踏み返しを得られにくいため、COPは踵からMPまでの距離で正規化した。さらに、体重で除し正規化した右MStから立脚終期(以下、TSt)にかけての足関節底屈モーメント(Nm/kg)の最大値、左右の歩幅(m)、歩行率(step/min)、1歩行周期で正規化した骨盤前後傾角度(°)を算出した。統計はSteel-Dwass法を用いて統計処理を実施し、有意水準は5%とした。

対象者には研究内容と方法について口頭および書面にて十分に説明を行い、書面にて同意を得た。なお、本研究の内容は、当院倫理委員会(倫理承認番号：2021-33号)にて承認を受けた。また、本研究において利益相反関係にある企業などはない。

3. 結果

結果を表2に示す。横軸は裸足、GSD、WOT条件、縦軸は歩行速度(m/s)、右GRF(N/Kg)最大値、右前遊脚期時点の前後方向のCOP(%), 右足関節底屈モーメント(Nm/Kg)最大値、左右歩幅(m)、左右歩行率(step/min)を示している。表の多重比較は有意差がある項目を記載した。歩行速度とGRFは裸足とWOTがGSDに比べ有意に歩行速度が速く、進行方向成分のGRF値が高い結果となった。裸足とWOTで有意差は認めなかった。右前遊脚期時点のCOPはWOTが裸足、GSDに比べ有意に大きい結果となった。足関節底

表2 結果

	裸足 (A)	GSD (B)	WOT (C)	多重比較
至適歩行速度 (m/s)	1.40 ± 0.06	1.20 ± 0.01	1.38 ± 0.03	A、C > B
右 GRF (N/Kg) 最大値	0.178 ± 0.01	0.149 ± 0.01	0.184 ± 0.01	A、C > B
右前遊脚期の COP (%)	0.84 ± 0.07	0.90 ± 0.03	1.00 ± 0.02	C > A、B
右足関節底屈モーメント (Nm/Kg) 最大値	0.64 ± 0.08	0.83 ± 0.05	1.00 ± 0.03	C > A、B/B > A
右歩幅 (m)	0.82 ± 0.04	0.75 ± 0.03	0.82 ± 0.02	A、C > B
左歩幅 (m)	0.62 ± 0.02	0.62 ± 0.01	0.69 ± 0.02	C > A、B
右歩行率 (step/min)	110.58 ± 4.04	100.02 ± 1.36	104.66 ± 1.65	A > B、C/C > B
左歩行率 (step/min)	124.09 ± 3.60	110.44 ± 1.81	112.51 ± 4.77	A > B、C

数値は中央値±標準偏差

横軸は条件、縦はパラメータを表している。

多重比較の○>△は、○で有意差があることを示している。

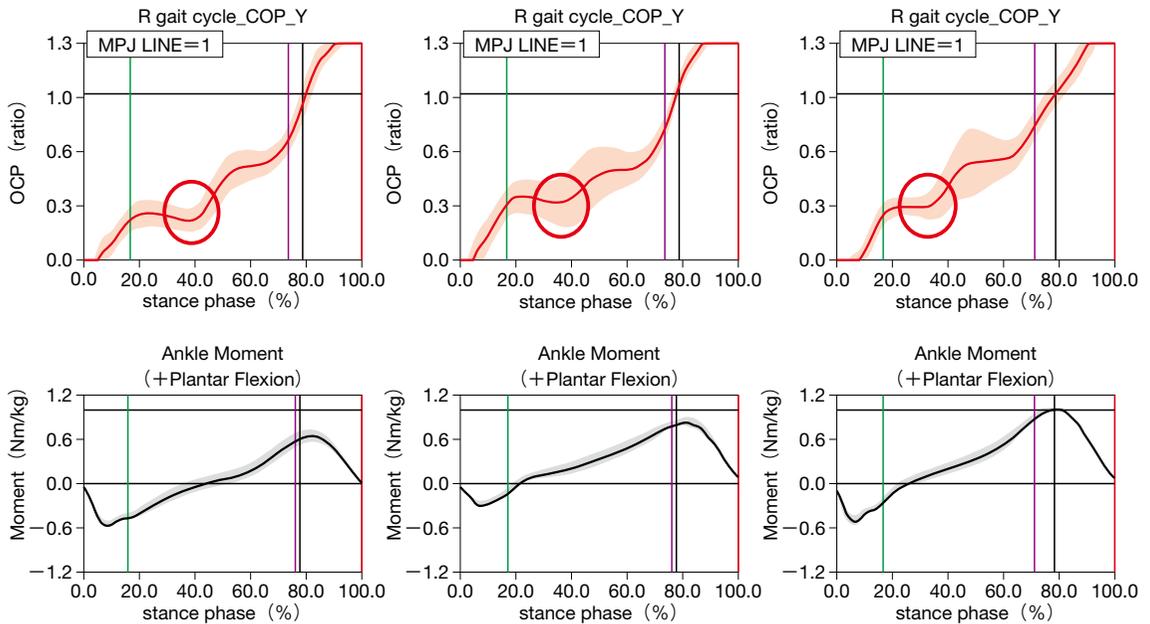


図2 COP 移動曲線(上)と足関節底屈モーメント(下) (左から裸足、GSD、WOT)

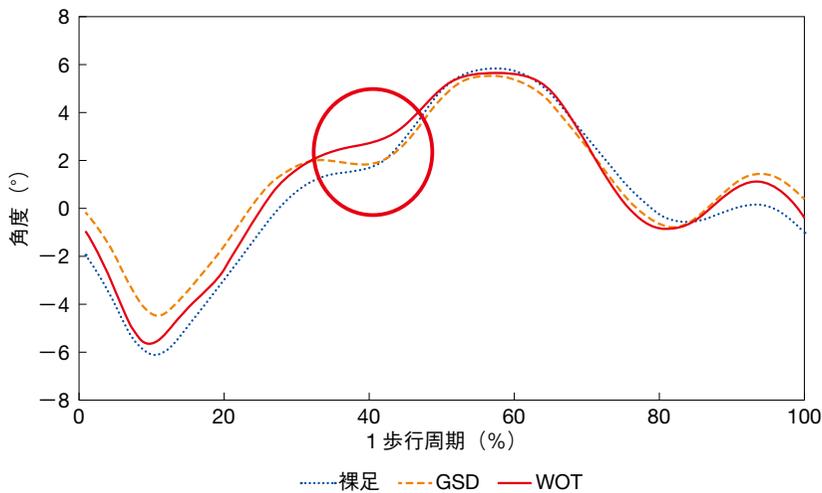


図3 骨盤前後傾角度(点線：裸足、破線：GSD、実線：WOT)

屈モーメントはWOTがGSD、裸足と比べ有意に大きい結果となり、GSDは裸足に比べ有意に数値が高い結果となった。

図2のCOP移動曲線では横軸は立脚相を移動時間100%とし、縦軸は踵—MP間距離を100%とした。COP移動率を示し、数値が正方向に変位すれば、つま先方向にCOPが移動していることを示す。結果として、図2のマルで囲った箇所に

おいて、裸足やGSDではCOPが後退しているが、WOTは後退していないのがわかる。足関節底屈モーメントでは横軸は立脚相を移動時間100%とし、縦軸は足関節底屈モーメントの値を示し、数値が正方向に変位すれば、モーメントが正の値で高くなることを示す。前遊脚期において、裸足やGSDに比べてWOTで足関節底屈モーメントの値が高いことがわかる。

図3の骨盤前後傾角度では、縦軸は正の値が骨盤前傾方向、負の値が骨盤後傾方向の角度を示す。横軸は1歩行周期を100%に正規化した値を示している。骨盤前後傾角度ではマルで囲った箇所において、WOTに比べ裸足、GSDで骨盤が後傾していることがわかる。

4. 考察

本症例は裸足歩行時の特徴として、右のMStでつま先の浮き上がりを認めていた。図2の踵からMPへのCOP移動曲線においても右MStでWOT以外は一度踵方向にCOPが戻っているのが確認できる(図2丸印部分)。昆らの報告では、背屈遊動の装具では、足関節内部底屈モーメントが1Nm/kgを超えることができず、自重を支える筋力が不足するとMP関節より遠位にCOPを移動させることが困難になると述べている。さらに、正常歩行における踵離床のタイミングはMP関節より遠位にCOPが移動し、かつ足関節底屈モーメントが1Nm/kg(自重を支える筋力がある場合)を超えたときに踵離床し、これが単脚支持期に発生しているのでフォアフットロッカーが機能する⁸⁾。本症例においては、下腿三頭筋の筋力低下により右MStで自重を支える筋力が不足していることで膝折れのリスクが高まり、足関節底屈モーメントも裸足とGSDでは右MStにおいて1Nm/Kgを超えていない。そのため、膝折れを防止するための代償として図3のように骨盤を後傾させることで下行性運動連鎖を使用しCOPを踵方向に戻したことが考えられる。WOT使用下では、背屈制動機能による底屈方向の矯正モーメントを活用することで、右MStでの足関節底屈モーメントは1Nm/Kgを超えることが可能となった。その結果、COPの前方移動が増加し、つま先の浮き上がりを解消したと考えた。

一方で、歩行速度とGRFは裸足とWOTの間で有意差は認めなかった。WOTではMStによる背屈制動機能により、COPが後方に戻らないために下腿の前方回転を抑制し、結果的に推進力が低下し、歩行速度とGRFにおいて裸足との間に有意差がなかったことが考えられる。

足関節底屈モーメントは裸足、GSD、WOTの

順で高値を示した(図2)が、COP移動曲線(図2)の立脚期後半の部分に着目すると、同様に裸足、GSD、WOTの順でCOPが前方移動しているのが分かる。つまり、立脚期後半の足関節底屈モーメントの変化は、COPの前方移動量が関係していると考えている。

歩行速度ではGSDよりも裸足で歩行速度が速い結果となった。GSDでは底屈制動により踵接地後に下腿が前方に押し出されるものの、膝折れを防ぐために歩幅を狭くしていることが考えられる。表2の結果においても、左右の歩幅、歩行率共にGSDが他条件に比べ有意に低値を示していることがわかる。以上のことから、足関節底屈モーメントはGSDが裸足に比べて有意に高く、歩行速度はGSDに比べ裸足で有意に高い結果となったと考えられる。

背屈制動機能を有したAFOについては、下腿の前方回転を制動してしまい、足関節底屈モーメントの増加には寄与しないという否定的な意見もある⁵⁾。一方では、背屈制動機能を付加することにより膝折れの恐怖感が減少し、下腿の前方回転の増大に寄与すると述べられている報告もある^{3,4)}。本症例においては、AFOの背屈制動機能により、足関節底屈モーメントおよび右前遊脚期時点でのCOP前方移動量が増加したことから、AFOの底屈方向の矯正モーメントを有効に活用できたと考える。

5. 今後の課題

脊髄梗塞は損傷レベル、重症度によって症状が異なる。そのため、単一症例ではAFOの背屈制動機能の有効性の検証には限界があると感じている。今後は症例数を増やし、脊髄損傷レベルに応じたAFOの機能の有効性について他のパラメータも用いた検証が必要である。

参考・引用文献

- 1) Sandson Spinal Cord Infarction Report of 8 Cases and Review of the Literature Medicine, 68(5): pp.282-292, September 1989.
- 2) 平山史朗：脳卒中発症後、初回に処方される短下肢装具の2017年全国アンケート調査 日本義肢装具学会誌、

- 36(1) : 57-61, 2020.
- 3) Lehmann JF : Gait abnormalities in hemiplegia: their correction by ankle-foot orthoses. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 68 : 763-771, 1987.
 - 4) Lehmann JF : Push-off and propulsion of the body in normal and abnormal gait. Correction by ankle-foot orthoses. Clinical Orthopaedics and Related Research, 288 : 97-108, 1993.
 - 5) 櫻井愛子 : 短下肢装具の背屈制動機能が片麻痺者の歩行に与える影響. 理学療法学. 32(7) : 406-415, 2005.
 - 6) StevenC : Kirshblum International standards for neurological classification of spinal cord injury (Revised 2011). J Spinal Cord Med, Nov; 34(6) : 535-546, 2011.
 - 7) Plug-in Gait Reference Guide.
<https://docs.vicon.com/display/Nexus212/PDF+downloads+for+Vicon+Nexus> (2023.1.13 確認)
 - 8) 昆恵介 : フォアフットロッカー機能を支援するHUS-AFOの開発と評価. JSPO, 38(4) : 2022.

Abstract :

We experienced a case of paraplegia due to spinal cord infarction, for which brace therapy was performed using a short leg orthosis. In this case, knee bending was observed due to excessive dorsiflexion during mid-stance due to muscle weakness in the right triceps sure muscle., who complained of fear of falling due to knee bending. Therefore, we prescribed the Walk on Trimable, which has a dorsiflexion braking function on the right side, and verified the effectiveness of the dorsiflexion braking function. The method used a three-dimensional motion analysis device. We measured barefoot walking at optimal and maximum effort speeds using Gait Solution Design and Walk on Trimable. The evaluation parameters used included the amount of forward movement of the point of application of the ground reaction force during the right stance phase and the maximum value of the plantar flexion moment of the right ankle joint. As a result, we found a significant increase in the amount of forward movement of the point of application of ground reaction force and the maximum value of the right ankle plantar flexion moment under the Walk on Trimable condition. This is thought to have contributed to an increase in the amount of forward movement of the point of reaction force application.

[Key words] Spinal cord infarction, Ankle Foot Orthosis, Dorsiflexion braking function

◎原著

足部可動性を有する長下肢装具を用いた前型歩行トレーニングの実施による実際の退院時の歩行予後と二木による予後予測指標を用いた際の退院時の歩行自立度との比較

Comparison between actual ambulatory independence levels after alternate gait training using a knee-ankle-foot orthosis and independence levels predicted based on Niki's independence prediction method.

高橋智佳¹, 阿部浩明², 佐藤亘¹, 梅木淳¹

要旨

【目的】 本研究の目的は足部可動性を有する長下肢装具（以下、GS-KAFO）を用いた前型歩行練習を提供することによって、現存する予後予測指標によって判定される歩行自立の可否の予測結果を上回る治療効果が得られていたかを明らかにすることである。

【方法】 対象は回復期リハビリテーション病棟にてGS-KAFOを作製し、前型歩行練習を提供した脳卒中片麻痺患者43名である。予後予測指標である「二木の早期自立度予測」における歩行自立の可否の予測結果と、実際の退院時における歩行自立の可否を後方視的に調査し、両者を比較した。

【結果】 二木の予測結果は、歩行自立3名、非自立28名、予測不能12名であった。一方、実際の退院時の歩行自立度は、歩行自立27名、非自立16名であった。

【結語】 脳卒中片麻痺患者におけるGS-KAFOを用いた前型歩行練習の提供は、退院時の歩行自立度の改善に貢献する可能性が考えられた。

【キーワード】 長下肢装具、脳卒中、歩行再建

1. はじめに

歩行は日常生活活動動作をなすための基本的な能力の一つで、生活の質(Quality of life: 以下QOL)と相関する重要な因子でもあり¹⁾、脳卒中発症後に生じる歩行障害は、活動量の減少²⁾や生活範囲の狭小化³⁾を招くとされ、心臓病⁴⁾や骨粗鬆症⁵⁾などの脳卒中後の二次的合併症の予防にも重要な影響を与える。そのため、脳卒中片麻痺患者に対するリハビリテーション(以下、リハ)では、

歩行能力の再建は重要な目標の一つである⁶⁾。

脳卒中治療ガイドライン2021⁷⁾では、発症後早期からの立位、下肢装具を用いた歩行練習の実施が強く推奨されており、長下肢装具(Knee ankle foot orthosis: 以下KAFO)は、膝伸筋筋力もしくは股関節周囲筋力が十分でない脳卒中患者の歩行練習に用いられ、KAFOを用いることで麻痺側下肢筋活動が促され、下肢アライメントが改善される⁸⁾。KAFOを用いた歩行練習のあり方について

1 鶴岡協立リハビリテーション病院 理学療法科

2 福島県立医科大学 保健科学部

投稿日: 2023年10月8日 採択決定日: 2024年2月29日 公開日: 2024年3月29日

複数の報告⁹⁻¹²⁾があり、随意運動が困難な脳卒中重度片麻痺患者においては、杖を使用した3動作揃え型での歩行練習よりも、足部可動性を有するKAFOを用いた杖を使用しない2動作前型での歩行練習の方が麻痺側下肢の筋活動が増大すると報告され^{10,13)}、足部可動性を有する装具を装着して前型歩行練習を行った症例において、これまで停滞していた歩行能力の改善が得られたという症例報告¹⁰⁻¹²⁾がある。さらには、足部可動性を有するKAFOを装着した前型歩行練習を組織的に提供した結果、従来の治療成績を上回る早期のFIM歩行項目の改善がみられたという報告^{10,14)}がある。このことから、前型歩行トレーニングの提供は脳卒中重度片麻痺患者における歩行自立度を早期に向上させる治療手段の一つであると考えられる。

当院では回復期リハビリテーション病棟(以下、回復期リハ病棟)に入院した脳卒中片麻痺患者の歩行練習に際しKAFOを必要とする症例に対して、院内で治療コンセプトを統一し、早期にKAFOを作製して積極的な2動作前型での歩行練習を実施している。しかし、当院における足部可動性を有するKAFOを用いた前型歩行練習が、過去に行われていた従来型の介入方法と比較して歩行自立度の改善にどの程度の変化をもたらしたのかは調査しておらず不明である。本研究の目的は、一般的に使用される頻度が高い予後予測指標における歩行自立の可否の予測結果と、回復期リハ病棟退院時の実際の歩行自立の可否の結果を後方視的に調査し、我々の提供する治療法が予後予測指標によって予測される治療成績を超え得るものであるかを調査することであった。

2. 対象と方法

2-1 対象

対象は、2017年4月から2020年10月の間に当院回復期リハ病棟に入院となった脳卒中患者458名のうち、Gait Solution 足継手付きKAFO(以下、GS-KAFO)(**図1**)を作製し、前型歩行練習を行なった46名とした。そのうち、装具の使用拒否や身体機能の影響にて前型歩行練習の継続が困難であった者2名、回復期入院中に急遽転院

した者1名は除外した43名であった。

2-2 使用する予後予測指標の選定

歩行自立の予後予測についてはこれまでも多くの報告があり、Kwakkelら¹⁵⁾のナラティブレビューでは、脳卒中患者の約60%から80%が脳卒中発症後6カ月で歩行が自立できることを示しており、年齢、麻痺側下肢の運動機能および感覚障害の重症度、同名半盲、尿失禁、座位バランス、発症早期のADLおよび機能障害、入院時の意識レベルが、脳卒中発症後6カ月の歩行能力と関連していることを報告している。さらに、脳卒中後2~4週目の麻痺側下肢筋力と座位バランスは、歩行能力の改善と脳卒中発症後6カ月時点での歩行自立度と有意に関連していることも報告している。Veerbeekら¹⁶⁾は、脳卒中発症後72時間以内での評価から発症後6カ月時の歩行自立度(FAC \geq 4)について15の要因を多変量回析で検証した結果、歩行自立の可否に関連した因子として、座位バランス(体幹機能評価Trunk Control Test: 以下、TCT)と麻痺側下肢筋力(Motricity Index 下肢スコア: 以下、MI 下肢スコア)が予



図1 当院で処方するGS-KAFO

異なった種類の足継手(外側: Gait solution、内側: ダブルクレンザック)を採用しており、長期的な回復段階に合わせ、底背屈角度の制限あるいは油圧を利用した底屈制動、さらに底屈制限の解除など様々な足継手の設定が可能なのである。

後予測因子となることを示しており、発症から 72 時間以内に TCT スコアが 25 (30 秒間の独立した座位)、MI 下肢スコアが ≥ 25 に達した場合、歩行自立に至る最大確率は 98% であったと報告している。また、Smith ら¹⁷⁾は Classification and regression tree (以下、CART) による決定木分析を基に脳卒中発症後の歩行自立までの期間を予測するアルゴリズムを作成したところ、95% の確率で歩行自立の可否を予測することが可能であったことを報告した。この調査において、歩行自立の可否を予測する因子として発症 1 週での体幹機能と股関節伸筋力を挙げており、発症 1 週で TCT スコア 40 点以上の患者は 6 週以内に歩行が自立しており、TCT スコアが 40 点未満でも Medical Research Council (以下、MRC スケール) にて、股関節伸筋力がグレード 3 以上であれば 12 週以内に自立した歩行が可能になったと報告している。これらは代表的な予後予測指標ではあるが、いずれも発症後 4 週以内での予後予測指標であるのに対して、本調査の対象は発症から当院入院までの期間が平均 31.4 ± 12.1 日であった。そのため、これらの期間に該当するデータを入手できなかった。また、当院では 2017 年 3 月より電子カルテが導入され、院内で統一した理学療法評価表を入力しているが、TCT スコア、MRC スケール、MI スコアは、評価項目には含まれておらず、当院の診療記録からは該当する評価項目を後方視的に調査することは困難であった。

本邦における代表的な臨床所見をベースにした予後予測研究としては、入院から 6 カ月時の歩行能力の予測方法を提唱した二木¹⁸⁾の「脳卒中リハビリテーション患者の早期自立度予測」(以下、二木の予測)がある。二木の予測は「脳卒中治療ガイドライン 2009」にて引用論文として採用されており、本邦において長年広く使用されてきた予後予測指標である。二木の予測は、入院時、入院 2 週後、1 カ月時に行われ、各時期におけるベッド上生活自立度、基礎的 ADL (食事、尿意の訴え、寝返り)、意識障害、認知症、両側障害の項目は、発症後 2 週または 1 カ月時の診療記録から後方視的に調査可能であったため、二木の予測を比較対象とする予後予測指標に採用することとした。

2-3 調査方法

対象の診療記録から、性別、発症時年齢、病型、障害側、入院時と退院時の下肢 Brunnstrom recovery Stage (以下、BRS)、発症から当院入院までの日数、発症から KAFO 処方までの日数、在院日数 (発症～当院回復期リハ病棟退院)、発症後 2 週または 1 カ月時点でのベッド上生活自立度 (ベッド上の起坐・座位保持の可否)、基礎的 ADL (食事、尿意の訴え、寝返り) の可否、当院退院時の病棟内歩行自立度を調査した。また、二木の予測において、年齢、ベッド上生活自立度、基礎的 ADL のみでは予測不能な患者においては、意識障害 (Japan Come Scale : 以下、JCS)、認知機能 (長谷川式簡易知能スケール : 以下、HDS-R)、両側障害や心疾患の有無を追加で調査した。

退院時の病棟内歩行自立度は Function Independence Measure (以下、FIM) を用いて評価し、退院時の FIM 下位項目「歩行」が 6 点 (修正自立) 以上の者を歩行自立と判定し、5 点以下の者または車椅子を使用する者を非自立と判定した。なお、下肢装具の有無に関しては FIM の原則に則り、使用の有無については問わないこととした。

これらの後方視的データから二木の予測結果を求め、実際の当院退院時の歩行自立度と、二木の予測結果との比較を行った。

1) ベッド上生活自立度・基礎的 ADL の判定基準

ベッド上生活自立度、基礎的 ADL の判定は、二木の予測に基づいて行った。ベッド上生活自立度 (ベッド上の起坐・座位保持の可否)、「基礎的 ADL」各項目の評価基準は表 1 に示した通りである。また、個々の患者の評価は、二木の予測の一般原則に基づき、①患者の潜在能力ではなく、病棟の日常生活での実行の有無を評価する、②「自立」、「実行」とは、患者が介助・監視および指示や促しなしに、一人で自発的に、安全に、安定して、各動作を行っていることを条件とする、③場所や時刻により、自立度が異なる場合は、低い方を選択することを条件として判定した。

2) 二木の予測基準

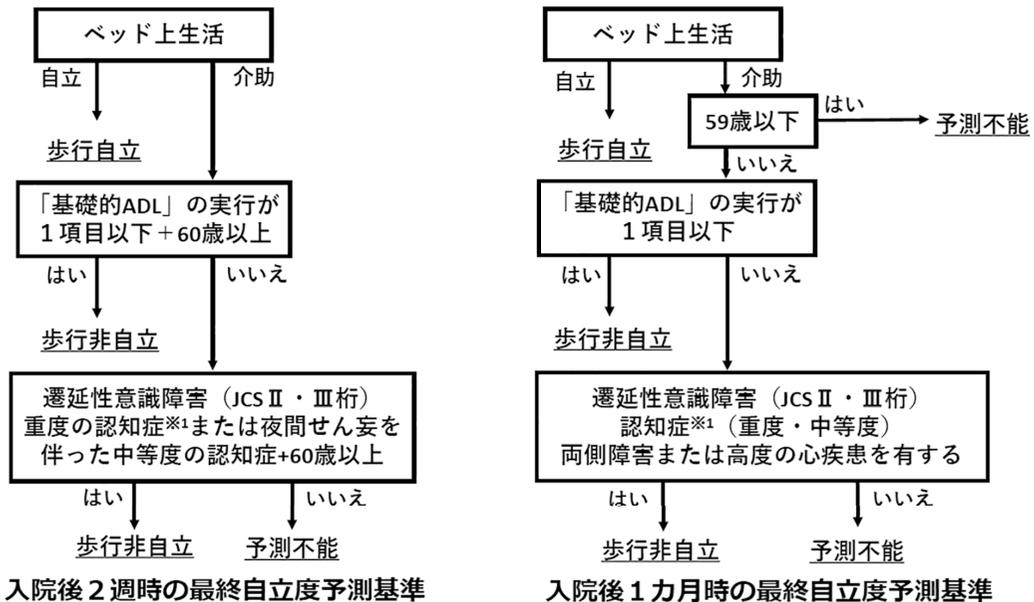
診療記録で得られた、発症時年齢、発症後 2 週または 1 カ月でのベッド上生活自立度、基礎的 ADL (食事、尿意の訴え、寝返り) の結果を基に、

表1 二木の予測における「自立度」と「基礎的ADL」の評価基準

自立度	屋外歩行：最低限、一人で家の近所を散歩する。 補装具・杖の使用は問わない。
	屋内歩行：最低限、一人で日中トイレに行く。
	ベッド上生活：最低限、一人でベッド上の起坐・座位保持を行う。
全介助：“最高”は「基礎的ADL」は3項目ともに実行しているが、起坐・座位保持が介助・監視・指示（促し）～“最低”は「基礎的ADL」が0項目実行（3項目とも介助）	
基礎的ADL	食事 実行：毎回、最後まで一人で食べる。食べ方は問わない。 介助：経口摂取だけが介助を要する。または、経口摂取困難で、点滴または経管栄養。
	尿意の訴え 実行：失禁・尿閉がなく、しかも、正確に尿意を訴え、処置されるまで待てる。 介助：失禁、尿閉、正確に尿意を訴えられない。または、処置されるまで待てない。
	寝返り 実行：看護師による体位交換を必要としない程度に自分で寝返りをする。完全側臥位・腹臥位になれなくても構わない。 介助：看護師による体位交換を必要とする。それが不要でも、意識障害・認知症のために、体動が著しい場合も含む。

自立度・「基礎的ADL」評価上の一般原則

- 1) 患者の(潜在)能力ではなく、病棟の日常生活での実行の有無を評価する。
- 2) 「自立」「実行」とは、患者が介助・監視および指示(促し)なしに、一人で、自発的に、安全に、安定して、各動作を行っている場合に限る。
- 3) 場所や時刻により、自立度等が異なる場合は、低い方を選択する。



※1 認知症の判定は長谷川式簡易知能スケールを使用（重度：10点以下 中等度：10.5～21.5点）
 ※2 「両側障害」は ①両側片麻痺 ②片麻痺+体幹のバランス障害 ③体幹のバランス障害のみ の者を含めた。

図2 二木の予測における予測基準

二木の分類にあてはめて「自立」「非自立」「予測不能」に分類して判定を行った(図2)。また、1カ月時点のベッド上生活自立度および基礎的ADLの情報が不明な患者においては、「予測不能」に分類して判定した。

2-4 倫理的配慮

本研究は鶴岡協立リハビリテーション病院倫理審査委員会の承認(承認番号 23003)を得て後方視的研究として実施した。

3. 結果

対象者 43 名(男性 15 名、女性 28 名)の平均年齢は 64.7 ± 12.6 歳(範囲: 15-80)で、発症から当院回復期リハビリ棟入院までの平均期間は 31.4 ± 12.1 日(範囲: 14-66)、発症から KAFO 完成までの平均期間は 51.4 ± 16.3 日(範囲: 26-91)であった。病型は脳出血例が 30 名、脳梗塞例が 11 名、くも膜下出血が 2 名であり、障害側は右片麻痺が 22 名、左片麻痺が 21 名であった。入院時下肢 BRS は I が 3 名、II が 17 名、III が 17 名、

IV が 4 名、V が 2 名であり、入院時 FIM 移動項目は 1 点が 34 名、2 点が 7 名、3 点が 1 名、4 点が 1 名であった。また、退院時下肢 BRS は I が 0 名、II が 7 名、III が 8 名、IV が 17 名、V が 11 名であり、退院時 FIM 移動項目は 1 点が 6 名、2 点が 1 名、3 点が 4 名、4 点が 3 名、5 点が 2 名、6 点が 22 名、7 点が 5 名であった。

二木の予測の結果を図 3 に示した。対象者 43 名のうち、二木の予測において、歩行自立に該当した者は 3 名(7.0%)、非自立に該当した者は

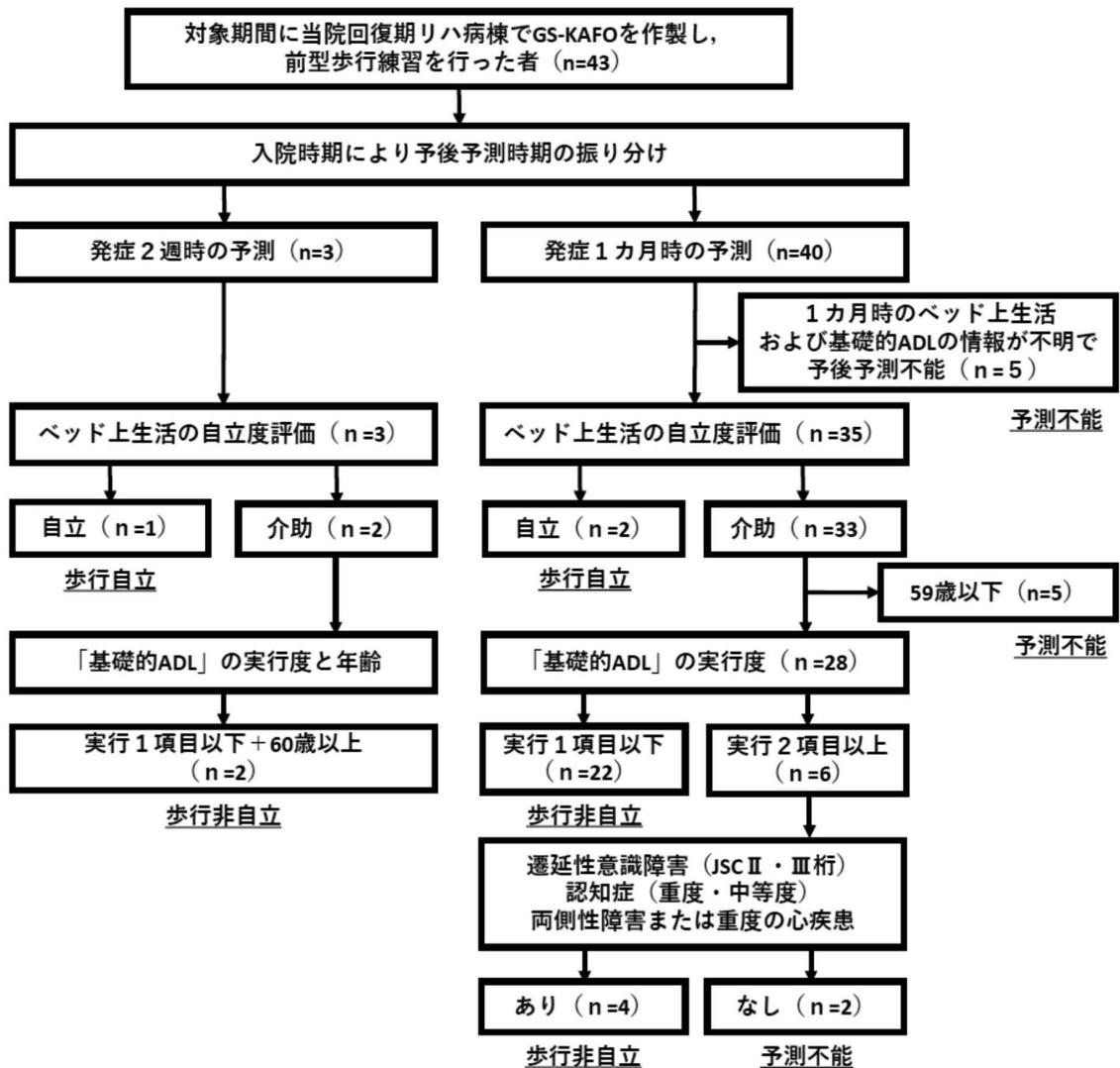


図 3 二木の予測フローチャート

表2 本研究における入院時Brunnstrom Stageごとの歩行自立者の割合と二木の先行研究における割合の比較

	患者数 (名)	最終歩行自立 (名)	本研究 歩行自立者比率	二木の先行研究 歩行自立者比率
入院時BRS I-II	20	11	55.0%	38.0%
III	17	10	58.8%	53.1%
IV-VI	6	6	100.0%	95.8%
合計	43	27	62.8%	

28名(65.1%)、予測不能が12名(27.9%)であった。一方、実際の退院時歩行自立度は、歩行自立した者は27名(62.8%)、非自立は16名(37.2%)であり、二木の予測において、非自立に該当した28名のうち16名が、実際の退院時には歩行自立に至っていた。本研究における入院時Brunnstrom Stageごとの歩行自立者の割合と二木の先行研究における割合の比較を表2に示した。歩行自立に至った27名のうち、短下肢装具を必要とした者は21名であった。

4. 考察

本研究では、当院回復期リハ病棟でGS-KAFOを作製し前型歩行練習を実施した脳卒中片麻痺患者を対象とし、「二木の早期自立度予測」における歩行自立の可否の予測結果と、回復期リハ病棟退院時の実際の歩行自立の可否の結果を後方視的に調査し、我々の提供する治療法が予後予測指標によって予測される治療成績を超えうるものであるかを調査した。本調査の結果、二木の予測において非自立に該当する患者であっても、実際には退院時に歩行自立に至っていた者が多数存在していたことがわかった。

今回、二木の予測において、非自立に該当した患者28名のうち16名が、実際の退院時には歩行自立に至った。二木の予測は、リハビリテーション領域における代表的な臨床所見をベースとした予後予測研究であり、発症から評価時までの期間でADL指標を層別化し、本邦において長く利用されてきた予後予測手段である。二木の予測においては、具体的なリハビリテーションの内容や頻度については明記されていないが、二木の予測が作成された1980年代においては、AFO装着後の効果^{19,20)}は報告されているが、KAFOに関する報

告はきわめて少なく、KAFOを使用した積極的な歩行練習は十分に普及していなかった可能性がある。また、本研究で用いたGS-KAFOは足継手にGait solution継手が使用されているが、二木の研究が行われた当時、GS-KAFOは存在していなかった。つまり、重度片麻痺患者を対象とした歩行練習において、足部可動性を有するKAFOを使用した前型歩行練習の提供はなされていなかったであろう。そのため、本調査において、二木の予測で歩行非自立と予測された患者が退院時に歩行自立に至った要因の一つとして、GS-KAFOを使用した前型歩行練習の提供が貢献した可能性があると考えた。

KAFOには制御困難な膝関節の不安定性を改善し、急激に生じる膝折れを防ぎ、重度の脳卒中片麻痺患者においても早期から積極的に歩行練習が展開できる利点がある^{21,22)}。さらに、足部可動性を有するGS-KAFOを用いた前型歩行練習は、麻痺側下肢への荷重と股関節の屈曲伸展運動を同時に提供し、立脚終期での股関節伸展がより強調された歩容を課題指向型に反復してトレーニングできる点で有効であると言われている²³⁾。近年では皮質脊髄路を損傷した脳卒中重度片麻痺患者でも、KAFOを使用した歩行練習により歩行周期に同調した麻痺側下肢筋活動を惹起させることが可能^{8,10,13)}であると報告されており、特に足部可動性を有するGS-KAFOを用いた前型歩行練習は、3動作揃え型歩行よりも、股関節伸展・外転筋および足関節底屈筋を中心とした麻痺側下肢筋活動が有意に増大すると報告されている^{10,13)}。脳卒中片麻痺患者の歩行機能には麻痺側下肢筋力が関与すると報告されており²⁴⁾、GS-KAFOを用いた前型歩行練習の提供による麻痺側下肢筋活動の増大が関与したと仮定すれば、本調査の対象において、

二木の予測と比較して退院時に歩行自立に至った患者が多かった要因に歩行トレーニングの内容の関与があった可能性があるかもしれない。また、脳卒中患者の歩行障害に対しては課題指向型アプローチの有効性が示されており²⁵⁾、歩行自体を課題とした反復トレーニングは、歩行機能の改善に貢献すると考えられる。脳卒中重度片麻痺患者を対象とした歩行練習を行う際に、担当する理学療法士が異なる場合、介助方法や使用する歩行補助具および下肢装具、実施する具体的な課題は、一理学療法士により異なる状況となりやすい。当院での脳卒中重度片麻痺患者の装具処方においては、膝関節および足関節の拘縮や重度の円背がなく、**Gait Solution** 足継手の底屈制動機能を活かした積極的な前型歩行練習を展開できると判断した場合は、第一選択として**GS-KAFO**を処方することを統一しており、複数の理学療法士で装具の処方内容の検討および確認をしている。また、当院では**GS-KAFO**の採型から完成までに約2週間の期間を要するが、病院の備品として**Gait Solution** 足継手を有したモジュラー型**KAFO**である**Gait Innovation**[®](パシフィックサプライ株式会社)を揃えており、本人用の**GS-KAFO**が完成するまでは病院備品の**Gait Innovation**[®]を使用して、入院直後より途切れなく**GS-KAFO**を使用した前型歩行練習を提供できるよう対応している。このように、当院では重度片麻痺患者における装具処方、早期からの**GS-KAFO**を使用した前型歩行練習の提供を一貫したコンセプトのもと進めており、このような組織的な取り組みが効果的な歩行の運動学習に貢献したかもしれない。

本研究はいくつかの限界が考えられる。

1つ目は、当院の電子カルテ導入以前の脳卒中片麻痺患者において、一貫した評価データの蓄積が不十分であり、**GS-KAFO**を用いた前型歩行練習の提供を開始してからの治療成績と、開始する以前の治療成績とを比較するヒストリカルコントロールデザインでの調査ができなかったことである。組織的に治療の取り組み方を統一した時期の前後比較をすることができればより明確に治療効果を検証できた可能性がある。

2つ目は、本研究は後方視的な調査であるため、

予後予測を行うにあたって調査可能な時期や評価項目が限られ、使用可能な予後予測指標が限定されたことである。利用可能な先行研究を調査したものの、当院回復期リハビリ入院後のデータを用いた調査となり急性期のデータが把握できなかったこと、さらには当院で評価されていた項目も限られていたという背景があり、予後予測に用いることができた指標が限られた。今回、比較対象とした二木¹⁸⁾の予測は、1980年代に作成された古い予後予測指標である。「脳卒中治療ガイドライン2009」では根拠となった論文として採用されていたが、「脳卒中治療ガイドライン2015」以降では不採用となっている。二木の予測が作成されて以降、2000年に回復期リハビリテーション医療の中核として回復期リハビリ棟が制度化され²⁶⁾、リハビリ棟の充足がされるとともに、2010年には365日リハを提供する休日リハビリテーション提供体制加算およびリハビリテーション充実加算(1日1人あたり6単位以上のリハビリテーション提供)が設定され、多職種連携による包括的なリハビリテーションが提供されるようになった。脳卒中片麻痺患者を取り巻くリハビリテーション提供体制が変化したことが歩行獲得に与える影響も大きく、今回の調査においても**GS-KAFO**を使用した前型歩行練習提供による効果のみを明確に調査することはできなかった可能性がある。しかし、近年における足部可動性を有する**GS-KAFO**を用いた前型歩行練習提供による歩行改善の治療効果⁹⁻¹⁴⁾からも、本結果の背景には、**GS-KAFO**を使用した前型歩行練習の提供が少なからず貢献している可能性があると推察している。今後は組織として一貫して評価すべき項目について先行研究をもとに検討しその上で、急性期病院とも連携した調査を行う必要があると考えられる。

3つ目は、対象者の選定でセレクションバイアスが生じることが懸念されることである。二木の先行研究と比較した場合に、我々は**GS-KAFO**を作製し前型歩行練習を提供した患者を対象としたため、**GS-KAFO**作製の対象者を選定する段階で歩行改善率が高いと想定される軽症患者が選択された可能性があると考えられる。しかし、入院時の下肢運動麻痺の重症度別に歩行自立度を比較した場合

に、BRS I および II に該当する重度の下肢運動麻痺を呈する患者の歩行自立者の割合は、本研究の方が二木の報告よりも高いという結果を得た。また、二木の先行研究では歩行自立した 111 名のうち短下肢装具の使用を必要とした患者は 21 名であったが、本研究では 27 名のうち 21 名が短下肢装具の使用を必要とした。そのため、本研究は二木の先行研究と比較して入院時の状態も最終評価時の状態もより重度の下肢運動麻痺を呈した患者が対象となっていた可能性が高く、軽症患者が選択された可能性は低いと考える。

4 つ目は、今回の調査対象において GS-KAFO を用いた前型歩行練習の具体的な歩行量および継続期間については後方視的研究であり調査ができなかったため不明であることである。KAFO を使用した歩行練習の提供においては、早期から積極的に歩行練習が展開できる利点があり、歩行練習の頻度が増加することで運動学習が多く提供でき、歩行改善が期待できる²⁷⁾ことから、具体的な歩行量および継続期間についても調査が必要であった。また、本研究では GS-KAFO を用いた前型歩行練習を提供して歩行を獲得した患者が、最終的に前型歩行を獲得したのか、あるいは揃え型歩行を獲得したのか、具体的な歩行形態については調査できていない。今後は、GS-KAFO を作製する条件や、GS-KAFO を使用した前型歩行提供の具体的な歩行量や継続期間を明確にしたうえで、現在のリハ提供体制のなかで GS-KAFO を使用した前型歩行提供の有無による歩行改善効果についてより詳細に調査していく必要がある。

5. 結論

当院回復期リハ病棟で GS-KAFO を作製し前型歩行練習を行なった脳卒中片麻痺患者を対象として、「二木の早期自立度予測」における歩行自立の可否の予測結果と、回復期リハ病棟退院時の実際の歩行自立の可否の結果を後方視的に調査し、我々の提供する治療法が予後予測指標によって予測される治療成績を超えうるものであるかを調査したところ、二木の早期自立度予測において非自立に該当する患者であっても、実際には退院時に歩行自立に至っていた者が多数存在していた。

GS-KAFO を使用した前型歩行練習の提供はこれまでの治療効果を上回る介入手段となっていた可能性が考えられた。

6. 利益相反

本調査に関して、開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) Grau-Pellicer M, Chamarro-Lusar A, Medina-Casnovas J, et al. : Walking speed as a predictor of community mobility and quality of life after stroke. *Top Stroke Rehabil*, 26(5) : 349–358, 2019.
- 2) Bowden MG, Balasubramanian CK, Behrman AL, et al. : Validation of a speed-based classification system using quantitative measures of walking performance post-stroke. *Neurorehabil Neural Repair*, 22 : 672–675, 2008.
- 3) Tashiro H, Isho T, Takeda T, et al. : Life-space mobility and relevant factor in community-dwelling individuals with stroke in Japan : A cross-sectional study. *Progress in Rehabilitation Medicine*, 4 : 2019.
- 4) Patterson SL, Forrester LW, Rodgers MM, et al. : Determinants of walking function after stroke : differences by deficit severity. *Arch Phys Med Rehabil*, 88(1), 115–119, 2007.
- 5) Worthen LC, Kim CM, Kautz SA, et al. : Key characteristics of walking correlate with bone density in individuals with chronic stroke. *J Rehabil Res Dev*, 42(6), 761–768, 2005.
- 6) Eng JJ, Tang PF : Gait training strategies to optimize walking ability in people with stroke : A synthesis of the evidence. *Expert Rev Neurother*, 7 : 1417–1436, 2007.
- 7) 日本脳卒中学会 脳卒中ガイドライン委員会(編) : 脳卒中治療ガイドライン2021 : 265, 協和企画, 東京, 2021.
- 8) 大畑光司 : 【理学療法と下肢装具】歩行獲得を目的とした装具療法 長下肢装具の使用とその離脱. *理学療法ジャーナル*, 51 : 291–299, 2017.
- 9) Abe H, Nishiyama K, Yamamoto Y, et al. : Impact of Alternate Gait Training Using Knee-Ankle-Foot Orthoses with Oil Damper Ankle Hinge in Patients with Subacute Severe Hemiplegia. *Brain Sci*, 11 : 1430, 2021.
- 10) Abe H, Kadowaki K, Tsujimoto N, et al. : A narra-

- tive review of alternate gait training using ; Knee-ankle-foot orthosis in stroke patients with severe hemiparesis. *Physical Therapy Research*, 24 : 195-203, 2021.
- 11) 門脇敬, 阿部浩明, 辻本直秀 : 脳卒中発症後6 ヶ月経過し歩行に全介助を要した状態から長下肢装具を用いた歩行練習を実施し監視歩行を獲得した重度片麻痺を呈した症例. *理学療法学*, 45 : 183-189, 2018.
 - 12) 門脇敬, 阿部浩明, 辻本直秀 : 倒立振りモデルの形成をめざした下肢装具を用いた歩行トレーニングの実践により歩行能力が向上した片麻痺を呈した2 症例. *理学療法学*, 46 : 38-46, 2019.
 - 13) 大鹿穂徹, 阿部浩明, 関崇志ら : 脳卒中重度片麻痺者に対する長下肢装具を使用した二動作背屈遊動前型無杖歩行練習と三動作背屈制限揃え型杖歩行練習が下肢筋活動に及ぼす影響. *東北理学療法学*, 29 : 20-27, 2017.
 - 14) 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.
 - 15) Kwakkel G, Kollen BJ : Predicting activities after stroke : what is clinically relevant?. *Stroke*, 8 : 25-32, 2012.
 - 16) Veerbeek JM, Van Wegen EE, Harmeling-Van der Wel BC, et al. : Is Accurate Prediction of Gait in Nonambulatory Stroke Patients Possible With in 72 hours Poststroke? The EPOS Study. *Neurorehabilitation and neural Repair*, 25(3) : 268-274, 2011.
 - 17) Smith M, Barber A, Stinear CM : The TWIST Algorithm Predicts Time to Walking Independently After stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 31 : 955-964, 2017.
 - 18) 二木立 : 脳卒中リハビリテーション患者の早期自立度予測. *リハビリテーション医学*, 19(4) : 201-223, 1982.
 - 19) Burdett RG, Borello-France D, Cathleen B, et al. Gait comparison of subjects with hemiplegia walking unbraced, with ankle-foot orthosis, and with Air-Stirrup brace. *Phys. Ther*, 68 : 1197-1203, 1988.
 - 20) Mojica, JA, R Nakamura, Kobayashi T, et al. Effect of ankle-foot orthosis (AFO) on body sway and walking capacity of hemiparetic stroke patients. *Tohoku J. EXP. Med*, 156 : 395-401, 1988.
 - 21) Yamanaka T, Akashi K, Ishii M : Stroke rehabilitation and long leg brace. *Top Stroke Rehabilitation*, 11 : 6-8, 2004.
 - 22) 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.
 - 23) 辻本直秀 : 【Close-up 脳卒中の装具療法】長下肢装具と運動療法. *PTジャーナル*, 56(7) : 826-830, 2022
 - 24) Bohannon RW : Muscle strength and muscle training after stroke. *J Rehabil Med*, 39 : 14-20, 2007.
 - 25) Wevers L, van de Port I, Vermue M, et al. : Effects of task-oriented circuit class training on walking competency after stroke : a systematic review. *Stroke*, 40 : 2450-2459, 2009.
 - 26) 近藤国嗣 : 回復期リハビリテーション医療—これまでの20年, これからの20年—, *J Rehabil Med*, 58(5) : 468-481, 2021.
 - 27) Veerbeek, JM, Koolstra M, Johannes CF, et al. : Effects of augmented exercise therapy on outcome of gait and gait-related activities in the first 6 months after stroke : A meta-analysis. *Stroke*, 42 : 3311-3315, 2011.

Abstract :

Purpose : The purpose of this study was to investigate whether providing alternate gait training using a knee-ankle-foot orthosis with an oil damper ankle hinge (KAFO-OD) results in therapeutic effects surpassing the outcomes predicted using previously reported prognostic method for ambulatory independence.

Methods : Forty-three stroke patients underwent alternate gait training using a KAFO-OD at a convalescent rehabilitation ward. We retrospectively investigated each patient's predicted ambulatory independence level based on Niki's independence prediction method, and compared them with the patient's actual independence level at discharge.

Results : According to Niki's prediction indicators, three patients were predicted to achieve ambulatory independence, 28 were predicted to be dependent, and prediction was not possible for the remaining 12 patients. However, assessment at discharge showed that 27 patients achieved ambulatory independence, while 16 remained dependent.

Conclusion : Providing alternate gait training using a KAFO-OD for stroke patients may improve ambulatory independence levels at discharge.

[Key words] Knee-ankle-foot orthosis, stroke, gait

支援工理学療法学会誌

投稿要領

1. 本誌の目的

- ①支援系理学療法および関連する分野の研究を公表し、理学療法を発展させる。
- 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支援系理学療法の実践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。
- 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。
- ④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
- ⑤その他：システマティックレビュー、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、理学療法の実践・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/i-kenkyu/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(研究論文、研究報告、症例報告、臨床活動の報告)、④新規・再投稿の区別、⑤該当する分野、⑥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、発行社名、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) 査読者候補を 1 名以上指名すること。該当者の①氏名、②所属、③ e-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)

編集後記

2024年、その始まりに大地震が能登半島を襲い、翌日には羽田空港にて2機の航空機が衝突するという衝撃的な出来事が起こってしまいました。元日に発生した「令和6年能登半島地震」と名付けられたこの大地震によって、自然災害はいつでも起こり得るということを思い知らされました。加えて、羽田空港での航空機の衝突には、あれほどの事故であるにも関わらず、旅客機の乗員の迅速な対応によって乗客、乗員から犠牲者が出なかったことに驚かされました。この2つの重大な出来事から、いつ何が起ころうと対応できる万全の準備をし、態勢を整えておくことの重要性を改めて感じました。このことは、災害や事故に限ったことではなく、日々の生活、業務においても同様であると考えます。本誌が皆様の「理学療法」を向上させるための知識の整理や態勢を整えることの一助となれば幸いです。

最後に、被害に遭われた方々に、心よりお見舞い申し上げますとともに、一日も早いご復興をお祈りいたします。

支援工学理学療法学会誌 編集委員 小原謙一

編集委員会

編集員長	新田 収	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)

2024年3月29日発行 第3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。

